

ENERGIA ELETTRICA IN ALTERNATA O IN CONTINUA?

di Costantino Parlani

Nell'articolo pubblicato in questa rubrica nel mese di marzo "EURINGA: energia elettrica dall'Africa" si è parlato del collegamento con l'Europa con linee ad alta tensione (AT) in corrente continua (HVDC). Penso che non tutti i lettori siano a conoscenza delle differenze tra collegamenti AT a corrente alternata e corrente continua ed abbiamo ritenuto interessante pubblicare un contributo del collega del GdL Energia ed Ecologia, Costantino Parlani, che illustra la nascita di questa tecnologia e le sue applicazioni. Fabio Pansa Cedronio

L'articolo che segue riguarda il trasporto dell'energia elettrica mediante elettrodotti in AT e non la distribuzione in MT/BT la quale merita una trattazione a se stante. Crediamo sia utile presentare un focus con brevi osservazioni di carattere tecnico e storico sull'argomento qui di seguito esposto che può interessare i mass media e chi si occupa in particolare d'impiantistica.

La questione divenne di fondamentale importanza nell'ultimo ventennio del secolo diciannovesimo. Kelvin e Hopkinson, in Gran Bretagna e Edison negli Stati Uniti, erano propensi per l'impiego della trasmissione dell'energia in corrente continua (c.c.); Ferranti e Thompson in Gran Bretagna e Steinmetz, Westinghouse e Tesla negli Stati Uniti, erano fortemente fautori della trasmissione in corrente alternata (c.a.). Come si può notare entrambi gli schieramenti annotavano personalità di alto livello scientifico passati poi alla storia per il loro contributo non solo nel campo dell'elettrotecnica ma anche in altri settori della scienza.

Affinché l'energia elettrica desse il contributo che lasciava sperare, era necessario utilizzarla lontano dai luoghi in cui veniva prodotta come nel caso delle centrali idroelettriche. L'effetto Joule rappresentava un vincolo all'uso di basse tensioni causa l'elevate perdite nella trasmissione. L'ago della bilancia propendeva quindi verso tensioni più elevate con bassi valori di corrente e quindi anche bassi valori di perdite.

Macchina fondamentale fu il *trasformatore* inventato in Francia ma studiato e migliorato da G. Ferraris con il quale è possibile elevare la tensione, portare l'energia a grandi distanze con piccole perdite e successivamente riabbassarla alla tensione di distribuzione e utilizzo.

Non mancarono tuttavia anche tentativi per la trasmissione in corrente continua cercando nello stesso tempo le soluzioni economiche vantaggiose. Possiamo ricordare a questo riguardo gli sforzi effettuati da Marcel Deprez (1881) che non furono comunque sufficienti a convincere della bontà della soluzione. A quell'epoca il motore in c.c. rappresentava un'ottima soluzione per l'uso dell'energia elettrica e quindi molti furono i tentativi per utilizzare questa forma d'energia. Inoltre le teorie del momento consideravano la alterna-

ta poco adatta all'illuminazione, che rappresentava, in quegli anni, lo scopo primario dell'energia elettrica.

Le strategie messe in atto dai fautori delle due diverse strade furono molte e alcune strane. Westinghouse, ad esempio, sosteneva che una delle ragioni dell'alternata era quella della sua bontà nell'uso della sedia elettrica, mentre la parte opposta faceva propendere per l'uso della continua.

La diatriba fra continua e alternata continuò per qualche anno ma a poco a poco le ragioni economiche e tecniche prevalsero per il trasporto dell'energia con tensione alternata. Non per questo la macchina in corrente continua fu abbandonata. Essa resiste ancora ed è preferita per tutta una serie di applicazioni, anche se oggi con l'introduzione dell'elettronica, il motore asincrono offre prestazioni e flessibilità assai elevate. La trasmissione in continua mostra ancora la sua efficacia in casi particolari che l'alternata non riesce a scalfire.

