

1

Produzione e distribuzione dell'energia elettrica

1 Concetti introduttivi

Se si pensa all'impianto elettrico domestico sono già evidenti le funzioni di *produzione* (tensione di rete), *manovra* (interruttore), *trasporto* (cavi) e *utilizzo* (lampadina) dell'energia elettrica svolte dai singoli elementi che costituiscono l'impianto.

Uno schema di questo tipo serve anche a rappresentare efficacemente l'intero percorso attraverso il quale l'energia prodotta nelle centrali (*generatore*) raggiunge i centri di consumo (*utilizzatori*) facendo uso delle linee elettriche di trasporto.

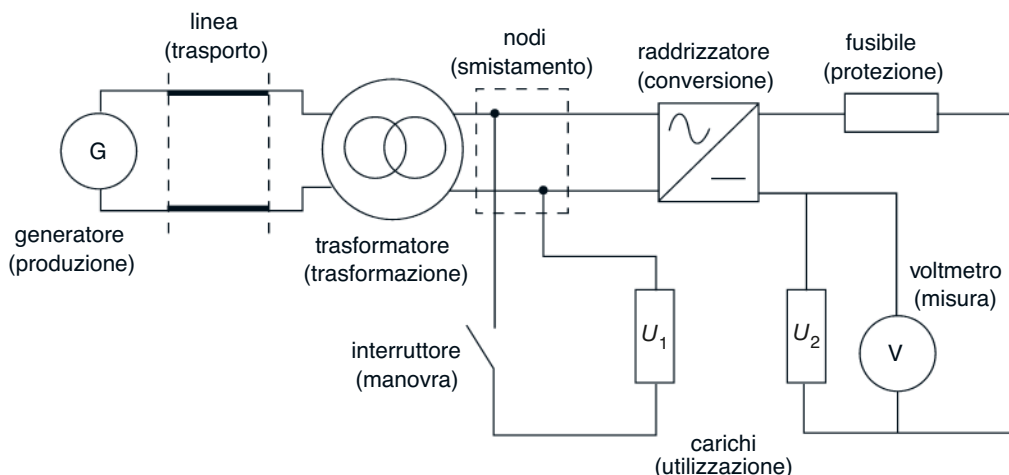
La funzione propria dell'interruttore viene svolta da apparecchiature di varia natura che si trovano in punti differenti del percorso.

La *finalità* di un impianto elettrico consiste nel rendere disponibile agli utilizzatori l'energia elettrica prodotta dalle centrali.

Le *funzioni* svolte dagli elementi citati nell'esempio sono necessarie ma spesso non sufficienti per far funzionare in modo corretto un impianto elettrico, soprattutto nel caso di impianti di grosse dimensioni.

L'esempio di FIGURA 1 mette in evidenza ulteriori funzioni essenziali per l'esercizio degli impianti elettrici svolta dai nuovi elementi introdotti.

FIGURA 1
Schematizzazione delle funzioni di un impianto elettrico.



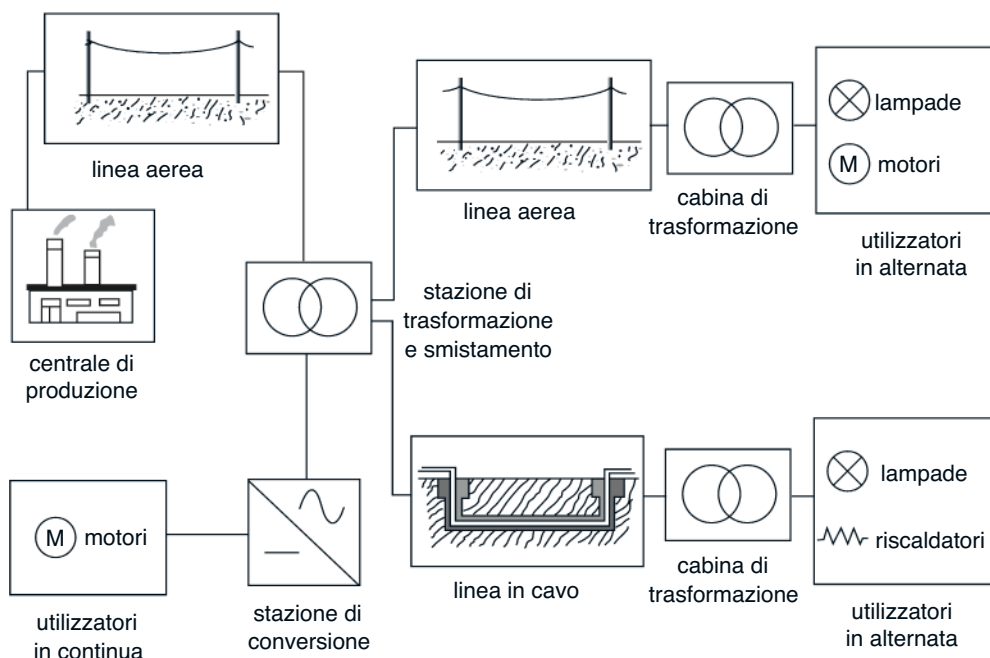
Si esamina ora la funzione svolta dai nuovi elementi introdotti:

- il *trasformatore* riduce il livello di tensione del generatore (**funzione di trasformazione**);

- il *raddrizzatore* trasforma la forma d'onda della tensione, da alternata a continua (**funzione di conversione**);
- i *nodi* ripartiscono l'energia elettrica prodotta dal generatore in modo tale da alimentare i due carichi che si trovano a valle del trasformatore (**funzione di smistamento**);
- il secondo *carico* rappresenta un'**utenza** alimentata in continua (il primo carico è alimentato in alternata);
- il *fusibile* protegge la linea che alimenta il secondo utilizzatore (**funzione di protezione**);
- il *voltmetro* misura la tensione ai capi del secondo utilizzatore (**funzione di misura**).

Facendo riferimento ad alcune delle funzioni definite nell'esempio precedente, viene riportato in FIGURA 2 uno schema che mette in evidenza il ruolo dei grandi impianti nel percorso dell'energia elettrica, dalla produzione all'utilizzazione.

FIGURA 2
Percorso dell'energia elettrica attraverso i grandi impianti.



L'energia elettrica prodotta dalla *centrale*, trasportata da una linea aerea, viene inviata a una stazione di trasformazione e smistamento.

Nella *stazione di trasformazione* viene abbassato il livello di tensione; dalla stazione partono tre linee.

Una prima linea viene collegata direttamente a una *stazione di conversione* che trasforma la tensione alternata in tensione continua e alimenta un primo gruppo di utenze.

Una seconda linea (aerea) viene collegata a una *cabina di trasformazione* che abbassa nuovamente il livello di tensione e alimenta un secondo gruppo di utenze.

Una terza linea (in cavo) viene collegata anch'essa a una *cabina di trasformazione* che svolge le medesime funzioni della precedente.

2 Produzione dell'energia elettrica

► Gli **impianti per la produzione dell'energia elettrica** (*centrali elettriche*) sono il luogo in cui, tramite opportune trasformazioni energetiche, viene prodotta energia elettrica a partire da altre forme d'energia.

Le fonti da cui viene ricavata energia, dette anche **fonti di energia primaria**, vengono classificate come:

- *fonti principali*;
- *fonti alternative*.

Le **fonti principali** sono in grado di produrre la maggior parte dell'energia elettrica utilizzata e vengono sfruttate nei seguenti **impianti tradizionali**:

- **centrali idroelettriche**, che sfruttano l'**energia idraulica** posseduta dalle masse d'acqua;
- **centrali termoelettriche**, che sfruttano l'**energia chimica** posseduta da alcuni tipi di combustibile;
- **centrali nucleari**, che sfruttano l'**energia nucleare** che si sprigiona dalle reazioni di fissione nucleare.

In Italia la produzione *idroelettrica*, che nel 1960 rappresentava l'82% della produzione complessiva, si è ridotta negli ultimi anni al 25%, mentre la produzione *termoelettrica* è aumentata dal 14% al 70%; nulla invece è la produzione derivante dalle *centrali termonucleari*; i pochi impianti esistenti non sono infatti più in attività.

Le fonti alternative, consentendo soltanto la produzione di piccole quantità di energia elettrica, sono da considerarsi integrative alle fonti principali. Le principali fonti di energia alternativa sono le seguenti:

- *energia solare*, legata all'irraggiamento;
- *energia eolica*, legata allo spostamento delle masse d'aria;
- *energia geotermica*, racchiusa sotto la crosta terrestre.

Il costo dell'energia prodotta con metodi alternativi è talvolta elevato; il loro uso è quindi giustificato soltanto in particolari condizioni.

