Università di Genova
DITEN DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA NAVALE, ELETTRICA,
ELETTRONICA E DELLE TELECOMUNICAZIONI

ATTIVITA' di RICERCA UNIVERSITARIA su: strumenti e tecnologie per affrontare la Transizione Energetica nei Sistemi Elettrici per l'Energia

Comitato Tecnico Italiano CIGRE Italia

Stefano Massucco – Università di Genova – DITEN-IEES – Intelligent Electric System Laboratory

Palau, 4 maggio 2022

Premesse

La transizione energetica, la conseguente decarbonizzazione e la definitiva integrazione delle sorgenti rinnovabili richiedono soluzioni innovative:

- reti intelligenti (**smart grids**);
- **servizi di controllo** forniti dalle rinnovabili;
- servizi di controllo forniti dai consumatori (**demand response**);
- utilizzo integrato di **sistemi di accumulo** (batterie, power-to-gas, power-to-hydrogen);
- **sistemi di comunicazione e monitoraggio e previsione in tempo reale**;
- modelli equivalenti;
- **nuove configurazioni**: microreti, virtual power plant, local energy communities.

Premesse

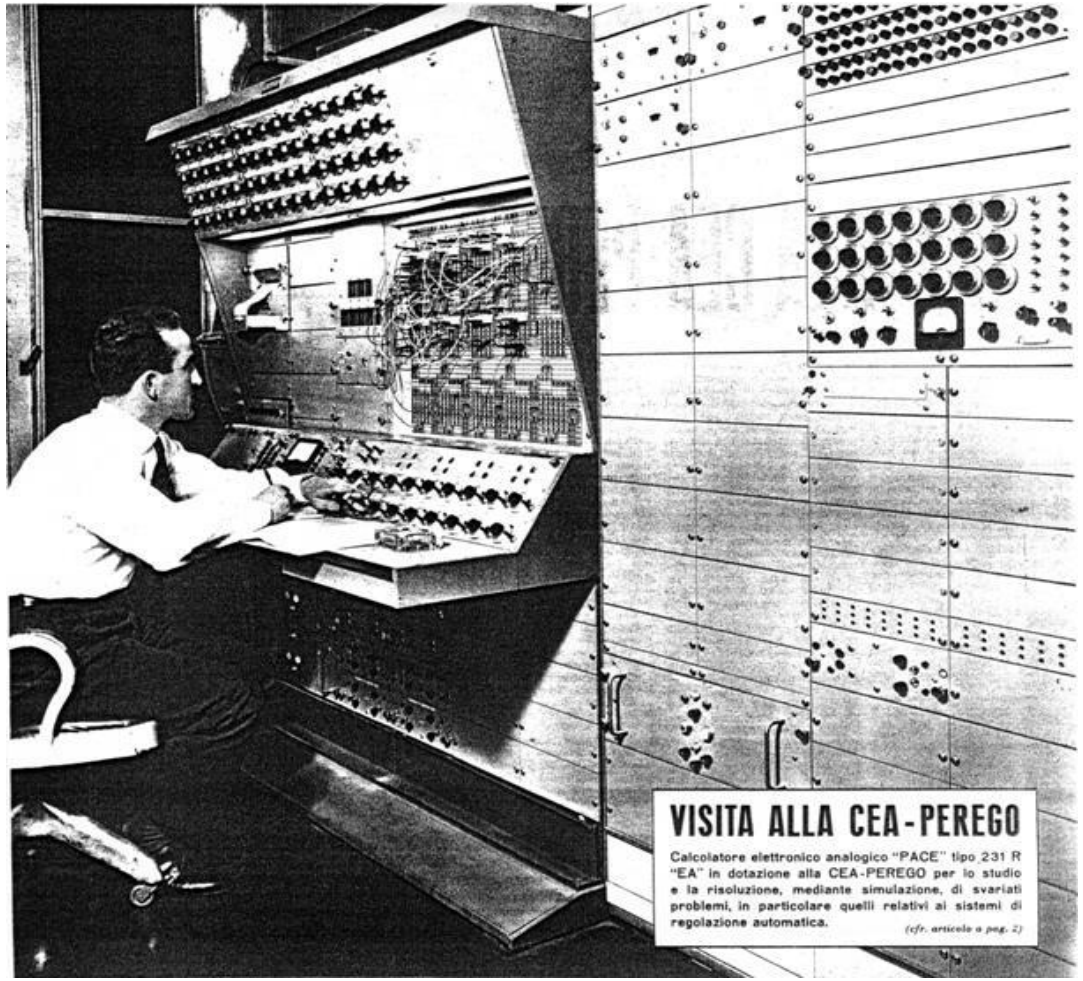
Ruolo di ENSIEL

https://www.consorzioensiel.it – Direttore Prof. Domenico Villacci (Università di Napoli)

EnSiEL è un'organizzazione di Università Italiane pubbliche che operano nel settore dell'energia, dei sistemi elettrici e degli impianti elettrici.

