

# Relazioni Scientifiche delle Unità

**2019 – 2022**

Presidente  
Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario  
Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Unità di BARI .....	3
Unità di BENEVENTO .....	22
Unità di BERGAMO .....	29
Unità di BOLOGNA .....	34
Unità di CAGLIARI.....	60
Unità di CASSINO.....	77
Unità di CATANIA.....	88
Unità di COSENZA .....	94
Unità di FIRENZE .....	102
Unità di GENOVA .....	105
Unità de L'AQUILA.....	134
Unità di MILANO .....	138
Unità di NAPOLI .....	168
Unità di NAPOLI II.....	186
Unità di NAPOLI PARTHENOPE .....	192
Unità di PADOVA .....	202
Unità di PALERMO.....	213
Unità di PAVIA.....	227
Unità di PISA .....	232
Unità di REGGIO CALABRIA .....	244
Unità di ROMA.....	246
Unità di SALERNO .....	268
Unità di TORINO.....	281
Unità di TRIESTE.....	307

## UNITÀ DI BARI

POLITECNICO DI BARI  
DIPARTIMENTO INGEGNERIA ELETTRICA E DELL'INFORMAZIONE  
VIA ORABONA, 4  
70125 BARI  
TEL. +39 080 5963658

**Responsabile Scientifico:** Massimo La Scala

**Sito web:** [www.dei.poliba.it](http://www.dei.poliba.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Marco	Bronzini	Ricercatore Universitario (fino a Ottobre 2021) - attualmente docente a contratto
Sergio	Bruno	Ricercatore a tempo determinato di tipo b)
Giuseppe	Cafaro	Professore Associato (fino a Ottobre 2021)
Alessia	Cagnano	Assegnista di Ricerca (fino a Luglio 2021)
Enrico	De Tuglie	Professore Ordinario
Maria	Dicatorato	Professore Associato
Giuseppe	Forte	Docente a contratto – attualmente Ricercatore a tempo determinato di tipo b)
Giovanni	Giannoccaro	Ricercatore a tempo determinato di tipo a)
Cosimo	Iurlaro	Dottorando di ricerca
Massimo	La Scala	Professore Ordinario
Silvia	Lamonaca	Assegnista di ricerca
Francesca	Marasciuolo	Dottorando di ricerca
Marco	Menga	Assegnista di ricerca
Pasquale	Montegiglio	Ricercatore a tempo determinato di tipo a)
Carmine	Rodio	Dottorando di ricerca – attualmente Assegnista di ricerca
Roberto	Sbrizzai	Professore Associato
Gioacchino	Tricarico	Dottorando di ricerca
Michele	Trovato	Professore Ordinario (fino a Ottobre 2019)

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Il testo è costituito da un elenco di temi descritti in modo estremamente sintetico.

### Argomento 1 – Impianti eolici e regolazione di frequenza

Contributo degli impianti eolici alla regolazione di frequenza mediante sfruttamento dell'energia cinetica delle turbine o del funzionamento a carico parziale [BA.Produz.1][BA.Produz.2].

### Argomento 2 – Modelli dinamici per la generazione distribuita

Sviluppo di una metodologia per l'identificazione di modelli dinamici di componenti per la generazione distribuita [BA.Produz.1] [BA.Produz.2] [BA.Produz.2].

### Argomento 3 – Performance di impianti fotovoltaici

Analisi delle performance di impianti fotovoltaici [BA.Produz.1].

### Collaborazioni con altre unità

Collaborazione con l'Unità di Padova per lo sviluppo di modelli dinamici di componenti per la generazione distribuita.

Collaborazione con l'Unità di Cagliari per la valutazione delle performance di sistemi fotovoltaici

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con EDF Research Center per lo studio del contributo di regolazione degli impianti eolici.

### Bibliografia

- [BA.Produz.1]. Trovato, V., Conenna, D., Dicorato, M., Forte, G., & Trovato, M. (2020). Economic and financial benefits for wind turbines providing frequency response exploiting the kinetic energy or operating part-loaded. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 14(20), 4371-4387.
- [BA.Produz.2]. Trovato, V., Dicorato, M., Forte, G., & Trovato, M. (2019, June). System value for wind farms providing frequency services under different control frameworks. In 2019 IEEE Milan PowerTech (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Produz.3]. Cagnano, A., De Tuglie, E., Turri, R., Cervi, A., & Vian, A. (2021). Online identification of simplified CHP models. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 57(3), 2236-2244.
- [BA.Produz.4]. Cagnano, A., De Tuglie, E., Turri, R., Cervi, A., & Vian, A. (2021). Online identification of simplified CHP models. *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019*, 2019, 8783877.
- [BA.Produz.5]. Vian, A., Cervi, A., Stecca, R., Cagnano, A., & De Tuglie, E. (2019, May). Validation of the Dynamic Model of the PrInCE Lab CHP through Real-Time Measurements. In 2019 1st International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area (SyNERGY MED) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Produz.6]. Cagnano, A., De Tuglie, E., & Ghiani, E. (2019, June). PV plants performance analysis under mutable operating condition. In 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (IEEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-5). IEEE.

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Argomento 1 – Sviluppo della rete di trasmissione

Metodi per l'analisi dell'evoluzione della rete di trasmissione [BA.Trasmis.1], includendo analisi costi-benefici di singoli progetti sulla base di indicatori tecnico-economici basati sul flusso [BA.Trasmis.2] [BA.Trasmis.3] e sull'approccio del confronto tra opzioni di sviluppo [BA.Trasmis.4].

#### Argomento 2 - HVDC

Modelli statici e dinamici di collegamenti HVDC e influenza delle modalità di controllo nell'incremento dei limiti di transito tra aree di mercato [BA.Trasmis.5]. Il paper [BA.Trasmis.6] presenta, focalizzandosi sulle regioni europee e limitrofe, una metodologia per uno sviluppo ottimale a lungo termine di una rete intercontinentale con corridoi HVDC.

#### Argomento 3 – Mercati dell'energia e altri mercati

Sviluppo del modello di asta nel mercato della capacità [BA.Trasmis.7]. Modelli di mercato dell'energia e dei servizi, creazione dei programmi di funzionamento per l'analisi degli effetti sulla rete elettrica di trasmissione nazionale. [BA.Trasmis.8] presenta l'impatto delle interruzioni forzate dei generatori sincroni su un modello stocastico di mercato della potenza reattiva.

#### Argomento 4 – Problematiche di esercizio nello sviluppo della rete di trasmissione

Determinazione dell'impatto della sicurezza statica in modelli basati sul flusso [BA.Trasmis.9]. Analisi dell'impatto della configurazione a "isole di esercizio" della rete AT per l'integrazione di fonti rinnovabili [BA.Trasmis.10]. Analisi del comportamento termico di linee di trasmissione in presenza di scenari evolutivi della rete [BA.Trasmis.11].

#### Argomento 5 – Stabilità e controllo dei sistemi elettrici.

[BA.Trasmis.12] verifica la possibile adozione e controllo di FACTS distribuiti (D-FACTS) per incrementare la sicurezza dinamica dei sistemi elettrici e attuare azioni di controllo emergenziali con compensazione dinamica serie delle linee elettriche. [BA.Trasmis.13] propone una metodologia decentralizzata per controllare frequenza e tensione e gestire guasti del sistema di comunicazione verso alcuni generatori.

#### Argomento 6 – Evoluzione dei sistemi di trasmissione.

In [BA.Trasmis.14], sono stati discussi gli effetti del primo lockdown della pandemia COVID-19 sul sistema elettrico nazionale, proponendo una metodologia di analisi e previsione del carico.

#### Collaborazioni con altre unità

Collaborazione con l'unità di Roma per l'impatto di aspetti di esercizio nella pianificazione dello sviluppo della rete.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con aziende nazionali del settore (Terna S.p.A., EP Produzione, Sorgenia).

Collaborazione con società e centri di ricerca nazionali e internazionali quali la RSE S.p.A. e l'Istituto JRC della Commissione Europea e gruppi di ricerca di altre università (l'"Islamic Azad University" di Shiraz e la "Sharif University of Technology" di Tehran in Iran, la "Aix-Marseille University" di Marsiglia in Francia e la "Shanghai Jiao Tong University" di Shanghai in Cina).

#### Bibliografia

[BA.Trasmis.1]. Michi, L., Donnini, G., Aluisio, B., Migliori, M., Vergine, C., Dicorato, M., & Forte, G. (2019, September). The DC power planning for network flexibility in the multi-area power system. In 2019 AEIT International Annual Conference (AEIT) (pp. 1-5). IEEE.

- [BA.Trasmis.2]. Dicorato, M., Trovato, M., Vergine, C., Gadaleta, C., Aluisio, B., & Forte, G. (2020). Extended Flow-Based Security Assessment for Real-Sized Transmission Network Planning. *Energies*, 13(13), 3363.
- [BA.Trasmis.3]. Dicorato, M., Tricarico, G., Forte, G., & Marasciuolo, F. (2021). Technical Indicators for the Comparison of Power Network Development in Scenario Evaluations. *Energies*, 14(14), 4179.
- [BA.Trasmis.4]. La Scala, M., Dicorato, M., Forte, G., Gadaleta, C., Giordano, C., Migliori, M., Monno, D., & Carlini, E. M. (2022, May). Network development alternative analysis based on Analytic Hierarchy Process. In 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON) (pp. 1-7). IEEE.
- [BA.Trasmis.5]. Carlini, E. M., Vergine, C., Aluisio, B., Gadaleta, C., Migliori, M., Dicorato, M., Trovato, M., & Forte, G. (2020). Static and Dynamic Evaluation of Different Architectures for an Actual HVDC Link Project. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 35(6), 2782-2790.
- [BA.Trasmis.6]. L'Abbate, A., Fulli, G., La Scala, M. From pan-continental to inter-continental systems analyses: Planning HVDC corridors in long-term grid studies (2020) 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, art. no. 9241117. DOI: 10.23919/AEIT50178.2020.9241117
- [BA.Trasmis.7]. Dileo, G., Corapi, F., Trovato, M. A., Dicorato, M., & Forte, G. (2020, September). A model to investigate capacity market sensitivities in Italian framework. In 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Trasmis.8]. Azad, H., Mohseni, M., Heydarian-Forushani, E., Ben Elghali, S., La Scala, M. Investigation of the Impacts of Synchronous Generators' Forced Outage Rates on Reactive Power Market (2021) 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021. DOI: 10.23919/AEIT53387.2021.9626950
- [BA.Trasmis.9]. Dicorato, M., Tricarico, G., Trovato, M., Forte, G., & Bronzini, M. (2020, September). Techno-economic benefit of network developments: A flow-based evaluation. In 2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Trasmis.10]. Migliori, M., Lauria, S., Gadaleta, C., Aluisio, B., De Cesare, A., & Forte, G. (2021, June). Assessment of transmission network development with HV operation islands under renewable diffusion. In 2021 IEEE Madrid PowerTech (pp. 1-5). IEEE.
- [BA.Trasmis.11]. Migliori, M., Lauria, S., Carlini, E. M., Piemonti, L., Gadaleta, C., Aluisio, B., & Forte, G. (2020, September). Evaluation of thermal performance for power system development. In 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Trasmis.12]. Bruno, S.; De Carne, G.; La Scala, M. Distributed FACTS for Power System Transient Stability Control. *Energies* 2020, 13, 2901. <https://doi.org/10.3390/en13112901>
- [BA.Trasmis.13]. Wang, Z., Wang, J., La Scala, M. A Novel Distributed-Decentralized Fixed-Time Optimal Frequency and Excitation Control Framework in a Nonlinear Network-Preserving Power System (2021) *IEEE Transactions on Power Systems*, 36 (2), art. no. 9146190, pp. 1285-1297. DOI: 10.1109/TPWRS.2020.3011156
- [BA.Trasmis.14]. Scarabaggio, P., La Scala, M., Carli, R., Dotoli, M. Analyzing the Effects of COVID-19 Pandemic on the Energy Demand: The Case of Northern Italy (2020) 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, art. no. 9241136. DOI: 10.23919/AEIT50178.2020.9241136

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

### Argomento 1 – Coordinamento TSO-DSO

[BA.Distrib.1] propone un metodo per mappare l'area di flessibilità di una rete di distribuzione al punto di interconnessione con una di trasmissione utilizzando un algoritmo di optimal power flow trifase che consideri anche carichi e risorse monofase in un sistema squilibrato. [BA.Distrib.2] propone un approccio basato su OPF sbilanciato trifase per sistemi di distribuzione per il dispacciamento ottimale di risorse distribuite in uno schema di coordinamento TSO-DSO.

### Argomento 2 – Dispacciamento ottimale delle risorse in sistemi in isola

Ottimizzazione delle risorse di una generica isola minore Italiana per ridurre i costi di esercizio garantendo vincoli minimi di riserva operativa: [BA.Distrib.2] e [BA.Distrib.4] propongono un algoritmo di optimal

predictive dispatch in anello chiuso che consideri gli errori di forecasting garantendone vincoli minimi quantificati con approccio probabilistico e aggiorni ricorsivamente i set-point di controllo dello storage della rete.

#### Argomento 3 – Smart Transformer

Verifica dei vantaggi dell'installazione di smart transformer (trasformatori statici) sulle cabine secondarie del sistema di distribuzione in termini di controllo dei parametri e risoluzione delle congestioni [BA.Distrib.5] con approccio basato su load flow e OPF. [BA.Distrib.6] discute il possibile utilizzo dello smart transformer per incrementare l'osservabilità delle reti di distribuzione e aggiornare dinamicamente i modelli del carico sotteso alla cabina secondaria.

#### Argomento 4 – Integrazione di sistemi per la mobilità

Analisi dell'impatto sulla rete di distribuzione a MT di colonnine di ricarica per veicoli elettrici considerando opportuni percorsi e indicatori tecnici [BA.Distrib.7] [BA.Distrib.8], e integrazione di microreti DC con veicoli elettrici nel quadro della energy community [BA.Distrib.9].

#### Argomento 5 – Grid-edge control per le reti di distribuzione

Evoluzione delle reti di distribuzione con una crescente integrazione delle risorse energetiche distribuite (DER) e la trasformazione digitale [BA.Distrib.10].

#### Collaborazioni con altre unità

Collaborazione con l'Unità di Bologna nell'ambito dei progetti "CONNECT" e "PROGRESSUS" finanziati da ECSEL JU nell'ambito di Horizon 2020.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Le pubblicazioni relative alla introduzione di smart transformer nei sistemi di distribuzione sono state condotte in collaborazione con la Christian-Albrechts-Universität (CAU) di Kiel, Germania.

La pubblicazione [BA.Distrib.10] è frutto di una collaborazione tra l'Unità del Politecnico di Bari, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands, il LITEN, CEA, Grenoble, France, il Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany, il ISEN Yncréa Ouest, Brest, France, e la Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.

#### Bibliografia

- [BA.Distrib.1] S. Bruno, G. Giannoccaro, C. Iurlaro, M. L. Scala, L. Notaristefano and C. Rodio, "Mapping Flexibility Region through Three-phase Distribution Optimal Power Flow at TSO-DSO Point of Interconnection," 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT53387.2021.9627050.
- [BA.Distrib.2] C. Rodio, G. Giannoccaro, S. Bruno, M. Bronzini and M. La Scala, "Optimal Dispatch of Distributed Resources in a TSO-DSO Coordination Framework," 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241175.
- [BA.Distrib.3] S. Bruno, G. Giannoccaro, C. Iurlaro, M. L. Scala and M. Menga, "Predictive Optimal Dispatch for Islanded Distribution Grids considering Operating Reserve Constraints," 2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2022, pp. 518-523, doi: 10.1109/MELECON53508.2022.9842967.
- [BA.Distrib.4] S. Bruno, C. Iurlaro, M. L. Scala and M. Menga, "Integration of Operating Reserve Constrains in the Predictive Optimal Dispatch of Energy and Storage Resources in Small Islands," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854789.



- [BA.Distrib.5] L. Longo, S. Bruno, G. De Carne and M. Liserre, "Modelling and Performance Evaluation of Smart Transformer in Distribution Grids," 2020 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/PESGM41954.2020.9281646.
- [BA.Distrib.6] G. De Carne, S. Bruno, M. Liserre and M. La Scala, "Distributed Online Load Sensitivity Identification by Smart Transformer and Industrial Metering," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 55, no. 6, pp. 7328-7337, Nov.-Dec. 2019, doi: 10.1109/TIA.2019.2918053.
- [BA.Distrib.7] Marasciuolo, F., Dicorato, M., Forte, G., & Montegiglio, P. (2022, June). Effect of V2G Technology Integration on MV Distribution Grids. In 2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON) (pp. 366-371). IEEE.
- [BA.Distrib.8] Marasciuolo, F., Dicorato, M., Forte, G., & Montegiglio, P. (2022, June). The influence of electric vehicle position on technical operation of a distribution grid. In 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Distrib.9] Marasciuolo, F., Orozco, C., Dicorato, M., Borghetti, A., & Forte, G. (2021, September). Two-stage Scheduling of Electrical Vehicle Charging Station Clusters in a Community of DC Microgrids. In 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Distrib.10] Tam T. Mai, Phuong H. Nguyen, Quoc-Tuan Tran, Alessia Cagnano, Giovanni De Carne, Yassine Amirat, Anh-Tuan Le & Enrico De Tuglie (2021). An overview of grid-edge control with the digital transformation. Electrical Engineering volume 103, pages1989–2007 (2021)

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### *Argomento 1 – Supporto ai transitori di frequenza attraverso risorse degli utenti finali*

Publicazioni riguardanti metodologie e test per la fornitura di servizi di regolazione veloce della frequenza, come Inerzia Sintetica ([BA.Utiliz.1][BA.Utiliz.2]) e Fast Frequency Response ([BA.Utiliz.3][BA.Utiliz.4]) utilizzando risorse distribuite di piccola taglia per fornire questo supporto a reti a bassa inerzia controllando dispositivi presenti nelle abitazioni residenziali o in microreti e permettere agli utenti finali di partecipare ad un nuovo mercato dei servizi energetici.

### *Argomento 2 – Ottimizzazione delle risorse energetiche distribuite e demand response*

[BA.Utiliz.5] propone una metodologia di model predictive control per il controllo ottimale di risorse energetiche distribuite in microreti, nanoreti o comunità energetiche, in presenza di sistemi tariffari incentivanti la demand response. Il dimensionamento ottimale di un distretto energetico o di una comunità che ambisca al raggiungimento del paradigma Net Zero è affrontato in [BA.Utiliz.6], considerando la presenza di sistemi di accumulo termico ed elettrico. Il ruolo dell'accumulo termico come risorsa di flessibilità è discusso in [BA.Utiliz.7] per verificare la possibile fornitura di servizi di demand response in grandi data center. L'aggregazione delle risorse distribuite in un virtual power plant è discussa in [BA.Utiliz.8].

Gestione ottimale di una microrete con forte grado di penetrazione di fonte fotovoltaica e sistema di accumulo ibrido [BA.Utiliz.9].

### *Argomento 3 – Microreti in DC per l'integrazione di veicoli elettrici*

Sviluppo di modelli per l'analisi di microreti in DC con veicoli elettrici: per la pianificazione degli investimenti [BA.Utiliz.10][BA.Utiliz.11], per la programmazione ottimale dell'esercizio a diverse scale temporali [BA.Utiliz.12][BA.Utiliz.13][BA.Utiliz.14], per la fornitura di servizi di riserva [BA.Utiliz.15], per il controllo in tempo reale mediante droop [BA.Utiliz.16].

### *Argomento 5 – Strategie di controllo e servizi di flessibilità di microreti*

Strategie di controllo delle microreti per la gestione ottimale e per la fornitura di servizi di flessibilità [BA.Utiliz.16] [BA.Utiliz.16] [BA.Utiliz.19][BA.Utiliz.20][BA.Utiliz.21][BA.Utiliz.22].



## Argomento 6 – Sviluppo e analisi di microreti

Linee guida ed aspetti di ordine pratico-gestionale per lo sviluppo e l'analisi di microreti elettriche [BA.Utiliz.23][BA.Utiliz.24][BA.Utiliz.25][BA.Utiliz.26][BA.Utiliz.16].

### Collaborazioni con altre unità

Alcune pubblicazioni riguardanti lo sviluppo e la gestione ottimale delle microreti sono state sviluppate in collaborazione con le Unità di Padova, Cagliari e Palermo.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Alcune delle pubblicazioni elencate sono state sviluppate nel corso di collaborazioni scientifiche con l'istituto IFF-Fraunhofer di Magdeburgo e con il KIT (Karlsruher Institut für Technologie) di Karlsruhe, Germania.

Collaborazione con l'università francese "Aix-Marseille University" di Marsiglia.

Collaborazione con il gruppo ENEL nell'ambito dei progetti "CONNECT" e "PROGRESSUS" finanziati da ECSEL JU nell'ambito di Horizon 2020.

Alcune pubblicazioni riguardanti lo sviluppo e la gestione ottimale delle microreti sono state sviluppate in collaborazione con il Vellore Institute of Technology, Vellore, India, con l'Institute of Electrical Power Engineering, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland, con The University of Melbourne (Australia).

### Bibliografia

- [BA.Utiliz.1]. S. Bruno, G. Giannoccaro, C. Iurlaro, M. L. Scala and C. Rodio, "A Low-cost Controller to Enable Synthetic Inertia Response of Distributed Energy Resources," 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160813.
- [BA.Utiliz.2]. Bruno, S.; Giannoccaro, G.; Iurlaro, C.; La Scala, M.; Rodio, C. Power Hardware-in-the-Loop Test of a Low-Cost Synthetic Inertia Controller for Battery Energy Storage System. *Energies* 2022, 15, 3016. <https://doi.org/10.3390/en15093016>
- [BA.Utiliz.3]. S. Bruno, G. De Carne, C. Iurlaro, C. Rodio and M. Specchio, "A SOC-feedback Control Scheme for Fast Frequency Support with Hybrid Battery/Supercapacitor Storage System," 2021 6th IEEE Workshop on the Electronic Grid (eGRID), 2021, pp. 1-8, doi: 10.1109/eGRID52793.2021.9662149.
- [BA.Utiliz.4]. S. Bruno, G. Giannoccaro, C. Iurlaro, M. L. Scala, C. Rodio and R. Sbrizzai, "Fast Frequency Regulation Support by LED Street Lighting Control," 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584577.
- [BA.Utiliz.5]. S. Bruno, G. Giannoccaro and M. La Scala, "A Demand Response Implementation in Tertiary Buildings Through Model Predictive Control," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 55, no. 6, pp. 7052-7061, Nov.-Dec. 2019, doi: 10.1109/TIA.2019.2932963.
- [BA.Utiliz.6]. Bruno, S.; Dicorato, M.; La Scala, M.; Sbrizzai, R.; Lombardi, P.A.; Arendarski, B. Optimal Sizing and Operation of Electric and Thermal Storage in a Net Zero Multi Energy System. *Energies* 2019, 12, 3389. <https://doi.org/10.3390/en12173389>
- [BA.Utiliz.7]. Lombardi, P.A.; Moreddy, K.R.; Naumann, A.; Komarnicki, P.; Rodio, C.; Bruno, S. Data Centers as Active Multi-Energy Systems for Power Grid Decarbonization: A Technical and Economic Analysis. *Energies* 2019, 12, 4182. <https://doi.org/10.3390/en12214182>
- [BA.Utiliz.8]. Heydarian-Forushani, E., Elghali, S.B., Zerrougui, M., la Scala, M., Mestre, P. A Centralized-Stochastic Solution for Smart Energy Management in a Virtual Power Plant (2021) 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2021 - Proceedings. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584773
- [BA.Utiliz.9]. Kumar, G. B., Palanisamy, K., & De Tuglie, E. (2021, September). Energy Management of PV-Grid-Integrated Microgrid with Hybrid Energy Storage System. In 2021 IEEE International Conference on

- Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Utiliz.10]. Aluisio, B., Dicorato, M., Ferrini, I., Forte, G., Sbrizzai, R., & Trovato, M. (2019). Optimal sizing procedure for electric vehicle supply infrastructure based on DC microgrid with station commitment. *Energies*, 12(10), 1901.
- [BA.Utiliz.11]. Aluisio, B., Dicorato, M., Ferrini, I., Forte, G., Sbrizzai, R., & Trovato, M. (2021). Planning and reliability of DC microgrid configurations for electric vehicle supply infrastructure. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 131, 107104.
- [BA.Utiliz.12]. Aluisio, B., Bruno, S., De Bellis, L., Dicorato, M., Forte, G., & Trovato, M. (2019). DC-microgrid operation planning for an electric vehicle supply infrastructure. *Applied Sciences*, 9(13), 2687.
- [BA.Utiliz.13]. Dicorato, M., Tricarico, G., Marasciuolo, F., Forte, G., & Trovato, M. (2020, June). Performance analysis of EV stations optimal operation in DC microgrid configurations. In 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Utiliz.14]. Marasciuolo, F., Dicorato, M., Tricarico, G., Montegiglio, P., Forte, G., & Trovato, M. (2022). The Influence of EV Usage Scenarios on DC Microgrid Techno-Economic Operation. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 58(3), 3957-3966.
- [BA.Utiliz.15]. Dicorato, M., Trovato, M., & Forte, G. (2019, September). Operation schedule of DC microgrid for EVs with reserve under various conditions. In 2019 AEIT International Annual Conference (AEIT) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Utiliz.16]. Montegiglio, P., Acciani, G., Dicorato, M., Forte, G., & Marasciuolo, F. (2021, September). A Decentralized Power Regulation Approach for DC Microgrids. In 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Utiliz.17]. Cagnano, A., De Tuglie, E. E., Turri, R., & Bignucolo, F. (2020, September). Microturbine control strategy for the load-following service provision. In 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT) (pp. 1-5). IEEE.
- [BA.Utiliz.18]. Cagnano, A., De Tuglie, E., Marcone, F., Porro, G., Rasolomampionona, D. D., Klos, M., ... & Zizzo, G. (2020, June). Experimental results on the economic management of a smart microgrid. In 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON) (pp. 459-463). IEEE.
- [BA.Utiliz.19]. Cagnano, A., De Tuglie, E., & Gibilisco, P. (2019). Assessment and control of microgrid impacts on distribution networks by using experimental tests. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 55(6), 7157-7164.
- [BA.Utiliz.20]. Favuzza, S., Massaro, F., Musca, R., Zizzo, G., Cagnano, A., & De Tuglie, E. (2019, June). Effects of demand side management on the operation of an isolated lv microgrids. In 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Utiliz.21]. Cagnano, A., De Tuglie, E., Rasolomampionona, D. D., Klos, M., Favuzza, S., Massaro, F., & Zizzo, G. (2019, June). Transitions from grid-connected to island operation of Smart Microgrids. In 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Utiliz.22]. Cagnano, A., De Tuglie, E., Cervi, A., Stecca, R., Turri, R., & Vian, A. (2019, May). Re-Synchronization control strategy for master-slave controlled microgrids. In 2019 1st International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area (SyNERGY MED) (pp. 1-6). IEEE.
- [BA.Utiliz.23]. Cagnano, A., De Tuglie, E., & Mancarella, P. (2020). Microgrids: Overview and guidelines for practical implementations and operation. *Applied Energy*, 258, 114039.
- [BA.Utiliz.24]. De Tuglie, E. E., Alessia, C., Ghiani, E., Mocchi, S., & Pilo, F. G. L. (2020). Microgrid architectures. Book Chapter, *Microgrids for Rural Areas*, 2020, pp. 13–32.
- [BA.Utiliz.25]. Ghiani, E., Pilo, F. G. L., Soma, G. G., De Tuglie, E. E., Alessia, C., & Stefania, C. (2020). Case studies of microgrids systems. Book Chapter, *Microgrids for Rural Areas*, 2020, pp. 361–388

[BA.Utiliz.26]. Kłos, M., Rasolomampionona, D., Pawlak, K., De Tuglie, E., & Cagnano, A. (2019, June). Challenges related to possibilities to cover the current and future power needs thanks to smart solutions. In 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-4). IEEE.

[BA.Utiliz.27]. Cagnano, A., De Tuglie, E., Vian, A., Cervi, A., Turri, R. Development and analysis of a smart microgrid: The "PrInCE Lab" project [Sviluppo e analisi di una microgrid intelligente: Il progetto "PrInCE Lab"]. In *Energia Elettrica*, Volume 96, Issue 2, Pages 17 – 272019.

## **TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA**

### **Argomento 1 – Integrazione di veicoli elettrici in microreti**

Sviluppo di un dimostratore tecnologico, in fase di realizzazione, costituito da una microrete in DC per l'integrazione di veicoli elettrici con diversi livelli di ricarica e possibilità di utilizzo del vehicle-to-grid [BA.Trasporti.1]. [BA.Trasporti.2] esamina le possibili prestazioni di un sistema integrato per la ricarica di veicoli elettrici e l'illuminazione pubblica.

### **Argomento 2 – Controllo della ricarica di veicoli elettrici**

Sviluppo di metodologie di ricarica ottimale di veicoli elettrici in ambito residenziale basate su obiettivi tecnici ed economici [BA.Trasporti.3].

### **Argomento 3 – Sicurezza della mobilità elettrica**

Analisi delle soluzioni per la protezione da scariche e sovratensioni per veicoli elettrici [BA.Trasporti.4].

### **Collaborazioni con altre unità**

Collaborazione con l'unità di Firenze.

### **Collaborazioni con altre università ed enti internazionali**

Collaborazione con University of Cardiff.

### **Bibliografia**

[BA.Trasporti.1]. Dicorato, M., Forte, G., Trovato, M., Muñoz, C. B., & Coppola, G. (2019). An integrated DC microgrid solution for electric vehicle fleet management. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 55(6), 7347-7355.

[BA.Trasporti.2]. S. Bruno, G. Giannoccaro, M. La Scala, G. Lopopolo and C. Rodio, "A Microgrid Architecture for Integrating EV Charging System and Public Street Lighting," 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783640.

[BA.Trasporti.3]. Palmiotto, F., Zhou, Y., Forte, G., Dicorato, M., Trovato, M., & Cipcigan, L. M. (2021). A coordinated optimal programming scheme for an electric vehicle fleet in the residential sector. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 28, 100550.

[BA.Trasporti.4]. Grasso, F., Reatti, A., Scarpino, P.A., Talluri, G., Cafaro, G. (2020). Importance of Arc Flash Analysis in e-mobility. 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, 2020, 9241087.

## **ALTRI TEMI**

### **Argomento 1 - Co-simulazione remota real-time e Power Hardware-in-the-Loop**

<p><b>Presidente</b> Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it</p>	<p><b>Segretario</b> Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it</p>
--	---

I Politecnici di Bari e Torino hanno realizzato una piattaforma stabile collaborativa per co-simulazioni remote in real-time e prove Remote Power Hardware-in-the-Loop (R-PHIL). Le prime prove di connessione sono documentate in [BA.Altri.1] e [BA.Altri.2] e dimostrano la fattibilità di co-simulazioni R-PHIL a distanza geografica di quasi 1,000 chilometri. Gli effetti di latenza e comunicazione sulla stabilità e accuratezza della simulazione sono discussi in [BA.Altri.3]. [BA.Altri.4] analizza gli ambiti applicativi delle prove R-PHIL in relazione alle performance della piattaforma sviluppata.

#### Collaborazioni con altre unità

Le prime attività di ricerca sulla co-simulazione sono state avviate nell'ambito del progetto "Living grid" e hanno consentito la costituzione di una rete diffusa di laboratori per la simulazione real-time che ha raccolto, sotto l'egida del Consorzio interuniversitario EnSiEL, la partecipazione di diverse università italiane (Politecnico di Bari, Politecnico di Torino, Università di Genova, Università di Napoli) e dell'Istituto JRC della Commissione Europea. I primi risultati di questa collaborazione saranno presentati al convegno internazionale AEIT 2022.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Il progetto "Living grid" ha visto la collaborazione non solo degli altri gruppi di ricerca italiani precedentemente menzionati, ma anche quella di altri partner quali il consorzio ENSIEL, ENEA, CNR, RSE S.p.A., ENEA, TERNA S.p.A. ed e-distribuzione.

#### Bibliografia

- [BA.Altri.1]. E. Bompard, S. Bruno, A. Cordoba-Pacheco, C. Diaz-Londono, G. Giannoccaro, M. La Scala, A. Mazza, E. Pons, "Connecting in Real-time Power System Labs: an Italian Test-case," 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160505.
- [BA.Altri.2]. E. Bompard, S. Bruno, S. Frittoli, G. Giannoccaro, M. La Scala, A. Mazza, E. Pons, C. Rodio, "Remote PHIL Distributed Co-Simulation Lab for TSO-DSO-Customer Coordination Studies," 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241104.
- [BA.Altri.3]. E. Bompard, S. Bruno, A. Cordoba-Pacheco, C. Diaz-Londono, G. Giannoccaro, M. La Scala, A. Mazza, E. Pons, "Latency and Simulation Stability in a Remote Power Hardware-in-the-Loop Cosimulation Testbed," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 57, no. 4, pp. 3463-3473, July-Aug. 2021, doi: 10.1109/TIA.2021.3082506.
- [BA.Altri.4]. S. Bruno, G. Giannoccaro, M. La Scala, C. Rodio, E. Bompard, G. Chicco, A. Mazza, E. Pons, "Co-simulazione multi-sito e cooperazione tra laboratori", AEIT, Vol. 106, No. 7/8, pp. 39-55, Jul./Aug. 2020 (ISSN 1825-828X).

#### PROGETTI

Nome progetto	PON FESR 2014-2020 Cluster Tecnologico Nazionale – Energia "Living grid" – Project CTN02_00018_9856993.
Responsabile scientifico	Massimo La Scala per il POLIBA
Ente finanziatore	MIUR
Breve descrizione	Realizzazione di un dimostratore/pilota di dimensioni contenute per l'implementazione su scala più ampia di soluzioni di integrazione nelle reti di trasmissione e distribuzione di energia elettrica prodotta, prevalentemente, ma non necessariamente, da fonte rinnovabile non programmabile distribuita, anche al fine di agevolare il pieno sfruttamento dei benefici derivanti da una sempre maggiore

flessibilità delle risorse di rete, soprattutto dei carichi (connessi alla rete AT e MT).

Sedi partner Torino, Genova e Napoli

Altre informazioni budget totale: 1 M€, budget ENSIEL 150 k€, POLIBA SEPE: 20 k€  
inizio attività Gennaio 2017, fine Dicembre 2020.

**Riferimenti**

[BA.Progetti.1]. [Living Grid – Cluster Energia \(cluster-energia.it\)](http://cluster-energia.it)

*Nome progetto* FESR-FSE 2014-2020 Azione 1.6 – “Sistema integrato per l’illuminazione e i servizi alla mobilità urbana - EMERA”, INNONETWORK 2017 – Regione Puglia, cod. QCXK671

Responsabile scientifico Massimo La Scala

Ente finanziatore Regione Puglia

Breve descrizione Il progetto prevede lo studio a livello normativo e lo sviluppo di una piattaforma integrata e interoperabile di sistemi smart per l’illuminazione pubblica e dell’infrastruttura di ricarica di veicoli alimentati a energia elettrica nei contesti urbani con particolare attenzione verso i veicoli per la slow-motion.

Sedi partner Bari

Altre informazioni budget totale 2 M€, budget POLIBA SEPE 190 k€  
inizio attività Settembre 2019, fine Dicembre 2020.

*Nome progetto* H2020-ECSEL-2016-1-RIA-two-stage “Innovative smart components, modules and appliances for a truly connected, efficient and secure smart grid” (CONNECT) – cod. id. 737434:

Responsabile scientifico per il POLIBA Prof. M. Trovato – dal 19/04/2019 Prof. M. Dicorato

Ente finanziatore ECSEL Joint Undertaking e dal Ministero dell’Università e della Ricerca nell’ambito del programma Horizon 2020

Breve descrizione metodologie per la gestione ottimale e il controllo di nanoreti DC che includono impianto fotovoltaico, sistema di accumulo e stazioni di ricarica per veicoli elettrici, anche in configurazione V2G; collaborazione alla realizzazione di un prototipo sperimentale e verifiche del funzionamento

Sedi partner Unità di Bologna

Altre informazioni capofila europeo INFINEON AG, capofila nazionale ST Microelectronics, inizio attività Aprile 2017, fine attività Marzo 2021. Budget complessivo 19.9 M€ - budget Poliba 800 k€.

**Riferimenti**

[BA.Progetti.2]. <http://www.connect-ecsel.eu/>

*Nome progetto* H2020-LCE-2017-SGS “Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for



European electricity – OSMOSE” – Project 773406

Responsabile scientifico Massimo La Scala

Ente finanziatore Horizon2020

Breve descrizione Soluzioni tecniche e di mercato per garantire la flessibilità del sistema elettrico per l'integrazione di grandi quantità di produzione rinnovabile.

Sedi partner 33 partner di 9 stati europei (Francia, Spagna, Italia, Portogallo, Belgio, Slovenia, Germania, Svizzera, Serbia), capofila RTE – attività come terza parte del consorzio ENSIEL partner italiani TERNÀ, Edison, ABB, IBM, ENEL, Compendia, RSE, ENG, E2i, HDE, FBK

Altre informazioni budget totale: 35 M€, budget ENSIEL 1.15 M€, budget POLIBA SEPE: 35 k€  
inizio attività Febbraio 2018, fine Febbraio 2022.

Riferimenti

[BA.Progetti.3]. <https://www.osmose-h2020.eu/>

*Nome progetto* FESR-FSE 2014-2020 Azione 1.4 “E-Park - Microgrid Parking: Parcheggio intelligente per la Smart City”, INNOLABS – Regione Puglia, cod. NGFKLZ2

Responsabile scientifico Massimo La Scala

Ente finanziatore Regione Puglia

Breve descrizione Sviluppo e realizzazione di un parcheggio intelligente, destinato ai veicoli elettrici e alla loro ricarica e alimentato da un sistema di distribuzione del tipo microrete opportunamente dimensionato in modo da ridurre al minimo gli scambi con la rete e in grado di garantire efficienza energetica e utilizzo di fonti rinnovabili durante la ricarica dei veicoli in sosta grazie anche ad un idoneo sistema di accumulo installato. Inoltre, l'intero sistema permette di abilitare l'utente finale di tale struttura alla partecipazione a meccanismi innovativi di Gestione della Domanda (Demand Response) di energia elettrica sfruttando prezzi e tariffe energetiche dinamiche.

Sedi partner Bari

Altre informazioni budget totale 845 k€, budget POLIBA SEPE 210 k€  
inizio attività Novembre 2020, fine Maggio 2022.

*Nome progetto* PO FESR Sicilia 2014-2020 - Azione 1.1.5 Progetto “Blockchain per la gestione decentrata delle rinnovabili - BLORIN” – Regione Sicilia, cod. 08PA7112100263, CUP G79J18000680007 - Convenzione di consulenza tecnico-scientifica tra Politecnico di Bari e l'Università degli Studi di Palermo.

Responsabile scientifico Massimo La Scala

Ente finanziatore Università degli Studi di Palermo - Regione Sicilia

Breve descrizione	Attività di studio per lo sviluppo di emulazioni e simulazioni a supporto della valutazione di fattibilità di transazioni in fase sperimentale con lo scopo di progettare adeguatamente le microreti presso i siti sperimentali del progetto BLORIN.
Sedi partner	Unità di Palermo (leader partner)
Altre informazioni	budget POLIBA SEPE: 50 k€ inizio attività Giugno 2021, fine prevista Settembre 2022.
<i>Nome progetto</i>	Accordo conto terzi con SNAM S.p.A. per lo sviluppo di un modello per la rimozione le congestioni intra-zonali della rete di trasmissione.
Responsabile scientifico	Massimo La Scala
Ente finanziatore	SNAM S.p.A.
Breve descrizione	Sviluppo di una piattaforma software finalizzata all'analisi e rimozione di congestioni intra-zonali della rete di trasmissione in specifici scenari operativi.
Sedi partner	Bari
Altre informazioni	budget POLIBA SEPE: 91 k€, inizio attività Luglio 2021, fine prevista Ottobre 2022.
<i>Nome progetto</i>	PON I&C 2014-2020 Convenzione di consulenza tecnico-scientifica tra Politecnico di Bari ed e-distribuzione S.p.A. per il progetto ISMI (integrated storage and microgrid controllers in minor Italian islands) - Bando "Industria Sostenibile"
Responsabile scientifico	Massimo La Scala
Ente finanziatore	e-distribuzione - MISE
Breve descrizione	Supporto tecnico allo sviluppo e validazione di algoritmi di controllo per la stabilità del sistema in isola, di algoritmi di ottimizzazione, di modelli dinamici dei componenti di microgrid e allo studio di fattibilità in relazione all'interconnessione di microgrids per la realizzazione di un'architettura unificata in grado di garantire un controllo efficiente e stabile di reti isolate (Microgrid quali le isole minori italiane) in quanto costituito dall'integrazione di logiche di controllo a livello globale di rete (Microgrid Controller) e logiche di controllo locali dei sistemi di generazione da fonte rinnovabile e da fonte convenzionale integrata con accumulo dell'energia.
Sedi partner	Bari
Altre informazioni	budget POLIBA SEPE: 150 k€ inizio attività Dicembre 2019, fine prevista Dicembre 2022.
<i>Nome Progetto</i>	PRIN 2017 – "Planning and flexible operation of micro-grids with generation, storage and demand control as a support to sustainable and efficient electrical



	power systems: regulatory aspects, modelling and experimental validation", cod. K4JZEE
Responsabile scientifico	Enrico Elio De Tuglie per il POLIBA
Ente finanziatore	MUR
Breve descrizione	Il progetto prevede lo sviluppo e la convalida, attraverso importanti strutture di prova disponibili presso alcuni laboratori partner, di soluzioni tecnologiche volte ad aumentare l'efficienza energetica delle micro-reti e ad abilitarne e sfruttarne la flessibilità. Le soluzioni tecnologiche consistono in avanzati sistemi di gestione della distribuzione, integrati con sistemi locali di controllo e acquisizione dati.
Sedi partner	Politecnico di Milano, Politecnico di Bari, Università di Genova, Università di Bologna, Università di Cagliari, Università di Padova
Altre informazioni	budget totale 2.9 M€, budget POLIBA 156.7 k€, inizio attività 2019; attualmente in corso.
Nome progetto	“Calcoli di rete per il sistema di trasmissione dell'energia elettrica”
Responsabile scientifico	Prof. M. Dicorato
Ente finanziatore	Attività di ricerca conto terzi finanziata da Sorgenia S.p.A.
Breve descrizione	Definizione del database della rete elettrica di trasmissione; messa a punto di strumenti basati su software specialistico; definizione di scenari di esercizio di regime permanente, per l'individuazione di eventuali criticità dell'esercizio, analisi di sensibilità, azioni di mitigazione.
Nome Progetto	H2020-ECSEL-2019-2-RIA-two-stage “Highly efficient and trustworthy electronics, components and systems for the next generation energy supply infrastructure” (PROGRESSUS) – cod. id. 876868
Responsabile scientifico	Prof. M. Dicorato per le attività di POLIBA
Ente finanziatore	ECSEL Joint Undertaking e dal Ministero dell'Università e della Ricerca nell'ambito del programma Horizon 2020
Breve descrizione	Metodologie per la gestione ottimale di microreti in DC, considerando la presenza di stazioni di ricarica per veicoli elettrici convenzionali e veloci, a diverse scale temporali e per il coordinamento di gruppi di microreti DC. L'unità di Bari è leader del Task 3.2 “Advanced energy management algorithms for DC microgrids”
Sedi partner	Unità di Bologna
Altre informazioni	Capofila europeo INFINEON AG, capofila nazionale IUNET (consorzio universitario elettronica), inizio attività Aprile 2020, durata triennale. Totale budget progetto 19.6 M€ - budget Poliba 450 k€.
Riferimenti	
[BA.Progetti.4].	<a href="https://progressus-ecsel.eu/">https://progressus-ecsel.eu/</a>

<i>Nome progetto</i>	FESR-FSE 2014-2020 Azione IV.6 – “Integrazione del vettore idrogeno in smart micro-grids”
Responsabile scientifico	Enrico Elio De Tuglie
Ente finanziatore	MUR
Breve descrizione	Il progetto si pone l’obiettivo di integrare il vettore idrogeno all’interno di una microrete avanzata e mira allo sviluppo di funzioni e di dispositivi innovativi che agevolino la produzione e l’utilizzo dell’idrogeno, con il fine ultimo di rendere economico ed affidabile il servizio di fornitura di energia elettrica agli utenti finali. In particolare, si pensa a funzioni per la costituzione di riserva, demand response per i mercati, per i servizi di dispacciamento e di regolazione della tensione e della frequenza.
Sedi partner	Politecnico di Bari
Altre informazioni	inizio attività: gennaio 2022, durata 36 mesi.
<i>Nome progetto</i>	Convenzione di consulenza tecnico-scientifica tra Politecnico di Bari e la Next Intelligence Research (N.I.R) S.r.l.
Responsabile scientifico	Massimo La Scala
Ente finanziatore	Next Intelligence Research (N.I.R) S.r.l.
Breve descrizione	Progettazione, testing e supporto al processo di certificazione di componenti elettrici per sistemi di distribuzione e per dispositivi di gestione intelligente dell’energia in ambito civile e domestico.
Sedi partner	Bari
Altre informazioni	budget POLIBA SEPE: 780 k€ inizio attività Gennaio 2020, fine prevista Gennaio 2025.

## **LABORATORI**

*Nome laboratorio*      *LabZERO*

Responsabile: Prof. Massimo La Scala

Breve descrizione

LabZERO è un laboratorio interdisciplinare per la ricerca applicata e lo sviluppo sperimentale nel settore delle green e smart technologies. È un laboratorio che si avvale del know-how di diversi laboratori del Politecnico di Bari e di ENEA ed è attrezzato con strumentazioni per la certificazione di materiali e la messa a punto di sistemi innovativi nel campo del risparmio energetico e della sostenibilità. Il Laboratorio costituisce una “Rete di Laboratori Pubblici di Ricerca”, oggetto di finanziamento della Regione Puglia e accreditato tra le reti di laboratori dall’Agenzia Regionale per la Tecnologia e l’Innovazione della Puglia (ARTI). Il Progetto si avvale della collaborazione di RSE, partner di progetto, anche per il training dei ricercatori e del personale aziendale.

L’idea alla base del LabZero è quella di permettere un rapido passaggio dal “concetto al mercato” (from concept to market). È un polo di ricerca finalizzato all’innovazione tecnologica per l’efficienza

energetica in vari scenari quali: le aree urbane (conformi all'ottica della Smart City) e i distretti industriali (Energy hubs, power parks, eco-industrial parks) nei quali siano integrati impianti di produzione di energia termoelettrica e da rinnovabili, impianti cogenerativi, impianti di accumulo dell'energia, e-mobility.

I principali ambiti di azione del LabZERO nel settore elettrico sono: smart grids, smart city, certificazione nuovi componenti, smart mobility, smart lighting, analisi/prove su reti elettriche, prototipazione rapida e simulazioni real time, solar heating & cooling.

Il polo fornisce servizi per settori industriali, quali, ad esempio, elettrico, energetico, metalmeccanico, chimico, petrolchimico che includono attività di misura, verifica e collaudo, diagnosi energetiche, studi di fattibilità, test di apparati di produzione e di controllo di processo, prototipazione rapida e certificazione di prodotti. Nell'ottica di collaborazione con il tessuto imprenditoriale, il polo di ricerca svolge attività di sviluppo, monitoraggio, collaudo delle tecnologie più efficienti e innovative, mirando ad assumere un ruolo di primo piano nell'innovazione tecnologica, nel trasferimento tecnologico alle imprese, nello studio e nella diffusione delle migliori tecnologie disponibili.

Il laboratorio ha un forte carattere multidisciplinare. Di rilievo, tra le varie attrezzature, un Simulatore "real time" digitale per la prototipazione rapida di apparecchiature elettriche, OPAL RT OP5600 per la esecuzione di prove in modalità "hardware in the loop", e l'amplificatore di potenza Triphase PM15A30F30, per il test in potenza degli apparati in un ambiente "power hardware in the loop".

Il LabZero/Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI) fa parte della European Energy Research Alliance (EERA) JP Smart Cities, consorzio europeo che ha lo scopo di accelerare lo sviluppo delle nuove tecnologie per l'energia attraverso la creazione e l'implementazione di Joint Research Programmes al fine di rafforzare, espandere ed ottimizzare le capacità di ricerca sui temi dell'energia.

Le principali linee di sperimentazione e innovazione sono:

- attività di fast prototyping nel settore energetico per mezzo di simulatori real-time e prove "hardware-in-the-loop" e "Power-hardware-in-the-loop";
- caratterizzazione di componenti a bassissima temperatura (CRYO-LAB) per il riciclaggio sostenibile dei pannelli fotovoltaici arrivati a fine vita;
- caratterizzazione di generatori fotovoltaici;
- sperimentazioni sulle stazioni di carica e sulle auto elettriche;
- sperimentazione sul controllo intelligente dell'illuminazione pubblica;
- prove aerodinamiche di turbine eoliche;
- sperimentazione su sistema integrato di combustione a biomassa, caldaia a recupero per produzione di vapore e microturbina;
- laboratorio di nanosonica per prove non distruttive sui materiali;
- attività di caratterizzazione di materiali, sistemi e dispositivi termoelettrici;
- simulazione e la progettazione di sistemi solari a concentrazione;
- misura per la determinazione di parametri Meteo-Climatici ed ambientali;
- test di impianti di Solar-Cooling.

Inoltre, il laboratorio offre servizi e attività di misura, verifica e collaudo:

- verifica e taratura di sistemi di protezione di impianti elettrici;
- misure di campi elettromagnetici a bassa frequenza;
- prove di rigidità dielettrica su cavi;
- principali misure da laboratorio elettrotecnico;
- principali misure illuminotecniche;
- progettazione e collaudo di schede di controllo;
- misure per impianti di terra;
- misure di corto circuito e correnti di guasto a terra;
- prototipazione rapida di apparecchiature elettriche;

- test di comunicazione e integrazione in rete con dispositivi IEC 61850;
- test su impianti di mini-eolico;
- caratterizzazione meccanica dei materiali tramite interferometria laser e nanosonica;
- cicli termici di prova sui materiali tramite camera climatica;
- cicli termici di prova per batterie al litio.

Nome laboratorio *Prince*

Responsabile: Prof. Enrico Elio De Tuglie

Il Progetto PONa3\_00372 “Processi Innovativi per la Conversione dell’Energia – PrInCE”, finanziato nell’ambito del PON 2007-2013 Rafforzamento Strutturale, ha avuto come principale obiettivo l’ampliamento e/o costruzione di diversi laboratori, con lo scopo di creare un ambiente di lavoro multidisciplinare per lo studio e la realizzazione di prototipi di tecnologie di generazione innovative basate su fonti energetiche rinnovabili e di Sistemi di monitoraggio e controllo per la gestione di tecnologie di generazione distribuita. Il progetto, coordinato dal Prof. Michele Trovato, ha coinvolto nove laboratori del Politecnico di Bari, negli ambiti dell’Ingegneria Elettrica, dell’Ingegneria Meccanica, dell’Ingegneria dell’Automazione e dell’Ingegneria Civile e Ambientale, afferenti a tre diversi dipartimenti.

In particolare, il potenziamento del laboratorio di Sistemi Elettrici per l’Energia (SEPE) si è concretizzato nello sviluppo di una piattaforma sperimentale per le “smart microgrid”. È stata infatti realizzata una microrete sperimentale in corrente alternata e a bassa tensione, costituita dai seguenti componenti principali:

#### – Cogeneratore

Il cogeneratore di potenza nominale pari a 120 kWe è alimentato a gas naturale ed è connesso alla microrete mediante un inverter. È una macchina di mini-cogenerazione elettronica multi-inverter accoppiata ad una unità di generazione termoelettrica a velocità variabile, in grado di mantenere il rendimento elettrico ottimale, a tutti i regimi di funzionamento, tra il 10 ed il 110% della sua potenza nominale.

#### – Microturbina a gas

La microturbina a gas naturale ha una potenza elettrica nominale di 30 kW. Essa è costituita da un motore a velocità variabile in grado di modulare la produzione di energia elettrica e di calore dallo 0% al 100% della sua potenza nominale. È equipaggiata con uno scambiatore termico per il recupero del calore dai gas di scarico che consente la produzione di 65 kW termici con acqua calda in/out 60/70°C.

#### – Impianto fotovoltaico

L’impianto fotovoltaico, costituito da 242 moduli fotovoltaici, ha una potenza nominale pari a circa 50 kWp, tale da garantire una produzione di energia media annua pari a circa 70.000 kWh. I moduli fotovoltaici sono posizionati su 3 pensiline ad ombreggiamento di parte dei parcheggi di un’area del Campus del Politecnico di Bari, secondo una tipologia installativa di tipo fisso. I moduli fotovoltaici installati sono di cinque tipi: silicio monocristallino, silicio policristallino, silicio amorfo, CIS e monocristallino di tipo N-Type. Il gruppo di conversione è costituito da n. 5 inverter uno per ciascun sottocampo fotovoltaico, conformi alla normativa CEI 0-21. Questa configurazione consente di trattare l’impianto come unico generatore oppure come 5 generatori distinti.

#### – Batterie al sodio-nichel

<p><b>Presidente</b> Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it</p>	<p><b>Segretario</b> Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it</p>
--	---

Il sistema di accumulo è costituito da due banchi di batterie al Sodio-Nichel con una capacità di accumulo pari a 180 kWh ed una potenza di carica/scarica massima pari a 60 kW. Il sistema è connesso alla microrete attraverso un convertitore bi-direzionale, conforme alla Norma CEI 0-21. L'intero sistema è supportato da un Master Controller (MC) capace di monitorare in tempo reale lo stato di carica della batteria e di rispondere prontamente ai segnali di controllo provenienti dal sistema di controllo centrale della microrete.

### **– Simulatore eolico**

Tra i sistemi di generazione si include anche un simulatore eolico in grado di simulare il comportamento reale di turbine eoliche ad asse orizzontale e verticale. Tale dispositivo è costituito da un raddrizzatore/inverter da 60kVA dotato di un microcontrollore locale che attraverso le misurazioni del vento effettuate da un anemometro installato sul tetto del laboratorio è in grado di iniettare nella microrete la potenza che una turbina commerciale genererebbe. Il software di simulazione è anche in grado di accettare in ingresso il profilo di velocità del vento definito da un sistema di controllo centrale sulla base dei dati storici registrati dalla stazione meteo.

### **– Carichi programmabili**

Al fine di studiare il funzionamento della microrete in differenti e ben note condizioni operative, sono installati all'interno della microrete due carichi programmabili, tensione e frequenza dipendenti, capaci di simulare il comportamento reale di diverse classi di carico. I carichi sono costituiti da un raddrizzatore controllato che alimenta un carico resistivo della potenza nominale di 150 kW. Il raddrizzatore può simulare anche un carico induttivo o capacitivo. Le curve di carico sono attuate attraverso un controllore locale PLC (a bordo macchina) in funzione di specifiche esigenze provenienti dal livello di controllo superiore.

### **– Inverter di by-pass**

L'inverter di by-pass è un inverter trifase c.a./c.a., della potenza nominale di 200 kVA. La presenza di questo convertitore offre la possibilità di: Disaccoppiare la microrete dalla rete principale; Controllare gli scambi energetici tra la rete di distribuzione pubblica e il sistema locale; Gestire la microrete in condizioni di funzionamento critiche dell'utility principale.

### **– SCADA – Sistema di controllo centrale**

La comunicazione avviene su una rete Ethernet con connessioni in fibra ottica. La sala controllo ospita 6 Client SCADA connessi, tramite due switch, ai due server PC di controllo in configurazione ridondata. Due switch di campo ridondata, consentono invece di interfacciare i due server ai PLC (HPC 800) di campo. La comunicazione di campo è organizzata con tre gateway collegati in maniera ridondata ai PLC HPC 800 con connessioni in fibra ottica. Ciascun gateway trasmette localmente le informazioni da/verso i PLC bordo macchina dei componenti costituenti la microrete attraverso il protocollo di comunicazione Modbus TCP/IP e con I/O fisico per le variabili critiche per il sistema.

L'architettura di controllo proposta consente di esercire la microrete sia in parallelo con la rete di distribuzione pubblica, sia in isola. In particolare, sono in fase di sviluppo una serie di funzioni logiche in grado di garantire il corretto funzionamento della microrete in tutti i possibili scenari di funzionamento, ovvero: in parallelo alla rete di distribuzione pubblica (ON-grid); nel passaggio da ON-grid a OFF-grid; nel funzionamento in isola (OFF-grid); nel passaggio da OFF-grid a ON-grid; nella riconnessione in parallelo a partire da uno stato di blackout; nella riaccensione della microrete in isola (black start).

La microrete sperimentale consente di perseguire obiettivi di ricerca per:

- Sperimentazione e sviluppo di dispositivi e di componenti per applicazioni smart grid

- Definizione ed implementazione di nuove logiche di controllo per la gestione in sicurezza delle risorse interne alla microrete e la connessione con il distributore
- Sviluppo di nuovi criteri per il controllo di microreti isolate
- Sviluppo di metodologie per l'esercizio economico di una smart grid che integri segnali di prezzo dei mercati, fonti convenzionali, fonti rinnovabili ed accumuli
- Definizione di nuove logiche di protezione
- Sviluppo di logiche di controllo per la carica/scarica delle batterie

*Nome laboratorio*                      *Didattica Sistemi Elettrici*

Responsabile: Prof. Maria Dicorato

Il laboratorio è dotato di postazioni di calcolo per l'analisi simulativa di sistemi elettrici di potenza a diversa scala, equipaggiate con software specialistici (es. DigSilent), e strumenti computazionali (es. MatLab/Simulink, librerie Python). Dal laboratorio sarà possibile controllare in remoto un dimostratore tecnologico di microrete DC per veicoli elettrici, previsto nei progetti "CONNECT" e "PROGRESSUS".

## UNITÀ DI BENEVENTO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL SANNIO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
PIAZZA ROMA 21  
82100 BENEVENTO  
TEL. +39 824 305 580

**Responsabile Scientifico:** Alfredo Vaccaro

**Sito web:** [www.ding.unisannio.it](http://www.ding.unisannio.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Alfredo	Vaccaro	Professore Associato
Adam J.	Collin	Ricercatore (tipo B)
Fabrizio	De Caro	Assegnista
Victoria	Mostova	Borsista



## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Argomento 1

Sviluppo di metodologie di ottimizzazione robusta per la gestione di sistemi di generazione distribuita alimentati da fonti rinnovabili [1-3].

### Argomento 2

Sviluppo di tecniche basate sull'Intelligenza Artificiale per la previsione spazio-temporali della potenza elettrica generata da impianti di produzione alimentati da fonti rinnovabili [4-6].

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Università Libre de Bruxelles, Machine Learning Group

### Bibliografia

- [BN.Produz.1]. De Caro F., Vaccaro A., Villacci D., A Reliable Multi-Objective Methodology for Strategic Bidding of Wind Energy, (2020) UPEC 2020 - 2020 55th International Universities Power Engineering Conference, Proceedings, art. no. 9209833.
- [BN.Produz.2]. Pepiciello A., Bernardo G., D'Argenzio E., Vaccaro A., A Decision Support System for the Strategic Operation of Virtual Power Plants in Electricity Markets, (2019) ICCEP 2019 - 7th International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact, art. no. 8890115, pp. 370-374.
- [BN.Produz.3]. De Caro F., Pepiciello A., Vaccaro A., Provision of Ancillary Services by Wind Generators with Energy Storage Systems: A Real Italian Case-Study, 21st IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON) 2022.
- [BN.Produz.4]. De Caro F., De Stefani J., Vaccaro A., Bontempi G., DAFT-E: Feature-Based Multivariate and Multi-Step-Ahead Wind Power Forecasting, (2022) IEEE Transactions on Sustainable Energy, 13 (2), pp. 1199-1209.
- [BN.Produz.5]. Li Z., Lai C.S., Meng A., Li X., Vaccaro A., Lai L.L., Artificial Intelligent Techniques for Solar Energy Generation & Household Load. Forecasting, (2021) Proceedings - International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2021-December.
- [BN.Produz.6]. De Caro F., De Stefani J., Bontempi G., Vaccaro A., Villacci D., Robust Assessment of Short-Term Wind Power Forecasting Models on Multiple Time Horizons, (2020) Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy, 5 (1), art. no. 19.

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Argomento 1

Metodologie basate sull'aritmetica affine e sulla matematica degli intervalli per l'analisi robusta di sistemi elettrici in presenza di dati incerti [1-6].

### Argomento 2

Metodologie abilitanti per l'analisi della resilienza di sistemi elettrici [7-9].

### Argomento 3

Sviluppo e prototipazione di reti di sensori cooperativi e piattaforme di Digital Twin per la stima dinamica dei limiti di trasporto di linee elettriche aeree [10-16].

#### Argomento 4

Caratterizzazione ed analisi sperimentale di sistemi ad elevata resilienza per la sincronizzazione temporale di Wide-Area Monitoring Protection And Control Systems (WAMPACs) [17-21].

#### Argomento 5

Metodologie robuste ed adattative per la stima “in-linea” della inerzia di sistemi elettrici interconnessi [22-25].

#### Collaborazioni con altre unità

Unità di Napoli.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Terna

Thales-Alenia Space

Université Libre de Bruxelles, Machine Learning Group.

The University of Edinburgh, School of Engineering.

University College Dublin, School of Electrical, Electronical and Communication Engineering.

#### Bibliografia

- [BN.Trasmis.1]. Pepiciello A., De Caro F., Vaccaro A., Djokic S., Affine Arithmetic-Based Reliable Estimation of Transition State Boundaries for Uncertain Markov Chains, (2022) Electric Power Systems Research, 204, art. no. 107711.
- [BN.Trasmis.2]. Vaccaro A., The Role of Affine Arithmetic in Robust Optimal Power Flow Analysis, (2020) Studies in Systems, Decision and Control, 276, pp. 189-196.
- [BN.Trasmis.3]. Coletta G., Vaccaro A., Villacci D., Fast and reliable uncertain power flow analysis by affine arithmetic, (2019) Electric Power Systems Research, 175, art. no. 105860.
- [BN.Trasmis.4]. Coletta G., Vaccaro A., Villacci D., Fang D., Djokic S.Z., Affine arithmetic for efficient and reliable resolution of weather-based uncertainties in optimal power flow problems, (2019) International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 110, pp. 713-724.
- [BN.Trasmis.5]. Fang D., Zou M., Coletta G., Vaccaro A., Djokic S.Z., Handling uncertainties with affine arithmetic and probabilistic OPF for increased utilisation of overhead transmission lines, (2019) Electric Power Systems Research, 170, pp. 364-377.
- [BN.Trasmis.6]. Torelli F., Vaccaro A., Pepiciello A., A Dynamic Framework for Multiobjective Mixed-Integer Optimal Power Flow Analyses, (2021) Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy, 6 (1), art. no. 14.
- [BN.Trasmis.7]. Pepiciello A., Vaccaro A., Lai L.L., An interval mathematic-based methodology for reliable resilience analysis of power systems in the presence of data uncertainties, (2020) Energies, 13 (24), art. no. 6632.
- [BN.Trasmis.8]. Brugnetti E., Coletta G., De Caro F., Vaccaro A., Villacci D., Enabling methodologies for predictive power system resilience analysis in the presence of extreme wind gusts, (2020) Energies, 13 (13), art. no. 3501.
- [BN.Trasmis.9]. De Caro F., Vaccaro A., Review of Recent Trends in Power System Resilience-Oriented Decision-Making Methods, (2022), 2022 IEEE Power and Energy Society General Meeting, art. no. 3656.
- [BN.Trasmis.10]. Paldino G.M., De Caro F., De Stefani J., Vaccaro A., Villacci D., Bontempi G., A Digital Twin Approach for Improving Estimation Accuracy in Dynamic Thermal Rating of Transmission Lines, (2022) Energies, 15 (6), art. no. 2254.
- [BN.Trasmis.11]. Villacci D., Orru L., Gasparotto F., Vaccaro A., Albimonti G., Pepiciello A., Experimental Assessment of Cooperative Sensors Network-based Dynamical Thermal Rating: The first evidences from the H2020 OSOSE Project, (2021) 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021.

- [BN.Trasmis.12]. Coletta G., Laso A., Jonsdottir G.M., Manana M., Villacci D., Vaccaro A., Milano F., On-Line Control of DERs to Enhance the Dynamic Thermal Rating of Transmission Lines, (2020) IEEE Transactions on Sustainable Energy, 11 (4), art. no. 9028139, pp. 2836-2844.
- [BN.Trasmis.13]. Villacci D., Gasparotto F., Orru L., Pelacchi P., Poli D., Vaccaro A., Lisciandrello G., Coletta G., Congestion Management in Italian HV grid using novel Dynamic Thermal Rating methods: First results of the H2020 European project Osmose, (2020) 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, art. no. 9241174.
- [BN.Trasmis.14]. Pepiciello A., Coletta G., Vaccaro A., Villacci D., The role of learning techniques in synchrophasor-based Dynamic Thermal Rating, (2020) International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 115, art. no. 105435.
- [BN.Trasmis.15]. Fang D., Gunda J., Zou M., Harrison G., Djokic S.Z., Vaccaro A., Dynamic thermal rating for efficient management of post-contingency congestions, (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019, art. no. 8810555.
- [BN.Trasmis.16]. Pepiciello A., Coletta G., Vaccaro A., Adaptive local-learning models for synchrophasor-based dynamic thermal rating, (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019, art. no. 8810463.
- [BN.Trasmis.17]. Tong N., Tang Z., Lai, C.S., Li, X., Vaccaro, A., Lai, L.L., A novel acceleration criterion for remote-end grounding-fault in MMC-MTDC under communication anomalies, (2022) International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 141, art. no. 108131.
- [BN.Trasmis.18]. Fang D., Zou M., Gunda J., Harrison G., Djokic S.Z., Vaccaro A., Multi-stage congestion management considering maximum lead time and voltage-dependent load models, (2020) IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe, 2020-October, art. no. 9248853, pp. 1000-1004.
- [BN.Trasmis.19]. Pepiciello A., Vaccaro A., Pietropaoli T., Experimental Assessment of a PTP-based System for Large Scale Time Synchronization of Smart Grids, (2020) UPEC 2020 - 2020 55th International Universities Power Engineering Conference, Proceedings, art. no. 9209872.
- [BN.Trasmis.20]. Varriale E., Morante Q., Vaccaro A., Pepiciello A., Development and Experimental Validation of a Super-Synchronized Phasor Measurement Unit, (2019) 2019 International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies, ISAECT 2019, art. no. 9069673.
- [BN.Trasmis.21]. Pepiciello A., Villacci D., Vaccaro A., Wide Area Monitoring Protection and Control Systems: The enablers for enhancing renewable energy hosting capacity, (2019) Proceedings of 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, ISGT-Europe 2019, art. no. 8905587.
- [BN.Trasmis.22]. Pepiciello A., Vaccaro A., Small-signal stability analysis of uncertain power systems via interval analysis, (2022) Electric Power Systems Research, 212, art. no. 108339.
- [BN.Trasmis.23]. Pepiciello A., Vaccaro A., Villacci D., Milano F., A Method to Evaluate the Inertial Response of Frequency Controlled Converter-Interfaced Generation, (2020) Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020, art. no. 9160784.
- [BN.Trasmis.24]. Pepiciello A., Vaccaro A., An optimization-based method for estimating critical inertia in smart grids, (2019) Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2019-October, art. no. 8914156, pp. 2237-2241.
- [BN.Trasmis.25]. Pepiciello A., Vaccaro A., Artificial Neural Network-based Small Signal Stability Analysis of Power Systems, (2021) 2021 IEEE Madrid PowerTech, PowerTech 2021 - Conference Proceedings, art. no. 9494952.

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

### Argomento 1

Architetture per la elaborazione decentralizzata e cooperativa di Big Data in Smart Grids [1-5].

### Argomento 2

Sviluppo di reti di controllori decentralizzati e cooperativi per la regolazione della tensione in reti elettriche user-centriche [6-10].

Collaborazioni con altre unità

Unità di Napoli.

Bibliografia

- [BN.Distrib.1]. Wang D., Lai C.S., Li X., Wu R., Gao X., Lai L.L., Wu X., Xu Y., Wen Y., Vaccaro A., Smart coordination of virtual energy storage systems for distribution network management, (2021) International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 129, art. no. 106816.
- [BN.Distrib.2]. Milano F., Vaccaro A., Manana M., Editorial: Data-Driven Solutions for Smart Grids, (2021) Frontiers in Big Data, 4, art. no. 815686.
- [BN.Distrib.3]. Troiano L., Vaccaro A., Tagliaferri R., Kesswani N., Rodriguez I.D., Brigui I., Parente D., Preface, (2022) Lecture Notes in Networks and Systems, 249, pp. vii-viii.
- [BN.Distrib.4]. De Caro F., Andreotti A., Araneo R., Panella M., Rosato A., Vaccaro A., Villacci D., A review of the enabling methodologies for knowledge discovery from smart grids data, (2020) Energies, 13 (24), art. no. 13246579.
- [BN.Distrib.5]. Vaccaro A., Pisica I., Lai L.L., Zobaa A.F., A review of enabling methodologies for information processing in smart grids, (2019) International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 107, pp. 516-522.
- [BN.Distrib.6]. Vaccaro A., Qamar H., Qamar H., Local, global and decentralized fuzzy-based computing paradigms for coordinated voltage control of grid-connected photovoltaic systems, (2019) Soft Computing, 23 (4), pp. 1347-1356.
- [BN.Distrib.7]. Andreotti A., Petrillo A., Santini S., Vaccaro A., Villacci D., A decentralized architecture based on cooperative dynamic agents for online voltage regulation in smart grids, (2019) Energies, 12 (7), art. no. 1386.
- [BN.Distrib.8]. Andreotti A., Caiazzo B., Petrillo A., Santini S., Vaccaro A., Decentralized smart grid voltage control by synchronization of linear multiagent systems in the presence of time-varying latencies, (2019) Electronics (Switzerland), 8 (12), art. no. 1470.
- [BN.Distrib.9]. Andreotti A., Caiazzo B., Petrillo A., Santini S., Vaccaro A., Robust Finite-time Voltage Restoration in Inverter-Based Microgrids via Distributed Cooperative Control in presence of communication time-varying delays, (2020) Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020, art. no. 9160502.
- [BN.Distrib.10]. Andreotti A., Caiazzo B., Petrillo A., Santini S., Vaccaro A., Hierarchical two-layer distributed control architecture for voltage regulation in multiple microgrids in the presence of time-varying delays, (2020) Energies, 13 (24), art. no. 6507.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

Argomento 1

Metodologie di ottimizzazione robusta basate su tecniche di *reliable computing* per la gestione dell'esercizio di microreti in presenza di forti incertezze di esercizio [1-2].

Argomento 2

Tecnologie abilitanti per la flessibilizzazione della domanda di energia elettrica [3-4].

Argomento 3

Algoritmi adattativi basati su *computational intelligence* per la previsione dei profili di assorbimento di utenze complesse [5-6].

Collaborazioni con altre unità

Unità di Milano

<p>Presidente Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it</p>	<p>Segretario Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it</p>
---	--

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

University of Cantabria, Department of Electrical and Energy Engineering.  
Brunel University, College of Engineering, Design and Physical Sciences.

Bibliografia

- [BN.Utiliz.1]. Vaccaro A., Petrelli M., Berizzi A., Robust Optimization and Affine Arithmetic for Microgrid Scheduling under Uncertainty, (2019) Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019, art. no. 8783572.
- [BN.Utiliz.2]. Pepiciello A., Vaccaro A., Mañana M., Robust optimization of energy hubs operation based on extended affine arithmetic, (2019) Energies, 12 (12), art. no. 2420.
- [BN.Utiliz.3]. Manana M., Zobaa A.F., Vaccaro A., Arroyo A., Martinez R., Castro P., Laso A., Bustamante S., Increase of capacity in electric arc-furnace steel mill factories by means of a demand-side management strategy and ampacity techniques, (2021) International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 124, art. no. 106337.
- [BN.Utiliz.4]. Pepiciello A., De Caro F., Vaccaro A., Enabling demand response programs for reducing greenhouse gas emissions by optimal real-time pricing, (2022), 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering (IEEEIC), art. no. 217.
- [BN.Utiliz.5]. Wang T., Lai C.S., Ng W.W.Y., Pan K., Zhang M., Vaccaro A., Lai L.L., Deep autoencoder with localized stochastic sensitivity for short-term load forecasting, (2021) International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 130, art. no. 106954.
- [BN.Utiliz.6]. Loia, V., Tomasiello, S., Vaccaro A., Gao, J., Using local learning with fuzzy transform: application to short term forecasting problems, (2020) Fuzzy Optimization and Decision Making, 19 (1), pp. 13-32.

**TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA**

Argomento 1

Analisi e simulazione Hardware-In-the-Loop della interazione tra veicoli a trazione elettrica ed ibrida con la rete elettrica di distribuzione [1-2].

Bibliografia

- [BN.Trasporti.1]. De Caro F., Ben Mbarek N., Fredj F., Vaccaro A., Impact analysis of electric vehicles on distribution grid by hardware-in-the-loop simulation, (2022), Metrology for Automotive (MetroAutomotive) 2022.
- [BN.Trasporti.2]. Pepiciello A., Vaccaro A., The Role of Vehicle to Grid Technology for Enhancing Power Distribution System Flexibility, 2022, Metrology for Automotive (MetroAutomotive) 2022.

**PROGETTI**

“Multiple services provided by grid devices, large demand-response and RES generation coordinated in a smart management system- OSMOSE” funded by Call: H2020-LCE-2016-2017 (COMPETITIVE LOW-CARBON ENERGY)

Domenico Villacci

Commissione Europea

<p>Presidente Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it</p>	<p>Segretario Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it</p>
---	--

Coordinamento dei seguenti Subtask:

- 5.1.4 Analysis and design of advanced features for dynamic transmission grid management services
- 5.2.1 Forecasting models for RES generation and loads Subtask

“Developing innovative solutions for reliable time synchronization of sensor networks in critical electrical infrastructures.”

Alfredo Vaccaro

Ministero dello Sviluppo Economico

Caratterizzazione sperimentale di sistemi basati su Precision Time Protocol (PTP) per la sincronizzazione temporale di unità di misura dei fasori

“Advanced management of the power flow exchanges between the power transmission system and the military power systems“

Alfredo Vaccaro

Ministero della Difesa

Metodologie e tecnologie abilitanti per l'incremento della resilienza di reti elettriche a servizio di distretti militari.

“Sistema di monitoraggio, previsione e impatto sulla sicurezza del sistema elettrico della produzione elettrica da FER”

Alfredo Vaccaro

Terna

Sviluppo di modelli adattativi per la previsione dei profili di producibilità di impianti eolici

## LABORATORI

*Smart Grids Lab*

Caratterizzazione sperimentale di unità di misura dei fasori

Analisi delle prestazioni di sistemi WAMPACs

Simulazione Hardware-in-the-loop di reti elettriche

Prototipazione di reti di sensori cooperativi per il Dynamic Thermal Rating

## UNITÀ DI BERGAMO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
VIA PASUBIO 7B  
24044 DALMINE (BG)  
TEL. +39 0352052036

**Responsabile Scientifico:** Mariacristina Roscia

**Sito web:** [www.unibg.it](http://www.unibg.it)

**Composizione unità:**

Nome	Cognome	Ruolo
Mariacristina	Roscia	Professore Associato



## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

University Politehnica of Bucarest [1]

Bibliografia

[BG produz 1] Sima, C.A., Popescu, M.O., Popescu, C.L., Roscia, M. "Optimal Operation of a Renewable Energy Power System", (2019) Proceedings of 2019 IEEE PES ISGT-Europe 2019.

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

University Politehnica of Bucarest [1]

Bibliografia

[BG Utiliz 1] Dumbrava, V., Dobrin, B., Lazaroiu, G.C., Duquenne, P., Carlea, F. "Holistic Approach for Planning the Electrical Networks of Smart Cities" Proceedings of 2021 10th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT, CIEM 2021.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

Collaborazioni con altre unità

Università di Napoli "Federico II" [2]

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

University Politehnica of Bucarest [1][3] [4] [5] [6] [7] [8]

Bibliografia

[BG Utiliz 1 ] Vargas, U., Ramirez, A., Lazaroiu, G.C., Roscia, M. "Interharmonic modeling and simulation via the flexible extended harmonic domain" 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech

[BG Utiliz 2 ] Iannuzzi, D., Pagano, M., Franzese, P., Roscia, C. (2020) "On-board energy storage systems based on lithium ion capacitors for LRT energy saving: Optimization design procedure" Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology

[BG Utiliz 3 ] Lazaroiu, G.C., Diana Robescu, L., Dumbrava, V., Roscia, M. "Optimizing wastewater treatment plant operation in positive energy communities" 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020

[BG Utiliz 4 ] Ramirez, A., Lazaroiu, G.C., Manuel Canedo, J., Roscia, M. Evaluation of Jacobian used in Simulation of Nonlinear Circuits in the Modified Harmonic Domain ( Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 2020

[BG Utiliz 5] Lazaroiu, C., Roscia, M. "BLE To Improve IoT Connection in the Smart Home" 10th IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2021

[BG Utiliz 6] Balaban, G., Lazaroiu, G.C., Dumbrava, V., Golovanov, N., Roscia, M. "Impact of Urbanization Development on Power System Operation" Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 2022

[BG Utiliz 7] Sima, C.A., Popescu, C.L., Popescu, M.O., Seritan, G., Panait, C. "Techno-economic assessment of university energy communities with on/off microgrid" Renewable Energy 2022,

[BG Utiliz 8] Sima, C.A., Roscia, M., Dancu, V.S. Social behavior analysis for improving the positive energy transition Renewable Energy ,2022

## **TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA**

Collaborazioni con altre unità

Politecnico di Milano [2]

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

University Politehnica of Bucarest [1] [3] [4] [5] [6]

Bibliografia

[BG Trasporti 1] Lazaroiu, C., Roscia, M. "New approach for smart community grid through blockchain and smart charging infrastructure of EVs" ICRERA 2019

[BG Trasporti 2] Brenna, M., Lazaroiu, G.C., Roscia, M., Saadatmandi, S. "Dynamic Model for the EV's Charging Infrastructure Planning through Finite Element Method" (2020) IEEE Access

[BG Trasporti 3] Lazaroiu, C., Roscia, M., Saadatmandi, S. "Blockchain strategies and policies for sustainable electric mobility into Smart City 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020

[BG Trasporti 4] Lazaroiu, C., Roscia, M., Saadatmandi, S. "Finite element methodologies application in EV's charging infrastructure planning" 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020

[BG Trasporti 5] Lazaroiu, C., Roscia, M., Saadatmandi, S "Blockchain and Fuzzy Logic Application in EV's Charging" 9th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2020

[BG Trasporti 6] Lazaroiu, G.C., Roscia, M. "Fuzzy Logic Strategy for Priority Control of Electric Vehicle Charging" *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 2022

## **PROGETTI**

*Nome progetto:* "SCC Innovation Hub & Living Lab Network on Artificial Intelligence for Smart & Connected Cities - SCC Innovation Hub & Living Lab Network "POR FESR 2014-2020

Responsabile scientifico: Prof. Angelo Compare

Ente finanziatore: Unione Europea- Regione Lombardia-FESR

Breve descrizione: Il progetto SCC Hub & Living Lab Network si è posto come obiettivo quello di creare un Network di Living Lab capaci di:

a) raccogliere dati quantitativamente e qualitativamente validi per l'addestramento di sistemi complessi, per l'addestramento di algoritmi di Intelligenza Artificiale e sperimentare in larga scala un ecosistema integrato di soluzioni, tecnologie abilitanti, prodotti IoT, connettività 5G e applicazioni in grado di assistere il cittadino nell'interazione con le Smart Cities al fine di mantenere uno stile di vita attivo in una società e in ambienti urbani in continuo cambiamento.

b) progettare, sviluppare e validare in larga scala, tramite Pilots, soluzioni in grado di assistere il cittadino a elevare la propria qualità della vita in una società e in ambienti urbani in continuo cambiamento

I principali risultati di progetto saranno la piattaforma tecnologica per la gestione della raccolta dati all'interno dei Living Lab e per lo sviluppo degli algoritmi di A.I., i moduli di A.I. e i servizi sviluppati nei Pilot di Progetto. SCC Innovation Hub è anche un Network di Living Lab che condividono best practice, metodologie e strumenti per l'esecuzione di sperimentazioni, il testing di nuove tecnologie e la raccolta dei dati sperimentali.

Sedi partner UniBg; Mediaclinics; Marlegno; COMftech; Italtel; Orobix; Reply Santer; Aries more.

Altre informazioni

Riferimenti

[BG.Progetti.1]. Riferimento

BOOK: "Holistic approach for decision making towards designing Smart Cities" Editors: G.C.Lazaroiu; M. Roscia; V.S. Dancu.

Springer edition

## Contributors

- **Mohamed Abomhara** Department of Information Security and Communication Technology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
- **Doney Abraham** Department of Information Security and Communication Technology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
- **Laura Aelenei** Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Amadora, Portugal
- **Thomas S. Benson** University of Delaware, Newark, DE, USA
- **Laurent Canale** Univesrité Toulouse 3, Toulouse, France
- **Luísa Cagica Carvalho** Instituto Politécnico de Setúbal (CICE-IPS) & CEFAGE, Universidade de Évora, Évora, Portugal
- **Mihnea Costoiu** University POLITEHNICA of Bucharest, Bucharest, Romania
- **Elie Daher** Luxembourg Institute of Science and Technology, Esch-sur-Alzette, Luxembourg
- **Fisnik Dalipi** Department of Informatics, Linnaeus University, Växjö, Sweden
- **Vasile Sebastian Dancu** University of Bucharest, Bucharest, Romania
- **Nina P. David** University of Delaware, Newark, DE, USA
- **Régis Decorme** 2R2M Solution, Paris, France
- **Rachel Desmaris** 2R2M Solution, Paris, France
- **Virgil Dumbrava** University POLITEHNICA of Bucharest, Bucharest, Romania
- **Pascal Dupuis** Univesrité Toulouse 3, Toulouse, France

- **María Pache Durán** Facultad de Empresa, Finanzas y Turismo, Universidad de Extremadura, Badajoz, Spain
- **Alemayehu Gebremedhin** Department of Manufacturing and Civil Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
- **María Teresa Nevado Gil** Facultad de Empresa, Finanzas y Turismo, Universidad de Extremadura, Badajoz, Spain
- **Dariusz Gotlib** Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology, Warszawa, Poland
- **Jacques Jansen** University of Pretoria, Pretoria, South Africa
- **Sergei Kamolov** Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation”, Moscow, Russia
- **Korhan Kayisli** Gazi University, Ankara, Turkey
- **Sylvain Kubicki** Luxembourg Institute of Science and Technology, Esch-sur-Alzette, Luxembourg
- **George Cristian Lazaroiu** University POLITEHNICA of Bucharest, Bucharest, Romania
- **Mohaddeseh Maktabifard** 2R2M Solution, Paris, France
- **Dušan Milošević** Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Niš, Serbia
- **Mimica Milošević** Faculty of Business Economics and Entrepreneurship, Belgrade, Serbia
- **Robert Olszewski** Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology, Warszawa, Poland
- **Inna Sousa Paiva** Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Business Research Unit (BRU-IUL), Lisbon, Portugal
- **Burak Pak** KU Leuven, Leuven, Belgium
- **Nazim Pigenet** Kawantech SAS, Toulouse, France
- **Claudia Laurenta Popescu** University POLITEHNICA of Bucharest, Bucharest, Romania
- **Mihai Octavian Popescu** University POLITEHNICA of Bucharest, Bucharest, Romania
- **Alessandra Scognamiglio** ENEA Centro Ricerche Portici, Naples, Italy
- **Alexandra Catalina Sima** University POLITEHNICA of Bucharest, Bucharest, Romania
- **Alexandra Smagina** Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation”, Moscow, Russia
- **Ana Stanojević** Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, Niš, Serbia
- **Andreas Sumper** Centre d’Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA-UPC), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, Spain
- **Manuel Villa-Arrieta** Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, Spain
- **Sule Yildirim Yayilgan** Department of Information Security and Communication Technology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
- **Georges Zissis** Univesrité Toulouse 3, Toulouse, France

## UNITÀ DI BOLOGNA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA E DELL'INFORMAZIONE - GUGLIELMO  
MARCONI  
VIALE RISORGIMENTO 2  
40136 BOLOGNA  
TEL. +39 051 2093479

**Responsabile Scientifico: Carlo Alberto Nucci**

Sito web: [www.dei.unibo.it/it](http://www.dei.unibo.it/it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Alberto	Borghetti	Prof. ordinario
Andrea	Cavallini	Prof. Associato
Davide	Fabiani	Prof. Associato
Paolo	Seri	RTD-A
Giovanni	Mazzanti	Prof. Associato
Fabio	Napolitano	Prof. associato
Carlo Alberto	Nucci	Prof. ordinario
Fabio	Tossani	RTD-B
Bassel	Diban	Dottorando
Leonardo	Gasperini	Dottorando
Nicola	Guerrini	Dottorando
Yifei	He	Dottorando
Gao	Jiachen	Dottorando
Daniele	Mariani	Dottorando
Marco	Michelazzi	Dottorando
Tadeo	Pontecorvo	Dottorando
Andrea	Prevedi	Dottorando
Giorgia	Pulazza	Dottorando
Juan Diego	Rios Penaloza	Assegnista di Ricerca
Giacomo	Selleri	Assegnista di Ricerca
Simone Vincenzo	Suraci	Assegnista di Ricerca

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Studio dell'invecchiamento e dell'affidabilità dei sistemi isolanti utilizzati nelle Centrali Nucleari.

I materiali polimerici utilizzati per l'isolamento dei cavi elettrici nelle centrali nucleari sono soggetti a invecchiamento da radiazioni unitamente ai ben noti fenomeni di invecchiamento termico ed elettrico. L'interazione di fotoni, principalmente raggi  $\gamma$ , modifica la struttura dell'isolante causando un conseguente peggioramento delle proprietà meccaniche. Per verificare lo stato dei cavi si eseguono attualmente test in servizio che non sono in grado di prevedere il reale comportamento degli isolanti, in particolare nel caso in cui sia richiesto un impiego prolungato a pieno carico o un incidente con elevato rilascio di radiazioni provochi un picco della dose assorbita. L'attività di ricerca riguarda lo studio degli effetti dell'invecchiamento, da calore e radiazioni, sulle proprietà elettriche degli isolanti utilizzati nelle centrali nucleari. Numerosi provini di cavo vengono invecchiati con temperatura e radiazione e periodicamente sottoposti a prove sperimentali, al fine di misurare le proprietà elettriche, quali in particolare mediante misure di carica di spazio e spettroscopia dielettrica. Lo scopo è quello di trovare indicatori diagnostici che siano correlati con lo stato di degradazione complessivo del cavo e di modellarne l'invecchiamento [Produz. 1 – Produz. 21].

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Nell'ambito del Progetto H2020 EU TEAMCABLES sulla diagnostica dei cavi delle Centrali Nucleari collaborazioni con ENSAM, Parigi, CEA, Saclais, EDF, Nexans, IRSN

### Bibliografia

- [BO.Produz.1]. S. V. Suraci, D. Fabiani, and C. Li, "Post-irradiation effect analysis on XLPE-insulated LV cables used in nuclear power plants," in 2019 2nd International Conference on Electrical Materials and Power Equipment (ICEMPE), 2019, pp. 53–56.
- [BO.Produz.2]. S. V. Suraci, D. Fabiani, and C. Li, "Additive effect on dielectric spectrum of crosslinked polyethylene used in nuclear power plant cables," in 2019 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), 2019, pp. 410–413
- [BO.Produz.3]. S. V. Suraci, C. Li, D. Fabiani, A. Xu, S. Roland, X. COLIN, "Aging Assessment of XLPE LV Cables Used in Nuclear Power Plants," in 10th International Conference on Insulated Power Cables JICABLE, Versailles, France, paper no. E9-1, 2019.
- [BO.Produz.4]. S. V. Suraci, D. Fabiani, "Post-irradiation effect investigation on low-voltage XLPE cables through dielectric spectroscopy," in 10th International Conference on Insulated Power Cables JICABLE, Versailles, France, paper no. F2-8, 2019.
- [BO.Produz.5]. S. V. Suraci, D. Fabiani, H. Joki, K. Sipilä, "Filler impact analysis on aging of crosslinked polyethylene for nuclear applications through dielectric spectroscopy," in 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP, Richland (WA), USA, pp. 175-178, 2019
- [BO.Produz.6]. Jorge Bañuls-Ciscar; Francesco Fumagalli; Ana Ruiz-Moreno; François Rossi; Giacomo Ceccone; Davide Fabiani; Simone Vincenzo Suraci, "A methodology to investigate heterogeneous oxidation of thermally aged cross-linked polyethylene by ToF-SIMS", in 18th European Conference on Application of Surface and Interface Analysis ECASIA, Dresden, Germany, pp. 1-11, 2019
- [BO.Produz.7]. D. Fabiani, G. Mazzanti, S.V. Suraci, B. Diban, "Preliminary development and application of a stress-strength model for reliability estimation of aged LV cables for nuclear power plants", Atti della 2020 3rd IEEE International Conference on Dielectrics (IEEE ICD 2020), pp. 37-40, Valencia, Spagna, 6-31 luglio 2020, Virtual Edition, DOI: 10.1109/ICD46958.2020.9341856
- [BO.Produz.8]. J. Bañuls-Ciscar, F. Fumagalli, A. Ruiz-Moreno, F. Rossi, S. V. Suraci, D. Fabiani, G. Ceccone, "A methodology to investigate heterogeneous oxidation of thermally aged cross-linked polyethylene by ToF-SIMS", Surface and Interface Analysis, Vol. 52, n. 12, pp. 1178-1184, 2020.



- [BO.Prod.9]. S. V. Suraci, D. Fabiani, J. Cohen, "In situ defect recognition analysis on long cables through nondestructive reflectometry and dielectric spectroscopy methods: A comparison", 2020 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), pp. 41-44, 2020.
- [BO.Prod.10]. S. V. Suraci, D. Fabiani, "Life modeling analysis of Silane crosslinked polyethylene cables for nuclear applications", 2020 IEEE 3rd International Conference on Dielectrics (ICD), pp. 61-64, 2020.
- [BO.Prod.11]. S. V. Suraci, D. Fabiani, X. Colin, S. Roland, "Chemical and electrical characterization of XLPE cables exposed to radio-thermal aging", 2020 IEEE 3rd International Conference on Dielectrics (ICD), pp. 57-60, 2020.
- [BO.Prod.12]. S. V. Suraci, D. Fabiani, A. Xu, S. Roland, X. Colin, "Ageing Assessment of XLPE LV Cables for Nuclear Applications Through Physico-Chemical and Electrical Measurements", IEEE Access, Vol. 8, pp. 27086-27096, 2020.
- [BO.Prod.13]. D. Fabiani, G. Mazzanti, S.V. Suraci, B. Diban, "Innovative development and application of a stress-strength model for reliability estimation of aged LV Cables for nuclear power plants", IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 28, no. 6, pp. 2083-2090, Dicembre 2021, DOI: 10.1109/TDEI.2021.009581
- [BO.Prod.14]. S. Hettal, S. V. Suraci, S. Roland, D. Fabiani, X. Colin, "Towards a Kinetic Modeling of the Changes in the Electrical Properties of Cable Insulation During Radio-Thermal Ageing in Nuclear Power Plants. Application to Silane-Crosslinked Polyethylene", Polymers, Vol. 13 (24), art. no. 4427, 2021.
- [BO.Prod.15]. S. V. Suraci, D. Fabiani, S. Roland, X. Colin, "Multi scale aging assessment of low-voltage cables subjected to radio-chemical aging: Towards an electrical diagnostic technique", Polymer Testing, Vol. 103, art. no. 107352, 2021.
- [BO.Prod.16]. S. V. Suraci, D. Fabiani, "Aging assessment of insulating materials through broadband dielectric measurements: The appropriate frequency choice" Annual Report – IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP, pp. 32-35, December 2021.
- [BO.Prod.17]. S. V. Suraci, D. Fabiani, "Aging modelling of low-voltage cables subjected to radio-chemical aging", IEEE Access, Vol. 9, pp. 83569-83578, 2021.
- [BO.Prod.18]. S. V. Suraci, D. Fabiani, "Additive impact on space charge of XLPE-based insulators subjected to radio-chemical aging", 2021 IEEE International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM), pp. 238-241, 2021.
- [BO.Prod.19]. D. Fabiani, S. V. Suraci, "Broadband dielectric spectroscopy: A viable technique for aging assessment of low-voltage cable insulation used in nuclear power plants", Polymers, Vol. 13, paper n. 494, 2021.
- [BO.Prod.20]. S. V. Suraci, C. Li, D. Fabiani, "Dielectric Spectroscopy as a Condition Monitoring Technique for Low-Voltage Cables: Onsite Aging Assessment and Sensitivity Analyses", Energies, 15 (4), art. no. 1509, 2022
- [BO.Prod.21]. S. V. Suraci, S. Amat, L. Hippolyte, A. Malechaux, D. Fabiani, C. Le Gall, O. Juan, N. Dupuy, "Ageing evaluation of cable insulations subjected to radiation ageing: Application of principal component analyses to Fourier Transform Infra-Red and dielectric spectroscopy" High Voltage, Vol. 7 (4), pp. 652-665, 2022.

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

Analisi delle long TOV in sistemi di trasmissione in cavo HVDC con convertitore di tipo VSC

Questa tematica, sviluppata dall'unità nell'ambito del CIGRE Joint Working Group (JWG) B4/B1/C4.73 - vedi Technical Brochure "Surge and extended overvoltage testing of HVDC Cable Systems" (pubblicazione entro il 2022) - ha come primo obiettivo lo studio simulativo delle long Temporary Over-Voltages (TOV) nelle linee in cavo HVDC con convertitore VSC e schema di connessione del tipo monopolare simmetrico in caso di guasto a terra su uno dei due poli [BO.Trasmis.1]. Il secondo obiettivo è la valutazione mediante studi teorici [BO.Trasmis.2]-[BO.Trasmis.5] e sperimentali [BO.Trasmis.6], [BO.Trasmis.7] della potenziale criticità di tali long TOV su affidabilità e prestazioni dell'isolamento dei sistemi di cavo HVDC. Il terzo obiettivo riguarda la scelta tra le usuali prove ad impulso di manovra sovrapposto alla tensione continua e metodi di prove innovativi ad hoc, al fine di verificare il comportamento soddisfacente dei sistemi di cavo HVDC in presenza di tali long TOV [BO.Trasmis.3], [BO.Trasmis.7].



## Analisi della stabilità di reti di trasmissione con elevata presenza di fonti rinnovabili

L'attività di ricerca sull'analisi di stabilità di reti caratterizzate da un'elevata presenza di generazione da fonte rinnovabile interfacciata tramite convertitori e contestuale riduzione dell'inerzia rotante è stata condotta principalmente nell'ambito del progetto europeo OSMOSE. Diversi casi studio sono stati analizzati, con riferimento alla rete elettrica della Sicilia con l'obiettivo di stabilire se la stabilità della tensione alle piccole oscillazioni può essere garantita nonostante la perdita dell'inerzia e dei servizi di regolazione forniti oggi dalle centrali termoelettriche tradizionali di grossa taglia [BO.Trasmis.8], [BO.Trasmis.9], [BO.Trasmis.10]. Allo scopo di migliorare la stabilità di reti con ridotta inerzia, contributi al servizio di regolazione della frequenza da parchi eolici sono stati proposti in [BO.Trasmis.11][BO.Trasmis.12]. Supporti ai servizi di rete tramite sistemi di accumulo, con algoritmi per la determinazione del dimensionamento e allocazione ottimali, sono stati illustrati in [BO.Trasmis.13],[BO.Trasmis.14].

## Collaborazioni con altre unità

L'attività di ricerca nell'ambito del progetto OSMOSE è stata svolta nell'ambito del consorzio ENSIEL in collaborazione con POLIMI e UNIGE.

## Bibliografia

- [BO.Trasmis.1]. M. Saltzer, M. Goertz, S. Wenig, H. Saad, W. Leterme, J.I. Juvik, R.D. Zhang, C. Bartzsch, A. Crippa, V. Joubert, T. Karmokar, B. Khodabakhchian, L. Colla, P. Chakraborty, A. Tzimas, S. Nyberg, M. Fu, A. Kothari, A.K. Saha, G. Mazzanti, M. Nguyen-Tuan, J. Mathot, Y. Fan, "Overvoltages experienced by DC cables within an HVDC transmission system in a rigid bipolar configuration", Atti del JICABLE'19 (10th International Conference on Insulated Power Cables), paper C5.1, pp. 1-6, Editore SEE, Paris (Francia), Versailles (Francia), 23-27 giugno 2019.
- [BO.Trasmis.2]. G. Mazzanti, B. Diban, "The effects of transient overvoltages on the reliability of HVDC extruded cables. Part 1: long temporary overvoltages", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 36, no. 6, pp. 3784-3794, Dicembre 2021, DOI: 10.1109/TPWRD.2021.3049269
- [BO.Trasmis.3]. G. Mazzanti, B. Diban, "The effects of transient overvoltages on the reliability of HVDC extruded cables. Part 2: superimposed switching impulses", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 36, no. 6, pp. 3795-3804, Dicembre 2021, DOI: 10.1109/TPWRD.2021.3049283
- [BO.Trasmis.4]. G. Mazzanti, B. Diban, "Broadening the simulative analysis of the effects of long temporary overvoltages on the reliability of HVDC cables", atti della 2021 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2021), pp. 44-48, Vancouver, Canada, 12-15 dicembre 2021, DOI: 10.1109/CEIDP50766.2021.9705331
- [BO.Trasmis.5]. G. Mazzanti, "Improved evaluation of the life lost by HVDC extruded cables due to long TOVs", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 37, N. 3, pp. 1906-1915, giugno 2022, DOI: 10.1109/TPWRD.2021.3100710
- [BO.Trasmis.6]. G. Mazzanti, P. Seri, B. Diban, S. Stagni, "Preliminary experimental investigation of the effect of long temporary overvoltages on the reliability of HVDC extruded cables", Atti della 2020 3rd IEEE International Conference on Dielectrics (IEEE ICD 2020), pp. 49-52, Valencia, Spagna, 6-31 luglio 2020, Virtual Edition, DOI: 10.1109/ICD46958.2020.9341916
- [BO.Trasmis.7]. G. Mazzanti, P. Seri, B. Diban, "Preliminary experimental investigation of the effect of superimposed switching impulses on XLPE-insulated HVDC cables", atti della 39th IEEE Electrical Insulation Conference (IEEE EIC 2021), pp. 169-172, Virtual Edition, 7-21 giugno 2021, DOI: 10.1109/EIC49891.2021.9612328
- [BO.Trasmis.8]. A. Berizzi, V. Ilea, A. Vicario, F. Conte, S. Massucco, J. Amankwah Adu, C. A. Nucci, T. Pontecorvo, Stability analysis of the OSMOSE scenarios: main findings, problems, and solutions adopted, in AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021.

- [BO.Trasmis.9]. J. Amankwah Adu, F. Tossani, T. Pontecorvo, V. Ilea, A. Vicario, F. Conte, F. D'Agostino, "Coordinated Inertial Response Provision by Wind Turbine Generators: Effect on Power System Small-Signal Stability of the Sicilian Network," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Prague, Czech Republic, 28 June - 01 July 2022.
- [BO.Trasmis.10]. J. Amankwah Adu, A. Berizzi, F. Conte, F. D'agostino, V. Ilea, F. Napolitano, T. Pontecorvo, A. Vicario, Power System Stability Analysis of the Sicilian Network in the 2050 OSMOSE Project Scenario. *Energies* 2022, 15, 3517. <https://doi.org/10.3390/en15103517>.
- [BO.Trasmis.11]. J. Amankwah Adu, F. Napolitano, C. A. Nucci, J. D. Rios Penaloza, F. Tossani, "A DC-Link Voltage Control Strategy for Fast Frequency Response Support", in: 20th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, MELECON, Palermo, Italy, 16-18 June 2020.
- [BO.Trasmis.12]. J. Amankwah Adu, F. Napolitano, J. D. Rios Penaloza, T. Pontecorvo, F. Tossani, Influence of Fast Frequency Response Services in DFIG-Based Wind Power Plants on Power Grids Stability, in: Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, Madrid, Spain, 9 -12 June 2020.
- [BO.Trasmis.13]. G. Pulazza , N. Zhang, C. Kang, C. A. Nucci, "Transmission Planning with Battery-Based Energy Storage Transportation for Power Systems with High Penetration of Renewable Energy," IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, 2021, 36, pp. 4928 – 4940.
- [BO.Trasmis.14]. G. Pulazza , N. Zhang, C. Kang, C. A. Nucci, "Expansion Planning Model Coordinated with both Stationary and Transportable Storage Systems for Transmission Networks with High RES Penetration," in: 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Madrid, Spain, 9-12 June 2020.

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

Coordinamento dell'isolamento nelle reti di distribuzione contro sovratensioni di origine esterna

L'attività di ricerca riguarda il coordinamento dell'isolamento e la stima dei guasti dovuti alle fulminazioni dirette e indirette nelle reti di MT [BO.Distrib.1], generalmente effettuata su base statistica [BO.Distrib.2], [BO.Distrib.3]. La ricerca ha portato sia al perfezionamento del metodo di calcolo della risposta nel dominio del tempo di reti di distribuzione alle fulminazioni indirette [BO.Distrib.4], [BO.Distrib.5], sia della procedura di stima della *lightning performance* mediante metodi statistici [BO.Distrib.6], [BO.Distrib.7]. La procedura ha consentito di individuare forme d'onde assunte come rappresentative di sovratensioni indotte [BO.Distrib.8]. L'attività di ricerca in tale ambito ha compreso l'analisi della risposta alle fulminazioni dirette ed indirette di linee ibride caratterizzate da diversi livelli di isolamento, ad esempio linee aeree di alta tensione e media tensione che condividono le stesse strutture di supporto [BO.Distrib.9], [BO.Distrib.10], [BO.Distrib.11]. L'attività più recente si è concentrata sull'analisi dell'effetto del campo elettromagnetico irradiato dalla corrente di fulmine nella risposta delle linee alle fulminazioni dirette [BO.Distrib.12], [BO.Distrib.13], [BO.Distrib.15]. In tale ambito rientra anche lo sviluppo di un metodo per la determinazione del più probabile punto di guasto per fulminazione diretta [BO.Distrib.16]. In [BO.Distrib.14] si è studiato l'effetto della presenza e del numero di messe a terra della fune di guardia e del conduttore di neutro sul tasso di guasto di linee aeree di distribuzione, anche in presenza di edifici in grado di ridurre il numero di fulminazioni dirette.

Gestione delle comunità energetiche

Un approccio deterministico per la gestione ottimale delle risorse di accumulo di una comunità energetica basato sul metodo dei moltiplicatori a direzione alternata e limitato alla programmazione del giorno prima è stato presentato in [BO.Distrib.17], [BO.Distrib.18]. In [BO.Distrib.19] anche unità di produzione da biogas

sono gestite come controllabili. In [BO.Distrib.20] si affronta specificamente il problema della minimizzazione delle perdite nella rete della comunità. In [BO.Distrib.21] il modello di schedulazione è reso stocastico e multistadio. In [BO.Distrib.22], viene proposta una procedura di selezione infra-giornaliera che aggiorna la soluzione in base alle condizioni che si verificano al termine di ogni stadio. Modelli stocastici multistadio sono stati applicati anche al problema della gestione ottimale della ricarica dei veicoli elettrici [BO.Distrib.23]. Un altro modello per la gestione di colonnine di ricarica è illustrato in [BO.Distrib.24]. L'impatto delle transazioni energetiche all'interno delle comunità sullo sviluppo delle reti elettriche è stato illustrato in [BO.Distrib.25], [BO.Distrib.26], il confronto tra le diverse forme di comunità in [BO.Distrib.27], [BO.Distrib.28], [BO.Distrib.29], [BO.Distrib.30]. Parte della attività è svolta nel quadro del progetto di ricerca di rilevante interesse nazionale PRIN 2017 (Prot. 2017K4JZEE)

## Bibliografia

- [BO.Distrib.1]. Piantini A.; Borghetti A.; Nucci C.A., Lightning interaction with medium-voltage overhead power distribution systems, in: *Lightning Interaction with Power Systems*, Londra, Institution of Engineering and Technology, 2020, pp. 113 - 172 [Chapter or essay]
- [BO.Distrib.2]. Borghetti A.; Chisholm W.A.; Napolitano F.; Nucci C.A.; Rachidi F.; Tossani F., Software tools for the lightning performance assessment, in: *Lightning Interaction with Power Systems*, Londra, Institution of Engineering and Technology, 2020, pp. 425 - 452 [Chapter or essay]
- [BO.Distrib.3]. Borghetti A.; Napolitano F.; Nucci C.A.; Tossani F., Application of the Monte Carlo method to lightning protection and insulation coordination practices, in: *Lightning Interaction with Power Systems*, Londra, Institution of Engineering and Technology, 2020, pp. 1 - 26 [Chapter or essay]
- [BO.Distrib.4]. Tossani, Fabio; Napolitano, Fabio; Ishimoto, Kazuyuki; Borghetti, Alberto; Nucci, Carlo Alberto, A New Calculation Method of the Lightning Electromagnetic Field Considering Variable Return Stroke Velocity, «IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY», 2021, 63, pp. 152 - 159 [Scientific article]
- [BO.Distrib.5]. Tossani F.; Napolitano F.; Borghetti A., Inverse Laplace Transform of Sunde's Formula for the Ground Impedance of Buried Cables, in: *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019 [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Distrib.6]. Tossani F.; Napolitano F.; Borghetti A.; Nucci C.A., Influence of the Radial Electric Field Appraisal on Lightning-Induced Overvoltages Statistical Assessment, «IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY», 2019, 61, pp. 637 - 643 [Scientific article]
- [BO.Distrib.7]. Napolitano F.; Tossani F.; Borghetti A.; Nucci C.A.; Rachidi F., Estimation of the expected annual number of flashovers in power distribution lines due to negative and positive lightning, «ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH», 2019, 176, pp. 105956 - 105963 [Scientific article]
- [BO.Distrib.8]. Napolitano F.; Tossani F.; Borghetti A.; Nucci C.A.; Podporin G.V., Statistical Characterization of Lightning Induced Overvoltage Waveforms in Overhead Lines, in: *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019* [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Distrib.9]. Borghetti A.; Napolitano F.; Nucci C.A.; Rios Penaloza J.D.; Tossani F.; Ferraz G.M.; Piantini A., Lightning-originated overvoltages in a multi-circuit HV-MV line, in: *2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019 [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Distrib.10]. A. Borghetti, G. M. Ferraz, F. Napolitano, C. A. Nucci, A. Piantini, J. D. Rios Penaloza, F. Tossani, Lightning-Originated Overvoltages in a Multiple Voltage Level Overhead Line, in: *Proceedings - International Colloquium on Lightning and Power Systems 2019*, Delft - Netherlands, 07 - 09 October 2019 [Contribution to conference proceedings]

- [BO.Distrib.11]. Borghetti A.; Ferraz G.M.F.; Napolitano F.; Nucci C.A.; Piantini A.; Tossani F., Lightning protection of a multi-circuit HV-MV overhead line, «ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH», 2020, 180, pp. 106119 - 106127 [Scientific article]
- [BO.Distrib.12]. Ishimoto K.; Tossani F.; Napolitano F.; Borghetti A.; Nucci C.A., Influence of the Electromagnetic Pulse on the Overvoltages Due to Direct Lightning to Lines over Soils with Different Ground Conductivity, in: 2021 35th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2021 and 16th International Symposium on Lightning Protection, SIPDA 2021 [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Distrib.13]. Borghetti A.; Ishimoto K.; Napolitano F.; Nucci C.A.; Tossani F., Assessment of the Effects of the Electromagnetic Pulse on the Response of Overhead Distribution Lines to Direct Lightning Strikes, «IEEE OPEN ACCESS JOURNAL OF POWER AND ENERGY», 2021, 8, pp. 522 - 531 [Scientific article]
- [BO.Distrib.14]. F. Tossani, F. Napolitano, A. Borghetti, C.A. Nucci, A. Piantini, Yun-Su Kim, Sun-Kyu Choi, Influence of the presence of grounded wires on the lightning performance of a medium-voltage line, Electric Power Systems Research, Volume 196, 2021,
- [BO.Distrib.15]. Ishimoto K.; Tossani F.; Napolitano F.; Borghetti A.; Nucci C.A., Direct Lightning Performance of Distribution Lines with Shield Wire Considering LEMP Effect, «IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY», 2022, 37, pp. 76 - 84 [Scientific article]
- [BO.Distrib.16]. Wang Z.; Gerini F.; Paolone M.; Nucci C.A.; Rachidi F., Using Electromagnetic Time Reversal Similarity Metric to Locate Lightning-Originated Flashovers on Overhead Transmission Lines, in: 2019 15th International Symposium on Lightning Protection, SIPDA 2019 [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Distrib.17]. Orozco C.; Lilla S.; Borghetti A.; Napolitano F.; Tossani F., An ADMM approach for day-ahead scheduling of a local energy community, in: 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech, Milan, Italy, 23-27 June, 2019 [Contribution to conference proceedings] Open Access
- [BO.Distrib.18]. Lilla, Stefano; Orozco, Camilo; Borghetti, Alberto; Napolitano, Fabio; Tossani, Fabio, Day-Ahead Scheduling of a Local Energy Community: An Alternating Direction Method of Multipliers Approach, «IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS», 2020, 35, pp. 1132 - 1142 [Scientific article] Open Access
- [BO.Distrib.19]. Pulazza G.; Orozco C.; Borghetti A.; Tossani F.; Napolitano F., Procurement Cost Minimization of an Energy Community with Biogas, Photovoltaic and Storage Units, in: 2021 IEEE Madrid PowerTech, PowerTech 2021 [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Distrib.20]. Gambini M.M.; Orozco Corredor C.; Borghetti A.; Tossani F., Power loss reduction in the energy resource scheduling of a local energy community, in: SEST 2020 - 3rd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, Istanbul, Turkey, 7-9 September 2020 [Contribution to conference proceedings] Open Access
- [BO.Distrib.21]. Orozco Corredor C.; Borghetti A.; Napolitano Fabio; Tossani Fabio, Multistage day-ahead scheduling of the distributed energy sources in a local energy community, in: Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, Madrid, Spain, June 9th - 12th 2020 [Contribution to conference proceedings] Open Access
- [BO.Distrib.22]. Orozco C.; Borghetti A.; De Schutter B.; Napolitano F.; Pulazza G.; Tossani F., Intra-day scheduling of a local energy community coordinated with day-ahead multistage decisions, «SUSTAINABLE ENERGY, GRIDS AND NETWORKS», 2022, 29, pp. 1 - 13 [Scientific article]
- [BO.Distrib.23]. Orozco C.; Borghetti A.; Napolitano F.; Tossani F., Day-ahead Multistage Stochastic Optimization of a Group of Electric Vehicle Charging Stations, in: 2021 IEEE 15th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering, CPE-POWERENG 2021 [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Distrib.24]. Francesca Marasciuolo, Camilo Orozco, Maria Dicorato, Alberto Borghetti, Giuseppe Forte, Two-stage Scheduling of Electrical Vehicle Charging Station Clusters in a Community of DC Microgrids, in: Conf. Proc. 2021 IEEE Int. Conf. on Environment and Electrical Engineering, Bari, Italy, 7-10 settembre 2021 [Contribution to conference proceedings]

- [BO.Distrib.25]. Maleki Delarestaghi J.; Arefi A.; Ledwich G.; Borghetti A., A distribution network planning model considering neighborhood energy trading, «ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH», 2021, 191, pp. 1 - 10 [Scientific article]
- [BO.Distrib.26]. Alberto Borghetti, Camilo Orozco Corredor, Carlo Alberto Nucci, Ali Arefi, Javid Maleki Delarestaghi, Marialaura Di Somma, Giorgio Graditi, Impact of neighborhood energy trading and renewable energy communities on the operation and planning of distribution networks, in: Distributed Energy Resources in Local Integrated Energy Systems, Roma, G. Graditi, M. Di Somma, 2021, pp. 125 - 174 [Chapter or essay]
- [BO.Distrib.27]. Nucci C.A., Smart Grids and Energy Communities, in: Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Distrib.28]. Barroco Fontes Cunha F.; Carani C.; Nucci C.A.; Castro C.; Santana Silva M.; Andrade Torres E., Transitioning to a low carbon society through energy communities: Lessons learned from Brazil and Italy, «ENERGY RESEARCH & SOCIAL SCIENCE», 2021, 75, pp. 1 - 19 [Scientific article]
- [BO.Distrib.29]. Boulanger S.O.M.; Massari M.; Longo D.; Turillazzi B.; Nucci C.A., Designing Collaborative Energy Communities: A European Overview, «ENERGIES», 2021, 14, pp. 8226 - 8226 [Scientific article] Open Access
- [BO.Distrib.30]. Barroco Fontes Cunha F.; Carani C.; Nucci C.A.; Castro C.; Santana Silva M.; Andrade Torres E., Transitioning to a low carbon society through energy communities: Lessons learned from Brazil and Italy, «ENERGY RESEARCH & SOCIAL SCIENCE», 2021, 75, pp. 101994 - 102012 [Scientific article]

#### Collaborazioni con altre unità

L'attività di ricerca sulla gestione ottimale della ricarica dei veicoli elettrici è stata in parte realizzata in collaborazione con POLIBA nell'ambito del progetto H2020 ECSEL PROGRESSUS

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

L'attività di ricerca sulle sovratensioni di origine atmosferica di linee ibride è stata in parte commissionata dal laboratorio di alta tensione brasiliano HVEX e svolta in collaborazione con l'Università di São Paulo. L'effetto del campo elettromagnetico irradiato sulla risposta alle fulminazioni dirette è stata svolta collaborazione con il centro di ricerca giapponese CRIEPI. Lo studio sull'efficacia delle messe a terra della fune di guardia e del conduttore di neutro è stato svolto in collaborazione con la Gwangju Institute of Science and Technology, e con il KEPCO Research Institute, Korea.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Sistemi di Protezione e Strategie di Controllo in Reti di Distribuzione e Microreti

La ricerca sul passaggio di microreti dal funzionamento in parallelo con la rete esterna a quello in isola, è stata effettuata con analisi del supporto proveniente da sistemi di accumulo [BO.Utiliz.1], [BO.Utiliz.2], e da carichi rotanti [BO.Utiliz.3].

L'attività di ricerca su sistemi di protezione contro i guasti a terra di reti di distribuzione ha portato alla definizione di algoritmi basati sulla misura delle sovratensioni transitorie [BO.Utiliz.4], [BO.Utiliz.5].

In [BO.Utiliz.6] è illustrata una procedura per la stima dello stato di reti di distribuzione di bassa tensione in grado di gestire le informazioni non sincronizzate provenienti dai sistemi di misura distribuiti.

In questo ambito di ricerca rientra anche l'attività [BO.Utiliz.7] sullo sviluppo di un metodo per stimare le probabilità di guasto in reti di distribuzione considerando i processi di ricarica dei veicoli elettrici.

Parte della attività è svolta nel quadro del progetto di ricerca di rilevante interesse nazionale PRIN 2017 (Prot. 2017K4JZEE)



## Bibliografia

- [BO.Utiliz.1]. Rios Penaloza J.D.; Adu J.A.; Borghetti A.; Napolitano F.; Tossani F.; Nucci C.A., A Power Control Scheme for the Islanding Transition of a Microgrid with Battery Energy Storage Systems, in: Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, Genova, Italia, 2019 [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Utiliz.2]. Penaloza J.D.R.; Napolitano F.; Tossani F., Computational Aspects of the Dynamic Response of a Microgrid: A Comparative Analysis, in: Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, Madrid, Spain, 9 -12 June 2020 [Contribution to conference proceedings]
- [BO.Utiliz.3]. Rios Penaloza J.D.; Adu J.A.; Borghetti A.; Napolitano F.; Tossani F.; Nucci C.A., Influence of load dynamic response on the stability of microgrids during islanding transition, «ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH», 2021, 190, pp. 1 - 9 [Scientific article]
- [BO.Utiliz.4]. Juan Diego Rios Penaloza; Alberto Borghetti; Fabio Napolitano; Fabio Tossani; Carlo Alberto Nucci, A New Transient-Based Earth Fault Protection System for Unearthed Meshed Distribution Networks, «IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY», 2021, 36, pp. 2585 - 2594 [Scientific article]
- [BO.Utiliz.5]. Rios Penaloza J.D.; Borghetti A.; Napolitano F.; Tossani F.; Nucci C.A., Performance analysis of a transient-based earth fault protection system for unearthed and compensated radial distribution networks, «ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH», 2021, 197, pp. 1 - 8 [Scientific article]
- [BO.Utiliz.6]. Napolitano F.; Penaloza J.D.R.; Tossani F.; Borghetti A.; Nucci C.A., Three-phase state estimation of a low-voltage distribution network with kalman filter, «ENERGIES», 2021, 14, pp. 1 - 19 [Scientific article]
- [BO.Utiliz.7]. Zhao J.; Arefi A.; Borghetti A., End-of-life Failure Probability Assessment Considering Electric Vehicle Integration, in: Proceedings of 2021 31st Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2021, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021 [Contribution to conference proceedings]

## Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

È in corso di svolgimento una collaborazione con INESC, Porto.

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

### Elettrificazione del trasporto aereo (More Electrical Aircraft)

Uno dei temi del trasporto aereo moderno è l'elettrificazione di vari servizi (ad esempio, superfici di controllo, taxiing, riscaldamento e pressurizzazione della cabina) che, in passato, erano gestiti da sistemi idraulici o pneumatici. L'utilizzo di un generatore calettato sulla turbina consente di avere turbine "bleedless", prive cioè dello spillamento di aria calda che era utilizzato per alimentare i servizi di bordo. L'utilizzo di turbine "bleedless" consente di avere un maggior rendimento della turbina. L'elettrificazione dei servizi e l'eliminazione dello spillatore consentono di ridurre il peso complessivo dell'aeromobile e i costi di manutenzione. Al momento, tutti gli attuatori in zone depressurizzate sono controllati da sistemi ibridi elettro-idraulici (controllo e pressurizzazione elettrici, attuatore idraulico). L'industria teme l'utilizzo di motori elettrici in zone depressurizzate in quanto la minor rigidità dielettrica dell'aria può portare all'innescò di scariche parziali con conseguente distruzione del sistema di attuazione. Lo stesso vale per l'utilizzo di sistemi di propulsione ibridi (vedi GE/SAFRAN RISE). Una parte dell'attività condotta in questo settore è stata svolta all'interno di un progetto H2020 Clean Sky coordinato da Liebherr Aerospace. L'obiettivo era sviluppare tecniche di progetto di attuatori in grado di operare in zone depressurizzate senza l'innescò di scariche parziali, anche tenendo in conto del progressivo deterioramento dei materiali. Una seconda attività è legata al progetto di landing gears. Quest'ultima attività considera un progetto del sistema di isolamento basato sull'evidenza del

basso duty cycle. E' quindi possibile ridurre la dimensione dei conduttori per ridurre il peso dell'aeromobile e quindi i consumi (una regola empirica è che ogni kg di peso dell'aeromobile richiede 1/3 kg di combustibile).

Pubblicazioni: 1-11

Dielettrici per la mobilità elettrica

Quest'attività ha valutato anzitutto le proprietà di materiali utilizzati nei motori alimentati ad inverter, ma diventati di grande importanza (visti i costi) nell'ambito della mobilità elettrica. Si è trattato di valutare la performance di resine impregnanti (in collaborazione con Elantas Italia) e di materiali in grado di resistere alle scariche parziali, come fili smaltati e film di Kapton (polimide) additivati con materiali inorganici di dimensioni nanometriche. In particolare, lo studio dell'interazione fra invecchiamento termico ed elettrico è stato al centro delle prove [Pubblicazioni: 12-17].

Un secondo studio ha riguardato l'uso di isolanti solidi Polyether-ether-ketone (PEEK) e XLPE sottoposti a trattamento superficiale mediante fluoro ("fluorination") per ridurre l'accumulo di carica di spazio e favorirne l'impiego nei sistemi di propulsione degli aerei "all electric" [BO.Trasporti.28].

Prove per il controllo di qualità

Il controllo di qualità delle macchine elettriche azionate da inverter, come quelle da autotrazione, prevede prove per la verifica che l'isolamento non sia sede di scariche parziali durante l'esercizio della macchina. Queste prove sono abbastanza complesse in quanto realizzate in UHF (Ultra High Frequency), utilizzando sorgenti di tensione di tipo impulsivo e sono estremamente dipendenti dal modo in cui la macchina è collegata alla sorgente ed alle condizioni atmosferiche. Lo studio è stato fatto anche in collaborazione con la Sichuan University in Cina ed è volto al miglioramento sia dei sistemi e delle configurazioni di prova che alla comprensione dei dati ottenuti. L'impatto è sia industriale (collaborazione con Loccioni, sia normativo). [Pubblicazioni: 18-27].

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con UniMoRe nell'ambito del progetto H2020 Clen Sky Raise.

Bibliografia

- [BO.Trasporti.1]. L. Lusuardi, A. Cavallini, M. G. de la Calle, J. M. Martínez-Tarifa and G. Robles, "Insulation design of low voltage electrical motors fed by PWM inverters," in IEEE Electrical Insulation Magazine, vol. 35, no. 3, pp. 7-15, May-June 2019.
- [BO.Trasporti.2]. V. Madonna, P. Giangrande, L. Lusuardi, A. Cavallini, C. Gerada and M. Galea, "Thermal Overload and Insulation Aging of Short Duty Cycle, Aerospace Motors," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 67, no. 4, pp. 2618-2629, April 2020.
- [BO.Trasporti.3]. M. Pastura et al., "Partial Discharges in Electrical Machines for the More Electric Aircraft—Part I: A Comprehensive Modeling Tool for the Characterization of Electric Drives Based on Fast Switching Semiconductors," in IEEE Access, vol. 9, pp. 27109-27121, 2021.
- [BO.Trasporti.4]. L. Lusuardi, A. Rumi, A. Cavallini, D. Barater and S. Nuzzo, "Partial Discharge Phenomena in Electrical Machines for the More Electrical Aircraft. Part II: Impact of Reduced Pressures and Wide Bandgap Devices," in IEEE Access, vol. 9, pp. 27485-27495, 2021.
- [BO.Trasporti.5]. A. Rumi, L. Lusuardi, A. Cavallini, M. Pastura, D. Barater and S. Nuzzo, "Partial Discharges in Electrical Machines for the More Electrical Aircraft. Part III: Preventing Partial Discharges," in IEEE Access, vol. 9, pp. 30113-30123, 2021.



- [BO.Trasporti.6]. L. Lusuardi, A. Cavallini, V. Madonna, P. Giangrande and M. Galea, "Unconventional accelerated thermal ageing test for traction electric motors in vehicles," 2020 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Knoxville, TN, USA, 2020, pp. 212-216.
- [BO.Trasporti.7]. A. Rumi and A. Cavallini, "Aircraft Insulation Design for the More Electrical Aircraft: Challenges and Solutions," 2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM), Tokyo, Japan, 2020, pp. 120-123.
- [BO.Trasporti.8]. L. Lusuardi, A. Rumi and A. Cavallini, "Assessment Techniques to Ensure Reliable Electrical Insulation for More Electric Transportation," IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Lisbon, Portugal, 2019, pp. 7083-7087.
- [BO.Trasporti.9]. L. Lusuardi, A. Rumi, G. Neretti, P. Seri and A. Cavallini, "Assessing the severity of partial discharges in aerospace applications," 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), Richland, WA, USA, 2019, pp. 267-270.
- [BO.Trasporti.10]. Rumi, J. G. Marinelli, A. Cavallini and P. Seri, "Can Corona Resistant wires ensure reliability in aerospace machine insulation?," 2022 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Knoxville, TN, USA, 2022, pp. 309-312.
- [BO.Trasporti.11]. A. Rumi, J. G. Marinelli, P. Seri, M. Kohler and A. Cavallini, "Performance of Corona Resistant Insulation for Aerospace," 2021 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Denver, CO, USA, 2021, pp. 22-25.
- [BO.Trasporti.12]. T. Han and A. Cavallini, "Dielectric properties and partial discharge endurance of thermally aged nano-structured polyimide," in IEEE Electrical Insulation Magazine, vol. 36, no. 3, pp. 39-46, May-June 2020.
- [BO.Trasporti.13]. T. Han, A. Caprara, G. Ciotti, A. Rumi and A. Cavallini, "The Impact of Thermal Aging on The Electrical Endurance of Corona-Resistant Magnet Wires," 2020 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Knoxville, TN, USA, 2020, pp. 261-264.
- [BO.Trasporti.14]. R. Succi, T. Han and A. Cavallini, "An Investigation on the Dielectric Properties of Thermally-Aged Kapton and its Capability to Withstand Partial Discharges," 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), Richland, WA, USA, 2019, pp. 381-384.
- [BO.Trasporti.15]. L. Lusuardi, A. Rumi, A. Cavallini, P. Wang and T. Han, "Can Low Voltage Inverter-Fed Induction Motors Be Designed Allowing Partial Discharge Activity?," 2019 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Calgary, AB, Canada, 2019, pp. 79-82.
- [BO.Trasporti.16]. A. Rumi, A. Cavallini and J. Marinelli, "The Impact of Impregnating Resins in Ensuring the Reliability of Inverter-Fed Machines," 2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM), Tokyo, Japan, 2020, pp. 253-256.
- [BO.Trasporti.17]. A. Rumi, J. Gabriele Marinelli and A. Cavallini, "Converter Stress Impact on Thermally Aged Resin for Low-Voltage Machines," 2021 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), Vancouver, BC, Canada, 2021, pp. 40-43.
- [BO.Trasporti.18]. W. Zhou, P. Wang, Z. Zhao, Q. Wu and A. Cavallini, "Design of an Archimedes spiral antenna for PD tests under repetitive impulsive voltages with fast rise times," in IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 26, no. 2, pp. 423-430, April 2019.
- [BO.Trasporti.19]. A. Rumi, J. Marinelli and A. Cavallini, "Towards the 2nd edition of IEC 60034-18-41: challenges and perspectives," 2021 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Bandung, Indonesia, 2021, pp. 052-056.
- [BO.Trasporti.20]. A. Rumi, J. G. Marinelli, M. Pastura, D. Barater and A. Cavallini, "Insights into the Definition of Converter Surge Rise Time and its Influence on Turn/Turn Electrical Stress," 2021 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD), Modena, Italy, 2021, pp. 272-276.

- [BO.Trasporti.21]. A. Rumi, A. Cavallini and L. Lusuardi, "Combined Effects of Temperature and Humidity on the PDIV of Twisted Pairs," 2020 IEEE 3rd International Conference on Dielectrics (ICD), Valencia, Spain, 2020, pp. 906-909.
- [BO.Trasporti.22]. P. Wang et al., "Influence of Ambient Humidity on PDIV and Endurance of Inverter-fed Motor Insulation," 2019 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Calgary, AB, Canada, 2019, pp. 201-204.
- [BO.Trasporti.23]. A. Rumi, A. Cavallini and L. Lusuardi, "Impact of WBG Converter Voltage Rise-Time and Switching Frequency on the PDIV of Twisted Pairs," 2020 IEEE 3rd International Conference on Dielectrics (ICD), Valencia, Spain, 2020, pp. 902-905.
- [BO.Trasporti.24]. A. Caprara, G. Ciotti, A. Cavallini and A. Rumi, "The RPDIV and the limits of its definition according to IEC 60034-18-41: the effect of voltage conditioning," 2019 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Calgary, AB, Canada, 2019, pp. 180-183.
- [BO.Trasporti.25]. A. Caprara, G. Ciotti, A. Cavallini and A. Rumi, "The definition of RPDIV in impulsive testing and the effect of the electrical conditioning on the variability of the results," 2020 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Knoxville, TN, USA, 2020, pp. 234-237.
- [BO.Trasporti.26]. A. Cavallini, L. Lusardi, A. Rumi, K. Kimura, A. Contin and T. Han, "Searching for Optimal Connection Schemes for Partial Discharge Testing of Inverter-Fed Rotating Machines," 2019 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Calgary, AB, Canada, 2019, pp. 67-70.
- [BO.Trasporti.27]. P. Wang, Y. Gu, Q. Wu, A. Cavallini, Q. Zhang and J. Zhang, "A Novel Breakdown Protection Circuit for Endurance Tests under Repetitive Impulsive Voltages," 2019 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Calgary, AB, Canada, 2019, pp. 356-359.
- [BO.Trasporti.28]. Y.Q. Xing, Y. Yang, D. Fabiani, G. Mazzanti, Y. Zi, C. Li, "Fluorinated PEEK and XLPE as promising insulation candidates for the propulsion system of all-electric aircraft", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 29, N. 2, pp. 362-369, aprile 2022, DOI: 10.1109/TDEI.2022.3157899

## TECNOLOGIE

### Scariche parziali

Nell'ambito delle tecnologie è continuata l'attività di caratterizzazione dei fenomeni all'interno dei trasformatori di potenza (TE 1, TE 2), della caratterizzazione dei fenomeni di scariche parziali e loro misura (TE 3 - TE 7)

#### *Sviluppo e caratterizzazione di isolanti solidi*

Un metodo generale per identificare il livello di invecchiamento degli isolanti solidi polimerici è stato studiato in collaborazione con il Prof. John Fothergill (professore emerito della City University di Londra) in [TE22].

