

**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 1**

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. 1 – Periodo attività: 01/01/2020 – 30/06/2020

**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 del PAR 2020.

Le attività di ricerca, nel periodo di riferimento, hanno riguardato le Linee di Attività dalla LA1.4 alla LA1.11, di cui risultano responsabili rispettivamente:

- ENEA (affidatario del progetto) per LA1.5, LA1.10, LA1.11;
- Università di Palermo (cobeneficiario del progetto) per LA1.4 e LA1.6;
- Politecnico di Milano (cobeneficiario del progetto) per LA1.7;
- Università di Pisa (cobeneficiario del progetto) per LA1.8 e LA1.9.

Le otto attività mirano complessivamente a definire - nel corso del PAR2020 - le configurazioni di rete, i modelli affidabilistici e gli scenari energetici di lavoro per la definizione del modello affidabilistico integrato e la successiva implementazione, nel corso del PAR2021, all'interno del tool di affidabilità. Nel corso del primo semestre del PAR2020, le diverse attività hanno contribuito come di seguito illustrato al raggiungimento dell'obiettivo generale del PAR2020.

La LA1.4 è stata focalizzata sulla definizione degli scenari energetici propedeutici alle successive fasi di analisi dell'affidabilità delle reti ibride AC/DC.

La LA1.5 è stata orientata alla definizione delle configurazioni di lavoro di reti ibride AC/DC di Media Tensione (MT) e Bassa Tensione (BT) inerenti contesti sia di tipo urbano sia di tipo portuale. L'attività sarà completata, nel successivo semestre, con l'identificazione e il dimensionamento degli apparati e sistemi di rete.

La LA1.6 si è occupata dello studio preliminare degli eventi di guasto riscontrabili nelle reti ibride di progetto da cui implementare, nel corso del secondo semestre, le logiche di controllo per le reti configurate nella LA 1.5.

La LA1.7 è stata volta alla definizione preliminare di modelli di sistemi in DC, MT e BT, per la simulazione di eventi, quali cortocircuiti o condizioni anomale in rete, che portano all'intervento delle protezioni. A completamento dell'attività, i modelli saranno implementati nell'ambiente di simulazione nel successivo semestre del PAR.

Le LA1.8, LA 1.9 e LA1.10 si sono occupate dello studio e all'analisi della letteratura di settore, rispettivamente, in relazione alle tecniche per la valutazione dell'affidabilità dei sistemi di accumulo, intesi

come componenti della rete ibrida AC/DC (LA1.8); alle funzioni necessarie all'implementazione di sistemi di gestione energetica per il miglioramento dell'affidabilità, anche attraverso il management ottimizzato dei sistemi di accumulo (LA1.9); all'analisi delle tecniche per la modellazione affidabilistica di componenti e sistemi elettrici di tipo standard, allo studio delle distribuzioni di probabilità e la valutazione dei parametri affidabilistici per alcuni dei componenti e delle apparecchiature delle reti ibride AC, DC di interesse del progetto (LA1.10).

La LA1.11 è proseguita curando la stesura di lavori scientifici da sottoporre a rivista o inserire in proceeding di conferenza in accordo con il quadro programmatico già delineato nel PAR2019 (LA1.3).

Per tutte le attività sopra richiamate, si è registrato un ritardo di circa 4 mesi nel raggiungimento degli obiettivi fissati nel semestre. L'entrata in vigore delle misure di lockdown per il contenimento dell'emergenza epidemiologica COVID-19 ha imposto, infatti, l'obbligo di abilitare l'utilizzo da remoto degli strumenti informatici propedeutici alla prosecuzione delle attività, comportando conseguenti ed evidenti ritardi rispetto al Gantt di progetto.

