

Accumulare conviene

di MARIO CONTE*

L'evoluzione in atto delle reti elettriche è una diretta conseguenza delle specifiche politiche di crescita delle fonti rinnovabili e delle consistenti incentivazioni collegate. Questi cambiamenti

stanno introducendo un modello completamente nuovo dei sistemi elettrici che richiedono l'utilizzo di tecnologie innovative sempre più efficienti e differenziate di generazione distribuita e di controllo intelligente dei flussi di energia e potenza. La natura stessa delle fonti rinnovabili, intermittenti e non programmabili, richiede, infatti, una sostanziale modifica della rete elettrica che deve adeguarsi ai luoghi e ai tempi di disponibilità di tali fonti e, nel contempo, garantire la fornitura della potenza e dell'energia richiesta dagli utenti, operando con nuove modalità di gestione e controllo in cui l'utente finale diventa un attore attivo. Il processo di cambiamento in atto sta portando non soltanto a una modifica infrastrutturale delle reti elettriche, con l'aggiunta di nuove linee e stazioni verso una generazione distribuita, ma si sta trasformando con la sovrapposizione di una forma di intelligenza attiva, in grado di gestire in tempo reale i flussi di energia e potenza tra i sistemi di generazione e i carichi, in una logica di *smart grid*, cioè una nuova rete elettrica con sistema evoluto di gestione, controllo e protezione con una crescente quota di

➤ **STOCCARE L'ENERGIA ELETTRICA È STRATEGICO PER LE RETI DEL FUTURO**

generazione non programmabile. Inoltre, la liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica aggiunge un maggior valore economico alla capacità di produrre e gestire con efficienza e flessibilità superiori gli impianti di generazione, trasmissione, distribuzione e uso finale dell'energia elettrica. Nello sviluppo delle reti elettriche, i sistemi di accumulo di energia sono uno strumento di crescente interesse, per migliorare l'efficienza energetica, favorire l'introduzione delle fonti rinnovabili, rinviare la realizzazione di nuovi impianti di generazione e consentire un uso più differenziato dell'energia elettrica, allargandolo in un prossimo futuro alla mobilità elettrica. In buona sostanza, l'accumulo di energia consente di separare - nel tempo, nello spazio e anche nella forma - la generazione dell'energia dal suo uso, senza peraltro doverne

sacrificare eccessivamente la qualità (collegata alla forma e all'efficienza di accumulo). Queste qualità dell'accumulo di energia sono particolarmente utili e favorevoli per dare flessibilità alle reti

elettriche, garantendo una molteplicità di funzioni al modello evolutivo del sistema elettrico.

La sesta dimensione

Il modello tradizionale del sistema elettrico è una rete passiva con un flusso unidirezionale di energia e di responsabilità, regolate in maniera integrata. La Figura 1 illustra la composizione delle reti elettriche convenzionali. Le cinque componenti tradizionali di un sistema elettrico sono: 1) la fonte di energia, in grado di essere trasformata in energia elettrica e comprende quindi sia fonti convenzionali che rinnovabili; 2) la generazione dell'energia, che, almeno nei Paesi

FIGURA 1

SISTEMA ELETTRICO TRADIZIONALE A CINQUE DIMENSIONI

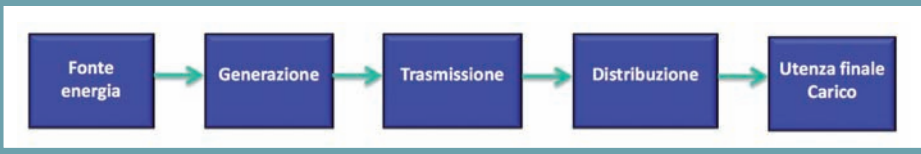


FIGURA 2

SISTEMA ELETTRICO A SEI DIMENSIONI RESO PIÙ FLESSIBILE DALL'ACCUMULO DI ENERGIA:

SERVIZI E FORNITURE CON STRATEGIE DI GESTIONE E CONTROLLO PIÙ FLESSIBILE E BASATO SU RAPPORTI BILATERALI TRA FORNITORE/PRODUTTORE E UTENTI FINALI

