

# La tecnologia HvdC per l'efficienza di rete

a cura di Abb\*

Si chiede oggi alla rete di trasmettere l'energia secondo flussi non previsti all'atto della sua pianificazione senza che ne calino l'efficienza, l'affidabilità e senza che si sviluppino nuove grandi infrastrutture (in particolari nuove linee di trasmissione).

La tecnologia HvdC inserita nella base del sistema in corrente alternata offre: flessibilità di esercizio; riduzione delle perdite di trasporto; contenimento dei guasti evolutivi; allacciamento alla rete delle fonti energetiche rinnovabili.

Agli albori dell'elettrificazione la produzione e distribuzione dell'energia elettrica erano effettuate in corrente continua. Con la crescita delle distanze di distribuzione e con l'introduzione del trasformatore, si andò diffondendo la tecnologia della corrente alternata che permetteva l'adozione di tensioni di trasporto più elevate e la conseguente riduzione delle perdite di trasmissione.

Con il tempo si è andato creando il sistema di generazione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica quale oggi è conosciuto.

Alla tecnologia della corrente continua, in particolare dall'inizio degli anni Settanta quando sono stati introdotti i thyristor, viene riconosciuto un ruolo di nicchia legato principalmente alla trasmissione di grandi potenze su lunghe distanze, alla trasmissione sottomarina, alla connessione di reti in corrente alternata non iso-frequenziali o asincrone. È oggi lecito chiedersi se tale visione dei ruoli di queste tecnologie sia ancora completamente valida. Di fatto l'espansione del sistema elettrico in corrente alternata ha trovato il suo fondamento su alcuni aspetti fondamentali tecnici ed economici. L'economia di scala nella produzione, cioè la riduzione del costo totale specifico di produzione al crescere della potenza unitaria delle installazioni, ha portato alla costruzione di grandi centrali necessariamente lontane dai centri di consumo, creando così le reti di trasporto. La necessità di crescita dei Paesi, in particolare nel secondo dopoguerra, ha reso più impellente la costruzione dell'infrastruttura di rete che la sua integrazione nell'ambiente. La natura "capital intensive" dell'industria energetica ha creato i sistemi integrati che sono esistiti sino alle recenti ristrutturazioni del mercato.

La rete è quindi stata sviluppata intorno alla gestione di grandi centri di produzione, al trasporto di energia verso i centri di consumo e alla distribuzione locale. In particolare la rete di trasporto dell'energia è stata pianificata sulla base della produzione a costo marginale minimo.



Diagramma dell'interconnessione in HvdC Sardegna - Penisola Italiana

Le recenti ristrutturazioni del mercato dell'energia - comportano un dispatching sulla base del prezzo e non del costo di produzione - l'incentivazione alla generazione da fonti rinnovabili - disperse, di potenza unitaria relativamente bassa, e per natura poco prevedibili - richiedono che la rete di trasporto diventi estremamente flessibile. Si chiede già oggi alla rete di trasmettere l'energia secondo flussi non previsti all'atto della sua pianificazione senza che ne calino l'efficienza, l'affidabilità e senza che si sviluppino nuove grandi infrastrutture (in particolari nuove linee di trasmissione). La tecnologia HvdC inserita nella base del sistema in corrente alternata offre: flessibilità di esercizio; riduzione delle perdite di trasporto; contenimento dei guasti evolutivi; allacciamento alla rete delle fonti energetiche rinnovabili.

## Tecnologie disponibili

### HvdC Classic

Definiamo con HvdC Classic la trasmissione in corrente continua basata

su convertitori a commutazione naturale, oggi basati sulla tecnologia a thyristor. Il sistema completo è costituito da una stazione di conversione alternata continua (funzionante da raddrizzatore) allacciata nel nodo ove si preleva la potenza, un collegamento e una stazione di conversione continua alternata (invertitore) ove si inietta la potenza. Il senso di trasmissione e quindi le funzioni delle stazioni sono reversibili. HvdC Classic trasmette l'energia fra due reti in alternata entrambe attive, cioè dotate di centrali di generazione. Le stazioni di conversione HvdC Classic consumano potenza reattiva sia nel funzionamento da raddrizzatori che nel funzionamento da invertitori. Può trasmettere su linea aerea oppure con cavi sottomarini e terrestri - i cavi per HvdC appartengono alla categoria dei cavi isolati in carta impregnata in olio di alta densità Mind. Nell'architettura tipica di una stazione di conversione HvdC Classic si individuano, su un'area di circa 200 x 120 m, la sala valvole, il piazzale in alternata - dotato dei necessari organi di manovra

e del sistema di filtraggio delle armoniche e generazione del reattivo - e il piazzale in continua. La tecnologia HvdC Classic è oggi adottata per trasmissione di potenza superiore a circa 300 MV con tensioni di trasmissione fino a  $\pm 600$  kV.

