

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

***Relazione per la prova finale
«Analisi costi benefici dei sistemi di
accumulo nelle reti di distribuzione»***

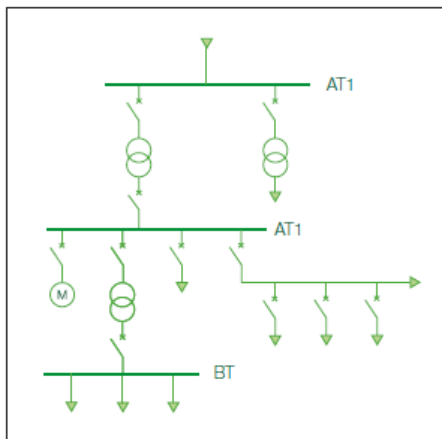
Tutor universitario: Prof. Roberto Turri

Laureando: *Paolo Molinaroli*

Padova, 21/09/2023

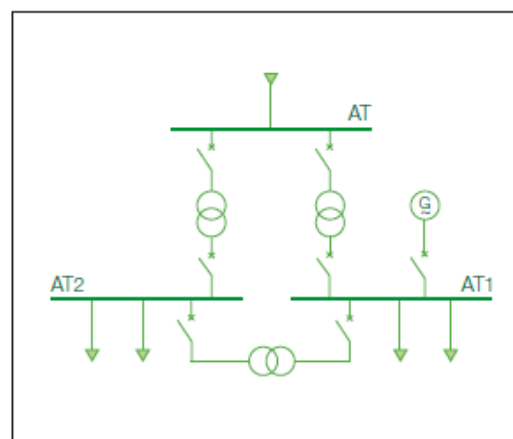
L'obiettivo di questo elaborato è di analizzare l'efficacia dell'utilizzo di sistemi di accumulo nella rete di distribuzione dell'energia elettrica. Nella prima parte viene presentata un'analisi dell'assetto attuale della rete ed uno studio delle tecnologie di accumulo maggiormente diffuse. Successivamente vengono trattate le caratteristiche costruttive dei principali e, maggiormente utilizzati, sistemi di accumulo.

L'attuale struttura della rete elettrica



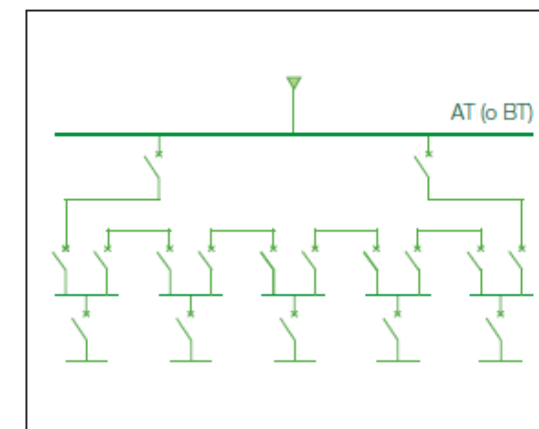
RETI RADIALI

- Soluzione maggiormente diffusa
- Semplice e poco costosa
- Particolarmente vulnerabile ai guasti
- Difficoltà di manutenzione
- Bassa adattabilità a nuove utenze o configurazioni