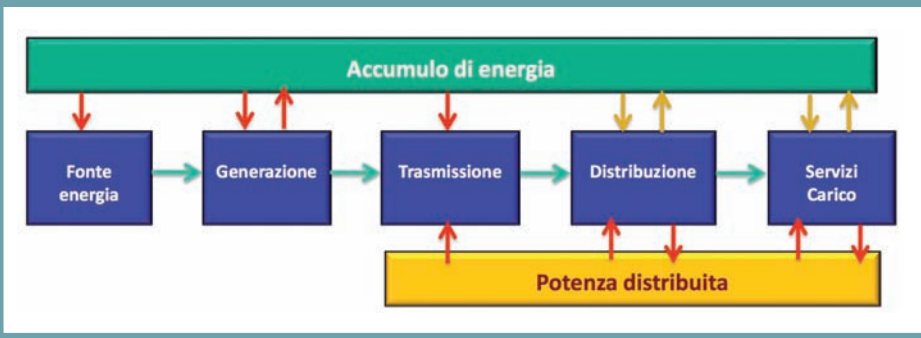


TABELLA 1

CLASSIFICAZIONE DI POSSIBILI TAGLIE E FUNZIONI DEI SISTEMI DI ACCUMULO

Settore	Taglia	Applicazione
Domestico	0,5-10 kW	Ottimizzazione dell'auto-produzione, alimentazione anche in caso di distacco da rete
Commercio e piccola industria	5-500 kW	Integrazione dell'auto-produzione, peak-shaving, possibile semplice commercio dell'energia
Commercio e industria	0,5-5MW	Pianificazione delle tariffe, UPS, co-generazione o auto-produzione in loco
Utility	0,5-5MW	Differimento dell'ampliamento degli asset di distribuzione
Grande taglia	5-50 MW	Commercio dell'energia, commercio dei servizi ausiliari

industrializzati, viene generalmente effettuati in grandi impianti concentrati, con grandi vantaggi di efficienza, ma con significative perdite nelle trasmissioni a lunga distanza, con impatti sull'ambiente e sulla qualità della fornitura. In alternativa, c'è la generazione distribuita che si avvicina sempre più al punto d'uso finale con una più favorevole efficienza di trasmissione e maggiore utilizzazione di fonti rinnovabili; 3) la trasmissione, il sistema della rete che consente il trasporto massivo dell'energia elettrica fino alle sottostazioni, dove viene abbassata la tensione a livelli più adatti alla successiva distribuzione agli utenti finali. La trasmissione attuale segue principi di economicità, nella scelta del percorso e del

sistema di generazione di partenza, con una molteplicità, ridondante, di linee elettriche in grado di garantire il servizio e la sicurezza fino ai punti di scambio con la rete di distribuzione; 4) la distribuzione, è il sistema che unisce le sottostazioni primarie con le utenze finali; 5) utenza finale – carico, interazione tra fornitore locale dell'energia elettrica e utente finale, basata sulla tariffazione dei costi della rete e dei costi del servizio e dell'energia elettrica fornita all'utente finale per alimentare il carico.

Molti esperti di reti elettriche ormai convengono che l'accumulo sia una componente essenziale delle future reti elettriche, tanto da poterne costituire la "sesta dimensione". L'accumulo di energia e di potenza presenta numerose opportunità che ben si associano al processo evolutivo del modello di sistema elettrico. La

Figura 2 mostra come un sistema elettrico più flessibile e intelligente con un flusso bidirezionale di energia e informazioni possa avvalersi delle qualità proprie dell'accumulo.