L'endurance di blend di polipropilene nano-additivati, realizzati all'interno di un progetto H2020 GRIDABLE coordinato da VTT Technical Research Center of Finland Ltd, utilizzabili nella realizzazione dei cavi HVDC è stata studiata in TE 8 – TE 12. Le prestazioni dell'isolamento innovativo High Performance Thermoplastic Elastomer (HPTE) a base di polipropilene per cavi HVDC (sviluppato da Prysmian Cables and Systems) sono state analizzate in collaborazione con TERNA e Prysmian Cables and Systems negli articoli [TE23],[TE24].

È stato sviluppato un metodo alternativo per la misura del potenziale superficiale di provini piani, che permette la stima della distribuzione di trappola in isolanti solidi caratterizzati non solo da trappole profonde, ma anche molto superficiali. Il metodo si basa sulla tecnica di polarizzazione e depolarizzazione di potenziale superficiale, e permette il monitoraggio di transitori molto veloci, sia in polarizzazione che in depolarizzazione [TE13].

### Sviluppo e caratterizzazione di isolanti gassosi

In collaborazione con la Tsinghua University di Pechino (Cina), si è analizzato il comportamento dell'isolamento gassoso (in SF6 o miscele di gas) di Gas Insulated Substations (GIS) e Gas Insulated Lines (GIL) mediante studi teorici, simulativi e sperimentali relativi ai fenomeni di accumulo di carica alle interfacce tra l'isolamento gassoso e gli isolatori solidi, nonché tra l'isolamento gassoso e le superfici metalliche della blindatura di GIS e GIL [TE25 - TE29].

#### *Affidabilità dei cavi HVDC*

TE 14 – TE 16 hanno come oggetto le scariche parziali nei cavi HVDC. Questa attività ha comportato la realizzazione di un setup innovativo per l'analisi dei guasti nelle interfacce cavo/accessorio. L'attività sperimentale ha mostrato come la rottura avvenga spesso in assenza o quasi di scariche parziali, suggerendo che la carica di spazio possa portare ad un fenomeno di rottura di tipo elettromeccanico.

Lo studio sperimentale di meccanismi, proprietà distruttive e statistiche di scariche parziali in sistemi isolanti HVDC, quando sottoposti a transitori di tensione ed inversioni di polarità - in collaborazione con Prysmian S.p.A. [TE17 - TE18] - ha portato alla realizzazione di modelli di vita elettro-statistici per cavi estrusi. Inoltre, è stata sviluppata e perfezionata una procedura innovativa per la stima di vita e affidabilità di cavi HVDC sottoposti a cicli di carico, con applicazioni di particolare interesse per la valutazione delle prove di qualifica dei cavi HVDC ad isolante estruso, nonché del ruolo giocato dalla conducibilità elettrica, dalle condizioni ambientali e dai diversi tipi di progetto di cavo [TE30 - TE34].

Modelli di vita e affidabilità innovativi per cavi HVDC sottoposti ad inversione della polarità della tensione di servizio sono stati sviluppati in collaborazione con TERNA, anche nell'ambito di contratti di ricerca in partnership con EnSiEl [TE35 - TE37]. I modelli e le procedure sviluppate sono stati raffinati per tener conto anche di altri eventi transitori che si verificano durante il periodo di servizio - ad esempio transitori di tensione quali le TOV, vedi sopra - con valutazioni di fattibilità, analisi di sensibilità e stime di vita residua utili per il progetto statistico ottimizzato dei cavi [TE19].

Per migliorare l'accuratezza delle simulazioni di transistori di campo elettrico in cavi estrusi, sono stati introdotti, in collaborazione con il politecnico di Milano e Florida State University, modelli di trapping e de-trapping, ottenuti tramite fitting di correnti di leakage su provini piani [TE20 - TE21].

L'effetto delle dielectric losses nell'isolamento dei cavi HVDC sull'affidabilità dei cavi stessi è stato studiato negli articoli [TE38 - TE39].

## **Prove innovative e norme internazionali per la qualifica e l'accettazione di sistemi di cavo HVDC**

Le conoscenze e l'esperienza acquisita nell'ambito dell'affidabilità e diagnostica dei cavi HVDC, e il ruolo di chairmanship svolto nell'ambito del IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS) Technical Committee (TC) "HVDC cable systems (cables, joints and terminations)", ha portato allo sviluppo di procedure di prova innovative per la qualifica e l'accettazione dei sistemi di cavo HVDC. Tali procedure sono contenute nei due Standard sviluppati dal IEEE DEIS TC "HVDC cable systems": 1) IEEE 1732-2017 "Recommended Practice for Space Charge Measurements on High Voltage Direct Current Extruded Cables for Rated Voltages up to 550 kV"; 2) IEEE 2862-2020 "Recommended Practice for Partial Discharge Measurements under AC Voltage with VHF/UHF Sensors during Routine Tests on Factory and Pre-moulded Joints of HVDC Extruded Cable Systems up to 800 kV".

L'analisi e lo sviluppo di prove innovative di qualifica e accettazione di cavi HVDC, e in particolare l'attività preparatoria della norma IEEE 2862-2020, sono illustrate in [TE40 - TE46]. Questo tipo di prove fornirà un contributo importante al miglioramento di prestazioni, affidabilità e resilienza dei sistemi di cavo HVDC, che saranno essenziali per vincere le sfide poste dalla "green transition" e dalla crescente integrazione in rete di risorse rinnovabili remote, come discusso in [TE47 - TE49].

## **Affidabilità e diagnostica dei cavi HVAC**

Questa tematica rappresenta la prosecuzione, per i cavi HVAC, di attività analoghe a quelle precedenti per i cavi HVDC. Nel periodo considerato, l'attività in oggetto ha riguardato il ruolo giocato dalle variazioni stagionali dei parametri dell'ambiente di posa e dei cicli di carico sull'affidabilità dei cavi HVAC [TE50], nonché lo sviluppo di metodi basati sulla riflettometria nel dominio del tempo per la rapida ed accurata localizzazione del punto di guasto in bobine di cavo in media ed alta tensione alternata sottoposte a prove di accettazione [TE51].

## **Affidabilità di IGBT**

Sono stati investigati possibili marker diagnostici (attività di scariche parziali, corrente di leakage e spettroscopia) per valutare la qualità dei sistemi isolanti di IGBT utilizzati in applicazioni con tensioni nominali superiori a 900V, in collaborazione con VERTIV Ltd.

## **Affidabilità dei sistemi isolanti e componenti operanti in regime distorto**

Questa tematica rappresenta la prosecuzione dell'analisi teorica e sperimentale degli effetti delle armoniche di tensione e corrente su affidabilità e vita di sistemi isolanti e componenti elettrici operanti in regime distorto. In particolare, in collaborazione con l'unità dell'Università di Napoli Federico II, in [TE52] ci si è focalizzati sulle armoniche di tensione generate dai convertitori di potenza.

## **Affidabilità e diagnostica degli isolamenti di linee aeree AT e AAT**

Questa attività, condotta in collaborazione con TERNA e RSE, ha consentito lo sviluppo di una nuova procedura di prova per il monitoraggio diagnostico degli isolatori delle linee aeree HVAC e HVDC, basata sulla misura del FlashOver Voltage (FOV) di isolatori tratti dal servizio - e sulla relativa elaborazione statistica dei risultati delle misure - mediante il metodo detto Quick FOV test. La procedura è stata applicata con successo a diverse linee della Rete di Trasmissione Nazionale di Terna Rete Italia, come verificato mediante

un'ampia campagna di prove di laboratorio su isolatori tratti dal servizio effettuate presso RSE Milano [TE 53 – TE 54].

### Sviluppo di materiali per applicazioni in ambito elettrico/energetico

Le nanotecnologie rappresentano un campo di ricerca molto attrattivo e che può rivelarsi di forte impatto sullo sviluppo di componenti elettrici ed elettronici avanzati. Negli ultimi anni il Laboratorio di Ingegneria dei Materiali per i Sistemi Elettrici è stato coinvolto, insieme a vari partner nazionali ed internazionali, in programmi di ricerca sui materiali innovativi avanzati [TE 55 - 64] e nanocompositi per applicazioni negli apparati elettrici. Piccole percentuali di nanofiller sono spesso sufficienti a modificare in modo significativo il comportamento del polimero per quanto riguarda le proprietà meccaniche, chimiche, ambientali ed elettriche. I materiali polimerici nanocompositi possono essere impiegati negli apparati elettrici, quali cavi, condensatori e macchine. Attualmente gli studi condotti riguardano nuove famiglie di nanocompositi a base di grafene, le cui eccezionali proprietà elettriche lo rendono molto interessante in piccole percentuali per modificare in situ la conducibilità elettrica dei materiali (ad es. nei sistemi gradatori di campo: terminazioni / giunti) [TE 65 - TE 75]. Un'altra tematica riguarda lo sviluppo di materiali nanofibrosi piezoelettrici integrabili in altri materiali per la applicazione nel settore della sensoristica e dell'energy harvesting [TE 76 – TE 87].

#### Sviluppo di batterie al litio nanostrutturate realizzate mediante elettrofilatura

I separatori commerciali per batterie al litio, solitamente realizzati in poliolefine sotto forma di film, presentano bassa porosità (40%) ed elevata dimensione dei pori. Tali limiti hanno posto un notevole interesse per la tecnica dell'elettrofilatura, grazie alla quale è possibile realizzare membrane di tessuto-non tessuto altamente porose (80-90%) costituite da fibre di dimensione nanometrica con valori del rapporto superficie-volume estremamente elevati. L'insieme di tutte queste proprietà garantisce l'ottenimento di un elevato assorbimento elettrolitico, alti valori di conducibilità ionica e bassi valori di resistenza interna della batteria. L'introduzione di nanoadditivi all'interno delle nanofibre permette di incrementare ulteriormente le performance di tali separatori, grazie al miglioramento della loro resistenza meccanica, delle proprietà elettrochimiche e della stabilità termica. Separatori ad alte prestazioni possono soddisfare così i requisiti di sicurezza e capacità richiesti oggi per impiegare le batterie al litio anche in applicazioni di alta potenza o in veicoli ibridi che richiedono la gestione di frequenti picchi di corrente [TE 88].

#### Collaborazioni con altre unità

Collaborazione con l'unità dell'Università di Napoli Federico II sulla tematica affidabilità di sistemi isolanti e componenti operanti in regime distorto

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con University of Twente ed University of Tampere nell'ambito del progetto GRIDABLE.

Collaborazione con la Tsinghua University di Pechino (Cina) sulla tematica dell'analisi dell'isolamento gassoso di GIS e GIL.

Collaborazione con University of Southampton, University of Toulouse, Montpellier e ETS Montreal sui materiali nanocompositi

#### Bibliografia

- [BO.Tecnol.1]. J. P. Jiang, B. X. Du and A. Cavallini, "Effect of moisture migration on surface discharge on oil-pressboard of power transformers under cooling," in IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 27, no. 5, pp. 1743-1751, Oct. 2020.



- [BO.Tecnol.2]. F. Negri and A. Cavallini, "Comparison of the charge trapping tendency between ester impregnated cellulose sheets and mineral oil ones," 2019 IEEE 20th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), Roma, Italy, 2019, pp. 1-4.
- [BO.Tecnol.3]. S. Morsalin, B. T. Phung and A. Cavallini, "Measurement and modeling of partial discharge arising from different cavity geometries at very low frequency," in IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 27, no. 4, pp. 1110-1118, Aug. 2020.
- [BO.Tecnol.4]. S. Govindarajan, J. Subbaiah, A. Cavallini, K. Krithivasan and J. Jayakumar, "Partial Discharge Random Noise Removal Using Hankel Matrix-Based Fast Singular Value Decomposition," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 69, no. 7, pp. 4093-4102, July 2020.
- [BO.Tecnol.5]. G. C. Stone, A. Cavallini and G. Behrmann, "A Review of the History of the Development of Partial Discharge Testing," 2022 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Knoxville, TN, USA, 2022, pp. 85-89.
- [BO.Tecnol.6]. R. Zadeh et al., "PD detection in inverter-fed machines using acoustic emission sensors. A preliminary investigation," 2022 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Knoxville, TN, USA, 2022, pp. 280-283.
- [BO.Tecnol.7]. P. Seri, G. Giovanetti, L. Zanotti, H. Santoso, A. Cavallini and G. Mazzanti, "Partial Discharge Inception Voltage Characteristics at Low Frequencies: The Role of Electrostatic Charges," 2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM), Tokyo, Japan, 2020, pp. 181-184.
- [BO.Tecnol.8]. Rytöluoto, I., Niittymäki, M., Seri, P., Naderiallaf, H., Lahti, K., Saarimäki, E., Flyktman, T., Paajanen, M. "Biaxially oriented silica-polypropylene nanocomposites for HVDC film capacitors: Morphology-dielectric property relationships, and critical evaluation of the current progress and limitations" (2022) Journal of Materials Chemistry A, 10 (6), pp. 3025-3043.
- [BO.Tecnol.9]. He, X., Seri, P., Rytöluoto, I., Anyszka, R., Mahtabani, A., Naderiallaf, H., Niittymäki, M., Saarimäki, E., Mazel, C., Perego, G., Lahti, K., Paajanen, M., Dierkes, W., Blume, A. "Dielectric Performance of Silica-Filled Nanocomposites Based on Miscible (PP/PP-HI) and Immiscible (PP/EOC) Polymer Blends" (2021) IEEE Access, 9, art. no. 9328245, pp. 15847-15859. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3052517
- [BO.Tecnol.10]. Montanari, G.C., Seri, P., Karttunen, M., Paajanen, M., Lahti, K., Rytöluoto, I. "Investigation of nanocomposite polypropylene for DC capacitors: A feasibility study (2019) IEEE Transactions on Fundamentals and Materials, 139 (2), pp. 105-112. DOI: 10.1541/ieejfms.139.105
- [BO.Tecnol.11]. A. Setiawan, P. Seri, A. Cavallini, S. Suwarno and H. Naderiallaf, "The Influence of Nanocomposite Filler on the Lifetime Performance of Polypropylene Under Voltage Polarity Reversal," 2019 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Denpasar, Indonesia, 2019, pp. 047-051.
- [BO.Tecnol.12]. H. Santoso, A. Cavallini and Suwarno, "The Effect of Nanofiller and Temperature on Dielectric Properties of Polypropylene-Based Dielectric Material," 2020 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Penang, Malaysia, 2020, pp. 371-375.
- [BO.Tecnol.13]. D. Mariani, S.V. Suraci, D. Fabiani, P. Seri, "Method for fast Isothermal Surface Potential Decay measurements", 2022 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), Denver, USA, 2022.
- [BO.Tecnol.14]. H. Naderiallaf, A. Cavallini, F. Esterl, R. Plath, P. Seri and G. C. Montanari, "Measuring partial discharges in MV cables under DC voltage: procedures and results in steady state conditions," 2020 IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), Knoxville, TN, USA, 2020, pp. 18-21.
- [BO.Tecnol.15]. E. Yulianto, R. Adepu, A. Cavallini and Suwarno, "The Influence of Mechanical Pressure on Solid/Solid Interface Under DC Voltages," 2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Turin, Italy, 2020, pp. 1-4.

- [BO.Tecnol.16]. D. D. Kurniawan, A. Cavallini, Suwarno, L. Cirioni and R. Candela, "A Novel Setup to Investigate Partial Discharges in Interfaces Subjected to HVDC Voltages," 2019 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Denpasar, Indonesia, 2019, pp. 008-011.
- [BO.Tecnol.17]. Seri, P., Montanari, G.C., Bononi, S.F., Albertini, M. "Comparing the results of increasing-voltage design and qualification life tests on HVDC and HVAC cables: The effect of voltage-step growth rate and insulation thickness factors" (2020) Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP, 2020-October, art. no. 9437387, pp. 479-482.
- [BO.Tecnol.18]. Montanari, G.C., Seri, P., Bononi, S.F., Albertini, M. "Partial discharge behavior and accelerated aging upon repetitive DC cable energization and voltage supply polarity inversion" (2021) IEEE Transactions on Power Delivery, 36 (2), art. no. 9056518, pp. 578-586.
- [BO.Tecnol.19]. Diban, B., Mazzanti, G., Seri, P. "Life-Based Geometric Design of HVDC Cables-Part I: Parametric Analysis" (2022) IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 29 (3), pp. 973-980.
- [BO.Tecnol.20]. Cambareri, P., Di Rienzo, L., De Falco, C., Seri, P., Montanari, G.C. "Electric Field Calculation During Voltage Transients in HVDC Cables: Contribution of Polarization Processes" (2022) IEEE Transactions on Power Delivery, pp. 1-1. DOI: 10.1109/TPWRD.2022.317756
- [BO.Tecnol.21]. Cambareri, P., de Falco, C., Di Rienzo, L., Seri, P., Montanari, G.C. "Simulation and modelling of transient electric fields in hvdc insulation systems based on polarization current measurements" (2021) Energies, 14 (24), art. no. 8323, . DOI: 10.3390/en14248323
- [BO.Tecnol.22]. J.C. Fothergill, G. Mazzanti, B. Diban, "Identifying electrical ageing in polymeric insulation", Atti della 2020 3rd IEEE International Conference on Dielectrics (IEEE ICD 2020), pp. 53-56, Valencia, Spagna, 6-31 luglio 2020, Virtual Edition, DOI: 10.1109/ICD46958.2020.9341973
- [BO.Tecnol.23]. A. Bareggi, P. Boffi, S. Chinosi, S. Franchi Bononi, L. Guizzo, G. Lavecchia, M. Marzinotto, G. Mazzanti, G. Pozzati, "Current and future applications of HPTE insulated cables systems", Paper B1-307, Cigrè Science & Engineering, Vol. 13, pp. 34-44, febbraio 2019, ISSN: 2426-1335
- [BO.Tecnol.24]. N. Guerrini, G. Mazzanti, B. Diban, I. Troia, "Validation of mechanical features of HPTE insulation for EHV DC land cable systems", atti della 2021 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2021), pp. 208-210, Vancouver, Canada, 12-15 dicembre 2021, DOI: 10.1109/CEIDP50766.2021.9705417
- [BO.Tecnol.25]. C. Li, Y. Xu, C. Lin, G. Chen, Y. Tu, Y. Zhou, Z. Lei, T. Han, S.V. Suraci, J. Wang, W. Liu, M. Tariq Nazir, S. He, A. Cavallini, G. Mazzanti, D. Fabiani, J. He, "Surface charging phenomena on HVDC spacers for compressed SF6 insulation and charge tailoring strategies", CSEE Journal of Power and Energy Systems, Volume 6, Issue 1, Pages 83-99, marzo 2020, Open Access, Article number 01220, DOI: 10.17775/CSEEPES.2019.01220
- [BO.Tecnol.26]. D. Fabiani, C. Li, G. Zhang, G. Mazzanti, G. Teyssedre, J. He, "Guest Editorial: Interface Charging Phenomena for Dielectric Materials, High Voltage, Volume 5, Issue 2, pp. 93-94, maggio 2020, Open Access, DOI: 10.1049/hve.2020.0106
- [BO.Tecnol.27]. C. Li, Y. Zhu, Q. Zhi, J. Sun, S. Song, L. Connelly, Z. Li, G. Chen, Z. Lei, Y. Yang, G. Mazzanti, "Dust figures as a way for mapping surface charge distribution – A Review", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 28, no. 3, pp. 853-863, giugno 2021, DOI: 10.1109/TDEI.2021.009432
- [BO.Tecnol.28]. C. Li, L. Zhang, Y. Wang, D. Yu, Z. Wang, Z. Zhang, L. Connelly, C. Lin, G. Chen, G. Mazzanti, Y. Zhang, M. Tschentscher, "Conductor surface roughness-dependent gas conduction process for HVDC GIL – Part II: Experiment", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 28, no. 3, pp. 988-994, giugno 2021, DOI: 10.1109/TDEI.2021.009424
- [BO.Tecnol.29]. Y. Xing, X. Sun, Y. Yang, G. Mazzanti, D. Fabiani, J. He, C. Li, "Metal particle induced spacer surface charging phenomena in direct current gas-insulated transmission lines", Journal of Physics D:



Applied Physics, Vol. 54, Issue 34, agosto 2021, Article number 34LT03, pp. 1-5, DOI: 10.1088/1361-6463/ac04e5

- [BO.Tecnol.30]. B. Diban, G. Mazzanti, "The effect of temperature and stress coefficients of electrical conductivity on the life of HVDC extruded cable insulation subjected to type test conditions", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 27, no. 4, pp. 1313-1321, agosto 2020, DOI: 10.1109/TDEI.2020.008772
- [BO.Tecnol.31]. G. Mazzanti, B. Diban, "Parametric analysis of HVDC extruded cable reliability for different cable designs", Atti della 2020 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2020), Virtual Edition, pp. 475-478, 19-30 ottobre 2020, DOI: 10.1109/CEIDP49254.2020.9437494
- [BO.Tecnol.32]. B. Diban, G. Mazzanti, I. Troia, N. Guerrini, "The effect of ambient thermal properties on transient electric field distribution and life estimation in HVDC cable insulation", atti della 2021 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2021), pp. 36-39, Vancouver, Canada, 12-15 dicembre 2021, DOI: 10.1109/CEIDP50766.2021.9705397
- [BO.Tecnol.33]. B. Diban, G. Mazzanti, P. Seri, "Life-based Geometric Design of HVDC cables. Part 1: Parametric Analysis", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 29, N. 3, pp. 973-980, giugno 2022, DOI: 10.1109/TDEI.2022.3168369
- [BO.Tecnol.34]. B. Diban, G. Mazzanti, N. Guerrini, I. Troia, "Deeper insight into the relationship between experimental expressions of conductivity and DC electric field in cables", atti della 39th IEEE Electrical Insulation Conference (IEEE EIC 2021), pp. 437-440, Virtual Edition, June 7-21 2021, DOI: 10.1109/EIC49891.2021.9612359
- [BO.Tecnol.35]. A. Battaglia, M. Marzinotto, G. Mazzanti, "Space charges and life models for lifetime inference of HVDC cables under voltage polarity reversal", 2019 AEIT HVDC International Conference (AEIT HVDC), pp. 1-5, Firenze, Italia, 9-10 maggio 2019, DOI: 10.1109/AEIT-HVDC.2019.8740653
- [BO.Tecnol.36]. A. Battaglia, M. Marzinotto, G. Mazzanti, "A deeper insight in predicting the effect of voltage polarity reversal on HVDC cables", Atti della 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2019), pp. 487-490, Richland, Washington, USA, 21-24 ottobre 2019, DOI: 10.1109/CEIDP47102.2019.9010572
- [BO.Tecnol.37]. G. Mazzanti, M. Marzinotto, A. Battaglia, D. Villacci, "The problem of the estimation of the end of life of HVDC cable systems: the influence of laying environment, operational duty and cable technologies", atti della 2021 AEIT International Annual Conference, virtual edition, pp. 1-6, 4-8 ottobre 2021, DOI: 10.23919/AEIT53387.2021.9626871
- [BO.Tecnol.38]. B. Diban, G. Mazzanti, I. Troia, "Preliminary estimation of the effect of insulation losses on HVDC cable reliability", Atti della 2020 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2020), Virtual Edition, pp. 466-469, 19-30 ottobre 2020, DOI: 10.1109/CEIDP49254.2020.9437504
- [BO.Tecnol.39]. B. Diban, G. Mazzanti, "The effect of insulation characteristics on thermal instability in HVDC extruded cables", Energies (MDPI), vol. 14, n. 3, num. articolo 550, pp. 1-22, 21 gennaio 2021, <https://doi.org/10.3390/en14030550>, Open Access: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/3/550>, DOI: 10.3390/en14030550
- [BO.Tecnol.40]. G. Mazzanti, "Activities of the deis technical committee on HVDC cable systems (cables, joints, and terminations)", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 35, N. 1, pp. 59 – 61, gennaio/febbraio 2019, DOI: 10.1109/MEI.2019.8575688
- [BO.Tecnol.41]. G. Mazzanti, J. Castellon, G. Chen, J.C. Fothergill, M. Fu, N. Hozumi, J. H. Lee, J. Li, M. Marzinotto, F. Mauseh, P. Morshuis, C. Reed, I. Troia, A. Tzimas, K. Wu, "The insulation of HVDC extruded cable system joints. Part 1: review of materials, design and testing procedures", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 26, N. 3, pp. 964-972, giugno 2019, DOI: 10.1109/TDEI.2019.8726046

- [BO.Tecnol.42]. G. Mazzanti, J. Castellon, G. Chen, J.C. Fothergill, M. Fu, N. Hozumi, J. H. Lee, J. Li, M. Marzinotto, F. Mauseth, P. Morshuis, C. Reed, I. Troia, A. Tzimas, K. Wu, "The insulation of HVDC extruded cable system joints. Part 2: Proposal of a new AC voltage PD measurement protocol for quality control during routine tests", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 26, N. 3, pp. 973-980, giugno 2019, DOI: 10.1109/TDEI.2019.8726047
- [BO.Tecnol.43]. N. Guerrini, I. Troia, G. Mazzanti, B. Diban, "Preliminary analysis of the impact of the leakage current on HVDC R&D and qualification tests on power cables", atti della 39th IEEE Electrical Insulation Conference (IEEE EIC 2021), pp. 198-201, Virtual Edition, 7-21 giugno 2021, DOI: 10.1109/EIC49891.2021.9612362
- [BO.Tecnol.44]. G. Mazzanti, "Bulletin board: activities of the DEIS Technical Committee on 'HVDC Cable Systems (Cables, Joints and Terminations)' for the development of IEEE Std. 2862TM-2020", *IEEE Electrical Insulation Magazine*, vol. 37, no. 5, pp. 48-50, Set./Ott. 2021, DOI: 10.1109/MEI.2021.9514653.
- [BO.Tecnol.45]. M. Albertini, S. Franchi Bononi, S. Giannini, G. Mazzanti, N. Guerrini, "Testing challenges in the development of innovative extruded insulation for HVDC cables", *IEEE Electrical Insulation Magazine*, Vol. 37, No. 6, pp. 21-32, Nov./Dic. 2021, DOI: 10.1109/MEI.2021.9580821.
- [BO.Tecnol.46]. G. Mazzanti, "Issues and challenges for HVDC extruded cable systems", *Energies (MDPI)*, vol. 14, n. 15, num. articolo 4504, pp. 1-34, 2021, Open Access: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/15/4504/htm>, DOI: 10.3390/en14154504
- [BO.Tecnol.47]. T. Andritsch, G. Mazzanti, J. Castellon, "The prospects and challenges for HVDC cable technology in a smart grid world", *IEEE Smart Grid Newsletter*, luglio 2019, Codice rivista: E254757 (IRIS).
- [BO.Tecnol.48]. C. Li, Y. Yang, G. Xu, Y. Zhou, M. Jia, S. Zhong, Y. Gao, C. Park, Q. Liu, Y. Wang, S. Akram, X. Zeng, Y. Li, F. Liang, B. Cui, J. Fang, L. Tang, Y. Zeng, X. Hu, J. Gao, G. Mazzanti, J. He, J. Wang, D. Fabiani, G. Teyssedre, Y. Cao, F. Wang, Y. Zi, "Insulating materials for realising carbon neutrality: opportunities, remaining issues and challenges", *High Voltage*, Vol. 7, N. 4, pp. 610–632, luglio 2022, Open Access paper: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1049/hve2.12232>, DOI: 10.1049/hve2.12232
- [BO.Tecnol.49]. G. Mazzanti, "High voltage direct current transmission cables to help decarbonisation in Europe: recent achievements and issues", *High Voltage*, Vol. 7, N. 4, pp. 633–644, luglio 2022, Open Access: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1049/hve2.12222>, DOI: 10.1049/hve2.12222
- [BO.Tecnol.50]. G. Mazzanti, "The effects of seasonal factors on life and reliability of high voltage ac cables subjected to load cycles", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 35, No. 4, pp. 2080 – 2088, agosto 2020, DOI: 10.1109/TPWRD.2019.2960618
- [BO.Tecnol.51]. N. Guerrini, G. Mazzanti, B. Diban, I. Troia, "Investigation on online fault location techniques during factory testing on manufactured cable lengths", atti della 2021 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2021), pp. 619-622, Vancouver, Canada, 12-15 dicembre 2021, DOI: 10.1109/CEIDP50766.2021.9705363
- [BO.Tecnol.52]. G. Mazzanti, B. Diban, E. Chiodo, P. De Falco, L.P. Di Noia, "Forecasting the reliability of components subjected to harmonics generated by power electronic converters", *Electronics (MDPI) - Special Issue "Challenges and New Trends in Power Electronic Devices Reliability"*, vol. 9, no. 8, num. articolo 1266, pp. 1-31, 7 agosto 2020, Open Access: <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/8/1266/htm>, DOI: 10.3390/electronics9081266
- [BO.Tecnol.53]. M. Marzinotto, G. Mazzanti, A. Panara, "Broadening the application of the quick flashover test for RTV pre-coated glass cap-and-pin insulators sampled from service in the Italian Transmission grid", *Atti della 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (IEEE CEIDP 2019)*, pp. 284-287, Richland, Washington, USA, 21-24 ottobre 2019, DOI: 10.1109/CEIDP47102.2019.9009678

- [BO.Tecnol.54]. M. Marzinotto, G. Mazzanti, A. Panara, G. Pirovano, "Comparison of the quick flashover voltages for RTV pre-coated insulators sampled over the years from the Italian AC transmission grid", IEEE Transactions on Power Delivery, 2022, DOI: 10.1109/TPWRD.2022.3152025
- [BO.Tecnol.55]. R. Men, Z. Lei, T. Han, D. Fabiani, C. Li, S. V. Suraci, and J. Wang, "Effect of long-term fluorination on surface electrical performance of ethylene propylene rubber," IET High Voltage, Vol. 4 no. 4, pp. 339-344, 2019.
- [BO.Tecnol.56]. R. Men, Z. Lei, J. Song, Y. Li, L. Lin, M. Tian, D. Fabiani, and X. Xu, "Effect of thermal ageing on space charge in ethylene propylene rubber at DC voltage," IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 26, no. 3, pp. 792–800, 2019.
- [BO.Tecnol.57]. R. Men, Z. Lei, P. Geng, J. Song, Y. Li, M. Tian, T. Han, C. Li, D. Fabiani, "Space charge properties of EPDM under different electric field and thermal ageing" in 10th International Conference on Insulated Power Cables JICABLE, Versailles, France, paper no. C4-3, 2019.
- [BO.Tecnol.58]. C. Li, B. Deng, Z. Zhang, W. Yan, Q. Li, Z. Zhang, C. Lin, Y. Zhou, T. Han, Z. Lei, D. Fabiani, "Full life property of surface charge accumulation on HVDC spacers considering transient and steady states," IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 26, no. 5, pp. 1686–1692, 2019.
- [BO.Tecnol.59]. A. Kang, M. Tian, C. Li, J. Song, S. V. Suraci, W. Li, L. Lin, Z. Lei, D. Fabiani, "Development and pattern identification of end-winding discharge under effect of relative humidity and temperature for HV motors", IET High Voltage Journal, Vol. 5, no., pp. 1-10, DOI: 10.1049/hve.2019.0124, 2020.
- [BO.Tecnol.60]. G. Teysse, D. Fabiani, Y. Cao, J. He, C. Li, "Advances in interface charge tailoring techniques: fundamentals and applications", Internat. Conf. on High Voltage Engineering (ICHVE), Beijing, China, 6-10 Sept. 2020.
- [BO.Tecnol.61]. S. V. Suraci, D. Fabiani, L. Mazzocchetti, L. Giorgini, "Degradation Assessment of Polyethylene-Based Material Through Electrical and Chemical-Physical Analyses", Energies, Vol. 13, no. 3, pp. 650:1-13, 2020
- [BO.Tecnol.62]. C. Li, Y. Zi, Y. Cao, G. Mazzanti, D. Fabiani, D. Zhang, Y. Xing, J. He, "Advanced insulating materials contributing to "carbon neutrality": Opportunities, issues and challenges", High Voltage, Vol. 7 (4), pp. 607-609, 2022.
- [BO.Tecnol.63]. C. Li, Y. Yang, G. Xu, Y. Zhou, M. Jia, S. Zhong, Y. Gao, C. Park, Q. Liu, Y. Wang, S. Akram, X. Zeng, Y. Li, F. Liang, B. Cui, J. Fang, L. Tang, Y. Zeng, X. Hu, J. Gao, G. Mazzanti, J. He, J. Wang, D. Fabiani, G. Teysse, Y. Cao, F. Wang, Y. Zi, "Insulating materials for realising carbon neutrality: Opportunities, remaining issues and challenges" High Voltage, Vol 7 (4), pp. 610-632, 2022.
- [BO.Tecnol.64]. Y. Xing, Y. Chen, Y. Yang, D. Fabiani, G. Mazzanti, Y. Zi, C. Li, "Fluorinated PEEK and XLPE as Promising Insulation Candidates for the Propulsion System of All-Electric Aircraft", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 29 (2), pp. 362-369, 2022.
- [BO.Tecnol.65]. M. Eesaee, E. David, N. R. Demarquette, D. Fabiani, and F. Palmieri, "Charge transport and accumulation in clay-containing LDPE nanocomposites," IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 26, no. 1, pp. 292–299, 2019.
- [BO.Tecnol.66]. Z. Lei, D. Fabiani, C. Li, S. V. Suraci, G. Selli, T. Han, M. Speranza, F. Grolli, and F. Palmieri, "Effect of Graphene Coating on Space Charge Characteristic of XLPE and Semiconductive Layer at Different Temperatures," IEEE Access, vol. 7, pp. 124540–124547, 2019.
- [BO.Tecnol.67]. Z. Lei, D. Fabiani, F. Palmieri, C. Li, G. Selli, M. Speranza, F. Grolli, F. Cristiano, F. Bertocchi, "Space charge properties of XLPE and PDMS dual-dielectric with graphene coating" in 10th International Conference on Insulated Power Cables JICABLE, Versailles, France, paper no. B1-5, 2019.
- [BO.Tecnol.68]. Z. Lei, D. Fabiani, F. Palmieri, C. Li, T. Han, G. Selli, F. Grolli, M. Speranza, S. V. Suraci, "Space charge characteristics of XLPE and semiconductive layer coated with graphene", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., Vol. 27, no. 1, pp. 128-131, 2020.

- [BO.Tecnol.69]. Z. Lei, R. Men, F. Wang, Y. Li, J. Song, T. Shahsavarian, C. Li, D. Fabiani, "Surface modified nano-SiO<sub>2</sub> enhances dielectric properties of stator coil insulation for HV motors", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 27, n. 3, pp. 1029-1037, 2020.
- [BO.Tecnol.70]. S. V. Suraci, D. Fabiani, "Quantitative investigation and modelling of the electrical response of XLPE insulation with different filler content", 2020 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), pp. 439-442, 2020.
- [BO.Tecnol.71]. S. V. Suraci, X. He, S. Chaudhary, X. Wang, R. Anyszka, A. Mahtabani, D. Fabiani, T. Andritsch, A. Vaughan, "Assessment of the chemical and electrical properties of nano structured polyethylene with antioxidant-grafted nanosilica", 2020 IEEE 3rd International Conference on Dielectrics (ICD), pp. 217-220, 2020.
- [BO.Tecnol.72]. F. Serenari, M. Madinehei, N. Moghimian, D. Fabiani, E. David; "Development of reinforced polyester/graphene nanocomposite showing tailored electrical conductivity", Polymers, Vol. 12, n. 10, pp. 2358, 2020.
- [BO.Tecnol.73]. Z. Lei, D. Fabiani, T. Bray, C. Li, X. Wang, T. Andritsch, A. Credi, M. La Rosa, "Space Charge Behavior of Quantum Dot-Doped Polystyrene Polymers", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 28, n. 3, pp. 753-761, 2021.
- [BO.Tecnol.74]. A. M. Pourrahimi, S. Kumara, F. Palmieri, L. Yu, A. Lund, T. Hammarström, P. Hagstrand, I. Scheblykin, D. Fabiani, X. Xu, C. Muller, "Repurposing Poly (3-hexylthiophene) as a Conductivity-Reducing Additive for Polyethylene-Based High-Voltage Insulation", Advanced Materials, Vol. 33, paper n. 2100714, 2021.
- [BO.Tecnol.75]. P. Seri, S. V. Suraci, D. Fabiani, "Effects of Graphene Coatings on hindering Space Charge injection in Epoxy Resin", 2021 IEEE International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM), pp. 163-166, 2021.
- [BO.Tecnol.76]. F. Poli, G. Spina, A. Terella, M. Mashkour, M. L. Focarete, D. Fabiani, C. Santato, D. Momodu, N. Manyala, and F. Soavi, "Green Materials for Sustainable Supercapacitors," in Meeting Abstracts, 2019, no. 5, p. 290.
- [BO.Tecnol.77]. D. Fabiani, F. Grolli, G. Selleri, M. Speranza, T. M. Brugo, E. Maccaferri, D. Cocchi, and A. Zucchelli, "Nanofibrous piezoelectric structures for composite materials to be used in electrical and electronic components," in Proceedings of the 2019 Nordic Insulation Symposium, Tampere, Finland, no. 26, pp. 1-5, 2019, invited paper.
- [BO.Tecnol.78]. F. Calavalle, M. Zaccaria, G. Selleri, T. Cramer, D. Fabiani, B. Fraboni, "Piezoelectric and Electrostatic Properties of Electrospun PVDF-TrFE Nanofibers and their Role in Electromechanical Transduction in Nanogenerators and Strain Sensors", Macromolecular Materials and Engineering, Vol. 305, n. 7, pp. 2000162, 2020.
- [BO.Tecnol.79]. D. Fabiani, G. Selleri, F. Grolli, M. Speranza, "Piezoelectric nanofibers for multifunctional composite materials", 2020 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), pp. 247-250, 2020.
- [BO.Tecnol.80]. D. Fabiani, A. Zucchelli, T. M. Brugo, G. Selleri, F. Grolli, M. Speranza, "Core-shell piezoelectric nanofibers for multifunctional composite materials", 2020 IEEE 3rd International Conference on Dielectrics (ICD), pp. 325-328, 2020.
- [BO.Tecnol.81]. G. Selleri, M. E. Gino, L. Gasperini, M. Zanoni, C. Gualandi, M. L. Focarete, D. Fabiani, "Study on the polarization process for piezoelectric nanofibrous layers", Annual Report – IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP, pp. 61-64, December 2021.
- [BO.Tecnol.82]. D. Fabiani, G. Selleri, L. Gasperini, R. Neri, Piezoelectric nanofibers for smart material development, Annual Report – IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP, December 2021, invited paper.

- [BO.Tecnol.83]. T. M. Brugo, E. Maccaferri, D. Cocchi, L. Mazzocchetti, L. Giorgini, D. Fabiani, A. Zucchelli, "Self-sensing hybrid composite laminate by piezoelectric nanofibers interleaving", *Composites Part B: Engineering*, Vol. 212, paper no. 108673, 2021.
- [BO.Tecnol.84]. G. Selleri, D. Fabiani, A. Zucchelli, T. M. Brugo, F. Grolli, L. Bordoni, "Development of flexible sensors based on piezoelectric nanofibers", 2021 IEEE International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM), pp. 358-361, 2021.
- [BO.Tecnol.85]. A. Bužarovska, M. Kubin, P. Makreski, M. Zanoni, L. Gasperini, G. Selleri, D. Fabiani, C. Gualandi, "PVDF/BaTiO<sub>3</sub> composite foams with high content of  $\beta$  phase by thermally induced phase separation (TIPS)", *Journal of Polymer Research*, Vol. 29 (7), art. no. 272, 2022
- [BO.Tecnol.86]. M. E. Gino, G. Selleri, D. Cocchi, T. M. Brugo, N. Testoni, L. De Marchi, A. Zucchelli, D. Fabiani, M. L. Focarete, "On the design of a piezoelectric self-sensing smart composite laminate", *Materials and Design*, Vol. 219, art. no. 110783, 2022.
- [BO.Tecnol.87]. G. Selleri, M. E. Gino, T. M. Brugo, R. D'Anniballe, J. Tabucol, M. L. Focarete, R. Carloni, D. Fabiani, A. Zucchelli, "Self-sensing composite material based on piezoelectric nanofibers", *Materials and Design*, Vol. 219, art. no. 110787, 2022.
- [BO.Tecnol.88]. A. Terella, F. De Giorgio, M. Rahmanipour, L. Malavolta, E. Paolasini, D. Fabiani, M. L. Focarete, C. Arbizzani, "Functional separators for the batteries of the future", *Journal of Power Sources*, Vol. 449, pp. 227556:1-9, 2020.

## ALTRI TEMI

### Valutazione dei campi magnetici generati dai sistemi elettrici per l'energia

Questo argomento prosegue l'attività di calcolo e misura dei campi magnetici a bassa frequenza generati da linee elettriche di media ed alta tensione. Lo studio si è focalizzato sul calcolo dei campi magnetici generati da terne singole e doppie di linee aeree in media ed alta tensione. In [BO.Altri.1] si è sviluppato un algoritmo innovativo per il calcolo 3D dei campi magnetici generati da linee aeree AT e AAT in presenza di dislivelli e deviazioni dalla linearità, validato mediante risultati di misure effettuate in campo da ARPA Emilia Romagna. In [BO.Altri.2] si è impiegato un algoritmo innovativo basato su una formula bilineare per l'interpolazione di dati misurati di campo magnetico generato da linee aeree in doppia terna per verificare l'esposizione della popolazione ai campi magnetici generati da linee aeree MT in doppia terna.

### Sviluppo di tecniche di inferenza Bayesiane applicate ai sistemi elettrici per l'energia

Questo argomento prosegue la collaborazione con il Prof. Elio Chiodo dell'unità dell'Università di Napoli Federico II relativamente all'applicazione di tecniche di inferenza Bayesiane per lo sviluppo di modelli affidabilistici robusti e realistici dei componenti dei sistemi elettrici per l'energia (vedi [BO.Altri.3]) e per l'ottimizzazione della produzione di energia da fonti rinnovabili mediante la previsione della risorsa rinnovabile (ad esempio la ventosità di un sito, vedi [BO.Altri.4]).

#### Collaborazioni con altre unità

Collaborazione con l'unità dell'Università di Napoli Federico II per le tecniche di inferenza Bayesiane.

#### Bibliografia

- [BO.Altri.1]. M. Landini, G. Mazzanti, L. Sandrolini, F. D'Adda, "A novel algorithm for the 3D calculation of the magnetic field generated by complex configurations of overhead power lines", 19<sup>th</sup> IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering (IEEE EEEIC19), Genova, Italia, 11-14 giugno 2019, DOI: 10.1109/EEEIC.2019.8783828



- [BO.Altri.2]. M. Landini, G. Mazzanti, and R. Mandrioli, "Procedure for verifying population exposure limits to the magnetic field from double-circuit overhead power lines", *Electricity (MDPI)*, Vol. 2, pp. 342–358, 12 settembre 2021, Open Access: <https://www.mdpi.com/2673-4826/2/3/21> , DOI: 10.3390/electricity2030021
- [BO.Altri.3]. E. Chiodo, G. Mazzanti, "The decreasing hazard rate phenomenon: a review of different models, with a discussion of the rationale behind their choice", *Electronics (MDPI)*, vol. 10, no. 20, num. articolo 2553, pp. 1-26, 19 ottobre 2021, Open Access: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/20/2553> , DOI: 10.3390/electronics10202553
- [BO.Altri.4]. E. Chiodo, M. Fantauzzi, G. Mazzanti, "The compound inverse Rayleigh as an extreme wind speed distribution and its Bayes Estimation", *Energies*, vol. 15, num. articolo 861, pp. 1-26, gennaio 2022, Open Access: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/3/861/htm> , DOI: 10.3390/en15030861

## PROGETTI

### ***CONNECT INNOVATIVE SMART COMPONENTS, MODULES AND APPLIANCES FOR A TRULY CONNECTED, EFFICIENT AND SECURE SMART GRID. (2017-2021)***

Ente finanziatore

Electronic Components and Systems for European Leadership Joint Undertaking (ECSEL-JU) nell'ambito della convenzione n. 737434 con sostegno dal programma EU H2020 e di Germania, Slovacchia, Paesi Bassi, Spagna e Italia.

Breve

descrizione

CONNECT ha sviluppato concetti, tecnologie e componenti che supportano una maggiore integrazione delle energie rinnovabili e dell'accumulo combinata con un controllo intelligente del flusso di energia.

Sedi Partner: 26 partecipanti, coordinatore INFINEON

Riferimenti

[BO.Progetti.1]. <https://cordis.europa.eu/project/id/737434>

***OSMOSE (Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for European electricity)***

Responsabile scientifico locale

Carlo Alberto Nucci

Ente finanziatore

H2020-EU.3.3.4. - A single, smart European electricity grid

Breve descrizione

Sei TSO, tra cui RTE (coordinatore scientifico) undici partner di ricerca, tra cui sedici industriali (produttori, fornitori di soluzioni) e del mercato (produttori, ESCo) affrontano, attraverso un approccio olistico, l'identificazione e lo sviluppo delle flessibilità necessarie per consentire la transizione energetica

verso un'elevata quota di rinnovabili

Sedi Partner:

EU

Riferimenti

[BO.Progetti.2]. <https://www.osmose-h2020.eu/>

**PRIN 2017** *Planning and flexible operation of micro-grids with generation, storage and demand control as a support to sustainable and efficient electrical power systems: regulatory aspects, modelling and experimental validation.*

Responsabile scientifico

Carlo Alberto Nucci

Ente finanziatore

MUR

Breve descrizione

Il progetto mira a sfruttare appieno il potenziale ancora non sfruttato che i distretti intelligenti, gli edifici/case intelligenti e le microreti (MG) hanno in termini di raggiungimento di una maggiore domanda di energia flessibile. I distretti smart di interesse includono la presenza di colonnine di ricarica per veicoli elettrici, di edifici con accumulo termico ed elettrico nonché di carichi termici ed elettrici controllati che possono quindi consentire un controllo flessibile della domanda.

Sedi partner: Politecnico di Bari, Università di Cagliari, Università di Genova, Politecnico di Milano, Università di Padova

**PROGRESSUS** *Next Generation Smart Grid to reduce Greenhouse Gas Emissions and Grid Peak Power (2020-2023)*

Ente finanziatore

Electronic Components and Systems for European Leadership Joint Undertaking (ECSEL-JU) nell'ambito della convenzione n. 876868 con sostegno dal programma EU H2020 e di Germania, Slovacchia, Paesi Bassi, Spagna e Italia.

Breve descrizione

I requisiti di alta potenza delle stazioni di ricarica ultraveloci sollevano sfide speciali durante la progettazione delle infrastrutture. A sostegno degli obiettivi climatici dell'Europa per il 2030, il progetto PROGRESSUS mira a introdurre una rete intelligente di nuova generazione.

Sedi Partner: 25 partecipanti, coordinatore INFINEON

Riferimenti

[BO.Progetti.3]. <https://cordis.europa.eu/project/id/876868>

**RAISE** *"Reliable Aircraft electrical Insulation System sElection"*



Responsabile scientifico  
Andrea Cavallini

Ente finanziatore  
EU H2020 Clean Sky

Breve descrizione  
Il progetto riguarda lo studio dell'affidabilità degli isolamenti utilizzati negli attuatori aeronautici, facendo particolare riferimento alle problematiche legate all'utilizzo di convertitori elettronici basati su dispositivi wide bandgap al carburo di silicio.

Sedi partner  
Università di Bologna, Università di Modena, Liebherr aerospace

Riferimenti  
[BO.Progetti.4]. <https://trimis.ec.europa.eu/project/reliable-aircraft-electrical-insulation-system-selection>

### *Self User*

Responsabile scientifico locale  
Fabio Napolitano

Ente finanziatore  
Regione Emilia Romagna

Breve descrizione  
Il progetto ha come obiettivo la sperimentazione di un modello di autoconsumo collettivo in un contesto condominiale, la definizione di criteri per il dimensionamento e la gestione dei sistemi di accumulo e criteri di ripartizione degli oneri impiantistici, dei ricavi derivanti dalla produzione di energia e delle spese legate ai consumi.

Sedi Partner:  
ART-ER (Emilia Romagna), ACER (Reggio Emilia), ENEA (Bologna), ENEL X, UNIBO

Riferimenti  
[BO.Progetti.5]. <https://www.selfuser.it/>

### **TEAMCABLES** “European Tools and Methodologies for an efficient ageing management of nuclear power plant Cables”

Responsabile Scientifico:  
Davide Fabiani

Ente Finanziatore:

EU H2020

#### Breve descrizione

Il progetto studia lo sviluppo di tecniche diagnostiche non distruttive per valutare lo stato di degradazione dei cavi delle centrali nucleari

#### Sedi Partner:

EDF (France), University of Bologna (Italy), Framatome (Germany), Nexans (France), IRSN (France), CEA (France), Ecole National Supérieure Arts et Métiers (France), ARTTIC (France), UJV (Czech Republic), VTT (Finland), ICHTJ (Poland), Fraunhofer IZFP (Germany), Univ. Aix & Marseille (France),

[BO.Progetti.6]. <https://www.team-cables.eu/>

## LABORATORI

### *Laboratory of Innovative Materials for Electrical Systems (LIMES)*

Il laboratorio esegue prove su materiali e sistemi isolanti utilizzati nell'ambito dei sistemi elettrici per la produzione, trasmissione (HVAC e HVDC) e utilizzo dell'energia elettrica. Altre attività comprendono lo sviluppo di materiali nanostrutturati per applicazioni in ambito elettrico, elettronico ed energetico, in particolare smart materials basati su nanofibre piezoelettriche per micro-attuatori.

#### Riferimenti

[BO.Laborat.1]. [site.unibo.it/dei-limes](http://site.unibo.it/dei-limes)

### *LISEP - Laboratorio di Ingegneria dei Sistemi Elettrici di Potenza*

Il Laboratorio svolge attività di ricerca e di didattica nei settori della produzione, trasporto, distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica con particolare riferimento alle smart grid. L'attività è coordinata con il Gruppo Universitario Sistemi Elettrici per l'Energia (GUSEE) ed è condotta nell'ambito di collaborazioni di ricerca nazionali e internazionali, come quelle con CESI, ENEL, ENI, HERA, RSE, EdF, Politecnico Federale di Losanna, Svizzera, l'Univ. della Florida, USA e Univ. di San Paolo, Brasile.

#### Riferimenti

[BO.Laborat.2]. <https://site.unibo.it/lisep/en/>

## UNITÀ DI CAGLIARI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA ED ELETTRONICA  
PIAZZA D'ARMI  
09123 CAGLIARI  
TEL. +39 070 675 5883

**Responsabile Scientifico:** Fabrizio Pilo

**Sito web:** [dipartimenti.unica.it/ingegneriaeletttricaedelettronica/ricerca-e-servizi-al-territorio/gruppi-di-ricerca-2/elettrici/](http://dipartimenti.unica.it/ingegneriaeletttricaedelettronica/ricerca-e-servizi-al-territorio/gruppi-di-ricerca-2/elettrici/)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Igor	Andryiets	Borsista
Gianni	Celli	Professore Associato
Marco	Galici	Dottorando
Emilio	Ghiani	Professore Associato
Susanna	Mocci	Assegnista ENSIEL
Maryam	Mousavi	Dottoranda
Mario	Mureddu	Assegnista
Nicola	Natale	Tecnologo
Fabrizio	Pilo	Professore Ordinario
Giuditta	Pisano	RTD-B
Simona	Ruggeri	RTD-A
Gian Giuseppe	Soma	Borsista
Matteo	Troncia	Dottorando

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Impatto delle fonti rinnovabili nel sistema elettrico

L'articolo [CA.Produz.1], sviluppato in collaborazione ai colleghi del Politecnico di Bari, analizza le prestazioni di impianti fotovoltaici in condizioni ambientali variabili. Questa analisi, eseguita mediante una campagna di misurazione di lungo periodo, dimostra come le prestazioni del sistema fotovoltaico sono influenzate dalla variabilità dell'irraggiamento solare e delle altre condizioni meteo. Lo studio evidenzia l'inadeguatezza di alcuni metodi di verifica e collaudo degli impianti fotovoltaici che, ad esempio, richiedono solo una singola verifica sperimentale istantanea del livello minimo di efficienza ottenuto in condizioni di irraggiamento specificate.

### Modellizzazione, progettazione e ottimizzazione di impianti a fonti rinnovabili

L'articolo [CA.Produz.2] propone e analizza le prestazioni di un layout innovativo per gli impianti fotovoltaici a terra con struttura a capanna e sovradimensionamento dell'inverter, che consente un uso ottimizzato del terreno e, allo stesso tempo, garantisce un valido ritorno sull'investimento. Viene presentato un caso di studio per mostrare i vantaggi tecnici, economici e ambientali rispetto ai tradizionali impianti fotovoltaici a terra a inclinazione fissa e a inseguimento solare.

Nel lavoro [CA.Produz.3] viene valutata sperimentalmente la maggiore capacità di raccolta di energia solare da parte di un collettore solare accoppiato a un riflettore piano. Viene determinato sperimentalmente il beneficio fornito dall'integrazione di un pannello solare con un riflettore speculare e confrontate le prestazioni con pannello solare convenzionale.

### Collaborazioni con altre unità

Politecnico di Bari.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

### Bibliografia

- [CA.Produz.1]. A. Cagnano, E. De Tuglie, E. Ghiani. PV plants performance analysis under mutable operating conditions. 19th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering. IEEEIC 2019. 11-14 June 2019, Genoa, Italy.
- [CA.Produz.2]. S. Cossu, R. Baccoli, E. Ghiani, Utility Scale Ground Mounted Photovoltaic Plants with Gable Structure and Inverter Oversizing for Land-Use Optimization. *Energies* 2021, 14, 3084.
- [CA.Produz.3]. R. Baccoli, A. Kumar, A. Frattolillo, C. Mastino, E. Ghiani, G. Gatto, Enhancing energy production in a PV collector – Reflector system supervised by an optimization model: Experimental analysis and validation. *Energy Conversion and Management*, Volume 229, 2021

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Analisi Mercato Elettrico e Servizi Ancillari

L'obiettivo dello studio [CA.Trasmis.1] è quello di mostrare l'impatto sul settore elettrico di tutte le restrizioni e il blocco delle attività in Italia e di discutere gli effetti dell'epidemia COVID-19 sul funzionamento del sistema elettrico italiano. In particolare, vengono esaminate le conseguenze sui profili di carico, sul consumo di elettricità e sui prezzi di mercato in Italia, ivi comprese le implicazioni sugli aspetti ambientali relative alla modifica delle percentuali delle fonti utilizzate nel mix energetico per il soddisfacimento di una domanda molto ridotta a causa della pandemia.

Collaborazioni con altre unità

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Bibliografia

[CA.Trasmis.1]. Ghiani, E., Galici, M., Mureddu, M., Pilo, F. Impact on electricity consumption and market pricing of energy and ancillary services during pandemic of COVID-19 in Italy (2020) *Energies*, 13 (13), art. no. 3357.

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

Modelli sintetici delle reti di distribuzione

È stata sviluppata una metodologia in grado di definire modelli di simulazione rappresentativi delle cabine primarie della rete di subtrasmissione che sfrutta solo dati pubblici e strumenti software GIS (Geographic Information System) e costruisce un modello realistico, o cosiddetto sintetico, della rete di distribuzione sottesa [CA.Distrib.1].

Flessibilità delle risorse connesse alle reti di distribuzione (media tensione)

L'attività di ricerca stima la potenziale flessibilità che le risorse distribuite possono offrire agli operatori delle reti (i.e., DSO e TSO) in presenza di nuovi meccanismi e dinamiche di mercato elettrico e valuta l'impatto di tale offerta sull'esercizio e gestione della rete di distribuzione a partire dal modello di rete sintetica [CA.Distrib.2], [CA.Distrib.3]. L'attività si è adattata ed estesa al caso francese nell'ambito del progetto OSMOSE.

Flessibilità delle risorse connesse alle reti di distribuzione (bassa tensione)

L'attività studia il contributo di flessibilità che il sistema di BT può fornire a livello locale e di sistema [CA.Distrib.4] - [CA.Distrib.9] tenendo conto della competizione fra TSO e DSO che hanno esigenze differenti ma si appoggiano agli stessi fornitori. La ricerca ha fatto uso di modelli probabilistici per la valutazione del rischio nell'impiego della flessibilità ([CA.Distrib.5] - [CA.Distrib.7]) nel confronto con lo sviluppo tradizionale del sistema BT. Le problematiche di regolazione di tensione della BT e le soluzioni sono trattate in [CA.Distrib.9] e [CA.Distrib.20].

Integrazione dei sistemi di accumulo nelle reti di distribuzione

Il tema del posizionamento ottimo dei sistemi di accumulo è stato affrontato con ottimizzazione robusta per considerare per includere le incertezze nella domanda e nella generazione nel dimensionamento [CA.Distrib.4], [CA.Distrib.11], [CA.Distrib.12]. In [CA.Distrib.13] e [CA.Distrib.14] i sistemi di accumulo sono utilizzati per minimizzare le incertezze della gestione del sistema e favorire l'integrazione TSO/DSO nell'approvvigionamento dei servizi di flessibilità. In [CA.Distrib.8] riporta i risultati del Progetto INTERREG MED StoRES per i sistemi fotovoltaici residenziali integrati con sistemi di accumulo (PV-BES). Nell'articolo sono analizzati i risultati relativi al sito pilota presente nella cittadina di Ussaramanna (in Sardegna) in termini di incremento di autoconsumo ed autosufficienza dei PVBES installati.

Analisi di scalabilità e replicabilità di progetti di smart grid

Nell'ambito del progetto europeo OSMOSE, si è sviluppata una metodologia originale da applicare al progetto dimostratore italiano per valutare la sua scalabilità e replicabilità. Al termine della procedura si è

arrivati alla definizione di regole, barriere, e raccomandazioni per superare gli ostacoli e favorire la scalabilità delle soluzioni proposte.

### Resilienza delle reti di distribuzione

La attività analizza il comportamento delle reti di distribuzione ad eventi avversi con bassa probabilità di accadimento: dapprima attraverso la caratterizzazione dell'evento avverso, poi con lo sviluppo di un modello di vulnerabilità dei componenti del sistema, e, infine, con la simulazione della risposta del sistema all'adozione di soluzioni che possano migliorarne la resilienza (valutata attraverso l'area di resilienza, metrica utile a confrontare le diverse soluzioni di pianificazione) [CA.Distrib.15], [CA.Distrib.16].

### *Mercato della flessibilità*

Il lavoro [CA.Distrib.22] in collaborazione con Università di Comillas affronta il problema della remunerazione dei servizi offerti in potenza reattiva e dei relativi investimenti con valutazioni economiche basate sull'impiego dell'analisi multicriteriale.

### *Collaborazioni con altre università*

Università di Comillas, Università di Melbourne

### Bibliografia

- [CA.Distrib.1]. Pisano, G.; Chowdhury, N.; Coppo, M.; Natale, N.; Petretto, G.; Soma, G. G.; Turri, R.; Pilo, F.; "Synthetic models of distribution networks based on open data and georeferenced information" *Energies* 2019 (MDPI), 12(23), 4500, <https://doi.org/10.3390/en12234500>
- [CA.Distrib.2]. Natale, N.; Pilo, F.; Pisano, G.; Soma, G. G.; "Market Participation of Distributed Energy Resources for offering Flexibility Services", in Proc. 17th International Conference on the European Energy Market (EEM20), 16-18 Sep 2020, Stockholm, Sweden
- [CA.Distrib.3]. Natale, N.; Pilo, F.; Pisano, G.; Soma, G.G. Quantitative Assessment of Flexibility at the TSO/DSO Interface Subject to the Distribution Grid Limitations. *Appl. Sci.* 2022, 12, 1858. <https://doi.org/10.3390/app12041858>
- [CA.Distrib.4]. Celli, G.; Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G.; Synthetic representation of flexibility from aggregated LV Distributed Energy Resources, CIGRE 2021 Conference, Geneva, 20 – 23 September 2021
- [CA.Distrib.5]. Celli, G.; Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G.; Cazzato, F.; Valtorta, G.; Di Clerico, M.; Ferrero, S.; Noce, C.; "Assessment of the impact of flexibility services on distribution network development", in Proc. of CIGRE South-East European Regional Council Conference 2021, Vienna (Austria), Virtual 29 November - 02 December 2021
- [CA.Distrib.6]. Celli, G.; Galici M.; Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G.; Risk-based Distribution Planning tool for a fair comparison among conventional planning solutions and flexibility exploitation, CIGRE 2022 Kyoto Symposium, Japan, 5-8 April 2022
- [CA.Distrib.7]. Celli, G., Pilo, F., Pisano, G., Ruggeri, S., Soma, G.G., Risk-oriented planning for flexibility-based distribution system development, (2022) *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 30, art. no. 100594, DOI: 10.1016/j.segan.2021.100594
- [CA.Distrib.8]. Mocci, Ruggeri, et al., Technical and economic assessment of PV-coupled energy storage systems: a case study from Italy, based on field-data, CIGRE 2020 Berlin Workshop, online
- [CA.Distrib.9]. Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G.; Casolino, G. M.; Di Fazio, A. R.; Losi, A.; Russo, M.; Berizzi, A.; Falabretti, D.; Merlo, M.; Bignucolo, F.; Coppo, M.; Turri, R.; Pelacchi, P.; Poli, D.; Valtorta, G.; Di



Lembo, G.; Corsi, N.; D'Orazio, L.; Ferrero, S.; Cianotti, S., Marino, C., Barone, A., Lenaz, G.; Servizi di flessibilità come risorsa per le reti di distribuzione, Rivista AEIT, n. 9710, settembre/ottobre 2021

- [CA.Distrib.10]. Chowdhury N, Pisano G, Pilo F, Troncia M, "Optimal Location of Energy Storage Systems with Robust Optimization", in Proc. of CIRED 2019, 25th International Conference on Electricity Distribution, Madrid (Spain), 3-6 June 2019
- [CA.Distrib.11]. Chowdhury N, Pisano G, Pilo F, "Energy Storage Placement in the Transmission Network: A Robust Optimization Approach", in Proc. of 111th Annual AEIT International Annual Conference, AEIT 2019; Florence; Italy; 18 - 20 September 2019, (Scopus ID: s2.0-85075364667) ISBN: 978-888723745-0 DOI: 10.23919/AEIT.2019.8893299
- [CA.Distrib.12]. Chowdhury N., Pilo F., Pisano G., "Optimal Energy Storage System Positioning and Sizing with Robust Optimization", Energies 2020, 13, 512
- [CA.Distrib.13]. Celli, G., Galici, M., Pilo, F., Ruggeri, S., Soma, G.G., (2021) Uncertainty reduction on flexibility services provision from DER by resorting to DSO storage devices, APPLIED SCIENCES (Switzerland), 11 (8), art. no. 3395, DOI: 10.3390/app11083395
- [CA.Distrib.14]. Celli G., Pilo, F., Pisano, G., Ruggeri, S., Soma, G. G. (2021). Relieving Tensions on Battery Energy Sources Utilization among TSO, DSO, and Service Providers with Multi-Objective Optimization. ENERGIES, vol. 14, p. 1-22, ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en14010239
- [CA.Distrib.15]. Celli, G.; Pilo, F.; Pisano, G.; Soma, G.G.; The Resilience Area Model calculation for the development of resilient distribution systems, CIRED 2021 Conference, Geneva, 20 – 23 September 2021
- [CA.Distrib.16]. Celli, G.; Pilo, F.; Pisano, G.; Soma, G.G.; Impact chains' analysis for making resilient the distribution system, CIGRE 2022 Kyoto Symposium, Japan, 5-8 April 2022
- [CA.Distrib.17]. Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G., Falabretti D.; Grillo S.; Gulotta F., Impact of Residential Charging Stations on the Quality of the Low Voltage Network Supply, accepted for ICHQP 2022, Naples (Italy) 29th May-1st Jun 2022
- [CA.Distrib.18]. Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G.; Conti, S.; LV Network Flexibility for Reducing the Network Impact of Fast- Charging Stations, accepted for CIRED workshop on E-mobility and power distribution systems, paper 1418, Porto, 2-3 June 2022
- [CA.Distrib.19]. Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G., Falabretti, D.; Grillo S.; Gulotta, F., Impact of e-mobility participation in the ancillary service market on the operation of high-density urban low voltage distribution networks, 2021 AEIT AUTOMOTIVE, Virtual Conf., 17-19 Nov 2021
- [CA.Distrib.20]. A. R. Di Fazio, M. Russo, G. Pisano, and M. De Santis, "A centralized voltage optimization function exploiting DERs for distribution systems", in Proc. of 7th International Conference on Clean Electrical Power Renewable Energy Resources Impact, Otranto (I), 2-4 July 2019
- [CA.Distrib.21]. G. Celli, M. Galici, F. Pilo, "A robust exploitation of flexibility from aggregation of EVs", CIRED workshop on E-mobility and power distribution systems, paper 1458, Porto, 2-3 June 2022.
- [CA.Distrib.22]. Matteo Troncia, José Pablo Chaves Ávila, Fabrizio Pilo, Tomás Gómez San Román, (2021) Remuneration mechanisms for investment in reactive power flexibility, Sustainable Energy, Grids and Networks, Volume 27, 2021, 100507, ISSN 2352-4677, DOI: 10.1016/j.segan.2021.100507.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

Load profiling - modellizzazione dei profili di consumo elettrico

Caratterizzazione dei clienti finali attraverso curve tipiche di consumo elettrico, aggiornate ai comportamenti attuali. La metodologia sviluppata sfrutta tecniche di clustering per raggruppare comportamenti elettrici simili in classi che possano essere rappresentate da una particolare forma del profilo di consumo elettrico giornaliero differenziato per tipologia di giorno e per stagionalità [CA.Utiliz.1], [CA.Utiliz.2],

[CA.Utiliz.3]. Per validare i risultati della ricerca i profili tipici ottenuti dal processo di clustering sono stati impiegati in diversi studi. Tra i più interessanti si possono citare:

- calcolo del picco di una sezione di rete: confronto con procedura statistica usata dal DSO per valutare lo sfruttamento dei trasformatori in cabina secondaria [CA.Utiliz.4];
- uso di un Distribution Management System (DMS) per la gestione attiva di una rete di bassa tensione: confronto tra l'uso dei profili attualmente usati dal DSO e l'uso dei profili tipici risultanti da questa attività di ricerca [CA.Utiliz.5].

### Gestione ottima delle nanogrid

La ricerca ha sfruttato la programmazione dinamica per la gestione ottima delle risorse di una nanogrid (diversa da microgrid per numero di utenze, con un solo punto di connessione alla rete pubblica di bassa tensione). Il lavoro [CA.Utiliz.6] confronta il principio di ottimalità di Bellman con un approccio rule-based.

### Progetto pilota di nanogrid

Nell'ambito del progetto europeo "BERLIN" è in via di ultimazione la realizzazione di una installazione pilota di nanogrid su uno degli edifici del campus universitario di Cagliari. L'edificio in questione contiene una biblioteca, diverse aule di lezione, aule informatiche, studi e qualche laboratorio. Il pilota integra un impianto fotovoltaico da 40 kWp, installato sul tetto piano dell'edificio, una batteria con tecnologia Litio Ferro Fosfato (LiFePo) con una capacità complessiva di 71 kWh e una potenza di 30 kW, un sistema di automazione dell'illuminazione dell'edificio, una stazione meteo, diversi dispositivi di misura della potenza elettrica consumata e generata e un Energy Management System, in grado di comunicare con tutti i dispositivi presenti e consentire la gestione automatica e il monitoraggio da remoto dell'intero sistema [CA.Utiliz.7]. L'obiettivo generale del progetto è di investigare le potenzialità di raggiungimento di alti livelli di auto-consumo e auto-sufficienza in edifici pubblici esistenti in differenti regioni climatiche (Italia, Grecia, Cipro, Israele) con differenti caratteristiche di consumo, sfruttando la gestione del carico e dell'accumulo integrata con la produzione da fotovoltaico [CA.Utiliz.8].

### Microreti e comunità energetiche portuali

Nell'ambito del progetto "POSEIDON" sono state definite le strategie di controllo ottimo di una microrete in ambito portuale per la gestione delle risorse attualmente presenti (impianti di produzione da FER, carichi tradizionali) e risorse future (veicoli elettrici, imbarcazioni a propulsione elettrica). È stata valutata la possibilità della microrete di erogare servizi secondo logiche Boat-to-Grid (B2G), determinando ulteriori benefici economici per il proprietario dell'imbarcazione e per il gestore della microrete. A tal fine, il sistema MAS è stato adattato per la gestione della ricarica/scarica di batterie (associate a EV e barche) [CA.Utiliz.9]. Lo studio [CA.Utiliz.10] si concentra sull'elettrificazione di un porto turistico ed approfondisce la fattibilità tecnico-economica dell'introduzione di strutture di ricarica B2G in prossimità delle banchine del porto. Gli scenari analizzati evidenziano come la realizzazione di una comunità energetica portuale possa apportare un impatto positivo in termini economici ed ambientali per tutti i membri della stessa. L'analisi sulla comunità energetica portuale viene ulteriormente approfondita in [CA.Utiliz.11] dove si affronta il corretto dimensionamento degli impianti di produzione elettrica rinnovabile e di accumulo energetico. Lo studio mostra come si possano ottenere sostanziali variazioni nella sostenibilità economica dell'intervento, anche in termini di benefici economico-ambientali apportati agli utenti della comunità energetica portuale, al variare della potenza della produzione rinnovabile e capacità di accumulo installate.

### Nuovi mercati dell'energia elettrica per le reti di distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica

La transizione verso un sistema elettrico con una crescente presenza di sistemi di produzione a fonti rinnovabili non programmabili richiede non solo l'implementazione di moderni sistemi e apparecchiature di controllo, in grado di gestire flussi di potenza bidirezionali secondo il paradigma Smart Grid (SG), ma anche l'adozione di nuovi scenari di mercato, dove le risorse considerate finora incapaci di fornire servizi ancillari, possono partecipare come nuove risorse energetiche distribuite e flessibili che il sistema energetico richiede. In particolare, l'unità di ricerca è attiva nello sviluppo piattaforme cyber fisiche per la simulazione di nuovi mercati locali intelligenti dell'elettricità dove anche i consumatori e i prosumers di piccole dimensioni, situati in area geografica relativamente piccola, possono vendere/acquistare l'energia elettrica o la potenza prodotta localmente per contribuire all'equilibrio del sistema energetico. Il mercato locale dell'elettricità è gestito da un aggregatore commerciale, organizzato come Virtual Power Plant (VPP) [CA.Utiliz.12] o microreti

[CA.Utiliz.13] o Local Energy Communities, che raccoglie le offerte di flessibilità in termini di energia/potenza dal proprio portafoglio di consumatori/prosumatori.

### Comunità energetiche rinnovabili

Le comunità energetiche rinnovabili (CER) rientrano tra le nuove modalità di gestione delle reti di distribuzione, e potrebbero svolgere un importante ruolo, nel fornire energia e servizi agli operatori. Viene stimato che le comunità energetiche possano avere un potenziale di crescita molto ampio in Italia, stimato in circa 7 GW di nuovi impianti nei prossimi anni. Una parte di questo sviluppo sarà grazie anche agli investimenti previsti dal PNRR per questo settore (2,2 mld €), con priorità ai progetti nei Comuni di popolazione inferiore a 5.000 abitanti. I componenti dell'unità di ricerca sono particolarmente attivi in tale ambito fin dal 2019 dove nell'articolo [CA.Utiliz.14] si presenta un lavoro di pianificazione della comunità energetica di Berchidda (SS). Il progetto [CA.Utiliz.15] prevede l'aumento dell'efficienza energetica mediante la promozione di produzione di energia rinnovabile e la massimizzazione dell'autoconsumo dell'energia prodotta e il coinvolgimento attivo dei consumatori che saranno dotati di sistemi di automazione domestica intelligente per le applicazioni di demand response. Dalla pianificazione all'implementazione pratica in [CA.Utiliz.16] vengono descritte le principali caratteristiche tecniche ed economiche della prima comunità energetica italiana di Magliano Alpi (CN), e si illustrano le tecnologie utilizzate per la misurazione dell'energia elettrica e la gestione degli scambi energetici, nonché i benefici economici per i partecipanti alla comunità energetica secondo la normativa sperimentale italiana. Nel lavoro [CA.Utiliz.17] a seguito all'approfondimento del contesto regolamentare italiano riguardante le CER, viene elaborato un modello per la loro governance con l'obiettivo di permettere ai membri una partecipazione attiva ed il loro empowerment. Il modello così elaborato permette di coinvolgere e responsabilizzare gli utenti finali nella realizzazione di progetti locali sostenibili. [CA.Utiliz.18] approfondisce una possibile metodologia di redistribuzione dei proventi generati dalle attività caratteristiche di una comunità energetica rinnovabile tra i suoi membri. Tale obiettivo è stato perseguito secondo una logica meritocratica ed i risultati ottenuti sperimentalmente dimostrano come tale metodologia possa contribuire al principio di equa ripartizione dei benefici. Lo studio [CA.Utiliz.19] propone delle metriche per la valutazione delle performance di una comunità energetica e dei singoli membri approfondendo l'abilità nella generazione del valore. I diversi indicatori proposti, anche grazie ad una lettura congiunta, sono in grado di fornire informazioni per l'adozione di comportamenti proattivi.

### Ottimizzazione di sistemi multienergetici e positive energy districts

Per raggiungere gli obiettivi europei in materia di energia e clima anche lo sviluppo urbano deve passare da semplici soluzioni edilizie a distretti e quartieri "a energia positiva" e a concetti innovativi simili (e.g. net zero energy buildings - NZEB). L'unità di ricerca ha in particolare sviluppato tecniche di ottimizzazione in tale contesto. Il dimensionamento ottimale di una microgrid per gli NZEB può essere formulato come un problema multi-obiettivo in cui esiste un obiettivo economico volto a massimizzare i profitti della microgenerazione, un altro volto esclusivamente a minimizzare l'energia acquistata dal mercato e un obiettivo ambientale volto a minimizzare le emissioni globali di CO<sub>2</sub>. Questi obiettivi possono entrare in conflitto e creare la necessità di un'ottimizzazione combinata. Nel lavoro [CA.Utiliz.20] pertanto questo problema di ottimizzazione viene analizzato con un framework integrato che affronta simultaneamente l'ottimizzazione multi-obiettivo e la valutazione multi-criterio. Lo sviluppo della riabilitazione di un distretto cittadino con un approccio di ottimizzazione multienergetica è stato affrontato in [CA.Utiliz.21] con l'obiettivo di aumentare la produzione locale di energia termica ed elettrica rinnovabile per ridurre il divario tra produzione e consumo di energia del distretto. L'approccio di ottimizzazione robusta al problema citato è presentato in [CA.Utiliz.22].

### Applicazione della Blockchain nei sistemi elettrici

La tecnologia DLT (distributed ledger technology) consente di registrare in un database distribuito, accessibile in linea di principio a tutti gli utenti del sistema elettrico, i dati su consumo, produzione, accumulo e

condivisione dell'energia elettrica. In tale ambito sono state sviluppate diverse attività relative all'applicazione dei registri distribuiti alle microreti e alle comunità energetiche. Il lavoro [CA.Utiliz.23] propone di presentare un nuovo algoritmo genetico decentralizzato (DGA) in grado di eseguire, in una prospettiva globale, l'ottimizzazione del funzionamento della rete di distribuzione, dimostrando resilienza a malfunzionamenti e attacchi informatici ai dispositivi distribuiti dell'Internet of Things (IoT) implementando un master ledger immutabile, certificato e decentralizzato basato su blockchain, che funge da master decentralizzato di coordinamento tra tutti i dispositivi di calcolo distribuiti. In [CA.Utiliz.24] la procedura DGA, in grado di eseguire un ampio spettro di ottimizzazioni del sistema elettrico in modo completamente decentralizzato viene testata considerando un modello di mercato locale dell'energia e una programmazione automatizzata delle risorse distribuite in una comunità energetica locale. L'algoritmo garantisce la risoluzione del problema di ottimizzazione in tempi quasi real time. Pertanto, i test vengono eseguiti attraverso una configurazione sperimentale HIL in congiunzione con una rete di test Blockchain. L'articolo [CA.Utiliz.25] presenta l'applicazione della blockchain come registro di dati aperti sull'energia, progettato per salvare e tracciare i dati relativi all'impronta energetica degli edifici pubblici e delle comunità energetiche pubbliche. L'applicazione delle tecnologie DLT al sistema elettrico e ai mercati energetici viene ulteriormente approfondita in [CA.Utiliz.26], [CA.Utiliz.27], [CA.Utiliz.28] e [CA.Utiliz.29]. In questi ultimi, la tecnologia dei distributed ledger viene nuovamente applicata alle comunità energetiche sfruttando meccanismi di ottimizzazione decentralizzati che sfruttano nel miglior modo possibile le caratteristiche della blockchain. Tuttavia, al fine di risolvere i problemi di privacy della innovativa tecnologia, vengono adottate nuove tecniche crittografiche in collaborazione con gli algoritmi di ottimizzazione.

Collaborazioni con altre unità

Politecnico di Bari per le attività di ricerca sulle microreti e comunità energetiche.

Politecnico di Torino per le attività su comunità energetiche

#### Bibliografia

- [CA.Utiliz.1]. Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Troncia, M.; Data Analytics for Profiling Low-Voltage Customers with Smart Meter Readings. Appl. Sci. 2021, 11, 500. <https://doi.org/10.3390/app11020500>
- [CA.Utiliz.2]. Pisano, G.; Pilo, F.; Troncia, M.; "Models for characterizing the final electricity demand", in Proc. of CIRED 2020 Berlin Workshop, 22-23 Sep 2020
- [CA.Utiliz.3]. Pisano, G.; Pilo, F., Ruggeri, S., Troncia, M.; "LV Customers Modeling Impact on Microgrid Optimal Management", in Proc. of IESES 2020, IEEE 2nd International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems, Cagliari (Italy), 1-3 Sep 2020
- [CA.Utiliz.4]. Pisano, G.; Pilo, F.; Troncia, M.; "Models for characterizing the final electricity demand", in Proc. of CIRED 2020 Berlin Workshop, 22-23 Sep 2020
- [CA.Utiliz.5]. Pisano, G.; Pilo, F., Ruggeri, S., Troncia, M.; "LV Customers Modeling Impact on Microgrid Optimal Management", in Proc. of IESES 2020, IEEE 2nd International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems, Cagliari (Italy), 1-3 Sep 2020
- [CA.Utiliz.6]. Galici, M.; Ghiani, E.; Pilo, F.; Pisano, G.; Dynamic Programming for Optimal Energy Management in Nanogrids, 2021 IEEE 6th International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI), 6-9 Sep 2021, pp. 103-108, doi: 10.1109/RTSI50628.2021.9597374Riferimento
- [CA.Utiliz.7]. Arsalis A., Bouhouras A, Celli G., Christoforidis G., Georghiou G. E., et al., "Development of Hybrid Photovoltaic-based Nanogrids for the Energy Rehabilitation of Public Buildings: the BERLIN project", accepted for the 8<sup>th</sup> IEEE International Smart Cities conference (ISC2 2022), Paphos (Cyprus), 26-29 Sep 2022.
- [CA.Utiliz.8]. Bouhouras A., Celli G., Christoforidis G., Georghiou G. E., et al., "Impact of Demand Side Management on the Self- Sufficiency and Self-Consumption of Buildings with Photovoltaic and Storage Systems", in Proc. of 9<sup>th</sup> International Conference on Modern Power Systems (MPS), Cluj-Napoca (Romania), 16-17 June 2021.



- [CA.Utiliz.9]. S. Mocci, F. Pilo, S. Ruggeri and G. Giuseppe Soma, "Smart mobility integration in port microgrids with a Multi-Agent control system - POSEIDON," 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1-6.
- [CA.Utiliz.10]. R. Trevisan, E. Ghiani, S. Ruggeri, S. Mocci, E. De Tuglie, F. Pilo, Techno-Economic Analysis of Port Renewable Energy Communities. 2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON). 14-16 June 2022, Palermo, Italy.
- [CA.Utiliz.11]. R. Trevisan, E. Ghiani, S. Ruggeri, S. Mocci, G. Pisano, F. Pilo Optimal sizing of PV and Storage for a Port Renewable Energy Community, Proc. of. SyNERGY MED 2022, the 2nd International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area, 17-19 Oct 2022, Thessaloniki, Greece.
- [CA.Utiliz.12]. M. Galici, E. Ghiani, M. Troncia, G. Pisano, F. Pilo. A cyber-physical platform for simulating energy transactions in local energy markets. 13th IEEE PES PowerTech Conference. 23-27 June 2019, Milan, Italy.
- [CA.Utiliz.13]. M. Galici, E. Ghiani, F. Pilo, S. Ruggeri, M. Troncia. Blockchain Local Markets for the Distributed Control of Microgrids. 25th International Conference on Electricity Distribution - CIRED 2019. 3-6 June 2019, Madrid, Spain.
- [CA.Utiliz.14]. A. Giordano, E. Ghiani, F. Pilo. L. Rosetti. Optimal planning of renewable generation for Local Energy Communities: the case of Berchidda Municipality (Italy). Sustainable Places 2019. 5-7 June 2019, Cagliari, Italy
- [CA.Utiliz.15]. Ghiani, E., Giordano, A., Nieddu, A., Rosetti, L., Pilo, F. Planning of a smart local energy community: The case of berchidda municipality (Italy) (2019) Energies, 12 (24), art. no. 4629.
- [CA.Utiliz.16]. S. Olivero, E. Ghiani and G. L. Rosetti, The first Italian Renewable Energy Community of Magliano Alpi, 2021 IEEE 15th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG), 2021, pp. 1-6. Florence, July 2021, Italy.
- [CA.Utiliz.17]. R. Trevisan, E. Ghiani, F. Pilo, A Governance Framework For Local Energy Communities. Proc. of SSPCR 2022, 4th International Conference on Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions, 19-22 July 2022, Bolzano/Bozen (Italy).
- [CA.Utiliz.18]. R. Trevisan, E. Ghiani, F. Pilo, Economic Benefits Redistribution Methodology for Renewable Energy Communities. Proc. of. MEDPOWER2022, the 13th Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion, 7 – 9 November 2022, Malta.
- [CA.Utiliz.19]. R. Trevisan, E. Ghiani, F. Pilo. Performance metrics for renewable energy communities, Proc. of. AEIT2022 International Annual Conference, 3-5 october 2022. Rome, Italy.
- [CA.Utiliz.20]. S. Galisai, E. Ghiani, F. Pilo, Multi-Objective and Multi-Criteria Optimization of Microgrids for Nearly Zero-Energy Buildings. (2019) SEST 2019 - 2nd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, art. no. 8849103.
- [CA.Utiliz.21]. A. Carrus, M. Galici, E. Ghiani, L. Mundula, F. Pilo, Multi-Energy Planning of Urban District Retrofitting, 4th International conference on Smart Energy System and technologies (SEST), 6-8 September 2021, Vaasa, Finland.
- [CA.Utiliz.22]. M. Galici, G. Celli, E. Ghiani, S. Ruggeri, G. Pisano, F. Pilo, Multi-Energy Smart City Urban District Planning with Robust Optimisation. Proc. of 57th International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2022, 30th August- 2nd September 2022, Istanbul, Turkey.
- [CA.Utiliz.23]. M. Mureddu, E. Ghiani, F. Pilo. Smart Grid Optimization with Blockchain Based Decentralized Genetic Algorithm. IEEE Power & Energy Society General Meeting. August 3-6 – 2020.
- [CA.Utiliz.24]. Ghiani, E., Galici, M., Mureddu, M., Pilo. A Decentralized Market Solver for Local Energy Communities. 55th International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2020. 1-4 September 2020. Turin. Italy
- [CA.Utiliz.25]. M. Galici, M. Mureddu, E. Ghiani, G. Celli, F. Pilo, P. Porcu, B. Canetto, Energy Blockchain for Public Energy Communities. *Appl. Sci.* 2021, *11*, 3457.
- [CA.Utiliz.26]. M. Galici, M. Mureddu, E. Ghiani, F. Pilo, Agent-based approach for Decentralized Genetic Algorithm, In 26th International Conference on Electricity Distribution - CIRED 2021, Geneva, Switzerland, 20-23 September 2021.
- [CA.Utiliz.27]. M. Galici, E. Ghiani, M. Mureddu, F. Pilo, Distributed Ledger Based Management of Local Energy Markets With a Federated Learning Approach. Proc. of 1st Workshop on BLOckchain for Renewables Integration, BLORIN 2022, 2nd- 3rd September 2022, Palermo, Italy.
- [CA.Utiliz.28]. M. Mureddu, M. Marchesi, A. Pinna, R. Tonelli, E. Ghiani, F. Pilo, M. Galici, Data security and protection in blockchain-based energy markets for smart cities , Proc. of CIRED 2022 Shanghai Workshop. 21st - 22nd September, 2022 – Shanghai, China.

[CA.Utiliz.29]. R. Tonelli, M. Marchesi, A. Pinna, M. Mureddu, E. Ghiani, F. Pilo, M. Galici, Blockchain Oriented Software Engineering for DApp Smart Contracts in Smart Energy Markets, Proc. of CIRED 2022 Shanghai Workshop. 21st - 22nd September, 2022 – Shanghai, China.

## **TECNOLOGIE**

### Regolatori di tensione per reti di distribuzione

Il lavoro [CA.Tecnol.1] presenta l'applicazione di un regolatore di tensione intelligente per la regolazione della tensione nelle reti a bassa tensione. I vantaggi tecnici ed economici rispetto al regolatore tradizionale sono evidenziati per produttori e DSO mediante la simulazione dell'applicazione del dispositivo in reti di distribuzione con alta penetrazione di impianti a fonti rinnovabili di tipo fotovoltaico. Il lavoro è stato premiato con il Best Paper Award a ICHQP 2022.

### Modellizzazione componenti per microreti

[CA.Tecnol.2] riguarda lo studio di un emulatore di turbine eoliche HIL installato presso la microgrid del PrInCE Lab del Politecnico di Bari. L'emulatore è costituito da un convertitore AC/AC a quattro quadranti da 60 kVA che si comporta come una sorgente di corrente controllata per la microgrid e consente l'emulazione di diversi tipi di turbine eoliche ad asse orizzontale e verticale. In [CA.Tecnol.3] l'obiettivo è sviluppare un modello dinamico equivalente in grado di catturare il comportamento transitorio di un elettrolizzatore con l'intento di integrarlo nella microgrid del Prince Lab del Politecnico di Bari. A tal fine, i modelli dinamici disponibili per gli elettrolizzatori sono stati dotati di un controllore in grado di integrare tali componenti in una microgrid.

### Collaborazioni con altre unità

Politecnico di Bari, attività di ricerca su microreti e comunità energetiche.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

### Bibliografia

- [CA.Tecnol.1]. E. Ghiani, R. Di Gregorio. Intelligent Low Voltage Regulator for Solving PV Overvoltages Problems in Power Distribution Systems. 2022 20th International IEEE Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP). 30 May-1 June 2022, Naples, Italy
- [CA.Tecnol.2]. Cagnano, A., De Tuglie, E., Zanin, V., Ghiani, E., Bignucolo, F., Cervi, A. Wind Turbine Emulator for experimental microgrids. (2020) Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020, art. no. 9160524.
- [CA.Tecnol.3]. E. De Tuglie, A. Cassano, N. Conenna, G. Vizziello, E. Ghiani and K. Palanisamy, Identification of a low order dynamic model of electrolysers for microgrids, 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (IEEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-5, 28 June 2022 - 01 July 2022, Prague, Czech Republic.

## **TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA**

### Impatto della mobilità elettrica sul sistema di distribuzione

L'attività di ricerca ha riguardato l'impatto sull'esercizio della rete della diffusione di stazioni di ricarica domestica, di stazioni di ricarica veloce [CA.Trasporti.1] e della partecipazione al mercato dei servizi di



dispacciamento di una flotta di veicoli elettrici (EV) di proprietà di una società di carsharing [CA.Trasporti.2]. In [CA.Trasporti.3] si è analizzati il contributo della mobilità alla resilienza del sistema.

#### Collaborazioni con altre unità

Politecnico di Milano – Fornitura di servizi ancillari di sistema e locali ottenuti dalla gestione ottimizzata della ricarica elettrica, Progetto PRIN 2017.

Università di Catania, Ottimizzazione della gestione delle stazioni di ricarica, collaborazione di ricerca.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

[CA.Trasporti.1]. Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G.; Conti, S.; LV Network Flexibility for Reducing the Network Impact of Fast-Charging Stations, CIRED workshop on E-mobility and power distribution systems, paper 1418, Porto, 2-3 June 2022

[CA.Trasporti.2]. Pilo, F.; Pisano, G.; Ruggeri, S.; Soma, G.G., Falabretti, D.; Grillo S.; Gulotta, F., Impact of e-mobility participation in the ancillary service market on the operation of high-density urban low voltage distribution networks, 2021 AEIT AUTOMOTIVE, Virtual Conf., 17-19 Nov 2021

[CA.Trasporti.3]. G. Celli, M. Galici, F. Pilo, “A robust exploitation of flexibility from aggregation of EVs”, CIRED workshop on E-mobility and power distribution systems, paper 1458, Porto, 2-3 June 2022.

## PROGETTI

Nome progetto: OSMOSE-Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for European electricity”

*Responsabile scientifico:* Fabrizio Pilo

Ente finanziatore: Unione Europea

*Breve Descrizione:* Finanziato dall’Unione Europea nell’ambito del Horizon 2020 framework (Programme: H2020-EU.3.3.4.—A single, smart European electricity grid; Topic: LCE-04-2017—Demonstration of system integration with smart transmission grid and storage technologies with increasing share of renewables; Grant agreement ID: 773406) (33 partner tra cui 6 TSO Europei e 11 enti di ricerca e Università, 9 Paesi rappresentati) durata del progetto 48 mesi, fino a marzo 2022.

*Sedi Partner:* Università di Padova, Università di Napoli Federico II, Università di Pisa, Università del Sannio, Politecnico di Bari, Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, UniCampania

*Altre informazioni:* Giuditta Pisano è stata responsabile degli obiettivi di ricerca Task 2.4.1: “Downscaling method to account for different time and spatial scales” e del Task 5.6.2: “Ex-post scalability and interoperability analysis”.

*Nome progetto:* “Sviluppo di un motore di calcolo elettrico multiconduttore in linguaggio Python ed integrabile in Pandapower, per la simulazione a regime di reti di alta, media e bassa tensione generalmente dissimmetriche e squilibrate”

*Responsabile Scientifico:* Giuditta Pisano

*Ente finanziatore:* e-distribuzione e Università di Padova

*Breve Descrizione:* Realizzazione di software di calcolo elettrico multiconduttore integrabile in Panda Power

*Altre informazioni:* Università degli Studi di Padova. Giuditta Pisano è responsabile scientifico del progetto.

Nome Progetto: "BioVino - Wireless and energetically autonomous biosensor for precision agriculture in winemaking"

*Responsabile Scientifico:* Giuditta Pisano (Unità Sistemi Elettrici per l'Energia)

*Ente Finanziatore:* Fondazione di Sardegna (annualità 2020).

Nome Progetto: Sperimentazione sull'impiego dei servizi ancillari forniti da risorse di energia distribuite per l'esercizio della rete di distribuzione ai sensi della Deliberazione ARERA 352/2020

*Responsabile scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente Finanziatore:* EnSiEL (contratti EnSiEl e-distribuzione).

*Breve descrizione:* Il progetto tratta dello studio, della realizzazione e dell'analisi ex-post dei siti sperimentali nei quali e-distribuzione, ai sensi della Deliberazione 352/2020, intende sperimentare mercati locali per l'approvvigionamento di servizi locali di flessibilità

*Sedi Partner :* Università di Cassino, Università di Padova, Università di Pisa, Politecnico di Bari, Politecnico di Milano

*Nome progetto:* Studi di pianificazione di rete in presenza di servizi di flessibilità

*Responsabile Scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente Finanziatore:* E-distribuzione

*Breve Descrizione:* Il progetto ha consentito lo sviluppo di nuovi strumenti di pianificazione per l'inclusione della flessibilità offerta da domanda, accumulo energetico, veicoli elettrici e generazione distribuite nelle analisi di sviluppo rete mediante l'impiego di tecniche probabilistiche e la modellizzazione della gestione di rete nella pianificazione di sistema

*Nome Progetto:* "perQ - Sviluppo di tool di simulazione di reti di bassa tensione dissimmetriche attive per calcolo di flussi di potenza attiva e reattiva, perdite e profili di tensione in reali condizioni operative e valutazione di possibili criteri di gestione innovativi."

*Responsabile scientifici:* Fabrizio Pilo, Giuditta Pisano

*Ente finanziatore:* e-distribuzione.

*Breve descrizione:* Superamento e adattamento del modello semiprobabilistico per la composizione dei carichi alla sbarra BT delle cabine secondarie al fine di considerare il profilo di consumo e generazione attuale dei clienti BT. Sviluppo di un nuovo modello di dimensionamento dei trasformatori MT/BT in relazione ai carichi sottesi attraverso la modellazione termica dei trasformatori in funzione delle effettive condizioni di funzionamento.

*Sedi Partner:* Università degli Studi di Padova.

*Nome progetto:* Scenari e prospettive per l'ammodernamento del Parco Eolico di Ulassai finalizzato alla partecipazione al MSD secondo Del. 300/2017 ARERA

*Responsabile Scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente Finanziatore:* SARAS

*Breve Descrizione:* Il progetto ambisce a predire con tecniche di intelligenza artificiale quantità e volumi dei servizi ancillari di sistema che il parco eolico di Ulassai (Sardegna) può offrire al TSO. Lo studio si basa su modelli di rete probabilistici e applicazioni di Monte Carlo sequenziale per la stima del valore atteso dei servizi richiesti; lo studio si completa con l'applicazione di tecniche di intelligenza artificiale per la predizione sulla

base dei dati storici dei servizi di flessibilità al nodo. I risultati degli studi sono stati usati per ottimizzare il dimensionamento dei nuovi apparati di ammodernamento del parco eolico (batteria e/o sistemi di regolazione della potenza reattiva).

Nome Progetto: BIRDIES- Build the Innovative Renewable and Digitally Inclusive “Electrified Sardinia

*Responsabile scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente finanziatore:* Enel Foundation.

*Breve Descrizione:* Le caratteristiche geografiche, economiche e sociali della Sardegna rendono l’isola il territorio ideale per identificare e valutare i benefici che l’elettrificazione dei consumi finali potrebbe apportare. Nell’ambito del progetto BIRDIE-S è stata svolta un’analisi del contesto regionale dal punto di vista sociale, economico ed energetico. Successivamente, in base alle indicazioni nazionali, tramite studi a livello nazionale e internazionale, per ogni settore (residenziale, industriale, terziario e trasporti) è stato identificato uno scenario di sviluppo. Infine, tramite la definizione di KPI, è stata valutata l’efficacia delle azioni individuate in ambito energetico (uso delle rinnovabili, riduzione dei consumi), economico (intensità energetica), ambientale (variazione delle emissioni) e sociali (riduzione della spesa sanitaria, creazione di posti di lavoro).

*Sedi partner:* Attività svolta con Politecnico di Torino (Ettore Bompard)

Nome Progetto: PRIN Bando 2017, “Planning and flexible operation of micro-grids with generation, storage and demand control as a support to sustainable and efficient electrical power systems: regulatory aspects, modelling and experimental validation”

*Responsabile Scientifico:* Fabrizio Pilo (Responsabile Unità Locale)

*Ente finanziatore:* Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) - grant 2017K4JZEE.

*Sedi partner:* Università di Bologna, Università di Padova, Università di Genova, Politecnico di Bari, Politecnico di Milano

Nome Progetto: BERLIN - Cost-effective rehabilitation of public buildings into smart and resilient nano-grids using storage

*Responsabile Scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente finanziatore:* Unione Europea, nell’ambito del ENI CBC MED Programme 2014-2020, thematic objective B.4 “Environmental protection, climate change adaptation and mitigation”, priority B.4.3 “Energy efficiency and renewable energy” - grant A\_B.4.3\_0034.

*Breve descrizione:* Il progetto intende implementare progetti pilota per supportare il “restauro” innovativo ed energeticamente efficiente di edifici pubblici basato sul concetto di nanogrid. I progetti pilota, sviluppati nelle quattro nazioni coinvolte, si basano sull’integrazione di impianti fotovoltaici, batterie e gestione intelligente del carico per ottenere edifici più verdi, smart, sostenibili e resilienti.

*Altre informazioni:* University of Cagliari, Deloitte (CY), University of Cyprus (CY), University of Western Macedonia (GR), Ben Gurion University (Israel), The municipality of Eilat (Israel), Hevel Eilat Regional Council (Israel).

*Nome Progetto:* ERASMUS+ - KA2, 2018-1-IT02-KA203-048289 – Developing advanced master’s education based on Smart Grid technology,

*Responsabile scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente finanziatore:* Unione Europea

*Breve descrizione:* Il progetto ERASMUS+ "MOST" (Master educatiOn on Smartgrid Technologies) è orientato all'alta formazione nel settore delle reti intelligenti per l'energia. Il Master si basa sull'uso a fini didattici di piattaforme virtuali sviluppate dai partner e sull'impiego di tre Living Lab realizzate presso le sedi dei partner. I partner del progetto sono: UniCA (leader), University of Cyprus (CY), Deloitte (CY), WIP Munich (DE), Hochschule ULM (DE), University of Western Macedonia (GR), ENSMP Mine Tech Paris (FR).

*Altre informazioni:* Le Università di Genova e di Padova hanno contribuito alla realizzazione

Nome Progetto: AGREE- smArt microGRid usEr aggregation

*Responsabile scientifico:* Gianni Celli

*Ente finanziatore:* Finanziato nell'ambito del POR FESR Sardegna 2014-2020, Asse 1, Azione 1.1.3 Strategia 2, "Creare opportunità di lavoro favorendo la competitività delle imprese", Programma di intervento 3 "Competitività delle imprese".

*Breve descrizione:* Il progetto ha realizzato una piattaforma per offrire un servizio di aggregazione per piccoli produttori/consumatori con lo scopo di ottimizzare lo scambio di energia in funzione della predizione dell'offerta e della domanda su differenti scale temporali.

*Nome progetto:* EU H2020 INTERREG-MED 2014-2020 STORES - ID: 695/1MED15\_2.2\_M2\_184 (Promotion of higher penetration of distributed PV through storage for all)

*Responsabile scientifico:* Susanna Mocchi

*Ente finanziatore:* Unione Europea

*Breve descrizione:* Il progetto INTERREG MED "StoRES" (Promotion of higher penetration of distributed PV through storage for all), prevede lo sviluppo di una politica ottimale per l'integrazione del fotovoltaico e dei sistemi di accumulo di energia attraverso la sperimentazione di soluzioni intelligenti in cinque isole e zone rurali dell'area Mediterranea.

*Altre informazioni:* Partner: University of Cyprus (CY) Lead Partner, Aristotle University of Thessaloniki (GR), AREAL (PT), SARGA (SP), Municipality of Slovenska Bistrica (SL), Regional energy and environment agency in Rhône-Alpes (FR), Ministry of Energy, Commerce, Industry and Tourism (CY), Electricity Authority of Cyprus/Distribution System Operator (CY), Municipality of Ussaramanna (IT). Associated Partner: UniCA e Regione Autonoma della Sardegna.

*Nome progetto:* "Smartpolygen Sviluppo di Microreti Polienergetiche Intelligenti" POR Sardegna FESR 2014-2020.

*Responsabile scientifico:* Emilio Ghiani

*Ente finanziatore:* Regione Autonoma della Sardegna

*Breve descrizione:* Il progetto è finalizzato alla realizzazione di una microrete polienergetica intelligente (smart microgrid) per la gestione, controllo e monitoraggio dei flussi di energia consumata/prodotta in un'impresa manifatturiera. In particolare, il progetto di smart microgrid è finalizzato all'ottimizzazione dello sfruttamento delle energie rinnovabili e all'efficienza energetica.

*Nome progetto:* “Virtualenergy-Sviluppo di sistemi per l'aggregazione, il coordinamento e l'ottimizzazione di un Virtual Power Plant” POR Sardegna FESR 2014-2020.

*Responsabile scientifico:* Emilio Ghiani (attività Sistemi Elettrici per l'Energia)

*Ente finanziatore:* Regione Autonoma della Sardegna

*Breve descrizione:* Il progetto è finalizzato allo sviluppo di tecnologie per la gestione di Virtual Power Plant ovvero l'aggregazione e il coordinamento del consumo e della produzione di energia elettrica su larga scala costituito da risorse energetiche distribuite mediante sistemi IoT e Cloud.

*Nome progetto:* “SEC-Smart Energy Communities” POR Sardegna FESR 2014-2020.

*Responsabile scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente finanziatore:* Regione Sardegna

*Breve descrizione:* Il progetto realizza una microrete elettrica intelligente che sviluppa un mercato elettrico P2P sperimentale basato su una tecnologia mutuata dalle blockchain. Il sito pilota usa i dati prelevati da contatori elettronici bidirezionali di seconda generazione installati da un distributore locale (Comune di Berchidda) che intende sperimentare la realizzazione di una comunità energetica indipendente.

*Nome progetto:* “POSEIDON- Microreti intelligenti in aree portuali: gestione efficiente dell'energia mediante l'integrazione di fonti rinnovabili e mobilità elettrica sostenibile”

*Responsabile scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente finanziatore:* Regione Sardegna POR Sardegna FESR 2014-2020

*Breve descrizione:* Il progetto si inserisce nel contesto di controllo ottimo delle smart grid e mira a definire le strategie per la gestione ottimale di microreti in ambito portuale, attraverso il coordinamento di sistemi di produzione FER, di veicoli elettrici con stazioni di ricarica, e di imbarcazioni dotate di sistemi di accumulo ibridi innovativi.

*Altre informazioni:* I partner del progetto sono RESPECT S.r.l. (Capofila), NEPSY S.r.l. e DIEE-UniCA - Cagliari (IT)

*Nome progetto:* Estensione dell'approccio di analisi costi-benefici multicriteri MCA-CBA alla valutazione di progetti che prevedano servizi di flessibilità o “sector coupling”

*Responsabile scientifico:* Fabrizio Pilo, Simona Ruggeri

*Ente finanziatore:* Ricerca sul Sistema Energetico – RSE

*Breve descrizione:* Il progetto è incentrato sul perfezionamento della metodologia MCA-CBA sviluppata nel triennio precedente anche nell'ambito di ISGAN – Annex 3. Relativamente alla CBA è stata sviluppata una metodologia per la stima del prezzo unitario della flessibilità tale da determinare le condizioni di sostenibilità

economica per l'uso della flessibilità rispetto alle tradizionali misure di rinforzo della rete. Dal punto di vista della MCA, il modello è stato ampliato al fine di tener conto anche dell'interazione di diversi vettori (sector coupling) per aumentare la flessibilità della rete. Tale metodologia è stata applicata al Sulcis Iglesiente.

*Altre informazioni:* L'attività è in partenariato con ISGAN ANNEX 3 e Università di Comillas.

*Nome progetto:* Sector coupling and flexibility services in the smart grid initiative appraisal

*Responsabile scientifico:* Fabrizio Pilo

*Ente finanziatore:* Ricerca sul Sistema Energetico (RSE)

*Breve descrizione:* Il progetto è stato incentrato sulla formalizzazione di una metodologia MCA CBA capace di includere tra le alternative per la pianificazione l'uso della flessibilità. Tale flessibilità può provenire anche attraverso il sector coupling. Al fine di valutare il contributo del sector coupling le aree di interesse per la valutazione degli impatti sono state ampliate (area energetico-strategica, ambientale, economica, e sociale) e per ciascuna area sono stati identificati nuovi criteri di valutazione utili alla stima dell'impatto generato da ciascuna alternativa di pianificazione.

*Altre informazioni:* Lo studio è in collaborazione con Università di Comillas (Madrid) e ha permesso lo svolgimento di un periodo studio estero del RTDA Simona Ruggeri e dei dottorandi Matteo Troncia e Marco Galici.

*Nome progetto:* Applicazioni avanzate Storage per il Sistema di Trasmissione

*Responsabile scientifico:* Gianni Celli (per l'Unità di Cagliari)

*Ente finanziatore:* TERNA

*Breve descrizione:* Il progetto è finalizzato allo studio delle possibilità di ampliamento delle potenzialità degli impianti di accumulo approfondendo le strategie di utilizzo e le modalità di funzionamento, partendo dall'esperienza acquisita con gli impianti installati sulla rete di trasmissione nazionale. Le tre principali attività hanno riguardato: le strategie di dimensionamento e utilizzo dello storage per la regolazione primaria e/o secondaria di frequenza, lo sviluppo di uno strumento di simulazione in ambiente Matlab/Simulink che integri modelli di accumulo adeguati a studi di rete con differenti scale temporali (dallo studio a regime allo short-term dynamics), e la modellizzazione di sistemi di accumulo a batteria di tipo Li-Ion e supercapacitori.

*Altre informazioni:* Il contratto del progetto è stato stipulato tra TERNA e ENSIEL, che ha poi coinvolto le due Unità di Palermo (capofila) e di Cagliari.



## UNITÀ DI CASSINO

UNIVERSITÀ DI CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE  
DIPARTIMENTO INGEGNERIA ELETTRICA E DELL'INFORMAZIONE  
VIA G. DI BIASIO 43  
03043 CASSINO (FR)  
TEL. +39 0776 2993638

**Responsabile Scientifico:** Paola Verde

**Sito web:** <http://www.unicas.it/siti/dipartimenti/diei.aspx>

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Giovanni Mercurio	Casolino	Ricercatore
Michele	De Santis	Ricercatore TD-A (Unicusano)
Anna Rita	Di Fazio	Ricercatore TD-B
Mario	Di Manno	Tecnico Laureato
Leonardo	Di Stasio	Dottorando
Paolo	Iovini	Tecnico
Arturo	Losi	Professore Ordinario
Chiara	Risi	Dottorando
Mario	Russo	Professore Ordinario
Pietro	Varilone	Professore Associato
Paola	Verde	Professore Ordinario

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### *Modellazione degli impianti fotovoltaici per l'analisi dei sistemi elettrici in regime di corto circuito*

L'attività di ricerca ha riguardato l'identificazione di modelli analitici degli impianti fotovoltaici per l'analisi delle reti di distribuzione in regime di corto circuito. Nel lavoro [CAS.Produz.1] è stato proposto un modello che generalizza la tradizionale analisi di corto circuito, basata sulla matrice delle impedenze, a reti di distribuzione dissimetriche con impianti fotovoltaici trifase in presenza di guasti trifase, bifase e monofase. Nel lavoro [CAS.Produz.2] il modello in [CAS.Produz.1] è stato esteso per tener conto di impianti fotovoltaici monofase, portando in conto le varie tipologie possibili di controllo in condizioni di guasto.

Collaborazioni con altre unità

Tema: Modellazione degli impianti fotovoltaici per l'analisi dei sistemi elettrici in regime di corto circuito  
- Unità coinvolte: Napoli Federico II, Napoli Parthenope.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

### Bibliografia

- [BA.Produz.7]. G. Carpinelli, A. Bracale, P. Caramia, A.R. Di Fazio, "Three-phase photovoltaic generators modeling in unbalanced short-circuit operating conditions", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 113, Dec. 2019, pp. 941-951, ISSN 0142-0615, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.06.011>.
- [BA.Produz.8]. A. Bracale, P. Caramia, P. De Falco, A. R. Di Fazio, P. Varilone, "Short-circuit modeling of three-phase 4-wire unbalanced networks in presence of single-phase photovoltaic systems" *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 13, Feb. 2022, ISSN 0142-0615, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107604>.

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

Stima delle prestazioni dei sistemi di trasmissione in termini di buchi di tensione dovuti a guasti

L'attività di ricerca [Cas.Trasmis.1], svolta in collaborazione con Terna S.p.A., è finalizzata a stimare il comportamento in regime di cortocircuito delle reti di trasmissione nelle quali sono installati dispositivi di compensazione quali i compensatori sincroni. La robustezza del sistema in tali condizioni ne risente ed è importante avere modelli e indicatori che consentano al gestore di pianificare allocazione e taglia che migliorino anche le prestazioni in cortocircuito.

Impiego di tecnologia FACTS per la riduzione delle oscillazioni di potenza inter-area

Il lavoro [Cas.Trasmis.2] presenta alcune delle attività di un progetto di ricerca sui benefici dei FACTS sullo smorzamento delle oscillazioni di potenza (POD) inter-area. Il progetto ha coinvolto un gruppo di ricercatori del Consorzio Interuniversitario Italiano "Sistemi Energetici e Energetici" (EnSiEL) e Terna SpA, il gestore del sistema di trasmissione italiano. Nel lavoro vengono analizzate le installazioni dei dispositivi STATCOM in una rete di test, quantificando i miglioramenti ottenibili in termini di POD interarea dovuti al verificarsi di diverse contingenze.

Collaborazioni con altre unità

- Tema: Stima delle prestazioni dei sistemi di trasmissione in termini di buchi di tensione dovuti a guasti  
- Unità coinvolte: Napoli Parthenope, Napoli Federico II.
- Tema: Impiego di tecnologia FACTS per la riduzione delle oscillazioni di potenza inter-area  
- Unità coinvolte: Napoli Parthenope, Napoli Federico II.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Tema: Stima delle prestazioni dei sistemi di trasmissione in termini di buchi di tensione dovuti a guasti  
- Enti coinvolti: Terna S.p.A.
- Tema: Impiego di tecnologia FACTS per la riduzione delle oscillazioni di potenza inter-area  
- Enti coinvolti: Terna S.p.A.

Bibliografia

- [Cas.Trasmis.1]. A. Bracale, P. Caramia, P. De Falco, P. Varilone, P. Verde, E. Di Mambro, "Impact of Synchronous Compensators on the Robustness in Short-Circuit Conditions of Transmission Systems with High Share of RES," 20th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Napoli 2022. <https://doi.org/10.1109/ICHQP53011.2022.9808458>
- [Cas.Trasmis.2]. Bracale A., Casolino G. M., De Falco P., Lisciandrello G., "Comparison of Advanced STATCOM Controls for Power Oscillation Damping," 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021. p. 1-6, Milano: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., ISBN: 978-88-87237-50-4, ita, 2021. <https://doi.org/10.23919/AEIT53387.2021.9627036>.

**DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

*Modelli lineari per l'analisi in regime permanente delle reti di distribuzione con risorse energetiche distribuite*

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di un metodo analitico, basato sulle matrici Jacobiane, per l'analisi in regime permanente dei sistemi di distribuzione simmetrici e bilanciati in presenza di risorse energetiche distribuite. Nel lavoro [CAS.Distr.1] il modello è stato esteso per tener conto della presenza di regolatori di tensione, quali i trasformatori con variatore del rapporto di trasformazione sotto carico.

La regolazione delle tensioni nelle reti di distribuzione del futuro

Un primo filone di attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di metodi di ottimizzazione per la regolazione dei profili di tensione dei sistemi di distribuzione con architetture di controllo centralizzate e decentralizzate. Nel lavoro [CAS.Distr.2] è stato proposto un problema di ottimizzazione linearizzato di tipo centralizzato basato sull'utilizzo di aree di controllo per la determinazione dei *set-point* della potenza attiva e reattiva dei controllori locali di generatori distribuiti, sistemi di accumulo e di clienti aderenti a programmi di *demand response*. In [CAS.Distr.3] il problema riformulato e risolto attraverso un controllo di tipo decentralizzato utilizzando l'*alternating direction method of multipliers* e con riferimento alla presenza di sole due aree di controllo e di soli generatori distribuiti. In [CAS.Distr.4] e [CAS.Distr.5], il problema precedente è stato risolto con un nuovo algoritmo basato sull'*auxiliary problem principle* ed esteso al caso di una rete raggruppata in un appropriato numero di aree di controllo e in presenza di controllori locali di sistemi di accumulo elettrochimico. In [CAS.Distr.6] la regolazione della tensione è stata effettuata risolvendo un problema di ottimizzazione centralizzato e un problema di ottimizzazione decentralizzato coordinati su base temporale, allo scopo di considerare sia l'intervento dei tradizionali regolatori di tensione, notoriamente caratterizzati da tempi di risposta più lenti, sia quello di innovativi e veloci sistemi di controllo *inverter-based*, utilizzati da molte risorse energetiche distribuite.

Un secondo filone ha riguardato l'adozione di architetture decentralizzate per la regolazione ad anello chiuso delle tensioni da parte dei generatori distribuiti. Sono stati proposti metodi per la progettazione dei regolatori locali di tensione, in grado di garantire la stabilità e la precisione della regolazione nel nodo di

connessione dei generatori distribuiti. In [CAS.Distr.7] è stato presentato un metodo semplice e diretto per la scelta dei guadagni dei regolatori con caratteristica statica (droop) tensione-reattivo; tale metodo garantisce la stabilità di funzionamento dei regolatori, evitando l'instaurarsi di comportamenti instabili. In [CAS.Distr.8] è stata proposta una metodologia completa di progettazione basata su di un adeguato modello MIMO del sistema elettrico di distribuzione e della generazione distribuita. L'architettura del controllo totalmente decentralizzata permette di regolare la tensione prioritariamente attraverso l'utilizzo prioritariamente della potenza reattiva e secondariamente, in caso di saturazione della potenza reattiva, attraverso un servizio ancillare che agisce sulla potenza reattiva attraverso una caratteristica statica tensione-attivo. La procedura di progetto proposta garantisce la stabilità del funzionamento dei regolatori anche al variare delle condizioni di funzionamento del sistema elettrico di distribuzione, senza richiedere alcuna comunicazione tra i regolatori locali.

I principali aspetti relativi all'adozione di architetture decentralizzate nei due livelli di regolazione trattati dai due filoni suddetti di ricerca (ottimizzazione dei profili di tensione e regolazione locale delle tensioni) sono state analizzate in [CAS.Distr.9], dando particolare risalto alle problematiche ancora aperte.

#### *Nuovi modelli e funzionalità per la gestione e controllo delle reti di distribuzione*

Nei lavori [Cas.Distrib.10-11], il concetto di LA è stato adottato per selezionare i dati necessari per il monitoraggio e il controllo dei sistemi trifase dissimetrici ed è stata proposta una rappresentazione equivalente compatta in grado di rappresentare le relazioni tra i dati considerati. Per una rete studio, sono stati evidenziati i risultati ottenuti in diverse configurazioni, evidenziando l'impatto del modello proposto sull'accuratezza delle rappresentazioni di LA e la rilevante semplificazione della quantità di informazioni richieste per la rappresentazione della rete oltre che della riduzione del carico computazionale. In [Cas. Distrib.12], la modellazione LA per i sistemi trifase dissimetrici è stata estesa per portare in conto anche della presenza di dispositivi controllati in tensione. Nel lavoro [Cas.Distrib.13], lo scopo è di evidenziare alcune caratteristiche dell'analisi spettrale di una matrice delle ammettenze trifase, con somiglianze e differenze rispetto alle rappresentazioni monofase. I risultati ottenuti sono illustrati e discussi per due reti studio.

#### *Progettazione e validazione di un commutatore statico per la regolazione della tensione di utenti BT*

La crescente diffusione della generazione distribuita e il suo impatto sui profili di tensione incoraggia la regolazione di tensione anche in reti a bassa tensione (BT). La qualità delle tensioni dovrebbe essere garantita attraverso dispositivi ad azione rapida, economici, compatti e facili da installare, senza un impatto negativo sull'affidabilità della rete e dei suoi utenti. Con questo obiettivo, in [Cas.Distrib.14] e in [Cas.Distrib.15] un nuovo dispositivo economico e compatto per il supporto del controllo di tensione agli utenti attivi BT è stato proposto e vari test di laboratorio per la convalida della struttura di controllo sono stati presentati. I risultati mostrano l'efficacia della strategia di controllo per garantire un'adeguata qualità della tensione degli utenti BT.

#### *Nuovi metodi di analisi dei sistemi elettrici per la stima della severità dei buchi di tensione e la loro previsione*

L'importanza dei problemi relativi ai disturbi della Qualità del Servizio (Power Quality) sulle reti elettriche sono stati amplificati negli ultimi anni sia dalla maggiore penetrazione della generazione distribuita (GD) sia dall'evoluzione della rete elettrica in sistemi più flessibili ed intelligenti (Smart Grid). Il problema della valutazione dei buchi di tensione, a seguito di un corto circuito o di altri eventi contingenti, è un problema che è stato oggetto di notevole interesse da parte non solo della comunità scientifica, ma anche dagli operatori delle reti (TSO e DSO) e degli enti regolatori (ARERA in Italia). Nell'ambito di questa tematica, l'attività di ricerca, iniziata negli anni precedenti, sono stati affrontati studi relativi a: 1) nuove tecniche di indagine per il "forecasting" dei buchi di tensione; 2) la predisposizione di strumenti utili per la caratterizzazione completa dei buchi di tensione nelle reti di distribuzione, anche in presenza di sistemi interconnessi e unità di generazione distribuita. [Cas.Distrib.16-Cas.Distrib.23].

#### *Strategie di pianificazione ed esercizio di Smart Grids e Micro Grid*

L'evoluzione delle reti di distribuzione verso le cosiddette "reti intelligenti", la liberalizzazione dei mercati dell'energia elettrica, l'incertezza della produzione da fonte rinnovabile e delle potenze assorbite dai carichi

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

determinano un crescente interesse verso metodologie che consentano di pianificare e gestire in modo ottimale il funzionamento delle Smart/Micro Grids. In tale ambito, le principali attività di ricerca, hanno riguardato il problema della pianificazione dei sistemi di accumulo in una rete di distribuzione o in una Micro Grids portando in conto anche il costo dei buchi di tensione [24, 25].

*Nuovi metodi ed indici per la valutazione dei livelli di inquinamento armonico nelle reti di distribuzione in presenza di forme d'onda caratterizzate da un ampio spettro*

La diffusione degli impianti di generazione distribuita, degli azionamenti delle macchine elettriche e di particolari utenze tipiche della bassa tensione sta determinando un aumento delle distorsioni delle forme d'onda di tensione e corrente nelle reti di distribuzione, e in particolar modo un aumento del contenuto spettrale ad elevate frequenze (suprarmoniche). L'attività di ricerca dell'unità nel biennio ha riguardato principalmente lo sviluppo di tecniche e metodi di analisi spettrale per l'individuazione del contenuto armonico, in particolare, nel campo delle suprarmoniche, delle forme d'onda di tensione e corrente [Cas.Distrib.26- Cas.Distrib.30].

#### Collaborazioni con altre unità

Tema: La regolazione della tensione nelle reti di distribuzione del futuro - Unità coinvolte: Cagliari

Tema: Nuovi metodi di analisi dei sistemi elettrici per la stima della severità dei buchi di tensione e la loro previsione - Unità coinvolte: Napoli Parthenope, Napoli Federico II, Bologna, Torino

Tema: Strategie di pianificazione ed esercizio di Smart Grids e Micro Grid - Unità coinvolte: Napoli Federico II, Bologna

Tema: Nuovi metodi ed indici per la valutazione dei livelli di inquinamento armonico nelle reti di distribuzione in presenza di forme d'onda caratterizzate da un ampio spettro - Unità coinvolte: Napoli Parthenope.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Tema: Nuovi metodi ed indici per la valutazione dei livelli di inquinamento armonico nelle reti di distribuzione in presenza di forme d'onda caratterizzate da un ampio spettro – Università coinvolte: Wroclaw University of Science and Technology.

#### Bibliografia

- [BA.Distrib.11] A. R. Di Fazio, S. Perna, M. Russo and M. De Santis, "Linear Method for Radial Distribution Systems including Voltage Control Devices," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854552>
- [BA.Distrib.12] A. R. Di Fazio, M. Russo, G. Pisano and M. D. Santis, "A centralized voltage optimization function exploiting DERs for distribution systems," 2019 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), 2019, pp. 100-109, <https://doi.org/10.1109/ICCEP.2019.8890206>
- [BA.Distrib.13] A. R. Di Fazio, C. Risi, M. Russo and M. De Santis, "Zone-Based Voltage Optimization in Distribution Grids with DGs," 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2020, pp. 1-7, <https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160755>
- [BA.Distrib.14] A. R. Di Fazio, C. Risi, M. Russo and M. De Santis, "Distributed Voltage Optimization based on the Auxiliary Problem Principle in Active Distribution Systems," 2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2020, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/UPEC49904.2020.9209840>
- [BA.Distrib.15] A. R. Di Fazio; C. Risi, C.; M. Russo; M. De Santis, "Decentralized Voltage Optimization Based on the Auxiliary Problem Principle in Distribution Networks with DERs. Appl. Sci. 2021, 11, 4509. <https://doi.org/10.3390/app11104509>

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [BA.Distrib.16] A. R. D. Fazio, C. Risi, M. Russo and M. D. Santis, "Coordinated Optimization for Zone-Based Voltage Control in Distribution Grids," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 58, no. 1, pp. 173-184, Jan.-Feb. 2022, <https://doi.org/10.1109/TIA.2021.3129731>
- [BA.Distrib.17] G. Fusco, M. Russo, "A Procedure to Determine the Droop Constants of Voltage Controllers Coping with Multiple DG Interactions in Active Distribution Systems", Energies, vol. 13, n. 1935, April 2020, pp. 1-15. <https://doi.org/10.3390/en13081935>
- [BA.Distrib.18] G. Fusco, M. Russo, "A Decentralized Approach for Voltage Control by Multiple Distributed Energy Resources", IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 12, n. 4, Jul. 2021, pp. 3115-3127. <https://doi.org/10.1109/TSG.2021.3057546>
- [BA.Distrib.19] Fusco, G.; Russo, M.; De Santis, M., "Decentralized Voltage Control in Active Distribution Systems: Features and Open Issues", Energies 2021, 14, 2563. <https://doi.org/10.3390/en14092563>
- [BA.Distrib.20] Casolino G. M., Losi A., "Load areas in radial unbalanced distribution systems," ENERGIES, vol. 12, 3030, 2019, ISSN: 1996-1073. <https://doi.org/10.3390/en12153030>
- [BA.Distrib.21] Casolino G. M., Losi A., "Reduced Modeling of Unbalanced Radial Distribution Grids in Load Area Framework," IEEE ACCESS, p. 1-11, 2020, ISSN: 2169-3536. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3027990>
- [BA.Distrib.22] Casolino G. M., Losi A., "Representation of Voltage-controlled Devices in Reduced Modeling of Distribution Networks," IEEE ACCESS, vol. 9, p. 117292-117302, 2021, ISSN: 2169-3536. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3104904>
- [BA.Distrib.23] Casolino G. M., Losi A., "On Eigenvalues of the Three-Phase Nodal Admittance Matrix," 2019 AEIT International Annual Conference, AEIT 2019. p. 1-5, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., ISBN: 978-8-8872-3745-0, ita, 2019. <https://doi.org/10.23919/AEIT.2019.8893321>
- [BA.Distrib.24] Casolino G. M., Di Nitto B., Russo M., "A static-commutated device to contain voltage variations for low-voltage active users," IET ELECTRIC POWER APPLICATIONS, vol. 15(8), p. 1095-1110, 2021, ISSN: 1751-8679, doi: <https://doi.org/10.1049/elp2.12090>
- [BA.Distrib.25] Perna S., Casolino G. M., De Santis M., "Design of a Single-Phase Two-Winding Transformer for Prototyping a Voltage Regulator," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), p. 1-6, 2022, ISBN: 978-1-6654-8537-1. <https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854597>.
- [BA.Distrib.26] G.M. Casolino, L. Di Stasio, P. Varilone, P. Verde, C. Noce, M. De Santis, "On the Forecast of the Voltage Sags Using the Measurements in Real Power Systems," 20th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Napoli 2022. <https://doi.org/10.1109/ICHQP53011.2022.9808691>
- [BA.Distrib.27] M. De Santis, C. Noce, M., L. Di Stasio, P. Varilone, P.Verde, "Indices of Intermittence to Improve the Forecasting of the Voltage Sags Measured in Real Systems", IEEE Transactions on Power Delivery, 2021
- [BA.Distrib.28] M. De Santis, C. Noce, M., L. Di Stasio, P. Varilone, P.Verde, "Stochastic Model to Forecast the Voltage Sags in Real Power Systems" 2021 AEIT, AEIT 2021 International Annual Conference OnLine - 04/10/2021 - 08/10/2021
- [BA.Distrib.29] A.Andreotti, A.Bracale, G. Mazzanti, A.Russo, P. Varilone, "New challenges for forecasting voltage sags due to lightning phenomena in distribution networks" AEIT 2021 International Annual Conference OnLine - 04/10/2021 - 08/10/2021
- [BA.Distrib.30] C. Noce, M. De Santis, L. Di Stasio, P. Varilone, P.Verde, "Previsione dei buchi di tensione: sfide aperte dalla regolazione", AEIT, n°1/2, 2021, pp46-53.
- [BA.Distrib.31] C. Noce, M. De Santis, L. Di Stasio, P. Varilone, P.Verde, "Initial Results of an Extensive, Long-Term Study of the Forecasting of Voltage Sags", Energies , Vol. 14, n° 1264, Published: 25 February 2021
- [BA.Distrib.32] C. Noce, M. De Santis, L. Di Stasio, P. Varilone, P.Verde, "On the Forecast of the Voltage Sags: First Stages of Analysis on Real Systems" 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Torino 1-4 sep. 2020

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [BA.Distrib.33] C. Noce, M. De Santis, L. Di Stasio, P. Varilone, P. Verde, "Detecting the Origin of the Voltage Sags Measured in the Smart Grids", IEEE 7th International Conference on CLEAN ELECTRICAL POWER Renewable Energy Resources Impact (ICEEP19), Otranto, Puglia- Italy, 2-4 July 2019
- [BA.Distrib.34] F. Mottola, D. Proto, P. Varilone, P. Verde, "Optimal Siting and Sizing of Electrical Energy Storages Accounting for Voltage Dip Economic Regulation", 20th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Napoli 2022
- [BA.Distrib.35] F. Mottola, D. Proto, P. Varilone, P. Verde, "Planning of Distributed Energy Storage Systems in  $\mu$ Grids Accounting for Voltage Dips", Energies Vol. 13, Issue 2 n° 401; 2020
- [BA.Distrib.36] G. Carpinelli, A. Bracale, P. Varilone, T. Sikorski, P. Kostyla, Z. Leonowicz, "Accurate and Fast Parallelized Assessment of Waveform Distortions in presence of Low- and High-frequency Spectral Components" 20th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Napoli 2022
- [BA.Distrib.37] P. De Falco, P. Varilone, "Statistical characterization of supraharmonics in low-voltage distribution networks", Applied Sciences (Switzerland) Open Access, Vol. 11, Issue 8, 2 April 2021
- [BA.Distrib.38] G. Carpinelli, A. Bracale, P. Varilone, T. Sikorski, P. Kostyla, Z. Leonowicz, "A New Advanced Method for an Accurate Assessment of Harmonic and Supraharmonic Distortion in Power System Waveforms" IEEE Access, Open Access, Vol. 9, Pages 88685 – 88698, 2021
- [BA.Distrib.39] L. Alfieri, A. Bracale, P. Kostyla, Z. Leonowicz, T. Sikorski, P. Varilone, M. Wsowski "Methods for Assessment of Supraharmonics in Power Systems. Part II: Part I: Theoretical Issues", IEEE 7th International Conference on CLEAN ELECTRICAL POWER Renewable Energy Resources Impact (ICEEP19), Otranto, Puglia- Italy, 2-4 July 2019
- [BA.Distrib.40] L. Alfieri, A. Bracale, P. Kostyla, Z. Leonowicz, T. Sikorski, P. Varilone, M. Wsowski "Methods for Assessment of Supraharmonics in Power Systems. Part II: Numerical Applications" IEEE 7th International Conference on CLEAN ELECTRICAL POWER Renewable Energy Resources Impact (ICEEP19), Otranto, Puglia- Italy, 2-4 July 2019

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Sistemi utilizzatori multi-energy

L'attività di ricerca si è focalizzata sugli edifici residenziali in cui siano presenti sia vettori che carichi energetici in diverse forme (multi-energy buildings) e nell'integrazione in tali edifici di sistemi energetici ibridi, che utilizzano sia fonti rinnovabili che convenzionali. Lo scopo è quello di garantire non solo un bilancio energetico nullo sul lungo periodo ma anche di realizzare un'integrazione funzionale tra tutti i componenti del sistema multi-energy per ottimizzare anche nel medio, breve e brevissimo periodo i flussi energetici, riducendo l'impatto sulle reti di distribuzione ed aumentando la flessibilità, per garantire in prospettiva veri e propri servizi a supporto del funzionamento delle medesime reti. Come primo passo, in [CAS.Utiliz.1] si presenta una panoramica delle principali problematiche ed aspetti relativi all'integrazione funzionale dei sistemi ibridi di produzione di energia negli edifici multi-energy, approfondendo anche approcci innovativi alla gestione e controllo ottimale di questi sistemi.

