

### 1-7. GENERATORI DI F.E.M.

#### 1-71. NATURA DELLE F.E.M.

Richiamiamo rapidamente, dai corsi di fisica, le principali f.e.m. soffermandoci su quelle di maggior interesse per la tecnica.

1. *f.e.m. triboelettriche* (o di strofinio);

2. *f.e.m. voltaiche*: sono legate ai fenomeni che si manifestano quando due conduttori di natura fisica o chimica diversa vengono posti a contatto. È tipico l'esempio del contatto rame-zinco: il rame si carica negativamente, ossia sottrae elettroni allo zinco, che appare perciò carico positivamente. Richiamiamo in proposito le due leggi di Volta:

1) *la differenza di potenziale di contatto dipende dalla natura dei conduttori e dal loro stato fisico, ma non dipende né dalla forma né dalle dimensioni di essi. Essa dipende dalla temperatura.*

2) *in una catena di conduttori metallici alla stessa temperatura la d.d.p. che si ottiene fra il primo e l'ultimo elemento della serie, è la stessa che si avrebbe ponendoli in diretto contatto: ne segue che, se il primo e l'ultimo elemento della catena sono della stessa natura, la d.d.p. totale è zero e non circola corrente.*

La seconda legge di Volta vale solo se i conduttori sono di "prima classe", cioè conduttori *elettronici* (v. 1-12-1). Se la catena contiene uno o più "conduttori di seconda classe" o conduttori *elettrolitici* (v. 1-12-2), la seconda legge di Volta non vale.

La tensione per effetto Volta fra ciascun elemento metallico e un metallo di riferimento definisce la *serie voltaica* degli elementi. Con riferimento al rame, da misure fatte nell'aria, si ha:

#### 1.7. Generatori di f.e.m.

Sodio.....	+2,37	Ferro.....	+0,13
Magnesio.....	+1,20	Mercurio.....	+0,07
Alluminio.....	+0,95	Rame.....	0,00
Zinco.....	+0,78	Platino.....	-0,24
Piombo.....	+0,54	Grafite.....	-0,51

Le *pile voltaiche* sono costituite da una catena di conduttori di prima e seconda classe, tale che la tensione tra il primo e l'ultimo elemento non è nulla anche se essi sono della stessa natura.

La corrente, che la f.e.m. di una pila voltaica crea in un circuito chiuso, trae la sua origine da una trasformazione di energia chimica in energia elettrica. La circolazione di corrente attraverso una pila dà luogo ad una f.c.e.m. detta di "polarizzazione" che tende ad opporsi alla circolazione di corrente e che può interpretarsi come conseguenza di una alterazione della catena voltaica. Lo studio di questi fenomeni è di pertinenza dell'elettrochimica, e non sarà qui sviluppato.

3. *f.e.m. termoelettriche*: se in una catena di conduttori metallici, in cui il primo e l'ultimo elemento siano della stessa natura, le varie saldature non sono alla stessa temperatura, la seconda legge di Volta non è soddisfatta e si ottiene una f.e.m. (dell'ordine di alcuni  $\mu V$  per grado di differenza tra le temperature); essa è detta f.e.m. termoelettrica (*effetto Seebeck*). Ciò si verifica anche per le giunzioni tra semiconduttori di tipo diverso (qualche  $mV/^\circ C$ ). La circolazione di corrente che si manifesta, se il circuito è chiuso, trae la sua origine dall'energia termica somministrata alla catena nei punti caldi; ciò è reso manifesto dal raffreddamento che in essi provoca il passaggio di corrente il passaggio di corrente e dal riscaldamento dei punti freddi (*effetto Peltier*). L'effetto Seebeck è utilizzato nelle cosiddette pile termoelettriche nonché per le misure di temperatura (termocoppie).

4. *f.e.m. piezoelettriche*: si manifestano per azione meccanica di compressione, trazione, flessione, ecc. di taluni cristalli isolanti.

