3. Il trasformatore

IL MOTIVO fondamentale che ha indotto a scegliere di produrre tensione alternata invece che tensione continua è che le tensioni alternate possono essere trasformate. Avrete certamente sentito dire che le tensioni delle linee di trasmissione hanno valori molto elevati, fino a 380 kV, anche se tali valori non corrispondono a quelli prodotti dalla centrale e, ancor meno, a quelli che utilizziamo nelle nostre case.

Vediamo per prima cosa qual è il vantaggio della trasmissione ad alte tensioni. L'effetto Joule, come già sappiamo, è legato al quadrato della corrente che percorre un conduttore, che in questo caso è la linea di trasmissione dalla centrale all'utenza. La potenza dissipata P_j vale:

$$P_j = i^2 \cdot R \qquad (1)$$

dove i è la corrente e R è la resistenza della linea.

Per ridurre la potenza dissipata occorre quindi ridurre la corrente e la resistenza. Per ridurre la resistenza si può giocare, come abbiamo visto nel quattordicesimo capitolo, sulle caratteristiche dei fili. Al di là di un certo limite ciò però non è più conveniente e neppure possibile. Ad esempio aumentare la sezione diminuisce la resistenza ma rende il filo pesante oltre che costoso, usare materiali superconduttori, d'altra parte, richiederebbe mantenerli sempre a temperature bassissime, con costi elevatissimi. Per limitare la potenza dissipata conviene quindi avere nelle linee di trasmissione una piccola corrente, dal momento che la corrente compare al quadrato nella legge (1) e quindi, se raddoppia, quadruplica la potenza dissipata. Si ricorre allora a una trasformazione che abbassa la corrente di linea e alza contemporaneamente la tensione. Questa trasformazione può sembrare misteriosa finché non si esamina il funzionamento del trasformatore.

Un trasformatore è costituito da un nucleo di materiale ferromagnetico su cui sono avvolti un avvolgimento primario e uno secondario, che non sono in contatto elettrico tra loro. Se al primario viene applicata una tensione alternata ed è percorso da corrente alternata, il secondario resta immerso nel campo magnetico variabile prodotto dalla corrente del primario e quindi subisce una induzione. In realtà l'induzione tra i due circuiti è una mutua induzione, perché i fenomeni che avvengono nel primario e nel secondario sono collegati tra loro. Il nucleo serve proprio a rafforzare l'accoppiamento dei due circuiti. Infatti se il secondario viene chiuso su un utilizzatore ed è percorso da corrente, questa corrente dà luogo a una induzione sul primario. Lo studio analitico è piuttosto complesso, si può però dimostrare teoricamente e verificare facilmente in laboratorio che c'è una semplice relazione tra le tensioni nei due avvolgimenti e il numero delle spire: il rapporto tra le tensioni è uguale al rapporto tra il numero delle spire. Se chiamiamo V_1 la tensione ai capi del primario e V_2 la tensione al secondario, N_1 il numero di spire del primario e N_2 il numero di spire al secondario abbiamo che:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (2)$$

Questo rapporto prende il nome di "rapporto di trasformazione". Calcolando opportunamente il numero di spire è possibile trasformare alta tensione alternata in bassa tensione alternata o viceversa. Ma che cosa capita alle correnti? Facciamo un ragionamento basato su considerazioni energetiche. Se le perdite sono trascurabili la potenza assorbita dal primario è praticamente uguale a quella erogata al secondario: l'energia viene trasmessa dal primario al secondario tramite l'accoppiamento dei due circuiti che avviene mediante il campo magnetico. Scriviamo in formula la relazione tra le potenze del primario (P_1) e quella del secondario (P_2):

$$P_1 = P_2$$

Chiamando V_1 e i_1 rispettivamente tensione e corrente al primario e V_2 e i_2 tensione e corrente al secondario, si può scrivere:

$$V_1 \cdot i_1 = V_2 \cdot i_2$$

oppure:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

Ma dal momento che il rapporto tra le tensioni è uguale al rapporto tra il numero delle spire, come nella (2), questo equivale a scrivere:

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (3)$$

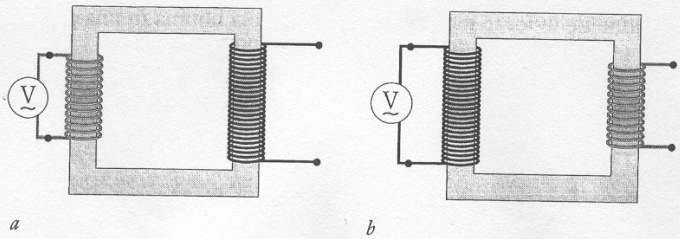


Fig. 7. Il trasformatore a *è un innalzatore, perché il numero di spire del secondario è maggiore di quelle del primario; il trasformatore* b *è un abbassatore perché il numero di spire del secondario è minore del numero di spire del primario.*

Il trasformatore, in definitiva può trasformare corrente alternata a bassa tensione ed elevata intensità di corrente in un'altra ad alta tensione e bassa intensità di corrente. È evidente che la corrente continua non può essere trasformata, dal momento che non dà luogo a induzione.

All'uscita da una centrale di produzione ci sono trasformatori innalzatori che permettono di avere alta tensione e bassa corrente sulle linee di trasmissione mentre in prossimità delle città ci sono trasformatori abbassatori che provvedono all'operazione opposta. In questo modo le perdite per effetto Joule sulla linea di trasporto possono essere limitate: all'utilizzatore arriverà la potenza iniziale diminuita di quella trasformata per effetto Joule.

Altre perdite, anche se di ben diverso ordine di grandezza, avvengono nei due trasformatori: infatti, oltre alle perdite di energia per effetto Joule nei fili degli avvolgimenti, ci sono perdite che avvengono nel nucleo di materiale ferromagnetico. Un indizio viene fornito dal fatto che il nucleo si scalda. Nel nucleo circolano delle correnti parassite, dette correnti di Focault, dovute al fatto che il materiale metallico è immerso in un campo magnetico variabile che genera correnti indotte al suo interno. Per limitare questo effetto il nucleo viene fatto di tante lamine separate con vernice isolante.

RIASSUMENDO:

1. Per trasportare in modo efficiente l'energia elettrica dalle centrali all'utilizzatore bisogna limitare le perdite per effetto Joule, trasportando l'energia ad alta tensione e bassa corrente.

2. Un trasformatore è in grado di trasformare una bassa tensione alternata con alta corrente in alta tensione alternata e bassa corrente e viceversa.

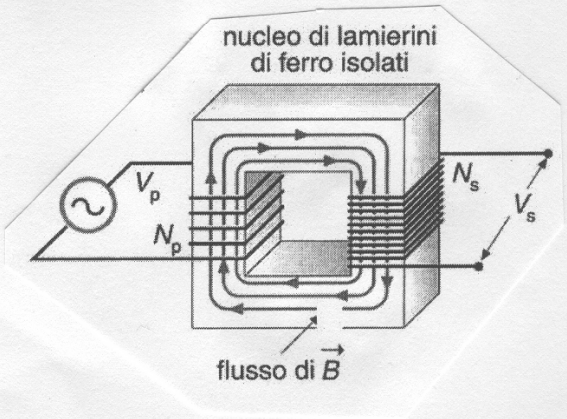
3. Il rapporto tra le tensioni al primario e al secondario di un trasformatore è uguale al rapporto tra il numero di spire del primario e del secondario.

Nel corso del testo possono essere utilizzati anche i seguenti simboli:

Al posto di

$V_1 \rightarrow V_P$ $\quad N_1 \rightarrow N_P$

$V_2 \rightarrow V_S$ $\quad N_2 \rightarrow N_S$

$I_1 \rightarrow I_P$ $\quad P_1 \rightarrow P_P$

$I_2 \rightarrow I_S$ $\quad P_2 \rightarrow P_S$