

DESCRIZIONE TECNICA

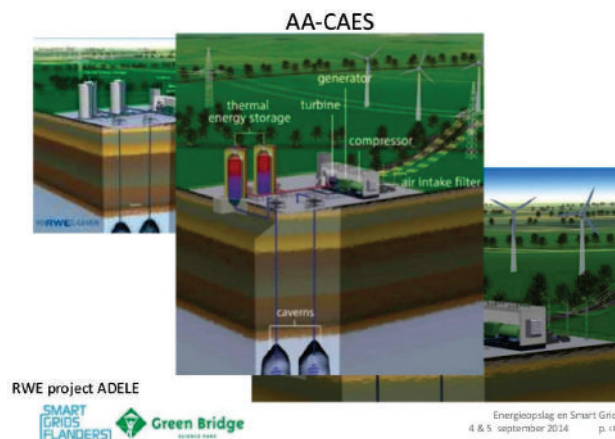
L'immagazzinamento di aria compressa, o CAES (Compressed Air Energy Storage), è una delle tecnologie potenzialmente più interessanti per accumulare quantità considerevoli di energia a basso costo specifico d'investimento. Unitamente agli impianti idroelettrici di pompaggio, gli impianti CAES sono gli unici in grado di rilasciare energia per alcune ore in quantità analoghe a quelle tipiche dei grandi impianti di produzione di energia elettrica (100 – 1000 MW). In un impianto CAES, l'aria compressa accumulata (tipicamente in un serbatoio geologico) dopo essere stata riscaldata, è fatta espandere all'interno di una turbina a gas, a sua volta connessa a un generatore. Poiché in un impianto CAES le fasi di compressione ed espansione sono differite temporalmente, rispetto a una turbina a gas convenzionale, nella fase di generazione è disponibile tutta la potenza dell'espansore, con un incremento rilevante dell'energia prodotta in concomitanza con i picchi di domanda, a parità di taglia della turbomacchina. Nel corso degli anni sono state proposte differenti configurazioni impiantistiche con diverso grado di complessità e relative prestazioni. Ad oggi, sono operativi solo due impianti di grossa taglia ad aria compressa CAES, uno in Germania (Huntorf) e uno negli Stati Uniti (McIntosh- Alabama). Mentre La New Energy Foundation giapponese sta sperimentando dal 1990 la tecnologia CAES in Giappone mediante la realizzazione di un piccolo impianto da 2 MW che utilizza una miniera abbandonata di carbone come serbatoio di accumulo [1]. Si ricorda che già negli anni '80 ENEL sperimentò la tecnologia CAES presso Sesta (Si), realizzando una piccola unità da 25MW.

Entrambi gli impianti di grossa taglia ad oggi operativi adottano una configurazione che prevede un treno di compressori con stadi d'inter- e post- refrigerazione, una caverna d'accumulo (realizzata in una formazione salina posta a parecchie centinaia di metri sotto la superficie terrestre), una camera di combustione ove l'aria accumulata è convogliata come comburente del gas naturale, un espansore e un generatore. Nell'impianto più recente (McIntosh-USA 1991) l'aria compressa prima di entrare nella camera di combustione è preriscaldata in uno scambiatore (recuperatore) dai gas di scarico della turbina.

Tra i progetti in corso nel mondo, oltre a quelli basati sul CAES "convenzionale" (quali Matagorda Texas USA e Norton, Ohio USA) che utilizzano combustibili fossili, si menzionano quelli che considerano l'opzione adiabatica. In questo caso, il calore generato durante la compressione è accumulato e riutilizzato per preriscaldare l'aria nella fase di generazione, consentendo di eliminare l'impiego di combustibili. In questo tipo di ciclo l'energia termica può essere accumulata sotto forma di calore latente, o sfruttando oli termici, o ancora materiali ceramici. L'aria così raffreddata è poi accumulata in un serbatoio geologico, analogamente alle altre tipologie di impianto. I progetti di CAES adiabatici sono: Near Term Energy Storage Program 94 di EPRI (Electric Power Research Institute), che prevede di studiare anche impianti che escludano, o quasi, l'impiego di combustibile, il progetto svizzero di Airlight Energy in collaborazione con Alstom Power e il progetto europeo ADELE (Adiabatic Compressed-Air Energy Storage for Electricity Supply).

Si evidenzia che sebbene spesso indicata come una possibile opzione, l'impiego di una formazione geologica porosa come serbatoio di accumulo dell'aria, ad oggi, è un concetto mai utilizzato. L'unico progetto avviato nei primi anni 2000 al fine di sperimentare questa soluzione (IOWA-USA) è stato chiuso all'inizio del 2012 perché il sito geologico, precedentemente selezionato tra oltre venti, con una spesa di alcuni milioni di dollari, dopo alcune prove preliminari non è risultato idoneo allo scopo, gettando peraltro seri dubbi sulla reale convenienza economica della soluzione sperimentata.

