

# L'ENERGIA ELETTRICA

PROF. GIANNI DE BONA

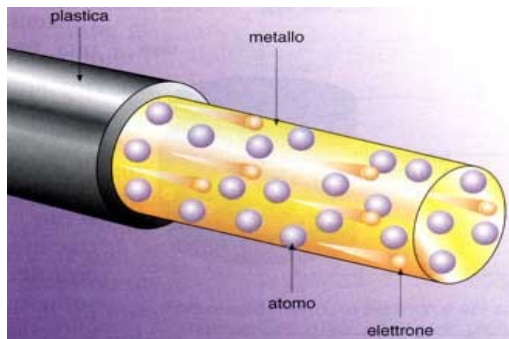


L'energia elettrica è la forma di energia più "pregiata" che ha a disposizione l'uomo al giorno d'oggi.

Essa viene usata per moltissimi scopi: illuminazione, riscaldamento, telecomunicazioni, trasporti, funzioni domestiche e industriali di vario tipo. Altre fonti di energia come quella del ciclo dell'acqua, dei combustibili fossili, del vento, del sole e quella nucleare vengono spesso trasformate in energia elettrica per sfruttare la molteplicità di utilizzi che questa fonte può generare.

## LA CORRENTE ELETTRICA

La corrente elettrica è il mezzo con il quale l'energia elettrica viene trasportata da un luogo ad un altro. Per esempio l'energia elettrica che noi tutti consumiamo nelle nostre abitazioni è trasportata attraverso la corrente dalle centrali elettriche fino a casa nostra con un percorso di decine, centinaia o addirittura migliaia di chilometri, un percorso molto più breve che avviene sempre grazie alla corrente è quello dell'energia elettrica che dalla batteria di un'automobile viene inviata fino alle lampade dei fari oppure fino ai sistemi di controllo del funzionamento del motore. Ma che cos'è la corrente elettrica? In parole molto semplici possiamo dire che è un **flusso di elettroni** ovvero di quelle minuscole particelle che vanno a costituire insieme ai protoni e ai neutroni gli atomi della materia.



ELETTRONI IN MOVIMENTO IN UN CAVO ELETTRICO

## MATERIALI CONDUTTORI E MATERIALI ISOLANTI

Il flusso di elettroni della corrente elettrica deve essere "incanalato" come l'acqua all'interno di un condotto idraulico, altrimenti si disperde.

A tal fine ci sono dei materiali

importantissimi in elettrotecnica che vengono chiamati **conduttori**, questi materiali hanno molti elettroni che si possono muovere al loro interno e quindi sono ottimi per trasportare la corrente elettrica. I più famosi materiali conduttori sono il **rame** e l'**alluminio**, ma in generale ogni materiale di tipo metallico è in grado di condurre più o meno bene la corrente.



CONDUTTORE IN RAME



CONDUTTORE IN ALLUMINIO

Altri materiali invece hanno al loro interno pochissimi elettroni liberi di muoversi e quindi non sono adatti alla conduzione elettrica, essi vengono definiti **isolanti** e vengono impiegati per separare o "isolare" le correnti dal resto del mondo.

L'isolante più utilizzato, anche se invisibile è l'**aria**, altri isolanti molto utilizzati sono il polivinilcloruro o **PVC**, le **gomme** naturali e sintetiche, alcune **resine** sintetiche, in generale tutte materie plastiche sono dei buoni isolanti.



TUBAZIONI ISOLANTI PER CAVI ELETTRICI IN PVC



NASTRO ISOLANTE IN PVC

## LE CONDUTTURE ELETTRICHE

La corrente elettrica viene sempre vincolata a seguire dei percorsi ben precisi, per fare questo si sfruttano opportunamente i conduttori e gli isolanti, questi percorsi prendono il nome di **condutture elettriche**.

I **cavi** che vengono impiegati negli impianti elettrici sono l'esempio di un'ottima associazione tra un materiale conduttore (anima del cavo) e un materiale isolante (ricoprimento).

Con i cavi vengono create delle ottime condutture che possono essere nascoste ovunque, essi vengono impiegati negli edifici, all'interno degli elettrodomestici, nelle automobili, negli aerei etc. Le **linee elettriche aeree** che si possono osservare sul territorio sono anch'esse dei percorsi per le correnti; in quel caso l'isolante

attorno al conduttore è solamente l'aria e quindi vengono sempre tenute molto distanti dalle normali attività dell'uomo.



CAVI ELETTRICI



LINEE ELETTRICHE AEREE

## LA PERICOLOSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA



Uno dei percorsi che la corrente elettrica non deve assolutamente intraprendere è quello attraverso il corpo umano.

Il funzionamento dei nostri organi principali, cuore e polmoni è controllato dal cervello attraverso

impulsi elettrici che viaggiano sul sistema nervoso.

Nel momento in una corrente elettrica proveniente dall'esterno si sovrappone a detti impulsi il controllo di questi organi è perduto ed essi smettono di funzionare correttamente.

Ovviamente non tutte le correnti mettono a rischio la nostra incolumità, alcune sono talmente piccole da risultare addirittura impercettibili.

Gli impianti elettrici domestici o industriali con i quali le persone hanno a che fare tutti i giorni però possono provocare correnti potenzialmente **MORTALI** nel corpo umano e quindi essi devono essere progettati e installati con le dovute attenzioni specificate da precise **normative di settore**.

## I GENERATORI ELETTRICI

Dove nasce l'energia elettrica? Chi genera le correnti elettriche? La risposta è spesso nota a tutti: nei **generatori elettrici**.

