

Gli alimentatori stabilizzati: cenni alle problematiche relative alla trasmissione di energia elettrica



Abbiamo già accennato nella dispensa sugli alimentatori stabilizzati che la necessità del loro utilizzo deriva dal bisogno di alimentare dispositivi elettronici che necessitano di un'alimentazione costituita da una tensione continua di pochi volt mentre si ha a disposizione una tensione fornita dalla società di distribuzione elettrica sotto forma di tensione alternata di elevato valore massimo.

Vogliamo spiegare qui perché l'energia elettrica viene distribuita in questa forma.

La convenienza del trasporto dell'energia elettrica aumenta con l'aumentare della tensione. La perdita di energia in un elettrodotto è dovuta principalmente all'effetto Joule, per il quale la corrente elettrica che scorre nei cavi produce calore secondo la formula $P=RI^2$.

Sono in corso studi per impiegare cavi superconduttori per la trasmissione di energia elettrica. L'annullamento della resistenza elettrica annullerebbe le perdite per effetto Joule e permetterebbe di trasmettere più energia in cavi di minore sezione. Il problema principale è la difficoltà e il costo energetico elevato dovuto alla

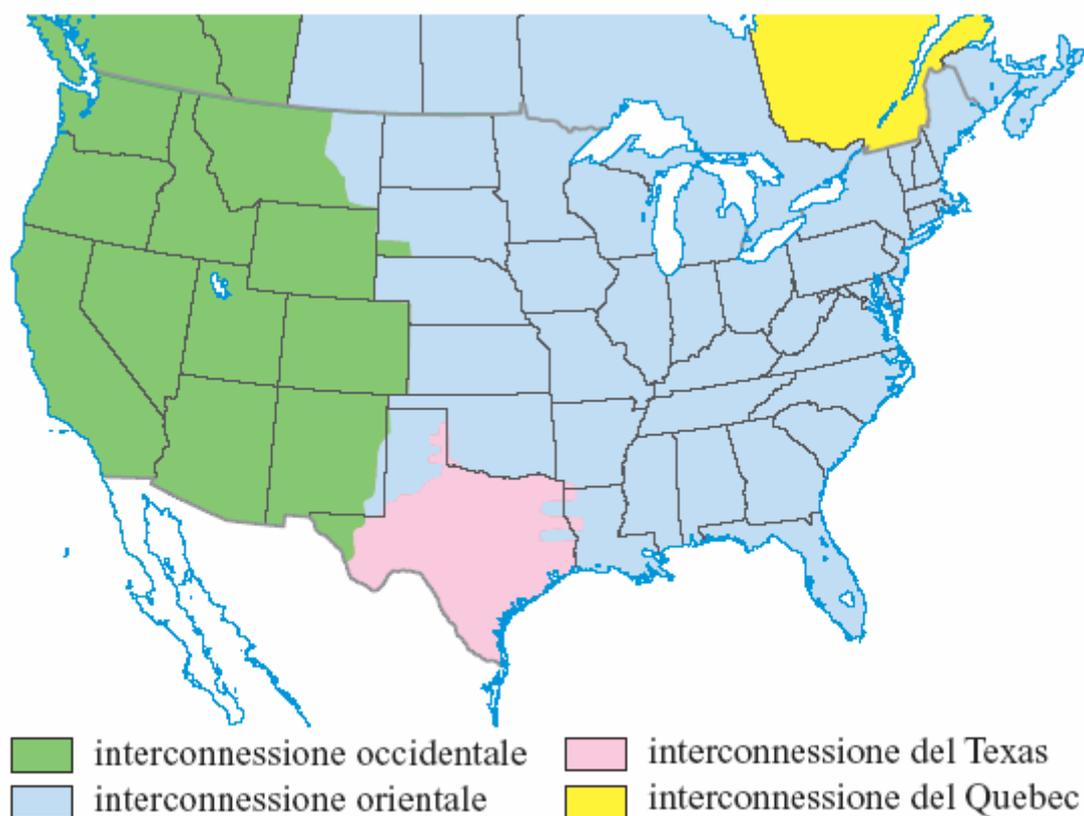
necessità di refrigerare i cavi a bassissima temperatura, cosa che rende il progetto non conveniente a livello di costi energetici totali rispetto ai metodi tradizionali e pertanto non ancora attuato.

Quindi si può fare poco con le tecnologie attuali per ridurre le perdite agendo sulla resistenza R dei cavi. Poiché, però, la potenza trasferita dalla linea è uguale al prodotto di tensione per corrente, si intuisce che, a parità di potenza, è sufficiente aumentare la tensione per ridurre la corrente e quindi le perdite.

E' per questo motivo che la rete di distribuzione dell'energia elettrica si basa su dorsali in cui l'energia viene trasportata utilizzando tensioni elevatissimi

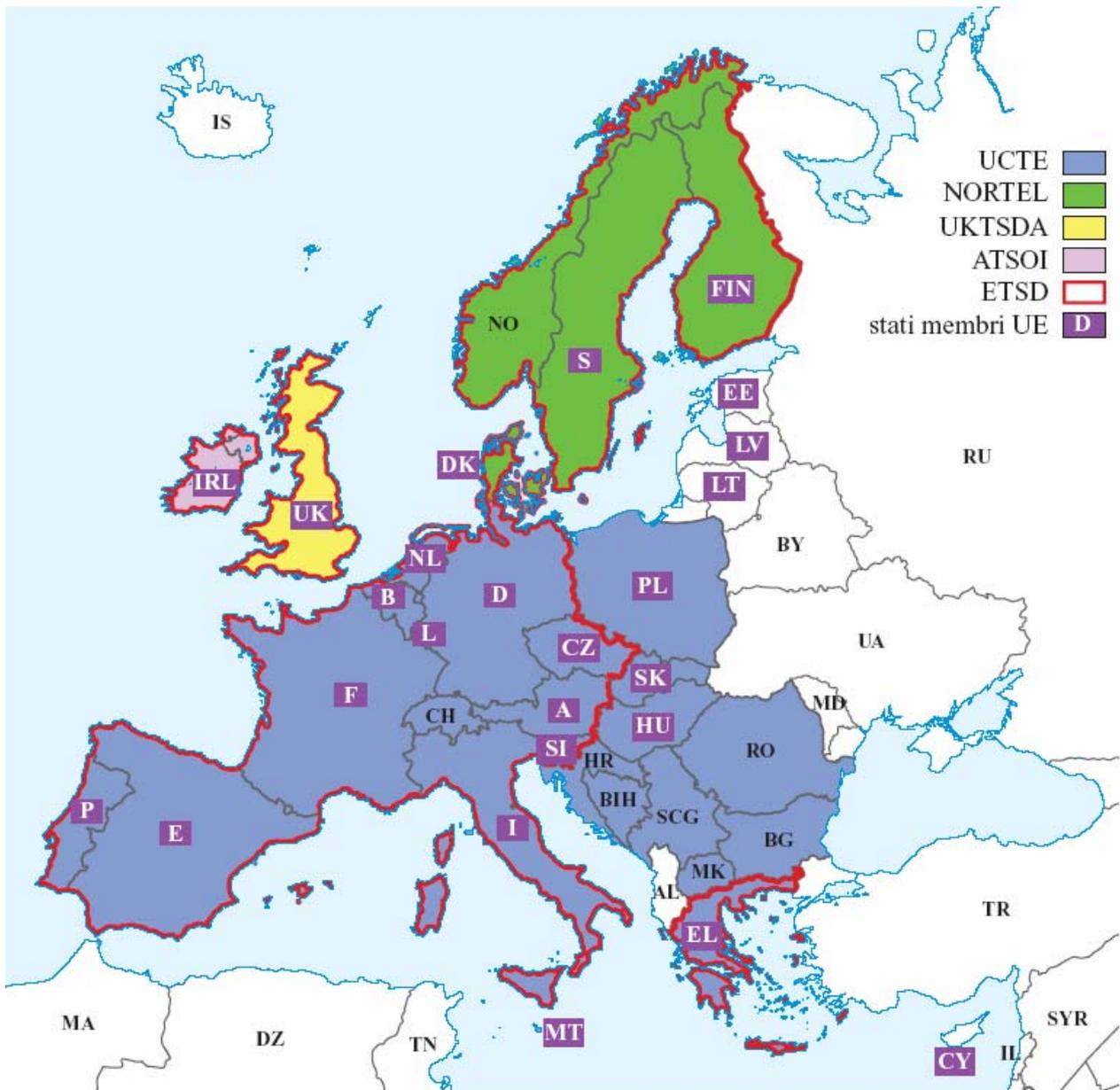
tab. 3. Consistenza in miglia della rete di trasmissione statunitense (DOE, 2002)

