PNEUMAC SRL www.pneumac.it

Come in un'equazione matematica, entrambe le parti hanno lo stesso valore; troverete infatti lo stesso numero di elementi combinati ovviamente in maniera diversa.

La Fig. 2.3 illustra questo processo.

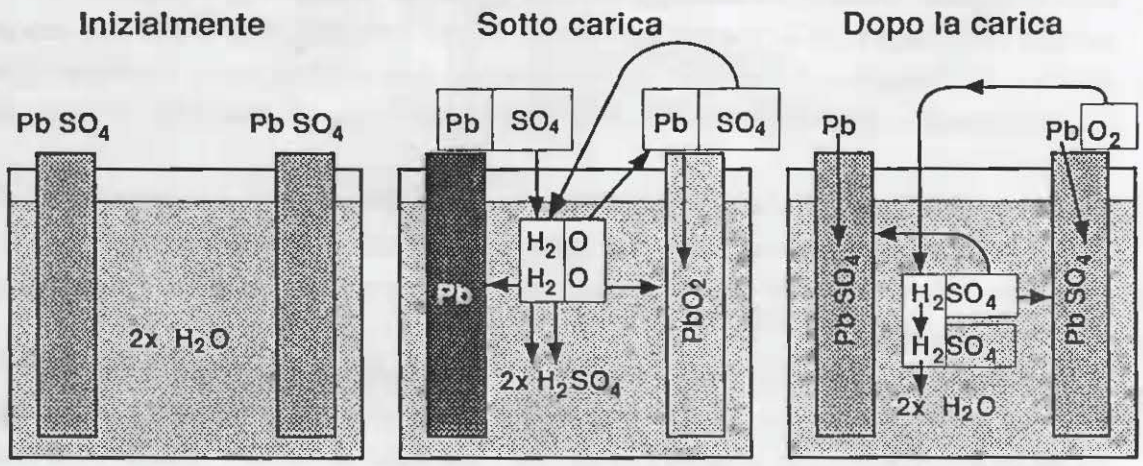

Fig. 2.3 Scambio di ioni nella batteria

Quando si usa l'accumulatore e la corrente passa in senso contrario, accade l'opposto:

$$Pb + PbSO_4 + 2\,H_2SO_4 \Rightarrow PbSO_4 + PbSO_4 + 2\,H_2O$$

Questo processo produce una forza elettromotrice di 2 Volt per ciascun paio di barre e può essere ripetuto all'infinito ricaricando le barre. Ad esempio per una batteria da 6 Volt, devono essere collegate tre celle in serie.

GENERATORI

L'alimentazione elettrica negli edifici viene fornita dai generatori, azionati generalmente da turbine ad acqua o vapore. Un'enorme quantità di energia viene trasformata in elettricità e distribuita, su tutti i continenti, attraverso linee ad alta tensione.

Il principio fondamentale si basa sul magnetismo, argomento che tratteremo più avanti. A quel punto spiegheremo anche su che principio si basa il generatore in un paragrafo intitolato "Dinamo".

PNEUMAC SRL www.pneumac.it

LEGGI DI BASE

CIRCUITO ELEMENTARE

Un circuito elettrico è sempre formato da un circuito chiuso, con tre parti essenziali:

- un alimentatore
- un carico
- un interruttore

L' alimentatore può essere una batteria, come mostrato nel circuito elementare della Fig. 2.4, un accumulatore o un generatore che è all'origine della forza elettromotrice che muove gli elettroni.

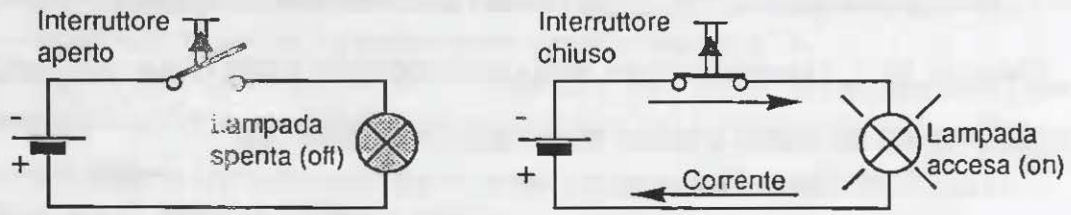

Fig. 2.4 Circuito elementare: contatto aperto, lampada spenta; contatto chiuso, lampada accesa

Senza questo non esiste forza elettromotrice e movimento di elettroni.