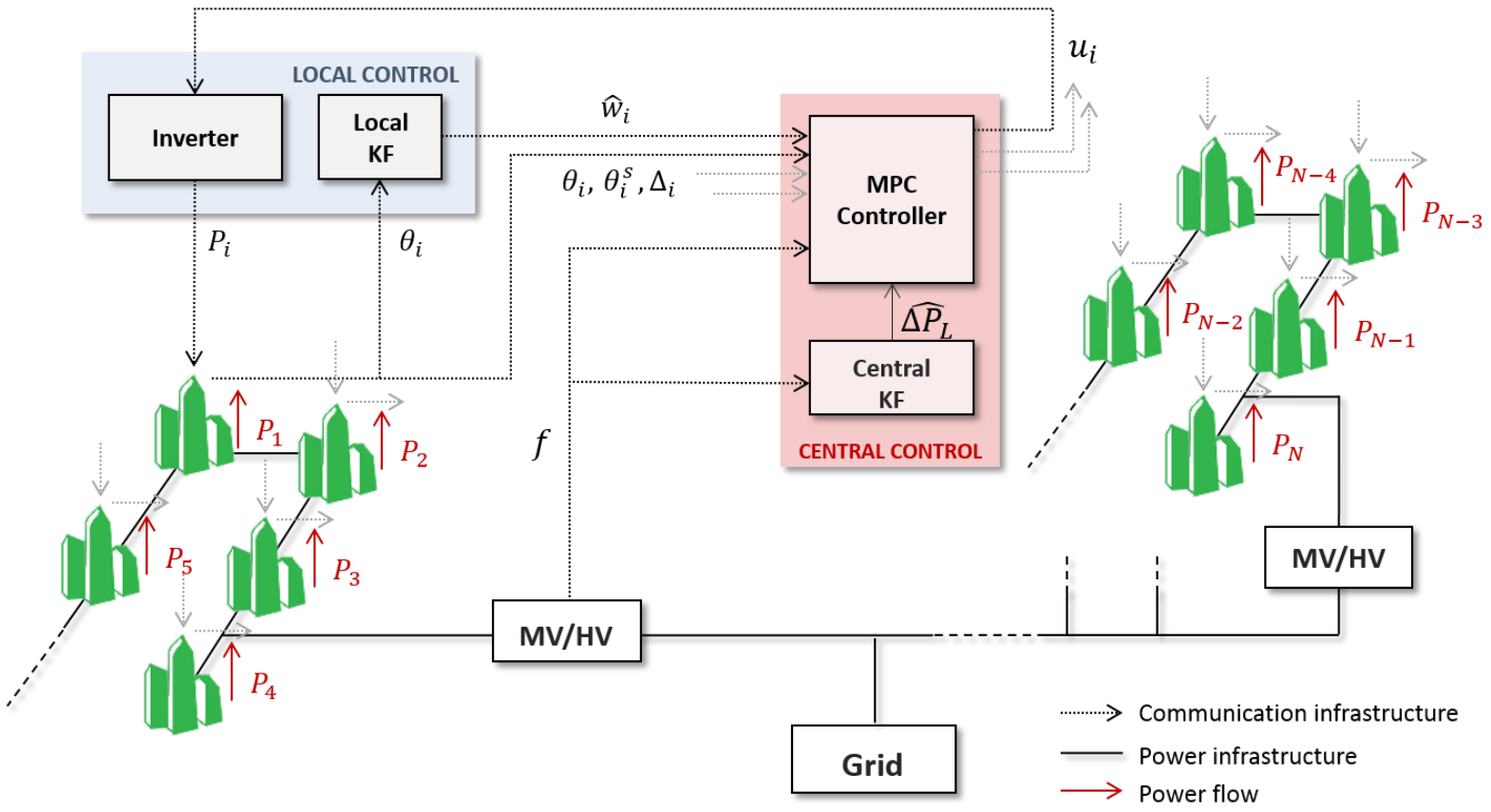
- Italian **Ministry for Education, University and Research - MIUR**
- Italian **Ministry for the Economic Development - MISE**
- 21 members + 5 (partners) **Public Universities** with academic experts in energy and electric power systems.

sviluppo sistemi ICT: 1960 >>> 2022



Regolazione della frequenza nei sistemi elettrici con elevata penetrazione di FER

Sviluppo ed utilizzo di modelli di carichi elettrici per la fornitura di servizi di regolazione



- Supporto alla regolazione primaria e secondaria della frequenza
- Il contributo di ogni edificio è definito da un unico controllore
- Il controllore definisce la potenza richiesta dai sistemi di raffrescamento dell'aria di ogni edificio
- Ne risulta un'**ottimizzazione** del supporto alla regolazione della frequenza e il simultaneo **controllo delle temperature** interne degli edifici

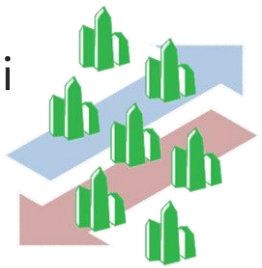
Regolazione della frequenza operata da edifici commerciali

Perché i carichi?

- Una strategia emergente per supportare la regolazione della frequenza è nota come **Demand Side Response** (DSR), in cui si richiede a **consumatori flessibili** di modulare la loro domanda di potenza elettrica per fornire servizi di regolazione

- Ci sono due vantaggi principali nell'utilizzare i carichi per fornire servizi di regolazione:

  1. possono essere più veloci dei generatori;
  2. sono già distribuiti sulla rete.