### Algoritmo di controllo per sistema MicroGrid

In [CAS.Utiliz.2], l'attività di ricerca ha considerato lo studio di una microgrid ibrida in grado di integrare entrambi i tipi (CC e CA) di fonti energetiche e di carichi dei consumatori con minime fasi di conversione. Lo studio si è concentrato sull'algoritmo di controllo, che utilizza la teoria degli ellissoidi attrattivi e tempo invarianti, del funzionamento della microgrid di tipo ibrido. La microgrid ibrida considerata nello studio è composta da due risorse energetiche distribuite di tipo DC e due risorse di tipo AC e da un inter-linking converter. Le risorse energetiche in AC ed il convertitore sono collegati tramite filtri serie resistore-induttore (RL). Vengono scritte le equazioni lato AC per le tre fasi e successivamente vengono trasformate nel dominio dq. Anche le equazioni, relative alle risorse energetiche lato DC, sono determinate ed il modello complessivo della microgrid viene scritto. Il modello ottenuto non è lineare e, al fine di progettare l'algoritmo di controllo, viene linearizzato intorno ad una condizione di funzionamento iniziale. Il sistema linearizzato viene scritto

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

come equazioni di stato in forma matriciale. Determinato il vettore di stato iniziale, la teoria dell'ellissoide invariante viene applicata. La progettazione del controllore si basa sull'idea che, considerando uno stato iniziale al di fuori dell'ellissoide, la traiettoria temporale del vettore di stato deve essere attratta verso l'ellissoide ed una volta raggiunto non lo lascerà più nelle evoluzioni future. L'effetto di una possibile perturbazione sulla traiettoria del vettore di stato può essere ridotto (aumentando la robustezza del sistema ai disturbi esterni), riducendo al minimo il volume dell'ellissoide. La progettazione del controllore diventa un problema di minimizzazione vincolato. Il sistema di controllo proposto risulta robusto, in termini di tensione del collegamento DC, di tensione e frequenza di rete AC, di potenze attiva e reattiva dell'inter-linking converter AC/DC, alle variazioni dei carichi e alle incertezze relative ai parametri del sistema microgrid.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Tema: Algoritmo di controllo per sistema MicroGrid: collaborazione con il prof. Ehab H. E. Bayoumi, direttore del Dipartimento di Energia ed Energie Rinnovabili presso l'Università "Egyptian Chinese" del Cairo, Egitto.

Bibliografia

- [BA.Utiliz.28]. L. Canale, A. R. Di Fazio, M. Russo, A. Frattolillo, M. Dell'Isola, "An Overview on Functional Integration of Hybrid Renewable Energy Systems in Multi-Energy Buildings", *Energies*, vol. 14, n. 1078, Feb. 2021, pp. 1-34
- [BA.Utiliz.29]. Awad, H.; Bayoumi, E.H.E.; Soliman, H.M.; De Santis, M. Robust Tracker of Hybrid Microgrids by the Invariant-Ellipsoid Set. *Electronics* 2021, 10, 1794. <https://doi.org/10.3390/electronics10151794>.

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA E CONVERSIONE

Metodi per determinazione dell'efficienza di powertrain di veicoli elettrici

In [CAS.MobilElec.1], è stata valutata l'accuratezza del metodo back-to-back (diretto) per la stima delle prestazioni energetiche di un motore elettrico AC brushless da 3 kW utilizzato in un veicolo elettrico leggero. È stata misurata l'efficienza di una coppia di motori e inverter, nonché l'efficienza complessiva dell'intero powertrain. I risultati hanno mostrato che la metodologia è sufficientemente accurata e comparabile con altri metodi indiretti disponibili nella letteratura esistente.

Retrofit di sistemi termici in sistemi di trazione elettrica

In [CASS.MobilElec.2], lo studio ha previsto la realizzazione di un prototipo di un sistema volto ad elettrificare l'alimentazione del sistema idraulico (precedentemente connesso alla presa di forza del motore termico) per "movimentazione vasca" e "alza cassonetti" da applicare su veicolo compattatore per nettezza urbana del tipo Mitsubishi Fuso Canter. In [CASS.MobilElec.3], è stata studiata la conversione retrofit di un veicolo a motore termico in un veicolo elettrico attraverso simulazioni in Simulink-MathWorks. È stata approfondita la modellazione del powertrain elettrico e simulato il ciclo di guida WLTP-3 per valutare le emissioni di CO<sub>2</sub> del veicolo e il consumo di energia elettrica. I risultati confermano che l'implementazione del powertrain elettrico si adatta bene all'uso puramente urbano del veicolo.

*Sviluppo sperimentale di sistemi per la trazione elettrica*

Il mercato automobilistico sta rapidamente cambiando con l'introduzione di sistemi per la trazione elettrica che siano poco dipendenti da benzina e gasolio e tali da garantire minori costi operativi ed minori emissioni. In questo scenario, riveste una grande importanza la possibilità di sviluppare sistemi di collaudo efficaci e flessibili, in grado di testare le prestazioni dei nuovi dispositivi, secondo criteri di qualità e sicurezza. Relativamente a questo tema di ricerca, nel lavoro [CASS.MobilElec.4] viene considerato un nuovo sistema per il collaudo delle unità dedicate alla trazione. Il sistema di collaudo è basato su un inverter, controllato

attraverso una piattaforma in tempo reale, in cui è implementato il modello di veicolo elettrico. L'inverter emula il comportamento del motore e del carico utilizzando un approccio software-in-the-loop. Il lavoro [CASS.MobilElec.5], invece riporta i risultati preliminari di uno studio per sviluppare e prototipare un nuovo propulsore ibrido compatto per un veicolo urbano di piccole/medie dimensioni. L'obiettivo è migliorare le prestazioni di un motore a benzina turbo standard utilizzando vari sistemi di recupero dell'energia. L'approccio impiegato è di un nuovo turbocompressore con compressore e turbina disaccoppiati meccanicamente. Durante il funzionamento, la turbina e il compressore, collegati a due diverse macchine elettriche, apportano un apporto di energia netta al pacco batterie. Il disaccoppiamento meccanico consente inoltre a entrambe le macchine di funzionare vicino alla loro massima efficienza nell'intervallo di funzionamento reale previsto. Nel lavoro ci si concentra sul compressore e motore elettrico utilizzati per la realizzazione del banco prova.

#### Collaborazioni con altre unità

Tema: Retrofit di sistemi termici in sistemi di trazione elettrica - Unità coinvolte: Napoli Parthenope.

Tema: Sviluppo sperimentale di sistemi per la trazione elettrica - Unità coinvolte: Università La Sapienza di Roma .

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

##### Sistemi di conversione per trazione ferroviaria

Nello studio proposto in [CASS.Conv.1], sono state condotte simulazioni in ambiente Simulink-MathWorks di stazioni di conversione CA/CC per trazione ferroviaria con sistemi esafase e dodecafase e valutazioni relative alla power quality ed impatti ambientali.

#### Collaborazioni con altre unità

Tema: Sistemi di conversione per trazione ferroviaria - Unità coinvolte: Napoli Parthenope

#### Bibliografia

[CASS.MobilElec.1] M. De Santis, S. Agnelli, F. Patanè, O. Giannini, G. Bella 2018. "Experimental study for the assessment of the measurement uncertainty associated with electric powertrain efficiency using the back-to-back direct method", *Energies* 11(12): 3536 (19pp), ISSN: 1996-1073. <https://doi.org/10.3390/en11123536>

[CASS.MobilElec.2] De Santis, M.; Silvestri, L.; Forcina, A.; Di Bona, G.; Di Fazio, A.R. Preliminary Realization of an Electric-Powered Hydraulic Pump System for a Waste Compactor Truck and a Techno-Economic Analysis. *Appl. Sci.* 2021, 11, 3033. <https://doi.org/10.3390/app11073033>

[CASS.MobilElec.3] M. De Santis and F. Regis, "Modeling, simulation, and techno-economic analysis of a retrofitted electric vehicle," 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2021, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584594>

[CASS.MobilElec.4] Boukadida Y., Marignetti F., Casolino G. M., Masmoudi A., Andreoli A., Albanesi M., "Emulation And Testing For Automotive Propulsion Drive Using Two Cascaded Inverters," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, p. 1, 2019, ISSN: 0093-9994. <https://doi.org/10.1109/TIA.2019.2959756>

[CASS.MobilElec.5] Casolino G. M., Perna S., Russo M., Capata R., "A novel turbo-assisted mild-hybrid configuration for a city car: Compressor electric drive characterization," 2021 AEIT International Conference on Electrical and Electronic Technologies for Automotive, *AEIT AUTOMOTIVE 2021*. p. 1-6, ISBN: 978-88-87237-52-8. <https://doi.org/10.23919/AEITAUTOMOTIVE52815.2021.9662791>

[CASS.Conv.1] De Santis M, Silvestri L, Vallotto L, Bella G (2022). Environmental and power quality assessment of railway traction power substations. In: 2022 6th International Conference on Green Energy and Applications. Singapore, 04-06 March

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## PROGETTI

### *Metodi e strumenti per la gestione ed il controllo delle Comunità di Energia Rinnovabile*

Responsabile scientifico: Prof. Arturo Losi

Ente finanziatore: Regione Lazio, Lazio Innova

Breve descrizione:

Il progetto intende studiare metodi e implementare strumenti per la gestione ed il controllo delle risorse energetiche distribuite (RED) disponibili in una CER (utenti residenziali passivi e attivi con carichi elettrici e termici, impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile autonomi e all'interno di utenze e sistemi di accumulo elettrochimico e termico). Esso si propone di sviluppare strumenti di supporto alle decisioni gestionali e di controllo delle CER (algoritmi di previsione delle RED, strumenti per il monitoraggio e il controllo delle RED; algoritmi di ottimizzazione per il supporto alla gestione delle CER), di implementare tali strumenti su una piattaforma commerciale specifica e di validare le metodologie proposte mediante sperimentazione di laboratorio e sul campo. Gli obiettivi del progetto sono:

- Favorire l'autoconsumo dell'energia prodotta da fonti rinnovabili e l'efficienza energetica dei consumi.
- Favorire il potenziale trasferimento tecnologico dei risultati ad aziende interessate a realizzare e vendere sistemi di gestione e controllo di CER.

Sedi partner

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

Università Campus Bio-Medico di Roma

### *Analisi della Tecnologia FACTS*

Responsabile scientifico: Pietro Varilone

Ente finanziatore: EnSiel per conto di TERNA S.p.A.

Breve descrizione:

L'attività di ricerca si è articolata in tre fasi:

- Analisi dello stato dell'arte della tecnologia FACTS: dispositivi e controllo.
- Analisi tecnica dei benefici apportati dai FACTS per lo smorzamento delle oscillazioni di potenza all'interno della rete elettrica.
- Analisi tecnica dei FACTS per la fornitura di inerzia sintetica.

Sedi partner

Università di Napoli Parthenope

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Napoli Federico II.

*Analisi per efficientamento energetico*

Responsabile scientifico: Pietro Varilone

Ente finanziatore: MARES srl

Breve descrizione:

L'attività di ricerca si inquadra nell'ambito della caratterizzazione di un'apparecchiatura di misura e controllo della qualità della fornitura dell'energia per il potenziamento dell'efficienza energetica di siti industriali

## **LABORATORI**

*Nome laboratorio: Laboratorio di Sistemi Elettrici (LaSE)*

Breve descrizione: Le attività di ricerca di base, di ricerca applicata e di servizio del laboratorio LaSE, istituito nel 1997, sono orientate allo studio, all'utilizzo ed alla valorizzazione delle più avanzate innovazioni tecnologiche nel settore dei sistemi elettrici. In particolare, il LaSE svolge attività nei seguenti settori: Generazione Distribuita, Qualità e Sicurezza, Gestione e Controllo.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI CATANIA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA ELETTRONICA E INFORMATICA  
VIALE ANDREA DORIA 6 <sup>[L]</sup><sub>[SEP]</sub>  
95125 CATANIA  
TEL. +39 095 7382 339

**Responsabile Scientifico:** Giuseppe Marco Tina

**Sito web:** [www.dieei.unict.it/it](http://www.dieei.unict.it/it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Stefano	Aneli	Assegnista di ricerca
Stefania	Conti	Professore associato
Giovanni	Maione	Dottorando XXXVII ciclo
Gian Giuseppe	Soma	Collaboratore
Giuseppe Marco	Tina	Professore ordinario
Cristina	Ventura	RTD-A

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Modelli elettrica di moduli e stringhe FV

Le valutazioni della durata della vita dei moduli FV, della loro efficienza e delle condizioni di guasto rimangono questioni di ricerca aperte. Tali valutazioni possono essere svolte tramite modelli elettrici basati sia tramite metodologie metaeuristiche sia tramite una modellazione multifisica (a livello del materiale, della cella e del modulo) [CT.Prod.1], [CT.Prod.2].

### Modelli termici di moduli FV

In [CT.Prod.3] si propone un originale modello matematico multistrato monodimensionale in grado di stimare la temperatura delle celle in moduli mono (FV) e bifacciali (bFV). Il modello sviluppato è dinamico per rispondere adeguatamente alla variazione delle grandezze ambientali ed operative. Esso ha tre strati (3L-NM) ed è incluso il contributo della radiazione solare che colpisce la parte posteriore del modulo FV e bFV.

#### *Modellazione ed analisi impianti FV innovativi: gli impianti flottanti (FPV)*

Il fotovoltaico galleggiante (FPV) è una tecnologia emergente, si stima che i miglioramenti tecnici insieme alle iniziative governative promuoveranno il tasso di crescita oltre il 31% nel 2024. La ricerca, teorica e sperimentale, in collaborazione con Enel Green Power, ha consentito di valutarne le configurazioni ottime e le prestazioni energetiche [CT.Prod.4], [CT.Prod.5], [CT.Prod.6], [CT.Prod.7], [CT.Prod.9], [CT.Prod.10], e [CT.Prod.11].

#### *Modellazione ed analisi impianti FV innovativi: Impianti solari ibridi fotovoltaici termici (PV/T)*

Nella prospettiva del pieno sfruttamento dell'energia solare in aree urbane e suburbane, la superficie adatta per i moduli solari può diventare una risorsa da contendere. La ricerca di tipo teorico e sperimentale (prototipo realizzato nel laboratorio di Sistemi Elettrici per l'Energia di UNICT) intende studiare la tecnologia PV/T che è in grado di produrre contemporaneamente energia elettrica e termica, [CT.Prod.12], [CT.Prod.13] e [CT.Prod.14].

#### *Modellazione ed analisi impianti FV innovativi: facciate ventilate attive (V-BIPV)*

Negli ultimi anni stanno avendo una crescente diffusione le installazioni di moduli FV integrati nell'involucro edilizio, i sistemi Building Integrated Photovoltaic (BIPV). In [RI93] e [RI92] si valutano sia le rese energetiche di impianti ibridi PV/T ad acqua ed aria integrati nell'involucro edilizio, considerando diversi orientamenti delle facciate e località, [CT.Prod.15] e [CT.Prod.16].

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Department of Drilling and Rig Mechanics, Faculty of Hydrocarbons, Renewable Energies, and Earth, and Universe Sciences, University of Ouargla, 30000, Algeria
- Mechanical Power Department, Faculty of Engineering, Port-Said University, Egypt
- LTEF- Laboratory for Thermodynamics and Energy, Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Split, Split, Croatia
- Biosystems Engineering Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (T.M.U), Tehran, Iran
- Laboratory of Renewable Energy, Embedded System and Information Processing, National School of Applied Sciences, Mohammed First University, Oujda, Morocco
- Applied Physics Section of the Environmental Science Department, University of Lleida, Lleida, Spain

### Bibliografia

[CT.Prod.1]. Djeziri MA, Benmoussa S, Sanshez RT, Palais O, Tina GM (2022) Solar cell modeling in normal and degraded operations for simulation and monitoring. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2022, 51, 101990

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

- [CT.Produz.2]. Hachana O, Aoufi B, Tina GM, Sid MA (2021) Photovoltaic mono and bifacial module/string electrical model parameters identification and validation based on a new differential evolution bee colony optimizer. *Energy Conversion and Management*, 2021, 248, 114667Riferimento
- [CT.Produz.3]. Tina GM, Bontempo Scavo F, Gagliano A (2020) Multilayer thermal model for evaluating the performances of monofacial and bifacial photovoltaic modules. *IEEE Journal of Photovoltaics* 10 (4), 1035-1043.
- [CT.Produz.4]. Rosa-Clot, M.; Tina G.M. Floating PV plants 2020 10.1016/C2018-0-01890-3 2-s2.0-85091661112 1 130. Academic Press
- [CT.Produz.5]. Rosa-Clot M, Tina GM (2020), *Floating PV Plants*, Academic Press, 2020, Pages 1-7, ISBN 9780128170618,
- [CT.Produz.6]. Elminshawy NAS, Osama A, Saif AM, Tina GM (2022) Thermo-electrical performance assessment of a partially submerged floating photovoltaic system, *Energy*, 123444
- [CT.Produz.7]. Tina GM, Bontempo Scavo F, Merlo L, Bizzarri F (2021) Analysis of water environment on the performances of floating photovoltaic plants *Renewable Energy*, 2021, 175, pp. 281–295
- [CT.Produz.8]. Tina GM, Bontempo Scavo F, Merlo L, Bizzarri F (2021) Comparative analysis of monofacial and bifacial photovoltaic modules for floating power plants. *Applied Energy* 281, 116084
- [CT.Produz.9]. Bontempo Scavo F, Tina GM, Gagliano A, Nižetić S (2021) An assessment study of evaporation rate models on a water basin with floating photovoltaic plants *International Journal of Energy Research* 45 (1), 167-188
- [CT.Produz.10]. Gorjian S, Sharon H, Ebadi H, Kant K, Bontempo Scavo F, Tina GM (2021) Recent technical advancements, economics and environmental impacts of floating photovoltaic Solar Energy conversion systems. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 278, pp. 124285 . DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124285.
- [CT.Produz.11]. Cazzaniga R, Rosa-Clot M, Rosa-Clot P, Tina GM (2019) Integration of PV floating with hydroelectric power plants. DOI:10.1016/j.heliyon.2019.e01918. *Heliyon* - ISSN:2405-8440 vol. 5 (6 (Article number e01918))
- [CT.Produz.12]. Gagliano A, Tina GM, Aneli S, Nižetić S (2019) Comparative assessments of the performances of PV/T and conventional solar plants. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.02.038. pp.304-315. *Journal of Cleaner Production* - ISSN:0959-6526 vol. 219
- [CT.Produz.13]. El Fouas C, Hajji B, Gagliano A, Tina GM, Aneli S (2020) Numerical model and experimental validation of the electrical and thermal performances of photovoltaic/thermal plant. DOI:10.1016/j.enconman.2020.112939. pp.112939. *Energy Conversion and Management* - ISSN:0196-8904 vol. 220.
- [CT.Produz.14]. El Manssouri O, Hajji B, Tina GM, Gagliano A, Aneli S (2021) Electrical and Thermal Performances of Bi-Fluid PV/Thermal Collectors. *Energies* 14 (6), 1633
- [CT.Produz.15]. Gagliano A, Tina GM, Aneli S, Chemisana D (2021) Analysis of the performances of a building-integrated PV/Thermal system. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 320, 128876
- [CT.Produz.16]. Tina GM, Scavo Bontempo F., Aneli S, Gagliano A (2021) Assessment of the electrical and thermal performances of building integrated bifacial photovoltaic modules. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 313, 127906

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

Analisi di stabilità d'angolo e di frequenza nei sistemi di potenza

La diffusione di sistemi di generazione basati su fonti energetiche rinnovabili interfacciati dall'elettronica di potenza ai sistemi di potenza riduce l'inerzia intrinseca del sistema e di conseguenza la stabilità di frequenza. In [CT.Trasmis.1] viene eseguita un'analisi comparativa di soluzioni convenzionali ed inverter-based (e.g. SVC, STATCOM) per migliorare la stabilità transitoria sia dell'angolo del rotore che della frequenza.

Analisi dei cambiamenti climatici sull'adeguatezza dei sistemi di potenza

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Il cambiamento climatico influenzerà le variabili meteorologiche, e quindi la domanda e la generazione di energia elettrica nei prossimi anni. Questi impatti diventeranno sempre più importanti in funzione della crescente penetrazione di fonti energetiche rinnovabili non programmabili. E' in corso uno studio sull'impatto dei cambiamenti climatici sull'adeguatezza del sistema elettrico italiano [CT.Trasmis.2], [CT.Trasmis.3], [CT.Trasmis.3] ed europeo.

#### Bibliografia

- [CT.Trasmis.1]. Tina GM, Maione G, Licciardello S, Stefanelli D. Comparative Technical-Economical Analysis of Transient Stability Improvements in a Power System. Applied Sciences. 2021; 11(23):11359. <https://doi.org/10.3390/app112311359>.
- [CT.Trasmis.2]. Tina GM, Nicolosi CF (2021) Assessment of the impacts of climate change on power systems: The Italian case study. Applied Sciences (Switzerland), 2021, 11(24), 11821
- [CT.Trasmis.3]. Tina, G. M., Ventura, C., Stefanelli, D. (2020) Meteorological probabilistic models for power system adequacy and resiliency assessment. 10.23919/AEIT50178.2020.9241093 2-s2.0-85097153540 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020
- [CT.Trasmis.4]. Tina GM, Sapienza RF, Camponeschi A, Stefanelli D, Corona D, Un modello stocastico per l'analisi di adeguatezza: un esempio applicativo sul sistema elettrico italiano al 2030. 2019 L'ENERGIA ELETTRICA 96, 1, 25-38

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

Studio di soluzioni per la gestione della generazione distribuita e la fornitura di servizi ancillary

Nell'ambito delle reti di distribuzione, parametri tecnici ed economici devono essere considerati quando si vogliono gestire impianti distribuiti per la produzione e l'accumulo di energia elettrica per soddisfare la domanda e la fornitura di servizi alla rete. In [CT.distrib.1] uno scheduling per la regolazione della tensione è proposto. In [CT.distrib.2] è analizzata l'efficienza della fornitura della riserva di potenza attiva da un FV con BESS tenendo conto del controllo della potenza reattiva.

Studio di una metodologia per la scelta simultanea ottimale di allocazione e dimensionamento di fast-charging stations veicoli elettrici.

La metodologia è implementato da un algoritmo di ottimizzazione multi-obiettivo, basato su un "Non-dominated Sorting Genetic Algorithm" e utilizzando un load-flow probabilistico. La procedura di pianificazione ottimizzata di due sistemi di distribuzione e di trasporto elettrici accoppiati è stata applicata a un caso di studio. Questo approccio offre l'opportunità di trovare un giusto compromesso tra gli interessi conflittuali di diversi stakeholder, come l'Operatore della Rete di Distribuzione, i Proprietari delle stazioni di Fast Charging nonché i conducenti di Veicoli Elettrici Plug-in [CT.Distrib.3].

Tecniche innovative di integrazione delle stazioni fast-charging per veicoli elettrici basati sulle risorse di flessibilità della rete di distribuzione in BT.

La penetrazione dei veicoli elettrici plug-in (PEV) è in crescente aumento, la conseguente richiesta di potenza sarà soddisfatta da diversi tipi di caricabatterie. Alcune criticità nella rete di distribuzione potranno presentarsi ed opportuni metodi alternativi al ricorso a costosi potenziamenti della rete dovranno essere valutati. La ricerca si basa sulla considerazione che al presentarsi di criticità di esercizio in MT, queste possano essere risolte sfruttando la flessibilità acquisibile dalle sottese reti BT e quantificabile grazie alla presenza di un sistema di gestione attivo multi-agente. Un caso reale è stato proposto e discusso [CT.Distrib.4].

Collaborazioni con altre Unità

Collaborazione con le Unità di Cagliari sul tema della riduzione dell'impatto delle stazioni di ricarica veloce per veicoli elettrici sfruttando la flessibilità delle reti BT in presenza di DERs, nonché pianificando per mezzo di ottimizzazione multi-obiettivo la presenza delle stazioni stesse.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

## Bibliografia

- [CT.Distrib.1]. Tina GM, Garozzo D, Siano P (2019) Scheduling of PV inverter reactive power set-point and battery charge/discharge profile for voltage regulation in low voltage networks. DOI:10.1016/j.ijepes.2018.11.009. pp.131-139. International Journal of Electrical Power & Energy Systems - ISSN:0142-0615 vol. 107
- [CT.Distrib.2]. D Garozzo, GM Tina (2020) Evaluation of the Effective Active Power Reserve for Fast Frequency Response of PV with BESS Inverters Considering Reactive Power Control. Energies 13 (13), 3437.Argomento
- [CT.Distrib.3]. G. G. Soma, F. Pilo, S. Conti, "Multi-Objective Integrated Planning of Fast Charging Stations", in Proc. of the International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive (Automotive 2019), Torino (Italy), 2-4 July 2019.
- [CT.Distrib.4]. F. Pilo, G. Pisano, S. Ruggeri, G.G. SOMA, S. Conti, "LV network flexibility for reducing the network impact of fast-charging stations", in Proceedings of CIRED Workshop on "E-mobility and power distribution systems", 2-3 June 2022.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### *Analisi di autoconsumo per prosumer fotovoltaici.*

Un terzo dei consumi finali di energia è legato agli edifici, pertanto, le politiche europee promuovono l'uso delle energie rinnovabili, la riduzione dei consumi energetici e il miglioramento dell'efficienza energetica. La valutazione corretta dell'autoconsumo FV, che si basa principalmente sull'aggiornamento di grandezze elettriche ed energetiche è analizzato in [CT.Utiliz.1] a livello domestico ed in [CT.Utiliz.2] a livello industriale.

### *Analisi di Casi di Studio per diversi sistemi di Microreti.*

Malgrado i molti potenziali vantaggi dell'integrazione delle Microgrids (MGs) nelle reti di distribuzione, l'implementazione pratica delle MGs nelle reti di distribuzione reali è ancora ostacolata da diversi problemi tecnici ed economici. Utilizzando diversi casi di studio, è stato mostrato il valore di ciascun sistema MG nel fornire efficienza energetica, servizi ausiliari, gestione della domanda e riduzione della bolletta elettrica [CT.Utiliz.3].

## Collaborazioni con altre Unità

Collaborazione con le Unità di Cagliari e di Bari sul tema di Microreti di distribuzione allocate anche in aree non servite dalla rete di distribuzione principale e relativi *case studies*.

## Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

IDEA Research Group, Department of Electronic and Automatic Engineering, University of Jaén, Campus Lagunillas, 23071, Jaén, Spain

## Bibliografia

- [CT.Utiliz.1] Jiménez-Castillo G, Rus-Casas C, Tina GM, Muñoz-Rodríguez FJ (2021) Effects of smart meter time resolution when analyzing photovoltaic self-consumption system on a daily and annual basis. Renewable Energy 164, 889-896
- [CT.Utiliz.2] Jiménez-Castillo G, Muñoz-Rodríguez FJ, Martínez-Calahorra AJ, Tina GM (2020) Impacts of Array Orientation and Tilt Angles for Photovoltaic Self-Sufficiency and Self-Consumption Indices in Olive Mills in Spain. DOI:10.3390/electronics9020348. pp.348. Electronics - ISSN:2079-9292 vol. 9 (2).
- [CT.Utiliz.3] E. Ghiani, F. Pilo, G. G. Soma, E.E. De Tuglie, A. Cagnano, S. Conti, Chapter Title: "Case studies of microgrids systems" (DOI: 10.1049/PBPO160E\_ch14), in "Microgrids for Rural Areas", 2020 (ISBN: 9781785619984)

### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## LABORATORI

### *Laboratorio di Sistemi elettrici per l'energia*

Attività sperimentale per la caratterizzazione e modellazione di moduli ed impianti fotovoltaici innovativi (impianti PV/T, pareti ventilate attive, agrivoltaics). Simulazioni tramite software dedicati di sistemi di potenza in scala nazionale ed europea.

## UNITÀ DI COSENZA

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA, ENERGETICA E GESTIONALE  
VIA PIETRO BUCCI  
87036 ARCAVACATA DI RENDE (CS)  
TEL. +39 0984 494 699

**Responsabile Scientifico:** Daniele Menniti

**Sito web:** [www.unical.it](http://www.unical.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Giuseppe	Barone	Ricercatore tempo Determinato
Giovanni	Brusco	Collaboratore di ricerca
Luca	Mendicino	Assegnista di Ricerca
Stefano	Mendicino	Dottorando
Daniele	Menniti	Professore Ordinario
Michele	Mercuri	Assegnista di Ricerca
Anna	Pinnarelli	Professore Associato
Gaetano	Polizzi	Dottorando
Nicola	Sorrentino	Professore Associato
Fiorella	Stella	Borsista di Ricerca
Maurizio	Vizza	Borsista di Ricerca
Pasquale	Vizza	Ricercatore tempo Determinato



## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Production and Demand predictive and management models

The research activity deals with the problems production and consumption forecasting, related in particular with the non-dispatchability of renewable source. The implemented approaches enable sharing renewable energy within a district optimizing the costs and revenues, for the single prosumers and for the entire district, considering at the same time the CO2 emission reduction.

#### Bibliografia

- [CS.Produz.1]. Giordano, A., Mastroianni, C., Menniti, D., Pinnarelli, A., Scarcello, L., & Sorrentino, N. (2019). A two-stage approach for efficient power sharing within energy districts. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 51(3), 1679-1689.
- [CS.Produz.2]. Burgio A., Menniti D., Sorrentino N., Pinnarelli A., Leonowicz Z., Influence and impact of data averaging and temporal resolution on the assessment of energetic, economic and technical issues of hybrid photovoltaic-battery systems. *Energies Open Access Volume 13, Issue 22020 Article number 354.*

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

### Aggregation of DC Nanogrids to provide service to the grid

The nanogrid management strategy is based on the well-known DC Bus Signaling (DBS) technique. This technique allows also to control the power exchanged with the grid and as consequence to control the power of the different resources, providing services to the grid and in particular balancing services. The research activity concerns the analysis of the DC Nanogrids and their aggregation to provide service to the grid, with particular interest to the behaviour of storage sources and renewable sources.

#### Distribution grid flexibility

The integration of renewable energy sources is one of the principal issues of the electric power system. Local flexibility markets, as a way to solve this issue, represents one of the principal research activities. Different strategies, new bidding and pricing mechanism are analysed. The solutions to provide flexibility and the way to remunerate the user that provide it represent a key of the research.

#### Bibliografia

- [CS.Distrib.1]. Barone, G., Brusco, G., Menniti, D., Pinnarelli, A., Sorrentino, N., Vizza, P., A. Bayod-Rújula, Á. (2021). A Renewable Energy Community of DC Nanogrids for Providing Balancing Services. *Energies*, 14(21), 7261.
- [CS.Distrib.2]. Pinnarelli, A., Menniti, D., Sorrentino, N., Escalante, J. J. P., Vizza, M., & Vizza, P. (2021). Distribution Grid Energy Flexibility: The Ebalance-Plus Technologies Developed for the University of Calabria Demo Site. *Environmental Sciences Proceedings*, 11(1), 10.
- [CS.Distrib.3]. Barone, G., Brusco, G., Menniti, D., Pinnarelli, A., Polizzi, G., Sorrentino, N., & Vizza, P. (2022, June). Numerical Simulation of a modular and expandable DC nanoGrid. In *2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)* (pp. 1-6). IEEE.
- [CS.Distrib.4]. Pinnarelli, A., Menniti, D., Sorrentino, N., & Bayod-Rújula, A. A. (2021). Optimal management of energy storage systems integrated in nanogrids for virtual “nonsumer” community. In *Distributed Energy Resources in Local Integrated Energy Systems* (pp. 231-278). Elsevier.

- [CS.Distrib.5]. Barone G., Brusco G., Menniti D., Pinnarelli A., Polizzi G. Sorrentino N., A control and management approach of a DC Microgrid Virtual District. Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020 June 2020 Article number 9160573.

## TECNOLOGIE

### Nanogrid for home Application

The research activity concerned the design and implementation of the nanogrid for home application. This device allows to interface different resources through suitable power converters, both powered by DC and AC voltage, obtaining an optimal management of the resources. The different converters, communication and power interfaces with the different sources were designed and built. Through this system, tests on the control algorithms of the converters are carried out, as well as it is used as a tool to implement the resource optimization algorithms.

#### *Smart Meter*

The activity concerned first of all the implementation of a smart measuring device, for monitoring both electrical loads and power production sources. Both the hardware device and the software has been implemented. The same device is used to analyze both production and consumption data, as the aggregation of such data is essential for understanding user behavior, especially when they are analyzed according to different time scales.

### Bibliografia

- [CS.Tecnol.1]. Menniti, D., Pinnarelli, A., Sorrentino, N., Vizza, P., Barone, G., Brusco, G., ... & Polizzi, G. (2022). Enabling Technologies for Energy Communities: Some Experimental Use Cases. *Energies*, 15(17), 6374.
- [CS.Tecnol.2]. Pinnarelli, A., Menniti, D., Sorrentino, N., Mendicino, L., & Mendicino, S. (2021). Smart management of the production–demand binomial and the active participation of end-user through the smart metering support. *Designs*, 5(1), 22.
- [CS.Tecnol.3]. Ciavarella, R., Graditi, G., Valenti, M., Pinnarelli, A., Barone, G., Vizza, M., ... & Brusco, G. (2021). Modeling of an Energy Hybrid System Integrating Several Storage Technologies: The DBS Technique in a Nanogrid Application. *Sustainability*, 13(3), 1170.
- [CS.Tecnol.4]. Menniti, D., Pinnarelli, A., Sorrentino, N., Barone, G., Brusco, G., Mercuri, M., ... & Burgio, A. (2020, September). Nanogrid for Home Application for Micro CHP based on Free Piston Stirling Engine. In 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT) (pp. 1-6). IEEE.
- [CS.Tecnol.5]. Barone, G., Brusco, G., Menniti, D., Pinnarelli, A., Polizzi, G., Sorrentino, N., ... & Burgio, A. (2020). How smart metering and smart charging may help a local energy community in collective self-consumption in presence of electric vehicles. *Energies*, 13(16), 4163.
- [CS.Tecnol.6]. Di Somma, M., Caliano, M., Graditi, G., Pinnarelli, A., Menniti, D., Sorrentino, N., & Barone, G. (2020). Designing of cost-effective and low-carbon multi-energy nanogrids for residential applications. *Inventions*, 5(1), 7.
- [CS.Tecnol.7]. Ciavarella R., Graditi G., Valenti M., Pinnarelli A., Barone, Giuseppe Send mail to Barone G., Vizza M., (2020) An advanced DBS strategy for a DC nanogrid integrating several energy storage technologies. 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020 Pages 351 - 356 June 2020 Article number 9161862.
- [CS.Tecnol.8]. Barone, G., Brusco, G., Burgio, A., Menniti, D., Pinnarelli, A., Polizzi, G., ... & Vizza, P. (2019, December). CANOpen Communication of a 16.4 kWh Li-ion Battery Energy Storage System for Nanogrids in Energy Community Framework. In 2019 9th International Conference on Power and Energy Systems (ICPES) (pp. 1-6). IEEE.

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

### Mobilità elettrica al servizio della rete

The research activity focused on sustainable mobility as a tool for providing services to the grid. The study of the impact of electric vehicle charging on the grid is one of the aspects considered in the research activity, considering at the same time the vehicle as a storage system capable of providing services to the grid. The services that can be offered to the grid, the impact on the storage system and its useful life, as well as the economic return that can be obtained in providing these services are analyzed.

#### Bibliografia

- [CS.Trasporti.1]. Menniti, D., Pinnarelli, A., Sorrentino, N., Vizza, P., Brusco, G., Barone, G., & Marano, G. (2022). Techno Economic Analysis of Electric Vehicle Grid Integration Aimed to Provide Network Flexibility Services in Italian Regulatory Framework. *Energies*, 15(7), 2355
- [CS.Trasporti.2]. Barone, G., Brusco, G., Menniti, D., Pinnarelli, A., Polizzi, G., Sorrentino, N., ... & Burgio, A. (2020). How smart metering and smart charging may help a local energy community in collective self-consumption in presence of electric vehicles. *Energies*, 13(16), 4163.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Demand response and blockchain based incentive mechanism

The research activity concerned the use of demand response as a tool both to provide services to the network, to optimize costs due to energy consumption and to minimize the use of fossil sources. In addition to the use of demand response, the blockchain as a remuneration mechanism and therefore an incentive is another important point of the research. Various IT platforms have been implemented and analyzed to allow what has been described.

#### Energy Community

Starting from what has been done with regard to the power cloud, energy communities and in particular renewable energy communities represent one of the main themes of the research activities. Both the technical aspects relating to energy exchanges, the economic and incentive aspects relating to the electricity market and the social aspects are analyzed.

#### Bibliografia

- [CS.Utiliz.1]. Mendicino, S., Menniti, D., Palumbo, F., Pinnarelli, A., Sorrentino, N., Viggiano, L., & Vizza, P. (2021, October). An IT platform for the management of a Power Cloud community leveraging IoT, data ingestion, data analytics and blockchain notarization. In 2021 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe) (pp. 1-6). IEEE.
- [CS.Utiliz.2]. Mendicino, L., Menniti, D., Pinnarelli, A., Sorrentino, N., Vizza, P., Alberti, C., & Dura, F. (2021). DSO flexibility market framework for renewable energy community of nanogrids. *Energies*, 14(12), 3460.
- [CS.Utiliz.3]. Menniti, D., Sorrentino, N., Pinnarelli, A., Mendicino, L., Brusco, G., Vizza, P., & Graditi, G. (2020, September). Management model of Nanogrid based Community Energy Storage. In 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT) (pp. 1-6). IEEE.
- [CS.Utiliz.4]. Menniti, D., Sorrentino, N., Pinnarelli, A., Mendicino, S., Vizza, P., & Polizzi, G. (2020, September). A blockchain based incentive mechanism for increasing collective self-consumption in a nonsumer community. In 2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM) (pp. 1-6). IEEE.
- [CS.Utiliz.5]. Menniti, D., Sorrentino, N., Pinnarelli, A., Vizza, P., Brusco, G., & Barone, G. (2020, September). Sharing energy management model for renewable community self-consumption. In 2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM) (pp. 1-6). IEEE.

- [CS.Utiliz.6]. Menniti D., Pinnarelli A., Sorrentino N., Brusco G., Mendicino L., Mercuri M., Analysis of the power cloud framework benefits and the role of the city energy provider in the New Italian electricity tariff scenario. *International Journal of Photoenergy* Open Access Volume 20202020 Article number 3605498.
- [CS.Utiliz.7]. Giordano, A., Mastroianni, C., Menniti, D., Pinnarelli, A., & Sorrentino, N. (2019). An energy community implementation: The unical energy cloud. *Electronics*, 8(12), 1517.
- [CS.Utiliz.8]. Mendicino L., Menniti D., Pinnarelli A., Sorrentino N., Corporate power purchase agreement: Formulation of the related levelized cost of energy and its application to a real life case study. *Applied Energy* Volume 2531 November 2019 Article number 113577.
- [CS.Utiliz.9]. Iazzolino, G., Sorrentino, N., Menniti, D., Pinnarelli, A., De Carolis, M., & Mendicino, L. (2022). Energy communities and key features emerged from business models review. *Energy Policy*, 165, 112929.
- [CS.Utiliz.10]. Menniti, D., Pinnarelli, A., Sorrentino, N., Vizza, P., Barone, G., Brusco, G., ... & Polizzi, G. (2022). Enabling Technologies for Energy Communities: Some Experimental Use Cases. *Energies*, 15(17), 6374.

## PROGETTI

Nome progetto: **Micro-cogenerazione residenziale: caldaie a biomassa con generatori Stirling off/on grid - μSB-MP**

Responsabile scientifico: Prof. Daniele Menniti

Ente finanziatore: MISE - Piano triennale 2012-2014 della ricerca di sistema elettrico nazionale e dal Piano operativo annuale 2013

Breve descrizione The proposal aims at designing and realizing an innovative micro-cogenerative unit for residential and domestic application; such a unit is composed by a pellet boiler, a Stirling engine and an innovative device named 3S-MediumPower.

The boiler operates tied to grid or isolated since it provides electricity for the needs of its own apparatus; moreover, the boiler is designed for a plug and play connection to both power and heat energy storage systems. The combustion chamber is optimized for mounting Stirling engines with different rated powers.

The 3S-MediumPower is the device that is able to guarantee the operation of the Stirling engine both connected and disconnected to the grid with continuity; the 3S-MediumPower is also able to guarantee the operation governs the functioning of the micro-cogenerative unit and it regulates the generation of both power and heat using local data (local management system) or global data (centralized management system). The 3S-MediumPower device interacts with other devices using the IEC 61850 standard in the field of the Micro and Smart Grids.

Sedi partner Partners: Università della Calabria, Ungaro s.r.l.

Nome progetto: **Power Cloud: Tecnologie e Algoritmi nell'ambito dell'attuale quadro regolatorio del mercato elettrico verso un "new deal" per i consumatori e i piccoli produttori di energia da fonti rinnovabili**

<p>Presidente Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it</p>	<p>Segretario Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it</p>
---	--

Responsabile scientifico: Prof. Daniele Menniti

Ente finanziatore: PON MISE “Imprese e Competitività 2014-2020” FESR.

Breve descrizione: The proposal focuses on the implementation of the Power Cloud, namely: the creation of a business model to create and distribute value for all those involved in an energy district managed by the Aggregation; the realization of the software platform for co-ordinating user's load and production profiles, in real-time, and for conducting energy-efficient purchasing and sales transactions within the district; the implementation of the technology, which allows each user to manage his loads and generation, according to an appropriate control logic, which supports a DR program in real-time.

Sedi partner Partners: Università degli Studi della Calabria, VT Consulting&Solution, Innova

Nome progetto: **Zero Net Energy Energy Wood House (Z-NEWh)**

Responsabile scientifico: Prof. Daniele Menniti

Ente finanziatore: POR CALABRIA FESR-FSE 2014-2020

Breve descrizione The project aims to design a prefabricated housing module for stable applications that can also be used for emergency applications. This prefabricated housing module is thought with the characteristic of energy-efficiency and low environmental impact (Near Zero Energy Building – NZEB concept). The prefabricated housing module will be realized with wood. The use of wood in the structure of buildings can allow the start of a virtuous economic process to relaunch the entire sector linked to eco-sustainable quality construction. The will is to realize modular housing modules ensuring optimization of energy resources in a context of aggregation according to a smart distribution.

Sedi partner Partners: Alfano S.p.a., Mannella S.r.l., Università degli Studi della Calabria, CretaES s.r.l.

Nome progetto: **Community Energy Storage: Gestione Aggregata di Sistemi d'Accumulo dell'Energia in Power Cloud (ComESto)**

Responsabile scientifico: Prof. Daniele Menniti

Ente finanziatore: PON MIUR PNR 2015-2020

Breve descrizione: The project aims to build a distributed aggregation system for a user community managed in aggregate form, involving Prosumers and Consumers whose plants are managed in real time using DR programs able to co-ordinate with the RES generation systems of the Producers that are part of the aggregation. The aim is to make the end user aware and proactive of managing their own consumptions, maximizing the use of energy from RES and optimizing the production-demand process in order to achieve greater efficiency and thus economic convenience in the final uses of energy. This goal will be achieved through integrated and flexible energy systems (nanogrids), the use of storage systems, and also through the involvement of city users who generally cannot take up, the role of Prosumer, but only of Consumer. Through the use of a nanogrid for Consumers, it is possible to systemize, with the consequent economic benefits in terms of consumption, the potential of storage systems, DR and home automation systems that determine the functionality of "smart

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



home". Therefore, the full involvement of consumers in cities equipped with appropriate aggregated storage systems in "ComESto", coordinated with RES generation systems (Producers and Prosumers) by an aggregator that carries out exclusively a commercial function, market, is one of the major aspects of the project. This is possible even now, in compliance with current free energy market rules, by "aggregating" in the form of "community" (Community Energy Storage), just in terms of energy trading, the management of storage systems distributed in order to maximize the economic return of Producers and citizens Prosumers/Consumers, deriving from generation distributed by RES. By aggregating a variety of individuals, Prosumers, Consumers and Producers, it is possible to implement aggregate demand management systems following the Virtual Power Plant (VPP) paradigm and allowing the aggregate to contribute, at the request of the DSO and the TSO, to proper management of the electrical system, in order to achieve the necessary levels of adequacy, security and resilience of the system. Finally, in order to create "Community Energy Storage" and to support its energy trading functions, special attention will be given to the development of a hardware and software platform that uses modern Cloud, Wifi, narrowband Iot, 5G communication infrastructures and Ultralarga and Security bandwidth.

Sedi partner Partners: E-DIS, ENEA, ENEL-IT, EVOLVERE, FBK, GES, GREEN, OCIMA, SPINTEL, TEN, TIM, UNICAL, UNISI, UNIVPM, DHITECH

*Nome progetto*: : Energy balancing and resilience solutions to unlock the flexibility and increase market options for distribution grid - **Ebalance Plus**

Responsabile: Prof.ssa Anna Pinnarelli

Ente finanziatore: European Commission

Breve descrizione: The ebalance plus project aims to increase the energy flexibility of distribution grids, predict the available flexibility, increase the distribution electricity grid resilience and design and test new ancillary models to promote new markets based on energy flexibility. These objectives allow unlocking the energy flexibility market in distribution grids to support energy end-users (prosumers), exploitation managers of Distributed Energy Resources (DER) and energy operators with tailored end-user's interfaces. In ebalance plus, an energy balancing platform will control a variety of technologies (developed in ebalance+) with the goal of increasing the energy flexibility with enhanced prediction algorithms. The technologies developed include: electric smart-storage at building and district level, V2G systems with local DC networks and SiC power inverters, power to heat, management of PV power inverters, regulation of CHP and management of appliances/devices with IoT-based systems. In addition, the management units at distribution grid level will be equipped with smart-grid technologies to increase the grid observability and manage the available flexibility from lower domains in order to increase the distribution grid resilience under critical events. Energy end-users (prosumers), exploitation managers of distributed energy resources (DER), energy aggregators and DSO will access to the MU by tailored user interfaces to create an effective energy flexibility market with new ancillary models, which will be proposed and simulated to extend the potential to TSO domain. The ebalance+ solutions will be developed and tested in four real life pilots (in Spain, Italy, France and Denmark) with specific prototypes and objectives to be demonstrated with the support and feedback of electricity operators. In addition, use cases related to critical conditions that entail safety and security are tested in the Laboratory demo. In this context the university of Calabria represents one of the real life pilots.

Sedi partner: CEMOSA, IHP, Malaga University, Ampere, National Information Processing Institute, Sofcrits,

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



Reengen, Emtech, DTU, Enfor, ESCI, Junia, Magnum Cap

*Nome progetto:* Smart Energy Services Integrating the Multiple Benefits from Improving the Energy Efficiency of the European Building Stock - **Sensei**

Responsabile: Prof. Nicola Sorrentino

Ente finanziatore: European Commission

Breve descrizione: The overall objective of SENSEI is to first elaborate P4P schemes for financing energy efficiency that can be implemented across the EU, and then to integrate these P4P schemes with the preparation and implementation stages of the EPC model, with the intention of increasing and/or financing the gains in a building's value that are produced by energy efficiency improvements. In this context, the building value embodies the avoided costs, the financial gains and the indoor environment improvements (thermal comfort, quality of air, acoustics) that stem from the implementation of the energy efficiency measures included in an energy retrofit plan. The idea behind a P4P program that finances an energy upgrading project is that the financial flows between the parties involved are linked to the actual/measured energy savings normalized to the weather produced by the project. The latter, compared to traditional energy efficiency programs, allows for a shift in project performance risk from those who fund the program (ratepayers or taxpayers) to the entities that manage the project (e.g., energy service providers, aggregators, etc.). These entities often work with customers to choose which measures to install, are responsible for the quality of their installation, and provide advice on how to optimize their operation. Therefore, by paying more attention to performance, the risk of underperformance can be reduced. The remaining performance risk can then be managed at the portfolio level through aggregation, which spreads the risk over many projects, each of which can underperform or outperform. This risk transfer aligns the incentives of those receiving public support with policy objectives.

Sedi partner: IEECP, GECO Global, RAP, Factor4, Department of Territory and Sustainability of Catalonia, HEBES, CIMNE, Advanticsys, SINERGIE, OFFIS, DBT, Omnia Energia, UNICAL

## LABORATORI

*Nome laboratorio* **LASEER: LA**boratory of Electrical Energy Systems and Renewable Sources

Breve descrizione At LASEER, the theoretical/experimental research in the field of Electric and Electronic Systems for the Energy and Renewable Sources is carried out, to conceive, design, analyze in permanent and transitional speed, to create, characterize and test components and systems using modern technologies for production, transmission, distribution and use of electricity. In this context, some particular issues are considered carefully: security, automation, reliability, energy efficiency, diagnostics, planning, management of electrical systems, electromagnetic compatibility and quality of the electricity service, high voltage technique, issues related to the liberalized electricity market, engineering of materials for electrical systems, systems for electrified transport and range of special electrical installations, home automation and the various computerized systems, the use and integration of electrical machines, sensors and electrical actuators, electronic components and related power converters, electric drives, electrical and electronic materials, systems for the conversion of electromechanical and electronic energy for efficient use of primary energy sources. The spectrum of applications considered extends to all components of interconnected systems that use energetically significant electrical vectors.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI FIRENZE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE  
SCUOLA DI INGEGNERIA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE  
VIA DI S. MARTA 3  
50139 FIRENZE  
TEL. +39 055 2758999

**Responsabile Scientifico:** Pietro Antonio SCARPINO

**Sito web:** <https://www.ing-eam.unifi.it/>

**Composizione unità:**

Nome	Cognome	Ruolo
Alberto	Giorgi	Professore a Contratto
Pietro Antonio	Scarpino	Professore a Contratto

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## DISTRIBUZIONE E UTILIZZAZIONE.

Argomento – Tecniche per il monitoraggio dei parametri elettrici e termici di Cavi Elettrici in MT.

La ricerca presenta una metodologia di analisi in grado di monitorare il comportamento termico delle linee di media tensione partendo dall'analisi della risposta in frequenza. Attraverso le misurazioni dell'ammittenza di linea vengono oltre ai parametri elettrici anche temperatura di esercizio dei cavi con modalità di posa interrata. Diversi fattori influenzano la temperatura del conduttore come le correnti di sovraccarico, le variazioni delle condizioni ambientali, lo stato di salute dei materiali isolanti. Tutte queste situazioni aumentano la temperatura del cavo e, di conseguenza, la resistenza del conduttore. Quando i parametri elettrici del cavo cambiano, cambia anche la risposta in frequenza. Il sistema di monitoraggio è basato su una tecnica di apprendimento automatico per classificarne l'ampiezza e la fase attraverso una rete neurale multistrato feed-forward con neuroni multivalore consentendo la prevenzione di eventuali guasti catastrofici.

### Bibliografia

- [1] P. A. Scarpino – M. Bindi – A. Luchetta – F. Grasso – M.C. Piccirilli: Assessment of the health status of Medium Voltage lines through a complex neural network. IEEE Xplore 2021 AEIT Annual International Conference 4-8 October 2021 – DOI: 10.23919/AEIT53387.2021.9627068

## SICUREZZA ELETTRICA.

Argomento – Rischio elettrico da Arc Flash

I lavori elettrici sotto tensione o in prossimità di parti attive, rientranti nelle specifiche della Norma CEI 11-27 "Lavori Elettrici", espongono il personale agli effetti dell'arco elettrico e siccome non sempre è possibile, o desiderabile, disenergizzare le apparecchiature prima di operarvi, il calcolo dell'energia incidente prodotta dall'arco elettrico, principalmente di natura termica e luminosa, diventa uno strumento di prevenzione fondamentale.

La ricerca condotta dall'Unità di Firenze in collaborazione con il Politecnico di Bari e dell'Università La Sapienza di Roma ha prodotto una serie di pubblicazioni riguardante la valutazione del rischio elettrico da Arc Flash sia in corrente alternata che in corrente continua e in riferimento a quest'ultimo caso ha posto l'attenzione sul rischio d'arco elettrico per l'utilizzo e il diffondersi sempre di più delle auto elettrico e del sistema e-mobility in generale.

Un metodo semplificato è stato proposto e pubblicato su IEEE Trans. IAS e un approccio scientifico riguardo alla distribuzione delle ustioni sul corpo umano hanno portato a risultati importanti ai fini della scelta e dello studio dei dispositivi di protezione individuali adeguati a resistere agli effetti termici dell'arco.

### Collaborazioni con altre unità

- La Sapienza Università degli Studi di Roma;
- Politecnico di Bari

### Bibliografia

- [1] P. A. Scarpino – G. Cafaro – A. Reatti - F. Grasso – G. Talluri: Importance of Arc Flash Analysis in e-mobility - IEEE Xplore 2020 AEIT Annual International Conference 23-25 September 2020. DOI: 10.23919/AEIT50178.2020.9241087.
- [2] G. Parise - P.A. Scarpino: A Simplified Method for Arc Flash Assessment in Low Voltage A.C.- IEEE Xplore, Conference 27-30 April 2021 – Las Vegas USA DOI: 10.1109/ICPS51807.2021.9416608.
- [3] G. Parise - P.A. Scarpino – Earling Hesla: Incident Energy of Arc Flash and Body Surface Area - IEEE Xplore, Conference 10-14 October 2021, Vancouver Canada DOI: 10.1109/IAS48185.2021.9677340.
- [4] G. Parise and P.A. Scarpino: A Basic Assessment of Arc Flash in Low Voltage A.C. – IEEE Trans. Ind. Appl. Vol. 57, no 5, pp. 4513-4519, Sept./Oct. 2021.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

- [5] G. Parise - P.A. Scarpino – Ealing Hesla: Flash Intensity of Arc, Isoflashes Distribution, and Body Surface Area – IEEE Trans. Ind. Appl. Vol. 58, no 2, pp. 1730-1736, March/April 2022.
- [6] G. Parise and P.A. Scarpino: Power Factor Relevance on Arc Flash A.C. – Articolo accettato per la pubblicazione su IEEE Trans. Ind. Appl. Luglio 2022.

### **TRASMISSIONE E SUPER GRID.**

Argomento - Il Piano di Alleggerimento del Carico nel contesto delle reti di distribuzione attive.

Le future reti elettriche si baseranno sempre più sulla generazione distribuita e sulla maggiore interazione tra consumatori e prosumer. Infatti, la Direttiva sulle Energie Rinnovabili 2018/2001 ha stabilito un ruolo importante per le cosiddette "comunità energetiche", composte da prosumer e consumatori, che saranno abilitate a produrre, consumare, immagazzinare e vendere energia rinnovabile. Il presente lavoro presenta un modello di ottimizzazione dell'autoconsumo di un prosumer, che lavora in tempo reale e in sinergia con un modello di condivisione peer-to-peer dell'elettricità solare in eccesso. Il modello viene applicato su una piccola comunità energetica, in cui il prosumer è anche proprietario di un sistema di accumulo elettrochimico. I risultati dei test sono presentati in termini di benefici energetici, ambientali ed economici e dimostrano che lo scambio di energia peer-to-peer può migliorare l'equilibrio locale della produzione e del consumo di energia. I modelli presentati sono stati sviluppati nell'ambito delle attività del progetto E-Cube, a cui ha partecipato anche l'Università di Firenze.

#### Bibliografia.

- [1] A. Giorgi, F. Grasso, G. Talluri, Paolucci L.- University of Florence “Peer-to-Peer Energy Exchanges Model to optimize the Integration of Renewable Energy Sources: The E-Cube Project” – L’Energia Elettrica Supplement Journal vol. 96. DOI: 10.36156/ENERGIA06.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI GENOVA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA NAVALE, ELETTRICA, ELETTRONICA E DELLE TELECOMUNICAZIONI  
VIA ALL'OPERA PIA 11A  
16145 GENOVA  
TEL. +39 010 353 2718

**Responsabile Scientifico: Stefano Massucco**

**Sito web:** [www.diten.unige.it](http://www.diten.unige.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Giovanni	Bianco	DOTTORANDO
Andrea	Bonfiglio	RTD-B
Barbara	Bonvini	COLLABORATORE DI RICERCA
Stefano	Bracco	PROFESSORE ASSOCIATO
Francesco	Conte	RTD-A
Monica	Crosa di Vergagni	DOTTORANDA
Fabio	D'Agostino	RTD-A
Federico	Delfino	PROFESSORE ORDINARIO e MAGNIFICO RETTORE
Gio Battista	Denegri	PROFESSORE ORDINARIO IN PENSIONE
Matteo	Fresia	DOTTORANDO
Bruno	Gabriele	DOTTORANDO
Marco	Gallo	DOTTORANDO
Marco	Invernizzi	PROFESSORE ORDINARIO
Daniele	Kaza	DOTTORANDO
Alice	La Fata	DOTTORANDA
Damiano	Lanzarotto	DOTTORANDO
Manuela	Minetti	DOTTORANDA
Stefano	Massucco	PROFESSORE ORDINARIO
Daniele	Mestriner	RTD-A
Andrea	Morini	RICERCATORE
Gabriele	Mosaico	ASSEGNISTA
Gianluca	Natrella	DOTTORANDO
Martino	Nicora	DOTTORANDO
Alessandro	Palmieri	DOTTORANDO
Giorgio	Piazza	DOTTORANDO
Paola	Pongiglione	DOTTORANDA
Renato	Procopio	PROFESSORE ASSOCIATO
Giacomo	Schiapparelli	DOTTORANDO
Alessandro	Rosini	ASSEGNISTA DI RICERCA
Matteo	Saviozzi	RTD-B

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Abhinav	Sawhney	DOTTORANDO
Federico	Silvestro	PROFESSORE ORDINARIO
Andrea	Vinci	DOTTORANDO

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Modellistica e integrazione della fonte di generazione eolica nel sistema elettrico

Sviluppo di algoritmi di supporto di frequenza inerziale per generatori eolici di tipo Full-Converter a magneti permanenti che consentano di gestire correttamente la fase di supporto e preservare la stabilità dell'aerogeneratore alle basse velocità e la successiva fase di recupero di velocità. L'attività di ricerca ha portato al deposito di un brevetto relativo alla tecnologia sviluppata citato come SMART WIND. ([GE.Prod.1]).

Tecniche di controllo Model Based applicate a unità di produzione turbogas

Progettazione e sviluppo di regolatore primario per unità di produzione turbogas di ultima generazione basato sulla tecnica sliding mode. Il sistema di controllo garantisce prestazioni ottimali di risposta del sistema a variazioni del riferimento di potenza con gradienti elevati. Il sistema di controllo proposto è stato successivamente ingegnerizzato e implementato su hardware di controllo utilizzato da Ansaldo Energia e integrato nel sistema di controllo generale della turbina. Successivamente il controllore è stato validato per mezzo di simulazioni Real-Time in logica Hardware in the loop su un modello di dettaglio che integra tutti i sistemi di controllo e monitoraggio del sistema messo a disposizione da Ansaldo Energia (partner dello studio in oggetto). ([GE.Prod.2], [GE.Prod.3]).

Modelli a scala regionale per la pianificazione e la gestione ottima di impianti a fonte rinnovabile integrati con sistemi di accumulo

Sviluppo di metodologie e strumenti di calcolo per la progettazione ottima dell'installazione e della gestione operativa di impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (fotovoltaico, eolico ed idroelettrico) abbinati a sistemi di accumulo elettrochimico. Applicazione della metodologia ad un primo caso di studio riguardante una valle dell'entroterra ligure ([GE.Prod.2], [GE.Prod.4]).

Gestione e controllo di sorgenti rinnovabili anche in presenza di accumulo e/o fuel cell. Servizi di rete (regolazione primaria e inertial response)

Le ricerche hanno sviluppato metodologie di controllo innovativo ed avanzato per la generazione rinnovabile al fine di rendere possibile la partecipazione di queste sorgenti alla fornitura di servizi di rete (regolazione di frequenza da parte della generazione distribuita anche in presenza di sistemi di accumulo) [GE.Prod.5], [GE.Prod.6]. Valutazione di fornitura di servizi alla rete da parte di sistemi di accumulo con tecniche di Predictive Control [GE.Prod.7].

Si sono sviluppati e validati modelli per sistemi integrati di generazione fotovoltaica e accumulo utilizzando anche metodi di ottimizzazione stocastica [GE.Prod.8].

Si sono identificate metodologie ibride ANN-based per il forecasting di produzione da sistemi PV [GE.Prod.9], [GE.Prod.10].

Collaborazioni con altre unità

- Università di Bologna, Politecnico di Milano. Tema: Gestione e controllo di sorgenti rinnovabili anche in presenza di accumulo e/o fuel cell. Servizi di rete (regolazione primaria e inertial response).

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Ansaldo Energia S.p.A. Tema: Tecniche di controllo Model Based applicate a unità di produzione turbogas.
- Collaborazione con 11 Centri di Ricerca e Università (CEA, EPFL, UPD, UDE, TU Berlin; RSE, ENSIEL, ULPGC, CENE, R&D NESTER, FBK), 6 TSO europei (RTE; REE, TERNA, ELES, ELIA, REN) e 11 aziende (ABB, Schneider Electric, EFAEC, SAFT, GPTECH, INGETEAM, HSE, ENEL, E2i, Edison, Hydro Dolomiti Energia) all'interno del progetto europeo OSMOSE (Optimal System-

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Mix Of flexibility Solutions for European electricity, vedi sezione dedicata ai progetti – [GE.Progetti.15]). Tema: Gestione e controllo di sorgenti rinnovabili anche in presenza di accumulo e/o fuel cell. Servizi di rete (regolazione primaria e inertial response).

### Bibliografia

- [GE.Prod.1]. A. Bonfiglio, A. Labella, R. Procopio - Metodo e sistema di controllo di generatori non inerziali, in particolare di generatori eolici, mediante emulazione di inerzia, Brevetto Italiano N. 102018000007930
- [GE.Prod.2]. A. Bonfiglio, S. Cacciacarne, M. Invernizzi, D. Lanzarotto, A. Palmieri and R. Procopio, “A Sliding Mode Control Approach for Gas Turbine Power Generators”, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 34, no. 2, pp. 921-932, 2018, doi: 10.1109/TEC.2018.2879688
- [GE.Prod.3]. A. Palmieri, D. Lanzarotto, S. Cacciacarne, I. Torre, A. Bonfiglio “An Innovative Sliding Mode Load Controller for Gas Turbine Power Generators: Design and Experimental Validation Via Real-Time Simulation” Energy, vol 217, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2020.119363
- [GE.Prod.4]. S. Bracco, “A Study for the Optimal Exploitation of Solar, Wind and Hydro Resources and Electrical Storage Systems in the Bormida Valley in the North of Italy”, Energies, 13(20), doi: 10.3390/en13205291
- [GE.Prod.5]. J. Adu, T. Pontecorvo, F. Tossani, V. Ilea, A. Vicario, F. Conte, F. D’Agostino, “Coordinated Inertial Response Provision by Wind Turbine Generators: Effect on Power System Small-Signal Stability of the Sicilian Network”, 22nd IEEE International Conference on Environmental and Electrical Engineering - IEEEIC, Prague, 28 June-1 July 2022
- [GE.Prod.6]. A. Berizzi, V. Ilea, A. Vicario, F. Conte, S. Massucco, A. J. Amankwah, C. A. Nucci, T. Pontecorvo, “Stability Analysis of the OSMOSE Scenarios: Main Findings, Problems, and Solutions Adopted”, AEIT International Annual Conference (AEIT), 4-8 October 2021, doi: 10.23919/AEIT53387.2021.9626939
- [GE.Prod.7]. F. Conte, S. Massucco, G.P. Schiapparelli, and F. Silvestro, “Frequency Regulation Services by a BESS-Generator System using Predictive Control”, 13th IEEE PES PowerTech Conference, Milano, 23-27 June 2019, doi: 10.1109/PTC.2019.8810432
- [GE.Prod.8]. F. Conte, G. Mosaico, G. Natrella, M. Saviozzi, F.R. Bianchi “Optimal Management of Renewable Generation and Uncertain Demand with Reverse Fuel Cells by Stochastic Model Predictive Control”, 17th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS 2022), Manchester, 12-15 June 2022, doi: 10.1109/TSTE.2019.2941369
- [GE.Prod.9]. S. Massucco, G. Mosaico, M. Saviozzi, F. Silvestro, “A Hybrid Technique for the Day-ahead PV Generation Forecasting Using Clear Sky Models or Ensemble of Artificial Neural Networks According to a Decision Tree Approach”, Energies 2019, 12(7), 1298, doi: 10.3390/en12071298
- [GE.Prod.10]. G. Mosaico, M. Saviozzi, “A Hybrid Methodology for the Day-Ahead PV Forecasting Exploiting a Clear Sky Model or Artificial Neural Networks”, 18th IEEE International Conference on Smart Technologies (EUROCON), Novi Sad, 1-4 July 2019, doi: 10.1109/EUROCON.2019.8861551

### TRASMISSIONE E SUPER GRID

Valutazione della sicurezza e risk assessment per i sistemi elettrici inclusi aspetti di interoperabilità

Sviluppo di metodologie e strumenti integrati per la sicurezza dei sistemi elettrici con metodi deterministici e probabilistici basate sul concetto di rischio e su modelli quantitativi di interazione tra le minacce, le vulnerabilità dei componenti e l’impatto sull’esercizio di rete [GE.Trasmis.1]. Metodi per tenere in conto l’incertezza nei calcoli di load flow probabilistico per grandi sistemi elettrici.

Contributo alla realizzazione della sicurezza dei sistemi elettrici da parte del carico, dei sistemi di accumulo e degli impianti rinnovabili

Contributo di carichi elettrici di rilievo (carichi termici, frigoriferi e acqua calda sanitaria) alla sicurezza del sistema elettrico con riferimento alla metodologia ENTSO-E) [GE.Trasmis.2], [GE.Trasmis.3], [GE.Trasmis.4], [GE.Trasmis.5].

Studi di sviluppi di rete (Sicilia 2030, 2050) con presenza di rinnovabili e sistemi di accumulo. [GE.Trasmis.6], [GE.Trasmis.7].

Quantificazione della fornitura del servizio di regolazione potenza-frequenza primaria [GE.Trasmis.8] e del servizio inerzia sintetica alla rete da carico e sistemi di accumulo [GE.Trasmis.9].

#### Interazioni TSO/DSO

Modelli dinamici equivalenti di reti di distribuzione attive per interazione TSO/DSO [GE.Trasmis.10]. Analisi delle possibili interazione TSO/DSO e identificazione di funzioni con riferimento al controllo e all'automazione delle reti elettriche del futuro [GE.Trasmis.11], in linea con le indicazioni del Joint Working Group (JWG), CIGRE/CIREN C6.25/B5 [GE.Trasmis.12].

Analisi e supporto alle decisioni per investimenti dei TSO/DSO [GE.Trasmis.13]. Approvvigionamento di reattivo per TSO/DSO [GE.Trasmis.14].

Algoritmi di stima dello stato [GE.Trasmis.15].

Dimensionamento e posizionamento ottimo di sistemi di accumulo per supporto alla rete e gestione della riserva.

#### Laboratorio Distribuito ENET RT-Lab

Partecipazione alla realizzazione di un laboratorio distribuito per la simulazione Real-Time per lo studio dei sistemi elettrici.

#### Studio delle necessità della rete di trasmissione futura di servizi forniti dalla Generazione Grid-Forming

Attività volta ad effettuare una valutazione tecnico-economica dei servizi che il gestore di rete dovrà chiedere alla generazione Grid-Forming per sostenere la transizione della rete di trasmissione in presenza di elevata penetrazione di generazione sotto-convertitore e/o aleatoria.

#### Collaborazioni con altre unità

- Università di Bologna e Politecnico di Milano. Tema: Contributo alla realizzazione della sicurezza dei sistemi elettrici da parte del carico dei sistemi di accumulo e degli impianti rinnovabili.
- Università di Cagliari. Tema: Interazioni TSO/DSO.
- Politecnico di Torino (Prof. Bompard, Prof. Pons, Prof. Mazza), con il Politecnico di Bari (Prof. La Scala, Prof. Bruno), con l'Università degli Studi di Napoli Federico II (Prof. Villacci) e con il Smart Grid Interoperability Laboratory Joint Research Centre della Commissione Europea a Ispra per la realizzazione del progetto ENET RT-Lab. Tema: Laboratorio Distribuito ENET RT-Lab.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Ricerche sul Sistema Energetico - RSE S.p.A. Temi: Valutazione della sicurezza e risk assessment per i sistemi elettrici inclusi aspetti di interoperabilità, Contributo alla realizzazione della sicurezza dei sistemi elettrici da parte del carico dei sistemi di accumulo e degli impianti rinnovabili (vedi sezione dedicata ai progetti – [GE.Progetti.21], [GE.Progetti.25], [GE.Progetti.27]).
- Collaborazione con 11 Centri di Ricerca e Università (CEA, EPFL, UPD, UDE, TU Berlin; RSE, ENSIEL, ULPGC, CENE, R&D NESTER, FBK), 6 TSO europei (RTE; REE, TERNA, ELES, ELIA, REN) e 11 aziende (ABB, Schneider Electric, EFAEC, SAFT, GPTECH, INGETEAM, HSE, ENEL, E2i, Edison, Hydro Dolomiti Energia) all'interno del progetto europeo OSMOSE (Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for European electricity, vedi sezione dedicata ai progetti –

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

[GE.Progetti.15]). Tema: Contributo alla realizzazione della sicurezza dei sistemi elettrici da parte del carico dei sistemi di accumulo e degli impianti rinnovabili.

- Partecipazione al Joint Working Group (JWG), CIGRE/CIRED C6.25/B5 “Control and Automation Systems for Electricity Distribution Networks of the Future”. Tema: Interazioni TSO/DSO.
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) di Losanna (Svizzera). Tema: Interazioni TSO/DSO.
- Partecipazione al Joint Working Group (JWG), CIGRE C.145 “Harmonised metrics and consistent methodology for benefits assessment in Cost-Benefit Analysis (CBA) of electric interconnection projects”.

## Bibliografia

- [GE.Trasmis.1]. C. Chemelli, E. Ciapessoni, D. Cirio, S. Massucco, G. Pirovano, A. Pitto, M. Sforna, “Quantifying benefits of grid reinforcement measures to power system resilience against wet snow events”, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), Bucharest, 29 September-2 October 2019, doi: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905719
- [GE.Trasmis.2]. F. Conte, M. C. di Vergagni, S. Massucco, F. Silvestro, E. Ciapessoni, D. Cirio, “Performance Analysis of Frequency Regulation Services Provided by Aggregates of Domestic Thermostatically Controlled Loads”, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, vol. 131, 107050, October 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107050
- [GE.Trasmis.3]. F. Conte, B. Gabriele, S. Massucco, F. Silvestro, D. Cirio, L. Croci, “Flexibility Evaluation of Domestic Electric Water Heater Aggregates”, IEEE PowerTech, Madrid, 27 Jun-2 Jul 2021, doi: 10.1109/PowerTech46648.2021.9494972
- [GE.Trasmis.4]. F. Conte, B. Gabriele, S. Massucco, F. Silvestro, D. Cirio, L. Croci, “Domestic Heat-Pump Water Heater Aggregates: a Contribution to Demand Flexibility”, AEIT International Annual Conference (AEIT), 4-8 October 2021, doi: 10.23919/AEIT53387.2021.9626995
- [GE.Trasmis.5]. F. Conte, B. Gabriele, S. Massucco, F. Silvestro, “Flessibilità di Scaldacqua Elettrici e Pompe di Calore”, Rivista AEIT, numero 1/2, 2022
- [GE.Trasmis.6]. J. Adu, C. Nucci, T. Pontecorvo, A. Berizzi, V. Ilea, A. Vicario, F. Conte, S. Massucco, “Stabilità del Sistema Elettrico: il Caso Studio della Sicilia nel 2030”, Rivista AEIT, numero 1/2, 2022
- [GE.Trasmis.7]. J. Adu, A. Berizzi, F. Conte, F. D'Agostino, V. Ilea, F. Napolitano, T. Pontecorvo, A. Vicario, “Power System Stability Analysis of the Sicilian Network in the 2050 OSMOSE Project Scenario”, Energies 15(10), 3517, 2022 doi: 10.3390/en15103517
- [GE.Trasmis.8]. F. Conte, S. Massucco, G. P. Schiapparelli, F. Silvestro, M. Paolone, and Y. Zuo, “Frequency Stability Assessment of Modern Power Systems: Models Definition, Parameters Identification and Real-Time Simulations”, Sustainable Energy, Grids and Networks, vol. 23, 100384, September 2020, doi: 10.1016/j.segan.2020.100384, ISSN: 2352-4677
- [GE.Trasmis.9]. F. Conte, M. Crosa, S. Massucco, F. Silvestro, E. Ciapessoni, and D. Cirio, “Synthetic Inertia and Primary Frequency Regulation Services by Domestic Thermal Loads”, 19th IEEE International Conference on Environmental and Electrical Engineering- EEEIC, Genova, 11-14 June 2019, doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783679
- [GE.Trasmis.10]. F. Conte, F. D'Agostino, F. Silvestro, “Equivalent Dynamic Modelling of Active Distribution Networks for TSO-DSO Interactions”, Decentralized Frameworks for Future Power Systems: Operation, Planning and Control Perspectives, M. P. Moghaddam, R. Zamani, H. H. Alhelou, P. Siano (ed.), Academic Press, Chapter 10, May 2022, ISBN: 9780323916981
- [GE.Trasmis.11]. G. P. Schiapparelli, F. Conte, S. Massucco, F. Silvestro, “Optimal Management of Battery Storage system,” AEIT, vol.104, pp. 15-23, 2019
- [GE.Trasmis.12]. J. Aranedá, F. Pilo, F. Silvestro, M. Duarte, F. Heymann, M. C. Alvarez, “Review of Transmission and Distribution Investment Decision Making Processes Under Increasing Energy Scenario Uncertainty”, CIGRE Symposium, Chengdu, China, 20-27 September 2019

### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [GE.Trasmis.13]. F. Silvestro, F. Pilo, J. C. Araneda, M. Duarte, M. Braun, J. Taylor, "Review of Transmission and Distribution Investment Decision Making Processes Under Increasing Energy Scenario Uncertainty", 25th International Conference on Electricity Distribution (CIRED), Madrid, 3-6 June 2019, doi: 10.34890/735
- [GE.Trasmis.14]. J. Ali, S. Massucco, F. Silvestro, "Aggregation Strategy for Reactive Power Compensation Techniques – Validation", *Energies*, 2019, 12(11), 2047, doi: 10.3390/en12112047
- [GE.Trasmis.15]. F. Conte, B. Gabriele, and G. P. Schiapparelli, "Assessment of State Estimation Methods for Power Systems with Uncertain Parameters", 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Turin, Italy, 1-4 September 2020, doi: 10.1109/UPEC49904.2020.9209894
- [GE.Trasmis.16]. S. Massucco, P. Pongiglione, F. Silvestro, M. Paolone, F. Sossan, "Siting and Sizing of Energy Storage Systems: Towards a Unified Approach for Transmission and Distribution System Operators for Reserve Provision and Grid Support", *Electric Power Systems Research*, vol. 190, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106660>

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

Reti elettriche di distribuzione attive in presenza di rinnovabili. Sviluppo e integrazioni di funzioni per Distribution Management System (DMS).

Sviluppo dell'architettura di un DMS e delle Application Function per microreti atto al controllo in tempo reale di generatori distribuiti e sistemi di accumulo.

Progetto Podcast: implementazione di funzioni avanzate per DMS di reti di distribuzione con utilizzo di dati da smart meter e installazione ottima di sistemi di accumulo in sinergia con sorgenti rinnovabili. Aggregatori di carico per servizi alla rete [GE.Distrib.1].

Algoritmi per la gestione e il controllo delle reti elettriche di distribuzione

Fault detection per reti di distribuzione attive utilizzando PMU posizionate in modo ottimo [GE.Distrib.2], [GE.Distrib.3]. Controllo ottimo di risorse distribuite di tipo Volt/Var per il dimensionamento e posizionamento ottimo di dispositivi di accumulo e gestione delle congestioni di rete [GE.Distrib.4].

Modelli di ricarica di auto elettriche per reti in bassa tensione [GE.Distrib.5].

Algoritmi per la gestione e il controllo dei multi energy hub [GE.Distrib.6]. Integrazione di shipboard microgrid con la rete di distribuzione di terra [GE.Distrib.7].

Virtual Power Plant/Utility (VPP/VPU), comunità energetiche e flessibilità

Identificazione e sviluppo di una piattaforma per la gestione e il controllo di VPP e comunità energetiche [GE.Distrib.8]. Algoritmi di gestione ottima per VPP/VPU [GE.Distrib.9] e comunità energetiche anche in ottica di fornitura di flessibilità alla rete [GE.Distrib.10].

Analisi e modellazione della flessibilità che la generazione distribuita può fornire alla rete [GE.Distrib.11].

Miglioramento della flessibilità dei DSO mediante l'impiego di VPP [GE.Distrib.12].

Collaborazioni con altre unità

- Politecnico di Milano. Tema: Virtual Power Plant/Utility (VPP/VPU), comunità energetiche e flessibilità.
- Unità coinvolte nel progetto PRIN coordinato dall'Unità di Bologna (Prof. Nucci). Politecnico di Bari, Università di Bologna, Cagliari, Padova, Politecnico di Milano.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Ricerche sul Sistema Energetico - RSE S.p.A. Tema: Algoritmi per la gestione e il controllo delle reti elettriche di distribuzione (vedi sezione dedicata ai progetti – [GE.Progetti.7]).



- ABB S.p.A. (Bergamo). Tema: Algoritmi per la gestione e il controllo delle reti elettriche di distribuzione (vedi sezione dedicata ai progetti – [GE.Progetti.37]).
- Partecipazione al Joint Working Group C6/C2.34 “Flexibility provision from distributed energy resources”.

## Bibliografia

- [GE.Distrib.1]. S. Massucco, G. Mosaico, P. Pongiglione, M. Saviozzi, F. Silvestro, “Probabilistic Planning for Distribution Networks including Optimal DER Regulation and Storage Allocation”, IEEE PES General Meeting, Montreal, 3-6 August 2020, doi: 10.1109/PESGM41954.2020.9281710
- [GE.Distrib.2]. F. Conte, F. D’Agostino, B. Gabriele, G. P. Schiapparelli, F. Silvestro, “Fault Detection and Localization in Active Distribution Networks using Optimally Placed Phasor Measurements Units”, IEEE Transactions on Power Systems, 2022, 10.1109/TPWRS.2022.316568
- [GE.Distrib.3]. F. Conte, B. Gabriele, G. P. Schiapparelli, F. Silvestro, C. Bossi, M. Cabiati, “Optimal Positioning of PMUs for Fault Detection and Localization in Active Distribution Networks”, IEEE PowerTech, Madrid, 27 Jun-2 Jul 2021, doi: 10.1109/PowerTech46648.2021.9494871
- [GE.Distrib.4]. F. D’Agostino, S. Massucco, P. Pongiglione, M. Saviozzi, F. Silvestro, “Optimal DER Regulation and Storage Allocation in Distribution Networks: Volt/Var Optimization and Congestion Relief”, 13th IEEE PES PowerTech Conference, Milano, 23-27 June 2019, doi: 10.1109/PTC.2019.8810422
- [GE.Distrib.5]. S. Cassano, E. De Jaeger, C. Leroi, F. Silvestro, “Modeling of Harmonic Propagation of Fast DC EV Charging Station in a Low Voltage Network”, 13th IEEE PES PowerTech Conference, Milano, 23-27 June 2019, doi: 10.1109/PTC.2019.8810969
- [GE.Distrib.6]. F. Conte, F. D’Agostino, D. Kaza, S. Massucco, G. Natrella, F. Silvestro, “Optimal Management of a Smart Port with Shore-Connection and Hydrogen Supplying by Stochastic Model Predictive Control”, IEEE PES General Meeting, Denver (USA), 17-21 July 2022
- [GE.Distrib.7]. D’Agostino, A. Fidigatti, E. Ragaini and F. Silvestro, "Integration of Shipboard Microgrids Within Land Distribution Networks: Employing a Ship Microgrid to Meet Critical Needs," in IEEE Electrification Magazine, vol. 7, no. 4, pp. 69-80, Dec. 2019. doi: 10.1109/MELE.2019.2943979
- [GE.Distrib.8]. S. Bianchi, A. De Filippo, S. Magnani, G. Mosaico, F. Silvestro, “VIRTUS Project: A Scalable Aggregation Platform for the Intelligent Virtual Management of Distributed Energy Resources”, Energies, 2021, 14, 3663, doi: <https://doi.org/10.3390/en14123663>
- [GE.Distrib.9]. H. Uslu, A. Vinci, M. Saviozzi, G. Mosaico, M. Assadi, F. Silvestro, H. M. Somehsaraei, “Economic Dispatch Optimization of a Virtual Power Plant Consisting of Micro Gas Turbines with Alternative Fuels Using Real-Time Data”, Turbomachinery Technical Conference & Exposition – ASME Turbo Expo, Rotterdam, 13-17 June 2020
- [GE.Distrib.10]. F. Conte, M. Saviozzi, S. Grillo, “An Optimization Problem for Day-Ahead Planning of Electrical Energy Aggregators”, International Federation of Automation Control (IFAC) World Congress, Berlin, 11-17 July 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1098>
- [GE.Distrib.11]. P. Mancarella, E. Martinez-Cesena, G. Celli, K. Das, G. Ledwich, P. Lombardi, M. Negnevitsky, M. Saviozzi, F. Soares, G. Zhang, N. Zhang, “Modelling Flexibility from Distributed Energy Resources”, CIGRE Symposium, Chengdu, 20-26 September 2019
- [GE.Distrib.12]. J. Ali, F. Silvestro, “Conventional Power Plants to TSO Frequency Containment Reserves - A Competitive Analysis for Virtual Power Plant Role”, 5th IEEE International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI), Firenze, 9-12 September 2019, doi: 10.1109/RTSI.2019.8895540

## TECNOLOGIE

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



### Analisi di Strategie di Controllo per Convertitori Elettronici di Potenza

Analisi e valutazione sperimentale di strategie per il controllo dei convertitori elettronici di potenza (grid forming, grid following e virtual synchronous machine) sia in reti di distribuzione [GE.Tecnol.1], sia in impianti elettrici a bordo nave [GE.Tecnol.2].

### High Voltage Shore Connection (HVSC)

Sviluppo di un modello dinamico di un HVSC e del sistema elettrico di una nave al fine di analizzare il comportamento di sistema a fronte di guasti e tenendo in considerazione le principali normative di riferimento [GE.Tecnol.3].

### Collaborazioni con altre unità

- Politecnico di Milano. Tema: Analisi di Strategie di Controllo di Convertitori Elettronici di Potenza, High Voltage Shore Connection.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) di Losanna (Svizzera). Tema: Analisi di Strategie di Controllo di Convertitori Elettronici di Potenza.

### Bibliografia

[GE.Tecnol.1]. F. D'Agostino, S. Massucco, G. P. Schiapparelli, F. Silvestro, and M. Paolone, "Performance Comparative Assessment of Grid Connected Power Converters Control Strategies", IEEE International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems (IESES), Cagliari, 1-3 September 2020, doi: 10.1109/IESES45645.2020.9210693

[GE.Tecnol.2]. G. P. Schiapparelli, M. Passalacqua, F. D'Agostino, M. Marchesoni, L. Vaccaro, F. Silvestro, "Experimental Assessment of Power Converters Control Strategies for Shipboard Microgrids", 22nd IEEE International Conference on Environmental and Electrical Engineering-EEEIC, Prague, 28 June-1 July 2022

[GE.Tecnol.3]. F. D'Agostino, S. Grillo, R. Infantino and E. Pons, "High Voltage Shore Connection Systems: Grounding Resistance Selection and Short Circuit Currents Evaluation", IEEE Transactions on Transportation Electrification, Early Access, doi: 10.1109/TTE.2021.3137717

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

Pianificazione e gestione ottima dell'integrazione di infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici all'interno di sistemi poligenerativi e microreti

La ricerca riguarda lo sviluppo di metodologie e strumenti di calcolo per l'integrazione ottima di sistemi di mobilità elettrica (veicoli e infrastrutture di ricarica) all'interno di sistemi di generazione distribuita e microreti poligenerative in contesti urbani. Le metodologie sviluppate riguardano sia la risoluzione di problemi di pianificazione ottima ([GE.Trasporti.1], [GE.Trasporti.2], [GE.Trasporti.3]) che l'applicazione della tecnologia vehicle-to-grid (V2G) e vehicle-to-building (V2B) e la definizione di algoritmi di smart charging di veicoli elettrici ([GE.Trasporti.4], [GE.Trasporti.5]). L'attività di ricerca è svolta anche sperimentalmente all'interno della Smart Polygeneration Microgrid operativa dal 2014 al Campus di Savona ([GE.Trasporti.6]).

### Modelli di simulazione e pianificazione di sistemi di mobilità elettrica urbana

Sviluppo di modelli di simulazione per il calcolo dei consumi energetici di veicoli elettrici adibiti al trasporto pubblico in ambito urbano. Analisi dell'effetto delle condizioni ambientali, del livello di occupazione dei mezzi e del livello di traffico sui consumi energetici ([GE.Trasporti.7], [GE.Trasporti.8]). Progettazione di sistemi di ricarica del tipo "opportunity fast-charging" per flotte di bus elettrici operanti in contesti urbani:

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

scelta ottimale della collocazione e della taglia dei sistemi di ricarica da installare lungo un percorso urbano [GE.Trasporti.9].

#### Modellistica e gestione energetica ottima di sistemi elettrici di bordo

Sistemi di bordo in corrente continua: modellazione e simulazione real-time [GE.Trasporti.10], [GE.Trasporti.11], analisi di stabilità di shipboard microgrid in presenza di sistemi di accumulo e carichi a potenza costante [GE.Trasporti.12], integrazione di sorgenti di energia rinnovabile (fuel cell) [GE.Trasporti.13].

Modellazione e simulazione di impianti di propulsione di una nave [GE.Trasporti.14].

Integrazione della generazione distribuita a bordo nave [GE.Trasporti.15], [GE.Trasporti.16], [GE.Trasporti.17].

Modelli dinamici per la progettazione e la taratura della selettività negli impianti di bordo [GE.Trasporti.18].

Analisi e valutazioni tecnico-economiche riguardo l'elettrificazione dei porti [GE.Trasporti.19], [GE.Trasporti.19].

Progettazione, definizione e implementazione di un laboratorio di co-simulazione per applicazioni "multi-domain" di tipo navale [GE.Trasporti.21].

#### Collaborazioni con altre unità

- Politecnico di Milano (Prof.ssa F. Foiadelli, Prof.ssa M. Longo). Temi: sviluppo di modelli di ottimizzazione e di simulazione per la pianificazione e la gestione di sistemi di mobilità elettrica (veicoli e infrastrutture di ricarica) all'interno di microreti poligenerative e distretti urbani sostenibili; stima dei consumi energetici di bus elettrici in ambito urbano; pianificazione di infrastrutture di ricarica "opportunity fast charging".
- Politecnico di Milano. Tema: Modellistica e gestione energetica ottima di sistemi elettrici di bordo.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Collaborazione con l'Università di León (Prof. De Simon-Martin, A. De La Puente-Gil, J. Blanes-Peiro) sui temi: vehicle-to-grid (V2G), vehicle-to-home (V2H), smart charging di veicoli elettrici, integrazione della mobilità elettrica con le fonti rinnovabili. Nel 2021 organizzato corso (responsabile: Stefano Bracco) "Smart Grids and Electric Mobility in Power Networks" rivolto a studenti di ingegneria (B.Sc., M.Sc., Ph.D.) e neo-laureati dell'Università di León.
- ABB Marine and Ports S.p.A. (Genova). Tema: Modellistica e gestione energetica ottima di sistemi elettrici di bordo microreti .
- ABB S.p.A. (Bergamo). Tema: Modellistica e gestione energetica ottima di sistemi elettrici di bordo microreti (vedi sezione dedicata ai progetti – [GE.Progetti.46])
- Partecipazione all'IEEE Marine System Coordinating Committee (MSCC).

#### Bibliografia

[GE.Trasporti.1]. G. Piazza, S. Bracco, F. Delfino, S. Siri, "Optimal design of electric mobility services for a Local Energy Community", Sustainable Energy, Grids and Networks, vol. 26, 100440, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2021.100440>

[GE.Trasporti.2]. S. Bracco, F. Delfino, M. Longo, S. Siri, "Electric Vehicles and Storage Systems Integrated within a Sustainable Urban District Fed by Solar Energy", Journal of Advanced Transportation, vol. 2019, p. 1-19, 2019, <https://doi.org/10.1155/2019/9572746>

[GE.Trasporti.3]. G. Piazza, S. Bracco, S. Siri, F. Delfino, "Integration of electric mobility services within an existing polygeneration microgrid", IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC/I and CPS Europe, Genova, Italia, 2019, doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783664

- [GE.Trasporti.4]. M. De Simon-Martin, A. De La Puente-Gil, J. Blanes-Peiro, S. Bracco, F. Delfino, G. Piazza, "Smart Charging of Electric Vehicles to Minimize Renewable Power Curtailment in Polygeneration Prosumer Buildings", 15th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2020, doi: 10.1109/EVER48776.2020.9243112
- [GE.Trasporti.5]. S. Bracco, F. Delfino, G. Piazza, M. De Simon-Martin, "V2G technology to mitigate PV uncertainties", 15th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2020, doi: 10.1109/EVER48776.2020.9242991
- [GE.Trasporti.6]. S. Bracco, F. Delfino, G. Piazza, "E-Mobility Microgrid Laboratory at the Savona Campus of Genova University", 12th AEIT International Annual Conference, AEIT, 2020, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241138
- [GE.Trasporti.7]. C. Leone, G. Piazza, M. Longo, S. Bracco, "Electrification of LPT in Algeciras Bay: A new methodology to assess the consumption of an equivalent e-bus", *Energies*, 14(16), 5117, doi: <https://doi.org/10.3390/en14165117>
- [GE.Trasporti.8]. S. Bracco, G. Bianco, S. Siri, C. Barbagelata, C. Casati, E. Siri, "Simulation models for the evaluation of energy consumptions of electric buses in different urban traffic scenarios", 16th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2021, doi: 10.1109/EVER52347.2021.9456661
- [GE.Trasporti.9]. C. Leone, M. Longo, F. Foidelli, S. Bracco, G. Piazza, F. Delfino, "Opportunity fast-charging of e-buses: A preliminary study for the city of Savona", AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive, 2020, doi: 10.23919/AEITAUTOMOTIVE50086.2020.9307434
- [GE.Trasporti.10]. F. D'Agostino, S. Massucco, G. P. Schiapparelli, F. Silvestro, "Modeling and Real-Time Simulation of a DC Shipboard Microgrid", 21st European Conference on Power Electronics and Applications (EPE), Genova, 2-6 September 2019, doi: 10.23919/EPE.2019.8915390
- [GE.Trasporti.11]. F. D'Agostino, D. Kaza, M. Martelli, G. P. Schiapparelli, F. Silvestro, C. Soldano, "Development of a Multiphysics Real-Time Simulator for Model-Based Design of a DC Shipboard Microgrid", *Energies* 2020, 13, 3580, doi: <https://doi.org/10.3390/en13143580>
- [GE.Trasporti.12]. F. Conte, F. D'Agostino, S. Grillo, S. Massucco, F. Silvestro, "Small-Signal Stability Analysis of a DC Shipboard Microgrid with Droop-Controlled Batteries and Constant Power Resources", IEEE PES General Meeting, Virtual Edition, 26-29 July 2021, doi: 10.1109/PESGM46819.2021.9638117
- [GE.Trasporti.13]. F. D'Agostino, S. Grillo, G. P. Schiapparelli, F. Silvestro, "DC Shipboard Microgrid Modeling for Fuel Cell Integration Study", IEEE PES General Meeting, Atlanta, 4-8 August 2019, doi: 10.1109/PESGM40551.2019.8973461
- [GE.Trasporti.14]. S. Donnarumma, M. Martelli, F. D'Agostino, D. Kaza, F. Silvestro, "Multiphysics modeling and simulation of integrated electric propulsion system for ship dynamic positioning", submitted at 26th SPEEDAM, Sorrento 22-24 June 2022
- [GE.Trasporti.15]. F. D'Agostino, P. Gualeni, G. P. Schiapparelli and F. Silvestro, "Control Strategy and Architecture for Integrating Distributed Fuel Cells on board Large Cruise Ships", International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), Sorrento, 24-26 June 2020, doi: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161857
- [GE.Trasporti.16]. P. Gualeni, F. Silvestro, L. Magistri, G. Dimare, D. Rattazzi, A. Boveri, "Shipboard Distributed Energy Resources: Motivations, Challenges and Possible Solutions in the Cruise Ship Arena", International Shipbuilding Progress, vol. 66, no. 2, pp. 181-199, June 2019, doi: 10.3233/ISP-180259
- [GE.Trasporti.17]. F. D'Agostino, G. Flore, P. Gualeni, L. Magistri, F. Silvestro, "Generazione Distribuita a Bordo delle Navi da Crociera: Prospettive e Motivazioni", rivista AEIT 5/6, Maggio/Giugno 2019
- [GE.Trasporti.18]. F. D'Agostino, A. Fidigatti, E. Ragaini, F. Silvestro, "Valutazione della Selettività Avanzata a Bordo Nave", rivista AEIT 5/6, Maggio/Giugno 2019
- [GE.Trasporti.19]. F. D'Agostino, D. Kaza, G. P. Schiapparelli, F. Silvestro, C. L. Bossi and F. Colzi, "Assessment of the Potential Shore to Ship Load Demand: the Italian Scenario", IEEE PES General Meeting, Virtual Edition, 26-29 July 2021, doi: 10.1109/PESGM46819.2021.9638000

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [GE.Trasporti.20]. F. D'Agostino, G. P. Schiapparelli, S. Dallas, D. Spathis, V. Georgiou and J. Prousalidis, "On Estimating the Port Power Demands for Cold Ironing Applications," IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), Virtual Edition, 3-6 August 2021, doi: 10.1109/ESTS49166.2021.9512359
- [GE.Trasporti.21]. F. D' Agostino, D. Kaza, G. P. Schiapparelli, and F. Silvestro, "The ShIL Project: a New Laboratory Infrastructure for Co-Simulation of Multi-Domain Marine Applications," International Annual Conference AEIT, 23-25 September 2020, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241110

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

Modellistica, gestione e controllo di microreti

Validazione sperimentale di modelli dinamici equivalenti di microreti [GE.Utiliz.1], [GE.Utiliz.2]. Algoritmi di ottimizzazione per: energy management di microreti [GE.Utiliz.3] (questa attività ha dato luogo a due brevetti) [GE.Utiliz.4], e di power management per microreti isolate [GE.Utiliz.5].

Sistemi di monitoraggio in tempo reale, load-forecasting/modeling, controllo dei consumi elettrici con strumenti di intelligenza artificiale/machine learning.

Il monitoraggio e il controllo dei carichi in tempo reale è realizzato con architetture integrate che dalla misura sviluppano con sistemi di supporto alle decisioni le strategie di controllo per ottimizzare la gestione energetica di sistemi ed impianti [GE.Utiliz.6].

Definizione, progettazione e implementazione di una piattaforma adattativa per la riduzione dei consumi in edifici non residenziali, grazie all'uso intelligente di dati di diversa natura (misure elettriche, dati meteo, occupancy edificio, ecc) con conseguente significativo risparmio economico [GE.Utiliz.7].

Sviluppo di modelli di edifici ai fini della valutazione di procedure di gestione ottima dell'efficienza energetica [GE.Utiliz.8].

Strumenti di previsione e modellazione del carico per edifici residenziali, commerciali, impianti ospedalieri e utenze industriali [GE.Utiliz.9], [GE.Utiliz.10], [GE.Utiliz.11].

Collaborazioni con altre unità

- Politecnico di Milano (prof. S. Grillo). Tema: Modellistica, gestione e controllo di microreti.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Ricerche sul Sistema Energetico - RSE S.p.A. Temi: Modellistica, gestione e controllo di microreti, (vedi sezione dedicata ai progetti – [GE.Progetti.7]).
- ABB S.p.A. (Bergamo). Temi: Modellistica, gestione e controllo di microreti, Sistemi di monitoraggio in tempo reale, load-forecasting/modeling, controllo dei consumi elettrici con strumenti di intelligenza artificiale/machine learning (vedi sezione dedicata ai progetti – [GE.Progetti.37], [GE.Progetti.46]).
- Hitachi Energy (Genova). Tema: Modellistica, gestione e controllo di microreti (vedi sezione dedicata ai progetti – [GE.Progetti.3]).

Bibliografia

- [GE.Utiliz.1]. F. Conte, F. D'Agostino, S. Massucco, F. Silvestro, C. Bossi, M. Cabiati, "Experimental Validation of a Dynamic Equivalent Model for Microgrids", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 57, no. 3, pp. 2202-2211, May-June 2021, doi: 10.1109/TIA.2021.3064522
- [GE.Utiliz.2]. F. Conte, F. D'Agostino, S. Massucco, F. Silvestro, C. Bossi and M. Cabiati, "Experimental Validation of a Dynamic Equivalent Model for Microgrids", IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Madrid, 9-12 June 2020, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160727

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [GE.Utiliz.3]. M. Crosa, S. Massucco, M. Saviozzi, F. Silvestro, F. Monachesi, E. Ragaini, "A Quasi-Optimal Energy Resources Management Technique for Low Voltage Microgrids", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 121, October 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106080>
- [GE.Utiliz.4]. S. Massucco, P. Pongiglione, M. Saviozzi, F. Silvestro, P. Almaleck, P. Serra, "Algorithm for Optimal Microgrid Operation and Control with Adaptable Constraints and Flexible Objective Function", 5th IEEE International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI), Firenze, 9-12 September 2019, doi: 10.1109/RTSI.2019.8895588
- [GE.Utiliz.5]. F. Conte, F. D'Agostino, S. Grillo, G. Mosaico, F. Silvestro, "An Efficiency-Based Power Management Strategy for an Isolated Microgrid Project", IEEE PES General Meeting, Denver (USA), 17-21 July 2022
- [GE.Utiliz.6]. A. Bagnasco, A. Vinci, F. Silvestro, G. Mosaico, "Soluzioni Innovative per Il Risparmio Energetico negli Edifici del Terziario", *Gestione Energia-FIRE*, no. 1, 2020
- [GE.Utiliz.7]. F. Conte, S. Massucco, G. Mosaico, M. Saviozzi, F. Silvestro, A. Vinci, "PREDICT: Piattaforma Adattativa di Efficienza Energetica", *Rivista AEIT*, November/December 2019
- [GE.Utiliz.8]. G. Mosaico, M. Saviozzi, F. Silvestro, A. Vinci, "Simplified State Space Building Energy Model and Transfer Learning Based Occupancy Estimation for HVAC Optimal Control", 5th IEEE International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI), Firenze, 9-12 September 2019, doi: 10.1109/RTSI.2019.8895544
- [GE.Utiliz.9]. A. Bagnasco, F. Fresi, M. Saviozzi, F. Silvestro, A. Vinci, "Electrical Consumption Forecasting in Hospital Facilities", *Machine Learning and Data Science in the Power Generation Industry*, Elsevier, Chapter 9, pp. 195-211, January 2021, ISBN: 9780128197424, doi: 10.1016/B978-0-12-819742-4.00009-3
- [GE.Utiliz.10]. S. Massucco, G. Mosaico, M. Saviozzi, F. Silvestro, A. Fidigatti, E. Ragaini, "An Instantaneous Growing Stream Clustering Algorithm for Probabilistic Load Modeling/Profiling", 16th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), Liege, 18-21 August 2020, doi: 10.1109/PMAPS47429.2020.9183448
- [GE.Utiliz.11]. S. Massucco, G. Mosaico, M. Saviozzi, F. Silvestro, A. Fidigatti, E. Ragaini, "A Markov Chain Load Modeling Approach through a Stream Clustering Algorithm", International Annual Conference AEIT, 23-25 September 2020, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241159

## ALTRI TEMI

### MODELLI DI CALCOLO DEL LEVELIZED COST OF ENERGY (LCOE)

Sviluppo di una metodologia di calcolo del LCOE per diverse tipologie di impianto: impianti per la sola produzione di energia elettrica, termica o di raffrescamento, impianti cogenerativi e trigenerativi, sistemi di accumulo termico ed elettrico. Definizione di specifici indicatori per ciascuna tipologia di impianto: LCOE – Levelized Cost of Electricity, LCOH – Levelized Cost of Heat, LCOC – Levelized Cost of Cooling, LCOEx – Levelized Cost of Exergy ([GE.LCOE.1], [GE.LCOE.2]).

Definizione di una metodologia di calcolo per la valutazione dell'LCOE di un sistema poligenerativo quale una microrete o una comunità energetica. Applicazione ad alcune microreti poligenerative installate in Italia e in Spagna ([GE.LCOE.1], [GE.LCOE.2]).

#### *Collaborazioni con altre università ed enti internazionali*

- Collaborazione con l'Università di León (Proff. De Simon-Martin, A. Gonzalez-Martinez) sul tema dello sviluppo di una piattaforma di calcolo dell'LCOE, e delle sue varianti, per microreti poligenerative e per comunità energetiche

#### *Bibliografia*

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



[GE.LCOE.1]. S. Bracco, F. Delfino, P. Laiolo, L. Pagnini, G. Piazza, "Evaluating LCOE in sustainable microgrids for smart city applications", in Proc. of E3S Web of Conferences - SUPEHR19, vol. 1, pp. 1-6, EDP Sciences, 2019, doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911303006>

[GE.LCOE.2]. M. de Simón-Martín, S. Bracco, G. Piazza, L. Pagnini, A. González-Martínez, F. Delfino, "Levelized Cost of Energy in Sustainable Energy Communities. A Systematic Approach for Multi-Vector Energy Systems", Springer Briefs in Applied Sciences and Technology, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-95932-6

## ANALISI PREVISIONALI IN AMBITO ENERGETICO ELETTRICO E ANALISI DEI MERCATI DELL'ENERGIA

Sviluppo di modelli di forecasting per i prezzi dell'energia elettrica. Applicazione al mercato spagnolo [(GE.Merc.1)]. Analisi tecnico-economica della partecipazione di piccoli impianti di cogenerazione ad alto rendimento all'interno delle Unità Virtuali Abilitate Miste (UVAM). Caso di studio per microturbine a gas [(GE.Merc.2)]. Sviluppo di modelli di forecasting per la generazione e il carico all'interno di microreti. Applicazione alla microrete del Campus di Savona [(GE.Merc.3)].

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Collaborazione con l'Università di León (Proff. De Simon-Martin, E. Rosales-Asensio) sul tema dello sviluppo di modelli di previsione dei prezzi nei mercati dell'energia.
- Collaborazione con l'Università di Siviglia (Proff. C. Leon de Mora) sul tema dello sviluppo di modelli di previsione della generazione e dei carichi nelle microreti.

### Bibliografia

[GE.Merc.1]. M. De Simon-Martin, S. Bracco, E. Rosales-Asensio, G. Piazza, F. Delfino, P.G. Giribone, "Electricity Spot Prices Forecasting for MIBEL by using Deep Learning: A comparison between NAR, NARX and LSTM networks", In Proc. of EEIC 2020, p. 1-6, 2020, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160587

[GE.Merc.2] S. Bracco, E. Bianchi, G. Bianco, A. Giacchino, A. Ramaglia, F. Delfino, "On the participation of small-scale high performance combined heat and power plants to the Italian ancillary services market within Virtually Aggregated Mixed Units", Energy, vol. 239, p. 1-15, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122275>.

[GE.Merc.3]. A. Parejo, S. Bracco, E. Personal, D. Larios, F. Delfino, C. Leon C. (2021), "Short-term power forecasting framework for microgrids using combined baseline and regression models", Applied Sciences, vol. 11, p. 1-27, ISSN: 2076-3417, doi: 10.3390/app11146420

## LIGHTNING

### Machine learning for lightning

Creazione di un algoritmo di Machine Learning (ML) per correlare dati meteorologici e fulminazioni e relativo sviluppo di un modello di classificazione binaria per previsione a breve termine (nowcasting) di eventi di fulminazione. Inizialmente si sono analizzate e ricercate le variabili osservate, telerilevate o ottenute da modelli meteorologici che sono maggiormente correlabili al fenomeno di fulminazione. Dopodiché si è creato un algoritmo di classificazione binaria in grado di stabilire se, nell'ora successiva, avverrà o meno un fenomeno di fulminazione.

I dati di fulminazione sono stati ricevuti da CESI S.p.A. ([GE.lightning.1], [GE.lightning.2]).

Infine è allo studio la possibilità di realizzare sistemi di localizzazione dei fulmini che sfruttino le misure di tensione ottenute dai sensori già presenti sulle linee di trasmissione utilizzando tecniche ML

Ricostruzione della corrente nel canale di fulmine.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



L'attività si basa sulla possibilità di ricostruire la corrente nel canale di fulmine e la funzione di attenuazione attraverso tecniche di regolarizzazione. Inizialmente la ricostruzione è avvenuta in casistiche semplificate caratterizzate da lunghe finestre temporali e successivamente si è passati all'implementazione del codice anche in caso di misurazioni di campo elettrico e corrente alla base del canale nell'ordine dei microsecondi. Al momento l'attività si basa su dati provenienti da simulazioni ottenute con codici numerici e in futuro l'algoritmo sviluppato verrà utilizzato per ricostruire dati provenienti da sensori reali.

#### Campi generati da fulmini – tecniche per ridurre lo sforzo computazionale

L'attività ha portato allo sviluppo di routines numeriche che portano a ridurre lo sforzo computazionale del calcolo dei campi generati da fulminazioni di diversi ordini di grandezza. Uno degli approcci sviluppati è basato sullo sviluppo in serie di Prony di alcune funzioni e sulla definizione ottimale dei coefficienti di Prony. Le routine numeriche ottenute possono essere applicate a qualsiasi forma d'onda di corrente alla base del canale, a qualsiasi funzione di attenuazione e a diversi valori di conducibilità del suolo. Inoltre, l'approccio è stato validato anche in presenza di canali tortuosi. Il valore aggiunto della tematica di ricerca si trova nel poter proporre un approccio rapido e preciso nel calcolo dei campi elettromagnetici, specialmente nei casi in cui si voglia valutare la "Lightning Performance" di una linea di distribuzione soggetta a disturbi legati alle fulminazioni indirette.

#### Sovratensioni generate da fulminazioni di tipo indiretto

L'attività ha coinvolto diversi studi relativi i) alla corretta modellazione del sistema di messa a terra dei tralicci di media tensione, ii) ad una riduzione dei tempi computazionali della "Lightning Performance" attraverso poche simulazioni esatte effettuate mediante il codice proprietario dell'Università di Genova, iii) al calcolo della "Lightning Performance" tenendo conto di tutte le specificità del fulmine considerando l'intero "flash" e non più il singolo "stroke", iv) al calcolo della "Lightning Performance" considerando la specificità del territorio dove viene valutata attraverso l'utilizzo di dati locali in termini di corrente e ground flash density, v) alla attenuazione introdotta dalla presenza degli edifici in termini di massima tensione indotta su una linea di distribuzione.

#### Modellazione della corrente di fulmine

L'attività ha prodotto allo sviluppo di una nuova formulazione per la corrente alla base del canale basata sulla somma di tre funzioni. Tale espressione permette la rappresentazione di fulmini più realistici [GE.lightning.17].

#### Protezione delle turbine eoliche

L'attività si è incentrata sullo sviluppo di un codice in grado di valutare la propagazione della corrente all'interno di una turbina eolica colpita da un fulmine e di valutare l'eventuale amplificazione dei campi elettromagnetici generati. Il codice è stato sviluppato con il metodo PEEC [GE.lightning.18].

#### Collaborazioni con altre unità

- Collaborazione con l'unità di Pisa, settore Ing/Ind 31 (Prof. S. Barmada). Tema: Machine learning for lightning.
- Collaborazione con l'Unità di Pisa, settore Ing/Ind 31 (Prof. S. Barmada), con l'unità di Napoli Federico II settore Ing/Ind 31 (Prof. C. Petrarca) e con l'Unità dell'Università della Campania L. Vanvittelli settore Ing/Ind 31 (Prof. A. Formisano). Tema: Campi generati da fulmini – tecniche per ridurre lo sforzo computazionale.
- Collaborazione con l'Unità di Padova dell'SSD Ing/Ind 31 guidato dal Prof P. Alotto. Tema: Protezione delle turbine eoliche.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

- Collaborazione con il Prof. Federico Amato dell'Università UNIL di Losanna. Tema: Machine learning for lightning.
- Collaborazione con il gruppo EMC dell'Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL) diretto dal prof. Farhad Rachidi. Temi Ricostruzione della corrente nel canale di fulmine, Campi generati da fulmini – tecniche per ridurre lo sforzo computazionale, Sovratensioni generate da fulminazioni di tipo indiretto, Modellazione della corrente di fulmine.
- Collaborazione con il gruppo di ricerca guidato dal Prof. Marcos Rubinstein dell'Institut des Technologies de l'information et de la communication HEIG-VD. Temi: Ricostruzione della corrente nel canale di fulmine, Campi generati da fulmini – tecniche per ridurre lo sforzo computazionale.
- Collaborazione internazionale con il gruppo di ricerca guidato dal Prof. Marco Aurelio Schroeder della Federal University of São João del-Rei (UFSJ) (Minas Gerais-Brazil). Tema: Sovratensioni generate da fulminazioni di tipo indiretto.
- Collaborazione con il gruppo di ricerca dell'Università di Sao Paulo (Brasile) guidato dal professor Alexandre Piantini. Temi: Sovratensioni generate da fulminazioni di tipo indiretto, Modellazione della corrente di fulmine.

### Bibliografia

- [GE.lightning.1] A. La Fata, F. Amato, M. Bernardi, M. D'Andrea, R. Procopio and E. Fiori, "Cloud-to-Ground lightning nowcasting using Machine Learning", 35th International Conference on Lightning Protection (ICLP) and XVI International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICLPandSIPDA54065.2021.9627428
- [GE.lightning.2] A. La Fata, F. Amato, M. Bernardi, M. D'Andrea, R. Procopio and E. Fiori, "Horizontal grid spacing comparison among Random Forest algorithms to nowcast Cloud-to-Ground lightning occurrence", Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2022, doi: <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02222-1>
- [GE.lightning.3] R. Aramini, M. Brignone, D. Mestriner, M. Pastorino, R. Procopio, F. Rachidi, A. Randazzo, M. Rubinstein, "On the reconstruction of the attenuation function of a return-stroke current from the Fourier Transform of finite-duration measurements", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 142, Part A, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108186>
- [GE.lightning.4] R. Aramini, M. Brignone, D. Mestriner, M. Pastorino, R. Procopio, F. Rachidi, A. Randazzo, M. Rubinstein, "On the Fourier Transform of Measured Electric Fields Radiated by a Lightning Return Stroke", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 64, no. 4, pp. 1257-1264, Aug. 2022, doi: 10.1109/TEMC.2022.3154648
- [GE.lightning.5] M. Brignone, R. Procopio, D. Mestriner, M. Rossi, F. Delfino, F. Rachidi, M. Rubinstein, "Analytical Expressions for Lightning Electromagnetic Fields With Arbitrary Channel-Base Current—Part I: Theory", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 63, no. 2, pp. 525-533, April 2021, doi: 10.1109/TEMC.2020.3018199
- [GE.lightning.6] M. Brignone, R. Procopio, D. Mestriner, M. Rossi, F. Delfino, F. Rachidi, M. Rubinstein, "Analytical Expressions for Lightning Electromagnetic Fields With Arbitrary Channel-Base Current. Part II: Validation and Computational Performance", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 63, no. 2, pp. 534-541, April 2021, doi: 10.1109/TEMC.2020.3018108
- [GE.lightning.7] M. Brignone, R. Procopio, M. Nicora, D. Mestriner, F. Rachidi, M. Rubinstein, "A Prony-based approach for accelerating the lightning electromagnetic fields computation above a perfectly conducting ground", Electric Power Systems Research, vol. 210, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108125>
- [GE.lightning.8] M. Brignone, R. Procopio, M. Nicora, D. Mestriner, F. Rachidi, M. Rubinstein, "A Prony-Based Approach for Accelerating the Lightning Electromagnetic Fields Computation: Effect of the Soil Finite Conductivity", Electric Power Systems Research, vol. 209, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108013>
- [GE.lightning.9] M. Brignone, M. Nicora, D. Mestriner, R. Procopio, C. Petrarca, A. Formisano, S. Barmada, F. Delfino, F. (2022), "An Efficient Method for the Computation of Electromagnetic Fields Associated With Tortuous Lightning Channels", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 2022, doi: 10.1109/TEMC.2022.3186726.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [GE.lightning.10] M. Brignone, R. Procopio, M. Nicora, D. Mestriner, F. Rachidi, M. Rubinstein, "Lightning-induced Voltages on Overhead Distribution Lines Computed through Analytical Expressions for the Electromagnetic Fields", 35th International Conference on Lightning Protection (ICLP) and XVI International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), 2021, doi: 10.1109/ICLPandSIPDA54065.2021.962738.
- [GE.lightning.11] M. Nicora, D. Mestriner, M. Brignone, R. Procopio, E. Fiori, A. Piantini, F. Rachidi, "Estimation of the Lightning Performance of Overhead Lines Accounting for Different Types of Strokes and Multiple Strike Points", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 63, no. 6, pp. 2015-2023, Dec. 2021, doi: 10.1109/TEMC.2021.3060139
- [GE.lightning.12] D. Mestriner, M. Brignone, R. Procopio, M. Nicora, E. Fiori, A. Piantini, F. Rachidi, "An Efficient Methodology for the Evaluation of the Lightning Performance of Overhead Lines", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 63, no. 4, pp. 1137-1145, Aug. 2021, doi: 10.1109/TEMC.2021.3054427
- [GE.lightning.13] M. Nicora, D. Mestriner, M. Brignone, M. Bernardi, R. Procopio, E. Fiori, F. Delfino, A. Piantini, F. Rachidi, "Assessment of the Lightning Performance of overhead distribution lines based on Lightning Location Systems data", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 142, Part A, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108230..
- [GE.lightning.14] D. Mestriner, R. Ribeiro de Moura, R. Procopio, M. de Oliveira Schroeder, "Impact of Grounding Modeling on Lightning-Induced Voltages Evaluation in Distribution Lines", Applied Sciences, 11(7), 2931, doi: https://doi.org/10.3390/app11072931
- [GE.lightning.15] D. Mestriner, F. Marchesoni, R. Procopio, M. Brignone, "Attenuation of Lightning-Induced Effects on Overhead Distribution Systems in Urban Areas", Applied Sciences, 12(15), 7632, doi: 10.3390/app12157632
- [GE.lightning.16] L. Farina, D. Mestriner, R. Procopio, M. Brignone, F. Delfino, "The Lightning Power Electromagnetic Simulator for Transient Overvoltages (LIGHT-PESTO) Code: A User-Friendly Interface With the MATLAB-Simulink Environment", IEEE Letters on Electromagnetic Compatibility Practice and Applications, vol. 2, no. 4, pp. 119-123, Dec. 2020, doi: 10.1109/LEMCPA.2020.3032180
- [GE.lightning.17] D. Mestriner, M. Brignone, R. Procopio, A. Piantini and F. Rachidi, "A New Channel-Base Lightning Current Formula With Analytically Adjustable Parameters", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 63, no. 2, pp. 542-549, April 2021, doi: 10.1109/TEMC.2020.3009273
- [GE.lightning.18] R. Torchio, M. Nicora, D. Mestriner, M. Brignone, R. Procopio, P. Alotto, M. Rubinstein, "Do Wind Turbines Amplify the Effects of Lightning Strikes A Full-Maxwell Modelling Approach", IEEE Transactions on Power Delivery, doi: 10.1109/TPWRD.2022.3142847.

## PROGETTI

[GE.PROGETTI.1]. *PODCAST - Piattaforma di ottimizzazione della distribuzione tramite uso di dati da contatori elettronici e sistemi di accumulo distribuito*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente finanziatore: CSEA organo attuatore del MISE

Breve descrizione: sviluppo di una piattaforma per l'ottimizzazione di reti elettriche di distribuzione tramite big data analytics e installazione di sistemi di accumulo. Sito sperimentale presso il DSO della città di Sanremo.

Sedi partner: Università di Bologna; Softeco, Toshiba; SDI; AMAIE (DSO)

Durata: 36 mesi

[GE.PROGETTI.2]. *SMART WIND - Sviluppo prototipale di controllore ausiliario per supporto di frequenza per generatori eolici non inerziali*

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

Responsabile scientifico: Andrea Bonfiglio

Ente finanziatore: MISE - UNIGE

Breve descrizione: Sviluppo e validazione di prototipo di controllore per emulazione di inerzia basato su brevetto di titolarità UNIGE e inventori UNIGE (Andrea Bonfiglio, Renato Procopio e Alessandro Labella).

Durata: 9 mesi

*[GE.PROGETTI.3]. Gestione e controllo ottimizzati di generazione convenzionale, rinnovabile e sistemi di accumulo nel contesto dell'evoluzione del sistema energetico*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente finanziatore: Hitachi Energy

Breve descrizione: Analisi e definizione della taglia di sistemi di accumulo da integrarsi con generazione rinnovabile.

Durata: 36 mesi

*[GE.PROGETTI.4]. Performance of grid-connected converters for battery energy storage systems*

Responsabile scientifico: Andrea Bonfiglio

Ente finanziatore: ABB Power Grid

Breve descrizione: Analisi del comportamento di sistemi di accumulo in modalità grid-feeding e grid forming per applicazioni MG.

Durata: 12 mesi

*[GE.PROGETTI.5]. PREDICT piattaforma efficienza energetica edifici non residenziali pubblici privati*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente finanziatore: POR Liguria

Breve descrizione: sviluppo di una piattaforma software per la gestione di edifici di dimensioni medio grandi non residenziali finalizzata alla riduzione e ottimizzazione dei consumi termici ed elettrici per l'intero ciclo di vita dell'edificio. Utilizzo di un sistema di controllo adattativo e predittivo con un modello del comportamento dinamico dello specifico edificio in modo da ottimizzare l'uso dell'energia tramite tecniche di Model Predictive Control (MPC).

Durata: 24 mesi

*[GE.PROGETTI.6]. Implementing Agreement N. 1 to the agreement of academic and scientific cooperation for engineering analysis and development for coilpower supply system*

Responsabile scientifico: Andrea Bonfiglio

Ente finanziatore: ITER Organization

Breve descrizione: Sviluppo di modelli Real-time di porzioni dell'impianto di alimentazione del solenoide centrale di ITER.

Durata: 24 mesi

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

[GE.PROGETTI.7]. *Identificazione di modelli equivalenti di reti di distribuzione attive a partire da dati sperimentali*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro, Francesco Conte

Ente finanziatore: RSE S.p.A.

Breve descrizione: validazione sperimentale del modello equivalente di rete applicato alla test facility di RSE.

Durata: 12 mesi

[GE.PROGETTI.8]. *Grid forming inverters to enhance grid strength*

Responsabile scientifico: Andrea Bonfiglio

Ente finanziatore: Hitachi Energy

Breve descrizione: Studio dell'impatto della generazione grid-forming sulla robustezza della rete e di microreti elettriche.

Durata: 12 mesi

[GE.PROGETTI.9]. *Progetto LOADMODELING: sviluppo e messa a punto di modelli termici di trasformatori BT e analisi dei dati di consumo*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente finanziatore: ABB SACE S.p.A.

Breve descrizione: sviluppo di modelli per la distribuzione elettrica, la gestione dell'energia e modelli di aggregati.

Durata: 36 mesi

[GE.PROGETTI.10]. *Sviluppo di modelli e svolgimento di simulazioni dinamiche di sistemi elettrici di potenza in ambiente di simulazione pscad e/o digsilent power factory.*

Responsabile scientifico: Andrea Bonfiglio

Ente finanziatore: Eletec 2000 S.r.l.

Breve descrizione: Sviluppo di modelli e simulazioni per lo studio di scenari applicativi di integrazione di sistemi di accumulo per lo svolgimento di servizi ancillari (per esempio il Black Start).

Durata: 12 mesi

[GE.Progetti.11]. *VIRTUS - Gestione virtuale di risorse energetiche distribuite*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente finanziatore: CSEA organo attuatore del MISE

Breve descrizione: Il progetto prevede l'uso dei dispositivi già presenti sul mercato (meters, gateway, ecc.) e lo sviluppo di una architettura tecnico-economica per modelli di business per la fornitura di servizi al sistema elettrico, applicabile potenzialmente a diversi contesti geografici, economici e regolatori.

Sedi partner: Università di Bologna; SOFTECO, YANMAR

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Durata: 36 mesi

*[GE.PROGETTI.12]. Soluzione EMS*

Responsabile scientifico: Renato Procopio

Ente finanziatore: Falck Renewables S.p.A.

Breve descrizione: Contratto quadro per l'implementazione di un simulatore di microreti per il dispacciamento ottimo e la partecipazione delle stesse ai mercati dell'energia.

Durata: 5 anni

*[GE.PROGETTI.13]. Supporto all'identificazione e alla valutazione di soluzioni tecniche per la realizzazione e la gestione del sistema elettrico di bordo di una nave da diporto*

Responsabile scientifico: Fabio D'Agostino

Ente finanziatore: PERSICO

Breve descrizione: Il progetto riguarda l'analisi di un sistema elettrico di bordo in corrente continua basato su sistemi di accumulo al litio e generatori sincroni a magneti permanenti.

Durata: 12 mesi

*[GE.PROGETTI.14]. Valutazione tecnico-economica della generazione grid forming inverter-based in scenari futuri.*

Responsabile scientifico: Renato Procopio

Ente finanziatore: Terna S.p.A.

Breve descrizione: Definizione di un tool per la stima della quantità di "inerzia" e potenza di corto circuito per la rete italiana nello scenario 2030 caratterizzato da una massiccia penetrazione di generazione sotto convertitore.

Durata: 13 mesi

*[GE.Progetti.15]. Valutazione OSMOSE - Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for European electricity*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente finanziatore: Commissione Europea

Ente collaboratore: ENSIEL

Breve Descrizione: L'obiettivo del task è lo studio della stabilità del sistema elettrico in presenza di una massiva installazione di fonti di generazione "flessibile". In particolare, sarà analizzata la stabilità locale, ovvero rispetto a piccole perturbazioni, e "globale", ovvero rispetto a grandi perturbazioni. I risultati dell'analisi saranno validati attraverso un set di simulazioni riguardanti differenti porzioni della rete elettrica europea.

Durata: 36 mesi

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



*[GE.PROGETTI.16]. ERG Sociale Purpose*

Responsabile scientifico: Renato Procopio

Enti Collaboratori: ERG S.p.A., Eletec 2000 S.r.l., Comunità di Sant'Egidio

Progetto per la costruzione di microreti isolate (fotovoltaico e batteria) a partire dai pannelli dismessi da ERG. Le utenze che beneficiano di questa soluzione sono caratterizzate da una specifica valenza sociale (Ospedali in Africa gestiti da Comunità di Sant'Egidio nel progetto Dream, Installazioni di Music for Peace tra gli altri).

Durata: 2 anni

*[GE.PROGETTI.17]. MIGRATE - Massive InteGRATion of power Electronic devices*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente finanziatore: European Commission

Ente collaboratore. ENSIEL

Breve descrizione. L'obiettivo principale del Task è stata la validazione di un tool Matlab per la stima dell'inerzia della rete elettrica europea, sviluppato in un altro working package del progetto. In particolare, sono stati analizzati degli scenari con dati reali e simulati messi a disposizione da TERNA.

Durata: 36 mesi

*[GE.PROGETTI.18]. PV+Storage&GO*

Responsabile scientifico: Renato Procopio

Ente Finanziatore: Regione Liguria

Breve descrizione: Studio e realizzazione di soluzioni integrate fotovoltaico e accumulo in modalità off-grid.

Durata: 2 anni

*[GE.PROGETTI.19]. Modelli e tecniche di controllo per la fornitura di servizi di flessibilità da parte di unità di generazione rinnovabile e di carico*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A.

Breve descrizione: Lo scopo dello studio è stata l'analisi delle potenzialità della tecnica di controllo predittivo nota come "Model Predictive Control" (MPC) per operare servizi di regolazione della frequenza usando sia generatori connessi alla rete mediante convertitori elettronici, sia sistemi di accumulo elettrochimico. In particolare, sono stati sviluppati due algoritmi di controllo, uno per sistemi di accumulo "stand-alone" e uno per un sistema integrato accumulo-wind farm.

Durata: 12 mesi

*[GE.PROGETTI.20]. CLOE - Formazione alla complessità- Approcci multidisciplinari allo sviluppo sostenibile e alla conservazione rurale e montano*

Responsabile scientifico: Marco Invernizzi

Ente Finanziatore: H2020-MSCA-COFUND-2020 (G.A. n 101034449)

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Breve descrizione: CLOE è un Dottorato interdisciplinare e intersettoriale sviluppato e coordinato dall'UNIGE, in qualità di unico beneficiario, in collaborazione con una rete di organizzazioni accademiche e non accademiche ospitanti. UNIGE assumerà 15 ricercatori in fase iniziale.

Durata: 4 anni

*[GE.PROGETTI.21]. Sviluppi di tecniche per l'applicazione di controlli probabilistici di sicurezza a reti elettriche realistiche*

Responsabile scientifico: Matteo Saviozzi

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A.

Breve descrizione: L'attività ha riguardato l'implementazione in linguaggio Matlab-GAMS di una Application Function (AF) per la soluzione di un problema Security-Constrained Optimal Power Flow (OPF) probabilistico, espresso come "chance-constrained" OPF in grado di gestire opportunamente le incertezze di previsioni di generazione rinnovabile e carico.

Durata: 12 mesi

*[GE.Progetti.22]. P.I.C.K. U.P. - Piattaforma di integrazione di sensori IoT per il Controllo di KPI energetici in ambito urbano e pianificazione di interventi di efficienza energetica e integrazione con microgrid*

Responsabile scientifico: Federico Delfino

Ente finanziatore: POR FESR 2014-2020 Asse 1 "Ricerca e Innovazione (OT1) Azione 1.2.4 Bando "Supporto alla realizzazione di progetti complessi di attività di ricerca e sviluppo per le imprese aggregate ai Poli di ricerca ed innovazione"

Il progetto PICK-UP è volto a implementare metodi e strumenti innovativi per la gestione energetica e ambientale e la riduzione dei consumi in distretti urbani eterogenei. Reti di sensori IoT e Fog Computing vengono integrati con nuovi modelli di controllo predittivo e analisi del dato energetico e architetture per l'aggregazione e l'integrazione di fonti di generazione elettrica distribuite (Microgrids), e di domanda flessibile (Demand Response).

Durata: 2 anni

*[GE.PROGETTI.23]. e-SCALE - Energia - Servizi Connessi alla gestione Aggregata delle risorse nel sistema eLEtrico*

Responsabile scientifico: Matteo Saviozzi

Ente Finanziatore: Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione "Maurizio Scarano" dell'Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale.