<b>ATTIVITA' SVOLTE</b>	
<b>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</b>	<b>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</b>
<b>ENEA</b>	<p>Nell'ambito del primo semestre del PAR 2020, ENEA ha condotto attività di ricerca nell'ambito delle LA 1.5, 1.10 e 1.11.</p> <p>In riferimento alla <b>LA1.5</b> "Progettazione e costruzione delle configurazioni di reti ibride di lavoro" l'attenzione è stata focalizzata sulla definizione delle configurazioni di lavoro di reti ibride AC,DC di interesse del progetto e dei relativi schemi unifilari.</p> <p>In accordo con i diversi beneficiari del progetto e tenuto conto dei potenziali contesti di interesse per l'applicazione di microreti DC in reti AC, si è deciso di considerare, in prima battuta, i contesti urbano e portuale come ambienti di riferimento per le configurazioni di lavoro. Il contesto portuale, in particolare, è stato selezionato perchè il settore navale impiega, da decenni, tecnologie DC in media tensione ed alta potenza e può costituire un utile benchmark ai fini della definizione dei modelli di componente da implementare nell'ambiente di simulazione dei sistemi di potenza. Al fine di analizzare l'integrazione con le fonti rinnovabili, nella configurazione di rete portuale si è, inoltre, ipotizzata la presenza di impianti eolici di tipo off-shore collegati all'area portuale mediante linee DC di potenza in Media Tensione (MT).</p> <p>Per il contesto urbano, in particolare, tenuto conto dell'obiettivo prioritario del progetto di studiare aspetti, caratteristiche funzionali e criticità degli scenari energetici futuri, si è proceduto a definire una configurazione di rete inclusiva di risorse di generazione sia di tipo programmabile sia non programmabile, carichi controllabili e non controllabili, sistemi di accumulo, colonnine di ricarica per veicoli elettrici e linea tramviaria (DC). A partire dalla rete di distribuzione in MT con le relative cabine di trasformazione, si è proceduto ad individuare i sistemi di conversione necessari a garantire livelli di tensione in AC e DC rappresentativi di condizioni reali e idonei all'integrazione di sistemi di generazione distribuita e di accumulo di energia.</p> <p>Le configurazioni definite nel primo semestre LA1.5 - opportunamente modellate negli ambienti di simulazione nel corso del secondo semestre 2020 - saranno successivamente, utilizzate dalle altre LA per l'implementazione di delle strategie di controllo in corrispondenza di condizioni operative di tipo "grid-on" e " grid-off" sia in MT che in BT e la valutazione di affidabilità in corrispondenza di diversi scenari energetici.</p> <p>In riferimento alla <b>LA 1.10</b> "Implementazione di modelli affidabilistici di sottosistemi e componenti di reti ibride AC/DC in MT e BT in ambiente simulativo", nel primo semestre del PAR2020, è stata, preliminarmente, condotta un'attenta analisi delle metodologie, di tipo standard o proposte in letteratura, per la modellazione affidabilistica di componenti e sistemi</p>