I generatori più importanti si trovano nelle centrali elettriche, essi prendono il nome di **alternatori** perché producono correnti che vengono definite in elettrotecnica "alternate".



ALTERNATORI DA CENTRALE



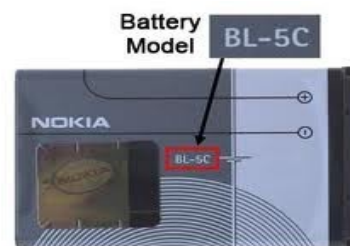
ALTERNATORE PER AUTO

Sono generatori elettrici anche i **pannelli fotovoltaici** che negli ultimi anni stanno avendo una grossa diffusione oppure le **batterie** (o accumulatori elettrici) presenti nei telefonini, nei computers portatili, e in tutte le applicazioni elettriche wireless (senza filo); in questo caso le correnti prodotte vengono definite "continue".

E' importante sottolineare che i generatori elettrici non creano elettroni dal nulla ma vanno a spostare le cariche già presenti all'interno dei conduttori, essi agiscono come delle pompe idrauliche che non creano acqua ma spostano l'acqua già presente nelle tubazioni.



PANNELLI FOTOVOLTAICI



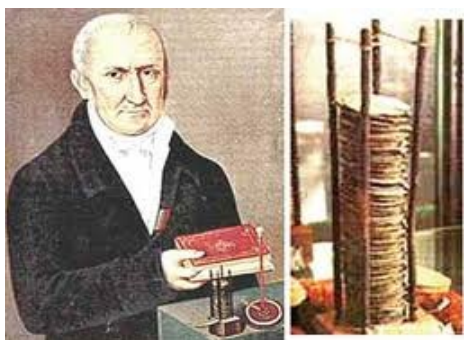
BATTERIA PER TELEFONO

## LA TENSIONE ELETTRICA

Chi di noi non ha mai sentito parlare della **tensione** di casa, i famosi 220 Volt "presenti" in ogni presa domestica?

Non tutti sanno però che quella tensione rappresenta l'energia che ogni elettrone prelevato da quella presa possiede e che è in grado di trasferire all'elettrodomestico collegato ad essa.

I generatori elettrici spingono gli elettroni a circolare nei conduttori fornendo ad ognuno di loro una certa energia, la tensione elettrica è la misura di questa energia e l'unità di misura impiegata è il Volt (V) in onore di **Alessandro Volta** (1745-1827), fisico Italiano che inventò la prima pila.



ALESSANDRO VOLTA E LA PRIMA PILA

Una pila elettrica da 1,5 V fornisce agli elettroni del circuito ad essa collegato meno energia rispetto ad una batteria di automobile che, di solito, eroga una tensione di 12V, la batteria dell'automobile a sua volta fornisce meno energia agli elettroni di una presa domestica da 220V. La tensione massima che attualmente viene generata negli impianti elettrici appartiene alle grandi linee di trasmissione dell'energia elettrica: si arriva a diverse centinaia di migliaia di Volt.

## IL VOLTMETRO

Quasi tutte le grandezze fisiche hanno il loro strumento di misura e la tensione elettrica non fa eccezione, lo strumento per misurarla è il **voltmetro**.



VOLTMETRO PER QUADRO ELETTRICO

Ovviamente non esiste una unica tipologia di voltmetro che va bene per misurare tutte le tensioni del mondo e quindi bisogna sempre scegliere lo strumento adatto alla tensione da misurare.

D'altronde a nessuno verrebbe mai in mente di misurare la lunghezza di una autostrada con il metro da muratore, nonostante che il metro da muratore serva a misurare proprio delle lunghezze!

Nelle apparecchiature elettriche esistono oltre a livelli di tensione molto diversi anche "tipologie" di tensioni molto diverse e quindi la scelta del voltmetro è essenziale per eseguire una corretta misura.

## L'INTENSITA' DELLA CORRENTE ELETTRICA

Abbiamo detto che la corrente elettrica è un flusso di elettroni, questo flusso può essere misurato attraverso una grandezza che viene definita **intensità della corrente elettrica** e si misura in Ampère (A) in onore del fisico francese **André Marie Ampère** (1775-1836) che studiò a fondo i fenomeni dell'elettromagnetismo.



ANDRE' MARIE AMPERE

Le intensità delle correnti elettriche possono, come le tensioni, assumere valori molto diversi: la corrente assorbita da un elettrodomestico può arrivare fino a 10A, le correnti che invece scorrono all'interno di un computer sono così piccole da richiedere unità di misura come il micro-ampère ( $\mu\text{A}$ ) o addirittura il nano-ampère (nA); in caso di guasto le correnti sugli impianti elettrici possono arrivare a valori di decine di migliaia di ampère!

### L'AMPEROMETRO

Per misurare l'intensità di una corrente elettrica si usa uno strumento che si chiama **amperometro**.



AMPEROMETRO DA QUADRO ELETTRICO

Come per i voltmetri possiamo affermare che un unico strumento non può misurare tutte le correnti che si possono incontrare nelle apparecchiature elettriche e perciò la scelta dell'amperometro più adatto è fondamentale per effettuare una buona misura.

### I CARICHI ELETTRICI

Abbiamo affermato che l'energia elettrica ha moltissimi utilizzi, nasce nei generatori elettrici e va a finire dentro a moltissime apparecchiature che la usano per dare all'uomo delle utilità, queste apparecchiature nel gergo impiantistico prendono il nome di **carichi elettrici**.

Un televisore, una lavastoviglie, una lampadina sono tutti esempi di carichi elettrici che usiamo quotidianamente, per l'Ente Nazionale dell'Energia Elettrica (ENEL) anche una città oppure un'intera Regione sono dei grossi carichi elettrici.