Nuove e vecchie funzioni

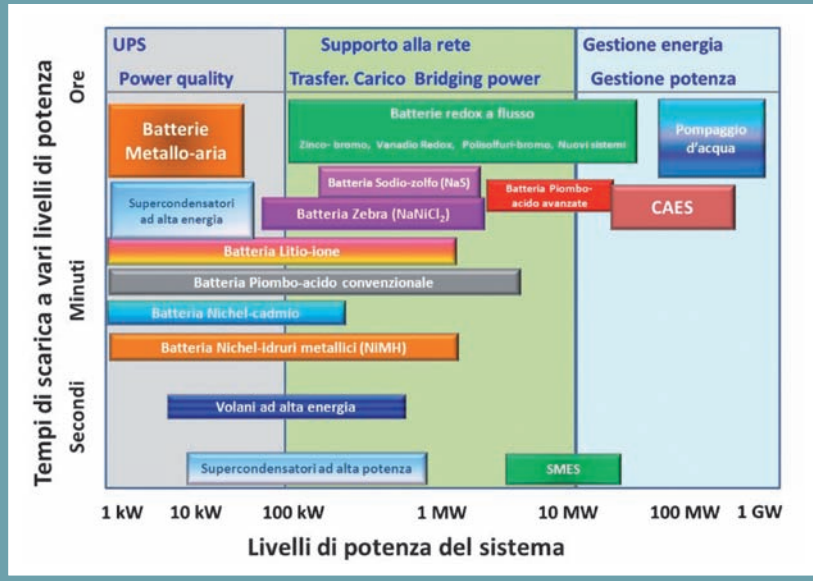
Le possibili applicazioni dei sistemi di accumulo sono molteplici, e spesso non sono facilmente e univocamente identificabili, in quanto una stessa funzione svolta da un sistema di accumulo può essere vista e catalogata sotto differenti aspetti, relativi ai servizi, vantaggi, benefici apportati dal sistema di accumulo in esame. I servizi che un sistema di accumulo è in grado di fornire si dividono in "Servizi di potenza" e in "Servizi di energia". I primi riguardano gli aspetti relativi alla potenza del sistema di accumulo, alla velocità di risposta dello stesso e ai benefici apportati dal sistema di accumulo relativamente allo scambio di potenza della rete elettrica cui è connesso. I secondi riguardano gli aspetti energetici, quindi sono intrinsecamente legati allo scambio di potenza che si protrae su intervalli di tempo maggiori rispetto ai primi. Entrambi i servizi sopra definiti sono a loro volta scomponibili, in base alle funzioni svolte e ai criteri di dimensionamento e impiego, in quattro sotto-sezioni:

- security
- power quality

FIGURA 3

CARATTERISTICHE DI POTENZA E TEMPI DI SCARICA DI DIVERSI SISTEMI DI ACCUMULO

IN BASE ALLE VARIE FUNZIONI CHE POSSONO ESSERE SVOLTE NELLE RETI ELETTRICHE (Fonte: EPRI, 2008)



- mercato
- accesso (differimento degli investimenti)

Tutti questi servizi a loro volta possono essere suddivisi in numerose funzioni nella rete elettrica, che dipendono fortemente dall'effettiva localizzazione del sistema di accumulo che deve essere scelto e dimensionato per le specifiche applicazioni: per esempio, la presenza di sistemi di accumulo espressamente progettati per fare fronte alla natura non programmabile del contributo di molte delle energie rinnovabili sarà indispensabile per la corretta gestione dell'intero sistema elettrico; infatti, se le nuove forme di generazione di energia (eolico, solare, ecc.) non saranno dispacciabili, nascerà l'esigenza di una maggiore modulazione, basata su un criterio del tipo "just-in-time", sia di altre forme di generazione, sia della domanda. In questo quadro, il contributo che può venire dai sistemi di accumulo è l'introduzione di un'importante forma di flessibilità, che si estrinseca nella possibi-

