

Echi dalla *AEIT HVDC 2021 International Conference*

AEIT organizza ogni due anni, con il supporto di AEE, una Conferenza Internazionale sui sistemi di trasmissione in corrente continua ad alta tensione (HVDC). Lo scopo è quello di monitorare lo sviluppo di questi sistemi a livello mondiale, di rilevare i progressi tecnologici di apparecchiature e componenti nel settore, di evidenziare le nuove esigenze e le problematiche dei Sistemi di trasmissione che richiedono l'adozione della corrente continua.

Ricordiamo che i Sistemi elettrici nei paesi industrializzati, dopo una primissima fase d'esordio in corrente continua alla fine dell'800, si sono sviluppati per decenni utilizzando i sistemi in corrente alternata a tensioni sempre crescenti man mano che cresceva il carico elettrico. Le sporadiche applicazioni in corrente continua nei sistemi ad alta tensione, richieste da particolari problemi di connessione/trasmisione, si sono avute solo nella seconda metà del '900 ed erano considerate come particolari e circoscritte eccezioni, funzionali ad estendere la potenzialità dei sistemi in corrente alternata.

Il primo sistema operativo HVDC è infatti del 1954, realizzato tra l'isola di Gotland nel mar Baltico e la terraferma svedese, con una potenza di 20 MW. Altri impianti, tutti utilizzando valvole a vapori di mercurio, sono seguiti negli anni successivi, tra cui: nel 1965, il collegamento della Sardegna con il continente; nel 1970, la Pacific DC Intertie, collegante la regione del Nord-Ovest Pacifico e Los Angeles, negli Stati Uniti; nel 1973, il Nelson River Bipole in Canada.

Solo dagli anni '70, con lo sviluppo di convertitori a semiconduttori in alta tensione, i sistemi di trasmissione in HVDC, già dimostratosi indispensabili per attraversare lunghi tratti di mare o per la connessione di sistemi elettrici con diversa frequenza, hanno cominciato a mostrare competitività anche per la trasmissione di grandi potenze su lunghissime distanze. Il vantaggio della corrente continua è rappresentato dal fatto che non c'è nessun limite di stabilità legato alla quantità di potenza trasmessa (variazione dell'angolo di fase della tensione lungo la linea) un esempio è costituito dalla più lunga linea aerea in corrente continua di ben 3.324 km, realizzata in Cina, da Changji a Guquan, ad una tensione di 1100 kV che consente di trasferire 12.000 MW dalla regione di Xinjiang ad Anhui.

Ma forse è stato negli ultimi due decenni che i gestori di reti nazionali e continentali, dovendo fronteggiare non tanto il problema di adeguare la rete ad un carico crescente ma quello di garantire la qualità del servizio in presenza di un enor-

me sviluppo delle fonti rinnovabili, hanno trovato nella tecnologia HVDC inaspettate risposte e adeguate soluzioni alle nuove esigenze. In particolare:

- le aree geografiche in cui si concentrano le grandi disponibilità di fonti rinnovabili sono spesso lontane dai centri di consumo per cui servono dei corridoi capaci di trasferire grandi potenze dai luoghi di produzione ai sistemi elettrici attuali (vedasi ad es. i tre corridoi in corrente continua, costituiti in cavo interrato da ± 525 kV, che in Germania si stanno contemporaneamente posando per trasferire energia sostenibile dal nord del paese verso il sud);
- se poi queste aree si trovano in mare aperto, come nel caso dei parchi eolici offshore a distanze di oltre 100 km dalla costa, la trasmissione elettrica verso le stazioni in terraferma avviene necessariamente in corrente continua, tramite cavi sottomarini;
- sempre nei parchi eolici offshore, da cui sono attese per il futuro significative produzioni, l'esigenza di collegare fra di loro le varie turbine eoliche con reti magliate, può trovare soluzione nella corrente continua tramite le nuove tecnologie dei convertitori a tensione impressa (vedasi i campi offshore in corso di realizzazione nel Mare del Nord).