TENSIONE	1990	1999	2004 (STIMA)
230 kV	70.511	76.762	79.177
345 kV	47.948	49.250	51.682
500 kV	23.958	26.038	26.620
765 kV	2.428	2.453	2.585
TOTALE	144.845	154.503	160.064



Il sistema di trasmissione dell'UCTE è composto da linee con tensioni comprese fra 110 e 400 kV e da sottostazioni che le connettono alle reti di distribuzione. Circa 100.000 km hanno tensioni di 380/400 kV, altri 110.000 km sono invece a 220-300 kV, a cui si aggiungono 4.500 km di cavi interrati. La tendenza è verso la sostituzione delle tratte a 220-300 kV a favore di linee con tensioni superiori.

Il primato mondiale di maggior tensione in corrente alternata: 1150 kV sulla linea Ekibastuz-Kokshetau in Kazakistan.



L'uso di tensioni elevate presenta dei limiti, dovuti principalmente al problema dell'isolamento. L'aria infatti ha una rigidità dielettrica di circa 10 000 volt per ogni centimetro, oltre la quale si innesca una scarica elettrica che oltre a disperdere energia danneggia conduttori ed isolanti. Nelle linee a centinaia di kilovolt la lunghezza degli elementi isolanti che sostengono i cavi e tutte le distanze cavo-cavo e cavo-traliccio sono nell'ordine dei metri.



fig. 2. Conduttore di linea ad altissima tensione (Archivio iconografico IEI).

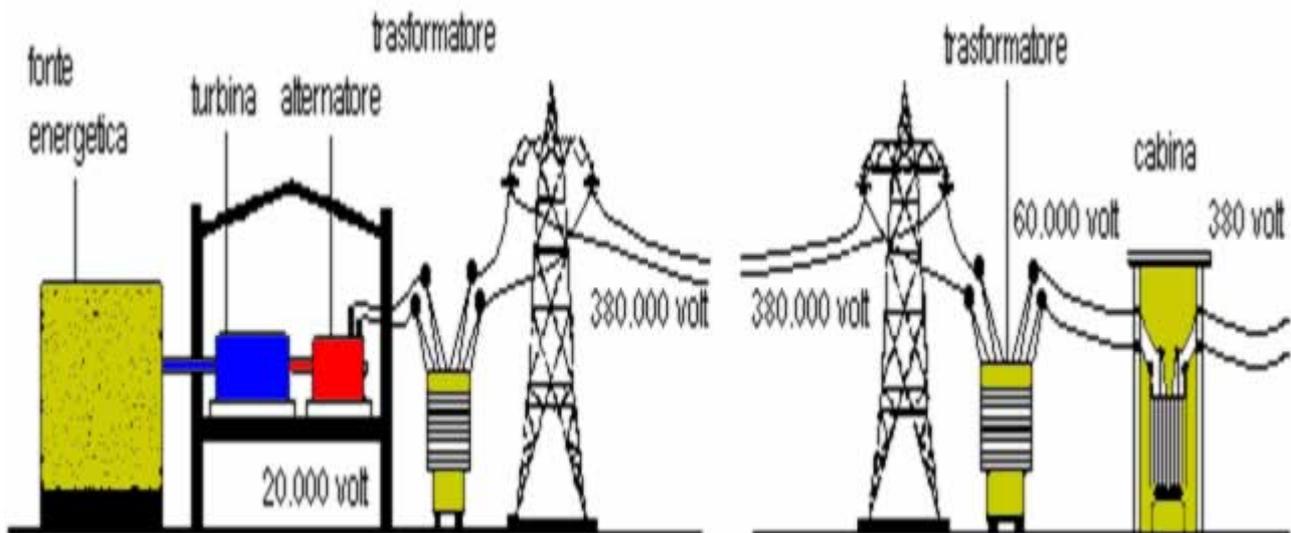
Quando la tensione supera il milione di volt subentrano altri fenomeni negativi, come la formazione di scariche conduttore-aria e l'effetto corona, per cui i fili emettono una caratteristica luminescenza e disperdono energia. Tensioni elevate rendono problematica anche la realizzazione di trasformatori e interruttori.



Si pone dunque il problema di elevare la tensione dell'energia prodotta dalle centrali di produzione mediante l'utilizzo, ad esempio, di turbine idrauliche negli impianti idroelettrici, fino alle tensioni di esercizio delle grandi dorsali di trasporto.



Il processo inverso deve avvenire invece nella rete di distribuzione che deve portare l'energia elettrica nelle nostre case.



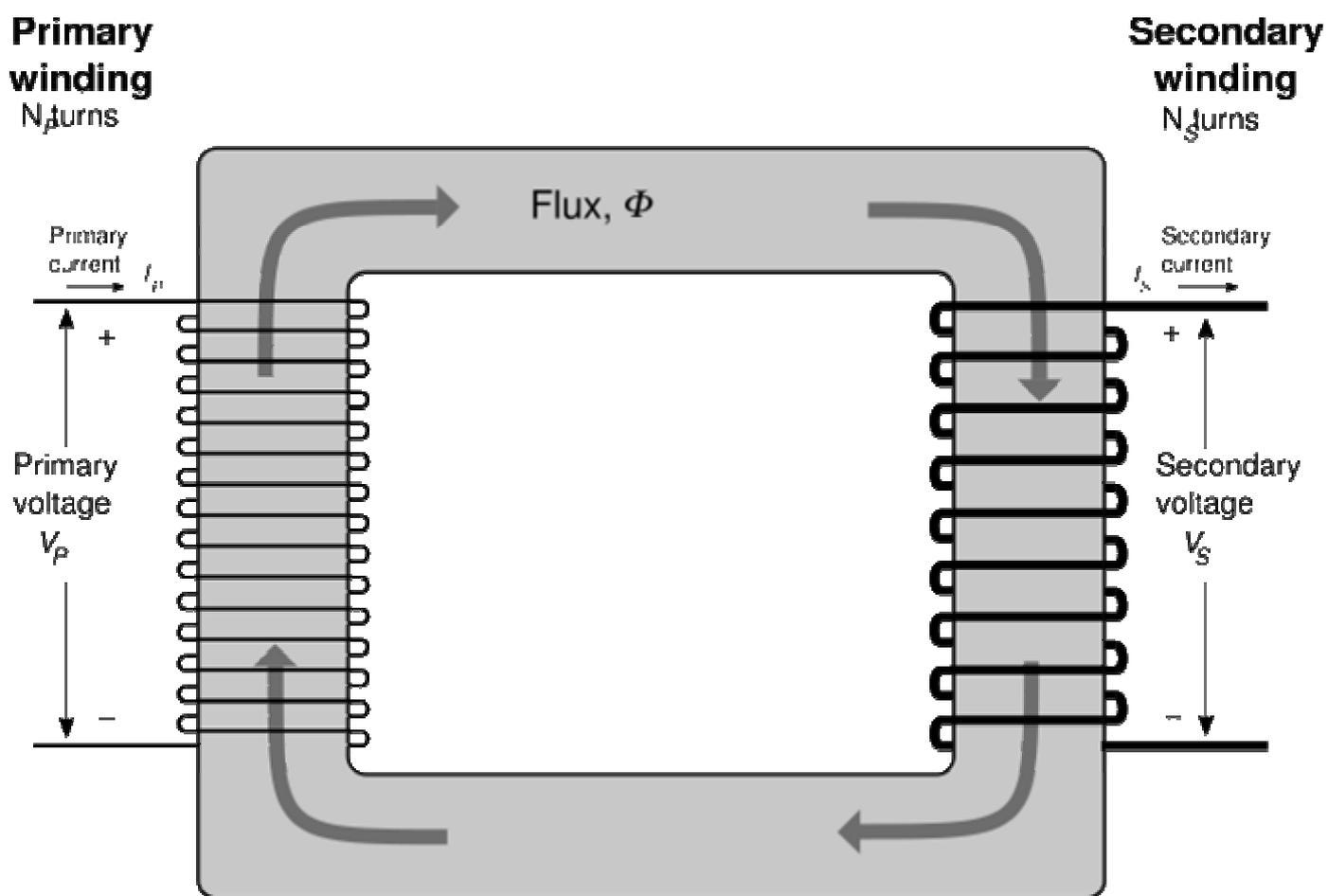
La distribuzione elettrica è l'ultima fase nel processo di consegna dell'elettricità all'utente finale dopo la produzione e la trasmissione.