Il carico può essere una lampada, una bobina o una resistenza. Senza il carico, la connessione tra i due poli dell'alimentatore con un cavetto metallico, provocherebbe un corto circuito. Ciò significa che la corrente rappresenta la massima capacità della fonte d'alimentazione e potrebbe essere così alta che il cavetto potrebbe surriscaldarsi e fondersi.

Questa è la ragione della presenza di fusibili nell'alimentatore; i sottilissimi cavetti che vi sono presenti si fondono e sconnettono l'alimentazione, impedendo in questo modo il pericolo di incendi.

L'interruttore è necessario per controllare il funzionamento del carico; nel circuito può trovarsi in qualsiasi posto e serve ad aprire o chiudere il circuito stesso. Un contatto viene chiamato "aperto" quando non c'è connessione tra i due terminali, e "chiuso" quando viene effettuata questa connessione.

Notate che questa definizione è esattamente il contrario di ciò che avviene nelle valvole pneumatiche: una valvola viene chiamata "aperta" quando c'è connessione tra entrata e uscita e chiusa quando l'alimentazione è intercettata.

SMC International Training

PNEUMAC SRL www.pneumac.it

LEGGE DI OHM

La legge di Ohm descrive il rapporto tra tensione, corrente e resistenza.

Possiamo paragonare:

- tensione con pressione

entrambi sono potenziali.

- corrente elettrica con flusso d'aria

entrambi sono creati da una differenza nel potenziale.

L'eccesso di molecole d'aria in un serbatoio pressurizzato passano, per esempio, nella camera di un cilindro con una pressione più bassa (bassa densità di molecole), esattamente come l'eccesso di elettroni passa dalla barra di zinco a quella di rame nella batteria.

- resistenza con capacità di flusso

In pneumatica non esiste alcuna unità di misura per la resistenza, ma per il suo contrario.

L'inverso della resistenza nell'elettricità viene chiamata conduttanza G. La sua unità di misura è S (Siemens). $S = \frac{1}{\Omega}$. La controparte pneumatica della conduttanza elettrica G è la capacità di flusso misurata con la sezione equivalente S in mm², o con i fattori di flusso kv o Cv.

La spiegazione della batteria ci aiuta a capire cos'è la resistenza per la corrente elettrica ovvero il fatto di quanto più o meno facilmente avviene lo scambio di elettroni tra atomi. Questo dipende dal tipo di materiale usato per le connessioni, la sua lunghezza e la sua sezione. Un cavo corto e di grande diametro ha una resistenza inferiore a quella di un cavo lungo e sottile dello stesso materiale. Anche qui il paragone con i tubi pneumatici è corretto.

Alcuni materiali, soprattutto la ceramica e il vetro, non permettono che avvenga alcuno scambio di elettroni nella loro struttura atomica; la loro resistenza è infinita. Questi materiali vengono chiamati "isolanti".

La legge di Ohm dice:

la tensione è uguale al prodotto della corrente per la resistenza

$$V = A \times \Omega$$

Ω è l'unità di misura della resistenza, Ohm.

Come sono esattamente definite queste unità non è interessante in questo contesto, ma solo il loro rapporto:

$$1V = 1A \cdot 1\Omega \qquad 1A = \frac{1V}{1\Omega} \qquad 1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

L'unità della corrente elettrica è A (Ampére), in onore alle importanti ricerche e scoperte effettuate dal matematico e fisico francese André Maria Ampére (1775-1836).

PNEUMAC SRL www.pneumac.it

I tre triangoli rappresentati nella Fig. 2.5 possono aiutare a ricordare il rapporto tra le leggi di Ohm.

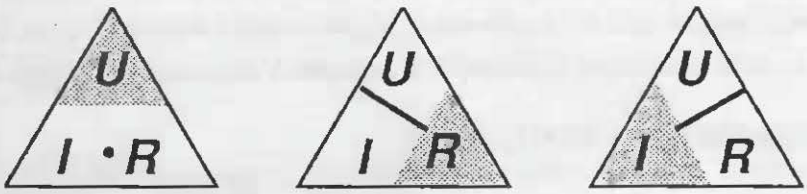

Fig. 2.5 I tre triangoli della legge di Ohm

COLLEGAMENTO IN SERIE

Quando Volta impilò le sue celle, ancora ad uno stadio primitivo, per aumentare la quantità di energia, effettuò un collegamento in serie ed il potenziale dei singoli elementi si aggiunse l'uno all'altro. I piatti con un'area di lavoro maggiore hanno anche una capacità elettrica maggiore. Lo stesso risultato è ottenuto connettendo un numero di celle in parallelo come illustrato nella Fig. 2.7b.