La ricerca di fonti di energia alternative ha iniziato a svilupparsi in un passato abbastanza recente anche a causa dell'aumento del costo delle materie prime e in particolare degli idrocarburi; il problema dell'inquinamento ha contribuito a dare una spinta a questo tipo di ricerca volta anche alla produzione di energia il più possibile pulita.

3 Trasporto dell'energia elettrica

► Gli **impianti destinati al trasporto dell'energia elettrica** (*linee aeree o linee in cavo*) hanno la funzione di rendere disponibile l'energia stessa anche a grande distanza dal luogo di produzione.

Le **linee aeree** vengono impiegate prevalentemente in media e alta tensione. Le **linee in cavo** vengono impiegate prevalentemente in bassa tensione; i conduttori sono solitamente interrati o disposti in apposite sedi protette, come *canali* o *mensole*; minor ingombro e maggior sicurezza costituiscono il pregio delle *linee in cavo* che risultano però più costose. In alta e media tensione sono utilizzate solo nell'attraversamento di centri urbani densamente popolati quando è determinante il problema della sicurezza.

Il trasporto dell'energia elettrica avviene su due *livelli* denominati rispettivamente:

- *trasmissione*;
- *distribuzione*.

La **trasmissione**, che viene considerato il primo livello di trasporto, avviene in alta e altissima tensione (valori normalizzati sono 66 kV, 132 kV, 220 kV e 380 kV).

La **distribuzione**, che viene considerata un secondo livello di trasporto, avviene in media tensione (valori normalizzati 10 kV, 15 kV, 20 kV) e in bassa tensione (valori normalizzati 230 V, 400 V).

Per motivi tecnici ed economici la maggior parte dell'energia elettrica viene trasportata sotto forma di *corrente alternata trifase*; solo per scopi particolari (per esempio per la trazione elettrica) vengono anche realizzate linee elettriche in *corrente continua*.

In relazione al valore di tensione trasportata si hanno linee:

- ad altissima tensione AAT (per tensioni maggiori di 150 kV);
- ad alta tensione AT (per tensioni comprese tra 30 kV e 150 kV);
- a media tensione MT (per tensioni comprese tra 1 kV e 30 kV);
- a bassa tensione BT (per tensioni minori di 1 kV).

Il percorso che l'energia elettrica compie dalla produzione alla distribuzione mettendo in particolare evidenza le trasformazioni subite dai livelli di tensione viene efficacemente illustrato in FIGURA 3.

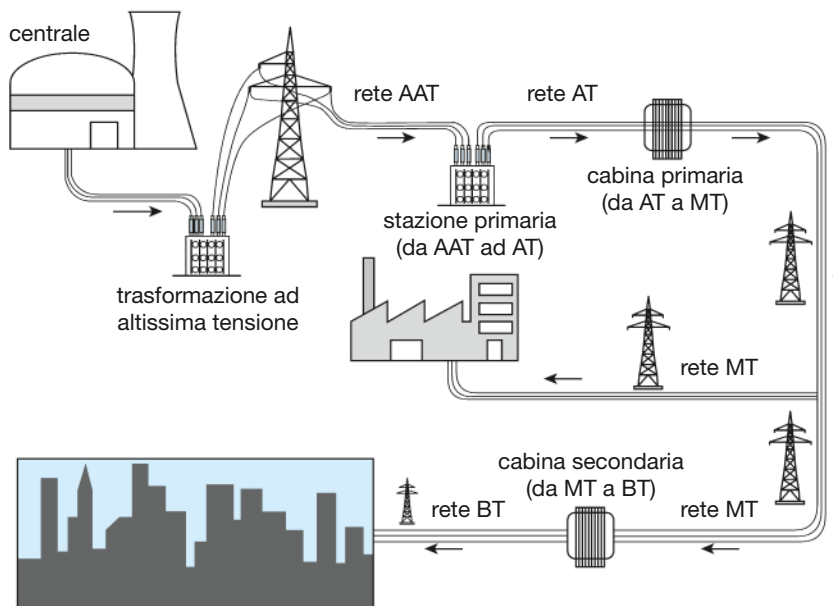


FIGURA 3
Funzioni di un impianto elettrico.

Trasformazione dell'energia elettrica

L'energia elettrica, per giungere agli utilizzatori, deve subire delle *trasformazioni*; i parametri elettrici (tensione e corrente) devono infatti essere modificati più volte per motivi di trasporto e di utilizzo.