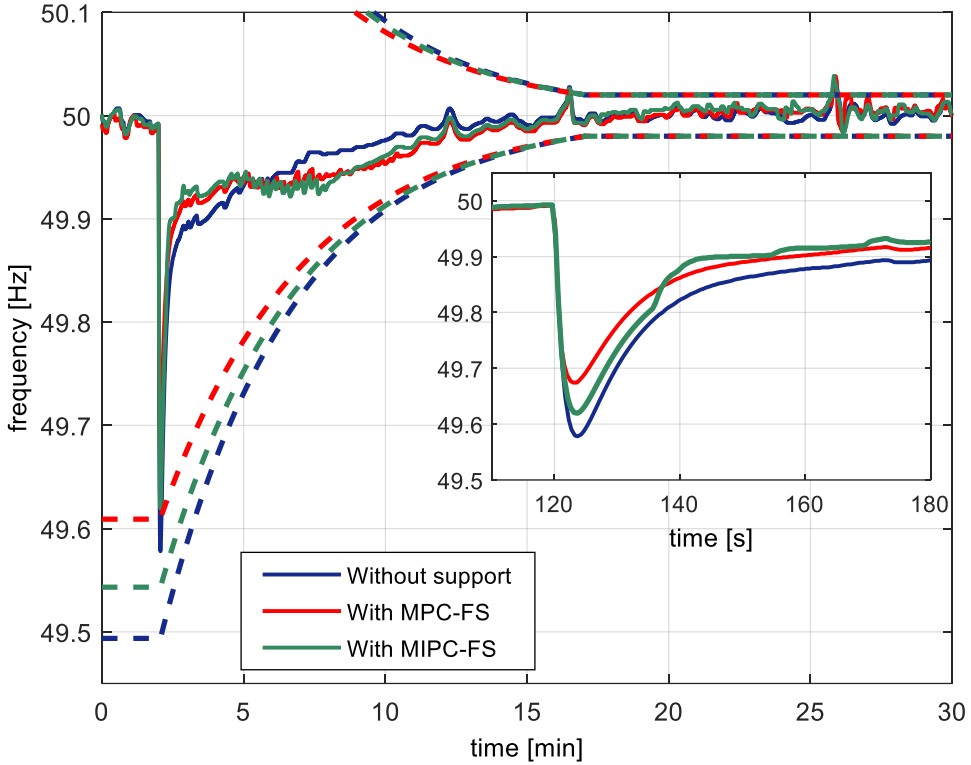


- Se **opportunamente aggregati**, i carichi possono fornire servizi di regolazione **senza alcun impatto ambientale**, con **maggior efficienza** ed un **minor costo** rispetto ai generatori

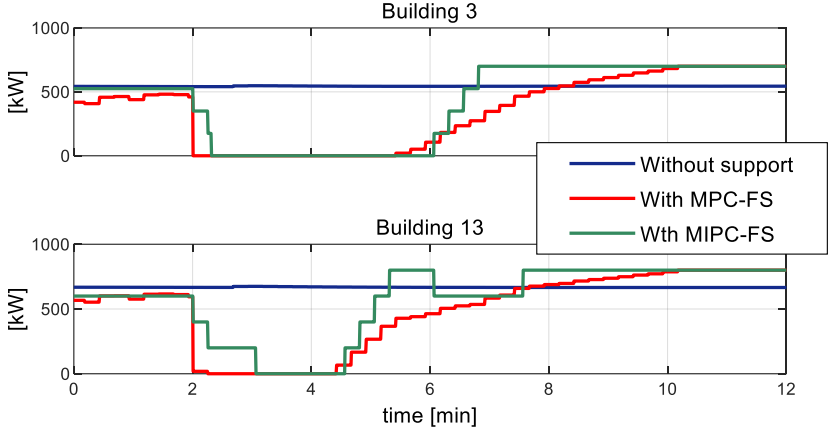
- I carichi associati alla **regolazione della temperatura**, come i **sistemi di condizionamento dell'aria di grandi edifici** sono particolarmente adeguati a fornire servizi di regolazione. Infatti, essi possono essere considerati come **sistemi di accumulo di energia termica**, il cui consumo può essere modulato nel tempo senza arrecare danno al comfort termico dell'utente finale

Regolazione della frequenza nei sistemi elettrici con elevata penetrazione di FER

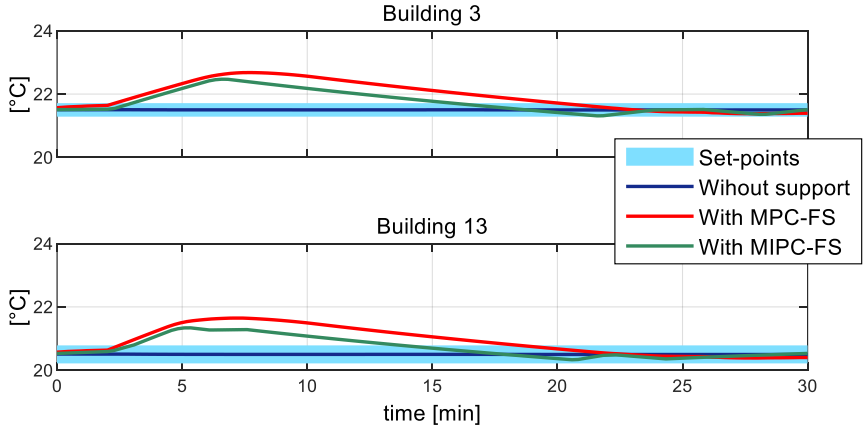
Sviluppo ed utilizzo di modelli di carichi elettrici per la fornitura di servizi di regolazione