### HvdC Light

HvdC Light è un sistema esclusivo di Abb basato su convertitori a commutazione forzata (Voltage Source Converter) che adottano transistor di tipo IGBT. Anche in questo caso si hanno due stazioni di conversione - un raddrizzatore e un invertitore con funzioni intercambiabili - e un collegamento costituito da speciali cavi in isolante estruso. Vi sono altre importanti differenze.

Innanzitutto HvdC Light può alimentare reti passive, vale a dire reti isolate prive di generazione propria o reti che si sono trovate in tale situazione

a causa di un guasto; poi HvdC Light è in grado di erogare potenza reattiva. L'architettura tipica della stazione si articola in un unico edificio che contiene il convertitore e tutti gli accessori su un'area di soli 120 x 50 m. Tale compattezza è essenzialmente dovuta alla riduzione drastica del sistema filtrante.

## HvdC: benefici alla rete

L'analisi comparativa fra soluzioni per il trasporto di energia in corrente alternata e in corrente continua è un capitolo molto vasto dell'analisi tecnico-economica delle reti.

Nell'articolo ci si limiterà ad accennare per grandi linee a tre categorie di aspetti tecnico-economici. L'HvdC e le perdite di trasmissione; l'HvdC e l'impatto ambientale; l'HvdC e l'esercizio di rete.

### Perdite di trasporto

Un sistema HvdC, sia esso di tipo Classic o Light, comporta la riduzione delle perdite di trasporto.



Valvola HvdC Light

La riduzione delle perdite è legata a due fattori essenziali: *la linea di trasmissione in continua non trasmette la potenza reattiva e quindi non è soggetta alle perdite a questa associate; il dimensionamento ottimizzato di linee in corrente continua comporta in generale l'adozione di una sezione maggiore dei conduttori rispetto a una linea in alternata di uguale potenza in corrente alternata, con conseguente riduzione delle perdite.*

Tali riduzioni, già a medie distanze di trasmissione, più che compensano le perdite nel sistema di conversione medesimo (perdite ai terminali).

### Impatto ambientale

Per il trasporto della medesima potenza gli ingombri e asservimenti di un sistema di trasmissione aereo calano passando da ca a cc.

Naturalmente il minore impatto si ottiene con un sistema in cavo interrato. Pur essendo possibile in molti casi adottare cavi in corrente alternata, la gestione e il trasporto della potenza reattiva pongono un limite alla massima distanza di trasmissione (e.g. un cavo a 400 kV in isolante estruso può essere adottato fino a distanze di circa 60 km). Non vi sono invece particolari limiti per i cavi in corrente continua. In particolare i cavi HvdC Light sono di facile posa e di elevata affidabilità. Con questi è stato realizzato il collegamento in cavi interrati più lungo oggi in esercizio (Murray link: 180 km).

### Esercizio di rete

Le reti in alternata sono oggi gestite in condizioni differenti da quelle poste alla base del loro sviluppo. Uno dei problemi che ne consegue viene definito come esistenza di flussi di potenza parassiti o loop flow. Se tale condizione si verifica, in condizioni normali o di emergenza, le linee non si caricano in proporzione alla loro capacità di trasmissione con conseguente aumento delle perdite rispetto ad una distribuzione dei flussi equilibrata e con rischio per l'affidabilità del sistema.

La capacità di regolazione dell'HvdC permette di eliminare tale condizione.

Un altro aspetto tipico dell'esercizio di un sistema in corrente alternata è il rischio di guasti in cascata, causa dei recenti black out in Ita-

lia e all'estero. Lo scenario corrispondente prevede che, a seguito di un guasto in una rete interconnessa si instaurino condizioni dinamiche tali da impedire che la potenza necessaria al soccorso di una area di rete sia trasmessa da un'area limitrofa. In tale condizioni le linee di collegamento fra le due aree potrebbero venire interrotte dando luogo appunto ad una cascata di eventi di guasto terminanti in un black out. Fermo restando che a regime le potenze generate e consumate dovranno equilibrarsi con opportuno controllo sulle centrali e che le linee di interconnessione dovranno avere sportata sufficiente, la velocità di risposta del controllo di una eventuale interconnessione HvdC fra aree di un sistema in alternata può confinare una perturbazione di rete ad una zona limitata. Inoltre, la presenza di una connessione HvdC Light, con la sua capacità di black start, permetterebbe una rapida ripresa del servizio a valle di un possibile black out. Da ultimo, ma certo di non ultima importanza, è la possibilità offerta da HvdC Light