Generalmente comprende linee elettriche ad alta tensione (tra i 60 e 150 kV, più raramente a 220 kV), linee a media tensione (tra i 5 e i 25 kV) e linee a bassa tensione (inferiore a 1000 V, normalmente 400 V), impianti di trasformazione AT/MT (cabine primarie), trasformatori su pali o cabine elettriche a media tensione (cabine secondarie), sezionatori ed interruttori, strumenti di misura.

A partire dagli anni '60 la consegna e la distribuzione dell'energia elettrica in Italia veniva svolta in regime di monopolio dall'ENEL; negli anni '90 il settore è stato progressivamente liberalizzato (decreto n°79 del 1999), e attualmente diverse aziende tra cui società private e municipalizzate svolgono il servizio producendo in proprio l'energia o acquistandola alla borsa elettrica da produttori e trasportatori.



Per poter operare tali manipolazioni del valore della tensione si utilizza una macchina elettrica chiamata trasformatore



Il trasformatore più semplice è costituito da due conduttori elettrici (solenoidi) avvolti su un anello di materiale ferromagnetico detto nucleo magnetico. L'avvolgimento al quale viene fornita energia viene detto primario, mentre quello dalla quale l'energia è prelevata è detto secondario.

Il trasformatore più semplice è costituito da due conduttori elettrici (solenoidi) avvolti su un anello di materiale ferromagnetico detto nucleo magnetico. L'avvolgimento al quale viene fornita energia viene detto primario, mentre quello dal quale l'energia è prelevata è detto secondario. Quando sul primario viene applicata una tensione elettrica alternata sinusoidale, per effetto dell'induzione magnetica si crea nel nucleo un flusso magnetico con andamento sinusoidale. Per la legge di Faraday-Neumann-Lenz, questo flusso variabile induce nel secondario una tensione sinusoidale.



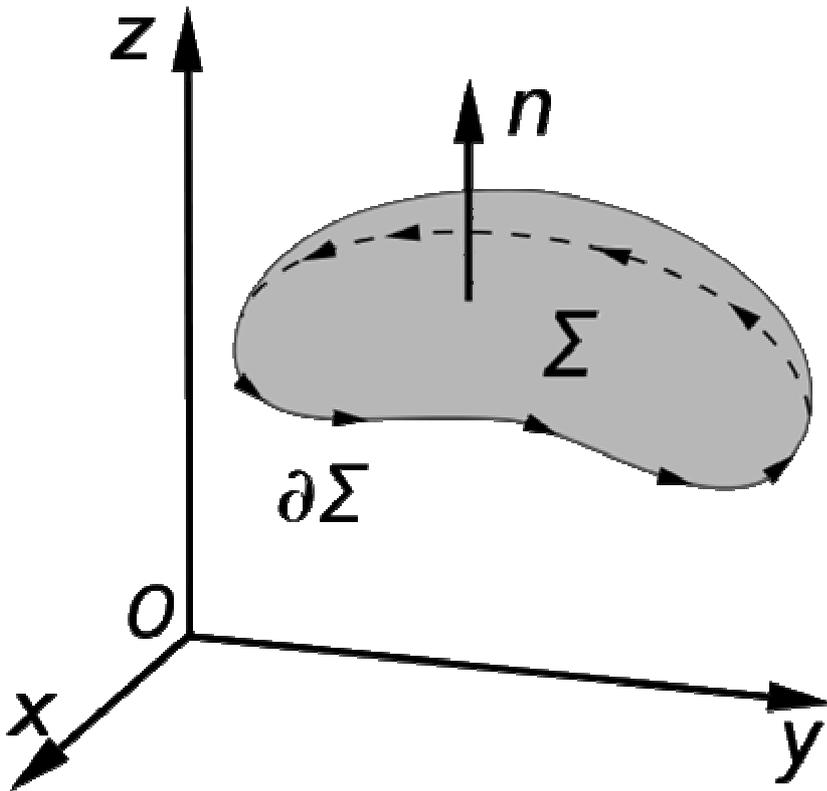
La tensione prodotta nel secondario è proporzionale al rapporto tra il numero di spire del primario e quelle del secondario secondo la relazione:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = k_0$$

dove V_p è la tensione applicata sul primario, V_s la tensione indotta sul secondario, N_p il numero di spire del primario e N_s il numero di spire del secondario, k_0 è chiamato rapporto di trasformazione.

La legge di Faraday o legge dell'induzione elettromagnetica è una legge fisica che quantifica il fenomeno dell'induzione elettromagnetica, ovvero l'effetto di produzione di corrente elettrica in un circuito posto in un campo magnetico variabile oppure un circuito in movimento in un campo magnetico costante. È stata scoperta nel 1831 dal fisico inglese Michael Faraday, ed è attualmente alla base del funzionamento dei comuni motori elettrici, generatori elettrici e trasformatori.

