

# Curriculum Vitae

## INFORMAZIONI PERSONALI

**Nome** PIETRO  
**Cognome** ROMANO  
**Recapiti** Edificio 9, Facoltà di Ingegneria, DEIM, LEPRE,  
**Telefono** 091-23860282  
091-23860260  
**E-mail** pietro.romano@unipa.it  
pietro.romanotagliavia@gmail.com

## FORMAZIONE TITOLI

### Formazione e studi

L'Ing. Pietro Romano, diplomato al liceo classico V. Emanuele II nel 1986, si è laureato in Ingegneria Elettrica presso l'Università degli Studi di Palermo nell'aprile del 1993 con il voto di 110/110 e la lode, discutendo la tesi dal titolo: "Linee compatte nei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica", relatore Prof. Ing. Vincenzo Cataliotti, correlatore Prof. Ing. Rosario Schifani.

Ha conseguito l'abilitazione all'esercizio della professione di ingegnere presso l'Università degli Studi di Palermo nel giugno del 1993 con la votazione di 120/120.

Dal mese di Settembre 1993 al mese di Dicembre del 1994, ha svolto il servizio di leva come Ufficiale di Complemento della Marina Militare prima presso l'Accademia Navale di Livorno e quindi presso il Comando Squadriglia Pattugliatori di Messina.

Ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria Elettrica (X Ciclo: 1.11.1994 – 31.10.1997 sottosectore n. 288: scienze elettriche) il 29.4.1998 presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica (D.I.E.) della Facoltà di Ingegneria di Palermo, discutendo la tesi dal titolo: "Studio dell'attività di scarica in cavità sferica a varie temperature di prova. (Uno studio teorico, sperimentale e proposta di un modello numerico per la simulazione in sistemi di isolamento epossidici)", docente tutor: Prof. Ing. Rosario Schifani.

Iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Palermo al n° 5207 dal 26.9.1994.

### Attività lavorativa e di ricerca

-Dal 1 gennaio 2005 è ricercatore nel SSD ING-IND/31 e dal 2008 ricercatore confermato.

-Dal 25 maggio al 31 dicembre 2004, approvati gli atti relativi alla valutazione comparativa finalizzata alla copertura di n. 1 posto di ricercatore universitario assegnato alla Facoltà di Ingegneria settore scientifico disciplinare ING-IND/31 in cui è dichiarato vincitore, ha assunto il ruolo di Ricercatore universitario sps.

-Dal 1 Maggio al 31 dicembre 2004 è stato titolare di un Assegno di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Palermo, dal titolo: "diagnostica dei guasti nelle reti elettriche di distribuzione a media tensione", Tutor: prof. Antonino Augugliaro.

-Dal 1 Maggio 2001 al 30 Novembre 2003 è stato titolare di un Assegno di Ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Palermo, Tutor: Prof. Ing. Antonino Augugliaro dal titolo: "Diagnostica dei guasti nelle reti elettriche a media tensione".

-Dal 1 Giugno 2000 al 30 Aprile 2001 ha fruito presso il CRES (Centro per la Ricerca Elettronica in Sicilia) di un contratto a tempo indeterminato con la qualifica di Ricercatore.

-Dal 1 Giugno 1998 al 31 Maggio 2000 ha fruito presso il CRES (Centro per la Ricerca Elettronica in Sicilia) di un contratto biennale con la qualifica di Ricercatore a contratto, finanziato dal MURST ai sensi della legge n.196/97, per lo svolgimento di un progetto di ricerca dal titolo: "Progetto e realizzazione di un sistema computerizzato per prove in alta tensione di materiali isolanti innovativi destinati a sistemi elettrici di potenza". L'impianto progettato è stato realizzato presso il Laboratorio Dielettrici del Dipartimento di Ingegneria Elettrica.

### Premi e riconoscimenti

Best paper Award at 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, powereng 2013, 13-17 May Istanbul, Turkey, con il lavoro: "Performance of the Shape of Partial Discharge Signal Wireless Probes", Miceli, R; Romano, P; Viola, F; Contin, A.

## ATTIVITA' DIDATTICA

### ATTIVITÀ DIDATTICA PRESSO UNIVERITÀ STRANIERE

A.A.2012-13:

1 Lesson 1 - Reconfiguration techniques for partial shaded PV systems. - Electric Power University, Hanoi, Vietnam.

2 Lesson 2 - Partial Discharges in High Voltage insulation systems. - Electric Power University, Hanoi, Vietnam.

#### ATTIVITÀ DIDATTICA PRESSO UNIVERSITÀ ITALIANE

A.A.2012-13:

- 1 Insegnamento di "Elettrotecnica" (9 CFU) CdL Ingegneria Elettronica e Ing. Informatica e delle Telecomunicazioni, PA;
- 2 Insegnamento di "Materiali e Modelli numerici per l'Ingegneria Elettrica" (3 CFU) CdL Magistrale in Ing. Elettrica, PA.

A.A.2011-12:

- 1 Insegnamento di "Elettrotecnica" (9 CFU) CdL Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni;
- 2 Insegnamento di "Elettrotecnica" (9 CFU) - CdL in Ing. Telematica e Ing. Aerospaziale e delle Infrastrutture Aeronautiche presso l'Università degli Studi Kore di Enna.

A.A.2010-11:

- 1 Insegnamento di "Elettrotecnica" (9 CFU) CdL Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni;
- 2 Insegnamento di "Elettrotecnica" (9 CFU) - CdL in Ing. Telematica e Ing. Aerospaziale e delle Infrastrutture Aeronautiche presso l'Università degli Studi Kore di Enna.

A.A.2009-10:

- 1 Insegnamento di Elettrotecnica (9 CFU) - CdL Ingegneria delle Telecomunicazioni, PA;
- 2 Insegnamento di "Elettrotecnica" (6 CFU) - CdL Ing. Telematica presso l'Università degli Studi Kore di Enna.

A.A.2008-09:

- 1 Insegnamento di Elettrotecnica (9 CFU) – CdL Ing. delle Telecomunicazioni, PA;
- 2 Insegnamento di Elettrotecnica (9 CFU) - CdL Ing. Elettronica, sede decentrata CL;

A.A.2007-08:

- 1 Insegnamento di Elettrotecnica (9 CFU) – CdL Ing. delle Telecomunicazioni, PA;
- 2 Insegnamento di Elettrotecnica (9 CFU) - CdL Ing. Elettronica, sede decentrata CL;

A.A.2006-07:

- 1 Insegnamento di Elettrotecnica (9 CFU) – CdL Ing. delle Telecomunicazioni, PA;
- 2 Insegnamento di Elettrotecnica (9 CFU) - CdL Ing. Elettronica, sede decentrata CL;

A.A.2005-06:

- 1 Insegnamento di Elettrotecnica (9 CFU) – CdL Ing. delle Telecomunicazioni, PA;
- 2 Insegnamento di Elettrotecnica I ed Elettrotecnica II (5+5 CFU)- CdL Ing. Elettronica, sede decentrata CL;
- 3 Docente tutor di Elettrotecnica I CdL in Ing. Elettrica, Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni, Automazione, Meccanica e Civile. per il Consorzio Nettuno, PA.