La resistenza totale di un certo numero di resistenze in serie è la somma dei loro valori individuali.

La tensione totale di un certo numero di batterie in serie è la somma dei loro valori individuali.

SMC International Training

$$\text{a) } R_{risultante} = R_1 + R_2 + ... R_n \qquad \text{b) } V_{risultante} = V_1 + V_2 + ... V_n$$

La Fig. 2.6 a illustra il collegamento in serie di tre resistenze con valori diversi.

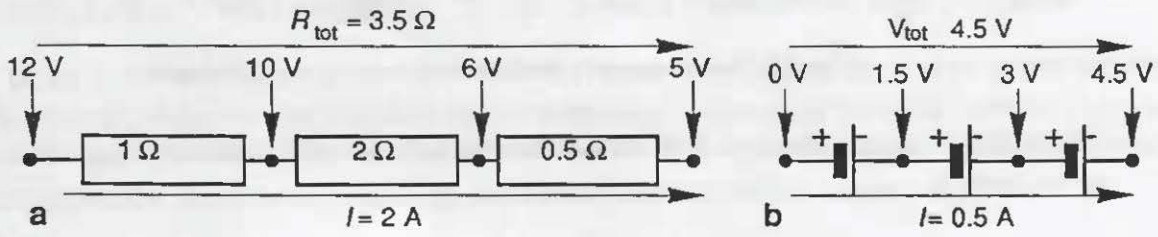

Fig. 2.6 Collegamento in serie, a) di resistenze, b) di batterie

Condizione generale per qualsiasi elemento collegato in serie, è che siano tutti sottoposti alla stessa corrente. In questa linea, infatti, la stessa corrente passa attraverso tutte le parti. Secondo la legge di Ohm, la tensione cade da ciascun elemento all'altro per V = A · Ω. Nella Fig. 2.6 a, la resistenza totale è di 3.5Ω e se la corrente è 2A, la tensione iniziale di 12V scenderà di 2V a 10V nella prima resistenza, I di 2A · 2Ω = 4V a 6V nella seconda e nell'ultima resistenza di 2A · 0.5Ω = 1V a 5V. La resistenza totale è di 3.5Ω e la tensione totale è scesa di 2A · 3.5Ω = 7V.

Nella Fig. 2.6 b, il collegamento in serie avviene tra tre batterie. Ciascuna può produrre 1.5V e 0.5A.

PNEUMAC SRL www.pneumac.it

La seconda batteria è connessa alla prima per il polo negativo che è quindi a 1.5V ed il suo polo positivo a 3V. La linea di collegamento può essere lunga quanto si desidera per arrivare alla tensione necessaria, previa condizione che tutte le batterie siano progettate per la stessa corrente. Un certo numero di batterie collegate in serie aumentano la tensione; la corrente è la stessa per ognuna di esse.

COLLEGAMENTO IN PARALLELO

Nel collegamento in parallelo, la corrente passa simultaneamente attraverso tutti gli elementi e la resistenza totale è inferiore a quella del componente con la resistenza più bassa. Quello che si aggiunge è il valore reciproco. La corrente, in un numero di batterie collegate in parallelo, si somma.

$$\text{a) } R_{risultante} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots \frac{1}{R_n}} \qquad \text{b) } I_{risultante} = I_1 + I_2 + \ldots I_n$$

