

Scheda Gruppi di Ricerca

<p>Nome gruppo</p>	<p><u>Italiano</u>          Applicazioni avanzate, modellazione e progettazione di dispositivi elettromagnetici in bassa frequenza  <u>Inglese</u>          Advanced Applications, Modeling and Design of Low Frequency Electromagnetic Devices</p>
<p>Descrizione</p>	<p><i>Descrizione sintetica delle linee di ricerca (max 1500 caratteri per ogni linea di ricerca).</i></p> <p><u>Italiano</u></p> <p><b>Energy Harvesting:</b></p> <p>La linea di ricerca è focalizzata sulla progettazione e ottimizzazione di circuiti elettronici di potenza e tecniche di controllo per sistemi di energy harvesting. La progettazione e l'ottimizzazione di tali circuiti e tecniche è finalizzata allo sfruttamento ottimale dell'energia fornita dagli harvester per la sua conversione ottimale in energia elettrica e l'immagazzinamento dell'energia convertita in batterie o supercondensatori. Esempi di sistemi di energy harvesting considerati sono: sistemi di energy harvesting da vibrazioni, sospensioni rigenerative, zaini rigenerativi, sistemi di energy harvesting da gocce di pioggia, sistemi di energy harvesting basati su flussi d'acqua. Numerosi articoli scientifici, brevetti nazionali e internazionali sugli harvester da vibrazioni e vari premi dimostrano l'impegno profuso dal gruppo di ricerca nel campo dell'energy harvesting.</p> <p><b>Energie Rinnovabili:</b></p> <p>La linea inquadra le attività di ricerca sulle diverse fonti energetiche rinnovabili, con particolare riferimento alla Fusione Nucleare e alla Conversione Fotovoltaica. La tecnologia della fusione è stata attivamente studiata dai membri del team, ottenendo risultati nella valutazione dell'impatto delle tolleranze sulle prestazioni dei reattori a fusione, come documentato da numerosi articoli su riviste e dalla citazione del contributo del team nei rapporti dell'Organizzazione ITER. Per quanto riguarda i sistemi fotovoltaici, è stato scritto un elevato numero di articoli scientifici e di brevetti principalmente relativi alle tecniche di inseguimento del punto di massima potenza (MPPT). Inoltre, in collaborazione con l'Università di Jaen e con l'Univ. di Napoli "Federico II", è stato messo a punto un modello per simulare l'evento di un fulmine indiretto su array fotovoltaici.</p> <p><b>Modelli Elettromagnetici Avanzati per la Fusione Termonucleare Controllata:</b></p> <p>La linea di ricerca comprende diverse attività nella modellazione elettromagnetica del plasma e dei principali componenti delle macchine a fusione, così come nelle applicazioni elettromagnetiche al CTF. Le principali attività scientifiche comprendono la modellazione elettromagnetica del plasma per applicazioni diagnostiche e di controllo, il calcolo di campi 3D in geometria complessa in presenza di non linearità, anche combinati in modelli MHD, il controllo della forma e della posizione del plasma, l'analisi di scenario e ottimizzazione, analisi delle deformazioni dei magneti e calcolo dei relativi campi di errore,</p>

modellazione delle interazioni campo magnetico-plasma e relativa analisi di impatto su equilibrio e stabilità, tecniche per l'identificazione di plasmi 2D e 3D e l'utilizzo di tecnologie informatiche ad alte prestazioni ed ibride per applicazioni CTF e simulazione del plasma. I membri del gruppo hanno partecipato a numerosi progetti di ricerca internazionali e nazionali e hanno una ricca produzione scientifica su riviste internazionali del settore.