La trasmissione in corrente continua è dunque diventata, anno dopo anno, in molti paesi del mondo, parte integrante dei sistemi di trasmissione elettrica.

Se dunque fin dagli albori dei sistemi elettrici, per trasmettere e distribuire l'energia elettrica sul territorio, la corrente alternata di Westinghouse e Tesla dimostrò una indiscutibile superiorità rispetto alla corrente continua di Edison, si può dire, come rileva M. Rebolini nella rivista *Energia*¹, che a distanza di oltre un secolo la corrente continua si stia prendendo una parziale rivincita, almeno per quanto riguarda la trasmissione.

Per questo le Conferenze Internazionali organizzate da AEIT, si propongono di aggiornare i partecipanti sullo stato di sviluppo dei sistemi HVDC nel mondo, permettendo di avere istantanee sulle relative problematiche di gestione e sulle questioni ancora aperte.

Si potrebbe ricordare che anche per i sistemi di distribuzione (mini e micro-grid) rispettivamente in MT e BT sono in corso sviluppi di progetti che prevedono una sorprendente penetrazione della corrente continua, ma questa è un'altra

¹ Massimo Rebolini: "La rivincita della corrente continua"
<https://www.rivistaenergia.it/2021/07/la-rivincita-della-corrente-continua/>

storia che cercheremo eventualmente di affrontare in un prossimo numero monotematico della nostra rivista.

Di tutti gli articoli presentati alla Conferenza HVDC 2021, si riporta in questo numero monotematico de *L'Energia Elettrica*, una ristretta selezione riguardante argomenti con specifici riferimenti al nostro sistema elettrico nazionale ma anche di interesse generale, in particolare:

- Controllo della potenza attiva e reattiva dell'HVDC Italia-Montenegro: primo anno di operatività

(C. Pisani, E. Carlini, M. Contu, G. Giannuzzi, F. Allella)

Dove si mostra come l'interconnessione MON.ITA sia stata progettata e realizzata per:

- supportare l'uso più efficiente della capacità di generazione nei paesi dell'Europa sudorientale (SEE); - facilitare le opportunità di investimenti di nuova generazione nella regione balcanica e - lo sfruttamento delle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) sia nella regione SEE che in Italia. Un tale investimento va nella direzione di creare una rete elettrica europea più forte e più interconnessa, riducendo al minimo il differenziale di prezzo tra i paesi e aumentando la sicurezza dell'approvvigionamento.

- Il nuovo collegamento HVDC SaCoI 3

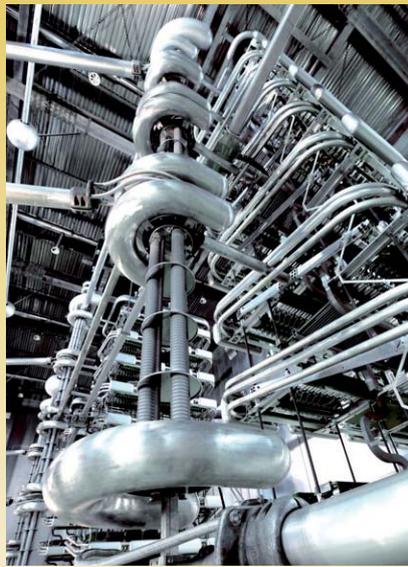
(S. Patti, A. Battaglia, L. Buono, M. Marzinotto, F. Palone)

In cui si evidenzia come la tecnologia LCC, attraverso opportune azioni sul sistema di controllo e congiuntamente all'adozione di un compensatore sincrono e di un generatore diesel, può fornire le stesse prestazioni della tecnologia VSC. In particolare, viene mostrato come può essere ridotta la sensibilità agli abbassamenti di tensione per guasti AC grazie all'utilizzo del compensatore sincrono e ad un dimensionamento idoneo sia del convertitore che del reattore di spianamento. Viene mostrato poi come si possa effettuare anche il black start (sempre tramite un compensatore sincrono e un generatore diesel).

