



Ricerca di Sistema elettrico

Attività di diffusione dei risultati e collaborazioni internazionali

Paola Delli Veneri, Giorgio Graditi, Alessandra Scognamiglio

ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE DEI RISULTATI E COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

Paola Delli Veneri, Giorgio Graditi, Alessandra Scognamiglio
ENEA

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA CON BASSE EMISSIONI DI CARBONIO

Progetto: B.1.2 "RICERCA SU TECNOLOGIE FOTOVOLTAICHE INNOVATIVE"

Obiettivo: Comunicazione e diffusione dei risultati

Responsabile del Progetto: Paola Delli Veneri, ENEA



Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	6
2.1 ATTIVITÀ SVOLTE NEL “PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME” DELLA IEA.....	6
2.2 PUBBLICAZIONI E PRESENTAZIONI A CONVEGNI	7
3 CONCLUSIONI.....	11

Sommario

L'attività di diffusione della ricerca è stata svolta attraverso la presentazione dei risultati in convegni, conferenze, workshop e tramite pubblicazioni su riviste internazionali con l'obiettivo di dare visibilità ai risultati della ricerca verso un'ampia platea. In particolare la partecipazione a conferenze ha consentito un confronto con gli altri gruppi di ricerca del settore, fondamentale per il progresso delle stesse attività condotte sulla tematica del fotovoltaico. Inoltre è stata garantita la partecipazione italiana all'Implementing Agreement "Photovoltaic Power System" della IEA in modo da rendere disponibili e pubblici i risultati degli studi condotti in questo ambito.

1 Introduzione

La diffusione dei risultati delle attività relative al piano annuale di realizzazione 2017 sullo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche innovative è stata svolta utilizzando differenti canali in modo da ampliare al massimo la platea di riferimento.

La promozione delle attività nel settore di appartenenza è stata effettuata utilizzando i tipici canali quali conferenze tematiche, riviste specializzate nazionali ed internazionali, mentre grazie all'aggiornamento del sito web con la pubblicazione on-line dei report realizzati è stato possibile raggiungere una platea più ampia, favorendo la possibile creazione di nuove collaborazioni nazionali sul tema. In questo senso anche le collaborazioni con svariate università sancite da accordi di collaborazione sottoscritti nell'ambito del progetto favoriscono la creazione di una rete di collaborazione a livello nazionale che da un lato contribuisce a incrementare l'impatto del progetto e dall'altro stabilisce ulteriori canali di comunicazione capillare sul territorio nazionale. Inoltre è stata garantita la partecipazione italiana all'Implementing Agreement "Photovoltaic Power System" della IEA in modo da rendere disponibili e pubblici i risultati degli studi condotti in questo ambito.

In questo rapporto viene descritto il lavoro svolto sulla diffusione dei risultati e sulle attività di collaborazione internazionali. Le attività sono state incentrate su tre punti: 1) partecipazione al programma della IEA - *Photovoltaic Power Systems Programme*; 2) pubblicazioni su rivista e proceedings di conferenza; 3) partecipazioni a conferenze e convegni nazionali ed internazionali.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Attività svolte nel “Photovoltaic Power Systems Programme” della IEA

Il **Task 14** “High Penetration of PV Systems in Electricity Grids” si colloca nell’ambito delle traiettorie di ricerca del Programma IEA PVPS (Photovoltaic Power Systems Programme) con l’obiettivo di affrontare le seguenti tematiche: i) interfacciamento dei generatori fotovoltaici alla rete elettrica; ii) servizi ancillari di rete e di utente; iii) utilizzo del fotovoltaico in sistemi di poligenerazione distribuita in presenza di accumulo energetico. ENEA ha contribuito ai lavori con particolare attenzione alle attività di cui si riporta di seguito una sintesi.

Interfacciamento alle rete elettrica e erogazione di servizi ancillari

L'attuazione dei requisiti del codice di rete europeo per i generatori a livello europeo ha avviato un ampio processo di discussione tra tutte le parti interessate e le autorità coinvolte, poiché incide profondamente sul quadro legale, tecnico e normativo nazionale esistente per la connessione alla rete e il funzionamento della produzione di energia.