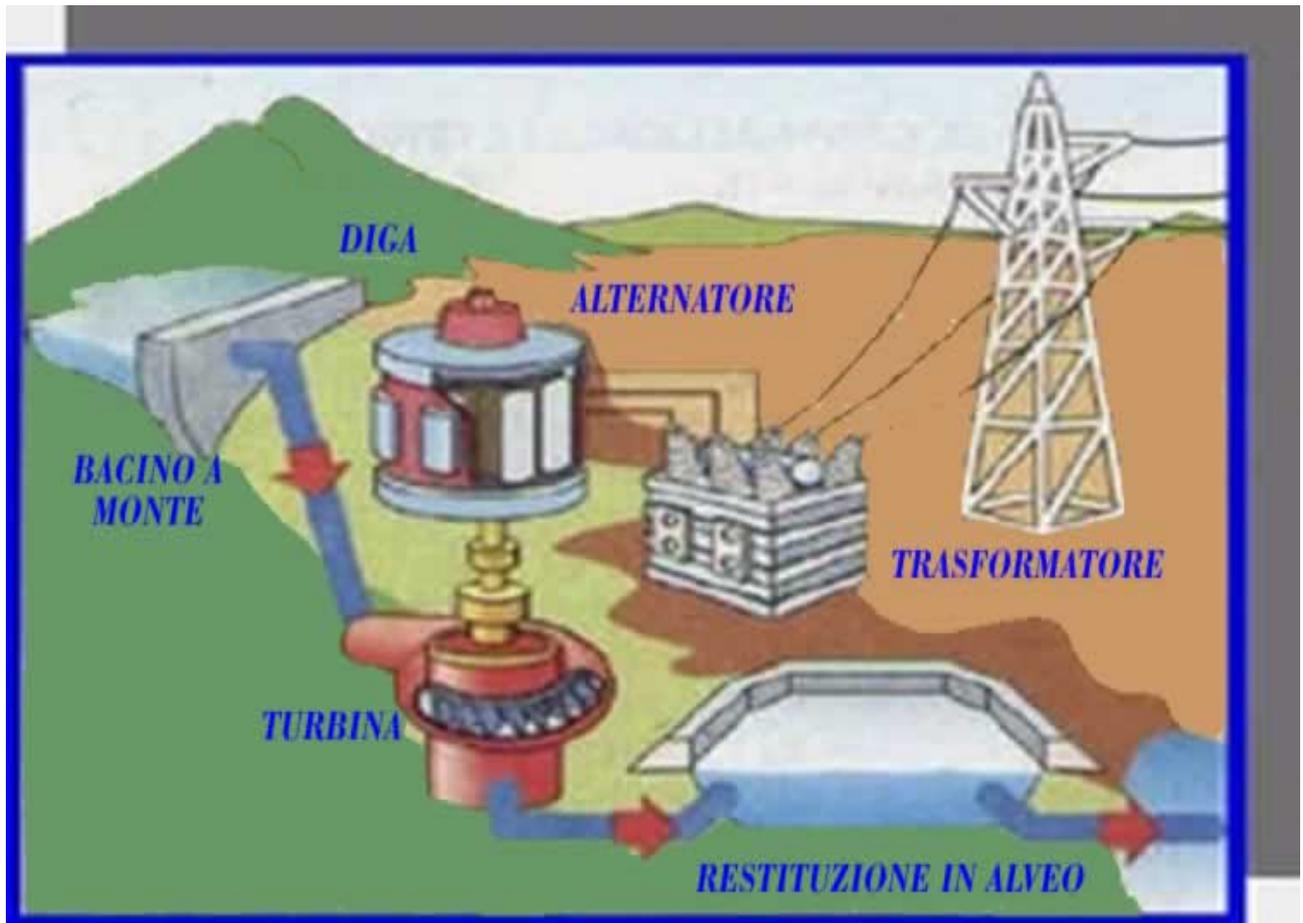
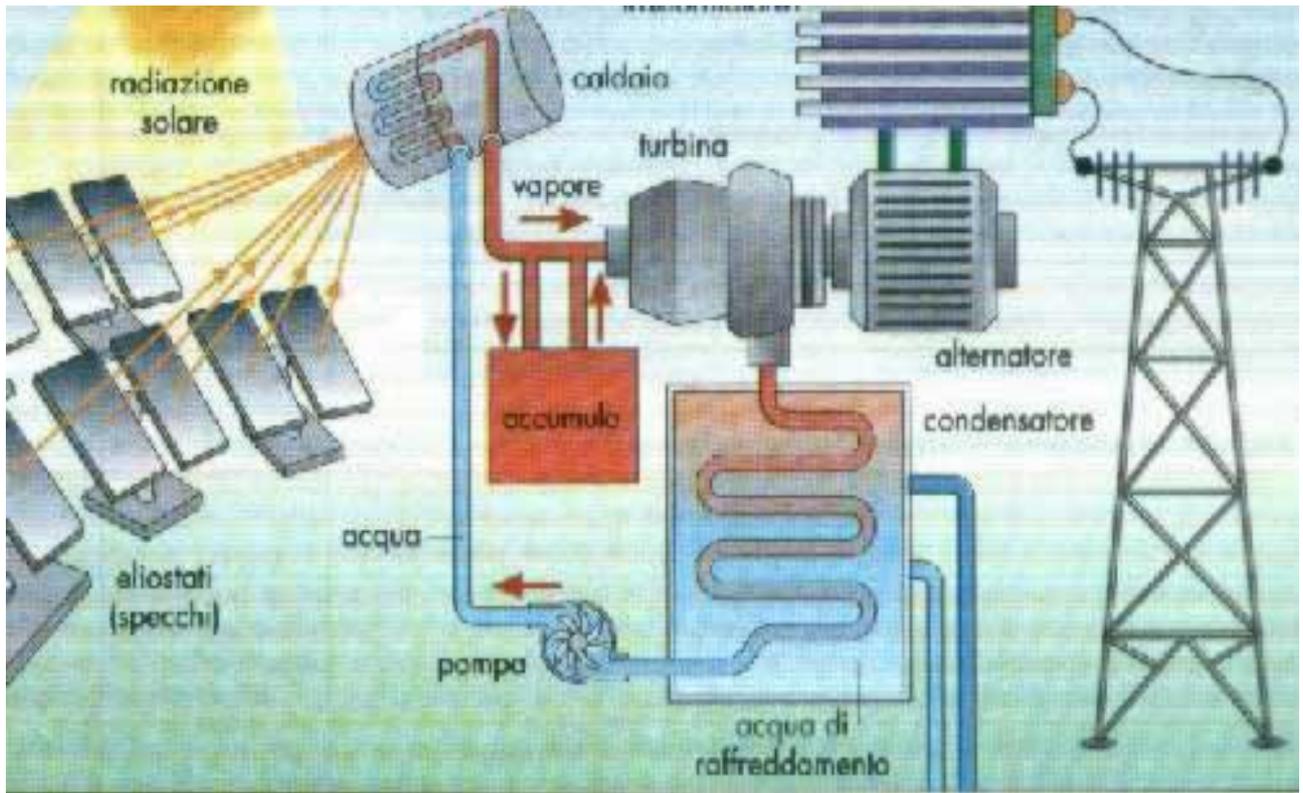
La legge di Faraday afferma che la forza elettromotrice indotta in un circuito chiuso da un campo magnetico è proporzionale alla variazione del flusso magnetico di tale campo che attraversa l'area abbracciata dal circuito nell'unità di tempo.