L'**innalzamento** di una tensione sulla linea, per esempio, corrisponde a una diminuzione della corrente, con conseguenti risparmi di gestione.

Una **diminuzione** della tensione può invece soddisfare la necessità di sicurezza, consentendo inoltre un risparmio sull'isolamento.

Le macchine elettriche che consentono di operare queste modifiche sono i **trasformatori**.

I luoghi in cui i livelli di tensione vengono trasformati sono anche denominati **officine elettriche** che, dal punto di vista costruttivo, costituiscono un complesso di apparecchiature contenute in uno o più locali o aree all'aperto racchiuse da un'unica recinzione; si distinguono:

- *stazioni di trasformazione;*
- *cabine di trasformazione.*

Le **stazioni di trasformazione** coinvolgono linee in alta, altissima e media tensione; si distinguono stazioni di trasformazione:

- *annesse alle centrali di produzione;*
- *altissima tensione/alta tensione (AAT/AT).*

Le *stazioni di trasformazione annesse alle centrali di produzione* consentono di modificare la tensione fornita dai generatori (di norma dai 6 kV ai 20 kV) a valori più adatti al trasporto su linee ad altissima tensione che avviene di solito a 220 kV o a 380 kV.

Le *stazioni di trasformazione AAT/AT* trasformano i livelli propri dell'altissima tensione in livelli propri dell'alta tensione.

Le **cabine di trasformazione** coinvolgono linee in alta, media e bassa tensione; si distinguono cabine di trasformazione:

- *primarie (AT/MT);*
- *secondarie (MT/BT).*

Le linee in media tensione a valle delle cabine primarie alimentano *medie utenze industriali e cabine secondarie*.

A valle delle cabine secondarie ha inizio la *distribuzione in bassa tensione*.

Reti di distribuzione

La scelta della struttura della rete di distribuzione è di fondamentale importanza.

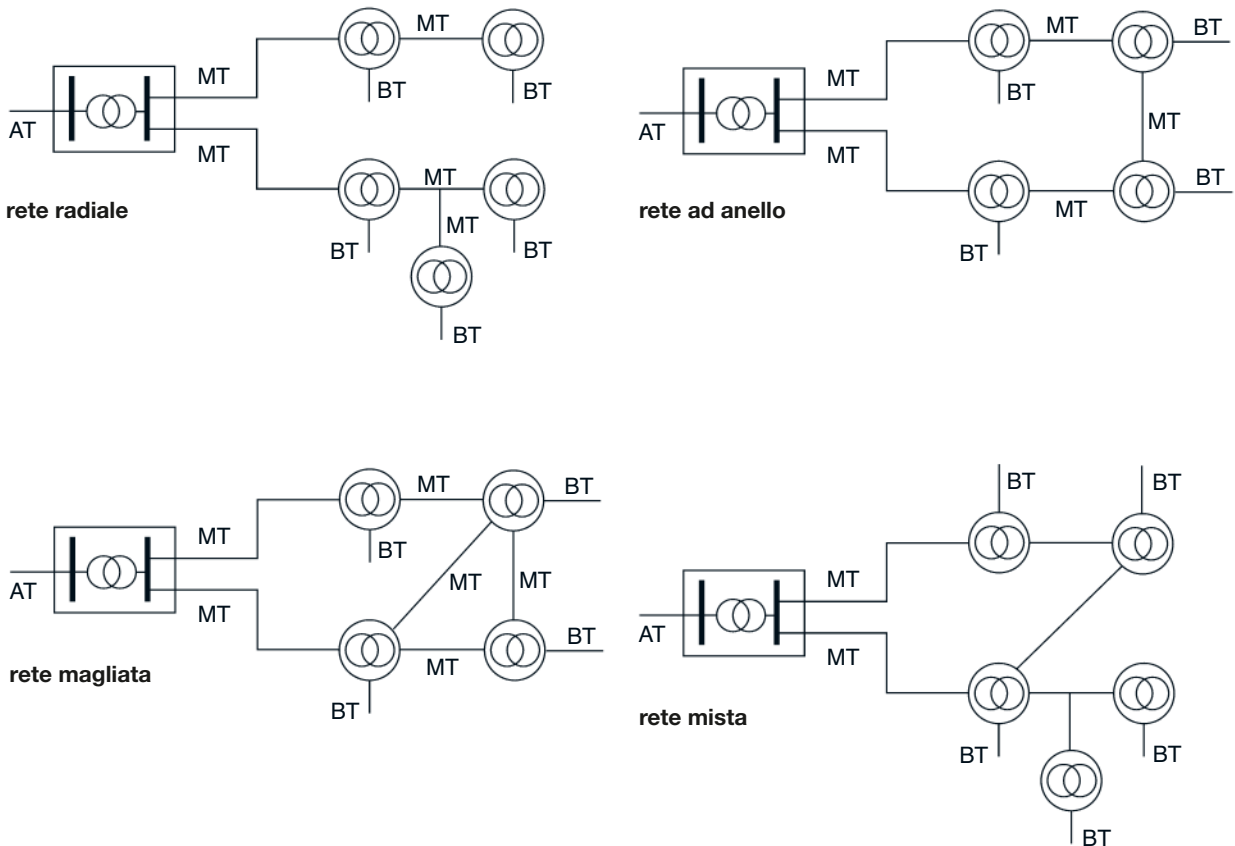
Ciascuna delle modalità di seguito descritte presenta vantaggi e svantaggi che devono essere presi in considerazione in fase di progetto.

