

# I CARICHI IN SERIE E IN PARALLELO

In questa lezione apprendiamo:

- che cosa sono i carichi in serie
- che cosa sono i carichi in parallelo
- alcuni concetti sulle leggi di Ohm

## I carichi in serie

In un circuito elettrico possono essere inserite una o più resistenze o carichi utilizzatori della corrente (lampadine, stufe, radio, televisione, tostapane ecc.). Le resistenze possono essere disposte **in serie** o **in parallelo**.

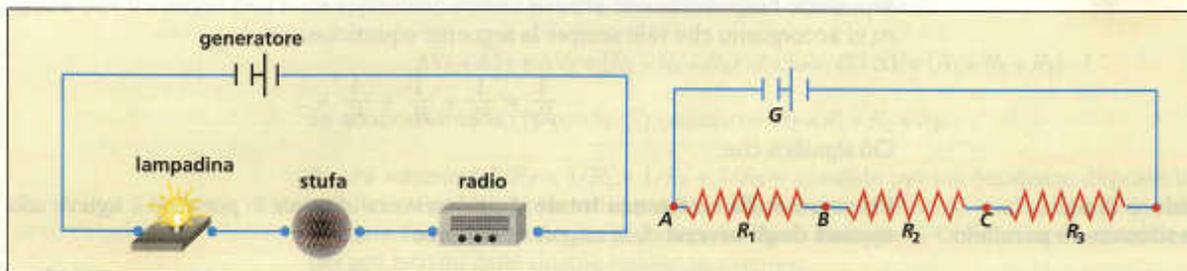
Occupiamoci prima delle resistenze disposte in serie.

Resistenze disposte in serie

pr. 229

Diremo che due o più resistenze sono **disposte in serie** quando sono poste l'una di seguito all'altra e sono attraversate dalla stessa intensità di corrente.

Per esempio, nella fig. 1 le resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  sono attraversate dalla stessa intensità di corrente  $I$  che esce dal generatore  $G$ . Se vogliamo calcolare la resistenza totale incontrata da tale corrente, dobbiamo procedere nel modo seguente.



1. Carichi in serie. La resistenza complessiva di più carichi collegati in serie è la somma delle singole resistenze ( $R_T = R_1 + R_2 + R_3$ ).

Misuriamo con un amperometro la corrente  $I$  e con un voltmetro la differenza di potenziale  $\Delta V$  fornita dal generatore. Se calcoliamo il rapporto  $\Delta V/I$  troveremo il valore della resistenza  $R_T$  incontrata dalla corrente  $I$ , cioè della resistenza dell'intero circuito. Se a questo punto confrontiamo il valore di  $R_T$  con i valori di  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , ci accorgiamo che, a meno di una piccola differenza,  $R_T$  è proprio la somma di  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ . Ripetendo l'esperienza con altre resistenze, qualunque sia il loro valore e il loro numero, troveremo che vale sempre la seguente equazione:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Ciò significa che:

Resistenza totale di più resistenze

la **resistenza totale** di più resistenze disposte **in serie** è data dalla **somma delle singole resistenze**.

In tale somma andrebbe compresa anche la resistenza interna del generatore. Ma quest'ultima, in genere, ha un valore trascurabile rispetto a quello delle resistenze dei carichi utilizzatori.

## I carichi in parallelo

p 231

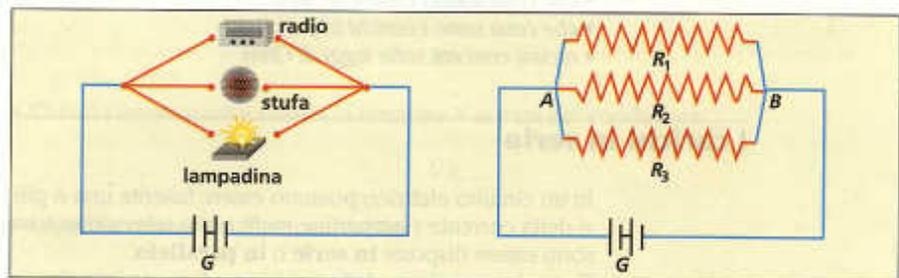
### Resistenze disposte in parallelo

2. Carichi in parallelo.  
L'inverso della resistenza totale di più carichi collegati in parallelo è uguale alla somma degli inversi delle singole resistenze ( $1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ ).