Segnali di controllo per due edifici



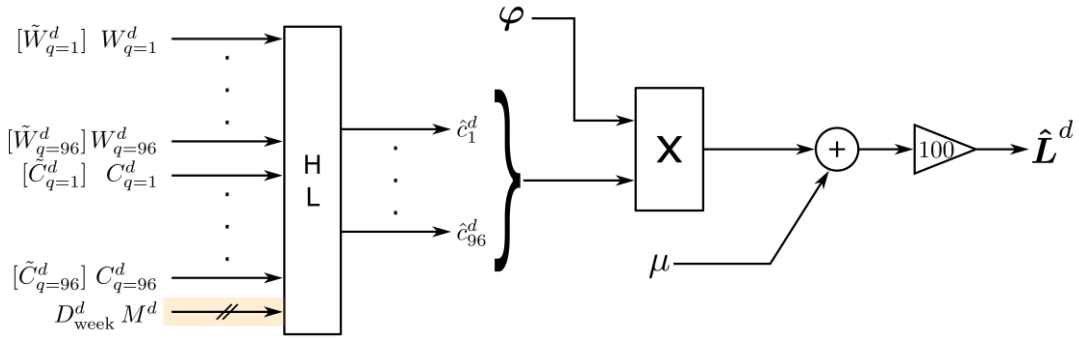
Temperatura interna di due edifici

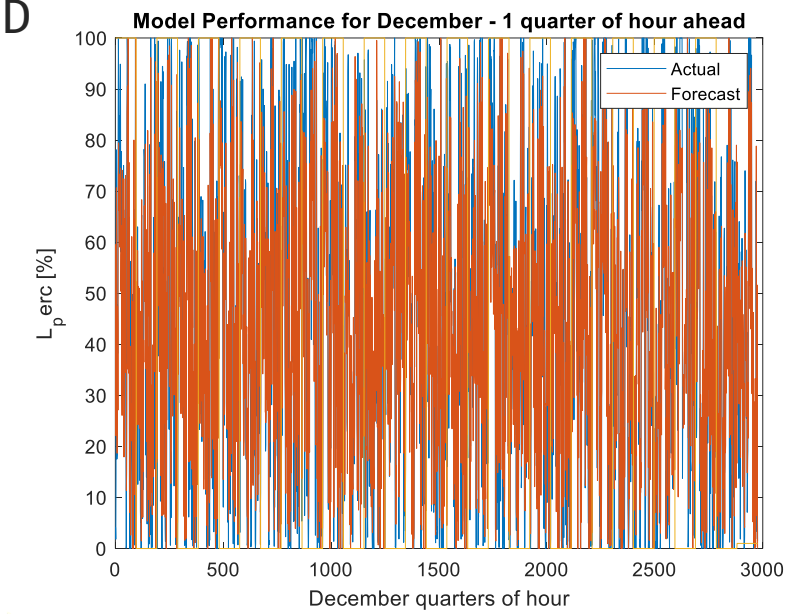


Regolazione della frequenza nei sistemi elettrici con elevata penetrazione di FER

Previsione del segnale di livello

- Obiettivo del lavoro: sviluppo di uno strumento atto a prevedere le fluttuazioni del segnale di livello così da ottimizzare l'allocazione delle risorse entro il MSD
- Utilizzo di reti neurali e FCPA





Collaboratori del progetto: Alberto Berizzi, Samuele Grillo, Marco Merlo, Morris Brenna (PoliMI), Francesco Conte, Stefano Massucco, Matteo Saviozzi (UniGE), Domenico Villacci (Ensiel), Roberto Zaottini, Cosimo Pisani et alii (Terna)

Regolazione della tensione nei sistemi elettrici con elevata penetrazione di FER

- Il progetto ha avuto l'obiettivo di valutare il ruolo che la Generazione Distribuita (GD), connessa alle reti di distribuzione, può avere nel supportare la regolazione della tensione sulla rete di trasmissione in Alta e Altissima Tensione.

- A partire dai dati relativi alla GD sono stati elaborati **i margini di regolazione reattiva disponibili a livello di singola Cabina Primaria (CP**)

- Sul modello di rete fornito da TERNA per le CP della zona pugliese sono introdotti dei generatori fittizi, vincolati a scambiare esclusivamente potenza reattiva in relazione al margine reattivo regolante erogabile dalla GD sottesa alla corrispondente CP, nei diversi scenari analizzati.

- L'analisi dell'impatto della disponibilità reattiva da GD sulla regolazione di tensione nella rete di trasmissione si basa sull'utilizzo dell'algoritmo di ottimizzazione Optimal Power Flow (OPF) presente nella piattaforma di DIgSILENT Power Factory.

- Tale algoritmo è sostanzialmente ridotto ad un **Optimal Reactive Power Flow (ORPF)**, avendo vincolato gli scambi di potenza attiva dei generatori.

