

ELETTROTECNICA:

①

Iniziamo a studiare elettrotecnica definendo il concetto di **circuito elettrico**. Per circuito elettrico si intende una interconnessione di elementi elettrici. Quando si studia elettrotecnica, esistono due grandezze elettriche fondamentali con cui bisogna avere a che fare e sono:

1) **corrente elettrica**

2) **tensione elettrica**

Prima di definire queste due grandezze elettriche definiamo il sistema di misura che verrà adottato in tutto il corso. Tale sistema viene chiamato **sistema internazionale (S.I.)** stabilito nel 1960 alla **conferenza dei pesi e delle misure** e consta di sette grandezze fisiche con le rispettive unità di misura:

GRANDEZZA	UNITÀ DI MISURA
Tempo	secondi (s)
massa	Chilogrammi (kg)
lunghezza	metri (m)
Temperatura	Kelvin (K)
Corrente elettrica	Ampere (A)
Quantità di sostanza	Mole (mol)
za.	
Intensità luminosa	Candela (cd)

Queste sette grandezze fisiche vengono dette **grandezze fondamentali**. Tutte le altre grandezze fisiche invece vengono dette **grandezze derivate**. Per definire la corrente elettrica dobbiamo definire il concetto di **carica elettrica** come quella proprietà della particella che costituisce la materia. L'unità di misura della carica elettrica è il **Coulomb (C)**. La **corrente elettrica** invece è la velocità di variazione nel tempo della carica e si misura in **Ampere (A)**. Per definizione si ha:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Quindi la corrente elettrica è la derivata della carica rispetto al tempo. Si noti innanzitutto che la carica elettrica è una **grandezza quantizzata**, ossia è una grandezza che ha soltanto valori multipli interi della carica elementare che per definizione è:

$$e = -1,608 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

②

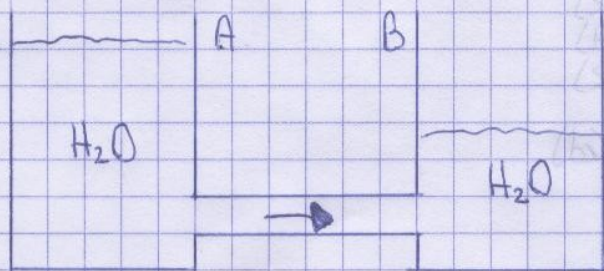
Si noti inoltre che la carica di 1 Coulomb è rilevante. Spesso, in laboratorio, si osservano cariche dell'ordine dei μC , pC , mC .

Infine è bene ricordare che vale la **legge di conservazione della carica**, la quale afferma che una carica elettrica non si crea e non si distrugge ma si trasforma. La carica totale trasferita ha e' istante iniziale t_0 e e' istante finale t_f e' data da:

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow i \cdot dt = dq \Rightarrow \int_{t_0}^{t_f} i \cdot dt = \int dq$$

$$q = \int_{t_0}^{t_f} i \cdot dt$$

Per noi la corrente e' un flusso di elettroni. Per poter muovere questi elettroni, e' necessario che lavoro fornito da una sorgente esterna, come per esempio una batteria. Consideriamo, a titolo di esempio, due serbatoi di acqua, collegati da un tubo:

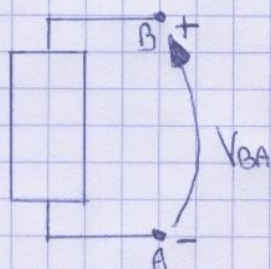


Supponiamo che il livello di acqua nel serbatoio A sia uguale al livello di acqua presente nel serbatoio B. Allora non esiste differenza di quota e quindi non c'e' movimento di acqua tra i due serbatoi. Ricerchiamo se il serbatoio A ha più acqua del serbatoio B, allora si instaura tale movimento di acqua dal serbatoio A verso il serbatoio B. Quindi per ottenere tale movimento e' necessaria una differenza di altezza dell'acqua dei serbatoi (fenomeno dei **vasi comunicanti**). Negli impianti elettrici al posto del tubo c'e' il cavo elettrico e al posto dell'acqua c'e' la corrente elettrica. La differenza non e' più nell'altezza ma nel **potenziale elettrico**. Questa **differenza di potenziale (d.d.p.)** prende il nome di **tensione**. Quindi la tensione tra due punti A e B di un circuito necessaria per spostare una carica elettrica e' data da:

$$V_{AB} = \frac{L}{q}$$

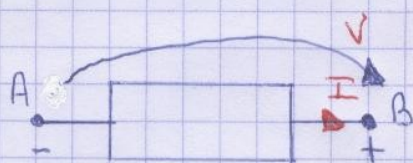
dove L e' l'energia in joule (J) e q e' la carica.