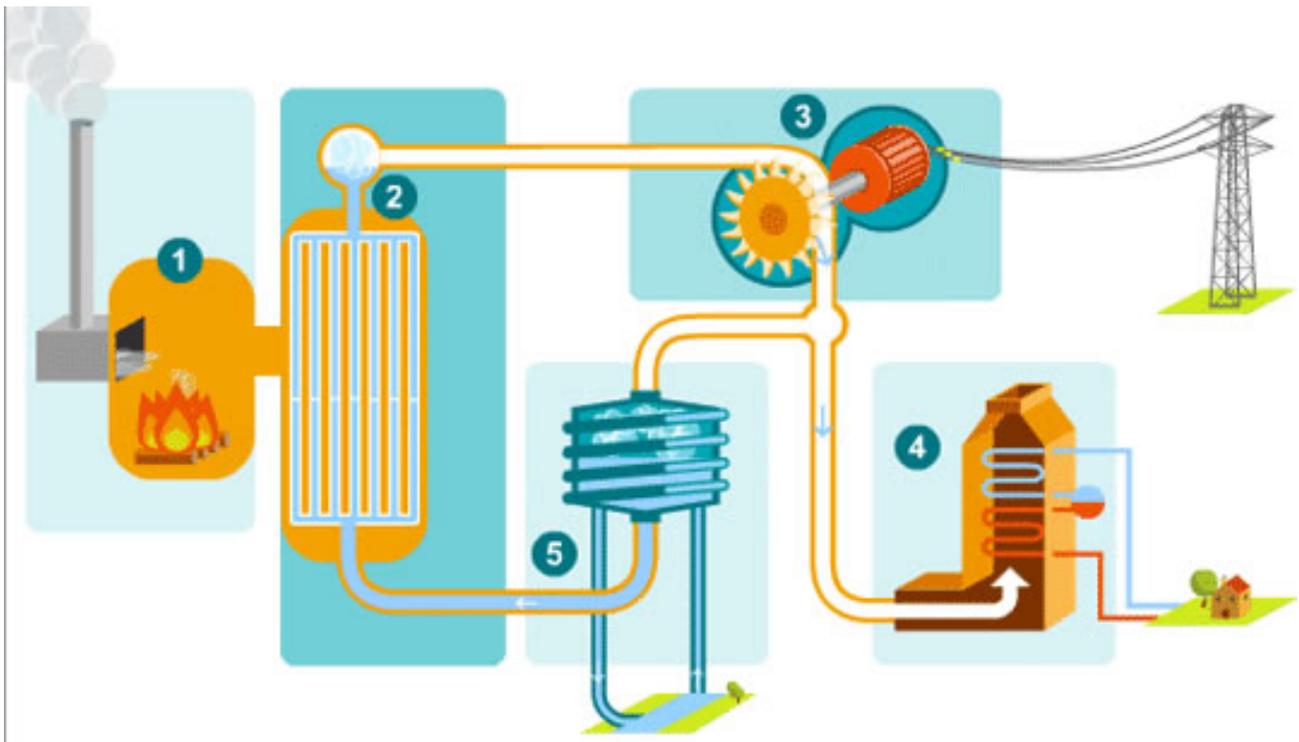
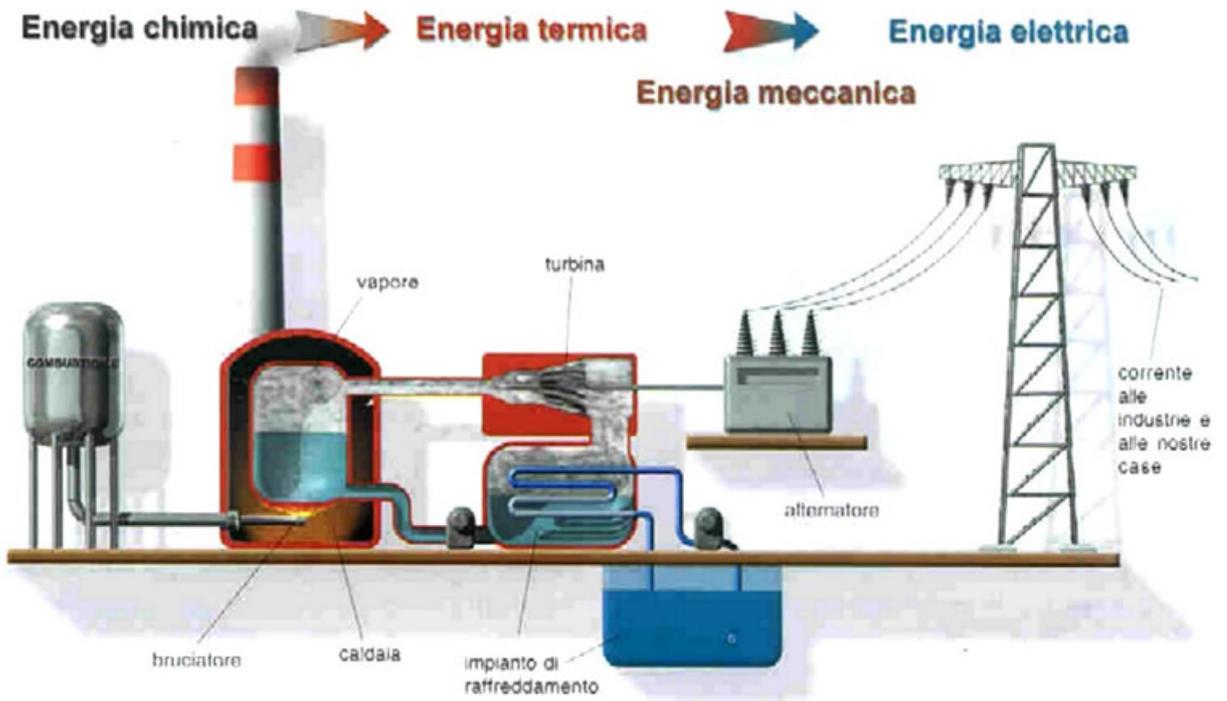