## CARICHI ELETTRICI DOMESTICI

### I CIRCUITI ELETTRICI

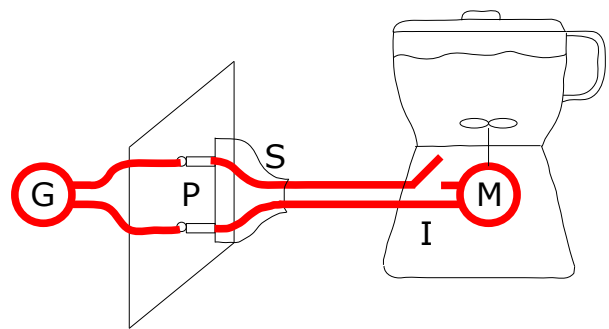
I percorsi delle correnti elettriche devono essere sempre "chiusi", gli elettroni non vengono creati o fatti sparire da nessuno, ma semplicemente fatti circolare su percorsi ad anello, l'aria come detto è un ottimo isolante e quindi qualunque interruzione del percorso metallico costituisce una ostruzione al passaggio delle correnti. Ecco perché i percorsi delle correnti vengono definiti **circuiti elettrici**, perché, come i circuiti automobilistici, sono sempre chiusi su se stessi.

### IL FRULLATORE

Tutti, ma proprio tutti, sanno far funzionare un frullatore, come? Semplice, basta accendere l'interruttore! No.... bisogna prima inserire la spina! Con queste 2 semplicissime operazioni che andrebbero fatte con ordine, prima la spina e poi l'interruttore, ognuno di noi sta costruendo un circuito elettrico che preleva energia dalla presa e la riversa sul motore del frullatore e quindi sul nostro meraviglioso frappè alla fragola! Dietro alla spina, infatti, possiamo immaginare che ci sia un generatore elettrico in grado di sviluppare una di

tensione di 220V e il nostro interruttore non è altro che un dispositivo in grado di creare (o tagliare) la continuità metallica del circuito consentendo alla corrente di scorrere nel motore elettrico all'interno del frullatore facendolo girare.

G = GENERATORE  
P = PRESA  
S = SPINA  
I = INTERRUTTORE  
M = MOTORE



### CIRCUITI ELETTRICI SBAGLIATI



Ogni carico elettrico può essere fatto funzionare come il frullatore, servono un generatore, un interruttore e poi, ovviamente, il carico.

**Attenzione** però, tutti i carichi elettrici sono costruiti per funzionare ad una determinata tensione quindi se colleghiamo una lampadina da 12V (per esempio quelle usate nelle automobili) alla presa domestica essa si brucerà all'istante, viceversa

se colleghiamo il frullatore ad una pila da 1,5 V il frullatore non funzionerà (però almeno sopravviverà).

Un altro errore che si può commettere è quello di scegliere un generatore o interruttore che non sopportano la corrente assorbita dal carico, in questo caso saranno loro a subire i danni della scelta errata. Tutte le parti elettriche degli elettrodomestici vengono realizzate e assemblate in funzione della tensione di 220V, che è più o meno costante in tutte le prese di casa, quindi i circuiti elettrici che andiamo a costruire collegando questi carichi alle prese non danno mai problemi, se invece vogliamo costruire circuiti con carichi qualsiasi e generatori di ogni genere dobbiamo fare molta attenzione agli abbinamenti che facciamo perché sbagliando potremmo danneggiare in modo irreparabile i componenti che stiamo utilizzando.

## I DATI DI TARGA

Quando dobbiamo collegare un carico elettrico ad un generatore la prima domanda che dobbiamo porci è: a che tensione deve lavorare questo carico?

La risposta alla domanda dovrebbe essere stampata da qualche parte sul carico stesso perché fa parte dei cosiddetti **dati di targa**.

I dati di targa di ogni dispositivo elettrico sono quei dati fondamentali che servono per identificarne le caratteristiche e sui dispositivi più grossi vengono stampati su una targa che resta per sempre attaccata al dispositivo stesso.

A volte purtroppo i dati di targa non sono al loro posto e perciò bisogna

reperirli sui cataloghi delle ditte costruttrici (anche via Internet) oppure sui manuali venduti assieme al dispositivo.

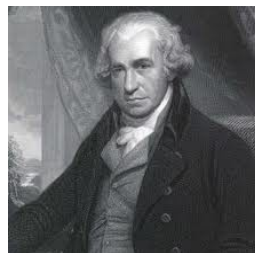
La tensione alla quale dovrebbe funzionare il carico prende il nome di **tensione nominale**.



MOTORE ELETTRICO CON TARGA

## LA POTENZA ELETTRICA

Un altro dato di targa fondamentale per i carichi elettrici è la potenza elettrica assorbita, i carichi elettrici spesso assorbono potenze diverse a seconda del loro regime di funzionamento e perciò quella che viene riportata nella targa è la cosiddetta potenza nominale, cioè la massima potenza assorbita con un regime di funzionamento "normale". L'unità di misura della potenza elettrica non è diversa da quella della potenza meccanica e si misura in Watt (W) in onore di **James Watt** (1736 - 1819) matematico e ingegnere scozzese che brevettò la prima macchina a vapore.



JAMES WATT E LA SUA MACCHINA A VAPORE

## IL LEGAME POTENZA - TENSIONE - CORRENTE

Una volta definite le tre principali grandezze elettriche coinvolte negli scambi energetici tra generatori e carichi e cioè la corrente, la tensione e la potenza definiamo ora il loro indissolubile legame.