Ultra
nuova gamma

QUANDO IL GIOCO SI FA DURO

- + Ultra RENDIMENTO**
oltre il 15%
- + Ultra TOLLERANZA**
positiva 0 / + 5 WP
- + Ultra CONVENIENZA**
premio 10% per produzione EU
- + Ultra TES**
verifica elettrica cella a cella
- + Ultra GARANZIA**
10 anni di garanzia sul prodotto
25 anni lineare sui rendimenti
- + Ultra QUALITÀ**
anti Hot-Spot

atersa
gruppo elecnor

www.atersa.com
atersaitalia.atersa@elecnor.com

atersa
gruppo elecnor

www.atersa.com
atersaitalia.atersa@elecnor.com

lità di disaccoppiare temporalmente e spazialmente una quota dei diagrammi di generazione e carico. Le reti elettriche convenzionali hanno sempre usato l'accumulo di grandi dimensioni per meglio sostenere il sistema di generazione centralizzata, con funzioni non collegabili alla generazione distribuita con un massiccio contributo delle fonti rinnovabili. Le nuove funzioni e applicazioni dei sistemi di accumulo devono sempre più differenziarsi in termini di caratteristiche tecniche ed economiche, come evidenziato in maniera schematica nella Tabella 1.

Quali sistemi?

Questo interesse diffuso e crescente a livello mondiale all'impiego dei sistemi d'accumulo ha spinto ricercatori e industrie a svolgere attività sempre maggiori nello sviluppo di metodi e tecnologie sempre più diverse, per rispondere alle richieste diversificate in termini di prestazioni e costi. Alle attività prevalenti di ricerca e sviluppo, si sono aggiunte nel tempo attività di caratterizzazione e ottimizzazione, lo studio delle possibilità di utilizzo e localizzazione dei vari sistemi di accumulo. Le caratteristiche principali di un sistema di accumulo riguardano essenzialmente le proprietà specifiche di accumulo e quelle operative e sono: densità di energia e di potenza, efficienza energetica in carica e scarica, autoscarica, tempi di carica e scarica, comportamento in diverse condizioni di stato di carica, vita utile (in anni e cicli), tempi di realizzazione, affidabilità, materiali utilizzati, costo e sicurezza nell'uso, nella realizzazione e nell'eventuale smaltimento. L'importanza delle caratteristiche sopra indicate è fortemente condizionata dall'applicazione e dal metodo di accumulo. Queste caratteristiche diventano criteri di valutazione in fase di progettazione e scelta del sistema di accumulo, che prevalentemente mirano a favorire gli aspetti economici e anche ambientali del sistema individuato. Attualmente, nelle reti elettriche si utilizzano, con diverse possibili funzioni, varie tipologie di accumulo: pompaggio d'acqua in bacini di accumulo di elevate dimensio-

LE BATTERIE AL LITIO

L'accumulatore al litio è l'ultima e più promettente generazione di accumulatori per le applicazioni più diverse. Le batterie al litio utilizzano una varietà di materiali elettrodi ed elettrolitici, dando vita a un elevato numero di coppie elettrochimiche, e conseguentemente a una classe di prodotti "al litio", oggi commercialmente disponibili o in fase di avanzata ricerca e sviluppo. Tra le batterie ricaricabili, quelle al litio hanno, con esclusione forse delle metallo-aria, le prestazioni potenzialmente più interessanti. Non esiste una sola batteria al litio ma moltissimi tipi diversi che differiscono tra loro per materiali elettrodi e/o elettrolitici. L'unico elemento che unisce queste batterie è lo ione portatore della carica elettrica (ione Litio, Li^+). Il Litio è l'elemento avente il potenziale ($E^0 = -3.045 \text{ V}$, riferito a un elettrodo di riferimento) più negativo e quindi, accoppiandolo a un altro elemento, si ottiene un'elevata differenza di potenziale (il motore di una batteria) che è direttamente proporzionale all'energia di una cella. Il Litio è un metallo alcalino, terzo elemento della scala periodica, con un modesto peso atomico e una notevole reattività, caratteristiche queste che lo rendono estremamente appetibile per l'uso in accumulatori. Ciò fa anche sì che il sistema sia potenzialmente pericoloso e che tutti i materiali debbano essere manipolati in un ambiente estremamente controllato e privo di umidità, contaminanti e agenti fisici sia durante la preparazione che nelle fasi successive di esercizio o di riciclo.