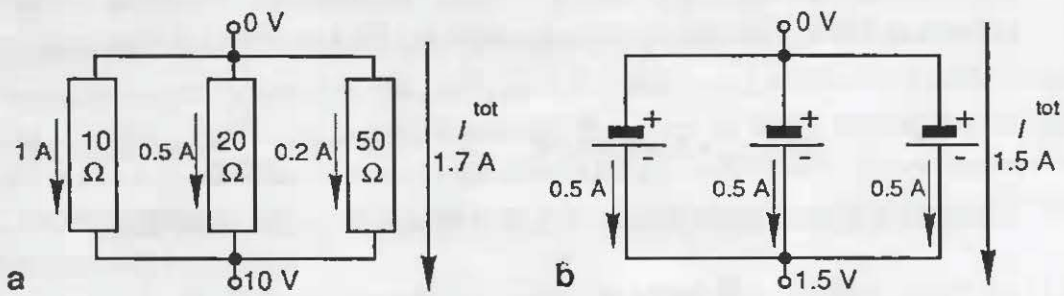

Fig. 2.7 Collegamento in parallelo: a) di resistenze; b) di batterie

Nella Fig. 2.7 a, tre resistenze di 10, 20 e 50 Ω sono state collegate in parallelo. La resistenza totale che ne risulta è:

$$R_{ris} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{50}} = \frac{1}{0.1 + 0.05 + 0.02} = \frac{1}{0.17} = 5.88\Omega$$

La corrente totale invece è:

$$I = \frac{10V}{5.88\Omega} = 1.7A$$

PNEUMAC SRL www.pneumac.it

Nella Fig. 2.7b, la corrente totale fornita dall'impianto è uguale alla somma delle correnti sviluppate da ciascuna batteria. Tutte le batterie devono avere la stessa tensione ma possono avere capacità di corrente differente.

LEGGE DI KIRCHHOFF

Questa legge descrive in quale modo la corrente elettrica viene divisa tra i diversi collegamenti in parallelo.

La legge di Kirchhoff dice semplicemente: la corrente totale è la somma delle correnti parziali, ovvero:

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + ... I_n$$

Nella Fig. 2.7a, ciascuna resistenza ha una tensione di 10V, e passano le seguenti correnti:

$$I_1 = \frac{10V}{10\Omega} = 1A \qquad I_2 = \frac{10V}{20\Omega} = 0.5A \qquad I_3 = \frac{10V}{50\Omega} = 0.2A$$

Questo produce una corrente totale di 1.7A. Possiamo ottenere lo stesso risultato calcolando la resistenza totale ed applicando la legge di Ohm: $\frac{10V}{5.88\Omega} = 1.7A$

Il rapporto tra la resistenza dei tre componenti è 1:2:5

quello tra le correnti è il reciproco: $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{5}$. Questo è l'essenza della legge di Kirchhoff.

La Fig. 2.7b mostra il collegamento in parallelo di tre batterie. La tensione totale è uguale a quella di ciascuna batteria, ma occorre che tutte le batterie siano state progettate per la stessa tensione. La corrente totale è uguale alla somma delle correnti delle tre batterie; è come se ci fosse una superficie metallica tre volte più grande: più elettroni possono passare l'elettrolita nello stesso tempo.

MAGNETISMO

MAGNETI

Se una barra di ferro viene esposta per un certo periodo di tempo ad un forte campo magnetico, diventa essa stessa magnetica. Questo fenomeno viene chiamato *magnetismo permanente* e rappresenta il potere della barra di ferro di attrarre altri oggetti di ferro. E' possibile rappresentare le linee di forza magnetica con delle limatura di ferro su un foglio di carta posto sopra un magnete. Questo ha un cosiddetto polo nord e polo sud. Se si tiene un magnete appeso ad un filo, una delle sue estremità punterà sempre verso il nord e questo sarà il polo nord.

SMC International Training

I poli diversi si attraggono, i poli uguali si respingono l'uno con l'altro.

Nella Fig. 2.8a sono illustrate le linee di forza magnetica.

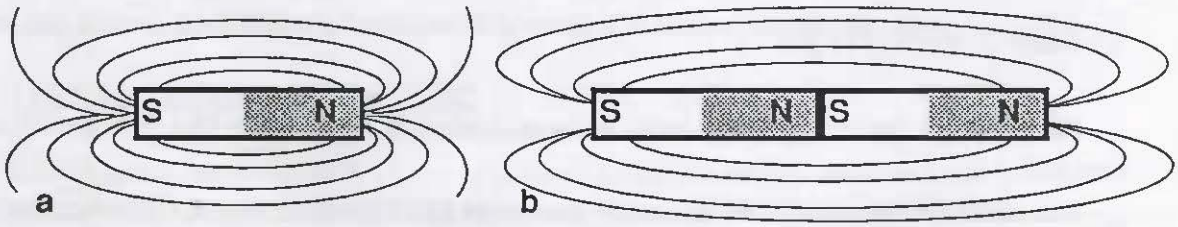

Fig. 2.8 Linee di forza in un magnete

Anche i magneti possono essere collegati in serie. Il campo magnetico di due magneti, uniti dall'attrazione dei poli opposti, è uguale al campo magnetico di un magnete delle stesse dimensioni dei due magneti precedenti (Fig. 2.8b).