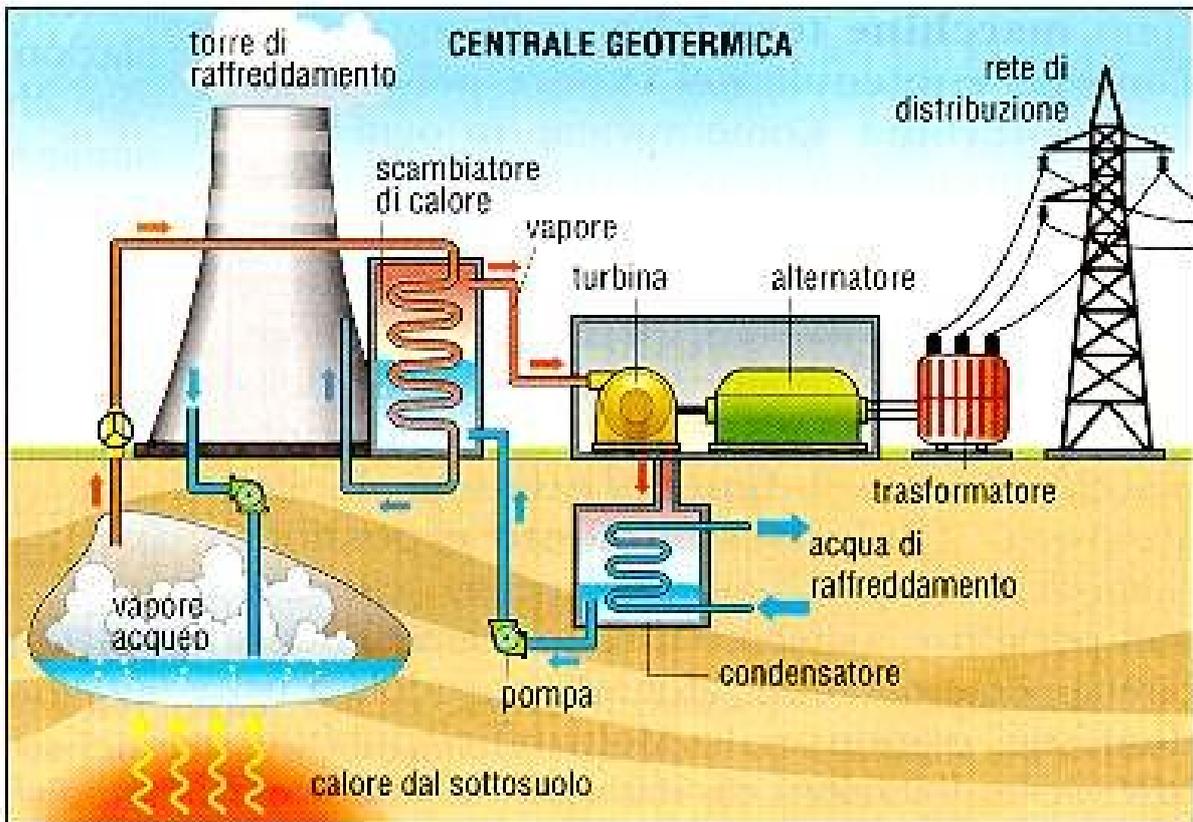
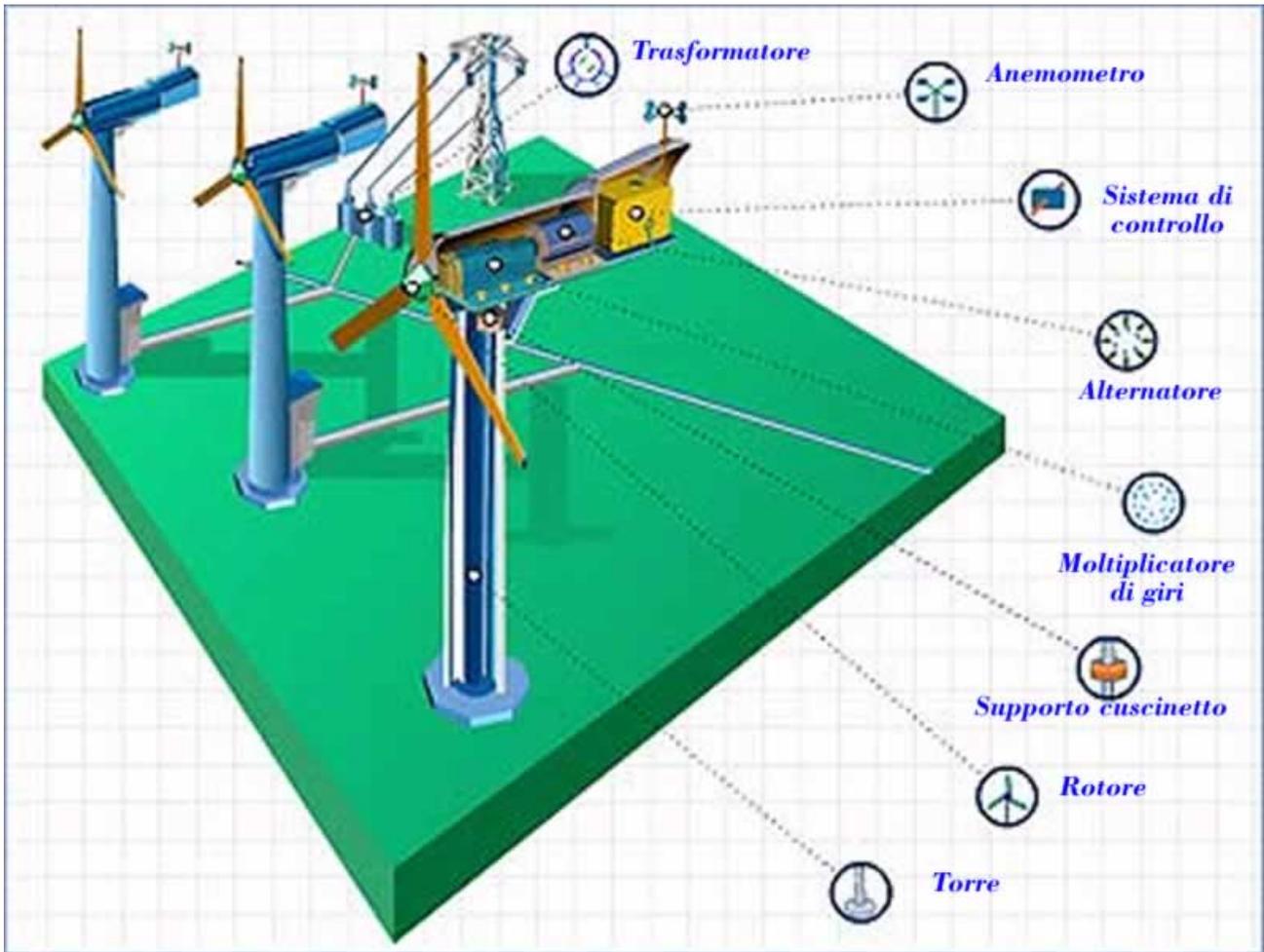
È importante notare come un campo magnetico costante non dia origine al fenomeno dell'induzione. Non è possibile quindi, ad esempio, collocare un magnete all'interno di un solenoide ed ottenere energia elettrica dal nulla; essa può ottenersi solo muovendo il magnete, a spese dell'energia meccanica quindi. Ne deriva che un trasformatore fornisce una tensione sull'avvolgimento secondario soltanto se è presente una tensione variabile nel tempo sul primario.

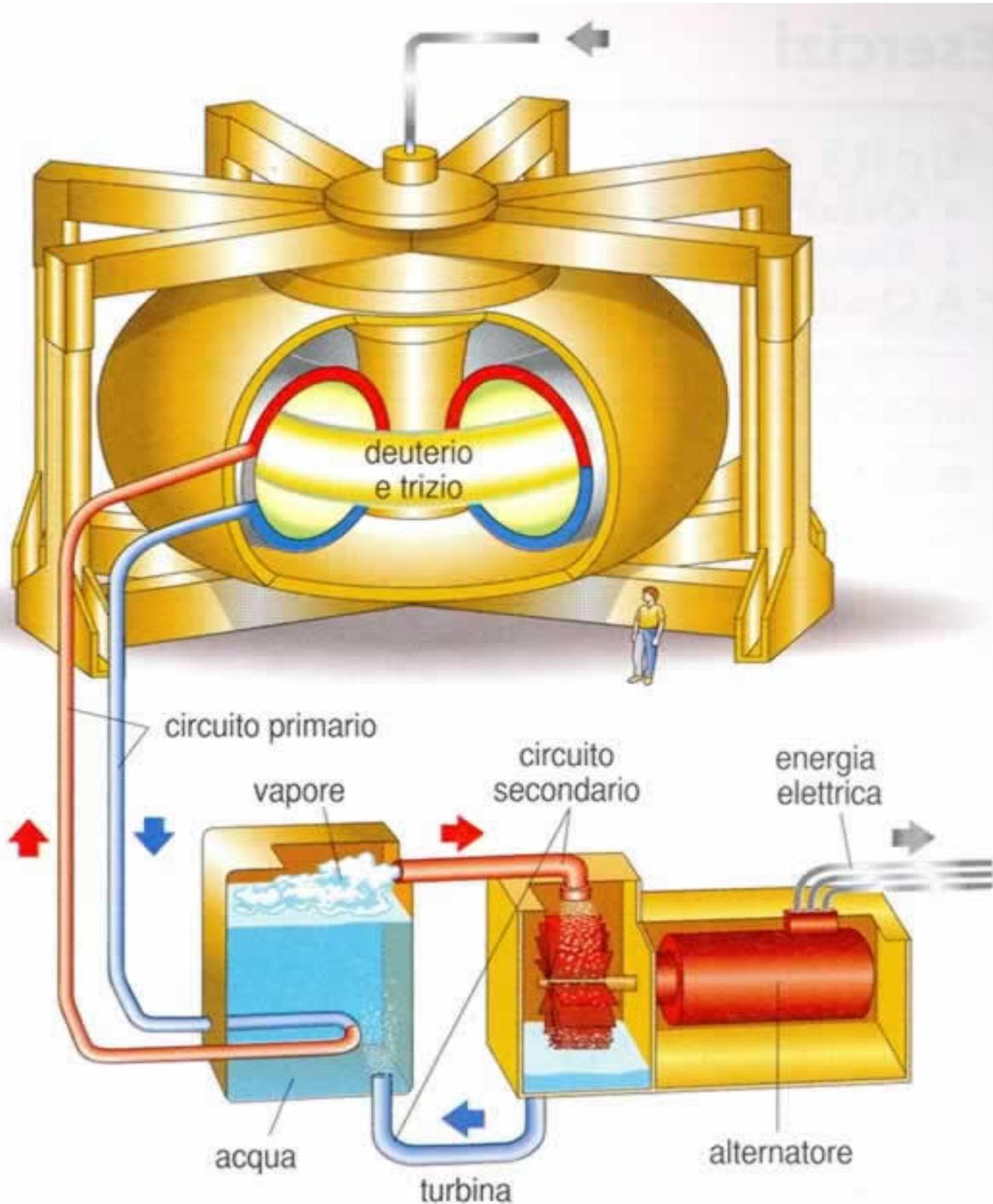
È questo il motivo per cui l'energia elettrica viene prodotta sotto forma di tensione variabile nel tempo. La sua forma sinusoidale deriva poi dall'utilizzo di una macchina detta alternatore

Se ora guardiamo i seguenti schemi che mostrano i diversi tipi di produzione possibile della energia elettrica dal solare, all'idroelettrico, dal geotermico all'eolico, dalla centrale termica alla nucleare fino alla futuribile generazione mediante reattore a fusione nucleare notiamo che in ogni schema vi è sempre un blocco alternatore.