### **Ingegneria Biomedica:**

Il gruppo è da tempo coinvolto nelle attività di ricerca presso il Dipartimento sull'interazione dei campi elettromagnetici a bassa frequenza e corpo umano, per la diagnostica e per l'ablazione tumorale, e la stimolazione magnetica transcranica, nell'ambito di una cooperazione con la TU Ilmenau (DE). Più recentemente, in collaborazione con i ricercatori del Laser Team del Dip. Di Ingegneria, e con il Dip. Multidisco. di Specialità Medico – Chirurgiche e Odontoiatriche, è stata avviata una nuova attività, per indagare le possibili soluzioni diagnostiche Bed-Side per le malattie dei denti. Inoltre, l'interazione con i ricercatori nel campo dell'odontoiatria ha favorito l'interesse per l'interazione dei campi magnetici con il processo di osteogenesi.

Problemi inversi e progetto ottimale nell'elettromagnetismo a bassa frequenza. La linea di ricerca comprende molteplici attività nel campo dell'analisi teorica e numerica dei dispositivi elettromagnetici. I risultati più recenti includono l'analisi delle caratteristiche dei vari metodi di regolarizzazione, anche in ambito di machine learning, applicati a un problema di riferimento e l'impostazione di un quadro teorico e numerico per la risoluzione di problemi elettromagnetici a bassa frequenza utilizzando approcci di Machine-Learning, principalmente Deep e/o Physics-Informed Neural Networks nell'ambito di una collaborazione di lunga durata con i colleghi delle Univ. di Pavia, Pisa e Padova.

### **Problemi inversi e progetto ottimale nell'elettromagnetismo a bassa frequenza:**

La linea di ricerca comprende molteplici attività nel campo dell'analisi teorica e numerica dei dispositivi elettromagnetici. I risultati più recenti includono l'analisi delle caratteristiche dei vari metodi di regolarizzazione, anche in ambito di machine learning, applicati a un problema di riferimento e l'impostazione di un quadro teorico e numerico per la risoluzione di problemi elettromagnetici a bassa frequenza utilizzando approcci di Machine-Learning, principalmente Deep e/o Physics-Informed Neural Networks nell'ambito di una collaborazione di lunga durata con i colleghi delle Univ. di Pavia, Pisa e Padova.

### **Previsione di eventi di fulminazione:**

La linea di ricerca ha come scopo la verifica di fattibilità della previsione di eventi di fulminazione attraverso la misura dei campi elettromagnetici associati ai cosiddetti "precursori". Tali eventi sono caratterizzati da una "firma" elettromagnetica che ci si propone di rivelare mediante l'uso di tecniche data-based, in modo da consentire ai sistemi di protezione di dispositivi sensibili di sconnettere gli apparati in tempo.

Inglese

### **Energy Harvesting:**

The research line is focused on the design and optimization of power electronic circuits and control techniques for energy harvesting systems. The design and the optimization of such circuits and techniques is aimed at the optimal exploitation of the energy provided by harvesters for its optimal conversion into electrical energy and the storage of the converted energy into batteries or supercapacitors. Examples of the considered energy harvesting systems are: Vibration Energy Harvesting systems, Regenerative Suspensions, Regenerative Backpacks, Rain Droplets energy harvesting systems, Water flow based energy harvesting systems. A number of scientific papers, some national and international patents on vibration harvesters and various awards prove the deep engagement of the research team in the field of energy harvesting.

### **Renewable Energies:**

The line frames the research activities on the different renewable energy sources, with particular reference to the Nuclear Fusion and the Photovoltaic conversion. The technology of fusion has been actively investigated by the team members, achieving results in the assessment of tolerances impact on the fusion reactors performance, as documented by many journal articles and by the citation of the team contribution in the reports from ITER Organization. As concerns Photovoltaic systems, a huge number of scientific papers and patents mainly related to Maximum Power Point Tracking techniques have been authored. Moreover, a model to simulate the event of an indirect lightning on PV arrays has been set up in cooperation with the University of Jaen and with the Univ. of Naples "Federico II".