In Italia il primo impianto risale al 1889 a Firenze le cui caratteristiche erano:

- lunghezza 120 km; • tensione 14 kV; • potenza 630 kW.

In passato si ebbe qualche caso di trasmissione in corrente continua e il più notevole di questo genere fu quello *Muotiers-Lione* dismesso definitivamente nel 1937 dopo trentuno anni di esercizio. L'impianto, dovuto all'ingegnere svizzero R. Thury, aveva le seguenti caratteristiche:

- centrale generatrice costituita da gruppi dinamo collegate in serie
- tensione di esercizio 100 kV
- corrente costante 150 A
- potenza 20 MW
- lunghezza linea 180 km

TENSIONE ALTERNATA

Per quanto concerne la trasmissione con tensione alternata citiamo a titolo statistico:

Anno	Linea	Tensione kV	Potenza kW	Lunghezza km	Sistema
1892	Tivoli-Roma	5	1.500	25	monofase
1898	Paderno-Milano	13,5	10.500	32	trifase
1912	Pescara-Napoli	88	15.000	184	trifase
1929	Cardano-Cislago	220	150.000	=	trifase
=	Torino-Lanzo	2	=	24	130 Hz

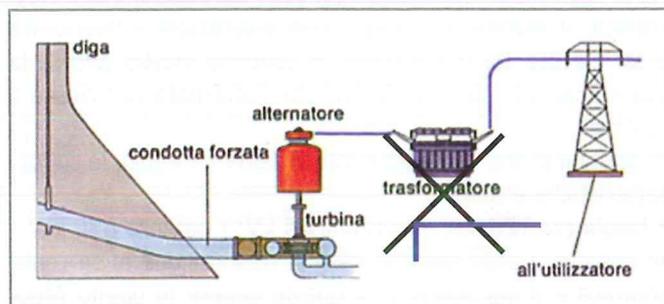
Un caso particolare, forse a non tutti noto, riguarda la tecnologia Powerformer *patrimonio esclusivo di Alstom Power*. Gli alternatori in genere producono energia con tensioni che vanno da 6 kV per gruppi minori sino a 36 kV per le più grandi e moderne unità, oltrepassare tale valore di tensione richiederebbe l'impiego di isolanti troppo spinti difficilmente realizzabili tecnicamente ed antieconomici.

Nonostante ciò, negli anni 2001/02 Alstom grazie a studi, ri-

ENERGIA ELETTRICA IN ALTERNATA O IN CONTINUA?

cerche e nuove tecnologie ha realizzato per le centrali idroelettriche di Miller Creek (Canada) e Katsurazawa (Giappone), alternatori ad alta tensione in grado di produrre elettricità ad una tensione di ~150 kV tale da alimentare la rete di trasporto senza richiedere l'impiego di trasformatore elevatore (vedi figura).

Questo tipo di alternatori sono stati standardizzati dall'Alstom potendo operare sia nel campo idroelettrico che termoelettrico. La potenza è compresa fra 40÷165 MW, frequenza 50÷60 Hz, tensione in uscita 70÷150 kV. Questa tecnologia è così definita da Alstom: "The Powerformer concept is to substitute the conventional stator winding with high-voltage cable (XLPE)".



TENSIONE CONTINUA

Allo stato attuale la c.c. non ha rivali nella trasmissione ad alta tensione (*High Voltage Direct Current - HVDC*) in particolari condizioni e cioè:

- le linee in c.a. non sono più convenienti specialmente da un punto di vista economico se superano distanze elevate all'incirca gli 800 km in corda o 50 km in cavo;
- trasmissioni sottomarine o in acqua.

I principali vantaggi della trasmissione in corrente continua possono così riassumersi:

- la corrente continua è più facilmente controllabile e gestibile essendo un sistema più stabile;
- si può interfacciare con i sistemi in c.a.;
- vi sono due conduttori anziché tre;
- assenza di reattanza induttiva e capacitiva;
- minori disturbi induttivi alle linee di telecomunicazioni vicine;
- minor costo per palificazioni, isolatori, morsetteria, ecc.

La tecnica della trasmissione in corrente continua per contro richiede complesse apparecchiature per la duplice conversione. Allo stato attuale si può però affermare che le incognite di un tempo sono superate dagli efficienti convertitori di tensione oggi disponibili sul mercato. Attualmente sistemi di trasmissione del tipo HVDC sono in esercizio in: **Brasile, Argentina, Canada** (Hydro-Québec), **Cina e Giappone** (energia nell'area di Shanghai con linea a 500 kV). Nella **Repubblica Democratica del Congo** (ex Zaire) esiste una linea in HVDC, la più lunga del mondo, che parte dal ba-

cino idroelettrico Inga (nei pressi di Matadi) e termina a Kolwezi quasi al confine con lo Zambia, lunga 1.740 km, 10.000 piloni a traliccio, tensione 500 kV, potenza trasmessa 560 MW e due sottostazioni di conversione a Inga c.a./c.c. e Kolwezi c.c./c.a.

L'intero progetto e l'esecuzione dell'opera si sono sviluppati dal 1973 al 1982 ed hanno richiesto un investimento finanziario di ~650 milioni di USA dollari. Molte le difficoltà logistiche incontrate dovendo anche attraversare circa 570 km di zone impervie quale la foresta equatoriale.

La linea di cui sopra fu assegnata ad un consorzio americano Morrison & Knudsen nel quale poi entrò a far parte anche l'italiana Sae-Sadelmi come sub-contrattista, mentre le sottostazioni di conversione furono realizzate da Asea e Brown Boveri oggi più note con il nome ABB.

- In **Svezia** è in servizio dal 1954 un cavo sottomarino che collega il continente all'isola di Gotland (parco eolico) distanza 100 km, tensione di esercizio 100 kV in c.c. Il collegamento è stato potenziato nel 1987 elevando la tensione a 150 kV e aumentando la potenza a 30 MW;
- **Mar Baltico** collegamento in cavo sottomarino a 400 kV - 200 km Svezia-Finlandia in servizio dal 1989;
- **Nuova Zelanda** collegamento in cavo sottomarino a 350 kV - 1240 MW in servizio dal 1991;
- In **Italia** è in corso di realizzazione il collegamento in HVDC tra Sardegna e Penisola Italiana (SA.PE.I.) mediante cavo sottomarino a 500 kV - potenza trasmessa 1000 MW - lunghezza 420 km Fiumesanto (SS) - Latina - profondità di posa 1.600 m., la più elevata sino ad ora raggiunta. Il progetto costituisce un'opera infrastrutturale di rilievo strategico e rappresenta per il Paese una pietra miliare nell'ambito dei sistemi sottomarini.

Per potenza trasmessa sarà il più potente collegamento elettrico sottomarino mai realizzato al mondo e per la posa dei cavi sarà utilizzata la nave posacavi più grande del mondo. Prysmian Cable & System e ABB sono le principali società coinvolte nella fornitura e posa dei cavi e la realizzazione delle stazioni di conversione sulle sponde del Tirreno. Investimento previsto 700 milioni di euro. Entrata in servizio programmata per il 2011.

Vi sono molti pro e contro per entrambe le soluzioni, ma se la storia dell'elettrotecnica ha portato all'affermazione della tensione alternata nel trasporto dell'energia come pure nella distribuzione in MT/BT, vuol dire che economicamente e tecnicamente è la più vantaggiosa. Uomini come Pacinotti, Ferraris, Volta, noti in tutta Europa, rappresentarono la punta di diamante del progresso dell'elettrotecnica. Qualcuno può ritenere che oggi tutto ormai sia definito e che nulla si possa aggiungere alla tecnica elettrica ma forse non sarà così. Certo è che il nostro Paese sembra non dare in questo campo il contributo di cui, ne siamo certi, potrebbe ancora essere capace. ■