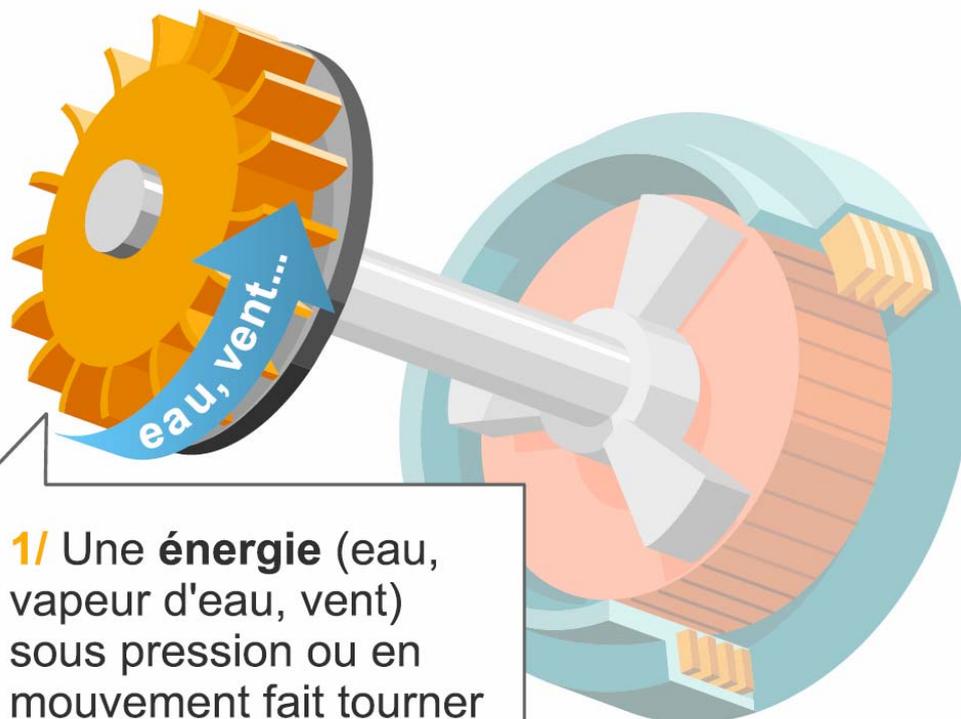
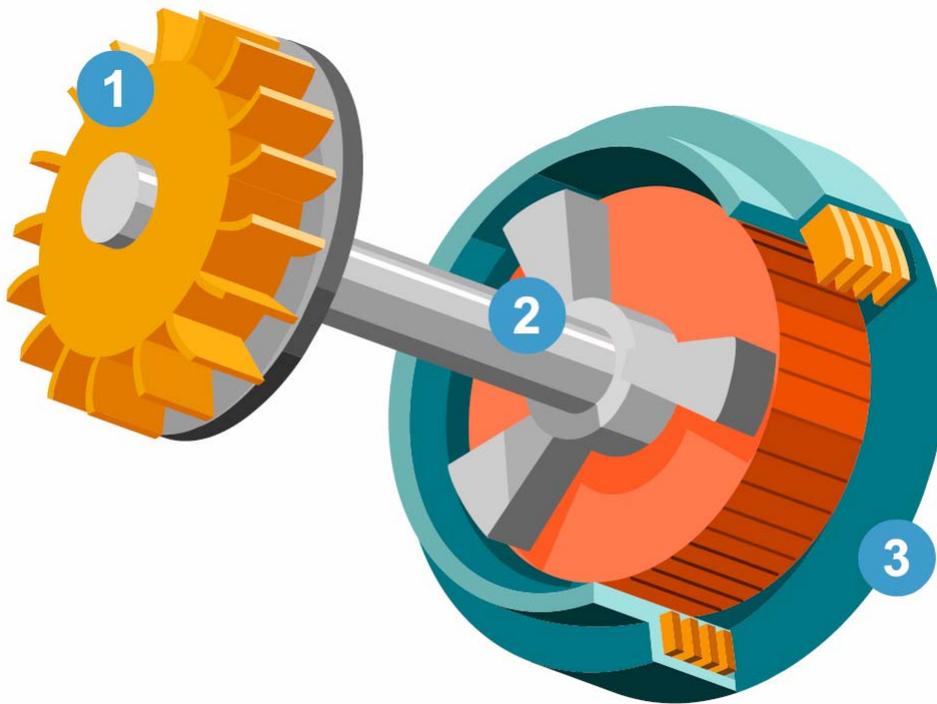




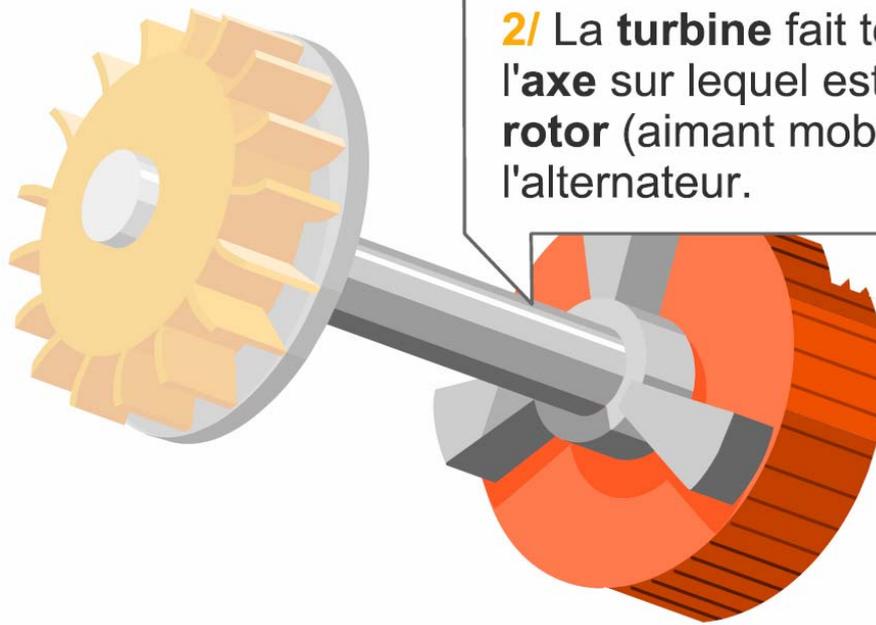


Troviamo nelle figure seguenti la struttura di principio di un alternatore. L'alternatore è una macchina elettrica rotante basata sul fenomeno dell'induzione elettromagnetica, che trasforma energia meccanica in energia elettrica sotto forma di corrente alternata assumendo la funzione di trasduttore. La macchina è costituita da una parte cava fissa, chiamata statore, al cui interno ruota una parte cilindrica calettata sull'albero di rotazione, detta rotore. Sullo statore sono presenti gli