5. f.e.m. fotoelettriche: si manifestano per l'azione di luce incidente sulla giunzione fra taluni materiali semiconduttori (applicazioni tipiche sono le *celle solari*).

6. f.e.m. d'induzione elettromagnetica: sono di gran lunga le più importanti, specie nei regimi non stazionari e lo studio di esse forma oggetto particolare di questo corso (vedi Cap. IV e successivi).

#### 1-72. PILE. COLLEGAMENTI TRA GENERATORI. RENDIMENTO.

a) Abbiamo già fatto cenno alle pile voltaiche fra i generatori di f.e.m. Ricordiamone alcuni tipi particolarmente significativi:

*Pila Leclanché.* - Il catodo (polo negativo) è di zinco amalgamato, l'anodo è di carbone; l'elettrolita è costituito da una soluzione di cloruro d'ammonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Il depolarizzante è costituito da biossido di manganese ( $\text{MnO}_2$ ), mescolato a polvere di carbone; esso è contenuto in un vaso di porcellana poroso o in sacchetto di tela, e circonda l'anodo.

Le cosiddette pile a secco che si trovano in commercio per vari usi, sono del tipo Leclanché, con liquido immobilizzato mediante sostanze inerti e gelatinose.

La f.e.m. dell'elemento Leclanché è di circa 1,5 volt.

*Pila Weston.* - È utilizzata essenzialmente come *campione secondario di tensione*.

In un tubo di vetro a forma di H (fig. 1-721) sono fissati inferiormente due elettrodi di platino. Il catodo è costituito da amalgama di cadmio, l'anodo da mercurio. L'elettrolita è una soluzione satura di solfato di cadmio ( $\text{CdSO}_4$ ).

La f.e.m. è di 1,0186 volt a 20 °C.

La pila campione deve essere utilizzata a circuito praticamente aperto; essa non deve cioè erogare corrente, se non per brevi tempi e con intensità molto piccolo ( $10^{-6} \text{ A}$ ).