Recentemente è in corso di studio la possibilità di downsize di impianti in quello che viene chiamato il micro-CAES, che renderebbe il sistema più flessibile e quindi applicabile in diversi ambiti tra cui il residenziale e commerciale [2].



STATO DI AVANZAMENTO

Internazionale

L'impianto di Huntorf, nei pressi di Brema, risale al 1978. È un impianto da 290 MW che utilizza una coppia di caverne saline realizzate a una profondità variabile tra i 650 e 800 metri aventi un volume complessivo pari a circa 300.000 m³. La costruzione dell'impianto da parte di ABB richiese circa trenta mesi di lavoro con un costo specifico d'investimento (al 2002) pari a circa 400\$/kW. In condizioni operative normali, l'avviamento dell'impianto richiede circa undici minuti, che in caso di necessità possono essere dimezzati. La pressione di accumulo all'interno dei serbatoi è fissata a 66 bar. Nella fase di espansione la pressione del serbatoio scende sino a 46 bar. Al fine di garantire una pressione costante (42 bar) in ingresso turbina è utilizzato un riduttore di pressione. A valle della turbina di alta pressione è posto un secondo combustore e un secondo stadio d'espansione.

L'impianto di McIntosh, da 110 MW, realizzato da Dresser-Rand, è operativo dal 1991. Esso è stato progettato per garantire una produzione di energia elettrica continua per 26 ore a pieno carico. Analogamente all'impianto precedente, il serbatoio è costituito da una caverna salina del volume di 560.000 m³. I costi specifici d'investimento indicati da EPRI attualizzati al 2010 sono circa 1000 – 1250 \$/kW. Stime per nuovi impianti oscillano tra i 400€/kW e i 1000€/kW, a seconda della condizione e tipologia di serbatoio ipotizzato.

L'affidabilità di entrambi gli impianti risulta compresa tra 95% e 99%.

Nazionale

Non esistono impianti CAES in Italia.

TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL)

Nella configurazione convenzionale si può ritenere che la tecnologia sia consolidata e quindi disponibile sul mercato, come dimostrato dalla realizzazione attualmente in corso di impianti analoghi a quello di McIntosh-USA.

Nell'accezione micro-CAES i sistemi sono ancora in fase di ottimizzazione.

RELAZIONE CON LE FONTI ENERGETICHE

Nella configurazione "convenzionale" la fonte energetica utilizzabile è il gas naturale mentre, nelle configurazioni adiabatiche e isoterme, non è necessario ricorrere a fonti energetiche. Tuttavia la tecnologia si propone come una soluzione per l'accumulo energetico e come tale può essere vista in relazione a qualunque situazione di intermittenza della fonte energetica primaria, particolarmente con quella eolica. Infatti, l'energia elettrica prodotta da fonti intermittenti può essere utilizzata per alimentare il compressore, l'aria compressa viene immagazzinata nelle cavità sotterranee e si rende disponibile per essere utilizzata in un secondo momento; si va così a costituire una riserva di energia particolarmente utile per esempio nei periodi estivi quando si ha una maggiore richiesta da parte delle utenze.

VERSATILITÀ (CAPACITÀ DI IMPATTARE SU PIÙ SETTORI)

Gli impianti CAES, per le loro particolari caratteristiche, si prestano bene in numerose applicazioni. Essi vengono normalmente impiegati per ridurre i picchi di potenza richiesti alla rete di alimentazione effettuando il peak-shaving, inoltre vengono impiegati per realizzare una riserva rotante e come supporto per la produzione di potenza reattiva. Lo sviluppo di sistemi micro-CAES utilizzabili sia per l'accumulo elettrico che termico renderebbe questa tecnologia applicabile sia al residenziale che al terziario (hotel, centri commerciali, aree di servizio ecc.).

POTENZIALE DI DIFFUSIONE IN AMBITO NAZIONALE

Sulla base dell'esperienza maturata negli USA è da escludersi almeno nella prima fase l'impiego di serbatoi geologici porosi. Le uniche possibili alternative sono costituite dall'uso di miniere abbandonate che abbiano le caratteristiche necessarie, eventuali depositi salini profondi presenti nel territorio nazionale o serbatoi sottomarini (soluzione in fase di studio in UK ma a livello di micro impianto pilota). Un'ulteriore alternativa praticabile (e praticata dal progetto svizzero) è costituita dalla realizzazione di una caverna scavata nella roccia, a patto che quest'ultima sia molto compatta, non friabile né porosa. Queste condizioni sicuramente possono limitare significativamente la diffusione di questa tecnologia d'accumulo in ambito nazionale.