### **Advanced Electromagnetics for Controlled Fusion Technology:**

The research line comprises many different activities in the electromagnetic modeling of plasma and the main components of fusion machines, as well as in electromagnetic applications to CTF. The main scientific activities include the electromagnetic modeling of plasma for diagnostic and control applications, the calculation of 3D fields in complex geometry in the presence of non-linearity, and also combined in MHD models, the control of plasma shape and position, scenario analysis and optimization, analysis of magnet deformations and the calculation of related error fields, modeling of magnetic-plasma field interactions and the relative impact analysis on equilibrium and stability, techniques for the identification of 2D and 3D plasmas, and the use of high-performance and hybrid computing technologies for CTF applications and plasma simulation. The group members have participated in numerous international and national research projects and have a rich scientific output in international journals of the sector.

### **Biomedical Engineering:**

The team has been involved since long in the research activities at the

Dept. on the interaction of low frequency electromagnetic fields and human body, for the diagnostics and for tumor ablation, and the transcranial magnetic stimulation, in the frame of a cooperation with the TU Ilmenau (DE). More recently, in cooperation with the researchers of the Laser Team of Dip. di Ingegneria, and with Dip. Multidisc. di Specialità Medico – Chirurgiche e Odontoiatriche, a new activity has been started, to investigate the possibility of Bed-Side diagnostic solutions for tooth illness. Furthermore, the interaction with researchers in the area of dentistry fostered the interest in the interaction of magnetic fields with the osteogenesis process.

### **Inverse Problems and Optimal Design in Low Frequency Electromagnetism.**

The research line comprises many different activities in the area of theoretical and numerical analysis of the electromagnetic devices. Recent achievements include the thoughtful investigation of the characteristics of a benchmark problem and the setup of a theoretical and numerical framework for the resolution of low-freq. electromagnetic problems using Machine-Learning approaches, primarily Deep and/or Physics-Informed Neural Networks within a long-lasting cooperation with colleagues from univ. of Pavia, Pisa and Padua.

### **Forecast of lightning events:**

The research line verifies the feasibility of predicting lightning events through the measurement of the electromagnetic fields associated with the so-called "precursors". These events are characterized by an electromagnetic "signature" which we aim to reveal through the use of data-based techniques, so as to allow the protection systems of sensitive devices to disconnect the devices in time.

### *Partecipazione a progetti di Ricerca.*

- TEMELEV Project, #NOACRONYM Program (PoC - MISE)
- PRIN 20177BZMAH\_003
- Vibration Energy Harvesters featuring Smart Power Electronic Interfaces towards Resilient IoT (ESPERI)
- Hybrid Energy hArVesting systEms for multiple and irregular ambieNt sources – HEAVEN
- Advanced Management of PErI-prosthetic joint infections based on biofilm electrical featuREs – AMPERE
- Optical biosensors for Point-Of-Care diagnostics of Periodontitis Molecular Biomarkers (POC2PMB)
- Universal techNiques for Identifying and extraCting the maximum energy in vibratiOn harvesting
- Forecast of the Effects of Lightning IN Electrical Systems
- OSSeintegration Improvement with MAGnetic fields – An in-VITRO experimental study
- Electromagnetic Modeling for Personalized Transcranial Magnetic Stimulation
- Uncertainty quantification and predictability of electric and

## magnetic noninvasive brain stimulation

*Da 10 a 20 prodotti scientifici principali segnalando eventualmente il totale del numero di prodotti scientifici rilevanti (riportare obbligatoriamente 10 prodotti di Fascia A dall'Anagrafe della Ricerca – relazioni 2011-2013).*