A.A.2004-05:

- 1 Insegnamento di Elettrotecnica I ed Elettrotecnica II (5+5 CFU)- CdL Ing. Elettronica, sede decentrata CL;
- 2 Insegnamento di Elettrotecnica (5 CFU) – CdL Ing. delle Telecomunicazioni, PA;
- 3 Docente tutor di Elettrotecnica I CdL in Ing. Elettrica, Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni, Automazione, Meccanica e Civile. per il Consorzio Nettuno, PA.

A.A.2003-04:

- 1 Insegnamento di Elettrotecnica (5 CFU) – CdL Ing. delle Telecomunicazioni, PA;
- 2 Docente tutor di Elettrotecnica I CdL in Ing. Elettrica, Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni, Automazione, Meccanica e Civile. per il Consorzio Nettuno, PA.

A.A.2002-03:

1 Insegnamento di Elettrotecnica (5 CFU) – CdL Ing. delle Telecomunicazioni, PA;  
2 Docente tutor di Elettrotecnica I CdL in Ing. Elettrica, Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni, Automazione, Meccanica e Civile. per il Consorzio Nettuno, PA.

A.A.2001-02:

1 Insegnamento di Elettrotecnica – Diploma Universitario in Ingegneria delle Infrastrutture, dell'Ambiente e delle Risorse ed dell'Automazione, PA.  
2 Docente tutor di Elettrotecnica I CdL in Ing. Elettrica, Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni, Automazione, Meccanica e Civile. per il Consorzio Nettuno, PA.  
3 Insegnamento di Nozioni Elettriche - presso Alelco S.p.A. per Telecom Italia Learning Services, PA.

A.A.2000-01:

1 Esercitazioni di Principi di Ingegneria Elettrica I – CdL in Ing. Elettrica PA.

A.A.1999-00:

1 Esercitazioni di Elettrotecnica – CdL in Ing. Elettronica, PA.

A. 1997:

1 Cultore della materia Elettrotecnica nel settore scientifico disciplinare ING-IND/31 Elettrotecnica (ex I17X);

A.A. 1995-96 al 200-01

Collaboratore del corso di Principi di Ingegneria Elettrica I - CdL in Ing. Elettrica, PA.

## **RICERCHE FINANZIATE**

Progetti di ricerca internazionali

[PRI.1] 2006/2007 APEX - Legge 297 - Progetto PON – N. Prot. 12784 - "Miglioramento dei Livelli di Affidabilità e Sicurezza Mediante lo Sviluppo di un'Architettura di Processo Evolutiva per i Controlli Non Distruttivi di Strutture Aeronautiche". Collaborazione con Alenia Aeronautica; responsabile: prof. ing. Pietro Lucio Buccheri.

[PRI.2] 2007 – Progetto di ricerca finanziato dallo European Committee of Manufacturers of Domestic Equipment - CECED: "Contract for the support of household appliances control and monitoring application interworking specification". Responsabile scientifico: prof. ing. Rosario Miceli.

[PRI.3] 2010 – PON (Codice 0100700) "Ambition Power" soggetto attuatore ST Microelectronics. Durata progetto 36 mesi.

[PRI.4] 2012 – PON (Decreto MIUR Prot. 629 Ric. del 08/10/2012) "ENERGETIC Technologies for Energy and Energy Efficiency" soggetto attuatore: Distretto Tecnologico Sicilia Micro e Nano Sistemi S.c.a.r.l.. Durata progetto 36 mesi.

Progetti di ricerca a carattere nazionale

[PRN.1] 2008 – PRIN: "Misure di scariche parziali nei convertitori elettronici degli azionamenti elettrici per trazione". Coordinatore nazionale: prof. ing. Andrea Cavallini, Università di Bologna.

[PRN.2] 2006 – PRIN: "CARatterizzazione di MATERIALI Nanostrutturati per Applicazioni Elettriche (CARMA)". Coordinatore nazionale: prof. ing. Giancarlo Montanari, Università di Bologna.

[PRN.3] 2003 – PRIN: "Diagnosi e valutazione dell'affidabilità di sistemi di isolamento di componenti di impianti realizzati in resina attraverso l'applicazione di tecniche di Intelligenza Artificiale". Coordinatore nazionale: prof. ing. Alfredo Contin dell'Università di Trieste, coordinatore locale: prof. ing. Pietro Lucio Buccheri, dal titolo.

[PRN.4] 1998 – COFIN: "Affidabilità di sistemi di isolamento per componenti di trazione in presenza di armoniche di tensione". Coordinatore nazionale: prof. ing. Gian Carlo Montanari dell'Università di Bologna, coordinatore locale: prof. ing. Rosario Schifani.

[PRN.5] 2004/2005 Legge 297 - "Dispositivi per la Diagnosi dei Sistemi di Isolamento (D2SI)"; collaborazione con il CRES - Centro per la Ricerca Elettronica in Sicilia Via Regione Siciliana,49 - 90046 Monreale (PA). Responsabile: prof. ing. Rosario Schifani.

Progetti di ricerca di ateneo

[PRA.1] 2012- Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "Implementazione di misure e modelli per la valutazione dell'effetto delle scariche parziali sui dielettrici utilizzati nella componentistica elettronica di potenza impiegata nel settore delle fonti rinnovabili" coordinatore Ing. Pietro Romano.

[PRA.2] 2007 - Progetto innovativo di Ateneo: "Impiego di sensori elettromagnetici per la rilevazione del campo radiato dall'attività di scariche parziali nei sistemi di isolamento, per la diagnosi dell'affidabilità di componenti di macchine ed impianti elettrici"; coordinatore prof. ing. Guido Ala, Università di Palermo.

[PRA.3] 2007 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "Riduzione del campo elettrico e del campo magnetico degli

elettrodotti di trasmissione dell'energia elettrica per la limitazione degli effetti fisiologici sull'uomo: geometrie innovative degli elettrodotti e provvedimenti di schermatura attiva e passiva." coordinatore prof. ing. Pietro Lucio Buccheri, Università di Palermo.

[PRA.4] 2007 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "Implementazione di modelli numerici per la valutazione dell'effetto delle scariche parziali su dielettrici solidi nanostrutturati" coordinatore prof. ing. Rosario Schifani, Università di Palermo.

[PRA.5] 2006 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "Modelli numerici innovativi per la simulazione di sistemi elettromagnetici dinamici" coordinatore prof. ing. Guido Ala, Università di Palermo.

[PRA.6] 2006 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "Modelli ed algoritmi numerici per la determinazione della risposta a regime di circuiti non lineari" coordinatore prof. ing. Rosario Schifani, Università di Palermo.

[PRA.7] 2005 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "Algoritmi numerici per la valutazione della risposta a regime di circuiti non lineari"; coordinatore prof. ing. Rosario Schifani, Università di Palermo.

[PRA.8] 2005 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "Modelli globali di dispositivi elettronici e valutazione della compatibilità elettromagnetica in sistemi interconnessi mediante approccio campistico"; coordinatore prof. ing. Guido Ala, Università di Palermo.

[PRA.9] 2004 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "implementazione di modelli numerici per la valutazione dell'effetto delle scariche parziali su dielettrici solidi nanostrutturati sottoposti ad elevate temperature o a sollecitazioni con forme d'onda distorte"; coordinatore prof. ing. Rosario Schifani, Università di Palermo.