IMPATTO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Nella configurazione convenzionale il CAES ha un impatto sull'ambiente analogo a quello di una turbina a gas a ciclo semplice dotata di un recuperatore e alimentata con gas naturale. Nella configurazione adiabatica, escludendo le opere necessarie per installare l'impianto e la realizzazione del serbatoio, non si prevedono impatti emissivi nel corso dell'esercizio.

Emissioni CO₂/MWh

A parità di energia elettrica generata, gli impianti CAES convenzionali emettono molta meno CO₂ rispetto ad una turbina a gas in ciclo semplice in quanto il lavoro di compressione si presume sia stato effettuato utilizzando un surplus di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili caratterizzate da emissioni nulle. Si può valutare un'emissione specifica, nella fase di esercizio, di circa 1/3 rispetto ad un turbogas a ciclo aperto allo stato dell'arte, dell'ordine di 150 – 200 gCO₂/kWh.



Sistema di accumulo CAES adiabatico (Progetto europeo ADELE)

EFFICIENZA, TEMPO DI VITA E RENDIMENTO PREVISTI

Sulla base delle date di costruzione dei due impianti CAES esistenti si può affermare che la vita utile potrebbe superare i 35 – 40 anni. La round trip efficiency (definita come il rapporto tra l'energia elettrica che l'impianto è in grado di restituire durante la fase di generazione e quella consumata complessivamente per lo stoccaggio e la generazione stessa) degli impianti di Huntorf e di McIntosh risulta rispettivamente pari a 42% e 54%. Analoghe stime per futuri impianti CAES adiabatici oscillano tra 70 – 73%.

PRINCIPALI OSTACOLI ALLO SVILUPPO

Uno degli ostacoli principali allo sviluppo della tecnologia è la dipendenza dalle formazioni geologiche (strati acquiferi naturali, caverne di sale o caverne costruite nella roccia), che limita la possibilità d'installazione degli impianti solo a determinate aree. Inoltre la tecnologia allo stato attuale viene considerata non sempre economicamente vantaggiosa.

POTENZIALITÀ DI SVILUPPO TECNOLOGICO IN AMBITO NAZIONALE E IMPATTO SUL PIL

Non valutabili.

POTENZIALITÀ DI ESPORTAZIONE DELLA TECNOLOGIA

Non valutabili.

POSSIBILI RICADUTE PER IL SISTEMA INDUSTRIALE, DEI TRASPORTI, RESIDENZIALE E NEL TERZIARIO

I Sistemi CAES possono essere integrati con sistemi convenzionali (per esempio Diesel) per fornire un sistema di accumulo efficiente in aree isolate, permettendo una migliore gestione dei carichi energetici e offrendo la possibilità di sfruttare il calore disperso.

MAGGIORI ATTORI ITALIANI COINVOLTI

Sviluppo della tecnologia

L'unico attore italiano attualmente coinvolto nello sviluppo della tecnologia è NP (GE Oil&Gas) che ha partecipato al progetto europeo ADELE-Adiabatic Compressed-Air Energy Storage for Electricity Supply [3].

ECCELLENZE IN TERRITORIO NAZIONALE

Attività di ricerca in ambito di CAES è compiuta da GE Oil&Gas (progetto ADELE), da RSE che ha effettuato, in particolare, studi di fattibilità tecnico-economica di CAES in Italia e dall' Università di Perugia.

BEST PRACTICES

Si vedano gli impianti e i progetti precedentemente menzionati.



Impianto CAES entrato in funzione nel 1991, McIntosh, Alabama



Impianto CAES entrato in funzione nel 1978, Kraftwerk Huntorf

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] M. Budt, D. Wolf, et al, Applied Energy,170, (2016), 250–268
- [2] A. Tallini, A. Vallati, L. Cedola, Energy Procedia 82 (2015) 797 – 804
- [3] <http://www.adel-energy.eu>
- [4] RSEView “ L'accumulo di energia elettrica” scaricabile dal sito di RSE <http://www.rse-web.it/monografie/rseview001.page>
- [5] P. Savoldelli, Indagine su tecnologie e materiali per accumulo termico in impianti CAES RSE 12005740, 2012. Rapporto Ricerca di Sistema
- [6] L. Augello, F. Cernuschi, G. Agate, R. Guandalini, M. Benini, Progetto di fattibilità tecnico-economica di un sistema CAES mediante stoccaggio geologico di aria compressa e con palloni sommersi RSE 12000973, 2011. Rapporto Ricerca di Sistema