1. L. Costanzo, A. Lo Schiavo and M. Vitelli, "Power Extracted From Piezoelectric Harvesters Driven by Non-Sinusoidal Vibrations," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 66, no. 3, pp. 1291-1303, March 2019, doi: 10.1109/TCSI.2018.2879751. SCOPUS ID: 2-s2.0-85057378793.
2. L. Costanzo, A. Lo Schiavo and M. Vitelli, "Active Interface for Piezoelectric Harvesters Based on Multi-Variable Maximum Power Point Tracking," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 67, no. 7, pp. 2503-2515, July 2020, doi: 10.1109/TCSI.2020.2977495. SCOPUS ID: 2-s2.0-85088092787.
3. L. Costanzo, T. Lin, W. Lin, A. L. Schiavo, M. Vitelli and L. Zuo, "Power Electronic Interface With an Adaptive MPPT Technique for Train Suspension Energy Harvesters," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 68, no. 9, pp. 8219-8230, Sept. 2021, doi: 10.1109/TIE.2020.3009584. SCOPUS ID: 2-s2.0-85112387642.
4. L. Costanzo, M. Liu, A. L. Schiavo, M. Vitelli and L. Zuo, "Backpack Energy Harvesting System With Maximum Power Point Tracking Capability," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 69, no. 1, pp. 506-516, Jan. 2022, doi: 10.1109/TIE.2021.3053896. SCOPUS ID: 2-s2.0-85100469337.
5. Barmada S., Di Barba P., Formisano A., Mognaschi M. E., Tucci M., "Learning-Based Approaches to Current Identification from Magnetic Sensors", *Sensors*, 2023, 23(8), 3832; <https://doi.org/10.3390/s23083832>
6. Cecoro G., Bencivenga D., Annunziata M., Cennamo N., Ragione F.D., Formisano A., Piccirillo A., Stampone E., Volpe P.A., Zeni L., Borriello A., Guida L., "Effects of Magnetic Stimulation on Dental Implant Osseointegration: A Scoping Review", *Applied Sciences (Switzerland)*, 2022, 12(9), 4496; <https://doi.org/10.3390/app12094496>
7. Formisano A., Petrarca C., Hernández J.C., Munõz-Rodríguez F.J., "Assessment of induced voltages in common and differential-mode for a PV module due to nearby lightning strikes", 2019, *IET Renewable Power Generation*, 13(8), <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2018.6033>
8. Hernández J.D.L.C., Sutil F.J.S., Petrarca C., Formisano A., "A study on the effects of electromagnetic coupling mechanisms in the event of an indirect lightning strike near photovoltaic arrays", 2023, *IET Renewable Power Generation*, 17(4), <https://doi.org/10.1049/rpg2.12646>
9. Vega J. et al. (Chiariello A., Formisano A as JET Contributors), "Disruption prediction with artificial intelligence techniques in tokamak plasmas", 2022, *Nature Physics*, 18, 741–750 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41567-022-01602-2>

10. Mailloux J. et al. (A. Chiariello, A. Formisano as Jet Contributors), "Overview of JET results for optimising ITER operation", 2022, Nuclear Fusion, 62(4), DOI 10.1088/1741-4326/ac47b4
11. Albanese R, Bolzonella T, Chiariello AG, Cucchiario A, Iaiunese A, Lampasi A, Martone R, Piron L, Pizzuto A, Zumbolo P. Error field and correction coils in DTT: A preliminary analysis. Fusion Engineering and Design. 2023;189:113437. doi: 10.1016/j.fusengdes.2023.113437.
12. Bettini, P., Chiariello, A.G., Formisano, A., Marchiori, G., Martone, R., Terranova, D. (2019). Real time assessment of the magnetic diagnostic system in RFX-mod. Fusion Engineering and Design, 146, 426-429. doi: 10.1016/j.fusengdes.2018.12.083.
13. Chiariello, A.G., Formisano, A., Ledda, F., Martone, R., Pizzo, F. (2018). A fast reconstruction approach for the assessment of magnetic diagnostic systems in nuclear fusion devices. IEEE Transactions on Magnetism, 54(3), 7001804. doi: 10.1109/TMAG.2017.2771753.
14. Ventre S, Cau F, Chiariello A, Giovinco G, Maffucci A, Villone F. Fast and Accurate Solution of Integral Formulations of Large MQS Problems Based on Hybrid OpenMP–MPI Parallelization. Applied Sciences (Switzerland). 2022;12(2):627. doi: 10.3390/app12020627.
15. Abate, D., Carpentieri, B., Chiariello, A.G., Marchiori, G., Marconato, N., Mastrostefano, S., Rubinacci, G., Ventre, S., Villone, F. (2018). Fast and parallel computational techniques applied to numerical modeling of RFX-mod fusion device. Applied Computational Electromagnetics Society Journal, 33(2), 176-179.
16. Joffrin, E. et al. JET Contributors. (2019). Overview of the JET preparation for deuterium-tritium operation with the ITER like-wall. Nuclear Fusion, 59(11), 112021. doi: 10.1088/1741-4326/ab2276
17. European Patent EP3766165. Title: Vibration energy harvester, optimized by electronically emulated mechanical tuning technique; Inventors: M. Balato, L. Costanzo, A. Lo Schiavo, M. Vitelli; Applicant: Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli; Publication Number: 3766165; Publication Date: 20/01/2021; Granting date: 27/04/2022. Link:  
<https://register.epo.org/application?number=EP19709760>
18. European Patent EP3942686. Title: Electronic device and method for the maximization of the average power extracted from a vibration harvester; Inventors: L. Costanzo, A. Lo Schiavo, M. Vitelli; Applicant: Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli; Publication Number: 3942686; Publication Date: 26/01/2022; Granting Date: 04/04/2023.  
Link:<https://register.epo.org/application?number=EP20719490>
19. Italian Patent IT201800003632. Title: Harvester di energia vibrazionale ottimizzato mediante la tecnica di tuning meccanico; Inventors: M. Balato, L. Costanzo, A. Lo Schiavo, M. Vitelli; Applicant: Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli; Publication Number: 201800003632; Publication Date: 15/09/2019; Granting date: 30/03/2020;  
Link:<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=IT282780>