[PRA.10] 2004 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "Modelli numerici innovativi per la simulazione di sistemi elettromagnetici dinamici"; coordinatore prof. ing. Guido Ala, Università di Palermo.

[PRA.11] 2003 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "studio dell'effetto delle scariche parziali per la diagnostica dei sistemi di isolamento realizzati con materiali isolanti di sintesi mediante misure di campo elettromagnetico radiato e misure dirette di tipo tradizionale"; coordinatore prof. ing. Rosario Schifani, Università di Palermo.

[PRA.12] 2002 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "implementazione di modelli numerici per la valutazione dell'effetto delle scariche parziali su materiali isolanti di sintesi sottoposti ad elevate temperature o a sollecitazioni con forme d'onda distorte"; coordinatore prof. ing. Rosario Schifani, Università di Palermo.

[PRA.13] 2001 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): "studio dell'attività di scarica all'interno di cavità in resine epossidiche ad elevate temperature mediante modello numerico"; coordinatore prof. ing. Rosario Schifani, Università di Palermo.

[PRA.14] 2000 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%); dal titolo: "Studio dell'effetto della temperatura sulle scariche parziali mediante un modello numerico", coordinatore prof. ing. Rosario Schifani dell'Università di Palermo.

[PRA.15] 1999 - Progetto di ricerca di ateneo (ex quota 60%): dal titolo: "Studio di un modello per scariche parziali in dielettrici solidi con particolare riferimento all'effetto della temperatura", coordinatore prof. ing. Rosario Schifani dell'Università di Palermo

## **INCARICHI / CONSULENZE**

- Componente della Commissione Paritetica di Facoltà dal 2012.
- Responsabile del Laboratorio di Elettrotecnica e di Prove Elettriche in alta tensione (L.E.PR.E.) dell'Università di Palermo dal 2011.
- Componente del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, dall'anno accademico 2012/2013.
- Componente del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica, dall'anno accademico 2012/2013.
- Componente del Consiglio della Facoltà di Ingegneria dal 2005.
- Componente del Consiglio della Facoltà di Ingegneria e Architettura presso l'Università Kore di Enna in qualità di docente a contratto dal 2009 al 2012.
- Componente del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni, dall'anno accademico 2010/2011.
- Componente del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni, dall'anno accademico 2004/2005.
- Delegato della Facoltà per i tirocini per il corso di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni dal 2005.
- Componente della commissione della Facoltà di Ingegneria, in qualità di delegato per i tirocini, che ha redatto il "Regolamento dei Tirocini di Orientamento e Formazione" (2005).
- Componente della commissione tirocini del corso di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni, che ha redatto il "Regolamento del corso di studi in Ingegneria delle Telecomunicazioni" (2005).
- Componente del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, dall'anno accademico 2004/2005 all'anno accademico 2008/2009.
- Componente del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettrica, dall'anno 2007.
- Componente eletto della Giunta del Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni in qualità di rappresentante dei ricercatori per il triennio 2004/05 - 2006/07 e per il triennio 2007/08 - 2009/2010.
- Componente delle commissioni di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni (triennale e specialistica) sede di Palermo, Ingegneria Elettronica sede di Caltanissetta, Ingegneria Telematica presso l'Università Kore di Enna.
- Dal 2002 Revisore scientifico per la rivista IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation con lettera dell'Associate Editor, Jane Lehr (USA) del 14/09/2002.
- Dal 2011 Revisore scientifico per il congresso IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics & Drives SDEMPED.

## **ASSOCIAZIONI SCIENTIFICHE**

Socio dell'AEIT.

Senior member IEEE e socio DEIS.

## PUBBLICAZIONI

### Riviste Internazionali

1. G. Ala, P. L. Buccheri, P. Romano, F. Viola: “*FDTD simulation of earth electrodes soil ionization under lightning surge condition*”. *IET Science, Measurement & Technology*, ISSN: 1751-8822, Online: 1751-8830, DOI:10.1049/iet-smt:20070001, Vol.2, No.3, 2008, pp.134-145.
2. A. Abate, G. Ala, R. Candela, P. Romano: “*DWT-based method for partial discharge pattern recognition*”. *Communications to SIMAI Congress* ISSN 1827-9015, Vol. 2 (2007) DOI: 10.1685/CSC06133 pp.1-5.
3. P. Romano: “*Influence on PD Parameters due to Voltage Conducted Disturbances*”. *IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 11; p. 160-165, ISSN: 1070-9878
4. R. Schifani, P. Romano, R. Candela: “*On Partial Discharge Mechanisms At High Temperature in voids included Inside An Epoxy Resin*”. *IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 8; p. 589-597, ISSN: 1070-9878.
5. P. Romano, R. Candela, M. Cardinale, V. Li Vigni, D. Musso, E. Riva Sanseverino: “*Optimization of photovoltaic energy production through an efficient switching matrix*” *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, accepted for publication.

### Volumi

1. Ala, V. Casentino, A. Di Stefano, G. Fiscelli, F. Genduso, C. Diaconia, M. Ippolito, D. La Cascia, F. Massaro, R. Miceli, P. Romano, C. Spataro, F. Viola, G. Zizzo: “*Energy Management via Connected Household Appliances*”. MILANO: McGraw-Hill, vol. 1, p. 1-162, ISBN: 978-88-386-6676-6.
2. P. Romano, “*Studio dell'attività di scarica in cavità sferica a varie temperature di prova. (Uno studio teorico, sperimentale e proposta di un modello numerico per la simulazione in sistemi di isolamento epossidici)*”. Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettrica, Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Palermo, Aprile 1998.

### Congressi Internazionali

1. Acciari, G; Miceli, R; Romano, P; Viola, F; “*Harvesting rainfall energy by means of piezoelectric transducer*”. International Conference on CLEAN ELECTRICAL POWER, ICCEP, Alghero, Sardinia, Italy - June 11th-13th, 2013.
2. Miceli, R; Romano, P; Viola, F; Contin, A, “*Performance of the Shape of Partial Discharge Signal Wireless Probes*”. 4<sup>th</sup> International Conference on Power Engineering, Energy, Electrical Drives – POWERENG, May 13 – 17, Istanbul, Turkey, 2013, Best Paper Award.
3. Di Silvestre, M L; Miceli, R; Romano, P; Viola, F; Contin, “*Simplified Hybrid PD Model in Voids: Pattern Validation*”. 4<sup>th</sup> International Conference on Power Engineering, Energy, Electrical Drives – POWERENG, May 13 – 17, Istanbul, Turkey, 2013.
4. R. Candela, P. Romano, R. Schifani, “*On Interpretation of PD Activity in Spherical Void at High Temperatures by a Numerical Model*”. Nordic Insulation Symposium, June 14 – 16, Copenhagen, Denmark, 1999, pp.189-196.
5. R. Candela, G. Fileccia Scimemi, P. Romano, E. Riva Sanseverino, “*Analysis of Partial Discharge activity at different temperatures through an Heuristic Algorithm*”. IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October 17-21, Austin, Texas, USA, 1999, pp.202–205.
6. R. Candela, P. Romano, R. Schifani “*Separation of Multiple and Concurrent Partial Discharge Phenomena*” IEE Conference on Dielectric Materials, Measurements and Applications, September 17-21, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK, 2000, pp.127-132.
7. M. Di Lorenzo del Casale, P. Romano, R. Schifani “*A life model for epoxy resins subjected to PD Activity at different temperatures*”. IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October 15-18, Victoria, British Columbia, Canada, 2000, pp.564-567.
8. M. Di Lorenzo del Casale, P. Romano, R. Schifani “*On investigation of PD Aging of epoxy Resin Under Distorted Voltage*”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October 15-18, Victoria, British Columbia, Canada, 2000, pp.573-576.
9. R. Candela, P. Romano, R. Schifani “*A novel HV system for multi specimens aging tests under partial discharges and temperature*” IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October 15-18, Victoria, British Columbia, Canada, 2000, pp.732-734.
10. F. Guastavino, B. Cerutti, R. Candela, P. Romano, “*Life Prediction Models for Epoxy Resin Specimens Subjected to Distorted Voltages*”. IEEE SDEMPED'01, Gorizia (Italy), September 1-3, 2001 pp.409-412.