#### 1.7. Generatori di f.e.m.

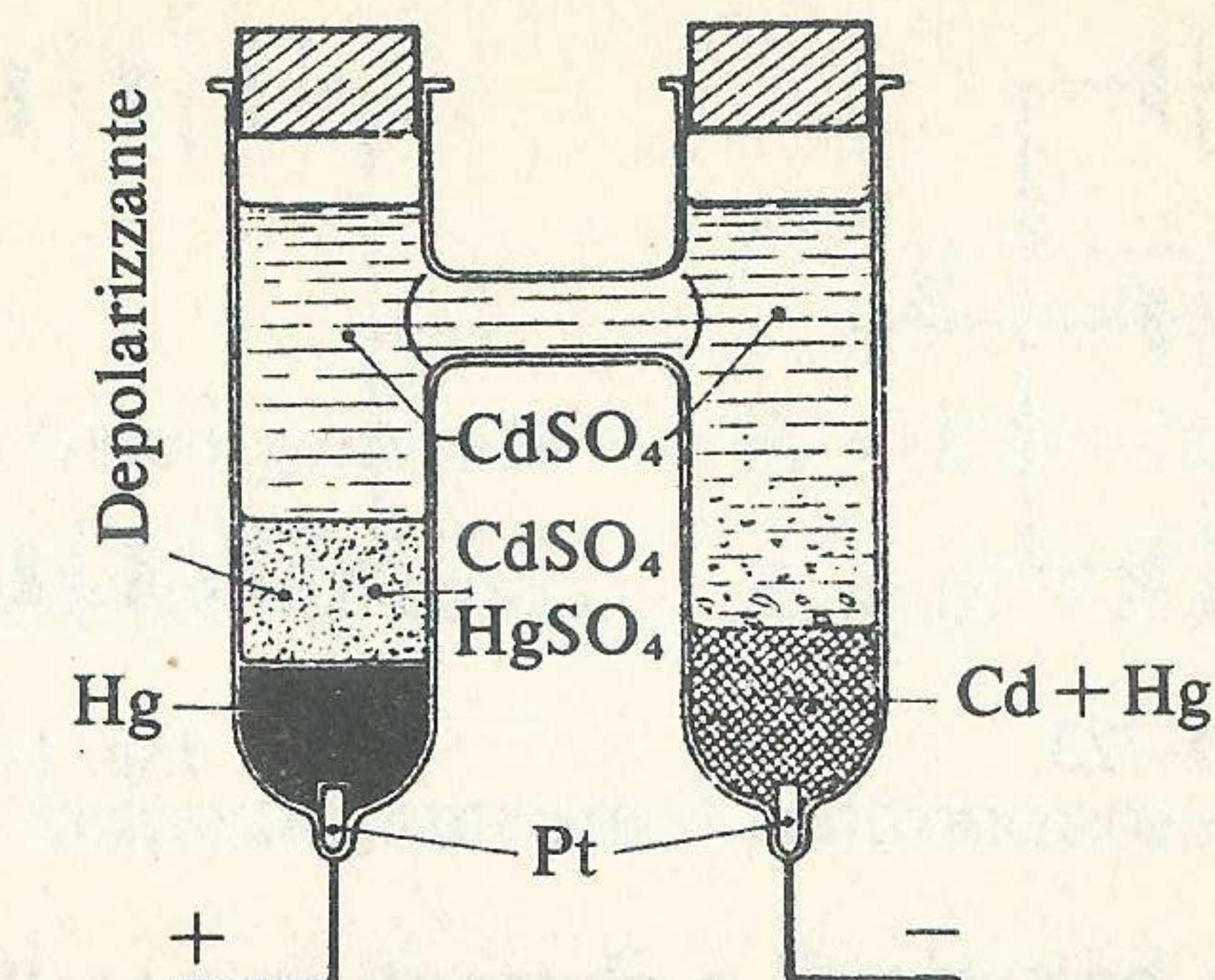


Fig. 1-721

b) La f.e.m. che un generatore voltagico fornisce è del tutto indipendente (v. 1-71) dalle dimensioni.

Al variare di queste muta la sua resistenza interna, e quindi il valore della corrente che si può trarre. Quando si vogliono avere f.e.m. più elevate si accoppiano più elementi in serie (fig. 1-722); la f.e.m. totale di  $n$  elementi uguali è  $n$  volte quella di un elemento.

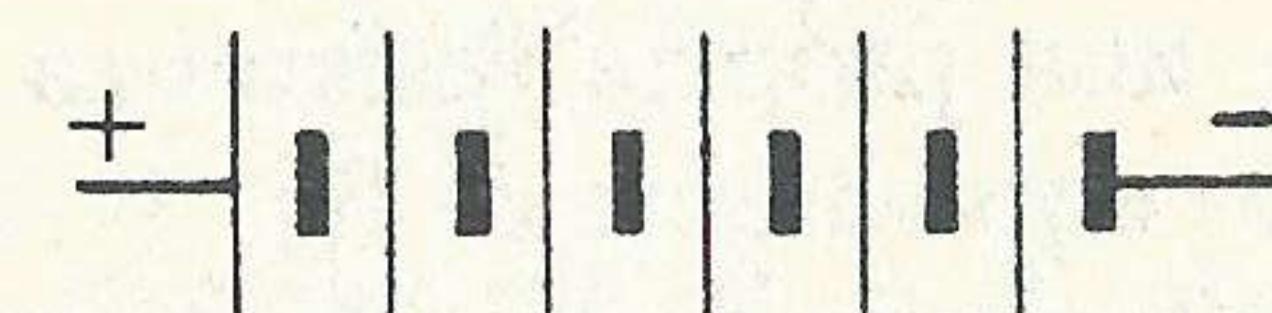


Fig. 1-722

L'insieme così realizzato si chiama una "batteria" di pile. La resistenza totale interna della batteria è  $n$  volte quella di un elemento.