Costo dell'impianto e continuità di esercizio sono due fattori particolarmente rilevanti che condizionano la scelta del tipo di rete.

In FIGURA 4 vengono riprodotte le tipologie più comuni di reti di distribuzione rispettivamente denominate:

- *radiale*;
- *ad anello*;
- *magliata*;
- *mista*.

FIGURA 4
Tipologie di rete di distribuzione.



Distribuzione radiale

I carichi sono alimentati da un solo lato e le linee partono da un centro costituito dalle sbarre di una cabina.

Presenta i vantaggi di un minor costo di impianto per il minore numero e le minori sollecitazioni delle apparecchiature di manovra e di protezione, e di una migliore valutazione delle correnti di guasto e migliore individuazione degli stessi, arrivando all'utilizzatore da un solo lato.

Per contro presenta gli svantaggi di un sistema rigido con conseguente impossibilità della ripartizione dei carichi, mancanza della continuità di esercizio in caso di guasto alla linea o alle apparecchiature di manovra e di protezione.

Esempio concreto è la distribuzione a media tensione (10-20 kV) che, nelle zone a bassa densità di carico (suburbane o rurali), ricorre a reti parzialmente radiali.

Distribuzione ad anello

Ogni carico è alimentato da due lati in modo che la rete di alimentazione assume una forma chiusa.

Presenta i vantaggi di minori variazioni di tensione al variare dei carichi in quanto la corrente perviene al carico da due parti, nonché di una maggiore sicurezza di alimentazione per l'utilizzatore; per contro presenta gli svantaggi di un maggior costo d'impianto, maggiore difficoltà per il calcolo delle correnti sui vari tronchi dell'anello e per la conseguente messa a punto delle protezioni.

Esempi concreti sono in alta tensione la distribuzione a 130 kV e in media tensione la distribuzione a 10-20 kV in zone industriali e urbane dove la densità di carico è elevata.

Distribuzione magliata

Collegando tra loro mediante linee alcuni punti particolari della rete si formano delle maglie; l'alimentazione può quindi avvenire da più di due lati.

Presenta il vantaggio di migliorare il servizio in quanto si utilizzano meglio linee e trasformatori, riducendo le variazioni di tensione al variare dei carichi e le perdite di energia; per contro, presenta lo svantaggio di aumentare l'intensità della corrente di cortocircuito, per cui le protezioni devono essere molto selettive e di sicuro funzionamento.

Esempio concreto è la distribuzione a 130 kV con alimentazione in almeno due punti diametralmente opposti.

Distribuzione mista

Sono schemi caratterizzati dalla presenza contemporanea delle strutture radiali e ad anello.

6 Tariffazione dell'energia

Molti sono i fattori che concorrono a determinare il costo dell'energia elettrica, in particolare il tipo di mercato da cui viene offerta; si distinguono in proposito due categorie denominate:

- *mercato libero*;
- *mercato vincolato*.

Il **mercato libero** è l'ambito in cui operano in regime di concorrenza produttori e grossisti di energia elettrica sia nazionali sia esteri per fornire energia elettrica ai clienti dotati di particolari requisiti.

Il **mercato vincolato** è l'ambito del mercato dell'energia elettrica riguardante i clienti che possono riceverla esclusivamente dall'azienda elettrica posta sul territorio.