Poiché la maggior parte dei requisiti del RfG NC sono "non esaustivi", devono essere dettagliati e specificati a livello nazionale, organizzati dalle autorità nazionali di regolamentazione e dai rispettivi TSO. Attraverso i processi di consultazione pubblica che coinvolgono le parti interessate, sono stati specificati i "requisiti non esaustivi" e le soglie di capacità, che sono utilizzate per classificare un generatore come di un certo "tipo".

A partire da settembre 2018, la maggior parte dei requisiti nazionali sono già stati dettagliati e presentati alla Commissione europea come parte della procedura di notifica obbligatoria. Tuttavia, una parte significativa del lavoro deve ancora essere fatta fino all'applicazione finale dei requisiti prevista per la prima metà del 2019.

In questo contesto, nell’ambito del Task 14, è stato oggetto di studio e analisi il Codice di rete europeo relativo ai requisiti per i generatori NC RfG (regolamento della Commissione europea 2016/631), e la sua possibile attuazione nei principali mercati nazionali per il fotovoltaico in Europa. Per i requisiti specifici e non esaustivi del RfG, che sono rilevanti per i sistemi fotovoltaici collegati alla rete, è stato condotto un confronto dettagliato delle attuali specifiche nazionali. Infine, è stata analizzata la famiglia di norme EN 50549-X che stabilisce i requisiti per le centrali di generazione fotovoltaiche da collegare in parallelo con le reti elettriche di distribuzione.

Integrazione del fotovoltaico nelle reti poligenerative in presenza di accumulo energetico

Il processo di transizione verso un nuovo modello energetico sempre di più basato sulla generazione distribuita da fonte rinnovabile ha richiesto, da un lato la rivisitazione dell’attuale assetto delle infrastrutture elettriche e dall’altro l’introduzione di sistemi di accumulo idonei ad assicurare un corretto “balancing” tra produzione e domanda e una maggiore flessibilità dell’intero sistema.

Il fotovoltaico è una delle fonti rinnovabili più utilizzate per garantire la flessibilità di rete dal punto di vista dell’inseguimento delle variazioni del carico, nonché per erogare servizi ancillari in termini di regolazione della tensione di rete mediante l’immissione di potenza reattiva da parte degli inverter fotovoltaici. In questo contesto, il Task 14 si è occupato di studiare sia soluzioni avanzate di convertitori fotovoltaici, caratterizzate da adeguati indici di affidabilità, sia le relative logiche e tecniche di controllo per l’erogazione di servizi di rete. Un altro importante tema, oggetto di studio e analisi, ha riguardato lo sviluppo di soluzioni combinate fotovoltaico-accumulo energetico nell’ottica di poter limitare e/o superare la criticità legata alla non programmabilità della produzione energetica, di contribuire al bilanciamento di domanda e offerta, fornendo elettricità istantaneamente quando serve a vantaggio dell’affidabilità e economicità del servizio.

Il **Task 15** “Enabling framework for BIPV acceleration” si colloca nell’ambito delle linee di ricerca del Programma IEA PVPS (Photovoltaic Power Systems Programme) con l’obiettivo di indagare le tematiche relative all’impiego del fotovoltaico negli edifici, e, in particolare, di favorire le condizioni affinché il potenziale di applicazione sia sfruttato nel modo migliore. Le attività di ENEA sono focalizzate sulle attività del Subtask A, finalizzate alla pubblicazione di un volume raccolta di casi studio internazionali indagati nel corso del Task.

Al fine di contribuire alle attività di cui sopra, ENEA ha preso parte al meeting di esperti del task, presso Tokyo, nel mese di febbraio del 2018.

Le attività condotte in seno al Task 15 sono state presentate in occasione della conferenza 5th International Conference on Energy, Sustainability and Climate Change (ESCC), tenutasi a Mykonos, Grecia, dal 3 al 7 giugno 2018, ed anche in occasione della prima training school relativa al progetto COST-PEARL, tenutasi a Nicosia, Cipro.