Occupiamoci ora delle resistenze disposte in parallelo o, come anche si dice, in derivazione.

Diremo che due o più resistenze sono **disposte in parallelo** quando hanno in comune gli estremi e presentano agli estremi la stessa differenza di potenziale (fig. 2).

Per trovare la resistenza totale  $R_T$  procediamo come nel caso precedente.



Misuriamo con un amperometro la corrente  $I$  che esce dal generatore e con un voltmetro la differenza di potenziale  $\Delta V$  da esso fornita. Calcolando il rapporto  $\Delta V/I$  troveremo il valore di  $R_T$ . Confrontando il valore di  $R_T$  con i valori di  $R_1, R_2$  e  $R_3$ , ci accorgiamo che tra le grandezze in questione esiste la seguente relazione:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ripetendo l'esperienza con altre resistenze, qualunque sia il loro valore e il loro numero, ci accorgiamo che vale sempre la seguente equazione:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Ciò significa che:

### Valore di più resistenze in parallelo

**l'inverso della resistenza totale di più resistenze disposte in parallelo è uguale alla somma degli inversi delle singole resistenze.**

## Considerazioni sulle leggi di Ohm

1. Alla relazione  $R_T = R_1 + R_2 + R_3 \dots$ , valida per più resistenze disposte in serie, si può giungere anche applicando la legge di Ohm, sia all'intero circuito, sia agli estremi delle singole resistenze.

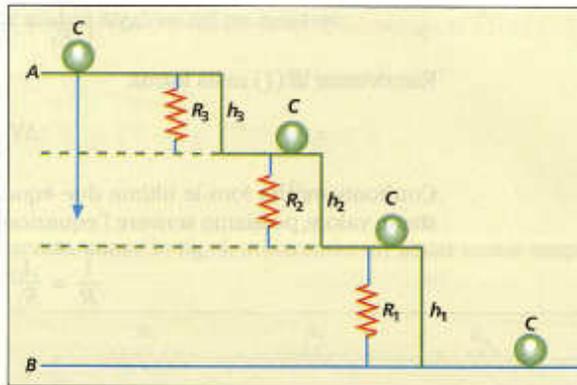
Riconsideriamo il circuito illustrato nella fig. 2. Chiamiamo  $\Delta V$  la differenza di potenziale fornita dal generatore e  $\Delta V_1, \Delta V_2$  e  $\Delta V_3$  le differenze di potenziale relative agli estremi delle singole resistenze  $R_1, R_2$  e  $R_3$ . Osserviamo che vale la relazione:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$$

Facciamo un esempio (fig. 3). La sferetta  $C$ , spostandosi dal punto  $A$  al punto  $B$ , subisce una variazione di energia potenziale gravitazionale uguale a  $F_p \cdot h$ . Ma  $F_p \cdot h$  è a sua volta uguale a  $F_p \cdot h_1 + F_p \cdot h_2 + F_p \cdot h_3$ , cioè è uguale alla somma delle cadute di potenziale gravitazionale che la sfera  $C$  subisce passando da un livello al livello successivo.

Analogamente il potenziale elettrico subisce una caduta (un abbassamento di valore)

3. Analogia fra la variazione di potenziale elettrico e la variazione di potenziale gravitazionale.



passando da un estremo all'altro di una resistenza. La somma di queste cadute è pari alla caduta di potenziale  $\Delta V$  che si verifica andando da un polo all'altro del generatore. Ciò premesso, avremo:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| (1) $\Delta V = R_T \cdot I$   | } Legge di Ohm applicata all'intero circuito, dove $R_T$ è la resistenza totale. |
| (2) $\Delta V_1 = R_1 \cdot I$ |  |
| (3) $\Delta V_2 = R_2 \cdot I$ |  |
| (4) $\Delta V_3 = R_3 \cdot I$ |  |
- L'intensità della corrente  $I$  che passa in  $R_1, R_2$  e  $R_3$  è la stessa che esce dal generatore.