La tensione si misura in volt (V). Quindi la tensione è l'energia necessaria a spostare una carica unitaria attraverso un elemento. Se aumentiamo la tensione aumenta l'intensità di corrente. Vale per la pila e per ai capi una tensione di 220 Volts. Solitamente gli elementi elettrici vengono rappresentati mediante scatole nere (black-box) nel seguente modo:



L'elemento raffigurato è un **bipolo** ossia un elemento a due poli (morsetti). Un polo è positivo mentre l'altro è negativo.

Un bipolo è un **generatore** quando eroga potenza elettrica, o meglio quando la corrente esce dal morsetto '+'. Viceversa, il bipolo è un **utilizzatore** quando la corrente esce dal morsetto '-'.



GENERATORE



UTILIZZATORE

Si può anche dire che tra i punti A e B c'è una **caduta di tensione**. Vediamo qualche esempio. Supponiamo di voler calcolare la corrente totale entrante in un elemento con:

$$q = 5t \sin \frac{1}{2} \pi t \text{ C}$$

Abbiamo:

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow i = 5 \sin \frac{1}{2} \pi t + 5t \cos \frac{1}{2} \pi t \cdot \frac{1}{2} \pi$$

Supponiamo invece di voler calcolare la carica totale entrante tra $t_1 = 1s$ e $t_2 = 2s$, con:

$$i = 3t^2 + 5$$

Abbiamo:

$$\begin{aligned} i &= \frac{dq}{dt} \Rightarrow i dt = dq \Rightarrow q = \int_{1s}^{2s} (3t^2 + 5) dt = \\ &= \int_1^2 3t^2 dt + 5 \int_1^2 dt = \left[\frac{3t^3}{3} \right]_1^2 + 5[t]_1^2 = (8-1) + 5(2-1) = \\ &= 12 \text{ C} \end{aligned}$$

4

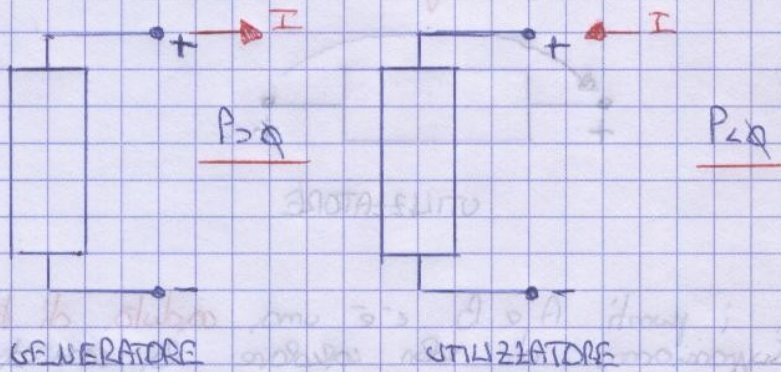
Un'altra grandezza elettrica fondamentale è la **potenza elettrica**. Per definizione la **potenza elettrica** è la rapidità di assorbimento o di emissione di energia nel tempo. Essa si misura in **Watt (W)**. Formalmente si ha:

$$P = \frac{dE}{dt}$$

Per:

$$P = \frac{dE}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = V \cdot i$$

Quindi la **potenza elettrica** è il prodotto della tensione per la corrente. Pertanto per quanto riguarda gli utilizzatori si parla di **potenza assorbita**, mentre per quanto riguarda i generatori si parla di **potenza erogata**.



Il **principio di conservazione dell'energia** deve essere sempre soddisfatto da tutti i circuiti elettrici. Per questo motivo, la **somma algebrica della potenza** in un circuito è nulla.

$$\sum P = 0$$

Quindi la **potenza totale** fornita da un generatore è uguale alla **potenza assorbita** dai vari utilizzatori. Quanto detto va sotto il nome di **teorema di Tellegen**. Dalla precedente relazione si ha che:

$$P = \frac{dE}{dt} \Rightarrow dE = P dt \Rightarrow E = \int_{t_0}^t P dt = \int_{t_0}^t V \cdot i dt$$

