

## INTRODUZIONE

Lo scopo di questo capitolo è introdurre il lettore nei concetti che stanno alla base del mondo della distribuzione di energia in alta e media tensione. In questo capitolo si entrerà nel mondo dell'elettrificazione.

### 7.1 TRASMISSIONE ENERGIA IN ALTA TENSIONE

L'energia elettrica, una volta prodotta, deve essere distribuita spesso su lunghe distanze verso le zone di utilizzo della medesima. L'energia prodotta nelle centrali elettriche ha la particolarità di avere un valore di tensione molto alto. Ma per quale motivo? Non si potrebbe distribuire l'energia elettrica con il normale voltaggio risparmiando anche l'utilizzo di un trasformatore (abbattimento dei costi)? A queste domande verrà data una risposta nel presente capitolo.

Per **trasmissione dell'energia elettrica** si intende il passaggio intermedio che si ha tra la produzione dell'energia elettrica e la distribuzione ai vari utilizzatori (case, fabbriche,..). La trasmissione dell'energia elettrica avviene sulle linee di altissima ed alta tensione sfruttando, per l'appunto, le linee di trasmissione su lunga distanza. In Italia l'unico operatore del sistema di trasmissione è **Terna spa**.

Terna spa è un **TSO (Trasmissione System Operator)**. Le linee di distribuzione invece sono le linee di media e bassa tensione. Giusto per fornire due numeri, la rete di distribuzione è suddivisa invece tra 135 **DSO (Distributor System Operators)**. La più grande di esse è **E-distribuzione** (ex- Enel Distribuzione), che copre una quota maggioritaria della domanda di elettricità italiana. Gli operatori locali più importanti, al momento della stesura di questo libro, sono A2A, ACEA, IREN, DEVAL e HERA.

Per **DSO (Distributor System Operators)** si intende invece quell'insieme di soggetti responsabili **della distribuzione e della gestione dell'energia dalle fonti di generazione ai consumatori finali**. Per poter attuare il modello DSO

la digitalizzazione assume un valore cruciale. Sono necessari contatori intelligenti, analisi di grosse quantità di dati (big data analysis), eccetera.

Il **dispacciamento energia** è l'attività di gestione e di bilanciamento dei flussi di energia elettrica attraverso la rete di trasmissione e serve a garantire un corretto equilibrio tra domanda ed offerta. Una funzione fondamentale, dato che l'energia elettrica non può essere immagazzinata e di conseguenza va prodotta e consumata continuamente.

In Italia è l'azienda Terna spa che si occupa del dispacciamento. Il **Mercato per il Servizio di Dispacciamento (MSD)** è lo strumento attraverso il quale Terna S.p.A. si approvvigiona delle risorse necessarie alla gestione e al controllo del sistema (ad esempio la risoluzione+ delle congestioni e il bilanciamento della Rete).

Tornando alla trasmissione dell'energia elettrica, una volta prodotta l'energia elettrica nelle centrali, deve essere trasmessa verso l'utilizzatore finale che la userà per i propri scopi (industriali o domestici).

Esistono due tipologie di linee che si occupano di svolgere il ruolo appena accennato:

- **Linee di trasmissione**
- **Linee di distribuzione**

Il primo tipo di linee sono utilizzate per coprire grandi distanze e permette di trasportare energia elettrica ad altissimo voltaggio (dai 130 kV ai 380 kV). I pali di queste linee sono ovviamente più alti ed i cavi conduttori sono più spessi. Inoltre, in tali linee l'energia può viaggiare in entrambe le direzioni. La figura seguente mostra un esempio di traliccio dell'alta tensione.



Figura 7.1: Traliccio dell'alta tensione

Il secondo tipo di linee invece trasportano energia elettrica con tensioni ridotte dalle sottostazioni di trasformazione verso gli utilizzatori finali. Le linee di distribuzione lavorano con tensioni che vanno dai 380V ai 10-20kV. Sono linee unidirezionali. Mentre le linee di trasmissione sono linee attive e quindi soggette a cyber-attacchi, le linee di distribuzione sono linee passive. Come si può notare, dalla figura 7.1, il traliccio dell'alta tensione è composto dal palo vero e proprio, da degli isolatori e dai conduttori in cui passa l'energia elettrica.