RETI MAGLIATE

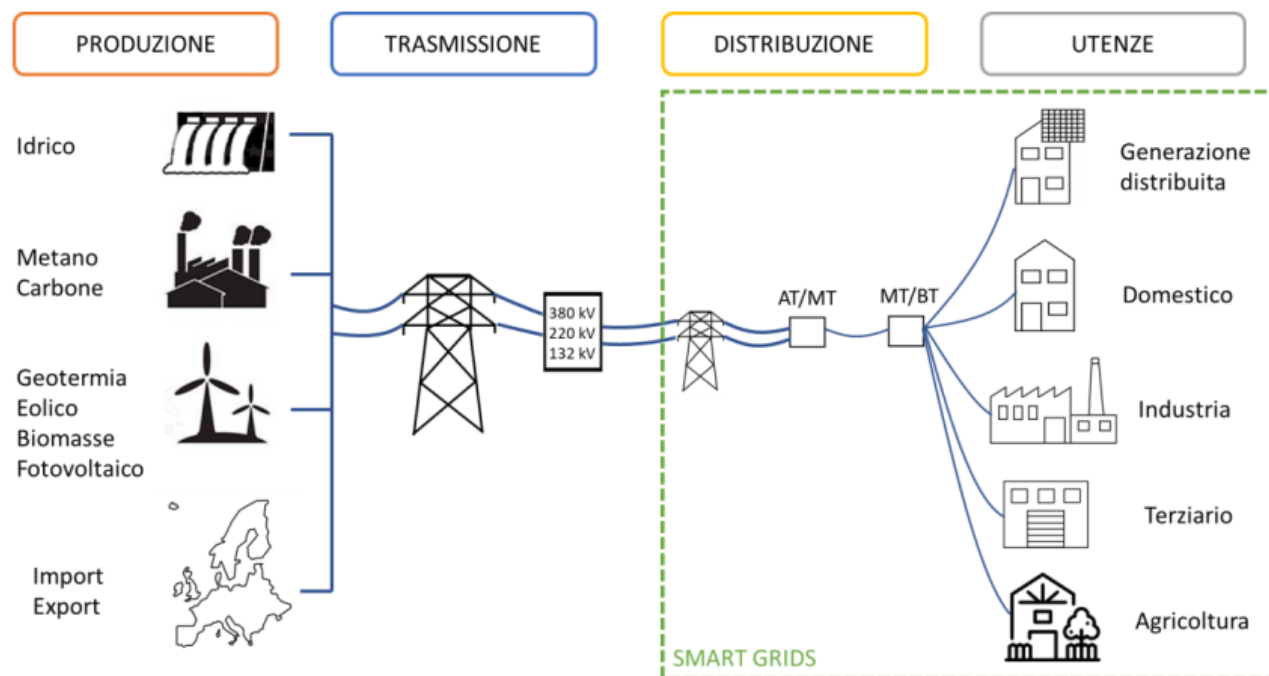
- Alimentate da due o più cabine
- Maggiormente adattabili alla generazione distribuita
- Possibilità di realizzare una rete ad Anello



RETI AD ANELLO

- Reti magliate con una sola sorgente e chiusura delle congiungenti

Il Dispacciamento



L'energia elettrica dopo essere stata prodotta viene trasmessa in AT/AAT.

Vincoli tecnici:

- Bilanciamento tra le quantità di energia immessa e prelevate dalla rete
- Mantenimento della frequenza e della tensione dell'energia in rete
- Mantenimento della quantità di energia che attraversa ogni singolo elettrodo

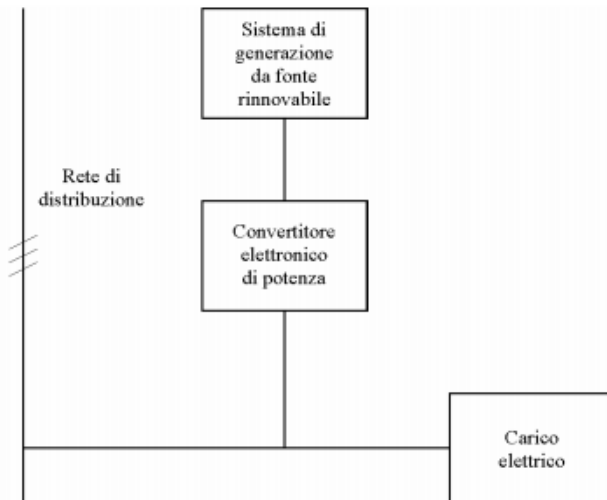


Successivamente i distributori locali riportano la tensione a livelli più bassi per essere distribuita alle utenze