Tra le attività relative alla tematica in oggetto, si è preso anche parte al comitato scientifico della European Photovoltaic Solar Energy Conference (Brussels, aprile 2018) , ed, in occasione della edizione dello scorso settembre, si è organizzato l’evento Photovoltaics | Forms | Landscapes (www.pv-landscapes.com), con il supporto del JRC ed insieme ad ETA Florence e WIP Munich (Brussels, 25 settembre 2018).



Figura 2.1.1 Evento Photovoltaics | Forms | Landscapes organizzato all’interno della 35th EUPVSEC.

2.2 Pubblicazioni e presentazioni a convegni

Di seguito si riportano le pubblicazioni e le presentazioni a congressi.

Pubblicazioni su rivista e in atti di Conferenza

1. Yaghoobi Nia N., Zendejdel M., Cinà L., Matteocci F., Di Carlo A., A crystal engineering approach for scalable perovskite solar cells and module fabrication: A full out of glove box procedure, Journal of Materials Chemistry A, (2018) 6 (2), pp. 659-671.
2. Calabrò E., Matteocci F., Palma A. L., Vesce L., Taheri B., Carlini L., Pis I., Nappini S., Dagar J., Battocchio C., Brown T. M., Di Carlo A., Low temperature, solution-processed perovskite solar cells and modules with an aperture area efficiency of 11%, Solar Energy Materials and Solar Cells (2018) 185, pp. 136-144.
3. L. Najafi, B. Taheri, B. Martín-García, S. Bellani, D. Di Girolamo, A. Agresti, R. Oropesa-Nuñez, S. Pescetelli, L. Vesce, E. Calabrò, M. Prato, A. E. Del Rio Castillo, A. Di Carlo, and F. Bonaccorso, MoS₂

- Quantum Dot/Graphene Hybrids for Advanced Interface Engineering of a $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ Perovskite Solar Cell with an Efficiency of over 20%, *ACS Nano* (2018) DOI: 10.1021/acsnano.8b05514
4. De Maria, V. La Ferrara, G. Rametta, L. V. Mercaldo, A. Bruno, F. Matteocci, A. Di Carlo and P. Delli Veneri, HCl-assisted two-step method for enhancing the performances of perovskite solar cells fabricated in ambient air, 20a Edizione Convegno Italiano delle Tecnologie Fotoniche (Fotonica), 23-25 Maggio 2018 Lecce, Italia, Accettato per la pubblicazine su IET Conference Publication.
 5. F. Villani, F. Loffredo, A. De Maria, V. La Ferrara, G. Rametta, F. Matteocci, A. Di Carlo, C. Minarini, P. Delli Veneri, Influence of Inkjet Printing parameters on perovskite-based solar cells, 20a Edizione Convegno Italiano delle Tecnologie Fotoniche (Fotonica), 23-25 Maggio 2018 Lecce, Italia, Accettato per la pubblicazine su IET Conference Publication.
 6. Hernandez-Martínez A., Placidi M., Arques L., Giraldo S., Sanchez Y., Izquierdo-Roca V., Pistor P., Valentini M., Malerba C. and Saucedo E., Insights into the Formation Pathways of $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ Using Rapid Thermal Processes, *ACS Appl. Energy Mater.* 2018, 1, 5, 1981-1989.
 7. F. Menchini, L. Serenelli, L. Martini, M. Izzi, G. Stracci, P. Mangiapane, E. Salza, M. Tucci, Transparent hole-collecting and buffer layers for heterojunction solar cells based on n-type-doped silicon, *Applied Physics A: Materials Science and Processing* (2018) vol 124 (7), n. 489.
 8. F. Menchini, L. Serenelli, L. Martini, M. Izzi, G. Stracci, P. Mangiapane, E. Salza, S. Lombardo, R.C. Milazzo, M. Tucci, Transparent MoO_x and SiO_x Window Layers for Heterojunction Silicon Solar Cells, *Proceedings of 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition* (2018), pp 639 – 644.
 9. F. Menchini, L. Serenelli, G. Stracci, M. Izzi, E. Salza, D. Caputo, G. de Cesare, M. Tucci, Temperature Effects on Sputtered ITO, *Proceedings of 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition* (2018) pp645 – 648.
 10. F. Menchini, L. Serenelli, G. Stracci, M. Izzi, E. Salza, D. Caputo, G. de Cesare, M. Tucci, Temperature effects on DC sputtered ITO, *WCPEC-7*, 10-15 giugno 2018, Waikoloa, Hawaii articolo n. 954.
 11. M. Della Noce, E. Bobeico, L. Lancellotti, L. V. Mercaldo, I. Usatii, and P. Delli Veneri, MoO_x as hole-selective collector in p-type Si heterojunction solar cells, *AIP Conference Proceedings* (2018), vol. 1999, n. 040006.
 12. L. Lancellotti, E. Bobeico, A. Castaldo, P. Delli Veneri, E. Lago, N. Lisi, Effects of different graphene dopants on double antireflection coatings/graphene/n-silicon heterojunction solar cells, *Thin Solid Films* (2018), 646, p. 21-27.
 13. L. Lancellotti, E. Bobeico, M. Della Noce, P. Delli Veneri, I. Maticena, Work Function Determination of Transparent Contact for a:Si/c-Si Heterojunction Solar Cells, *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering*, (2018) number 8493739.
 14. M. L. Addonizio, A. Antonaia, L. Fusco, Plasma etched c-Si wafer with proper pyramid-like nanostructures for photovoltaic applications, *Applied Surface Science* (2019) 467-468, p. 143-150.
 15. F.G. Della Corte, G. De Martino, F. Pezzimenti, G. Adinolfi, G. Graditi, "Numerical simulation study of a low breakdown voltage 4H-SiC MOSFET for photovoltaic module-level applications", *IEEE Transactions on Electron Devices*, Volume 65, Issue 8 (2018), pp. 3352-3360.

