

PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2019-21 - RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE
Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

AFFIDATARIO ENEA

Tema - Titolo del progetto: Modelli e strumenti per incrementare l'efficienza energetica nel ciclo di produzione, trasporto, distribuzione dell'elettricità

Durata: 36 Mesi

Semestre n. 5 – Periodo attività: 01/01/2021 – 30/06/2021

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

Il presente documento descrive le attività di ricerca del progetto “Modelli e strumenti per incrementare l'efficienza energetica nel ciclo di produzione, trasporto, distribuzione dell'elettricità” svolte durante il primo semestre dell'annualità 2021.

Le attività di ricerca, previste dalla seconda annualità di progetto, hanno riguardato le Linee di Attività (LA) dalla LA1.5 alla LA1.18, con esclusione della LA1.8 che si è conclusa nel semestre precedente. I beneficiari delle LA in corso nel semestre sono di seguito elencate:

- ENEA (affidatario del progetto) per LA1.5, LA1.10, LA1.11, LA1.16, LA1.17, LA1.18;
- Università di Palermo (cobeneficiario del progetto) per LA1.6, LA1.13;
- Politecnico di Milano (cobeneficiario del progetto) per LA1.7, LA1.12, LA1.14;
- Università di Pisa (cobeneficiario del progetto) per LA1.9, LA1.15.

Le linee di attività sopra elencate mirano complessivamente a completare le azioni già intraprese durante i semestri precedenti e, sulla scorta dei risultati ottenuti procedere con: i) la messa a punto di logiche di controllo per il miglioramento dell'affidabilità di reti ibride; ii) la progettazione di algoritmi per la gestione delle protezioni; iii) la progettazione del tool per il calcolo dell'affidabilità e l'ottimizzazione delle risorse energetiche dei sistemi di potenza in corrente alternata, continua o ibride; iv) i test sperimentali per la validazione prestazionale di tutti modelli implementati.

Nel corso del semestre in oggetto, le diverse attività hanno contribuito come di seguito illustrato al raggiungimento agli obiettivi sopra richiamati.

La LA1.5, è stata orientata alla implementazione in ambiente simulativo DigSilent Powerfactory delle configurazioni di lavoro di reti ibride AC/DC di Media Tensione (MT) e Bassa Tensione (BT) definite nei semestri precedenti.

La LA1.6 è stata orientata alla definizione dei casi studio e degli stati del sistema in base ai modelli di rete benchmark sviluppati nella LA1.5.

La LA1.7 si è focalizzata nell'implementazione in ambiente simulativo dei modelli di sistemi in DC, MT e BT definiti durante i semestri precedenti

La LA1.9 si è occupata di verificare gli schemi e la modalità di gestione energetica, sviluppati nei semestri precedenti, applicandoli ad un caso studio realistico.

La LA1.10 si è occupata dell'integrazione dei modelli precedentemente definiti in ambiente simulativo al fine di pervenire alla valutazione quantitativa degli indici affidabilistici.

La LA1.11 è proseguita curando la stesura di lavori scientifici da sottomettere a rivista o inserire in proceeding di conferenza.

La LA1.12 si è occupata dello studio e della definizione di configurazioni di interruttori statici basati su diverse tecnologie di interruzione.

La LA1.13 si è occupata dello studio preliminare per la definizione di logiche di controllo per il miglioramento dell'affidabilità di reti AC/DC in configurazione grid-on e grid-off, basate su azioni di controllo sia in regime stazionario che dinamico.

La LA1.14 si è focalizzata sulla simulazione delle configurazioni di interruttori con snubber RCD e MOV.

La LA1.15 ha riguardato lo studio preliminare di metodi di simulazione per la valutazione dell'affidabilità di sistemi elettrici con fonti AC e DC gestiti tramite sistemi di controllo Energy Management System (EMS) predittivi per la gestione basati su tecniche di ottimizzazione matematica Mixed-Integer Linear Programming

La LA1.16 è stata focalizzata sulla progettazione e l'implementazione del modello affidabilistico aggregato necessario per la successiva implementazione e programmazione di ORAtool, uno strumento software programmato ad hoc per il calcolo dell'affidabilità e l'ottimizzazione delle risorse energetiche dei sistemi di potenza in corrente alternata, continua o ibride (AC/DC).

La LA1.17 ha riguardato la predisposizione di test sperimentali per la validazione prestazionale dei modelli implementati nelle altre linee di attività.