Le batterie al litio negli ultimi 15 anni hanno guadagnato elevatissime quote di mercato e in tutte le applicazioni portatili che richiedono piccoli ingombri (alta densità di energia, Wh/l) e basso peso (alta energia specifica, Wh/kg) sono sempre più utilizzate rispetto a quelle nichel-idruri metallici. Il mercato "consumer", per esempio, con gli accumulatori per telefonini, computer portatili, macchine fotografiche e videocamere utilizzano quasi esclusivamente le batterie litio-ione. Anche in numerose applicazioni come televisori portatili, lettori musicali, videogame, apparecchiature elettromedicali e per le telecomunicazioni hanno ormai soppiantato i sistemi di accumulo tradizionali. Più in generale si può dire che dove sono necessarie alte energie, in volume o in peso, ed è essenziale avere un alto numero di cicli, la scelta non può che orientarsi verso gli accumulatori al litio; invece dove i suddetti parametri non sono indispensabili e il costo e la sicurezza sono fattori limitanti, ci si è finora orientati verso altri sistemi. Sono in corso studi per migliorare gli accumulatori al litio soprattutto per quel che riguarda gli aspetti di sicurezza e di costo, per poter estendere il loro impiego all'immagazzinamento di energia per applicazioni che necessitano di potenza e affidabilità, come i veicoli elettrici e le reti di distribuzione di energia per il taglio dei picchi e il livellamento di carico. Le batterie al litio vengono di solito distinte in due tipologie principali: Litio metallico e Litio-ione; inoltre possono essere considerate un sottoinsieme delle precedenti, le batterie litio-ione polimeriche e litio metallico polimeriche. Nella prima tipologia, l'anodo è litio metallico, mentre l'elettrolita può essere sia liquido che solido, come materiali ceramici, vetrosi o polimerici. Questa soluzione presenta notevoli vantaggi in termini di bassa resistenza interna, elevata capacità e conseguentemente elevate potenze ed energie specifiche ma, per l'estrema reattività del litio metallico, ha posto alcuni limiti di sicurezza che hanno reso arduo il cammino commerciale di questo prodotto. Nella seconda tipologia, detta appunto Litio-ione (a volte anche polimerica), vengono usati materiali elettrodi a intercalazione, che possono accumulare e rilasciare elevate quantità di litio in maniera reversibile. L'anodo ha prestazioni inferiori a quelle del litio metallico, ma essendo meno reattivo, offre maggiore stabilità e sicurezza in uso.

TABELLA 2

CONFRONTO DI DIVERSI SISTEMI DI ACCUMULO PER APPLICAZIONI IN RETI ELETTRICHE

(Fonte: IEA, 2009)

Accumulo	Potenza	Durata della scarica	Efficienza (%) [*]	Vita utile (anni)	Costo di investimento previsto (USD/kW)
CAES (100–300 MW, Underground)	15–400 MW	2–24 h	54 (EffNG), 76 (Eff _{cic}), 88 (EffTG)	35	600–750
Pompaggio acqua	250 MW >1 GW	12 h	87	30	2.700–3.300 Upgrade: 300
Li Ione	5 MW	15 min a diverse h	90 (CC)	15	4.000–5.000
Piombo acido	3–20 MW	10 min a diverse h	75–80 (CC) 70–75 (CA)	4–8	1.740–2.580
Sodio Zolfo, NaS	35 MW	8 h	80–85 (CC)	15	1.850–2.150
VRB Flow Cell	4 MW	4–8 h	75–80 (CC) 63–68 (CA)	10	7.000–8.200
ZnBr Flow Cell	40–100 kW, 2 MW	2–4 h	75–80 (CC) 60–70 (CA)	20	5.100–5.600
Volani ad alta potenza	750–1650 kW	15 sec a 15 min	93	20	3.695–4.313
ZEBRA	<10 MW	fino a 8 h	80–85 (CC)	oltre 1.500 cicli	1.500–2.000
Fe/Cr Flow Battery	<10 MW	2–4 h	50–65	20	200–2.500
Zn/Air	20 kW–10 MW	3–4 h	40–60	alcune centinaia di cicli	3.000–5.000
SMES	1–3 MW	1–3 sec	90	>30.000 cicli	380–490
SMES di grande taglia	100 MW–200 MW	100 sec (MWh) 0,5–1h (100MWh) 5–10 h (GWh)	90	>30.000 cicli	700–2.000
Supercondensatori	10 MW	fino a 30 sec	90	>500.000 cicli	1.500–2.500

CC = corrente continua; CA = corrente alternata

^{*}Per i CAES, l'efficienza è condizionata dalla fonte di energia o dal sistema di generazione che può essere:

NG, cioè a gas naturale; CiC a ciclo combinato a gas naturale; TG per le turbine a gas.