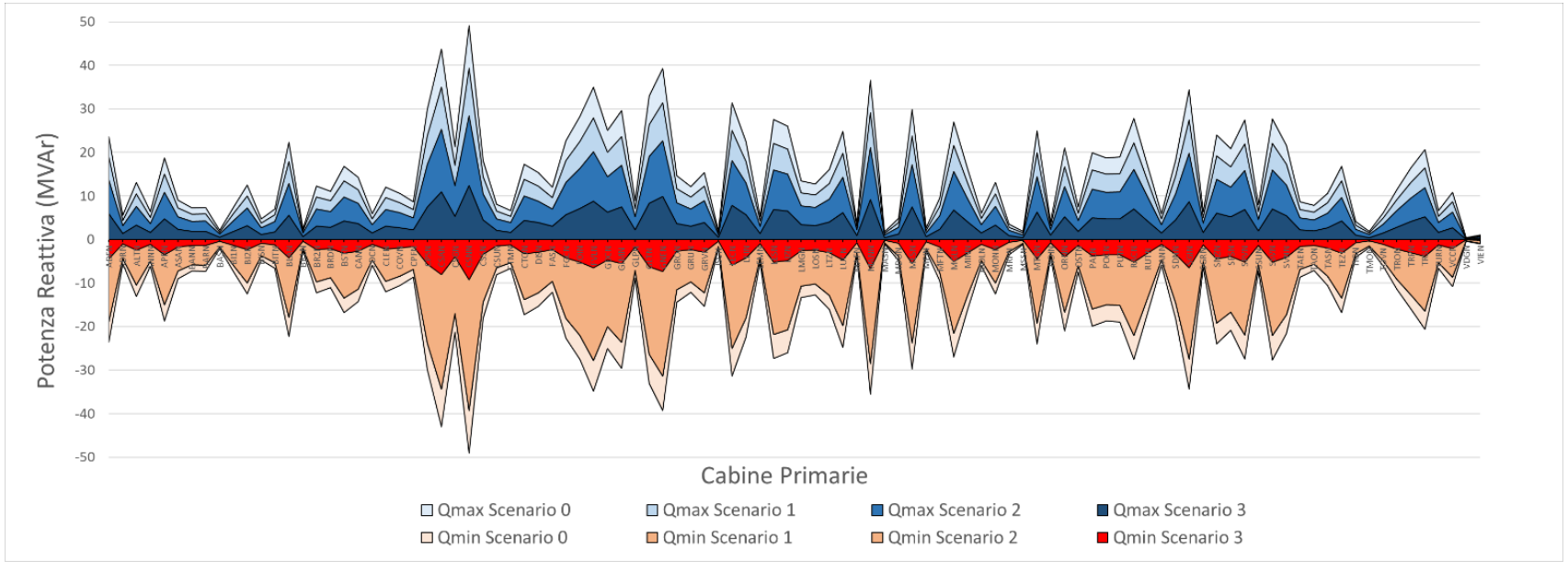
Collaboratori del progetto: Roberto Caldon, Fabio Bignucolo (UniPadova), Francesco Conte, Stefano Massucco, Federico Silvestro (UniGE), Domenico Villacci (Ensiel), Roberto Zaottini, Cosimo Pisani et alii (Terna).

Regolazione della tensione nei sistemi elettrici con elevata penetrazione di FER

Esempio di risultati: scenario 25 Aprile 2019 alle ore 10.30

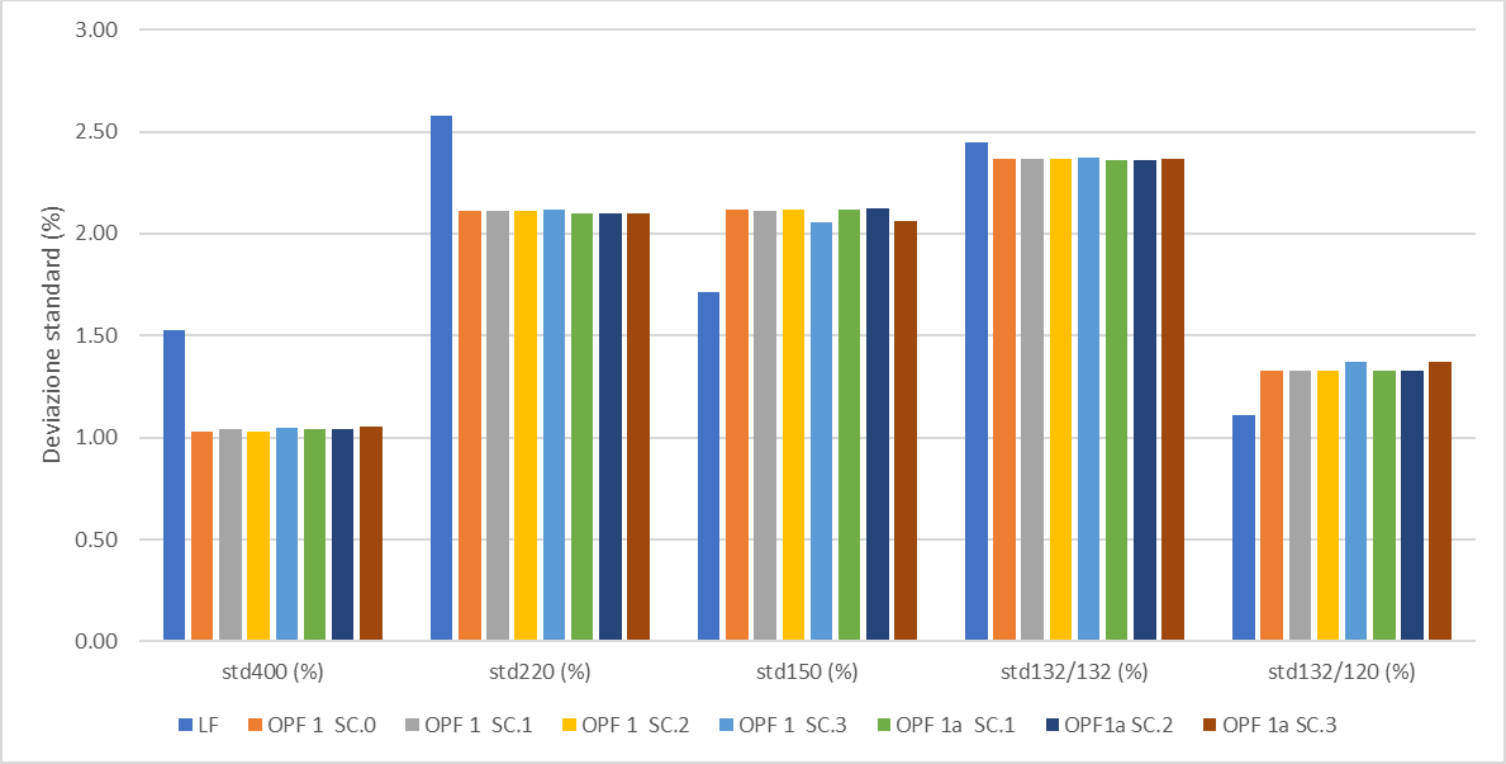
- **Scenario 0,** disponibilità reattiva regolante complessiva GD attestata alla rete MT e BT.
- **Scenario 1**, disponibilità reattiva regolante complessiva della sola GD attestata alla rete MT.
- **Scenario 2**, come Scenario 1 con vincoli legati alla gestione dei flussi di potenza.
- **Scenario 3**, come Scenario 2, senza l'azione del variatore sotto carico applicato al TR AT/MT in CP.