Sommando membro a membro la (2), la (3) e la (4), avremo:

$$\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I \text{ cioè: (5) } \Delta V = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I$$

Se confrontiamo la (1) con la (5), otteniamo:  $R_T = R_1 + R_2 + R_3$ .

2. Alla relazione  $1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$ , valida per più resistenze disposte in parallelo, si può giungere sviluppando il seguente ragionamento, analogo a quello precedente. Riconsideriamo la fig. 2 e applichiamo la legge di Ohm all'intero circuito e poi agli estremi delle singole resistenze; avremo:

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| (1) $\frac{\Delta V}{R_T} = I$   | } $\Delta V$ è la differenza di potenziale ai poli del generatore, $I$ è la corrente che esce dal generatore e $R_T$ è la resistenza totale. |
| (2) $\frac{\Delta V}{R_1} = I_1$ |  |
| (3) $\frac{\Delta V}{R_2} = I_2$ |  |
| (4) $\frac{\Delta V}{R_3} = I_3$ |  |
- Agli estremi di  $R_1, R_2$  e  $R_3$  c'è la stessa differenza di potenziale  $\Delta V$ . Nel circuito in esame tale differenza di potenziale  $\Delta V$  è la stessa di quella fornita dal generatore. La corrente  $I$ , giunta nel nodo A, si divide in tre flussi di corrente  $I_1, I_2, I_3$  che, come ben si comprende, devono essere tali che la loro somma sia uguale a  $I$ , e cioè:  $I = I_1 + I_2 + I_3$ .

Sommiamo membro a membro la (2), la (3) e la (4); otteniamo:

$$\frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} + \frac{\Delta V}{R_3} = I_1 + I_2 + I_3$$

Raccogliamo a fattor comune  $\Delta V$  nel primo membro e ricordiamo che  $I = I_1 + I_2 + I_3$ ; otteniamo:

$$\Delta V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = I$$

Riscriviamo la (1) nella forma:

$$\Delta V \frac{1}{R_T} = I$$

Confrontiamo fra loro le ultime due equazioni scritte. Poiché in esse  $\Delta V$  e  $I$  hanno lo stesso valore, possiamo scrivere l'equazione:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

## TEST

- 1** Disegna un circuito con 3 resistenze in serie.
- 2** Determina la resistenza totale di 3 resistenze ( $R_1 = 20 \Omega$ ;  $R_2 = 40 \Omega$ ;  $R_3 = 80 \Omega$ ) disposte in serie.
- 3** Disegna un circuito che presenta 3 resistenze disposte in serie.
- 4** Determina la resistenza totale di 3 resistenze ( $R_1 = 10 \Omega$ ;  $R_2 = 20 \Omega$ ;  $R_3 = 30 \Omega$ ) disposte in parallelo.
- 5** Per quale motivo nel computo della resistenza totale di più resistenze disposte in serie, in genere, si trascura la resistenza interna del generatore?
- 6** Per quale motivo i carichi utilizzatori della corrente sono, in genere, disposti in parallelo?
- 7** "La resistenza totale di più resistenze disposte in parallelo è minore della più piccola delle resistenze considerate". *Vero o falso?*
- 8** "Due resistenze di valore diverso, disposte in serie, presentano agli estremi la stessa differenza di potenziale". *Vero o falso?*
- 9** In un circuito sono inserite 15 lampadine, ciascuna delle quali ha una resistenza di  $180 \Omega$ . Sapendo che le lampadine in parallelo sono alimentate da una differenza di potenziale di  $220 \text{ V}$ , determina la corrente che esce dal generatore.

## ATTIVITÀ SPERIMENTALI

### Verifica dell'equazione $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

#### Introduzione

La resistenza totale di più resistenze disposte in serie è uguale alla somma delle singole resistenze:  $R_T = R_1 + R_2 + R_3 \dots$

**Scopo dell'esperienza:** verifica dell'equazione sopra riportata.

**Prerequisiti:** conoscenza della prima legge di Ohm; saper usare il tester.

**Materiali occorrenti:** generatore, 2 tester, 3 resistori di alcune decine di ohm, cavetti di collegamento.

**Procedimento**

- Con il tester misura il valore dei tre resistori:

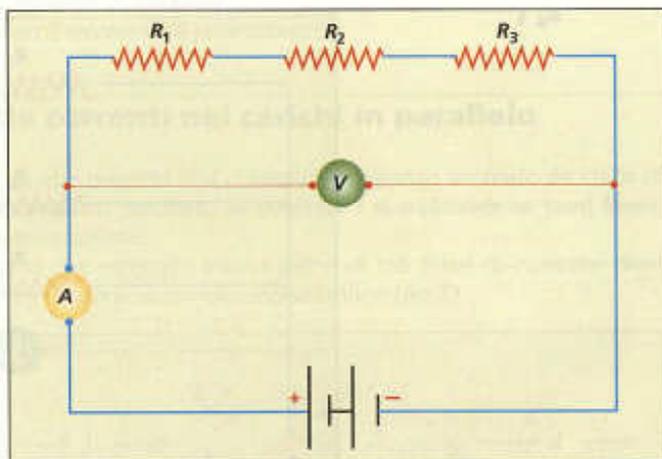
$$R_1 = \dots$$

$$R_2 = \dots$$

$$R_3 = \dots$$

- Monta il circuito, come in *fig. 4*, utilizzando un tester come amperometro e l'altro come voltmetro.

Fig. 4



- Misura la differenza di potenziale agli estremi delle tre resistenze:

$$\Delta V = \dots$$

- Leggi sul tester usato come amperometro il valore della corrente che passa nei tre resistori:

$$i = \dots$$

- Applica la legge di Ohm per trovare la resistenza totale:

$$R_T = \Delta V / i = \dots$$

- Confronta il valore così ottenuto con quello che si ricava sommando i valori misurati di  $R_1, R_2, R_3 \dots$

**Verifica dell'equazione  $1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$**

**Introduzione**

In un circuito dove sono inserite più resistenze in parallelo, l'inverso della loro resistenza totale è uguale alla somma degli inversi delle singole resistenze:

$$1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$$

**Scopo dell'esperienza:** verifica dell'equazione sopra riportata.

**Prerequisiti:** conoscenza della prima legge di Ohm; saper usare il tester.

**Materiali occorrenti:** gli stessi della precedente esperienza.

**Procedimento**

- Misura con il tester i valori delle tre resistenze scelte:

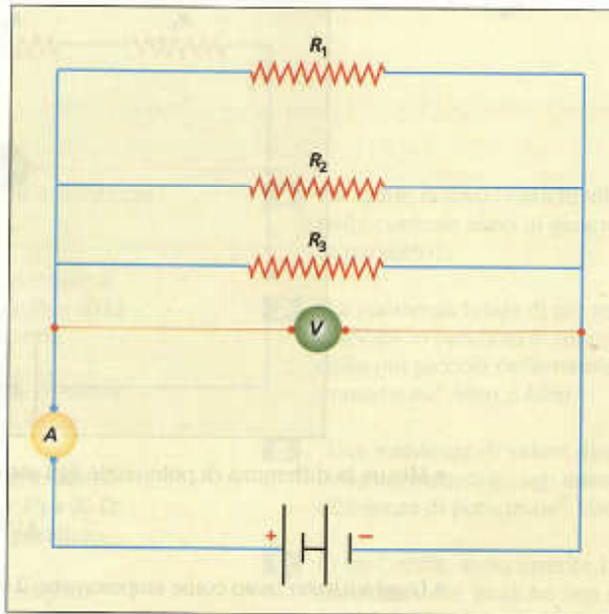
$$R_1 = \dots$$

$$R_2 = \dots$$

$$R_3 = \dots$$

- Monta il circuito, come in *fig. 5*, utilizzando un tester come amperometro e l'altro come voltmetro.

Fig. 5



- Leggi sul voltmetro la differenza di potenziale:

$$\Delta V = \dots$$

- Leggi sull'amperometro il valore della corrente:

$$i = \dots$$

- Applica la legge di Ohm per trovare la resistenza totale:

$$R_T = \frac{\Delta V}{i}$$

- Confronta l'inverso del valore così ottenuto ( $1/R_T$ ) con quello che si ha sommando gli inversi dei valori misurati di  $R_1, R_2, R_3 \dots$