La generazione distribuita

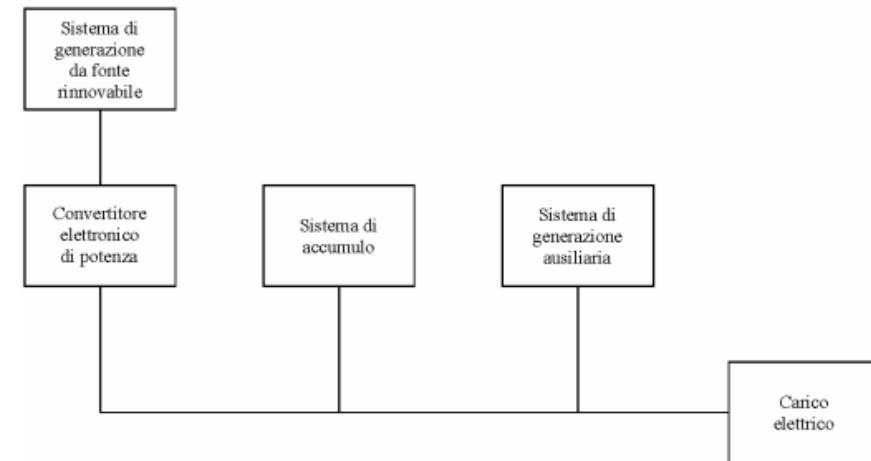
Le fonti di energia rinnovabile non possono operare da sole in modo efficiente, profilo di potenza discontinuo e imprevedibile

SISTEMI INTERCONNESSI



- Connessi alla rete di distribuzione
- Contributo parziale all'alimentazione del carico
- Sistemi di backup per alimentare carichi elettrici durante periodi di assenza della tensione di rete
- Sistema di accumulo aggiuntivo garantisce la necessaria autonomia del sistema

SISTEMI IN ISOLA

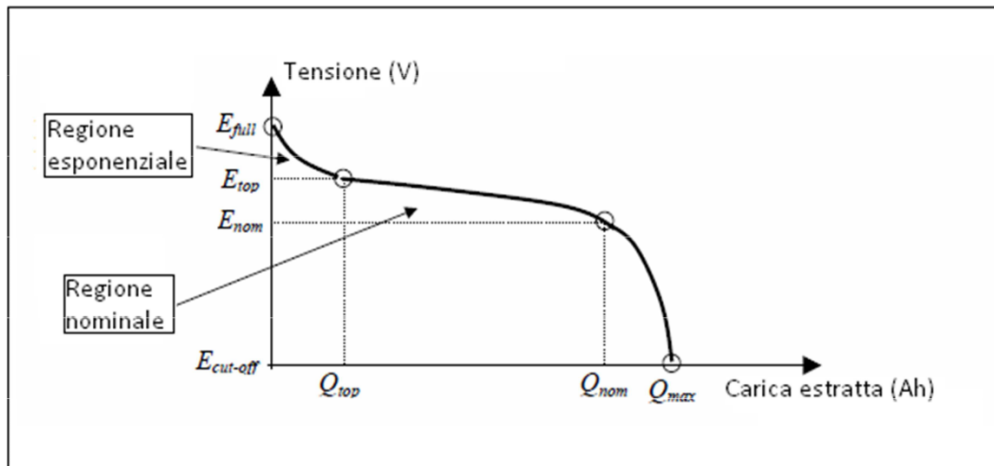


- Autonomi rispetto alla rete di distribuzione
- Necessari sistemi di accumulo e di generazione ausiliari