La LA1.18 si è occupata della disseminazione dei risultati del progetto.

ATTIVITA' SVOLTE	
AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO
ENEA	<p>Nell'ambito del presente semestre, ENEA ha condotto attività di ricerca nell'ambito delle LA1.5, LA1.10, LA1.11, LA1.16, LA1.17, LA1.18.</p> <p>In riferimento alla LA1.5 "Progettazione e costruzione delle configurazioni di reti ibride di lavoro", nei semestri precedenti sono state studiate e definite le configurazioni di lavoro, ovvero le reti ibride in MT e BT di interesse per il progetto (primo semestre 2020). Tali configurazioni sono state poi implementate in ambiente Neplan nel corso del secondo semestre 2020 e in ambiente DigSilent Powerfactory nel corso del presente semestre. La LA1.5 si è conclusa ad aprile 2021 e i relativi risultati sono stati sintetizzati nel rapporto tecnico RdS/PTR2020/002, redatto nel presente semestre.</p> <p>Per ciò che concerne la LA 1.10 "Implementazione di modelli affidabilistici di sottosistemi e componenti di reti ibride AC/DC in MT e BT in ambiente simulativo", a valle della definizione del modello di ciascuna tipologia di componenti e dispositivi di rete fatta nel precedente semestre, si</p>

è proceduto con la relativa integrazione in ambiente simulativo al fine di pervenire alla valutazione quantitativa degli indici affidabilistici. L'ambiente simulativo è stato costruito utilizzando il software DigSILENT PowerFactory e programmando i modelli di componente mediante file script in linguaggio Python. La LA1.10 si è conclusa ad aprile 2021 e i relativi risultati sono stati sintetizzati nel rapporto tecnico RdS/PTR2020/007, redatto nel presente semestre.

In riferimento alla **LA1.11** "Comunicazione e disseminazione – Anno II", in linea con il semestre precedente, l'attività è proseguita con la stesura di lavori scientifici da sottoporre a rivista o inserire in proceeding. Nello specifico, nel presente semestre le attività di disseminazione sono state preparatorie rispetto ad eventi e articoli pubblicati nel corso della terza annualità. Più nello specifico, si sono intraprese sia azioni volte a disseminare i risultati del progetto verso una platea più ampia che non comprendesse solo la comunità scientifica (azioni di comunicazione), sia azioni che consentissero una divulgazione più specialistica rivolta alla comunità scientifica (azioni di divulgazione scientifica). In relazione alle prime, si è proceduto ad organizzare un ciclo di seminari tematici in collaborazione con il progetto ESPA dell'ENEA e si è provveduto a selezionare eventi sul tema di interesse del progetto 2.7. In merito alla divulgazione scientifica si è intrapresa l'organizzazione di una special session nell'ambito della conferenza internazionale IEEEIC 2021. In parallelo, i diversi partner di progetto hanno avviato la fase di redazione degli articoli di disseminazione scientifica. In sintesi, le attività condotte hanno riguardato: i) organizzazione della special session "Reliability and energy efficiency issues in DC and hybrid AC/DC microgrids" nell'ambito della Conferenza Internazionale IEEEIC 2021 on Environment and Electrical Engineering, ii) organizzazione di un ciclo di 4 seminari tecnici sul tema dell'affidabilità delle reti elettriche ibride AC/DC; iii) preparazione di 7 articoli scientifici da sottoporre alla special session "Reliability and energy efficiency issues in DC and hybrid AC/DC microgrids" nell'ambito della Conferenza Internazionale IEEEIC 2021 on Environment and Electrical Engineering.

La LA1.11 si è conclusa ad aprile 2021 e i relativi risultati sono stati sintetizzati nel rapporto tecnico RdS/PTR2020/008, redatto nel presente semestre.

La **LA1.16** "Sviluppo del modello aggregato per la stima dell'affidabilità di reti ibride AC/DC in MT e BT in ambiente simulativo" è stata focalizzata, nel semestre, sulla definizione del modello affidabilistico aggregato e sulla progettazione dell'architettura e dell'alberatura che costituiranno lo scheletro portante di ORAtool, software sviluppato nel successivo semestre 2021. In particolare, si è proceduto a identificare le funzionalità da sviluppare e a progettare l'albero di navigazione del software, propedeutico alle successive fasi di lavoro.