20. Italian Patent IT201900004067. Title: Dispositivo e metodo per l'ottimizzazione elettronica della potenza estratta da un harvester da vibrazioni; Inventors: L. Costanzo, A. Lo Schiavo, M. Vitelli; Applicant: Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli; Publication Number: 201900004067; Publication Date: 20/09/2020; Granting date: 04/02/2021; Link:<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=IT319573829>

*Rapporti internazionali e nazionali con aziende, enti, centri di ricerca, Università.*

- Università di Napoli “Federico II”
- Università degli Studi del Sannio di Benevento
- Università di Pavia
- Università di Pisa
- Università di Reggio Calabria
- Università di Padova
- Università di Genova
- Politecnico Università di Torino
- Consorzio C.R.E.A.T.E. (Napoli)
- Consorzio RFX (Padova)

*Categorie ISI WEB di riferimento*

- Engineering, Electrical & Electronic;
- Green & Sustainable Science & Technology;
- Physics, Applied
- 

*Settori Scientifico-Disciplinari di riferimento.*

ING-IND/31, ING-INF/01

*Altre parole chiave di riferimento non contenute nelle categorizzazioni di cui sopra (max 10).*

Settore ERC del gruppo	PE (Physical Sciences and Engineering) PE7 (Systems and Communication Engineering - Electrical, electronic, communication, optical and systems engineering) PE7_3 (Modeling and Simulation Engineering)
Sito web	<a href="https://www.ingegneria.unicampania.it/ricerca/gruppi-di-ricerca#advanced-applications-modeling-and-design-of-low-frequency-electromagnetic-devices-applicazioni-avanzate-modellazione-e-progettazione-di-dispositivi-elettromagnetici-in-bassa-frequenza">https://www.ingegneria.unicampania.it/ricerca/gruppi-di-ricerca#advanced-applications-modeling-and-design-of-low-frequency-electromagnetic-devices-applicazioni-avanzate-modellazione-e-progettazione-di-dispositivi-elettromagnetici-in-bassa-frequenza</a>
Responsabile scientifico/ Coordinatore	Prof. Massimo VITELLI
Componenti	Andrea Gaetano Chiariello, Luigi Costanzo, Alessandro Formisano, Kifayat Ullah, Alessandro Lo Schiavo, Massimo Vitelli, Alessandro Sarracino, Akbarisekehravani Ehsan