ELETTROMAGNETISMO

La corrente elettrica e il magnetismo sono strettamente connessi, dato che una corrente elettrica in un cavo genera un campo magnetico, come illustrato nella Fig. 2.9a.

Un campo magnetico deve essere visto come una serie di "linee di forza" che formano degli anelli concentrici chiusi.

INDUZIONE

Esiste anche un fenomeno complementare: se un cavo si muove attraverso le linee di un campo magnetico in esso si genera della corrente elettrica.

Questo è illustrato nella Fig. 2.9b da un amperometro.

L'indice è a zero prima del movimento (di fronte) e gira in senso orario durante il movimento.

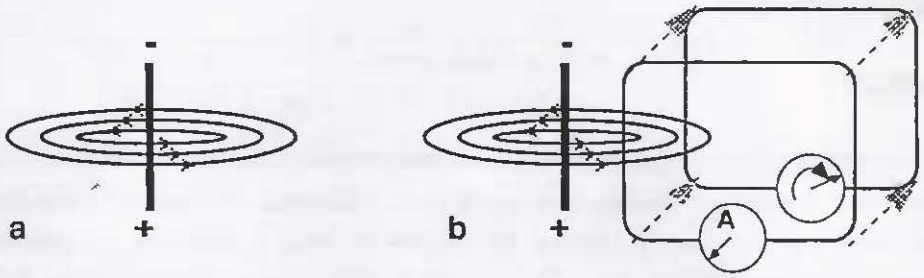

Fig. 2.9 Induzione elettromagnetica: a) una corrente attraversando un cavo crea un campo magnetico attorno a questo; b) un campo magnetico crea una corrente elettrica nel cavo che vi si muove dentro

PNEUMAC SRL www.pneumac.it

Questa produzione di corrente elettrica, in un conduttore che si muove all'interno di un campo magnetico, viene chiamata "*induzione* "elettromagnetica. Questo fenomeno viene usato nelle dinamo o nei generatori, dove si induce una corrente in una bobina che ruota in un campo magnetico statico. La corrente si alterna ad ogni passaggio attraverso il campo e allora parliamo di "*corrente alternata*".

La direzione nella quale il conduttore passa all'interno del campo definisce la direzione della corrente.

Quando l'anello del cavo nella Fig. 2.9b taglia le linee di forza del campo magnetico durante il ritorno alla sua posizione iniziale (di fronte), l'indice dell'amperometro ruota nella direzione opposta.

PRINCIPIO DELLA DINAMO, CORRENTE ALTERNATA

Il fenomeno illustrato nella Fig. 2.9b viene utilizzato nelle dinamo.

Il principio viene illustrato nella Fig. 2.10.

SMC International Training

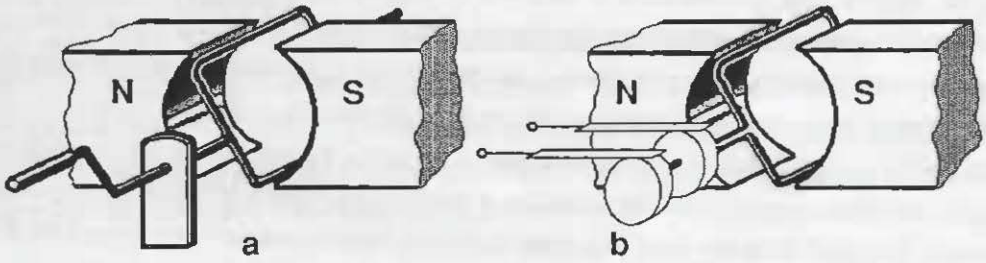

Fig. 2.10 Il principio della dinamo

Quando il cavo viene ruotato da una manovella, le due parti orizzontali tagliano le linee di forza tra i due poli magnetici e si induce della corrente elettrica. L'anello, ovviamente, deve avere due estremità aperte dalle quali si può estrarre la corrente con l'ausilio di due contatti striscianti.