P = potenza elettrica (W)

V = tensione elettrica (V)

I = intensità corrente elettrica (A)

$$P = V \cdot I$$

Questa formula ci dice che la potenza elettrica assorbita da un carico è data dal prodotto tra la tensione che viene applicata al carico e la corrente assorbita dal carico stesso.

Esercizio:

Un caricabatterie durante una ricarica sta fornendo ad una batteria da automobile 14V di tensione e 2A di corrente, quanta potenza elettrica sta erogando?

Soluzione:

Essendo:

$$P = V \cdot I$$

$$P = 14 \cdot 2 = 28W$$

Esercizio:

Una lampadina per auto ha una tensione di funzionamento di 12V e una potenza di 60W quanta corrente assorbe la lampadina?

Soluzione:

Invertendo la formula della potenza si ottiene che:

$$I = P/V$$

quindi:  $I = 60/12 = 5A$

## IL WATTMETRO

Per misurare la potenza elettrica usa uno strumento che si chiama **wattmetro**.

Esso è l'insieme di un amperometro e di un voltmetro e al suo interno è in grado di fare il prodotto delle 2 grandezze misurate per ottenere la potenza elettrica.



WATTMETRO DA LABORATORIO

## LA LEGGE DI OHM E LA RESISTENZA ELETTRICA

Una delle più famose leggi dell'elettrotecnica prende il nome del fisico tedesco **Georg Simon Ohm** (1789 – 1854) che ne fu lo scopritore dopo lunghi studi sulle correnti elettriche.



GEORG SIMON OHM

La legge di Ohm mette in relazione la tensione e la corrente su un conduttore elettrico attraverso l'introduzione di un nuovo parametro: la **resistenza elettrica**.

In pratica Ohm si accorse che vi è una proporzionalità tra la tensione applicata ad un conduttore e la corrente assorbita da esso e che questa proporzionalità è, entro certi limiti, costante.

La resistenza elettrica è dunque il coefficiente di proporzionalità tra la tensione e la corrente assorbita da un conduttore, essa si misura in Ohm ( $\Omega$ ):

$R$  = resistenza elettrica ( $\Omega$ )

$V$  = tensione elettrica (V)

$I$  = intensità corrente elettrica (A)

$$R = \frac{V}{I}$$

Il termine "resistenza" si riferisce al fatto che più essa è elevata e meno corrente si riesce a sviluppare all'interno di un conduttore a parità di tensione applicata quindi in qualche modo essa rappresenta la "resistenza" al passaggio della corrente.

Esercizio:

La resistenza di un forno elettrico ha una tensione di funzionamento di 200V e una potenza di 1000W quanto vale la resistenza della resistenza? (gioco di parole intenzionale)

Soluzione:

dalla formula della potenza elettrica si ottiene che:

$$I = P/V$$

quindi:  $I = 1000/200 = 5A$

questa è la corrente assorbita dalla

resistenza elettrica

$$R = V/I$$

$R = 200/5 = 40\Omega$  resistenza elettrica della resistenza del forno

## L' OHMETRO

Per misurare la resistenza elettrica si usa l'**ohmetro**.

Esso è l'insieme di un voltmetro e di un amperometro e al suo interno è in grado di fare il rapporto delle 2 grandezze misurate per ottenere la resistenza elettrica.

Di solito, il generatore che viene impiegato per produrre la corrente di misura è costituito da batterie all'interno dello strumento stesso che devono sempre essere tenute in buono stato, altrimenti la misura non sarà corretta.



OHMETRO DIGITALE

## LA RESISTENZA DEL CORPO UMANO

Definire una resistenza per il corpo umano è alquanto difficile perché essa dipende da molti fattori fra i quali molto importante è la tipologia di contatto che si stabilisce tra un circuito elettrico e il corpo stesso. Ad esempio il contatto a secco di un dito su un filo elettrico sottile presuppone una resistenza di diverse migliaia di ohm mentre il contatto "bagnato" di un piede a mollo nell'acqua su cui si immerge anche

un filo elettrico sviluppa solo poche centinaia di ohm.

Si è però convenuto a livello normativo di definire almeno un valore medio per la resistenza elettrica del corpo umano esso corrisponde a 1000  $\Omega$ .

Esercizio:

La resistenza elettrica del corpo umano è stimata attorno ai 1000  $\Omega$ , quanta corrente passa nel corpo umano quando è sottoposto alla tensione di 220V?

Soluzione:

Invertendo la formula della resistenza si ottiene che:

$$I = V/R$$

quindi:  $I = 220/1000 = 0.22A = 220mA$

Le correnti elettriche che si stimano "potenzialmente pericolose" per l'uomo sono quelle al di sopra dei 10mA, come è intuibile per creare danni all'organismo è determinante anche la durata del contatto elettrico, una corrente di 20-30mA diventa pericolosa solo dopo diversi secondi di contatto, mentre una corrente di 220mA diventa pericolosa anche se dura qualche frazione di secondo.

A molte persone è capitato di avere a che fare con una scossa elettrica da 220V, anche all'autore di questo testo, se siamo riusciti a raccontarlo è per la fortuna di aver avuto un contatto molto limitato nel tempo, ad altre persone più sfortunate è andata peggio.

## IL MULTIMETRO

Ogni mestiere ha i suoi strumenti di misura, potreste immaginare un muratore senza il "suo" precisissimo

metro? Oppure un meccanico senza il suo Calibro con la C maiuscola? L'elettricista ha a disposizione uno strumento dalle mille risorse (e dai mille prezzi) il multimetro, molte volte soprannominato tester.