	<p>elettrici. Sono stati studiati modelli di predizione di affidabilità di tipo militare e industriale. Dall'approfondimento dei relativi documenti tecnici si è potuto verificare l'indisponibilità di modelli affidabilistici dei sistemi di generazione da fonte rinnovabili e di alcuni sistemi di accumulo. In particolare, essendo l'analisi di affidabilità basata sull'individuazione degli eventi di guasto per ogni singolo componente della rete e sui relativi test sperimentali per la determinazione dei parametri caratteristici (tasso di guasto, tempo medio tra i guasti), sono state riscontrate diverse criticità legate non solo alla mancanza di completa documentazione e reportistica inerente tutti i dispositivi di rete, ma anche in relazione alle specifiche condizioni operative di interesse del progetto. I parametri affidabilistici dipendono, infatti, da differenti fattori caratteristici non solo del dispositivo o sistema in esame, ma anche delle relative condizioni di funzionamento.</p> <p>Difficoltà sono state riscontrate anche a livello software, giacché nell'ambiente simulativo DigSilent è quello Neplan mettono a disposizione tutti i modelli e tutti i dati di failure di cui si necessita per le attività di progetto.</p> <p>Si è, quindi, proceduto con lo studio delle distribuzioni di probabilità degli eventi di guasto di componenti quali: cavi elettrici, trasformatori, carichi e convertitori AC/DC e DC/DC. In dettaglio, si tratta di distribuzioni di tipo esponenziale e Weibull a seconda delle tipologie di guasto degli specifici apparati.</p> <p>A valle dello studio di tali distribuzioni di probabilità si è optato per un approccio congiunto basato sull'utilizzo dei modelli di predizione a disposizione, laddove presenti e idonei alla caratterizzazione di un apparato nelle condizioni di funzionamento di interesse del progetto.</p> <p>Laddove, invece, uno specifico sistema non è presente nei modelli considerati o diversa è la condizione operativa modellabile mediante le formule messe a disposizione, è stato seguito un approccio che, partendo dalla distribuzione di probabilità studiata, ha portato alla definizione di parametri caratteristici peculiari per il dispositivo o sistema in esame nelle modalità di funzionamento di interesse.</p> <p>Visti i limiti connessi alla già richiamata indisponibilità di modelli inerenti la tematica oggetto del progetto, si può affermare che la costruzione di modelli affidabilistici e, in generale, di un approccio integrato per l'analisi dell'affidabilità fornisce informazioni utili al settore produttivo di riferimento.</p>
<p><b>UNIPA</b></p>	<p>L'Università di Palermo è stata impegnata nelle attività LA1.4 e LA1.6.</p> <p>La <b>LA 1.4</b> ha lo scopo di definire ed analizzare gli scenari energetici per l'integrazione di reti ibride AC/DC in MT e BT. L'attività di ricerca è stata condotta, in accordo al capitolato di progetto, tenendo conto degli obiettivi nazionali volti ad accelerare il processo di decarbonizzazione del sistema elettrico nazionale, mettendo al centro i benefici per i consumatori e favorendo la trasformazione del settore elettrico da un assetto centralizzato ad uno distribuito basato su fonti rinnovabili.</p> <p>La definizione di scenari diversi ha grande impatto sull'analisi di affidabilità del sistema ibrido; infatti, una maggiore penetrazione di fonti rinnovabili e una riduzione della produzione da generatori convenzionali, così come una minore presenza di sistemi di accumulo o di risorse controllate flessibili, potrebbe ridurre la sicurezza complessiva non solo della rete DC, ma dell'intero sistema ibrido, in funzione dei flussi di potenza tra la rete AC e la rete DC.</p> <p>Gli scenari operativi definiti nella LA1.4 saranno utilizzati nell'ambito delle LA di sviluppo. In particolare, le configurazioni base (LA1.5) saranno caratterizzate da ENEA caratterizzando i modelli di rete (ovvero le architetture di rete) in relazione alle specifiche determinate dagli scenari operativi.</p> <p>Nell'ambito del semestre, sono stati, in particolare, definiti gli scenari energetici propedeutici alle successive fasi di analisi dell'affidabilità delle reti ibride AC,C. I diversi scenari energetici proposti (scenario base, scenario bilanciato al 2030, scenario centralizzato al 2030, scenario decentralizzato al 2030, scenario bilanciato al 2040, scenario centralizzato al 2040, scenario decentralizzato al 2040) per le reti di distribuzione considerano diversi livelli di penetrazione di generazione distribuita da fonte rinnovabile e connettabile alla rete di distribuzione in DC e tengono conto di diversi livelli di rapidità di diffusione degli impianti da fonte rinnovabile, dello storage elettrico, dei veicoli flessibili e di sistemi di controllo dei carichi flessibili in DC.</p> <p>La <b>LA1.6</b> riguarda, invece, la definizione delle configurazioni e degli eventi di failure e si sviluppa a valle della LA1.4 e della LA1.5. Nel corso del semestre si è proceduto allo studio preliminare degli eventi di guasto riscontrabili nelle reti ibride di progetto da cui implementare, nel corso del secondo semestre, le logiche di controllo da integrare nelle reti configurate nella LA 1.5.</p>