Quando la manovella si muove verso il basso dalla parte del polo sud, la corrente nell'anello, in alto nella Fig. 2.10, si sposterà verso la parte della manovella.

Questa è la corrente positiva.

Dalla parte opposta dell'anello, le linee di forza vengono tagliate nella direzione opposta e la corrente è negativa.

Se osserviamo nella Fig. 2.10 dalla parte del polo sud, la corrente nell'anello si muove in direzione antioraria durante il semigiro della manovella nella parte S, e oraria quando la manovella si alza di nuovo nell'area N.

Ad ogni giro quindi, la corrente si alterna non solo in direzione ma anche in forza.

PNEUMAC SRL www.pneumac.it

La Fig. 2.11 illustra questo concetto.

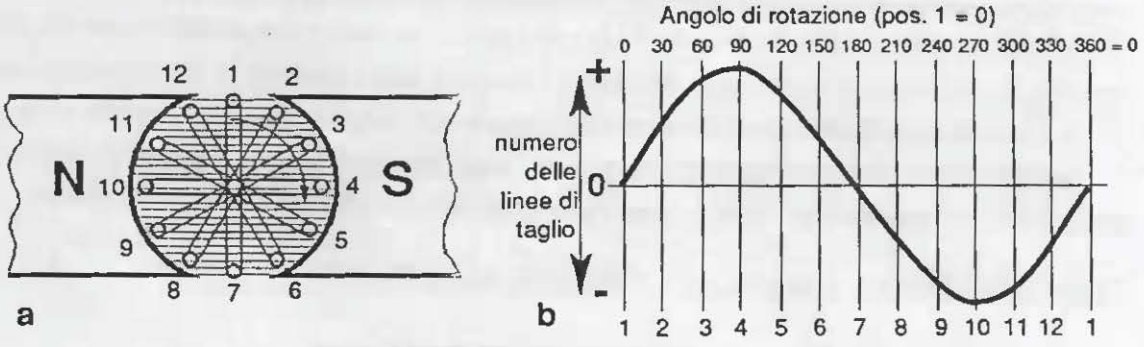

Fig. 2.11 Corrente indotta nell'anello di un cavo rotante durante una rivoluzione

Nella spiegazione che segue considereremo sempre lo stesso cavo ma in posizione verticale seguendolo dalla posizione 1 alla posizione 1. Quando parte dalla posizione 1, le linee di forza non vengono tagliate così la corrente è 0. Al punto 2, alcune linee di forza vengono tagliate e la corrente incomincia a fluire nella direzione positiva. Il numero delle linee di forza tagliate aumenta regolarmente fino a raggiungere il massimo nella posizione 4; poi incomincia a decrescere gradualmente fino alla posizione 7 dove ancora una volta, non essendoci alcuna linea tagliata, la corrente è zero. La stessa cosa accade anche da 7 a 10 e di ritorno a 1, ma nella direzione negativa. Il grafico della Fig. 2.11b illustra la grandezza e la polarità della corrente nelle 12 posizioni. Il risultato è un'onda sinusoidale che viene generalmente chiamata "periodo" della corrente alternata. Il periodo rappresenta un giro completo di 360 gradi. Se la velocità di rotazione della dinamo è di 3000 giri al minuto, la corrente alternata (CA) cambia la sua polarità 50 volte al secondo. Questa viene chiamata CA a 50 Hz (Hz=Hertz - unità di frequenza, cioé il numero di periodi al secondo).

TRASFORMATORI

Diamo ora un breve sguardo ai trasformatori, di cosa consistono e come funzionano.