MULTIMETRO ANALOGICO



MULTIMETRO DIGITALE

Come si vede un multimetro dispone sempre di un display analogico (a lancetta) oppure digitale (con cifre numeriche) e 2 puntali.

Il display indica la misura che si sta effettuando e i puntali servono per inserire lo strumento nel circuito elettrico su cui vogliamo misurare le grandezze con i criteri che indicheremo più avanti.

Il multimetro può sempre fare almeno tre funzioni: Voltmetro, Amperometro, Ohmetro.

Alcuni tester hanno anche altre funzioni, ma di solito costano di più e rispondono ad esigenze particolari che noi non indagheremo.

Sulle tre funzioni di base possiamo dire che ogni tester ha a disposizione diverse **scale**.

Come ricorderete non esiste un amperometro o un voltmetro che possano misurare tutte le correnti e le tensioni possibili, nei multimetri al posto di cambiare strumento se la grandezza da misurare è troppo grande o troppo piccola si cambia scala.

La scala è il massimo valore della grandezza che può essere misurata. Per esempio se dobbiamo misurare una corrente che si aggira intorno ai 5mA dovremmo usare la scala dei 10-20mA, se usassimo la scala dei 10A il tester non funzionerà, viceversa se provassimo a misurare una corrente di 7A sulla scala dei 20mA rischieremmo di danneggiare lo strumento.

In molti casi i multimetri hanno delle protezioni interne per salvarli dagli elettricisti maldestri che li mettono a rischio impostando male le scale, ma in ogni caso per fare una buona misura bisogna sempre adottare la scala giusta.

Un'altra scelta che bisogna sempre effettuare nei multimetri prima di effettuare la misura dipende dal tipo di corrente o tensione che dobbiamo valutare.

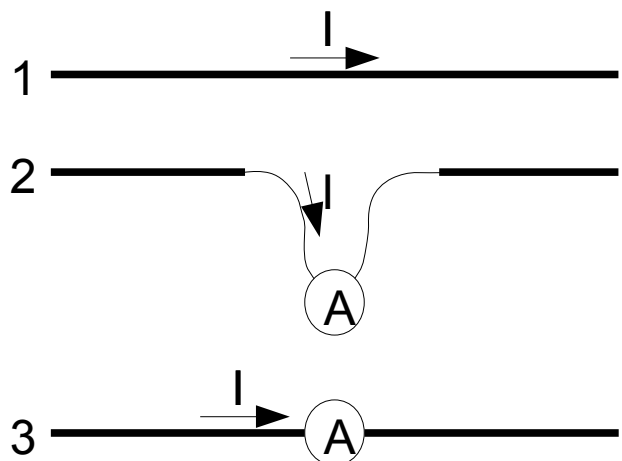
Abbiamo già accennato al fatto che esistono generatori di tensioni "continue" e generatori di tensioni "alternate", a seconda del generatore presente nel circuito che stiamo indagando dovremo sempre scegliere se stiamo misurando grandezze continue (DC o Direct Current) o alternate (AC o Alternating Current). Vi ricordate il gruppo rock AC/DC? Il loro nome ha origini elettrotecniche! Per ciò che riguarda le misure di resistenza possiamo dire che sui multimetri analogici la scala si sceglie impostando delle strane

sigle: x1, x10, x100, x1000; esse vogliono dire che il valore letto sul display a lancetta va moltiplicato per 1,10,100,1000 per ottenere la misura di resistenza, quindi se devo misurare resistenze alte userò la scala x1000 mentre con resistenze basse userò la scala x1.

Tutte le selezioni si impostano di solito con un manopolone posto al centro del multimetro e inoltre bisogna spostare gli attacchi dei puntali sulle opportune sedi predisposte per ogni tipo di misura.

## LA MISURA DELLA CORRENTE

Adesso che abbiamo a disposizione uno strumento tutto fare dobbiamo imparare ad usarlo, e per farlo cominceremo dalla misura dell'intensità della corrente elettrica. Essendo la corrente elettrica è un flusso di elettroni attraverso un conduttore (figura 1) per misurarla dobbiamo interporre in questo flusso lo strumento di misura e quindi dovremo tagliare il conduttore, inserire i puntali del multimetro e far passare la corrente dentro al multimetro in modo che esso sia in grado di rilevarla (figura 2).



Nella figura 3 è riportato il corretto disegno per schematizzare l'inserzione di un amperometro su di un conduttore, come si vede si usa un **simbolo grafico** ben preciso per schematizzare l'amperometro; anche la freccia con l'indicazione della corrente  $I$  è un simbolo grafico. L'inserzione dell'amperometro fatta in questo modo si dice "in serie" perché lo strumento viene attraversato dalla stessa corrente che interessa il carico. Essendo scomodo il taglio del conduttore e il successivo inserimento del multimetro è stato inventato uno strumento molto interessante: **la pinza amperometrica**



PINZE AMPEROMETRICHE



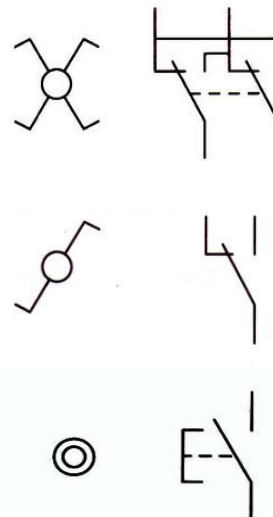
La pinza viene posizionata in modo da "abbracciare" il conduttore e così senza tagliarlo o scollegarlo può misurare la corrente che ci passa dentro.