Breve descrizione: Il progetto e-SCALE ha sviluppato e validato un servizio completo di gestione degli aggregati di risorse di generazione e/o consumo del sistema elettrico.

Durata: 12 mesi

*[GE.Progetti.24]. Accordo operativo tra il provveditorato interregionale alle oo.pp. Piemonte - Valle d'Aosta - Liguria e l'università degli studi di Genova - campus di Savona, mirato alla realizzazione di uno studio per la riqualificazione energetica del palazzo di giustizia di Savona.*

Responsabili scientifici: Stefano Bracco, Federico Delfino

Ente finanziatore: Provveditorato Interregionale alle OO.PP. Piemonte - Valle d'Aosta – Liguria

Sviluppo di una analisi dettagliata dei fabbisogni energetici del Palazzo di Giustizia di Savona e definizione di azioni di efficientamento energetico.

Durata: 1.5 anni

[GE.PROGETTI.25]. *Tecniche per lo sviluppo di applicazioni per la sicurezza probabilistica e loro applicazione*

Responsabile scientifico: Matteo Saviozzi

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.

Breve descrizione: L'attività ha riguardato l'implementazione in linguaggio Matlab-GAMS di una Application Function (AF) per la soluzione di un problema Security-Constrained Optimal Power Flow (OPF) probabilistico, espresso come "chance-constrained" OPF in grado di gestire opportunamente le incertezze di previsioni di generazione rinnovabile e carico.

Durata: 12 mesi

[GE.Progetti.26]. *Contratto di ricerca biennale affidato da enea sul tema "sviluppo di modelli matematici e tool di ottimizzazione per la progettazione di hub energetici multi-vettore in assetto local energy community e relativa applicazione a casi reali"*

Responsabile scientifico: Stefano Bracco

Ente finanziatore: ENEA

Attività facente parte del Piano Triennale di Realizzazione (PTR) 2019-2021 di ENEA nell'ambito dell'Accordo di Programma 2019-2021 per le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico. Sviluppo di modelli di ottimizzazione per la pianificazione e gestione ottimale di sistemi poligenerativi, dotati anche di infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici, a servizio di utenze civili in ambito urbano.

Durata: 2 anni

[GE.PROGETTI.27]. *Sviluppo di un controllo per la gestione risk based delle contingenze e sua applicazione a situazioni di rete rappresentative*

Responsabile scientifico: Matteo Saviozzi

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.

Breve descrizione: l'obiettivo dell'attività è far evolvere il controllo preventivo di tipo probabilistico per contingenze N-1 verso un controllo risk-based preventivo-correttivo per contingenze N-k tenendo conto delle incertezze di previsione, relative alla domanda di carico e alla produzione rinnovabile, e della probabilità di occorrenza delle contingenze.

Durata: 36 mesi

[GE.Progetti.28]. *Contratto di ricerca affidato dalla multinazionale ansaldo energia spa sul tema dell'integrazione della cogenerazione ad alto rendimento di piccola-media taglia con infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici in contesti di edilizia residenziale e del terziario.*

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Responsabile scientifico: Stefano Bracco

Ente finanziatore: Ansaldo Energia SpA

Sviluppo di metodologie e modelli di calcolo per la valutazione tecnico-economica di investimenti nel settore della piccola cogenerazione (microturbine a gas) in abbinamento a sistemi di ricarica di veicoli full electric.

Durata: 1 anno

[GE.PROGETTI.29]. *Controllo della frequenza di rete mediante impianti eolici e fotovoltaici: sviluppo della strategia di controllo e simulazioni Hardware in the Loop*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.

Breve descrizione: Attività di sviluppo e validazione sperimentale riguardo a logiche di controllo MPC per fornire servizi ancillari alla rete e supportare la regolazione di frequenza, anche mediante la generazione rinnovabile non programmabile. Simulazioni Power Hardware in the Loop (PHiL) di una wind farm accoppiata a sistemi di accumulo elettrochimico al fine di fornire servizi ancillari alla rete. Regolazione di frequenza a salire realizzata con impianti fotovoltaici: sviluppo della strategia di controllo e simulazioni PHiL. Fornitura di inerzia sintetica da parte di impianti interfacciati con inverter: sviluppo delle strategie di controllo e analisi del contributo all'inerzia.

Durata: 36 mesi

[GE.Progetti.30]. *Progetto europeo ALPGRIDS (increasing res uptake through microgrids in the Alps)*

Responsabile scientifico: Federico Delfino

Coordinatore del sito pilota (nuova microrete poligenerativa a servizio di un quartiere urbano di Savona): Stefano Bracco

Direttore della International Alpgrids Microgrid Summer School: Stefano Bracco

Ente finanziatore: Unione Europea tramite Interreg Alpine Space. Link: <https://www.alpine-space.org/projects/alpgrids/en/home>.

Partners del Progetto: AURA EE - Auvergne-Rhône-Alpes Energy Environment Agency, IRE spa, W.E.I.Z. - Energy and Innovation Centre of Weiz, ENERGAP - Energy Agency of Podravje, 4ER - 4ward Energy Research Ltd, DeMEPA, BAUM - B.A.U.M. Consult GmbH München, ROTH - Rothmoser GmbH & Co. KG, CNR - Compagnie Nationale du Rhône, Municipality of Udine, Municipality Selnica ob Dravi, Università degli Studi di Genova.

Durata: 2.5 anni

[GE.Progetti.31]. *VISTOFARE - Virtual Storage per la Fast Reserve e servizi integrati di inerzia sintetica, peak shaving e load levelling, RDS Ricerca di Sistema*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente finanziatore: CSEA organo attuatore del MISE

Breve descrizione: Realizzazione di un dispositivo (StorInPlus) che può operare in ottica Virtual Storage, attraverso la piattaforma ViSto, che verrà progettata ed implementata, sia per fornire servizi alla rete normalmente riservati a grandi impianti di generazione di tipo programmabile, sia per soddisfare le esigenze di base degli utenti/produttori.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Sedi partner: SIEL S.p.A., Creta Energie Speciali srl, Università della Calabria.

Durata: 36 mesi

[GE.Progetti.32]. *Progetto "Ottimizzazione tecnico-economica e simulazione di microreti poligenerativi in innovative contesti di comunità energetiche"*

Responsabile scientifico: Stefano Bracco

Collaboratore di ricerca: Barbara Bonvini

Ente finanziatore: Unione Europea tramite Interreg Alpine Space.

Sviluppo di uno studio di fattibilità per la realizzazione di microreti poligenerative e la costituzione di Comunità energetiche e Autoconsumatori collettivi di energia rinnovabile nel comune di Savona.

Durata: 1 anno

[GE.Progetti.33]. *Planning and flexible operation of micro-grids with generation, storage and demand control as a support to sustainable and efficient electrical power systems: regulatory aspects, modelling and experimental validation*

Coordinatore: Carlo Alberto Nucci (Università di Bologna)

Responsabile di unità: Stefano Massucco

Ente finanziatore: Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

Breve descrizione: Pianificazione, modellizzazione, progettazione di sistemi di gestione e definizioni di aspetti regolatori per microreti composte da generazione, sistemi di accumulo e controllo del carico come supporto all'efficientamento del sistema elettrico.

Sedi partner Università di Bologna, Università di Padova, Politecnico di Milano, Politecnico di Bari, Università di Cagliari.

Durata: 36 mesi

[GE.PROGETTI.34]. *Protezione delle reti di distribuzione mediante l'utilizzo di misure provenienti da dispositivi Phasor Measurement Unit (PMU)*

Responsabile scientifico: Francesco Conte

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.

Breve descrizione: L'attività si pone in continuità con una precedente collaborazione tra RSE e l'Università di Genova. L'obiettivo è migliorare un algoritmo di rilevazione e localizzazione di un guasto in una rete di distribuzione utilizzando misure fornite da dispositivi PMU.

Durata: 12 mesi

[GE.PROGETTI.35]. *Modelli, tecniche di controllo e simulazioni HIL per la fornitura di servizi di flessibilità da parte di unità di generazione rinnovabile e di carico*

Responsabile scientifico: Stefano Massucco

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.

Breve descrizione: Lo scopo dell'attività, con significativo contenuto sperimentale, è l'analisi di metodologie e algoritmi basati su tecniche di controllo predittivo "Model Predictive Control" (MPC) e la loro implementazione prototipale in infrastrutture "Hardware-in-the-Loop" (HIL). L'applicazione individuata, in continuità con attività di collaborazione pregresse tra RSE e l'Università di Genova, riguarderà prevalentemente applicazioni per operare servizi di regolazione della frequenza utilizzando sia generatori connessi alla rete mediante convertitori, sia sistemi di accumulo elettrochimico.

Durata: 12 mesi

[GE.PROGETTI.36]. *Protezione delle reti di distribuzione mediante Phase Measurement Unit (PMU)*

Responsabile scientifico: Francesco Conte

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.

Breve descrizione: L'attività oggetto di questo contratto mira ad investigare alcuni metodi descritti in letteratura per la protezione delle reti di distribuzione mediante Phase Measurement Unit (PMU) al fine di valutarne criticamente le prestazioni in termini di efficacia della funzione di protezione e selezione tronco guasto.

Durata: 12 mesi

[GE.PROGETTI.37]. *Progetto microgrid: sviluppo di modelli di microgrid in bassa tensione per validazione di logiche di controllo avanzate*

Responsabile scientifico: Fabio D'Agostino

Ente Finanziatore: ABB S.p.A (Divisione SACE)

Breve descrizione: La ricerca ha come obiettivo quello di affrontare le tematiche del controllo e dell'integrazione della generazione distribuita e dei sistemi di accumulo, con particolare focus sulle applicazioni microgrid. Sono e saranno oggetto di studio lo sviluppo e l'implementazione di modelli di microreti terrestri e navali, in corrente alternata e corrente continua, in ambiente di simulazione real-time, con l'obiettivo di mettere a punto funzionalità avanzate di controllo e protezione, anche tramite la realizzazione di configurazioni hardware-in-the-loop.

Durata: 36 mesi

[GE.PROGETTI.38]. *Accumulo energetico innovativo*

Responsabile scientifico: Fabio D'Agostino

Ente Finanziatore: Centro per gli studi di Tecnica Navale (CETENA), Gruppo Fincantieri S.p.A.

Breve descrizione: Sono stati oggetto di studio i sistemi di accumulo elettrochimico a batteria e i sistemi di accumulo basati su tecnologia Fuel Cell di tipo Proton Exchange Membrane (PEM) e Solid Oxide Fuel Cell (SOFC). In particolare, lo studio si è articolato sui temi dell'analisi tecnologica e di mercato per l'applicazione dei sistemi di accumulo a bordo nave.

Durata: 5 mesi

[GE.PROGETTI.39]. *Supporto all'identificazione e alla valutazione di soluzioni tecniche per la realizzazione del sistema elettrico di bordo di un'imbarcazione da diporto con propulsione ibrida*

Responsabile scientifico: Fabio D'Agostino

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it



Ente Finanziatore: Centro per gli studi di Tecnica Navale (CETENA), Gruppo Fincantieri S.p.A.

Breve descrizione: La ricerca ha avuto come obiettivo quello di studiare la realizzazione di sistemi modulari di generazione/propulsione integrati, destinati alla realizzazione della microrete di bordo di una nave da diporto con propulsione ibrida, e scafo in carbonio di lunghezza pari a 30 metri.

Durata: 7 mesi

[GE.PROGETTI.40]. *Persico Marine – Accordo Quadro*

Responsabile scientifico: Fabio D'Agostino

Ente Finanziatore: Persico Marine S.r.l.

Breve descrizione: Accordo Quadro di Ricerca commissionata tra il Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni (DITEN) dell'Università degli Studi di Genova e la società Persico Marine S.r.l., per l'affidamento all'Università degli Studi di Genova di attività di Ricerca e Sviluppo.

Durata: 12 mesi

[GE.PROGETTI.41]. *High temperature superconductivity application in power system: application to marine system*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente Finanziatore: Fincantieri

Breve descrizione: Il progetto ha l'obiettivo di analizzare l'applicazione di tecnologie superconduttive a bordo delle navi, considerando aspetti relativi all'architettura, alle protezioni e ai controlli dei sistemi di bordo.

Durata: 36 mesi

[GE.PROGETTI.42]. *SHIP2GRID*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A.

Breve descrizione: L'oggetto di questo studio è l'identificazione del layout impiantistico ottimale per abilitare la ricarica ad alta potenza di imbarcazioni full electric. A tal fine, verrà preso in considerazione un caso studio specifico per individuare i requisiti, le opportunità e le eventuali criticità dell'infrastruttura in oggetto. In particolare, verranno valutate le soluzioni tecnologiche allo stato dell'arte, con analisi sui costi e benefici delle possibili opzioni.

Durata: 30 mesi

[GE.PROGETTI.43]. *Integrated Plant Design (IPD)*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente Finanziatore: Fincantieri

Breve descrizione: L'obiettivo principale di questo progetto è quello di sviluppare strumenti di supporto alla progettazione impiantistica focalizzati specialmente agli innovativi sistemi di generazione di potenza/energia a basse (o zero) emissioni inquinanti e di gas serra.

Durata: 24 mesi

[GE.PROGETTI.44]. *Modelli e analisi dei carichi per lo sviluppo del Bilancio Elettrico Simulativo (BES)*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente Finanziatore: Fincantieri

Breve descrizione: Lo scopo principale di questo progetto è la modellazione e l'analisi di carichi per la definizione e l'implementazione di una procedura per il bilancio elettrico simulativo di una nave.

Durata: 12 mesi

[GE.PROGETTI.45]. *Analisi della fattibilità e potenzialità tecnico-economica dell'elettrificazione delle banchine portuali in Italia*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente Finanziatore: Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A

Breve descrizione: Analisi dei possibili benefici tecnico ed economici relativi alla possibile elettrificazione delle banchine portuali in Italia

Durata: 12 mesi

[GE.PROGETTI.46]. *Progetto ERM: sviluppo e messa a punto di modelli dinamici di reti di distribuzione in micro- reti e sistemi di bordo*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente Finanziatore: ABB S.p.A. (Divisione SACE)

Breve descrizione: L'attività riguarda lo sviluppo e la messa a punto di modelli dinamici di reti di distribuzione in micro- reti e sistemi di bordo. Inoltre, sono sviluppate tecniche di ottimizzazione per la gestione energetica di microreti.

Durata: 36 mesi

[GE.PROGETTI.47]. *Sistemi di accumulo ed integrazione della generazione distribuita (SIAC)*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Ente Finanziatore: Fincantieri

Breve descrizione: Lo studio è stato orientato alla valutazione di diverse soluzioni impiantistiche volte all'inserimento di sistemi di accumulo nella rete elettrica di bordo. Le valutazioni di tali sistemi (elettrochimico, supercapacitivo e cinetico) sono volte sia alla selezione dei sistemi più performanti in relazione alla specifica funzione (livellamento del carico, regolazione di frequenza, power quality) sia alla definizione dei criteri di dimensionamento.

Durata: 18 mesi

## LABORATORI

[GE.LABORAT.1]. *LIVING-LAB MICROGRID*

Responsabile scientifico: Federico Delfino

### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Breve descrizione: attività svolte presso il Living-Lab congiunto ENEL-UNIGE, operativo presso il Campus di Savona, per lo sviluppo di tecnologie per l'approvvigionamento energetico a basso impatto ambientale tramite architetture di microrreti in grado di essere gestite in modalità "grid-connected" o "islanding". Valore degli interventi di upgrade tecnologico sulla Smart Polygeneration Microgrid del Campus di Savona pari a circa 200 k€, a carico di ENEL. Attività di ricerca svolte anche sul tema della mobilità elettrica (V2G e smart charging) in collaborazione con EnelX e l'associazione MOTUS-E.

*[GE.LABORAT.2]. ELECTRIC POWER MARINE LABORATORY*

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Breve descrizione: realizzazione presso il DITEN di un Laboratorio didattico congiunto ABB-UNIGE riconosciuto dal Ministero dei Trasporti. Laboratorio attrezzato per attività di collaborazione sulle tematiche dell'impiantistica e controllo degli impianti di bordo (Power Management System), controllo degli azionamenti e modellistica dei processi a bordo.

Utilizzato per lo svolgimento del corso di formazione "High Voltage Technology" per il personale marittimo di livello operativo e direttivo sul tema della Sicurezza Elettrica in Media Tensione.

Valore degli interventi nel laboratorio pari a circa 150 k€, a carico di ABB S.p.A.

*[GE.LABORAT.3]. SHIL - INFRASTRUTTURA DI RICERCA SHIL (SHIP IN THE LOOP)* finanziato da Regione Liguria, Università di Genova e DLTM nell'ambito del programma POR FESR LIGURIA 2014-2020 ASSE 1 "Ricerca e Innovazione (OT1)" Azione 1.5.1 Avviso "Sostegno alle infrastrutture di ricerca ritenute critiche / cruciali per sistemi regionali". L'IR SHIL nasce con l'obiettivo di costruire una rete di co-simulazione distribuita per lo studio di diversi aspetti legati a modelli di sistemi e componenti legati alla simulazione real-time in ambiente marittimo, portuale e terrestre. Il Laboratorio comprende: Simulatori real-time di reti elettriche (OPAL-RT e SPEEDGOAT) con sorgenti e convertitori programmabili (nodo locale). Simulatore di plancia e emulatore di automazione del sistema di propulsione di bordo interfacciabile in co-simulazione. Cyber range per lo studio di attacchi informatici sulla rete di comunicazione e controllo di bordo. Modelli cyber-fisici di tecnologie dell'idrogeno (celle a combustibili, elettrolizzatori, accumuli). Il laboratorio elettrico permette lo sviluppo e il test di simulazione e validazione di diversi ambienti in co-simulazione. In particolare le tematiche di interesse sono lo studio di architetture di reti elettriche AC e DC, logiche di controllo e protezione con validazione di controllori sia software che hardware.

Responsabile scientifico: Federico Silvestro

Valore degli interventi nel laboratorio pari a circa 700 k€.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DE L'AQUILA

UNIVERSITÀ DELL'AQUILA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE E DI ECONOMIA  
67040 POGGIO DI ROIO (AQ)  
TEL. +39 0862 434404-5

**Responsabile Scientifico:** Alberto Prudenzi

**Sito web:** [www.univaq.it](http://www.univaq.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Andrea	Fioravanti	RTDA
Alberto	Prudenzi	Professore Ordinario
Andrea	Silvestri	Assegnista di Ricerca

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

Tecniche non intrusive di monitoraggio dei carichi elettrici.

Il presente filone di ricerca ha riguardato l'ottimizzazione dei flussi di Potenza negli edifici automatizzati (prosumer) tramite un controllo real-time della generazione locale, dello storage e dei consumi in loco. Nella trattazione dell'argomento sono stati trattati anche i vantaggi connessi alla riduzione dell'emissione di CO<sub>2</sub> e alla conseguente salvaguardia dell'ambiente. La ricerca si è incentrata su l'implementazione di un sistema low-cost ad elevata risoluzione di energy monitoring per applicazioni di monitoraggio distribuito energetico presso l'utenza e l'applicazione della piattaforma all'analisi della disaggregazione dei dati di consumo elettrico dell'utenza (NILM).

### Bibliografia

- [AQ.Distrib.1]. F. Ciancetta, G. Bucci, E. Fiorucci, S. Mari and A. Fioravanti, "**A New Convolutional Neural Network-Based System for NILM Applications**," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 70, pp. 1-12, 2021, Art no. 1501112, doi: 10.1109/TIM.2020.3035193.
- [AQ.Distrib.2]. Bucci G., Ciancetta F., Fiorucci E., Mari S., Fioravanti A., "**State of art overview of Non-Intrusive Load Monitoring applications in smart grids**", Measurement: Sensors, Volume 18, 2021, 100145, ISSN 2665-9174, <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100145>.
- [AQ.Distrib.3]. Bucci G., Ciancetta F., Fiorucci E., Mari S., Fioravanti A. , "**Measurements for non-intrusive load monitoring through machine learning approaches**", ACTA IMEKO, ISSN: 2221-870X, December 2021, Volume 10, Number 4, 90-96, doi: [http://dx.doi.org/10.21014/acta\\_imeko.v10i4.1184](http://dx.doi.org/10.21014/acta_imeko.v10i4.1184)
- [AQ.Distrib.4]. A. Fioravanti, A. Prudenzi, F. Muzi, L. Calcara, M. Pompili, "**Automation and remote control to improve LV grid management**", 20TH International Conference on Environment and Electrical Engineering 04TH Industrial and Commercial Power Systems Europe 2020(EEEIC and I&CPS)
- [AQ.Distrib.5]. G. Bucci, F. Ciancetta, E. Fiorucci, S. Mari and A. Fioravanti, "**Multi-State Appliances Identification through a NILM System Based on Convolutional Neural Network**," 2021 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/I2MTC50364.2021.9460038.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

Applicazione di tecniche diagnostiche basate su sweep frequency response analysis ai componenti del sistema utilizzatore

Il ruolo di questa tecnica e la relativa interpretazione dei risultati sta crescendo di importanza nel campo della prevenzione dei guasti dei componenti elettrici; questi risultati vengono ottenuti dalla risposta in frequenza dell'impianto rispetto a un segnale di ingresso variabile in frequenza. Tali variazioni in frequenza mettono in evidenza le possibili variazioni di impedenza, elementi capacitivi e induttivi che sono intimamente legati alla costruzione fisica del sistema elettrico. I cambiamenti nella risposta in frequenza possono indicare una modifica, la cui causa necessita quindi di essere identificata e studiata.

- Analisi dello stato dell'arte delle tecniche di diagnosi basate su SFRA (Sweep frequency response analysis)
- Applicazione di un sistema di analisi SFRA sui trasformatori d'isolamento per uso medicale IT-M
- Prove in campo su cluster di trasformatori di isolamento in servizio presso l'Azienda Ospedaliera San Camillo-Forlanini di Roma.

- Applicazione di un sistema di analisi SFRA ad un impianto elettrico alimentato per la supervisione degli apparati elettrici collegati.

#### Bibliografia

- [AQ.Tecnol.1]. Bucci, G., Ciancetta, F., Fioravanti, A., Fiorucci, E., Prudenzi, A., “**Application of SFRA for diagnostics on medical isolation transformers**”, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 117, art. no. 105602, DOI: 10.1016/j.ijepes.2019.105602
- [AQ.Tecnol.2]. G. Bucci, F. Ciancetta, A. Fioravanti, E. Fiorucci, A. Prudenzi, “**Improving the Power System safety in Hospitals by means of periodical SFRA tests on Medical Isolation Transformers**”, Renewable Energy & Power Quality Journal, Volume No.18, pages 287-291, June 2020. ISSN 2172-038X, International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'20), Granada (Spain), 2020, DOI: 10.24084/repqj18.300
- [AQ.Tecnol.3]. Bucci G., Ciancetta F., Fioravanti A., Fiorucci E., Mari S., Prudenzi A., “**Testing system for the on-site checking of magneto-thermal switches with arc fault detection**”, Energies, 2020, 13(18), 13184652, DOI: 10.3390/en13184652
- [AQ.Tecnol.4]. Bucci G., Ciancetta F., Fioravanti A., Fiorucci E., Mari S., Silvestri A., “**Online sweep frequency analysis testing on UPS for resilience**”, Measurement: Sensors, Volume 18, 2021, 100079, ISSN 2665-9174, <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100079>.
- [AQ.Tecnol.5]. G. Bucci, F. Ciancetta, A. Fioravanti, E. Fiorucci, S. Mari, A. Prudenzi, “**Fast testing platform for the isolation transformer**” Renewable Energy & Power Quality Journal, Volume No.19, ISSN 2172-038X, September 2021, 19th International Conference on Renewable Energies and Power Quality - ICREPQ'20, Almeria (Spain), DOI: <https://doi.org/10.24084/repqj19.236>
- [AQ.Tecnol.6]. Bucci, G., Ciancetta, F., Fioravanti, A., Fiorucci, E., Prudenzi, A., “**Application of SFRA for diagnostics on medical isolation transformers**”, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 117, art. no. 105602, DOI: 10.1016/j.ijepes.2019.105602
- [AQ.Tecnol.7]. Bucci G., Ciancetta F., Fiorucci E., Mari S., and Fioravanti A., “**Deep Learning Applied to SFRA Results: A Preliminary Study**”, In 2021 7th International Conference on Computing and Artificial Intelligence (ICCAI 2021). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 302–307. DOI:<https://doi.org/10.1145/3467707.3467753>
- [AQ.Tecnol.8]. A.Fioravanti, A. Prudenzi, G. Bucci, E. Fiorucci, F. Ciancetta, S. Mari, “**Non intrusive electrical load identification through an online SFRA based approach**” , International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020, Sorrento (Italy),2020

#### Superarmoniche

Le interferenze elettromagnetiche dovute a disturbi condotti nella gamma di frequenza 2-150 kHz sono diventate un vero problema nell'ambito delle reti di distribuzione a Bassa e Media Tensione. Pertanto le aziende distributrici, le aziende produttrici di apparecchiature elettriche e la comunità scientifica internazionale è sempre più interessata allo studio di tale argomento. A causa del crescente utilizzo di energie rinnovabili e di caricabatterie per veicoli elettrici (EV), nonché del continuo aumento dell'efficienza energetica nei moderni elettrodomestici del mercato di massa, si osserva una tendenza a spostare le emissioni da frequenze più basse a frequenze più alte. Tali frequenze risultano le principali cause di errori di comunicazione di sistemi basati su PLC.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
[dario.zaninelli@polimi.it](mailto:dario.zaninelli@polimi.it)

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
[martirano@uniroma1.it](mailto:martirano@uniroma1.it)



[AQ.Utiliz.1]. Bucci G., Ciancetta F., Fioravanti A., Fiorucci E., Landi C., Luiso M., Mari S., Silvestri A. "The effects of LED Lamps Emission on PLC: a preliminary Study in a realistic scenario" IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 &IoT, 07-09 June 2022 Trento.

## **LABORATORI**

### *Laboratorio di Impianti Elettrici*

Apparecchiature di base di misure elettriche ed elettroniche; Apparecchiature informatiche per la simulazione dei sistemi elettrici (ATP-EMTP, ETAP, MatLab); Apparecchiature domotiche, Componentistica linee AT.

### *Laboratorio Edison "Nuove tecnologie per il monitoraggio dell'energia"*

Il Laboratorio è stato donato dalla Società Edison e comprende, soprattutto, apparecchiature per il monitoraggio e la gestione automatica delle Smart Grid.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI MILANO

POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI ENERGIA E DIPARTIMENTO DI ELETTRONICA, INFORMAZIONE E BIOINGEGNERIA  
PIAZZA LEONARDO DA VINCI 32  
20133 MILANO  
TEL. +39

**Responsabile Scientifico:** Dario Zaninelli

**Sito web:** [www.polimi.it](http://www.polimi.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Alberto	Berizzi	Professore Ordinario
Morris	Brenna	Professore Ordinario
Maurizio	Delfanti	Professore Ordinario
Giuseppe	Esposito	già Tecnico Laureato
Roberto Sebastiano	Faranda	Professore Ordinario
Federica	Foiadelli	Professore Associato
Samuele	Grillo	Professore Associato
Michela	Longo	Professore Associato
Marco	Merlo	Professore Associato
Marco	Pasetti	Ricercatore
Andrea	Silvestri	Professore Emerito
Enrico	Tironi	già Professore Ordinario
Dario	Zaninelli	Professore Ordinario
Kishore	Akkala	Assegnista
Alessandro	Bosisio	RTD-A
Filippo	Bovera	RTD-A
Simone	Carnì	Dottorando
Cristian Giovanni	Colombo	Dottorando
Aleksandar	Dimovski	Dottorando
Davide	Falabretti	RTD-B
Kim	Fumagalli	Collaboratore
Francesco	Gulotta	Dottorando
Hamed	Jafari Kaleybar	Assegnista
Hossein	Hafezi	Collaboratore
Valentin	Ilea	RTD-B
Seyed Mahdi	Miraftebzadeh	Dottorando
Riccardo	Nebuloni	Dottorando
Simone	Negri	Assegnista
Francesca	Oliva	Dottoranda

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Giuliano	Rancilio	Assegnista
Alessandro	Saldarini	Dottorando
Aman	Samson Mogos	Dottorando
Andrea	Vicario	Dottorando
Jian	Wang	Dottorando

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Il testo è costituito da un elenco di temi descritti in modo estremamente sintetico.

Fornitura di servizi innovativi da parte di impianti rinnovabili

Analisi di nuove metodologie di controllo di impianti eolici per la fornitura di servizi di inerzia in [MI.Produz.1] e [MI.Produz.2].

Generazione fotovoltaica

Negli articoli [MI.Produz.3], [MI.Produz.4] viene analizzato l'impatto della generazione fotovoltaica sulla generazione centralizzata considerando dei casi studio reali.

Sono stati inoltre analizzate le tecniche di riduzione della potenza generata da un generatore FV e i relativi modi di guasto [MI.Produz.5], [MI.Produz.6].

In [MI.Produz.7], [MI.Produz.8], [MI.Produz.9], [MI.Produz.10], [MI.Produz.11], [MI.Produz.12] e [MI.Produz.13] viene invece affrontato il problema dell'integrazione di generatori fotovoltaici nelle reti di distribuzione isolate o reti deboli come quelle rurali, nonché le performances garantite dai generatori stessi.

Nell'articolo [MI.Produz.14] viene descritta l'analisi di una nuova metodologia per la previsione della produzione di pannelli fotovoltaici.

Generazione eolica

In [MI.Produz.7] viene trattato il problema della connessione della generazione eolica alla rete elettrica.

Sistemi di produzione mediante OCR

I sistemi di produzione mediante Organic Rankine Cycle e il loro abbinamento con sistemi di accumulo stagionali nelle microgrid sono descritti in [MI.Produz.16], [MI.Produz.17], [MI.Produz.18], [MI.Produz.19], [MI.Produz.20]

Collaborazioni con altre unità

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Unità di Genova  
CanmetENERGY Research Centre in Ottawa (Canada)

Bibliografia

[MI.Produz.1]. A. Berizzi, A. Bosisio, V. Ilea, D. Marchesini, R. Perini, and A. Vicario, "Analysis of Synthetic Inertia Strategies from Wind Turbines for Large System Stability," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 58, no. 3, pp. 3184–3192, 2022.

[MI.Produz.2]. A. Berizzi, A. Bolzoni, A. Bosisio, V. Ilea, D. Marchesini, R. Perini, A. Vicario, "Synthetic Inertia from Wind Turbines for Large System Stability," in Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020, 2020.

[MI.Produz.3]. Brenna, M., Corradi, A., Foidelli, F., Longo, M., Yaici, W., Numerical simulation analysis of the impact of photovoltaic systems and energy storage technologies on centralised generation: a case study for Australia, (2020) International Journal of Energy and Environmental Engineering, 11 (1), pp. 9-31.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Produz.4]. Brenna, M., Corradi, A., Foiadelli, F., Longo, M., Assessing impact of PV systems on centralised generation, (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Produz.5]. R. Faranda, K. Akkala: "Reduction power point tracking for standalone PV systems: Preliminary studies", 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020; Sorrento; Italy; 24-26 June 2020. DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161911
- [MI.Produz.6]. R. Faranda, K. Fumagalli, S. Leva: "Efficacy comparison of PV Panel for Ex environment", 17th Conference on Petroleum and Chemical Industry Committee (PCIC) Europe, Virtual Conference, June 22-24 2021, pag. 1-6
- [MI.Produz.7]. Chowdhury, N., Hossain, C.A., Longo, M., Yaici, W. (2021), Performance Investigation Of The Lifetime Of Solar Cell Using Surface Photovoltage (Spv) Method And Efficiency Measurement, International Journal of Renewable Energy Research, 11 (3), pp. 1403-1412
- [MI.Produz.8]. N. Chowdhury, C.A. Hossain, M. Longo, W. Yaïci (2020), "Feasibility and cost analysis of photovoltaic-biomass hybrid energy system in off-grid areas of Bangladesh", Sustainability (Switzerland), 12 (4)
- [MI.Produz.9]. C.A. Hossain, N. Chowdhury, M. Longo, W. Yaïci (2019), "System and cost analysis of stand-alone solar home system applied to a developing country", Sustainability (Switzerland), 11 (5)
- [MI.Produz.10]. N. Chowdhury, A. Chowdhury, C.A. Hossain, M. Longo, W. Yaici (2021), "Feasibility Study of An Automatic Grid-Tied Solar Irrigation System for Rural Application", (2021) ICREST 2021 - 2nd International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques, pp. 408-412
- [MI.Produz.11]. S.M. Miraftebadeh, M. Longo, F. Foiadelli (2020), "A-day-ahead photovoltaic power prediction based on long short term memory algorithm", SEST 2020 - 3rd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies
- [MI.Produz.12]. S. Bracco, F. Delfino, F. Foiadelli, M. Longo (2019), "On the integration of solar PV and storage batteries within a microgrid", Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019
- [MI.Produz.13]. M.M. Hasan, N. Chowdhury, C.A. Hossain, M. Longo (2019), "State of art on possibility optimization of solar PV-wind hybrid system", 1st International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques, ICREST 2019
- [MI.Produz.14]. F. E. Atencio Espejo, S. Grillo, L. Luini, "Photovoltaic Power Production Estimation based on Numerical Weather Predictions," IEEE PowerTech Conference, 23–27 Jun. 2019, Milano, Italy, pp. 1–6.
- [MI.Produz.15]. Barelli, L., Pelosi, D., Ciupageanu, D.A., Ottaviano, P.A., Longo, M., Zaninelli, D. (2021), Hess in a wind turbine generator: Assessment of electric performances at point of common coupling with the grid, Journal of Marine Science and Engineering, 9 (12)
- [MI.Produz.16]. Yaïci, W., Annuk, A., Entchev, E., Longo, M., Kalder, J. (2021) Organic rankine cycle-ground source heat pump with seasonal energy storage based micro-cogeneration system in cold climates: The case for Canada, Energies, 14 (18)
- [MI.Produz.17]. W. Yaïci, E. Entchev, P. Talebizadehsardari, M. Longo (2021), "Performance investigation of solar organic Rankine cycle system with zeotropic working fluid mixtures for use in micro-cogeneration", Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME, 143 (9)
- [MI.Produz.18]. W. Yaïci, E. Entchev, P. Talebizadehsardari, M. Longo (2020), "Thermodynamic, economic and sustainability analysis of solar organic rankine cycle system with zeotropic working fluid mixtures for micro-cogeneration in buildings", Applied Sciences (Switzerland), 10 (21)
- [MI.Produz.19]. Yaïci, W., Entchev, E., Longo, M. (2021), Dynamic simulation of organic Rankine cycle-assisted ground-source heat pump based micro-cogeneration system in cold climates: A case study in Canada, Proceedings of the ASME 2021 15th International Conference on Energy Sustainability
- [MI.Produz.20]. W. Yaïci, E. Entchev, P.T. Sardari, M. Longo (2020), "Heat pump-organic rankine cycle hybrid systems for co/tri-generation applications: A state-of-the-art overview", ASME 2020 14th International Conference on Energy Sustainability, ES 2020

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

Approfondimenti in merito alla resilienza e al funzionamento in isola di porzioni della rete AT

Analisi del comportamento in isola di una porzione di rete AT/MT durante un evento reale, al fine di individuare criticità nel mantenimento del funzionamento stabile del sistema e definire possibili pratiche di esercizio per analoghe situazioni future [MI.Trasmis.1].

Stabilità statica e dinamica della rete AT

Analisi della stabilità del sistema elettrico di trasmissione in tempo reale, con particolare attenzione allo studio delle oscillazioni elettromeccaniche di frequenza [MI.Trasmis.2], [MI.Trasmis.3], [MI.Trasmis.4] e la stima dell'inerzia della rete [MI.Trasmis.5], [MI.Trasmis.6]. Massimizzazione della capacità di trasporto delle linee di interconnessione AT tramite algoritmi di tipo data-driven [MI.Trasmis.7].

Studio dell'effetto dell'inerzia sintetica sulle variazioni di frequenza e sul controllo di frequenza nei sistemi elettrici di trasmissione [MI.Trasmis.8] e [MI.Trasmis.9].

Linee elettriche

Sono stati condotti studi relativi alla valutazione del temperatura delle linee in AT tramite metodi di AI e alla valutazione dell'angolo ottimo per la stima del DRT in linee in AT con metodi di AI [MI.Trasmis.10], [MI.Trasmis.11].

Collaborazioni con altre unità

Pisa

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Pisa, Terna

Bibliografia

- [MI.Trasmis.1]. Islanding Operation during the 2019 Alto Adige Snowstorm Emergency. Carlini, E.M., Pesce, A., Piazza, M., Salmasio, A., Berizzi, A., Falabretti, D., Mattevi, C. 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, 2020, 9241143
- [MI.Trasmis.2]. A. Bosisio, A. Berizzi, G.R. Moraes, R. Nebuloni, G. Giannuzzi, R. Zaottini, C. Maiolini, "Combined use of PCA and Prony Analysis for Electromechanical Oscillation Identification," in 2019 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), 2019, pp. 62–70.
- [MI.Trasmis.3]. A. Berizzi et al., "Real-Time identification of electromechanical oscillations through dynamic mode decomposition," IET Gener. Transm. Distrib., vol. 14, no. 19, pp. 3992–3999, Oct. 2020.
- [MI.Trasmis.4]. A. Vicario, A. Berizzi, G. M. Giannuzzi and C. Pisani, "Practical Implementation and Operational Experience of Dynamic Mode Decomposition in Wide-Area Monitoring Systems of Italian Power System," in Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, doi: 10.35833/MPCE.2021.000509.
- [MI.Trasmis.5]. Rossetto Moraes, G.; Ilea, V.; Berizzi, A.; Pisani, C.; Giannuzzi, G.; Zaottini, R. A Perturbation-Based Methodology to Estimate the Equivalent Inertia of an Area Monitored by PMUs. Energies 2021, 14, 8477. <https://doi.org/10.3390/en14248477>.
- [MI.Trasmis.6]. Moraes G.R., Pozzi F., Ilea V., Berizzi A., Carlini E.M., Giannuzzi G., Zaottini R., Measurement-based inertia estimation method considering system reduction strategies and dynamic equivalents (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019, art. no. 8810634.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [MI.Trasmis.7]. A. Bosisio, A. Berizzi, D.-D. Le, F. Bassi, G. Giannuzzi, "Improving DTR assessment by means of PCA applied to wind data," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 172, pp. 193–200, Jul. 2019.
- [MI.Trasmis.8]. D. del Giudice, A. Brambilla, S. Grillo, F. Bizzarri, "Effects of inertia, load damping and dead-bands on frequency histograms and frequency control of power systems," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, 129 (2021), pp. 1–10, article no. 106842.
- [MI.Trasmis.9]. D. del Giudice, A. Brambilla, S. Grillo, F. Bizzarri, "Analysis of the Impact of Synthetic Inertia on Frequency Variations and on Turbine Governor Dead-Bands," 2020 IEEE ISGT Europe, 26–28 Oct. 2020, pp. 1–5.
- [MI.Trasmis.10]. R. Faranda, F. Bassi, A. Nespoli, E. Ogliari, D. Poli: "Preliminary model comparison for Dynamic Thermal Rating estimation", IEEE 19th Int. Conf. on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), Genova, Italy, pp.1-6, June 11-14, 2019
- [MI.Trasmis.11]. R. Faranda, E. Ogliari, A. Matteri, F. Bassi, M. Renieri: "Estimation of Optimal Line Angle for Dynamic Thermal Line Rating", 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe), Bari, Italy, June 8-11 2021, pag. 1-5

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

### Flessibilità da risorse distribuite

Una prima linea di ricerca ha riguardo lo sviluppo di modelli per la simulazione e l'ottimizzazione della fornitura di risorse per il dispacciamento, quali regolazione di potenza attiva e reattiva oppure risoluzione delle congestioni, tramite lo sfruttamento di risorse distribuite, con particolare riferimento ai distretti energetici multi-vettore [MI.Distrib.1], [MI.Distrib.2], [MI.Distrib.4], [MI.Distrib.5]. Inoltre, si è provveduto a sviluppare una serie di approfondimenti in merito alle tecniche di ottimizzazione della struttura delle reti di distribuzione pubblica al fine di migliorarne l'affidabilità e il grado di sfruttamento dei conduttori [MI.Distrib.6], [MI.Distrib.7], nonché alle logiche di regolazione ottima della tensione [MI.Distrib.8]. È stato affrontato anche il tema della pianificazione e ottimizzazione di aggregatori per la fornitura di flessibilità [MI.Distrib.9].

### Resilienza delle reti elettriche di distribuzione

Sviluppo di tecniche per la valutazione e il miglioramento della resilienza delle reti elettriche di distribuzione rispetto ai principali fattori di rischio meteorologici, quali ondate di calore e grandi nevicate [MI.Distrib.10], [MI.Distrib.11], [MI.Distrib.12], [MI.Distrib.13], [MI.Distrib.14], [MI.Distrib.15], [MI.Distrib.16].

### *Automazione delle reti elettriche*

Sviluppo di metodologie per l'automazione delle reti elettriche per il miglioramento del servizio offerto agli utenti finali [MI.Distrib.17], [MI.Distrib.18], [MI.Distrib.19], [MI.Distrib.20] e [MI.Distrib.21].

### *Modelli matematici e algoritmi per la pianificazione ottima dello sviluppo delle reti di distribuzione*

Sviluppo di modelli e algoritmi per la pianificazione ottima dell'espansione delle reti di distribuzione [MI.Distrib.22], [MI.Distrib.23].

### Funzionamento in sicurezza delle reti di distribuzione in isola

Sviluppo di modelli e algoritmo per il funzionamento in isola in condizioni di sicurezza delle reti di interessate da una larga penetrazione di fonti rinnovabili [MI.Distrib.24], [MI.Distrib.25].

### Impatto dei veicoli elettrici nelle reti di distribuzione

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

L'impatto dei sistemi di ricarica per veicoli elettrici nelle reti di distribuzione viene trattato in [MI.Distrib.1], [MI.Distrib.27] e [MI.Distrib.28], mentre in [MI.Distrib.29] viene trattato l'utilizzo di veicoli elettrici come accumulo virtuale per la rete elettrica. Infine in [MI.Distrib.30] si discute dei sistemi di messa a terra da adottare in presenza di dispositivi elettronici di conversione.

#### Impatto della generazione distribuita nelle reti di distribuzione

Sono state analizzate l'allocazione ottima di sistemi di generazione distribuita nelle smart grid, l'uso combinato di batterie e sistemi di generazione da fotovoltaico, il confronto di differenti guasti di impianti fotovoltaici ed è stata condotta un'analisi delle performance dello SPEC (3) [MI.Distrib.31], [MI.Distrib.32], [MI.Distrib.33], [MI.Distrib.34], [MI.Distrib.35], [MI.Distrib.36].

#### Post-metering services

Analisi dei servizi abilitati dallo smart meter [MI.Distrib.37].

#### Collaborazioni con altre unità

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza (LEAP), Ricerca sul Sistema Energetico (RSE), Università POLITEHNICA di Bucharest (Romania), Università Shahid Chamran di Ahvaz (Iran)  
School of Technology and Innovations, Electrical Engineering, University of Vaasa,  
Department of electrical engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran  
Esfahan Regional Electric Company, Esfahan, Iran  
Department of Electrical and Computer Engineering, Qom University of Technology, Qom, Iran  
Faculty of Engineering of the University of Porto and INESC TEC, Porto, Portugal  
Department of Electrical Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran  
ENEL.  
Università di Cagliari, Università degli Studi di Genova

#### Bibliografia

- [MI.Distrib.1]. United we stand: how aggregates of distributed energy resources can shape the future energy system. F Bovera. Tesi Dottorato (2021)
- [MI.Distrib.2]. An optimization model for the provision of flexibility and dispatching resources by multi-vector smart energy districts. F Bovera, M Gabba, M Zatti. 100RES 2020-Applied Energy Symposium (ICAE), 100% RENEWABLE (2020)
- [MI.Distrib.3]. Opening of the Italian Ancillary Service Market to Distributed Energy Resources: Preliminary Results of UVAM project. F Gulotta, A Rossi, F Bovera, D Falabretti, A Galliani, M Merlo, G Rancilio. 2020 IEEE 17th International Conference on Smart Communities (2020)
- [MI.Distrib.4]. G. Iannarelli, B. Greco, C. Moscatiello, A. Bosisio, and C. Boccaletti, "The potential of urban PV generation in the Italian context of energy transition: A case study," in 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1–6.
- [MI.Distrib.5]. G. Iannarelli, A. Bosisio, B. Greco, C. Moscatiello, and C. Boccaletti, "Flexible resources dispatching to assist DR management in urban distribution network scenarios including PV generation: An Italian case study," in Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Environ. Electr. Eng. 2020 IEEE Ind. Commer. Power Syst. Eur. IEEEIC / I CPS Eur. 2020, Jun. 2020.
- [MI.Distrib.6]. A new clustering method for the optimization of distribution networks layout considering energy efficiency and continuity of service. D. Falabretti, G. Sabbatini, Sustainable Energy, Grids and Networks, 2022, 30, 100654.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Distrib.7]. A. Bosisio, A. Berizzi, A. Morotti, B. Greco and G. Iannarelli, "Reliability evaluation for meshed distribution networks based on minimal cut sets method," in 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020, pp. 1-6.
- [MI.Distrib.8]. Voltage control methodologies in active distribution networks. Ilea, V., Bovo, C., Falabretti, D., Bonera, R., Rodolfi, M. *Energies*, 2020, 13(12), 3293.
- [MI.Distrib.9]. F. Conte, M. Saviozzi, S. Grillo, "An Optimization Problem for Day-Ahead Planning of Electrical Energy Aggregators," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53, no. 2, pp. 12213–12220, 2020.
- [MI.Distrib.10]. A novel method for evaluating the resilience of distribution networks during heat waves. Falabretti, D., Schiavo, L.L., Liotta, S., Palazzoli, A. *International Journal of Electrical and Electronic Engineering and Telecommunications*, 2020, 9(2), pp. 73–79
- [MI.Distrib.11]. A. Bosisio, B. Greco, G. Iannarelli, L. Perfetto, A. Morotti, and A. Pegoiani, "Extreme Weather Conditions Effects On Underground Cable Joints Failures: Strategies For Reliability And Resilience Improvement," in *CIREN 2021 - The 26th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution*, 2021, pp. 91-94.
- [MI.Distrib.12]. G. Iannarelli, A. Bosisio, B. Greco, C. Moscatiello, and C. Boccaletti, "Resilience of the Milan distribution network in presence of extreme events: Covid-19," in *2020 IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2020*, 2020.
- [MI.Distrib.13]. L. Bellani et al., "A supervised classification method based on logistic regression with elastic-net penalization for heat waves identification to enhance resilience planning in electrical power distribution grids," in *ESREL 2020 PSAM 15*, 2020. A. Bosisio, A. Berizzi, M. Brenna, A. Morotti, B. Greco, and G. Iannarelli, "A practical risk analysis for reliability improvement of distribution grids," *2022 Int. Symp. Power Electron. Electr. Drives, Autom. Motion*, pp. 137–142, Jun. 2022.
- [MI.Distrib.14]. A. Bosisio, S. Grillo, A. Morotti, E. Bionda, F. Soldan, and G. Iannarelli, "Analysis of fault data in urban electric distribution grids: lesson learned from Milan, Italy," *2022 Int. Symp. Power Electron. Electr. Drives, Autom. Motion*, pp. 779–784, Jun. 2022. [13] A. Bosisio, F. Soldan, A. Morotti, G. Iannarelli, E. Bionda, and S. Grillo, "Lessons learned from Milan electric power distribution networks data analysis during COVID-19 pandemic," *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 31, p. 100755, Sep. 2022.
- [MI.Distrib.15]. L. Bellani et al., "A reliability-centered methodology for identifying renovation actions for improving resilience against heat waves in power distribution grids," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 137, p. 107813, May 2022.
- [MI.Distrib.16]. A. Bosisio, M. Moncecchi, A. Morotti, and M. Merlo, "Machine Learning and GIS Approach for Electrical Load Assessment to Increase Distribution Networks Resilience," *Energies* 2021, Vol. 14, Page 4133, vol. 14, no. 14, p. 4133, Jul. 2021.
- [MI.Distrib.17]. A. Bosisio, A. Berizzi, A. Morotti, A. Pegoiani, B. Greco, G. Iannarelli, "IEC 61850-based smart automation system logic to improve reliability indices in distribution networks," in *2019 AEIT International Annual Conference, AEIT 2019*, 2019.
- [MI.Distrib.18]. A. Bosisio, A. Berizzi, D. Lupis, A. Morotti, B. Greco, and G. Iannarelli, "Network automation planning in distribution networks: a feeders coupling method to implement IEC 61850-based smart automation system logic," in *2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021*, pp. 1–6.
- [MI.Distrib.19]. A. Bosisio, A. Berizzi, A. Morotti, B. Greco, V. Girola, and G. Iannarelli, "Optimal procedure for remote-controlled switch devices siting in distribution systems using heuristic algorithms," in *IET Conf. Publ.*, vol. 2020, no. CP767, pp. 293–296, 2020.
- [MI.Distrib.20]. A. Petriccioli, S. Grillo, D. Comunello, A. Cacace, "Development and Validation of a Scalable Fast Load Shedding Technique for Industrial Power Systems," *IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, 7–10 Sep. 2021, Bari, Italy, pp. 1–5.
- [MI.Distrib.21]. Castro, A., Zaninelli, D., Introduction of current limiting impedance for a previously solid grounded medium voltage distribution network, (2019) *2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019*
- [MI.Distrib.22]. A. Bosisio, A. Berizzi, M. Merlo, A. Morotti, G. Iannarelli, and I. Milan, "A GIS-Based Approach for Primary Substations Siting and Timing Based on Voronoi Diagram and Particle Swarm Optimization Method," *Appl. Sci.* 2022, Vol. 12, Page 6008, vol. 12, no. 12, p. 6008, Jun. 2022.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Distrib.23]. A. Bosisio, A. Berizzi, C. Bovo, E. Amaldi, A. Morotti, B. Greco, G. Iannarelli, "A GIS-based approach for high-level distribution networks expansion planning in normal and contingency operation considering reliability," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 190, p. 106684, Jan. 2021.
- [MI.Distrib.24]. Alavi S.A., Ilea V., Saffarian A., Bovo C., Berizzi A., Seifossadat S.G., Feasible islanding operation of electric networks with large penetration of renewable energy sources considering security constraints (2019) *Energies*, 12 (3), art. no. 537.
- [MI.Distrib.25]. Picioroaga I., Eremia M., Ilea V., Bovo C., Resilient operation of distributed resources and electrical networks in a smart city context (2020) *UPB Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering and Computer Science*, 82 (3), pp. 267 – 278.
- [MI.Distrib.26]. Wang, X., Kaleybar, H.J., Brenna, M., Zaninelli, D., Power Quality Indicators of Electric Vehicles in Distribution Grid, (2022) *Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 2022*
- [MI.Distrib.27]. Brenna, M., Foadelli, F., Zaninelli, D., Graditi, G., Somma, M.D., The integration of electric vehicles in smart distribution grids with other distributed resources, (2021) *Distributed Energy Resources in Local Integrated Energy Systems: Optimal Operation and Planning*, pp. 315-345.
- [MI.Distrib.28]. Leone, C., Longo, M., Brenna, M., Impact Analysis of Ultra-Fast Charging Station by Monte Carlo Simulation, (2020) *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020*
- [MI.Distrib.29]. Hasan, E., Sharma, S., Brenna, M., Virtual energy storage system using aggregated electric vehicles for ancillary services in distribution grid, (2019) *2019 AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive, AEIT AUTOMOTIVE 2019*
- [MI.Distrib.30]. Acerbis, F., Brenna, M., Spada, F., Zaninelli, D., Quality of the earthing voltage for electronic device protection in power substations, (2019) *ICCEP 2019 - 7th International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact*
- [MI.Distrib.31]. R. Faranda, M. R. Esmaili, M. Shafie-khah, H. Hafezi, A. Khodabakhshian, E. Heydarian-Forushani, J. P. S. Catalao: "Multi-Objective Model for Allocation of Gas Turbines with the Aim of Black-Start Capability Enhancement in Smart Grids", *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe)*, ISGT 2019, Bucharest, Romania, pp.1-5, September 29 - October 2, 2019
- [MI.Distrib.32]. R. Faranda, K. Akkala H. Hafezi, P. Sodini: "Distributed Storage System with Solar Photovoltaic Energy Source", *IEEE 19th Int. Conf. on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, Genova, Italy, pp.1-6, June 11-14, 2019
- [MI.Distrib.33]. R. Faranda, K. Akkala, H. Hafezi: "Enabling End-User for LV Smart Grids", *7th International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact, ICCEP 2019*, Otranto, Italy, pp.1-6, July 2-4, 2019
- [MI.Distrib.34]. R. Faranda, K. Akkala, E. Kazemi-Robati, M. S. Sepasian: "Performance Assessment of Series Power Electronic Compensator in a Real LV Network", *7th International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact, ICCEP 2019*, Otranto, Italy, pp.1-5, July 2-4, 2019
- [MI.Distrib.35]. R. Faranda, E. Kazemi-Robati, M. S. Sepasian, K. Akkala, H. Hafezi: "A New Control Strategy for Harmonic Mitigation Using Open UPQC in Modern LV Networks", *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe)*, ISGT 2019, Bucharest, Romania, pp.1-5, September 29 - October 2, 2019
- [MI.Distrib.36]. R. Faranda, E. Kazemi-Robati, H. Hafezi, M. S. Sepasian, P. Sodini: "Hosting Capacity Enhancement and Voltage Profile Improvement Using Series Power Electronic Compensator in LV Distribution Networks", *SEST 2021: 4th International Conference on Smart Energy Systems and Technologies*, University of Vaasa, Vaasa, Finland, September 6-8, 2021, pag. 1-5
- [MI.Distrib.37]. D. Serra, D. Mardero, L. Di Stefano, S. Grillo, "Post-metering value-added services for low voltage electricity users: Lessons learned from the Italian experience of CHAIN 2," *Appl. Energy*, 304 (2021), pp. 1–11

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

### Ricarica intelligente e fornitura di flessibilità da veicoli elettrici in carica

Studio delle migliori soluzioni per l'integrazione della ricarica di veicoli nelle reti elettriche, attraverso la valutazione dell'impatto di diverse tariffe di ricarica sui costi e le modalità della stessa, e la modellazione della fornitura di flessibilità da parte di flotte di veicoli in carica, anche attraverso servizi di bilanciamento dedicati [MI.Trasporti.1], [MI.Trasporti.2], [MI.Trasporti.3], [MI.Trasporti.4], [MI.Trasporti.5], [MI.Trasporti.6], [MI.Trasporti.7], [MI.Trasporti.8], [MI.Trasporti.9], [MI.Trasporti.10].

Studio di metodologie per la stima dello stato di carica dei veicoli elettrici [MI.Trasporti.11].

### Impatto della mobilità elettrica sulle reti di distribuzione

Studio dell'impatto della mobilità elettrica sulla qualità del servizio [MI.Trasporti.12] e sulle infrastrutture di rete, in particolare trasformatori MT/BT, linee MT e BT [MI.Trasporti.13], [MI.Trasporti.14], [MI.Trasporti.15], [MI.Trasporti.16], [MI.Trasporti.17], [MI.Trasporti.18], [MI.Trasporti.19], [MI.Trasporti.20], [MI.Trasporti.21].

### Veicoli elettrici

In [MI.Trasporti.1], [MI.Trasporti.23], [MI.Trasporti.25], [MI.Trasporti.26] e [MI.Trasporti.27] vengono trattate ricerche relative ai veicoli elettrici ferroviari con particolare riguardo all'applicazione di batterie e fuel cell, mentre in [MI.Utiliz.23] viene descritto l'utilizzo di autobus elettrici in linee di trasporto urbane. In [MI.Trasporti.24] viene invece studiato il comportamento dinamico di un sistema batteria/fuel cell per veicoli elettrici.

### Trasporti ferroviari

Gli articoli [MI.Trasporti.29], [MI.Trasporti.30], [MI.Trasporti.31], [MI.Trasporti.32], [MI.Trasporti.33], [MI.Trasporti.34], [MI.Trasporti.35], [MI.Trasporti.36], [MI.Trasporti.37], [MI.Trasporti.38], [MI.Trasporti.39] e [MI.Trasporti.40] analizzano i problemi di power quality nelle reti per l'alimentazione ferroviaria e le possibili soluzioni basate su convertitori elettronici per mitigare gli effetti delle armoniche e degli squilibri di corrente.

In [MI.Trasporti.41], [MI.Trasporti.42], [MI.Trasporti.43], [MI.Trasporti.44] e [MI.Trasporti.45] vengono invece trattati gli aspetti energetici delle linee di trazione ferroviaria, sia dal punto di vista dell'efficienza, anche attraverso l'impiego della frenatura elettrica, sia dal punto di vista dei flussi di potenza.

### Infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici stradali

Le ricerche svolte in [MI.Trasporti.47], [MI.Trasporti.48], [MI.Trasporti.49], [MI.Trasporti.50], [MI.Trasporti.51], [MI.Trasporti.52], [MI.Trasporti.53], [MI.Trasporti.54], [MI.Trasporti.55], [MI.Trasporti.56], [MI.Trasporti.57], [MI.Trasporti.58], [MI.Trasporti.59], [MI.Trasporti.60], [MI.Trasporti.61], [MI.Trasporti.62], [MI.Trasporti.64] e [MI.Trasporti.63] hanno riguardato le infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici con particolare riguardo alle tecnologie e ai metodi di pianificazione dei punti di ricarica necessari.

### Monitoraggio e controllo di stazioni di ricarica per veicoli elettrici

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



Studio ed analisi di sistemi di monitoraggio e controllo di stazioni di ricarica multimodali per vicoli elettrici, con particolare riferimento alle funzioni, tecnologie ed infrastrutture di comunicazione per la ricarica coordinata in sistemi di utente attivi e passivi [MI.Trasporti.65], [MI.Trasporti.66].

Stazioni di ricarica multimodali per veicoli elettrici alimentate da fonte solare fotovoltaica

Studio di architetture di gestione e controllo di stazioni di ricarica multimodali per vicoli elettrici alimentate da fonte solare fotovoltaica e dotate di sistema di accumulo e generazione ausiliaria di emergenza, con la possibilità di funzionamento in isola o in rete [MI.Trasporti.67].

Ricarica di veicoli elettrici in presenza di generazione distribuita da fonte solare fotovoltaica

Analisi dell'impatto della ricarica non coordinata di veicoli elettrici in presenza di generazione distribuita da fonte solare fotovoltaica: analisi del costo della ricarica e delle emissioni indirette di gas serra con riferimento ad un caso d'uso reale [MI.Trasporti.73].

Ricarica wireless di veicoli elettrici

Negli articoli [MI.Trasporti.68], [MI.Trasporti.69], [MI.Trasporti.70], [MI.Trasporti.71], [MI.Trasporti.72], [MI.Trasporti.73], [MI.Trasporti.74] e [MI.Trasporti.75] vengono presentate le tecnologie e i sistemi per il trasferimento wireless di potenza tra strada e veicolo sia in modo statiche che in modo dinamico, ossia con veicolo in movimento.

Sistemi elettrici navali

Analisi di un sistema elettrico navale in corrente continua con fuel cell (FC) [MI.Trasporti.76].

Analisi delle correnti di guasto e del corretto dimensionamento della resistenza di terra nella shore connection in alta tensione [MI.Trasporti.78].

Sistemi elettrici aeroportuali

Le infrastrutture elettriche a supporto degli aeroporti sono state studiate in [MI.Trasporti.77].

Mobilità urbana e Smart Mobility in Smart Cities

Negli articoli [MI.Trasporti.79], [MI.Trasporti.80], [MI.Trasporti.81], [MI.Trasporti.82], [MI.Trasporti.83], [MI.Trasporti.84], [MI.Trasporti.85], [MI.Trasporti.86], [MI.Trasporti.87], [MI.Trasporti.88], [MI.Trasporti.89], [MI.Trasporti.90], [MI.Trasporti.91], [MI.Trasporti.92] e [MI.Trasporti.93] vengono prese in considerazione tutte le problematiche legate alla mobilità urbana, dalle prestazioni delle linee di trasporto ai consumi energetici, sia in contesti di città attuali, sia in contesti delle future Smart Cities.

Collaborazioni con altre unità

Università degli Studi di Genova  
Politecnico di Torino

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Ricerca sul Sistema Energetico (RSE) e CESI  
Universidad de Málaga (Spain)

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



CanmetENERGY Research Centre in Ottawa (Canada)

## Bibliografia

- [MI.Trasporti.1]. Tariff-based regulatory sandboxes for EV smart charging: Impacts on the tariff and the power system in a national framework. G Rancilio, F Bovera, M Delfanti. International Journal of Energy Research (2022)
- [MI.Trasporti.2]. Smart charging algorithm for flexibility provision with electric vehicle fleets. M Moncecchi, G Rancilio, A Dimovski, F Bovera. 2021 IEEE 15th International Conference on Compatibility, Power Electronics (2021)
- [MI.Trasporti.3]. A techno-economic evaluation of the impact of electric vehicles diffusion on Italian customer billing tariffs. G Rancilio, F Bovera, M Delfanti. E3S Web of Conferences 238, 07003(2021)
- [MI.Trasporti.4]. Blaco, A., Bovera, F., Falabretti, D., Gulotta, F., Merlo, M., Moncecchi, M., & Rancilio, G. (2020).
- [MI.Trasporti.5]. Falabretti, D., Gulotta, F., Energies, 2022, 15(9), 3023 A Nature-Inspired Algorithm to Enable the E-Mobility Participation in the Ancillary Service Market
- [MI.Trasporti.6]. Impact of Electrical Vehicle Residential Charging Stations on the Quality of the Low Voltage Network Supply. Pilo, F., Pisano, G., Ruggeri, Soma G.G., Falabretti, D. Grillo, S., Gulotta, F. Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 2022, 2022-May.
- [MI.Trasporti.7]. Impact of e-mobility participation in the ancillary service market on the operation of high-density urban low voltage distribution networks. Pilo, F., Pisano, G., Ruggeri, Soma G.G., Falabretti, D., Grillo, S., Gulotta, F. 2021 AEIT International Conference on Electrical and Electronic Technologies for Automotive, AEIT AUTOMOTIVE 2021, 2021
- [MI.Trasporti.8]. Participation of Electric Mobility in the Ancillary Service Market: A Numerical Assessment of Expected Performance and Revenues. Gulotta, F., Ceddia, S., Falabretti, D. 6th International Forum on Research and Technology for Society and Industry, RTSI 2021 - Proceedings, 2021, pp. 243–248
- [MI.Trasporti.9]. Evaluating the Impact of Electric Vehicle Integration on an Urban Distribution Network. Dimovski, A., Josifovska, H., Falabretti, D., Merlo, M. Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020, 2020, 9160806
- [MI.Trasporti.10]. An Algorithm for the Ancillary Services Provision by E-Mobility-based Virtually Aggregated Mixed Units. Falabretti, D., Gulotta, F. Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020
- [MI.Trasporti.11]. S. Barcellona, D. De Simone, S. Grillo, “Real-time Electric Vehicle Range Estimation Based on a Lithium-Ion Battery Model,” 7th International Conference on Clean Electrical Power ICCEP, 2–4 Jul. 2019, Otranto, Italy, pp. 351–357
- [MI.Trasporti.12]. A. Bosisio, L. Perfetto, G. Iannarelli, A. Morotti, A. Pegoiani, and B. Greco, “Impact of charging infrastructure for electric vehicles on the power quality of the distribution networks,” CIRED Porto Work. 2022 E-mobility power Distrib. Syst., pp. 195–199, 2022.
- [MI.Trasporti.13]. G. Viganò et al., “Assessment of the impact of electromobility on urban distribution feeders under different scenarios,” CIRED Porto Work. 2022 E-mobility power Distrib. Syst., pp. 558–562, 2022.
- [MI.Trasporti.14]. G. Viganò et al., “Using GIS to assess the impact of electric vehicles on electrical distribution networks: A study applied to the city of Brescia,” in 2021 IEEE 15th Int. Conf. Compat. Power Electron. Power Eng. CPE-POWERENG 2021, 2021.

### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Trasporti.15]. G. Vigano et al., “Energy transition through PVs, EVs, and HPs: A case study to assess the impact on the Brescia distribution network,” in 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1–6.
- [MI.Trasporti.16]. A. Bosisio, A. Berizzi, F. De Cal, A. Morotti, B. Greco, and G. Iannarelli, “Integrated distribution systems and energy districts planning and operation with DGs and EVs,” in 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1–6.
- [MI.Trasporti.17]. A. Samson Mogos, S. Grillo, “Impact of EV Charging Stations in Power Grids in Italy and its Mitigation Mechanisms,” IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 7–10 Sep. 2021, Bari, Italy, pp. 1–6
- [MI.Trasporti.18]. E. Mancini, M. Longo, W. Yaici, D. Zaninelli, “Assessment of the Impact of Electric Vehicles on the Design and Effectiveness of Electric Distribution Grid with Distributed Generation”, Applied Sciences (Switzerland), 10 (15)
- [MI.Trasporti.19]. R. Garruto, M. Longo, W. Yaïci, F. Foadelli (2020) “Connecting parking facilities to the electric grid: A vehicle-to-grid feasibility study in a railway station's car park”, (2020) Energies, 13 (12)
- [MI.Trasporti.20]. E. Mancini, M. Longo, F. Foadelli, G. Parrotta, G. Montinaro (2020), “Different penetration of electric vehicles and impact on developments in the electric grid”, 2020 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2020 – Proceedings
- [MI.Trasporti.21]. A. Cramer, I. Miller, N. Eichenberg, J.D. Jesus, L. Daniel, M. Longo (2019), “Power grid simulation considering electric vehicles and renewable energy sources”, 14th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2019
- [MI.Trasporti.22]. Kaleybar, H.J., Brenna, M., Li, H., Zaninelli, D., Fuel Cell Hybrid Locomotive with Modified Fuzzy Logic Based Energy Management System, (2022) Sustainability (Switzerland), 14 (14)
- [MI.Trasporti.23]. Brenna, M., Di Martino, A., Longo, M., Zaninelli, D., Method for analysis and identification of adhesion coefficient through on-board sensors [Metodo di analisi per l'identificazione del coefficiente di aderenza tramite la sensoristica di bordo], (2022) Ingegneria Ferroviaria, 77 (5)
- [MI.Trasporti.24]. W. Yaici, L. Kouchachvili, E. Entchev, M. Longo (2019), “Dynamic simulation of battery/supercapacitor hybrid energy storage system for the electric vehicles”, 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2019
- [MI.Trasporti.25]. Brenna, M., Foadelli, F., Stocco, J., Battery based last-mile module for freight electric locomotives, (2019) 2019 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2019
- [MI.Trasporti.26]. Brenna, M., Morisi, L., The great season of railway electronic drives [La grande stagione degli azionamenti ferroviari], (2019) Ingegneria Ferroviaria, 74 (9), pp. 683-698.
- [MI.Trasporti.27]. Longo, M., Brenna, M., Zaninelli, D., Ceraolo, M., Lutzemberger, G., Poli, D., Fuel-cell based propulsion systems for hybrid railcars, (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Trasporti.28]. Brenna, M., Foadelli, F., Leone, C., Longo, M., Utilization of E-Bus Applied to Urban Lines, (2019) ICCEP 2019 - 7th International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact
- [MI.Trasporti.29]. Brenna, M., Kaleybar, H.J., Foadelli, F., Zaninelli, D., Modern Power Quality Improvement Devices Applied to Electric Railway Systems, (2022) Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 2022
- [MI.Trasporti.30]. Ashkezari, L.S., Jafari Kaleybar, H., Brenna, M., Integration of E-bus Opportunity Chargers to the Voltage-Stabilized DC Railway Grid, (2022) 2022 13th Power Electronics, Drive Systems, and Technologies Conference, PEDSTC 2022, pp. 561-566.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Trasporti.31]. Ahmadi, M., Kaleybar, H.J., Brenna, M., Castelli-dezza, F., Carmeli, M.S., Integration of distributed energy resources and EV fast-charging infrastructure in high-speed railway systems, (2021) Electronics (Switzerland), 10 (20)
- [MI.Trasporti.32]. Kaleybar, H.J., Brenna, M., Foidadelli, F., Compatibility of Present 3 kV DC and 2x25 kV AC High-Speed Railway Power Supply Systems towards Future MVDC System, (2021) 2021 12th Power Electronics, Drive Systems, and Technologies Conference, PEDSTC 2021
- [MI.Trasporti.33]. Ahmadi, M., Kaleybar, H.J., Brenna, M., Castelli-Dezza, F., Carmeli, M.S., Adapting Digital Twin Technology in Electric Railway Power Systems, (2021) 2021 12th Power Electronics, Drive Systems, and Technologies Conference, PEDSTC 2021
- [MI.Trasporti.34]. Kaleybar, H.J., Brenna, M., Foidadelli, F., Dual-loop generalized predictive control method for two-phase three-wire railway active power quality controller, (2021) Transactions of the Institute of Measurement and Control, 43 (1), pp. 88-101.
- [MI.Trasporti.35]. Kaleybar, H.J., Brenna, M., Foidadelli, F., Fazel, S.S., Zaninelli, D., Power quality phenomena in electric railway power supply systems: An exhaustive framework and classification, (2020) Energies, 13 (24)
- [MI.Trasporti.36]. Kaleybar, H.J., Brenna, M., Foidadelli, F., Fazel, S.S., Regenerative Braking Energy and Power Quality Analysis in 2x2 kV High-Speed Railway Lines Operating with 4QC Locomotives, (2020) 2020 11th Power Electronics, Drive Systems, and Technologies Conference, PEDSTC 2020
- [MI.Trasporti.37]. Kaleybar, H.J., Fazel, S.S., Vayghan, A.R., Brenna, M., Foidadelli, F., Performance improvement of railway power conditioner with model predictive control approach, (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Trasporti.38]. Brenna, M., Foidadelli, F., Kaleybar, H.J., Fazel, S.S., Power quality indicators in electric railway systems: A comprehensive classification, (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Trasporti.39]. Kaleybar, H.J., Madadi Kojabadi, H., Brenna, M., Foidadelli, F., Fazel, S.S., Rasi, A., An Inclusive Study and Classification of Harmonic Phenomena in Electric Railway Systems, (2019) Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019
- [MI.Trasporti.40]. Clerici, A., Chiumeo, R., Gandolfi, C., Villa, A., Zuelli, R., Chiappa, C., Brenna, M., Dual Active Bridge converters for MV distribution lines into 1500 v DC metro railway system, (2019) 2018 IEEE International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles and International Transportation Electrification Conference
- [MI.Trasporti.41]. Brenna, M., Bucci, V., Falvo, M.C., Foidadelli, F., Ruvio, A., Sulligoi, G., Vicenzutti, A., A review on energy efficiency in three transportation sectors: Railways, electrical vehicles and marine, (2020) Energies, 13 (9)
- [MI.Trasporti.42]. Kaleybar, H.J., Brenna, M., Foidadelli, F., Fazel, S.S., Regenerative Braking Energy and Power Quality Analysis in 2x2 kV High-Speed Railway Lines Operating with 4QC Locomotives, (2020) 2020 11th Power Electronics, Drive Systems, and Technologies Conference, PEDSTC 2020
- [MI.Trasporti.43]. Brenna, M., Foidadelli, F., Kaleybar, H.J., Fazel, S.S., Smart electric railway substation using local energy hub based multi-port railway power flow controller, (2019) 2019 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2019
- [MI.Trasporti.44]. Brenna, M., Foidadelli, F., Leone, C., Casiraghi, F.M., Modeling and Simulation of Railway Network in Compliance with Technical Specifications for Interoperability, (2019) 2019 AEIT International Annual Conference, AEIT 2019
- [MI.Trasporti.45]. Kaleybar, H.J., Kojabadi, H.M., Foidadelli, F., Brenna, M., Blaabjerg, F., Model analysis and real-time implementation of model predictive control for railway power flow controller, (2019) International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 109, pp. 290-306.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Trasporti.46]. Brenna, M., Foiadelli, F., Leone, C., Longo, M., Protection issues in DC traction system with regenerative braking, (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Trasporti.47]. Brenna, M., Foiadelli, F., Leone, C., Longo, M., Electric Vehicles Charging Technology Review and Optimal Size Estimation, (2020) Journal of Electrical Engineering and Technology, 15 (6), pp. 2539-2552.
- [MI.Trasporti.48]. Brenna, M., Lazaroiu, G.C., Roscia, M., Saadatmandi, S., Dynamic Model for the EV's Charging Infrastructure Planning through Finite Element Method, (2020) IEEE Access, 8, pp. 102399-102408.
- [MI.Trasporti.49]. Brenna, M., Foiadelli, F., Longo, M., Yaici, W., Infrastructuring of canadian transport using hydrogen from res: Comparison between BEV and FCV, (2019) 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Trasporti.50]. M. Longo, W. Yaici, F. Foiadelli (2021), "28 - Future developments in vehicle-to-grid technologies," Editor(s): John R. Vacca, Solving Urban Infrastructure Problems Using Smart City Technologies, Elsevier, Pages 129-142
- [MI.Trasporti.51]. M. Longo, R. Mazzoncini, C. Somaschini, M. Longo (2020). The Infrastructure for Sustainable Mobility. In: (a cura di): Giuliano Dall'O', Green Planning for Cities and Communities - Novel Incisive Approaches to Sustainability. RESEARCH FOR DEVELOPMENT, p. 255-277, Springer
- [MI.Trasporti.52]. Yaici, W., and Longo, M. (2021). "Assessment of Renewable Natural Gas Refueling Stations for Heavy-Duty Vehicles." ASME. J. Energy Resour. Technol. July 2022; 144(7)
- [MI.Trasporti.53]. M. Longo, C. Leone, L. Lorenz, A. Strada, W. Yaici "Electrification of a Bus Line in Savona Considering Depot and Opportunity Charging", Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, vol. 6, no. 5, pp. 213-221 (2021)
- [MI.Trasporti.54]. Leone, C., Longo, M., Fernández-Ramírez, L.M. (2021), Optimal size of a smart ultra-fast charging station, Electronics (Switzerland), 10 (23), art. no. 2887
- [MI.Trasporti.55]. Leone, C., Sturaro, L., Geroli, G., Longo, M., Yaici, W. (2021) Design and implementation of an electric skibus line in north Italy, Energies, 14 (23), art. no. 7925
- [MI.Trasporti.56]. Leone, C., Piazza, G., Longo, M., Bracco, S. (2021), Electrification of lpt in algeciras bay: A new methodology to assess the consumption of an equivalent e-bus, Energies, 14 (16), art. no. 5117
- [MI.Trasporti.57]. C. Leone, M. Longo (2021), "Modular Approach to Ultra-fast Charging Stations", Journal of Electrical Engineering and Technology, 16(4), pp. 1971-1984
- [MI.Trasporti.58]. A. Stabile, M. Longo, W. Yaici, F. Foiadelli (2020), "An algorithm for optimization of recharging stops: A case study of electric vehicle charging stations on Canadian's Ontario Highway 401", Energies, 13 (8)
- [MI.Trasporti.59]. Yaici, W., Longo, M. (2021), Feasibility Analysis of Refuelling Infrastructure for Compressed Renewable Natural Gas Long-Haul Heavy-Duty Trucks in Canada, Proceedings of the ASME 2021 15th International Conference on Energy Sustainability, ES 2021
- [MI.Trasporti.60]. Yaici, W., Longo, M. (2021), Feasibility study of refuelling infrastructure for compressed hydrogen gas long-haul heavy-duty trucks in Canada, Proceedings of the ASME 2021 15th International Conference on Energy Sustainability
- [MI.Trasporti.61]. C. Leone, M. Longo, F. Foiadelli, S. Bracco, G. Piazza, F. Delfino (2020), "Opportunity fast-charging of e-buses: A preliminary study for the city of Savona", 2020 AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive, AEIT AUTOMOTIVE 2020
- [MI.Trasporti.62]. M. Lamanuzzi, J.D. Antonio, M. Longo, D. Zaninelli, W. Yaici (2020), "Pre-Feasibility Analysis of Electric Vehicle Public Charging Infrastructure in Ontario, Canada", 9th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2020, art. no. 9242780, pp. 67-71

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Trasporti.63]. Viola, F., Zaninelli, D., Ala, G., Schettino, G., Castiglia, V., Miceli, R., Forecasting the diffusion of hydrogen EV refuelling infrastructures in Italy, (2019) 2019 14th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2019
- [MI.Trasporti.64]. M. Longo, W. Yaici, F. Foidadelli, M. Bottari (2019), "Next Generation of Recharge Types for Electric Buses", 2018 IEEE International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles and International Transportation Electrification Conference, ESARS-ITEC 2018
- [MI.Trasporti.65]. (2022) Rinaldi, S. Depari, A., Ferrari, P., Flammini, A., Mondini, E., Pasetti, M., Sisinni, E., An Evaluation of UWB for Location-Based HandsFree Authentication Charging of Electric Vehicles. (2022) Proceedings of the 2022 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2022), Anchorage, Alaska, USA, 1-3 June 2022. doi: 10.1109/ISIE51582.2022.9831628
- [MI.Trasporti.66]. (2021) Rinaldi, S., Pasetti, M., Flammini, A., Ferrari, P., Sisinni, E., Depari, A., Maternini, G., Analysis of Communication Requirements for Enabling the Coordinate Charge of Sustainable Multimodal Electric Vehicle Supply Equipment. (2021) Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME), Mauritius, Mauritius, 7-8 October 2021. doi: 10.1109/ICECCME52200.2021.9590965
- [MI.Trasporti.67]. (2021) Rinaldi, S., Pasetti, M., Flammini, A., Maternini, G., Multimodal Electric Vehicle Supply Equipment: Toward a Sustainable and Resilient Mobility. (2021) Proceedings of the 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Automotive (MetroAutomotive), Bologna, Italy, 1-2 July 2021. doi: 10.1109/MetroAutomotive50197.2021.9502849
- [MI.Trasporti.68]. M. Longo, M. Brenna, F. Foidadelli (2019), "Research on Modelling Inductive Power Transfer for Electric Vehicles, IGI Global. The name of the book is "Emerging Capabilities and Applications of Wireless Power Transfer"
- [MI.Trasporti.69]. M. Longo, M. Brenna, F. Foidadelli (2019), "Focus on OLEV – On Line Electric Vehicles", IGI Global. The name of the book is "Emerging Capabilities and Applications of Wireless Power Transfer"
- [MI.Trasporti.70]. D. De Marco, A. Dolara, M. Longo, W. Yaici, (2019), "Design and performance analysis of pads for dynamic wireless charging of EVs using the finite element method", Energies, 12 (21)
- [MI.Trasporti.71]. D.D. Marco, A. Dolara, M. Longo (2019), "A review on dynamic wireless charging systems", 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Trasporti.72]. F. Genco, M. Longo, P. Livreri, A Trivino (2019), "Wireless power transfer system stability analysis for E-bikes application", 2019 AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive, AEIT AUTOMOTIVE 2019
- [MI.Trasporti.73]. (2019) Pasetti, M., Rinaldi, S., Flammini, A., Longo, M., Foidadelli, F., Assessment of Electric Vehicle Charging Costs in Presence of Distributed Photovoltaic Generation and Variable Electricity Tariffs. (2019) Energies, 12 (3)
- [MI.Trasporti.74]. D. De Meco, A. Dolara, M. Longo, W. Yaici (2019), "State of the Art on Modelling Inductive Power Transfer for EVs", ICCEP 2019 - 7th International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact, art. no. 8890072, pp. 157-164
- [MI.Trasporti.75]. F. Genco, M. Longo, D. Zaninelli, P. Livrieri, P., Trivino, A. (2019), "Wireless Power Transfer System Design for E-bikes Application", Proceedings of 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, ISGT-Europe 2019, DOI: 10.1109/ISGTEurope.2019
- [MI.Trasporti.76]. F. D'Agostino, G. Schiapparelli, F. Silvestro, S. Grillo, "DC Shipboard Microgrid Modeling for Fuel Cell Integration Study," IEEE Power and Energy Society General Meeting, 4–8 Aug. 2019, Atlanta, GA USA, pp. 1–5.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [MI.Trasporti.77]. F. Salucci, L. Trainelli, R. Faranda, M. Longo (2019), "An optimization model for airport infrastructures in support to electric aircraft", 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Trasporti.78]. F. D'Agostino, S. Grillo, R. Infantino, E. Pons, "High-Voltage Shore Connection Systems: Grounding Resistance Selection and Short-Circuit Currents Evaluation," IEEE Trans. Transport. Electrific., vol. 8, no. 2, pp. 2608–2617, Jun. 2022.
- [MI.Trasporti.79]. M. Longo, S.M. Miraftebzadeh, F. Foidelli (2021), Chapter 8 - Machine Learning Models in Smart Cities - Data-Driven Perspective, Internet of Energy for Smart Cities Machine Learning Models and Techniques. Edited By Anish Jindal, Neeraj Kumar, Gagangeet Singh Aujla. By CRC Press
- [MI.Trasporti.80]. M. Longo, W. Yaici, F. Foidelli (2021), "Future Mobility Advances and Trends", INTECH, The name of the book is "Self-driving Vehicles and Enabling Technologies".
- [MI.Trasporti.81]. M. Longo, W. Yaici, F. Foidelli (2021), "6 - Smart urban mobility traffic control system components", Editor(s): John R. Vacca, Solving Urban Infrastructure Problems Using Smart City Technologies, Elsevier, Pages 613-629
- [MI.Trasporti.82]. M. Longo, R. Mazzoncini, C. Somaschini, M. Longo (2020). New Behaviours and Digitalisation for Sustainable Mobility, Mobility as a Service (MaaS). In: (a cura di): Giuliano Dall'O', Green Planning for Cities and Communities - Novel Incisive Approaches to Sustainability. RESEARCH FOR DEVELOPMENT, p. 279-298, Springer
- [MI.Trasporti.83]. Borghetti, F., Colombo, C.G., Longo, M., Mazzoncini, R., Cesarini, L., Contestabile, L., Somaschini, C. (2021), 15-min station: A case study in north italy city to evaluate the livability of an area, Sustainability (Switzerland), 13 (18)
- [MI.Trasporti.84]. S.M. Miraftebzadeh, M. Longo, F. Foidelli (2021), "Estimation model of total energy consumptions of electrical vehicles under different driving conditions", Energies, 14 (4)
- [MI.Trasporti.85]. M. Longo, F. Foidelli, W. Yaici (2019), "Simulation and optimisation study of the integration of distributed generation and electric vehicles in smart residential district", International Journal of Energy and Environmental Engineering, 10 (3), pp. 271-285
- [MI.Trasporti.86]. S. Bracco, F. Delfino, M. Longo, S. Siri, (2019), "Electric Vehicles and Storage Systems Integrated within a Sustainable Urban District Fed by Solar Energy", Journal of Advanced Transportation, 2019
- [MI.Trasporti.87]. Lazaroiu, C., Roscia, M., Zaninelli, D., Fuzzy Logic to Improve Prosumer Experience into a Smart City, (2019) 6th IEEE International Conference on Smart Grid
- [MI.Trasporti.88]. F. Borghetti, C.G. Colombo, M. Longo, R. Mazzoncini, C. Somaschini (2021), "Development of a new Urban Line With Innovative Trams", Urban and Maritime Transport 2021 - 27th International Conference on Urban and Maritime Transport and the Environment, Online Conference
- [MI.Trasporti.89]. C. Leone, M. Longo, F. Foidelli (2021), "Public and Micro-Mobility Transportation Modes Comparison", Sixteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies – EVER 2021
- [MI.Trasporti.90]. S. Ceccon, M. Longo, R. Mazzoncini, A. Panarese (2020), "Analysis of the Implementation of Full Electric and Hydrogen Hybrid Buses in Two Lines of the City of Milan", 2020 15th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2020
- [MI.Trasporti.91]. S. Miraftebzadeh, M. Longo, F. Foidelli (2020), "Estimating the Total energy Consumptions of Electrical Vehicles under Real-World Driving Conditions", Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020
- [MI.Trasporti.92]. W. Yaici, L. Kouchachvili, E. Entchev, M. Longo (2020), "Performance Analysis of Battery/Supercapacitor Hybrid Energy Source for the City Electric Buses and Electric Cars", Proceedings - 2020

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020

[MI.Trasporti.93]. A. Pastorelli, M. Longo, F. Borghetti, F. Foidelli (2020), "Routing optimization software for electric vehicles applied to charging stations", 22nd International Conference on Harbor, Maritime and Multimodal Logistics Modelling and Simulation, HMS 2020, pp. 24-30

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Modelli di dimensionamento e gestione per Comunità di Energia Rinnovabile (CER)

Sviluppo di modelli sia per il dimensionamento che per la gestione di CER, attraverso l'utilizzo di strumenti di ottimizzazione e simulazione appropriati. L'analisi coinvolge aspetti di natura prettamente tecnica (studio dei profili di consumo, caratterizzazione impianti energetici), insieme ad aspetti di carattere socio-economico, ritenuti fondamentali dalla normativa Europea e nazionale (e.g., lotta alla povertà energetica) [MI.Utiliz.1], [MI.Utiliz.2], [MI.Utiliz.3], [MI.Utiliz.4].

### Logiche di coordinamento per la fornitura di servizi di dispacciamento e flessibilità da microgrid

L'attività si concentra sulla microrete messa in campo presso la Sede di Pzz Leonardo Da Vinci – Città Studi del Politecnico di Milano, ed è volta a simulare e testare in campo logiche di controllo di risorse all'interno di microreti inserite in distretti multi-vettore al fine di fornire servizi di flessibilità alla rete pubblica, quali soprattutto la regolazione di potenza, la rialimentazione di sistema, l'isola intenzionale [MI.Utiliz.5], [MI.Utiliz.6], [MI.Utiliz.7], [MI.Utiliz.8].

### Routing della rete elettrica in processi di elettrificazione rurale

L'attività si focalizza nei contesti dei paesi in via di sviluppo. Tramite strumenti GIS si identificano, su larga scala, le comunità, se ne stima il fabbisogno e di valuta, per ogni singolo cluster, quale sia la migliore opzione di elettrificazione: microgrid o estensione della rete nazionale. Infine, ove ritenuta preferibile l'opzione di estensione della rete nazionale, si sviluppa un routing ottimo della stessa [MI.Utiliz.9], [MI.Utiliz.10], [MI.Utiliz.11].

### Routing della rete elettrica in paesi sviluppati

L'attività si focalizza nei contesti dei paesi sviluppati. Tramite strumenti GIS si identificano i percorsi migliori per la rete di distribuzione che ne aumentino l'affidabilità e la resilienza [MI.Utiliz.12].

### *Analisi e clusterizzazione profili di carico*

Sviluppo di metodologie per l'analisi e la clusterizzazione di profili di carico in ottima Distribution Management System (DMS) [MI.Utiliz.13], [MI.Utiliz.14].

Sviluppo di metodologie basate su functional principal component analysis (FPCA) per la clusterizzazione dei profili di carico [MI.Utiliz.15]

### Microgrid

Gli articoli [MI.Utiliz.1], [MI.Utiliz.17], [MI.Utiliz.18] trattano i sistemi di protezione che si possono utilizzare in microgrid AC e DC compresi gli innovativi interruttori elettronici.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

In [MI.Utiliz.19], [MI.Utiliz.20], [MI.Utiliz.21], [MI.Utiliz.23] e [MI.Utiliz.22] viene invece descritta la realizzazione di microgrid DC utilizzando le linee di alimentazione dei sistemi per la trazione elettrica in grado di incorporare fonti rinnovabili e sistemi per la ricarica di veicoli elettrici.

#### Utilizzazione dell'energia elettrica

Sono state condotte ricerche relative alla progettazione di sistemi di controllo a SCR per protezione elettrica di reti e controllo di carichi, all'analisi della variazione della tensione di alimentazione sui carichi elettrici (con particolare attenzione ai LED), allo studio di dispositivi elettronici per la limitazione della corrente di corto circuito nelle reti elettriche in bassa tensione, allo studio di sistemi di controllo innovativi per dispositivi elettronici di controllo della tensione e alla valutazione delle taglie ottimali, dello stato di carica e del tipo di batterie, [MI.Utiliz.24], [MI.Utiliz.25], [MI.Utiliz.26], [MI.Utiliz.27], [MI.Utiliz.28], [MI.Utiliz.29], [MI.Utiliz.30], [MI.Utiliz.31].

#### Monitoraggio e controllo di risorse energetiche distribuite

Studio ed analisi di sistemi di monitoraggio e controllo di risorse energetiche distribuite installate presso utenti attivi e passivi, sia in BT che in MT, con particolare riferimento allo studio ed implementazione di architetture distribuite basate sull'approccio Multi Agent System (MAS) [MI.Utiliz.32], [MI.Utiliz.33] e all'analisi di prestazione e scalabilità di infrastrutture di comunicazione LPWAN (Low Power Wide Area Network) [MI.Utiliz.34], [MI.Utiliz.35].

#### Coordinamento di protezioni di interfaccia mediante sistemi LoRaWAN

Studio ed analisi di prestazione e scalabilità di sistemi di monitoraggio e comunicazione per il coordinamento di protezioni di interfaccia installate in corrispondenza di generatori distribuiti in BT e MT mediante l'adozione di infrastrutture di comunicazione LPWAN, in particolare della tecnologia LoRaWAN [MI.Utiliz.36] [MI.Utiliz.37].

#### Analisi di prestazione di sistemi di accumulo distribuiti

Analisi della prestazione di sistemi di accumulo distribuiti in presenza di impianti fotovoltaici in condizioni reali di funzionamento ed analisi del loro impatto sulla rete di distribuzione [MI.Utiliz.38], [MI.Utiliz.39], [MI.Utiliz.40], [MI.Utiliz.41].

#### Collaborazioni con altre unità

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

University of Danang (Vietnam), Georgia Institute of Technology (USA), Shanghai Jiao Tong University (China).

School of Technology and Innovations, Electrical Engineering, University of Vaasa, Finland,

Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano, Italy,

ENEL,

Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria DEIB, Politecnico di Milano, Milan, Italy

ITALSMEA.

Collaborazione con la Federal University of Rio Grande do Norte di Natal, Brasile, sul tema relativo al coordinamento di risorse energetiche distribuite mediante tecnologie di comunicazione LPWAN

Ricerca sul Sistema Energetico (RSE)

#### Bibliografia

[MI.Utiliz.1]. Techno-economic impact of collective self-consumption on different energy-related investments for a condominium. M Zatti, F Guermandi, F Bovera. E3S Web of Conferences 238, 05006 (2020)

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Utiliz.2]. Energy Communities Design Optimization in the Italian Framework. M Zatti, M Moncecchi, M Gabba, A Chiesa, F Bovera, M Merlo. Applied Sciences 11 (11), 5218
- [MI.Utiliz.3]. A game theoretic approach for energy sharing in the talian renewable energy communities. M. Moncecchi, S. Meneghello, M. Merlo. Applied Sciences 2020, 8166.
- [MI.Utiliz.4]. Cooperative Trading Mechanism and Satisfaction-Based Profit Distribution in a Multi-Energy Community. J. Wang, N. Xie, V. Ilea, C. Bovo, H. Xin, and Y. Wang. Frontiers in energy research, vol. 9, p. 723192, 2021.
- [MI.Utiliz.5]. Frequency regulation for dynamic islanding operations in multi-fuel microgrids, M. Spiller, A. Vicario, F. Bovera, G. Rancilio, A. Dimovski, M. Merlo, AEIT 2022 (accepted for the conference)
- [MI.Utiliz.6]. Designing A Microgrid To Improve Continuity Of Service And Flexibility The Case Of Politecnico Di Milano Leonardo Campus. M Delfanti, A Blaco, F Bovera, M Pozzi, G Invernizzi, G Vielmini. CIRED (2019)
- [MI.Utiliz.7]. Delfanti, Maurizio, et al. "Grid-Tie and Off-Grid Operations for an Innovative Microgrid Realized in Leonardo Campus of Politecnico di Milano." 2019 IEEE 5th International forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI). IEEE, 2019.
- [MI.Utiliz.8]. A. Bosisio, M. Moncecchi, G. Cassetti, M. Merlo, "Microgrid design and operation for sensible loads: Lacor hospital case study in Uganda," Sustain. Energy Technol. Assessments, vol. 36, 2019.
- [MI.Utiliz.9]. Rural areas electrification strategies through shadow costs analysis - Bolivian Highlands case study. N. Stevanato , et al., Energy for Sustainable Development, 2021.
- [MI.Utiliz.10]. Development of a GIS-based model for the planning and operation of electrical distribution grids in rural areas: A case study in Peru. M. Moncecchi, et al., 2021 IEEE 15th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering, CPE-POWERENG 2021
- [MI.Utiliz.11]. Holistic geospatial data-based procedure for electric network design and least-cost energy strategy. S. Corigliano, et al., Energy for Sustainable Development, 2020.
- [MI.Utiliz.12]. A. Bosisio, A. Berizzi, E. Amaldi, C. Bovo and X. A. Sun, "Optimal Feeder Routing in Urban Distribution Networks Planning with Layout Constraints and Losses," in Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, vol. 8, no. 5, pp. 1005-1014, September 2020.
- [MI.Utiliz.13]. A. Bosisio, A. Berizzi, A. Vicario, A. Morotti, B. Greco, G. Iannarelli, and D.D. Le, "A Method to Analyzing and Clustering Aggregate Customer Load Profiles Based on PCA," in Proceedings of 2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD 2020, 2020, pp. 41–47.
- [MI.Utiliz.14]. A. Bosisio et al., "Performance assessment of load profiles clustering methods based on silhouette analysis," in 21st IEEE Int. Conf. Environ. Electr. Eng. 2021 5th IEEE Ind. Commer. Power Syst. Eur. IEEEIC / I CPS Eur. 2021 - Proc., 2021.
- [MI.Utiliz.15]. D. Beretta, S. Grillo, D. Pigoli, E. Bionda, C. Bossi, C. Tornelli, "Functional principal component analysis as a versatile technique to understand and predict the electric consumption patterns," Sustain. Energy Grids Netw., 21 (2020), pp. 1–8
- [MI.Utiliz.16]. Longo, M., Brenna, M., Hayat Khan, M.A., Adaptive protection scheme for AC microgrids: Simulations for grid-connected/islanded mode, (2021) 2021 6th International Conference on Smart and Sustainable Technologies, SpliTech 2021
- [MI.Utiliz.17]. Navoni, I., Longo, M., Brenna, M., Bidirectional Solid-State Circuit Breakers for DC Microgrid Applications, (2021) 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021
- [MI.Utiliz.18]. G. De Vanna, M. Longo, F. Foadelli, M. Panteli, M. Galeela (2020), "Reliability and Resilience Analysis and Comparison of Off-Grid Microgrids", UPEC 2020 - 2020 55th International Universities Power Engineering Conference, Proceedings
- [MI.Utiliz.19]. Ahmadi, M., Kaleybar, H.J., Brenna, M., Castelli-Dezza, F., Carmeli, M.S., DC Railway Micro Grid Adopting Renewable Energy and EV Fast Charging Station, (2021) 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Utiliz.20]. Ahmadi, M., Kaleybar, H.J., Brenna, M., Castelli-Dezza, F., Carmeli, M.S., Implementation of DC Micro Grid Tied PV-Storage Based EV Fast Charging Station, (2021) 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021
- [MI.Utiliz.21]. Brenna, M., Foiadelli, F., Kaleybar, H.J., The Evolution of Railway Power Supply Systems Toward Smart Microgrids: The concept of the energy hub and integration of distributed energy resources, (2020) IEEE Electrification Magazine, 8 (1), pp. 12-23.
- [MI.Utiliz.22]. S. Bracco, F. Delfino, G. Piazza, F. Foiadelli, M. Longo (2019), "Nanogrids with renewable sources, electrical storage and vehicle-to-home systems in the household sector: Analysis for a single-family dwelling", 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019
- [MI.Utiliz.23]. Kaleybar, H.J., Brenna, M., Foiadelli, F., EV charging station integrated with electric railway system powering by train regenerative braking energy, (2020) 2020 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2020
- [MI.Utiliz.24]. R. Faranda, H. Hafezi, K. Akkala, M. Lazzaroni: "AC "back to back" switching device in industrial application", Energies, Open Access, Volume 13, Issue 14, July 2020, Article number 3539, ISSN: 1996-1073. DOI: 10.3390/en13143539
- [MI.Utiliz.25]. R. Faranda, H. Hafezi: "Reassessment of voltage variation for load power and energy demand management", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Volume 106, Pages 320-326, March 2019, ISSN: 0142-0615. DOI.org/10.1016/j.ijepes.2018.10.012
- [MI.Utiliz.26]. R. Faranda, A. Bahrami, H. Hafezi: "Fault Current Limiting Investigation for a Single-Phase Dynamic Voltage Conditioner", 13th IEEE Power & Energy Society PowerTech Conference, Milano, Italy, pp.1-5, June 23-27 2019
- [MI.Utiliz.27]. R. Faranda, K. Akkala, P. Sodini, G. Grusso: "Fault Current Limiting Implementation in a Series Power Electronic Converter", 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (IEEEIC/I&CPS Europe), Bari, Italy, June 8-11 2021, pag. 1-6
- [MI.Utiliz.28]. R. Faranda, K. Akkala, P. Sodini, G. Grusso: "Control Algorithm Extension for Series Power Electronic Converter", SEST 2021: 4th International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, University of Vaasa, Vaasa, Finland, September 6-8, 2021, pag. 1-6
- [MI.Utiliz.29]. R. Faranda, K. Akkala, A. Bosisio, L. Gozzi: "SCADA system for optimization of energy exchange with the BESS in a residential case", IEEE 19th Int. Conf. on Environment and Electrical Engineering (IEEEIC), Genova, Italy, pp.1-6, June 11-14, 2019
- [MI.Utiliz.30]. R. Faranda, N. Behrooz, K. Akkala, H. Hafezi, C. Parthasarathy, H. Laaksonen: "Comparison and Evaluation of State of Charge Estimation Methods for a Verified Battery Model", 3rd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST), 7-9 September 2020, Istanbul, Turkey
- [MI.Utiliz.31]. R. Faranda, M. Bielli, K. Fumagalli: "Lithium-ion Batteries for Explosive Atmosphere", 16th Annual Conference on Petroleum and Chemical Industry Committee (PCIC) Europe, Paris, France, May 7-9 2019, pag. 1-7
- [MI.Utiliz.32]. (2019) Rinaldi, S., Pasetti, M., Flammini, A., Ferrari, P., Sisinni, E., Simoncini, F., A Testing Framework for the Monitoring and Performance Analysis of Distributed Energy Systems. (2019) IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 68 (10), pp. 3831-3840. doi: 10.1109/TIM.2019.2911733
- [MI.Utiliz.33]. (2019) Ferrari, P., Flammini, A., Pasetti, M., Rinaldi, S., Simoncini, F., Sisinni, E., Testing Facility for the Characterization of the Integration of E-Vehicles into Smart Grid in Presence of Renewable Energy. (2019) Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Applications in Electronics Pervading Industry, Environment and Society (APPLEPIES), Pisa, Italy, 26-27 September 2018, in Lecture Notes in Electrical Engineering, Springer, Volume 550, Issue 9783030119720, pp. 19-25. doi: 10.1007/978-3-030-11973-7\_3
- [MI.Utiliz.34]. (2020) Pasetti, M., Ferrari, P., Silva, Diego R.C., Silva, I., Sisinni, E., On the Use of LoRaWAN for the Monitoring and Control of Distributed Energy Resources in a Smart Campus. (2020) Applied Sciences (Switzerland), 10 (1), art. no. 320. doi: 10.3390/app10010320
- [MI.Utiliz.35]. (2019) Pasetti, M., Sisinni, E., Rinaldi, S., Ferrari, P., Flammini, A., Ragaini, E., Longo, M., Zaninelli, D., On the Use of Synchronized LoRaWAN for the Coordination of Distributed Energy Resources in Smart

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- Grids. (2019) Proceedings of the 111th AEIT International Annual Conference, Florence, Italy, 18-20 September 2019. doi 10.23919/AEIT.2019.8893322
- [MI.Utiliz.36]. (2020) Pasetti, M., Sisinni, E., Ferrari, P., Rinaldi, S., Depari, A., Bellagente, P., Della Giustina, D., Flammini, A., Evaluation of the Use of Class B LoRaWAN for the Coordination of Distributed Interface Protection Systems in Smart Grids. (2020) Journal of Sensors and Actuator Networks, 9 (1), art. no. 13. doi: 10.3390/jsan9010013
- [MI.Utiliz.37]. (2019) Pasetti, M., Sisinni, E., Rinaldi, S., Ferrari, P., Flammini, A., On the Use of Class B LoRaWAN for the Coordination of Smart Interface Protection Systems. (2019) Proceedings of the 2019 International IEEE Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS), Aachen, Germany, 25-27 September 2019. doi: 10.1109/AMPS.2019.8897774
- [MI.Utiliz.38]. (2021) Pasetti, M., Assessing the Effectiveness of the Energy Storage Rule-Based Control in Reducing the Power Flow Uncertainties Caused by Distributed Photovoltaic Systems. (2021) Energies, 14 (8), art. no. 2312. doi: 10.3390/en14082312
- [MI.Utiliz.39]. (2021) Pasetti, M., Rinaldi, S., Ferrari, P., Sisinni, E., Flammini, A., Bellagente, P., Depari, A., Impact of the Measurement Time Resolution on Energy Key Performance Indicators for Distributed Energy Resources: An Experimental Analysis. (2021) Proceedings of the 2021 IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS), Virtual, 29 September - 1 October 2021. doi: 10.1109/AMPS50177.2021.9586020
- [MI.Utiliz.40]. (2020) Marchi, B., Pasetti, M., Zanoni, S., Effect of Demand Tariff Schemes in Presence of Distributed Photovoltaic Generation and Electrical Energy Storage. (2020) Proceedings of the 20th International Scientific Conference on Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies (EMMFT), Voronezh, Russia, 10-13 December 2018, in Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Volume 982, pp. 201-215. doi: 10.1007/978-3-030-19756-8\_19
- [MI.Utiliz.41]. (2019) Marchi, B., Zanoni, S., Pasetti, M., Multi-period Newsvendor Problem for the Management of Battery Energy Storage Systems in Support of Distributed Generation. (2019) Energies, 12 (23), art. no. 4598. doi: 10.3390/en12234598

## ALTRI TEMI

### Modellazione di Sistemi di Accumulo Elettrochimico (SdAE)

Sviluppo di modelli di ottimizzazione (mista intera-lineare, stocastica, bilivello) per la partecipazione di SdAE ai mercati elettrici, sia finanziari (MGP/MI) sia fisici (MSD/MB), valutando correttamente i potenziali costi e ricavi, oltre a caratterizzarne il contributo alla gestione delle reti elettriche (trasmissione e distribuzione). Il tema di ricerca comprende anche lo sviluppo di protocolli sperimentali atti a modellare le prestazioni in esercizio di sistemi di accumulo di grande taglia, con test su asset reali (ad es. set cicli di carica e scarica della batteria) [MI.Altri.1], [MI.Altri.2], [MI.Altri.3], [MI.Altri.4], [MI.Altri.5], [MI.Altri.6].

### Regolamentazione per il dispacciamento elettrico e modelli di mercato

Analisi dell'evoluzione dei mercati per il dispacciamento elettrico, attraverso: lo studio statistico dei risultati di mercato, lo sviluppo di modelli per la predizione dei risultati di mercato, la valutazione delle diverse opzioni disponibili in termini di disegno del mercato e della loro compatibilità con un sistema a produzione variabile e distribuita [MI.Altri.7], [MI.Altri.8], [MI.Altri.9], [MI.Altri.10].

*Analisi del contributo della generazione distribuita e dal carico flessibile alla regolazione del sistema elettrico*

Sviluppo di algoritmi di previsione e di dispacciamento ottimo delle risorse di generazione distribuite e del carico flessibile, al fine di fornire risorse di regolazione alla rete elettrica, anche in ottica aggregata [MI.Altri.11], [MI.Altri.12], [MI.Altri.13].

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it



*Modellizzazione del mercato elettrico Europeo integrato*

Sviluppo di modelli per lo market clearing del mercato elettrico Europeo integrato [MI.Altri.14], [MI.Altri.15].

*Analisi del modello flow-based applicato alla frontiera NORD di Italia*

Implementazione del modello flow-based per la gestione ottima dei transiti di energia alla frontiera NORD di Italia per migliorare i scambi commerciali nei mercati di energia elettrica [MI.Altri.16].

*Metodologie Model-based per la configurazione ottima delle zone di mercato*

Sviluppo di metodologie model-based per la definizione di configurazioni alternative delle zone di mercato elettrico. L'approccio si integra nel quadro di un processo di riesame della zona di offerta allineato alle specifiche del regolamento (UE) 2015/1222 della Commissione (CACM) e del regolamento (UE) 2019/943 del Parlamento europeo e del Consiglio (CEP) [MI.Altri.17], [MI.Altri.18], [MI.Altri.19], [MI.Altri.20], [MI.Altri.21].

*Regolazione delle reti di distribuzione per la transizione energetica*

Analisi delle opzioni disponibili e valutazione dell'impatto di differenti approcci per la regolazione degli investimenti nelle reti di distribuzione elettrica. L'attività si struttura su 3 livelli: analisi costi-benefici per lo sviluppo delle reti, superamento della dicotomia CAPEX/OPEX (TOTEX) nella remunerazione degli investimenti, promozione dell'innovazione nella gestione delle reti [MI.Altri.22], [MI.Altri.23], [MI.Altri.24].

*Analisi Costi-Benefici per investimenti in infrastrutture elettriche*

Sviluppo di procedure e strumenti per la valutazione dei costi e benefici di investimenti nelle reti elettriche, prescindendo da un'analisi puramente finanziaria, quindi includendo esternalità legate all'impatto socio-ambientale degli investimenti.

*Applicazioni illuminotecniche, magnetiche e sistemi elettrici*

In questo ambito sono state condotte ricerche relativamente alla valutazione dell'efficienza energetica dei sistemi magnetici, all'illuminotecnica, all'analisi dell'effetto di un guasto in ambiente esplosivo ATEX, alla valutazione di un approccio innovativo per la mitigazione dell'arco elettrico interno e a nuovi metodi per rappresentare le perdite nei convertitori in simulazione [MI.Altri.25], [MI.Altri.26], [MI.Altri.27], [MI.Altri.28], [MI.Altri.29].

*Applicazione delle Distributed Ledger Technologies (DLTs) nelle reti elettriche*

Studio, nell'ambito del gruppo di lavoro dello Standard Proposal IEEE P2418.5 Blockchain in Energy Standards, dell'applicazione delle Distributed Ledger Technologies (DLTs) nelle reti elettriche, con particolare riferimento alla definizione di casi d'uso ed analisi dei flussi di comunicazione relativi a risorse distribuite e sistemi di ricarica per veicoli elettrici [MI.Altri.30].

*Utilizzo di modelli di Intelligenza Artificiale nel settore elettrico*

Studio dell'utilizzo di modelli ed algoritmi di intelligenza artificiale nel settore elettrico [MI.Altri.31], [MI.Altri.32], con particolare riferimento alla modellazione ed analisi di sistemi di accumulo elettrochimici [MI.Altri.33], [MI.Altri.34].

*Cybersecurity di risorse energetiche distribuite*

Analisi dei rischi di attacchi cibernetici di risorse energetiche distribuite, con particolare riferimento a sistemi di accumulo elettrochimico, e studio di metodi di identificazione mediante l'utilizzo di intelligenza artificiale [MI.Altri.33], [MI.Altri.34].

*Metodi di analisi virtuali*

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



In [MI.Altri.35], [MI.Altri.36] e [MI.Altri.37] vengono presentati degli esempi applicativi di realtà virtuale per l'analisi di consumi energetici in diversi settori.

#### Internet of Things (IoT)

L'applicazione di sistemi basati sull'IoT nella gestione dei consumi negli edifici residenziali e commerciali viene affrontata negli articoli [MI.Altri.38], [MI.Altri.39] e [MI.Altri.40].

#### Collaborazioni con altre unità

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con il Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea ai fini della modellazione del sistema di accumulo sito nello Smart Grid & Interoperability Lab nella sede JRC di Ispra (VA).

University of Danang (Vietnam).

ITALSMEA;

SKEMA;

School of Technology and Innovations, Electrical Engineering, University of Vaasa, Finland.

Collaborazione con il Working Group IEEE P2418.5 Blockchain in Energy Standards sull'applicazione delle Distributed Ledger Technology nel settore elettrico.

Collaborazione con il National Institute of Metrology, Quality and Technology di Rio de Janeiro, Brasile, sul tema relativo alla valutazione di rischi di attacchi cibernetici su sistemi di accumulo elettrico di utenti attivi e passivi connessi alle reti di distribuzione in bassa e media tensione ed utilizzo di modelli di intelligenza artificiale per l'apprendimento del comportamento (in regime dinamico) di sistemi di accumulo.

#### Bibliografia

- [MI.Altri.1]. Revenue Stacking for BESS: Fast Frequency Regulation and Balancing Market Participation in Italy. G Rancilio, F Bovera, M Merlo. International Transactions on Electrical Energy Systems (2022)
- [MI.Altri.2]. BESS located in Primary Substation for RES integration and ancillary services provision. M Delfanti, F Bovera, D Falabretti, M Merlo, G Rancilio. CIRED (2019)
- [MI.Altri.3]. Rancilio, G., Pasquadibisceglie, M. S., Merlo, M., Bovera, F., Falabretti, D., & Delfanti, M. (2019, June). Limited Energy Reservoirs: Analysis of the proposed methodology for opening Frequency Containment Reserve to energy storage in EU. In 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-7). IEEE. (2019)
- [MI.Altri.4]. Rancilio, G.; Lucas, A.; Kotsakis, E.; Fulli, G.; Merlo, M.; Delfanti, M.; Masera, M. Modeling a Large-Scale Battery Energy Storage System for Power Grid Application Analysis. Energies 2019, 12, 3312. <https://doi.org/10.3390/en12173312>
- [MI.Altri.5]. G. Rancilio, M. Merlo, A. Lucas, E. Kotsakis and M. Delfanti, "BESS modeling: investigating the role of auxiliary system consumption in efficiency derating," 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 2020, pp. 189-194, doi: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161875.
- [MI.Altri.6]. Numerical and experimental efficiency estimation in household battery energy storage equipment. Moncecchi, M., Borselli, A., Falabretti, D., Corghi, L., Merlo, M. Energies, 2020, 13(11), 2719
- [MI.Altri.7]. Data-Driven Evaluation of Secondary-and Tertiary-Reserve Needs with High Renewables Penetration: The Italian Case. F Bovera, G Rancilio, D Falabretti, M Merlo. Energies 14 (8), 2157 (2021)
- [MI.Altri.8]. Assessing the accuracy of different machine learning classification algorithms in forecasting results of italian ancillary services market. F Bovera, A Blaco, G Rancilio, M Delfanti. 2019 16th International Conference on the European Energy Market (EEM), 1-5 (2019)
- [MI.Altri.9]. Opportunities for DERs in Ancillary Services Markets: analysis and bidding strategies in a national framework, M. Spiller, G. Rancilio, F. Bovera, M. Merlo. Conference on the European Energy Market (EEM) (2022, accepted for the conference)

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Altri.10]. G Rancilio, A Rossi, D Falabretti, A Galliani, M Merlo, Ancillary services markets in europe: Evolution and regulatory trade-offs, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 154, February 2022, 111850, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111850>
- [MI.Altri.11]. Participation of Aggregated DERs to the Ancillary Services Market: A Monte Carlo Simulation-Based Heuristic Greedy-Indexing Model, Falabretti, D., Gulotta, F., Spinelli, L., *Energies*, 2022, 15(3), 1037
- [MI.Altri.12]. Flexibility Provision by an Aggregate of Electric Boilers in the Italian Regulatory Framework. Falabretti, D., Gulotta, F., Siface, D. 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021, 2021.
- [MI.Altri.13]. PV forecast for the optimal operation of the medium voltage distribution network: A real-life implementation on a large scale pilot. Dimovski, A., Moncecchi, M., Falabretti, D., Merlo, M. *Energies*, 2020, 13(20), 5330
- [MI.Altri.14]. Le H.L., Ilea V., Bovo C., Integrated European intra-day electricity market: Rules, modeling and analysis (2019) *Applied Energy*, 238, pp. 258 - 273.
- [MI.Altri.15]. Lam L.H., Ilea V., Bovo C., New clearing model to mitigate the non-convexity in european day-ahead electricity market (2020) *Energies*, 13 (18), art. no. 4716.
- [MI.Altri.16]. Carlini E.M., Coluzzi C., Lanzelotto F., Pascucci A., Monopoli F., Ilea V., Bovo C., Le H.L., Simulation of Euphemia's Market Coupling using a flow-based model for the Region Italy North (2020) 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, art. no. 9241090.
- [MI.Altri.17]. Bovo C., Ilea V., Carlini E., Caprabanca M., Quaglia F., Luzi L., Nuzzo G., Review of the Mathematic Models to Calculate the Network Indicators to Define the Bidding Zones (2019) 2019 54th International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2019 - Proceedings.
- [MI.Altri.18]. Michi L., Ilea V., Caprabanca M., Nuzzo G., Colella P., Russo A., Quaglia F., Bompard E., Griffone A., Bovo C., Carlini E.M., Luzi L., Chicco G., Mazza A., Optimal Bidding Zone Configuration: Investigation on Model-based Algorithms and their Application to the Italian Power System, (2019), 2019 AEIT International Annual Conference, AEIT 2019.
- [MI.Altri.19]. Bovo C., Ilea V., Carlini E.M., Caprabanca M., Quaglia F., Luzi L., Nuzzo G., Optimal Computation of Network Indicators for Electricity Market Bidding Zones Configuration, (2020), UPEC 2020 - 2020 55th International Universities Power Engineering Conference, Proceedings, art. no. 9209847.
- [MI.Altri.20]. Bovo C., Ilea V., Colella P., Bompard E., Chicco G., Mazza A., Russo A., Carlini E.M., Caprabanca M., Quaglia F., Luzi L., Model-based Determination of Bidding Zones: An Approach Based on Multiple Scenarios, Optimal Power Flow and Clustering Algorithms, (2021), 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021.
- [MI.Altri.21]. Bovo C., Ilea V., Carlini E.M., Caprabanca M., Quaglia F., Luzi L., Nuzzo G., Optimal computation of network indicators for electricity market bidding zones configuration considering explicit n-1 security constraints, (2021), *Energies*, 14 (14), art. no. 4267.
- [MI.Altri.22]. From energy communities to sector coupling: a taxonomy for regulatory experimentation in the age of the European Green Deal. F.Bovera, L. Lo Schiavo. (Accepted on Energy Policy, publication foreseen in 2022)
- [MI.Altri.23]. Existing regulatory frameworks in smart power distribution. F Bovera, D Falabretti, LL Schiavo, M Merlo. Elsevier (2022)
- [MI.Altri.24]. Regulating electricity distribution networks under technological and demand uncertainty. F Bovera, M Delfanti, E Fumagalli, LL Schiavo, R Vailati. *Energy Policy* 149, 111989 (2021)
- [MI.Altri.25]. R. Faranda, F. Oliva: "Energy Efficiency in Magnetic Clamping Applications", 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe), Praga, Czech Republic, June 28- July 1 2022, pag. 1-6
- [MI.Altri.26]. R. Faranda, A. Demetrio, K. Fumagalli: "Dynamic lighting system model for optimizing lamps management", 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe), Bari, Italy, June 8-11 2021, pag. 1-5
- [MI.Altri.27]. R. Faranda, N. Dalaeli, K. Fumagalli: "Theretical and Experimental Investigations on Flameproof Enclosures for Hazardous Areas", 18th Conference on Petroleum and Chemical Industry Committee (PCIC) Europe, London, England, June 7-9 2022, pag. 1-7

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [MI.Altri.28]. R. Faranda, K. Fumagalli, L. Franzosi, L. Bellofatto: "Innovative Strategies for Internal Arc-Flash Risk Mitigation in LV Switchgears", 17th Conference on Petroleum and Chemical Industry Committee (PCIC) Europe, Virtual Conference, June 22-24 2021, pag. 1-8
- [MI.Altri.29]. R. Faranda, H. Hafezi: "A New Approach for Power Losses Evaluation of IGBT/Diode Module", Electronics (Switzerland), Open Access, Volume 10, Issue 3, Pages 1- 21, 2021
- [MI.Altri.30]. (2021) Gourisetti, S.N.G., Cali, Ü., Choo, R., Escobar, E., Gorog, C., Lee, A., Lima, C., Mylrea, M., Pasetti, M., Rahimi, F., Reddi, R., Sani, S., Standardization of the Distributed Ledger Technology cybersecurity stack for power and energy applications. (2021) Sustainable Energy, Grids and Networks, 28 (12),
- [MI.Altri.31]. (2019) Miraftabzadeh, S.A., Foiadelli, F., Longo, M., Pasetti, M., A Survey of Machine Learning Applications for Power System Analytics. (2019) Proceedings of the 19th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Genoa, Italy, 11-14 June 2019. doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783340
- [MI.Altri.32]. (2021) Miraftabzadeh, S.M., Longo, M., Foiadelli, F., Pasetti, M., Igual, R., Advances in the Application of Machine Learning Techniques for Power System Analytics: A Survey. (2021) Energies, 14 (16), art. no. 4776
- [MI.Altri.33]. (2021) Pasetti, M., Ferrari, P., Bellagente, P., Sisinni, E., De Sá, A.O., do Prado, C.B., David, R.P., Machado, R.C.S., Artificial Neural Network-Based Stealth Attack on Battery Energy Storage Systems. (2021) IEEE Transactions on Smart Grid, 12 (6), pp. 5310–5321.
- [MI.Altri.34]. (2022) De Sá, A.O., de Souza Bento, L.M., Flavio, M.L., Pasetti, M., Ferrari, P., Sisinni, E., ANN-Based Stealth Attack to Battery Energy Storage Systems by Using a Low-Cost Device. (2022) Proceedings of the 2022 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0&IoT 2022), Trento, Italy, 7-9 June 2022
- [MI.Altri.35]. Di Antonio, J.A., Longo, M., Zaninelli, D., Ferrise, F., Labombarda, A. (2021), MEMS-based measurements in virtual reality: Setup an electric Vehicle, 2021 56th International Universities Power Engineering Conference: Powering Net Zero Emissions, UPEC 2021
- [MI.Altri.36]. M. Lamanuzzi, J.A. Di Antonio, F. Foiadelli, M. Longo, A. Labombarda, N. Dozio, F. Ferrise (2020), "Analysis of Energy Consumption in an Electric Vehicle through Virtual Reality Set-Up", 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020
- [MI.Altri.37]. M. Longo, S. Miraftabzade, M. Lamanuzzi, J.A. Di Antonio, F. Foiadelli, A. Labombarda (2020), "State of charge model application for a battery electric vehicle exploiting regenerative braking in a virtual reality simulator", Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, pp. 536-541
- [MI.Altri.38]. Yaïci, W.; Krishnamurthy, K.; Entchev, E.; Longo, M. Recent Advances in Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems: A Review. Sensors 2021, 21, 2152
- [MI.Altri.39]. W. Yaici, K. Krishnamurthy, E. Entchev, M. Longo (2020), "Internet of Things for Power and Energy Systems Applications in Buildings: An Overview", Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2020
- [MI.Altri.40]. W. Yaici, K. Krishnamurthy, E. Entchev, M. Longo (2020), "Survey of Internet of Things (IoT) Infrastructures for Building Energy Systems", GIoTTS 2020 - Global Internet of Things Summit, Proceedings

## PROGETTI

*Nome progetto:* EnelFlex

Responsabile scientifico Prof. Marco Merlo

Ente finanziatore UNEP - UN Environmental Programme

Breve descrizione In the Province of Cundinamarca-Sub Urban North area (Colombia), there are 253

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

customers with consumption of more than 30 MWh. The company has 67 circuits in the area with a loadability of over 70% and a load shedding potential of 255 MW. The situation is a management challenge for the network due to the risk of congestion: increasing the probability of failures, affecting 322,787 users in the Sub Urban North Area. Target is to implement a pilot flexibility scheme for DSO to decrease 35 MVAs to guarantee the reliability of the service and obtain the capacity to generate new alternative sources of power, as an innovative mechanism for emerging challenges in the grid in the short term, optimize the investment plan that would be made with a conventional solution, reduce losses and increase the security and flexibility of the grid.

Sedi partner Consorzio costituito da: Enel Colombia, Enel Global Infrastructure and Networks, Gridspertise, Politecnico di Milano

Altre informazioni

Riferimenti

[MI.Progetti.1]. Riferimento

*Nome progetto:* inteGRIDy

Responsabile scientifico Prof. Marco Merlo

Ente finanziatore Commissione Europea – Progetto Horizon 2020

Breve descrizione inteGRIDy aims to integrate cutting-edge technologies, solutions and mechanisms in a Framework of replicable tools to connect existing energy networks with diverse stakeholders, facilitating optimal and dynamic operation of the Distribution Grid (DG), fostering the stability and coordination of distributed energy resources and enabling collaborative storage schemes within an increasing share of renewables. inteGRIDy follows a pilot-driven approach as its overall goal concentrates on the fulfilment of actual need and requirements. A set of innovative methods/mechanism integration will be targeted by inteGRIDy activities that will results to exploitable products with a high commercialization potential.

[MI.Progetti.2][MI.Progetti.3]

Sedi partner Consorzio internazionale basato su dieci progetti pilota in otto Stati Membri. Politecnico di Milano coordinava il progetto pilota italiano di San Severino Marche (MC), in collaborazione con ASSEM, Une srl, Energy@Work.

Altre informazioni

Riferimenti

[MI.Progetti.2]. [www.integrity.eu](http://www.integrity.eu)

[MI.Progetti.3]. D. Falabretti, M. Moncecchi, M. Mirbagheri, F. Bovera, M. Fiori, M. Merlo, M. Delfanti, San Severino Marche Smart Grid Pilot within the InteGRIDy project, Energy Procedia, Volume 155, 2018, Pages 431-442, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.036>

[MI.Progetti.4].

*Nome progetto:* OSMOSE

Responsabile scientifico Prof. Alberto Berizzi

Ente finanziatore Commissione Europea – Progetto Horizon 2020

Breve descrizione The OSMOSE project gathers six transmission network operators (TSOs), eleven research

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

partners and sixteen industry and market players who address the need to identify and develop flexibilities required to integrate a high share of renewables (RES) in the energy system. The project aims to capture synergies across needs for flexibilities and sources of flexibilities, such as providing multiple services from one source, or innovative services, thus resulting in a cost-efficient power system [MI.Progetti.5][MI.Progetti.7][MI.Progetti.8].

Sedi partner Consorzio EnSiEL, costituito da: Politecnico di Milano, Università di Bologna e Università di Genova

Altre informazioni

**Nome<sup>[SEP]</sup> progetto:** "Infrastrutture e servizi per la Mobilità Sostenibile e Resiliente - MoSoRe@Unibs", – CUP E81B19000840007

**Responsabile scientifico:** Prof. Giovanni Plizzari, Università degli Studi di Brescia

**Ente finanziatore:** Regione Lombardia, fondi POR FESR 2014/2020

**Partenariato:** Università degli Studi di Brescia (capofila), Fasternet, Ingenera, Genegis, Imbal Carton, ST Microelectronics, ENEA, Italcementi

**Breve descrizione:** MoSoRe@Unibs vuole investigare la resilienza dei sistemi e delle infrastrutture per la mobilità, proponendo soluzioni legate alle infrastrutture stradali, alle infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici, alle infrastrutture ICT e un nuovo vettore che permettano all'utente di spostarsi in sicurezza, tranquillità e nei tempi attesi, anche in presenza di eventi o di situazioni di emergenza. Nell'ambito del progetto la sotto-unità di Brescia ha operato nell'ambito dell'azione A4, Infrastrutture di ricarica intelligente per mobilità elettrica, avente l'obiettivo di realizzare sistemi di ricarica multimodale alimentati da fonti rinnovabili con sistemi di accumulo e da altre fonti di energia. In particolare, alla sotto-unità di Brescia è stata conferita la responsabilità a livello di Ateneo delle seguenti sotto-attività: A4.3: Struttura di ricarica outdoor: architettura e flussi energetici, A4.4: Ricarica indoor (garage, parcheggi) di auto elettriche: architettura e flussi energetici, e A4.5: Sistemi di accumulo integrati [MI.Progetti.9], [MI.Progetti.10], [MI.Progetti.11], [MI.Progetti.12], [MI.Progetti.13].

Riferimenti

- [MI.Progetti.5]. [www.osmose-h2020.eu](http://www.osmose-h2020.eu)
- [MI.Progetti.6]. A. Berizzi, V. Ilea, A. Vicario, F. Conte, S. Massucco, J. A. Adu, C. A. Nucci, T. Pontecorvo. "Stability analysis of the OSMOSE scenarios: main findings, problems, and solutions adopted". 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT53387.2021.9626939.
- [MI.Progetti.7]. J. A. Adu, F. Tossani, T. Pontecorvo, V. Ilea, A. Vicario, F. Conte, F. D'Agostino. "Coordinated Inertial Response Provision by Wind Turbine Generators: Effect on Power System Small-Signal Stability of the Sicilian Network," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854616.
- [MI.Progetti.8]. Adu, J.A.; Berizzi, A.; Conte, F.; D'Agostino, F.; Ilea, V.; Napolitano, F.; Pontecorvo, T.; Vicario, A. Power System Stability Analysis of the Sicilian Network in the 2050 OSMOSE Project Scenario. *Energies* 2022, 15, 3517. <https://doi.org/10.3390/en15103517>.
- [MI.Progetti.9]. (2022) Rinaldi, S. Depari, A., Ferrari, P., Flammini, A., Mondini, E., Pasetti, M., Sisinni, E., An Evaluation of UWB for Location-Based HandsFree Authentication Charging of Electric Vehicles. (2022) Proceedings of the 2022 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2022), Anchorage, Alaska, USA, 1-3 June 2022. doi: 10.1109/ISIE51582.2022.9831628

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



- [MI.Progetti.10]. (2021) Rinaldi, S., Pasetti, M., Flammini, A., Ferrari, P., Sisinni, E., Depari, A., Maternini, G., Analysis of Communication Requirements for Enabling the Coordinate Charge of Sustainable Multimodal Electric Vehicle Supply Equipment. (2021) Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME), Mauritius, Mauritius, 7-8 October 2021. doi: 10.1109/ICECCME52200.2021.9590965
- [MI.Progetti.11]. (2021) Rinaldi, S., Pasetti, M., Flammini, A., Maternini, G., Multimodal Electric Vehicle Supply Equipment: Toward a Sustainable and Resilient Mobility. (2021) Proceedings of the 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Automotive (MetroAutomotive), Bologna, Italy, 1-2 July 2021. doi: 10.1109/MetroAutomotive50197.2021.9502849
- [MI.Progetti.12]. (2022) Amici, C., Ceresoli, F., Saponi, M., Pasetti, M., Zanoni, S., Borboni, A., Tiboni, M., Faglia, R., Experimental Characterization of an Electrical Propulsion Unit for Service UAVs. (2022) Proceedings of the 2021 1st International IFToMM Workshop for Sustainable Development Goals (I4SDG 2021), Virtual, 25-26 November 2021, in Mechanisms and Machine Science, Springer, Volume 108 MMS, pp. 307-314. doi: 10.1007/978-3-030-87383-7\_34
- [MI.Progetti.13]. (2021) Amici, C., Ceresoli, F., Pasetti, M., Saponi, M., Tiboni, M., Zanoni, S., Review of Propulsion System Design Strategies for Unmanned Aerial Vehicles. (2021) Applied Sciences (Switzerland), 11 (11), art. no. 5209. doi: 10.3390/app11115209

## LABORATORI

*Nome laboratorio:* PoliGrid

Breve descrizione : Il progetto PoliGrid – la smart grid del Politecnico di Milano – nasce per garantire maggiore continuità nel servizio elettrico del campus di Piazza Leonardo , Via Bassini e Via Bonardi. Una rete di distribuzione interna in media tensione (23 kV) permette di soddisfare una domanda elettrica annua di circa 13 GWh, con picchi di potenza che raggiungono nel periodo estivo 3,5 MW. Alla rete sono connessi alcuni impianti fotovoltaici (più di 100 kW in totale) e un cogeneratore (2 MW), che produce sia energia elettrica, di cui circa il 90% è consumata localmente, sia energia termica, alimentando una rete di teleriscaldamento che si estende per più di 2 km. Grazie alle sue prestazioni energetiche, il cogeneratore permette di soddisfare la domanda energetica del campus evitando l'emissione di circa 2.500 tonnellate di CO2.