Per poter isolare il cavo che trasporta l'energia elettrica con la struttura portante del traliccio si sfruttano degli elementi fondamentali chiamati **isolatori**. Un isolatore, quindi, è un componente composto da materiale isolante il cui scopo è quello di ostacolare il passaggio di corrente elettrica. Gli isolatori vecchi erano in ceramica, quelli più moderni in vetro ricotto.

La figura 7.2 mostra un esempio di isolatore in ceramica mentre la figura 7.3 mostra isolatori in vetro ricotto.



Figura 7.2 Isolatori in ceramica



Figura 7.3: Isolatori in vetro ricotto

La figura seguente mostra uno schema di massima della fase legata alla generazione di energia elettrica ed all'aumento del voltaggio, tramite trasformatore.

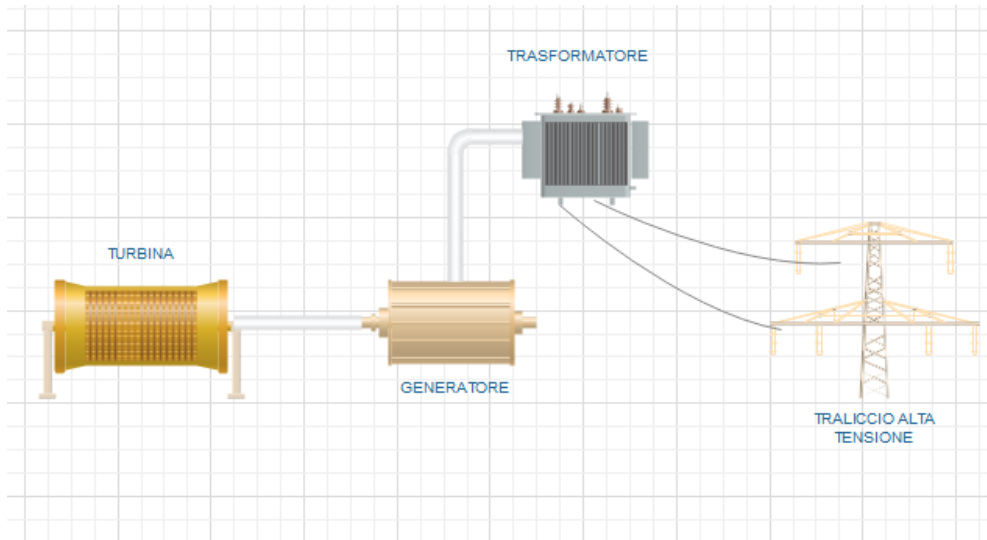


Figura 7.4: Generazione energia elettrica

In elettrotecnica le grandezze elettriche fondamentali sono:

- **Corrente elettrica**, la cui unità di misura è l'Ampere (A)
- **Tensione elettrica**, la cui unità di misura è il Volt (V)
- **Potenza elettrica** la cui unità di misura è il Watt (W)

I regimi di funzionamento sono due:

- **Regime stazionario** (in continua) dove tutte le grandezze elettriche (corrente, tensione, potenza) sono costanti nel tempo come viene mostrato nella figura 7.5
- **Regime sinusoidale** (in alternata) dove tutte le grandezze elettriche sono sinusoidi, ossia hanno un andamento simile a quello mostrato in figura 7.6.

Senza entrare troppo nei tecnicismi (pertanto sarà volutamente superficiale a discapito della precisione), l'energia elettrica che entra nelle case (220 Volt monofase) è in alternata come è alternata l'energia elettrica che entra negli stabilimenti industriali (380 Volt trifase). L'energia elettrica di una comune batteria da 9V invece è in continua.