Se invece si vuole avere una rilevante corrente, oltre che costruire pile di dimensioni abbastanza grandi, si può formare la batteria con più elementi in parallelo (fig. 1-723); in questo caso tutte le pile devono fornire la stessa f.e.m. perché, in caso diverso, si stabilirebbero delle correnti di circolazione dannose alla conservazione degli elementi. La resistenza complessiva

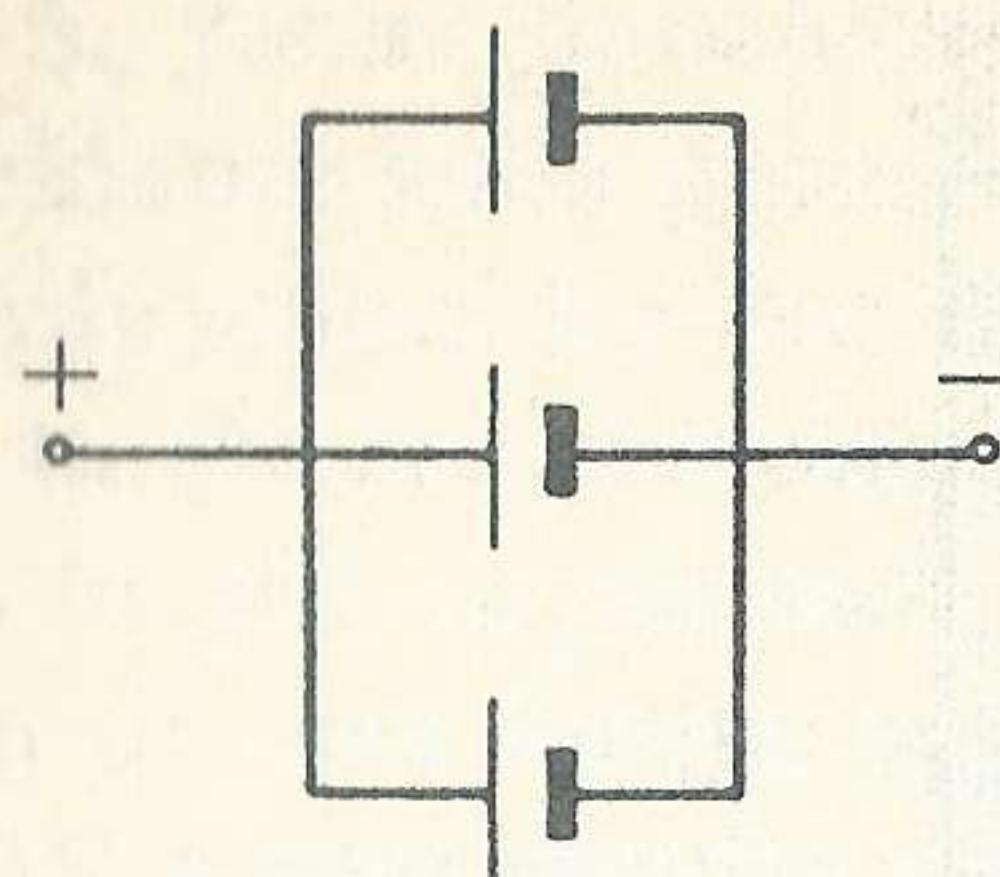


Fig. 1-723

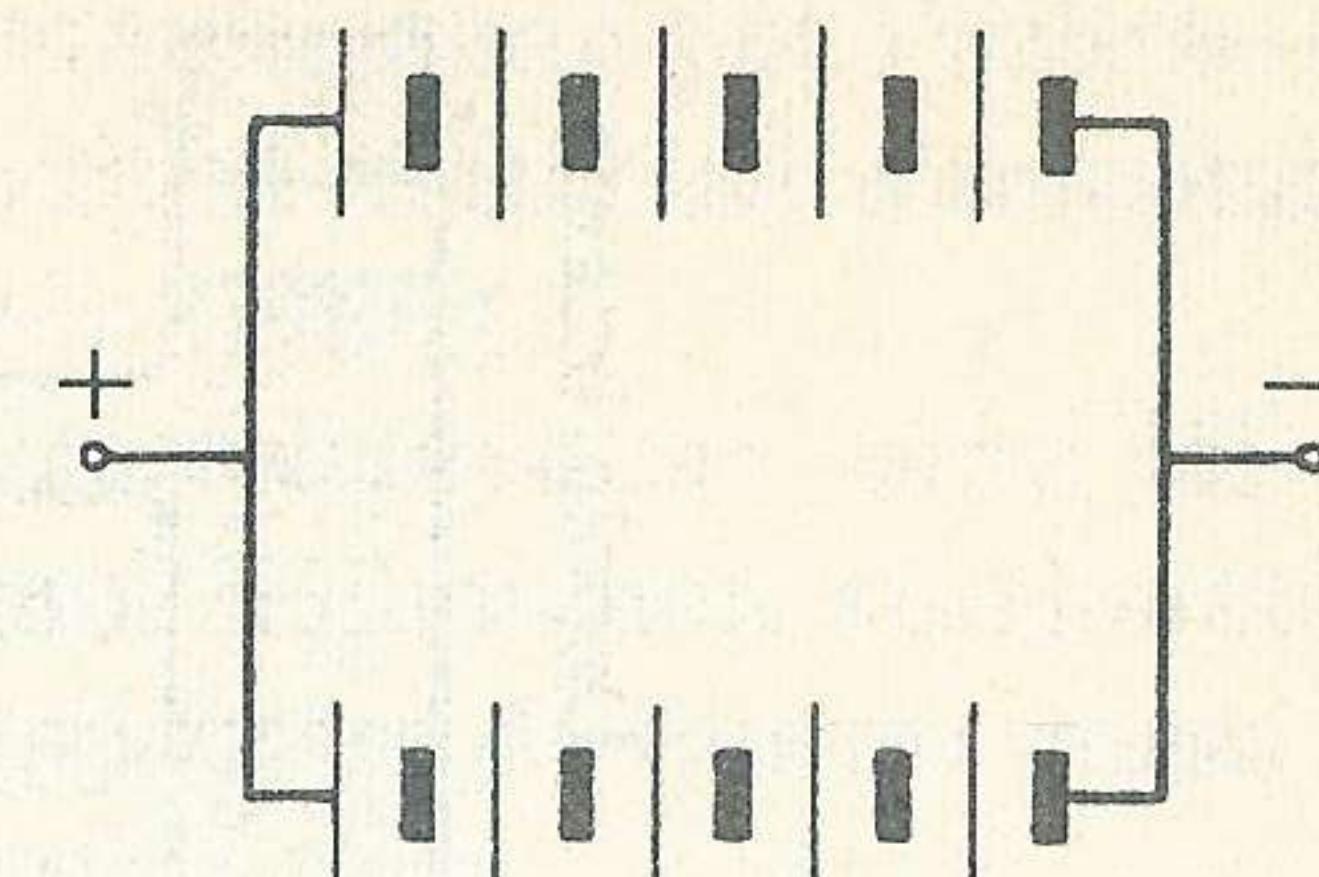


Fig. 1-724

interna di una batteria di  $n$  elementi in parallelo, tutti eguali, è  $\frac{1}{n}$  di quella di un elemento. È poi ovviamente possibile costruire batterie con gruppi di elementi in serie, collegati fra essi in parallelo (fig. 1-724).

c) Si chiama *rendimento di un generatore* il rapporto fra l'energia utilizzata nel circuito esterno e quella (per lo più di altra natura) che è all'origine della conversione energetica.

In senso più stretto chiamiamo *rendimento elettrico di una pila* il rapporto fra l'energia (o la potenza) elettrica utilizzata e quella totale generata.

Poiché la pila ha una propria resistenza interna, possiamo considerare il circuito equivalente di fig. 1-725, nel quale la pila è rappresentata da un generatore ideale di f.e.m.  $E$  e da una resistenza uguale alla sua resistenza interna  $R_i$ . La resistenza  $R$  rappresenta la *resistenza equivalente* del circuito di utilizzazione.