Accumulatori elettrochimici

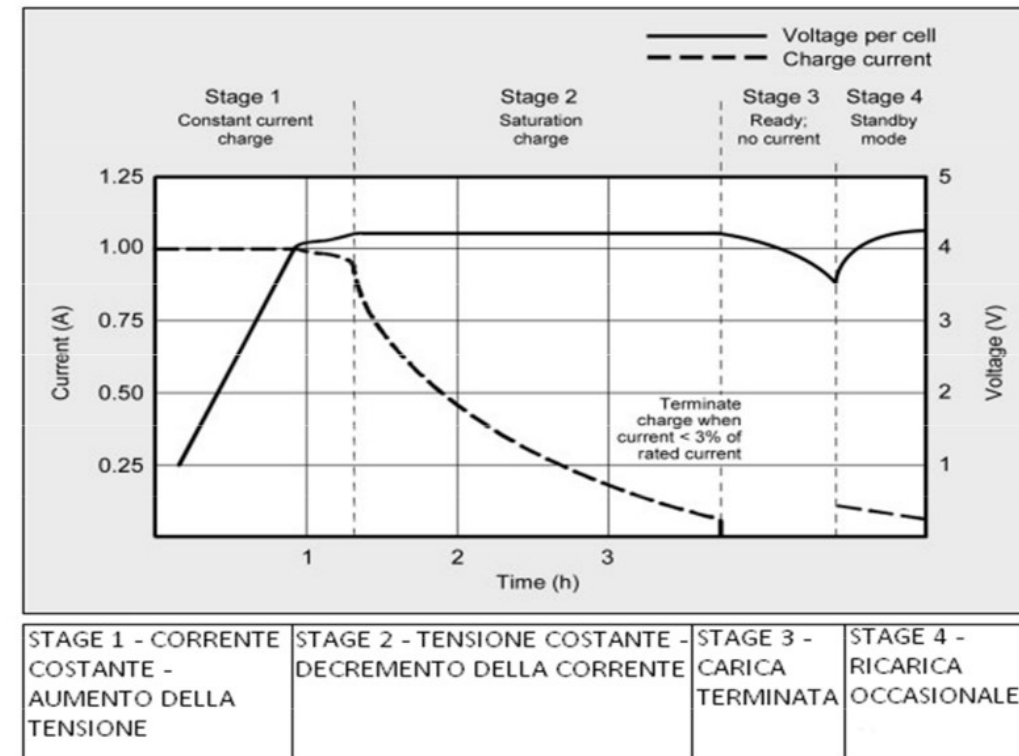
- Batterie agli ioni di litio (Li-ion)
- Batterie Piombo-Acido
- Batterie Flusso Redox
- Fuel Cell

Curva di scarica

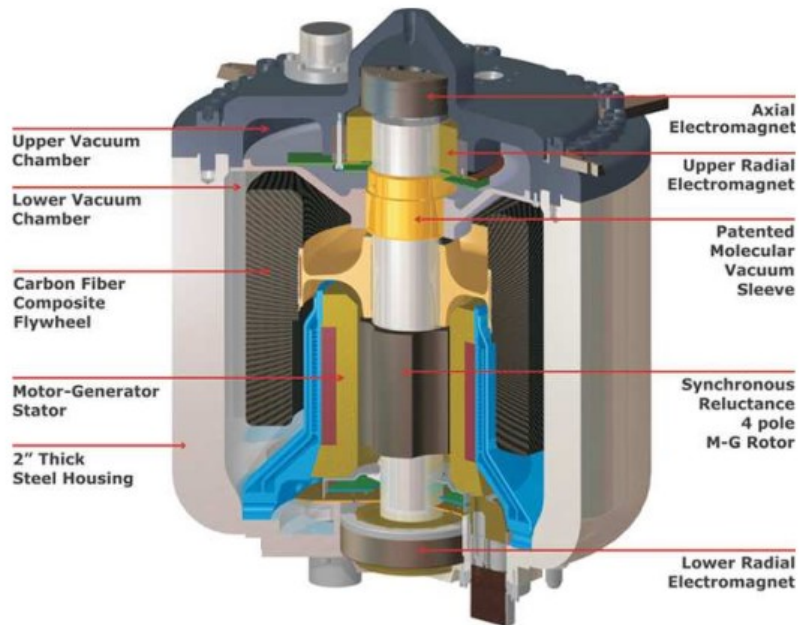


Carica delle batterie

Il metodo di carica è determinante per la vita utile della batteria



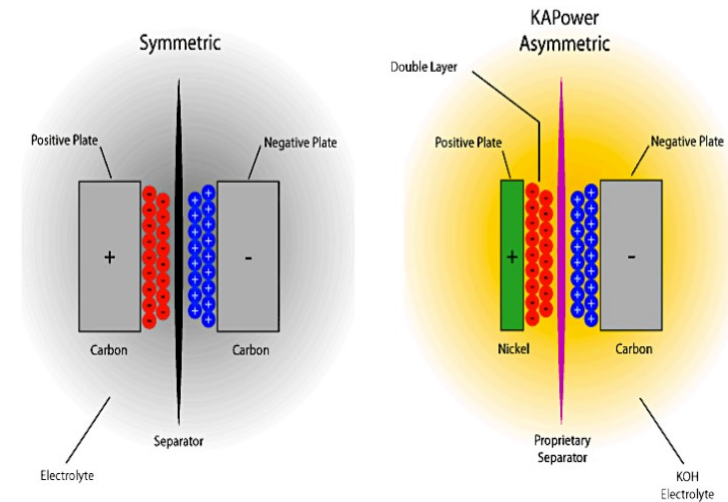
I Volani



- Elevata efficienza
- Bassa manutenzione
- Lunga durata/vita
- Costi elevati di realizzazione

Supercondensatori

Electrochemical Double Layer Capacitor
Super-Capacitor / Ultra-Capacitor Cell Designs



- Alta capacità
- Costante di tempo carica/scarica elevata
- Minore tensione di lavoro

Confronto tra i sistemi di accumulo

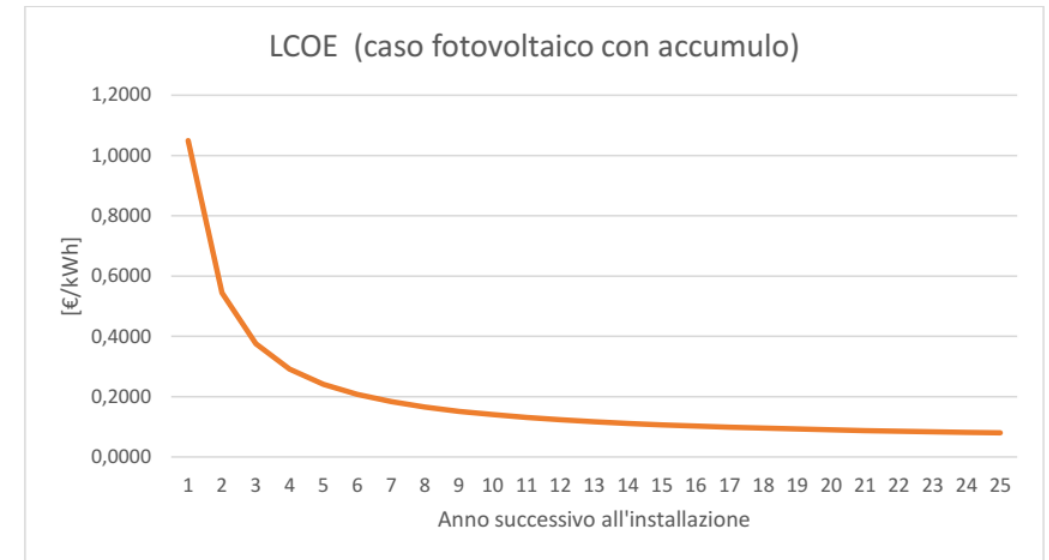
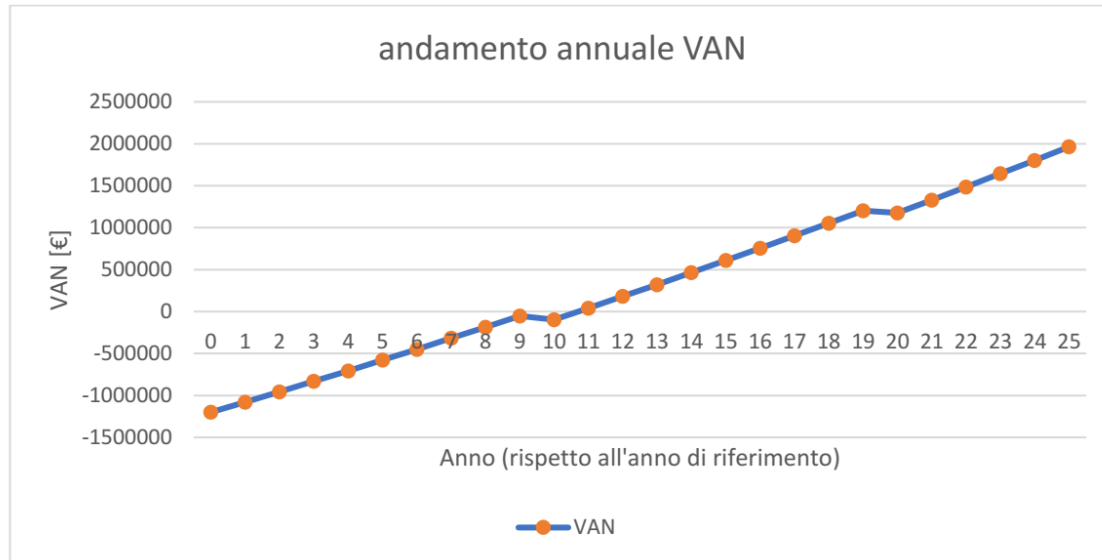
	Piombo acido	Li-ion	Supercondensatori	Volani
Potenza specifica [W/kg]	20÷40/70 ÷80	200÷3000	300÷10000	1000÷10000
Energia specifica [Wh/kg]	15÷25/20 ÷40	40÷180	1 ÷10	30÷600
Efficienza energetica [%]	70÷85	80÷95	85÷98	>98
Vita attesa [cicli]	800	1500÷5000	500.000÷1.000.000	numero di cicli teoricamente infinito, durata20 anni