## I SIMBOLI GRAFICI

In elettrotecnica i simboli grafici sono essenziali per disegnare gli schemi elettrici, essi sono la rappresentazione semplificata di ogni dispositivo elettrico, strumenti di misura, condutture, generatori, etc. Vengono usati perché se usassimo il disegno "fisico" dei dispositivi elettrici gli schemi diventerebbero troppo estesi e onerosi da stilare. Come abbiamo visto precedentemente l'amperometro che per noi può essere considerato il multimetro correttamente impostato viene schematizzato con un cerchio dentro al quale si trova la A di ampère.

Il simbolo grafico è molto più semplice del disegno "fisico" del multimetro e quindi il disegno è semplicissimo.

I simboli grafici sono codificati dalle normative del settore elettrico e quindi non ci si può inventare nulla, vanno semplicemente appresi ed utilizzati nei disegni.



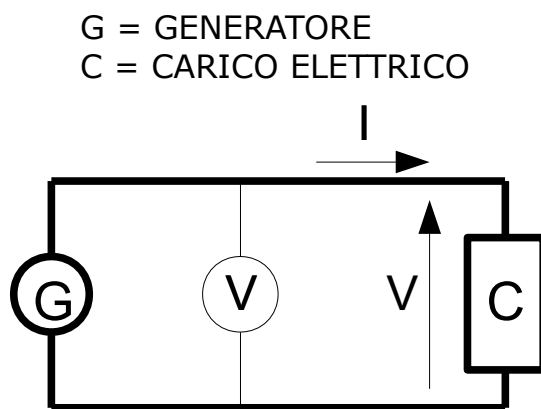
ESEMPI DI SIMBOLI GRAFICI PER SCHEMI ELETTRICI

## LA MISURA DELLA TENSIONE

La tensione elettrica è l'energia che posseggono gli elettroni in uscita da un generatore, questa energia essi la conservano finché non viene "scaricata" dentro ad un carico.

Per misurarla dobbiamo far finta che il multimetro che stiamo utilizzando sia un carico elettrico, in questo modo esso riuscirà a "sentire" la tensione e misurarla.

Dobbiamo posizionare i puntali del multimetro sui due punti in cui viene erogata la tensione elettrica (di solito i 2 conduttori di andata e ritorno della corrente) ed esso misurerà tale tensione.



Come si vede dallo schema il voltmetro sente la tensione che è presente sul carico elettrico perché lui stesso diventa un carico elettrico al quale è imposta tale tensione dal generatore.

L'inserzione del voltmetro fatta in questo modo si dice "in parallelo" perché lo strumento viene sottoposto alla stessa tensione che interessa il carico.

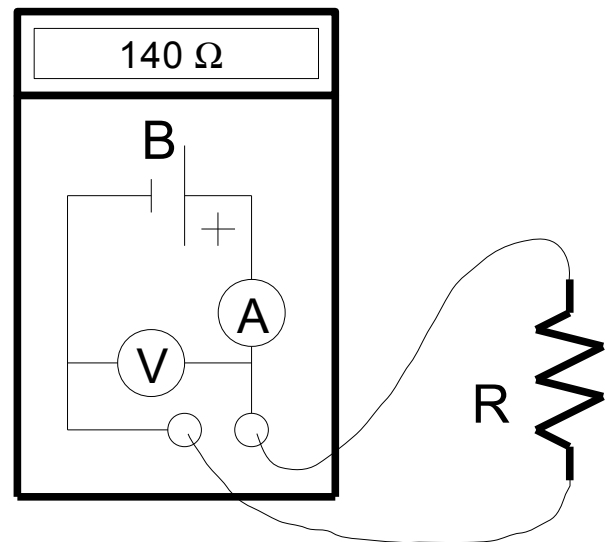
La tensione elettrica in generale può essere misurata fra due punti qualsiasi di un circuito elettrico, quindi non è necessario posizionarsi ai capi di un carico o di un generatore, il significato di tali misure sta a volte nella ricerca di

guasti oppure nella valutazione di errori nei collegamenti elettrici, in questi casi il multimetro è uno strumento indispensabile!

## LA MISURA DELLA RESISTENZA ELETTRICA

La resistenza elettrica è il rapporto tra la tensione applicata ad un conduttore e la corrente che circola in esso a causa di tale tensione. Tutti i multimetri hanno una batteria interna che usano per erogare la tensione ai conduttori nel momento in cui si vuole effettuare una misura di resistenza, il multimetro rileverà la corrente erogata e sarà in grado di effettuare il rapporto tensione-corrente misurando la resistenza.

B = BATTERIA MULTIMETRO  
R = RESISTENZA



La misura di resistenza che si può effettuare con un multimetro non può essere considerata di altissima precisione, ma il più delle volte agli elettricisti serve una stima della resistenza, non una misura precisa. Con il multimetro ad esempio si può indagare la continuità metallica di un

circuito oppure il danneggiamento di un dispositivo, in questi casi è sufficiente distinguere solo se la resistenza è molto piccola (frazioni di ohm) o molto grande (migliaia di ohm), la precisione della misura è ininfluente.

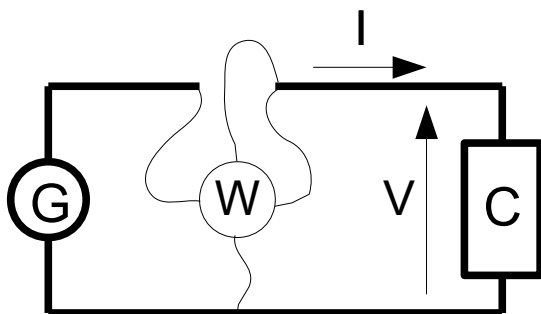
## LA MISURA DELLA POTENZA ELETTRICA

Pochi multimetri sono in grado di misurare la potenza elettrica e sono tutti piuttosto costosi. Il motivo è che il wattmetro è uno strumento sofisticato e quindi non implementabile in uno strumento da pochi soldi.