Una rete di comunicazione in fibra ottica permette di gestire dinamicamente sia gli impianti di produzione che quelli di consumo, aprendo le porte ad opportunità legate al mondo dei sistemi energetici complessi, del demand response e dei servizi ancillari, quali l'isola dinamica intenzionale, la capacità di ri-alimentazione e ri-sincronizzazione con il sistema elettrico nazionale

*Nome laboratorio:* IoT-Storage Lab

Breve descrizione: Il laboratorio IoT-storage Lab si occupa di verificare le prestazioni di sistemi di accumulo tramite opportuni cicli e protocolli di test. I sistemi di accumulo in questione possono essere gestiti tramite logiche di controllo avanzate. In questo caso, i sistemi di accumulo sono connessi via internet ad architetture di controllo e supervisione distribuite. Tramite web API sistema di accumulo invia segnali sul proprio stato di funzionamento e riceve ordini e controlli che ne determinano il funzionamento. Il laboratorio si completa con un simulatore di carico e di generazione. Una delle principali applicazioni, testate all'interno del progetto inteGRIDy, è la gestione di accumuli distribuiti di piccola taglia (domestici) ai fini dell'utilizzo coordinato degli stessi come aggregato sul mercato elettrico.

*Nome laboratorio:* PhOS Laboratorio di Illuminotecnica e Power Quality (Photovoltaic, Power Quality and Lighting System Laboratory)

Breve descrizione: Il laboratorio, attivo a partire dal 2005, svolge attività nel campo illuminotecnico con l'analisi e lo sviluppo di apparecchi per l'illuminazione in ambiente ATEX realizzati con tecnologie a LED, nel

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



campo della Power Quality sviluppando e realizzando dispositivi elettronici in bassa tensione atti al miglioramento della qualità della forma d'onda della tensione e alla riduzione dei disturbi della corrente. Ulteriori aspetti trattati sono relativi alla generazione elettrica di piccola taglia (in particolare impianti fotovoltaici), ai sistemi di accumulo e all'utilizzo efficiente dell'energia (applicazioni magnetiche). Le attività svolte hanno permesso il deposito e la successiva cessione di oltre 16 famiglie brevettuali sempre cedute alle aziende con cui l'attività è stata svolta.

#### Riferimenti

- [MI.Laborat.1]. <https://www.commissionenergia.polimi.it/poligrid/>
- [MI.Laborat.2]. Frequency regulation for dynamic islanding operations in multi-fuel microgrids, M. Spiller, A. Vicario, F. Bovera, G. Rancilio, A. Dimovski, M. Merlo, AEIT 2022 (accepted for the conference)
- [MI.Laborat.3]. Designing A Microgrid To Improve Continuity Of Service And Flexibility The Case Of Politecnico Di Milano Leonardo Campus. M Delfanti, A Blaco, F Bovera, M Pozzi, G Invernizzi, G Vielmini. CIRED (2019)
- [MI.Laborat.4]. Delfanti, Maurizio, et al. "Grid-Tie and Off-Grid Operations for an Innovative Microgrid Realized in Leonardo Campus of Politecnico di Milano." 2019 IEEE 5th International forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI). IEEE, 2019.
- [MI.Laborat.5]. D. Falabretti, M. Moncecchi, C. Brivio, M. Delfanti, M. Merlo and V. Musolino, "IoT-oriented management of distributed energy storage for the primary frequency control," 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC.2017.7977774
- [MI.Laborat.6]. <https://www.energia.polimi.it/it/dipartimento-di-energia/laboratori/laboratori-di-ricerca/illuminotecnica-e-power-quality-phos/>

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI NAPOLI

DIPARTIMENTO INGEGNERIA ELETTRICA E DELLE TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE  
VIA CLAUDIO, 21  
80125 NAPOLI

**Responsabile Scientifico:** Domenico Villacci

**Sito web:** [www.dieti.unina.it](http://www.dieti.unina.it); [www.dii.unina.it](http://www.dii.unina.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Amedeo	Andreotti	Professore I fascia
Luigi	Battistelli	Professore I fascia non in ruolo
Guido	Carpinelli	Professore I fascia non in ruolo
Elio	Chiodo	Professore II fascia
Umberto	De Martinis	Professore I fascia non in ruolo
Antonio	Di Pasquale	Dottorando
Maurizio	Fantauzzi	Professore II fascia
Davide	Lauria	Professore I fascia
Fabio	Mottola	Professore II fascia
Mario	Pagano	Professore II fascia
Daniela	Proto	Professore II fascia
Nagananthini	Ravichandran	Dottorando
Domenico	Villacci	Professore I fascia
Francesco	Volpe	Dottorando

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
[dario.zaninelli@polimi.it](mailto:dario.zaninelli@polimi.it)

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
[martirano@uniroma1.it](mailto:martirano@uniroma1.it)

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Analisi di affidabilità relativa agli impianti fotovoltaici

Nei lavori [NA.Produz.1], [NA.Produz.2] vengono svolte analisi di affidabilità di impianti fotovoltaici di varie dimensioni, e i risultati sono confrontati con i dati sperimentali, ottenuti dall'analisi dell'attività di manutenzione degli impianti fotovoltaici. Inoltre, viene presentato il calcolo delle relative perdite di energia.

### Modelli probabilistici

Nei lavori [NA.Produz.3], [NA.Produz.4] vengono sviluppati nuovi modelli per la caratterizzazione probabilistica della velocità estrema del vento, derivati dalla Distribuzione Rayleigh. In particolare, si tratta dei modelli: "Distribuzione Rayleigh Inversa" e di una sua mistura secondo una legge Gamma, denominata "Distribuzione Rayleigh Inversa Composta".

In [NA.Produz.5] è proposto il dimensionamento ottimale dei trasformatori per parchi eolici derivato sulla base delle analisi probabilistiche della produzione di energia eolica attraverso il processo stocastico di Ornstein – Uhlenbeck e del modello termico del trasformatore.

### Problemi inerenti alla previsione di energy time series

Nei lavori [NA.Produz.6]-[NA.Produz.9] sono presentati degli approcci basati sulle reti neurali per la previsione di time series energetiche, per la produzione di impianti fotovoltaici e per la gestione di microgrid.

### Controllo di sistemi ibridi fotovoltaico-accumulo

In [NA.Produz.10] è proposta una metodologia per la progettazione ed il controllo di un convertitore fotovoltaico accoppiato ad un sistema di accumulo. La metodologia proposta permette al sistema di funzionare in isola in caso di guasto alla rete.

### Collaborazioni con altre unità

Politecnico di Torino

Affidabilità degli impianti fotovoltaici, [NA.Produz.1, NA.Produz.2]

Università degli Studi di Bologna

Modelli probabilistici, e loro stima Bayesiana, per la caratterizzazione della velocità del vento, [NA.Produz.4]

### Bibliografia

- [NA.Produz.1]. F. Spertino, E. Chiodo, A. Ciocia, G. Malgaroli, A. Ratclif, Maintenance Activity, Reliability Analysis and Related Energy Losses in Five Operating Photovoltaic Plants. In: Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC/I and CPS Europe 2019. pp. 1-6
- [NA.Produz.2]. F. Spertino, E. Chiodo, A. Ciocia, G. Malgaroli, A. Ratclif, Maintenance Activity, Reliability, Availability, and Related Energy Losses in Ten Operating Photovoltaic Systems up to 1.8 MW. IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 57, p. 83-93, 2021, ISSN: 0093-9994, doi: 10.1109/TIA.2020.3031547
- [NA.Produz.3]. E. Chiodo, L. P. Di Noia, Stochastic extreme wind speed modeling and Bayes estimation under the inverse Rayleigh distributions. Applied Science 2020, 10(16), 5643.
- [NA.Produz.4]. E. Chiodo, M. Fantauzzi, G. Mazzanti, The Compound Inverse Rayleigh as an Extreme Wind Speed Distribution and Its Bayes Estimation. Energies 2022, 15, 861
- [NA.Produz.5]. M. Fantauzzi, D. Lauria, F. Mottola, D. Proto, Estimating wind farm transformers rating through lifetime characterization based on stochastic modeling of wind power. Energies, 14 (5), art. no. 1498, 2021, DOI: 10.3390/en14051498

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [NA.Produz.6]. A. Rosato, R. Araneo, A. Andreotti, F. Succetti, M. Panella 2-D Convolutional Deep Neural Network for the Multivariate Prediction of Photovoltaic Time Series, 2021 Energies Volume 14 Issue 9 Pages 2392
- [NA.Produz.7]. A. Rosato, R. Araneo, A. Andreotti, M. Panella, 2-D convolutional deep neural network for multivariate energy time series prediction, 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Genova, Italy, 2019, pp. 1-4, 11-14 Giugno 2019, doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783304
- [NA.Produz.8]. A. Rosato, M. Panella, R. Araneo, A. Andreotti, A neural network based prediction system of distributed generation for the management of microgrids, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 55, no. 6, pp. 7092-7102, Novembre-Dicembre 2019, (Special Issue: Energy Efficiency, Building Automation, Metering and Microgrids in Industrial and Commercial Power Systems), doi:10.1109/TIA.2019.2916758, ISSN: 0093-9994
- [NA.Produz.9]. A. Rosato, F. Succetti, R. Araneo, A. Andreotti, M. Mitolo, M. Panella, A combined deep learning approach for time series prediction in energy environments, 2020 IEEE/IAS 56th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS), Las Vegas, NV, USA, pp. 1-5, 29 Giugno - 28 Luglio 2020, doi: 10.1109/ICPS48389.2020.9176818 (conferenza svolta in modalità telematica)
- [NA.Produz.10]. M. Coppola, P. Guerriero, A. Dannier, S. Daliento, D. Lauria, A. Del Pizzo, Control of a Fault-Tolerant Photovoltaic Energy Converter in Island Operation, Energies 2020, 13, 3201. <https://doi.org/10.3390/en13123201>

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Capacità di trasporto delle linee di trasmissione

Nel lavoro [NA.Trasmis.1] viene presentata una trattazione analitica della capacità di trasporto delle linee aeree non compensate e di linee radiali con compensazione shunt. La trattazione è completata con l'ausilio di diagrammi circolari che forniscono un'utile rappresentazione geometrica delle relazioni analitiche. Nel lavoro [NA.Trasmis.2] viene proposta una metodologia per la stima dinamica della capacità di trasporto di delle linee di trasmissione.

### Stima dell'inerzia

Nei lavori [NA.Trasmis.3]- [NA.Trasmis.5] si affronta la problematica della stima e della predizione della variabile inerzia in presenza di massiccia penetrazione di sistemi di produzione da fonti rinnovabili. La predizione accurata dell'inerzia consente di identificare potenziali situazioni di rischio e le necessarie strategie di controllo preventive atte a ridurre il rischio a valori accettabili.

### Regolazione della frequenza

Nel lavoro [NA.Trasmis.6] si studia la partecipazione delle batterie al servizio di regolazione primaria della frequenza, tenendo conto dell'aleatorietà della variabile frequenza del sistema interconnesso. Si deriva una semplice legge di controllo in grado di garantire la desiderata partecipazione al servizio di regolazione, nel rispetto del prefissato valore medio della durata di vita della batteria stessa.

### Strategie di controllo

Nei lavori [NA.Trasmis.7]- [NA.Trasmis.8] Si descrive una strategia di controllo del collegamento in HVDC basata su controllori PI disaccoppiati, sfruttando il concetto generalizzato di potenza sincronizzante per il collegamento HVDC. È altresì implementata anche la funzionalità di emulazione dell'inerzia ed il controllo complessivo può essere riguardato come controllo di un sistema singolarmente perturbato. In [NA.Trasmis.9] si propone una metodologia di progetto dei power system stabilizer basata sul controllo lineare quadratico, posizionando in modo desiderato gli autovalori. La logica di controllo individuata è coniugata con

la struttura di un power system stabilizer di tipo PSS2B e se ne verifica la robustezza del funzionamento a fronte delle incertezze che caratterizzano il sistema.

#### Stima delle oscillazioni interarea

Nei lavori [NA.Trasmis.10]- [NA.Trasmis.11] si affronta il problema della stima delle oscillazioni interarea. In particolare si propongono dei miglioramenti in termini di affidabilità e convergenza all'algoritmo particle swarm optimization, caratterizzato intrinsecamente dalla velocità tipica degli algoritmi euristici. In [NA.Trasmis.12], sempre con riferimento alla problematica della stima delle oscillazioni interarea, si propone un metodo di stima basato sulla trasformata di Hilbert ed il metodo dei minimi quadrati.

#### Collaborazioni con altre unità

Tema: Capacità di trasporto delle linee di trasmissione, [NA.Trasmis.1], [NA.Trasmis.2]

Unità coinvolte:

Università degli Studi del Sannio

Università degli Studi di Trieste

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Tema: Strategie di controllo, [NA.Trasmis.7] - [NA.Trasmis.8]

Ente coinvolto:

Terna S.p.A.

Progetto: PSS tuning, regolazione della tensione e controllo dei VSC-HVDC al fine del miglioramento delle prestazioni dinamiche – ST203: Convenzione di Ricerca tra l'Università degli Studi di Napoli Federico II e TERNA S.p.A.

#### Bibliografia

- [NA.Trasmis.1]. D. Lauria, F. Mottola, S. Quaia, Analytical Description of Overhead Transmission Lines Loadability, *Energies* 2019, 12, 3119. <https://doi.org/10.3390/en12163119>
- [NA.Trasmis.2]. G.M. Paldino, F. De Caro, J. De Stefani, A. Vaccaro, D. Villacci, G. Bontempi, A Digital Twin Approach for Improving Estimation Accuracy in Dynamic Thermal Rating of Transmission Lines, *Energies* 2022, 15, 2254. <https://doi.org/10.3390/en15062254>
- [NA.Trasmis.3]. F. Allella, E. Chiodo, G. M. Giannuzzi, D. Lauria and F. Mottola, On-Line Estimation Assessment of Power Systems Inertia With High Penetration of Renewable Generation, in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 62689-62697, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2983877.
- [NA.Trasmis.4]. E. Chiodo, D. Lauria, F. Mottola, et al., On the Estimation of Power System Inertia accounting for Renewable Generation Penetration, 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241204.
- [NA.Trasmis.5]. E.M. Carlini, F. Del Pizzo, G.M. Giannuzzi, D. Lauria, F. Mottola, C. Pisani, Online analysis and prediction of the inertia in power systems with renewable power generation based on a minimum variance harmonic finite impulse response filter, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 131, 2021, 107042, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107042>

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [NA.Trasmis.6]. E. Chiodo, D. Lauria, F. Mottola, et al., Design of Battery Control System for Frequency Restoration and Lifetime Preservation, 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241111.
- [NA.Trasmis.7]. D. Lauria, F. Mottola, C. Pisani, F. D. Pizzo, E. M. Carlini and G. M. Giannuzzi, HVDC tie links in smart power grids: a versatile control strategy of VSC converters, 2021 AEIT HVDC International Conference (AEIT HVDC), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/AEITHVDC52364.2021.9474598.
- [NA.Trasmis.8]. D. Lauria, F. Mottola, G. Giannuzzi, C. Pisani, F. Del Pizzo, E. Carlini, A versatile control strategy for HVDC links [Una strategia versatile di controllo per i collegamenti HVDC], (2022) Energia Elettrica, 99 (1), pp. 45 – 58
- [NA.Trasmis.9]. G. M. Giannuzzi, D. Lauria, C. Pisani and S. Tessitore, An optimization procedure for power system stabilizer tuning, 2022 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 2022, pp. 112-117, doi: 10.1109/SPEEDAM53979.2022.9842034.
- [NA.Trasmis.10]. F. Bonavolontà, L. P. D. Noia, A. Liccardo, S. Tessitore and D. Lauria, A PSO-MMA Method for the Parameters Estimation of Interarea Oscillations in Electrical Grids, in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 69, no. 11, pp. 8853-8865, Nov. 2020, doi: 10.1109/TIM.2020.2998909
- [NA.Trasmis.11]. L. Angrisani, F. Bonavolontà, L. Di Noia, D. Lauria, A. Liccardo, S. Tessitore, D. Ruggiero, A novel PSO-CWA algorithm for the estimation of inter-area oscillation parameters, 2020 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/I2MTC43012.2020.9128935.
- [NA.Trasmis.12]. F. Bonavolontà, L. Di Noia, D. Lauria, A. Liccardo, S. Tessitore, An Optimized HT-Based Method for the Analysis of Inter-Area Oscillations on Electrical Systems, Energies 2019, 12, 2935. <https://doi.org/10.3390/en12152935>

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

### **Pianificazione ottima per la Power Quality**

Nei lavori [NA.Distrib.1] - [NA.Distrib.3] è condotto uno studio sul possibile utilizzo di sistemi di accumulo e filtri attivi per il miglioramento della qualità del servizio di fornitura dell'energia elettrica. Sono inoltre analizzate alcune possibili implicazioni sul problema del corretto dimensionamento di tali dispositivi.

### **Dimensionamento sistemi di accumulo**

Nei lavori [NA.Distrib.4] - [NA.Distrib.6] sono proposte delle metodologie per il dimensionamento ottimale dei sistemi di accumulo nell'ambito delle reti di distribuzione e in applicazioni end-user di natura industriale. In particolare, sono studiate alcune implicazioni ambientali ed economiche, nonché l'incertezza della previsione sia dei carichi che della produzione degli impianti di produzione distribuiti da fonte rinnovabile.

### **Gestione ottimale di reti di distribuzione in bassa tensione in presenza di risorse distribuite**

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



Nei lavori [NA.Distrib.7] - [NA.Distrib.12] è affrontato il problema della corretta gestione delle reti di distribuzione in presenza di impianti di produzione da fonti rinnovabili e sistemi di accumulo. In particolare è stata proposta una metodologia di gestione in tempo reale basata su una procedura a due step: una programmazione del giorno prima ed una in tempo reale, volta al contenimento degli errori di previsione e al soddisfacimento dei requisiti di flessibilità richiesti alle moderne reti. Al fine della loro corretta applicazione, l'unità ha anche lavorato sulla proposta di metodologie di previsione nel breve e brevissimo periodo della producibilità degli impianti fotovoltaici, sia probabilistici che deterministici.

#### Metodologie innovative per le smart grid

Studio dei nuove metodologie di gestione delle smart grid e di comunità energetiche [NA.Distrib.13]-[NA.Distrib.15].

#### Regolazione della tensione nelle smart grid

Studio dei nuove metodologie di controllo secondario della tensione nelle smart grid e di scenari con elevate penetrazioni di convertitori statici [NA.Distrib.16]-[NA.Distrib.18].

#### Collaborazioni con altre unità

Tema: Pianificazione ottima per la Power Quality, [NA.Distrib.1] - [NA.Distrib.3]

Unità coinvolte:

Politecnico di Torino

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

Tema: Gestione ottimale di reti di distribuzione in bassa tensione in presenza di risorse distribuite, [NA.Distrib.7] - [NA.Distrib.12]

Unità coinvolte:

Università degli Studi di Napoli Parthenope

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Tema: Gestione ottimale di reti di distribuzione in bassa tensione in presenza di risorse distribuite, [NA.Distrib.7] - [NA.Distrib.12]

Enti coinvolti:

Haute Ecole D'ingenierie et d'Architecture Fribourg (Hes-So Fribourg)

Ecole Polytechnique Federale de Lausanne - EPFL

Depsys Sa, Switzerland

Progetto: Real-Time Distribution Grid Control and Flexibility Provision under Uncertainties – DiGriFlex, Progetto Europeo con finanziamento approvato nell'ambito dell'ERA-Net SES RegSys 2018 call di HORIZON 2020.

#### Bibliografia

[NA.Distrib.1] G. Carpinelli, F. Mottola, D. Proto, A. Russo, A Decision Theory Approach for the Multi-objective Optimal Allocation of Active Filters in Smart Grids, (2022) Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 2022-May, DOI: 10.1109/ICHQP53011.2022.9808433

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [NA.Distrib.2] F. Mottola, D. Proto, P. Varilone, P. Verde, Optimal Siting and Sizing of Electrical Energy Storages Accounting for Voltage Dip Economic Regulation, Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 2022, DOI: 10.1109/ICHQP53011.2022.9808769
- [NA.Distrib.3] F. Mottola, D. Proto, P. Varilone, P. Verde, Planning of distributed energy storage systems in  $\mu$ grids accounting for voltage dips, Energies, 13 (2), 2020, DOI: 10.3390/en13020401
- [NA.Distrib.4] P. De Falco, F. Mottola and D. Proto, Optimal Sizing of Battery Energy Storage Systems Driven by Clustered Load Profiles, 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT53387.2021.9626948.
- [NA.Distrib.5] F. Mottola, D. Proto, M. Russo, Environmental and economic issues for the sizing of battery energy storage combined with renewable generation in an industrial facility, MELECON 2022 - IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, Proceedings, pp. 219 - 224. doi: 10.1109/MELECON53508.2022.9843110
- [NA.Distrib.6] G. Carpinelli, F. Mottola, D. Proto, Planning of Battery Energy Storage Systems Accounting for Uncertainties and Degradation, (2019) 5th International Forum on Research and Technologies for Society and Industry: Innovation to Shape the Future, RTSI 2019 - Proceedings, pp. 213 – 218, DOI: 10.1109/RTSI.2019.8895513.
- [NA.Distrib.7] M. Rayati, M. Bozorg, M. Carpita, P. De Falco, P. Caramia, A. Bracale, D. Proto, F. Mottola, Real-Time Distribution Grid Control and Flexibility Provision under Uncertainties: Laboratory Demonstration, MELECON 2022 - IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, Proceedings, pp. 866 – 87, DOI: 10.1109/MELECON53508.2022.9842979.
- [NA.Distrib.8] M. Rayati, P. De Falco, D. Proto, M. Bozorg, M. Carpita, Generation data of synthetic high frequency solar irradiance for data-driven decision-making in electrical distribution grids, (2021) Energies, 14 (16), DOI: 10.3390/en14164734
- [NA.Distrib.9] M. Bozorg, A. Bracale, M. Carpita, P. De Falco, F. Mottola, D. Proto, Bayesian bootstrapping in real-time probabilistic photovoltaic power forecasting, (2021) Solar Energy, 225, pp. 577 – 590, DOI: 10.1016/j.solener.2021.07.063
- [NA.Distrib.10] M. Bozorg, M. Carpita, P. De Falco, D. Lauria, F. Mottola, D. Proto, A derivative-persistence method for real time photovoltaic power forecasting, (2020) Proceedings - 2020 International Conference on Smart Grids and Energy Systems, SGES 2020, pp. 843 – 847, DOI: 10.1109/SGES51519.2020.00155.
- [NA.Distrib.11] M. Bozorg, A. Bracale, P. De Falco, F. Mottola, D. Proto, Incidence of input forecast error in microgrid operation, (2020) 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020, pp. 269 – 274, DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161907
- [NA.Distrib.12] D. Lauria, F. Mottola, D. Proto, Caputo derivative applied to very short time photovoltaic power forecasting, (2022) Applied Energy, 309, art. no. 118452, DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.118452.
- [NA.Distrib.13] A Rosato, M Panella, A Andreotti, O.A. Mohammed, R Araneo Two-stage dynamic management in energy communities using a decision system based on elastic net regularization, Applied Energy Volume 291, June 2021
- [NA.Distrib.14] F. De Caro, A. Andreotti, R. Araneo, M. Panella, A. Rosato, A. Vaccaro, D. Villacci, A review of the enabling methodologies for knowledge discovery from smart grids data 2020/1 Energies Volume 13 Issue 24 Pages 6579
- [NA.Distrib.15] F. De Caro, A. Andreotti, R. Araneo, M. Panella, A. Vaccaro and D. Villacci, A review of the enabling methodologies for knowledge discovery from smart grids data, 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Madrid, Spagna, 2020, pp. 1-6, 9-12 Giugno 2020, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160678 (conferenza svolta in modalità telematica)

- [NA.Distrib.16] A. Andreotti, B. Caiazzo, A. Petrillo, S. Santini, A. Vaccaro, Decentralized smart grid voltage control by synchronization of linear multiagent systems in the presence of time-varying latencies, *Electronics*, vol. 8, no. 12, pp. 1-16, Articolo n. 1470, Dicembre 2019 (Special Issue: New Technologies for Smart Distribution Grid), doi:10.3390/electronics8121470, ISSN 2079-9292
- [NA.Distrib.17] A. Andreotti, A. Petrillo, S. Santini, A. Vaccaro, D. Villacci, A decentralized architecture based on cooperative dynamic agents for online voltage regulation in smart grids, *Energies*, vol. 12, no. 7, Articolo n. 1386, Aprile 2019 (Special Issue: Data Mining in Smart Grids), doi: 10.3390/en12071386, ISSN: 1996-1073
- [NA.Distrib.18] A. Andreotti, B. Caiazzo, A. Petrillo, S. Santini and A. Vaccaro, Robust Finite-time Voltage Restoration in Inverter-Based Microgrids via Distributed Cooperative Control in presence of communication time-varying delays, 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Madrid, Spagna, 2020, pp. 1-6, 9-12 Giugno 2020, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160502 (conferenza svoltasi in modalità telematica)

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Regolazione della tensione in microgrid

Nuove metodologie per il controllo della tensione secondaria in microgrid con approccio gerarchico e distribuito [NA.Utiliz.1], [NA.Utiliz.2].

#### Bibliografia

- [NA.Utiliz.1]. A Andreotti, B Caiazzo, A Petrillo, S Santini, Distributed Robust Finite-Time Secondary Control for Stand-Alone Microgrids With Time-Varying Communication Delays, *IEEE Access* 9, 59548-59563
- [NA.Utiliz.2]. A. Andreotti, B. Caiazzo, A. Petrillo, S. Santini, A. Vaccaro, Hierarchical Two-Layer Distributed Control Architecture for Voltage Regulation in Multiple Microgrids in the Presence of Time-Varying Delays, Publication date 2020/1 *Energies* Volume 13 Issue 24 Pages 6507

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

### Plug-in Vehicle forecasting

Nei lavori [NA.Trasporti.1]- [NA.Trasmis.2] sono studiate delle metodologie per la previsione della domanda legata alla ricarica dei veicoli elettrici plug-in.

### Analisi e controllo dei sistemi di accumulo

Nei lavori [NA.Trasporti.3]- [NA.Trasmis.6] sono affrontate problematiche di analisi e controllo dei sistemi di accumulo per sistemi di trasporto, in particolare per la propulsione elettrica navale. Con riferimento a tale ambito si affronta in particolare la problematica dell'integrazione ottimale dei supercondensatori con batterie.

### Sistemi di trasporto navali

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Nei lavori [NA.Trasporti.7]- [NA.Trasmis.8] si studia la risonanza della risposta del rollio in onde irregolari. Lo scopo è quello di stimare il periodo di risonanza del rollio, tenendo conto delle non linearità della geometria dello scafo immerso.

#### Sistemi di ricarica per veicoli elettrici “plug-in”

L'attività svolta è stata specificatamente orientata alla mobilità sostenibile elettrica e all'esame dei sistemi di ricarica ‘ultra-fast’ per applicazione extra-urbana. Nell'ambito degli studi sono state esaminate le caratteristiche di dimensionamento e di operatività dei sistemi di accumulo di bordo e delle stazioni di ricarica, dotate di dispositivi di accumulo in grado di ridurre l'impatto delle richieste energetiche sulla rete. Le proposte riportate nei lavori tengono conto dello sviluppo futuro previsto per la mobilità elettrica su gomma e della sperimentazione condotta su un prototipo realizzato presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'informazione. I risultati dell'attività di ricerca sono riportati nelle pubblicazioni [NA.Trasporti.9] – [NA.Trasporti.12]. E' stata inoltre proposta una procedura per il controllo in tempo reale di una microrete in presenza di sistemi di ricarica ultra-fast [NA.Trasporti.13]

#### Metodi per l'efficientamento dei sistemi di trasporto a guida vincolata

L'attività svolta dall'unità è stata incentrata sull'esame delle tecniche, dei metodi e delle apparecchiature per l'efficientamento dei sistemi di trasporto a guida vincolata. L'attività è stata finalizzata all'individuazione del servizio da offrire all'utenza e alla stima dei consumi ad esso associati per ricercare soluzioni di sostenibilità ambientale. Sono state proposte una serie di soluzioni di efficientamento, che attraverso l'uso di opportuni strumenti di ottimizzazione, permettono di conseguire significativi risultati di riduzione dei consumi. I risultati dell'attività di ricerca sono riportati nelle pubblicazioni [NA.Trasporti.14] – [NA.Trasporti.19].

#### Collaborazioni con altre unità

Tema: Plug-in Vehicle forecasting, [NA.Trasporti.1], [NA.Trasporti.2]

Unità coinvolte:

Università degli Studi di Napoli Parthenope, Italy

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Tema: Plug-in Vehicle forecasting, [NA.Trasporti.1], [NA.Trasporti.2]

Enti coinvolti:

University of Žilina, Slovakia

ElaadNL, Netherlands

#### Bibliografia

- [NA.Trasporti.1]. L. Buzna, P. De Falco, G. Ferruzzi, S. Khormali, D. Proto, N. Refa, M. Straka, G.van der Poel, An ensemble methodology for hierarchical probabilistic electric vehicle load forecasting at regular charging stations, Applied Energy, Volume 283, 2021, doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116337.
- [NA.Trasporti.2]. Straka M., De Falco P., Ferruzzi G., Proto D., Van Der Poel G., Khormali S., Buzna L., Predicting Popularity of Electric Vehicle Charging Infrastructure in Urban Context, (2020) IEEE Access, 8, pp. 11315 – 11327, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2965621
- [NA.Trasporti.3]. F. Balsamo, C. Capasso, D. Lauria, O. Veneri, Optimal design and energy management of hybrid storage systems for marine propulsion applications, Applied Energy, Volume 278, 2020, 115629, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115629
- [NA.Trasporti.4]. P. Guerriero, M. Coppola, D. Lauria and S. Daliotto, PWM Based Sliding Mode Control of a fast, Automation and Motion (SPEEDAM), 2020, pp. 126-131, doi: 10. charger for supercapacitors, 2020

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives  
1109/SPEEDAM48782.2020.9161872.

- [NA.Trasporti.5]. F. Balsamo, C. Capasso, M. Fantauzzi, D. Lauria and O. Veneri, Ultra-Capacitor Models for All Electric and Hybrid Ship Power Systems, 2019 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), 2019, pp. 527-533, doi: 10.1109/ICCEP.2019.8890139.
- [NA.Trasporti.6]. M. Acanfora, F. Balsamo, M. Fantauzzi, D. Lauria, D. Proto, Load levelling through Storage System for Hybrid Diesel Electric Ship Propulsion in Irregular Wave Conditions, 2022 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2022, pp. 640 - 644, doi: 10.1109/SPEEDAM53979.2022.9842171.
- [NA.Trasporti.7]. M. Acanfora, F. Balsamo, D. Lauria, E. Rizzuto, A new identification method for non-linear roll resonance in irregular waves, Ocean Engineering, Volume 197, 2020, 106809, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106809>
- [NA.Trasporti.8]. M. Acanfora, T. Coppola, F. De Luca, D. Lauria, On the assessment of roll damping for a damaged ferry, Sustainable Development and Innovations in Marine Technologies - Proceedings of the 18th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, IMAM 2019, 2020, pp. 89–95
- [NA.Trasporti.9]. L. Alfieri, A. Bracale, P. Caramia, D. Iannuzzi, M. Pagano: Optimal Battery Sizing Procedure for Hybrid Trolley-Bus: a Real Case Study, Electric Power Systems Research, Volume 175, October 2019, Article number 105930.
- [NA.Trasporti.10]. E. Chiodo, D. Iannuzzi, F. Mottola, M. Pagano, D. Proto: A Probabilistic Approach to Assess the Requirements of an Ultra-Fast PEV Charging Station in Extra-Urban Contexts, in Proc. of AEIT International Annual Conference (AEIT), Firenze, September 2019, Article number 8893357.
- [NA.Trasporti.11]. P. Franzese, D. Iannuzzi, F. Mottola, M. Pagano, D. Proto: Charging Strategies for Ultra-Fast Station with Multiple Plug-in Electric Vehicle Parking Slots, in Proc. of International Annual Conference AEIT 2020 1st virtual conference.
- [NA.Trasporti.12]. P. Franzese, A. Di Pasquale, D. Iannuzzi, M. Pagano, Electric Ultra Fast Charging Stations: A Real Case Study, 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021, 2021.
- [NA.Trasporti.13]. L.P. Di Noia, F. Mottola, D. Proto, R. Rizzo, Real Time Scheduling of a Microgrid Equipped with Ultra-Fast Charging Stations, (2022) Energies, 15 (3), DOI: 10.3390/en15030816
- [NA.Trasporti.14]. L. Alfieri, L. Battistelli, M. Pagano, Impact on Railway Infrastructure of Wayside Energy Storage Systems for Regenerative Braking Management: a Case Study on a Real Italian Railway Infrastructure, IET Electrical Systems in Transportation, 2019, 9(3), pp. 140-149, DOI: 10.1049/iet-est.2019.0005, Print ISSN 2042-9738, Online ISSN 2042-9746
- [NA.Trasporti.15]. L. Alfieri, M. Botte, L. D'Acerno, M. Pagano, Effects of an urban metro energy-saving strategy on electrical power systems, in Proc. of 2019 Vehicle Power and Propulsion IEEE Conference (VPPC), Hanoi, Vietnam, October 2019, Article number 8952489.
- [NA.Trasporti.16]. L. Alfieri, G. Lauro, M. Pagano, Train-simulator for energy consumption evaluation in mass rapid transit applications, Proc. of 2019 Vehicle Power and Propulsion IEEE Conference (VPPC), Hanoi, Vietnam, October 2019, Article number 8952295.
- [NA.Trasporti.17]. M. Botte, L. D'Acerno, M. Pagano, Impact of Railway Energy Efficiency on the Primary Distribution Power Grid, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2020, 69(12), pp. 14131–14140, 9103205, DOI 10.1109/TVT.2020.2998153
- [NA.Trasporti.18]. P. Franzese, D. Iannuzzi, M. Pagano, C. Roscia, On-board energy storage systems based on lithium ion capacitors for LRT energy saving: Optimization design procedure, in Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology 2020, February 2020, Article number 9067293, Pages 717-722

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

[NA.Trasporti.19]. M. Botte, L. D'Acerno, F. Mottola, M. Pagano, Optimization of Railway Operating in terms of Distribution System Voltage Drop, IEEE VPPC Conference Gijon, 2020

## TECNOLOGIE

### Effetto Corona

Implementazione di differenti modelli di scarica per l'effetto Corona nel caso di linee aree multi-conduttore [NA.Tecnol.1]

### Zero-Thickness Perfectly-Conducting Circular Disk

Studio di nuove metodologie per il problema di dipoli con simmetria assiale di spessore infinitesimo e conducibilità infinita con formulazioni analitiche [NA.Tecnol.2]-[ NA.Tecnol.5].

### Protezione delle linee

Analisi degli scaricatori metal oxide varistor per linee aeree multiconduttore e studio della messa a terra periodica delle linee di trasmissione [NA.Tecnol.6]-[ NA.Tecnol.7].

### Cavi per linee HVDC

Nel lavoro [NA.Tecnol.8] sono illustrate le principali problematiche legate al fine vita dei cavi per applicazioni HVDC portando in conto l'influenza dell'ambiente di posa dei cavi e delle condizioni di esercizio. Sono anche analizzate differenti tecnologie dei cavi.

## Bibliografia

- [NA.Tecnol.1]. E. Stracqualursi, R. Araneo, A. Andreotti, "The impact of different corona models on FD algorithms for the solution of multiconductor transmission lines equations" High Voltage, Sept. 2021, IET
- [NA.Tecnol.2]. L. Verolino, G. Lovat, D. Assante, A. Andreotti, R. Araneo, P. Burghignoli, S. Celozzi, Analytical Solution of the Zero-Thickness Perfectly-Conducting Circular Disk in the Presence of an Axisymmetric Magnetic Dipole: a Second-Kind Fredholm Integral-Equation Approach, Progress In Electromagnetics Research C, vol. 103, pp. 1-15, 2020, doi: 10.2528/PIERC19052908, ISSN: 1937-8718
- [NA.Tecnol.3]. Andreotti, R. Araneo, D. Assante, P. Burghignoli, S. Celozzi, G. Lovat, L. Verolino, Regularization techniques for the evaluation of the induced currents on a thin disk, 2019 Photonics & Electromagnetics Research Symposium - Spring (PIERS-Spring), Roma, Italia, pp. 2835-2839, 17-20 Giugno 2019, doi: 10.1109/PIERS-Spring46901.2019.9017671
- [NA.Tecnol.4]. G. Lovat, P. Burghignoli, R. Araneo, S. Celozzi, A. Andreotti, D. Assante, L. Verolino, Shielding of an imperfect metallic thin circular disk: exact and low-frequency analytical solution, Progress in Electromagnetic Research, vol. 167, pp. 1-10, Gennaio 2020, doi:10.2528/PIER19090908, ISSN: 1070-4698
- [NA.Tecnol.5]. G. Lovat, P. Burghignoli, R. Araneo, S. Celozzi, A. Andreotti, D. Assante, L. Verolino, Shielding of a perfectly conducting circular disk: exact and static analytical solution, Progress In Electromagnetics Research C, vol. 95, pp. 167-182, Settembre 2019, doi: 10.2528/PIERC19052908, ISSN: 1937-8718
- [NA.Tecnol.6]. E. Stracqualursi, R. Araneo, G. Lovat, A. Andreotti, P. Burghignoli, J. A. Brandão Faria, S. Celozzi, Analysis of metal oxide varistor arresters for protection of multiconductor transmission lines using unconditionally-stable Crank–Nicolson FDTD, Energies, vol. 13, n.8, pp. 1-19, Aprile 2020, Articolo n. 2112; doi: 10.3390/en13082112, ISSN 1996-1073

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [NA.Tecnol.7]. E. Stracqualursi, R. Araneo, J. B. Faria, A. Andreotti, Chain matrix analysis of periodically grounded power lines, 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe), Madrid, Spagna, 2020, pp. 1-5, 9-12 Giugno 2020, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160818 (conferenza svolta in modalità telematica)
- [NA.Tecnol.8]. G. Mazzanti, M. Marzinotto, A. Battaglia, D. Villacci, The problem of the estimation of the end of life of HVDC cable systems: the influence of laying environment, operational duty and cable technologies, Proceedings of 2021 AEIT International Annual Conference

## ALTRI TEMI

### Affidabilità

In [NA.Altri.1] viene proposta una analisi ragionata dei modelli di affidabilità dei componenti elettronici, con particolare riferimento alla caratterizzazione del loro tasso di rischio. In [NA.Altri.2] e [NA.Altri.3] vengono proposti nuovi modelli per la stima della RUL della batteria, basati sulla distribuzione "Burr Inversa" e la sua mistura con distribuzioni Gaussiane Inverse e con distribuzioni Weibull Inverse, e loro applicazione a dati di esercizio o simulati sulla base di modelli analitici di batterie. I lavori [NA.Altri.4]-[NA.Altri.7] sono dedicati alle analisi di affidabilità nell'ambito dell'elettronica di potenza e dei sistemi di accumulo.

### Sovratensioni di origine esterna

Analisi e nuove metodologie per lo studio delle sovratensioni di origine esterna diretta ed indiretta [NA.Altri.8]-[NA.Altri.15].

### Collaborazioni con altre unità

Tema: Affidabilità, [NA.Altri.2] - [NA.Altri.5]

Unità coinvolte:

Università degli Studi di Napoli Parthenope.

Università degli Studi di Bologna.

### Bibliografia

- [NA.Altri.1]. E. Chiodo, G. Mazzanti, The Decreasing Hazard Rate Phenomenon: A Review of Different Models, with a Discussion of the Rationale behind Their Choice. Electronics 2021, 10, 2553. <https://doi.org/10.3390/electronics10202553>
- [NA.Altri.2]. E. Chiodo, P. De Falco, L.P. Di Noia, Probabilistic Modeling of Li-Ion Battery Remaining Useful Life. In: Proceedings of the First IEEE International Conference on Smart Technology for Power, Energy and Control (STPEC 2020), Visvesvaraya National Institute of Technology, Nagpur, M.S., India, 25-26 September 2020.
- [NA.Altri.3]. E. Chiodo, P. De Falco, L.P. Di Noia, Probabilistic Modeling of Li-Ion Battery Remaining Useful Life, IEEE Transactions on Industry Applications, April 2022, pp. 5214 – 5226
- [NA.Altri.4]. E. Chiodo, P. De Falco, L.P. Di Noia, G. Mazzanti, B. Diban, Forecasting the Reliability of Components Subjected to Harmonics generated by Power Electronic Converters, Electronics (Special Issue on "Challenges and New Trends in Power Electronic Devices Reliability"), 2020, 9(8), 1266
- [NA.Altri.5]. E. Chiodo, P. De Falco, L.P. Di Noia, Challenges and New Trends in Power Electronic Devices Reliability. Electronics, 2021, 10, 925.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [NA.Altri.6]. E. Chiodo, D. Lauria, F. Mottola and N. Andrenacci, Battery Conditional Reliability Function Under an Inverse Gaussian model and its Bayes Estimation, 2019 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), 2019, pp. 550-555, doi: 10.1109/ICCEP.2019.8890148.
- [NA.Altri.7]. E. Chiodo, D. Lauria, F. Mottola and N. Andrenacci, On line Bayes Estimation of Capacity Fading for Battery Lifetime Assessment, 2019 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), 2019, pp. 599-604, doi: 10.1109/ICCEP.2019.8890119.
- [NA.Altri.8]. E. Stracqualursi, R. Araneo, J. B. Faria and A. Andreotti, Application of the Transfer Matrix Approach to Direct Lightning Studies of Overhead Power Lines With Underbuilt Shield Wires—Part I: Theory, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 37, no. 2, pp. 1226-1233, April 2022, doi: 10.1109/TPWRD.2021.3080525.
- [NA.Altri.9]. E. Stracqualursi, R. Araneo, J. B. Faria and A. Andreotti, Application of the Transfer Matrix Approach to Direct Lightning Studies of Overhead Power Lines With Underbuilt Shield Wires—Part II: Simulation Results, in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 37, no. 2, pp. 1234-1241, April 2022, doi: 10.1109/TPWRD.2021.3080520
- [NA.Altri.10]. A. Andreotti, R. Araneo, A. Pierno, A survey on analytical solutions and tools for lightning-induced voltages calculations Electric Power Systems Research 194, 107104
- [NA.Altri.11]. A. Andreotti, R. Araneo, F. Mahmood, A. Piantini M. Rubinstein, An analytical approach to assess the influence of shield wires in improving the lightning performance due to indirect strokes, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 36, no. 3, pp. 1491-1498, Giugno 2021, doi: 10.1109/TPWRD.2020.3009886, ISSN: 0885-8977
- [NA.Altri.12]. A. Andreotti, R. Araneo, F. Mahmood, A. Pierno, An accurate approach for the evaluation of the performance of overhead distribution lines due to indirect lightning, Electric Power Systems Research, vol. 186, pp. 1-6, Articolo n. 106411, Settembre 2020, doi: 10.1016/j.epsr.2020.106411, ISSN: 0378-7796
- [NA.Altri.13]. R. Araneo, A. Andreotti, J. A. Brandao Faria, S. Celozzi, D. Assante, L. Verolino, Utilization of underbuilt shield wires to improve the lightning performance of overhead distribution lines hit by direct strokes, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 35, no. 4, pp. 1656-1666, Agosto 2020, doi: 10.1109/TPWRD.2019.2949505, ISSN: 0885-8977
- [NA.Altri.14]. A. Andreotti, F. Mottola, A. Pierno, D. Proto, A. Sforza, C. Sterle, Parametric and statistical investigations of lightning-induced voltages on overhead lines by exact analytical solutions, Electric Power Systems Research, vol. 178, pp. 1-11, Articolo n. 106044, Gennaio 2020, doi: 10.1016/j.epsr.2019.106044, ISSN: 0378-7796
- [NA.Altri.15]. A. Andreotti, A. Pierno, L. Verolino, A new channel-base current model for lightning-induced voltage calculations, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 61, no.3, pp. 617-622, Giugno 2019 (lavoro su invito dei Guest Editors, Special Session: Advances in Lightning Modeling, Computation, and Measurement), doi: 10.1109/TEMPC.2019.2891574, ISSN: 0018-9375
- [NA.Altri.16]. A. Andreotti, F. Mottola, A. Pierno and D. Proto, Statistical analysis of lightning-induced voltages in case of linearly rising channel-base currents and lossy ground, 2019 IEEE 5th International forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI), Firenze, Italia, pp. 18-23, 9-12 Settembre 2019, doi: 10.1109/RTSI.2019.8895539
- [NA.Altri.17]. A. Andreotti, A. Masone, F. Mottola, D. Proto, V. A. Rakov, Statistical analysis of lightning-induced voltages in the case of lossy ground, 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Genova, Italy, 2019, pp. 1-5. 11-14 Giugno 2019, doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783755

## PROGETTI

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- *Nome progetto*  
*Real-Time Distribution Grid Control and Flexibility Provision under Uncertainties – DiGriFlex, con finanziamento approvato nell'ambito dell'ERA-Net SES RegSys 2018 call di HORIZON 2020*

Responsabile scientifico  
Daniela Proto

Ente finanziatore:  
HORIZON 2020

Breve descrizione  
Controllo in tempo reale di una rete di distribuzione attiva in presenza di impianti di produzione da fonti rinnovabili e sistemi di accumulo.

Sedi partner  
Università degli Studi di Napoli Parthenope, Italy

Haute Ecole D'ingenierie et d'Architecture Fribourg (Hes-So Fribourg)

Ecole Polytechnique Federale de Lausanne - EPFL

Depsys Sa, Switzerland

- *Nome progetto*  
*innovative Energy Storage TEchnologies Towards increased Renewables integration and Efficient Operation i-STENTORE finanziamento approvato nell'ambito del the Framework Programme for Research and Innovation (2021-2027)*

Legale Rappresentante Ateneo  
Mario Pagano

Ente finanziatore:  
Comunità Europea

Breve descrizione  
Studio, analisi e sperimentazione di tecnologie e sistemi rinnovabili e di stoccaggio innovativi per la mobilità elettrica su gomma.

Sedi partner:

[EUROPEAN DYNAMICS LUXEMBOURG SA], [ED], a private IT company, having registered its office located in Rue Jean Engling 12, 1466, Luxembourg, with the registration number B64911 and VAT number LU17535424, the Coordinator,

[ENGINEERING - INGEGNERIA INFORMATICA SPA], [ENG], established in PIAZZALE DELL'AGRICOLTURA 24, ROMA 00144, Italy, with the registration number 00967720285 and VAT number 05724831002,

[LUXEMBOURG INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY] [LIST], a public research

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

organization, having registered its office located 5, Avenue des Hauts-fourneaux L-4362 Esch-sur-Alzette, Luxembourg, with the registration number J53 and VAT number LU27327040,

[FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.] [FhG], acting as legal entity for and on behalf of its Fraunhofer Institute for Applied Information Technology FIT, non-profit research organisation, having registered its office located Hansastraße 27c, 80686 München,

[ETHNICON METSOVION POLYTECHNION], [NTUA], established in HEROON POLYTECHNIUO 9 ZOGRAPHOU CAMPUS, ATHENS 15780, Greece, VAT number EL099793475, PIC 999978142

[CLUSTER VIOOIKONOMIAS KAI PERIVALLONTOS DYTIKIS MAKEDONIAS], [CLUBE], non-for-profit-company, having registered its office located in ZEP AREA, KOZANI Greece, with the registration number no 4/2014 (14/02/2014)/KOZANI and VAT number EL997309708,

[F6S NETWORK IRELAND LIMITED], [F6S], SME, having registered its office located at 39 FITZWILLIAM PLACE, DUBLIN 2, D02 ND61, IRELAND, with the registration number 64630 and VAT number IE3629141FH,

[EEM EMPRESA DE ELECTRICIDADE DA MADEIRA SA], [EEM], private for-profit organisation/public limited company, having registered its office located at Avenida do Mar e das Comunidades Madeirenses 32, 9064-501 Funchal, PORTUGAL, with the PIC number 952 728 957 and registration and VAT number 511 010 435,

[INESC TEC - INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTADORES, TECNOLOGIA E CIENCIA], [INESC], private non-profit association, having registered its office located Campus da FEUP, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal with the registration number and VAT number 504441361,

[Vasco da Gama CoLAB - Energy Storage - Associação], [VGLAB], Non-Profit Organization, having registered its office located Rua Dr. Roberto Frias s/n, 4200-465 - Porto, Portugal, with the registration number 2860-7750-6629 and VAT number PT 515754544,

[UNIVERSITA DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II], [UNINA], Legal Entity – Italian University, having registered its office located Corso Umberto I 40 - 80138 Naples Italy, with the registration number 999976590 and VAT number IT00876220633,

[Samsò Spa], [SAMSO]. Società per Azioni, having registered its office located Via Vittor Pisani, 10 Milano 20124, with the registration number MI-2080953 and VAT number 02733400218,

[Reefilla srl], [REEF], limited liability company, having registered its office located Turin, with the registration number 12462450011 and VAT number IT12462450011,

[NIO GmbH], [NIO], company with limited liability, Montgelasstr. 14, 81679 Munich, Germany – VAT Number: DE300431667

[ETHNIKO KENTRO EREVNAS KAI TECHNOLOGIKIS ANAPTYXIS], [CERTH], non-profit Research organisation, having registered its office located Thermi Thessaloniki, 6th km Charilaou-

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Thermi Rd P.O. Box 60361, GR 57001 Thermi, Thessaloniki. Greece, with the registration number PD772000 and VAT number EL099785242.

[ORIZWN ANONYMH TECHNIKI ETAIREIA], [HOR], SME-company, having registered its office located Chrisostomou Smirnis 4, Serres 62123, Greece with the registration number 113995852000 and VAT number EL094185296,

[COMSENSUS, KOMUNIKACIJE IN SENZORIKA, DOO], [COMS], SME, having registered its office located Brezje pri Dobu 8a, 1233 Dob, Slovenia, with the registration number 3986551000 and VAT number SI13183109,

[Steklarna Hrastnik d.o.o.], [HRAS], a Limited Liability, having registered its office located in Hrastnik, Cesta 1. Maja 14, 1430 Hrastnik, Slovenia, with the registration number 5254132000 and VAT number SI30242215,

[MONTAJES ELECTRICOS CUERVA S.L.], [MECSA], Private company/SME, established in Santa Lucía 1k, Churriana de la Vega, Granada, Spain CP18194 with the registration number PIC - 903812051 and VAT number B18210013,

[AGGREGERING SL], [AGG], LIMITED COMPANY, having registered its office located CARMEN LA SUSPIRA, 36. 41300, SEVILLE. SPAIN with the registration number B02832608 and VAT number ESB02832608,

[ENERGY STORAGE SOLUTIONS SL], [E22], Big enterprise, limited company, having registered its office located Avenida de la Transición Española, 32, Parque Empresarial Omega, Edificio A, 28108 Alcobendas, Madrid with the registration number and VAT number ESB87821880,

[CUADROS ELECTRICOS NAZARENOS SL], [CEN], SMALL MEDIUM ENTERPRISE, having registered its office located at CALLE FORO 8 POLIGONO CARRETERA DE LA ISLA, 41703, DOS HERMANAS Spain, with the registration number and VAT number ESB41645078,

[UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID], [UC3M], public organisation, having registered its office located in CALLE MADRID 126, GETAFE (MADRID) 28903, Spain, with the registration number (PIC) 999899572 and VAT number ESQ2818029G,

[UNIVERSIDAD DE MALAGA], [UMA], University, having registered its office located in AVD. CERVANTES, NUM.2, MALAGA, 29016, SPAIN, with the registration number RD2566 1972 and VAT number ESQ2918001E,

[Green Power Storage Solutions S.A.], [GPSS], Société Anonyme, having registered its office located 1 Haptstrooss, L-6869 Wecker, Luxembourg, with the registration number B253948 and VAT number LU33027080,

[STUDIO ELEKTRONIKE RIJEKA DOO], [STER], private SME, having registered its office located Rastocine 3, 51000 Rijeka, Croatia, with the registration number MBS 040234191 and VAT number HR87352368280,

[REGULATORY ASSISTANCE PROJECT], [RAP], non-profit organisation, having registered its office located in Rue de la Science 23, 1040 Bruxelles (BELGIUM), with the registration number

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

0550.413.236 and VAT number BE0550.413.236.

- *Nome progetto*  
*Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for European electricity (OSMOSE)*

Responsabile scientifico  
Daniela Proto

Ente finanziatore:  
HORIZON 2020

Breve descrizione

Il progetto è volto ad incrementare il potenziale tecno-economico di un'ampia gamma di soluzioni di flessibilità e che coprono diverse applicazioni nell'ambito dei sistemi di trasmissione in presenza di elevata penetrazione delle risorse rinnovabili.

Sedi partner  
RED ELECTRICA DE ESPANA S.A.U.

TERNA - RETE ELETTRICA NAZIONALE SPA

REN - REDE ELECTRICA NACIONAL SA

ELES DOO SISTEMSKI OPERATER PRENOSNEGA ELEKTROENERGETSKEGA OMREZJA

ELIA SYSTEM OPERATOR

EDISON SPA

HOLDING SLOVENSKE ELEKTRARNE DOO

SAFT

GREEN POWER TECHNOLOGIES SL

ABB SPA

IBM ITALIA SPA

EFACEC ENERGIA - MAQUINAS E EQUIPAMENTOS ELECTRICOS SA

ENEL GREEN POWER SPA

COMPENDIA SRL

COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES

ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



UNIVERSITE PARIS DAUPHINE

UNIVERSITAET DUISBURG-ESSEN

TECHNISCHE UNIVERSITAT BERLIN

RICERCA SUL SISTEMA ENERGETICO - RSE SPA

CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO NAZIONALE PER ENERGIA E SISTEMI ELETTRICI  
(ENSIEL)

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

FUNDACION CENER

IT4POWER GMBH

ELEKTROENERGETSKI KOORDINACIONI CENTAR DOO

CENTRO DE INVESTIGACAO EM ENERGIA REN - STATE GRID SA

ENGINEERING - INGEGNERIA INFORMATICA SPA

EDISON RINNOVABILI SPA

INGETEAM POWER TECHNOLOGY SA

HYDRO DOLOMITI ENERGIA SRL

SCHNEIDER ELECTRIC FRANCE SAS

FONDAZIONE BRUNO KESSLER

## LABORATORI

*Nome laboratorio*

*Sala Alta Tensione Giorgio Savastano*

Breve descrizione

Laboratorio attrezzato per svolgere prove su componenti, attrezzature e sistemi elettrici fino a valori di tensione di 2,4 MV in d.c. e 1,3 MV in c.a.

Riferimenti

[NA.Laborat.1] DIETI - Sala Alta Tensione "G. Savastano" (unina.it)

*Nome laboratorio*

*Laboratorio Corto Circuito*

Breve descrizione

Laboratorio attrezzato per svolgere prove su componenti, attrezzature e sistemi elettrici con forme d'onda di

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI NAPOLI II

UNIVERSITÀ DELLA CAMPANIA "LUIGI VANVITELLI"  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
VIA ROMA 29  
81031 AVERSA (CE)  
TEL. +39 081 5010 205

correnti di corto circuito fino a 30 kA.

**Responsabile Scientifico:** Roberto Langella

**Sito web:** [www.ingegneria.unicampania.it](http://www.ingegneria.unicampania.it)

**Composizione unità:**

Nome	Cognome	Ruolo
Muhammad	Ishaq	Dottorando
Roberto	Langella	Professore Ordinario
Alfredo	Testa	Professore Emerito

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Modelli probabilistici per la stima della produzione di energia elettrica da fonte eolica

La linea di ricerca, sviluppata nell'ambito di una collaborazione internazionale, ha affrontato il problema dello sviluppo di modelli probabilistici per la stima della energia producibile da impianti eolici.

### Bibliografia

- [Camp.Produz.1]. S. Z. Djokic, M. Zou, D. Fang, V. D. Giorgio, R. Langella and A. Testa, "On the Importance of Correlating Wind Speed and Wind Direction for Evaluating Uncertainty in Wind Turbine Power Output," 2019 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), Otranto, Italy, 2019, pp. 36-45, doi: 10.1109/ICCEP.2019.8890086.
- [Camp.Produz.2]. M. Zou, D. Fang, S.Z. Djokic, V. Di Giorgio, R. Langella, A. Testa, "Evaluation of wind turbine power outputs with and without uncertainties in input wind speed and wind direction data", *IET Renewable Power Generation*, Volume 14, Issue 15, p. 2801 –2809, 2020, DOI: 10.1049/iet-rpg.2020.0113.
- [Camp.Produz.3]. V. Di Giorgio, R. Langella, A. Testa, S. Z. Djokic and M. Zou, "First Order Non-homogeneous Markov Chain Model for Generation of Wind Speed and Direction Synthetic Time Series," 2020 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), Liege, Belgium, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/PMAPS47429.2020.9183446.
- [Camp.Produz.4]. V. Di Giorgio, A. Testa, M. Zou, R. Langella and S. Z. Djokic, "Simplified Markov Chain Models for Generation of Synthetic Time Series of Wind Speed and Direction," 2022 17th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/PMAPS53380.2022.9810593.
- [Camp.Produz.5]. M. Zou et al., "Bayesian CNN-BiLSTM and Vine-GMCM Based Probabilistic Forecasting of Hour-Ahead Wind Farm Power Outputs," in *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 13, no. 2, pp. 1169-1187, April 2022, doi: 10.1109/TSTE.2022.3148718.

Collaborazioni con altre unità

Nessuna.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- School of Engineering, University of Edinburgh, Edinburgh, U.K.
- Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb, Zagreb, Croatia.

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

Transient State Estimation for Transmission Systems

L'attività di ricerca ha avuto come scopo lo sviluppo di tecniche avanzate per la stima dello stato transitorio che stima le tensioni del nodo in una posizione non monitorata dalle misurazioni delle forme d'onda di corrente e tensione registrate durante un evento transitorio.

Collaborazioni con altre unità

Nessuna.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Dept. of Electrical & Computer Eng., University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.

### Bibliografia

- [Camp.Trasmis.1]. A. Castellanos-Escamilla, N. R. Watson and R. Langella, "Transient State Estimation for Transmission Systems," 2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Dubai,

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

United Arab Emirates, 2020, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177872.

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

Argomento: Continuous Assessment of Low-Order Harmonic Emissions from Customer Installations

L'attività di ricerca, svolta nell'ambito di una collaborazione internazionale e con la partecipazione al Working Group C4.42 della CIGRE', si è occupata di studiare metodi per l'attribuzione delle responsabilità dell'inquinamento armonico di grossi carichi non lineari.

### Bibliografia

- [Camp.Distrib.1]. A. Spelko, I. Papić, A. Testa, R. Langella, S. Z. Djokic, "Evaluating Temporal Variations of Harmonic Impedances for Continuous Assessment of Low-Order Harmonic Emissions from Customer Installations", CIREN 2019, June 3-6, Madrid, Spain.
- [Camp.Distrib.2]. S. Djokic, R. Langella, I. Papić, A. Žpelko, A. Testa, "Temporal Variations of System Operating Conditions and Continuous Assessment of Low-Order Harmonic Emissions from Customer Installations: Voltage Harmonic Vector Approach," 2019 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), Otranto, Italy, 2019, pp. 116-122, doi: 10.1109/ICCEP.2019.8890073.
- [Camp.Distrib.3]. A. Špelko, I. Papić, A. Testa, R. Langella and S. Z. Djokic, "Application of Voltage Harmonic Vector Method at the Interface between HV and MV Systems," 2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Dubai, United Arab Emirates, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177902.

Collaborazioni con altre unità

Nessuna.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- School of Engineering, University of Edinburgh, Edinburgh, U.K.
- Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia.

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

Argomento: Power Quality e Auto Elettriche

L'attività di ricerca, frutto di una collaborazione internazionale, ha come obiettivo la modellazione dell'inquinamento armonico e dello sbilanciamento prodotto dai convertitori elettronici di potenza per la ricarica delle batterie delle auto elettriche.

Collaborazioni con altre unità

Nessuna

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Dept. of Electrical & Computer Eng., University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Department of Electrical Engineering, University of Jaen, Jaén, Spain

### Bibliografia

- [Camp.Trasporti.1]. N. Watson, R. Watson, T. Paterson, G. Russell, M. Ellerington and R. Langella, "Power Quality of a bidirectional Electric Vehicle charger," 2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Dubai, United Arab Emirates, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177892.
- [Camp.Trasporti.2]. J. C. Hernández, R. Langella, A. Cano, A. Testa, "Unbalance characteristics of fundamental and harmonic currents of three-phase electric vehicle battery chargers", **IET Generation, Transmission & Distribution**, available online: 22 December 2020, DOI: 10.1049/iet-gtd.2020.1030.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UTILIZZAZIONE

Argomento: Studio degli effetti sulla qualità della tensione di moderni carichi elettronici

L'attività di ricerca, svolta nell'ambito di una collaborazione internazionale, ha avuto come obiettivo lo studio degli effetti della qualità della tensione su moderni carichi elettronici.

Argomento: Studio di tecniche di analisi spettrale nelle reti elettriche per forme d'onda ad ampio spettro (0-150 kHz)

L'obiettivo dell'attività di ricerca, svolta nell'ambito di una collaborazione internazionale, è stato lo sviluppo e l'implementazione di tecniche di misura innovative per l'analisi di forme d'onda ad ampio spettro (0-150 kHz).

Collaborazioni con altre unità

Nessuna

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- School of Engineering, University of Edinburgh, Edinburgh, U.K.
- Dept. of Electrical & Computer Eng., University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Department of Electric Supply of Industrial Enterprises, Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia.
- Technische Universitaet Dresden, Dresden, Germany.

Bibliografia

- [Camp.Utiliz.1]. A. J. Collin, J. Drapela, R. Langella, A. Testa, S. Z. Djokic and N. R. Watson, "Harmonic Modelling of LED lamps by Means of Admittance Frequency Coupling Matrices," 2019 IEEE Milan PowerTech, Milan, Italy, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/PTC.2019.8810803.
- [Camp.Utiliz.2]. Z. Guo, S. Z. Djokic, X. Xu, A. J. Collin, R. Langella and A. Testa, "Probabilistic Component-Based Models for Harmonic Analysis of Generic Aggregate LED Lamp Loads," 2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Dubai, United Arab Emirates, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177934.
- [Camp.Utiliz.3]. Z. Guo et al., "Aggregate Harmonic Load Models of Residential Customers. Part 1: Time-Domain Models," 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe), Bucharest, Romania, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905621.
- [Camp.Utiliz.4]. Z. Guo et al., "Aggregate Harmonic Load Models of Residential Customers. Part 2: Frequency-Domain Models," 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe), Bucharest, Romania, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905746.
- [Camp.Utiliz.5]. J. Meyer, A. Blanco, R. Langella, S. Z. Djokic, "Suitability of Test Procedures in IEC 61000-3-2 for Assessing Harmonic Emission of Modern Mass-Market Equipment", CIRED 2019, June 3-6, Madrid, Spain.
- [Camp.Utiliz.6]. A. Curci, R. Langella, A. Testa, M. Marziani, S. Yanchenko and N. Watson, "Harmonic Modelling and Experimental Validation of an Inverter-Driven Heat-pump," 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), Catania, Italy, 2020, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT50178.2020.9241094.
- [Camp.Utiliz.7]. A. J. Collin, R. Langella, A. Testa and S. Yanchenko, "Development of a Power Dependent Frequency Domain Model of an Inverter-driven Heat Pump," 20th International Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICHQP53011.2022.9808728.
- [Camp.Utiliz.8]. R. Langella, A. Testa, V. Vendemia and J. Drapela, "New Comprehensive Analytical Model of Single-Phase AC/DC Diode Rectifiers in the Presence of Interharmonics in Supply Voltage," 2022 20th International Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICHQP53011.2022.9808466.
- [Camp.Utiliz.9]. J. Klusacek, J. Drapela and R. Langella, "Power Symmetrical Components as Grid Usage Indicator for Unbalanced Prosumers," 2022 20th International Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP), 2022, pp.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

1-6, doi: 10.1109/ICHQP53011.2022.9808706.

[Camp.Utiliz.10].A. J. Collin, A. D. Femine, C. Landi, R. Langella, M. Luiso and A. Testa, "The Role of Supply Conditions on the Measurement of High-Frequency Emissions," in **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, vol. 69, no. 9, pp. 6667-6676, Sept. 2020, doi: 10.1109/TIM.2020.2992824.

[Camp.Utiliz.11].A. J. Collin, A. D. Femine, C. Landi, R. Langella, M. Luiso and A. Testa, "Assessment of the High Frequency Emissions of Low-Voltage Electronic Equipment Under Different Supply Conditions," 2019 IEEE 10th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS), Aachen, Germany, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/AMPS.2019.8897764.

## ALTRI TEMI

### New Standards for Interharmonic Distortion Limits

L'attività di ricerca ha come obiettivo quello di coordinare la Task Force che si sta occupando di introdurre i limiti per la distorsione interarmonica della tensione nelle future revisioni dello standard "IEEE Standard for Harmonic Control in Electric Power Systems, IEEE 519".

### Collaborazioni con altre unità

Nessuna

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

IEEE Harmonics WG (519) of the IEEE PES Transmission & Distribution Committee.

### Bibliografia

[Camp.Altri.1]. J. Drapela, M. Halpin, R. Langella, J. Meyer, D. Mueller, H. Sharma, A. Testa, N. R. Watson, D. Zech,, "Issues and Challenges Related to Interharmonic Distortion Limits," 2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Dubai, United Arab Emirates, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177933.

[Camp.Altri.2]. J. Drapela, M. Halpin, R. Langella, J. Meyer, D. Mueller, H. Sharma, A. Testa, N. R. Watson, D. Zech, "New Interharmonic Subgroup Definitions for Quantifying and Limiting Distortion in Distribution Networks", CIREN 2021 Conference (Virtual), 20 – 23 September 2021.

[Camp.Altri.3]. "IEEE Standard for Harmonic Control in Electric Power Systems," in IEEE Std 519-2022 (Revision of IEEE Std 519-2014) , vol., no., pp.1-31, 5 Aug. 2022, doi: 10.1109/IEEESTD.2022.9848440.

## PROGETTI

*Nome progetto: "Optimal System-Mix Of flexibilities Solutions for European electricity (OSMOSE)*

Responsabile scientifico: Roberto Langella per la Università della Campania "Luigi Vanvitelli" (UCLV)

Ente finanziatore: Commissione Europea

Breve descrizione: Nell'ambito del progetto la sede ha contribuito, in qualità di parte terza per conto del Consorzio EnSiEL, allo sviluppo delle attività di scalabilità della soluzione EMS della demo italiana del progetto, rispetto ad estensione della rete, numero/dimensione delle risorse gestite e cyber-security.

Sedi partner: 11 sedi di universitarie italiane.

Altre informazioni: Importo totale del progetto 28 M€ | Quota DI 43 k€

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



*Nome progetto: "Advance Dispatching per il sistema italiano (Progetto ST 80)"*

Responsabile scientifico: Roberto Langella per la UCLV

Ente finanziatore: Terna S.p.A.

Breve descrizione: Obiettivo della Convenzione di Ricerca, svolta per conto del Consorzio EnSiEL, è stato quello di sviluppare di tecniche avanzate per le previsioni a brevissimo termine del "fabbisogno elettrico nazionale" a supporto del calcolo del «optimal power flow».

Sedi partner: Università di Pisa.

Altre informazioni: Importo totale del progetto 90 k€ | Quota DI 70 k€

*Nome progetto: "Sviluppo Prototipo Advance Dispatching per il sistema italiano (Progetto ST211)"*

Responsabile scientifico: Roberto Langella per la UCLV

Ente finanziatore: Terna S.p.A.

Breve descrizione: Obiettivo della Convenzione di Ricerca, svolta per conto del Consorzio EnSiEL, è quello di sviluppare un prototipo per le previsioni a brevissimo termine del "fabbisogno elettrico netto nazionale" a supporto del calcolo del «optimal power flow».

Sedi partner: Università di Pisa.

Altre informazioni: Importo totale del progetto 90 k€ | Quota DI 70 k€

[Camp.Progetti.1]. V. Di Giorgio, R. Langella, A. Testa and C. Martarelli, "Interpolation and Resampling Accuracy in the Processing of Input Data for Short-term Dispatching of Large Power Systems," 2021 IEEE 6th International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI), 2021, pp. 491-496.

## LABORATORI

*Nome laboratorio: SUN-EMC-LAB*

Breve descrizione: Vengono svolte attività sperimentali nel campo dell'analisi di nuovi convertitori di potenza e relative strategie di controllo, della Power Quality e dell'affidabilità dei sistemi elettrici. Principali attrezzature del valore approssimato di circa 2 M€.

Presidente Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI NAPOLI PARTHENOPE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI "PARTHENOPE"  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CENTRO DIREZIONALE IS. C4  
80143 NAPOLI  
TEL. +39 081 547 6757

**Responsabile Scientifico:** Antonio Bracale

**Sito web:** [www.ingegneria.uniparthenope.it/](http://www.ingegneria.uniparthenope.it/)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Pierluigi	Caramia	Professore Ordinario
Antonio	Bracale	Professore Associato
Pasquale	De Falco	Ricercatore a tempo determinato

Presidente Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Metodi probabilistici per la previsione della potenza producibile da impianti fotovoltaici ed eolici

Sviluppo di modelli e metodologie per fornire previsioni accurate, nel breve periodo, della potenza producibile da impianti fotovoltaici ed eolici. A causa dell'intrinseca aleatorietà della fonte primaria la problematica è affrontata anche mediante metodi probabilistici.

I risultati dell'attività di ricerca sono riportati nelle pubblicazioni [Parth.Produz.1-Parth.Produz.6].

Collaborazioni con altre unità

- Tematica: *Metodi probabilistici per la previsione della potenza prodotta da impianti da fonti rinnovabili*. Unità coinvolte: Università di Napoli Federico II. Progetti: Digriflex

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Tematica: *Metodi probabilistici per la previsione della potenza prodotta da impianti da fonti rinnovabili*. Unità coinvolte: Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (Svizzera). Progetti: Digriflex

## Bibliografia

- [Parth.Produz.1]. A. Bracale, G. Carpinelli, P. De Falco, "Developing and comparing different strategies for combining probabilistic photovoltaic power forecasts in an ensemble method," *Energies*, vol. 12, no. 6, 1011, 2019
- [Parth.Produz.2]. M. Bozorg, A. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, M. Carpita, P. De Falco, "Bayesian bootstrap quantile regression for probabilistic photovoltaic power forecasting," *Journal of Protection and Control of Modern Power Systems*, vol. 5, no. 21, pp. 1-12, 2020
- [Parth.Produz.3]. M. Bozorg, A. Bracale, M. Carpita, P. De Falco, F. Mottola, D. Proto, "Bayesian bootstrapping in real-time probabilistic photovoltaic power forecasting," *Solar Energy*, vol. 225, pp. 577-590, 2021
- [Parth.Produz.4]. P. De Falco, L.P. Di Noia, R. Rizzo, "Exponential smoothing model for photovoltaic power forecasting," *9<sup>th</sup> International Conference on Modern Power Systems (MPS 2021)*, Cluj, Romania, pp. 1-5, 2021
- [Parth.Produz.5]. M. Bozorg, M. Carpita, P. De Falco, D. Lauria, F. Mottola, D. Proto, "A derivative-persistence method for real time photovoltaic power forecasting," *2020 International Conference on Smart Grids and Energy Systems (SGES 2020)*, Perth, Australia, pp. 843-847, 2020
- [Parth.Produz.6]. A. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, P. De Falco, "Day-ahead probabilistic wind power forecasting based on ranking and combining NWP," *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. 30, no. 7, e12325, 2020

## TECNOLOGIE

Nuove tecnologie per la produzione di energia elettrica

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di modelli e metodologie per la produzione di energia elettrica in applicazioni di piccola potenza mediante celle microbiche in configurazione serie/parallelo per massimizzare la densità di potenza prodotta. Nel lavoro [Parth.Technol.1] lo studio ha incluso anche una parte sperimentale.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- Tematica: *Nuove tecnologie per la produzione di energia elettrica*. Unità coinvolte: gruppo di Sistemi per l'energia e l'ambiente (ING-IND/09) dell'Università di Salerno

#### Bibliografia

- [Parth.Trasmis.1]. S. Di Micco, P. De Falco, M. Minutillo, A. Bracale, P. Caramia, A. Gifuni, G. Grassini, "Performance assessment of stacked air-cathode microbial fuel cells under series and parallel electrical connections," *European Fuel Cells and Hydrogen Piero Lunghi Conference (EFC 21), E3S Web of Conferences*, vol. 334, 08011, 2022

### TRASMISSIONE E SUPER GRID

Metodi di analisi dei sistemi di trasmissione per la valutazione della severità dei buchi di tensione

L'attività di ricerca, iniziata negli anni precedenti, è proseguita analizzando l'impatto dei compensatori sincroni sulle prestazioni di una rete di trasmissione in termini di severità dei buchi di tensione, anche in presenza di generazione distribuita.

I risultati dell'attività di ricerca sono riportati nelle pubblicazioni [Parth.Trasmis.1].

Installazione di dispositivi STATCOM per il miglioramento delle prestazioni della rete di trasmissione in presenza di contingenze

L'attività di ricerca, svolta in collaborazione con TERNA, ha riguardato la valutazione delle potenzialità della tecnologia FACTS (Flexible AC Transmission System) per applicazioni sulla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). L'attività ha portato alla pubblicazione [Parth.Trasmis.2] in cui si analizza l'installazione dei dispositivi STATCOM in una rete di test e si quantificano i miglioramenti ottenibili in termini di Power Oscillation Damping interarea dovuti al verificarsi di diverse contingenze.

Collaborazioni con altre unità

- Tematica: *Metodi di analisi dei sistemi di trasmissione per la valutazione della severità dei buchi di tensione*. Unità coinvolte: Università di Cassino e Lazio Meridionale.
- Tematica: *Installazione di dispositivi STATCOM per il miglioramento delle prestazioni della rete di trasmissione in presenza di contingenze*. Unità coinvolte: Università di Cassino e Lazio Meridionale; Università di Napoli Federico II. Progetti: Convenzione Terna - Ensiel su "Analisi della tecnologia FACTS"

#### Bibliografia

- [Parth.Trasmis.1]. A. Bracale, P. Caramia, P. De Falco, E. Di Mambro, P. Varilone, P. Verde, "Impact of synchronous compensators on the robustness in short-circuit conditions of transmission systems with high share of RES," *20th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP 2022)*, Naples, Italy, 2022
- [Parth.Trasmis.2]. Comparison of Advanced STATCOM Controls for Power Oscillation Damping A. Bracale, G.M. Casolino, P. De Falco, G. Lisciandrello, "Comparison of advanced STATCOM controls for power oscillation damping," *113th AEIT International Annual Conference (AEIT 2021)*, pp. 1-6, 2021

### DISTRIBUZIONE E SMART GRID

*Strategie di pianificazione ed esercizio di Smart Grids e Micro Grids*

L'incertezza della produzione da fonte rinnovabile determina un crescente interesse verso metodologie che consentano di pianificare e gestire in modo ottimale il funzionamento delle Smart / Micro Grids. In tale ambito,

L'attività di ricerca ha riguardato l'implementazione di metodi per il controllo in tempo reale di una Smart Grid in condizioni di incertezza [Parth.Distrib.1- Parth.Distrib.3]

*Analisi in regime di corto circuito delle reti elettriche di distribuzione*

La presenza della generazione distribuita introduce nuovi problemi nell'analisi delle reti di distribuzione moderne, che richiedono modifiche delle tradizionali metodologie da applicare per la loro risoluzione. In [Parth.Distrib.4- Parth.Distrib.5] sono stati proposti modelli analitici per il calcolo del contributo alla corrente di corto circuito di un impianto fotovoltaico in presenza di reti dissimmetriche, carichi dissimmetrici e corto circuiti netti e tramite impedenza; i modelli portano in conto diverse strategie di controllo degli convertitori di interfaccia degli impianti che possono significativamente influenzare le correnti di corto circuito.

Metodi ed indici per la valutazione dei livelli di distorsione nelle reti di distribuzione in presenza di forme d'onda caratterizzate da un ampio spettro

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di metodi avanzati per l'analisi spettrale e per l'individuazione e la previsione del livello di distorsione (in particolare, sia nel campo delle armoniche ed interarmoniche che nel campo delle suprarmoniche) delle forme d'onda di tensione e corrente, nonché la determinazione di indici che consentano di quantizzare il livello del disturbo dovuto a forme d'onda caratterizzate da un ampio spettro di frequenze [Parth.Distrib.6- Parth.Distrib.13].

Metodi ed indici per la valutazione dei livelli di inquinamento armonico dovuti ai forni ad arco in c.c.

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di modelli per valutare l'impatto dei forni ad arco in c.c. sulle reti elettriche. In particolare, sono stati presi in considerazione modelli caotici specificamente riconosciuti come strumenti idonei per valutare l'impatto dei forni ad arco in c.c. in termini di disturbi di Power Quality [Parth.Distrib.14- Parth.Distrib.15].

Metodologie per la previsione del rating dinamico dei trasformatori

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di modelli probabilistici per la previsione del rating dinamico dei trasformatori coadiuvati da tecniche per la selezione della massima corrente ammissibile basate sulla teoria del rischio. In particolare, è proposto uno strumento di gestione predittiva di *alert* in base alla probabilità che il trasformatore sia caricato sopra/sotto la soglia individuata dal rating dinamico per una prefissata soglia di rischio [Parth.Distrib.16- Parth.Distrib.20].

Collaborazioni con altre unità

- Tematica: *Strategie di pianificazione ed esercizio di Smart Grids e Micro Grids*. Unità coinvolte: Università di Napoli Federico II
- Tematica: *Nuovi metodi ed indici per la valutazione dei livelli di inquinamento armonico nelle reti di distribuzione in presenza di forme d'onda caratterizzate da un ampio spettro*. Unità coinvolte: Università di Cassino e del Lazio Meridionale
- Tematica: *Metodi ed indici per la valutazione dei livelli di inquinamento armonico dovuti ai forni ad arco in c.c.*. Unità coinvolte: Politecnico di Torino
- Tematica: *Analisi in regime di corto circuito delle reti elettriche di distribuzione*. Unità coinvolte: Università di Cassino e del Lazio Meridionale
- Tematica: *Metodologie per la previsione del rating dinamico dei trasformatori*. Unità coinvolte: Politecnico di Torino

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Tematica: *Strategie di pianificazione ed esercizio di Smart Grids e Micro Grids*. Unità coinvolte: Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud,
- Tematica: *Nuovi metodi ed indici per la valutazione dei livelli di inquinamento armonico nelle reti di distribuzione in presenza di forme d'onda caratterizzate da un ampio spettro*. Unità coinvolte: Lulea University of Technology (Svezia), Wroclaw University of Science and Technology (Polonia)

## Bibliografia

- [Parth.Distrib.1]. M. Bozorg, A. Bracale, P. D. Falco, F. Mottola and D. Proto, "Incidence of Input Forecast Error in Microgrid Operation," *2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, 2020
- [Parth.Distrib.2]. M. Rayati, P. De Falco, D. Proto, M. Bozorg, M. Carpita, "Generation data of synthetic high frequency solar irradiance for data-driven decision-making in electrical distribution grids," *Energies*, vol. 14, no. 16, 4734, 2021
- [Parth.Distrib.3]. M. Rayati, M. Bozorg, M. Carpita, P. De Falco, P. Caramia, A. Bracale, D. Proto, F. Mottola, "Real-time distribution grid control and flexibility provision under uncertainties: Laboratory demonstration," *21<sup>st</sup> IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON 2022)*, Palermo, Italy, 2022
- [Parth.Distrib.4]. G. Carpinelli, A. Bracale, P. Caramia, A.R. Di Fazio, "Three-phase photovoltaic generators modeling in unbalanced short-circuit operating conditions," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, in press, 2019
- [Parth.Distrib.5]. A. Bracale, P. Caramia, P. De Falco, A.R. Di Fazio, P. Varilone, "Short-circuit modeling of three-phase 4-wire unbalanced networks in presence of single-phase photovoltaic systems," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 135, 107604, 2022
- [Parth.Distrib.6]. L. Alfieri, A. Bracale, P. Kostyla, Z. Leonowicz, T. Sikorski, P. Varilone, M. Wasowski, "Methods for assessment of supraharmonics in power systems. Part I: Theoretical issues," *IEEE 7<sup>th</sup> International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP 2019)*, Otranto, Italy, 2019
- [Parth.Distrib.7]. L. Alfieri, A. Bracale, P. Kostyla, Z. Leonowicz, T. Sikorski, P. Varilone, M. Wasowski, "Methods for assessment of supraharmonics in power systems. Part II: Numerical applications," *IEEE 7<sup>th</sup> International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP 2019)*, Otranto, Italy, 2019
- [Parth.Distrib.8]. G. Carpinelli, A. Bracale, P. Varilone, T. Sikorski, P. Kostyla and Z. Leonowicz, "A New Advanced Method for an Accurate Assessment of Harmonic and Supraharmonic Distortion in Power System Waveforms," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 88685-88698, 2021
- [Parth.Distrib.9]. G. Carpinelli, P. Varilone, T. Sikorski, J. Rezmer, P. Kostyla and A. Bracale, "Accurate and Fast Parallelized Assessment of Waveform Distortions in Presence of Low and High frequency Spectral Components," *2022 20th International Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP)*, Napoli, Italy, 2022
- [Parth.Distrib.10]. P. De Falco, P. Varilone, "Statistical characterization of supraharmonics in low-voltage distribution networks," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 8, 3574, 2021
- [Parth.Distrib.11]. G. Mazzanti, B. Diban, E. Chiodo, P. De Falco, L.P. Di Noia, "Forecasting the reliability of components subject to harmonics generated by power electronic converters," *Electronics*, vol. 9, no. 8, 1266, 2020
- [Parth.Distrib.12]. P. Caramia, D. Proto, A. Russo and P. Varilone, "Probabilistic harmonic analysis for waveform distortion assessment of low voltage distribution systems with plug-in hybrid electric vehicles," in proc. of *1<sup>st</sup> International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area (SyNERGYMED 2019)*, Cagliari, Italy, 2019

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [Parth.Distrib.13]. A. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, P. De Falco, "Probabilistic power quality level forecasting through quantile regression models," *20th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP 2022)*, Naples, Italy, 2022
- [Parth.Distrib.14]. A. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, P. De Falco, A. Russo, "DC electric arc furnace modelling for power quality indices assessment," *19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP 2020)*, Dubai, UAE, pp. 1-6, 2020
- [Parth.Distrib.15]. A. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, P. De Falco, A. Russo, "Comparison of DC electric arc furnace chaotic models for power quality indices assessment," *20th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC 2020)*, Madrid, Spain, pp. 1-6, 2020
- [Parth.Distrib.16]. A. Bracale, G. Carpinelli, P. De Falco, "Probabilistic risk-based management of distribution transformers by dynamic transformer rating," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 113, pp. 229-243, 2019
- [Parth.Distrib.17]. A. Bracale, G. Carpinelli, P. De Falco, "A predictive stress-strength model addressing the dynamic transformer rating," in proc. of *IEEE 7th International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP 2019)*, Otranto, Italy, 2019
- [Parth.Distrib.18]. A. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, P. De Falco, "SmarTrafo: A probabilistic predictive tool for dynamic transformer rating," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 36, no. 3, pp. 1619-1630, 2021
- [Parth.Distrib.19]. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, P. De Falco, "Probabilistic management of power delivery based on dynamic transformer rating," *2020 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS 2020)*, Liege, Belgium, pp. 1-7, 2020
- [Parth.Distrib.20]. A. Bracale, P. Caramia, G. Carpinelli, P. De Falco, "A probabilistic approach for dynamic oil-immersed transformer rating accounting for current and temperature limits," *17th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS 2022)*

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

Efficientamento dei sistemi di trasporto attraverso l'installazione di sistemi di accumulo dell'energia elettrica

L'attività di ricerca riguardato lo sviluppo di strategie di pianificazione e gestione dei sistemi di accumulo installati presso infrastrutture a bordo di bus [Parth.Trasporti.1] ed a bordo di navi [Parth.Trasporti.2] in grado di fornire più versatilità, sia da un punto di vista energetico sia di riduzione delle emissioni.

Metodi di previsione della domanda di carico dei veicoli elettrici

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di modelli deterministici e probabilistici per la caratterizzazione e la previsione della potenza assorbita dalle stazioni di ricarica di veicoli elettrici nel breve e medio periodo, della domanda aggregata di carico dei veicoli elettrici e della potenza netta assorbita dalle stazioni di ricarica di veicoli elettrici in presenza di generazione distribuita [Parth.Trasporti.3- Parth.Trasporti.8].

Risparmio energetico nei sistemi di illuminazione delle gallerie stradali

I sistemi di illuminazione delle strade e dei tunnel sono essenziali per la sicurezza dei cittadini e per la sicurezza dei conducenti. Le prestazioni del sistema di illuminazione di una galleria stradale in termini di quantità e qualità della luminosità sono solo uno degli aspetti principali da tenere in considerazione in fase di progettazione. L'attività di ricerca ha riguardato un modello probabilistico per supportare il processo decisionale per la scelta di nuovi sistemi di illuminazione delle gallerie stradali esistenti [Parth.Trasporti.9].

Modelli di vita ed affidabilità dei sistemi di accumulo

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di metodologie di diagnostica predittiva e di valutazione dello stato di carica/vita rimanente delle batterie al Litio, con particolare riferimento all'identificazione di modelli

Presidente  
Vice Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

che legano tali grandezze alle variabili termiche ed elettriche misurabili nell'ambito di test di degradazione accelerata [Parth.Trasporti.10-Parth.Trasporti.15].

#### Collaborazioni con altre unità

- Tematica: *Metodi di previsione della domanda di carico dei veicoli elettrici*. Unità coinvolte: Università di Napoli Federico II
- Tematica: *Risparmio energetico nei sistemi di illuminazione delle gallerie stradali*. Unità coinvolte: Università di Cassino e del Lazio Meridionale
- Tematica: *Modelli di vita ed affidabilità dei sistemi di accumulo*. Unità coinvolte: Università di Napoli Federico II

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Tematica: *Metodi di previsione della domanda di carico dei veicoli elettrici*. Unità coinvolte: l'University of Zilina (Slovacchia)

#### Bibliografia

- [Parth.Trasporti.1]. L. Alfieri, A. Bracale, P. Caramia, D. Iannuzzi, M. Pagano, "Optimal Battery Sizing Procedure for Hybrid Trolley-Bus: a Real Case Study," *Electric Power System Research*, vol. 175, 2019
- [Parth.Trasporti.2]. F. Balsamo, P. De Falco, F. Mottola, M. Pagano, "Power flow approach for modeling shipboard power system in presence of energy storage and energy management systems," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 35, no. 4, pp. 1944-1953, 2020
- [Parth.Trasporti.3]. P. De Falco, F. Mottola, D. Proto, "Optimal sizing of battery energy storage systems driven by clustered load profiles," *113<sup>th</sup> AEIT International Annual Conference (AEIT 2021)*, pp. 1-6, 2021
- [Parth.Trasporti.4]. L. Buzna, P. De Falco, S. Khormali, D. Proto, M. Straka, "Electric vehicle load forecasting: a comparison between time series and machine learning approaches," in *proc. of 1<sup>st</sup> International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area (SyNERGYMED 2019)*, Cagliari, Italy, 2019
- [Parth.Trasporti.5]. L. Buzna, P. De Falco, S. Khormali, D. Proto, M. Straka, "Electric vehicle load forecasting: a comparison between time series and machine learning approaches," *1<sup>st</sup> International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area (SyNERGYMED 2019)*, Cagliari, Italy, pp. 1-5, 2019
- [Parth.Trasporti.6]. L. Buzna, P. De Falco, G. Ferruzzi, S. Khormali, D. Proto, N. Refa, M. Straka, G. van der Poel, "An ensemble methodology for hierarchical probabilistic electric vehicle load forecasting at regular charging stations," *Applied Energy*, vol. 283, 116337, 2021
- [Parth.Trasporti.7]. M. Straka, P. De Falco, G. Ferruzzi, D. Proto, G. Van Der Poel, S. Khormali, L. Buzna, "Predicting popularity of electric vehicle charging infrastructure in urban context," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 11315-11327, 2020
- [Parth.Trasporti.8]. A. Bracale, P. Caramia, P. De Falco, "An advanced methodology for characterizing the net load of electric vehicle charging stations equipped with onsite PV systems," *26<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM 2022)*, 2022
- [Parth.Trasporti.9]. A. Bracale, P. Caramia, P. Varilone, P. Verde, "Probabilistic estimation of the energy consumption and performance of the lighting systems of road tunnels for investment decision making," *Energies*, vol. 12, no. 8, pp.1488-1495, 2019
- [Parth.Trasporti.10]. P. De Falco, L.P. Di Noia, R. Rizzo, "State of health prediction of lithium-ion batteries using accelerated degradation test data," *4<sup>th</sup> IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC 2020)*, College Station, USA, pp. 1-6, 2020

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [Parth.Trasporti.11]. P. De Falco, A. Del Pizzo, L.P. Di Noia, R. Rizzo, "Heuristic approach for the characterization of thermal transient in batteries," *2<sup>nd</sup> International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems (IESES 2020)*, Cagliari, Italy, pp. 56-60, 2020
- [Parth.Trasporti.12]. A. Bracale, P. De Falco, L.P. Di Noia, R. Rizzo, "Probabilistic state of health and remaining useful life prediction for Li-ion batteries," *IEEE Transactions on Industry Applications*, in press, 2022.
- [Parth.Trasporti.13]. A. Bracale, P. De Falco, L.P. Di Noia, R. Rizzo, "Probabilistic state of health and remaining useful life prediction for li-ion batteries," *5<sup>th</sup> IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC 2021)*, College Station, USA, pp. 1-6, 2021
- [Parth.Trasporti.14]. C. Attaianese, P. De Falco, A. Del Pizzo, L.P. Di Noia, "Bearing failure prognostic method based on high frequency inductance variation in electric railway traction motors," *5<sup>th</sup> IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC 2021)*, College Station, USA, 2021
- [Parth.Trasporti.15]. E. Chiodo, P. De Falco, L.P. Di Noia, "Probabilistic modeling of Li-ion battery remaining useful life," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 58, no. 4, pp. 5214-5226, 2022

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Modelli e metodi di previsione della potenza assorbita dai carichi industriali

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di nuovi modelli e metodi, deterministici e probabilistici, per la previsione dei carichi industriali, con riferimento sia alla potenza attiva che alla potenza reattiva. I risultati dell'attività di ricerca sono riportati nelle pubblicazioni [Parth.Utiliz.1- Parth.Utiliz.2].

### Modelli di previsione multivariata della domanda aggregata

L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di nuovi modelli probabilistici per la previsione multivariata dei carichi aggregati a livello nazionale, sfruttando la correlazione gerarchica tra i carichi e un modello di raggruppamento per similarità geografica ai fini dell'extrapolazione di informazioni utili al migliorare l'accuratezza delle previsioni. I risultati dell'attività di ricerca sono riportati nelle pubblicazioni [Parth.Utiliz.3-Parth.Utiliz.4].

### Collaborazioni con altre unità

- Tematica: *Modelli e metodi di previsione della potenza assorbita dai carichi industriali*. Unità coinvolte: Università di Napoli Federico II
- Tematica: *Modelli di previsione multivariata della domanda aggregata*. Unità coinvolte: Università di Napoli Federico II

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

- Tematica: *Modelli e metodi di previsione della potenza assorbita dai carichi industriali*. Unità coinvolte: University of North Carolina at Charlotte (USA)
- Tematica: *Modelli di previsione multivariata della domanda aggregata*. University of North Carolina at Charlotte (USA)

## Bibliografia

- [Parth.Utiliz.1]. A. Bracale, G. Carpinelli, P. De Falco, T. Hong, "Short-term industrial reactive power forecasting," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 107, pp. 177-185, 2019
- [Parth.Utiliz.2]. L. Alfieri, P. De Falco, "Wavelet-based decompositions in probabilistic load forecasting," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 11, no. 2, pp. 1367-1376, 2020

- [Parth.Utiliz.3]. A. Bracale, P. Caramia, P. De Falco, T. Hong, "Multivariate quantile regression for short-term probabilistic load forecasting," *IEEE Transactions on Power Systems*, in press, 2019
- [Parth.Utiliz.4]. A. Bracale, P. Caramia, P. De Falco, T. Hong, "A multivariate approach to probabilistic industrial load forecasting," *Electric Power Systems Research*, vol. 187, 106430, 2020

## PROGETTI

### Nome Progetto:

DiGRiFlex REAL TIME DISTRIBUTION GRID CONTROL AND FLEXIBILITY PROVISION UNDER UNCERTAINTIES

ERA-NET - ERA- Smart Energy Systems, EN SGplusRegSys Joint Call 2018

### Responsabile Scientifico:

Prof. Mauro Carpita (Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud)

Prof. Pierluigi Caramia (per l'unità di Napoli Parthenope)

**Ente Finanziatore:** MIUR

### Sedi Partner:

Università of Napoli Federico II/Dipartimento di Ingegneria Elettrica e Tecnologie dell'Informazione Information Technology, Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud/ Institut d'Énergie et Systèmes Électriques (Switzerland), EPFL/PWRS (Switzerland), HEIA-FR (Switzerland), DEPsys SA(Switzerland).

### Descrizione Progetto:

Il progetto DiGRiFlex si pone l'obiettivo di sviluppare e validare una piattaforma di ottimizzazione a due livelli, capace di gestire ed esercire, in modo sicuro ed economicamente vantaggioso, le reti di distribuzione in presenza di incertezza dovuta alla natura stocastica delle risorse rinnovabili (che implica una notevole difficoltà nel controllo della generazione di energia) ed alla natura stocastica del profilo di energia richiesta dai carichi elettrici (che rappresenta una criticità in relazione al soddisfacimento della domanda).

Le metodologie sviluppate e proposte nell'ambito del Progetto saranno validate su di una rete test reale di bassa tensione, appositamente configurata e predisposta presso il Relne Laboratory dell'Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud.

### Nome Progetto:

Specifica tecnica sull'analisi della tecnologia FACTS

### Responsabile Scientifico:

Prof. Pietro Varilone (per l'unità di Cassino e del Lazio Meridionale)

Prof. Pierluigi Caramia (per l'unità di Napoli Parthenope)

**Ente Finanziatore:** Consorzio ENSIEL

### Sedi Partner:

Università of Napoli Federico II/Dipartimento di Ingegneria Elettrica e Tecnologie dell'Informazione Information Technology, Università di Cassino e del Lazio Meridionale/Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione "Maurizio Scarano".

### Descrizione Progetto:

Presidente Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Il progetto si è posto l'obiettivo di valutare le potenzialità della tecnologia FACTS (Flexible AC Transmission System) per applicazioni sulla RTN. In particolare, l'analisi dello stato dell'arte della tecnologia FACTS è stata finalizzata alla valutazione di un progetto pilota atto a testare dispositivi FACTS sugli asset Terna, oltre che a fornire una prima definizione dello stesso. Alla luce delle innovazioni tecnologiche in campo hardware e software, si è indagato quale possa essere l'effettivo contributo di questa tecnologia alle problematiche inerenti, ad esempio, la regolazione di tensione, la risoluzione di congestioni, le tecniche di smorzamento dei fenomeni oscillatori (POD) e la fornitura di Inerzia Sintetica.

**Nome Progetto:**

ISTER Infrastrutture per la Sostenibilità e la Transizione Energetica

**Responsabile Scientifico:**

Prof. Antonio Bracale (per l'unità di Napoli Parthenope)

**Ente Finanziatore:** MUR (DM 737 – Interventi volti al potenziamento delle infrastrutture di ricerca)

**Sedi Partner:**

**Descrizione Progetto:**

Il progetto si è posto l'obiettivo del potenziamento della infrastruttura di ricerca dell'Unità Parthenope al fine di sviluppare attività di ricerca sull'affidabilità, efficienza, flessibilità e resilienza del sistema energetico nazionale, su nuove tecnologie per la decarbonizzazione (produzione di energia da FER, uso di sistemi di accumulo, poligenerazione) e sullo sviluppo di processi chimici e biologici per la produzione di vettori energetici low- e zero-carbon (ad esempio, idrogeno, metano, metanolo).

Nell'ambito del progetto è stata prevista l'installazione del Real Time Digital Simulator, anche integrato con un carico controllabile e programmabile, attraverso cui è, infatti, possibile studiare le prestazioni di un sistema elettrico innovativo caratterizzato dalla presenza di generazione distribuita e sistemi di accumulo che assumono un ruolo cruciale per il raggiungimento degli obiettivi europei e nazionali di decarbonizzazione.

Il simulatore in tempo reale permette di effettuare sia analisi di reti intelligenti e risorse energetiche distribuite (ad esempio, fuel cell) che test HIL (Hardware-In-the-Loop) di sistemi di controllo e relè di protezione, applicazioni di formazione e di Ricerca&Sviluppo.

**LABORATORI**

*Nome laboratorio* Laboratorio di Sistemi Energetici

*Breve descrizione* Il laboratorio è attrezzato per studi di Power Quality, analisi Hardware-In-the-Loop su sistemi elettrici innovativi caratterizzati dalla presenza di generazione distribuita e sistemi di accumulo, studio di sistemi energetici per la produzione combinata di energia elettrica e calore e di sistemi di produzione dell'idrogeno a partire dal combustibile fossile (steam reforming, partial oxidation ecc.) o da fonte rinnovabile (energia fotovoltaica).

Presidente Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI PADOVA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE  
VIA GRADENIGO 6/A  
35131 PADOVA  
TEL. +39 049 827 7585

**Responsabile Scientifico:** Roberto Benato

**Sito web:** [www.dii.unipd.it](http://www.dii.unipd.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Roberto	Benato	Professore ordinario
Fabio	Bignucolo	Professore associato
Massimiliano	Coppo	RTDB
Sebastian	Dambone Sessa	RTDB
Roberto	Turri	Professore ordinario
Giovanni Gardan	Gardan	Dottorando
Luca	Rusalen	Dottorando
Francesco	Sanniti	Dottorando
Marco	Agostini	Dottorando
Luca	Mantese	Dottorando
Gianni	Pedrazzoli	Assegnista di ricerca

Presidente Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Modello di funzionamento di aerogeneratori a supporto della stabilità del sistema

Sono state identificate le funzioni stabilizzanti erogabili da aerogeneratori a supporto della stabilità del sistema elettrico. È stato modellato dettagliatamente in ambiente Digsilent PowerFactory il modello di funzionamento di una macchina DFIG in grado di essere conforme agli attuali standard di connessione e di fornire inerzia sintetica alla rete in caso di perturbazioni significative di frequenza. I risultati principali ottenuti in simulato sono stati confrontati con test di laboratorio su macchine reali.

### Criteri di ottimizzazione tecnica di impianti fotovoltaici di grande taglia

Sono state sviluppati dei criteri di dimensionamento ottimizzato di impianti di generazione fotovoltaica di grande taglia in relazione ai recenti sviluppi tecnologici inerenti sia le strutture di supporto (sistemi ad inseguimento) che le performance dei principali componenti elettrici di impianto (pannelli fotovoltaici, inverter, sistemi di monitoraggio delle performance), al fine di consentire una ottimizzazione economica complessiva dell'investimento.

### Interazioni DEMO – Rete di trasmissione

È stata avviata una collaborazione con EuroFusion per lo studio delle possibili interazioni tra l'impianto di produzione a fusione termonucleare DEMO e la rete di trasmissione. L'attività riguarda sia la modellazione semplificata dell'impianto e delle sue dinamiche di funzionamento (potenza termica prodotta, carichi in funzionamento continuo e pulsanti) che la rappresentazione del sistema di trasmissione in uno scenario futuro 2050, sulla base dei target di sviluppo delle rinnovabili fissati dalla Comunità Europea.

### Collaborazioni con altre unità

Lo studio delle interazioni DEMO – Rete di trasmissione è svolto in collaborazione con l'Università di Roma Sapienza e l'Università della Tuscia.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

### Bibliografia

- [PD.Produz.1]. F. Bignucolo, A. Cervi, M. Coppo and R. Stecca, "Assessing the frequency support provided by DFIG wind turbines according to current standards," 2019 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/UPEC.2019.8893481
- [PD.Produz.2]. F. Bignucolo, A. Cervi and R. Stecca, "Network Frequency Regulation with DFIG Wind Turbines compliant with Italian standards," 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783580

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Sviluppo di sistemi di localizzazione della distanza di guasto con metodi monoterminale

In collaborazione con Terna, è stata condotta un'attività sperimentale per testare sul campo l'efficacia delle metodologie innovative di localizzazione della distanza di guasto sviluppate dal laboratorio di trasmissione dell'energia elettrica dell'Università di Padova [PD.tramiss.1]. Tali metodologie sono basate sulla teoria delle onde viaggianti e i primi risultati si stanno dimostrando molto incoraggianti.

Conversione di linee in corrente alternata in alta tensione in linee in corrente continua e valutazione di impatto sul sistema elettrico

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

In collaborazione con RSE, è in corso lo studio di una metodologia per valutare la fattibilità, l'affidabilità e l'impatto sul sistema elettrico della conversione di linee HVAC in HVDC [PD.tramiss.2] in scenari ad alta penetrazione di energia rinnovabile. L'opzione di conversione delle linee sarà poi confrontata con quella di installare sistemi di trasmissione cavo o isolati in gas.

Riaccensione di reti elettriche di distribuzione a seguito di black-out

In collaborazione con Terna, sono stati sviluppati dei modelli per la stima della potenza attiva assorbita e reattiva scambiata da reti elettriche di distribuzione alimentate a seguito di black-out [PD.tramiss.3]. I risultati dei modelli sviluppati sono stati confrontati con risultati sperimentali ottenuti da prove di riaccensione reali, fornendo un'ottima concordanza [PD.tramiss.4], [PD.tramiss.5], [PD.tramiss.6], [PD.tramiss.7].

Sviluppo di corde aeree innovative e loro impatto sul sistema elettrico italiano

In collaborazione con De Angeli prodotti, all'interno del progetto denominato CALAJOLE finanziato dalla Ricerca di Sistema, sono stati sviluppati dei prototipi di conduttori innovativi che possano essere sostituiti alle corde tradizionali utilizzate nelle reti di media e alta tensione italiane. Oltre allo sviluppo dei prototipi delle corde, si sono stimati gli impatti che la loro sostituzione avrebbe sul sistema elettrico italiano in termini di riduzione di perdite per effetto Joule e di diminuzione di emissione di CO<sub>2</sub> [PD.tramiss.8].

Metodi di stima dell'affidabilità di sistemi HVDC

Questo filone di ricerca si pone l'obiettivo di sviluppare un tool di calcolo in grado di stimare l'energia mediamente non trasmessa dal sistema di trasmissione in un intervallo di tempo considerato a seguito di un guasto di un componente del sistema, che viene stimata in termini di probabilità in funzione del tipo di posa, del sistema di gestione dei componenti di ricambio e del tipo di sistemi di controllo presenti [PD.tramiss.9].

Modellizzazione di sistemi di trasmissione in cavo tripolari e in condizioni di posa particolari

In collaborazione con Terna, l'analisi matriciale multiconduttore (MCA) è stata applicata per studiare il comportamento di cavi in alta tensione in corrente alternata posati all'interno di strutture protettive in cemento armato, investigando l'interazione elettromagnetica tra la linea e l'armatura metallica della struttura protettiva [PD.tramiss.10]. Inoltre, la tecnica MCA è stata ulteriormente validata studiando il comportamento in frequenza del cavo tripolare Malta-Sicilia e confrontando i risultati delle simulazioni con le misure sperimentali eseguite da Terna [PD.tramiss.11].

*Calcolo dei flussi di potenza*

Il metodo patavino per il calcolo dei flussi di potenza è stato fortemente migliorato, introducendo la rappresentazione del nodo di saldo come un generatore di corrente e introducendo la possibilità di rappresentare collegamenti HVDC [PD.tramiss.12, PD.tramiss.13, PD.tramiss.14].

Influenza della stagionalità delle rinnovabili sull'esercizio della rete e sulle procedure di manutenzione

È stata condotta un'analisi dei comportamenti anomali sulla rete di trasmissione in presenza di variabilità stagionali della generazione rinnovabile. Tali funzionamenti specifici, che si traducono in accentuati sfasamenti tra nodi geograficamente vicini, possono comportare difficoltà operative nell'esercizio delle reti, in particolare nei momenti in cui sono richiesti interventi di manutenzione e modifiche nella topologia operativa del sistema elettrico.

Collaborazioni con altre unità

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

Presidente Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Sul tema della riaccensione del sistema elettrico da black-out è in corso una collaborazione con l'University College di Dublino ed in particolare con il gruppo di ricerca del prof. F. Milano.

Bibliografia

- [PD.Trasmis.1]. R. Benato, S. D. Sessa, M. Poli, C. Quaciari and G. Rinzo: "An Online Travelling Wave Fault Location Method for Unearthed-Operated High-Voltage Overhead Line Grids," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 33, no. 6, pp. 2776-2785, 2018.
- [PD.Trasmis.2]. R. Benato, S. Dambone Sessa, G. Gardan, A. L'abbate: "Converting Overhead Lines from HVAC to HVDC: An Overview Analysis", 2021 AEIT HVDC International Conference, AEIT HVDC 2021.
- [PD.Trasmis.3]. R. Benato, G. Bruno, S. Dambone Sessa, G. M. Giannuzzi, L. Ortolano, G. Pedrazzoli, M. Poli, F. Sanniti, R. Zaottini: "A Novel Modeling for Assessing Frequency Behavior During a Hydro-to-Thermal Plant Black Start Restoration Test, IEEE ACCESS, Vol. 7, 2019.
- [PD.Trasmis.4]. R. Benato, S. Dambone Sessa, G. M. Giannuzzi, C. Pisani, M. Poli: "And Francesco Sanniti: "A Novel Dynamic Load Modeling for Power Systems Restoration: An Experimental Validation on Active Distribution Networks", IEEE Access, Vol. 10, 2022.
- [PD.Trasmis.5]. R. Benato, S. Dambone Sessa, F. Sanniti: "Lessons Learnt from Modelling and Simulating the Bottom-Up Power System Restoration Processes", Energies, 15(11), 2022.
- [PD.Trasmis.6]. F. Sanniti, R. Benato, F. Milano: "Participation of DERs to the Bottom-Up Power System Frequency Restoration Processes", IEEE Transactions on Power Systems
- [PD.Trasmis.7]. F. Sanniti, G. Tzounas, R. Benato, F. Milano: "Curvature-Based Control for Low-Inertia Systems", IEEE Transactions on Power Systems
- [PD.Trasmis.8]. R. Benato, R. Caldon, A. Chiarelli, M. Coppo, C. Garesci, S. Dambone Sessa, D. Mimo, M. Modesti, L. Mora, F. Piovesan: "CALAJOULE: An Italian Research to Lessen Joule Power Losses in Overhead Lines by Means of Innovative Conductors", Energies, 12(16), 2019.
- [PD.Trasmis.9]. Benato, R., Chiarelli, A., Dambone Sessa, S.: "Reliability assessment of a multi-state hvdc system by combining markov and matrix-based methods", Energies, 14(11), 2021
- [PD.Trasmis.10]. R. Benato, S. D. Sessa, M. Forzan, M. Poli, F. Sanniti and R. Torchio: "HVAC Single Core Insulated Cables With Steel Reinforced Mechanical Protections: Effect on Sequence Impedances", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 36, no. 3, pp. 1663-1671, June 2021.
- [PD.Trasmis.11]. R. Benato, S. D. Sessa, G. Gardan, F. Palone and F. Sanniti: "Experimental Harmonic Validation of 3D Multiconductor Cell Analysis: Measurements on the 100 km Long Sicily-Malta 220 kV Three-Core Armoured Cable," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 37, no. 1, pp. 573-581, Feb. 2022.
- [PD.Trasmis.12]. R. Benato: "A Basic AC Power Flow based on The Bus Admittance Matrix incorporating Loads and Generators including Slack Bus", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 37, Issue: 2, pp. 1363- 1374, 2022.
- [PD.Trasmis.13]. R. Benato, G. Gardan, L. Rusalen: "A Three-Phase Power Flow Algorithm for Transmission Networks: A Hybrid Phase/Sequence Approach", IEEE ACCESS, Vol. 9, Pag: 162633 – 162650, 2021
- [PD.Trasmis.14]. R. Benato, G. Gardan: "A Novel AC/DC Power Flow: HVDC-LCC/VSC Inclusion Into the PFPD Bus Admittance Matrix", IEEE ACCESS, 10, pp. 38123–38136, 2022.

**DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

Gestione ottimizzata di reti di distribuzione con riferimento al coordinamento TSO-DSO

<p>Presidente</p> <p>Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it</p>	<p>Segretario</p> <p>Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it</p>
--	---

L'acquisizione di servizi di flessibilità da parte di utenti attivi (*prosumers*) connessi alla rete di distribuzione è stata valutata in relazione a diversi schemi di coordinamento tra TSO e DSO. Strategie di gestione sono state valutate attraverso algoritmi di ottimizzazione multi-periodo in grado di tenere conto dei valori economici in gioco e dei vincoli tecnologici della rete e degli impianti di utenza, compresi quelli dotati di sistemi di accumulo.

Implementazione di servizi di flessibilità per la gestione delle reti di distribuzione

Nell'ottica di una diversa pianificazione e gestione delle reti di distribuzione, anche in conseguenza dei mutati comportamenti degli utenti e della massiccia penetrazione di nuove tecnologie (es. impianti di generazione e strutture di ricarica), è stata studiata la possibilità tecnica e l'interesse economico di sfruttare servizi di flessibilità erogati dagli utenti finali a supporto della risoluzione di vincoli operativi temporanei di rete, sia in assetto standard che in caso di guasto o modifica dell'assetto operativo di rete.

Impatto di scenari di evoluzione elettrica sull'esercizio di reti reali di distribuzione urbana

Sono state sviluppate delle procedure a scenario per caratterizzare lo sviluppo atteso delle reti di distribuzione considerando gli obiettivi evolutivi del prossimo futuro in ambito urbano, in particolare in termini di generazione distribuita, penetrazione di sistemi elettrici di regolazione termica degli edifici e infrastrutture di ricarica. Lo studio dell'allocatione attesa sul territorio di tali impianti consente l'identificazione di quadri di criticità puntuali o distribuiti che possono guidare il DSO verso una corretta pianificazione di interventi specifici.

Sviluppo di un algoritmo di calcolo generalizzato multi-conduttore in linguaggio Python

In coordinamento con le necessità di e-distribuzione S.p.A. è stato messo a punto un algoritmo di calcolo di flussi di potenza multi-conduttore in grado di rappresentare sistemi composti da elementi con numero diverso di fasi in ambiente Python. Questo algoritmo consente lo studio di sistemi elettrici con configurazioni particolari, permettendo lo sviluppo di routine di regolazione e controllo e con codice sorgente open-source, nello specifico l'ambiente PandaPower.

Collaborazioni con altre unità

Collaborazione con l'unità di Cagliari relativamente all'integrazione dei codici open-source in ambiente PandaPower e partecipazione alla medesima comunità in coordinamento con Enel Global.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

Bibliografia

- [PD.Distrib.1]. M. Coppo, F. Bignucolo, R. Turri, "Sliding time windows assessment of storage systems capability for providing ancillary services to transmission and distribution grids", *Sustainable Energy, Grids and Networks*, Volume 26, 2021, 100467, ISSN 2352-4677, <https://doi.org/10.1016/j.segan.2021.100467>
- [PD.Distrib.2]. Agostini M., Bertolini M., Coppo M., Fontini F., 2021. "The Participation of Small-Scale Variable Distributed Renewable Energy Sources to the Balancing Services Market" *Energy Economics*, Volume 97, May 2021, 105208
- [PD.Distrib.3]. Simmini, F.; Agostini, M.; Coppo, M.; Caldognetto, T.; Cervi, A.; Lain, F.; Carli, R.; Turri, R.; Tenti, P. Leveraging Demand Flexibility by Exploiting Prosumer Response to Price Signals in Microgrids. *Energies* 2020, 13, 3078. <https://doi.org/10.3390/en13123078>
- [PD.Distrib.4]. M. Agostini, F. Bignucolo, M. Coppo, R. Turri, "Partecipazione della generazione distribuita nel controllo integrato delle reti MT e BT", in *L'Energia Elettrica*, 2019

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [PD.Distrib.5]. M. Agostini, F. Bignucolo, M. Coppo, J.M. Schwidtal, R. Turri, "Concurrent control of MV and LV networks for ancillary services provision", in 2019 1st International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area (SyNERGY MED), Cagliari, 28-30 May, 2019
- [PD.Distrib.6]. M. Agostini, F. Bignucolo, M. Coppo, J.M. Schwidtal, R. Turri, "Ancillary services provision by aggregators and impact on distribution network operation", in 2019 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Bucharest, 3-6 Sept., 2019
- [PD.Distrib.7]. A. Cervi, M. Coppo, M. Agostini and R. Turri, "Optimal management of Islanded Distribution Networks including Multi-Energy Storage Units," 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2020, pp. 464-469

## **TECNOLOGIE**

Caratterizzazione dell'invecchiamento termico dei trasformatori di distribuzione nelle reali condizioni di esercizio

È stato sviluppato un duplice modello termico-elettrico per la caratterizzazione dell'effettivo invecchiamento dei trasformatori di distribuzione tenendo conto delle loro effettive condizioni sia di installazione (tipologia di cabina, modalità di ventilazione/raffrescamento, luogo di installazione) che di esercizio. La procedura sviluppata consente di identificare preventivamente criticità specifiche che possono essere indotte anche dall'assorbimento di potenza non bilanciata tra le fasi.

Collaborazioni con altre unità

Caratterizzazione dell'invecchiamento termico dei trasformatori di distribuzione nelle reali condizioni di esercizio – Università di Cagliari – progetto di ricerca sviluppato con e-distribuzione

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

## **TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA**

Modellazione del funzionamento ottimizzato di strutture di ricarica abilitate al V2G

Sono state sviluppate delle procedure di ottimizzazione tecnica ed economica della gestione dei sistemi di ricarica finalizzate alla contestuale fornitura di servizi di regolazione per la rete di distribuzione cui sono connesse. Grazie a questo studio, è possibile quantificare i benefici conseguibili sia tramite una modulazione del processo di ricarica che abilitando la bidirezionalità del flusso di potenza rete-veicolo (V2G).

Collaborazioni con altre unità

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

## **UTILIZZAZIONE E MICROGRID**

Energy-hub multi-vettore

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

È stato modellato il funzionamento di utenti evoluti in grado di creare al proprio interno forti interazioni tra diversi vettori energetici (elettricità, gas, teleriscaldamento, idrogeno, mobilità) allo scopo di soddisfare i propri bisogni nel modo più efficiente. L'ottimizzazione multi-periodo consente l'integrazione di elementi di accumulo sia elettrochimico che termico. Sono considerati anche i recenti sviluppi normativi votati all'incentivazione dell'autoconsumo locale.

Caratterizzazione dei benefici di sistemi di utenza in corrente continua

La modellazione in ambiente DigSilent PowerFactory di una utenza domestica innovativa con bus interno in corrente continua ed interfacciamento tramite solid state transformer ha consentito la caratterizzazione tecnica della soluzione, l'individuazione delle caratteristiche salienti e la quantificazione dei benefici prestazionali conseguibili, in particolare in termini di Power Quality per l'alimentazione delle utenze connesse.

Collaborazioni con altre unità

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

Bibliografia

- [PD.Utiliz.1]. P. Garavaso, F. Bignucolo, J. Vivian, G. Alessio, M. De Carli, "Optimal Planning and Operation of a Residential Energy Community under Shared Electricity Incentives". *Energies* 2021, 14, 2045. <https://doi.org/10.3390/en14082045>
- [PD.Utiliz.2]. P. Garavaso, F. Bignucolo, R. Turri and C. Zhang, "Optimal Operation of Multi-Energy Microgrids Considering Network Constraints and Multiple Uncertainties," 2021 IEEE 6th International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI), 2021, pp. 237-242, doi: 10.1109/RTSI50628.2021.9597323.
- [PD.Utiliz.3]. F. Bignucolo, G. Pavoni, R. Turri, P. Da Ronco, A. Scala and N. Sempreboni, "Characterization of Residential Users' Behaviour and Influence on Distribution Network Planning," 2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/UPEC49904.2020.9209859.
- [PD.Utiliz.4]. A. Vian, F. Bignucolo and A. Cagnano, "Effects of Environmental Conditions on the Optimal Sizing and Operation of an Energy Hub," 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160789.
- [PD.Utiliz.5]. A. Vian, F. Bignucolo and M. De Carli, "Modelling and Optimization Approach of Residential Energy Hub: The GHOTEM Project," 2019 1st International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area (SyNERGY MED), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/SyNERGY-MED.2019.8764149.
- [PD.Utiliz.6]. F. Bignucolo, M. Bertoluzzo, "Application of Solid-State Transformers in a Novel Architecture of Hybrid AC/DC House Power Systems". *Energies* 2020, 13, 3432. <https://doi.org/10.3390/en13133432>

## ALTRI TEMI

Analisi dell'apertura dei mercati ai servizi di flessibilità da parte di aggregatori

Nello scenario attuale di transizione energetica, il ruolo dell'aggregatore (entità in grado di attivare e commercializzare servizi di flessibilità da parte degli utenti verso il gestore di rete) sta assumendo importanza sempre maggiore. Lo studio dei progetti in corso in tale direzione è stato condotto a livello Europeo, con

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



particolare attenzione al progetto pilota UVAM in Italia, per analizzare il comportamento tendenziale degli operatori in tale contesto e le potenzialità di questo mercato.

#### Studio delle potenzialità di “value stacking” per operatori di impianti Power-to-Gas (P2G)

Tra i potenziali fornitori di servizi di flessibilità al sistema elettrico nel prossimo futuro, gli impianti P2G avranno grande rilevanza. Tramite un approccio multistadio e multi-periodo, si sono studiate le potenzialità sui mercati elettrici per un impianto P2G dotato di generazione fotovoltaica, implementando il bilanciamento degli errori di previsione, lo sfruttamento delle opportunità di arbitraggio a breve termine, la fornitura di riserve di frequenza secondarie e terziarie e la gestione attiva dello sbilanciamento

#### Studio di nuove opportunità di profitto per impianti rinnovabili utility-scale con accumulo (BESS)

Nello scenario energetico attuale, nuove opportunità di profitto si presentano per impianti dotati di fonti di generazione rinnovabile e accumulo, che possono fornire servizi quali: load shifting, peak shaving, clipping recovery, curtailment recovery. Queste opportunità sono state valutate attraverso studi di ottimizzazione tecnico-economica valutando le prestazioni in diverse zone del mercato elettrico italiano e considerando la partecipazione ai mercati per l'energia e per i servizi ancillari.

#### Collaborazioni con altre unità

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

#### Bibliografia

- [PD.Altri.1]. J.M. Schwidtal, M. Agostini, F. Bignucolo, M. Coppo, P. Garengo, A. Lorenzoni, «Integration of Flexibility from Distributed Energy Resources: Mapping the Innovative Italian Pilot Project UVAM», *Energies* 2021; 14(7):1910 <https://doi.org/10.3390/en14071910>
- [PD.Altri.2]. F. Bignucolo, A. Lorenzoni, J.M. Schwidtal, “End users aggregation: a review of key elements for future applications”, in 2019 16th European Energy Market Conference (EEM 2019), Ljubljana, 18-20 Sept., 2019
- [PD.Altri.3]. Schwidtal, J. M., Bernardi, M., Agostini, M., Bignucolo, F., & Lorenzoni, A. (2020). Balancing Services Provision from Wind Turbines: an Italian Case Study. 2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 1–6.
- [PD.Altri.4]. Schwidtal, J. M., Zeffin, F., Bignucolo, F., Lorenzoni, A., & Agostini, M. (2020). Opening the ancillary service market: new market opportunities for energy storage systems in Italy. 2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM), 1–6

Presidente Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

*TERNA-ENSIEL ST 160*

*Responsabile scientifico: Roberto Benato*

*ENTE FINANZIATORE: ENSIEL (TERNA)*

Breve descrizione: Modellizzazione e analisi della direttrice di riaccensione costituita dalla centrale idroelettrica di somplago e dalle centrali termoelettriche di torviscosa e monfalcone

*TERNA-ENSIEL ST 191*

*Responsabile scientifico: Roberto Benato*

*ENTE FINANZIATORE: ENSIEL (TERNA)*

Breve descrizione: Nuovi modelli di simulazione HVDC-VSC e tecniche di analisi modale.

*TERNA-ENSIEL ST 192*

*Responsabile scientifico: Roberto Benato*

*ENTE FINANZIATORE: ENSIEL (TERNA)*

*Breve descrizione: Sviluppo di algoritmi basati sulle onde viaggianti nel caso di linee aeree AT multiterminali con neutro francamente a terra.*

*TERNA-ENSIEL ST 196*

*Responsabile scientifico: Roberto Benato*

*ENTE FINANZIATORE: ENSIEL (TERNA)*

Breve descrizione: Modellizzazione e simulazione in ambiente DigSilent di una direttrice di riaccensione costituita da una centrale idroelettrica e da una centrale termoelettrica

*TERNA-ENSIEL ST 208*

*Responsabile scientifico: Roberto Benato*

*ENTE FINANZIATORE: ENSIEL (TERNA)*

Breve descrizione: Calcolo delle impedenze alle sequenze di linee aeree in alta tensione equipaggiate con funi di guardia contenenti fibre ottiche

*TERNA-ENSIEL DSC 007*

*Responsabile scientifico: Sebastian Dambone Sessa*

*ENTE FINANZIATORE: ENSIEL (TERNA)*

Breve descrizione: Sviluppo e validazione sperimentale di metodologie per la determinazione della distanza di guasto con metodi mono-terminale su linee elettriche aeree a neutro isolato.

*SSE-C21 RSE UNIPD*

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

ENTE FINANZIATORE: RSE

Responsabile scientifico: Sebastian Dambone Sessa

Breve descrizione: *Analisi della conversione di linee elettriche aeree da corrente alternata a corrente continua in scenari ad alta penetrazione di energia rinnovabile.*

*OSMOSE (Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for European electricity)*

Responsabile scientifico: Fabio Bignucolo (per UniPd)

Ente finanziatore: European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement n°773406

Breve descrizione: Il progetto OSMOSE ha l'obiettivo di incrementare la comprensione e la caratterizzazione delle esigenze e delle risorse di flessibilità nei futuri sistemi energetici. I 33 partner hanno realizzato quattro dimostratori su larga scala sotto la guida degli operatori dei sistemi di trasmissione (TSO). In parallelo, hanno lavorato su tre Work Packages (WP) teorici che si occupano di modellazione e standardizzazione.

Sedi partner: Ensiel è uno dei 33 partner del progetto europeo. Al suo interno, hanno partecipato attivamente al progetto le sedi UniPd, UniCa, UniSannio, UniCampania, UniNa, UniPi, UniBo, UniGe, PoliMi, PoliTo, PoliBa

NEBULE: New economic, regulatory and technical drivers for a full exploitation of smart micro-grid based electrical power systems maximizing the connection of the distributed renewable resources.

Responsabile scientifico: Roberto Turri

Ente finanziatore: CENTRO STUDI DI ECONOMIA E TECNICA DELL'ENERGIA GIORGIO LEVI CASES

Breve descrizione: Il progetto mira ad approfondire le potenzialità delle microreti intelligenti con il controllo sinergico delle risorse energetiche distribuite (DER) come uno dei principali fattori chiave per la transizione energetica verso l'obiettivo europeo del 50% di energia rinnovabile nella produzione di elettricità entro il 2030. In particolare, si propone un cambiamento di paradigma nella visione micro-grid per soddisfare gli obiettivi di economia a basse emissioni di carbonio, estendendo il ruolo proattivo dei prosumers, e rafforzando la catena del valore del mercato elettrico nella fascia bassa. In questa prospettiva, nuove interazioni tra fornitori e consumatori sono al centro di questa analisi. Il progetto, coordinato dal Dipartimento di Ingegneria Industriale, coinvolge anche i Dipartimenti di Economia, dell'Informazione e Gestionale dell'Università di Padova e include quattro principali settori di ricerca: settore economico, settore dell'energia, controllo e comunicazioni, elettronica di potenza.

Sedi partner: Università di Padova

Sviluppo di un motore di calcolo elettrico multiconduttore in linguaggio Python ed integrabile in Pandapower per la simulazione a regime di reti di alta, media e bassa tensione generalmente dissimmetriche e squilibrate

Responsabile scientifico: Roberto Turri

Ente finanziatore: ENEL Global Infrastructure and Networks S.r.l.

Breve descrizione:

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Essendo ENEL un global player, le tipologie di reti, di carichi alimentati e di generazione connessa alle reti di distribuzione nelle varie aree geografiche hanno caratteristiche profondamente diverse tra loro. Per effettuare il calcolo elettrico su qualsiasi tipologia di rete è, pertanto, necessario un motore di calcolo con solver multiconduttore, in grado di rappresentare compiutamente reti comunque complesse e con adeguata modellizzazione dei TR AT/MT e MT/BT sia trifase che monofase. Il progetto consiste in attività di sviluppo software volta alla realizzazione in linguaggio Python di un tool di calcolo di reti elettriche a regime (steady-state) di applicabilità generale, che garantisca di poter essere inserito all'interno delle componenti architettoniche Enel e, in seconda battuta, nella libreria di calcolo open source Pandapower, per poter poi essere rilasciato alla community come ulteriore metodo di calcolo elettrico.

Planning and flexible operation of micro-grids with generation, storage and demand control as a support to sustainable and efficient electrical power systems: regulatory aspects, modelling and experimental (PRIN 2017K4JZEE)

Responsabile scientifico: Roberto Turri (per UniPd)

Ente finanziatore: Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

Breve descrizione: Il progetto tratta modalità di pianificazione e gestione avanzata di microgrids ad alta efficienza energetica, smart homes, smart buildings e smart districts, caratterizzati dalla flessibilità della domanda come potenziale supporto al sistema elettrico nazionale. L'analisi include anche aspetti normativi volti a favorire tale potenziale supporto delle smart grids/districts al funzionamento del sistema elettrico, con particolare riferimento alla loro inclusione nel previsto mercato della "flessibilità".

Sedi partner: UniPd, UniBo, UniGe, UniCa, PoliMI, PoliBa

## LABORATORI

### *Laboratorio Sistemi Elettrici I e II*

Le attività del laboratorio sono principalmente costituite da simulazioni di sistemi elettrici di potenza, in differenti ambienti di simulazione, tra cui: DigSilent Power Factory, Neplan, PowerWorld, EMTP-RV, PSCAD, Matlab Power Block-Set.