Margini di regolazione della potenza reattiva della GD nei quattro scenari di disponibilità



Regolazione della tensione nei sistemi elettrici con elevata penetrazione di FER

Esempio di risultati: scenario 25 Aprile 2019 alle ore 10.30

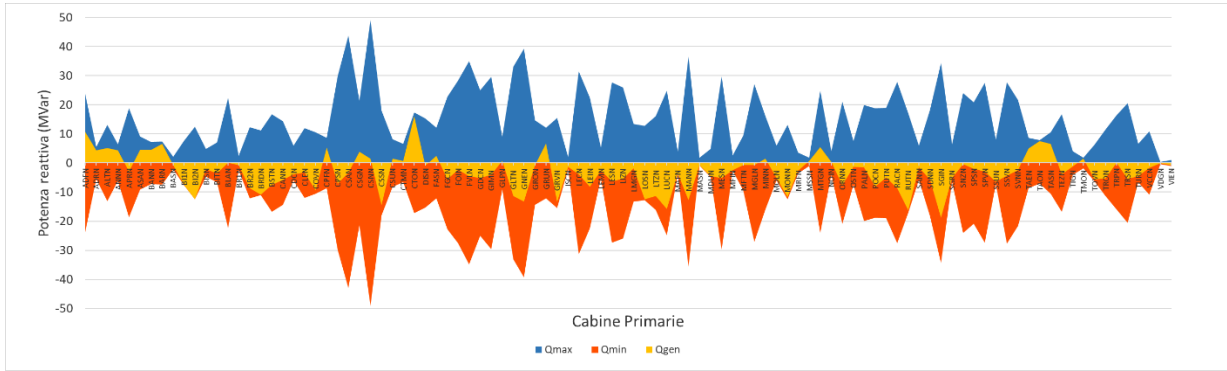


Visualizzazione grafica delle deviazioni standard delle tensioni ottenute con la configurazione di rete di riferimento (LF) e con le soluzioni OPF 1 GT+GD e OPF 1a GT+DG in tutti gli scenari di disponibilità della GD.

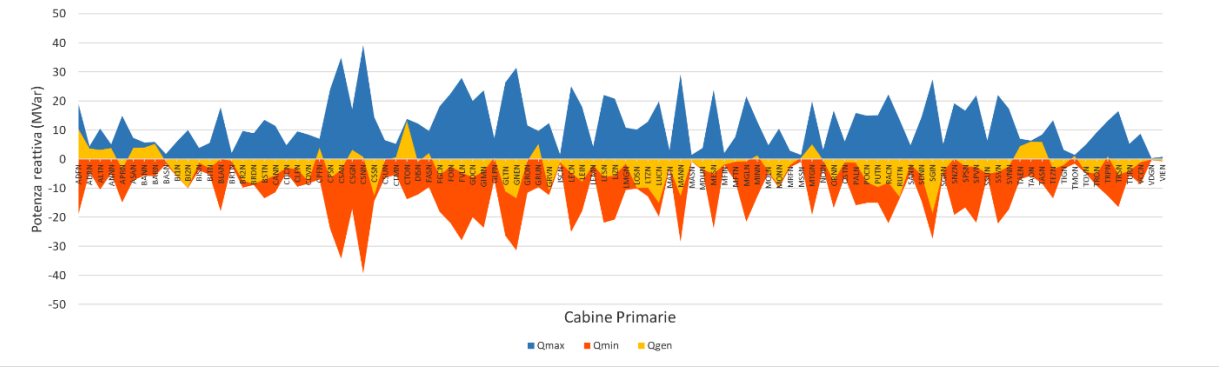
Regolazione della tensione nei sistemi elettrici con elevata penetrazione di FER