	<p>Sia la LA1.4 sia la LA1.6 hanno subito un forte ritardo dovuto all'emergenza pandemica legata al COVID-19 e alle restrizioni che hanno impedito l'accesso ai locali e alle strumentazioni universitarie.</p> <p>Inoltre, il conseguimento dei risultati della LA1.4, la cui chiusura era prevista da Gantt al termine del presente semestre, è stato ulteriormente ritardato a causa delle modifiche agli scenari energetici nazionali ed internazionali previsti fino al febbraio 2020 per effetto della pandemia.</p> <p>A titolo di esempio, si segnala come per l'Osservatorio FER di ANIE Rinnovabili, nel mese di aprile 2020, il comparto si sia completamente fermato. L'analisi dei dati di mercato mostra come sia cambiata la composizione del carico elettrico italiano, così come i volumi scambiati sul mercato del servizio di dispacciamento e sul mercato del giorno prima. Si è, pertanto, deciso – anche in accordo con gli altri partner - di elaborare scenari energetici a partire da tali dati aggiornati, fornendo l'output dell'attività nel successive semestre.</p>
<p><b>UNIFI</b></p>	<p>L'Università di Pisa è stata impegnata nelle attività LA1.8 e LA1.9.</p> <p>L'attività semestrale prevista nell'ambito della <b>LA1.8</b> (Approfondimento dello sviluppo di modelli per stimare l'affidabilità di effettuare le funzioni assegnate a un sistema di accumulo di una rete ibrida) ha avuto il principale obiettivo di approfondire il problema dell'affidabilità degli accumuli inseriti all'interno di una rete ibrida. In particolare, dopo aver inquadrato le caratteristiche dell'accumulo elencando i diversi sottosistemi di cui è composto, si è proceduto alla valutazione dell'affidabilità del componente. Tale approccio è basato sull'identificazione dei tassi di guasto dei singoli sottosistemi e sull'analisi del sistema completo mediante un modello a catena di Markov. È stata poi valutata l'affidabilità dell'accumulo come probabilità che quest'ultimo non sia in grado di effettuare le funzioni per le quali è stato progettato all'interno della rete, che trasforma il problema di valutazione dell'affidabilità "del componente", a una valutazione "di sistema". Questo implica che l'incertezza legata al funzionamento dell'accumulo sia valutata o a posteriori rispetto alla definizione di un modello deterministico, o integrata all'interno di modelli stocastici del sistema in esame.</p> <p>L'output della LA1.8, la cui chiusura era prevista da Gantt al termine del presente semestre, è stato ritardato a causa dell'emergenza dovuta al COVID-19 che ha impedito l'accesso ai locali e alle strumentazioni universitarie. Anche in accordo con gli altri partner, l'output dell'attività sarà fornita nel successivo semestre in tempo utile per il proseguimento delle attività connesse alla LA1.8.</p> <p>Nel primo semestre, parallelamente alla LA1.8, sono state avviate le attività di ricerca della <b>LA1.9</b> (Definizione ed implementazione di nuovi schemi e modalità di gestione energetica delle reti ibride AC/DC in BT). Queste ultime, in particolare, sono state orientate a condurre uno studio preliminare delle funzioni necessarie all'implementazione di sistemi di gestione energetica per il miglioramento dell'affidabilità, anche attraverso il management ottimizzato dei sistemi di accumulo. A valle dello studio si è, quindi, proceduto all'elaborazione di una prima struttura di sistema di gestione energetica, comprensiva delle principali funzioni, da adattare, poi, al caso studio prescelto nel successivo semestre del PAR2020.</p>
<p><b>POLIMI</b></p>	<p>Nel periodo di riferimento il Politecnico di Milano è stata impegnato nelle attività relative alla LA1.7.</p> <p>L'attività svolta nel semestre – nell'ambito della <b>LA1.7</b> - ha riguardato innanzitutto la modellizzazione dei sistemi in corrente continua in MT e BT al fine di poter simulare gli eventi, come cortocircuiti o condizioni anomale in rete, che portano all'intervento delle protezioni. All'interno della rete vengono, in particolare, simulati diversi elementi che concorrono agli scambi di potenza sia in assorbimento, come infrastrutture di ricarica, sia in iniezione, come generatori fotovoltaici. La loro presenza permette di simulare diversi scenari che possono portare ad un peggioramento dell'affidabilità della rete se non gestiti correttamente durante gli eventi transitori. Un aspetto su cui ci si è concentrati nel semestre è quello relativo alle protezioni statiche inteso come sistemi di interruzione basati su dispositivi a semiconduttore. La difficoltà di interrompere le correnti continue è uno dei fattori che finora ha limitato la diffusione dei sistemi in corrente continua data l'impossibilità di creare reti con sistemi affidabili ed economici. L'impiego di protezioni statiche ha proprio lo scopo di superare questi limiti rendendo, inoltre, meno impattanti i transitori di estinzione della corrente e risulta, pertanto, fondamentale ai fini del raggiungimento degli obiettivi del presente progetto.</p> <p>Tali attività possono promuovere in maniera significativa lo sviluppo di dispositivi di interruzione innovativi destinati ad un mercato in crescita grazie alla diffusione delle reti in DC con la presenza di fonti rinnovabili e di infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici.</p>