11. M. Di Lorenzo del Casale, P. Romano, R. Schifani “*PD Performance of Dielectric Insulations in presence of Low Frequency Conducted Disturbances: a Life Model Approach*”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October 14-17, Kitchener, Ontario, Canada, 2001, pp.294-297.
12. R. Candela, C. Petrarca, P. Romano, M Vitelli, “*Numerical Simulation of PD Activity in a Spherical Cavity Embedded in the Stator Winding Insulation of an Inverter-fed Induction Motor*”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October 14-17, Kitchener, Ontario, Canada, 2001, pp.356-360.
13. R. Candela, P. Romano and R. Schifani, “*Optimisation of a Numerical Model for analysis of Partial Discharge Phenomena in a flat cavity*”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October 14-17, Kitchener, Ontario, Canada, 2001, pp.689-692.
14. M. Di Lorenzo del Casale, P. Romano, R. Schifani, V. Tucci, M. Vitelli “*Insulation systems performances in high power motors fed by inverter: A new approach by thermal and electrical investigations*”, INSUCON’02, 9th International Electrical Insulation Conference Messe Berlin, Berlin, Germany 18-20 June 2002, pp.346-350.
15. R. Candela, P. Romano and R. Schifani, “*Defects recognition by means of PD digital measurements analysis*”. PMAAPS’02 Probabilistic Methods Applied to Power Systems, Naples, September 22-26, 2002, pp.661-667.
16. A. Cavallini, R. Candela, M. Conti, A. Contin, G.C. Montanari, P. Romano, R. Schifani, “*Searching for PD-Based indexes able to infer the location of internal cavities insulation defects*”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October 20-24, Cancun, Quintana Roo, Mexico, 2002, pp.703-706.
17. R. Candela, I. Romano, P. Romano; “*Influence on PD Parameters due to distorted voltage*”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Albuquerque, New Mexico, USA October 19–22, 2003, pp.593-596.
18. G. Ala, R. Candela, P. Romano, F. Viola; “*Electromagnetic Radiated Field Measurements for Partial Discharge Diagnostic*”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Albuquerque, New Mexico, USA October 19–22, 2003, pp. 637-640.
19. [R. Candela, C. Petrarca, P. Romano; “*Effect of High Frequency Conducted Disturbances on the Interturn Insulation of an Inverter-fed Induction Motor*”, IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Albuquerque, New Mexico, USA October 19–22, 2003, pp.510-513.
20. G. Ala, R. Candela, P. Romano, F. Viola “*A novel flexible approach for prediction and on line diagnostic of partial discharge*” IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, , Boulder, Colorado, USA, October 17–20, 2004, pp.474-476.
21. R. Candela, P. Romano, E. Riva Sanseverino “*Partial discharge on-line measures in cable’s EPR insulation*” IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, , Boulder, Colorado, USA, October 17–20, 2004, pp. 470-473.
22. I.M.A. Romano, S. Ferruggia Bonura, R. Candela, D. La Manna, P. Romano, A. Scavezzo, G. Spoto, “*A digital device for the diagnosis of insulation systems*” IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Boulder, Colorado, USA, October 17–20, 2004, pp.481-484.
23. A. Abate, G. Ala, R. Candela, P. Romano: “*DWT-based method for partial discharge (PD) defects classification*”. Proceedings of VIII Congresso Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale - SIMAI 2006 - Ragusa, Italia. 22-26 maggio 2006, pp. 1-5.
24. A. Abate, P.L. Buccheri, R. Candela, P. Romano, L. Testa “*An improved MSD-based method for PD defects classification*”. International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials -ICPADM2006. Denpasar, Bali, Indonesia, June 26 - 30, 2006, pp.669-672.
25. G. Ala, P. Buccheri, R. Candela, P. Romano, F. Viola: “*Partial Discharge defects Classification by Discrete Wavelet Transform*”. Proceedings of International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics 2006 – ICNAAM 2006, 15-19 September 2006, Hersonissos, Crete, Greece, T. E. Simos Editor, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA– ISBN: 3-527-40-743-X, pp. 356-359.
26. R. Candela, V. Di Dio, E. Riva Sanseverino, P. Romano “*Reconfiguration Techniques of Partial Shaded PV Systems for the Maximization of Electrical Energy Production*”. IEEE International Conference on Clean Electrical Power. 21-23 May 2007, Capri, Italy, pp.716-719.
27. R. Candela, P. Romano “*An improved MSD-based method for PD pattern recognition*” IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October Vancouver BC, Canada October 14-17, 2007, pp.204-207.
28. R. Candela, E. Romano, P. Romano “*An improved MSD-based method for PD pattern recognition*” IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, October Virginia Beach, Virginia, USA October 18-21, 2009.
29. R. Candela, M. Cardinale, D. Musso, E. Riva Sanseverino, E. Romano: “*A Dynamic Electrical Scheme for the optimal reconfiguration of PV modules under non-homogeneous solar irradiation*” IEEE ICMSIE. 17-19 Dec 2010, Zhengzhou, China.
30. G. Ala, R. Candela, P. Romano, F. Viola: “*Simplified Hybrid PD Model in Voids*” IEEE SDEMPED’11, Bologna, Italy, September 5-8 2011.
31. Riva Sanseverino E, Candela R, Graditi G, Musso D, Cardinale M, Romano P: “*Optimization of Photovoltaic Energy Production Through an Efficient Switching Matrix for Reconfiguration*”. In: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb. 6th DUBROVNIK CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY, WATER AND ENVIRONMENT SYSTEMS . Dubrovnik, September 25-29, p. 57-58, ISBN: 978-953-7738-12-9, 2011.
32. Riva Sanseverino E, Candela R, Musso D, Cardinale M, Romano P: “*A Dynamic Electrical Scheme for the optimal reconfiguration of PV modules under non-homogeneous solar irradiation*”. In: APPLIED MECHANICS AND MATERIALS. APPLIED MECHANICS AND MATERIALS, vol. 197, p. 768-777, ISSN: 1662-7482, Zhengzhou, China, 17-19 12 2010, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.197.768, 2012.