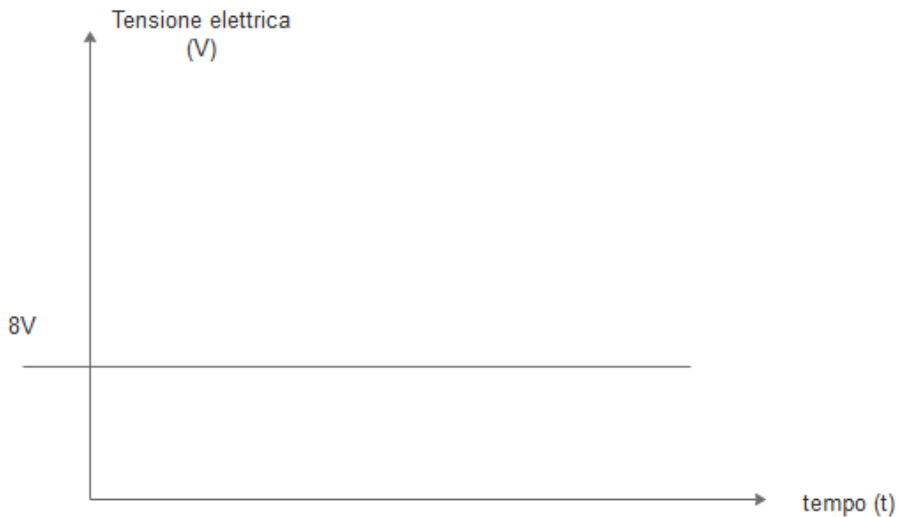


Figura 7.5: Tensione in continua di 8V

L'energia elettrica prodotta nelle centrali è in alternata e l'ampiezza del segnale (il voltaggio) deve essere aumentato per poter trasportare l'energia prodotta su lunghe distanze. Perché? La potenza elettrica è data dal prodotto dall'intensità di corrente per la tensione elettrica. In formule si ha:

$$P=V*I$$

Dove:

P= potenza elettrica

V= tensione elettrica

I= Intensità di corrente elettrica

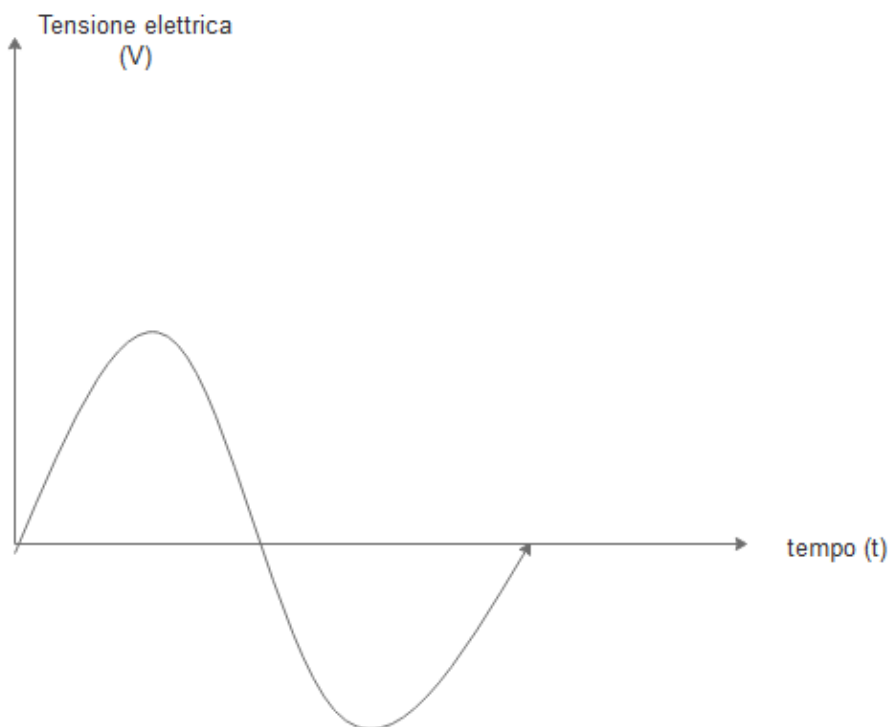


Figura 7.6: Tensione elettrica in alternata

La formula appena citata è imprecisa perché tale formula vale nel regime stazionario, ma in regime sinusoidale manca un pezzo. Non entriamo però nei dettagli e teniamo buona la formula. Per poter trasportare lungo i cavi elettrici una potenza la più alta possibile, o si agisce sull'intensità di corrente o si agisce sulla tensione elettrica. Se si aumentasse l'intensità di corrente sarebbe necessario un cavo con una sezione molto grande, cosa chiaramente non praticabile. Allora si è costretti ad agire sulla tensione elettrica. Aumentando la tensione elettrica è possibile trasportare l'energia sfruttando i tralicci detti per l'appunto tralicci dell'alta tensione. La distribuzione dell'energia elettrica avviene, chiaramente, a valle della produzione di energia elettrica effettuata, per l'appunto, in una centrale elettrica.