Infine, si mette in evidenza come i costi operativi e di manutenzione appaiano oggettivamente maggiori nel VSC rispetto all'LCC. Anche tenendo conto che, nel caso SACOI 3, la tecnologia LCC riduce l'impatto sugli elettrodi unidirezionali esistenti (anodo o catodo) ed elimina l'incertezza legata agli elettrodi bidirezionali (necessari in caso di convertitore VSC).

- Soluzioni HVDC bipolari con convertitori a tensione impressa (VSC): progettazione ed esperienza operativa (P. Lundberg, M. Monge, A. Persico)

Nel documento, gli autori mostrano come la realizzazione di nuove configurazioni HVDC bipolari VSC abbia aperto nuove possibilità in termini di disponibilità di potenza durante la manutenzione o nelle contingenze del collegamento CC, con design compatti e configurazione dei cavi più semplice. In particolare, dall'analisi di migliaia di ore operative sul campo, viene messo in evidenza come la tecnologia Voltage Source Converter sia stata un fattore abilitante per



un'ulteriore integrazione rinnovabile per la sua capacità di connettere reti deboli, per la migliorata controllabilità, per la maggiore robustezza ai cambiamenti dei parametri di rete e per l'ingombro ridotto nell'installazione offshore.

- Una nuova pietra miliare nella rete paneuropea: il collegamento Italia-Francia (M. Pазienza, R. De Zan, M. Marzinotto, D. Pietribiasi, C. Remy)

Dove vengono descritte le caratteristiche del collegamento HVDC in cavo, posato lungo l'infrastruttura autostradale, e le sfide affrontate per la realizzazione dell'interconnessione tra i due stati europei.

La trasmissione si avvale di due monopoli simmetrici VSC indipendenti, ciascuno di potenza di 600 MW, alla tensione

nominale di ± 320 kV e con una corrente nominale di 950 A. La lunghezza complessiva della linea è di oltre 190 km per un totale di 778 km di cavi installati, suddivisi tra territorio italiano e territorio francese.

I cavi sono stati posati principalmente lungo le autostrade A32 in Italia e A43 in Francia, e attraversano il confine di stato all'interno della nuova galleria del Frejus.

- Collegamenti HVDC nei sistemi elettrici di potenza smart: una strategia versatile di controllo dei convertitori VSC (D. Lauria, F. Mottola, F. Del Pizzo, E. Carlini, C. Pisani, G. Giannuzzi)

Nell'articolo, dopo alcuni riferimenti ai concetti di base, viene discussa una possibile strategia di controllo del sistema di trasmissione HVDC con convertitori VSC. Per quanto riguarda un sistema a due aree con collegamento AC-DC, viene studiata una legge di controllo combinata per migliorare la risposta inerziale e in frequenza primaria. La legge di controllo si basa sul coefficiente di sincronizzazione del collegamento HVDC equivalente che consente di determinare il valore di riferimento degli angoli della tensione CA dei convertitori. Viene inoltre aggiunta un'azione di smorzamento per attenuare le oscillazioni di potenza.

- Analisi panoramica sulla conversione di linee aeree di trasmissione da AC a DC (R. Benato, S. Dambone Sessa, G. Gardan, L. Rusalen, A. L'Abbate)

Il rafforzamento delle interconnessioni esistenti è particolarmente interessante per aree dove le risorse territoriali sfruttabili sono limitate, a causa della conformazione del territorio o per intensa antropizzazione. In questi casi, abbastanza diffusi nell'area europea, è importante poter valutare quale sia l'intervento più conveniente per aumentare la capacità di trasporto di una linea di trasmissione. La sostituzione di linee aeree ad alta tensione in alternata con linee ad alta tensione in corrente continua potrebbe essere un'opzione interessante da considerare. In questo lavoro viene presentata una panoramica delle principali problematiche relative a questo tipo di conversione impiantistica con riferimenti a situazioni esistenti e programmate.