1. G. Ala, V. Casentino, A. Di Stefano, G. Fiscelli, F. Genduso, C. Diaconia, M. Ippolito, D. La Cascia, F. Massaro, R. Miceli, P. Romano, C. Spataro, F. Viola, G. Zizzo: “*Contract for the support of household appliances control and monitoring application interworking specification*” – Final Report – European Committee of Manufactures of Domestic Equipement, Contract for the support of Household Appliances Control and Monitoring Application Interworking Specification - August 2007.
2. P.L. Buccheri, R. Candela, M.L. Di Silvestre, P. Romano: “*Studio di applicabilità e di fattibilità di tecniche diagnostiche CND basate su prove elettriche*”; Programma APEX, collaborazione con Alenia Aeronautica; responsabile: prof. ing. Pietro Lucio Buccheri.

#### **Abstract di comunicazioni a Congressi Nazionali**

1. R. Schifani, R. Candela, M. Di Lorenzo del Casale, P. Romano, L. Testa, “*Spettrometria dielettrica di materiali isolanti nanocompositi a base di polimero-silicato lamellare.*” Atti della XXI Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’05, Giugno 2005, Roma, Italia.
2. P.L. Buccheri, R. Schifani, R. Candela, M. Di Lorenzo, P. Romano, “*Diagnosi e valutazione dell’affidabilità di sistemi di isolamento di componenti di impianti attraverso l’applicazione di tecniche di Intelligenza Artificiale alla misura di scariche parziali.*” (Atti della XXI Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’05, 16-18 Giugno 2005, Roma, Italia).
3. G. Ala, P. L. Buccheri, E. Francomano, P. Romano, A. Tortorici, E. Toscano, F. Viola: “*Modelli numerici meshfree per l’analisi di problemi elettromagnetici*”. (Atti della XXI Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, 16-18 Giugno 2005, Roma, Italia).
4. P. Romano, G. Ala, R. Candela, M. Di Lorenzo, M.L. Di Silvestre, E. Francomano, R. Schifani: “*Processo di denoising mediante wavelet di segnali dovuti a scariche parziali*”. Atti della XXI Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, 16-18 Giugno 2005, Roma, Italia.
5. Candela R., Di Lorenzo . M., Romano P., Schifani R. “*Tecniche di ottimizzazione delle connessioni di pannelli solari*” Atti della XXII riunione annuale dei ricercatori del Gruppo Nazionale di Coordinamento di Elettrotecnica, ET’06, 15-17 Giugno, Torino, Italia.
6. Candela R., Di Lorenzo M., Romano P., Schifani R. “*Caratterizzazione di dielettrici solidi nanostrutturati mediante invecchiamento combinato in presenza di scariche parziali e temperatura*” ET’06 XXII riunione annuale dei ricercatori del Gruppo Nazionale di Coordinamento di Elettrotecnica, Torino, Giugno 15-17. Atti della XXII riunione annuale dei ricercatori del Gruppo Nazionale di Coordinamento di Elettrotecnica, ET’06, 15-17 Giugno, Torino, Italia.
7. Candela R., Di Lorenzo . M., Romano P., Schifani R. “*Pattern recognition di segnali di scariche parziali mediante l’applicazione della decomposizione wavelet multirisoluzione*” Atti della XXII riunione annuale dei ricercatori del Gruppo Nazionale di Coordinamento di Elettrotecnica, ET’06, 15-17 Giugno, Torino, Italia.
8. G. Ala, P. L. Buccheri, M. L. Di Silvestre, P. Romano, F. Viola: “*Un modello di simulazione della ionizzazione del terreno nel comportamento dinamico di elettrodi interrati disperdenti elevate correnti impulsive*”. Atti della XXIII Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’07, 28-30 giugno 2007 - Firenze, Italia.
9. G. Ala, P. Buccheri, P. Romano, R. Candela: “*Applicazione della decomposizione wavelet multirisoluzione (MWD) per il riconoscimento di segnali di scariche parziali multisorgente*”. Atti della XXIII Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’07, 28-30 giugno 2007 - Firenze, Italia.
10. P. Buccheri, P. Romano, R. Candela: “*Tecniche di riconfigurazione di sistemi fotovoltaici parzialmente oscurati per la massimizzazione della produzione di energia elettrica*”. Atti della XXIII Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’07, 28-30 giugno 2007 - Firenze, Italia.
11. Ala, G; Buccheri, P L; Candela, R; Romano P: “*Un nuovo approccio per l’identificazione di segnali di scariche parziali multi sorgente attraverso decomposizione wavelet multi risoluzione*”. Atti della XXIV Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’08, 19-21 giugno 2008 - Pavia, Italia.
12. Buccheri, P L; Candela, R; Romano, P: “*Algoritmi di ottimizzazione delle connessioni di sistemi fotovoltaici*” Atti della XXIV Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’08, 19-21 giugno 2008 - Pavia, Italia.
13. Candela, R; Ala, G; Buccheri, P L; Romano, P: “*Sensore di campo elettromagnetico per la misura di scariche parziali*” Atti della XXV Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’09, 17-19 giugno 2009 - Lecce, Italia.
14. Romano, P; Ala, G; Buccheri, P L; Candela, R: “*Processo di denoising per l’acquisizione di segnali di scariche parziali mediante trasformata wavelet discreta (DWT)*” Atti della XXV Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’09, 17-19 giugno 2009 - Lecce, Italia.
15. Ala, G; Buccheri, P L; Di Silvestre, M L; Francomano, E; Romano, P; Viola, F: “*Caratterizzazione elettromagnetica del comportamento dinamico di elettrodi interrati in presenza di ionizzazione del terreno*” Atti della XXV Riunione annuale dei ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica, ET’09, 17-19 giugno 2009 - Lecce, Italia.
16. Romano, P., Ala, G., Buccheri, P.L., Candela, R., & Viola, F.: “*Un metodo combinato CWT-DWT per il riconoscimento di segnali di scariche parziali*”. Atti della XXVI Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET’10, 9-11 giugno 2010 - Napoli, Italia.
17. Ala, G., Buccheri, P.L., Candela, R., Di Piazza, M.C., Di Silvestre, M.L., Ragusa, A., et al. :”*Un modello per l’analisi dei disturbi di modo comune indotti su azionamenti in presenza di fulminazione atmosferica*”. Atti della XXVII Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET’11, 15-17 giugno 2011 - Bologna, Italia.