Esempio di risultati: scenario 25 Aprile 2019 alle ore 10.30

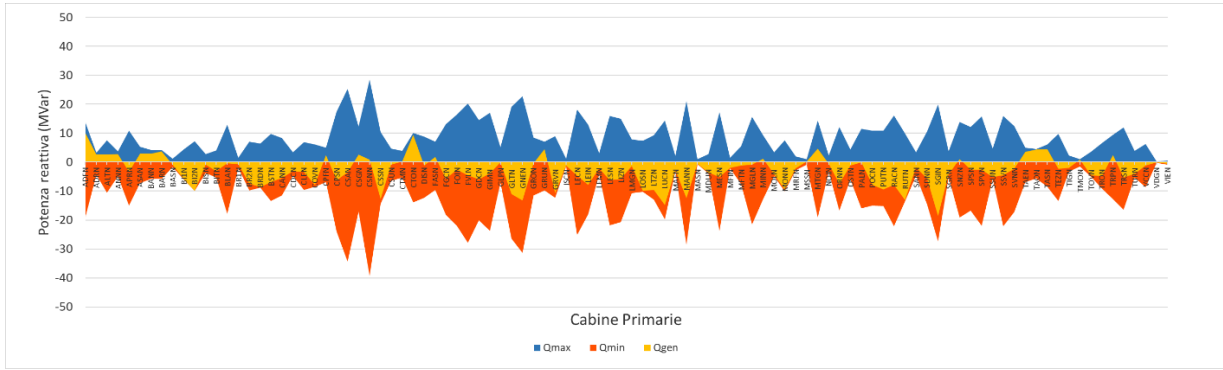
Scenario 0



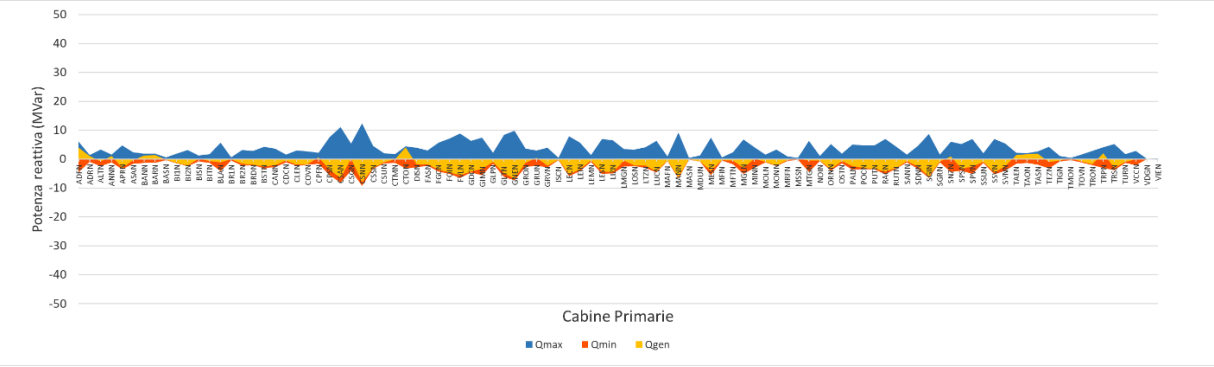
Scenario 1



Scenario 2



Scenario 3



Profili di scambio di potenza reattiva della GD e relativi margini di disponibilità con OPF 1 GT+GD.

EU Project OSMOSE
WP1 Optimal Mix of flexibilites
Subtask 1.4.3 Stability Aspects

- L'unità operativa di Ensiel, composta dall'unità del PoliMI e delle Università di Genova e Bologna si è occupata del Subtask 1.4.3 del progetto Europeo OSMOSE
- Utilizzando i dati ricevuti dai Task 1.1 e 1.2, Ensiel ha valutato l'impatto di innovative risorse di flessibilità sulla stabilità del sistema elettrico.
- E' stato analizzato il caso particolare della rete Siciliana negli scenari previsti per gli anni 2030 e 2050.
- Il modello dettagliato della rete è stato fornito da TERNA.
- I seguenti aspetti di stabilità sono stati analizzati:
  - stabilità d'angolo a grandi perturbazioni;
  - stabilità d'angolo di piccolo segnale;
  - stabilità della tensione.

Collaboratori del progetto: Alberto Berizzi, Andrea Vicario, Valentin Ilea (PoliMI), Francesco Conte, Stefano Massucco, Fabio D'Agostino (UniGE), Carlo Alberto Nucci, Fabio Napolitano, Tadeo Pontecorvo, Fabio Tossani, James Adu (UniBO).