Sezione cavo

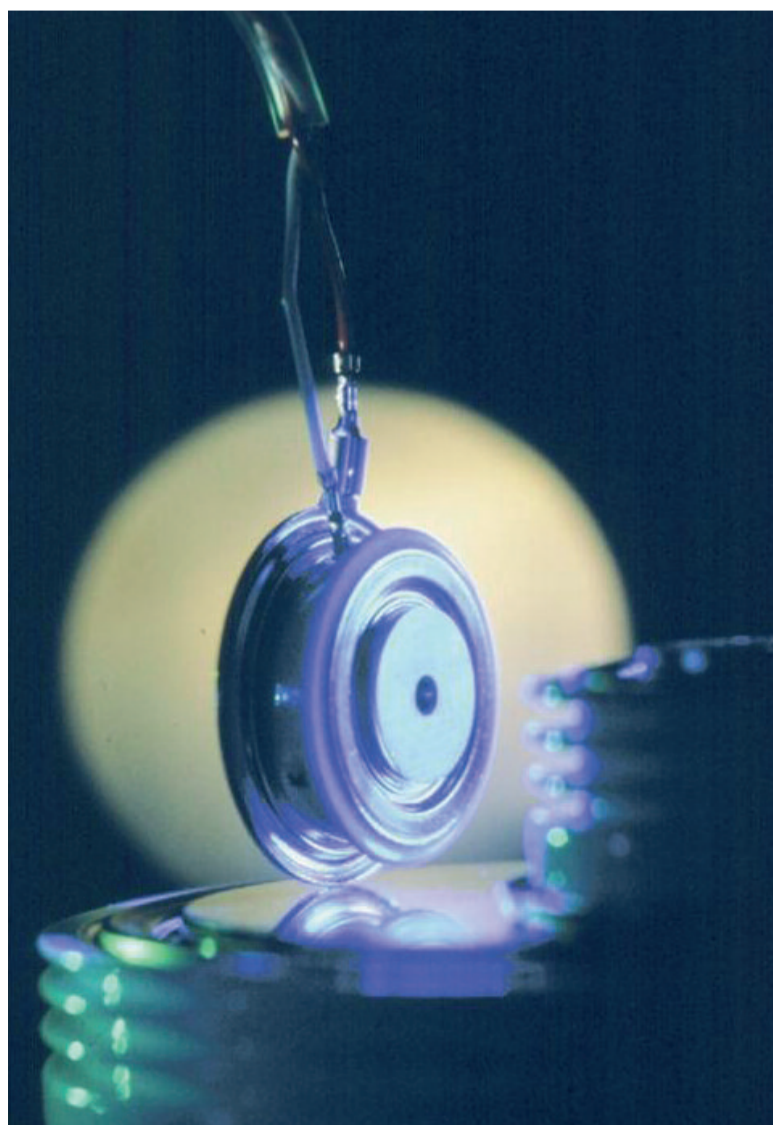
nella connessione di sorgenti energetiche rinnovabili – in particolare eoliche. Tali risorse vengono infatti meglio gestite grazie alle possibilità di regolazione di HvdC. Campi eolici off shore sono inoltre facilmente allacciabili a reti elettriche attraverso HvdC Light e i suoi cavi in esecuzione sottomarina.

### Tecnologia HvdC nel futuro

HvdC Classic è una tecnologia consolidata: Abb oggi mantiene la sua posizione di leader in questo settore con continue ottimizzazioni. HvdC Light è stata introdotta nel 1997, con un impianto sperimentale di piccola potenza. Oggi i sistemi installati hanno potenze pari a 300 MW e tensioni di  $\pm 150$  kV. Nel biennio a seguito degli sviluppi tecnologici, anche se non ancora entrati in servizio commerciale, sono disponibili sistemi a  $\pm 300$  kV e 700 MW che ABB conta di portare tale potenza unitaria a 1100 MW.

### HvdC di Abb

Abb ha eseguito o ha in fase di esecuzione 52 progetti di HvdC Classic e 11 di HvdC Light. In Italia è stato recentemente realizzato il progetto Italia – Grecia per 500 MW ed è in fase di esecuzione il collegamento SA.PE.I. (Sardegna – Penisola Italiana) con potenza pari a 1000 MW.



Sezione valvola tiristori