Durante il presente semestre, le attività della **LA1.17** "Sperimentazione delle configurazioni di sistema individuate e loro validazione" sono state orientate a predisporre l'ambiente per la validazione sperimentale dei modelli implementati nelle altre LA. Il setup dell'ambiente sperimentale è stato effettuato configurando la nanogrid installata presso i laboratori del Centro Ricerche ENEA di Portici al diagramma SCADA delle reti di interesse. Successivamente, si è proceduto a realizzare il settaggio delle attrezzature hardware e dei modelli simulati mediante tecnologia Hardware-In-the-Loop per l'emulazione delle condizioni di guasto ipotizzate dai ricercatori dell'Università di Palermo. In parallelo, è stata avviata la progettazione di un prototipo di interruttore differenziale a stato solido per reti e microreti DC e reti ibride AC/DC.

La **LA1.18** "Comunicazione e disseminazione – Anno 3", si è occupata della disseminazione dei risultati del progetto. Nello specifico sono stati erogati tre webinar di un ciclo di seminari, le cui attività preparatorie sono state condotte nell'ambito della LA1.11:

- **Le problematiche di affidabilità nelle reti ibride di distribuzione (ENEA).**
Data: 21/04/2021.
Iscritti al webinar: 182 utenti.
Picco di spettatori simultanei in diretta web: 75 utenti.
Numero di visualizzazione del video disponibile online: 332 visualizzazioni.
- **Scenari energetici ed evoluzione delle reti elettriche di distribuzione (Università degli Studi di Palermo).**
Data: 04/06/2021.

	<p>Iscritti al webinar: 65 utenti. Picco di spettatori simultanei in diretta web: 28 utenti. Numero di visualizzazione del video disponibile online: 216 visualizzazioni.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Logiche di gestione energetica di una rete ibrida proprietaria per l'alimentazione di sistemi di mobilità (Università degli Studi di Pisa). Data: 25/06/2021. Iscritti al webinar: 88 utenti. Picco di spettatori simultanei in diretta web: 26 utenti. Numero di visualizzazione del video disponibile online: 257 visualizzazioni. <p>In aggiunta, sono stati presentati i risultati del progetto 2.7 alla sessione "Mini-grid models and optimization methods for sustainability, energy services and zero-emission mobility" della pitch marathon organizzata nell'ambito della EU Chapter Conference del GCSP "Grand Challenges Scholars Program" promossa dalla NAE National Academy of Engineering.</p>
<p style="text-align: center;">UNIPA</p>	<p>Nell'ambito del presente semestre, l'Università di Palermo è stata impegnata nelle attività LA1.6 e LA1.13.</p> <p>La LA1.6 "Definizione e analisi di stati del sistema per la valutazione dell'affidabilità di reti ibride AC/DC in MT/BT in configurazione grid-on e grid-off" si è focalizzata nello sviluppo di soluzioni per il miglioramento dell'affidabilità (es. layout di impianti innovativi che migliorino la continuità del servizio). Gli stati del sistema, in particolare, sono stati caratterizzati contemplando differenti eventi di guasto e valutando i tempi di riparazione dei componenti e di ripristino del servizio. La LA1.6 si è conclusa ad aprile 2021 e i relativi risultati sono stati sintetizzati nel rapporto tecnico RdS/PTR2020/003, redatto nel presente semestre.</p> <p>La LA1.13 "Sviluppo e validazione di azioni di controllo in regime stazionario e dinamico per il miglioramento dell'affidabilità di reti AC/DC" ha lo scopo di definire soluzioni per il miglioramento dell'affidabilità di reti AC/DC in configurazione grid-on e grid-off, basati su azioni di controllo sia in regime stazionario che dinamico. Nel presente semestre l'attività ha riguardato la definizione, l'implementazione e la simulazione di specifiche logiche di controllo atte a migliorare l'affidabilità in presenza di differenti eventi di failure. Nel successivo semestre 2021, tali logiche saranno implementate sui casi studio individuati nella LA 1.6.</p>
<p style="text-align: center;">UNIFI</p>	<p>Nell'ambito del presente semestre, l'Università di Pisa è stata impegnata nelle attività LA1.9 e LA1.15.</p> <p>L'attività semestrale prevista nell'ambito della LA 1.9 "Definizione ed implementazione di nuovi schemi e modalità di gestione energetica delle reti ibride AC/DC in BT" si è focalizzata sullo sviluppo del modello matematico progettato nel secondo semestre 2020 e sull'applicazione dello stesso ad un caso studio condiviso con ENEA. In particolare, il caso studio proposto considera una unità metropolitana, in cui è presente una componente di produzione rinnovabile fotovoltaica, l'accumulo elettrolitico e il carico, sia per gli ausiliari sia per l'alimentazione del sistema di captazione previsto per i convogli. I dati di carico provengono, peraltro, da una estesa campagna di misura frutto di precedenti attività, svolte in collaborazione con ENEA.</p> <p>LA1.9 si è conclusa ad aprile 2021 e i relativi risultati sono stati sintetizzati nel rapporto tecnico RdS/PTR2020/006, redatto nel presente semestre.</p> <p>L'attività semestrale prevista nell'ambito della LA 1.15 "Validazione in simulazione degli schemi e delle logiche di gestione energetica e studio della relativa affidabilità" ha l'obiettivo di sviluppare una analisi di affidabilità per la rete ibrida, a partire dall'EMS (Energy Management System) sviluppato nell'ambito della LA 1.9. In particolare, in questo semestre l'attività si è focalizzata nello studio preliminare di metodi di simulazione per la valutazione dell'affidabilità di sistemi elettrici con fonti AC e DC gestiti tramite sistemi di controllo Energy Management System (EMS) predittivi per la gestione basati su tecniche di ottimizzazione matematica Mixed-Integer Linear Programming. Nel semestre successivo si estenderà il metodo di gestione EMS sviluppato nella LA1.9 per simulare come esso operi sottoposto ad incertezze dovute a guasti dei componenti, incertezze nella produzione rinnovabile o variazioni della domanda elettrica consumata dal sistema.</p>

