

CORRENTI ELETTRICHE – RIEPILOGO CONCETTI FONDAMENTALI

La **corrente elettrica** è definita come la quantità di carica elettrica che passa attraverso una qualsiasi sezione trasversale di un conduttore nell'unità di tempo. Se nel tempo Δt passa una quantità di carica Δq , allora il valor medio della corrente in tale intervallo di tempo è dato da

$$\bar{i} = \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (1)$$

La corrente elettrica istantanea è definita come

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (2)$$

Se siamo in **regime stazionario**, allora la corrente non dipende dal tempo e quindi la corrente media coincide con quella istantanea.

Il **principio di conservazione della carica elettrica** afferma che non si creano né si distruggono cariche elettriche per cui la carica che esce da una superficie chiusa in un dato tempo deve essere uguale alla diminuzione, nello stesso intervallo di tempo, della carica contenuta nel volume racchiuso dalla superficie.

Per i conduttori detti ohmici l'esperienza dimostra che la corrente è direttamente proporzionale alla differenza di potenziale:

$$\Delta V = Ri, \quad (3)$$

con la costante di proporzionalità R chiamata **resistenza** del conduttore. Tale relazione che va sotto il nome di **prima legge di Ohm**. Se un conduttore ohmico ha sezione S costante, la resistenza è direttamente proporzionale alla lunghezza l del conduttore e inversamente proporzionale ad S :

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (4)$$

con la costante di proporzionalità ρ , chiamata **resistività**, che dipende solo dalle caratteristiche chimiche e fisiche del conduttore ma non dalla sua geometria. Tale relazione va sotto il nome di **seconda legge di Ohm**.

Definiamo la **conduttanza** come l'inverso della resistenza, $G = 1/R$, la **conducibilità** come l'inverso della resistività, $\sigma = 1/\rho$.

La resistenza totale (o resistenza equivalente) R_e di un insieme di N resistenze collegate in serie è uguale alla somma delle singole resistenze:

$$R_e = \sum_{i=1}^N R_i. \quad (5)$$

L'inverso della resistenza totale di un insieme di N resistenze collegate in parallelo è uguale alla somma dell'inverso delle singole resistenze:

$$\frac{1}{R_e} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}. \quad (6)$$

Consideriamo una carica dq (assumiamo per fissare le idee $dq > 0$) che si trasferisca in un tempo dt attraverso un conduttore da un punto A a potenziale elettrostatico $V(A)$

ad uno B a potenziale elettrostatico $V(B) < V(A)$. Il lavoro eseguito dalle forze del campo elettrostatico agenti su dq nel tempo dt vale

$$dL = [V(A) - V(B)]dq = [V(A) - V(B)]i dt. \quad (7)$$

Nell'**effetto Joule** dL è uguale al calore dQ dissipato. La potenza dissipata vale quindi

$$w = \frac{dQ}{dt} = [V(A) - V(B)]i. \quad (8)$$

Questa formula è valida in generale per l'effetto Joule. Se abbiamo conduttori ohmici, essendo in questo caso $[V(A) - V(B)] = iR$, con R resistenza del conduttore, possiamo anche scrivere

$$w = i^2 R = \frac{[V(A) - V(B)]^2}{R}. \quad (9)$$

Per avere una corrente elettrica stazionaria è necessario che un opportuno dispositivo, chiamato **generatore**, sia capace di mantenere costante la differenza di potenziale (detta anche **tensione**) agli estremi (morsetti) del generatore. La potenza w erogata dal generatore attraverso il quale circola una corrente i è data da

$$w = fi, \quad (10)$$

con f detta **forza elettromotrice** del generatore.

La **prima legge di Kirchhoff (legge dei nodi)** afferma che per circuiti in regime stazionario la somma algebrica delle correnti che si incontrano in un nodo è nulla, con la convenzione di considerare con segno opposto le correnti che fluiscono verso il nodo oppure ne escono:

$$\sum_k i_k = 0. \quad (11)$$

In modo equivalente possiamo dire che la somma delle correnti entranti in un nodo è uguale alla somma delle correnti uscenti da quel nodo.

La **seconda legge di Kirchhoff (legge delle maglie)** dice che per circuiti ohmici in regime stazionario la somma dei prodotti delle intensità di corrente nei singoli rami di una maglia per le rispettive resistenze è uguale alla somma delle forze elettromotrici comprese nella maglia (se ve ne sono):

$$\sum_k f_k = \sum_k R_k i_k. \quad (12)$$

(La convenzione adottata è quella di prendere come positive o negative le intensità di corrente a seconda che esse siano concordi o discordi con un verso di percorrenza della maglia, fissato arbitrariamente, e di considerare come positive quelle forze elettromotrici che, nel verso di percorrenza, vengono attraversate dal polo negativo a quello positivo - vale a dire che agendo da sole darebbero luogo a correnti positive nella maglia-, e negative le altre.)

La prima legge di Kirchhoff è più generale della seconda in quanto non è limitata ai circuiti ohmici.

Un **circuito RC** è costituito da una resistenza R , da un condensatore C e una forza elettromotrice f . Chiudendo il circuito si ha circolazione di corrente (non stazionaria)

durante un **transiente** necessario ad accumulare una carica fC sulle armature del condensatore:

$$Q(t) = fC \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \right], \quad (13)$$

$$i(t) = \frac{f}{R} \exp\left(-\frac{t}{RC}\right). \quad (14)$$

Cortocircuitando il generatore il condensatore si scarica:

$$Q(t) = fC \exp\left(-\frac{t}{RC}\right), \quad (15)$$

$$i(t) = \frac{f}{R} \exp\left(-\frac{t}{RC}\right). \quad (16)$$

Durante la fase di carica del condensatore il generatore eroga un'energia f^2C , metà della quale viene dissipata per effetto Joule, mentre l'altra metà viene immagazzinata come energia elettrostatica nel condensatore. Nella fase di scarica l'energia elettrostatica precedentemente immagazzinata viene dissipata in calore.