18. Ala, G., Buccheri, P.L., Candela, R., Di Silvestre, M.L., Romano, P., & Viola, F.: “*Modello per la simulazione di scariche parziali con approccio probabilistico*”. Atti della XXVII Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET' 11, 15-17 giugno 2011 - Bologna, Italia.
19. Pagliaro, D; Romano, P; Viola, F: “*Energia elettrica dalle precipitazioni*”. Atti della XXVIII Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET' 12, 20-22 giugno 2012 – Taormina (CT), Italia.
20. Ala, G., Di Piazza, MC; Romano, P; Viola, F; Vitale, G: “*Caratterizzazione ad alta frequenza di un sistema per la generazione fotovoltaica*”. Atti della XXVIII Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET' 12, 20-22 giugno 2012 – Taormina (CT), Italia.
21. Acciari, G; Di Silvestre, M L; Miceli, R; Romano, P; Viola, F: “*harvesting dalle precipitazioni*” Atti della XXIX Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET' 13, 20-21 giugno 2013 – Padova, Italia.
22. Acciari, G; Di Silvestre, M L; Miceli, R; Romano, P; Viola, F: “*Studio sulla forma di rivelatori wireless di scariche parziali*” Atti della XXIX Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET' 13, 20-21 giugno 2013 – Padova, Italia.
23. Di Silvestre, M L; Miceli, R; Romano, P; Viola, F: “*Studio sulla forma di rivelatori wireless di scariche parziali*” Atti della XXIX Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET' 13, 20-21 giugno 2013 – Padova, Italia.
24. Di Silvestre, M L; Miceli, R; Romano, P; Viola, F: “*approccio probabilistico nella modellazione ibrida dei fenomeni di scariche parziali*” Atti della XXIX Riunione Annuale dei Ricercatori del gruppo di coordinamento di Elettrotecnica ET' 13, 20-21 giugno 2013 – Padova, Italia.

## BREVETTI

1. Riva Sanseverino E; Candela R; Romano P; Musso D; Cardinale M n. RM2012A000114, apparato di commutazione. 2012.

Collaborazione per lo sviluppo di un prototipo (Attestazione della società Prysman Electronics).

## ATTIVITA' SCIENTIFICHE

### Temi di ricerca

L'attività scientifica prevalentemente svolta, che ha comportato un'ampia e diversificata attività teorico-sperimentale, è stata rivolta a tematiche di ricerca specifiche del settore disciplinare ING-IND/31– Elettrotecnica, ed in particolare sono stati affrontati i seguenti temi:

1- Applicazione della trasformata wavelet multirisoluzione per la classificazione di sorgenti di scarica negli isolamenti dei sistemi elettrici di potenza

Le scariche parziali (PD – Partial Discharge), rappresentano un evento di scarica localizzata in un difetto interno ad un dielettrico. Ad ogni tipologia di difetto si associa un determinato andamento delle scariche nel tempo che in generale viene rappresentato tramite un istogramma tridimensionale chiamato pattern. A causa però dell'aleatorietà del fenomeno, non è sempre possibile riconoscere la natura delle scariche dall'osservazione del pattern, rendendo quindi necessaria l'adozione di tecniche evolute per la classificazione dei differenti fenomeni di scarica.

Il nuovo metodo proposto si basa sull'applicazione della decomposizione wavelet multirisoluzione (MWD), già ampiamente utilizzata nel campo dell'elaborazione delle immagini, ai pattern di scarica procedendo alla classificazione delle sorgenti sulla base delle differenze ottenute ai diversi livelli di decomposizione.

In generale, la rappresentazione wavelet multirisoluzione di un'immagine distingue diversi orientamenti spaziali e viene implementata mediante un algoritmo piramidale basato su convoluzioni effettuate mediante coppie di filtri di tipo QMF (Quadrature Mirror Filters). Ad ogni passo di decomposizione, l'immagine alla risoluzione  $2j+1$ ,  $A_f$ , viene decomposta nell'approssimazione a risoluzione  $2j$ ,  $A_f$ , e in tre dettagli a risoluzione  $2j$ ,  $D_f$ ,  $D_f$  e  $D_f$ , rispettivamente diagonale, orizzontale e verticale. Inoltre, in due dimensioni, i prodotti scalari che definiscono l'immagine approssimazione e le tre immagini dettaglio, sono uguali ad un campionamento uniforme del prodotto per convoluzione bidimensionale e sono computati con filtri separati del segnale lungo le ascisse e le ordinate. In tal modo, il processo di decomposizione wavelet può essere interpretato come una scomposizione del segnale in un set di canali frequenziali indipendenti e spazialmente orientati.

Per il riconoscimento del segnale dovuto alle PD si è acquisito ogni singolo pattern sotto forma di matrice  $256 \times 256$  nella quale il colore dei singoli pixel è rappresentativo del numero di scariche per data fase e per data ampiezza della carica impegnata. Sul pattern così ottenuto è stata effettuata la decomposizione multirisoluzione wavelet su 10 livelli, utilizzando la mother wavelet di tipo biortogonale. La scelta della wavelet individua univocamente i filtri FIR e con i quali viene effettuata la decomposizione.

Dal confronto tra le immagini relative ai dettagli verticali e orizzontali ai livelli rispettivamente 8 e 10 ottenuti dal processo di decomposizione, effettuato per ogni macro categoria di fenomeni di scarica (scariche interne, corona e superficiali), si è riscontrata la possibilità di identificare il singolo fenomeno. [RI.3, CI.1, CI.2, CI.3, ACN.7]

2- Applicazione della trasformata wavelet multirisoluzione per il riconoscimento di fenomeni di scarica sovrapposti in sistemi di isolamento elettrici

E' comunemente noto che il fenomeno delle scariche parziali (PD – Partial Discharge), originate dalla presenza di difetti creatisi all'interno dei materiali isolanti, può essere identificato mediante un'immagine 3D chiamata PD pattern o -Q-N



distribution, dove  $N$  rappresenta il numero di scariche occorse in un determinato intervallo di tempo, mentre  $Q$  e  $\theta$  rappresentano rispettivamente l'ampiezza e l'angolo di fase delle scariche. Negli ultimi anni è stato dimostrato che ad ogni tipologia di difetto è possibile associare un determinato pattern. Se invece si è in presenza di fenomeni di scarica multisorgente, prima di poterne effettuare la classificazione, bisogna procedere alla separazione dei singoli pattern.

Il nuovo metodo di riconoscimento, sfruttando le conoscenze acquisite nel campo dell'elaborazione delle immagini, si basa sull'applicazione della decomposizione wavelet multirisoluzione (MWD) al pattern di scarica multisorgente, per l'identificazione dei fenomeni di scarica sovrapposti. La rappresentazione wavelet multirisoluzione di un'immagine distingue diversi orientamenti spaziali e viene implementata mediante un algoritmo piramidale basato su convoluzioni effettuate mediante banchi di filtri FIR.

In particolare, per il riconoscimento di fenomeni multisorgente, è stato necessario utilizzare banchi di filtri FIR biortogonali a perfetta ricostruzione, caratterizzati dall'aver una mother wavelet ed una funzione di scaling per il banco di analisi (o di decomposizione), ed una mother wavelet ed una funzione di scaling per il banco di sintesi (o di ricostruzione), ottenendo in tal modo due filtri indipendenti anziché 1, come nel caso ortogonale.

Per il riconoscimento del segnale dovuto alle scariche parziali si è acquisito ogni singolo pattern sotto forma di matrice  $256 \times 256$  nella quale il colore dei singoli pixel è rappresentativo del numero di scariche  $[N]$  per data fase  $[\theta]$  della sollecitazione e per data ampiezza  $[Q]$  della carica impegnata. Sul pattern così ottenuto è stata effettuata la decomposizione multirisoluzione wavelet su 10 livelli, utilizzando la mother wavelet di tipo biortogonale. La scelta della wavelet individua univocamente i filtri FIR  $H_0$ ,  $H_1$  e  $F_0$ ,  $F_1$ , per i quali, effettuando la DFT delle risposte impulsive, possiamo calcolarne approssimativamente la banda passante.