6.1 Normativa

In Italia le tariffe dell'energia elettrica sono regolamentate dall'**Autorità per l'energia elettrica e il gas** (AEEG).

La deliberazione AEEG n. 5/04 del 30 gennaio 2004 ha stabilito i criteri per le opzioni di trasporto e vendita; secondo tali disposizioni le tariffe devono tenere conto delle seguenti voci:

- *trasporto*;
- *vendita*;
- *misura*;
- *trasmissione*.

Trasporto

Comprende il costo di distribuzione e di commercializzazione dell'energia; tale servizio viene reso dal Distributore a parità di condizioni sia ai clienti *liberi* sia a quelli *vincolati*.

Vendita

Nel *mercato vincolato* il distributore applica un corrispettivo di vendita, fissato dall'AEEG, che comprende sia i costi di generazione sia i costi di acquisto e vendita dell'energia elettrica.

Nel *mercato libero* tale servizio di vendita viene reso a prezzi concordati con i clienti, oppure, nel caso in cui il cliente sia abilitato, in base ai prezzi che si costituiscono in Borsa.

Misura

Nel mercato *libero* e *vincolato* il servizio di misura (installazione dei contatori e rilevazione dei consumi) viene reso dal distributore in base a prezzi amministrati, fissati dall'AEEG.

Trasmissione

Il relativo costo viene pagato dai clienti sia del mercato *libero* sia di quello *vincolato* ed è fissato dall'AEEG.

6.2 Sistema tariffario

Ogni trimestre le aziende distributrici di energia elettrica adeguano, in aumento o in diminuzione, i prezzi di tutte le tariffe ai clienti vincolati in base ai criteri predefiniti dall'AEEG.

Tali criteri tengono conto delle variazioni del cosiddetto costo di produzione dell'energia elettrica determinato dall'andamento dei prezzi di generazione nel mercato della Borsa.

Il *sistema tariffario* in vigore in Italia prevede forme differenti di tariffe che tengono conto dei costi di produzione ma anche del modo in cui viene prelevata l'energia.

Si esaminano di seguito i diversi aspetti di una tariffa:

- *potenza impegnata*;
- *energia consumata*;
- *oneri del sistema elettrico*;
- *imposte*.

Potenza impegnata

Rappresenta il numero di kilowatt che l'utente desidera gli siano riservati dall'ente erogatore, ovvero la potenza che l'ente deve tenere a sua disposizione in qualsiasi momento.

Energia consumata

Espressa in kilowattora, rappresenta l'energia effettivamente prelevata dalla rete in un determinato periodo.

Oneri del sistema elettrico

Sono formati da diverse voci quali per esempio il finanziamento di prezzi agevolati o dell'attività di ricerca.

Imposte

Quelle pagate in bolletta sono costituite dall'IVA e dalle cosiddette *accise* che comprendono a loro volta le seguenti voci:

- imposta erariale;
- imposta provinciale;
- imposta comunale.

Per quanto riguarda l'IVA l'imposta è del 10% per usi domestici e attività manifatturiere.

Nel mercato libero l'imposta è costituita dalla sola IVA.

DOMANDE a risposta aperta

1 Individuare la funzione svolta dagli elementi indicati in FIGURA 5.

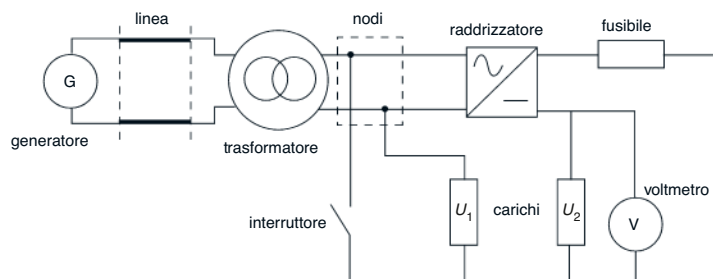


FIGURA 5

2 Esprimere attraverso un esempio il concetto di fonti tradizionali.

3 Esprimere attraverso un esempio il concetto di fonti alternative.

4 Evidenziare le differenze tra cabina di trasformazione e stazione di trasformazione.

5 Analizzare le caratteristiche di una rete magliata.

6 Analizzare le caratteristiche di una rete ad anello.

7 Evidenziare il significato di potenza impegnata.

8 Evidenziare il significato di potenza consumata.

9 Spiegare il significato dei termini mercato libero e mercato vincolato.

10 Analizzare la suddivisione delle imposte pagate in bolletta.