Presentazioni a convegni

1. E. Lamanna, F. Matteocci, E. Calabrò, A. Di Carlo, L. Serenelli, L. Martini, F. Menchini, M. Izzi and M. Tucci, V. La Ferrara, A. De Maria, P. Delli Veneri, Perovskite top cell optimization for a novel 2-terminal mechanically stacked perovskite/silicon tandem solar cell, PSCO conference, Lausanne (CH) 30 September - 2 October 201. *Presentazione orale*
2. E. Lamanna, F. Matteocci, E. Calabrò, L. Serenelli, E. Salza, M. Tucci, A. Di Carlo, Perovskite top cell optimization for a novel 2-terminal mechanically stacked perovskite/silicon tandem solar cell, 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 24-28 September 2018, Brussels (Belgium). *Presentazione orale*
3. V. La Ferrara, A. De Maria, G. Rametta, M. Della Noce, L. V. Mercaldo, C. Borriello, A. Bruno, and P. Delli Veneri, Low-temperature electron transport layers for perovskite solar cells, 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 24 - 28 Settembre 2018 Brussels, Belgio. *Presentazione poster*
4. V. La Ferrara, A. De Maria, G. Rametta, M. Della Noce, L. V. Mercaldo, C. Borriello, A. Bruno and P. Delli Veneri, Improvement of performance for ZnO nanorods/AZO photoanode based perovskite solar cells fabricated in ambient air, International Conference on Perovskite Thin Film Photovoltaics, Photonics and Optoelectronics, 27 Febbraio - 1 Marzo 2018 Rennes, France. *Presentazione poster*
5. Malerba C., Valentini M., Mittiga A., Cation disorder in $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films: effect on solar cell performances, "8th EU Kesterite Workshop", 9- 10 Novembre 2017, Barcellona (ES). *Presentazione orale*
6. Francesca Menchini, Transparent oxides for selective contacts and passivation in heterojunction silicon solar cells, LIMS 2018 17-18 maggio 2018, Enea Frascati. *Presentazione orale*
7. Valentini M., Kesterite Thin Film Solar Cells: Present Status and Future Prospects, Nanoinnovation 2018, 11-14 Settembre, Roma (IT). *Presentazione orale*
8. F. Menchini, L. Serenelli, G. Stracci, M. Izzi, E. Salza, D. Caputo, G. de Cesare and M. Tucci, Temperature effects on sputtered ITO, EMRS spring meeting 2018, Strasbourg, 18-22 giugno 2018. *Presentazione poster*
9. E. Bobeico, M. Della Noce, L. Lancellotti, L. V. Mercaldo, I. Usatii, and P. Delli Veneri, Different p-type silicon front emitters for Si heterojunction solar cells, 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 24 - 28 Settembre 2018 Brussels, Belgio. *Presentazione poster*
10. G. Adinolfi, R. Ciavarella, V. Palladino, M. Valenti, G. Graditi, "A multi-objective optimization design tool for Smart Converters in photovoltaic applications", Proc. 24th International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 20-22 Giugno 2018 Amalfi, 2018, pp. 794-799. *Presentazione poster*
11. G. Graditi, G. Adinolfi, R. Ciavarella, A. Scognamiglio, V. Palladino, "Reliable-thermal design of smart converters for NZEB application", Proc. 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EUPVSEC), 24-28 Settembre 2018 Brussels, 2018, pp. 1390-1392. *Presentazione poster*
12. G. Pangallo, R. Carotenuto, D. Iero, M. Merenda, F.G. della Corte, G. Adinolfi, G. Graditi, "Use of body-diode for thermal monitoring of Power MOSFET", Proc. 9th International Conference on Sensor Device Technologies and Applications (SENSORDEVICES), 16-20 Giugno 2018 Venezia, 2018, pp132-135. *Presentazione poster*
13. A. Scognamiglio, F. Frontini, International experiences ongoing on the use of photovoltaics in the built environment. Starting points for new research development, Sustainability and Climate Change (ESCC), Mykonos, Grecia, dal 3 al 7 giugno 2018 (presentazione orale).