### *Laboratorio di Trasmissione dell'Energia Elettrica (LTEE)*

Il laboratorio affronta tutte le problematiche inerenti all'alta e altissima tensione (AT-AAT) sia in corrente alternata sia in corrente continua (HVAC-HVDC). A parte la dotazione di software commerciale (EMTP-rv, NEPLAN, DigSilent Power Factory, Famos etc.), il laboratorio ha sviluppato molti algoritmi aperti in ambiente Matlab tra cui si ricordano il Multiconductor Cell Analysis-MCA (applicato a linee aeree a struttura dissimetrica con più funi di guardia, a cavi monopolari o tripolari con qualsiasi esercizio degli schermi e delle armature e a elettrodotti blindati), il PFPD (flussi di potenza nel sistema AC/DC monofase alla sequenza diretta), il PFPD\_3P (flussi di potenza nel sistema AC/DC trifase) e il FCPD per il calcolo dei guasti multipli con corto circuiti e interruzioni di fase occorrenti nel sistema multiconduttore dissimetrico

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI PALERMO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
VIALE DELLE SCIENZE, ED. 9  
90128 PALERMO  
TEL. +39 091 2386 0211

**Responsabile Scientifico:** Mariano Giuseppe Ippolito

**Sito web:** <https://www.unipa.it/dipartimenti/ingegneria>

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Qais	Ali	Dottorando
Antonino	Barberi	Dottorando
Maria Luisa	Di Silvestre	Professore Associato
Salvatore	Favuzza	Professore Ordinario
Claudio	Fontana	Dottorando
Hang	Le	Dottorando
Mariano Giuseppe	Ippolito	Professore Ordinario
Fabio	Massaro	Professore Associato
Liliana	Mineo	Ricercatore (RU)
Salar	Moradi	Dottorando
Rossano	Musca	Assegnista di Ricerca
Eleonora	Riva Sanseverino	Professore Ordinario
Ana Caterina	Salles Ramon	Dottorando
Giuseppe	Sciumè	Assegnista di Ricerca
Enrico	Telaretti	Ricercatore (RTD-B)
Antony	Vasile	Dottorando
Gaetano	Zizzo	Professore Associato

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Penetrazione di impianti solari fotovoltaici in Vietnam

La ricerca ha esaminato vari aspetti della produzione fotovoltaica in Vietnam: le feed'in tariffs (FiT), i costi di produzione dell'energia elettrica, la valutazione LCA e l'occupazione del suolo, i costi di realizzazione degli impianti fotovoltaici. Per quanto riguarda il Vietnam è stato fatto uno studio per area geografica mostrando il divario tra il LCOE e la FiT proposta dal governo a favore dell'investitore nel sud del paese ed a sfavore nel nord, ovvero nelle regioni con un potenziale di irradiazione inferiore. Inoltre, è stato proposto un modello per la previsione a breve termine della produzione fotovoltaica e i fattori climatici tipici del paese.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Le ricerche riguardanti il Vietnam sono state svolte in collaborazione con:

- Institute of Energy Science, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam
- Faculty of Electrical Engineering, Electric Power University, Ministry of Industry and Trade, Hanoi, Vietnam

### Bibliografia

- [PA.Produz.1]. N. Q. Nguyen, L. D. Bui, b. V. Doan, E. Riva Sanseverino, D. Di Cara, N. Q. Die, D. Quang, "A new method for forecasting energy output of a large-scale solar power plant based on long short-term memory networks a case study in Vietnam", *Electric Power Systems Research*, Volume 199, October 2021, Article number 107427, DOI: 10.1016/j.epr.2021.107427.
- [PA.Produz.2]. H. T. Le, E. Riva Sanseverino, D. Nguyen, M. L. Di Silvestre, S. Favuzza, M. Pham, "Critical Assessment of Feed-In Tariffs and Solar Photovoltaic Development in Vietnam", *Energies*, Volume 15, Issue 2, January-2 2022, Article number 556, DOI: 10.3390/en15020556.
- [PA.Produz.3]. E. Riva Sanseverino, M. Cellura, L. Q. Luu, M. A. Cusenza, N. N. Quang, N. H. Nguyen, "Life-Cycle Land-Use Requirement for PV in Vietnam", *Energies*, Volume 14, Issue 4, February 2021, Article number 14040861, DOI: 10.3390/en14040861
- [PA.Produz.4]. D. B. Linh, N. Q. Nguyen, B. V. Doan, E. Riva Sanseverino, "Forecasting energy output of a solar power plant in curtailment condition based on LSTM using P/GHI coefficient and validation in training process, a case study in Vietnam", *Electric Power Systems Research*, Volume 213, December 2022, Article number 109706, DOI: 10.1016/j.epr.2022.108706.

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Impatti di nuove tecnologie sulla rete di trasmissione

La ricerca ha affrontato l'impatto dell'uso della tecnologia Blockchain, del Demand Response e del controllo dei convertitori statici operanti in grid-forming e grid-following, sulla stabilità delle reti di trasmissione italiana ed europea. Sono stati definiti dei modelli in ambiente Matlab/Simulink e Neplan per simulare eventi di guasto reali come il system split del gennaio 2021. Le condizioni transitorie del sistema di potenza in presenza di alta percentuale di generazione non-sincrona sono state investigate con particolare attenzione alle oscillazioni elettromeccaniche inter-area frequenza-potenza, e all'impatto sul sistema di possibili soluzioni in termini di controllo grid-following con inerzia sintetica e di controllo grid-forming dei convertitori statici di potenza.

### Collaborazioni con altre unità

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



Inserire un elenco di collaborazioni indicando il tema, le unità coinvolte ed eventuali progetti in comune.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Department of energy technology, Aalborg University, Denmark.  
NEPLAN, Zurich, Switzerland  
RSE (Ricerca sul Sistema Elettrico), Milano, Italy  
Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden  
Birzeit University, Birzeit, Palestine  
Siemens Gamesa, Roma, Italy  
University of South-Eastern Norway, Porsgrunn, Norway

Bibliografia

- [PA.Trasmis.1]. P. Gallo, J. M. Guerrero, R. Musca, E. Riva Sanseverino, J. C. Vasquez Quintero, G. Zizzo, "Effects of COVID19 pandemic on the Italian power system and possible countermeasures", *Electric Power Systems Research*, Volume 201, December 2021, Article number 107514, DOI: 10.1016/j.epsr.2021.107514.
- [PA.Trasmis.2]. M. G. Ippolito, R. Musca, G. Zizzo, "Analysis and simulations of the primary frequency control during a system split in continental europe power system", *Energies*, Volume 14, Issue 51, March 2021, Article number 1456, DOI: 10.3390/en14051456.
- [PA.Trasmis.3]. V. Di Dio, G. Sciumè, G. Zizzo, R. Musca, A. Vasile, "Analysis of a Fast Reserve Unit Behaviour with Additional Modular Synthetic Inertia Control", 2021 IEEE 15th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering, CPE-POWERENG 2021/2021 15th IEEE International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering, CPE-POWERENG 2021, Florence, 14-16 July 2021, DOI: 10.1109/CPE-POWERENG50821.2021.9501206.
- [PA.Trasmis.4]. R. Musca, L. Bizumic, "Primary Frequency Control in the Power System of Continental Europe including the Dynamics of the HVDC Link France-Great Britain", 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020/23 September 2020 Article number 9241172/12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020 Virtual, 23-25 September 2020, Code 164697, DOI: 10.23919/AEIT50178.2020.9241172.
- [PA.Trasmis.5]. Ippolito M.G., Massaro F., Musca R., & Zizzo G. (2021). An original control strategy of storage systems for the frequency stability of autonomous grids with renewable power generation. *ENERGIES*, 14(15), 1-22 [10.3390/en14154391].
- [PA.Trasmis.6]. Di Carlo S., Genna A., Massaro F., Montana F., & Riva Sanseverino E. (2021). Optimizing Renewable Power Management in Transmission Congestion. An Energy Hub Model Using Hydrogen Storage. In 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021 - Proceedings (pp. 1-5). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. [10.1109/IEEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584510].
- [PA.Trasmis.7]. L. Busarello and R. Musca. Impact of the high share of converter-interfaced generation on electromechanical oscillations in Continental Europe power system. *IET Renewable Power Generation*, 14(19):3918–3926, December 2020.
- [PA.Trasmis.8]. M.G. Ippolito, R. Musca, and G. Zizzo. Analysis and Simulations of the Primary Frequency Control during a System Split in Continental Europe Power System. *Energies*, 14(5), March 2021.
- [PA.Trasmis.9]. M.G. Ippolito, R. Musca, and G. Zizzo. Frequency dynamics of power systems with temporally distributed disturbances. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 28, December 2021.
- [PA.Trasmis.10]. R. Musca, F. Gonzalez-Longatt, and C.A. Gallego Sanchez. Power system oscillations with different prevalence of grid-following and grid-forming converters. *Energies*, 15(12), June 2022.
- [PA.Trasmis.11]. M.G. Ippolito, R. Musca, and G. Zizzo. Generalized power-angle control for grid-forming converters: A structural analysis. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 31, September 2022.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [PA.Trasmis.12]. L. Busarello, R. Musca, “Impact of Converter-Interfaced Generation to the Frequency Response of the European Power System”, 18th Wind Integration Workshop, International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Power Plants, Dublin, Ireland, 16-18 Ottobre 2019.
- [PA.Trasmis.13]. S. Favuzza, M. S. Navarro Navia, R. Musca, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, B. Doan Van, N. Nguyen Quang, “Impact of RES Penetration on the Frequency Dynamics of the 500 kV Vietnamese Power System”, 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), Brasov, Romania, 3-6 Novembre 2019, DOI: 10.1109/ICRERA47325.2019.8996862.
- [PA.Trasmis.14]. M.G. Ippolito, R. Musca, G. Zizzo, M. Bongiorno, “Damping Provision by Different Virtual Synchronous Machine Schemes”, 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2020, Madrid, Spain, 9-12 Giugno 2020, DOI: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160788.
- [PA.Trasmis.15]. R. Musca, L. Bizumic, “Primary Frequency Control in the Power System of Continental Europe including the Dynamics of the HVDC Link France-Great Britain”, 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, virtual conference, 23-25 September 2020.
- [PA.Trasmis.16]. Ippolito, M.G. and Musca, R. and Bizumic, L., “Synthetic Inertia Impact on Inter-Area Oscillations of the Continental Europe Power System”, 10th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, ISGT-Europe 2020, virtual conference, 26-28 October 2020.
- [PA.Trasmis.17]. Di Dio, V. and Sciumè, G. and Zizzo, G. and Musca, R. and Vasile, A., “Analysis of a Fast Reserve Unit Behaviour with Additional Modular Synthetic Inertia Control”, 15th IEEE International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering, CPE-POWERENG 2021, Firenze, Italy, 14-16 July 2021.
- [PA.Trasmis.18]. R. Musca; E. R. Sanseverino; G. Zizzo; A. L'Abbate, “An Accurate Model for Steady-State and Dynamic Analysis of the Sicilian Network with HVDC Interconnections”, 17th International Conference on AC and DC Power Transmission (ACDC 2021), virtual conference, 7-8 December 2021.
- [PA.Trasmis.19]. Favuzza, S. and Musca, R. and Sanseverino, E.R. and Zizzo, G., “Sensitivity Analysis and Frequency Dynamics of Grid-Connected Converters with Virtual Inertia”, 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021, Bari, Italy, 7-10 September 2021.
- [PA.Trasmis.20]. M.G. Ippolito, R. Musca, G. Zizzo, “Frequency Dynamics of the European System during Split Integrating Grid-Forming Capabilities”, 20th Wind Integration Workshop, Berlin, Germany, 29-30 September 2021.
- [PA.Trasmis.21]. R. Musca, G. Zizzo, V. Cascio, E. Festuccia, “Experimental Testing of a Wind Power Plant with IEC 61400-27 Models for Voltage Regulation Service in Italy”, 20th Wind Integration Workshop, Berlin, Germany, 29-30 September 2021.
- [PA.Trasmis.22]. Ippolito, M.G. and Musca, R. and Zizzo, G., “Fundamental Analysis of Grid-Forming Converters Enhanced with Feedforward Controls”, 2022 International Conference on Power Energy Systems and Applications, ICOPESA 2022, virtual conference, 25-27 February 2022.

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

### Piccole isole non alimentate dalla rete elettrica principale

Uno dei temi di ricerca più attuali è quello della messa a punto di soluzioni per l'efficientamento del sistema di generazione, distribuzione ed utilizzazione delle risorse energetiche nelle piccole isole non alimentate dalla rete elettrica principale anche in presenza di comunità energetiche rinnovabili. Nell'ambito della ricerca di sistema, l'unità di Palermo ha sviluppato diversi studi per valutare gli impatti della building automation, dell'utilizzo di pompe di calore ad alta efficienza, del demand response, e della penetrazione da fonti rinnovabili nelle isole minori. Riguardo quest'ultimo punto, sono state anche definite delle metodologie per la valutazione del mix energetico ottimale da installare presso le varie isole tenendo conto delle problematiche di stabilità della frequenza. Il funzionamento del sistema elettrico autonomo in condizioni di alta percentuale di generazione non-sincrona è stato studiato con particolare attenzione al comportamento oscillatorio transitorio, allo smorzamento critico e alle possibili soluzioni in termini di controllo grid-forming dei convertitori statici di potenza.

Sempre in relazione al tema dell'uso del Demand Response ai fini della regolazione nelle isole e nell'ambito del progetto BLORIN la fornitura del servizio è stata mediata da una piattaforma blockchain. La stessa è in grado di calcolare attraverso smart contracts la customer baseline in modo certificato e può altresì certificare il consumo effettivo da parte degli utenti finali durante gli eventi di Demand Response. Anche in questo caso, è stato ideato un sistema di remunerazione del servizio di Demand Response, che tiene conto della condizione particolare che si riferisce alla ubicazione su una isola geografica con un sistema di alimentazione per lo più basato su combustibili fossili.

### Collaborazioni con altre unità

Molti degli studi sulle isole minori sono stati condotti in collaborazione con ENEA.

Lo studio riguardante l'impatto delle pompe di calore sui profili di carico delle isole minori è stato svolto in collaborazione con il Politecnico di Bari.

Lo studio dell'applicazione della tecnologia Blockchain applicata agli scenari di Demand Response nelle isole è stato condotto nel progetto BLORIN in collaborazione con: il LabZero del Politecnico di Bari, con il laboratorio SNAPPLab, con le aziende Exalto Energy & Innovation Srl, Palermo (PA), Italy e Regalgrid Europe S.r.l., Treviso (TV), Italy, con le aziende distributrici SELIS S.p.A. e SEA Favignana.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Graduate School of Engineering - The University of Tokyo - Tokyo, Japan

CIRCE Foundation (Centre of Research for Energy Resources and Consumption), Zaragoza, Spain

NEPLAN, Zurich, Switzerland

Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden

Birzeit University, Birzeit, Palestine

### Bibliografia

[PA.Distrib.1]. D. Curto, S. Favuzza, V. Franzitta, A. Guercio, M. Amparo Navarro Navia, E. Telaretti, G. Zizzo, "Grid Stability Improvement Using Synthetic Inertia by Battery Energy Storage Systems in Small Islands", Energy, Volume 254, 1 September 2022, Article number 124456, DOI: 10.1016/j.energy.2022.124456.

[PA.Distrib.2]. P. Gallo, G. L. Restifo, E. R. Sanseverino, G. Sciumè and G. Zizzo, "A Blockchain-based Platform for Positive Energy Districts," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854792.

Presidente | Segretario

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [PA.Distrib.3]. M. G. Ippolito, R. Musca, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, "Frequency Dynamics in Fully Non-Synchronous Electrical Grids: A Case Study of an Existing Island", *Energies*, Volume 15, Issue 6, March-2 2022, Article number 2220, DOI: 10.3390/en15062220.
- [PA.Distrib.4]. F. Martorana, M. Bonomolo, G. Leone, F. Monteleone, G. Zizzo, M. Beccali, "Solar-assisted heat pumps systems for domestic hot water production in small energy communities", *Solar Energy*, Volume 217, Pages 113 – 133, 15 March 2021, DOI: 10.1016/j.solener.2021.01.020.
- [PA.Distrib.5]. F. Massaro, G. Pace, E. Riva Sanseverino, K. Tanaka, G. Zizzo, "An Algorithm for Optimal Sizing of BESS in Smart Islands Energy Communities: The Case of Pantelleria", 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021, Bari, 7-10 September 2021, DOI: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584620.
- [PA.Distrib.6]. P. Gallo, E. Riva Sanseverino, G. L. Restifo, G. Sciumè, G. Zizzo, "Demand Response for Integrating Photovoltaic Plants in Lampedusa Island" 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021, Bari, 7-10 September 2021, DOI: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584591.
- [PA.Distrib.7]. D. Curto, S. Favuzza, V. Franzitta, R. Musca, M. A. Navarro Navia, G. Zizzo, "Evaluation of the optimal renewable electricity mix for Lampedusa Island: The adoption of a technical and economical methodology", *Journal of Cleaner Production*, Volume 263, 1 August 2020, Article number 121404, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121404.
- [PA.Distrib.8]. M. Bonomolo, M. G. Ippolito, G. Leone, R. Musca, V. Porgi, G. Zizzo, A. Cagnano, E. De Tuglie, "On the Impact of Heat Pumps Electric Load on the Power Consumption of Lampedusa", 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, 23-25 September 2020, Article number 9241146, DOI: 10.23919/AEIT50178.2020.9241146.
- [PA.Distrib.9]. J. Munoz-Cruzado-alba, R. Musca, J. Ballestin-Fuertes, J.F. Sanz-Osorio, D.M. Rivas-Ascaso, M.P. Jones, A. Catania, and E. Goosen. Power grid integration and use-case study of acid-base flow battery technology. *Sustainability*, 13(11), May 2021.
- [PA.Distrib.10]. M. Bongiorno, S. Favuzza, M. G. Ippolito, R. Musca, G. Zizzo, "Inertial response of isolated power networks with wind power plants", 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019, Milano, Italia, 23-27 Giugno 2019, DOI: 10.1109/PTC.2019.8810574.
- [PA.Distrib.11]. M. Bongiorno, R. Musca, G. Zizzo, "Grid-Forming Converters in Weak Grids – The Case of a Mediterranean Island", 18th Wind Integration Workshop, International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Power Plants, Dublin, Ireland, 16-18 Ottobre 2019.
- [PA.Distrib.12]. J.A. Sa'ed, D. Curto, S. Favuzza, R. Musca, M.N. Navia, G. Zizzo, "A Simulation Analysis of VSM Control for RES plants in a Small Mediterranean Island", 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2020, Madrid, Spain, 9-12 Giugno 2020, DOI: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160501.
- [PA.Distrib.13]. Ippolito, M.G. and Musca, R. and Zizzo, G. and Bongiorno, M., "Extension and Tuning of Virtual Synchronous Machine to Avoid Oscillatory Instability in Isolated Power Networks", 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, virtual conference, 23-25 September 2020.
- [PA.Distrib.14]. R. Musca, K. Kouzelis, "A Study of Power-Frequency Dynamics in Isolated Power Networks with 100% Converter-Interfaced Generation", 19th Wind Integration Workshop, virtual conference, 11-12 November 2020.
- [PA.Distrib.15]. M.G. Ippolito, R. Musca, E.R. Sanseverino, and G. Zizzo. Frequency dynamics in fully non-synchronous electrical grids: A case study of an existing island. *Energies*, 15(6), March 2022.

- [PA.Distrib.16]. M. L. Di Silvestre, P. Gallo, E. R. Sanseverino, G. Sciumè and G. Zizzo, "Aggregation and Remuneration in Demand Response With a Blockchain-Based Framework," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 56, no. 4, pp. 4248-4257, July-Aug. 2020, doi: 10.1109/TIA.2020.2992958.
- [PA.Distrib.17]. M. L. Di Silvestre, P. Gallo, G. Restifo, E. R. Sanseverino, G. Sciumè and A. Vasile, "A Proposal for Customer Baseline Load Evaluation from Electricity Bills," 2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2022, pp. 1050-1055, doi: 10.1109/MELECON53508.2022.9843014.
- [PA.Distrib.18]. G. Sciumè, E. J. Palacios-García, P. Gallo, E. R. Sanseverino, J. C. Vasquez and J. M. Guerrero, "Demand Response Service Certification and Customer Baseline Evaluation Using Blockchain Technology," in IEEE Access, vol. 8, pp. 139313-139331, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012781.
- [PA.Distrib.19]. P. Gallo, S. Longo, F. Montana, E. Riva Sanseverino and G. Sciumè, "Blockchain-based DR logic: a trade-off between system operator's and customer's needs," 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2020, pp. 576-581, doi: 10.1109/MELECON48756.2020.9140494.
- [PA.Distrib.20]. M. L. Di Silvestre, P. Gallo, E. R. Sanseverino, G. Sciumè and G. Zizzo, "A new architecture for Smart Contracts definition in Demand Response Programs," 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783960.

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

Impatti della mobilità elettrica sulle reti di distribuzione e servizi V2G forniti

Il settore dei trasporti si sta muovendo verso un trasporto pulito e verde con il mercato dei veicoli elettrici in veloce crescita a livello globale.

La ricerca condotta dall'Unità di Palermo è stata focalizzata soprattutto sui sistemi di distribuzione nelle isole geografiche, nei quali la generazione di elettricità è affidata tipicamente a combustibili fossili e la mobilità è basata su flotte di veicoli con motore a combustione interna. Tali reti presentano una condizione di fragilità non potendo beneficiare della maggiore flessibilità derivante dall'interconnessione alla rete principale.

Con riferimento all'isola di Favignana, sono stati condotti studi di valutazione dell'impatto sui sistemi elettrici di sistemi di ricarica lenta per i veicoli elettrici sotto diversi scenari, anche attraverso comparazioni con differenti realtà dal punto di vista delle caratteristiche della rete elettrica, della densità di popolazione e delle abitudini della popolazione (come quella della città metropolitana di Palermo).

Sono state indagate strategie di ricarica dei veicoli elettrici con l'obiettivo di minimizzarne i costi e al contempo favorire l'integrazione di generazione elettrica da fonti rinnovabili nella rete elettrica dell'isola. Con riferimento a modalità di scambio energetico di tipo bidirezionale tra veicoli elettrici e reti (V2G), sono stati indagati gli effetti sulla stabilità della rete, valutando il numero ottimale di punti di ricarica, in presenza di generazione fotovoltaica diffusa. Il contributo di tali azioni di supporto alla rete è stato implementato grazie ad una piattaforma blockchain realizzata nell'ambito del progetto BLORIN. Allo scopo, sono stati eseguiti studi per la valutazione del sistema di remunerazione dei servizi offerti dai veicoli elettrici, sia in modalità 'smart charging/discharging' che in modalità 'regolazione primaria'. I modelli di remunerazione sono stati implementati in smart contracts. È stato valutato e tracciato anche l'invecchiamento della batteria del veicolo elettrico, grazie al sistema di supporto alla fornitura del servizio.

Collaborazioni con altre unità ed aziende

	<p>Presidente Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it</p>	<p>Segretario Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it</p>
--	---	--



Lo studio dell'applicazione della tecnologia Blockchain applicata agli scenari di Vehicle-to-Grid è stato condotto nell'ambito del progetto BLORIN in collaborazione con: LabZero del Politecnico di Bari, con il laboratorio SNAPPLab, con le aziende Exalto Energy & Innovation Srl, Palermo (PA), Italy e Regalgrid Europe S.r.l., Treviso (TV), Italy, con le aziende distributrici SELIS S.p.A. e SEA Favignana.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Il confronto dell'impatto dei veicoli elettrici sulle reti urbane e insulari è stato fatto in collaborazione con Fraunhofer Institute IFF, Energy systems and infrastructures, Magdeburg, German.

### Bibliografia

- [PA.Trasporti.1]. M. L. Di Silvestre, R. Musca, E. R. Sanseverino, G. Sciumè, A. Vasile and G. Zizzo, "A Feasibility Study for the Transition to Electric Mobility in the Island of Favignana," 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584779.
- [PA.Trasporti.2]. Qais Ali, Maria Luisa Di Silvestre, Pio Alessandro Lombardi, Salvatore Mastrosimone, Eleonora Riva Sanseverino, Gaetano Zizzo, "Comparing the Impact of Electric Vehicles on Urban and Insular Networks", 1st Workshop on BLockchain for Renewables Integration, 2-3 September 2022, Palermo
- [PA.Trasporti.3]. Li, Qais and Di Silvestre, Maria Luisa and Restifo, Giovanni Lorenzo and Sanseverino, Eleonora Riva and Sciumè, Giuseppe and Vasile, Antony and Zizzo, Gaetano, "A Simulation Study for Assessing the Minimum Number of V2G Recharge Points in Favignana," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854609.
- [PA.Trasporti.4]. M. Caruso, P. Gallo, M.G. Ippolito, S. Nassuato, N. Tomasone, E.R. Sanseverino, G. Sciumè, G. Zizzo, Chapter 7 - Challenges and directions for Blockchain technology applied to Demand Response and Vehicle-to-Grid scenarios, Editor(s): Giorgio Graditi, Marialaura Di Somma, Distributed Energy Resources in Local Integrated Energy Systems, Elsevier, 2021, Pages 207-230, ISBN 9780128238998.
- [PA.Trasporti.5]. Carlos Antônio Rufino Júnior, Eleonora Riva Sanseverino, Pierluigi Gallo, Daniel Koch, Hans-Georg Schweiger, Hudson Zanin, "Blockchain review for battery supply chain monitoring and battery trading", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 157, 2022, Elsevier.
- [PA.Trasporti.6]. A. Augello, P. Gallo, E. R. Sanseverino, G. Sciabica and G. Sciumè, "Tracing battery usage for second life market with a blockchain-based framework," 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584472.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Efficientamento e automazione degli impianti di utente

La ricerca si è concentrata sulla definizione di metodologie ed algoritmi per la gestione delle risorse flessibili presso gli utenti e la previsione del loro comportamento, al fine di migliorare lo sfruttamento delle risorse energetiche locali (e.g. impianti fotovoltaici installati presso gli utenti finali) ed incrementare l'efficienza degli usi finali dell'energia elettrica e termica. Sono state analizzate diverse soluzioni per l'aggregazione e il controllo di carichi inclusi quelli per l'illuminazione, per il condizionamento/riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria (con scaldacqua elettrici tradizionali o pompe di calore), oltre che altri carichi differibili quali lavatrici e lavastoviglie. Sono stati definiti algoritmi per massimizzare l'autoconsumo e ridurre l'utilizzo dei sistemi di accumulo elettrico (notoriamente con rendimento inferiore all'unità).

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



Il Laboratorio Smart and Micro Grids Lab ospita, realizzato nell'ambito del progetto BLORIN, un prototipo di smart prosumer che implementa la flessibilità che può offrire un utente prosumer e consente il controllo di carichi elettrici e sistemi di accumulo.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## Microreti ibride AC/SC

Nell'ambito della ricerca di sistema è stata condotta una ricerca finalizzata alla valutazione dell'affidabilità e delle continuità di servizio di microreti ibride AC/DC in diversi scenari energetici. E' stata definita una metodologia di analisi generale per lo studio di tali microreti in regime stazionario e dinamico e un approccio per il calcolo delle correnti di cortocircuito.

## Collaborazioni con altre unità

Alcuni dei lavori sul controllo dei carichi termici e dei carichi luce e sulle microreti AC/DC sono stati svolti in collaborazione con ENEA e con Engineering Ingegneria Informatica S.p.A..

## Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

I lavori sulla previsione dei consumi energetici degli elettrodomestici sono stati svolti in collaborazione con: Faculty of Electrical Engineering and Informatics, University of Pardubice, Pardubice, Czech Republic.

## Bibliografia

- [PA.Utiliz.1]. D. Arnone, M. Cacioppo, M. G. Ippolito, M. Mammina, L. Mineo, R. Musca, G. Zizzo, "A Methodology for Exploiting Smart Prosumers' Flexibility in a Bottom-Up Aggregation Process", Applied Sciences, Volume 12, Issue 1, January-1 2022, Article number 430, DOI: 10.3390/app12010430.
- [PA.Utiliz.2]. M. Cacioppo, S. Favuzza, M. G. Ippolito, R. Musca, E. Riva Sanseverino, E. Telaretti, G. Zizzo, D. Arnone, M. Mammina, "DEMAND Project: An algorithm for the assessment of the prosumers' flexibility", 20th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, MELECON 2020 – Proceedings, Pages 565 – 569, June 2020, Article number 9140612, Palermo, 15-18 June 2020, DOI: 10.1109/MELECON48756.2020.9140612.
- [PA.Utiliz.3]. M. Bonomolo, G. Zizzo, Gaetano, S. Ferrari, M. Beccali, S. Guarino, "Empirical BAC factors method application to two real case studies in South Italy", Energy, Volume 236, 1 December 2021, Article number 121498, DOI: 10.1016/j.energy.2021.121498.
- [PA.Utiliz.4]. M. Bonomolo, M. Beccali, G. Zizzo, L. Mineo, B. Di Pietra, A. Buscemi, "Experimental Set up of Advanced Lighting Systems for Load Shifting Strategies", 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021 - Proceedings 2021 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021, Bari, 7-10 September 2021, DOI: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope51590.2021.9665407.
- [PA.Utiliz.5]. G. Ala., A. Di Gangi, G. Zizzo, "A methodology for evaluating the flexibility potential of domestic air-conditioning systems", 20th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, MELECON 2020 – Proceedings, Pages 588 – 593, June 2020, Article number 914065, Palermo, 15-18 June 2020, DOI: 10.1109/MELECON48756.2020.9140651.
- [PA.Utiliz.6]. S. Ferrari, M. Beccali, P. Caputo, G. Zizzo, "Electricity Consumption Analysis of Tertiary Buildings: An Empirical Approach for Two University Campuses", Journal of Architectural Engineering, Volume 26, Issue 21, June 2020, Article number 05020005, DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000415.
- [PA.Utiliz.7]. M. Bonomolo, S. Ferrari, G. Zizzo, "Assessing the electricity consumption of outdoor lighting systems in the presence of automatic control: The OL-BAC factors method", Sustainable Cities and Society, Volume 54, March 2020, Article number 102009, DOI: 10.1016/j.scs.2019.102009.
- [PA.Utiliz.8]. M. Mrazek, D. Honc, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, "Predictive Model of Energy Consumption of a Home", Advances in Intelligent Systems and Computing, Volume 1295, Pages 531 – 540, 2020 4th Computational Methods in Systems and Software, CoMeSySo 2020, 14-17 October 2020, DOI: 10.1007/978-3-030-63319-6\_49.
- [PA.Utiliz.9]. M. Beccali, L. Bellia, F. Fragliasso, M. Bonomolo, G. Zizzo, G. Spada, "Assessing the lighting systems flexibility for reducing and managing the power peaks in smart grids", Applied Energy, Volume 268, 15 June 2020, Article number 114924, DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.114924.

### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [PA.Utiliz.10]. Genna A., Di Carlo S., Massaro F., Montana F., & Riva Sanseverino E. (2021). Optimizing the generation system in a microgrid with power, thermal energy and mobility demands. In 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021 - Proceedings (pp. 1-5). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. [10.1109/IEEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584623].
- [PA.Utiliz.11]. G. Adinolfi, V. Sorrentino, M. Valenti, G. Graditi, G. Sciumè, S. Favuzza, G. Zizzo, "DC Grids for Supporting AC Power System during Failure Events: Experimental Testing of a Urban Case Study", BLORIN 2022, 1st IEEE Workshop on BLockchain for Renewables Integration, Palermo (Italy), September 2-3, 2022, ISBN 978-1-6654-7249-4
- [PA.Utiliz.12]. S. Favuzza, S. Moradi, R. Musca, G. Zizzo "Energy Management System in Grid-Connected Small Scale AC/DC Microgrids Including Renewable Sources and Flexible Loads", BLORIN 2022, 1st IEEE Workshop on BLockchain for Renewables Integration, Palermo (Italy), September 2-3, 2022, ISBN 978-1-6654-7249-4
- [PA.Utiliz.13]. S. Favuzza, M. G. Ippolito, F. Massaro, S. Moradi, R. Musca, V. Porgi, G. Zizzo, G. Adinolfi, A. Ricca, R. Ciaravella, M. Valenti, "Dynamic Control of Static Converters for the Transition from Grid-on to Grid-off Operation of AC/DC Microgrids". Proceedings of 22nd IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 6th IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/ICPS Europe 2022, Prague (Czech Republic), June 28 - July 1, 2022, ISBN: 978-1-6654-8537-1, DOI 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope4979.2022.9854668
- [PA.Utiliz.14]. S. Favuzza, M. Mitolo, R. Musca, G. Zizzo "Short-circuit Calculations in Hybrid AC/DC Microgrids", 58th IEEE/IAS Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, I and CPS 2022 Conference, Las Vegas, Nevada, USA, May 2-5, 2022, ISBN: 978-1-6654-0918-6, DOI 10.1109/ICPS54075.2022.977390
- [PA.Utiliz.15]. A. Boni, S. Favuzza, M. G. Ippolito, F. Massaro, S. Modari, R. Musca, V. Porgi, G. Zizzo, "A Simulation Analysis for Assessing the Reliability of AC/DC Hybrid Microgrids – Part I: Underground Station and Car Parking". Proceedings of 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 5th IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/ICPS Europe 2021, Bari (Italy), September 7-10, 2021, ISBN: 978-1-6654-3613-7, DOI 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584826
- [PA.Utiliz.16]. A. Boni, S. Favuzza, M. G. Ippolito, F. Massaro, S. Modari, R. Musca, V. Porgi, G. Zizzo, "A Simulation Analysis for Assessing the Reliability of AC/DC Hybrid Microgrids – Part II: Port Area and Residential Area". Proceedings of 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 5th IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/ICPS Europe 2021, Bari (Italy), September 7-10, 2021, ISBN: 978-1-6654-3613-7, DOI 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584607

## ALTRI TEMI

Sicurezza elettrica e ingegneria forense

Nel triennio 2020-2022, l'unità di Palermo si è occupata dello studio di diverse problematiche relative ad aspetti di sicurezza elettrica, in particolare:

- l'insacco degli incendi in relazione al rischio di fulminazione;
- i requisiti degli impianti elettrici nei luoghi con maggior rischio in caso di incendio;
- la distribuzione della corrente nei rivestimenti metallici dei cavi;
- la valutazione dello stato di salute dei trasformatori di distribuzione;
- l'ingegneria forense e l'impatto della Covid-19 sull'esecuzione delle verifiche sugli impianti.

I temi trattati sono stati scelti tenendo conto delle recenti evoluzioni normative che impongono nuove soluzioni per incrementare i livelli di sicurezza per le persone e per gli edifici in ambito sia civile sia industriale.

Collaborazioni con altre unità

I lavori riguardanti il rischio di fulminazione sono in collaborazione con il Politecnico di Torino.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

I lavori riguardanti la distribuzione della corrente elettrica nei rivestimenti metallici dei cavi AT sono stati svolti in collaborazione con Prysmian Electronics SpA.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

La quasi totalità delle ricerche condotte sul tema della sicurezza e dell'ingegneria forense è stata svolta in collaborazione con: Irvine Valley College, Irvine, California (USA).

Il lavoro sullo stato di salute dei trasformatori è in collaborazione con:

- Hawaii Natural Energy Institute, University of Hawaii at Manoa, Honolulu (USA);
- Institute of Energy Science, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi (Vietnam)
- Provincial Electricity Authority, Bangkok (Thailand).

## Bibliografia

- [PA.Altri.1]. G. Ala, S. Favuzza, M. Mitolo, R. Musca, G. Zizzo, "Forensic Analysis of Fire in a Substation of a Commercial Center", IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 56, Issue 3, Pages 3218 – 3223, May-June 2020, Article number 8981879, DOI: 10.1109/TIA.2020.2971675.
- [PA.Altri.2]. R. Candela, A. Gattuso, M. Mitolo, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, "A Comparison of Special Bonding Techniques for Transmission and Distribution Cables", Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020, June 2020, Article number 91605492020, Madrid, Spain, 9-12 June 2020, DOI: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160549.
- [PA.Altri.3]. R. Candela, A. Gattuso, M. Mitolo, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, "A Model for the Study of Sheath Currents in Medium Voltage Cables for Industrial Application", Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, Volume 2020, June 2020, Article number 9176820, Las Vegas, USA, 28-29 June 2020, DOI: 10.1109/ICPS48389.2020.9176820.
- [PA.Altri.4]. R. Candela, A. Gattuso, M. Mitolo, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, "A Model for Assessing the Magnitude and Distribution of Sheath Currents in Medium and High-Voltage Cable Lines", IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 56, Issue 6, Pages 6250 – 6257, November-December 2020, Article number 9201352, DOI: 10.1109/TIA.2020.3025516.
- [PA.Altri.5]. Q. T. Tran, K. Davies, L. Roose, P. Wiriyakitikun, J. Janjampop, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, "A review of health assessment techniques for distribution transformers in smart distribution grids", Applied Sciences, Volume 10, Issue 22, Pages 1 – 21, 2 November 2020, Article number 8115, DOI: 10.3390/app10228115.
- [PA.Altri.6]. R. Candela, A. Gattuso, M. Mitolo, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, "A Comparison of Special Bonding Techniques for Transmission and Distribution Cables under Normal and Fault Conditions", IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 57, Issue 1, Pages 101 – 109, January-February 2021, Article number 9237129, DOI: 10.1109/TIA.2020.3032947.
- [PA.Altri.7]. M. Mitolo, E. Pons, G. Zizzo, "Protection of Trees against Lightning Strikes as a Measure to Prevent Fires and Loss of Human Life", Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, Volume 2021-April, 27-30 April 2021, Article number 9416630, Las Vegas (USA), DOI: 10.1109/ICPS51807.2021.9416630.
- [PA.Altri.8]. M. Mitolo, G. Zizzo, C. Fox, T. Bajzek, "Forensic Inspections in the Time of Covid-19", Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, Volume 2021, 27-30 April 2021, Article number 9416634, Las Vegas (USA), DOI: 10.1109/ICPS51807.2021.9416634.
- [PA.Altri.9]. M. Mitolo, E. Pons, G. Zizzo, "A Methodology for Protection of Trees against Lightning Strikes as a Measure to Prevent Fires and Loss of Human Life", IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 57, Issue 4, Pages 3538 – 3544, July-August 2021, Article number 9442318, DOI: 10.1109/TIA.2021.3084122

## Cybersecurity nelle infrastrutture critiche

Nel triennio 2020-2022, l'unità di Palermo si è occupata dello studio di diversi aspetti della sicurezza informatica nell'ambito della implementazione di piattaforme per la fornitura di servizi energetici.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

I temi trattati si riferiscono ad una collaborazione con un nutrito gruppo di esperti di Telecomunicazioni.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

I lavori sono stati svolti in collaborazione con il CNIT, con il gruppo del prof Bianchi presso Tor Vergata e con lo SNAPPLab dell'Università di Palermo nell'ambito del progetto BLORIN.

Bibliografia

[PA.Altri.10]. L. Bracciale, P. Loreti, E. Raso, G. Bianchi, P. Gallo and E. R. Sanseverino, "A Privacy-Preserving Blockchain Solution to Support Demand Response in Energy Trading," 2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2022, pp. 677-682, doi: 10.1109/MELECON53508.2022.9843108.

[PA.Altri.11]. G Sciumè, ER Sanseverino, P Gallo, A Practical Guide to Trading and Tracing for the Energy Blockchain, 2022 Springer Nature

## PROGETTI

- *DEMAND: DistributEd MANagement logics and Devices for electricity savings in active users installations*

Responsabile scientifico: Prof. Mariano Giuseppe Ippolito

Ente finanziatore: MiSE

Breve descrizione: L'obiettivo è realizzare un sistema di aggregazione di tipo bottom-up con la finalità di direct load control per utenze elettriche dei settori residenziale, terziario ed industriale tramite l'utilizzo di un dispositivo embedded, chiamato energy gateway, in grado di: interagire con gli altri utenti tramite la rete Internet per negoziare le decisioni da intraprendere in risposta alle richieste del fornitore di servizio o del distributore; controllare i carichi elettrici che possono essere oggetto di regolazione tramite tecnologie di accesso locale.

Sedi partner: Università di Salerno.

Altre informazioni: Progetto finanziato su fondi di Ricerca di Sistema Elettrico.

- *BLORIN - Blockchain per la gestione decentrata delle Rinnovabili*

Responsabile scientifico: Prof. Eleonora Riva Sanseverino

Ente finanziatore: PO FESR – Unione Europea – Regione Sicilia

Breve descrizione: Il progetto BloRin ha l'obiettivo di realizzare una piattaforma tecnologica basata sulla blockchain per la diffusione delle energie rinnovabili e la gestione di scambi energetici. Tale piattaforma aiuterà la creazione e la diffusione di Smart Communities solari e sarà in grado di favorire le interazioni tra i produttori/consumatori, i "prosumers", di gestire infrastrutture di ricarica di veicoli elettrici e di coordinare gli scambi con il distributore dell'energia elettrica. La tecnologia blockchain verrà utilizzata per gestire gli scambi di energia tra i prosumers, per effettuarne l'aggregazione, per fornire servizi di bilanciamento.

Sedi partner: -

Altre informazioni: PO FESR Sicilia 2014/2020 - Action 1.1.5 - identification code: SI123074 - CUP G79J18000680007

- *SMARTEP - Sustainable model and renewable thinking energy parking*

Responsabile scientifico: Prof. Salvatore Favuzza

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Ente finanziatore: PO FESR

Breve descrizione: Il progetto prevede la realizzazione di un Energy parking ottimizzato con sistema ICT di monitoraggio e gestione del parking, impianto fotovoltaico ibrido controllabile e stazioni di ricarica delle auto elettriche con tecnologia V2G.

Sedi partner: -

Altre informazioni: PO FESR Sicilia 2014/2020 - Azione 1.1.5 "Sostegno all'avanzamento tecnologico delle imprese attraverso il finanziamento di linee pilota e azioni di validazione precoce dei prodotti e di dimostrazione su larga scala" - CUP G58I18000770007.

- *Analisi delle problematiche di gestione per l'integrazione nelle attuali reti in AC di nuove reti in DC in MT/BT (Media Tensione/Bassa Tensione)*

Responsabile scientifico: Prof. Salvatore Favuzza

Ente finanziatore: MiSE

Breve descrizione: Definizione di metodologie e strumenti informatici per la valutazione dell'affidabilità delle microreti ibride AC/DC.

Sedi partner: Politecnico di Milano, Università di Pisa

Altre informazioni: Accordo di Collaborazione con ENEA nell'ambito del Progetto: 2.7 Modelli e strumenti per incrementare l'efficienza energetica nel ciclo di produzione, trasporto, distribuzione dell'elettricità - Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - Obiettivo: Sistema Elettrico

- *Studio di fattibilità di soluzioni per l'efficientamento energetico delle Isole Minori*

Responsabile scientifico: Prof. Gaetano Zizzo

Ente finanziatore: MiSE

Breve descrizione: Definizione di soluzioni per l'efficientamento energetico degli utenti residenziali e del terziario delle isole minori attraverso azioni di Demand Response su carichi elettrici, termici e luce e utilizzo di sistemi di accumulo e fonti rinnovabili anche in un modello di comunità energetica.

Sedi partner: -

Altre informazioni: Accordo di Collaborazione con ENEA nell'ambito del Progetto: 1.5 Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti - Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - Obiettivo: Sistema Elettrico

## LABORATORI

### *Smart & Micro grids Lab*

Breve descrizione: Il laboratorio nasce con lo scopo di sperimentare nuove soluzioni hardware e software per la gestione e il controllo di smart grid e microgrid in corrente alternata e continua e con presenza di sistemi di accumulo, carichi controllabili e fonti rinnovabili. Responsabili del laboratorio: Prof. M. G. Ippolito e Prof.ssa E. Riva Sanseverino.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it



## UNITÀ DI PAVIA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE  
VIA FERRATA 1  
27100 PAVIA  
TEL. +39 0382 985259

**Responsabile Scientifico:** Mario Montagna – Cristian Bovo (dal 1 gennaio 2021)

**Sito web:** [www.unipv.it](http://www.unipv.it)

**Composizione unità:**

Nome	Cognome	Ruolo
Cristian	Bovo	Professore Associato
Mario	Montagna	Professore Associato

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Struttura zonale della rete elettrica di trasmissione

I lavori [PV.Trasmis.1] e [PV.Trasmis.2] si collocano nel contesto dello sviluppo di procedure *model based* per la suddivisione della rete di trasmissione in zone di mercato eseguito in collaborazione con ENSIEL e Terna SpA. Uno specifico modello di ottimizzazione in DC fornisce gli indicatori nodali ad algoritmi di clustering appositamente progettati. Tali algoritmi individuano possibili configurazioni zonali da confrontare con la struttura zonale attualmente impiegata per la rete di trasmissione nazionale. Gli indicatori nodali sono valutati su un insieme di scenari operativi storici e significativi della rete di trasmissione, selezionati dal TSO italiano. I risultati mostrano la capacità del modello di individuare soluzioni approfondite per il supporto del processo di revisione della struttura zonale.

Il lavoro [PV.Trasmis.2] descrive nel dettaglio l'algoritmo di ottimizzazione impiegato per il calcolo degli indicatori nodali, ossia i prezzi nodali marginali (locational marginal price, LMP) e i PTDF rispetto agli elementi critici della rete. In particolare, il problema di ottimizzazione, attraverso il quale si calcola la soluzione del mercato del giorno prima massimizzando il benessere sociale a partire dalla offerte pubbliche storiche, modelizza, tra i set di vincoli, i criteri di sicurezza N-1 per il funzionamento della rete di trasmissione in modo esplicito, piuttosto che in modo semplificato e approssimato, come riscontrato in letteratura.

### Optimal power flow

In [PV.Trasmis.3] sono rivisti i modelli di ottimizzazione per il dispacciamento delle risorse di generazione considerando la sicurezza statica e dinamica della rete. Tale attività è eseguita in collaborazione con ENSIEL e Terna SpA. Data la difficoltà di risolvere problemi di ottimizzazione non lineare con variabili discrete, si propone il disaccoppiamento dei problemi di potenza attiva e reattiva. I due problemi risultanti interagiscono in modo iterativo. In particolare, per quanto riguarda il problema attivo, è risolto un problema di Security Verification (SV) che tiene conto dei vincoli associati alla potenza attiva prodotta dai gruppi di generazione. In tale modulo di calcolo è definito lo stato di funzionamento dei gruppi di generazione. Sono quindi modellati i vincoli di sicurezza statica sui collegamenti della rete, i vincoli di controllo della frequenza primaria/secondaria finalizzati a individuare le bande di regolazione richieste e infine l'inerzia minima. Il modello risultante è un MILP ed è stato convalidato confrontando gli esiti con simulazioni dinamiche eseguite su reti test appositamente realizzate. La soluzione calcolata dal problema di SV costituisce l'input di un problema di AC OPF, finalizzato al calcolo del dispacciamento ottimo delle potenze reattive. Eventuali criticità inerenti la soluzione del problema di AC OPF fornisce gli input per rivedere la soluzione fornita dal modulo di SV, attraverso una procedura iterativa appositamente definita.

### Collaborazioni con altre unità

Politecnico di Milano.  
Politecnico di Torino.

### Bibliografia

- [PV.Trasmis.1]. Bovo, C., Ilea, V., Carlini, E.M., Caprabanca, M., Quaglia, F., Luzi, L., Nuzzo, G., Optimal computation of network indicators for electricity market bidding zones configuration considering explicit n-1 security constraints (2021) *Energies*, 14 (14), art. no. 4267, DOI: 10.3390/en14144267
- [PV.Trasmis.2]. Bovo, C., Ilea, V., Colella, P., Bompard, E., Chicco, G., Mazza, A., Russo, A., Carlini, E.M., Caprabanca, M., Quaglia, F., Luzi, L., Model-based Determination of Bidding Zones: An Approach Based on Multiple Scenarios, Optimal Power Flow and Clustering Algorithms (2021) 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021, DOI: 10.23919/AEIT53387.2021.9626860
- [PV.Trasmis.3]. Berizzi, A., Ilea, V., Petrelli, M., Vicario, A., Bovo, C., Carlini, E.M., Del Pizzo, F., Giannuzzi, G., Pisani, C., Puddu, R., Zaottini, R., OPF model with dynamic security constraints: A state of the art review (2021) 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021, DOI: 10.23919/AEIT53387.2021.9627047

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

### Pianificazione delle reti di distribuzione urbane

Il lavoro [PV.Distrib.1] propone una metodologia innovativa per la pianificazione dell'espansione delle reti di distribuzione basata sui sistemi GIS. La metodologia proposta combina la triangolazione di Delaunay con un modello di programmazione lineare a numeri interi misti in un approccio a 2 fasi. Le sottostazioni secondarie sono raggruppate in gruppi di sottostazioni primarie, considerando sia il funzionamento normale che quello di emergenza. Nel modello sono introdotti vincoli topologici ed elettrici nonché un minimo livello di affidabilità; la formulazione matematica del problema include vincoli di alimentazione e di sottostazione. Tale metodologia costituisce il primo step dell'intero processo di pianificazione dell'espansione della rete di distribuzione. Pertanto, deve essere in grado di fornire macro informazioni che i pianificatori possono perfezionare nelle fasi successive del processo. Un caso di studio su una rete reale illustra l'efficacia dell'approccio proposto. Tale attività è stata svolta in collaborazione con il Planning Department di UNARETI S.p.A..

### Bibliografia

- [PV.Distrib.1]. Bosisio, A., Berizzi, A., Amaldi, E., Bovo, C., Morotti, A., Greco, B., Iannarelli, G., A GIS-based approach for high-level distribution networks expansion planning in normal and contingency operation considering reliability (2021) Electric Power Systems Research, 190, art. no. 106684, DOI: 10.1016/j.epr.2020.106684

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Comunità energetiche

Con lo sviluppo della generazione distribuita e della flessibilizzazione della domanda elettrica, i consumatori assumono il ruolo di prosumer. Inoltre, grazie allo sviluppo tecnologico e l'integrazione di diversi vettori energetici, i prosumer possono aggregarsi in comunità energetiche la cui finalità risiede nella condivisione delle risorse energetiche massimizzandone il proprio benessere sociale. In [Pa.Unitliz.1] è proposto un meccanismo di scambio cooperativo definito per il giorno precedente a quello di consegna dell'energia specifico per tali comunità energetiche. In particolare, è modellizzato un hub energetico (EH) che consente l'accoppiamento di energia elettrica, gas naturale e calore per tutti i prosumer. Tale soluzione viene confrontata con un modello tradizionale di sistema energetico integrato locale non cooperativo (uncooperative local integrated energy system, ULIES). Il meccanismo di distribuzione del profitto è definito in base al costo incrementale evitato e al profitto marginale che è possibile ottenere dalla partecipazione alla comunità energetica rispetto a quanto ottenibile dal modello ULIES.

### Microreti in contesti rurali

I sistemi energetici ibridi decentralizzati promettono soluzioni durature per sostenere lo sviluppo socioeconomico nel rispetto delle problematiche ambientali. Tradizionalmente, la pianificazione delle microgrid si è concentrata principalmente sull'aspetto economico includenti, in taluni casi, considerazioni sull'affidabilità dell'infrastruttura e sull'impatto ambientale. In generale, i costi del progetto sono stimati approssimando il funzionamento pluriennale del sistema simulandone il funzionamento in un anno tipo. Con tale approccio, sono così trascurati i fenomeni a lungo termine. In [Pa.Utiliz.2] è proposto invece un approccio multi-obiettivo pluriennale per la pianificazione delle microgrid tenendo conto delle specificità dovute a una loro localizzazione nell'emisfero sud. Gli obiettivi valutati riguardano gli impatti socio-economici (costo attuale netto, creazione di posti di lavoro), la sicurezza (illuminazione pubblica) e ambientali (emissioni di CO<sub>2</sub>, uso del suolo); viene considerata l'intera durata pluriennale del progetto, inclusa la crescita della domanda e il degrado degli asset. L'algoritmo di risoluzione è una versione avanzata dell'*augmented  $\epsilon$ -constraint algorithm*, (A-AUGMECON2), che consente di risolvere il problema multiobiettivo mediante l'impiego di un nuovo algoritmo di *pruning* che evita di risolvere problemi di ottimizzazioni ridondanti. Tale approccio è applicato a una comunità isolata in Uganda. Sono così quantificati i compromessi tra gli impatti locali a lungo termine, consentendo così di supportare i decision maker nella definizione di politiche e azioni efficaci. In

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

particolare, i risultati suggeriscono che gli obiettivi ambientali possono essere allineati con l'economia del progetto e che l'impatto finanziario dell'illuminazione pubblica è limitato. Al contrario, l'uso ottimale del suolo e la creazione di posti di lavoro comportano costi economici e ambientali elevati. Inoltre, il nuovo algoritmo A-AUGMECON2 consente di ridurre del 48% i requisiti computazionali dello standard AUGMECON2, estendendo l'approccio multi-obiettivo a problemi più complessi.

Collaborazioni con altre unità

Politecnico di Milano.  
Università di Pisa.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Department of Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China.

Bibliografia

- [PV.Utiliz.1]. Wang, J., Xie, N., Ilea, V., Bovo, C., Xin, H., Wang, Y., Cooperative Trading Mechanism and Satisfaction-Based Profit Distribution in a Multi-Energy Community, (2021) *Frontiers in Energy Research*, 9, art. no. 723192, DOI: 10.3389/fenrg.2021.723192
- [PV.Utiliz.2]. Petrelli, M., Fioriti, D., Berizzi, A., Bovo, C., Poli, D., A novel multi-objective method with online Pareto pruning for multi-year optimization of rural microgrids (2021) *Applied Energy*, 299, art. no. 117283, DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.117283

## PROGETTI

*Sviluppo di nuovi algoritmi al fine di rendere più accurata la stima dei limiti di scambio tra aree su rete previsionale*

Responsabile scientifico: Cristian Bovo

Ente finanziatore: ENSIEL, Terna SpA

Il Clean Energy Package (CEP) prevede, tra le altre misure, che la capacità di transito tra due zone di mercato sia almeno uguale al 70% del limite termico riscontrato in sicurezza N e N-1. Tale limite del 70% si stabilisce solo per le sezioni il cui valore di scambio sia dettato da un limite di corrente.

L'attività di collaborazione è volta all'implementazione di algoritmi per il calcolo di tale limite. In particolare, nel corso del progetto si dovranno affrontare le seguenti tematiche:

1. Analisi approfondita e interpretazione della metodologia per il calcolo del limite di transito nel rispetto della regola CEP 70%, sia a rete integra sia in presenza di fuori servizio programmati;
2. Valutazione dei diversi approcci;
3. Sviluppo di un algoritmo per il calcolo delle quote 70/30%;
4. Test dell'algoritmo su situazioni di rete fornire dal TSO Italiano;

Sedi partner: Politecnico di Milano

*Sviluppo procedure "model-based" per la definizione di strutture zonali alternative*

Responsabile scientifico: Cristian Bovo

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

Ente finanziatore: ENSIEL, Terna SpA

Il progetto [PV.Progetti.1][ PV.Progetti.2] sviluppa ulteriormente le procedure model-based definite nel corso delle attività condotte a partire dal 2019 fino al 2021. In particolare, le seguenti tematiche sono oggetto del progetto:

- Sviluppo e ottimizzazione delle procedure di ACOPF per il calcolo degli indicatori nodali,
- Sviluppo di tecniche avanzate probabilistiche e/o stocastiche per il calcolo degli indicatori nodali,
- Individuazione e sintesi sulle procedure di calcolo e sviluppo di procedure automatizzate per loro applicazione a un numero elevato di scenari e test su scenari futuri,
- Avanzamenti sui metodi di clustering per effettuare valutazioni su scenari futuri tenendo conto dell'incertezza sui dati,
- Analisi dei risultati ottenuti dai metodi di clustering per la definizione di strutture zonali future.

Sedi partner: Politecnico di Milano, Politecnico di Torino

#### Riferimenti

- [PV.Progetti.1]. Bovo, C., Ilea, V., Carlini, E.M., Caprabanca, M., Quaglia, F., Luzi, L., Nuzzo, G., Optimal computation of network indicators for electricity market bidding zones configuration considering explicit n-1 security constraints (2021) *Energies*, 14 (14), art. no. 4267, DOI: 10.3390/en14144267
- [PV.Progetti.2]. Bovo, C., Ilea, V., Colella, P., Bompard, E., Chicco, G., Mazza, A., Russo, A., Carlini, E.M., Caprabanca, M., Quaglia, F., Luzi, L., Model-based Determination of Bidding Zones: An Approach Based on Multiple Scenarios, Optimal Power Flow and Clustering Algorithms (2021) 2021 AEIT International Annual Conference, AEIT 2021, DOI: 10.23919/AEIT53387.2021.9626860

## LABORATORI

### *EPS-LAB*

Il laboratorio dispone di alcune workstation per l'esecuzione di calcoli complessi per la simulazione dei sistemi elettrici e per l'esecuzione di algoritmi di ottimizzazione. I programmi disponibili sono realizzati dal gruppo di ricerca utilizzando differenti ambienti di sviluppo e di calcolo, tra i quali Matlab e GAMS. In particolare, il laboratorio dispone di programmi per l'esecuzione dei tradizionali calcoli di power flow, di corto circuito, di OPF e ORPF. Oltre a ciò sono stati realizzati specifici modelli di ottimizzazione per la simulazione del mercato elettrico (del giorno prima nel contesto europeo, infragiornaliero nel contesto europeo e dei servizi di dispacciamento italiano), di Unità Virtuali e di Comunità Energetiche.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI PISA

UNIVERSITÀ DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA, DEI SISTEMI, DEL TERRITORIO E DELLE  
COSTRUZIONI  
LARGO LUCIO LAZZARINO S.N.C.  
56122 PISA  
TEL. +39 050 2217 300

**Responsabile Scientifico:** Massimo Ceraolo

**Sito web:** [www.destec.unipi.it/](http://www.destec.unipi.it/)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Stefano	Barsali	PO
Massimo	Ceraolo	PO
Davide	Poli	PO
Giovanni	Lutzemberger	PA
Davide	Fioriti	RTD-A
Romano	Giglioli	PO in quiescenza
Paolo	Pelacchi	PO in quiescenza
Maurizio	Barcaglioni	Professore a contratto
Andrea	Possenti	Collaboratore Dirigente ENEL in quiescenza
Claudio	Scarpelli	Assegnista di ricerca
Valentina	Consolo	Assegnista di ricerca
Alessio	Ciambellotti	Assegnista di ricerca
Mohammad	Babaeifar	Dottorando di ricerca
Paolo	Cherubini	Dottorando di ricerca
Gianluca	Pasini	Dottore di ricerca

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Prestazioni dinamiche degli impianti tradizionali

Sono proseguiti gli studi che hanno riguardato lo studio dei sistemi di regolazione e controllo degli impianti di produzione e in particolare degli impianti a ciclo combinato [1]. Tale attività è stata svolta nell'ambito di una collaborazione con Baker Hughes. Attualmente, nell'ambito della collaborazione con Terna sui sistemi di trasmissione HVDC, è in corso lo studio delle interazioni tra sistemi di controllo degli impianti di produzione con quelli dei sistemi HVDC e delle fonti rinnovabili.

### Sistemi ibridi di generazione

Sono in corso attività, in collaborazione con il settore delle macchine a fluido e dei propulsori aeronautici, per lo studio di sistemi ibridi di generazione e accumulo che impiegano la liquefazione di gas come forma di accumulo energetico [2, 4]. È stata valutata anche la possibilità di utilizzare forme di accumulo in prodotti energetici e non [3].

### Bibliografia

- [PI.Produz.1]. M. Pondini, A. Signorini, V. Colla, S. Barsali, "Analysis of a simplified Steam Turbine governor model for power system stability studies" Energy Procedia Issue on "10th International Conference on Applied Energy (ICAE2018), 22-25 August 2018, Hong Kong, China", Vol 158, 2019, pages 2928-2933 (ISSN 1876-6102).
- [PI.Produz.2]. S. Barsali, A. Ciambellotti, D. Fioriti, R. Giglioli, F. Paganucci, G. Pasini "Long term electricity storage by oxygen liquefaction and LNG oxycombustion", Journal of Energy Storage, Vol 28, April 2020, 101247 (ISSN 2352-152X).
- [PI.Produz.3]. A. Baccioli, E. Bargiacchi, S. Barsali, A. Ciambellotti, D. Fioriti, R. Giglioli, G. Pasini "Cost effective power-to-X plant using carbon dioxide from a geothermal plant to increase renewable energy penetration", Energy Conversion and Management, Vol 226, December 15, 2020, 113494 (ISSN 0196-8904).
- [PI.Produz.4]. A. Ciambellotti, G. Pasini, A. Baccioli, L. Ferrari, S. Barsali "Absorption chillers to improve the performance of small-scale liquefaction plants", Energies, Vol 15, Issue 1, 92; January 2022. (ISSN 1996-1073).

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Sistemi di trasmissione HVDC

È in corso una consistente collaborazione con il gestore di rete Terna per lo studio di sistemi di trasmissione in corrente continua finalizzati a consentire una maggior capacità di trasmissione delle reti e la possibilità di accettare un quantitativo di produzione da fonte rinnovabile sempre più elevato. Sono stati analizzati aspetti relativi all'impiego di tali sistemi per la riaccensione di rete [1, 2] e, più di recente, la possibilità di realizzare sistemi multiterminale ibridi che consentano di affiancare ad esistenti sistemi LCC nuovi sistemi VSC.

### Dynamic Thermal Rating (DTR)

Sul tema del Dynamic Thermal Rating di linee elettriche aeree, l'Unità di Pisa ha avuto un rapporto di collaborazione pluriennale con Terna. In particolare, negli ultimi tre anni sono stati sviluppati modelli probabilistici mirati a valutare l'impatto dell'aleatorietà delle condizioni meteo sulla definizione del DTR e sono state sperimentate varie tecniche di DTR weather-based su linee di subtrasmissione del sud Italia, nell'ambito del progetto H2020 OSMOSE.

### Collaborazioni con altre unità

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Il tema del DTR è stato sviluppato in stretta sinergia con l'unità di ricerca dell'Università del Sannio, al fine di confrontare gli approcci weather-based e sensor-based alla stima della corrente massima sostenibile dagli elettrodotti [4, 6].

Collaborazioni con altre università ed enti di ricerca

Nell'ambito del progetto europeo OSMOSE, le attività di ricerca riguardanti il DTR sono state sviluppate anche in collaborazione con RSE e Terna [4, 6].

#### Bibliografia

- [PI.Trasmis.1]. S. Barsali, M. Ceraolo, P. Pelacchi, D. Poli: "Use of VSC-HVDC links for power system restoration", *AEIT IEEE HVDC International Conference*, <http://dx.doi.org/10.1109/AEIT-HVDC.2019.8740521>, Florence, Sept. 2019, ISBN:978-1-5386-4722-6.
- [PI.Trasmis.2]. S. Barsali, M. Ceraolo, P. Pelacchi, L. Sani, "Black-start of remote areas through SCR-based HVDC Links", *AEIT HVDC International Conference*, May 2021, ISBN:978-1-6654-4981-6.
- [PI.Trasmis.3]. T. Baffa Scirocco, S. Barsali, L. Belmonte, E. M. Carlini, F. Pisaneschi, A. Urbanelli "Hybrid HVDC LCC-VSC system integration and technological aspects in a multi-terminal DC grid", *AEIT International Annual Conference*, October 3-5, 2022, Rome, Italy.
- [PI.Trasmis.4]. D.Villacci, F.Gasparotto, L.Orrù, P.Pelacchi, D.Poli, A.Vaccaro, G.Lisciandrello, G.Coletta, "Congestion Management in Italian HV grid using novel Dynamic Thermal Rating methods: first results of the H2020 European project Osmose", *AEIT International Annual Conference 2020*, 23-25 September 2020.
- [PI.Trasmis.5]. F.Bucchi, G.Lutzemberger, P.Pelacchi, D.Poli, "Lumped-parameter and finite element models of overhead power line conductors for Dynamic Thermal Rating purposes", *International Review on Modelling and Simulations, IREMOS*, Vol.13, Issue 5, October 2020. ISSN 1974-9821.
- [PI.Trasmis.6]. D.Poli, D.Fioriti, M.Lazzaro, F.Gasparotto, G.Albimonti, D.Ronzio, L.Orrù, "Weather-Based Dynamic Thermal Rating in WP5 of H2020 Osmose Project: implementation and preliminary results", *2021 AEIT International Annual Conference*, Bari, 4-8 October 2021.

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

Comunità energetiche e mercati elettrici locali

Sono state sviluppate tecniche di ottimizzazione della taglia e della gestione di risorse di generazione e accumulo appartenenti a comunità energetiche, anche in vista di una possibile evoluzione a mercati locali *peer to peer*. Sono stati inoltre ideati e testati vari algoritmi di verifica della stabilità economica di una comunità, quantificando le spinte aggregative e repulsive e definendo il valore economico delle clausole di uscita.

Reti di distribuzione attive e smart grid

Sono stati studiati e analizzati i servizi di flessibilità globali e locali che possono essere messi a disposizione dalle risorse di generazione e accumulo distribuite, nonché algoritmi innovativi di localizzazione dei guasti sulle reti di distribuzione. È stato inoltre affrontato il tema dell'affidabilità delle reti di distribuzione ibride AC/DC.

Collaborazioni con altre unità

L'articolo [7] è frutto di una collaborazione con le unità di Cagliari, Padova, Cassino, il Politecnico di Milano e E-Distribuzione.

Collaborazioni con altre università ed enti di ricerca

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Le attività di ottimizzazione delle comunità energetiche sono state svolte in stretta sinergia con il Dipartimento di Informatica e il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'ateneo pisano. L'articolo [3] è frutto di una collaborazione con RSE, mentre la memoria [10] da un'attività di ricerca svolta con ABB-Hitachi.

### Bibliografia

- [PI.Distrib.1]. A.Bischi, M.Basile, D.Poli, C.Vallati, F.Miliani, G.Caposciutti, M.Marracci, G.Dini, U.Desideri, "Enabling Low-Voltage, Peer-to-Peer, Quasi-Real-Time Electricity Markets Through Consortium Blockchains", *Applied Energy*, Elsevier, Vol.288, April 2021
- [PI.Distrib.2]. D.Fioriti, A.Baccioli, G.Pasini, A.Bischi, F.Migliarini, D.Poli, L.Ferrari, "LNG regasification and electricity production for port energy communities: economic profitability and thermodynamic performance", *Energy Conversion & Management*, Elsevier, Vol.238, June 2021
- [PI.Distrib.3]. D.Fioriti, L.Pellegrino, G.Lutzemberger, E.Micolano, D.Poli, "Optimal sizing of residential battery systems with multi-year dynamics and a novel rainfall-based model of storage degradation: an extensive Italian case study", *Electric Power Systems Research (EPSR)*, Vol.203, February 2022
- [PI.Distrib.4]. D.Fioriti, A.Frangioni, D.Poli, "A bi-level formulation to help aggregators size Energy Communities: a proposal for virtual and physical Closed Distribution Systems", *2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2021*, 7-10 September 2021
- [PI.Distrib.5]. D.Fioriti, A.Frangioni, D.Poli, "Optimal sizing of energy communities with fair revenue sharing and exit clauses: value, role and business model of aggregators and users", *Applied Energy*, Vol. 299, Oct 2021
- [PI.Distrib.6]. D.Fioriti, G.Lutzemberger, D.Poli, "Development of an Energy Management System for AC/DC hybrid networks: from abstract functional requirements to the flexible tool", *2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2021*, 7-10 Sept. 2021
- [PI.Distrib.7]. F. Pilo, G. Pisano, G.G. Soma, S. Ruggeri, G.M. Casolino, A.R. Di Fazio, A. Losi, M. Russo, A. Berizzi, D. Falabretti, M. Merlo, F. Bignucolo, M. Coppo, R. Turri, P. Pelacchi, D. Poli, G. Valtorta, G. Di Lembo, N. Corsi, S. Ferrero, S. Cianotti, L. D'orazio, C. Marino, A. Barone, G. Lenaz, "Un'importante risorsa per le reti del futuro: i servizi di flessibilità", *Rivista AEIT*, Sett-Ott 2021. ISSN 1825-828X
- [PI.Distrib.8]. D.Fioriti, G.Lutzemberger, D.Poli, A.Ricca, "Enhanced reliability in AC/DC hybrid networks by predictive Energy Management System", *2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2022*, Prague, June 28th-July 1st, 2022
- [PI.Distrib.9]. D.Fioriti, D.Poli, "Fault localization to improve power system quality in distribution networks: a greedy approach to optimize the switching sequence of remotely-controlled devices", *PowerTech 2021*, June 27th-July 2nd 2021, Madrid
- [PI.Distrib.10]. D.Poli, M.Monaco, M.Giuntoli, V.Biagini, "A novel procedure for the optimal scheduling of operating reserve based on stochastic optimization", *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, ISGT-Europe 2019*, Bucarest, 29Sept-2Oct 2019

### TECNOLOGIE

#### Sistemi di accumulo elettrochimico

Sono continuati gli studi sugli accumulatori al litio, prevalentemente sperimentali. Gli articoli [2, 6, 10] riguardano la stima dello stato di carica, gli articoli [3-5, 11, 12, 14] la valutazione dell'invecchiamento, gli articoli [1, 8, 13, 15] la modellazione elettrotermica.

L'articolo [7] è relativo a celle NiMH, il [9] a batterie a flusso (redox), tutti gli altri a varie tipologie di celle al litio.

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Gli articoli [4, 5, 10, 11, 12] sono stati svolti in collaborazione con l'Università di Firenze.

#### Collaborazioni industriali

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

L'articolo [7] è stato svolto in collaborazione con la Cassioli Group, leader di un progetto di ricerca finanziato che ha sponsorizzato il relativo studio.

## Bibliografia

- [PI.Tecnol.1]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, D. Poli, C. Scarpelli: "Model parameters evaluation for NMC cells", 19<sup>th</sup> International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2019 IEEE, 11-14 June 2019, Genoa; isbn: 978-1-7281-0652-6.
- [PI.Tecnol.2]. S. Barsali, M. Ceraolo, Li Jiajing, G. Lutzemberger, C. Scarpelli, "Luenberger Observer for Lithium Battery State-of-Charge estimation", Part of Lecture Notes in *Electrical Engineering* book, [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-37161-6\\_49](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-37161-6_49), April 2020, ISSN:1876-1100 vol. 604.
- [PI.Tecnol.3]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, D. Poli, C. Scarpelli: "Experimental analysis of LFP lithium cells aging", 20<sup>th</sup> International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2020 IEEE, 9-12 June 2020, Web Conference; isbn: 978-172817453-2.
- [PI.Tecnol.4]. E. Locorotondo, V. Cultrera, L. Pugi, L. Berzi, M. Pasquali, N. Andrenacci, G. Lutzemberger, M. Pierini: "Electrical lithium battery performance model for second life applications", 20<sup>th</sup> International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2020 IEEE, 9-12 June 2020, Web Conference; isbn: 978-172817453-2.
- [PI.Tecnol.5]. E. Locorotondo, V. Cultrera, L. Pugi, L. Berzi, M. Pasquali, N. Andrenacci, G. Lutzemberger, M. Pierini: "Impedance spectroscopy characterization of lithium batteries with different ages in second life application", 20<sup>th</sup> International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2020 IEEE, 9-12 June 2020, Web Conference; isbn: 978-172817453-2.
- [PI.Tecnol.6]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, D. Poli, C. Scarpelli, "Luenberger-based State-Of-Charge evaluation and experimental validation with lithium cells", *Journal of Energy Storage*, Vol. 20, Aug 2020, DOI 10.1016/j.est.2020.101534, ISSN 2352152X.
- [PI.Tecnol.7]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, G. Poli, D. Scarpelli, C. Sabatini, "Experimental Analysis of Ni-MH High Power Cells", UPEC 2020 - 2020 55<sup>th</sup> *International Universities Power Engineering Conference, Proceedings*, doi: 10.1109/UPEC49904.2020.9209862 September 2020, ISBN:978-1-7281-1078-3.
- [PI.Tecnol.8]. M. Ceraolo, et al., "Simplified electro-thermal model for lithium cells based on experimental tests", 2020 *AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive*, AEIT AUTOMOTIVE 2020.
- [PI.Tecnol.9]. Ceraolo M.; Lutzemberger G.; Poli D.; Salamone S.; Scarpelli C., "Redox-flow batteries for high energy-to-power ratio storage: A preliminary experimental study" EEEIC (IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering), June 2021. ISBN: 978-1-6654-3613-7.
- [PI.Tecnol.10]. E. Locorotondo, G. Lutzemberger, L. Pugi: "State-of-charge estimation based on model-adaptive Kalman filters", *Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers. Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, vol. 235 (7), pages 1272-1286, 2021; issn: 0959-6518.
- [PI.Tecnol.11]. L. Berzi, V. Cultrera, E. Locorotondo, G. Lutzemberger, M. Pierini, L. Pugi: "Development of a battery real-time state of health diagnosis based on fast impedance measurements", *Journal of Energy Storage*, vol. 38, n. 102566, 2021.
- [PI.Tecnol.12]. L. Berzi, F. Corti, E. Locorotondo, G. Lutzemberger, L. Pugi, A. Reatti: "Design of a wireless charging system for online battery spectroscopy", *Energies*, vol. 14 (1), pages 218-234, 2021; issn: 1996-1073.
- [PI.Tecnol.13]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, D. Poli, C. Scarpelli, "Model Parameter evaluation for nickel-Manganese-Cobalt Cells: an examination and Verification of Various Approaches", *IEEE Industry Applications Magazine* Sept/Oct 2021, ISSN:1077-2618.
- [PI.Tecnol.14]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, D. poli, C. Scarpelli, "Experimental evaluation of aging indicators for Lithium-Iron-Phosphate cells", *Energies*, 2021 ISSN:1996-1073 vol. 14 (16).
- [PI.Tecnol.15]. Barbieri M.; Ceraolo M.; Lutzemberger G.; Scarpelli C., An Electro-Thermal Model for LFP Cells: Calibration Procedure and Validation, *Energies* 2022, DOI 10.3390/en15072653, ISSN 1996-1073.

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

### Veicoli stradali elettrici e ibridi

Sulle logiche di gestione energetica applicate ai veicoli ibridi lo studio [1], con successivi approfondimenti riferiti alle macchine operatrici [3, 5, 14] e a sistemi di sovralimentazione elettrificata [13]. Sulla ricarica dei veicoli elettrici a batteria sono stati svolti gli studi [9, 11, 12]. Ulteriori studi hanno riguardato la modellazione di powertrain elettrici a batteria [10].

### Trasporto guidato elettrificato

Sono stati svolti gli studi [2], riguardante l'uso dell'idrogeno come combustibile, e gli articoli [6, 7] sui sistemi 2x25 kV. Ulteriori analisi sulla modellazione di sistemi di alimentazione per trasporti elettrificati sono stati sviluppati in [4, 8].

### Collaborazioni con altre unità

Lo studio [2] è stato svolto in collaborazione con l'unità di Milano.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Lo studio [5] a molti autori, rende conto di vari studi effettuati in varie nazioni europee riguardo la ricarica dei veicoli elettrici.

Lo studio [7] è svolto in collaborazione con:

- Cassioli Group, leader di un progetto di ricerca finanziato che ha sponsorizzato il relativo studio.
- l'università degli studi di Cassino.

Lo studio [10] è stato svolto in collaborazione con l'Università di Sheffield.

### Bibliografia

- [PI.Trasporti.1]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, D. Poli, G. Valenti: "Optimisation of hybrid vehicles operation with ON/OFF strategy", 2019 *IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering*, <http://dx.doi.org/10.1109/EEEIC.2019.8783445>, June 2019, ISBN:978-1-7281-0653-3.
- [PI.Trasporti.2]. M. Brenna, M. Ceraolo, M. Longo, G. Lutzemberger, D. Poli, D. Zaninelli: "Fuel-cell based propulsion systems for hybrid railcars" *Milan Power Tech*, DOI <http://dx.doi.org/10.1109/PTC.2019.8810953>, June 2019, ISBN:978-1-5386-4722-6.
- [PI.Trasporti.3]. J. Li, G. Lutzemberger, D. Poli, C. Scarpelli, T. Piazza: "Simulation and experimental validation of a hybrid forklift", *AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive*, 2-4 July 2019, Torino; isbn: 978-8-8872-3743-6.
- [PI.Trasporti.4]. J. Li, G. Lutzemberger, D. Poli: "Electro-mechanical modelling and simulation of railroad systems", *AEIT Annual Conference*, 18-20 September 2019, Firenze; isbn: 978-8-8872-3745-0.
- [PI.Trasporti.5]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, C. Scarpelli "Hybridisation of forklift trucks", *IET Electrical systems in transportation*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/iet-est.2019.0086>, February 2020, ISSN:2042-9738 vol. 10.
- [PI.Trasporti.6]. S. Barsali, M. Ceraolo, G. Lutzemberger, D. Poli: "Parametric analysis of 2x25 kV railway electric supply", *IET Electrical Systems in Transportation*, vol. 10 (1), pages 44-51, 2020; issn: 2042-9738.
- [PI.Trasporti.7]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger, J. Li, "Electro-mechanical modelling and simulation of 2x25 kV railway systems", 12<sup>th</sup> *AEIT International Annual Conference*, 2020 – ISBN: 978-8-8872-3747-4.
- [PI.Trasporti.8]. R. Giglioli, G. Lutzemberger, L. Sani: "Use of AMT transformers and distributed storage systems to enhance electrical feeding systems for tramways", *Energies*, vol. 13 (18), 2020; issn: 1996-1073.
- [PI.Trasporti.9]. M. Ceraolo et al: "Electric Vehicles Demonstration Projects-An Overview across Europe", *UPEC 2020 - 2020 55th International Universities Power Engineering Conference*, Proceedings, doi: 10.1109/UPEC49904.2020.9209862 September 2020, ISBN:978-1-7281-1078-3.
- [PI.Trasporti.10]. F. Bucchi, B. Lenzo, G. Lutzemberger, S. Salamone, L. Sani: "On the investigation of energy efficient torque distribution strategies through a comprehensive powertrain model", *Sustainability*, vol. 13 (8), pages 4549-4567, 2021; issn: 2071-1050.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [PI.Trasporti.11]. M. Barbieri, M. Ceraolo, G. Lutzemberger, D: Poli, “Modelling urban EV charging stations with PV generation and energy storage”, *AEIT International Annual Conference*, 2021, ISBN 978-88-87237-50-4.
- [PI.Trasporti.12]. M. Ceraolo, V. Consolo, M. Di Monaco, G. Lutzemberger, G: Musolino, R. Rizzo, G. Tomasso, “Design and realization of an inductive power transfer for shuttles in automated warehouses”, *ENERGIES*, Sept 2021, 14(18); DOI 10.3390/en14185660, ISSN 1996-1073.
- [PI.Trasporti.13]. F. Eggimann, S. Frigo, G. Lutzemberger, G. Pasini, L. Marmorini: “Numerical Analysis of Electrically Assisted Turbocharger Application on Hybrid Vehicle”, SAE Technical Paper 2021-01-5090, 2021; issn: 0148-7191.
- [PI.Trasporti.14]. M. Ceraolo, G. Lutzemberger: “Heavy-duty hybrid transportation systems: Design, modelling and energy management”, *Hybrid Technologies for Power Generation*, 2021, pp. 313-336; doi: 10.1016/B978-0-12-823793-9.00006-1.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Minigrid ibride isolate

Nel corso del triennio è preseguita l'attività di ideazione e simulazione di tecniche di ottimizzazione deterministiche e stocastiche del dimensionamento e della taglia di minigrid isolate ibride, valido strumento per l'elettrificazione rurale, in una logica *bottom-up*, dei Paesi in via di sviluppo.

### Collaborazioni con altre unità

Questo tema di ricerca ha visto collaborazioni con il Politecnico di Milano [11, 14, 16] e l'Università La Sapienza di Roma [3, 5, 8, 10, 12, 18].

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Gli articoli [3, 5, 9, 12, 13 17, 18] sono frutto di una ormai consolidata collaborazione con il Massachusetts Institute of Technology.

### Bibliografia

- [PI.Utiliz.1]. D.Fioriti, D.Poli, “A novel stochastic method to dispatch microgrids using Monte Carlo scenarios”, *Electric Power Systems Research*, Elsevier, Vol.175, October 2019.
- [PI.Utiliz.2]. P.Conti, G.Lutzemberger, E.Schito, D.Poli, “Multi-objective optimization of off-grid hybrid renewable energy systems in buildings with prior design-variable screening”, *Energies*, Vol.14, Issue 16, August 2019, ISSN 1996-1073
- [PI.Utiliz.3]. D.Fioriti, G.Lutzemberger, D.Poli (Univ.Pisa), A.Micangeli (Univ. La Sapienza-Roma), P.Duenas-Martinez (M.I.T.), “Optimal design of off-grid power systems operated by a rolling-horizon strategy: A method to reduce computational requirements”, *5<sup>th</sup> International Forum on Research and Technologies for Society and Industry, RTSI 2019*, Florence, 9-12 September 2019
- [PI.Utiliz.4]. D.Fioriti, G.Lutzemberger, D.Poli, “Optimal sizing of microgrids: On the design equivalences of different objective functions”, *2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2020*, June 2020
- [PI.Utiliz.5]. D.Fioriti, G.Lutzemberger, D.Poli, P.Duenas-Martinez, A.Micangeli, “Heuristic approaches to size microgrids: a methodology to compile multiple design options”, *2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2020*, June 2020
- [PI.Utiliz.6]. D.Fioriti, S.Pintus, G.Lutzemberger, D.Poli, “Economic multi-objective approach to design off-grid microgrids: A support for business decision making”, *Renewable Energy*, Vol.159, pp 693-704, October 2020
- [PI.Utiliz.7]. E.Dudkina, E.Crisostomi, D.Poli, “A review of P2P energy markets and a possible application for remote areas”, *IEEE PES ISGT Europe Conference 2020*, 26-28 October 2020 (The Netherlands, online)

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [PI.Utiliz.8]. D.Fioriti, G.Lutzemberger, D.Poli, A.Micangeli, "Optimal sizing and operation of isolated microgrids for developing countries: hedging uncertainties with Monte Carlo techniques", *IEEE PES ISGT Europe Conference 2020*, 26-28 October 2020 (The Netherlands, online)
- [PI.Utiliz.9]. D.Fioriti, D.Poli, G.Lutzemberger, P.Duenas Martinez, "Stochastic operation of isolated microgrids: aggregating-rule-based optimization versus standard approaches", *100RES 2020 – Applied Energy Symposium (ICAE)*, Pisa (online), 29-30 October 2020
- [PI.Utiliz.10]. L.Lorenzoni, P.Cherubini, D.Fioriti, D.Poli, A.Micangeli, R.Giglioli, "Classification and modeling of load profiles of isolated mini-grids in developing countries: A data-driven approach", *Energy for Sustainable Development*, Elsevier, Vol.59, December 2020
- [PI.Utiliz.11]. M.Petrelli, D.Fioriti, A.Berizzi, D.Poli, "Multi-year planning of a rural microgrid considering storage degradation", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.36, Issue 2, March 2021.
- [PI.Utiliz.12]. D.Fioriti, G.Lutzemberger, D.Poli, P.Duenas Martinez, A.Micangeli, "Coupling economic multi-objective optimization and multiple design options: a business-oriented approach to size an off-grid hybrid microgrid", *International Journal of Electrical Power and Energy Systems, IJEPES*, Vol.127, May 2021
- [PI.Utiliz.13]. D.Fioriti, D.Poli, P.Duenas-martinez, I.Perez-arriaga (MIT), "Multi-year stochastic planning of off-grid microgrids subject to significant load growth uncertainty: overcoming single-year methodologies", *Electric Power Systems Research (EPSR)*, Vol.194, May 2021
- [PI.Utiliz.14]. M.Petrelli, D.Fioriti, A.Berizzi, D.Poli, "A novel multi-objective method with online Pareto pruning for multi-year optimization of rural microgrids", *Applied Energy*, Vol. 299, October 2021
- [PI.Utiliz.15]. D.Poli, "Elettrificazione e sistemi isolati", editoriale, *Rivista AEIT*, luglio-agosto 2021. ISSN 1825-828X
- [PI.Utiliz.16]. D.Fioriti, D.Poli, M.Petrelli, A.Berizzi, "Ottimizzazione del dimensionamento e della gestione di minireti isolate ibride", editoriale, *Rivista AEIT*, luglio-agosto 2021. ISSN 1825-828X
- [PI.Utiliz.17]. D.Fioriti, D.Poli (Università Di Pisa), P.Duenas-martinez (Mit), "Multiple design options for sizing off-grid microgrids: A novel single-objective approach to support multi-criteria decision making", *Sustainable Energy, Grids and Networks*, Vol.30, June 2022
- [PI.Utiliz.18]. D.Fioriti, D.Poli, P.Duenas-martinez, A.Micangeli, "Clustering approaches to select Multiple Design Options in multi-objective optimization: an application to rural microgrids", *5<sup>th</sup> International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, SEST 2022*, 5-7 September 2022, Eindhoven
- [PI.Utiliz.19]. E.Dudkina, D.Fioriti, E.Crisostomi, D.Poli, "On the impact of different electricity markets on the operation of a network of microgrids in remote areas", *Electric Power Systems Research (EPSR)*, Vol. 212, November 2022

## PROGETTI

**Nome<sub>SEP</sub>** progetto Modellazione di sistemi di accumulo energetico, implementazione di logiche di gestione mediante EMS e valutazione di affidabilità in reti elettriche ibride.

**Responsabile scientifico** Giovanni Lutzemberger

**Ente finanziatore** ENEA su fondi per la Ricerca di Sistema

**Breve descrizione** Oggetto del progetto è lo sviluppo di logiche di gestione che massimizzino le prestazioni energetiche e funzionali di reti ibride AC/DC in BT anche in ottica di fornitura di possibili servizi ancillari di supporto alla rete di distribuzione pubblica.

**Sedi partner** ENEA, Unipi

**Nome<sub>SEP</sub>** progetto Calibrazione online di un modello di invecchiamento per le batterie

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

*Responsabile scientifico* Massimo Ceraolo

*Ente finanziatore* ENEA su fondi per la Ricerca di Sistema

*Breve descrizione* Il progetto riguarda la individuazione di tecniche atte a misurare lo stato di invecchiamento (usualmente denominato SOH) di batterie al litio utilizzando le normali sollecitazioni elettriche che si hanno durante il funzionamento del sistema di accumulo, con particolare riferimento ad applicazioni a bordo di veicoli elettrici.

*Sedi partner* ENEA, Unipi

*Nome progetto* Struttura Urbana Multifunzionale Attiva (SUMA)

*Responsabile scientifico per la parte Unipi* Massimo Ceraolo

*Ente finanziatore* Regione Toscana (Bando FAR\_FAS)

*Breve descrizione* La struttura urbana multifunzionale attiva (SUMA) consiste di una unità che integra generazione e distribuzione di energia elettrica in unità da installare in ambito urbano con funzioni di generazione rinnovabile, postazioni info-telematiche, ricarica di veicoli elettrici pesanti e leggeri. La gestione energetica è ottimizzata e fa uso anche di sistema di accumulo proprio della stazione SUMA.

La parte sviluppata dall'unità di Pisa ha un valore di 314 k€ e ha riguardato la individuazione di logiche di gestione ottimizzate, l'esecuzione di test di funzionalità di sistemi di accumulo fra cui una batteria a flusso, l'esecuzione e l'analisi di test di invecchiamento di celle al litio.

*Sedi partner*

I partner del progetto sono i seguenti:

1. Graziella Green Power Spa (GGP) – CAPOFILA
2. Università di Pisa – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DII)
3. Università di Firenze – Centro Interdipartimentale Tecnologie e Microsistemi per la Qualità e la Sicurezza Ambientale (CITMQSA)
4. Università di Pisa – Dipartimento di Ingegneria dell'energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC)
5. Netsens Srl (NETSENS)
6. Zucchetti Centro Sistemi (ZCS)
7. Università degli Studi di Siena – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze matematiche (UNISI)
8. Scuola Superiore di studi Universitari e di perfezionamento Sant'Anna – Istituto di biorobotica (SSSA)

*Nome progetto* Gestione intelligente e flessibile di magazzini in ottica Industria 4.0 (MAGIA)

*Responsabile scientifico* Massimo Ceraolo

*Ente finanziatore* Regione Toscana (su fondi POR-CREO)

*Breve descrizione* Il progetto riguarda l'esecuzione di studi volti a rendere sempre più intelligenti e flessibili magazzini per lo stoccaggio automatizzato di merce, su cui la capofila del progetto, la Cassioli Group, è uno

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

dei player più prestigiosi in ambito internazionale.

La parte sviluppata dall'Unità di Pisa ha un valore di 500 k€ e ha riguardato:

Studi per la gestione ottimizzata dell'energia dei magazzini.

Prove sperimentali di sistemi di accumulo innovativi da installare a bordo di navette a guida autonoma presenti a bordo dei magazzini.

Valutazione, con esecuzione di prototipo sperimentale, della possibilità di ricarica wireless di navette a guida autonoma presentia bordo dei magazzini.

*Il progetto si è svolto nel periodo 2017-2020.*

*Sedi partner Cassioli S.r.L*

*Nome progetto Multifuel Smart Charging Station (MUST)*

*Responsabile scientifico di sede Stefano Barsali*

*Ente finanziatore Regione Toscana (su fondi POR-FESR)*

*Breve descrizione* Il progetto riguarda la realizzazione di un prototipo di stazione di servizio con ricarica di veicoli elettrici anche ad alta potenza che integra la generazione da fonti rinnovabili con quella da fonti fossili e con le forniture energetiche (energia elettrica e gas dalle reti) unitamente a sistemi di accumulo.

La parte sviluppata dall'Unità di Pisa ha un valore di 250 k€ e riguarda:

Analisi dei fabbisogni delle stazioni di servizio e loro evoluzione.

Definizione degli schemi e delle modalità di gestione.

Definizione degli algoritmi di gestione dei flussi di energia e di potenza e dei sistemi di controllo dei dispositivi.

Partecipazione alle prove sul dimostratore tecnologico sviluppato presso una stazione di servizio di Piccini Paolo spa.

Il progetto è in corso a partire dal luglio 2020 e si chiuderà a dicembre 2022.

*Sedi partner*

I partner del progetto sono i seguenti:

PR Industrial srl (gruppo PRAMAC) – CAPOFILA

Piccini Paolo spa

Generplus srl

Dielectrik srl

Università di Pisa – Dipartimento di Ingegneria dell'energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Industriale

*Nome progetto* OSMOSE, Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for European electricity.

*Responsabile scientifico di sede* Davide Poli

*Ente finanziatore* Horizon, call 2020-LCE-4-2017

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

*Breve descrizione* L'obiettivo principale del progetto OSMOSE (Gen2018-Apr2022) è stato quello di ideare, sviluppare e validare sul campo varie soluzioni tecnologiche e regolatorie che favoriscano l'integrazione di quote sempre maggiori di fonti rinnovabili non dispacciabili nel sistema elettrico europeo, mediante:

- l'identificazione di metodologie e strumenti di flessibilità da sottoporre ad analisi sia di fattibilità tecnico-economica che di scalabilità; particolare attenzione sarà rivolta ai sistemi di accumulo energetico, al Demand Response e al Dynamic Thermal Rating degli elettrodotti;
- la definizione del mix ottimale di forme di flessibilità per il sistema elettrico europeo;
- la proposta di codici di rete e regole di mercato che favoriscano lo sviluppo di sinergie fra i diversi strumenti di flessibilità considerati.

L'Unità di Pisa ha partecipato, con un budget di circa 130 k€ (15 mesi uomo), come membro del Consorzio EnSIEL ed è stata coinvolta nel WP1 e nel WP5 in merito allo studio dei servizi di flessibilità che possono essere erogati dai sistemi di accumulo e alla messa a punto di metodologie innovative per il Dynamic Thermal Rating delle linee di trasmissione.

*Partner* Il progetto, avente un budget di oltre 28 M€ di cui quasi 22 finanziati dalla UE, ha coinvolto 32 partner, selezionati fra i maggiori player internazionali nel campo della gestione dei sistemi elettrici (in gran parte TSO, fra cui la capofila RTE, REE, TERNA, REN), nonché fra le più importanti Università e i più prestigiosi Centri di ricerca a livello europeo.

*Nome progetto* LEAP-RE, "Long term EU-Africa research and innovation Partnership on Renewable Energy"

*Responsabile scientifico di sede* Davide Poli

*Ente finanziatore* Horizon, call LC-SC3-JA-5-2020

*Breve descrizione* Il progetto mira a concepire, sviluppare e validare sul campo vari approcci innovativi all'elettrificazione delle zone rurali dell'Africa, con un forte impegno all'utilizzo prioritario delle fonti rinnovabili e una visione multidisciplinare che affianca analisi scientifico-tecnologiche a valutazioni socio-economiche, con il supporto di numerosi partner locali. Parallelamente alle attività di ricerca su componenti e sistemi tecnologici e a quelle di pianificazione energetica, verrà svolta un'azione di Capacity Building e Dissemination completamente integrata, per garantire il continuo scambio e trasferimento di conoscenze ed esperienze tra i partner del progetto e gli stakeholder locali.

L'Unità di Pisa partecipa con un budget di circa 165 k€ (20 mesi uomo) ed è coinvolta nel Task13- "Research on rural electrification", in particolare nei WP "Optimal design and operation of microgrids" e "Business models".

*Partner* Il progetto, avente un budget di oltre 34 M€, coinvolge 96 partner europei ed africani. I capofila solo il Politecnico di Milano e la Strathmore University di Nairobi (Kenya).

## **LABORATORI**

*Nome laboratorio* Accumulatori elettrochimici

*Breve descrizione* Caratterizzazione sperimentale, verifiche prestazionali, prove di vita per accumulatori elettrochimici e super-condensatori in camera climatica (-20°C, +60°C). Correnti fino a 500 A, tensioni fino a 60 V, potenze fino a 10 kW.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

-----  
*Nome laboratorio* Veicoli stradali

Breve descrizione

Banco a rulli per test di veicoli a 2 e 4 ruote (motocicli, veicoli ad uso urbano). Velocità simulata fino a 150 km/h, potenza massima 60 kW; con ventilazione asservita alla velocità simulata e ausilio all'implementazione di cicli predefiniti.

Laboratorio per la ricarica smart di veicoli elettrici. La ricarica è monitorata con EVSE professionale e sistema indipendente di laboratorio. Possibile la registrazione dei parametri di ricarica, con consultazione anche in remoto, il rilievo di oscillogrammi di tensione e corrente, il controllo anche dinamico della massima corrente di ricarica. La ricarica avviene in corrente alternata trifase con potenza massima di 22 kW.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it





## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Argomento

Le attività di ricerca dell'Unità di Reggio Calabria, nel triennio 2019-2022, hanno sostanzialmente riguardato l'ottimizzazione delle performances degli impianti di generazione da fonti rinnovabili.

Nei lavori [1,2] viene presentata e discussa un'applicazione prototipale facente uso di idrogeno come vettore per l'accumulo energetico. Il lavoro illustra l'impiego di un impianto fotovoltaico, di tipo grid connected e dotato di accumulo elettrochimico, per produrre idrogeno da accumulare a sua volta e da utilizzare per la produzione di energia elettrica destinata all'alimentazione di parte delle utilities dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria; l'idrogeno viene prodotto per elettrolisi, immagazzinato e riconvertito in elettricità mediante fuel cells.

Nel lavoro [3] sono esposti e discussi i risultati sperimentali dell'uso di un sistema di micro-storage distribuito combinato con una apposita unità di controllo dello stato di carica delle batterie, specificamente pensato e progettato per massimizzare la generazione fotovoltaica in presenza di ombreggiamenti parziali sul campo fotovoltaico, anche in condizioni critiche. È confermata sperimentalmente l'inadeguatezza del funzionamento dei convenzionali diodi di bypass che, laddove dovessero riuscire (in rari casi) nell'intento di bypassare il submodule coinvolto dall'ombreggiamento parziale per ridurre le perdite di generazione, non riuscirebbero comunque ad evitare severi fenomeni di hotspot sulle celle ombreggiate, che nel breve periodo potrebbero risultare anche irreversibilmente danneggiate.

### Collaborazioni con altre unità

Nessuna.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Nessuna.

### Bibliografia

- [RC.Produz.1]. Carbone R, Marino C, Nucara A, Panzera M F, Pietrafesa M (2019). "Electric Load Influence on Performances of a Composite Plant for Hydrogen Production from RES and its Conversion in Electricity". *SUSTAINABILITY*, ISSN: 2071-1050, doi: <https://doi.org/10.3390/su11226362>
- [RC.Produz.2]. Rosario Carbone, Concettina Marino, Antonino Nucara, Maria Francesca Panzera, Matilde Pietrafesa (2019) "A Case-Study Plant for a Sustainable Redevelopment of Buildings Based on Storage and Reconversion of Hydrogen generated by Using Solar Energy". *Supplemento di ArchHistoR 12/2019*. ISSN 2384-8898. ISBN 978-88-85479-08-1. DOI:10.14633/AHR184. (pubblicato il 23 febbraio 2020)
- [RC.Produz.3]. R. Carbone, C. Borrello (2022) "Experimenting with a Battery-Based Mitigation Technique for Coping with Predictable Partial Shading". *Energies* 2022, 15, 4146. <https://doi.org/10.3390/en15114146>.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI ROMA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ASTRONAUTICA, ELETTRICA ED ENERGETICA  
VIA EUDOSSIANA 18  
00184 ROMA  
TEL. +39 06 4458 5534

**Responsabile Scientifico:** Regina Lamedica

**Sito web:** [www.diaee.uniroma1.it/](http://www.diaee.uniroma1.it/)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Tommaso	Bragatto	RTD-A
Marco Antonio	Bucarelli	Dottorando di ricerca
Luigi	Calcara	RTD-A
Marzia	Caldora	Dottorando di ricerca
Federico	Carere	Dottorando di ricerca
Jacopo	Dell'Olmo	Dottorando di ricerca
Maria Carmen	Falvo	PA
Alessandro	Flamini	Dottorando di ricerca
Fabio Massimo	Gatta	PA
Alberto	Geri	PO
Marco	Graziani	Dottorando di ricerca
Regina	Lamedica	PO
Stefano	Lauria	PA
Riccardo	Loggia	Dottorando di ricerca
Marco	Maccioni	RTD-B
Luigi	Martirano	PO
Andrea	Massaccesi	Dottorando di ricerca
Cristina	Moscatiello	RTD-A
Ludovico	Nati	Dottorando di ricerca
Stefano	Panella	Dottorando di ricerca
Massimo	Pompili	PO
Parastou	Poursoltan	Dottorando di ricerca
Alessandro	Ruvio	RTD-B
Paolo	Sancioni	Dottorando di ricerca
Matteo	Scanzano	Dottorando di ricerca

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Adeguatezza e stabilità di frequenza di sistemi elettrici di potenza completamente rinnovabili.

Sviluppo di un modello di DC load flow ibrido nodale-zonale per il dimensionamento della generazione nel rispetto dei vincoli di rete [Roma-Produz.1]; sviluppo di strategie di controllo della regolazione primaria della frequenza di generatori eolici, fotovoltaici e storage elettrochimico [Roma-Produz.2]. Applicazioni alla rete reale della Sardegna.

Effetto dell'elettrificazione del trasporto automobilistico sui costi di un sistema di generazione completamente rinnovabile

Considerando un parco di generazione composto solo da fotovoltaico, eolico e storage, si confrontano in termini di costi di generazione le opzioni di elettrificazione diretta tramite veicoli full electriche e di elettrificazione indiretta tramite veicoli a fuel cell alimentati ad idrogeno prodotto da elettrolizzatori connessi alla rete di trasmissione [Roma.Produz.3].

Valutazione tecnico-economica della generazione da carbone e gas naturale negli ultimi venti anni

Analisi tecnico-economica della generazione da carbone [Roma.Produz.4] e gas naturale [Roma.Produz.5] negli ultimi venti anni, considerando, indicatori tecnici, quali capacity factor, rendimento, emissioni, ed economici, quali il costo livellato dell'energia.

Modellazione di un sistema rinnovabile di trigenerazione

Sviluppo di modelli di simulazione finalizzati alla valutazione dell'installazione di un sistema di trigenerazione presso il centro termale São Pedro do Sul. Tale sistema totalmente rinnovabile (energia geotermica e solare) e costituito da due sistemi di conversione la cui combinazione risulta essere una strategia innovativa (macchina adsorbimento e pannelli ibridi termo-fotovoltaici) contribuisce alla riduzione dell'uso di combustibili fossili e dell'impatto ambientale [Roma.Produz.6].

Impianti a fusione nucleare, reti elettriche di utenza, analisi per la connessione alle reti di trasmissione europee

Studio e sviluppo di modelli e algoritmi di simulazione dell'esercizio di reti utente a servizio di impianti a fusione nucleare, per la verifica del dimensionamento e per le scelte di connessione alle reti di trasmissione europee, tramite PFA e FA [Roma.Produz.7]-[Roma.Produz.12].

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

I lavori sul tema "Valutazione tecnico-economica della generazione da carbone e gas naturale negli ultimi venti anni" sono stati supportati in parte da una sovvenzione del Ministero della Transizione Ecologica italiano nell'ambito del progetto "Sistema Elettrico". Transizione Ecologica nell'ambito del Piano di Ricerca sul Sistema Elettrico 2019- 21 - Progetto SIMTE dell'ENEA - Agenzia nazionale per l'energia elettrica.

Collaborazione con il CISE (Electromechatronic System Research Centre) presso l' Università di Beira Interior (Covilhã – Portogallo) sul tema "Modellazione di un sistema rinnovabile di trigenerazione".

Collaborazione con ENEA sul tema "Impianti a fusione nucleare, reti elettriche di utenza, analisi per la connessione alle reti di trasmissione europee".

## Bibliografia

[Roma.Produz.1]. F. Carere, F. M. Gatta, A. Geri, S. Lauria, M. Maccioni, L. Nati. Technical/economic feasibility of the adequacy of a fully renewable power system: the case study of the Sardinia island. SUSTAINABLE ENERGY; GRIDS AND NETWORKS, Vol. 31, Article number 100726, September 2022.

[Roma.Produz.2]. F. Carere, F. M. Gatta, A. Geri, S. Lauria, M. Maccioni, L. Nati. Sardinia as a 100% renewable power system: A frequency stability study. SUSTAINABLE ENERGY; GRIDS AND NETWORKS, Vol. 32, Article number 100899, December 2022.

### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [Roma.Produz.3]. F. M. Gatta, A. Geri, S. Lauria, M. Maccioni, L. Nati. Integration of passenger road transport in a fully renewable electric power system dominated by variable generation. IEEE International Energy Conference - ENERGYCON 2022, Riga, Latvia, May 9<sup>th</sup>-12<sup>th</sup>, 2022.
- [Roma.Produz.4]. T. Bragatto, F. Carere, F. M. Gatta, A. Geri, M. Maccioni, G. Simbolotti. Electrical energy production from coal: Technical and economic performances during the last twenty years. International Conference on Environment and Electrical Engineering – IEEEIC 2022, Prague, Czech Republic, June 28<sup>th</sup>-July 1<sup>st</sup>; 2022.
- [Roma.Produz.5]. T. Bragatto, F. Carere, F. M. Gatta, A. Geri, M. Maccioni. Electrical energy production from natural gas: Technical and economic performances during the last twenty years. International Conference on Environment and Electrical Engineering – IEEEIC 2022, Prague, Czech Republic, June 28<sup>th</sup>-July 1<sup>st</sup>; 2022.
- [Roma.Produz.6]. C. Moscatiello, C. Boccaletti, A. N. Alcaso; C. A. Figueiredo Ramos, A. J. Marques Cardoso, “Trigeneration system driven by the geothermal and solar sources”, IET RENEWABLE POWER GENERATION, ISSN 1752-1416. - 14:13, pp. 2340-2347, 2020.
- [Roma.Produz.7]. Status and challenges for the concept design development of the EU DEMO Plant Electrical System. E. Gaio, A. Ferro, A. Lampasi, A. Maistrello, M. Dan, M.C. Falvo, F. Gasparini, F. Lunardon, A. Magnanimo, M. Manganelli, S. Minucci, S. Panella, M. Proietti Cosimi, D. Ratti, L. Barucca, S. Ciattaglia, T. Franke, G. Federici, R. Piovan. ELSEVIER Journal on Fusion Engineering and Design, 2021.
- [Roma.Produz.8]. Electrical Loads and Power Systems for the DEMO Nuclear Fusion Project, S. Minucci, S. Panella, S. Ciattaglia, M.C. Falvo, A. Lampasi, MDPI Energies Journal 2020, Vol. 13, Issue 9.
- [Roma.Produz.9]. Energy Analysis for the Connection of the Nuclear Reactor DEMO to the European Electrical Grid, S. Ciattaglia, M.C. Falvo, A. Lampasi, M. Proietti Cosimi, MDPI Energies Journal 2020, Vol. 13, Issue 9.
- [Roma.Produz.10]. Power system for DEMO: preliminary sizing analysis, S. Panella, S. Ciattaglia, M.C. Falvo, A. Lampasi. Proceedings IEEE IEEEIC 2020. 20th International Conference on Environment and Electrical Engineering (Web conference, 1<sup>o</sup> virtual edition). 9-12 June 2020.
- [Roma.Produz.11]. Status and challenges for the concept design development of the EU DEMO Plant Electrical System. E. Gaio, A. Ferro, A. Lampasi, A. Maistrello, M. Dan, M.C. Falvo, F. Gasparini, F. Lunardon, A. Magnanimo, M. Manganelli, S. Minucci, S. Panella, M. Proietti Cosimi, D. Ratti, L. Barucca, S. Ciattaglia, T. Franke, G. Federici, R. Piovan. ELSEVIER Journal on Fusion Engineering and Design, 2022.
- [Roma.Produz.12]. Progress in the Design of the DTT Electrical Distribution System, M Caldora, S Minucci, G Greco, A Lampasi, R Romano, MC Falvo, 2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 501-505

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Fulminazione diretta delle linee aeree di trasmissione AT

Valutazione del backflashover rate di linee italiane di subtrasmissione a 150 kV e analisi tecnica di provvedimenti atti a migliorarne la prestazione alla fulminazione diretta [Roma.Trasmis.1].

### Regimi dissimetrici di funzionamento

Modellizzazione e studio dell'arco secondario di linee EHV miste cavo-aeree [Roma.Trasmis.2]; sovratensioni temporanee in configurazioni di rete di subtrasmissione radializzata dovute a interruzioni di fase [Roma.Trasmis.3].

### Uso degli esteri naturali nei trasformatori di potenza

La ricerca ha lo scopo di validare le elevate doti di biodegradabilità e l'alto punto di fiamma degli esteri naturali, al fine di diffonderne l'uso nei trasformatori elettrici isolati con tale dielettrico sia relativi alla trasmissione che alla distribuzione al fine di ridurre il rischio di contaminazione ambientale e di incendio in caso di gravi guasti e di sversamenti [Roma.Trasmis.4]- [Roma.Trasmis.11].

### Life Cycle Assessment di trasformatori e parchi di trasformatori

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

La ricerca ha il fine principale di dare supporto alla gestione ed alla diagnostica di grandi parchi trasformatori in alta tensione, classificando tali macchine in classi di iso-attenzione. Tale ricerca permette di definire un Health Index (HI) dinamico associato ad ogni singolo trasformatore di potenza. Le metodiche di management e diagnostica sin ora sviluppate sono state anche presentate in ambito CIGRE e sono state riprese dai TSO. Recentemente, tale studio si sta allargando al parco trasformatori isolato con esteri naturali [Roma.Trasmis.12].

Previsione di carico elettrico e pianificazione di reti elettriche in contesto di mercato

Studio e sviluppo di modelli ed algoritmi per la previsione del carico elettrico e per la pianificazione delle reti di trasmissione in contesto di mercato, con tecniche innovative di intelligenza artificiale (algoritmi genetici, reti neurali, Knowledge Based Expert System) [Roma.Trasmis.13]-[Roma.Trasmis.20].

Elettrificazione rurale in Paesi in via di sviluppo, tecnica ISWS, cooperazione internazionale.

Studio e sviluppo di modelli e algoritmi per la simulazione, e loro validazione con campagne di misura sperimentali sul campo, di reti di trasmissione in Paesi in via di sviluppo, a cui applicare la tecnica ISWS (Iliceto Shield Wire Scheme), per l'alimentazione di villaggi remoti tramite elettrificazione delle funi di guardia, prevedendo un utilizzo bidirezionale in presenza di generazione distribuita da fotovoltaico [Roma.Trasmis.21]-[Roma.Trasmis.22].

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con Terna S.p.A. sul tema "Fulminazione diretta delle linee aeree di trasmissione AT".

Collaborazione con e-distribuzione sul tema "Regimi dissimetrici di funzionamento".

Sul tema "Uso degli esteri naturali nei trasformatori di potenza" si è creata una collaborazione allargata a livello internazionale attraverso la creazione del Gruppo di Lavoro CIGRE WG D1.68, al quale afferiscono TSO e DSO di tutto il mondo.

Collaborazione con Terna S.p.A. sul tema "Previsione di carico elettrico e pianificazione di reti elettriche in contesto di mercato".

Bibliografia

- [Roma.Trasmis.1]. F. M. Gatta, A. Geri, S. Lauria, M. Maccioni, F. Palone. Lightning performance evaluation of Italian 150 kV sub-transmission lines. *Energies*, Vol. 13, Issue 9, Article number 2142, 2020.
- [Roma.Trasmis.2]. F. M. Gatta, A. Geri, M. Graziani, S. Lauria, M. Maccioni. Single-pole autoreclosure in uncompensated EHV AC mixed overhead-cable lines: A parametric time-domain analysis. *Electric Power System Research*, Vol. 210, Article number 108055, September 2022.
- [Roma.Trasmis.3]. F. M. Gatta, A. Geri, S. Lauria, M. Maccioni, A. Cerretti, L. D'Orazio. Large temporary overvoltages in MV network due to a series fault in the HV subtransmission system. *IEEE PowerTech 2021*, Madrid, Spain, June 28<sup>th</sup>-July 2<sup>nd</sup>, 2021.
- [Roma.Trasmis.4]. U. Mohan Rao, I. Fofana, P. Rozga, A. Beroual, J. Malde, R. Martin, Feipeng Wang, Edward Casserly, M. Pompili, L. Calcara, "Next Generation Insulating Liquids Prepared by the International working Group of IEEE DEIS Technical Committee on Liquid Dielectrics", *IEEE 21st International Conference on Dielectric Liquids (ICDL)*, 2022
- [Roma.Trasmis.5]. Erika Breda, Luigi Calcara, Matteo Banditelli, Massimo Pompili, Simone Sacco, "Maintenance of natural ester transformers: case studies", *IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP)*, 2021
- [Roma.Trasmis.6]. Fabio Scatiggio, Erika Breda, Luigi Calcara, Giorgio Campi, Lara Parodi, Riccardo Pedriali, Massimo Pompili, Angela Santoro, "LCA and Smoke Test of Dielectric Fluids Based on Natural Esters", *IEEE Electrical Insulation Conference (EIC)*, 2020
- [Roma.Trasmis.7]. M. Mazzaro, D. De Bartolomeo, M. Pompili, L. Calcara, S. Sangiovanni, F. Scatiggio, A. Valant, M. Rebolini, A. Ledda, E. Bemporad, S. Berardi, F. Mauri, M. Salvadori, A. Sturchio, M. Falconi, "Fire simulation tests of mineral oil and natural esters transformers", *IEEE 20th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL)*, 2019

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [Roma.Trasmis.8]. Kevin J. Rapp, Revin Wang, Alan Sbravati, Roberto I. Da Silva, Vander Tumiatti, Massimo Pompili, “Natural ester liquid-filled transformers power the Olympic Games”, IEEE 20th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), 2019
- [Roma.Trasmis.9]. G. De Bellis, L. Calcara, M. Pompili, M. S. Sarto, “Temperature dependence of the shear viscosity of mineral oils and natural esters”, IEEE 20th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), 2019
- [Roma.Trasmis.10]. Racha Seemamahannop; Kristin Bilyeu; Yingxin He; Shubhen Kapila; Vander Tumiatti; Massimo Pompili, “Assessment of Oxidative Stability and Physical Properties of High Oleic Natural Esters”, IEEE 20th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), 2019
- [Roma.Trasmis.11]. Riccardo Pedriali, Giorgio Campi, Fabio Scatiggio, Alessandro Ledda; Luigi Calcara; Massimo Pompili, “Smoke Tests of Natural Esters and Mineral Oils under Transformer Fire Conditions”, IEEE 20th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), 2019
- [Roma.Trasmis.12]. Erika Breda, Luigi Calcara, Matteo Banditelli, Massimo Pompili, Simone Sacco, “Maintenance of natural ester transformers: case studies”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), 2021
- [Roma.Trasmis.13]. Replacement Reserve for the Italian Power System and Electricity Market; M. Caprabanca, M.C. Falvo, L. Papi, L. Promutico, V. Rossetti, F. Quaglia. MDPI Energies Journal 2020, Vol. 13, Issue 11.
- [Roma.Trasmis.14]. Weekly Storage Optimization by the Italian Transmission System Operator, G. Donnini, E.M. Carlini, M. Caprabanca, F. Quaglia, A. Greco, L. Promutico, V. Rossetti, M.C. Falvo, G. La Pera, Proceedings AEIT International Annual Conference 2020 (Web conference, 1° virtual edition), 23-25 September 2020.
- [Roma.Trasmis.15]. Dimensioning of Frequency Reserves for the Italian Power System in the European Balancing Platform framework, G. Donnini, E.M. Carlini, M. Caprabanca, F. Quaglia, A. Greco, L. Promutico, V. Rossetti, M.C. Falvo, L. Papi. Proceedings AEIT International Annual Conference 2020 (Web conference, 1° virtual edition), 23-25 September 2020.
- [Roma.Trasmis.16]. TERRE project and frequency regulation in the Italian electricity system. E.M. Carlini, M. Caprabanca, F. Quaglia, A. Greco, L. Promutico, V. Rossetti, M.C. Falvo, Energia Elettrica, Vol. 98, Issue 1.
- [Roma.Trasmis.17]. Integration of renewable energy source in transmission grids: issues and perspectives, M. Di Somma, M.C. Falvo, G. Graditi, M. Manganelli, M. Scanzano, M. Valenti. Proceedings IEEE EEEIC21, 21st International Conference on Environment and Electrical Engineering. 7-10 September 2021, Bari (Italy).
- [Roma.Trasmis.18]. Proposal of a new procurement strategy of frequency control reserves in power systems: The Italian case in the European framework, E.M. Carlini, M. Caprabanca, M. C. Falvo, S. Perfetti, L. Luzi, F. Quaglia. Energies Journal 2021, Vol. 14, Issue 19.
- [Roma.Trasmis.19]. Assessment of alternative reserve procurement strategies for the Italian power system, M.C. Falvo, F. Quaglia, L. Luzi, S. Perfetti, E. M. Carlini, M. Caprabanca. Proceedings 2021 AEIT International Annual Conference (Web conference, 2° virtual edition). 4-8 October 2021.
- [Roma.Trasmis.20]. A review on Unit Commitment algorithms for the Italian Electricity Market, M.C. Falvo, S. Panella, M. Caprabanca, F. Quaglia. MDPI Energies Journal 2022, Vol. 15, Issue 1.
- [Roma.Trasmis.21]. Iliceto Shield Wire Scheme (ISWS): A Leap Frog Technique For Low-Cost Rural Electrification, Micro-Grids Connection and RES Promotion in Developing Countries. A Precious Legacy from Professor Francesco Iliceto, F. Santi, M.C. Falvo, S. Maccario, A. Iliceto. Proceedings 4th AIEE Energy Symposium Current and Future Challenges to Energy Security. 10-12 December 2020, Rome (Italy).
- [Roma.Trasmis.22]. Iliceto Shield Wire Scheme: an application to HV Line in Tanzania, RA Aciri, MC Falvo, A Iliceto, S Kihwele, F Santi, Proceedings IEEE EEEIC 2022. 22th International Conference Environment and Electrical Engineering.

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

Esercizio delle reti di distribuzione MT/BT in presenza di generazione distribuita, sistemi di storage e stazioni di ricarica di veicoli elettrici

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



Studio e sviluppo di modelli e algoritmi per la simulazione di reti di distribuzione attive (pubbliche in MT e in BT), che prevedano l'integrazione di sistemi di accumulo ed infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici, per l'ottimizzazione dei flussi di energia e l'integrazione con più sistemi energetici in ottica smart grid [Roma.Distrib.1]-[Roma.Distrib.15].

#### Resilienza di reti di distribuzione

Sviluppo di una procedura per la valutazione della resilienza di reti elettriche di distribuzione verso minacce legate a condizioni meteorologiche estreme, identificando le azioni correttive in modo da minimizzare l'impatto delle minacce e aumentare la resilienza della rete [Roma.Distrib.16], [Roma.Distrib.17].

Resilienza delle reti in media tensione in cavo interrato interessate da fenomeni estremi quali le ondate di calore. In particolare, il maggior addensamento dei guasti si ha nei giunti degli stessi cavi e nei periodi estivi (Giugno-Settembre) caratterizzati da una temperatura ambiente mediamente elevata ed una scarsa piovosità. Dopo aver eseguito prove di natura sperimentale e simulazioni teoriche sono stati messi a punto dei modelli di guasto, atti a dare una spiegazione al fenomeno [Roma.Distrib.18]-[Roma.Distrib.21].

#### Funzionamento in regime perturbato di reti di distribuzione MT

Studio dell'effetto termico del passaggio di corrente sugli schermi in seguito a guasto a terra [Roma.Distrib.22], contromisure per la riduzione di dette correnti in caso di doppi guasti monofase a terra [Roma.Distrib.23], sviluppo di un modello semplificato basato sulla trasformata di Clarke per il calcolo delle sovratensioni di manovra nelle reti di distribuzione MT [Roma.Distrib.24].

#### Monitoraggio di reti di distribuzione

Sviluppo e realizzazione di sistemi di smart metering a basso costo per il monitoraggio di generazione distribuita e grosse utenze per l'implementazione di strategie di Demand Response al fine di aumentare la stabilità della rete di distribuzione [Roma.Distrib.25], [Roma.Distrib.26].

#### Benefici e Costi del Demand Response in tre impianti di Milano e valutazione dell'integrazione di impianti fotovoltaici

Analisi di diversi scenari basati su dati reali della rete di distribuzione di Milano e valutazione dei benefici e dei costi dell'implementazione della DR in tre diversi impianti, per risolvere i problemi legati alla congestione, alle perdite di potenza e alle cadute di tensione, attraverso la programmazione o il controllo remoto delle risorse distribuite e all'integrazione di impianti fotovoltaici [Roma.Distrib.27].

#### Impatto del Covid-19 sulla rete di distribuzione di Milano

Lo studio è stato motivato dal fatto che durante il Covid-19 la domanda di energia elettrica è fortemente diminuita e si è modificata nelle sue caratteristiche tipiche, introducendo nuove criticità nel sistema a livello di trasmissione e di distribuzione. L'obiettivo è stato quello di analizzare il forte impatto di questi cambiamenti sulla rete di distribuzione di Milano per tutto il periodo. I risultati forniscono un utile esempio degli effetti di una pandemia di questo tipo e possono fornire un riferimento valido anche per molte altre grandi città del mondo [Roma.Distrib.28].

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con Enel X sul tema "Esercizio delle reti di distribuzione MT/BT in presenza di generazione distribuita, sistemi di storage e stazioni di ricarica di veicoli elettrici".

Collaborazione con A.S.M. Terni S.p.A. sul tema "Esercizio delle reti di distribuzione MT/BT in presenza di generazione distribuita, sistemi di storage e stazioni di ricarica di veicoli elettrici".

Collaborazione con A.S.M. Terni S.p.A. sul tema "Resilienza di reti di distribuzione".

Collaborazione con e-distribuzione sul tema "Funzionamento in regime perturbato di reti di distribuzione MT".

Collaborazione con A.S.M. Terni S.p.A. sul tema "Monitoraggio di reti di distribuzione".

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Bibliografia

- [Roma.Distrib.1]. F. M. Gatta, A. Geri, M. Maccioni, F. Carere, M. Abbafati, M. Paulucci, T. Bragatto. Electric mobility hosting capacity assessment in Terni distribution network. International Conference on Environment and Electrical Engineering – IEEEIC 2021, Bari, Italy, September 7<sup>th</sup>-10<sup>th</sup>, 2021.
- [Roma.Distrib.2]. F. Carere, F. M. Gatta, A. Geri, M. Maccioni, T. Bragatto, M. Cresta, M. Paulucci, F. Santori. Electric vehicle charging rescheduling to mitigate local congestions in the distribution system. IEEE PowerTech 2021, Madrid, Spain, June 28<sup>th</sup>-July 2<sup>nd</sup>, 2021.
- [Roma.Distrib.3]. T. Bragatto, F. Carere, M. Cresta, F. M. Gatta, A. Geri, V. Lanza, M. Maccioni, M. Paulucci. Location and sizing of hydrogen based systems in distribution network for renewable energy integration. Electric Power System Research, Vol. 205, Article number 107741, April 2022.
- [Roma.Distrib.4]. R. Lamedica, M. Maccioni, A. Ruvio, T. G. Tudor, F. Carere, E. Sammartino, D. Ferrazza. A methodology to reach high power factor during multiple EVs charging. Electric Power System Research, Vol. 210, Article number 108063, September 2022.
- [Roma.Distrib.5]. M. A. Bucarelli, A. Palmieri, A. Geri, F. M. Gatta, M. Maccioni, M. Paulucci. Design of a new MV network to supply electric vehicle charging stations: A real case study in Terni. International Conference on Environment and Electrical Engineering – IEEEIC 2022, Prague, Czech Republic, June 28<sup>th</sup>-July 1<sup>st</sup>, 2022.
- [Roma.Distrib.6]. EV Charging Stations and RES-Based DG: a Centralized Approach for Smart Integration in Active Distribution Grids. G. Caneponi, F. Cazzato, S. Cochi, M. Di Clerico, M.C. Falvo, M. Manganelli. International Journal of Renewable Energy Research, Vol.9, No.2, June, 2019.
- [Roma.Distrib.7]. Active Distribution Grids: Observability and RES-based DG Forecasting. M.C. Falvo, F. Mareri, C. Cruciani. Proceedings IEEE IEEEIC 2020. 20th International Conference on Environment and Electrical Engineering (Web conference, 1<sup>o</sup> virtual edition), 9-12 June 2020.
- [Roma.Distrib.8]. Assessment of the Worthwhileness of Efficient Driving in Railway Systems with High-Receptivity Power Supplies. A. Cunillera, A. Fernández-Rodríguez, A.P. Cucala, A. Fernández-Cardador, M.C. Falvo, MDPI Energies Journal 2020, Vol. 13, Issue 7.
- [Roma.Distrib.9]. A Simulation Model for a Hybrid-Electric Craft in Restricted Waters, F. Mauro, U. La Monaca, A. Marinò, V. Bucci, M.C. Falvo. 2020 Journal of Advanced Transportation Vol. 2020
- [Roma.Distrib.10]. Forecast of the demand for electric mobility for Rome–Fiumicino international airport, R.A. Aciri, S. Barone, P. Cambula, M. Manganelli, M.C. Falvo F. Santi, MDPI Energies Journal, 2021, Vol. 14, Issue 17.
- [Roma.Distrib.11]. Integration of a new thermal energy storage in electrical grids: power supply and control options M. Scanzano, M.C. Falvo, A. Scafuri, F. Bassetti, L. Magaldi. Proceedings IEEE IEEEIC21, 21st International Conference on Environment and Electrical Engineering. 7-10 September 2021, Bari (Italy).
- [Roma.Distrib.12]. A new thermal energy storage technology for power system services, R.A. Aciri, F. Bassetti, M.C. Falvo, L. Magaldi, M. Manganelli, L. Romagnoli, F. Santi, A. Scafuri. Proceedings IEEE IEEEIC21, 21st International Conference on Environment and Electrical Engineering. 7-10 September 2021, Bari (Italy).
- [Roma.Distrib.13]. Integration of renewable energy source in transmission grids: issues and perspectives, M. Di Somma, M.C. Falvo, G. Graditi, M. Manganelli, M. Scanzano, M. Valenti. Proceedings IEEE IEEEIC21, 21st International Conference on Environment and Electrical Engineering. 7-10 September 2021, Bari (Italy).
- [Roma.Distrib.14]. A novel hybrid fluidized bed thermal energy storage for power regulation services and industrial decarbonization. L. Romagnoli, F. Bassetti, M. Masi, L. Magaldi, M.C. Falvo. World Utilities Congress. 9-11 May 2022, Abu Dhabi (UAE).
- [Roma.Distrib.15]. Electrical Vehicles and Charging Stations: State of Art and Future Perspectives, MC Falvo, M Manganelli, C Moscatiello, F Vellucci, Proceedings IEEE IEEEIC 2022. 22th International Conference on Environment and Electrical Engineering. June 2022. Prague (Czech Republic).
- [Roma.Distrib.16]. M. Cresta, F. M. Gatta, A. Geri, M. Maccioni, M. Paulucci, A. Rizzo. Resilience assessment in TDE's distribution grid: Risk model for tree falls. 12<sup>th</sup> AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, Virtual, Online, September 23<sup>rd</sup>-25<sup>th</sup>, 2020.
- [Roma.Distrib.17]. M. Cresta, F. M. Gatta, A. Geri, M. Maccioni, M. Paulucci. Resilience assessment in distribution grids: A complete simulation model. Energies, Vol. 14, Issue 14, Article number 4303, July 2021.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [Roma.Distrib.18]. Massimo Pompili, Luigi Calcara, Silvia Sangiovanni, "Heatwaves and underground MV cable joints failures", AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021.
- [Roma.Distrib.19]. Massimo Pompili, Luigi Calcara, Silvia Sangiovanni, "MV Underground Power Cable Joints Premature Failures", AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020.
- [Roma.Distrib.20]. Luigi Calcara, Luigi D'Orazio, Maurizio Della Corte, Guglielmo Di Filippo, Alessio Pastore, Davide Ricci, Massimo Pompili, "Faults Evaluation of MV Underground Cable Joints", AEIT International Annual Conference (AEIT), 2019.
- [Roma.Distrib.21]. Luigi Calcara, Gianluca Di Felice, Flavia Ferrucci, Francesco Aveniero Marchetti, "Soil thermal resistivity: innovative measurement system", IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2019.
- [Roma.Distrib.22]. T. Bragatto, A. Cerretti, L. D'Orazio, F. M. Gatta, A. Geri, M. Maccioni. Thermal effects of ground faults on MV joints and cables. *Energies*, Vol. 12, Issue 18, Article number 3496, September 2019.
- [Roma.Distrib.23]. A. Cerretti, L. D'Orazio, F. M. Gatta, A. Geri, S. Lauria, M. Maccioni. Limitation of cross country fault currents in MV distribution networks by current limiting reactors connected between cable screens and primary substation earth electrode. *Electric Power System Research*, Vol. 205, Article number 107720, April 2022.
- [Roma.Distrib.24]. J. Dell'Olmo, F. M. Gatta, A. Geri, M. Graziani, S. Lauria, M. Maccioni. Clarke transform based fast assessment of sSwitching overvoltages in an MV distribution network. *Electric Power System Research*, Vol. 212, Article number 108255, November 2022.
- [Roma.Distrib.25]. A. Geri, F. M. Gatta, M. Maccioni, J. Dell'Olmo, F. Carere, M. A. Bucarelli, P. Poursoltan, N. Hadifar, M. Paulucci. Distributed generation monitoring: a cost-effective Raspberry Pi-based device. 2<sup>nd</sup> International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology, IRASET 2022, Meknes, Morocco, March 3<sup>rd</sup>-4<sup>th</sup>, 2022.
- [Roma.Distrib.26]. A. Geri, F. M. Gatta, M. Maccioni, J. Dell'Olmo, F. Carere, M. A. Bucarelli, P. Poursoltan, N. Hadifar, M. Paulucci. A low-cost smart monitoring device for demand-side response campaigns. 7<sup>th</sup> International Congress on Information and Communication Technology, ICICT 2022, Virtual, Online, February 21<sup>st</sup>-24<sup>th</sup>, 2022.
- [Roma.Distrib.27]. G. Iannarelli, A. Bosisio, B. Greco; C. Moscatiello, C. Boccaletti, "Flexible resources dispatching to assist DR management in urban distribution network scenarios including PV generation: An Italian case study", 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC and CPS Europe 2020, pp. 1-6., 2020.
- [Roma.Distrib.28]. G. Iannarelli; A. Bosisio; B. Greco; C. Moscatiello; C. Boccaletti, "Resilience of the Milan distribution network in presence of extreme events: Covid-19", 2020 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2).

## TECNOLOGIE

### Studio delle scariche parziali in isolamenti liquidi

La ricerca ha preso spunto dalla circostanza che gli strumenti comunemente impiegati nell'industria elettrica per la rilevazione delle scariche parziali, in sede di prove di accettazione o di diagnostica di componenti in alta tensione, sono del tipo a banda stretta (NB), potendo lavorare correttamente sino a frequenze di circa 300-400 kHz, mentre i singoli impulsi legati a tale fenomeno comprendono frequenze anche superiori alle centinaia di MHz. Obiettivo della ricerca, ancora in corso, è quello di confermare la validità di tali prove su componenti in alta tensione con isolamenti liquidi e misti e successivamente mettere a punto setup di prova per la determinazione delle scariche parziali sia in olio isolante che in componenti in alta tensione basati su una strumentazione a larga banda (UWB) [Roma.Tecnol.1]-[Roma.Tecnol.5].