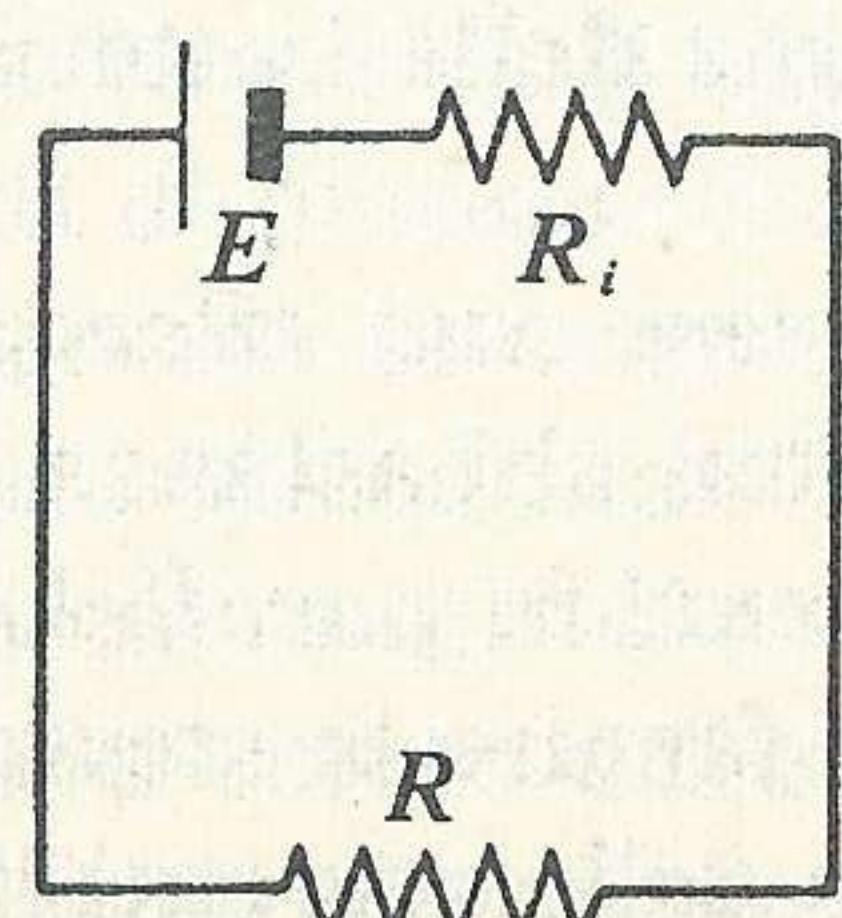


Fig. 1-725

### 1.7. Generatori di f.e.m.

Ne risulta:

$$\text{Corrente: } I = \frac{E}{R + R_i}$$

$$\text{Potenza elettrica generata: } P_g = EI = (R + R_i)I^2$$

$$\text{Potenza elettrica utilizzata: } P_u = (E - R_i I)I = RI^2.$$

Si ha quindi immediatamente il rendimento elettrico:

$$(1-721) \quad \eta_e = \frac{P_u}{P_g} = \frac{R}{R + R_i} = \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R}}.$$

Il rendimento è tanto più elevato quanto più grande è  $R$  rispetto ad  $R_i$ ; il rendimento è zero per  $R = 0$ , cioè quando la pila viene messa in corto circuito.

La potenza utilizzata  $P_u$  assume un valore massimo, che si ricava ugualando a zero la derivata di  $P_u$  rispetto alla variabile  $R$ ; tale massimo è:

$$P_{u\max} = R_i I^2,$$

e corrisponde alla condizione  $R = R_i$ , per la quale la (1-721) fornisce un rendimento elettrico:

$$\eta_e = 0,5.$$

Quando si desiderano rendimenti elevati, si fa in modo che sia  $R_i \ll R$ .

### 1-73. ACCUMULATORI.

È noto che la polarizzazione di una pila, o più generalmente di una cella elettrolitica, deriva dalle reazioni che, per effett-