OSMOSE WP1 Optimal Mix of flexibilites
Subtask 1.4.3 Stability Aspects

Risorse di flessibilità modellate:

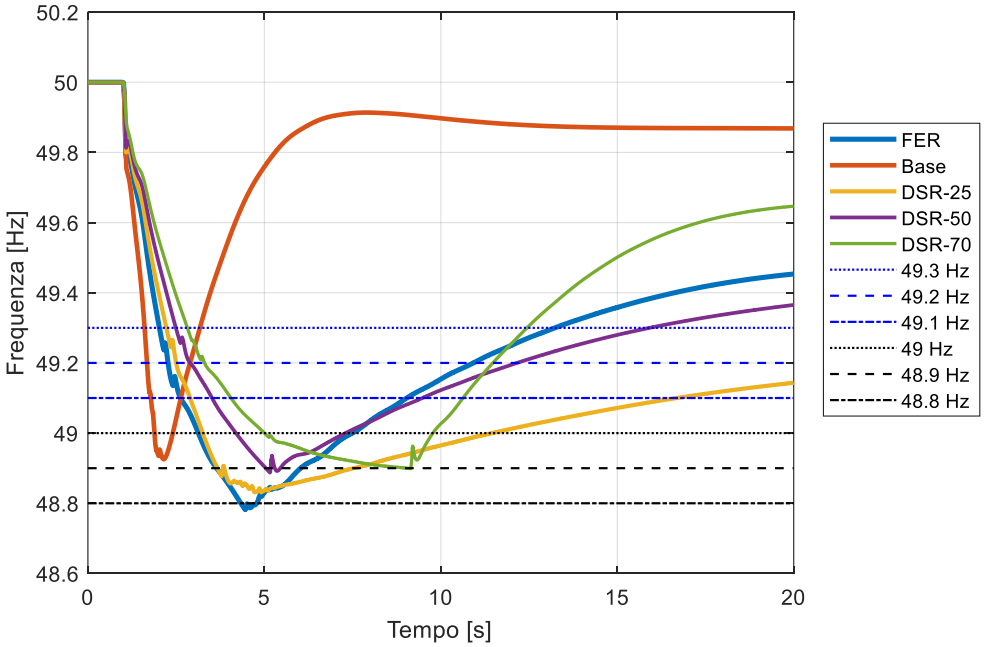
- inerzia sintetica fornita da generatori eolici, batterie e carichi flessibili;
- supporto alla regolazione primaria della frequenza fornito da batterie e carichi flessibili;
- supporto alla regolazione della tensione supporto alla regolazione della tensione fornito dalle FER (generatori fotovoltaici ed eolici).

Rete siciliana (Caso studio)

OSMOSE WP1 Optimal Mix of flexibilites
Subtask 1.4.3 Stability Aspects

Esempio di risultati: scenario 2030, analisi di stabilità d'angolo a grandi perturbazioni

Evento	Configurazione		
	Base	FER	DSR
Export Elevato			
Interruzione di 1 linea con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di 2 linee con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di generazione (250 MW)	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di generazione (815 MW)	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Import Elevato			
Interruzione di 1 linea con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di 2 linee con l'Italia continentale	**Stabile grazie al load-shedding**	**Stabile grazie al load-shedding**	**Con DSR-25, DSR-50 and DSR-70, il load-shedding è ridotto ma non evitato**
Interruzione di generazione (660 MW)	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Carico Elevato			
Interruzione di 1 linea con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di 2 linee con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di generazione (337 MW)	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Carico Ridotto			
Interruzione di 1 linea con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di 2 linee con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di generazione (337 MW)	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Linee fuori servizio			
Interruzione di 1 linea con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di 2 linee con l'Italia continentale	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Interruzione di generazione (337 MW)	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Isola			
Generation out. (127 MW)	Fortemente stabile	Fortemente stabile	Non richiesto
Generation out. (210 MW)	Stabile grazie al load-shedding	Stabile grazie al load-shedding	Con DSR-20: fortemente stabile



Profili della frequenza nello scenario di dispacciamento *Import Elevato* dopo l'interruzione di due delle tre linee di interconnessione con l'Italia continentale.

Progettazione ottima di Power System Stabilizer per il miglioramento della stabilità oscillatoria nei sistemi di trasmissione

- L'obiettivo di questa attività è definire una metodologia automatica per il tuning dei parametri di un PSS con l'obiettivo di ottimizzare i parametri di risposta dinamica dell'angolo del rotore alle piccole perturbazioni.
- In particolare, l'obiettivo è di

  1) massimizzare il coefficiente di smorzamento, e comunque mantenerlo maggiore rispetto ad una soglia prestabilita;
  2) minimizzare il tempo di assestamento.

Per la realizzazione di tale metodologia verranno considerati diversi approcci che si differenziano per

- tipologia di PSS,
- modellizzazione del sistema,
- formulazione del problema di ottimo,
- algoritmo di risoluzione del problema di ottimizzazione.

Collaboratori del progetto: Domenico Villacci, Davide Lauria (UniNa), Stefano Massucco, Federico Silvestro (UniGe), Francesco Conte (Università Campus Bio-Medico di Roma), Giorgio Giannuzzi, Roberto Zaottini (Terna).

Università di Genova
DITEN DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA NAVALE, ELETTRICA,
ELETTRONICA E DELLE TELECOMUNICAZIONI

ATTIVITA' di RICERCA UNIVERSITARIA su: strumenti e tecnologie per affrontare la Transizione Energetica nei Sistemi Elettrici per l'Energia

Comitato Tecnico Italiano CIGRE Italia

Stefano Massucco – Università di Genova – DITEN-IEES – Intelligent Electric System aboratory

Palau, 4 maggio 2022