Pertanto, un trasformatore è una macchina elettrica alimentata a corrente alternata la quale permette di aumentare o diminuire la tensione presentata in ingresso al trasformatore. Il trasformatore è suddiviso in due circuiti detti rispettivamente:

- **Circuito primario**
- **Circuito secondario**

Il trasformatore viene mostrato, a livello elettrico, nella figura seguente.

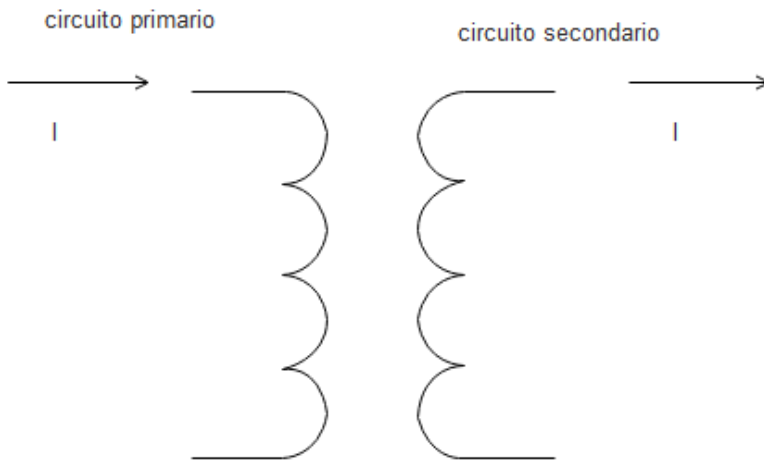


Figura 7.7: Schema di un trasformatore

La tensione di uscita sul circuito secondario ha un valore maggiore o minore della tensione di ingresso presente sul circuito primario in funzione di un rapporto chiamato **rapporto di trasformazione**.

$$V_{secondario} = \frac{N_2}{N_1} V_{primario}$$

$N_2/N_1$  è il rapporto di trasformazione.  $N_2$  rappresenta il numero di avvolgimenti sul circuito secondario mentre  $N_1$  è il numero di avvolgimenti sul circuito primario.



Per quanto riguarda la distribuzione dell'energia elettrica, essa avviene lungo dei tralicci dell'alta tensione composti da:

- **Una struttura di sostegno**
- **Degli isolatori**
- **Il cavo che trasporta l'energia elettrica**

La figura seguente mostra un esempio di trasformatore.



Figura 7.8: Trasformatore elettrico

## **7.2 DALLA RETE DI TRASMISSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE**

In questo paragrafo si accenna al concetto di cabina di trasformazioni primaria e cabina di trasformazione secondaria. Il passaggio dalla rete di trasmissione alla rete di distribuzione avviene proprio grazie a queste cabine. La figura seguente mostra un esempio di cabine di trasformazione.



Figura 7.9: Cabina di trasformazione

Le cabine di trasformazione possono essere di due tipi:

- Cabine di trasformazione primaria
- Cabine di trasformazione secondaria

Nel primo tipo di cabine si ha la trasformazione dell'energia elettrica da alta tensione e media tensione, mentre nel secondo tipo di cabine si ha la trasformazione da media a bassa tensione. Una cabina di trasformazione primaria è composta da tutta una serie di componenti elettro-meccanici atti a fare in modo che la cabina stessa svolga la mansione per cui è stata pensata e progettata. Pertanto, i componenti presenti nella cabina sono: interruttori, trasformatori, sezionatori, scaricatori, eccetera. L'energia elettrica in alta tensione entra nella cabina e giunge nei trasformatori detti **TV (Trasformatori di misura voltmetrici)**. Tali trasformatori hanno, ovviamente, il compito di ridurre la tensione per consentirne la misurazione evitando eventuali rischi per i tecnici coinvolti nella misurazione.

Nel secondo tipo di cabine si ha la trasformazione della tensione da media a bassa, come già accennato in precedenza. In questo tipo di cabine sono presenti solitamente tre locali:

- Un locale adibito all'installazione delle apparecchiature di sezionamento e di misurazione della tensione di ingresso (in media tensione).
- Un terzo locale destinato al trasformatore da MT a BT e delle apparecchiature varie di bassa tensione.

Da notare che gli acronimi **MT** e **BT** stanno rispettivamente per media tensione e bassa tensione.