<p>POLIMI</p>	<p>Nel periodo di riferimento, il Politecnico di Milano è stato impegnato nelle attività relative alle LA1.7, LA1.12 e LA1.14.</p> <p>L'attività svolta nel semestre, nell'ambito della LA1.7 "Analisi e sviluppo azioni di intervento di dispositivi di protezione in ottica di miglioramento dell'affidabilità di sistema delle reti ibride AC/DC" ha riguardato lo studio degli interruttori ibridi, ossia interruttori che combinano la tecnologia elettromeccanica e quella elettronica. In particolare, la parte elettromeccanica ha la funzione di ridurre le perdite durante lo stato di ON, mentre la parte elettronica, simile a quella dell'SSCB, permette di velocizzare l'interruzione della corrente limitando la sovratensione generata. LA1.7 si è conclusa ad aprile 2021 e i relativi risultati sono stati sintetizzati nel rapporto tecnico RdS/PTR2020/004, redatto nel presente semestre.</p> <p>La LA1.12 "Studio e modellazione avanzata di sistemi di protezione statici in ottica di miglioramento dell'affidabilità" ha riguardato lo studio e la definizione di configurazioni di interruttori statici basati su diverse tecnologie di interruzione. L'attività è terminata nel presente semestre (giugno 2021) e gli output forniti riguardano i modelli di tre diverse tipologie di interruttori statici basati su semiconduttori di potenza: interruttore statico con circuito di snubber a chopper, interruttore statico con circuito di snubber RCD e interruttore statico con circuito di snubber MOV. I risultati sono stati riassunti nel rapporto tecnico RdS/PTR2021/061, redatto nel presente semestre.</p> <p>L'attività semestrale prevista nell'ambito della LA1.14 "Validazione in simulazione degli schemi e delle logiche di protezione individuate" ha riguardato la simulazione delle configurazioni di interruttori con snubber RCD e MOV sia su reti semplici, sia in una rete più complessa che includa dei modelli sofisticati di generatori fotovoltaici e infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici. In particolare, è stata simulata una rete complessa costituita da una parte DC, che ingloba le tecnologie di generazione fotovoltaica e ricarica dei veicoli elettrici, che interscambi potenza in due punti della rete AC, costituendo di fatto una rete ibrida AC/DC.</p> <p>Le protezioni sono state testate sulla parte DC, poiché è quella che risente di più dell'assenza di sistemi di interruzione affidabili ed efficaci presenti sul mercato, potendo comunque estendere i risultati ottenuti anche alla parte AC.</p>
----------------------	---