- Richieste di energia: Batterie al piombo acido o al litio, in termini di autonomia temporale hanno sicuramente una capacità di erogazione maggiore rispetto a volani e supercondensatori.
- Richieste di potenza: Supercondensatori e volani per sopperire a cali e buchi di tensione.

Applicazioni dei sistemi di accumulo

Time-shift dell'energia	Capacity Firming	Regolazione di frequenza	Riduzione congestione di rete	Qualità del servizio
<ul style="list-style-type: none"> • Vantaggio economico • Risoluzione di varie problematiche di gestione della rete • Minore necessità di utilizzare unità di produzione non rinnovabili che sono meno efficienti e più costose • Possibilità di staccare dalla rete gli impianti di produzione termoelettrica che non riescono a rimanere connessi durante le ore di basso carico 	<ul style="list-style-type: none"> • Livellamento della curva di potenza • Vantaggiosa se effettuata durante le ore di picco del carico elettrico 	<ul style="list-style-type: none"> • regolazione primaria, secondaria e terziaria • Banda di regolazione pari alla somma delle potenze massime di carica e scarica 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestione della rete più efficiente grazie alla riduzione delle congestioni 	<ul style="list-style-type: none"> • Compensazione dei buchi di tensione • Garantisce continuità di servizio

Tecniche di valutazione economica



- VAN: valuta la validità di un investimento tramite l'analisi dei flussi di cassa

- LCOE: confronta strategie tecnologiche diverse in senso economico

Grazie alla loro versatilità i sistemi di accumulo possono essere installati sia a livello centralizzato che a livello distribuito su tutto il territorio. Tuttavia per ottenere un effettivo beneficio economico e strutturale dall'installazione dei sistemi di accumulo sono necessari il miglioramento della tecnologia e delle performance delle batterie ed una diminuzione dei costi di produzione

In Italia, Terna ha già compiuto passi in avanti in questa direzione iniziando ad installare impianti di medie e grandi dimensione nei punti di maggiore criticità del sistema elettrico italiano

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!