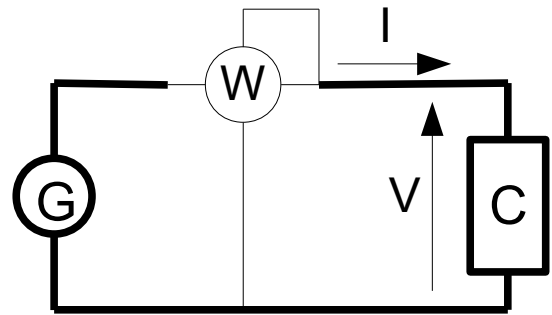
In ogni caso è interessante descrivere il collegamento di un wattmetro per capirne anche la funzionalità.

Essendo la potenza elettrica data dal prodotto tra tensione e corrente il wattmetro va inserito nel circuito come se fosse l'unione di un voltmetro e un amperometro:

G = GENERATORE  
C = CARICO ELETTRICO



Come si vede il wattmetro ha 4 poli da collegare: 2 amperometrici da inserire in serie al carico e 2 voltmetrici da inserire in parallelo. Lo schema corretto di inserzione è il seguente:

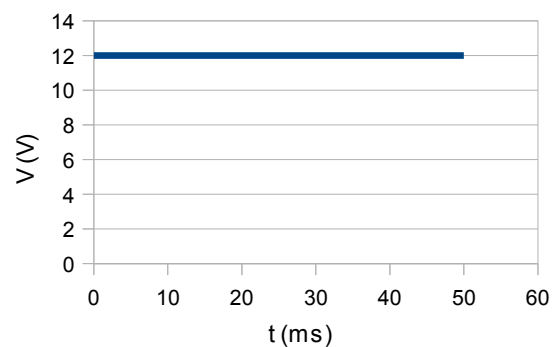


La potenza elettrica potrebbe essere misurata anche con due strumenti separati, un voltmetro e un amperometro, ma solo con grandezze elettriche "continue" e non con grandezze "alternate".

## TENSIONI CONTINUE E ALTERNATE

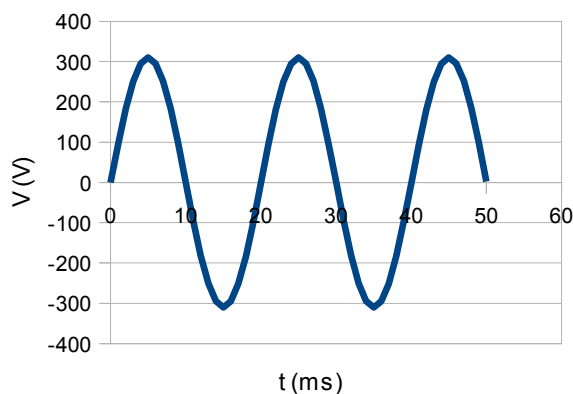
Abbiamo già detto che alcuni generatori elettrici producono tensioni "continue" mentre altri producono tensioni "alternate". La differenza tra queste due tipologie di tensioni risiede nel comportamento che hanno tali grandezze al variare del tempo.

Le tensioni continue rimangono costanti nel tempo e quindi se visualizziamo il loro andamento in un diagramma il risultato è il seguente:



TENSIONE CONTINUA RILEVABILE SU UNA BATTERIA PER AUTOMOBILE

Le tensioni alternate variano continuamente nel tempo e "alternano" valori positivi e valori negativi; se visualizziamo il loro andamento in un diagramma il risultato è il seguente:



### TENSIONE ALTERNATA RILEVABILE SU UNA PRESA DOMESTICA (220V)

Guardando il primo diagramma possiamo affermare senza dubbio che il valore di tensione di una batteria per automobile è di 12V mentre è più difficile capire come la tensione del secondo diagramma venga definita di 220V quando in realtà essa varia continuamente da un valore massimo che oltrepassa i 300V fino a zero e poi assume valori negativi.

Il valore solitamente usato per identificare una tensione alternata viene chiamato **valore efficace** e corrisponde al valore che dovrebbe avere una tensione continua per produrre gli stessi effetti "energetici" della tensione alternata in questione. Una tensione alternata anche se ha dei picchi molto alti (oltre 300V) presenta degli istanti in cui è nulla o molto piccola e quindi il suo effetto dal punto di vista del trasferimento di energia ad un carico equivale a una tensione continua minore (attorno ai 220V).

Se dobbiamo misurare il valore

efficace di una tensione alternata dovremo scegliere un voltmetro adeguato oppure impostare il multimetro sulle misure "in alternata" mentre se dobbiamo misurare il valore costante di una tensione continua dovremo impostare il multimetro sulle misure "in continua".

## LA FREQUENZA

Le tensioni alternate hanno delle oscillazioni molto veloci, nelle prese domestiche si verifica una oscillazione completa ogni 20 millisecondi.

In questo caso è molto importante il concetto di **frequenza** della tensione che deriva proprio dalla velocità delle oscillazioni: più le oscillazioni sono veloci e più la frequenza è alta. La frequenza di una tensione alternata si misura in Hertz (Hz) in onore del fisico tedesco **Heinrich Rudolf Hertz** (1857-1894) che per primo dimostrò l'esistenza delle onde elettromagnetiche.