Indichiamo con E l'energia, la capacità di eseguire lavoro. L'unità di misura dell'energia è il **joule (J)**. Spesso le aziende produttrici di energia elettrica misurano l'energia in **Kilowattora (kWh)**. Si ricordi che:

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$$

Vediamo ora qualche esempio:

- 1) Abbiamo una sorgente di energia che fa scorrere una corrente di 3 A per 10 s . Se tale sorgente eroga una potenza di 3 kW , calcoliamo la tensione:

$$\Delta q = i \Delta t = 3 \cdot 10 = 30 \text{ C}$$

La tensione è:

$$V = \frac{\Delta E}{\Delta q} = \frac{3 \cdot 10^3}{30} = 100 \text{ V}$$

- 2) Vogliamo sapere quanta energia consuma una lampadina da 100 W in tre ore:

$$P = V \cdot i \Rightarrow V = \frac{\Delta E}{\Delta q} \Rightarrow P = \frac{\Delta E}{\Delta q} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$P \cdot dt = dE \Rightarrow \int dE = \int_{0}^t P dt$$

Quindi:

$$E = P \cdot t = 100 \text{ W} \cdot 3 \cdot 3600 \text{ s} = 1080 \text{ kJ}$$

Analizziamo ora gli elementi principali presenti in un circuito elettrico. Il primo elemento circuitale che analizziamo è il **generatore ideale di tensione**, il cui simbolo circuitale viene riportato in figura:



Un generatore ideale di tensione è un elemento che mantiene la tensione ai suoi capi in maniera indipendente dalle altre variabili del circuito. Analogamente un **generatore ideale di corrente**, il cui simbolo circuitale è il seguente:



⑥

mantiene una corrente in maniera indipendente dalle altre grandezze in gioco.

I due elementi circuitali appena accennati sono dei generatori. Invece il elemento che ora analizziamo è un utilizzatore. Tutti i materiali manifestano la proprietà di opporsi al flusso di cariche elettriche. Tale proprietà è nota con il termine di **resistenza** e si indica con R . Si noti che:

$$R = \frac{\rho \ell}{A}$$

dove ρ è la **resistività** di un materiale, e si misura in ohm-metro (ohm-centimetro), R è la resistenza che si misura in **ohm**, ℓ è la lunghezza del componente e A è l'area della sua sezione.



$$1 \text{ ohm} = 1 \text{ ohm-metro} \frac{\text{metro}}{\text{metro}^2}$$

Grossolanamente possiamo suddividere i materiali in:

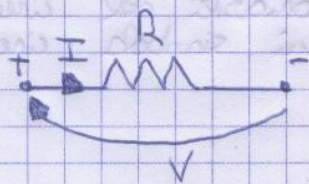
- 1) **conduttori**
- 2) **semiconduttori**
- 3) **isolanti**

La resistività è proprio quel parametro su cui viene effettuata la precedente categorizzazione. Infatti:

- per gli isolanti $\rho > 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$
- per i conduttori $\rho < 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$
- per i semiconduttori ρ ha valori compresi tra quelli degli isolanti e quelli dei conduttori.

NB: $\rho = \text{ohm}$

L'elemento circuitale usato per rappresentare il fenomeno della resistenza è il **resistore**, il cui simbolo circuitale è il seguente:



Esiste una sola legge che lega la tensione ai capi di un resistore con la corrente che lo attraversa e con la resistenza. Questa legge è la **legge di Ohm** la quale afferma che la tensione su un resistore è direttamente proporzionale alla corrente che lo attraversa.

$$V \propto I$$

La costante di proporzionalità è proprio R . Formalmente la legge di Ohm è:

$$V = R \cdot I$$

Il valore di R può anche assumere valori estremi. Per esempio per $R = 0$ si ha un **corto circuito** e quindi:

$$V = R \cdot I = 0$$

Quindi la tensione è nulla qualunque sia la corrente. Analogamente se $R = \infty$, si ha un **circuito aperto** e quindi:

$$I = \lim_{R \rightarrow \infty} \frac{V}{R} = 0$$

Entrando in un circuito aperto la corrente è nulla. Un resistore può essere di due tipi:

- 1) resistore fisso
- 2) resistore variabile

In un resistore fisso la resistenza R è costante. Esistono fondamentalmente due tipi di resistori fissi:

- 1) resistore ad avvolgimento
- 2) resistore a film di carbone

In un resistore variabile invece la resistenza R varia, o meglio è regolabile. Il simbolo circuitale è il seguente:



oppure per il **potenziometro**:

