

Elettronica Industriale

L'Elettronica nella trasmissione di energia elettrica: SACOI, una realizzazione di avanguardia

Alla fine degli anni '60 viene realizzato l'impianto di trasmissione di energia elettrica tra la Sardegna e l'Italia, con un cavo sottomarino che, all'epoca, è il più lungo del mondo. Questa opera, eseguita grazie all'elettronica di potenza, utilizza corrente continua a 200.000 V con potenza di 300 MW. Negli anni '90 l'impianto è stato rinnovato e potenziato

Salvatore Chiama

Nel XIX secolo il primo cavo elettrico che collegò la Sardegna al continente europeo fu un cavo telegrafico, che non era però specificamente destinato alle comunicazioni con l'isola. Si trattava infatti di un

tronco del sistema di collegamento telegrafico fra l'Europa e l'Africa (Algeria), realizzato tra il 1854 ed il 1857, parte in linea aerea e parte

in cavi sottomarini, su iniziativa del governo francese. Questo progetto interessava anche l'Inghilterra, in quanto si prevedeva una estensione ulteriore della linea lungo il litorale africano ed asiatico, in modo da giungere fino ai possedimenti inglesi nelle Indie Orientali. La linea iniziava a Dover (Inghilterra) con primo tratto in cavo sottomarino fino a Ostenda (Belgio), percorso aereo in Europa, passando per Torino fino a La Spezia; nuovo percorso sottomarino fino a Capo Corso, collegamento alla linea aerea corsa fino a Bonifacio, collegamento sottomarino Corsica - Sardegna, linea aerea fino a Capo Teulada (Cagliari). Di qui l'ultimo e più difficile tratto in cavo sottomarino fino a Capo Garde presso Bona (Algeria), distanza di circa 250 km con profondità fino a 4000 m e bruschi dislivelli sottomarini. Il collegamento Sardegna - Africa non funzionò mai bene e divenne inattivo dopo due anni.

Il collegamento SACOI degli anni '60

Nel XX secolo, a distanza di poco più di cento anni dalla posa del primo cavo telegrafico, un altro collegamento elettrico



Percorso dell'impianto SACOI del 1965

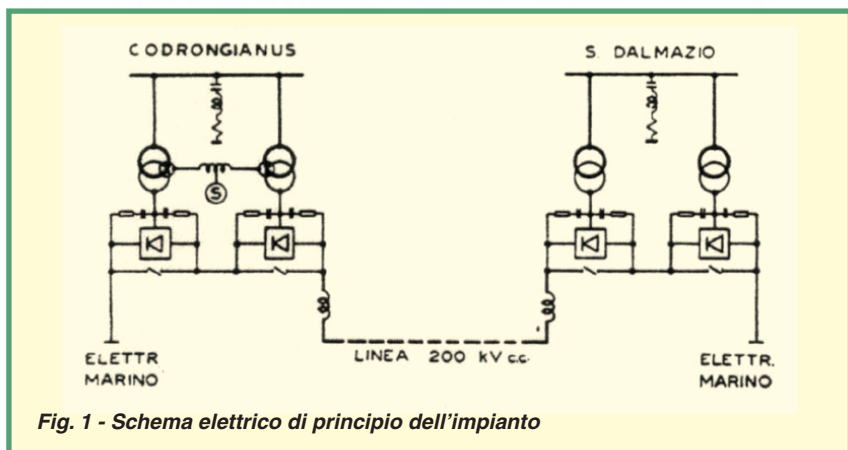


Fig. 1 - Schema elettrico di principio dell'impianto

venne stabilito tra la Sardegna e la penisola italiana, non più per trasmettere informazioni ma - differenza sostanziale - per trasferire energia. È tuttavia singolare la rassomiglianza del percorso di questo collegamento con quello del "canapo" (così il cavo veniva chiamato nell'800) telegrafico, a cui prima si è accennato: si veda la figura di apertura, con il percorso della connessione per la trasmissione di energia.

Anche questa realizzazione, all'epoca, poteva dirsi pionieristica ed è interessante accennare alla sua genesi, oltre che ai suoi aspetti puramente tecnici ed industriali. In regime di produzione privata dell'energia elettrica, l'impianto venne ideato, progettato ed in gran parte realizzato dalla Società Mineraria Carbonifera Sarda, che ne era proprietaria fino al trasferimento di esso all'ENEL, avvenuto nell'ottobre 1964.

All'inizio degli anni '60 venne costruita a Porto Vesme, nella Sardegna sud-ovest, una grossa centrale termica, con due gruppi da 240 MVA cadauno, per utilizzare in loco la disponibilità del carbone delle miniere del Sulcis che, per il suo basso potere calorifico, non consentiva un economico trasporto a distanza.

Si presumeva che vi sarebbero stati notevoli residui di energia producibili, rispetto ai fabbisogni dell'isola, e che tale energia poteva

essere immessa nella rete nazionale continentale, attraverso un impianto di trasmissione che, in caso di emergenza, avrebbe potuto fronteggiare eventuali deficienze della rete sarda, mediante trasmissione di energia proveniente dalla rete continentale stessa.

Questo impianto venne successivamente indicato, nella letteratura tecnica e scientifica come "Impianto SACOI" (Sardegna-Corsica-Italia).

Importanti scelte tecniche di questo impianto furono:

- 1- trasmissione in corrente continua ad alta tensione; questa soluzione venne preferita perché, come poi risultò, notevolmente più economica di quella in corrente alternata, data la notevole lunghezza del percorso sottomarino tra la Corsica e la Toscana;
- 2- percorso, come già accennato, di tipo misto aereo/sottomarino;
- 3- uso dell'elettronica di potenza allora disponibile;
- 4- utilizzazione della connessione a terra (vedi "Che cosa è? -1-") nel circuito di trasmissione di potenza.

L'impianto

La potenza nominale dell'impianto di trasmissione era di 200 MW, la tensione del collegamento in continua 200 kV ed il rendimento

complessivo del 91%. L'inversione del senso della potenza si otteneva mediante l'inversione della polarità della tensione continua.

Il percorso è riportato nella figura di apertura dell'articolo. Dalla centrale termoelettrica di Porto Vesme un collegamento AC trifase, a 220 kV, attraverso le stazioni di trasformazione di Cagliari e Villasor raggiungeva la stazione di conversione (Vedi "Che cosa è? -2-") sarda a Codrongianus; da questa località una linea aerea in corrente continua a 200 kV arrivava a S. Teresa di Gallura, da dove iniziava il primo tratto in cavo sottomarino fino a Cala Fiumara (Corsica) per l'attraversamento delle Bocche di Bonifacio.

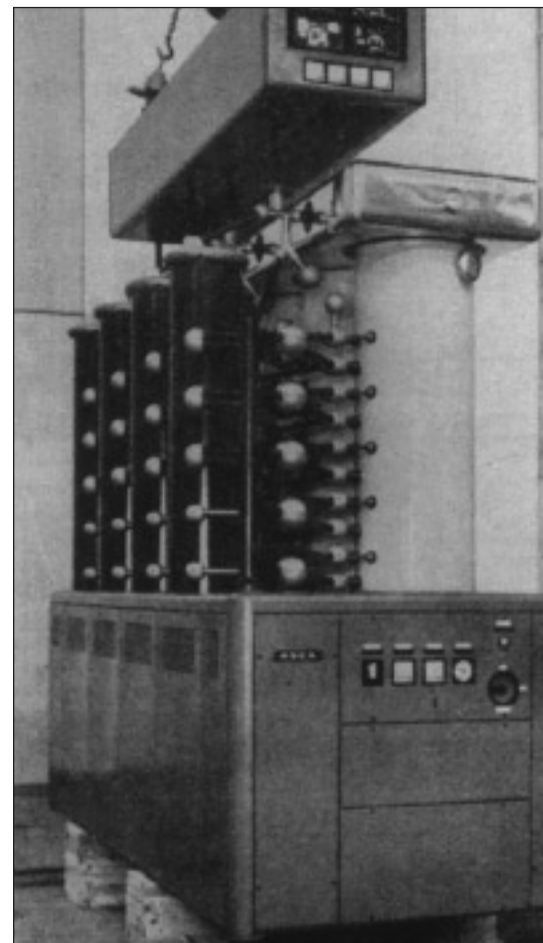


Fig. 2 - Vista esterna di un commutatore a vapori di mercurio

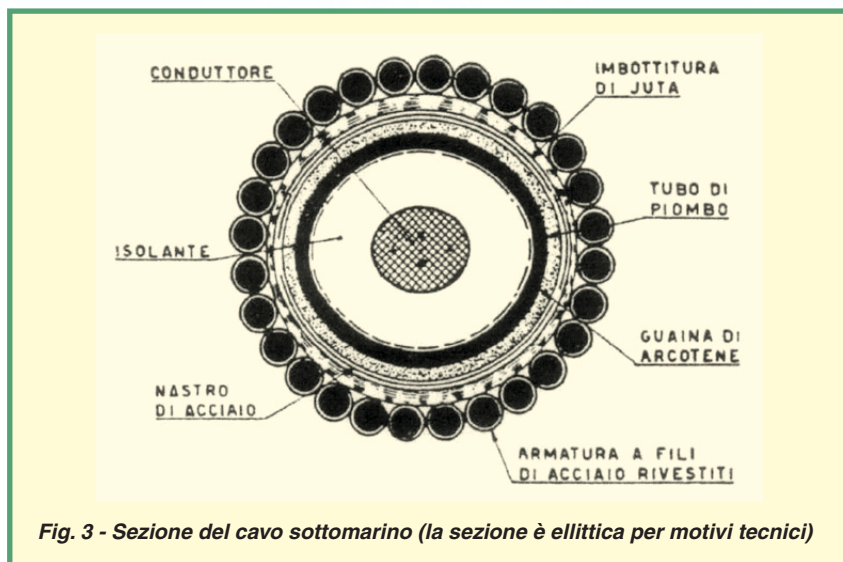


Fig. 3 - Sezione del cavo sottomarino (la sezione è ellittica per motivi tecnici)

L'attraversamento della Corsica era in via aerea, fino a Bastia, dove iniziava il secondo tratto in cavo sottomarino, della lunghezza di 105 km, fino a Salivoli in Toscana; all'epoca questo sottomarino di energia era il più lungo del mondo. La lunghezza complessiva era di 413 km, di cui 292 km in tre tronchi di linea aerea e due tronchi in cavo sottomarino per 121 km. La stazione di conversione sulla penisola era ubicata a San Dalmazio, nella zona di Larderello e di qui si raccordava alla rete in corrente alternata 220 kV dell'Italia centrale.

La linea comprende due conduttori aerei e due cavi unipolari in parallelo tra loro; il ritorno delle correnti avviene attraverso il mare: l'impianto è completato perciò da due ulteriori linee, anche queste a due conduttori in parallelo fra loro, debolmente isolate rispetto alla terra che, dalle stazioni di conversione, vanno agli elettrodi marini, una da Codrongianus all'elettrodo positivo di Punta Tramontana nel golfo dell'Asinara della lunghezza di 26 km, l'altra da San Dalmazio all'elettrodo negativo della Torraccia, nel mare Tirreno.

Nella Fig. 1 è riportato lo schema elettrico dell'impianto nei suoi elementi fondamentali.

Ogni stazione di conversione è costituita da due convertitori in serie tra loro, con collegamento a ponte di Grätz, che utilizzano commutatori (o mutatori) a vapori di mercurio (vedi *Il Cinescopio di marzo 2002*); ciascuno di essi è connesso ad un proprio trasformatore derivato dalle sbarre a 220V AC. Lo schema riporta anche altri elementi fondamentali dell'impianto, come le ordinarie apparecchiature di manovra, protezione ed i circuiti filtranti o destinati alla produzione della potenza reattiva; nella stazione

di Codrongianus è installata anche una macchina elettrica rotante, contraddistinta con la lettera S, con funzione di compensatore sincrono.

Da questo schema appare chiaramente che il circuito si chiude attraverso la connessione di terra (che sarebbe più appropriato, in questo caso, chiamare connessione di mare!) attraverso i due punti denominati sullo schema "elettr. marino" (elettrodo marino che costituisce il dispersore a terra, vedi *"Che cosa è? -1-*).

La linea tratteggiata rappresenta il tratto a corrente continua ed è quindi da intendersi, come detto sopra con percorso sia aereo sia in cavo sottomarino.

Nelle due stazioni di conversione i diversi apparati (trasformatori, interruttori, sezionatori, sistemi di sbarre, filtri, convertitori elettronici di potenza, elettronica di comando e controllo, ecc.) sono collocati sia in locali chiusi sia all'aperto. Il cuore della stazione è il cosiddetto "fabbricato o sala valvole", nella quale trovano posto i mutatori a vapori di mercurio, spesso chiamati semplicemente "valvole". Si tratta complessivamente di 14 elementi suddivisi in due gruppi di 7, ciascuno dei quali costituisce un ponte di conversione con sei elementi in connessione di Grätz, ed il settimo



Fig. 4 - Sala valvole dell'impianto SACOI 2

CHE COSA È?

- 1 -

Terra - Secondo la definizione delle attuali norme, è il terreno come conduttore il cui potenziale elettrico in ogni punto è convenzionalmente considerato uguale a zero. Si definisce Dispersore un corpo conduttore o un gruppo di corpi conduttori in contatto elettrico con il terreno e che realizza un collegamento elettrico con la terra.

La possibilità di chiudere un circuito elettrico mediante collegamenti a terra risalgono agli studi ed esperimenti dei primi anni del 1800; Erman, Basse, Aldini riconobbero come la propagazione della corrente avvenisse perfettamente trasverso la terra. Nel 1838 Steinheil, fisico di Monaco, inventore di un sistema di telegrafia elettrica, applicò praticamente questo principio alla telegrafia, permettendo così di utilizzare un solo conduttore negli impianti telegrafici, realizzando un notevolissimo risparmio.

- 2 -

Stazione di conversione - Negli impianti di trasmissione di energia, con reti in corrente alternata connesse per mezzo di una sezione in corrente continua, viene così denominato l'impianto in cui opportuni convertitori statici, utilizzando elementi elettronici di potenza, provvedono alla conversione da AC in DC e viceversa. Quindi il convertitore deve essere adatto a funzionare sia da raddrizzatore, sia da invertitore, convertendo la corrente continua in corrente alternata a opportuna frequenza industriale. In questa stazione sono pure installati tutti gli organi ausiliari (trasformatori, interruttori, protezioni, ecc.).

- 3 -

Arco di ritorno - Fenomeno indesiderato e pericoloso, che si manifesta talvolta nelle valvole a vapori di mercurio; consiste essenzialmente nell'emissione di elettroni da parte dell'anodo, che viene così a funzionare da catodo; la valvola perde così la sua caratteristica di conduzione unidirezionale della corrente. Il fenomeno è molto complesso e mette temporaneamente fuori servizio il convertitore.

collegato in by-pass". I due ponti sono collegati in serie: ognuno fornisce una tensione di 100 kV ed una corrente di 1000 A. La **Fig. 2** è la vista esterna di un commutatore a vapori di mercurio installato nell'impianto. La esecuzione di questo componente ed i suoi collegamenti sono realizzati tenendo conto della tensione molto alta a cui essi debbono funzionare; questi impianti sono denominati HVDC (High Voltage Direct Current). Adatti sistemi furono realizzati per smaltire l'energia termica - quantitativamente notevole, anche se i rendimenti sono alti - sviluppata durante il funzionamento.

Il cavo sottomarino

Molto spesso fu possibile ottenere importanti realizzazioni nel campo industriale perché, nello stesso periodo, si erano avute significative innovazioni in campi tecnici differenti, ma entrambi applicabili nel caso specifico. Così avvenne per il SACOI; nel periodo tra la fine degli anni '50 ed il decennio successivo vi fu un perfezionamento decisivo nei mutatori a vapori di mercurio per alte tensioni e, in generale in tutta l'elettronica industriale; nello stesso tempo nuovi materiali isolanti e tecnologie innovative permisero

di realizzare cavi sottomarini di potenza con altissime tensioni di esercizio e notevole affidabilità.

Nella **Fig. 3** è riportata la sezione del cavo sottomarino usato nel SACOI. I cavi, ad isolamento solido (carta preimpregnata), sono calcolati per una tensione nominale di 200 kV ed una corrente nominale di 750 A; i due cavi in parallelo, alla potenza nominale di 200 MVA, portano 500 A ciascuno. La sezione del conduttore è di 420 mm². I cavi furono posati dalla nave posacavi francese "Marcel Bayard" nell'estate del 1965.

Il SACOI divenne operativo alla fine del novembre 1967 ed iniziò il regolare esercizio. Nel primo biennio gli inconvenienti furono numerosi e dovuti a molteplici cause. Una delle principali, che causò la messa fuori servizio per lungo tempo dei due trasformatori di San Dalmazio, fu dovuta agli archi di ritorno (Vedi "Che cosa è? -3-) nelle valvole a vapori di mercurio.

Altra causa importante di fuori servizio totale per lunghi periodi furono gli attentati in Corsica: nel 1968 e 1969 furono fatti saltare col plastico alcuni tralicci della linea aerea e nel 1969 venne quasi totalmente distrutta, sempre col plastico, la stazione di sezionamento di Bastia.

Il SACOI 2 degli anni '90

I vantaggi della connessione SACOI furono evidenti col tempo e nella seconda metà degli anni '80 è stata effettuata una radicale revisione dell'impianto. Definitivamente installata e collaudata nel 1992, questa nuova realizzazione è stata denominata SACOI 2. Le principali varianti al vecchio impianto sono le seguenti:

- a) sostituzione dei convertitori a vapori di mercurio con nuovi convertitori a tiristori (vedi "Che cosa è? -3- nel numero di maggio de Il Cinescopio);
- b) costruzione di una stazione intermedia, in collaborazione con EDF (Électricité de France), a Lucciana (Corsica) con potenza di 50 MW;
- c) potenziamento delle stazioni di conversione a 300 MW.

Il nuovo impianto è entrato in funzione nel luglio 1992, dando immediatamente prova di elevato grado di affidabilità e di piena rispondenza alle caratteristiche di progetto. La **Fig. 4** è la fotografia della nuova "sala valvole" a tiristori.

È importante notare che il cavo sottomarino utilizzato nel SACOI 2 è sempre quello del SACOI 1; esso pertanto, fino al 1992, aveva funzionato già per 27 anni. □