14. P. Delli Veneri, Materials and technologies for photovoltaic electricity generation, 6th International Workshop Plasmonics and nanoantennas for solar cells” – Centro Fermi- Roma, 4 December 2017. *Presentazione su invito*
15. A. Di Carlo 2D materials for perovskite photovoltaics: from cells to modules, SEPV 2018, Barcellona 20-23 February 2018 (Spain). *Presentazione su invito*
16. A. Di Carlo Scaling perovskite cells to large area modules, Perovskite Thin Film Photovoltaics Conference (ABXPV18). 27-28 Feb 2018, Rennes (Francia). *Presentazione su invito*
17. A. Di Carlo, Graphene and other bidimensional nanomaterials for perovskite photovoltaics, Nano-Materials & Nano Technologies In Clean-Tech Applications, Tel-Aviv, 15 Marzo 2018. *Presentazione su invito*

CONTRIBUTO IN LIBRO

1. G. Adinolfi, G. Graditi, “Reliability prediction of Smart Maximum Power Point Converter for PV applications”, System Reliability (Dicembre 2017), InTech Constantin Volosencu, Croazia.

Si segnala, inoltre, che i ricercatori dell’ENEA di Portici coinvolti sullo sviluppo di celle innovative hanno partecipato all’open day della ricerca organizzato presso il Centro dell’ENEA di Portici in concomitanza con la notte europea della ricerca. Durante tale evento sono state presentate le attività svolte sullo sviluppo del fotovoltaico innovativo ai più di seicento ospiti presenti nelle strutture del Centro ENEA.



Figura 2.2.1: Locandina dell'Open Day della Ricerca presso il Centro Ricerche dell' ENEA di Portici.

3 Conclusioni

In questo report sono descritte le attività svolte per dare diffusione ai risultati conseguiti sullo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche innovative. La diffusione dei risultati è stata curata con lo strumento maggiormente utilizzato dalla ricerca e cioè mediante la pubblicazione su riviste scientifiche e proceedings di Conferenza e mediante la partecipazione a Convegni/Conferenze di settore. Inoltre, nell'ambito delle Collaborazioni Internazionali previste dal PAR2017, l'ENEA ha partecipato alle attività sul Programma IEA "Photovoltaic Power Systems".