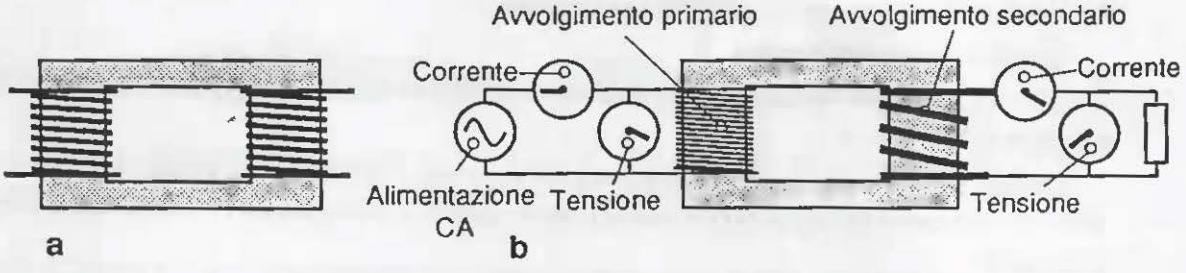

Fig. 2.12 Il principio del trasformatore

PNEUMAC SRL www.pneumac.it

Un trasformatore è formato da due o più spirali, arrotolate comunemente attorno ad un nucleo di ferro come illustrato nella Fig. 2.12a. Per la legge dell'azione e reazione, non solo una corrente alternata crea un campo magnetico alternato, ma avviene anche l'inverso, e cioè un campo magnetico alternato genera una corrente alternata in una bobina che si trovi al suo interno. Attraverso lo scambio in fase tra corrente e tensione, illustrato nella Fig. 2.12b, avviene anche uno scambio tra i due campi magnetici.

Nella Fig. 2.12b, l'avvolgimento primario, ha un numero di spire maggiore. Una alimentazione in corrente alternata genera un'alta tensione con una bassa corrente. Nell'avvolgimento secondario, che ha meno spire, avremo invece una bassa tensione con un'alta corrente come la potenza W equivale alla tensione per la corrente. La scelta è tra queste due possibilità: trasformare in un'alta tensione e una bassa corrente o viceversa.

SOLENOIDI

Un cavo arrotolato attorno ad un nucleo tubolare di materiale non magnetico, concentra le linee di forza, come illustrato nella Fig. 2.13a: la bobina con le sue linee di forza del campo magnetico, assomiglia molto ad una pompa che crea un flusso.

I punti in cui le linee di forza magnetiche entrano ed escono dal nucleo del magnete, sono i cosiddetti "poli", come per i magneti, indicati anche con nord e sud.

La presenza di ferro all'interno della bobina, aumenta notevolmente il flusso magnetico. Una barra di ferro (Fig. 2.13a) viene tirata al centro della bobina dalla forza magnetica. La ragione è che le linee di forza del campo magnetico passano 1000 volte più facilmente attraverso il ferro che attraverso l'aria.

SMC International Training

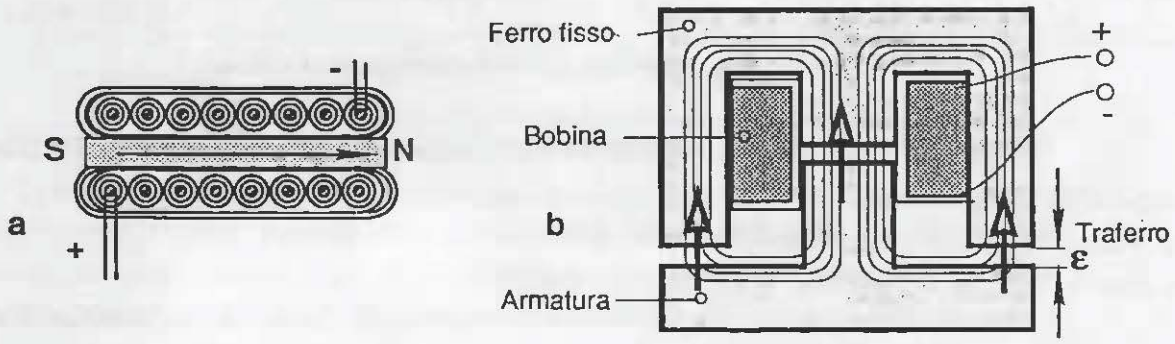

Fig. 2.13 Elettromagnetismo e principio del magnete di sollevamento

La Fig. 2.13b illustra praticamente un magnete di sollevamento. Esso consiste in una parte fissa in ferro a forma di U, con una piccola appendice al centro. La bobina viene posta al centro della parte fissa, fissata all'appendice centrale. Un'armatura mobile a forma di T, viene tirata verso la parte fissa quando la bobina è eccitata. In questo disegno, il circuito di ferro ha tre traferri uguali che permettono di produrre la massima forza d'attrazione tra le due parti di ferro. Questa forza viene utilizzata per muovere parti meccaniche o, nelle elettrovalvole, per aprire e chiudere alternativamente le sedi.