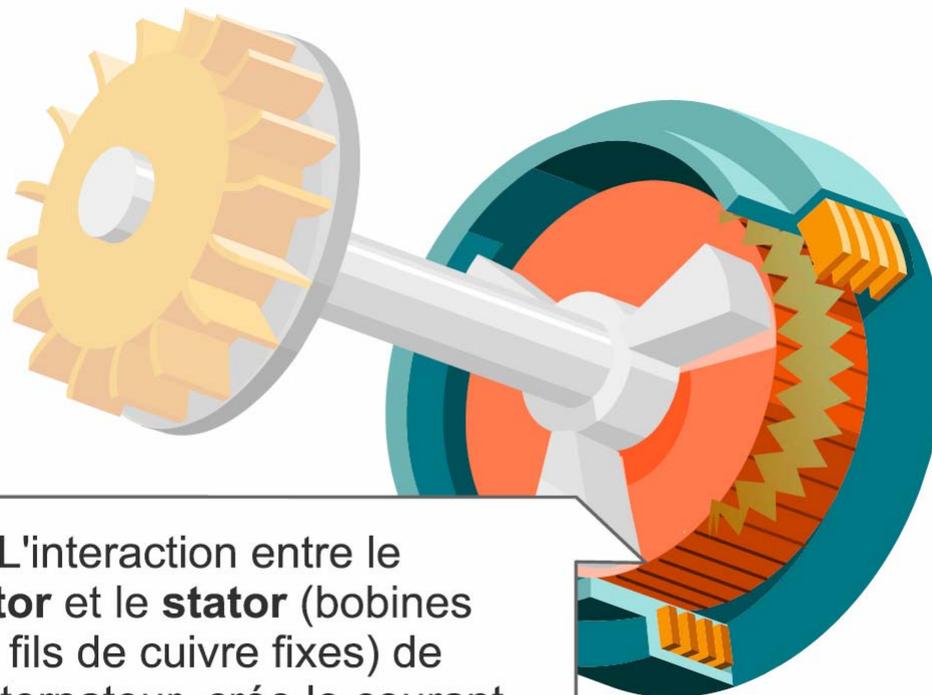
avvolgimenti elettrici su cui vengono indotte le forze elettromotrici che sosterranno la corrente elettrica prodotta.



1/ Une énergie (eau, vapeur d'eau, vent) sous pression ou en mouvement fait tourner une **turbine**.

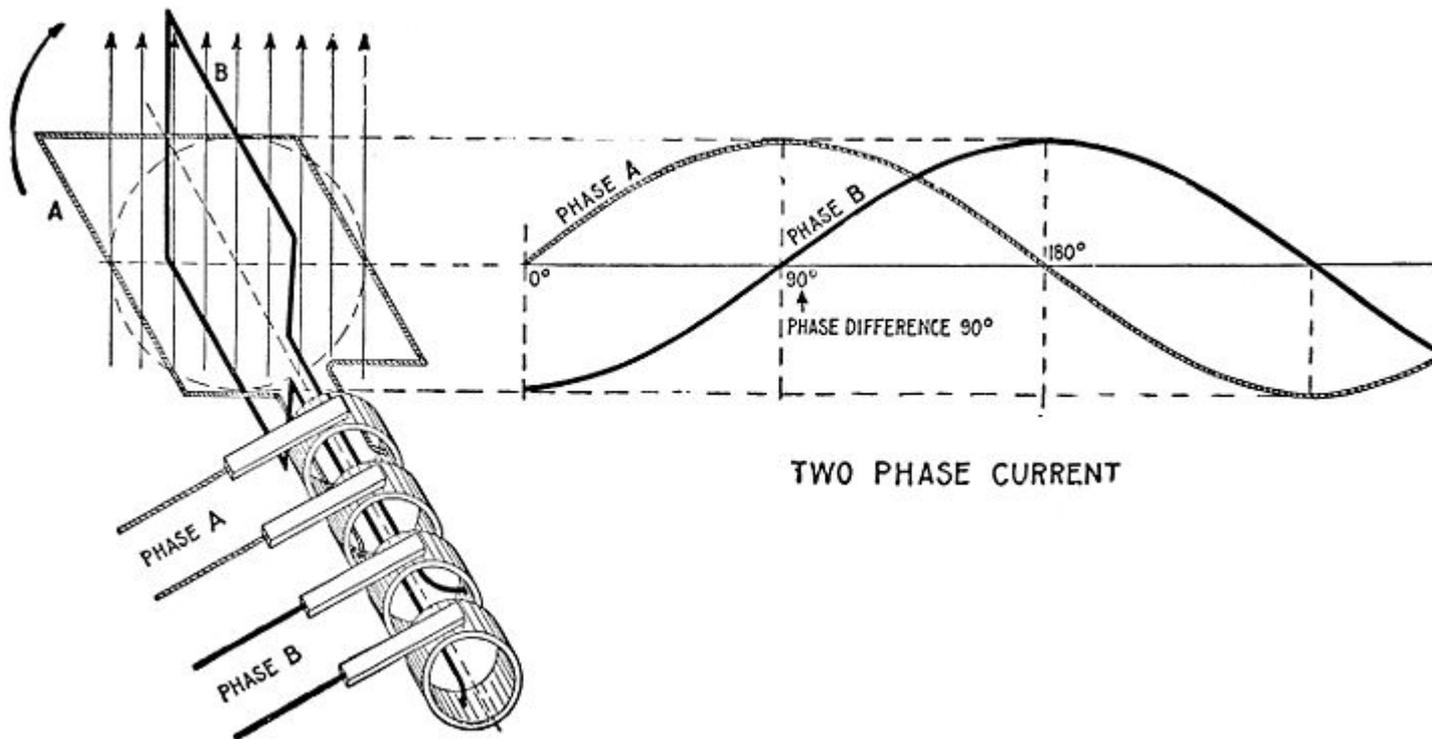


2/ La **turbine** fait tourner l'**axe** sur lequel est fixé le **rotor** (aimant mobile) de l'alternateur.



3/ L'interaction entre le **rotor** et le **stator** (bobines de fils de cuivre fixes) de l'alternateur, crée le courant électrique.

Il rotore genera il campo magnetico rotante per mezzo di elettromagneti. Di seguito abbiamo la dimostrazione analitica della natura intrinsecamente alternata dell'energia generata da un alternatore.



L'alternatore, nella sua forma più semplice è composto da una spira che è investita da un campo magnetico ed è vincolata a ruotare attorno ad un asse perpendicolare alle linee di campo. La legge di Faraday-Neumann afferma che in una spira metallica immersa in un campo magnetico si produce una differenza di potenziale pari a:

$$V = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

quindi in questo caso, dato che la spira ruota ci saranno variazioni del flusso magnetico che attraversa la spira e la suddetta relazione può essere indicata come:

$$V = BS \frac{d \cos(\omega t)}{dt}$$

che, applicando le regole delle derivate, diventa:

$$BS(-\omega \sin(\omega t))$$

e ponendo $f_{em} = BS\omega$ si ottiene che:

$$f_{em}(t) = f_0 \sin(\omega t + \alpha_0)$$

per α_0 si intende l'angolazione iniziale da cui parte l'alternatore; quindi dividendo tutto per la resistenza:

$$i(t) = i_0 \text{sen}(\omega t + \alpha_0)$$

La formula trovata quindi descrive l'andamento della corrente o della tensione generata da un alternatore, essa ha un andamento sinusoidale.

Da quanto detto sopra discende che:

la tensione è direttamente proporzionale al campo magnetico e alla velocità di rotazione;

la frequenza è direttamente proporzionale alla velocità di rotazione ed al numero di poli.