3 riassume alcune caratteristiche peculiari dei principali sistemi di accumulo attualmente utilizzati o studiati che sono maggiormente dettagliate nella Tabella 2.

Il ruolo nelle reti elettriche

Nonostante la varietà di soluzioni e metodi per l'accumulo di energia nelle reti elettriche, ognuna con caratteristiche peculiari e adatte per molteplici applicazioni, le effettive applicazioni sono diverse ma, in realtà, la diversificazione dei sistemi di accumulo nelle reti elettriche è un processo ancora lento in cui finora è prevalente il ruolo svolto dai sistemi di pompaggio e marginale quello degli altri metodi di accumulo, come risulta dalla Figura 4. Su un totale di 127mila MW, oltre il 99% risulta appannaggio

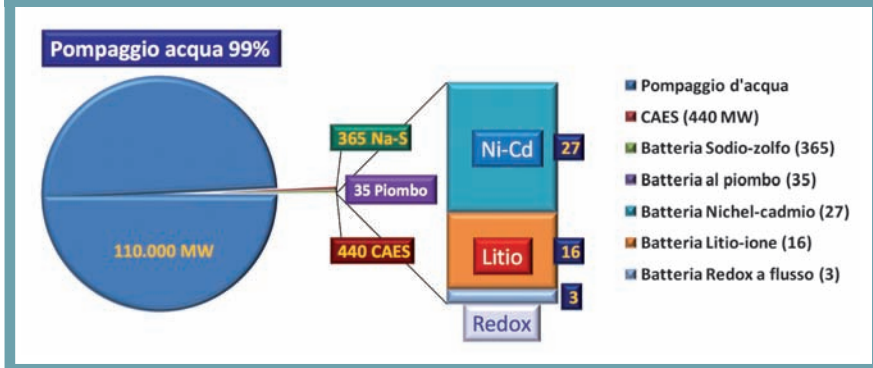
dei sistemi di pompaggio dell'acqua, mentre i sistemi ad aria compressa (CAES) raggiungono i 440 MW seguiti dai sistemi con batterie sodio-zolfo, mentre i rimanenti sistemi di accumulo arrivano a 85 MW.

Le analisi tecniche e di mercato più recenti prevedono che l'evoluzione del modello di sistema elettrico con una crescente quota di fonti rinnovabili richiederà sistemi di accumulo sempre più vicini all'utente finale con dimensioni e caratteristiche funzionali più vicine a quelle possedute dai sistemi di accumulo elettrochimico e dei CAES, mentre un ruolo ancora da valutare riguar-

FIGURA 4

CAPACITÀ MONDIALE INSTALLATA DI ACCUMULO DI ENERGIA NELLE RETI ELETTRICHE

(Fonte: Fraunhofer Institute)



ni, aria compressa in serbatoi naturali (CAES = compressed air energy storage), magneti superconduttori (SMES = superconducting magnets energy storage), volani (flywheels), accumulatori elettrochimici (vari tipi di batterie: Sodio-Zolfo = NaS; Zebra = NaNiCl₂; ZrBr; Piombo-acido, Litio-ione), accumulo di energia termica, supercondensatori. La Figura

derà metodi e soluzioni ancora più avanzate e innovative, quali la produzione e accumulo dell'idrogeno e i sistemi SMES, che utilizzeranno materiali superconduttori operanti a temperature energeticamente ed economicamente più convenienti.

*Enea - Unità Tecnica "Tecnologie Avanzate per l'Energia e l'Industria"