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con il Prof. Ray Bartnikas (IREQ, Canada) e col TC10 dell'IEC sul tema "Studio delle scariche parziali in isolamenti liquidi".

### Bibliografia

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

- [Roma.Tecnol.1]. L. Calcara, M. Pompili, K. J. Rapp, A. Sbravati, R. Fernandez, "PD Evolution and their Effect in Natural and Synthetic Ester Liquids", IEEE 21st International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), 2022.
- [Roma.Tecnol.2]. Luigi Calcara, Alan Sbravati, Kevin J. Rapp, Massimo Pompili, "Influence of Water Contents on Ester Liquids Partial Discharge Inception Voltage", IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), 2020.
- [Roma.Tecnol.3]. Luigi Calcara, Silvia Sangiovanni, Massimo Pompili, "Partial Discharge Inception Voltage in Insulating Liquids Dependence from the Definition Used", IEEE 3rd International Conference on Dielectrics (ICD), 2020.
- [Roma.Tecnol.4]. U. Mohan Rao, I. Fofana, A. Beroual, P. Rozga, M. Pompili, L. Calcara, Kevin J. Rapp, "A review on pre-breakdown phenomena in ester fluids: Prepared by the international study group of IEEE DEIS liquid dielectrics technical committee", 2020.
- [Roma.Tecnol.5]. L. Calcara, K. J. Rapp, S. Sangiovanni, M. Pompili, A. Sbravati, "Influence of Water Content in Natural Ester Liquids Partial Discharge Inception Voltage, IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), 2020.

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

**Smart mobility: nuove tecnologie per l'incremento dell'efficienza energetica dei sistemi di trasporto e modelli di simulazione**

La ricerca ha analizzato provvedimenti innovativi da attuare per l'utilizzo dell'energia di frenatura di veicoli a guida vincolata, con particolare riferimento al dimensionamento e posizionamento ottimo degli accumuli, sia stazionari che a bordo attraverso una modellazione complessa dei sistemi di trasporto elettrificati [Roma.Trasporti.1] - [Roma.Trasporti.11].

**Sviluppo di layout innovativi d'impianti elettrici a bordo di grandi Unità Navali dotate di propulsione elettrica**

Studi di Power Quality e analisi preliminari di affidabilità sono stati effettuati a seguito di un'ampia campagna di misure condotte a bordo della nave militare Cavour. L'attività di ricerca, conclusa nel 2020, ha riguardato una nuova architettura del sistema di distribuzione di una nave con propulsione elettrica di tipo ibrido costituita da un sistema in corrente alternata di media tensione e da aree di rete in corrente continua.

**E-Mobility – Veicoli elettrici**

La ricerca ha riguardato la power quality e la hosting capacity per i veicoli elettrici. [Roma.Trasporti.12]-[Roma.Trasporti.15]. In particolare si propone un nuovo approccio alla modellizzazione dei carichi non lineari che variano nel tempo. Il modello consente una pre-valutazione dei disturbi armonici in condizioni variabili per stimare la distorsione armonica totale.

**Veicoli elettrici e stazioni di ricarica: Stato dell'arte e prospettive future**

Panoramica sui veicoli elettrici e sulla classificazione delle stazioni di ricarica e lo stato dell'arte in termini di caratteristiche del mercato dei veicoli elettrici e delle stazioni di ricarica a livello internazionale e nazionale. Infine, è stata condotta un'indagine sulle prestazioni e sui costi attuali [Roma.Trasporti.16].

**Tecnologie del trasporto ferroviario urbano**

Stato dell'arte e la tecnologia attualmente utilizzata nei principali sistemi di trasporto ferroviario urbano. Caratteristiche principali, analisi sulle diverse forme di alimentazione che caratterizzano i mezzi di trasporto, i diversi sistemi di protezione e i costi complessivi [Roma.Trasporti.17].

**Collaborazioni con altre unità**

Collaborazione con le unità di Pisa, Milano e Trieste sul tema "Smart mobility: nuove tecnologie per l'incremento dell'efficienza energetica dei sistemi di trasporto e modelli di simulazione".

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria informatica automatica e gestionale della Sapienza e con RFI sul tema "Smart mobility: nuove tecnologie per l'incremento dell'efficienza energetica dei sistemi di trasporto e modelli di simulazione".

Collaborazione con la Università Federale di Itajubá (Brasile) sul tema "E-Mobility – Veicoli elettrici".

I lavori sui temi "Veicoli elettrici e stazioni di ricarica: Stato dell'arte e prospettive future" e "Tecnologie del trasporto ferroviario urbano" sono stati supportati in parte da una sovvenzione del Ministero della Transizione Ecologica italiano nell'ambito del progetto "Sistema Elettrico". Transizione Ecologica nell'ambito del Piano di Ricerca sul Sistema Elettrico 2019- 21 - Progetto SIMTE dell'ENEA - Agenzia nazionale per l'energia elettrica.

Bibliografia

- [Roma.Trasporti.1]. Lamedica, R., Ruvio, A., Tanzi, E., Palagi, L. Optimal Sizing and Siting of stationary storage systems in railway electrical lines using a blackbox integer model (2022) Journal of Energy Storage, 51, art. no. 104350, DOI: 10.1016/j.est.2022.104350.
- [Roma.Trasporti.2]. Lamedica, R., Ruvio, A., Palagi, L., Mortelliti, N. "Optimal siting and sizing of wayside energy storage systems in a D.C. railway line" (2020) Energies, 13 (23), art. no. 6271, DOI: 10.3390/en13236271.
- [Roma.Trasporti.3]. Lamedica, R., Ruvio, A., Tobia, M., Buffarini, G.G., Carones, N, "A preliminary techno-economic comparison between DC electrification and trains with on-board energy storage systems (2020) Energies, 13 (24), art. no. 6702, DOI: 10.3390/en13246702.
- [Roma.Trasporti.4]. Brenna, M.; Bucci, V.; Falvo, M.C.; Foadelli, F.; Ruvio, A.; Sulligoi, G.; Vicenzutti, A. "A Review on Energy Efficiency in Three Transportation Sectors: Railways, Electrical Vehicles and Marine." Energies 2020, 13, 2378 <https://doi.org/10.3390/en13092378>.
- [Roma.Trasporti.5]. A. Capasso, M. Ceraolo, R. Lamedica, G. Lutzemberger, A. Ruvio, "Modelling and simulation of tramway transportation systems" Journal of Advanced Transportation Open Access Volume 2019, 2019, Article number 4076865.
- [Roma.Trasporti.6]. Lamedica, R., Ruvio, A., Buffarini, G.G., Carones, N., Cianfarani, C. "Analysis of the electrolytic corrosion in the railway line Albate-Chiasso" (2020) 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, art. no. 9241126, DOI: 10.23919/AEIT50178.2020.9241126
- [Roma.Trasporti.7]. Lamedica, R., Gatta, F.M., Ruvio, A., Olevano, F., Buffarini, G.G., Castellani, M. "Modeling of electrical systems powered by generator sets for long railway tunnels" (2020) 12th AEIT International Annual Conference, AEIT 2020, art. no. 9241163, DOI: 10.23919/AEIT50178.2020.9241163
- [Roma.Trasporti.8]. Lamedica, R., Del Greco, L., Ruvio, A., Buffarini, G.G., Trezza, G. "A methodology to analyse voltage unbalance mitigation in 2x25 kV-50 Hz railway systems"(2020), 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020, art. no. 9161943, pp. 600-605, DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161943
- [Roma.Trasporti.9]. C. Spalvieri, I. Rossetta, R. Lamedica, A. Ruvio and A. Papalini, "Train braking impact on energy recovery: the case of the 3 kV d.c. railway line Roma-Napoli via Formia," 2019 AEIT International Annual Conference (AEIT), Florence, Italy, 2019, pp. 1-6. doi: 10.23919/AEIT.2019.8893399
- [Roma.Trasporti.10].R. Lamedica, F. M. Gatta, S. Mikhael, A. Ruvio, G. G. Buffarini and M. Castellani, "Emergency supply to safety systems of long railway tunnels," 2019 AEIT International Annual Conference (AEIT), Florence, Italy, 2019, pp. 1-6. doi: 10.23919/AEIT.2019.8893401
- [Roma.Trasporti.11].R. Lamedica, A. Midili, A. Ruvio, G. Guidi Buffarini, N. Carones and M. Laurini, "A High Traffic Density Metro electrified at 2x25 kV 50 Hz," 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, Genova, Italy, 2019, pp. 1-6. doi: 10.1109/EEEIC.2019.8783848
- [Roma.Trasporti.12].Lamedica, R., Maccioni, M., Ruvio, A., Carere, F., Mortelliti, N., Gatta, F.M., Geri, A. "Optimization of e-Mobility Service for Disabled People Using a Multistep Integrated Methodology" (2022) Energies, 15 (8), art. no. 2751, DOI: 10.3390/en15082751.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [Roma.Trasporti.13].R. Lamedica, F. M. Gatta, M. Maccioni, N. Mortelliti and A. Ruvio, "E-mobility for persons with disabilities: a project for the Sapienza University of Rome," 2021 AEIT International Conference on Electrical and Electronic Technologies for Automotive (AEIT AUTOMOTIVE), 2021, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEITAUTOMOTIVE52815.2021.9662832.
- [Roma.Trasporti.14].R. Lamedica, A. Geri, F. M. Gatta, S. Sangiovanni, M. Maccioni and A. Ruvio, "Integrating Electric Vehicles in Microgrids: Overview on Hosting Capacity and New Controls," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 55, no. 6, pp. 7338-7346, Nov.-Dec. 2019. doi: 10.1109/TIA.2019.2933800.
- [Roma.Trasporti.15].Lamedica, R., Sangiovanni, S., Ruvio, A., Ribeiro, P.F. "A Procedure for Aggregation of Quasi-Static Time-Varying Harmonic Components: A Matlab-Simulink Model" (2020) Proceedings of International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, 2020-July, art. no. 9177906, DOI: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177906
- [Roma.Trasporti.16].M. C. Falvo, M. Manganelli, C. Moscatiello and F. Vellucci, "Electrical Vehicles and Charging Stations: State of Art and Future Perspectives," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854740.
- [Roma.Trasporti.17].A Ruvio, MC Falvo, R Loggia, C Moscatiello, F Carere, G Martino, et al., "An Overview on Urban Rail Transport Technologies," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854666.

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica

Analisi e caratterizzazione dei carichi e dei profili elettrici finalizzate alla razionalizzazione dell'utilizzazione e al risparmio energetico. Modellazione dei profili per logiche di previsione e controllo del carico. Analisi della flessibilità della domanda elettrica.

Architetture speciali di reti elettriche di distribuzione intelligenti per microgrid e smart grid. Integrazione con generazione distribuita e con convertitori elettronici. Impiego di porzioni di rete in corrente continua integrate in reti complesse MT/BT. Sistemi di protezione.

Criteri generali per la configurazione ed il dimensionamento degli impianti elettrici di distribuzione con particolare riferimento a criteri di continuità del servizio per aumentare il livello di resilienza del sistema. Resilienza degli impianti elettrici di utilizzazione. Studio dell'affidabilità, della disponibilità e della continuità del servizio. Impianti a servizio dei CED. Impianti a servizio di strutture vulnerabili e critiche. Impianti ospedalieri. Impianti industriali e modularizzati. Studio di criteri ottimizzati di pianificazione e progettazione di reti elettriche destinate a casi speciali.

Resilienza elettrica e disaster recovery nelle reti di potenza con particolare riferimento a rischi connessi con il terremoto, le inondazioni, e altre calamità naturali. Criteri per la configurazione ed il dimensionamento per impianti a rischio sismico.

Criteri per la configurazione ed il dimensionamento di impianti elettrici utilizzatori speciali ed organizzati in aree di assorbimento, in particolare per le gallerie stradali e autostradali.

### Aggregazione di utenze e comunità energetiche

Aggregazione delle utenze. Modelli di comunità energetiche. Modelli di microgrid per edifici e infrastrutture complesse, integrazione in smart grid e smart cities, modelli di reti complesse a servizio di edifici ad energia quasi zero NZEB, dotate di generazione, accumulo elettrico e termico e sistema di building automation. Strategie di demand side management e gestione del carico elettrico e termico. Microgrid per energy community.

Reti elettriche per aree portuali con utilizzo di risorse energetiche distribuite, ultracapacitor e energy storage per demand side management e peak shaving. Utilizzo di controlli PSO. Applicazioni del cold ironing.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



Applicazione di tecnologie digitali, reti elettriche intelligenti e uso razionale dell'energia

Studio dei vantaggi e delle applicazioni dei sistemi domotici e di building automation. Impatto nella prestazione energetica degli edifici.

Impianti di illuminazione ad alta efficienza dotati di sistemi di regolazione ad elevata tecnologia.

Sistemi di controllo per la building automation. Architetture di sistemi HBES e HBA con particolare riferimento ai protocolli Konnex e Modbus. Applicazione di algoritmi di ottimizzazione energetica e funzionale basati su logica fuzzy e logiche predittive. Applicazioni di modelli gestionali basati su intelligenza artificiale nel controllo delle microreti con particolare riferimento al controllo della domanda. Applicazioni di approccio BIM nelle reti elettriche per la realizzazione di digital twin.

Sistemi di metering e monitoring. Architetture di reti di misura e monitoraggio degli impianti elettrici. Valutazione di indicatori di performance e di copertura delle misure con particolare riferimento alla disaggregazione dei valori per usi energetici.

Studio delle reti di terra

Contributo alla modellazione degli impianti di terra ed alla misura delle tensioni di contatto e di passo.

Collaborazioni con altre unità

Sulle tematiche delle reti per microgrid con uso della corrente continua è in corso una collaborazione con il Politecnico di Milano.

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Sulle tematiche delle reti per microgrid con uso della corrente continua è in corso una collaborazione con Wroclaw University, Polonia.

Bibliografia

- [Roma.Utiliz.1]. G. Parise ; L. Martirano ; L. Parise ; L. Gugliermetti ; F. Nardecchia, A life loss tool for an optimal management in the operation of insulated LV power cables, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 55 Issue:1, 2019, DOI: 10.1109/TIA.2018.2866982
- [Roma.Utiliz.2]. L. Martirano ; G. Parise ; G. Greco ; M. Manganelli ; F. Massarella ; M. Cianfrini ; L. Parise ; P. di Laura Frattura ; E. Habib; Aggregation of users in a residential/commercial building managed by a building energy management system (BEMS), IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 55 Issue:1, 2019, DOI: 10.1109/TIA.2018.2866155
- [Roma.Utiliz.3]. L. Martirano ; F. Bua ; L. Cristaldi ; G. Grigis ; L. Mongiovì ; S. Polverini ; E. Tironi; Assessment for a Distributed Monitoring System for Industrial and Commercial Applications; IEEE Transactions on Industry Applications, 2019, Volume 55, Issue 6; DOI: 10.1109/TIA.2019.2939507
- [Roma.Utiliz.4]. F. Liberati ; A. Di Giorgio ; A. Giuseppi ; A. Pietrabissa ; E. Habib ; L. Martirano ; Joint Model Predictive Control of Electric and Heating Resources in a Smart Building; IEEE Transactions on Industry Applications, 2019, Volume 55, Issue 6; DOI: 10.1109/TIA.2019.2932954
- [Roma.Utiliz.5]. M. Manganelli ; G. Greco ; L. Martirano; Design of a new architecture and simulation model for building automation towards nearly zero energy buildings; IEEE Transactions on Industry Applications, 2019 , Volume 55, Issue 6; DOI: 10.1109/TIA.2019.2920233
- [Roma.Utiliz.6]. Kermani, M.; Parise, G.; Chavdarian, B.; Martirano, L., Ultracapacitors for port crane applications: Sizing and techno-economic analysis, Energies, Open Access, 2020, Vol. 13 Issue 8, DOI: 10.3390/en13082091
- [Roma.Utiliz.7]. Kermani, M.; Carni, D. L.; Rotondo, S.; Paolillo, A.; Manzo, F.; Martirano, L., A nearly zero-energy microgrid testbed laboratory: Centralized control strategy based on SCADA system, Energies, Open Access, 2020, Vol. 13, Issue 8, DOI 10.3390/en13082106

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [Roma.Utiliz.8]. Focaracci, A.; Greco, G.; Martirano, L., Smart Tunnel and Dynamic Risk Analysis, IEEE Transactions on Industry Applications, 2020, Vol. 56, Issue 3, DOI: 10.1109/TIA.2020.2974139
- [Roma.Utiliz.9]. Ferrario, A. M.; Vivas, F. J.; Manzano, F. S.; Andujar, J. M.; Bocci, E.; Martirano, L., Hydrogen vs. Battery in the long-term operation. A comparative between energy management strategies for hybrid renewable microgrids, Electronics, Open Access, 2020, Vol. 9, Issue 4, DOI 10.3390/electronics9040698
- [Roma.Utiliz.10]. M. Waseem, I. Ali Sajjad , S. Saaqib Haroon , S. Amin , H. Farooq , L. Martirano, R. Napoli; Electrical Demand and its Flexibility in Different Energy Sectors; Electric Power Components and Systems, Taylor & Francis, Vol. 48, Issue 12, DOI: 10.1080/15325008.2020.1854372
- [Roma.Utiliz.11]. Martirano L.;Rotondo S.; Kermani M.; Massarella F.; Gravina R.; Power Sharing Model for Energy Communities of Buildings. IEEE Transactions on Industry Applications, 2021, Vol. 57, Issue: 1, DOI 10.1109/TIA.2020.3036015
- [Roma.Utiliz.12]. Kermani, M., Adelmanesh, B., Shirdare, E., Sima, C.A., Carni, D.L., Martirano, L., Intelligent energy management based on SCADA system in a real Microgrid for smart building applications; Renewable Energy, Open Access, Volume 171, June 2021, Pages 1115-1127, DOI: 10.1016/j.renene.2021.03.008
- [Roma.Utiliz.13]. Kermani, M., Shirdare, E., Najafi, Adelmanesh B., A., Carni, D.L., Martirano, L., Optimal Self-Scheduling of a Real Energy Hub Considering Local DG Units and Demand Response under Uncertainties, IEEE Transactions on Industry Applications, 2021, Vol.: 57, Issue: 4, DOI: 10.1109/TIA.2021.3072022
- [Roma.Utiliz.14]. Martirano, L., Ruvio, A., Manganelli M., Lettina F., Venditti, A., Zori, G., High-Efficiency Lighting Systems with Advanced Controls, IEEE Transactions on Industry Applications, 2021, Vol.: 57, Issue: 4, DOI: 10.1109/TIA.2021.3075185
- [Roma.Utiliz.15]. Di Lorenzo, G., Rotondo, S., Araneo, R., Petrone, G., Martirano, L., Innovative power-sharing model for buildings and energy communities, Renewable Energy, 2021, Vol. 172, Pages 1087 – 1102, July 2021, DOI: 10.1016/j.renene.2021.03.063
- [Roma.Utiliz.16]. Kermani, M., Shirdare, E., Abbasi, S., Parise, G., Martirano, L., Elevator regenerative energy applications with ultracapacitor and battery energy storage systems in complex buildings, Energies, Open Access, Vol. 14, Issue 111, June 2021, DOI: 10.3390/en14113259
- [Roma.Utiliz.17]. Manganelli, M., Soldati, A., Martirano, L., Ramakrishna, S., Strategies for improving the sustainability of data centers via energy mix, energy conservation, and circular energy, Sustainability (Switzerland) Open Access, Vol. 13, Issue 111 June 2021, DOI: 10.3390/su13116114
- [Roma.Utiliz.18]. Martirano L., Lentola L., Vescio G., Kermani M., Modularized Electrical Power Systems The Three-BUS Architecture, IEEE IAS Magazine January 2022, DOI: 10.1109/MIAS.2021.3114667.
- [Roma.Utiliz.19]. Kuznetsov P., Yuferev L., Voronin D., Panchenko V.A., Jasiński M., Najafi A., Leonowicz Z., Bolshev V., Martirano L., Methods Improving Energy Efficiency of Photovoltaic Systems Operating under Partial Shading, Applied Science, Vol.11, Issue 12, 2021, DOI 10.3390/app112210696.
- [Roma.Utiliz.20]. Kermani M, Shirdare E., Parise G., Bongiorno M., Martirano L., A Comprehensive Techno-economic Solution for Demand Control in Ports: Energy Storage Systems Integration, Transactions on Industry Applications, Vol. 58, Issue 2, March-Apr. 2022, DOI: 10.1109/TIA.2022.3145769
- [Roma.Utiliz.21]. Kermani M, Ferrari G., Shirdare E., Manganelli M., Martirano L., Compact and Smart Outdoor Medium/Low Voltage Substation for Energy Communities, Transactions on Industry Applications, Vol. 58, Issue 3, May-June 2022, DOI: 10.1109/TIA.2022.3148357
- [Roma.Utiliz.22]. Jasinski M, Martirano L., Najafi A., O. Homae, Leonowicz Z., Kermani M., Microgrid Working Conditions Identification Based on Cluster Analysis—A Case Study From Lambda Microgrid, IEEE Access, Vol. 10 June 2022, DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3186092
- [Roma.Utiliz.23]. A. Paolillo ; D.L. Carni ; M. Kermani ; L. Martirano ; A. Aiello; An innovative Home and Building Automation design tool for Nanogrids Applications; 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe); Genoa Italy, 11-14 June 2019, DOI: 10.1109/EEEIC.2019.8783878
- [Roma.Utiliz.24]. M. Kermani ; G. Parise ; L. Martirano ; L. Parise ; B. Chavdarian Utilization of Regenerative Energy by Ultracapacitor Sizing for Peak Shaving in STS Crane; 2019 IEEE International Conference on

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe); Genoa Italy, 11-14 June 2019, DOI: 10.1109/EEEIC.2019.8783770
- [Roma.Utiliz.25]. A. Focaracci ; G. Greco ; L. Martirano; Dynamic Risk Analysis and Energy Saving in Tunnels; 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe); Genoa Italy, 11-14 June 2019, DOI: 10.1109/EEEIC.2019.8783288
- [Roma.Utiliz.26]. Luigi Martirano ; Mostafa Kermani ; Francesco Manzo ; Arsalan Bayatmakoo ; Umberto Graselli; Implementation of SCADA Systems for a Real Microgrid Lab Testbed; 2019 IEEE Milan PowerTech, Milan Italy, 23-27 June 2019; DOI: 10.1109/PTC.2019.8810795.
- [Roma.Utiliz.27]. M. Kermani ; G. Parise ; L. Martirano ; L. Parise ; B. Chavdarian ; Chun-Lien Su, Optimization of Energy Consumption in STS Group Cranes by Using Hybrid Energy Storage Systems Based on PSO Algorithm, 2019 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 2019 Sept. 29 Oct. 3, Baltimore, USA. DOI: 10.1109/IAS.2019.8912455
- [Roma.Utiliz.28]. A. Focaracci ; G. Greco ; L. Martirano, Smart Tunnel and Dynamic Risk Analysis, 2019 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 2019 Sept. 29 Oct. 3, Baltimore, USA. DOI: 10.1109/TIA.2020.2974139
- [Roma.Utiliz.29]. L. Martirano, M. Mitolo, Building Automation and Control Systems (BACS), 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2020, Madrid, 9-12 June 2020. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160662
- [Roma.Utiliz.30]. G. Caprara, L. Martirano, C. Balletta, Preliminary Analysis of the Conversion of a Leisure Boat into a Battery Electric Vehicle (BEV), 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2020, Madrid, 9-12 June 2020, DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160492
- [Roma.Utiliz.31]. M. Kermani, G. Parise, G. Shirdare, L. Martirano, Transactive Energy Solution in a Port's Microgrid based on Blockchain Technology, 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2020, Madrid, 9-12 June 2020. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160833
- [Roma.Utiliz.32]. G. Di Lorenzo, L. Martirano, R. Araneo, G. Petrone, Modeling and Design of a Residential Energy Community with PV Sharing, 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2020, Madrid, 9-12 June 2020. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160650
- [Roma.Utiliz.33]. S. Rotondo, M. Kermani, S. Alfieri, S. Piccini, L. Martirano, Microgrid and building retrofit for NZEB target recognition: From convent to historical residence, 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2020, Madrid, 9-12 June 2020. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160568
- [Roma.Utiliz.34]. L. Mongiovi, L. Cristaldi, E. Tironi, L. Martirano, F. Bua, G. Grigis, C. Lavecchia, R. Canali, A New Efficient Method for Evaluating the Level of Coverage of Distributed Monitoring Systems, supporting the recent European Standard EN17267 for Energy Efficiency, 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2020, Madrid, 9-12 June 2020. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160834
- [Roma.Utiliz.35]. A.T. Kiani, M.F. Nadeem, A. Ahmed, I.A.Sajjad, M.S. Haris, L. Martirano, Optimal Parameter Estimation of Solar Cell using Simulated Annealing Inertia Weight Particle Swarm Optimization (SAIW-PSO), 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2020, Madrid, 9-12 June 2020. DOI: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160531
- [Roma.Utiliz.36]. L. Martirano, S. Rotondo, M. Kermani, F. Massarella, R. Gravina, A 'Power Sharing Model' (PSM) for Buildings of the Public Administration, 56th IEEE/IAS Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, I and CPS 2020; Las Vegas; United States; 28- 29 June 2020, DOI: 10.1109/ICPS48389.2020.9176825

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [Roma.Utiliz.37]. Kermani, M., Shirdare, E., Najafi, A., Adelmanesh B., Carni, D.L., Martirano, L., Optimal Operation of a real Power Hub based on PV/FC/GenSet/BESS and Demand Response under Uncertainty, 2020 IEEE IAS Annual Meeting, Detroit, USA, 10-16 October 2020, DOI: 10.1109/IAS44978.2020.9391570
- [Roma.Utiliz.38]. Martirano, L., Rotondo, S., Manganelli, M., Kermani, M., A smart microgrid for buildings of the public administration, 2020 IEEE IAS Annual Meeting, Detroit, USA, 10-16 October 2020, DOI: 10.1109/IAS44978.2020.9334918
- [Roma.Utiliz.39]. Martirano, L., Ruvio, A., Manganelli, M., Lettina F., Venditti, A., Zori, G., A case study of high efficiency lighting system with advanced control system, 2020 IEEE IAS Annual Meeting, Detroit, USA, 10-16 October 2020, DOI: 10.1109/IAS44978.2020.9334781
- [Roma.Utiliz.40]. Martirano, L., Irti, M., Volo, A., D'Orazio, L., Di Felice, G., Acceptable Risk Zone for Grounding Systems in Distribution MV/LV Substations, 57th IEEE I&CPS 2021, 27-30 April 2021, Las Vegas, USA, DOI: 10.1109/ICPS51807.2021.9416625
- [Roma.Utiliz.41]. Martirano, L., Lentola, L., Vescio, G., Kermani, M., Three-Bus Architecture for Modularized Electrical Power Systems, 57th IEEE I&CPS 2021, 27-30 April 2021, Las Vegas, USA, DOI: 10.1109/ICPS51807.2021.9416629
- [Roma.Utiliz.42]. Abbas M. Z., Sajjad I. A., Haroon S. S., Nadeem M. F., Liaqat R., Martirano L., An Adaptive-Neuro Fuzzy Inference System for Load Disaggregation in Residential Households, 2021 IEEE IEEEIC / I & CPS Europe 2021, Bari, Sept. 7-10, 2021
- [Roma.Utiliz.43]. Abbas M.Z., Sajjad I.A., Liaqat R., Martirano L., Wasaya A., Mehmood A., Hybrid Learning Paradigm for Non-Intrusive Load Monitoring of Residential Customers, 2021 IEEE IEEEIC / I & CPS Europe 2021, Bari, Sept. 7-10, 2021
- [Roma.Utiliz.44]. G. Caprara, V. Armas, D. de Mesquita Sousa, M. Kermani, L. Martirano, An Energy Storage System to support Cruise Ships Cold Ironing in the Port of Civitavecchia , 2021 IEEE IEEEIC / I & CPS Europe 2021, Bari, Sept. 7-10, 2021
- [Roma.Utiliz.45]. A. Massaccesi, A. Flamini, L. Martirano, Electrical Systems for Public Lighting with High Energy Efficiency and High Technological Content, 2021 IEEE IEEEIC / I & CPS Europe 2021, Bari, Sept. 7-10, 2021
- [Roma.Utiliz.46]. R. Loggia, M. Kermani, R. Araneo, D. Borello, M. Panella, L. Martirano, A Hybrid Energy Hub Investigation with Renewables and Electric Vehicle in a Smart Microgrid Lab, 2021 IEEE IEEEIC / I & CPS Europe 2021, Bari, Sept. 7-10, 2021
- [Roma.Utiliz.47]. G. Di Lorenzo, L. Martirano, R. Araneo, L. Cappello, G. Mingoli, Democratic Power Sharing in Renewable Energy Communities: Engaging Citizens for Sustainable Energy Transition, 2021 IEEE IEEEIC / I & CPS Europe 2021, Bari, Sept. 7-10, 2021
- [Roma.Utiliz.48]. Martirano L., Jasiński M., Najafi A., Cocira V., Leonowicz Z., Integration of supervision and monitoring systems of microgrids – a case study from Lambda Microgrid for correlation analysis, 2021 IEEE IEEEIC / I & CPS Europe 2021, Bari, Sept. 7-10, 2021
- [Roma.Utiliz.49]. E. Boasso, M. Manganelli, L. Martirano, Impact of EV charging on the electric load of smart buildings and energy communities, IEEE IAS Annual Meeting, Vancouver USA, October 10-14, 2021
- [Roma.Utiliz.50]. G. Ferrari, M. Kermani, M. Manganelli, L. Martirano, Proposal of a Compact Outdoor Medium/Low Voltage Substation for Energy Communities, IEEE IAS Annual Meeting, Vancouver USA, October 10-14, 2021
- [Roma.Utiliz.51]. M. Kermani, E. Shirdare, G. Parise, L. Martirano, Integrated System of Energy Storage Technologies for Demand Control and Energy Saving in Ports, IEEE IAS Annual Meeting, Vancouver USA, October 10-14, 2021
- [Roma.Utiliz.52]. A. Flamini, R. Loggia, A. Massaccesi, C. Moscatiello and L. Martirano, "BIM and SCADA integration: the Dynamic Digital Twin," 2022 IEEE/IAS 58th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS), 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICPS54075.2022.9773903.
- [Roma.Utiliz.53]. R. Loggia, A. Flamini, A. Massaccesi, C. Moscatiello and L. Martirano, "Nearly Zero-Energy Refurbished Buildings (nZERBs): A Case Study of an Historical University Department," 2022

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

IEEE/IAS 58th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS), 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICPS54075.2022.9773928.

[Roma.Utiliz.54]. R. Loggia, C. Moscatiello, M. Kermani, A. Flamini, A. Massaccesi and L. Martirano, "Electric Vehicles Charging Stations Sharing Model Control," 2022 IEEE/IAS 58th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICPS54075.2022.9773936.o

## ALTRI TEMI

e-Academy a supporto delle operazioni per le città intelligenti

Ricerca di nuove soluzioni per piccoli impianti ibridi basati sulle fonti rinnovabili da destinarsi all'ambiente urbano e tali da consentire l'integrazione in un sistema di tipo Smart Grid in cui ciascun nodo della rete è costituito da quella che può essere definita una Smart Micro Grid.

Il progetto, finanziato dal Programma Erasmus+, è incentrato in particolare su tre settori considerati fattori abilitanti per le Smart Cities (SCs): Telecomunicazioni e reti informatiche, sicurezza informatica e reti intelligenti (SG).

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Collaborazione con Salford University, Manchester, UK, Birzeit University, Palestina, Universidad de Malaga, Malaga, Spagna.

Bibliografia

[Roma.Altri.1]. C. Boccaletti, C. Moscatiello, M. Jubran, M. Abdelati, H. Takruri, J. Munilla, M. Abdelati, "e-Academy to support Smart Cities Operations in Palestine (eSCO) project: progress report", Conference: IEEE International Smart Cities Conference (ISC2 2019), Casablanca, Marocco, October 14-17, 2019.

[Roma.Altri.2]. C. Boccaletti, C. Moscatiello; M. Jubran, H. Takruri; M. Abdelati; J. Munilla, "E-Academy to support Smart Cities Operations in Palestine (eSCO) project: Final achievements", 2020 IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2020, pp.1-8, 2020.

## PROGETTI

*Naval Smart Grid (NaSG) - Sistema elettrico integrato con caratteristiche di controllo e affidabilità per unità navali militari a propulsione elettrica*

Responsabile scientifico: Regina Lamedica

Ente finanziatore: Marina Militare

Breve descrizione: Il progetto di ricerca si prefigge di studiare le caratteristiche dell'impianto elettrico di bordo di un'Unità Navale dotata di un sistema di propulsione elettrica, giungendo ad un'architettura di tipo "tutto-elettrico" (AES: All Electric Ship), fondata sul cosiddetto sistema elettrico integrato (IPS: Integrated Power System). Il progetto riveste una rilevanza internazionale in quanto, allo stato attuale, non esistono soluzioni del tipo di quelle oggetto di studio adottate per le grandi navi militari.

Nuovi metodi e tecniche di ottimizzazione innovative per il dimensionamento e il posizionamento dei sistemi di accumulo al servizio della mobilità

Responsabile scientifico: Alessandro Ruvio

Ente finanziatore: Sapienza Università di Roma

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



Breve descrizione: Il progetto di ricerca è incentrato sullo studio e sull'utilizzo di nuovi metodi e tecniche di ottimizzazione, già presenti in letteratura o innovative, per il dimensionamento e il posizionamento ottimale dei sistemi di accumulo al servizio della mobilità, tranvie, metropolitane e ferrovie, in un'ottica di massimizzazione di risparmio energetico e di investimento finanziario.

Realizzazione di una smartgrid a servizio della Area Urbana di Campobasso

Responsabile scientifico: Luigi Martirano

Ente finanziatore: Autorità Urbana di Campobasso

Breve descrizione: Il progetto ha lo scopo di studiare una smartgrid a servizio dell'area urbana di Campobasso sviluppando modelli innovativi di condivisione di risorse energetiche.

Analisi critica del progetto di impiego della cogenerazione per funzionamento in isola nell'ambito della riconfigurazione della rete di media tensione interna all'aeroporto internazionale di Fiumicino.

Responsabile scientifico: Luigi Martirano

Ente finanziatore: Aeroporti di Roma

Breve descrizione: Il progetto ha lo scopo di analizzare il funzionamento in isola della rete elettrica a servizio dell'area aeroportuale di Fiumicino.

Modello di microgrid per "smart building" come energy community con gestione ottimizzata delle risorse energetiche

Responsabile scientifico: Luigi Martirano

Ente finanziatore: ENEA

Breve descrizione: Il progetto ha lo scopo di studiare e modellare soluzioni di microreti a servizio di comunità energetiche.

Strumenti e modelli, anche settoriali, per scenari energetici ed elettrici, adeguati all'evoluzione del sistema - Analisi di evoluzione dei mercati e della regolazione

Responsabile scientifico: Luigi Martirano

Ente finanziatore: ENEA

Studio rivolto all'analisi dell'andamento del potenziale totale di terra nell'intorno dei dispersori degli impianti installati su palo (PTP e/o SEZ).

Responsabile scientifico: Luigi Martirano

Ente finanziatore: E-Distribuzione

Breve descrizione: Il progetto ha lo scopo di studiare e modellare il comportamento degli impianti di terra delle caine secondarie a terra e su palo.

Resilienza della rete di distribuzione di Areti

Responsabile scientifico: Massimo Pompili

Ente finanziatore: ARETI S.p.A

Breve descrizione: Il progetto ha lo scopo di valutare la causa di guasti su alcuni componenti della rete di Areti, oltrechè dei giunti di cavi interrati di media tensione.

Resilienza dei trasformatori elettrici AAT

Responsabili scientifici: Massimo Pompili, Marco Maccioni

Ente finanziatore: EnSiEL

Breve descrizione: Il progetto ha lo scopo di analizzare lo stato diagnostico della flotta di trasformatori di grande potenza di Terna Rete Italia.

Sviluppo strumenti a supporto della resilienza operativa del sistema elettrico

Responsabile scientifico: Massimo Pompili

Ente finanziatore: EnSiEL

Breve descrizione: Il progetto ha lo scopo di analizzare le minacce per il sistema elettrico che possono comportare interruzioni estese del servizio, esaminare alcuni casi realmente accaduti ai danni del sistema

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



elettrico nazionale e in ambito internazionale. Il progetto mira ad identificare degli indicatori analitici di resilienza, al fine di valutare i possibili interventi operativi. Una fase successiva prevede l'individuazione, la classificazione e lo sviluppo di strategie, procedure e strumenti per Terna a supporto della resilienza operativa. Infine, si procederà ad una valutazione economica dei costi e dei benefici di un sistema a resilienza aumentata grazie alle strategie, alle procedure e agli strumenti individuati.

Studio degli Esteri Naturali: vantaggi ambientali, diminuzione del pericolo d'incendio e loro economia circolare

Responsabile scientifico: Massimo Pompili

Ente finanziatore: EnSiEL

Il progetto ha lo scopo di analizzare i vantaggi ambientali, la riduzione del pericolo d'incendio e l'economia circolare derivanti dall'impiego di esteri naturali quali liquidi isolanti nei trasformatori di potenza in sostituzione dei tradizionali oli minerali.

*Comportamento termico ed elettrico di giunti di cavi della rete di distribuzione*

Responsabile scientifico: Massimo Pompili

Ente finanziatore: EnSiEL

Il progetto ha lo scopo di analizzare le cause dell'addensamento dei guasti nei giunti di cavi interrati di media tensione di e-distribuzione nel periodo estivo, valutandone anche ulteriori aspetti legati alla tecnologia degli stessi componenti. In tale ambito vengono rivalutate costituzione e modalità realizzative dei giunti dei cavi MT.

*Partial Discharge Investigations on Ester liquids*

Responsabile scientifico: Massimo Pompili

Ente finanziatore: Cargill

Il progetto ha lo scopo di studiare il comportamento dielettrico degli esteri naturali impiegati quali liquidi isolanti nei trasformatori di potenza, con particolare riferimento a scariche parziali, totali ed angolo di perdita. Il progetto si inquadra in ambito normativo IEC e ASTM allo scopo di produrre un documento internazionale condiviso sui riferimenti manutentivi e diagnostici dei trasformatori isolati con esteri naturali. In tale ambito sono anche oggetto di studio i trasformatori realizzati con esteri naturali e impiegati nell'ambito del villaggio dei giochi olimpici di Rio de Janeiro 2016.

*Meccanismi di degrado dei giunti delle reti MT realizzate in cavi interrati*

Responsabile scientifico: Massimo Pompili

Ente finanziatore: EnSiEL

Il progetto ha lo scopo di approfondire i meccanismi di degrado dei giunti delle reti MT realizzati in cavi interrati, avvalendosi anche dei laboratori di RSE in cui è presente un setup sperimentale di cavi interrati di media tensione. Tale attività consentirà di individuare le caratteristiche che i giunti delle linee in cavo dovrebbero possedere al fine di incrementarne l'affidabilità e renderli più resilienti nei riguardi delle possibili cause di guasto del componente.

*Resilience and diagnostics of electrical components used in medium and low voltage electrical networks*

Responsabile scientifico: Luigi Calcara

Ente finanziatore: Sapienza Università di Roma

Il progetto si inquadra nell'ambito della resilienza delle reti elettriche ed in particolare quelle di distribuzione (in media e in bassa tensione).

*Mercati elettrici italiani e strategie di investimento per gli operatori del settore idroelettrico*

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Hydrowatt Spa

Attività di verifica expert-based su interventi dello schema di Piano di Sviluppo 2017, in particolare per la verifica del progetto per l'incremento della capacità di interconnessione con la Svizzera

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Terna S.p.A.

Supporto a Pianificazione e Sviluppo Rete: specifiche funzionali per evolutive della metodologia ACB (analisi costi-benefici) di riferimento per TERNA

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore EnSiEL

Operation models for distribution grids, including Renewable Energy Sources (RES) - based Dispersed Generation (DG), large and small flexible prosumers, Electrical Vehicles (EVs) charging stations and Energy Storage Systems (ESSs), for an active participation to the ancillary services market

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Sapienza Università di Roma

Analisi tecnico-economica della tecnologia STEM per un confronto con le tecnologie concorrenti ed applicazione nelle reti elettriche

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Magaldi Power

Stima di domanda di mobilità con veicoli elettrici e dei relativi fabbisogni in termini di approvvigionamento e distribuzione di energia elettrica

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Aeroporti di Roma

SIMTE, Sistema Informativo per il Monitoraggio delle Tecnologie Energetiche. Responsabile delle linee di intervento: Trasmissione e distribuzione energia elettrica (Trasmissione); Integrazione di rinnovabili in reti elettriche (TSO e DSO side); Sistemi di accumulo energia elettrica (batterie); Tecnologie di ricarica veicoli elettrici; Trasporto pubblico urbano su rotaia

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore ENEA

Transactive energy and electrical grids: modeling and simulations of distribution grids, with Renewable Energy Sources based Dispersed Generation, Electrical Vehicles charging stations, flexible prosumers and Energy Storage Systems, for testing the participation to the Ancillary Services Market

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Sapienza Università di Roma

Caratterizzazione tecnica della tecnologia STEM, con valutazione dell'integrazione della stessa con la rete elettrica e/o applicazioni industriali

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Magaldi Power

Studi per la modellizzazione e la simulazione di un sistema di accumulo di energia termica, finalizzati alla sua ottimizzazione tecnico-economica, in applicazioni mirate alla decarbonizzazione di siti industriali energivori

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Sapienza Università di Roma

Progetto e realizzazione di un sistema di storage ibrido connesso alla rete elettrica di distribuzione

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Sapienza Università di Roma

DEMO Steady State Electrical Network, HV Switchyard configuration and generator operation. Task/Deliverable del progetto Europeo Eurofusion di cui responsabile: 2019 - BOP-6-T007-D002- Studies on the generator operation assuming power profiles corresponding to the PHTS-PCS indirect and direct cycle. 2019 - BOP-6-T007- D003 - Outline of preliminary electrical schemes of the DEMO SSEN and of the HV switchyard including the connection of the generator. 2020 - BOP-6-T017-D004 - First considerations on the configuration of the DEMO Steady State Electrical Network

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Consorzio Eurofusion - ENEA

DEMO High voltage electrical power network design and relevant technologies. Task/Deliverable del progetto Europeo Eurofusion di cui responsabile: 2021: PES-S.03.02-T001 - D001 Studies on HVN architecture (assegnati 3 mesi-uomo/anno). 2022-2016: da definire (pre-assegnati 5 mesi-uomo/anno)

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Consorzio Eurofusion - ENEA

<b>Presidente</b>	<b>Segretario</b>
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Feasibility study on Iliceto Shield Wire Scheme (ISWS) technology for rural electrification in developing Countries (Progetto di Cooperazione Internazionale)

Responsabile scientifico: Maria Carmen Falvo

Ente finanziatore Sapienza Università di Roma

Muovi Sapienza: mobilità elettrica al servizio dei disabili

Responsabile scientifico: Marco Maccioni

Ente finanziatore: Sapienza Università di Roma

Breve descrizione: Il progetto di ricerca riguarda lo studio di fattibilità per l'introduzione di un servizio di mobilità elettrica adibito allo spostamento dei disabili all'interno della Sapienza Università di Roma, focalizzandosi prevalentemente sugli spostamenti all'interno delle varie sedi della Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale e Ingegneria dell'Informazione, Informatica e Statistica.

Potenzialità e scenari di impiego di linee c.a. *in cavo interrato e miste aereo-cavo*

Responsabili scientifici: Stefano Lauria, Marco Maccioni

Ente finanziatore: Terna S.p.A.

Breve descrizione: il progetto verte sull'integrazione di cavi eserciti in corrente alternata nella rete di trasmissione e subtrasmissione, individuando i limiti tecnici di utilizzazione delle linee in cavo e fornendo soluzioni operative alle maggiori problematiche associate all'integrazione.

*Flow Based Capacity Calculation*

Responsabili scientifici: Fabio Massimo Gatta, Marco Maccioni

Ente finanziatore: EnSiEL

Breve descrizione: il progetto riguarda la stima dell'effetto del calcolo della capacità della frontiera nord italiana con il metodo Flow Based, confrontandone i domini con quelli prodotti con il metodo NTC Based.

*Contratto di servizio per lo studio di Blackstart del nuovo compensatore sincrono della S/E di Codrongianos*

Responsabili scientifici: Fabio Massimo Gatta, Alberto Geri

Ente finanziatore: EnSiEL

Breve descrizione: il progetto riguarda lo studio delle modalità di abilitazione del servizio di black-start della Stazione HVDC-LCC di Codrongianos del nuovo collegamento tri-terminali bipolare Sardegna - Corsica - Penisola Italiana, denominato Sa.Co.I.3.

*Ottimizzazione in grado di stabilire le azioni correttive - Remedial Action Optimizer*

Responsabili scientifici: Fabio Massimo Gatta, Marco Maccioni

Ente finanziatore: EnSiEL

Breve descrizione: il progetto prevede la realizzazione di un software di ottimizzazione che, a partire dai dati di input che descrivono la rete elettrica europea e i vincoli del problema, determini le azioni correttive da intraprendere al fine di massimizzare il dominio Flow Based per i mercati elettrici associato alla frontiera nord italiana.

*Servizi tecnico/scientifici, di ricerca, di studio e di sviluppo per reattanze di limitazione delle correnti di circolazione negli schermi in cavi di MT*

Responsabili scientifici: Fabio Massimo Gatta, Alberto Geri

Ente finanziatore: EnSiEL

Breve descrizione: il progetto prevede il dimensionamento e la realizzazione di bobine di limitazione da installare in cabina primaria in serie agli schermi dei feeder di media tensione, in modo da limitarne opportunamente le correnti di circolazione negli schermi in seguito ai doppi guasti monofase a terra.

*Mercato dei Servizi di Dispacciamento di energia elettrica: cause e responsabilità dell'incremento dell'uplift nel I semestre del 2016 e valorizzazione degli impatti degli sbilanciamenti in fase e controfase avvenuti in tale periodo*

Responsabile scientifico: Marco Maccioni

Ente finanziatore: GREEN NETWORK S.p.A.

Breve descrizione: il progetto è finalizzato alla determinazione delle cause dell'incremento degli extra-costi derivanti dal servizio di dispacciamento che, attraverso un corrispettivo unitario, denominato uplift, sono stati poi applicati alla tariffa elettrica dei clienti finali.

## LABORATORI

### *Laboratori di Alte Tensioni e Tecnologie Elettriche*

In questi laboratori si svolgono prove di tenuta elettrica e di scariche parziali in diverse condizioni, su componenti elettrici. In particolare è disponibile un generatore in alta tensione impulsiva sino a 600 kV e un rivelatore di scariche parziali in UWB. Le attività di formazione e di ricerca si svolgono nell'ambito di due insegnamenti, uno della laurea triennale e uno della laurea magistrale: Componenti e Tecnologie Elettriche e Tecnica delle Alte Tensioni. I laboratori sono anche un attivo centro di attività sperimentali, di ricerca e di tesi.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI SALERNO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE  
VIA GIOVANNI PAOLO II 132  
84084 FISCIANO (SA)  
TEL. +39 089 964284

**Responsabile Scientifico:** Vincenzo Galdi

**Sito web:** [www.unisa.it](http://www.unisa.it)

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Vincenzo	Galdi	PO
Lucio	Ippolito	PA
Pierluigi	Siano <sup>1</sup>	PA
Vito	Calderaro	Ricercatore RTD-B
Antonio	Piccolo	PE
Gregorio	Barberio	Tecnico di laboratorio
Massimo	Nicolino	Tecnico di laboratorio
Antonella	Finamore	Assegnista post-doc
Giovanna	Adinolfi	Dottoranda Ingegneria Industriale
Shoaib Ahmed	Dayo	Dottorando IETIS
Simona	Parrella	Borsista di Ricerca
Vincenzo	Lambiase	Borsista di Ricerca
Evelia	Strianese	Borsista di Ricerca
Omar	Soumeiri	Borsista di Ricerca
Stefano	Salvatelli	Borsista di Ricerca

<sup>1</sup> il prof. Siano è incardinato presso il Dipartimento di Scienze Aziendali - Management & Innovation Systems (DISA-MIS)

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

L'attività di ricerca ha riguardato il coordinamento ottimo tra veicoli a idrogeno, demand response, sistemi di accumulo tenendo conto delle incertezze associate al prezzo di mercato in tempo reale, alle energie rinnovabili, ai carichi elettrici e ai veicoli a idrogeno che vengono gestite considerando parametri di prudenza. Con riferimento alla fonte eolica e fotovoltaica, la cui penetrazione in rete è sempre crescente, e che in un processo di decarbonizzazione sostituiranno le centrali elettriche a combustibili fossili, si sono valutate le strategie atte a implementare lo smorzamento dell'oscillazioni a bassa frequenza. Anche a livello di mercato elettrico, è stato presentato un quadro decisionale stocastico in cui produttori di energia eolica forniscono capacità di riserva richiesta dagli aggregatori in risposta alla domanda in una struttura peer-to-peer,

### Bibliografia

- [SA.Produz.1]. MansourLakouraj M., Niaz H., Liu J. J., Siano P., Anvari-Moghaddam A. (2021). Optimal risk-constrained stochastic scheduling of microgrids with hydrogen vehicles in real-time and day-ahead markets. JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, vol. 318, p. 128452-128465, ISSN: 0959-6526, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128452
- [SA.Produz.2]. Saadatmand M., Gharehpetian G. B., Siano P., Alhelou H. H. (2021). PMU-Based FOPID Controller of Large-Scale Wind-PV Farms for LFO Damping in Smart Grid. IEEE ACCESS, vol. 9, p. 94953-94969, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3094170
- [SA.Produz.3]. Khajeh H., Gazafroudi A. S., Laaksonen H., Shafie-Khah M., Siano P., Catalao J. P. S. (2021). Peer-to-Peer Electricity Market Based on Local Supervision. IEEE ACCESS, vol. 9, p. 156647-156662, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3129050
- [SA.Produz.4]. Vahedipour-Dahraie M., Rashidizadeh-Kermani H., Shafie-Khah M., Siano P. (2021). Peer-to-Peer Energy Trading between Wind Power Producer and Demand Response Aggregators for Scheduling Joint Energy and Reserve. IEEE SYSTEMS JOURNAL, vol. 15, p. 705-714, ISSN: 1932-8184, doi: 10.1109/JSYST.2020.2983101
- [SA.Produz.5]. Shams M. H., Niaz H., Hashemi B., Jay Liu J., Siano P., Anvari-Moghaddam A. (2021). Artificial intelligence-based prediction and analysis of the oversupply of wind and solar energy in power systems. ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, vol. 250, p. 114892-114904, ISSN: 0196-8904, doi: 10.1016/j.enconman.2021.114892

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

Al fine di esaminare e valutare gli effetti dei fenomeni HILP (High Impact Low Probability) su una rete di trasmissione con l'obiettivo di migliorare la resilienza del sistema, è stato implementato un modello basato su un approccio probabilistico ed è stato sviluppato un algoritmo che ha lo scopo di effettuare valutazioni di parametri quali l'energia non fornita dai generatori, l'energia non assorbita dai carichi o la durata delle interruzioni, simulando il comportamento di una porzione di rete al verificarsi di fenomeni HILP. Queste valutazioni sono utili per pianificare strategie di intervento ottimizzate. L'algoritmo è stato applicato a un caso di studio reale in collaborazione con TERNA.

### Bibliografia

- [SA.Trasmis.1]. Andrita, S., Pappalardo, D., Calderaro, V., Galdi, V., De Cesare, A., Quaciarì, C. (2020) Deployment of a probabilistic model for analysis of resilience in transmission networks. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe, 2020-October, art. no. 9248793, pp. 21-25, doi: 10.1109/ISGT-Europe47291.2020.9248793.

## DISTRIBUZIONE E SMART GRID

Controllo della tensione tramite regolazione della potenza attiva e reattiva della generazione distribuita

In continuità con le attività di ricerca che caratterizzano da circa tre lustri l'U.O., si sono studiate e proposte soluzioni utili a integrare sistemi di storage con sistemi di generazione distribuita da fonte rinnovabile per supportare la tensione nei sistemi di distribuzione MT e bt. È stata, poi, proposta una strategia di controllo

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

distribuita per mantenere i livelli di tensione entro i limiti operativi attraverso il supporto di potenza reattiva e attiva di risorse distribuite. È stato implementato un framework di ottimizzazione per dimostrare la robustezza della metodologia di controllo proposta.

È stato poi sviluppato uno studio approfondito sul coordinamento tra ridispacciamento delle potenze erogate da FER-NP e modulazione dei carichi (DSM) su reti di distribuzione MT in presenza di informazioni imprecise/non complete. L'approccio proposto, che si basa sull'uso dei *fuzzy number*, consente di rappresentare le fonti di incertezza nei dati o le approssimazioni fatte durante il calcolo e di considerare molti possibili scenari in caso di interruzioni. Le prestazioni e l'efficacia del metodo proposto è stata testata in simulazione su una rete IEEE di distribuzione radiale.

Controllo della tensione su reti MT con forte penetrazione di FER-NP tramite regolazione del variatore sottocarico in cabine primarie basate su misure in nodi pilota

È stata sviluppata, in collaborazione con e-distribuzione, una procedura per l'individuazione di nodi pilota da utilizzare per il monitoraggio distribuito della tensione al fine di comandare con maggiore efficacia il VSC del trafo. L'attività, ancora in essere, continuerà nel prossimo biennio con una parte sperimentale.

Sistemi di controllo della tensione e servizi ancillari sulle reti di distribuzione.

Sempre con riferimento alla regolazione della tensione sulle reti di distribuzione precedentemente introdotta, in continuità con le ricerche effettuate negli anni precedenti, si sono studiati le opportunità offerte dall'utilizzo di sistemi di accumulo, anche di second life, per l'erogazione di servizi ancillari sulle reti di distribuzione. La ricerca ha portato, inoltre, alla modellazione, ricorrendo ad un approccio stocastico, del supporto dei veicoli elettrici in ricarica alla rete di distribuzione. oltre agli aspetti più squisitamente modellistici ed elettrici, sono stati poi investigati anche quelli economici utili a dimostrare la sostenibilità delle soluzioni proposte.

Infine, sono stati sviluppati modelli per evidenziare il supporto che le batterie di second life possono produrre a supporto della rete proprio in corrispondenza di stazioni di ricarica. Tale problema rischia di divenire particolarmente significativo nei prossimi anni, quando sono attesi sistemi di ricarica super-ultra rapidi da 300 kW (ma è allo studio già uno da 800 kW) per l'installazione dei quali, in assenza di un opportuno buffer di energia e potenza, risulterebbe necessario un significativo potenziamento della rete.

#### Bibliografia

- [SA.Distrib.1]. Pappalardo D., Calderaro V., Galdi V. (2022). Microgrids-Based Approach for Voltage Control in Distribution Systems by an Efficient Sensitivity Analysis Method. IEEE Systems Journal, vol. 16, no. 3, pp. 4210-4221, doi: 10.1109/JSYST.2022.3156798.
- [SA.Distrib.2]. Graber, G., Calderaro, V., Galdi, V., Ippolito, L., Massa, G. (2022). Impact Assessment of Energy Storage Systems Supporting DC Railways on AC Power Grids. IEEE Access, 10, pp. 10783-10798, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3145239
- [SA.Distrib.3]. Reka S. S., Venugopal P., Alhelou H. H., Siano P., Golshan M. E. H. (2021). Real Time Demand Response Modeling for Residential Consumers in Smart Grid Considering Renewable Energy with Deep Learning Approach. IEEE ACCESS, vol. 9, p. 56551-56562, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3071993
- [SA.Distrib.4]. Khaloie H., Anvari-Moghaddam A., Contreras J., Siano P. (2021). Risk-involved optimal operating strategy of a hybrid power generation company: A mixed interval-CVaR model. ENERGY, vol. 232, p. 120975-120988, ISSN: 0360-5442, doi: 10.1016/j.energy.2021.120975
- [SA.Distrib.5]. Pandu S. B., Sundarabalan C. K., Srinath N. S., Krishnan T. S., Priya G. S., Balasundar C., Sharma J., Soundarya G., Siano P., Alhelou H. H. (2021). Power Quality Enhancement in Sensitive Local Distribution Grid Using Interval Type-II Fuzzy Logic Controlled DSTATCOM. IEEE ACCESS, vol. 9, p. 59888-59899, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3072865
- [SA.Distrib.6]. Babu N. P., Guerrero J. M., Siano P., Peesapati R., Panda G. (2021). A Novel Modified Control Scheme in Grid-Tied Photovoltaic System for Power Quality Enhancement. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, vol. 68, p. 11100-11110, ISSN: 0278-0046, doi: 10.1109/TIE.2020.3031529
- [SA.Distrib.7]. Babu N. P., Guerrero J. M., Siano P., Peesapati R., Panda G. (2021). An Improved Adaptive Control Strategy in Grid-Tied PV System with Active Power Filter for Power Quality Enhancement. IEEE SYSTEMS JOURNAL, vol. 15, p. 2859-2870, ISSN: 1932-8184, doi: 10.1109/JSYST.2020.2985164

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [SA.Distrib.8]. Attar M., Repo S., Homae O., Siano P. (2021). Mid-term operational planning of pre-installed voltage regulators in distribution networks. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS*, vol. 133, p. 107276-107288, ISSN: 0142-0615, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107276
- [SA.Distrib.9]. Malekshah S., Alhelou H. H., Siano P. (2021). An optimal probabilistic spinning reserve quantification scheme considering frequency dynamic response in smart power environment. *INTERNATIONAL TRANSACTIONS ON ELECTRICAL ENERGY SYSTEMS*, vol. 31, p. 1-22, ISSN: 2050-7038, doi: 10.1002/2050-7038.13052
- [SA.Distrib.10]. Hemmati R., Mehrjerdi H., Shafie-Khah M., Siano P., Catalao J. P. S. (2021). Managing multitype capacity resources for frequency regulation in unit commitment integrated with large wind ramping. *IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE ENERGY*, vol. 12, p. 705-714, ISSN: 1949-3029, doi: 10.1109/TSTE.2020.3017231
- [SA.Distrib.11]. Kumar V. N., Pea N. B., Kiranmayi R., Siano P., Panda G. (2020). Improved Power Quality in a Solar PV Plant Integrated Utility Grid by Employing a Novel Adaptive Current Regulator. *IEEE SYSTEMS JOURNAL*, vol. 14, p. 4308-4319, ISSN: 1932-8184, doi: 10.1109/JSYST.2019.2958819
- [SA.Distrib.12]. 2020 Liu S., Siano P., Wang X. (2020). Intrusion-Detector-Dependent Frequency Regulation for Microgrids under Denial-of-Service Attacks. *IEEE SYSTEMS JOURNAL*, vol. 14, p. 2593-2596, ISSN: 1932-8184, doi: 10.1109/JSYST.2019.2935352
- [SA.Distrib.13]. Baghban-Novin S., Mahzouni-Sani M., Hamidi A., Golshannavaz S., Nazarpour D., Siano P. (2020). Investigating the impacts of feeder reforming and distributed generation on reactive power demand of distribution networks. *SUSTAINABLE ENERGY, GRIDS AND NETWORKS*, vol. 22, p. 1-10, ISSN: 2352-4677, doi: 10.1016/j.segan.2020.100350
- [SA.Distrib.14]. Eskandari M., Li L., Moradi M. H., Siano P., Blaabjerg F. (2020). Optimal Voltage Regulator for Inverter Interfaced Distributed Generation Units Part I: Control System. *IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE ENERGY*, vol. 11, p. 2813-2824, ISSN: 1949-3029, doi: 10.1109/TSTE.2020.2977330
- [SA.Distrib.15]. Eskandari M., Blaabjerg F., Li L., Moradi M. H., Siano P. (2020). Optimal Voltage Regulator for Inverter Interfaced Distributed Generation Units Part II: Application. *IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE ENERGY*, vol. 11, p. 2825-2835, ISSN: 1949-3029, doi: 10.1109/TSTE.2020.2977357
- [SA.Distrib.16]. Pappalardo, D., Calderaro, V., Galdi, V., Piccolo, A. (2019). Selection of Pilot Nodes for Fuzzy Voltage Regulation in Distribution Systems. The 9<sup>th</sup> International Conference on Power and Energy Systems, ICPEs 2019, doi: 10.1109/ICPEs47639.2019.9105533.
- [SA.Distrib.17]. Pappalardo, D., Calderaro, V., Galdi, V., Piccolo, A. (2019). Pilot Nodes Searching for Voltage Regulation in Distribution Systems by OLTC. The IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe Conference, ISGT-Europe 2019, doi: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905642.

## TECNOLOGIE

Tecnologie per la caratterizzazione dei carichi e il controllo locale della domanda

Nell'attività di ricerca sono state presentate le caratteristiche tecnologiche degli smart meter di seconda generazione di e-distribuzione in grado di supportare nuovi servizi per il gestore di rete di distribuzione (DNO) e i provider di servizi di risposta alle richieste (DR-SP). Tra le caratteristiche innovative di 2G SM spicca la possibilità per i clienti di essere informati in tempo reale sui propri consumi. Questa caratteristica apre nuovi scenari con un ruolo più attivo e consapevole dell'utente nella gestione delle risorse energetiche e nella partecipazione alle iniziative regolatorie che il DSO può implementare. Durante l'attività svolta è stato approfondito il contesto normativo e le proprietà di comunicazione tra dispositivi in-home (IHD), utilizzato per sviluppare algoritmi di demand side management (DSM), e i contatori intelligenti. Con l'obiettivo di testare le prestazioni della strategia Chain-2 e DSM, è stato creato un laboratorio specializzato per simulare tipici scenari di assorbimento residenziali..

### Bibliografia

- [SA.Tecnol.1]. Terracciano, R., Galdi, V., Calderaro, V., Pappalardo, D., Ceneri, G., Piti, A.O. (2020). Demand Side Management services for smart buildings with the use of second generation Smart Meter and the Chain-2 of E-Distribuzione. 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020, doi: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160752.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

## TRASPORTI

### Trazione ed efficienza energetica

Le attività di ricerca nell'ambito dei trasporti elettrificati si concentrano su soluzioni innovative finalizzate all'efficienza energetica e al risparmio di energia. In particolare, sono approfondite le tematiche relative al dimensionamento e al controllo di sistemi di accumulo a supercapacitore per le reti tranviarie e metropolitane, evidenziandone l'impatto del posizionamento lungo la tratta sull'efficienza energetica del sistema. In continuità con le attività di ricerca sviluppate nel biennio precedente nell'ambito di un progetto di ricerca coordinato da Hitachi Rail Italy (oggi Italchi Rail) e con, tra gli altri, Ansaldo STS (oggi Hitachi Rail STS), sono, inoltre, affrontate le problematiche legate alla circolazione di treni ad alta velocità/alta capacità su linee a 3 kV DC, supportando il sistema di alimentazione esistente con sistemi di accumulo a batteria. In particolare, in collaborazione con l'U.O. di Roma La Sapienza, sono stati studiati e messi a punto algoritmi per il sizing e sizing ottimo di sistemi di accumulo da installare lungo linee ferroviarie alimentate in corrente continua deboli. Il lavoro, realizzato tiene conto sia del possibile recupero di energia in frenatura possibile sui treni politensione utilizzati in Italia sulle linee AV/AC, sia delle caratteristiche del rotabile che del percorso (curve, pendenze) e del servizio (stazioni, rallentamenti, fermate, ecc.).

### Veicoli elettrici, sistemi di ricarica e impatto sulla rete di distribuzione

In continuità con le attività avviate negli ultimi anni dalla sede, si sono sviluppate tecniche di ricarica "intelligente" per l'ottimizzazione dei flussi di potenza sulla rete e del servizio di ricarica, valutati in termini di energia erogata -. Le simulazioni messe a punto hanno usufruito del database di oltre 200.000 eventi di parcheggio acquisito dal gruppo nell'ambito di un progetto europeo sull'efficienza energetica nei sistemi cooperativi di trasporto (progetto COSMO), i cui risultati sono stati presentati nella precedente relazione biennale. Parte di queste attività sono state descritte nella sezione smart grid.

Sono stati studiati sistemi di accumulo ibridi SC+BES e FC+BES, sviluppando algoritmi di controllo dei flussi di potenza di trazione e di recupero tra i diversi sottosistemi di energy storage.

Nel biennio di riferimento l'U.O. ha realizzato un laboratorio mobile per test su powertrain elettrici; è stato, infatti, progettato, sviluppato e messo a punto un veicolo elettrico prototipale per lo studio dei flussi energetici nei veicoli elettrici. Il prototipo realizzato sulla base meccanica di un Quad elettrificato con un motore brushless con relativo inverter e una batteria LFO con BMS passivo, consente di ospitare più sistemi di accumulo contemporaneamente (BES + SC o BES + FC o FC + SC) e di monitorare tutti i flussi di potenza in tutti i punti del powertrain e ai morsetti degli ESS.

### Modellazione mediante linguaggi formali dello stato degli impianti di sicurezza per la trazione ferroviaria

Nell'ambito di una collaborazione con RFI iniziata nel 2005 relativa alla modellazione della logica di funzionamento degli impianti di segnalamento e sicurezza per l'alta velocità europea (sistema ERTMS/ETCS), nel biennio di riferimento l'U.O. di Salerno ha sviluppato un motore per la gestione in tempo reale dei dati provenienti dagli impianti (Radio Block Center – RBC, Interlocking – IXL e sistema radio GSM-R) per il monitoraggio di derivate sul servizio erogato rispetto a quello programmato e sulle possibili cause che ne hanno determinato il conseguente degrado.

Lo studio, in corso di pubblicazione, ha poi interessato le modalità di presentazione dei dati; attraverso una serie di interviste agli operatori delle sale di controllo del traffico e di monitoraggio degli impianti, è stata progettata e implementata una interfaccia grafica per la presentazione delle corse attive sui tratti di linea AV/AC da Milano a Bologna e da Bologna a Firenze. L'interfaccia è parte di un tool software messo a punto nell'ambito di un progetto di RFI denominato MISTRAL.

### Bibliografia

[SA.Trasporti.1]. Graber G., Calderaro V., Galdi V. (2022). Two-Stage Optimization Method for Sizing Stack and Battery Modules of a Fuel Cell Vehicle Based on a Power Split Control. Electronics (Switzerland), 11 (3), art. no. 361, doi: 10.3390/electronics11030361

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [SA.Trasporti.2]. Graber G., Calderaro V., Galdi V., Ippolito L. (2022). Energy Storage Systems in DC Railways for Improving Operating Conditions of AC Power Grids, MELECON 2022 - IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, Proceedings, pp. 40-45, doi: 10.1109/MELECON53508.2022.9842894.
- [SA.Trasporti.3]. Afshar S., Disfani V., Siano P. (2021). A Distributed Electric Vehicle Charging Scheduling Platform Considering Aggregators Coordination. IEEE ACCESS, vol. 9, p. 151294-151305, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3126289
- [SA.Trasporti.4]. Di Palma, C., Galdi, V., Calderaro, V., De Luca, F. (2020). Driver Assistance System for Trams: Smart Tram in Smart Cities. 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC, doi: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160780.
- [SA.Trasporti.5]. De Luca, F., Calderaro, V., Galdi, V. (2020). A fuzzy logic-based control algorithm for the recharge/v2g of a nine-phase integrated on-board battery charger. Electronics (Switzerland), 9 (6), art. no. 946, pp. 1-12, doi: 10.3390/electronics9060946.
- [SA.Trasporti.6]. Graber, G., Calderaro, V., Galdi, V., Piccolo, A. (2020). Battery second-life for dedicated and shared energy storage systems supporting EV charging stations. Electronics (Switzerland), 9 (6), doi: 10.3390/electronics9060939.
- [SA.Trasporti.7]. Graber, G., Calderaro, V., Mancarella, P., Galdi, V. (2020). Two-stage stochastic sizing and packetized energy scheduling of BEV charging stations with quality of service constraints, Applied Energy, 260, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114262.
- [SA.Trasporti.8]. Shafie-Khah M., Vahid-Ghavidel M., Di Somma M., Graditi G., Siano P., Catalao J. P. S. (2020). Management of renewable-based multi-energy microgrids in the presence of electric vehicles. IET RENEWABLE POWER GENERATION, vol. 14, p. 417-426, ISSN: 1752-1416, doi: 10.1049/iet-rpg.2019.0124
- [SA.Trasporti.9]. De Luca, F., Calderaro, V., Galdi, V., Piccolo, A. (2019). A Fuzzy Control for a Nine-Phase Integrated On-Board Battery Charger. The IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe Conference, ISGT-Europe 2019, doi: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905721.

## UTILIZZAZIONE

### Demand Response in Smart Grids and Smart Cities

L'attività di ricerca, svolta anche in collaborazioni con colleghi di università e centri di ricerca nazionali e internazionali, ha riguardato lo studio e la messa a punto di metodologie per la gestione e la pianificazione delle smart grids in presenza di prosumers, veicoli elettrici e generazione distribuita, demand response e virtual power plants.

#### Bibliografia

- [SGs1]. Arpanahi M. K., Golshan M. E. H., Siano P. (2021). A Comprehensive and Efficient Decentralized Framework for Coordinated Multiperiod Economic Dispatch of Transmission and Distribution Systems. IEEE SYSTEMS JOURNAL, vol. 15, p. 2583-2594, ISSN: 1932-8184, doi: 10.1109/JSYST.2020.3009750
- [SGs2]. Khorasany M., Paudel A., Razzaghi R., Siano P. (2021). A New Method for Peer Matching and Negotiation of Prosumers in Peer-to-Peer Energy Markets. IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID, vol. 12, p. 2472-2483, ISSN: 1949-3053, doi: 10.1109/TSG.2020.3048397
- [SGs3]. Younesi A., Shayeghi H., Siano P., Safari A. (2021). A multi-objective resilience-economic stochastic scheduling method for microgrid. INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS, vol. 131, p. 106974-106987, ISSN: 0142-0615, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.106974
- [SGs4]. Alhasnawi B. N., Jasim B. H., Siano P., Guerrero J. M. (2021). A novel real-time electricity scheduling for home energy management system using the internet of energy. ENERGIES, vol. 14, p. 3191-3219, ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en14113191
- [SGs5]. Mousavizadeh S., Alahyari A., Bolandi T. G., Haghifam M. -R., Siano P. (2021). A novel resource allocation model based on the modularity concept for resiliency enhancement in electric distribution networks. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH, vol. 45, p. 13471-13488, ISSN: 0363-907X, doi: 10.1002/er.6676

- [SGs6]. Rashidizadeh-Kermani H., Vahedipour-Dahraie M., Shafie-khah M., Siano P. (2021). A stochastic short-term scheduling of virtual power plants with electric vehicles under competitive markets. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS*, vol. 124, p. 106343-106354, ISSN: 0142-0615, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.106343
- [SGs7]. Saadatmand M., Gharehpetian G. B., Kamwa I., Siano P., Guerrero J. M., Alhelou H. H. (2021). A survey on fopid controllers for lfo damping in power systems using synchronous generators, facts devices and inverter-based power plants. *ENERGIES*, vol. 14, p. 5983-6008, ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en14185983
- [SGs8]. Dolatabadi S. H., Ghorbanian M., Siano P., Hatziargyriou N. D. (2021). An Enhanced IEEE 33 Bus Benchmark Test System for Distribution System Studies. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, vol. 36, p. 2565-2572, ISSN: 0885-8950, doi: 10.1109/TPWRS.2020.3038030
- [SGs9]. Honarmand M. E., Hosseinnzhad V., Hayes B., Shafie-Khah M., Siano P. (2021). An Overview of Demand Response: From its Origins to the Smart Energy Community. *IEEE ACCESS*, vol. 9, p. 96851-96876, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3094090
- [SGs10]. 25. 2021 De Marco G., Loia V., Karimipour H., Siano P. (2021). Assessing insider attacks and privacy leakage in managed IoT systems for residential prosumers. *ENERGIES*, vol. 14, p. 2385-2399, ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en14092385
- [SGs11]. Alhamrouni, Ibrahim, Salem, Mohamed, Rahmat, Mohd. Khairil, Siano, Pierluigi (2021). Bacterial Foraging Algorithm & Demand Response Programs for a Probabilistic Transmission Expansion Planning With the Consideration of Uncertainties and Voltage Stability Index. *CANADIAN JOURNAL OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING*, vol. 44, p. 179-188, ISSN: 0840-8688, doi: 10.1109/ICJECE.2020.3039249
- [SGs12]. Ghiasi M., Dehghani M., Niknam T., Kavousi-Fard A., Siano P., Alhelou H. H. (2021). Cyber-Attack Detection and Cyber-Security Enhancement in Smart DC-Microgrid Based on Blockchain Technology and Hilbert Huang Transform. *IEEE ACCESS*, vol. 9, p. 29429-29440, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3059042
- [SGs13]. Saadatmand M., Gharehpetian G. B., Moghassemi A., Guerrero J. M., Siano P., Alhelou H. H. (2021). Damping of Low-Frequency Oscillations in Power Systems by Large-Scale PV Farms: A Comprehensive Review of Control Methods. *IEEE ACCESS*, vol. 9, p. 72183-72206, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3078570
- [SGs14]. Azimian M., Amir V., Javadi S., Siano P., Alhelou H. H. (2021). Enabling demand response for optimal deployment of multi-carrier microgrids incorporating incentives. *IET RENEWABLE POWER GENERATION*, p. 1-18, ISSN: 1752-1416, doi: 10.1049/rpg2.12360
- [SGs15]. Younesi A., Shayeghi H., Siano P., Safari A., Alhelou H. H. (2021). Enhancing the Resilience of Operational Microgrids Through a Two-Stage Scheduling Strategy Considering the Impact of Uncertainties. *IEEE ACCESS*, vol. 9, p. 18454-18464, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3053390
- [SGs16]. Haes Alhelou H., Golshan M. E. H., Siano P. (2021). Frequency response models and control in smart power systems with high penetration of renewable energy sources. *COMPUTERS & ELECTRICAL ENGINEERING*, vol. 96, p. 107477-107489, ISSN: 0045-7906, doi: 10.1016/j.compeleceng.2021.107477
- [SGs17]. Ghorbanian M., Dolatabadi S. H., Siano P. (2021). Game Theory-Based Energy-Management Method Considering Autonomous Demand Response and Distributed Generation Interactions in Smart Distribution Systems. *IEEE SYSTEMS JOURNAL*, vol. 15, p. 905-914, ISSN: 1932-8184, doi: 10.1109/JSYST.2020.2984730
- [SGs18]. Ding Y., Xie D., Hui H., Xu Y., Siano P. (2021). Game-Theoretic Demand Side Management of Thermostatically Controlled Loads for Smoothing Tie-Line Power of Microgrids. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, vol. 36, p. 4089-4101, ISSN: 0885-8950, doi: 10.1109/TPWRS.2021.3065097
- [SGs19]. 37. 2021 Bigdeli M., Siano P., Alhelou H. H. (2021). Intelligent Classifiers in Distinguishing Transformer Faults Using Frequency Response Analysis. *IEEE ACCESS*, vol. 9, p. 13981-13991, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3052144
- [SGs20]. Honarmand M. E., Hosseinnzhad V., Hayes B., Siano P. (2021). Local energy trading in future distribution systems. *ENERGIES*, vol. 14, p. 3110-3128, ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en14113110
- [SGs21]. Siano P., Mohammad D. (2021). MILP Optimization model for assessing the participation of distributed residential PV-battery systems in ancillary services market. *CSEE JOURNAL OF POWER AND ENERGY SYSTEMS*, vol. 7, p. 348-357, ISSN: 2096-0042, doi: 10.17775/CSEEJPES.2020.01170

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [SGs22]. Jalili H., Siano P. (2021). Modeling of unforced demand response programs. *INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING ELECTRIC POWER SYSTEMS*, vol. 22, p. 233-241, ISSN: 1553-779X, doi: 10.1515/ijeeps-2020-0208
- [SGs23]. Shao, Changzheng, Ding, Yi, Siano, Pierluigi, Song, Yonghua (2021). Optimal Scheduling of the Integrated Electricity and Natural Gas Systems Considering the Integrated Demand Response of Energy Hubs. *IEEE SYSTEMS JOURNAL*, vol. 15, p. 4545-4553, ISSN: 1932-8184, doi: 10.1109/JSYST.2020.3020063
- [SGs24]. Rashidizadeh-Kermani H., Vahedipour-Dahraie M., Shafie-khah M., Siano P. (2021). Optimal bidding of profit-seeking virtual associations of smart prosumers considering peer to peer energy sharing strategy. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS*, vol. 132, p. 107175-107184, ISSN: 0142-0615, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107175
- [SGs25]. Dolatabadi M., Siano P. (2020). A Scalable Privacy Preserving Distributed Parallel Optimization for a Large-Scale Aggregation of Prosumers with Residential PV-Battery Systems. *IEEE ACCESS*, vol. 8, p. 210950-210960, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3035432
- [SGs26]. Mahmud K., Khan B., Ravishankar J., Ahmadi A., Siano P. (2020). An internet of energy framework with distributed energy resources, prosumers and small-scale virtual power plants: An overview. *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, vol. 127, p. 1-19, ISSN: 1364-0321, doi: 10.1016/j.rser.2020.109840
- [SGs27]. Nasr M. -A., Nasr-Azadani E., Nafisi H., Hosseinian S. H., Siano P. (2020). Assessing the Effectiveness of Weighted Information Gap Decision Theory Integrated with Energy Management Systems for Isolated Microgrids. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, vol. 16, p. 5286-5299, ISSN: 1551-3203, doi: 10.1109/TII.2019.2954706
- [SGs28]. Haes Alhelou H., Mirjalili S. J., Zamani R., Siano P. (2020). Assessing the optimal generation technology mix determination considering demand response and EVs. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS*, vol. 119, p. 1-9, ISSN: 0142-0615, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.105871
- [SGs29]. Hui H., Ding Y., Lin Z., Siano P., Song Y. (2020). Capacity Allocation and Optimal Control of Inverter Air Conditioners Considering Area Control Error in Multi-Area Power Systems. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, vol. 35, p. 332-345, ISSN: 0885-8950, doi: 10.1109/TPWRS.2019.2924348
- [SGs30]. Khaloie H., Abdollahi A., Shafie-Khah M., Siano P., Nojavan S., Anvari-Moghaddam A., Catalao J. P. S. (2020). Co-optimized bidding strategy of an integrated wind-thermal-photovoltaic system in deregulated electricity market under uncertainties. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, vol. 242, p. 1-20, ISSN: 0959-6526, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118434
- [SGs31]. Khaloie H., Abdollahi A., Shafie-khah M., Anvari-Moghaddam A., Nojavan S., Siano P., Catalao J. P. S. (2020). Coordinated wind-thermal-energy storage offering strategy in energy and spinning reserve markets using a multi-stage model. *APPLIED ENERGY*, vol. 259, p. 1-18, ISSN: 0306-2619, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114168
- [SGs32]. Wang F., Ge X., Yang P., Li K., Mi Z., Siano P., Duic N. (2020). Day-ahead optimal bidding and scheduling strategies for DER aggregator considering responsive uncertainty under real-time pricing. *ENERGY*, vol. 213, p. 1-18, ISSN: 0360-5442, doi: 10.1016/j.energy.2020.118765
- [SGs33]. Ahmadi A., Esmael Nezhad A., Siano P., Hredzak B., Saha S. (2020). Information-Gap Decision Theory for Robust Security-Constrained Unit Commitment of Joint Renewable Energy and Gridable Vehicles. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, vol. 16, p. 3064-3075, ISSN: 1551-3203, doi: 10.1109/TII.2019.2908834
- [SGs34]. Hassannejad Marzouni A., Zakariazadeh A., Siano P. (2020). Measurement devices allocation in distribution system using state estimation: A multi-objective approach. *INTERNATIONAL TRANSACTIONS ON ELECTRICAL ENERGY SYSTEMS*, vol. 30, p. 1-25, ISSN: 2050-7038, doi: 10.1002/2050-7038.12469
- [SGs35]. Ghorbanian M., Dolatabadi S. H., Siano P., Kouveliotis-Lysikatos I., Hatziaargyriou N. D. (2020). Methods for Flexible Management of Blockchain-Based Cryptocurrencies in Electricity Markets and Smart Grids. *IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID*, vol. 11, p. 4227-4235, ISSN: 1949-3053, doi: 10.1109/TSG.2020.2990624
- [SGs36]. Mahmud K., Nizami M. S. H., Ravishankar J., Hossain M. J., Siano P. (2020). Multiple Home-to-Home Energy Transactions for Peak Load Shaving. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, vol. 56, p. 1074-1085, ISSN: 0093-9994, doi: 10.1109/TIA.2020.2964593
- [SGs37]. Nazari-Heris M., Mohammadi-Ivatloo B., Zare K., Siano P. (2020). Optimal generation scheduling of large-scale multi-zone combined heat and power systems. *ENERGY*, vol. 210, p. 1-11, ISSN: 0360-5442, doi: 10.1016/j.energy.2020.118497
- [SGs38]. Talari S., Shafie-Khah M., Mahmoudi N., Siano P., Wei W., Catalao J. P. S. (2020). Optimal management of demand response aggregators considering customers' preferences within distribution networks. *IET*

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

GENERATION, TRANSMISSION & DISTRIBUTION, vol. 14, p. 5571-5579, ISSN: 1751-8687, doi: 10.1049/iet-gtd.2020.1047

[SGs39]. Khorasany M., Razzaghi R., Dorri A., Jurdak R., Siano P. (2020). Paving the Path for Two-Sided Energy Markets: An Overview of Different Approaches. IEEE ACCESS, vol. 8, p. 223708-223722, ISSN: 2169-3536, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3040391

## PROGETTI

*Reinforce – Research to INspire the Future*

Responsabile scientifico: prof. Vincenzo Galdi

Ente finanziatore: MISE

Breve descrizione: L'U.O. di Salerno è responsabile di attività connesse allo sviluppo di algoritmi di eco-driving e di gestione di powertrain ibridi FC-BES. L'U.O. supporterà, inoltre, HRI nello studio di sistemi di accumulo ad elevate performance per soluzioni ferrotranviarie con caratteristiche di marcia autonoma.

Sedi partner: Università di Firenze, Università di Cassino e del Lazio Meridionale, Univeristà di Napoli "Federico II", Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione del CNR (ITIA-CNR).

Altre informazioni: il progetto è finanziato nell'ambito del Contratto di Sviluppo "INSPIRE THE FUTURE", capofila Hitachi Rail, valore del progetto € 68.590.159,35, di cui € 26.127.989,00 di contributo. Quota UniSA: € 996.310,00

*SENTINEL - Sistema di pEsatura diNamica inTelligente per la gestioNE deL traffico pesante*

Responsabile scientifico: prof. Vincenzo Galdi

Ente finanziatore: MIUR – PNR 2015-2020 Area di specializzazione "Mobilità Sostenibile"

Breve descrizione: Il progetto sviluppa una soluzione ITS per la pesatura dinamica dei veicoli. Il progetto, attraverso soluzioni di data mining, integra dati provenienti da più sensori (fibra ottica con reticolo di Bragg, telecamere, sensori di velocità, ...) per elaborare una stima accurata del peso dei veicoli in transito in prossimità di viadotti e nodi dell'infrastruttura viaria sensibili al peso dei veicoli. Il progetto sviluppa sia soluzioni HW che SW (queste ultime sviluppate proprio con il contributo dell'U.O. di Salerno) fornendo indicazioni sullo stato di utilizzo dell'infrastruttura, sul carico attualmente sostenuto, fornendo anche indicazioni al gestore dell'infrastruttura e agli organi di polizia per modulare il traffico e orientare le verifiche sui singoli mezzi.

Sedi partner: ENEA (Capofila)

Altre informazioni: il progetto vede come partner ANAS SpA e il Consorzio TRAIN nell'ambito del quale l'U.O. svolge le proprie attività di ricerca. Il valore totale del progetto è di € 4.652.239,98, di cui € 2.326.119,97 di contributo. Quota UniSA: € 797.600,00

*RAFAEL – Sistema per la previsione e la gestione del rischio sulle Infrastrutture Critiche nel Sud Italia*

Responsabile scientifico: prof.ssa Antonia Longobardi

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

Ente finanziatore: MIUR – PNR 2015-2020 Area di specializzazione “Smart Secure and Inclusive Communities”

**Breve descrizione:** Il progetto RAFAEL ha come principale obiettivo quello di contribuire alla realizzazione di un Sistema Nazionale per il supporto agli Operatori delle Infrastrutture Critiche e alla Pubblica Amministrazione preposta alla Protezione delle Infrastrutture e degli asset (tecnologici, industriali, strategici), migliorandone la “Resilienza”. Il progetto sviluppa tecnologie ad hoc al fine di integrare gli sviluppi tecnologici realizzati negli ultimi anni all'interno della piattaforma preesistente CIPCast (Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS)), rendendola il sistema di riferimento per fornire alle imprese ed alla P.A. molteplici servizi, come ad esempio l'analisi dei dati rilevati dallo sviluppo di specifici sensori (es. sensori sismici e ambientali) e dalle previsioni metereologiche.

Soggetto capofila: ENEA

**Altre informazioni:** Il progetto coinvolge 18 partner includendo Organismi di Ricerca, Grandi, Piccole e Medie Imprese, Università e Consorzi ed ha un budget complessivo di € 9.258.719,22, di cui € 4.489.426,45 di contributo. Quota UniSA: € 261.600,00

*F-MOBILITY - Verso veicoli full electric a minima VDE: un nuovo approccio “real world based”*

*Responsabile scientifico: prof. Vincenzo Galdi*

**Ente finanziatore:** Regione Campania - POR CAMPANIA FESR 2014–2020 - Asse Prioritario 1 “Ricerca e Innovazione”

**Breve descrizione:** Il progetto F- Mobility si propone l'obiettivo di definire di metodi di progettazione integrati per minimizzare la richiesta energetica dei veicoli elettrici, validandoli in un contesto reale. L'obiettivo sarà conseguito mediante l'espletamento di una serie di attività di ricerca e sviluppo strettamente centrate sul sistema batteria al fine di definire nuove e alleggerite soluzioni architettoniche, sviluppare e validare modelli di ottimizzazione energetica del sistema batteria nel suo ciclo di vita, validare in un contesto reale il comportamento di veicoli a minimo impatto ambientale. Il rapporto con il territorio è un elemento saliente delle attività di progetto in quanto di fatto consente la calibrazione e validazione delle soluzioni tecnologiche e dei modelli sviluppati

Soggetto capofila: FCA Italy

**Altre informazioni:** Il partenariato di progetto è composto da 2 Grandi Imprese (FCA Italy e Blue Engineering), una PMI (DACA-I) e un organismo di ricerca (CeRICT) che raggruppa tutte le università della Campania pubbliche e private e il CNR. Il valore complessivo del progetto è di € 7.965.164,05, di cui € 4.898.005,78 di contributo. Quota UniSA: € 209.909,27

*E-MOBILITY: Energy Systems, Power Electronics and drives for electric vehicles*

*Responsabile scientifico: prof. Cesare Pianese*

**Ente finanziatore:** Regione Campania - POR CAMPANIA FESR 2014–2020 - Asse Prioritario 1 “Ricerca e Innovazione”

**Breve descrizione:** Il progetto E-Mobility mira ad introdurre una innovazione di prodotto nell'ambito del settore delle auto elettriche e specificatamente delle auto full electric, proponendo alcune innovative soluzioni

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

tecnologiche capaci di superare alcuni aspetti critici che attualmente impediscono una ampia diffusione delle auto elettriche e ne pregiudicano la totale eco-sostenibilità. In dettaglio, il progetto, partendo dalla analisi del parco auto “full electric” oggi presente sul mercato e considerando le prestazioni motoristiche e di autonomia delle auto leader del settore, propone il miglioramento del sistema di power train, composto da motori e drive motor e logiche innovative capaci di garantire migliori prestazioni motoristiche, migliore efficienza energetica e migliore utilizzo dei sistemi di accumulo

*Soggetto capofila:* NetCom Group

*Altre informazioni:* Il progetto vanta la partecipazione di aziende quali Bitron, ST Microelectronics, CMD, FIB, NETCOM e due consorzi di ricerca, COMEA e TEST. L. Il valore totale del progetto è di € 9.087.826,70, di cui € 5.685.075,99 di contributo. Quota UniSA: € 235.415,00

#### Riferimenti

- [SA.Progetti.1]. Progetto Reinforce – Research to INspire the Future
- [SA.Progetti.2]. Progetto SENTINEL PON 2017-2020 ARS01\_00243
- [SA.Progetti.3]. Progetto RAFAEL PON 2014-2020 ARS01\_00305
- [SA.Progetti.4]. F-Mobility - Verso veicoli full electric a minima VDE: un nuovo approccio “real world based”
- [SA.Progetti.5]. E-MOBILITY: Energy Systems, Power Electronics and drives for electric vehicles

## LABORATORI

*Laboratorio di S.I.S.T.E.M.I. Elettrici - Sistemi Intelligenti e Soluzioni Telematiche per l'Energia, la Mobilità e gli Impianti Elettrici*

Il laboratorio di S.I.S.T.E.M.I. Elettrici - Sistemi Intelligenti e Soluzioni Telematiche per l'Energia, la Mobilità e gli Impianti Elettrici – ospita sia attività di didattica a supporto dei corsi erogati dai docenti del Gruppo Sistemi Elettrici, sia attività di tesi e attività di ricerca condotte dai ricercatori dell'U.O.

L'attività di ricerca svolta riguarda prevalentemente i sistemi di automazione ad intelligenza distribuita per il monitoraggio e il controllo di sistemi complessi e lo sviluppo di sistemi di controllo basati su tecniche soft-computing.

Nel laboratorio si realizzano prototipi di convertitori per azionamenti e sistemi di controllo a microprocessore per azionamenti di trazione e automotive. Sono disponibili postazioni di simulazione, piattaforme di sviluppo e microcontrollori, oltre che dispositivi di potenza e driver per inverter e DC/DC converter.

Ulteriori attività riguardano lo studio e la definizione di architetture innovative basate su tecnologie telematiche per l'erogazione di servizi avanzati per l'utenza dei sistemi di trasporto. Si sviluppano soluzioni per il monitoraggio degli impianti di sicurezza e distanziamento per linee AV/AC.

L'attività di didattica svolta nel laboratorio S.I.S.T.E.M.I. Elettrici riguarda prevalentemente l'uso di sistemi avanzati di simulazione per l'analisi di reti elettriche, sia con riferimento alla determinazione dei flussi di energia e potenza anche in presenza di contingenze, sia con riferimento agli aspetti legati all'ottimizzazione economica dei sistemi elettrici. Attività didattiche specifiche sviluppate nel laboratorio sono, inoltre, quelle legate alla progettazione e allo sviluppo di algoritmi per l'analisi e il controllo dei flussi di potenza nel settore degli impianti elettrici civili e industriali e della domotica (DSM e DR).

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

### *Laboratorio Applicazioni delle fonti energetiche convenzionali e rinnovabili (CREA Lab)*

CREA Lab ospita sia attività di didattica a supporto dei corsi erogati dai docenti del Gruppo Sistemi Elettrici, sia attività di tesi e attività di ricerca condotte dai ricercatori dell'U.O..

L'attività di ricerca svolta riguarda prevalentemente i problemi legati all'energy management su reti elettriche e sui sistemi di produzione dell'energia elettrica. Il laboratorio ospita anche attività di ricerca e di supporto alla didattica nel settore degli impianti elettrici in bassa e media tensione, anche con il supporto di postazioni di calcolo dotate di software specifici.

Il laboratorio ospita, inoltre, una area dedicata allo sviluppo di strategie di controllo dei carichi elettrici realizzata nell'ambito di una collaborazione con *e-distribuzione*. In tale area si testano i modelli messi a punto nel laboratorio S.I.S.T.E.M.I. Elettrici utili a verificare le potenzialità delle nuove tecnologie introdotte sulla rete di distribuzione per l'erogazione di servizi di demand response (DR) e, più in generale, per l'attuazione di

L'attività di didattica svolta in questo laboratorio riguarda prevalentemente l'uso di sistemi avanzati di simulazione per l'analisi di reti elettriche, sia con riferimento alla determinazione dei flussi di energia e potenza anche in presenza di contingenze, sia con riferimento agli aspetti legati all'ottimizzazione economica dei sistemi elettrici. Attività didattiche specifiche sviluppate nel laboratorio di S.I.S.T.E.M.I. Elettrici sono, inoltre, quelle legate alla progettazione e all'analisi di sistemi di controllo per convertitori di potenza e azionamenti e alle applicazioni per logiche programmabili e PLC nel settore degli impianti elettrici civili e industriali e della domotica.

### *Camera Anecoica EMC (Laboratorio)*

L'U.O. ha realizzato e coordina le attività di ricerca e conto terzi del laboratorio Camera Anecoica EMC. La camera *full anechoic* dispone di rilevatori, antenne e amplificatori per l'analisi dei disturbi elettromagnetici radiati e condotti su apparecchi utilizzatori dell'energia. Le attività didattiche coordinate dal gruppo sono fondamentalmente connesse allo studio degli effetti elettromagnetici prodotti da convertitori elettronici; il laboratorio è utilizzato anche dai docenti dell'area Campi elettromagnetici per le attività connesse al corso di Compatibilità elettromagnetica.

### *Laboratorio Smart Grids and Smart Cities*

Il laboratorio SMARTLab si propone di promuovere e svolgere attività di ricerca sui seguenti temi: Smart Cities, Smart Grids, Cyber-Physical Systems, IoT (Internet of Things), Big Data, Energy Management, Safety, Security e Data Privacy nelle Smart Cities. Il laboratorio SMARTLab supporta gli studenti nell'apprendimento di metodi innovativi per la gestione e la pianificazione delle smart cities e delle smart grids considerando anche aspetti relativi alle problematiche di integrazione e di sicurezza dei Cyber-Physical Systems costituiti da infrastrutture elettriche e informatiche strettamente interconnesse tra loro. Le principali aree di ricerca del laboratorio sono riconducibili alle tematiche multidisciplinari che caratterizzano le smart cities.

Di seguito si riportano alcuni esempi di temi che possono essere sviluppati a diversi livelli di analisi (individuale, organizzativo, inter-organizzativo) e che necessitano di una fertilizzazione tra aree di ricerca differenti:

- Pianificazione e gestione delle smart grids e delle microgrids.
- Industrial informatics for smart cities.
- Power electronics e smart grids.
- Innovative control systems e artificial intelligence.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



- Sistemi di generazione da fonte rinnovabile.
- Energy management systems.
- Local energy markets e microgrids.
- Smart house, smart buildings e building automation.
- Cloud computing, Internet of Things e cybersecurity.
- Blockchain technology e IoT.
- Cyber-Physical systems.
- Big data.
- Safety, security e data privacy.
- Intelligenza artificiale, sistemi fuzzy, reti neurali.

### *Laboratorio Smart Grids and Distributed Energy Resources*

Il laboratorio nasce dall'esigenza di promuovere attività di ricerca reattivamente ai temi riguardanti la gestione e la pianificazione delle reti di distribuzione intelligenti in presenza di risorse distribuite. Nel laboratorio, particolare attenzione è rivolta alla gestione della domanda di energia e a tale scopo la dotazione che lo caratterizza consente di implementare i profili di assorbimento reali di tipo residenziale. La strumentazione presente consente di sperimentare nuove modalità di gestione e pianificazione delle risorse.

Le aree di interesse sono:

- Tecnologie per smart grids
- Integrazione delle fonti rinnovabili nelle reti di distribuzione
- Sistemi di protezione intelligenti per le reti elettriche
- Controllo e gestione delle microgrid
- Ottimizzazione e pianificazione delle reti di distribuzione
- Integrazione dei sistemi di accumulo nelle reti elettriche

### Riferimenti

- [SA.Laborat.1]. Laboratorio S.I.S.T.E.M.I. Elettrici - Responsabile Scientifico prof. Vincenzo Galdi - Edificio E, Ingegneria, Piano Terra, T15/1 - Phone: +39 089 964163
- [SA.Laborat.2]. CREA Lab - Responsabile Scientifico prof. Lucio Ippolito - Edificio E, Ingegneria, Piano Interrato, I8/A - Phone: +39 089 963085
- [SA.Laborat.3]. Camera Anecoica EMC - Responsabile Scientifico prof. Antonio Piccolo - Edificio E, Ingegneria, Piano Interrato, I9 - Phone: +39 089 964296
- [SA.Laborat.4]. Laboratorio Smart Grids and Smart Cities - Responsabile Scientifico prof. Pierluigi Siano - Edificio C2, Secondo Piano - Phone: +39 089 964294
- [SA.Laborat.5]. Laboratorio Smart Grids and Distributed Energy Resources - Responsabile Scientifico prof. Vito Calderaro Edificio E, Ingegneria, Piano Interrato, I8/A - - Phone: +39 089 964295

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



## UNITÀ DI TORINO

DIPARTIMENTO ENERGIA “GALILEO FERRARIS”  
POLITECNICO DI TORINO  
CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI 24  
10129 TORINO  
TEL. 011 090 7100  
FAX 011 090 7199

**Responsabile Scientifico:** Gianfranco Chicco

**Sito web:** [http://www.denerg.polito.it/la\\_ricerca/gruppi\\_di\\_ricerca/gruppo\\_di\\_ricerca\\_gusee](http://www.denerg.polito.it/la_ricerca/gruppi_di_ricerca/gruppo_di_ricerca_gusee)

**Composizione unità** (settembre 2022):

Nome	Cognome	Ruolo
Ettore	Bompard	Professore Ordinario
Enrico	Carpaneto	Professore Associato
Gianfranco	Chicco	Professore Ordinario
Alessandro	Ciocia	Ricercatore (RTD-A)
Pietro	Colella	Ricercatore (RTD-B)
Paolo	Di Leo	Professore Associato
Tao	Huang	Professore Associato
Andrea	Mazza	Ricercatore (RTD-B)
Roberto	Napoli	Professore Emerito
Enrico	Pons	Professore Associato
Angela	Russo	Professore Associato
Filippo	Spertino	Professore Associato
Marcelo	Masera	Assegnista Senior
Angela	Amato	Dottoranda
Giorgio	Benedetto	Dottorando
Stefano	Caria	Dottorando
Salvatore	Cellura	Dottorando
Eleonora	Desogus	Dottoranda
Antonio	Forte	Dottorando
Mohammad Ahmed	Qureshi	Dottorando
Soheil	Saadatmandi	Dottorando
Stefano	Schubert	Dottorando
Lorenzo	Solida	Dottorando
Haoke	Wu	Dottorando

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

Presidente  
Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario  
Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

*Produzione da fonti rinnovabili*

L'argomento di ricerca sulla generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili intermittenti (solare fotovoltaico ed eolico) si è ulteriormente sviluppato in questo periodo, perché sono state aggiunte ulteriori linee di ricerca come queste di seguito descritte:

- l'analisi di report aziendali che documentano l'attività di manutenzione programmata e straordinaria per la determinazione dell'affidabilità e della disponibilità degli impianti fotovoltaici connessi a rete;
- la pianificazione dell'installazione su vasta scala di sistemi fotovoltaici e di turbine eoliche per intere regioni, sulla base di dati GIS relativi alla geografia, al clima, alla dislocazione delle reti elettriche;
- la realizzazione di corsi *e-learning* sulla progettazione, installazione e verifica sperimentale di sistemi fotovoltaici ed eolici nella cornice della situazione originata dalla pandemia Covid-19.

Entrando nel dettaglio degli articoli pubblicati su riviste internazionali o su atti di convegno internazionale, tutti censiti su Scopus, si possono evidenziare:

- sette articoli (di cui 4 su riviste) per la linea di ricerca sull'affidabilità, sulla disponibilità determinate dai report di manutenzione e sui difetti tipici delle celle solari nei sistemi fotovoltaici connessi a rete [TO.Prod.1], [TO.Prod.2], [TO.Prod.3], [TO.Prod.4], [TO.Prod.5], [TO.Prod.6], [TO.Prod.7];
- quattro articoli (di cui uno su rivista) per la linea di ricerca relativa alla modellistica dei profili di produzione dei sistemi fotovoltaici ed eolici per la previsione dell'impatto sulla rete nella generazione nazionale (nell'ambito della collaborazione in atto con TERNA SpA che fornisce un vasto database di produzione oraria misurata dai contatori dei distributori) e per la pianificazione dell'installazione di nuovi impianti di tali tecnologie, considerando una molteplicità di dati GIS di varia natura (cartografia altimetrica, climatologia, dislocazione di infrastrutture energetiche, etc.) [TO.Prod.8], [TO.Prod.9], [TO.Prod.10], [TO.Prod.11];
- sei articoli (di cui quattro su rivista) nella linea di ricerca, con collaborazione internazionale con colleghi del Pakistan, sulle tecniche innovative di inseguimento della massima potenza (*Maximum Power Point Tracker*, MPPT) per generatori fotovoltaici in condizioni di mismatch (disomogeneità dei parametri elettrici delle celle solari) dovuto a vari motivi [TO.Prod.12], [TO.Prod.13], [TO.Prod.14], [TO.Prod.15], [TO.Prod.16], [TO.Prod.17];
- quattro articoli (di cui 2 su riviste) per la linea di ricerca relativa alle micro-reti alimentate da generazione fotovoltaica con accumulo elettrochimico nella cornice delle comunità energetiche di utenti attivi che, pur restando connessi alla rete elettrica di distribuzione, massimizzano l'autosufficienza e l'autoconsumo per minimizzare gli scambi con la rete e, di conseguenza, le possibili perturbazioni [TO.Prod.18], [TO.Prod.19], [TO.Prod.20], [TO.Prod.21];
- tre articoli (tutti su atti di convegno internazionale) sulla linea di ricerca relativa alla verifica sperimentale di funzionamento (dati SCADA) delle turbine eoliche per determinare la migliore stima dell'effettivo rendimento di conversione delle singole turbine rispetto ai dati di targa sulla curva di potenza dei costruttori delle turbine [TO.Prod.22], [TO.Prod.23], [TO.Prod.24];
- tre articoli (tutti su atti di convegno internazionale) sulla didattica *e-learning*, stimolata da condizioni di pandemia Covid-2019, nella direzione di fornire conoscenze e creare abilità sulla progettazione, installazione e sulle verifiche sperimentali di corretta prestazione di componenti per impianti fotovoltaici connessi a rete [TO.Prod.25], [TO.Prod.26], [TO.Prod.27];
- due articoli (di cui uno su rivista) sulla linea di ricerca dell'applicazione della ricarica di veicoli elettrici nella direzione della fornitura di servizi ancillari per la rete di trasmissione (*Vehicle to Grid*, V2G), in cui sono stati messi a punto algoritmi deterministici per la gestione ottimale delle ricariche a beneficio di soggetti aggregatori sulla base di statistiche di utilizzo dei veicoli e della conoscenza dei profili del prezzo dei servizi ancillari succitati (inclusa anche un'applicazione per utenti residenziali dotati di generazione da fotovoltaico) [TO.Prod.28], [TO.Prod.29];
- due articoli (su atti di convegni internazionali) dedicati alla modellazione statistica di sistemi fotovoltaici con l'obiettivo di analizzare il possibile impatto della produzione fotovoltaica in rete [TO.Prod.30], [TO.Prod.31];
- tre articoli (su rivista internazionale) che riguardano gli aspetti tecnico-economici dell'impiego di sistemi fotovoltaici ed eolici nella prospettiva di realizzare investimenti, svolti in collaborazione con un gruppo

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

di ricerca in Brasile principalmente dedicato ad aspetti economici [TO.Produz.32], [TO.Produz.33], [TO.Produz.34];

- un articolo (su rivista internazionale) riferito alla previsione dell'irradianza solare per un sistema su scala nazionale, svolto in collaborazione con autori provenienti da Romania e Moldavia [TO.Produz.35].

### Sistemi multi-energia

Gli studi sui sistemi multi-energia sono proseguiti in varie direzioni. L'articolo [TO.Produz.36] presenta la caratterizzazione dei sistemi multi-energia distribuiti rivolta agli studi di flessibilità della domanda. Viene introdotto il concetto di "nodo multi-energia", insieme a una formulazione strutturata per la valutazione della flessibilità dei sistemi multi-energia e alla rappresentazione attraverso mappe di flessibilità multidimensionali. L'articolo [TO.Produz.37] presenta una nuova formulazione del problema di ottimizzazione per sistemi multi-energia, che permette di introdurre l'impiego di rendimenti e COP dei componenti non costanti descritti da rappresentazioni convesse. L'articolo [TO.Produz.38] presenta una piattaforma di co-simulazione di sistemi multi-energia applicata all'interazione tra la rete elettrica e gli edifici.

Un'ulteriore direzione di ricerca riguarda i sistemi *power-to-gas*. Nell'articolo [TO.Produz.39] viene considerato l'impatto sull'esercizio delle reti energetiche di tecnologie che producono idrogeno, tenendo conto della quota di idrogeno che può essere iniettata nella rete gas. Viene descritta la metodologia di analisi dell'interazione tra reti elettriche e reti gas a livello di distribuzione, con l'implementazione di modelli fisici. Nell'articolo [TO.Produz.40] vengono descritti la costruzione e l'impiego di un nuovo modello di sistema *power-to-gas* che rappresenta l'intero processo ed è compatibile con i calcoli di rete.

### Bibliografia

- [TO.Produz.1] Filippo Spertino, Angela Amato, Gabriele Casali, Alessandro Ciocia, Gabriele Malgaroli. Reliability analysis and repair activity for the components of 350 kW inverters in a large scale grid-connected photovoltaic system. *Electronics*, 10 (5), art. no. 564, pp. 1-13, 2021.
- [TO.Produz.2] Filippo Spertino, Elio Chiodo, Alessandro Ciocia, Gabriele Malgaroli, Alessandro Ratclif. Maintenance Activity, Reliability, Availability, and Related Energy Losses in Ten Operating Photovoltaic Systems up to 1.8 MW. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 57 (1), art. no. 9226462, pp. 83-93, 2021.
- [TO.Produz.3] Sofiane Boulhidja, Adel Mellit, Sebastian Voswinckel, Vanni Lughì, Alessandro Ciocia, Filippo Spertino, Alessandro Massi Pavan. Experimental evidence of PID effect on CIGS photovoltaic modules. *Energies*, 13 (3), art. no. 537, 2020.
- [TO.Produz.4] Jawad Ahmad, Alessandro Ciocia, Stefania Fichera, Ali Faisal Murtaza, Filippo Spertino. Detection of typical defects in silicon photovoltaic modules and application for plants with distributed MPPT configuration. *Energies*, 12 (23), art. no. 4547, 2019.
- [TO.Produz.5] Alessandro Ciocia, Gabriele Malgaroli, Andrea Spedicato, Filippo Spertino, Horia Andrei, Valentin Adrian Boicea. Quality Check during Manufacturing of Custom Photovoltaic Modules with Back-Contact Cells. *Proc. 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2019)*, art. no. 8893478, 2019.
- [TO.Produz.6] Alessandro Ciocia, Alessio Carullo, Paolo Di Leo, Gabriele Malgaroli, Filippo Spertino. Realization and Use of an IR Camera for Laboratory and On-field Electroluminescence Inspections of Silicon Photovoltaic Modules. *Proc. Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, art. no. 8980711, pp. 2734-2739, 2019.
- [TO.Produz.7] Filippo Spertino, Elio Chiodo, Alessandro Ciocia, Gabriele Malgaroli, Alessandro Ratclif. Maintenance Activity, Reliability Analysis and Related Energy Losses in Five Operating Photovoltaic Plants. *Proc. IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/IE and CPS Europe 2019*, art. no. 8783240, 2019.
- [TO.Produz.8] Giuseppe Alba, Gianfranco Chicco, Alessandro Ciocia, Filippo Spertino. Statistical Validation and Power Modelling of Hourly Profiles for a Large-Scale Photovoltaic Plant Portfolio. *Proc. 6th International Forum on Research and Technology for Society and Industry, RTSI 2021*, pp. 18-23, 2021.
- [TO.Produz.9] Alessandro Ciocia, Paolo Di Leo, Stefania Fichera, Francesco Giordano, Gabriele Malgaroli, Filippo Spertino. A novel procedure to adjust the equivalent circuit parameters of photovoltaic modules under shading. *Proc. International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020*, art. no. 9161878, pp. 711-715, 2020.
- [TO.Produz.10] Antonio D'Angola, Diana Enescu, Marianna Mecca, Alessandro Ciocia, Paolo Di Leo, Gian Vincenzo Fracastoro, Filippo Spertino. Theoretical and numerical study of a photovoltaic system with active fluid cooling by a fully-coupled 3D thermal and electric model. *Energies*, 13 (4), art. no. 852, 2020.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [TO.Produz.11] Filippo Spertino, Alessandro Ciocia. Solar energy, wind energy and storage for the electricity grid of today and tomorrow. *E3S Web of Conferences*, 119, art. no. 00020, 2019.
- [TO.Produz.12] Ali Faisal Murtaza, Hadeed Ahmed Sher, Fahad Usman Khan, Ali Nasir, Filippo Spertino. Efficient MPP Tracking of Photovoltaic (PV) Array Through Modified Boost Converter With Simple SMC Voltage Regulator. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 13 (3), pp. 1790-1801, 2022.
- [TO.Produz.13] Huma Rehman, Ali Faisal Murtaza, Hadeed Ahmed Sher, Abdullah M. Noman, Al-Abdullrahman A. Al-Shamma'a, Abdulaziz Alkuhayli, Filippo Spertino. Neighboring-Pixel-Based Maximum Power Point Tracking Algorithm for Partially Shaded Photovoltaic (PV) Systems. *Electronics*, 11 (3), art. no. 359, 2022.
- [TO.Produz.14] Ali Faisal Murtaza, Hadeed Ahmed Sher, Filippo Spertino, Alessandro Ciocia, Abdullah M. Noman, Abdullrahman A. Al-Shamma'a, Abdulaziz Alkuhayli. A novel MPPT technique based on mutual coordination between two pv modules/arrays. *Energies*, 14 (21), art. no. 6996, 2021.
- [TO.Produz.15] Alessio Carullo, Alessandro Ciocia, Gabriele Malgaroli, Filippo Spertino. An innovative correction method of wind speed for efficiency evaluation of wind turbines. *Acta IMEKO*, 10 (2), pp. 46-53, 2021.
- [TO.Produz.16] Valentin Oleschuk, Irina Vasiliev, Giovanni Griva, Filippo Spertino. Schemes and Techniques of Synchronous Modulation of PV Inverters with High Modulation Indices: A Survey. *Proc. 12th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, ATEE 2021*, art. no. 9425276, 2021.
- [TO.Produz.17] Ali Faisal Murtaza, Hadeed Ahmed Sher, Kamal Al-Haddad, Filippo Spertino. Module Level Electronic Circuit Based PV Array for Identification and Reconfiguration of Bypass Modules. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 36 (1), art. no. 9119154, pp. 380-389, 2021.
- [TO.Produz.18] Alessandro Ciocia, Angela Amato, Paolo Di Leo, Stefania Fichera, Gabriele Malgaroli, Filippo Spertino, Slavka Tzanova. Self-Consumption and Self-Sufficiency in Photovoltaic Systems: Effect of Grid Limitation and Storage Installation. *Energies*, 14 (6), art. no. 1591, 2021.
- [TO.Produz.19] Angela Amato, Matteo Bilardo, Enrico Fabrizio, Valentina Serra, Filippo Spertino. Energy evaluation of a PV-based test facility for assessing future self-sufficient buildings. *Energies*, 14 (2), art. no. en14020329, 2021.
- [TO.Produz.20] Alessandro Ciocia, Paolo Di Leo, Gabriele Malgaroli, Filippo Spertino. Subhour Simulation of a Microgrid of All-Electric nZEBs Based on Italian Market Rules. *Proc. 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020*, art. no. 9160517, 2020.
- [TO.Produz.21] Paolo Di Leo, Filippo Spertino, Stefania Fichera, Gabriele Malgaroli, Alessandro Ratclif. Improvement of self-sufficiency for an innovative nearly zero energy building by photovoltaic generators. *Proc. 2019 IEEE Milan PowerTech*, art. no. 8810434, 2019.
- [TO.Produz.22] Angela Amato, Bamba Heiba, Filippo Spertino, Gabriele Malgaroli, Alessandro Ciocia, Ahmed Med Yahya, Abdel Kader Mahmoud. An Innovative Method to Evaluate the Real Performance of Wind Turbines With Respect to the Manufacturer Power Curve: Case Study from Mauritania. *Proc. 21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2021*, 2021.
- [TO.Produz.23] Davide Astolfi, Gabriele Malgaroli, Filippo Spertino, Angela Amato, Andrea Lombardi, Ludovico Terzi. Long Term Wind Turbine Performance Analysis Through SCADA Data: A Case Study. *Proc. 6th International Forum on Research and Technology for Society and Industry, RTSI 2021*, pp. 7-12, 2021.
- [TO.Produz.24] Alessio Carullo, Alessandro Ciocia, Paolo Di Leo, Francesco Giordano, Gabriele Malgaroli, Luca Peraga, Filippo Spertino, Alberto Vallan. Comparison of correction methods of wind speed for performance evaluation of wind turbines. *Proc. 24th IMEKO TC4 International Symposium and 22nd International Workshop on ADC and DAC Modelling and Testing*, pp. 291-296, 2020.
- [TO.Produz.25] Alessandro Ciocia, Paolo Di Leo, Stefania Fichera, Gabriele Malgaroli, Angela Russo, Filippo Spertino, Slavka Tzanova, Bolormaa Dalanbayar. Innovative Laboratories for Teaching on Photovoltaic Generation in Higher Education. *Proc. 29th International Scientific Conference Electronics (ET 2020)*, art. no. 9238310, 2020.
- [TO.Produz.26] Filippo Spertino, Valentin Adrian Boicea, Gianfranco Chicco, Alessandro Ciocia, Paolo Di Leo, Luca Ferraris, Angela Russo, Slavka Tzanova, Bolormaa Dalanbayar. E-learning of Electrical Engineering Subjects in the Context of the EU-Mong Educational Project. *Proc. 2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2020)*, art. no. 9209765, 2020.
- [TO.Produz.27] Alessandro Ciocia, Paolo Di Leo, Gabriele Malgaroli, Angela Russo, Filippo Spertino, Slavka Tzanova. Innovative teaching on photovoltaic generation. *Proc. 11th National Conference with International Participation (ELECTRONICA 2020)*, art. no. 9305110, 2020.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



- [TO.Produz.28] Francesco Giordano, Alessandro Ciocia, Paolo Di Leo, Andrea Mazza, Filippo Spertino, Alberto Tenconi, Silvio Vaschetto. Vehicle-to-Home Usage Scenarios for Self-Consumption Improvement of a Residential Prosumer with Photovoltaic Roof. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56 (3), art. no. 9023373, pp. 2945-2956, 2020.
- [TO.Produz.29] Francesco Giordano, Francesco Arrigo, Cesar Diaz-Londono, Filippo Spertino, Fredy Ruiz. Forecast-based V2G aggregation model for day-ahead and real-time operations. *Proc. 2020 IEEE Power and Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference, ISGT 2020*, art. no. 9087659, 2020.
- [TO.Produz.30] Gianfranco Chicco, Alessandro Ciocia, Andrea Mazza, Radu Porumb, Filippo Spertino. Knowledge Discovery from the Statistical Analysis of On-Site Photovoltaic System Data. *Proc. 7th Forum on Research and Technologies for Society and Industry Innovation (IEEE RTSI 2022)*, Paris, France, 24-26 August 2022.
- [TO.Produz.31] Alessandro Ciocia, Gianfranco Chicco, Filippo Spertino. Optimisation of Generation Models for Clusters of Photovoltaic Plants. *Proc. IEEE Melecon 2022*, Palermo, Italy, 14-16 June 2022.
- [TO.Produz.32] Rômulo Azevêdo, Paulo Rotela Junior, Luiz Célio Rocha, Gianfranco Chicco, Giancarlo Aquila, Rogério Peruchi. Identification and Analysis of Impact Factors on the Economic Feasibility of Photovoltaic Energy Investments. *Sustainability*, vol. 12, art. 7173, 2020, doi:10.3390/su12177173.
- [TO.Produz.33] Liviam Soares Lacerda, Paulo Rotela Junior, Rogério Santana Peruchi, Gianfranco Chicco, Luiz Célio Souza Rocha, Giancarlo Aquila, Luiz Moreira Coelho Junior, Pedro Paulo Balestrassi. Microgeneration of wind energy for micro and small businesses: Application of ANN in sensitivity analysis for stochastic economic feasibility. *IEEE Access*, vol. 8, no. 1, pp. 73931-73946, December 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2988593.
- [TO.Produz.34] Rômulo de Oliveira Azevêdo, Paulo Rotela Junior, Gianfranco Chicco, Giancarlo Aquila, Luiz Célio Souza Rocha, Rogério Santana Peruchi. Identification and analysis of impact factors on the economic feasibility of wind energy investments. *International Journal of Energy Research*, vol. 45, no. 3, pp. 3671-3697, 2021, doi:10.1002/er.6109.
- [TO.Produz.35] Dumitru Braga, Gianfranco Chicco, Nicolae Golovanov, Radu Porumb. Long-Term Solar Irradiance Forecasting. *Problemele Energeticii Regionale*, vol. 1 (45), pp. 94-109, 2020, doi:10.5281/zenodo.3713424, Publisher: Inst. Power Engineering Acad. Sciences Moldova, url: <http://cris.utm.md/handle/5014/322>.
- [TO.Produz.36] Gianfranco Chicco, Shariq Riaz, Andrea Mazza, Pierluigi Mancarella. Flexibility from Distributed Multienergy Systems. *Proceedings of the IEEE*, vol. 108, no. 9, September 2020, pp. 1496-1517, doi: 10.1109/JPROC.2020.2986378.
- [TO.Produz.37] Cristian Piran, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Operational Strategies for Serving the Multi-Energy Demand. *Proc. SEST 2022*, Eindhoven, The Netherlands, 5-7 September 2022.
- [TO.Produz.38] Daniele Salvatore Schiera, Luca Barbierato, Andrea Lanzini, Romano Borchiellini, Enrico Pons, Ettore Bompard, Edoardo Patti, Enrico Macii, Lorenzo Bottaccioli. A Distributed Multimodel Platform to Cosimulate Multienergy Systems in Smart Buildings. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 57 (5), 9472969, pp. 4428-4440, 2021.
- [TO.Produz.39] Marco Cavana, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco, Pierluigi Leone. Electrical and gas networks coupling through hydrogen blending under increasing distributed photovoltaic generation. *Applied Energy*, vol. 290 (2021), ref. 116764.
- [TO.Produz.40] Andrea Mazza, Fabio Salomone, Francesco Arrigo, Samir Bensaid, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco. Impact of Power-to-Gas on distribution systems with large renewable energy penetration. *Energy Conversion and Management X*, vol. 7, 2020, 100053, ISSN 2590-1745, doi:10.1016/j.ecmx.2020.100053.

#### Collaborazioni con altre unità

Per gli studi sui sistemi fotovoltaici, è stata attivata una collaborazione con docenti del GUSEE presso l'Università di Napoli "Federico II".

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Per gli studi sui sistemi fotovoltaici, in Italia sono proseguite le collaborazioni con l'Università della Basilicata e con l'Università di Trieste e sono state attivate collaborazioni con il Politecnico di Milano. All'estero vi sono state collaborazioni con varie università e istituti: Jijel University (Algeria), Federal University of Itajubá (Brasile), Federal University of Paraíba, João Pessoa (Brasile), Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Almenara (Brasile), Technical University of Sofia (Bulgaria), University of Applied Sciences

##### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

##### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

Nordhausen (Germania), University of Nouakchott Al Aasriya, Nouakchott (Mauritania), National University of Mongolia, Ulaanbaatar (Mongolia), University of Central Punjab, Lahore (Pakistan), Ghulam Ishaq Khan Institute of Engineering Sciences and Technology, Topi (Pakistan), Technical University of Moldova (Republic of Moldova), Institute of Power Engineering of Moldova, Chisinau (Republic of Moldova), University Politehnica of Bucharest (Romania), University Valahia of Targoviste (Romania) e King Saud University, Riyadh (Saudi Arabia). Per gli studi sui sistemi fotovoltaici, uno dei contributi è stato preparato in collaborazione con il gruppo di ricerca su Convertitori macchine e azionamenti elettrici del Politecnico di Torino, Dipartimento Energia “Galileo Ferraris” (DENERG).

Con riferimento ai sistemi multi-energia, è proseguita la collaborazione con l’University of Melbourne (Australia). Per la natura multidisciplinare degli argomenti trattati vi sono state collaborazioni con l’Energy Center e con altri gruppi di ricerca del Politecnico di Torino, Dipartimento Energia “Galileo Ferraris” (DENERG) nelle aree della fisica tecnica e dei sistemi energetici, Dipartimento di Automatica e Informatica (DAUIN), Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST) e Dipartimento di Scienza e Tecnologia (DISAT).

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### *Analisi dei sistemi elettrici di trasmissione*

Il capitolo di libro [TO.Trasmis.1] presenta le caratteristiche dei metodi metaeuristici impiegati per risolvere la pianificazione delle reti di trasmissione per l’espansione del sistema. L’impiego dei metodi metaeuristici è più efficace nel trattare problemi di ottimizzazione multi-obiettivo rispetto ai problemi con singolo obiettivo, per i quali esistono soluzioni appropriate senza l’impiego di metodi metaeuristici. L’articolo [TO.Trasmis.2] presenta un approccio innovativo per descrivere la topologia di una rete complessa con l’impiego della *graphlet decomposition*. Nell’approccio descritto, l’informazione locale fornita dai *graphlets* viene impiegata per fornire una spiegazione globale della topologia della rete. L’articolo [TO.Trasmis.3] riguarda la costruzione di modelli sintetici dei sistemi elettrici di trasmissione con l’impiego di soli dati pubblici. Il tracciato e gli attributi delle linee di trasmissione sono reperiti dal sistema *OpenStreetMap*, utilizzando formule di calcolo per definire i parametri delle linee, tenendo conto delle diverse configurazioni delle linee. L’applicazione presentata riguarda la costruzione dei dati per la rete di trasmissione in Sicilia. L’articolo [TO.Trasmis.4] riassume le caratteristiche degli algoritmi di *clustering* utilizzati negli approcci *model-based* e *data-driven* per l’identificazione di gruppi coerenti di generatori nell’analisi dinamica dei sistemi elettrici di potenza.

Ulteriori contributi riguardano i servizi che possono essere forniti in sistemi di trasmissione multi-area. L’articolo [TO.Trasmis.5] presenta un metodo per quantificare i benefici dell’impiego di carichi a controllo termostatico per fornire servizi di rete in un sistema di trasmissione multi-area. L’articolo confronta l’impiego di metriche basate sui componenti con metriche definite a livello di sistema. In [TO.Trasmis.6] viene proposta una nuova formulazione del modello di *security-constrained unit commitment* (SCUC) applicato a un sistema multi-area connesso attraverso un collegamento High Voltage Direct Current (HVDC). Vengono analizzate le sinergie e le differenze tra l’impiego di carichi termostatici e la connessione HVDC per fornire maggiore flessibilità di rete, rispettivamente a livello locale e nell’interazione tra le aree. L’articolo [TO.Trasmis.7] considera i piani di riduzione del carico che possono essere attivati in condizioni di emergenza a livello regionale. Viene definito un algoritmo decisionale per impiegare le risorse in modo efficiente in un sistema composto da diverse regioni, in modo che una regione possa ricevere un supporto dalle altre regioni attraverso la riduzione di una parte del carico definito con criteri di priorità. L’articolo [TO.Trasmis.8] descrive l’approccio basato sulla teoria dei grafi proposto per identificare la possibile separazione delle zone di mercato nelle reti di trasmissione. Nelle zone definite, viene determinata la stabilità di frequenza sulla base di alcuni parametri (inerzia, capacità delle aree separate e potenza scambiata con le aree interconnesse). Il partizionamento del sistema viene guidato da un indicatore che classifica le connessioni.

### *Studio dell’inerzia e dei problemi di frequenza nei sistemi elettrici di potenza*

Nel libro [TO.Trasmis.9], i contributi [TO.Trasmis.10] e [TO.Trasmis.11] introducono l’analisi modale e i classici sistemi di regolazione di frequenza e tensione. Essendo parte di un libro adottato da RWTH Aachen

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



come testo di riferimento, l'approccio è di tipo didattico e sono inclusi semplici esempi numerici per poter replicare i risultati.

In [TO.Trasmis.12] è presentata una review dei principali metodi di controllo per l'implementazione di generatori sincroni virtuali. Sono stati confrontati dieci schemi diversi, riportando anche dati sperimentali. In [TO.Trasmis.13] è presentato un sistema di controllo "fuzzy" per rendere possibile la fornitura di potenza per la regolazione primaria della frequenza con sistema di accumulo a batteria. Il sistema, inoltre, ha come ulteriore obiettivo di mantenere lo stato di carica della batteria al livello medio, in modo da poter reagire sia per regolazione a salire che per regolazione a scendere. In [TO.Trasmis.14] viene presentato uno schema di controllo centralizzato che impiega *fuel cell* ad ossidi solidi connesse alla rete di distribuzione per mitigare le deviazioni di frequenza nella rete di trasmissione.

L'articolo [TO.Trasmis.15] esamina l'impatto di futuri scenari con minore inerzia utilizzando un modello aggregato del sistema che comprende compensatori sincroni e sistemi di accumulo a batterie gestiti con una nuova logica. Le valutazioni avvengono considerando l'incidente di riferimento con perdita del gruppo di produzione più grande nei casi di sottofrequenza e di sovralfrequenza. L'articolo [TO.Trasmis.16] analizza l'impatto di diversi vincoli sul controllo della frequenza sulle strategie di *unit commitment* degli impianti di produzione che risultano dalle simulazioni di mercato. Il confronto riguarda i costi di esercizio e la stabilità di frequenza, inseriti in una logica multi-criterio in cui viene identificata la migliore soluzione di compromesso.

### *Transizione energetica e sostenibilità*

Gli studi sulla sostenibilità dei sistemi elettrici sono proseguiti con riferimento alla transizione energetica. In [TO.Trasmis.17] viene concettualizzato l'approccio del "triangolo elettrico" per l'analisi della transizione energetica, proponendo un insieme di metriche per valutare l'impatto della transizione energetica nei settori industriale, dei trasporti e degli edifici. Il successivo articolo [TO.Trasmis.18] propone un approccio all'analisi di sostenibilità basato su quattro dimensioni (energia, economia, società e ambiente). Le diverse dimensioni sono integrate in un indice di sostenibilità che viene valutato attraverso un'analisi multi-criterio.

Nell'articolo [TO.Trasmis.19] viene proposto il concetto di comunità funzionale, diverso dal concetto di comunità topologica. La comunità funzionale è definita con due significati, il primo è un accoppiamento più forte all'interno della stessa comunità per migliorare l'efficienza, il secondo è un aumento della trasmissione tra la sorgente e il ricevente nella stessa comunità. L'articolo propone un nuovo algoritmo per determinare la comunità funzionale nelle reti elettriche. L'articolo [TO.Trasmis.20] propone una metodologia per la pianificazione di sistemi eolici e fotovoltaici, considerando l'incertezza della produzione nel problema dell'espansione del sistema di generazione. L'impatto e i benefici di una espansione dei sistemi di produzione da fonti rinnovabili è analizzato costruendo e utilizzando una piattaforma web denominata "RES-PLAT".

### *Ridefinizione delle zone del mercato elettrico*

La definizione di zone di mercato compatibili con le nuove condizioni di generazione e carico è fondamentale per rendere efficiente il mercato elettrico. Le zone possono essere definite sulla base della sola esperienza del gestore della rete elettrica nazionale, oppure anche avvelendosi dei risultati ottenuti da modelli matematici. Secondo quest'ultimo approccio, conosciuto in letteratura come "*model-based*", l'articolo [TO.Trasmis.21] contiene i risultati dell'analisi delle procedure di clustering applicate nella letteratura scientifica. L'articolo [TO.Trasmis.22] presenta un confronto tra i risultati ottenuti utilizzando diversi metodi di clustering con l'obiettivo di riunire nodi rappresentativi del sistema elettrico europeo in differenti zone di mercato. Nell'articolo [TO.Trasmis.23] vengono illustrati i risultati dell'applicazione di metodi di calcolo dei flussi di potenza ottimali per formare i dati da inviare a una procedura di clustering per l'identificazione delle zone di mercato nella rete italiana. Inoltre, si è provveduto a sviluppare una procedura di clustering ad-hoc per l'individuazione delle zone di mercato a partire dalla distribuzione dei Locational Marginal Prices (LMP) e dei Power Transfer Distribution Factors (PTDF), capace di soddisfare i particolari vincoli del problema come ad esempio la necessità che tutti i nodi appartenenti ad una zona di mercato siano interconnessi [TO.Trasmis.24], [TO.Trasmis.25], [TO.Trasmis.26]. Sulla base delle zone di mercato definite, l'articolo [TO.Trasmis.27] presenta una metodologia che considera dati di offerte per la generazione elettrica (quantità e prezzo) per simulare i prezzi futuri dell'elettricità con l'impiego di tecniche di *machine learning* e clustering,

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

considerando le previsioni di generazione e domanda contenuti nel European Ten Year Network Development Plan (TYNDP) al 2030.