Dal confronto tra le immagini relative ai dettagli verticali e orizzontali ai livelli rispettivamente 8 e 10 ottenuti dal processo di decomposizione effettuato per ogni macro categoria di fenomeni di scarica (scariche interne, corona e superficiali), si è riscontrata la possibilità di identificare il singolo fenomeno.

Effettuando lo stesso tipo di analisi nel caso di pattern realizzati con la sovrapposizione di due fenomeni di scarica si è rilevato che generalmente uno dei due risulta predominante e quindi direttamente identificabile. Di ogni fenomeno di scarica, su base statistica, viene realizzato un pattern campione il quale viene decomposto sempre su dieci livelli e quindi sottratto, livello per livello, al pattern multisorgente. In tal modo, dopo aver effettuato il processo di sottrazione, l'immagine viene ricostruita ottenendo così un pattern modificato. Così facendo, l'immagine ricostruita, ottenuta dalla sottrazione del pattern bisorgente con il pattern campione relativo al fenomeno predominante, è rappresentativa del secondo fenomeno di scarica. Quest'ultimo può essere a sua volta identificato applicando nuovamente la decomposizione su 10 livelli.

Il metodo sopra descritto, applicato a diverse combinazioni di fenomeni sovrapposti, ha mostrato risultati incoraggianti. [RI.2, CI.5, ACN.9]

3- Modellizzazione circuitale di sistemi fotovoltaici ed applicazione di tecniche euristiche di ottimizzazione delle connessioni dei pannelli per la massimizzazione della produzione di energia elettrica.

Un "generatore fotovoltaico" è un sistema composto dalla connessione serie-parallelo di pannelli solari e la potenza generata, espressa in  $W_p$  (Watt peak), dipende principalmente dai diversi livelli di irraggiamento, dalla temperatura dei moduli e dalle condizioni di ombreggiamento. La ricerca dell'ottimizzazione delle prestazioni, consiste, in generale, con la massimizzazione della potenza d'uscita, ottenibile attraverso l'adozione di particolari accorgimenti quali modifiche circuitali, migliorie nelle connessioni tra celle, utilizzo di accumulatori. In particolare, in questa ricerca ci si è occupati di valutare configurazioni ottimali riguardanti le interconnessioni serie-parallelo tra i pannelli di un sistema fotovoltaico quando esso è interessato da differenti livelli di ombreggiamento, al fine di ottenere la massima potenza in uscita compatibilmente con le specifiche di corrente e tensione dell'utilizzatore (inverter).

Il modello circuitale utilizzato per la simulazione della cella solare è stato scelto tra quelli comunemente adottati in letteratura. Tale modello è stato implementato a partire dalle conoscenze circa le tradizionali realizzazioni circuitali delle celle e dei pannelli in commercio, considerando l'uso di elementi riproducenti caratteristiche reali degli stessi (resistenze di contatto, shunt) e di componentistica atta al miglioramento delle prestazioni (diodi di bypass). Lo schema circuitale, si compone di un generatore di corrente, direttamente proporzionale all'irraggiamento solare  $E$ , di un diodo che caratterizza il comportamento non lineare della cella, di due resistenze  $R_p$  e  $R_s$  che rappresentano rispettivamente il ramo parallelo su cui circola la corrente di dispersione del diodo e il ramo serie sul quale si ha la caduta di tensione dovuta ai contatti. La simulazione del comportamento delle celle e lo studio delle varie configurazioni è stato effettuato tramite il software Orcad Pspice.

Il punto di partenza, come evidenziato, è stato la cella, analizzata dal punto di vista circuitale, matematico e funzionale, il tramite la connessione tra le celle nel pannello, il punto di arrivo la connessione dei pannelli fotovoltaici che massimizza l'energia prodotta in situazioni di parziale ombreggiamento. Si è, quindi, cercato di superare quelle che sono le limitazioni tradizionali del collegamento in parallelo delle celle, legate soprattutto alle elevate correnti, al fine di ottenere configurazioni competitive in termini di rendimento ma che limitano le correnti totali. Il sistema realizzato tramite un algoritmo euristico di ottimizzazione (Tabu search) consente la riconfigurazione dei collegamenti sia serie che parallelo al fine di ottenere la maggiore energia possibile sul sistema di conversione. Il modello del singolo pannello fotovoltaico è stato realizzato tramite il collegamento serie di 36 celle elementari e considerando due differenti configurazioni che prevedono la presenza o meno di diodi di by-pass per ogni stringa di dodici celle. Inizialmente la configurazione del sistema adottata è stata quella di una matrice di pannelli  $2 \times 2$  con oscuramento progressivo degli stessi. Il confronto è stato effettuato in relazione alla configurazione di riferimento che è quella nella quale tutti i pannelli sono connessi tra loro in parallelo. Tale tipo di connessione consente di ottenere la massima potenza in uscita sia nel caso di pannelli completamente soleggiati che parzialmente ombreggiati ma di contro non è facilmente adottabile in pratica, poiché comporta valori di corrente troppo elevati per sistemi di grandi dimensioni. Dalle simulazioni effettuate si è verificato che la configurazione migliore è stata quella in cui nel sistema si collegano tra loro i pannelli ombreggiati con quelli totalmente irraggiati in modo simmetrico. I risultati ottenuti appaiono interessanti in relazione, soprattutto, alle dimensioni che il problema assume in termini matematici quando il numero di pannelli aumenta. Inoltre si è pervenuti a dei risultati che in prima analisi sembrano confermare che tale approccio consente in molteplici situazioni di ottenere risultati decisamente migliori di quelli che si ottengono senza effettuare alcuna riconfigurazione. [RI.4, CI.4, ACN.5, ACN10].

#### 4- Processo di denoising di segnali di scariche parziali mediante l'applicazione della trasformata wavelet

Lo sviluppo di nuove tecniche di denoising per l'analisi dei segnali, sia nel dominio del tempo che della frequenza, è di notevole interesse per l'incremento dei disturbi e delle interferenze elettromagnetiche che affliggono le apparecchiature di misura. In particolare, sono stati sviluppati filtri hardware (tipo DSP filtering) per applicazioni on-line e filtri digitali (FIR, IIR, filtri adattivi e non-adattivi) o metodi basati sulla Trasformata di Fourier per l'elaborazione dei segnali off-line. Questi metodi di soppressione del rumore hanno, però, applicazione limitata nel campo delle misure di segnali a banda stretta e non-stazionari i quali subiscono notevoli variazioni. In questo ambito si sono sviluppate tecniche di elaborazione dei segnali basate sulla trasformata wavelet, la quale si presta in modo efficace allo studio di segnali non-stazionari. Tali metodiche hanno trovato applicazione anche nell'ambito delle misure di scariche parziali che, come noto, rappresentano dei segnali fortemente aleatori. Nel campo della diagnostica dei componenti di impianti le misure di scariche parziali (PD) sono utilizzate come strumento di verifica della qualità e della durata di vita dei componenti stessi. Con l'avvento delle tecniche di misura digitali assumono un'importanza fondamentale le tecniche di separazione del segnale dal rumore e dalle interferenze dovute alle apparecchiature presenti in prossimità del sito di misura. Sono state, quindi, sviluppate varie tecniche di denoising basate sull'applicazione della trasformata Wavelet nel tempo-discreto, facenti uso sia delle Discrete Wavelet Transform (DWT) sia delle Discrete Wavelet Packet Transform (DWPPT). In particolare, l'utilizzo di differenti famiglie di wavelet ha consentito di affrontare vari aspetti legati all'analisi delle scariche parziali quali la separazione del segnale di scarica dal rumore (Daubechies).