HEINRICH RUDOLF HERTZ

Essa è legata al **periodo** T con cui la tensione alternata compie una oscillazione completa secondo la formula seguente:

f = frequenza (Hz)

T = periodo di una oscillazione (s)

$$f = \frac{1}{T}$$

Esercizio:

La tensione rilevata su una presa domestica compie una oscillazione completa ogni 20 ms quanto vale la sua frequenza?

Soluzione:

Essendo:

$$f = 1/T$$

$$f = 1/0,02 = 50 \text{ Hz (20 millisecondi corrispondono a 0,02 secondi)}$$

Esercizio:

L'immagine sullo schermo di un computer viene aggiornata con una frequenza di 100 Hz determinare l'intervallo di tempo tra 2 aggiornamenti dell'immagine

Soluzione:

Essendo:

$$\begin{aligned} f &= 1 / T \text{ invertendo la formula} \\ T &= 1 / f = 1 / 100 = \\ &= 0,01 \text{ s} = 10 \text{ ms} \end{aligned}$$

## L' OSCILLOSCOPIO

Esiste uno strumento in grado visualizzare su un piccolo schermo tutte le oscillazioni che una tensione compie nel tempo e quindi di evidenziare se essa è di tipo continuo oppure alternato e di valutarne l'ampiezza e la frequenza, questo strumento prende il nome di **oscilloscopio**.

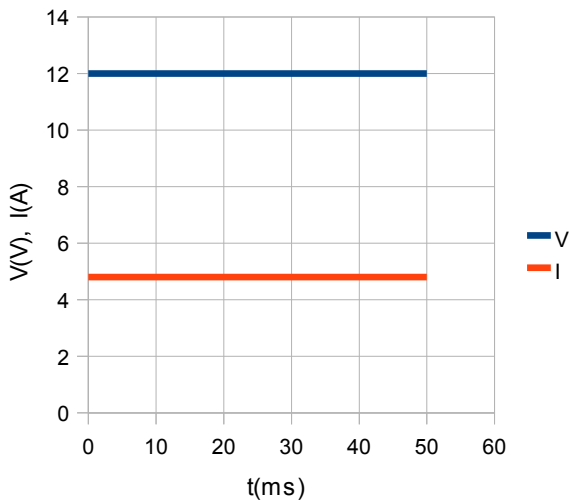


## OSCILLOSCOPIO

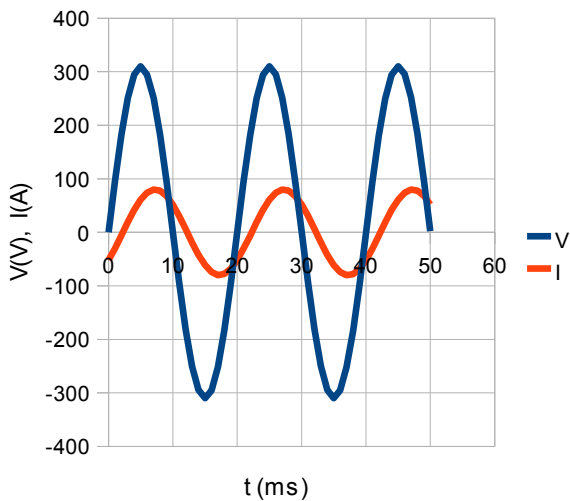
L'oscilloscopio è uno strumento sofisticato, costoso e difficile da usare, però è indispensabile tutte le volte che abbiamo dei dubbi sulla natura di una tensione e su come essa si comporta nel tempo. Se non conosciamo con esattezza l'andamento di una tensione e ci limitiamo a misurarne il valore con il multimetro possiamo andare incontro a grossi errori di misura. Il multimetro infatti misura bene solo alcune tipologie di tensioni che sono quelle standard, ma soprattutto nei dispositivi elettronici le tensioni elettriche che si possono incontrare sono valutabili solo con multimetri molto sofisticati oppure con l'oscilloscopio.

## CORRENTI CONTINUE E ALTERNATE

Anche le correnti possono essere di tipo continuo e di tipo alternato. Nei carichi ordinari possiamo affermare che le tensioni continue producono correnti continue mentre le tensioni alternate producono correnti alternate. Esistono carichi che modificano la tipologia delle correnti rispetto alle tensioni applicate ma il loro studio è piuttosto complicato ed esula dagli scopi di questo corso



TENSIONE E CORRENTE CONTINUE  
SU UNA LAMPADINA AUTO



TENSIONE E CORRENTE ALTERNATE  
SU UN MOTORE ELETTRICO

Come si vede dal secondo diagramma la corrente alternata assorbita da un carico elettrico ha la stessa frequenza della tensione ma risulta spesso "spostata" rispetto a quest'ultima.

In pratica l'istante in cui diventa nulla la tensione è diverso dall'istante in cui diventa nulla la corrente.

Si dice in questi casi che la corrente è **sfasata** rispetto alla tensione e l'entità di questo sfasamento si misura con un angolo detto appunto

### angolo di sfasamento $\phi$ .

Lo sfasamento elettrico tra tensioni e correnti alternate introduce delle caratteristiche particolari ai circuiti che lavorano con queste grandezze e rende il loro studio più complicato rispetto ai circuiti che lavorano con grandezze continue.

Ecco perchè lo studio dei circuiti elettrici inizia di solito dai circuiti in corrente continua, sono più semplici. Molte leggi e principi dell'elettrotecnica sono validi sia per i circuiti in corrente continua che per quelli in corrente alternata.

Questi ultimi però sono molto più diffusi e quindi è necessario studiarli a fondo per capirne le caratteristiche.