### *Previsione del prezzo dell'energia elettrica*

Prevedere il prezzo dell'energia elettrica è un'operazione importante per tutti i partecipanti al mercato elettrico. Si è effettuata un'analisi comparativa tra i metodi di calcolo più diffusi in letteratura applicata al mercato italiano considerando diversi orizzonti temporali [TO.Trasmis.28], [TO.Trasmis.29].

### *Impatto della generazione da fonti rinnovabili non programmabili sul prezzo dell'energia elettrica*

L'incremento di generazione eolica e fotovoltaica ha un impatto sul prezzo dell'energia elettrica in Italia. Per quantificarlo, ed individuare le zone di mercato dove è più opportuno investire in queste tecnologie per ridurre maggiormente il prezzo dell'energia, in [TO.Trasmis.30] si è sviluppato un modello di regressione multivariata. In [TO.Trasmis.31] si effettua il confronto tra il mercato dell'elettricità intragiornaliero regionale e il mercato integrato europeo, utilizzando tre casi con forte diffusione di fonti rinnovabili (il mercato iberico, il mercato tedesco e il mercato italiano considerato insieme alla Slovenia), con scenari al 2030.

### *Impatto della pandemia da COVID-19 sul sistema elettrico italiano ed europeo*

La pandemia da COVID-19 ha causato una drastica riduzione dei consumi elettrici e una rimodulazione dei flussi di energia elettrica scambiati dall'Italia con i paesi europei confinanti. Tra le altre cose, questo ha comportato un aumento significativo della generazione da fonti rinnovabili non programmabili rispetto alla generazione complessiva. Si è provveduto a quantificare questi fenomeni e a valutare il loro impatto sul prezzo dell'energia elettrica e sul costo dei servizi ancillari, tenendo conto dei principali fattori di influenza sia in un contesto italiano che europeo [TO.Trasmis.32], [TO.Trasmis.33], [TO.Trasmis.34].

### *Bibliografia*

- [TO.Trasmis.1]. Gianfranco Chicco, Andrea Mazza. Metaheuristics for Transmission Network Expansion Planning. Chapter 2 in Sara Lumbreras, Hamdi Abdi, Andrés Ramos (ed.), *Transmission Expansion Planning: The Network Challenges of the Energy Transition*, Springer Nature Switzerland AG, 2021, <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-49428-5>, ISBN 978-3-030-49427-8, ISBN 978-3-030-49428-5 (eBook), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-49428-5>.
- [TO.Trasmis.2]. Guillermo Mestre, Fernando Postigo, Sara Lumbreras, Andres Ramos, Tao Huang, Ettore Bompard. Exploiting graphlet decomposition to explain the structure of complex networks: the GHuST framework. *Scientific Reports* (Open Access), vol. 10 (1), 12884, 2020.
- [TO.Trasmis.3]. Lorenzo Solida, Gianfranco Chicco, Ettore Bompard, Tao Huang, Andrea Mazza, Marco Raffaele Rapizza. Topological Aspects of Building Synthetic Models for Power Transmission Networks from Public Data, 57th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2022), Istanbul, Turkey, 30 August-2 September 2022.
- [TO.Trasmis.4]. Gianfranco Chicco. Review of Clustering Methods for Slow Coherency-Based Generator Grouping. *Energy Systems Research*, vol. 4 (2), pp. 5-20, 2021, Published: 2021-07-23.
- [TO.Trasmis.5]. Vincenzo Trovato, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Economic Benefits for Flexible Thermostatic Loads in Multi-area HVDC-connected Power Systems, IEEEIC 2021, Bari, Italy, paper 128.
- [TO.Trasmis.6]. Vincenzo Trovato, Gianfranco Chicco, Andrea Mazza. Flexible Operation of Low-Inertia Power Systems Connected via High Voltage Direct Current Interconnectors. *Electric Power Systems Research*, vol. 192, March 2021, art. 106911, doi: 10.1016/j.epsr.2020.106911.
- [TO.Trasmis.7]. Shaghayegh Zalzar, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco, Tao Huang, Marta Poncela-Blanco, Alessandro Zani, Gianluca Fulli. A Multi-area Assisted Rotational Load Shedding Plan for Mutual Support of Power Systems Under Abnormal Situations, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe 2019), Bucharest, Romania, 29 Sept.-2 Oct. 2019, doi:10.1109/ISGTEurope.2019.8905581.
- [TO.Trasmis.8]. Carmelo Mosca, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco, João Moreira, Vincent Sermanson, Dante Powell. Frequency Stability of the European Interconnected Power System under Grid Splitting in Market Zones. *Energy Systems Research*, vol. 3, no. 4, 2020, pp. 37-47.
- [TO.Trasmis.9]. Antonello Monti, Federico Milano, Ettore Bompard, Xavier Guillaud, *Converter-Based Dynamics and Control of Modern Power Systems*, Elsevier, 1st Edition, October 21, 2020 (book).

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [TO.Trasmis.10]. Lucian Toma, Ettore Bompard, Andrea Mazza. Modal analysis. Chapter 4 in *Converter-based dynamics and control of modern power systems* (pp. 67-89), 2020.
- [TO.Trasmis.11]. Ettore Bompard, Andrea Mazza, Lucian Toma. Classical grid control: Frequency and voltage stability. Chapter 3 in *Converter-based dynamics and control of modern power systems* (pp. 31-65), 2020.
- [TO.Trasmis.12]. Vincenzo Mallemaci, Fabio Mandrile, Sandro Rubino, Andrea Mazza, Enrico Carpaneto, Radu Bojoi. A comprehensive comparison of virtual synchronous generators with focus on virtual inertia and frequency regulation. *Electric Power Systems Research*, 201, art. 107516, 2021, doi: 10.1016/j.epr.2021.107516.
- [TO.Trasmis.13]. Lucian Toma, Bogdan-Petru Dobrin, Mihai Sanduleac, Andrea Mazza, Ettore Bompard, Dorian-Octavian Sidea, Constantin Bulac, Nicolae Anton. Fuzzy Logic based Battery Energy Storage System Control for Frequency Containment. *Proc. 12th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE 2021)*, Bucharest (Romania), 25-27 March 2021.
- [TO.Trasmis.14]. Abouzar Estebarsari, Steffen Vogel, Renato Melloni, Marija Stevic, Ettore F. Bompard, Antonello Monti. Frequency Control of Low Inertia Power Grids with Fuel Cell Systems in Distribution Networks. *IEEE Access*, vol. 10, pp. 71530–71544, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3187099.
- [TO.Trasmis.15]. Carmelo Mosca, Francesco Arrigo, Andrea Mazza, Ettore Bompard, Enrico Carpaneto, Gianfranco Chicco, Paolo Cuccia. Mitigation of Frequency Stability Issues in Low Inertia Power Systems using Synchronous Compensators and Battery Energy Storage Systems. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 2019, 13, (17), pp. 3951-3959, doi: 10.1049/iet-gtd.2018.7008.
- [TO.Trasmis.16]. Carmelo Mosca, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco, Benedetto Aluisio, Michela Migliori, Chiara Vergine, Paolo Cuccia. Technical and Economic Impact of the Inertia Constraints on Power Plant Unit Commitment. *IEEE Open Access Journal of Power and Energy*, vol. 7, pp. 441-452, 2020, doi: 10.1109/OAJPE.2020.3029118.
- [TO.Trasmis.17]. Ettore Bompard, Audun Botterud, Stefano Corgnati, Tao Huang, Mehdi Jafari, Pierluigi Leone, Stefano Mauro, Giuseppe Montesano, Carlo Papa, Francesco Profumo. An electricity triangle for energy transition: Application to Italy. *Applied Energy* 277, 115525, 2020.
- [TO.Trasmis.18]. Ettore F. Bompard, Stefano P. Corgnati, Daniele Grosso, Tao Huang, G. Mietti, Francesco Profumo. Multidimensional assessment of the energy sustainability and carbon pricing impacts along the Belt and Road Initiative. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 154, 111741, 2022.
- [TO.Trasmis.19]. Xiaoliang Wang, Fei Xue, Shaofeng Lu, Lin Jiang, Ettore Bompard, Marcelo Masera. Understanding Communities From a New Functional Perspective in Power Grids. *IEEE Systems Journal* 16 (2), pp. 3072-3083, 2022.
- [TO.Trasmis.20]. Ettore Bompard, Alessandro Ciocia, Daniele Grosso, Tao Huang, Filippo Spertino, Mehdi Jafari, Audun Botterud. Assessing the role of fluctuating renewables in energy transition: Methodologies and tools. *Applied Energy* 314, art. no. 118968, 2022.
- [TO.Trasmis.21]. Andrea Griffone, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco, Applications of Clustering Techniques to the Definition of the Bidding Zones. *Proc. 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2019)*, Bucharest, Romania, 3-6 September 2019, doi: 10.1109/UPEC.2019.8893556.
- [TO.Trasmis.22]. Gianfranco Chicco, Pietro Colella, Andrea Griffone, Angela Russo, Yang Zhang, Enrico Maria Carlini, Mauro Caprabanca, Federico Quaglia, Luca Luzi, Giuseppina Nuzzo. Overview of the Clustering Algorithms for the Formation of the Bidding Zones, *Proc. 54th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2019)*, Bucharest, Romania, 3-6 September 2019.
- [TO.Trasmis.23]. Luigi Michi, Federico Quaglia, Ettore Bompard, Andrea Griffone, Cristian Bovo, Enrico Maria Carlini, Luca Luzi, Gianfranco Chicco, Andrea Mazza, Valentin Ilea, Mauro Caprabanca, Giuseppina Nuzzo, Pietro Colella, Angela Russo, Optimal Bidding Zone Configuration: Investigation on Model-based Algorithms and their Application to the Italian Power System, *Proc. AEIT International Annual Conference*, Florence, Italy, 18-20 September 2019, doi: 10.23919/AEIT.2019.8893369.
- [TO.Trasmis.24]. Pietro Colella, Andrea Mazza, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco, Angela Russo, Enrico Maria Carlini, Mauro Caprabanca, Federico Quaglia, Luca Luzi and Giuseppina Nuzzo, Model-based Identification of Alternative Bidding Zones: Applications of Clustering Algorithms with Topology Constraints. *Energies*, vol. 14, no. 10, ref. 2763, 2021.
- [TO.Trasmis.25]. Pietro Colella, Andrea Mazza, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco, Angela Russo, Enrico Maria Carlini, Mauro Caprabanca, Federico Quaglia, Luca Luzi, Giuseppina Nuzzo, Model-based identification of alternative Bidding Zone Configurations from Clustering Algorithms applied on Locational Marginal Prices, *Proc. 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2020)*, Torino. Italy, 1-4 September 2020.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [TO.Trasmis.26]. Cristian Bovo, Valentin Ilea, Pietro Colella, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco, Andrea Mazza, Angela Russo, Enrico Maria Carlini, Mauro Caprabanca, Federico Quaglia, Luca Luzi, Model-based Determination of Bidding Zones: An Approach Based on Multiple Scenarios, Optimal Power Flow and Clustering Algorithms, *Proc. 2021 AEIT International Annual Conference*, Bari, Italy, 4-8 October 2021; pp. 1–6, doi:10.23919/AEIT53387.2021.9626860.
- [TO.Trasmis.27]. Marco Giacomo Flammini, Giuseppe Prettico, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Reducing Fossil Fuel-based Generation: Impact on Wholesale Electricity Market Prices in the North-Italy Bidding Zone. *Electric Power Systems Research*, vol. 194, 2021, 107095.
- [TO.Trasmis.28]. Mahmood Hosseini Imani, Ettore Bompard, Pietro Colella, Tao Huang. Forecasting Electricity Price in Different Time Horizons: An Application to the Italian Electricity Market. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 57 (6), pp. 5726-5736, 2021, doi: 10.1109/TIA.2021.3114129.
- [TO.Trasmis.29]. Mahmood Hosseini Imani, Ettore Bompard, Pietro Colella, Tao Huang. Predictive methods of electricity price: An application to the Italian electricity market. *Proc. 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)*, Madrid (Spagna), 9-12 giugno 2020, doi:10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160561.
- [TO.Trasmis.30]. Mahmood Hosseini Imani, Ettore Bompard, Pietro Colella, Tao Huang. Impact of Wind and Solar Generation on the Italian Zonal Electricity Price. *Energies*, vol. 14, n. 18, 2021, doi:10.3390/en14185858.
- [TO.Trasmis.31]. Shaghayegh Zalzar, Ettore Bompard, Arturs Purvins, Marcelo Masera. The impacts of an integrated European adjustment market for electricity under high share of renewables. *Energy Policy* 136, 111055, 2020.
- [TO.Trasmis.32]. Carmelo Mosca, Pietro Colella, Ettore Bompard, Zheng Yan. Techno-economic impacts of COVID-19 pandemic on the Italian electricity system. *Proc. IEEE 2020 AEIT international annual conference*, Catania, 23-25 settembre 2020, doi:10.23919/AEIT50178.2020.9241113.
- [TO.Trasmis.33]. Ettore Bompard, Carmelo Mosca, Pietro Colella, Georgios Antonopoulos, Gianluca Fulli, Marcelo Masera, Marta Poncela-Blanco, Silvia Vitiello. The immediate impacts of COVID-19 on European electricity systems: A first assessment and lessons learned. *Energies*, vol. 14 (1), doi:10.3390/en14010096.
- [TO.Trasmis.34]. Ettore Bompard, Pietro Colella, Carmelo Mosca, Zheng Yan. Impatti tecno-economici della pandemia da COVID-19 sul sistema elettrico italiano. *L'Energia Elettrica*, vol. 97 (5), 2020.

#### *Collaborazioni con altre unità*

Sono in corso collaborazioni con docenti e ricercatori GUSEE presso il Politecnico di Milano, l'Università di Pavia e l'Università di Trento.

#### *Collaborazioni con altre università ed enti internazionali*

Le collaborazioni comprendono alcune Università internazionali, operatori di sistema, centri di ricerca e soggetti industriali. Le Università sono Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (USA), Xi'an Jiaotong-Liverpool University, Suzhou (Cina), la South China University of Technology, Guangzhou (Cina), École Centrale de Lille (Francia), RWTH Aachen University, Aachen (Germania), University College Dublin (Irlanda), University Politehnica of Bucharest (Romania), Universidad Pontificia Comillas, Madrid (Spagna), University of Liverpool (UK), London South Bank University (UK). I centri di ricerca sono Joint Research Centre (JRC, Ispra e Petten) ed RSE. Gli operatori di sistema e i soggetti industriali sono ENTSO-E, Bruxelles (Belgio), Terna ed Enel Foundation.

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

### *Real-time simulation*

In [TO.Distrib.1] sono presentati i risultati della collaborazione tra PoliTo e PoliBa nell'ambito della simulazione Real Time. Il contributo presenta i risultati delle simulazioni eseguite per verificare il ritardo nella trasmissione dati, in modo da identificare il tipo di simulazioni che possono essere effettuate con tale configurazione. In [TO.Distrib.2] e in [TO.Distrib.3] (versione da rivista del precedente), il sistema di simulazione real-time PoliTo e PoliBa è stato arricchito con sistemi hardware, in modo da poter effettuare sperimentazioni in configurazione *Remote Power Hardware-in-the-Loop*. I vantaggi e le limitazioni di questo

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



tipo di configurazione sono state analizzate, con particolare riguardo all'impatto del ritardo di comunicazione sulla stabilità della simulazione.

In [TO.Distrib.4] è presentata una piattaforma, basata sulla simulazione real-time, per lo studio dell'integrazione della tecnologia Power-to-Gas (PtG) nella rete di distribuzione. I risultati dimostrano come tale tecnologia possa essere impiegata per migliorare gli indici di rete (perdite, flusso inverso di potenza, auto-sufficienza e auto-consumo).

Il contributo [TO.Distrib.5] presenta lo studio effettuato relativo all'interconnessione di diversi simulatori real-time sfruttando il protocollo Aurora 8B/10B per minimizzare gli effetti che la latenza di comunicazione può avere sul successo della simulazione tempo reale. Partendo dai risultati conseguiti, il contributo [TO.Distrib.6] (versione da rivista di [TO.Distrib.7]), approfondisce i temi sopra enunciati mediante l'applicazione del protocollo IEEE 1588 per allineare temporalmente le simulazioni nei due simulatori real-time utilizzati. Inoltre, il caso studio (comprendente un transitorio elettromagnetico), dimostra come il *time step* da 50  $\mu$ s risulti adeguato per simulazioni elettromagnetiche coinvolgenti simulatori real-time diversi (e quindi con risolutori numerici differenti). L'obiettivo del lavoro [TO.Distrib.7] è quello di realizzare uno strumento concettuale in grado di comparare diversi vettori energetici e come essi possono soddisfare usi finali appartenenti ai tre macrosettori residenziale, industriale e trasporti. Il sistema energetico è caratterizzato nei tre domini dell'infrastruttura, socioeconomico ed ambientale, e ciascuno di essi si relaziona con i tre obiettivi da perseguire nella transizione energetica, ossia il "trilemma energetico". La quantificazione di questi ultimi si ottiene definendo indici *ad hoc*, che si associano ad uno dei suddetti domini.

Il contributo [TO.Distrib.8] valuta gli aspetti di impatto ambientale, economici, e di sicurezza sull'approvvigionamento di materie prime, relativi ad un impianto di accumulo a volano per applicazioni di regolazione di frequenza. I risultati indicano che i componenti più impattanti dal punto di vista ambientale sono la camera a vuoto in acciaio bassoalegato e il Power Conversion System. Le materie prime che presentano un rischio più elevato sono la grafite, le terre rare ed il silicio. Infine, un confronto tra tecnologie di accumulo alternative mostra come i volani presentino l'impatto ambientale più elevato, se misurato in funzione del kWh di capacità di accumulo.

#### Analisi delle reti di distribuzione

Le attività riguardanti le reti di distribuzione sono proseguite in varie direzioni. Sono stati pubblicati due capitoli di libro (entrambi come primo capitolo dei rispettivi libri) dedicati alla sistematizzazione dei concetti riferiti alle reti di distribuzione attive [TO.Distrib.9] e all'impiego delle risorse distribuite nei sistemi energetici integrati locali [TO.Distrib.10].

Con riferimento alla *simulazione* del funzionamento delle reti elettriche di distribuzione, l'articolo [TO.Distrib.11] discute l'efficacia di utilizzare le perdite allocate ai nodi delle reti di distribuzione attive per determinare il possibile impatto della diffusione delle risorse distribuite nella rete. Viene fornita un'interpretazione delle perdite allocate per stabilire se in una determinata area della rete possa essere conveniente l'aumento della generazione locale oppure del carico (quando la generazione presente è già eccessiva). Ulteriori ricerche sono state dedicate all'analisi dei dati da utilizzare nello studio delle reti di distribuzione. In [TO.Distrib.12] viene discusso l'effetto dell'uso di dati con diversa granularità temporale nella determinazione delle perdite di rete, tenendo conto della nonlinearietà delle perdite rispetto alle potenze di carico medie misurate con diversi passi temporali. L'articolo [TO.Distrib.13] entra in maggiore dettaglio sull'impiego dei dati per le analisi di rete, mostrando l'inefficacia dell'uso di dati misurati con passo temporale superiore al minuto per il calcolo delle perdite e delle potenze di picco in una rete e discutendo, sulla base di indicatori opportunamente definiti, i miglioramenti che possono essere ottenuti attraverso la misura di energia ad eventi basata su un passo temporale elementare di 1 secondo e sull'applicazione delle soglie sulla variazione ogni secondo e sull'accumulazione della variazione di energia.

Sul tema del *controllo della tensione* nelle reti elettriche di distribuzione, due articoli ([TO.Distrib.14] e il proseguimento [TO.Distrib.15] su rivista) sono riferiti alla linea di ricerca sulla gestione ottimale del profilo della tensione lungo le linee di distribuzione mediante tecniche centralizzate (opportuna regolazione del variatore sotto carico del trasformatore delle cabine di distribuzione) e distribuite (adatto controllo della potenza reattiva messa in gioco dagli inverter per connessione alla rete di generatori fotovoltaici).

Con riferimento alla *pianificazione* delle reti elettriche attive, l'articolo [TO.Distrib.16] propone una strategia per stimare la massima capacità dei sistemi di generazione distribuita che può essere connessa alla

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

rete di distribuzione quando è previsto l'adeguamento della rete. Il problema è visto dal lato del distributore ed è formulato come ottimizzazione multi-obiettivo per massimizzare la capacità della generazione da inserire e minimizzare i costi di adeguamento del sistema. L'incertezza e la variabilità della domanda e della generazione locale sono trattate ricorrendo a una formulazione robusta multi-periodo.

Nella *gestione* dei sistemi di distribuzione con generazione locale, un'attività svolta ha riguardato l'impiego della *blockchain* per gestire un insieme di veicoli elettrici in modo da ridurre la quota di produzione da fonti rinnovabili (fotovoltaico) che non si può utilizzare nei periodi di sovrapproduzione a causa del mancato rispetto dei vincoli della rete elettrica. Il metodo proposto in [TO.Distrib.17] usa un algoritmo del tipo "proof of stake" per ridurre i rischi di manipolazione o perdita di dati. In [TO.Distrib.18] lo studio è stato esteso considerando le serie temporali dei carichi e della generazione locale con una risoluzione temporale di 1 minuto. I vincoli sul sistema di distribuzione e sullo stato di carica dei veicoli sono introdotti attraverso modelli che impiegano la logica *fuzzy*.

### Resilienza delle reti di distribuzione

Gli studi sulla resilienza delle reti elettriche di distribuzione sono stati condotti a livello di pianificazione delle reti e di valutazione dell'impatto delle ondate di calore. L'articolo [TO.Distrib.19] presenta una nuova strategia di pianificazione formulata attraverso la programmazione stocastica a due stadi considerando scenari di normale funzionamento e in emergenza. Nel primo stadio vengono prese decisioni che riguardano l'irrobustimento delle linee e la localizzazione della generazione distribuita, dei generatori mobili e dei sistemi di *switching*. Il secondo stadio minimizza i costi per ottenere un compromesso tra i costi di investimento e i costi di funzionamento e resilienza nelle scale temporali della pianificazione e dell'esercizio delle reti. In [TO.Distrib.20] è presentato un modello di pianificazione di rete a tre passi: il primo passo si focalizza su metodi di irrobustimento della rete e di installazione di generazione distribuita, per migliorare la resilienza del sistema. Nel secondo passo, sono impostati gli scenari di guasto, per individuare le microreti "indipendenti". Nel terzo passo sono applicati metodi per minimizzare il *load shedding* in ciascuna microrete. La procedura, complessivamente, permette di simulare la formazione di microreti a supporto della continuità di servizio in maniera realistica, con lo scopo di valutare il possibile miglioramento della resilienza di rete. L'articolo [TO.Distrib.21] analizza l'impatto delle ondate di calore in una rete elettrica urbana e propone una metodologia per simulare e distinguere i guasti associabili all'affidabilità (senza eventi estremi) oppure alla resilienza.

### Gestione delle microreti

La linea di ricerca sulla gestione delle microreti è proseguita con una serie di contributi. L'articolo [TO.Distrib.22] propone quattro modelli decisionali per considerare la connessione delle risorse distribuite alle reti di distribuzione e alle microreti. I modelli rappresentano la crescente presenza e partecipazione delle risorse distribuite, anche considerando la disponibilità di riserve e le interazioni con mercati elettrici locali. Viene presentata una rassegna di modelli e metodi di ottimizzazione, tenendo conto della gestione delle incertezze.

In [TO.Distrib.23] viene sviluppato un nuovo modello per la partecipazione del gestore di una microrete al mercato elettrico del giorno prima per l'energia e le riserve e al mercato in tempo reale in condizioni di incertezza sulla domanda e sulla generazione da fonti rinnovabili. Il problema decisionale viene formulato attraverso un modello stocastico a due stadi, in cui le offerte del gestore della microrete nei mercati del giorno prima vengono considerate nel primo stadio e le offerte del gestore della microrete nel mercato in tempo reale vengono modellate nel secondo stadio. Nell'articolo [TO.Distrib.24] viene illustrato un approccio di ottimizzazione stocastica a due stadi per modellare le strategie di offerta del gestore della microrete nei mercati del giorno prima dell'energia e delle riserve, considerando le decisioni nel mercato in tempo reale. Le incertezze sulla domanda, sulla velocità del vento e sulla irradianza solare sono modellate con diversi scenari e l'incertezza sul prezzo dell'energia in tempo reale è modellata con un approccio basato sull'*information gap decision theory* (IGDT). L'articolo [TO.Distrib.25] propone un nuovo modello per la programmazione delle risorse in una microrete nel mercato del giorno prima. La microrete fornisce servizi ancillari agli operatori della rete di distribuzione. Il modello considera l'incertezza sulle riserve e sull'impiego del *flexibility ramping product* (FRP) in un approccio basato sul rischio.

L'articolo [TO.Distrib.26] studia il coordinamento tra i sistemi di trasmissione e distribuzione e gli aggregatori delle risorse distribuite, nella loro interazione in un mercato elettrico locale. Gli obiettivi dei decisori sono in conflitto tra loro. Pertanto, viene formulato un approccio di ottimizzazione bi-livello, in cui la

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



gestione da parte del distributore è considerato come problema al livello superiore (*upper-level*) e la chiusura del mercato del giorno prima da parte dell'operatore di mercato è formulato come problema al livello inferiore (*lower-level*). L'incertezza riferita alle potenze generate dalle fonti rinnovabili nel problema a livello alto viene modellata attraverso l'approccio IGDT. Il modello risultante è bilivello nonlineare e viene trasformato in un modello lineare a un solo livello imponendo le condizioni di Karush-Kuhn-Tucker e impiegando la teoria della dualità.

L'articolo [TO.Distrib.27] considera le decisioni che il distributore deve prendere in un sistema in cui vi sono più microreti connesse alla rete di distribuzione e il distributore interagisce con il mercato del giorno prima. Il problema viene formulato come una ottimizzazione bi-livello in cui il problema decisionale del distributore è modellato al livello superiore e i problemi decisionali dei gestori delle microreti e dell'operatore del mercato del giorno prima sono formulati al livello inferiore. L'incertezza sulla produzione da fonti rinnovabili viene modellata attraverso un problema stocastico a due stadi basato sul rischio, in cui l'avversione al rischio del distributore è modellata usando l'indicatore CVaR (Conditional Value at Risk). Il modello risultante è bi-livello nonlineare e viene trasformato in un modello lineare a un solo livello imponendo le condizioni di Karush-Kuhn-Tucker e impiegando la teoria della dualità.

In [TO.Distrib.28] viene modellato un mercato elettrico locale per un sistema multi-microrete, minimizzando i costi di funzionamento delle microreti e il loro *social welfare* quando le microreti cooperano tra loro. La programmazione ottimale delle risorse in ogni microrete avviene attraverso un meccanismo di soluzione del mercato.

#### *Sistemi di accumulo nelle reti di distribuzione*

In [TO.Distrib.29] è presentata una "microrete ibrida", comprendente elettrolizzatore, cella a combustibile e generazione distribuita. I modelli creati sono stati validati grazie alla disponibilità di dati reali. Il contributo dimostra come l'uso di idrogeno come mezzo di accumulo permetta di ridurre la dipendenza da rete media tensione, aprendo la strada verso un uso distribuito delle risorse e la creazione di comunità energetiche multi-vettore.

L'articolo [TO.Distrib.30] propone un metodo completo per risolvere il problema dell'allocazione e del dimensionamento di sistemi di accumulo con batteria (BESS) in una rete di distribuzione in bassa tensione che ha l'obiettivo di massimizzare i benefici tecnici ed economici complessivi. Infatti, la durata limitata e il costo relativamente elevato dei BESS richiedono decisioni appropriate riguardanti la loro installazione al fine di scegliere il miglior investimento. Il metodo proposto tiene conto delle caratteristiche della generazione e del carico in ogni nodo della rete e include modelli di generazione e domanda variabili nel tempo. La procedura proposta combina un algoritmo metaeuristico per la determinazione delle alternative di pianificazione con l'applicazione di metodi basati sulla teoria delle decisioni per individuare la soluzione finale.

□

#### *Qualità delle forme d'onda*

Una prima attività è riferita ai buchi di tensione nelle reti di distribuzione attive. I buchi di tensione, che causano gravi problemi nei sistemi elettrici, possono verificarsi a causa di sovratensioni e cortocircuiti causati da fenomeni di fulminazione. La ricerca proposta in [TO.Distrib.31] ha l'obiettivo di sviluppare uno strumento per prevedere le principali caratteristiche dei buchi di tensione causati dai fenomeni di fulminazione nelle reti di distribuzione attive. Lo sviluppo dello strumento richiede la previsione a breve termine dei fulmini che interessano i sistemi di distribuzione, la modellazione delle sovratensioni e delle scariche di fulmini sulle linee aeree, del contributo della generazione distribuita in condizioni di esercizio di corto circuito e delle caratteristiche dei buchi di tensione. Per poter valutare interventi di mitigazione sono, infine, necessarie delle metodologie di supporto delle decisioni in condizioni di incertezza.

Una seconda attività svolta ha riguardato i sistemi attivi di filtraggio nelle reti di distribuzione. Nel contesto dei moderni sistemi di distribuzione, i disturbi di "power quality" e, in particolare, quelli legati alla distorsione della forma d'onda, sono da considerare con molta attenzione per la crescente sensibilità dei clienti a tali disturbi, la continua diffusione di generatori distribuiti e per l'impiego di nuovi carichi causa di disturbi. In questo scenario, i filtri attivi possono essere utilizzati per ridurre i livelli di distorsione della forma d'onda. In [TO.Distrib.32] è stato formulato un modello di ottimizzazione multi-obiettivo per risolvere il problema del dimensionamento e dell'allocazione ottimale dei filtri attivi ed è stato proposto un nuovo approccio

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

semplificato per risolvere il problema in condizioni di non certezza. L'approccio proposto applica il metodo "Rank-order centroid" per la determinazione dei pesi e un criterio di scelta basato sulla Teoria delle Decisioni.

### *Cavi e trasformatori*

□ L'articolo [TO.Distrib.33] presenta una panoramica generale sui concetti fondamentali di scambio termico per il calcolo della portata dei cavi e sulle soluzioni più avanzate emerse recentemente. Infatti, nel corso degli anni, l'evoluzione dei metodi e delle tecnologie computazionali ha reso disponibili modelli e strumenti più accurati per eseguire le valutazioni della portata di un cavo in diverse condizioni di posa. Sono state analizzate configurazioni dettagliate, passando anche dalla valutazione della portata in regime stazionario a quella dinamica e sono stati presi in considerazione modelli più avanzati, così come metodi di soluzione agli elementi finiti (sia 2D che 3D), approcci semplificati volti a ridurre il carico computazionale e soluzioni dedicate per tipi specifici di cavi. Con l'aumento del carico elettrico e la progressiva introduzione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili intermittenti, le condizioni di esercizio dei componenti dei sistemi elettrici possono avvicinarsi ai limiti imposti da vincoli di natura termica. Diventa quindi importante l'applicazione dei concetti di "Dynamic Thermal Rating" (DTR) che permette di fornire una valutazione più dettagliata del rating dei componenti e di utilizzare in modo più flessibile il sistema. In [TO.Distrib.34] e nella versione estesa [TO.Distrib.35], sono state prese in considerazione le linee in cavo. In particolare, è stata fornita una panoramica dei concetti e dei metodi relativi al DTR dei cavi. Partendo dalle formulazioni analitiche sviluppate molti anni fa per la determinazione della portata dei cavi di potenza in condizioni stazionarie, riportate anche nelle Norme Internazionali, sono state analizzate le formulazioni più avanzate che includono dettagli più specifici nei modelli utilizzati per l'analisi dinamica e nei metodi computazionali utilizzati per valutare le condizioni termiche dei cavi interrati. E' stata rivolta attenzione alla modellazione termica con diversi livelli di dettaglio, ai metodi di soluzione 2D e 3D e ai modelli semplificati e alla loro validazione basata su misure sperimentali. Infine, è stato considerato l'impatto del DTR dei cavi su aspetti di affidabilità, stima del rischio, calcoli in tempo reale, metodi di previsione e pianificazione con diversi orizzonti temporali.

In [TO.Distrib.36], i concetti di DTR sono stati applicati ai trasformatori in olio. Nella proposta, la stima del DTR si basa sui limiti fissati per la corrente, per la temperatura del punto più caldo dell'avvolgimento (HST) e la temperatura dell'olio (TOT) nel serbatoio. Inoltre, a causa delle incertezze coinvolte nella stima del DTR, il problema è stato inquadrato all'interno di un approccio probabilistico per prevedere la probabilità che la corrente, HST e TOT siano al di sotto dei limiti assegnati e per fornire un allarme se la probabilità è inferiore a una soglia.

### *Impianto di terra globale*

Le Norme IEC 61936-1 (CEI 99-2) ed EN 50522 (CEI 99-3) definiscono un Impianto di Terra Globale (ITG) come una rete di terra, creata dall'interconnessione di impianti di terra locali, in grado di garantire l'assenza di tensioni di contatto pericolose. Tuttavia, le Norme non forniscono nessuna linea guida operativa per la sua identificazione. La certificazione di un impianto di terra globale permetterebbe una semplificazione del progetto e delle procedure di verifica degli impianti di terra delle cabine di trasformazione MT/BT, con un conseguente risparmio economico sia per il Distributore (DSO) che per gli utenti MT. In questo contesto, è stata sviluppata una formula per il calcolo del coefficiente di riduzione, basata su simulazioni di numerosi scenari di guasto monofase a terra e misure sul campo [TO.Distrib.37].

### *Bibliografia*

- [TO.Distrib.1]. Ettore Bompard, Sergio Bruno, Stefano Frittoli, Giovanni Giannoccaro, Massimo La Scala, Andrea Mazza, Enrico Pons, Carmine Rodio. Remote PHIL Distributed Co-Simulation Lab for TSO-DSO-Customer Coordination Studies. *Proc. 12th AEIT International Annual Conference (AEIT 2020)*, online, 23-25 September 2020.
- [TO.Distrib.2]. Ettore Bompard, Sergio Bruno, Andrés Cordoba-Pacheco, Cesar Diaz-Londono, Giovanni Giannoccaro, Massimo La Scala, Andrea Mazza, Enrico Pons. Connecting in Real-time Power System Labs: An Italian Test-case. *Proc. IEEEIC 2020*, Madrid (Spain) 9-12 June 2020.
- [TO.Distrib.3]. Ettore Bompard, Sergio Bruno, Andrés Cordoba-Pacheco, Cesar Diaz-Londono, Giovanni Giannoccaro, Massimo La Scala, Andrea Mazza, Enrico Pons. Latency and Simulation Stability in a

- Remote Power Hardware-in-the-Loop Cosimulation Testbed. *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 57(4), Pages 3463 – 3473, Article number 9437794, July-August 2021.
- [TO.Distrib.4]. Cesar Diaz-Londono, Gabriele Fambri, Andrea Mazza, Marco Badami, Ettore Bompard. A real-time based platform for integrating power-to-gas in electrical distribution grids. *Proc. 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2020)*, Torino (Italy), 1-4 September 2020 (Virtual).
- [TO.Distrib.5]. Luca Barbierato, Enrico Pons, Andrea Mazza, Ettore Bompard, Vetrivel Subramanian Rajkumar, Peter Palensky, Enrico Macii, Lorenzo Bottaccioli, Edoardo Patti. Stability and Accuracy Analysis of a Real-time Co-simulation Infrastructure. *Proc. 21st IEEE IEEEIC, Bari (Italy)*, 7 -10 September 2021.
- [TO.Distrib.6]. Luca Barbierato, Enrico Pons, Andrea Mazza, Ettore Bompard, Vetrivel Subramanian Rajkumar, Peter Palensky, Enrico Macii, Lorenzo Bottaccioli, Edoardo Patti. Stability and Accuracy Analysis of a Real-time Cosimulation Infrastructure. *IEEE Transaction on Industry Applications*, Vol. 58(3), Pages 3103–3204, 2022.
- [TO.Distrib.7]. Ettore Bompard, Stefano Corgnati, Antonio Forte, Andrea Mazza, Audun Botterud, Carlo Papa. A conceptual framework for comparing alternative commodities in the energy transition. *MIT Applied Energy Symposium MIT A+B*, Cambridge (USA), 5-8 July 2022.
- [TO.Distrib.8]. Salvatore Cellura, Andrea Mazza, Ettore F. Bompard, Stefano P. Corgnati. Sustainability Assessment of Flywheel Energy Storage for Grid Applications, *Proc. UPEC 2022*, Istanbul (Turkey), 30 August-2 September 2022.
- [TO.Distrib.9]. Gianfranco Chicco, Alessandro Ciocia, Pietro Colella, Paolo Di Leo, Andrea Mazza, Salvatore Musumeci, Enrico Pons, Angela Russo and Filippo Spertino. Introduction - Advances and Challenges in Active Distribution Systems. Chapter 1 in the book: Zambroni de Souza A.C., Venkatesh B. (eds) *Planning and Operation of Active Distribution Networks*. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 826. Springer, Cham, pp. 1-42, 2022. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90812-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90812-6_1).
- [TO.Distrib.10]. Gianfranco Chicco, Marialaura Di Somma, Giorgio Graditi. Overview of Distributed Energy Resources in the context of Local Integrated Energy Systems. Chapter 1 in Giorgio Graditi, Marialaura Di Somma (Editors), *Distributed Energy Resources in Local Integrated Energy Systems*, Elsevier, 2 March 2021, Page Count: 452. <https://www.elsevier.com/books/distributed-energy-resources-in-local-integrated-energy-systems/graditi/978-0-12-823899-8>, doi: 10.1016/B978-0-12-823899-8.00002-9.
- [TO.Distrib.11]. Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Losses Allocated to the Nodes of a Radial Distribution System with Distributed Energy Resources – A Simple and Effective Indicator. *Proc. 2nd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST 2019)*, Porto, Portugal, 9-11 September 2019, doi:10.1109/SEST.2019.8849127.
- [TO.Distrib.12]. Andrea Mazza, Stefano Aime, Gianfranco Chicco. Impact of Data Granularity and Distribution Network Modeling on the Energy Community Operation, *Proc. IEEE Melecon 2022*, Palermo, Italy, 14-16 June 2022.
- [TO.Distrib.13]. Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. High-Quality Load Pattern Reconstruction from Smart Meter Data to Enhance the Assessment of Peak Power and Network Losses. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 58 (3), May/June 2022, pp. 3261-3274 (online 15 March 2022), doi: 10.1109/TIA.2022.3159304.
- [TO.Distrib.14]. Alessandro Ciocia, Gianfranco Chicco, Filippo Spertino. Benefits of On-Load Tap Changers Coordinated Operation for Voltage Control in Low Voltage Grids with High Photovoltaic Penetration. *Proc. 3rd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST 2020)*, Istanbul, Turkey, 7-9 September 2020, paper 205.
- [TO.Distrib.15]. Filippo Spertino, Alessandro Ciocia, Andrea Mazza, Marco Nobile, Angela Russo, Gianfranco Chicco. Voltage Control in Low Voltage Grids with Independent Operation of On-Load Tap Changer and Distributed Photovoltaic Converters. *Electric Power Systems Research*, vol. 211, art. 108187, 2022, doi:10.1016/j.epsr.2022.108187.
- [TO.Distrib.16]. Ozy D. Melgar-Dominguez, Darwin A. Quijano, José R. Sanches Mantovani, Gianfranco Chicco. A Robust Multiobjective Strategy for Short-Term Distribution System Upgrading to Increase the Distributed Generation Hosting Capacity. *IEEE Transactions on Power Systems*, doi:10.1109/TPWRS.2022.3155934.
- [TO.Distrib.17]. Soheil Saadatmandi, Gianfranco Chicco, Alfredo Favenza, Hamidreza Mirtaheri, Maurizio Arnone. Exploiting Blockchain for Smart Charging of Electric Vehicles: A Proof of Stake Algorithm. *Proc. Blorin 2022*, Palermo, Italy, 2-3 September 2022.
- [TO.Distrib.18]. Soheil Saadatmandi, Gianfranco Chicco, Francesco Giordano, Maurizio Arnone. Reducing the Curtailment of Photovoltaic Energy Production through Smart Electric Vehicle Charging. *Proc. 2022 AEIT International Annual Conference*, Roma, Italy, 2022.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [TO.Distrib.19]. Mostafa Ghasemi, Ahad Kazemi, Ettore Bompard, Farrokh Aminifar. A two-stage resilience improvement planning for power distribution systems against hurricanes. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems* 132, 107214, 2021.
- [TO.Distrib.20]. Mostafa Ghasemi, Ahad Kazemi, Andrea Mazza, Ettore Bompard. A three-stage stochastic planning model for enhancing the resilience of distribution systems with microgrid formation strategy. *IET Generation, Transmission and Distribution*, vol. 15(13), pp. 1908–1921, July 2021.
- [TO.Distrib.21]. Andrea Mazza, Yang Zhang, Chiara Carozzo, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco, Emiliano Roggero, Giuliana Galofaro. Evaluation of the Impact of Heat-Wave on Distribution System Resilience. *Proc. 4th International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST 2021)*, Vaasa, Finland, 6-8 Sept. 2021, doi:10.1109/SEST50973.2021.9543201.
- [TO.Distrib.22]. Salah Bahramara, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco, Miadreza Shafie-khah, João P.S. Catalão. Comprehensive Review on the Decision-Making Frameworks Referring to the Distribution Network Operation Problem in the Presence of Distributed Energy Resources and Microgrids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 115, February 2020, art. 105466, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105466.
- [TO.Distrib.23]. Salah Bahramara, Pouria Sheikhhahmadi, Gianfranco Chicco, Andrea Mazza, Fei Wang, João P.S. Catalão. Modeling the Microgrid Operator Participation in Day-ahead Energy and Reserve Markets considering Stochastic Decisions in the Real-time Market. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 58 (5), Sept.-Oct. 2022, pp. 5747–5762, doi:10.1109/TIA.2022.3178386.
- [TO.Distrib.24]. Salah Bahramara, Pouria Sheikhhahmadi, Gianfranco Chicco, Andrea Mazza, Fei Wang, João P.S. Catalão. Co-optimization of Microgrid's bids in Day-ahead Energy and Reserve Markets Considering Stochastic Decisions in a Real-time Market. *2021 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS 2021)*, pp. 1-8, doi:10.1109/IAS48185.2021.9677051.
- [TO.Distrib.25]. Salah Bahramara, Pouria Sheikhhahmadi, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Day-Ahead Self-Scheduling from Risk-Averse Microgrid Operators to Provide Reserves and Flexible Ramping Ancillary Services. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 142, art. 108381, 2022.
- [TO.Distrib.26]. Pouria Sheikhhahmadi, Salah Bahramara, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco, and João P.S. Catalão. Bi-Level Optimization Model for the Coordination Between Transmission and Distribution Systems Interacting with Local Energy Markets. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 124, January 2021, 106392, doi:10.1016/j.ijepes.2020.106392.
- [TO.Distrib.27]. Salah Bahramara, Pouria Sheikhhahmadi, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco, and João P.S. Catalão. A Risk-Based Decision Framework for the Distribution Company in Mutual Interaction with the Wholesale Day-ahead Market and Microgrids. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no. 2, 2020, pp. 764-778, doi: 10.1109/TII.2019.2921790.
- [TO.Distrib.28]. Pouria Sheikhhahmadi, Salah Bahramara, Saman Shahrokhi, Gianfranco Chicco, Andrea Mazza, João P.S. Catalão. Modeling Local Energy Market for Energy Management of Multi-Microgrids. *Proc. 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2020)*, Torino (Italy) 1-4 Sept. 2020, pp. 1-6, doi:10.1109/UPEC49904.2020.9209891.
- [TO.Distrib.29]. Jonny Esteban Villa Londono, Andrea Mazza, Enrico Pons, Harm Lok, Ettore Bompard. Modelling and control of a grid-connected RES-hydrogen hybrid microgrid. *Energies*, vol. 14(61), article 1540, 2021.
- [TO.Distrib.30]. Andrea Mazza, Hamidreza Mirtaheri, Gianfranco Chicco, Angela Russo, Maurizio Fantino. Location and Sizing of Battery Energy Storage Units in Low Voltage Distribution Networks. *Energies*, 13, 52, 2020 (Special Issue "Distributed Energy Storage Devices in Smart Grids"), doi:10.3390/en13010052.
- [TO.Distrib.31]. Amedeo Andreotti, Antonio Bracale, Giovanni Mazzanti, Angela Russo, Pietro Varilone. New challenges for forecasting voltage sags due to lightning phenomena in distribution network. *Proc. 2021 AEIT International Annual Conference (virtual conference)*, October 4–8, 2021, doi: 10.23919/AEIT53387.2021.9626834.
- [TO.Distrib.32]. Guido Carpinelli, Fabio Mottola, Daniela Proto, Angela Russo. A Decision Theory Approach for the Multi-objective Optimal Allocation of Active Filters in Smart Grids. *Proc. 20th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP 2022)*, May 29–June 1, 2022, Naples (Italy), doi: 10.1109/ICHQP53011.2022.9808433.
- [TO.Distrib.33]. Diana Enescu, Pietro Colella, Angela Russo. Thermal Assessment of Power Cables and Impacts on Cable Current Rating: An Overview. *Energies*, vol. 13, no. 20, 2020, doi: 10.3390/en13205319.
- [TO.Distrib.34]. Diana Enescu, Angela Russo, Radu Porumb, George Seritan. Dynamic Thermal Rating of Electric Cables: A Conceptual Overview. *Proc. 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2020)*, September 1–4, 2020, doi: 10.1109/UPEC49904.2020.9209809.
- [TO.Distrib.35]. Diana Enescu, Pietro Colella, Angela Russo, Radu Florin Porumb, George Calin Seritan. Concepts and Methods to Assess the Dynamic Thermal Rating of Underground Power Cables. *Energies*, vol. 14, no.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



9, 2021, doi: 10.3390/en14092591 - Special issue: "Verifying the Targets—Selected Papers from the 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2020)".

[TO.Distrib.36]. Antonio Bracale, Pierluigi Caramia, Guido Carpinelli, Pasquale De Falco, Angela Russo. A Probabilistic Approach For Dynamic Oil-Immersed Transformer Rating Accounting For Current and Temperature Limits, *Proc. 17th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS 2022)*, June 12–15, 2022.

[TO.Distrib.37]. Pietro Colella, Enrico Pons, Cristian Piran, Riccardo Tommasini. Validation and Testing of an Analytical Formulation to Compute the Reduction Factor in MV Grids. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 56 (4), pp. 3403-3411, 2020, doi:10.1109/TIA.2020.2986989.

### Collaborazioni con altre unità

Per gli studi sulla simulazione in tempo reale è stata attivata la collaborazione con docenti e ricercatori del GUSEE presso il Politecnico di Bari e le Università di Genova e Napoli “Federico II”.

Per gli studi sulla qualità delle forme d’onda, è proseguita la collaborazione con docenti e ricercatori del GUSEE presso le Università di Bologna, Cassino, Napoli “Federico II” e Napoli Parthenope.

### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Le collaborazioni comprendono alcune Università internazionali, operatori di sistema, centri di ricerca e soggetti industriali. Le Università sono Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (USA), São Paulo State University (Brasile), North China Electric Power University, Baoding (Cina), University Javeriana, Bogotá (Colombia), University of Vaasa (Finlandia), RWTH Aachen University (Germania), University of Tehran (Iran), Iran University of Science and Technology, Tehran (Iran), Islamic Azad University, Sanandaj (Iran), University of Kurdistan, Sanandaj (Iran), Delft University of Technology, Delft (Paesi Bassi), Hanze University of Applied Sciences, Groningen (Paesi Bassi), University of Porto (Portogallo), University Politehnica of Bucharest (Romania), University Valahia of Targoviste (Romania).

In Italia vi sono state collaborazioni con ENEA (Roma), Enel Foundation (Roma), Energy Center Lab (Torino), Ireti S.p.A. (Torino), Joint Research Centre (JRC, Ispra) e Links Foundation (Torino). Presso il Politecnico di Torino vi sono state collaborazioni con docenti e ricercatori del Dipartimento Energia “Galileo Ferraris” nei settori convertitori macchine e azionamenti elettrici, fisica tecnica e sistemi energetici.

## TRASPORTI

### Impatto dei veicoli elettrici in rete

L’articolo [TO.Trasporti.1] presenta un sistema basato su agenti con il quale viene studiata l’evoluzione della penetrazione dei veicoli elettrici in una città. I guidatori vengono rappresentati considerando parametri sociodemografici e psicologici per creare un programma di attività realistico. La rappresentazione del sistema è suddivisa in una parte statica riferita all’ambiente e una parte dinamica in cui gli agenti interagiscono tra loro la ricarica dei loro veicoli ha un impatto sulla rete.

L’articolo [TO.Trasporti.2] presenta una definizione specifica di flessibilità da usare in una stazione di ricarica. Vengono confrontate alcune strategie di ricarica, proponendo una nuova strategia basata su un algoritmo di tipo *model predictive control* per massimizzare la flessibilità e minimizzare i costi di esercizio della stazione di ricarica. Le strategie formulate incorporano l’incertezza sul tempo di arrivo sullo stato di carica dei veicoli all’arrivo. L’articolo [TO.Trasporti.3] propone la figura di un aggregatore per la programmazione della ricarica dei veicoli in una stazione di ricarica. Sono considerate diverse strategie tenendo conto dell’incertezza nella produzione da fonti di energia rinnovabili.

### Bibliografia

[TO.Trasporti.1]. Michele Falco, Francesco Arrigo, Andrea Mazza, Ettore Bompard, Gianfranco Chicco. Agent-based Modelling to Evaluate the Impact of Plug-in Electric Vehicles on Distribution Systems. *Proc. 2nd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST 2019)*, Porto, Portugal, 9-11 September 2019, doi: 10.1109/SEST.2019.8849123.

[TO.Trasporti.2]. Cesar Eduardo Diaz Londoño, Luigi Colangelo, Fredy Ruiz, Diego Patino, Carlo Novara, Gianfranco Chicco. Optimal Strategy to Exploit the Flexibility of an Electric Vehicle Charging Station. *Energies*, vol. 12, n. 20, 2019, art. 3834, doi:10.3390/en12203834.

Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

[TO.Trasporti.3]. Cesar Diaz-Londono, Fredy Ruiz, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Optimal Operation Strategy for Electric Vehicles Charging Stations with Renewable Energy Integration. *Proc. 21st IFAC World Congress*, Berlin, Germany, 2020, Manuscript 3131.

#### *Collaborazioni con altre università ed enti internazionali*

Sono state condotte collaborazioni con l'Università Javeriana, Bogotá (Colombia), il Politecnico di Milano (controlli automatici) e il Dipartimento di Automatica e Informatica (DAUIN) del Politecnico di Torino.

## UTILIZZAZIONE

#### *Analisi delle curve di carico degli utenti elettrici*

Le ricerche riferite all'analisi delle curve di carico sono proseguite in direzioni diverse. L'articolo [TO.Utiliz.1] riassume le attività svolte nella preparazione di una piattaforma di analisi delle curve di carico per utenti di tipologie diverse. Il capitolo di libro [TO.Utiliz.2] discute l'applicazione del concetto di profilo di carico ai *prosumer* nel contesto di un mercato elettrico locale. L'articolo [TO.Utiliz.3] propone un nuovo modello per effettuare il clustering delle curve di carico e per identificare i periodi di tempo con livelli di consumo simile. Il modello proposto rappresenta le curve di carico come immagini e tiene conto della variazione del carico e dell'incertezza con un approccio che usa l'*exponential intuitionistic fuzzy entropy* e include un indice di "esitazione" nelle funzioni *membership* e *non-membership*. L'articolo [TO.Utiliz.4] considera diverse modalità di rappresentazione dei dati (in particolare la risoluzione dei dati) e definisce la coerenza dei dati suddividendo le proprietà in caratteristiche dei dati, qualità dei dati e qualità dell'informazione. L'articolo [TO.Utiliz.5] discute le interazioni tra i dati di generazione e domanda nella prospettiva di adottare il "net metering" per diverse risoluzioni temporali dei dati, quando i prezzi associati alle differenze positive e negative di potenza sono diversi. L'articolo [TO.Utiliz.6] introduce il nuovo concetto di categorie interne per ogni macro-categoria di utenti in Bassa Tensione non residenziali, considerati dal punto di vista del distributore. Le categorie interne sono definite attraverso una procedura di clustering che utilizza le informazioni sulla potenza contrattuale e sull'energia mensile o annuale. In presenza di dati a cadenza oraria o quartoraria, i dati degli utenti di ogni categoria interna formata possono essere inviati alle tradizionali procedure di calcolo dei profili di carico.

#### *Flessibilità della domanda*

Sono stati condotti alcuni studi sulla flessibilità della domanda. L'articolo [TO.Utiliz.7] propone di utilizzare le curve di durata della domanda negli studi di flessibilità e indica la misura di energia ad eventi come la soluzione più conveniente per rappresentare le curve di potenza in modo efficace. L'articolo [TO.Utiliz.8] considera l'effetto della risoluzione temporale dei dati misurati sulla stima delle perdite di rete e sulla valutazione dell'ampiezza e della durata delle potenze di picco, proponendo alcuni indicatori dedicati.

Una linea di ricerca ha riguardato il coordinamento degli aggregatori per fornire servizi di flessibilità alla rete. Negli articoli [TO.Utiliz.9] e [TO.Utiliz.10] è stato proposto un approccio che definisce degli aggregatori specializzati per diversi tipi di carico, che interagiscono a livello superiore con un aggregatore che coordina l'attività e interagisce con gli operatori esterni.

#### *Sistemi di accumulo*

L'articolo [TO.Utiliz.11] discute lo stato dell'arte sull'analisi economica dei sistemi di accumulo con batterie. Nella discussione viene richiamata la necessità di utilizzare indicatori economici adeguati alle analisi degli investimenti e vengono identificate alcune aree di interesse per le ricerche future, tra cui l'impiego di batterie nei sistemi residenziali con generazione locale fotovoltaica, il confronto tra diverse tecnologie di accumulo a batterie e il miglioramento della qualità del servizio elettrico. L'articolo [TO.Utiliz.12] analizza lo stato dell'arte sull'applicazione di sistemi di accumulo termico per sistemi connessi alla rete elettrica. I sistemi di accumulo termico facilitano l'integrazione tra i sistemi energetici, contribuiscono alla modernizzazione delle infrastrutture energetiche, aumentano la flessibilità delle applicazioni multi-energia anche attraverso

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it



l'uso di soluzioni *energy-shifting* per fornire efficaci servizi di rete con la modifica dei prelievi di elettricità dalla rete.

### Sistemi di refrigerazione

Il contributo [TO.Utiliz.13] presenta una strategia di aggregazione di sistemi di refrigerazione di tipo termoelettrico per soddisfare le richieste dell'operatore di rete in termini di servizi di rete. In particolare, è dimostrato come questi dispositivi siano in grado di offrire flessibilità a salire e scendere e siano in grado di soddisfare i vincoli imposti per i servizi *Frequency Containment Reserve*, *Frequency Restoration Reserve* e *Replacement Reserve*, così come definiti da ENTSO-E. Nell'articolo [TO.Utiliz.14] viene proposto un modello per la rappresentazione di un frigorifero basato sui sistemi termoelettrici, derivato da misure sperimentali, nel quale si considerano alcuni punti di riferimento per riprodurre le variazioni di temperatura che avvengono nell'ambiente interno.

### Forni ad arco

Per la loro particolare caratteristica, i forni ad arco in corrente continua sono carichi che causano disturbi di *Power Quality* da moderati a gravi nei sistemi di alimentazione. Tra questi, le fluttuazioni di tensione e le distorsioni della forma d'onda sono le più impattanti e dovrebbero essere adeguatamente valutate anche per poter mitigare gli effetti dannosi. Nei lavori [TO.Utiliz.15], [TO.Utiliz.16] e [TO.Utiliz.17] sono stati sviluppati diversi tipi di modelli per determinare gli effetti degli impianti con forni ad arco sulle reti di alimentazione; in particolare, sono stati applicati e messi a confronto dei modelli caotici per la stima dei valori degli indici di power quality.

In [TO.Utiliz.15], è stato preso in considerazione il modello caotico di Chua per la modellizzazione dell'arco ed è stata messa a punto una procedura basata sulla rappresentazione dell'impianto in Simulink/Matlab. I parametri del modello di Chua sono stati determinati e ottimizzati in modo iterativo per ridurre al minimo gli errori nella valutazione del contenuto spettrale della corrente di alimentazione rispetto a delle misure effettuate nell'impianto. In [TO.Utiliz.16] e nella sua versione estesa [TO.Utiliz.17], i modelli caotici di Chua, Lorenz e Rössler sono stati applicati per la rappresentazione dell'arco. Per poter correttamente applicare i modelli caotici, è stato necessario mettere a punto una procedura per la scelta dei parametri dei modelli; in particolare, la procedura proposta minimizza la deviazione degli indici di power quality stimati da quelli ricavati da misure sul campo attraverso una procedura di ottimizzazione Monte Carlo. Per tener conto della natura variabile nel tempo delle forme d'onda di corrente e tensione e dell'ampia presenza di interarmoniche, sono stati considerati sia indici tradizionali che avanzati.

### Controllo di convertitori di potenza

L'articolo [TO.Utiliz.18] illustra la prima applicazione del metodo proposto per trasformare le equazioni algebro-differenziali di un convertitore DC Single-Input Multiple Output non isolato in un insieme di equazioni differenziali che possono essere risolte con un approccio basato su una dinamica artificiale con convergenza asintotica garantita dal rispetto delle condizioni di Liapunov. La prosecuzione del lavoro è presentata in [TO.Utiliz.19], in cui l'approccio che impiega la dinamica artificiale viene utilizzato per formulare una nuova metodologia di controllo dei convertitori, con l'obiettivo di raggiungere una condizione di riferimento definita a priori. La metodologia di controllo garantisce la convergenza e la stabilità asintotica del sistema.

### Bibliografia

- [TO.Utiliz.1]. Gianfranco Chicco, Diego Labate, Antonio Notaristefano, Federico Piglion. Unveil the Shape: Data Analytics for Extracting Knowledge from Smart Meters. *Energia Elettrica Supplement Journal*, vol. 96, no. 6, novembre/dicembre 2019, pp. 1-15, doi:10.36156/ENERGIA06\_01.
- [TO.Utiliz.2]. Gianfranco Chicco, Andrea Mazza. Load Profiling Revisited: Prosumer Profiling for Local Energy Markets. Chapter 13 in the book Tiago Pinto, Zita Vale, Steve Widergren (Editors), *Local Electricity Markets*, Academic Press, 2021, pp. 215-242, ISBN 9780128200742, doi:10.1016/B978-0-12-820074-2.00004-6.
- [TO.Utiliz.3]. Mansour Charwand, Mohsen Gitizadeh, Pierluigi Siano, Gianfranco Chicco, Zeinab Moshavash. Clustering of electrical load patterns and time periods using uncertainty-based multi-level amplitude

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- thresholding. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 117, May 2020, art. 105624, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105624.
- [TO.Utiliz.4]. Gianfranco Chicco. Data Consistency for Data-Driven Smart Energy Assessment. *Frontiers in Big Data*, section Data Mining and Management, 2021, 4:683682. doi: 10.3389/fdata.2021.683682.
- [TO.Utiliz.5]. Gianfranco Chicco, Andrea Mazza. Understanding the Value of Net Metering Outcomes for Different Averaging Time Steps. *Proc. SEST 2020*, Istanbul, Turkey, 7-9 September 2020, paper 219.
- [TO.Utiliz.6]. Gianfranco Chicco, Daniele Bonansinga, Pietro Colella. Categorisation of Low-Voltage Three-Phase Electricity Users, *Proc. SEST 2022*, Eindhoven, The Netherlands, 5-7 September 2022.
- [TO.Utiliz.7]. Gianfranco Chicco, Andrea Mazza. New insights for setting up contractual options for demand side flexibility. *Journal of Engineering Sciences and Innovation*, vol. 4, no. 4, 2019, pp. 381-398, online: [http://jesi.astr.ro/wp-content/uploads/2019/12/5\\_Gianfranco-Chicco.pdf](http://jesi.astr.ro/wp-content/uploads/2019/12/5_Gianfranco-Chicco.pdf)
- [TO.Utiliz.8]. Gianfranco Chicco, Andrea Mazza. Impact of the Time Resolution for Data Gathering on Loss Calculation and Demand Side Flexibility. *Proc. SEST 2020*, Istanbul, Turkey, 7-9 September 2020, paper 219. Best paper award.
- [TO.Utiliz.9]. Cesar Diaz-Londoño, Carlos Adrian Correa-Florez, Jose Vuelvas, Andrea Mazza, Fredy Ruiz, Gianfranco Chicco. Coordination of Aggregators for Flexibility Provision: A Conceptual Framework, *Proc. 4th International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST 2021)*, Vaasa (Finland), 6-8 September 2021, pp. 1-6, doi:10.1109/SEST50973.2021.9543190.
- [TO.Utiliz.10]. Cesar Diaz-Londono, Carlos Adrian Correa-Florez, José Vuelvas, Andrea Mazza, Fredy Ruiz, Gianfranco Chicco. Coordination of Specialised Energy Aggregators for Balancing Service Provision, *Sustainable Energy, Grids and Networks, Special Issue SEST 2021*, vol. 32, ref. 100817, 2022, doi:10.1016/j.segan.2022.100817.
- [TO.Utiliz.11]. Paulo Rotella Junior, Luiz Célio Souza Rocha, Sandra Naomi Morioka, Ivan Bolis, Gianfranco Chicco, Andrea Mazza, Karel Janda. Economic Analysis of the Investments in Battery Energy Storage Systems: Review and Current Perspectives. *Energies*, vol. 14, no. 9, art. 2503, 2021, doi:10.3390/en14092503.
- [TO.Utiliz.12]. Diana Enescu, Gianfranco Chicco, Radu Porumb, George Seritan. Thermal Energy Storage for Grid Applications: Current Status and Emerging Trends. *Energies*, vol. 13, no. 2, art. 340, January 2020, doi:10.3390/en13020340.
- [TO.Utiliz.13]. Cesar Diaz-Londono, Diana Enescu, Fredy Ruiz, Andrea Mazza. Experimental modeling and aggregation strategy for thermoelectric refrigeration units as flexible loads. *Applied Energy*, Vol. 272, Article number 115065.
- [TO.Utiliz.14]. Cesar Diaz-Londono, Diana Enescu, Fredy Ruiz, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Enhanced Modeling and Experimental Verification of a ThermoElectric Refrigerator Unit Considering the Door Opening Effect. *Proc. 56th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2021)*, Middlesbrough, United Kingdom, 31 Aug.-3 Sept. 2021, pp. 1-6 doi:10.1109/UPEC50034.2021.9548219.
- [TO.Utiliz.15]. Antonio Bracale, Pierluigi Caramia, Pasquale De Falco, Guido Carpinelli, Angela Russo. DC Electric Arc Furnace Modelling for Power Quality Indices Assessment. 2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Dubai (United Arab Emirates), July 6 - 7, 2020, doi: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177908.
- [TO.Utiliz.16]. Antonio Bracale, Pierluigi Caramia, Pasquale De Falco, Guido Carpinelli, Angela Russo. Comparison of DC Electric Arc Furnace Chaotic Models for Power Quality Indices Assessment. *Proc. 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, Madrid (Spain), June 9-12, 2020, doi: 10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160708.
- [TO.Utiliz.17]. Antonio Bracale, Pierluigi Caramia, Guido Carpinelli, Pasquale De Falco, Angela Russo. Comparison of DC Electric Arc Furnace Chaotic Models for Power Quality Indices Assessment. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 57 (6), November/December 2021, pp. 6713-6721, doi: 10.1109/TIA.2021.3106569.
- [TO.Utiliz.18]. Muhammad Ahmed Qureshi, Salvatore Musumeci, Francesco Torelli, Alberto Reatti, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Application of a Novel Adaptive Control Approach for the Regulation of Power Converters. *Proc. 57th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2022)*, Istanbul, Turkey, 30 August-2 September 2022.
- [TO.Utiliz.19]. Muhammad Ahmed Qureshi, Francesco Torelli, Andrea Mazza, Gianfranco Chicco. Application of artificial dynamics to represent non-isolated single-input multiple-output DC-DC converters with averaged models. *Proc. 56th International Universities Power Engineering Conference (UPEC*

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

### *Collaborazioni con altre unità*

Sono proseguite le collaborazioni con docenti e ricercatori di unità GUSEE presso l'Università di Cassino, L'Università di Napoli "Federico II" e l'Università di Napoli Parthenope per le ricerche sui forni ad arco.

### *Collaborazioni con altre università ed enti internazionali*

In Italia sono in corso collaborazioni con Politecnico di Bari, Politecnico di Milano e Università di Firenze. I contributi sul controllo di convertitori di potenza sono stati preparati in collaborazione con il gruppo di ricerca su Convertitori macchine e azionamenti elettrici del Politecnico di Torino, Dipartimento Energia "Galileo Ferraris" (DENERG).

All'estero sono state attivate collaborazioni con docenti e ricercatori presso Federal University of Paraíba, João Pessoa (Brasile), Federal Institute of Education, Science and Technology—North of Minas Gerais, Almenara (Brasile), Prague University of Economics and Business (Repubblica Ceca), Charles University, Praga (Repubblica Ceca), University Javeriana, Bogotá (Colombia), University Politehnica of Bucharest (Romania), University Valahia of Targoviste (Romania).

## **PROGETTI**

### ***DATA CELLAR***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard (per il Politecnico di Torino)

Ente finanziatore: Unione Europea (Horizon Europe)

Breve descrizione: Le Comunità Energetiche Locali (CEL) sono state riconosciute dalla Commissione Europea come misura chiave per promuovere la transizione energetica dell'Unione Europea (UE). Per favorirne lo sviluppo, è fondamentale raggiungere la digitalizzazione del sistema energetico europeo e condividere in maniera efficace i dati tra gli attori energetici coinvolti, al fine di promuovere la condivisione delle conoscenze e delle migliori soluzioni tecniche. DATA CELLAR mira quindi a creare uno spazio dati sull'energia pubblica che supporterà la creazione, lo sviluppo e la gestione delle CEL nell'UE. DATA CELLAR implementerà una piattaforma collaborativa per fornire uno spazio di dati energetici interoperabile, modulare e sicuro in grado di fornire accesso a set di dati, strumenti di supporto alle decisioni e modelli di intelligenza artificiale (AI) per servire e supportare le CEL.

Sedi partner: Commissione Europea, Austria, Belgio, Bulgaria, Cipro, Francia, Grecia, Italia, Irlanda, Norvegia, Olanda, Paesi Bassi, Portogallo, Regno Unito, Spagna, Svizzera

Sito Web: <https://datacellarproject.eu/>

### ***OSMOSE - Optimal System-Mix Of flexibilities Solutions for European electricity***

Responsabile scientifico: Gianfranco Chicco

Ente finanziatore: European Commission (grant number 773406) - H2020 Innovation Action

Breve descrizione: Il progetto riguarda l'identificazione e lo sviluppo del mix ottimale di flessibilità per il sistema europeo per attuare la transizione energetica. L'attività del POLITO ha riguardato l'analisi dei modelli di previsione della generazione da fonti rinnovabili e le analisi di scalabilità e replicabilità del dimostratore italiano realizzato per il progetto.

Sedi partner: 33 partner da 9 Paesi. L'unità POLITO partecipa come sezione ENSIEL.

Altre informazioni: Progetto del Consorzio ENSIEL, con POLITO come Linked Third Party (gennaio 2018-marzo 2022)

Sito Web: <https://www.osmose-h2020.eu>

### ***Longer-term effects on the EU power system of pandemic persistence scenarios***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Ente finanziatore: European Commission – Joint Research Centre – Directorate C – Energy, Transport and Climate

Breve descrizione: Il contratto di ricerca “Longer-term effects on the EU power system of pandemic persistence scenarios” ha avuto l’obiettivo di valutare gli impatti a lungo termine di una pandemia sul sistema elettrico europeo. Si è provveduto ad identificare gli effetti di una pandemia sul sistema elettrico mettendo in evidenza le possibili minacce sia dal punto di vista tecnico che sociale. Si è quindi provveduto a raccogliere dati da piattaforme open source e ad organizzarli in database relazionali costruiti ad-hoc, così da poter effettuare elaborazioni numeriche per descrivere l’impatto della pandemia da COVID-19 sul sistema elettrico europeo sia dal punto di vista tecnico che economico durante i periodi caratterizzati da restrizioni particolarmente rigide che in quelli temporalmente successivi caratterizzati dalla ripresa delle attività. Si sono quindi individuate delle azioni da intraprendere per diminuirne gli impatti in caso di future pandemie.

Sedi partner: Ispra, Italia

Altre informazioni: contratto della durata di 6 mesi, data inizio 15 marzo 2021

***ENEMED – MED & Italian Energy Report***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: Studi e Ricerche per il Mezzogiorno (SRM)

Breve descrizione: Rapporto tematico annuale su energia e Mediterraneo. Tre edizioni attualmente pubblicate, con diversi focus: gas naturale (2019), fonti di energia rinnovabili (2020) e idrogeno (2021). Attualmente in corso la redazione della edizione 2022.

Sedi partner: Torino

Sito Web: <https://www.sr-m.it/it/cat/sec/26/med-e-italian-energy-report.htm>

***Sistematizzazione e automazione dell’analisi del sistema energetico nazionale mediante l’indice composito ENEA ISPRED***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: ENEA

Breve descrizione: Supporto di tipo “science-based” al monitoraggio dell’evoluzione del sistema energetico nazionale verso la transizione energetica con lo sviluppo di metodologie e modelli matematici ad hoc per ottimizzare il calcolo degli indici di riferimento per l’analisi del sistema e con l’implementazione di strumenti (come la piattaforma web “ET@IT”) che rispondano alle istanze specifiche dell’utente.

Sedi partner: Torino

***Supporto tecnico-scientifico alla analisi di pre-fattibilità di un progetto di investimento per la produzione di idrogeno in Tunisia e il trasferimento verso l’Italia”***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: Progetti Europa & Global Italia SpA

Breve descrizione: Valutazione di pre-fattibilità tecnico-economica della produzione di idrogeno da fonti rinnovabili in siti tunisini indicati dal committente e la sua adduzione in Italia in forma blended tramite il gasdotto Transmed

Sedi partner: Torino

***Protocollo di intesa energia & sostenibilità per la Città di Torino***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: Città di Torino

Breve descrizione: Implementare una partnership di supporto «science-based» alla Città di Torino nel processo di decisione politica relativo alla transizione ecologica e alla trasformazione del sistema energetico urbano, attraverso “tecnologie” (gestione dati, modellazione fruibile e interrogabile cataloghi di azioni/policy, ...) per la Città e riproducibili in altri contesti nazionali e internazionali. In collaborazione con Università di Torino, Città di Torino e ESCP Business School.

Sedi partner: Torino

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

***Progetto 1.2 sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: CNR – Ricerca di Sistema

Breve descrizione: Analisi dello sviluppo e dell'implementazione di sistemi innovativi di conversione ed accumulo dell'energia elettrica, con particolare riferimento ai sistemi che permettono l'accoppiamento di reti infrastrutturali complementare (ad esempio rete elettrica e rete gas). L'analisi ha portato alla valutazione del potenziale power-to-gas a livello nazionale e a livello locale (utilizzando alcune porzioni di reti di distribuzione reali)

Sedi partner: Torino

***Africa's Energy Future. Energy leapfrogging potential in four African countries***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: Istituto Affari Internazionali

Breve descrizione: Analisi delle potenzialità di leapfrogging energetico in Africa con riferimento a quattro pilastri principali (transizione dalle fonti fossili e dall'uso tradizionale della biomassa alle fonti rinnovabili; transizione da una generazione elettrica centralizzata a una distribuita; transizione da un'architettura classica del mercato elettrico a un nuovo sistema di business; transizione da sistemi energetici "analogici" a digitalizzati), e applicazione dell'analisi a quattro paesi dell'area Sub-sahariana

Sedi partner: Torino

Sito Web: <https://www.iai.it/it/pubblicazioni/africas-energy-future>

***Electrify Italy***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: Enel Foundation

Breve descrizione: Studio sviluppato in collaborazione con Enel Foundation e Massachusetts Institute of Technology (MIT), focalizzato sull'analisi di possibili traiettorie di elettrificazione del Paese al 2050 e dei relativi impatti multi-dimensionali, nell'ottica di implementazione di un paradigma energetico basato sulla generazione da fonti rinnovabili e sulla transizione energetica verso la decarbonizzazione.

Sedi partner: Torino

Sito Web: <https://www.enelfoundation.org/topic/a/2019/11/electrify-italy>

***Living Grid***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: CLUSTER TECNOLOGICO NAZIONALE ENERGIA - PROGETTO DI RICERCA INDUSTRIALE

Breve descrizione: Sviluppo e implementazione nuove funzioni sulla rete MT e BT per la gestione avanzata di alleggerimento del carico e della generazione distribuita

Sedi partner: Bari, Genova, Torino

***Birdies***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: Enel Foundation

Breve descrizione: Analisi di possibili traiettorie di elettrificazione della Regione Sardegna al 2050 e dei relativi impatti multi-dimensionali, nell'ottica di implementazione di un paradigma energetico basato sulla generazione da fonti rinnovabili e sulla transizione energetica verso la decarbonizzazione.

Sedi partner: Cagliari, Torino

***Res-Plat - Piattaforma HW / SW multi-stakeholder per l'analisi e la pianificazione georeferenziata delle fonti energetiche rinnovabili e l'analisi energetica multicommodity.***

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: LIFTT

Breve descrizione: Sviluppare e ampliamento della piattaforma "RES-Plat" attualmente esistente, estendendone il campo di applicazione da un punto di vista di copertura geografica delle analisi, di fonti energetiche considerate e di funzionalità. Inoltre, il progetto si pone come obiettivo quello inserire la piattaforma in un'ottica più ampia di tipo multi-commodity.

Sedi partner: Torino

***Study on the application of clustering algorithms on nodal simulation results***

Responsabile scientifico: Gianfranco Chicco

Ente finanziatore: European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER)

Breve descrizione: Attività a supporto della "second bidding zone review" di ACER per identificare zone di prezzo alternative per il futuro mercato elettrico europeo. Il gruppo del POLITO ha preparato gli algoritmi di clustering che ACER ha utilizzato e integrato con i programmi di analisi delle reti elettriche, insieme al manuale d'uso dei programmi.

Sedi partner: Torino.

Altre informazioni: Tender ACER/NEG/ED/24/2020 (gennaio 2021 – luglio 2022)

***Test di sistemi di smart charging per applicazioni vehicle-to-grid mediante tecnica RTS***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard, Enrico Pons

Ente finanziatore: Edison S.p.A.

Breve descrizione: Il progetto (sviluppato nell'anno 2021) riguarda la realizzazione di un programma sperimentale dedicato all'analisi ed al test di sistemi di smart charging per applicazioni vehicle-to-grid (V2G). L'ambiente di prova si basa sull'utilizzo di un simulatore real time per replicare una rete di distribuzione a cui è accoppiato un sistema di smart charging reale costituito da una colonnina di ricarica bidirezionale e da un veicolo elettrico idoneo alle applicazioni V2G (Nissan Leaf). I dispositivi reali sono interfacciati al sistema simulato tramite la tecnica Power Hardware In the Loop.

Sedi partner: Torino

***Studi ed esperimenti su dispositivi di ricarica per veicoli elettrici di tipo uni / bidirezionale***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard, Enrico Pons

Ente finanziatore: Edison S.p.A.

Breve descrizione: Il progetto (sviluppato nell'anno 2022) riguarda la realizzazione di un programma sperimentale dedicato all'analisi ed al test di sistemi di smart charging uni e bi – direzionali per la ricarica di veicoli elettrici. L'ambiente di prova si basa sull'utilizzo di un simulatore real time per replicare una rete di distribuzione a cui è accoppiato un sistema di smart charging reale costituito da una colonnina di ricarica bidirezionale e da un veicolo elettrico idoneo alle applicazioni V2G (Nissan Leaf). I dispositivi reali sono interfacciati al sistema simulato tramite la tecnica Power Hardware In the Loop. Le tematiche principali affrontate riguardano la power quality ed il comportamento dei sistemi di ricarica in presenza di temperature ambientali estreme. Si è inoltre analizzata la possibilità di ottenere una remunerazione offrendo servizi sul mercato elettrico.

Sedi partner: Torino

***Study of a methodology for the conversion of an existing fleet of diesel buses into a fleet of electric buses***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard (per il dipartimento Energia)

Ente finanziatore: Peec Mobility Motor Vehicle Assembly Co. LLC

Breve descrizione: Il trasporto pubblico è uno dei settori su cui è necessario investire per ridurre gli inquinanti e raggiungere gli obiettivi ambientali fissati in contesto nazionale ed europeo. La grande richiesta di veicoli elettrici e la scarsità di materie prime e componenti dovuta alla situazione geopolitica attuale ha aumentato in modo significativo i tempi di consegna dei veicoli elettrici. Peec propone la conversione di autobus diesel in elettrici per diminuire ulteriormente l'impatto sull'ambiente offrendo tempi di consegna ridotti. Il contratto di

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



ricerca ha l'obiettivo di valutare la fattibilità tecnica, i vantaggi economici e l'impatto ambientale della conversione di autobus diesel in elettrici.

Sedi partner: Dubai, United Arab Emirates

Altre informazioni: contratto della durata di 8 mesi, data inizio 12 maggio 2022

***Net-emulator: Enel***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: Enel Global ICT

Breve descrizione: Il Mercato per il Servizio di Dispacciamento è lo strumento attraverso il quale il gestore della rete di trasmissione si approvvigiona delle risorse necessarie alla gestione e al controllo del sistema elettrico. In questo contesto, è allo studio un algoritmo di supporto nella presentazione delle offerte, basato sul modello decisionale del gestore e su analisi di mercato.

Sedi partner: Italia

***Predictive maintenance: Enel***

Responsabile scientifico: Ettore Bompard

Ente finanziatore: Enel Global ICT

Breve descrizione: Nell'ottica di aumentare l'affidabilità della rete di distribuzione, è allo studio uno strumento che, note la topologia di una rete elettrica di distribuzione, lo stato degli organi di manovra in un determinato istante e lo storico degli eventi di guasto, permetta di definire il livello di sollecitazione dei componenti. I componenti potranno quindi essere sostituiti secondo una logica di manutenzione programmata e non in condizioni di emergenza.

Sedi partner: Italia

***Sicurezza nell'esercizio della rete di alimentazione delle linee tranviarie***

Responsabile scientifico: Enrico Pons

Ente finanziatore: Infra.To

Breve descrizione: L'utilizzo del servizio di trasporto pubblico è uno dei settori chiave per abbattere le emissioni e raggiungere gli obiettivi climatici fissati a livello nazionale ed internazionale. È fondamentale quindi ridurre i disservizi, così da incentivarne l'utilizzo. Il contratto di ricerca stipulato tra il Politecnico di Torino ed Infra.To vuole porre rimedio a delle criticità riscontrate sul sistema tranviario torinese, investigandone le cause e proponendo soluzioni tecniche efficaci. In particolare, tramite modelli e misure sperimentali, si vuole ottimizzare la taratura dei dispositivi di protezione contro le sovracorrenti e la folgorazione, e migliorare il funzionamento dei dispositivi di controllo dell'isolamento installati nelle cabine di alimentazione che costituiscono un elemento chiave del sistema di richiusura automatica degli interruttori.

Sedi partner: Italia

**LABORATORI**

***Energy Security and Transition lab (EST-Lab)***

Descrizione: L'Energy Security Transition Lab (EST) @ Energy Center è uno dei poli del "pensiero energetico politecnico", con riferimento a transizione energetica e sicurezza. EST intercetta le istanze, nel processo di decision-making, di stakeholder istituzionali, industriali e di ricerca, nazionali e internazionali, cui risponde attraverso una visione e delle "tecnologie" "made in Torino/Politecnico/Energy Center", capaci di generare impatto sulla società.

***Global Real-Time Simulation Lab (G-RTSLab)***

Descrizione: Il Global Real-Time Simulation Lab (G-RTSLab) è il laboratorio dedicato alla simulazione real time del Politecnico di Torino. E' ospitato presso l'Energy Center Lab, parte integrante del centro interdipartimentale Energy Center. Il laboratorio è interconnesso con altri

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

laboratori nazionali ed internazionali in real-time. In particolare, è membro fondatore di ERIC-Lab ([www.eric-lab.eu](http://www.eric-lab.eu)) e dell'iniziativa ENET-RTLab di Ensiel (Ensiel National Energy Transition Real-Time Lab).

### ***Laboratorio sperimentale PVZEN***

Descrizione: Il progetto PVZEN (PhotoVoltaic Zero Energy Network, <https://www.pvzen.polito.it/>), autofinanziato dal Dipartimento Energia "Galileo Ferraris" (DENERG), ha permesso la realizzazione di un laboratorio sperimentale, installato all'interno del Politecnico di Torino, per le microreti e le comunità energetiche. Il laboratorio PVZEN, include 3 generatori fotovoltaici (potenza totale di 12 kW), 3 accumulatori elettrochimici (capacità energetica totale di 30 kWh), 3 inverter di conversione e controllo (potenza totale in uscita di 15 kW) e 3 utenze (tra cui un sistema di simulazione del funzionamento di 3 pompe di calore per la climatizzazione degli ambienti) in grado di scambiare potenza, secondo logiche definite da un'unità di controllo.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## UNITÀ DI TRIESTE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA  
VIA ALFONSO VALERIO 10  
34127 TRIESTE  
TEL. +39 040 5583552

**Responsabile Scientifico:** Stefano Quaia

**Sito web:** <https://dia.units.it>

### Composizione unità:

Nome	Cognome	Ruolo
Stefano	Quaia	Professore Associato
Giorgio	Sulligoi	Professore Ordinario
Daniele	Bosich	Ricercatore
Andrea	Vicenzutti	Ricercatore
Massimiliano	Chiandone	Ricercatore
Nicola	Barbini	Collaboratore di Ricerca
Marco	Dalle Feste	Assegnista di Ricerca
Paolo	Pruni	Responsabile Tecnico
Roberto	Vergine	Responsabile Tecnico
Andrea Alessia	Tavagnutti	Dottoranda
Fabio	Marzolla	Dottorando

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

## PRODUZIONE E FONTI RINNOVABILI

### Gestione e controllo di impianti di produzione

Le attività di ricerca in quest'ambito sono svolte presso il Lab. D-ETEF del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Trieste. Tali attività hanno riguardato la modellistica, simulazione, progettazione e realizzazione di dimostratori tecnologici, per impianti fotovoltaici dalle decine di kW alle decine di MW di potenza di picco. Gli studi hanno riguardato tanto il loro funzionamento in rete, con previsione di concorso ai servizi di regolazione richiesti (attualmente o in futuro) dai gestori delle reti, quanto la loro realizzabilità e sostenibilità, sia economica (grid parity) che energetica (EROEI – Energy Return on Energy Investment) [TS.Produz.1]. Altri studi hanno riguardato le metodologie per eseguire la sequenza di accensione di una centrale idroelettrica sfruttando l'approccio model-based design [TS.Produz.2]. È stata poi condotta analisi di fidatezza di un sistema di eccitazione per un generatore sincrono [TS.Produz.3].

### Impatto della generazione di tipo statico sulla qualità del servizio elettrico

Lo studio [TS.Produz.4], condotto in collaborazione con Terna SpA, è volto a quantificare l'impatto sui buchi di tensione nelle reti di alta tensione della crescente penetrazione dei generatori di tipo statico e della contemporanea diminuzione dei tradizionali generatori rotanti. Questa trasformazione, in atto da molti anni, riduce le correnti/potenze di corto circuito nelle reti, e dunque modifica i buchi di tensione causati da guasti in rete. Lo studio è condotto sulla reale rete elettrica di alta tensione della Sardegna (262 nodi in totale, su 4 livelli di tensione) confrontando il 'vecchio' parco di generazione con soli generatori rotanti (al 2000 circa) e l'attuale parco caratterizzato da un mix di generatori statici e rotanti. I risultati quantificano il peggioramento della qualità del servizio elettrico in termini di buchi di tensione – sia riguardo al numero sia alla severità – derivante dall'attuale configurazione della generazione.

### Bibliografia

- [TS.Produz.1]. M. Chiandone, R. Campaner, D. Bosich, G. Sulligoi, "A Coordinated Voltage and Reactive Power Control Architecture for Large PV Power Plants," *Energies*, vol. 13, no. 10, p. 2441, May 2020.
- [TS.Produz.2]. A. Vicenzutti, M. Chiandone, V. Arcidiacono, G. Sulligoi, "Enhanced partial frequency variation starting of hydroelectric pumping units: Model based design and experimental validation," in *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 131, 107083, 2021.
- [TS.Produz.3]. A. Vicenzutti, M. Chiandone, G. Sulligoi, "Dependability Analysis of a Digital Excitation Control System," 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2020, pp. 523-528.
- [TS.Produz.4]. S. Quaia, M. Poli, P. Cuccia, "Effects of the penetration of inverter-based generators on voltage sags in HV networks: analysis of the Sardinian network", *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 2021.

## TRASMISSIONE E SUPER GRID

### Regolazione della tensione nella rete di trasmissione nazionale

Le attività di ricerca su questo argomento sono state svolte presso il Laboratorio D-ETEF (Digital Energy Transformation & Electrification Facility) del Dipartimento di Ingegneria e Architettura. Inizialmente sono stati analizzati i punti critici della regolazione secondaria di tensione, in particolare nella creazione delle aree di controllo e della scelta dei nodi pilota [TS.Trasmiss.1]. Da tale lavoro e dalle caratteristiche attuali della rete di trasmissione italiana, si evince che l'applicazione dei concetti di area e di nodo pilota debba cambiare per garantire una gestione ottimale delle fonti di produzione di potenza reattiva. Questo ha condotto allo studio di approcci al controllo di tipo MIMO. In particolare, sono stati studiati due tipi di controllori MIMO e simulati all'interno di un modello di rete reale: 1) il controllo Decoupling [TS.Trasmiss.2] e il controllo LQRI (Linear Quadratic Regulator with Integral actions) [TS.Trasmiss.3]. Quest'ultimo richiede la conoscenza dello stato della rete sulla quale attua la regolazione secondaria, per cui sono stati analizzati i segnali e le misure attualmente disponibili per ricostruirlo, evitando il dimensionamento di complicati stimatori dello stato [TS.Trasmiss.4].

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

### Azioni di anti-icing nelle reti elettriche italiane

Il numero crescente di eventi dannosi causati da 'wet snow' spinge il TSO italiano a sperimentare diverse azioni di anti-icing. Oltre a misure passive (quali dispositivi antirotazionali, distanziatori interfase), l'attenzione viene posta su misure di tipo termico capaci di far circolare (almeno) la corrente di anti-icing nei conduttori di una linea in cui si può prevedere la formazione di pesanti manicotti. In questo quadro, facendo riferimento ad alcune zone critiche di reti di sub-trasmissione a 132 kV in aree appenniniche nel centro-nord Italia, specifici studi hanno confrontato i risultati ottenibili mediante tecniche di 'load shifting' e inserzione di reattori shunt usati come carichi zavorra [TS.Transmiss.5]. I risultati mostrano che in vari casi i reattori shunt possono essere la soluzione più efficace. Sulla base di queste analisi, il TSO italiano ha deciso l'installazione dei primi prototipi di reattori shunt.

Diverse misure adottate per migliorare la resilienza delle reti italiane di sub-trasmissione nei casi di eventi di ghiaccio/neve sono illustrate e discusse in [TS.Transmiss.6]. Oltre all'installazione sulle linee di specifici dispositivi come gli antirotazionali, si evidenzia l'importanza pratica del miglioramento delle procedure operative destinate a gestire le situazioni meteorologiche estreme potenzialmente dannose per il sistema elettrico.

### Formulazione analitica delle curve di loadability

La necessità di sfruttare al massimo le infrastrutture elettriche esistenti ha conferito un rinnovato interesse al tema della loadability delle linee elettriche di trasmissione. Questo classico tema è stato studiato facendo ricorso a metodi numerici, ma è possibile impostare lo studio in maniera alternativa mediante un approccio rigorosamente analitico. Come si dimostra in [TS.Transmiss.7], ciò vale sia per il caso più usuale di linee non compensate, sia per situazioni più specifiche come ad esempio linee radiali con compensazione derivata. La formulazione analitica può inoltre essere combinata con l'uso di diagrammi circolari che forniscono un'interpretazione geometrica delle relazioni analitiche e possono evidenziare visivamente i limiti fisici del problema.

### Monitoraggio meccanico delle linee di trasmissione

Diverse tipologie di guasti/eventi dannosi modificano lo stato fisico delle linee aeree di trasmissione causando diverse variazioni nella tensione meccanica dei conduttori. Pertanto, il monitoraggio meccanico delle linee aeree può risultare assai utile per fornire informazioni aggiuntive (rispetto alle informazioni fornite dai sistemi SCADA) sullo stato del sistema. Le misure di tensione meccanica combinate con alcune semplici misure ambientali (temperatura dell'aria, velocità del vento) possono essere utilizzate per l'individuazione automatica di diversi eventi specifici (ad esempio rottura di conduttori, caduta di alberi su conduttori, formazione di manicotti di neve, galloping) e della loro posizione lungo la linea, permettendo di ridurre i tempi di intervento e più in generale il loro impatto sul sistema elettrico [TS.Trasmis.8].

### Collaborazioni con altre unità

Sul tema della loadability delle linee di trasmissione prosegue da diversi anni la collaborazione tra l'Università di Trieste e l'Università di Napoli Federico II.

### Bibliografia

- [TS.Trasmis.1]. F. Marzolla, A. Vicenzutti, M. Chiandone, G. Sulligoi, E.M. Carlini, G.M. Giannuzzi, R. Zaottini, M. Renieri, "Study on zoning procedures for Secondary Voltage Regulation", 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2020, pp. 1-8.
- [TS.Trasmis.2]. G. Sulligoi, A. Vicenzutti, M. Chiandone, F. Marzolla, E.M. Carlini, G.M. Giannuzzi, R. Zaottini, C. Pisani, "Reactive Power Resources Management in a Voltage Regulation Architecture Based on Decoupling Control", 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1-6.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

- [TS.Trasmis.3]. A. Vicenzutti, F. Marzolla, G. Sulligoi, G. M. Giannuzzi, C. Pisani, "Reactive Power Resources Management in a Voltage Regulation Architecture Based on LQRI Control," 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2022, pp. 1-6.
- [TS.Trasmis.4]. A. Vicenzutti, F. Marzolla, G. Sulligoi, G. M. Giannuzzi, C. Pisani, "Study on the State Feedback Selection and Measurement for the Application of an LQRI Secondary Voltage Regulator to a Transmission System," 2022 20th International Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP), 2022, pp. 1-6.
- [TS.Trasmis.5]. S. Quaia, A. Marchesin, D. Rampazzo, C. Mancuso, "Anti-icing measures in the Italian power system", IET Generation Transmission & Distribution, Vol. 13, Issue 24, December 2019, pp. 5577-5585.
- [TS.Trasmis.6]. E. M. Carlini, L. Michi, D. Rampazzo, A. Marchesin, C. Quaciari, E. Geremia, S. Quaia, "Dispatching measures for improving the resilience of the Italian sub-transmission grid against ice and snow events", AEIT 2019 International Annual Conference, Firenze, 18-20 September 2019: pp. 1-6.
- [TS.Trasmis.7]. D. Lauria, F. Mottola, S. Quaia, "Analytical Description of Overhead Transmission Lines Loadability", Energies 2019, 12(16), 3119.
- [TS.Trasmis.8]. S. Quaia, A. Mauri, M. Marega, A. Marchesin, D. Rampazzo, C. Vergine, "Subtransmission overhead lines mechanical monitoring for fast detection of damaging events", Electrical Engineering, 2022.

## **DISTRIBUZIONE E SMART GRID**

Sistemi per la regolazione della tensione nelle reti di distribuzione

La ricerca in questo settore è svolta presso il Laboratorio D-ETEF dell'Università di Trieste. L'attività si è svolta tramite una serie di test sperimentali presso test facility a disposizione dell'Università di Trieste (Smart Campus, ETEF). Le tematiche hanno riguardato: sistemi di monitoraggio e topologie di reti di distribuzione AC [TS.Distrib.1-TS.Distrib.2], studi sull'impatto ambientale e aspetti normativi nell'installazione di stazioni di ricarica da terra nei porti [TS.Distrib.3- TS.Distrib.4], modellizzazione e implementazione di digital-twin di distribuzioni elettriche complesse [TS.Distrib.5], e approcci per la progettazione delle protezioni [TS.Distrib.6].

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Alba Local Energy Agency – ALEA, Andalusian Energy Agency, Regional Ministry of Employment, Enterprise and Commerce, Andalusian Government - AEA, University Institute of Domestic and Energy Efficiency - University of Malaga, Regional Council of South Karelia, Lappeenranta University of Technology – LUT e Association of Municipalities Polish Network "Energie Cités" hanno preso parte al progetto "S3UNICA (Smart Specialisation UNiversity Campus)". Nell'ambito del progetto "Creating a Sustainability Framework for the Urban Regeneration of Trieste's Old Port" è in atto una collaborazione con il Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston.

## **Bibliografia**

- [TS.Distrib.1]. M. Dalle Feste, M. Chiandone, D. Bosich, G. Sulligoi, "The Control and Monitoring System on a Medium Voltage AC Distribution Grid: Device Implementation and Calibration Procedure," 2021 IEEE 15th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG), 2021, pp. 1-6.
- [TS.Distrib.2]. M. Chiandone, S. Quaia, G. Sulligoi, A. Vicenzutti, "Comparison Between Ring and Radial Configurations of the University of Trieste Campus MV Distribution Grid," 2022 20th International Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP), 2022, pp. 1-6.
- [TS.Distrib.3]. D. Bosich, A. Vicenzutti, G. Sulligoi, "Environment-friendliness in Maritime Transport: Designing Smart Recharging Stations in North Adriatic Sea," 2020 Fifteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2020, pp. 1-5.



- [TS.Distrib.4]. T. Piccoli, M. Fermeglia, D. Bosich, P. Bevilacqua, G. Sulligoi, "Environmental Assessment and Regulatory Aspects of Cold Ironing Planning for a Maritime Route in the Adriatic Sea," *Energies*, vol. 14, no. 18, p. 5836, Sep. 2021.
- [TS.Distrib.5]. M. Chiandone, A. Vicenzutti, D. Bosich, A. A. Tavagnutti, N. Barbini, G. Sulligoi, "Open Source Hardware in the Loop Real-time Simulation of Zonal DC systems," 2022 Open Source Modelling and Simulation of Energy Systems (OSMSES), 2022, pp. 1-6.
- [TS.Distrib.6]. A. Vicenzutti, G. Sulligoi, "Protections in a MW-scale DC ZEDS based on COTS components," 2021 IEEE Fourth International Conference on DC Microgrids (ICDCM), 2021, pp. 1-8.

## TECNOLOGIE

Effetto dei disturbi in alta frequenza sulle connessioni di cavi di distribuzione a bordo nave

Le attività di ricerca in questo ambito sono state svolte presso il Laboratorio D-ETEF (Digital Energy Transformation and Electrification Facility) del Dipartimento di Ingegneria e Architettura in stretto coordinamento con il Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston. L'attività di ricerca ha riguardato diversi argomenti: 1) la modellistica dei cavi di potenza, dei loro parametri e l'analisi dell'impatto delle armoniche iniettate in rete dai sistemi di elettronica di potenza [TS.Tecnol.1- TS.Tecnol.3]; 2) l'analisi termica del *power corridor*, modulo costitutivo della nave nel quale è possibile concentrare la maggior parte degli elementi facenti parte del sistema di distribuzione elettrico [TS.Tecnol.4]; 3) la modellizzazione e l'analisi in frequenza dei trasformatori *foil* che, grazie alla riduzione di volume e peso, stanno rimpiazzando i trasformatori tradizionali a bordo nave [TS.Tecnol.5].

Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Sulle tematiche riguardanti i disturbi in alta frequenza sulle connessioni di cavi di distribuzione a bordo nave e sul concetto del *power corridor* è stata attivata una collaborazione con il Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston, all'interno dei progetti: "Electric Ships Insulation Systems Analysis – ELISA" e "Green Ship Design – reducing ships' energy footprint from early stage".

## Bibliografia

- [TS.Tecnol.1]. A. Colavitto, A. Vicenzutti, D. Bosich, G. Sulligoi, "Modeling of Power Cables in Shipboard IPES for assessing High Frequency Disturbances Propagation," 2019 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), 2019, pp. 337-344.
- [TS.Tecnol.2]. A. Colavitto, A. Vicenzutti, D. Bosich, G. Sulligoi, "Open Challenges in Future Electric Ship Design: High-Frequency Disturbance Propagation in Integrated Power and Energy Systems on Ships," in *IEEE Electrification Magazine*, vol. 7, no. 4, pp. 98-110, Dec. 2019.
- [TS.Tecnol.3]. A. Colavitto, A. Vicenzutti, G. Sulligoi, "Equivalent Inductance Evaluation for Cable Bundles in Shipboard Integrated Power and Energy Systems," 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020, pp. 1-5.
- [TS.Tecnol.4]. M. McCandless, C. Cooke, J. Chalfant, C. Chrysostomidis, A. Colavitto, A. Vicenzutti, A. Contin, G. Sulligoi, "Thermal Analysis of MVDC Power Corridor," 2019 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), 2019, pp. 106-112.
- [TS.Tecnol.5]. N. Barbini, A. Colavitto, A. Vicenzutti, A. Contin, G. Sulligoi, "High Frequency Modeling of Foil Type Transformers for Shipboard Power Electronic Power Distribution Systems," 2019 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2019, pp. 1-6.

## TRASPORTI E MOBILITA' ELETTRICA

Efficienza energetica nel settore trasporti

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

Le attività di ricerca in questo ambito sono state svolte presso il Laboratorio D-ETEF (Digital Energy Transformation & Electrification Facility) del Dipartimento di Ingegneria e Architettura in collaborazione con il Politecnico di Milano e l'Università della Sapienza e hanno riguardato un'attività di review riguardante l'efficienza energetica nel settore dei trasporti [TS.Trasporti.1].

#### Sistemi elettrici navali

Le attività di ricerca in questo ambito sono state svolte presso il Laboratorio D-ETEF (Digital Energy Transformation & Electrification Facility) del Dipartimento di Ingegneria e Architettura, usualmente in stretto coordinamento con rilevanti istituzioni accademiche italiane ed estere (Università di Aachen, Politecnico di Milano, Sapienza-Università di Roma, Massachusetts Institute of Technology, UCD University College Dublin, University of Rijeka, NTUA National Technical University of Athens, TUE Technical Univ. Eindhoven, Aalborg, etc.) e con enti pubblici e privati leader nel settore (Nidec-ASI Ansaldo Sistemi Industriali, Fincantieri, Wartsila, General Electric, Marina Militare, US Navy's Office of Naval Research, ABB, ecc.). Le attività di ricerca hanno riguardato diversi aspetti della progettazione, controllo e integrazione funzionale dei sistemi elettrici di bordo [TS.Trasporti.2-TS.Trasporti.3], quali: 1) la qualità del servizio, con particolare riferimento al controllo delle grandezze elettromeccaniche (tensione, frequenza) tramite la modellistica dei generatori e dei sistemi di controllo della tensione, la stabilità di tensione, il controllo coordinato delle centrali di bordo e dei sistemi di accumulo, il power management delle potenze (attive e reattive) [TS.Trasporti.4-TS.Trasporti.9]; 2) progettazione o refitting di impianti elettrici navali volti ad equipaggiare imbarcazioni polifunzionali e mega-yacht, mediante l'integrazione nell'impianto elettrico di bordo di sistemi di propulsione elettrica o ibrido elettrica [TS.Trasporti.10-TS.Trasporti.13]; 3) le metodologie di progettazione integrata degli impianti elettrici navali [TS.Trasporti.14- TS.Trasporti.18].

#### Collaborazioni con altre unità

Collaborazioni con il Politecnico di Milano e l'università della Sapienza di Roma hanno riguardato le tematiche di efficienza energetica e sistemi elettrici navali, quest'ultima tematica all'interno del progetto "Naval Smart Grid (NaSG): Sistema elettrico integrato con caratteristiche di controllo e affidabilità per unità navali militari a propulsione elettrica".

#### Collaborazioni con altre università ed enti internazionali

Nell'ambito dei sistemi elettrici navali sono state attivate delle collaborazioni con Università di Aachen, Massachusetts Institute of Technology, UCD University College Dublin, University of Rijeka, NTUA National Technical University of Athens, TUE Technical Univ. Eindhoven e Università di Aalborg. I progetti svolti in collaborazione con alcune di queste sono i seguenti: "METRO (Maritime Environment-friendly TRanspOrt systems)" e "Green Ship Design – reducing ships' energy footprint from early stage".

#### Bibliografia

- [TS.Trasporti.1]. M. Brenna et al., "A Review on Energy Efficiency in Three Transportation Sectors: Railways, Electrical Vehicles and Marine," *Energies*, vol. 13, no. 9, p. 2378, May 2020
- [TS.Trasporti.2]. G. Sulligoi, D. Bosich, A. Vicenzutti, Y. Khersonsky, "Design of Zonal Electrical Distribution Systems for Ships & Oil Platforms: Control Systems and Protections," 2019 IEEE Petroleum and Chemical Industry Committee Conference (PCIC), 2019, pp. 321-330.
- [TS.Trasporti.3]. G. Sulligoi, D. Bosich, A. Vicenzutti, Y. Khersonsky, "Design of Zonal Electrical Distribution Systems for Ships and Oil Platforms: Control Systems and Protections," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 56, no. 5, pp. 5656-5669, Sept.-Oct. 2020.
- [TS.Trasporti.4]. A. A. Tavagnutti, S. Bertagna, D. Bosich, V. Bucci, G. Sulligoi, "Coordinated Power Control for Flexible and Sustainable Operation of DC microgrids in Yacht Marinas," 2022 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 2022, pp. 689-694.
- [TS.Trasporti.5]. D. Bosich, G. Sulligoi, "Stability-Oriented Filter Design optimization in Cascade-Connected MVDC Shipboard Power System," 2020 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), 2020, pp. 1-5.

#### Presidente

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

#### Segretario

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it

- [TS.Trasporti.6]. A. A. Tavagnutti, T. Coletto, D. Bosich, G. Sulligoi, "HIL Virtual Prototyping of a DC Shipboard Microgrid," 2021 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2021, pp. 1-6.
- [TS.Trasporti.7]. A. A. Tavagnutti, D. Bosich, G. Sulligoi, "Strategies for Preserving the Battery SOC in DC Shipboard Power systems," 2021 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), 2021, pp. 1-6.
- [TS.Trasporti.8]. D. Bosich, G. Giadrossi, S. Pastore, G. Sulligoi, "Weighted Bandwidth Method for Stability Assessment of Complex DC Power Systems on Ships," *Energies*, vol. 15, no. 1, p. 258, Dec. 2021.
- [TS.Trasporti.9]. M. A. Hassan et al., "DC Shipboard Microgrids With Constant Power Loads: A Review of Advanced Nonlinear Control Strategies and Stabilization Techniques," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 13, no. 5, pp. 3422-3438, Sept. 2022.
- [TS.Trasporti.10]. V. Bucci, F. Mauro, A. Vicenzutti, D. Bosich, G. Sulligoi, "Hybrid-electric solutions for the propulsion of a luxury sailing yacht," 2020 2nd IEEE International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems (IESES), 2020, pp. 280-286.
- [TS.Trasporti.11]. L. Braidotti, S. Bertagna, A. Marinò, D. Bosich, V. Bucci, G. Sulligoi, "An Application of Modular Design in the Refitting of a Hybrid-electric Propelled Training Ship," 2020 AEIT International Annual Conference (AEIT), 2020, pp. 1-6.
- [TS.Trasporti.12]. A. Vicenzutti, F. Mauro, V. Bucci, D. Bosich, G. Sulligoi, S. Furlan, L. Brigati, "Environmental and operative impact of the electrification of a double-ended ferry," 2020 Fifteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2020, pp. 1-6.
- [TS.Trasporti.13]. G. Degan, L. Braidotti, D. Bosich, G. Sulligoi, V. Bucci, A. Marino, "Feasibility Study of a DC Hybrid-Electric Catamaran for River Navigation," 2021 Sixteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 2021, pp. 1-5.
- [TS.Trasporti.14]. V. Bucci, G. Sulligoi, Chalfant Julie, and Chryssostomos Chryssostomidis. "Evolution in Design Methodology for Complex Electric Ships." *J Ship Prod Des* 37 (2021): 215–227.
- [TS.Trasporti.15]. A. Vicenzutti, G. Trincas, V. Bucci, G. Sulligoi, G. Lipardi, "Early-Stage design methodology for a multirole electric propelled surface combatant ship," 2019 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), 2019, pp. 97-105 .
- [TS.Trasporti.16]. G. Sulligoi, G. Trincas, A. Vicenzutti, L. Braidotti, M. Cataneo, "Concept Design Methodology to Enable Naval Smart Grid onboard Electric Ships," 2021 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), 2021, pp. 1-9
- [TS.Trasporti.17]. A. Vicenzutti, G. Sulligoi, V. Bucci, S. Bertagna, M. Cataneo, P. Borghese, "Naval Smart Grid Preliminary Integration onboard Electric Ships," 2021 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), 2021, pp. 1-7.
- [TS.Trasporti.18]. A. Vicenzutti, G. Sulligoi, "Electrical and Energy Systems Integration for Maritime Environment-Friendly Transportation," *Energies*, vol. 14, no. 21, p. 7240, Nov. 202

## UTILIZZAZIONE E MICROGRID

### Gestione, controllo ed analisi di microgrid

L'attività è stata svolta presso il laboratorio D-ETEF (Digital Energy Transformation & Electrification Facility) del Dipartimento di Ingegneria e Architettura. Sono stati analizzati sistemi elettrici in isola operanti sia in corrente alternata che in corrente continua. Per tali reti dense di convertitori statici, sono state proposte molte strategie per la gestione e il controllo di tensione, frequenza e flussi di potenza attiva-reattiva. Il campo principale di investigazione è stato quello riguardante la distribuzione in corrente continua DC, la cui applicazione è stata studiata per le microgrid, principalmente nell'ambito navale e terrestre. Grande risalto è stato dato alla tematica dell'instabilità del sistema in DC [TS.Utiliz.1- TS.Utiliz.2] instabilità legata all'interazione dinamica fra controlli e stadi LC di filtraggio dei convertitori controllati a banda elevata. Sono state trattate anche microgrid alpine in corrente alternata [TS.Utiliz.3- TS.Utiliz.4], è stata prevista l'integrazione di generazione distribuita (rinnovabile) e accumulo allo scopo di migliorare l'impatto energetico-ambientale del comprensorio sciistico.

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

## Bibliografia

- [TS.Utiliz.1]. A. A. Tavagnutti, D. Bosich, G. Sulligoi, "A Multi-Model Methodology for Stability Assessment of Complex DC Microgrids," 2021 IEEE Fourth International Conference on DC Microgrids (ICDCM), 2021, pp. 1-7.
- [TS.Utiliz.2]. A. A. Tavagnutti, D. Bosich, S. Pastore, G. Sulligoi, "A Template Model to Assess the DC Stability of Green Charging Microgrids," 2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2022, pp. 878-883.
- [TS.Utiliz.3]. E. Cervi, D. Bosich, G. Sulligoi, "Assessment of an Alpine Microgrid in a Ski Resort for Integrating RES and Electrical Mobility," 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 2020, pp. 1-6.
- [TS.Utiliz.4]. D. Bosich, M. Dalle Feste, P. Sezenna, F. Monachesi, G. Sulligoi, "Evolution of an Alpine Ski-Resort Distribution System Toward Microgrid," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 58, no. 1, pp. 152-162, Jan.-Feb. 2022.

## PROGETTI

**Dependable Smart Microgrid: Valutazione della fidatezza della rete elettrica del Campus Universitario di Piazzale Europa e dei miglioramenti ottenibili in ottica Smart Microgrid**

Responsabile scientifico: Andrea Vicenzutti

Ente finanziatore: LR 2/2011 FVG - Finanziamenti al sistema universitario regionale

Breve descrizione: il progetto è volto alla valutazione delle prestazioni in termini di fidatezza (c.d. "dependability", ossia l'analisi e la gestione dell'origine, dell'effetto e delle contromisure agli eventi di guasto nei sistemi complessi) della rete elettrica di distribuzione principale del Campus Universitario di Piazzale Europa dell'Università di Trieste, e dei possibili miglioramenti ottenibili mediante l'introduzione di nuovi elementi in ottica Smart Microgrid.

Altre informazioni: progetto svolto dal 01/07/2021 ad oggi.

Electrical Surface Equipment Analysis

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi

Ente finanziatore: SAIPEM S.p.A.

Breve descrizione: il progetto prevede la revisione critica e l'approfondimento di varie proposte tecniche per l'alimentazione di un sistema ROV (remote operated vehicle) prototipale basato su attuatori brushless. In particolare, vengono valutate la realizzabilità tecnica, eventuali soluzioni migliorative a seguito di un'analisi critica delle alternative progettuali e, in particolare, la progettazione preliminare di un sistema SPU (surface power unit) nel caso di un powertrain HVDC (tensioni in corrente continua tra 1kV e 5kV).

Altre informazioni: progetto svolto dal 01/09/2021 ad oggi.

Creating a Sustainability Framework for the Urban Regeneration of Trieste's Old Port

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi

Ente finanziatore: FVG (Friuli Venezia Giulia) Seed Fund MISTI

Breve descrizione: il progetto è volto ad effettuare ricerca in merito alla rigenerazione urbana del Porto Vecchio di Trieste, esplorando strategie e indicatori di sostenibilità per la futura riqualificazione della zona. Il progetto porterà alla definizione di un Framework per la valutazione delle proposte progettuali, allineato agli

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

obiettivi di pianificazione della Città. Questi prevedono la rivitalizzazione del lungomare nella forma di un'area ad uso misto, collegato al tessuto urbano della città storica. Il quadro di sostenibilità includerà una serie di linee guida per la valutazione e la raccomandazione di criteri di interesse, quali considerazioni ambientali, economiche e sociali. Il focus è sulla valutazione della sostenibilità delle proposte progettuali, concentrando l'analisi sull'uso del suolo, sull'infrastruttura elettrica, i sistemi di mobilità, il clima e l'innalzamento del livello del mare, l'impatto paesaggistico e le strategie di riqualificazione degli edifici. Utilizzando un approccio multidisciplinare, basato sulle competenze maturate sia dal MIT che dall'Università di Trieste, sarà possibile sviluppare un Framework di valutazione della sostenibilità, che fornirà ai decisori indicatori per analizzare gli impatti dei futuri scenari di riqualificazione e, in definitiva, aiutare a riqualificare in modo sostenibile l'area di Porto Vecchio.

Sedi partner: Massachusetts Institute of Technology.

Altre informazioni: progetto svolto dal 18/12/2019 ad oggi.

Sviluppo di nuova modellistica di struttura dei sistemi di regolazione della tensione locale e nazionale

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi

Ente finanziatore: Terna S.p.A. – Consorzio nazionale ENSIEL

Breve descrizione: l'obiettivo del progetto è triplice: 1) revisionare l'architettura della regolazione di tensione a livello centrale/gruppo; 2) supportare Terna nella realizzazione di modelli Matlab/Simulink dei SART attualmente disponibili nelle centrali del sistema elettrico nazionale; 3) Revisionare l'architettura della regolazione della tensione nazionale, valutando schemi di azione distribuiti e metodi di stabilizzazione delle oscillazioni inter-area.

Altre informazioni: progetto svolto dal 23/10/2019 a 22/10/2021.

### **METRO (Maritime Environment-friendly TRanspOrt systems)**

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi / Andrea Vicenzutti

Ente finanziatore: 2014 - 2020 Interreg V-A Italy – Croatia

Breve descrizione: il progetto METRO mira a migliorare la sostenibilità ambientale nel campo del trasporto marittimo, con particolare attenzione ai collegamenti turistici nell'area del Nord Adriatico, mediante un'azione sinergica che comprende attori quali Università, aziende, ed enti pubblici nel settore del trasporto marittimo e dello sviluppo territoriale. L'obiettivo del progetto verrà perseguito sia mediante attività di ricerca e sviluppo tecnologico (sviluppo di soluzioni ibride da implementare su navi per trasporto passeggeri), sia attraverso una attività di sviluppo logistico (studio sulla modifica delle infrastrutture di alimentazione elettrica nei piccoli porti di interesse, definizione di nuove rotte tra i porti dell'Adriatico settentrionale).

Sedi partner: Wärtsilä Italia S.p.A., Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Orientale, Tehnomont Shipyard Pula LTD., Istrian Development Agency IDA LTD., University of Rijeka (Faculty of Engineering), University of Rijeka (Faculty of Maritime Studies).

Altre informazioni: progetto svolto dal 01-01-2019 al 31-12-2021.

### **Analisi della propagazione dei disturbi in alta frequenza nei sistemi elettrici navali – APDASEN**

Responsabile scientifico: Andrea Vicenzutti

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it



Ente finanziatore: Finanziamento per la Ricerca di Ateneo – FRA 2018 (Università di Trieste)

Breve descrizione: il progetto è volto a migliorare la comprensione delle metodologie di propagazione dei disturbi in alta frequenza, causati dall'operazione dei moderni sistemi di conversione statica, nei sistemi elettrici di bordo delle navi, sia nelle convenzionali architetture MVAC (Medium Voltage Alternate Current) che negli innovativi sistemi MVDC (Medium Voltage Direct Current).

Altre informazioni: progetto svolto dal 01/01/2019 a 13/05/2021.

### **Electric Ships Insulation Systems Analysis – ELISA**

Responsabile scientifico: Alfredo Contin / Andrea Vicenzutti

Ente finanziatore: FVG (Friuli Venezia Giulia) Seed Fund MISTI

Breve descrizione: il progetto di ricerca è volto ad investigare la generazione e propagazione dei disturbi di tensione/corrente creati dai transistori di commutazione dei moderni convertitori ad elevata potenza, valutandone gli effetti sui sistemi isolanti dei sistemi elettrici di tipo MVAC (Medium Voltage Alternate Current) e MVDC (Medium Voltage Direct Current) delle moderne e future navi a propulsione elettrica.

Sedi partner: Massachusetts Institute of Technology.

Altre informazioni: progetto svolto dal 20/12/2018 a 31/03/2022.

### **Study of Insulating Systems' Design and Verification Processes for Shipboard Integrated Power Systems – InSyDe-Pro-ShIPS**

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi / Andrea Vicenzutti

Ente finanziatore: POR FESR 2014-2020 Regione FVG

Breve descrizione: l'obiettivo principale del progetto è lo studio ed il miglioramento dei processi di progettazione e verifica dei sistemi isolanti per i sistemi elettrici di bordo di navi a propulsione elettrica, al fine di includere fenomeni elettrici attualmente non considerati (distribuzione non lineare delle sovratensioni impulsive con spettro di armoniche superiore ai MHz, dovuta alla presenza di elementi parassiti, e conseguente invecchiamento accelerato e disomogeneo dei sistemi isolanti) ma impattanti sulla durata di vita del sistema stesso. Nel corso del progetto è applicato un approccio sia teorico (studio delle sollecitazioni impulsive e della loro propagazione nei sistemi elettrici di bordo di moderne navi a propulsione elettrica, modellizzazione in alta frequenza dei componenti di interesse del sistema elettrico), sia sperimentale (costruzione di un prototipo di trasformatore multipresa per la verifica sperimentale dei risultati ottenuti con i modelli). Inoltre, il progetto prevede la valutazione delle eventuali carenze normative a riguardo della progettazione e verifica dei sistemi isolanti per sistemi elettrici con elevata densità di conversione statica, e la proposta di possibili aggiornamenti.

Sedi partner: Elttromeccanica S.r.l, Lloyd's Register EMEA.

Altre informazioni: progetto svolto dal 01/10/2018 al 31/12/2019.

### **ETEF - Electric Test Facility. Dimostratore tecnologico di smart power grids per attività di validazione, de-risking e training.**

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it



Ente finanziatore: Ministero della Difesa

Breve descrizione: Progetto di ricerca PNRM (Piano Nazionale della Ricerca Militare, PNRM, Ministero della Difesa, Direzione degli Armamenti Navali, Marina Militare Italiana). Il progetto, articolato in due fasi, ha previsto la realizzazione di un dimostratore tecnologico in scala industriale finalizzato a testare risultati di ricerca nel campo dei sistemi elettrici, elettronici ed energetici navali ed elevarne il TRL (Technology Readiness Level). Esso consente di effettuare gli studi di de-risking tecnologico di soluzioni innovative per la generazione e il controllo dell'energia elettrica in microgrid in isola (navali, terrestri) prima della costruzione e installazione. La prima fase del progetto ha previsto le attività di preparazione e analisi necessarie alla produzione ed installazione del sistema elettrico modulare in Media Tensione Continua costituente il dimostratore tecnologico. Nella seconda fase si è proceduto all'installazione del sistema di conversione e sono stati eseguiti degli studi di integrazione, successivamente si è passati alla fase di commissioning e sono stati eseguiti i test finali.

Sedi partner: Wärtsilä Italia S.p.A., Fincantieri SI S.p.A., SEASTEMA S.p.A..

Altre informazioni: progetto svolto dal 24-02-2018 al 17-05-2021.

### **S3UNICA (Smart SpecialiSation UNiversity Campus)**

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi / Daniele Bosich

Ente finanziatore: Interreg Europe programme

Breve descrizione: Progetto coordinato dalla Regione FVG. L'obiettivo principale è di capitalizzare l'esperienza del progetto "Smart Campus" per migliorare l'efficienza degli edifici e delle infrastrutture dei campus universitari, promuovendo la simbiosi con il territorio regionale e lo sviluppo di soluzioni innovative attraverso la catena del valore associata al risparmio energetico e lo sviluppo di smart grids. È stata definita una metodologia comune, usando la nuova direttiva Energy Performance of Buildings e il suo Smart Readiness Indicator.

Sedi partner: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Università di Udine, Alba Local Energy Agency – ALEA, Andalusian Energy Agency, Regional Ministry of Employment, Enterprise and Commerce, Andalusian Government - AEA, University Institute of Domotic and Energy Efficiency - University of Malaga, Regional Council of South Karelia, Lappeenranta University of Technology – LUT, Association of Municipalities Polish Network "Energie Cités".

Altre informazioni: progetto svolto dal 01-08-2019 al 31-07-2022.

### **Green Ship Design – reducing ships' energy footprint from early stage**

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi

Ente finanziatore: FVG (Friuli Venezia Giulia) Seed Fund MISTI

Breve descrizione: il progetto di ricerca è volto ad investigare la possibilità di arricchire, dal punto di vista della quantità di informazioni sviluppate, la fase di progettazione concettuale per le navi a propulsione elettrica. Questo mediante l'anticipo di alcuni passi progettuali solitamente sviluppati in fasi più avanzate della progettazione, o l'utilizzo di strumenti innovativi di ausilio alla progettazione. Questo in quanto le decisioni prese nella fase di progettazione concettuale hanno il maggiore impatto con il minor costo sulle capacità finali

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

della nave. Tuttavia, queste decisioni vengono attualmente prese sulla base di una ridotta quantità di informazioni. Attualmente esiste un'esperienza di base molto limitata per la progettazione di nuove grandi navi a propulsione elettrica, in particolare per quanto riguarda i più recenti progressi tecnologici, rendendo difficile effettuare con successo il processo di progettazione concettuale di tali unità. Come caso di studio, il progetto utilizza un nuovo concetto di design, che prefigura un cambiamento radicale nella progettazione di navi elettriche: il Power Corridor.

Sedi partner: Massachusetts Institute of Technology, SISSA (Trieste).

Altre informazioni: progetto svolto dal 11/01/2018 a 31/08/2019.

**Naval Smart Grid (NaSG): Sistema elettrico integrato con caratteristiche di controllo e affidabilità per unità navali militari a propulsione elettrica**

Responsabile scientifico: Giorgio Sulligoi

Ente finanziatore: Piano Nazionale della Ricerca Militare (PNRM) – (Ministero della Difesa, Direzione degli Armamenti Navali, Marina Militare Italiana)

Breve descrizione: il progetto di ricerca, articolato in tre fasi, è volto ad ottenere risultati utili all'emissione di requisiti operativi e alla progettazione di unità navali militari a propulsione elettrica, con impianto elettrico integrato in AC ed ibrido AC/DC. I risultati, ricavati con riferimento alla rivisitazione tecnologica di piattaforme esistenti (Nave Cavour, Nave Trieste, Fregate FREMM), sono presentati in chiave metodologica, quali linee guida tecnico-scientifiche per la definizione di requisiti operativi per l'integrazione delle migliori tecnologie esistenti con i previsti futuri risultati delle attività di sviluppo tecnologico del settore, in tema di gestione e controllo dei sistemi elettrici integrati di bordo.

Gli obiettivi realizzativi sono stati i seguenti:

- NaSG – Fase 1

WP1.1 Definizione dei requisiti del sistema elettrico [A1.1.1- Scelta dell'azionamento per la propulsione elettrica; A1.1.3- Definizione di requisiti e vincoli operativi (caratteristiche carichi rilevanti, power quality, riconfigurabilità, certificazioni di affidabilità, ecc.);

WP1.2 Definizioni e valutazioni sul sistema di generazione e distribuzione dell'unità AES [A1.2.1- Sistema di generazione e regolazione dell'energia elettrica di bordo e sua gestione a fini energetici in funzione dei modi operativi della nave; A1.2.2- Definizione architettura dell'IPS – varianti 1) e 2); A1.2.3- Valutazioni preliminari su disponibilità dei componenti ed affidabilità del sistema, stato del neutro, sistema di protezione dei componenti di rete nelle varie condizioni di funzionamento, aspetti di riconfigurabilità; A1.2.4- Problematiche di Power Quality (aspetti di continuità del servizio, analisi armoniche, impatto carichi impulsivi, valutazione transitori, accumuli di potenza e di energia)].

- NaSG – Fase 2

WP2.1 Studio di soluzioni innovative volte all'ottenimento di livelli superiori di Power Quality per i sistemi elettrici di bordo di riferimento [A2.1.3- Studi inerenti i sistemi di regolazione di tensione e/o frequenza di bordo per i sistemi elettrici di bordo di riferimento];

WP2.2 Definizioni di strumenti innovativi (Smart Solutions) per l'ottenimento di prestazioni elevate

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli	Prof. Luigi Martirano
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano	DIAEE – Sapienza Università di Roma
Campus Bovisa, Via La Masa 34	Via Eudossiana 18
20156 Milano	00184 Roma
Tel.: +39 02 2399 6850	Tel.: +39 06 44585592
dario.zaninelli@polimi.it	martirano@uniroma1.it

dal sistemi elettrici di bordo di riferimento, anche ai fini della possibile futura installazione di carichi e sottosistemi elettrici innovativi [A2.2.1- Analisi delle possibili metodologie di applicazione degli strumenti propri della teoria della “fidatezza” (dependability) alla progettazione integrata di sistemi elettrici navali militari ad alte prestazioni; A2.2.2- Linee guida per coordinamento protezioni, convertitori, sistemi di controllo e accumulo, in funzione dei modi operativi della nave, considerando il possibile utilizzo di isole DC per alimentazione e protezione di carichi sensibili; A2.2.4- Analisi delle possibilità di utilizzo delle isole DC finalizzato all'alimentazione di carichi impulsivi (es. railguns, radar, FELs, etc.) in coordinamento con i sistemi di controllo e accumulo.]

- NaSG – Fase 3

WP3. Funzionalità speciali per la rete elettrica di unità navali innovative [A3.1- Aspetti di progettazione navale integrata per una razionale integrazione delle applicazioni elettriche a bordo nave, con riferimento alla navalizzazione di soluzioni tecniche sviluppate nel corso delle Fasi precedenti e/o di sistemi PEPDS (Power Electronics Power Distribution System) di interesse per MMI; A3.2- Aspetti relativi all'integrazione nell'impianto elettrico di bordo e sulla piattaforma nave di apparati innovativi: carichi impulsivi, nuovi radar, sistemi d'arma, convertitori multifunzione (propulsione, shaft-generator, shore connection, SST, PCM, etc.) e relativi accumuli “funzionali” necessari; A3.3- Studio delle sollecitazioni e della diagnostica dei sistemi isolanti negli impianti elettrici di bordo convenzionali e PEPDS].

Sedi partner: Politecnico di Milano, Università della Sapienza.

Altre informazioni: progetto svolto dal 13/03/2013 al 17/02/2020

### **Riconoscimento di guasti permanenti su linee aeree del sistema di subtrasmissione dell'energia elettrica**

Responsabile scientifico: Stefano Quaia

Ente finanziatore: Terna Rete Italia S.p.A.

Breve descrizione: il progetto prevede lo studio e lo sviluppo di algoritmi per il riconoscimento automatico di guasti permanenti ed eventi potenzialmente dannosi di diversa origine su linee aeree del sistema di subtrasmissione a 132 kV e 150 kV.

Altre informazioni: progetto svolto dal febbraio 2020 a maggio 2020.

### **LABORATORI**

#### ***Digital Energy Transformation & Electrification Facility (D-EETF lab.)***

Breve descrizione: Il D-EETF (Digital Energy Transformation & Electrification Facility), diretto dal prof. G. Sulligoi, è una rete di laboratori universitari e condivisi università/azienda dedicata allo studio dei sistemi elettrici terrestri e navali. Si compone delle seguenti strutture: ETEF - Electric TESt Facility (LV/MV-AC/DC flexible grid & test demonstrator), Microgrid Lab., Digital Twin Lab., Dependable & Dynamic Modeling Lab., Smart Campus test facility (MVAC ring electrical distribution grid) e Naval Smart Grid. L'attività di ricerca, portata avanti anche in collaborazione con industrie ed altri enti di ricerca a livello sia nazionale che internazionale, comprende i seguenti argomenti: regolazione di tensione (primaria e secondaria) nei sistemi elettrici terrestri e navali; integrazione e controllo di sistemi di generazione distribuita; architetture HW e SW per il controllo e la gestione dei sistemi elettrici; architetture di distribuzione innovative per applicazioni navali

Presidente	Segretario
Prof. Dario Zaninelli Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano Campus Bovisa, Via La Masa 34 20156 Milano Tel.: +39 02 2399 6850 dario.zaninelli@polimi.it	Prof. Luigi Martirano DIAEE – Sapienza Università di Roma Via Eudossiana 18 00184 Roma Tel.: +39 06 44585592 martirano@uniroma1.it

a vari livelli di potenza/complessità (yacht, navi passeggeri, navi militari, navi e piattaforme offshore); stabilità dei sistemi di distribuzione in media tensione continua (MVDC); infrastrutture di alimentazione da terra (shore-connection) per navi di tipo All Electric; affidabilità dei sistemi elettrici di bordo; progettazione integrata di sistemi elettrici a bordo nave. A fianco delle comuni attività di ricerca, il laboratorio effettua anche attività sperimentali, quali la modellizzazione e la simulazione di sistemi di generazione e l'acquisizione e processamento di segnali su sistemi elettrici sia terrestri che navali. Inoltre, effettua a richiesta attività di consulenza e test per conto di terzi.

**Presidente**

Prof. Dario Zaninelli  
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano  
Campus Bovisa, Via La Masa 34  
20156 Milano  
Tel.: +39 02 2399 6850  
dario.zaninelli@polimi.it

**Segretario**

Prof. Luigi Martirano  
DIAEE – Sapienza Università di Roma  
Via Eudossiana 18  
00184 Roma  
Tel.: +39 06 44585592  
martirano@uniroma1.it