In particolare, utilizzando la famiglia delle Daubechies, si sono ottenuti buoni risultati nel separare il segnale delle PD sia dai disturbi a bassa frequenza (3a, 5a armonica) sia dai disturbi ad alta frequenza presenti nelle misure effettuate. Le scariche parziali sono state generate utilizzando una cella di prova composta da un elettrodo di alta tensione di forma cilindrica del diametro di 6 mm, da uno strato di plexiglass dello spessore di 2 mm che separa dall'elettrodo piano di bassa tensione a sua volta inglobato in resina epossidica. La cella è stata sottoposta ad una tensione sinusoidale pari a 5,5 kV ed il segnale è stato acquisito ai capi di una resistenza campione da 50  $\Omega$  tramite un'oscilloscopio digitale alla frequenza di campionamento di 25 MS/s per ottenere una definizione sufficiente ad una corretta elaborazione del segnale mediante wavelet. Il segnale acquisito mostra la sovrapposizione tra gli impulsi relativi alle scariche parziali, la tensione di rete a frequenza industriale, disturbi a bassa frequenza (3a armonica) e disturbi ad alta frequenza. Il metodo di elaborazione utilizzato è stato il DWT realizzando un Wavelet Decomposition Tree a 10 livelli. Il processo di denoising è riuscito a separare anche le componenti ad alta frequenza relative al rumore da quelle relative alle scariche parziali eliminandole dalla rappresentazione.

La WT è stata capace di effettuare la localizzazione simultanea nel tempo e nella frequenza delle componenti, permettendo l'analisi di segnali irregolari, come nel caso delle scariche parziali. Da quanto visto, per applicare convenientemente la teoria della wavelet per l'analisi delle PD, è di vitale importanza la scelta della wavelet più appropriata la quale risulta determinata dalla natura degli impulsi di scarica.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che il metodo proposto è abbastanza robusto e potenzialmente efficiente nella risoluzione dei problemi pratici associati al processo di denoising nel pre-processing dei dati delle scariche parziali. [ACN.4]

#### 5- Strumenti di diagnosi di sistemi di isolamento di componenti di impianti attraverso l'applicazione di tecniche di intelligenza artificiale.

Sulla base delle esperienze acquisite nel campo delle misure di scariche parziali (PD) sui sistemi di isolamento elettrici, si sta sviluppando un sistema esperto, basato sull'implementazione di un'apposita rete neurale, che consenta di fornire il maggior numero di informazioni riguardanti la relazione che intercorre fra l'andamento delle grandezze che in questi anni sono state impiegate per caratterizzare le sorgenti di scariche parziali (alfa, beta, skewness, kurtosis, più genericamente denominate "finger print") e la vita residua del componente oggetto dello studio. Allo scopo, sono stati effettuati dei test di laboratorio su provini dotati di difetti artificiali che riproducono difetti tipici riscontrabili nei sistemi isolanti delle apparecchiature e dei componenti più diffusi. Dallo studio di questi esperimenti sono stati individuati dei difetti caratteristici, che rappresentano cioè quelli potenzialmente più dannosi per l'affidabilità dei sistemi di isolamento. Numerosi studi di vita effettuati, hanno evidenziato come per alcune tipologie di provini, alcuni parametri statistici tendono ad assumere, ognuno, valori numerici simili all'approssimarsi della perforazione (CIGREII). Inoltre, essendo stato fatto uno studio analogo per un certo numero di provini di tipologie differenti (Cavità Sferica, Treeing etc), si pensa di addestrare un sistema esperto ad effettuare l'associazione di un difetto riscontrato su un componente con una delle tipologie di difetti di cui si conosce a priori l'andamento temporale dei parametri e verificarne l'evoluzione nel tempo fornendo una previsione del tempo di vita residuo. Procedendo infatti ad un'analisi di tipo differenziale, avente come punto di partenza lo stato iniziale del sistema in esame, e valutando l'evoluzione nel tempo dei difetti presenti, il sistema diagnostico, coadiuvato da una banca dati (ricavata con i dati delle misure effettuate negli anni in questo settore), potrebbe effettuare una sorta di "matching" fra i difetti che si presentano al tempo zero e l'evoluzione di ognuno di questi nel tempo. [ACN.2, PRN.2]

#### 6- Caratterizzazione di dielettrici solidi nanostrutturati mediante invecchiamento combinato in presenza di scariche parziali e temperatura

Per caratterizzare e progettare materiali nanostrutturati per applicazioni elettriche non si può prescindere dal conoscerne il comportamento a lungo termine in presenza di scariche parziali (PD), ed in particolare in condizioni quanto più prossime possibile a quelle reali di lavoro quindi anche a temperature superiori alla temperatura ambiente.

Attualmente, la conoscenza dei fenomeni di invecchiamento per mezzo di prove di vita è di grande importanza al fine di valutare le prestazioni e l'affidabilità dell'isolante e quindi ottimizzarne il dimensionamento nella realizzazione di apparecchiature elettriche.

Sulla base dell'esperienza maturata nello studio e nello sviluppo di modelli di vita di resine epossidiche sollecitati dall'azione combinata di PD e temperatura si sta procedendo alla caratterizzazione completa di materiali dielettrici nanostrutturati mediante prove di vita in presenza di sollecitazioni combinate al fine di ottenere modelli di vita utili all'analisi dell'evoluzione dei processi di invecchiamento, in presenza di invecchiamento combinato. E' stato mostrato infatti che temperature superiori a quella ambiente ed inferiori a quella di transizione vetrosa del materiale influenzano fortemente l'azione erosiva delle scariche

parziali. In questo contesto, la valutazione dell'energia associata alle scariche parziali, legata alla loro dinamica evolutiva, ha consentito di valutare l'entità della sollecitazione imposta al materiale, ottenendo una relazione matematica (modello fisico di vita) che lega i tempi di vita dei materiali alla sollecitazione imposta. Quanto detto, rappresenta la base di partenza per la pianificazione e conduzione di prove di vita per invecchiamento accelerato che sono in fase di pianificazione e di allestimento con lo scopo di caratterizzare qualitativamente e quantitativamente (mediante modelli di vita) le performance a medio-lungo termine di materiali nanostrutturati.

[ACN.6, PRN.1, PRA.6]

## **AMBITI DI RICERCA**

Scariche Parziali, materiali isolanti, caratterizzazione elettromagnetica dei materiali, diagnostica e valutazione dell'affidabilità di sistemi di isolamento, modellazione di fenomeni di scarica, pattern recognition e denoising mediante metodologie wavelets, strumenti e metodologie di riconfigurazione di sistemi fotovoltaici parzialmente ombreggiati, energy harvesting con materiali piezoelettrici.