

6. MOTORI A PASSO

6.1 Premessa

I motori a passo, denominati anche motori passo-passo sono quei motori il cui funzionamento è caratterizzato da un movimento a scatti regolari che definiscono il passo attraverso un determinato angolo di rotazione.

Gli impieghi più usati riguardano gli organi meccanici (macchine utensili) nelle catene di montaggio automatizzate.

6.2 Motori passo-passo a riluttanza variabile

Questo tipo di motore è uno dei più comuni tra quelli utilizzati in commercio.

Le fasi statoriche di alimentazione sono tre e ciascuna di esse è avvolta su due espansioni polari opposte: le spire sono avvolte in modo tale che passando da una fase all'altra cambi la sua polarità magnetica.

Il rotore è costituito da quattro denti, privi di avvolgimenti: la sua struttura magnetica, come per lo statore, è costituita da lamiere in acciaio al silicio ad elevata permeabilità magnetica.

Il funzionamento del motore passo-passo può essere sintetizzato nel seguente modo: quando la fase (alimentata in sequenza da un commutatore elettronico) viene attraversata da corrente continua, il rotore si sposta e acquista una posizione tale che due dei suoi denti risultino allineati con i denti dello statore che sono sede del flusso magnetico; infatti il flusso magnetico incontra nel traferro una elevata riluttanza, ed è precisamente dalla tendenza a ridurre tale riluttanza, con l'allineamento, che nasce la coppia motrice del motore.

Quando la corrente viene commutata a un'altra fase, il rotore allineerà con questa gli altri due denti, dando luogo a uno spostamento angolare che corrisponde al passo. Alimentando secondo una data sequenza le tre fasi statoriche si ottiene un movimento a passi del rotore.

Dopo un completo ciclo di alimentazione il rotore tornerà nella posizione di partenza. È importante ricordare che lo spostamento può avvenire in senso orario e antiorario a seconda di come vengono alimentate le fasi.

Il legame che lega il passo (p) del motore (espresso in gradi) al numero di fasi statoriche (F_s), al numero di denti del rotore (D_r) e al numero di passi per giro (G) è espressa dalla seguente relazione:

$$G = \frac{360}{p} = F_s \cdot D_r$$

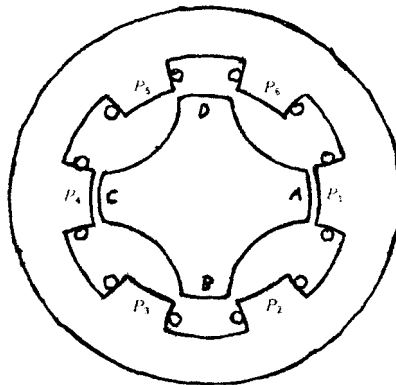


Fig.1 Indica il motore passo-passo nella versione a riluttanza variabile.

6.3 Motore passo-passo di tipo ibrido

E' un motore passo-passo il cui rotore, oltre ad essere dotato di un magnete permanente, possiede una struttura dentata: tale motore è detto ibrido perché il suo funzionamento è dovuto all'effetto contemporaneo della variazione di riluttanza tra la f.m.m. del magnete permanente e le f.m.m. delle bobine poste sullo statore. Lo statore è costituito da 8 poli dentati, i quali vengono avvolti in modo alternato con bobine appartenenti ad una o all'altra fase; il rotore è invece costituito da due supporti dentati dove è presente un magnete permanente cilindrico, il quale è magnetizzato da un supporto nord e dall'altro sud.

Il passo dei denti è lo stesso, sia per i due supporti sia per i denti delle espansioni polari; quest'ultime sono però sfasate tra loro di un quarto di passo dentario. L'esecuzione di uno o più passi richiedono l'alimentazione di una determinata fase e, ove necessario, anche il cambiamento del verso della corrente se si vuole una rotazione superiore ad un passo. Questo tipo di macchina, in cui l'avvolgimento di fase può essere percorso dalla corrente in entrambi i versi, viene denominata di tipo bipolare: essa è più semplice costruttivamente, ma richiede un circuito di alimentazione più complesso.

Il motore di tipo ibrido è adatto a realizzare un elevato numero di passi / giro tipicamente nel campo $24 \div 400$.

6.3 Motore a magnete permanente

Sono sicuramente meno impiegati dei motori a riluttanza variabile e prendono il nome poiché il rotore è costituito da un magnete permanente. Il principio di funzionamento è basato sull'attrazione di polarità magnetiche opposte, presenti

sul magnete e sullo statore che è costituito da denti di statore polarizzati a seconda degli avvolgimenti eccitati.

Questo motore può ruotare in senso orario o in senso antiorario, può compiere una rotazione completa attraverso l'uso di un commutatore elettronico e ha un passo canonico che solitamente è compreso da 30 a 45 gradi.

I vantaggi di questo motore sono i seguenti :

- a) capacità di assestarsi rapidamente nella posizione di equilibrio;
- b) rimane nella posizione di equilibrio anche senza alimentazione a causa della naturale attrazione fra poli opposti.

Per quanto riguarda gli svantaggi questi sono:

- a) grande inerzia del magnete (a causa della massa elevata);
- b) alto costo del magnete.

Una caratteristica comune a tutti i tipi di motore a passo è il funzionamento a mezzo passo che può essere ottenuta attraverso una determinata sequenza di alimentazione delle fasi che dipende da motore a motore.

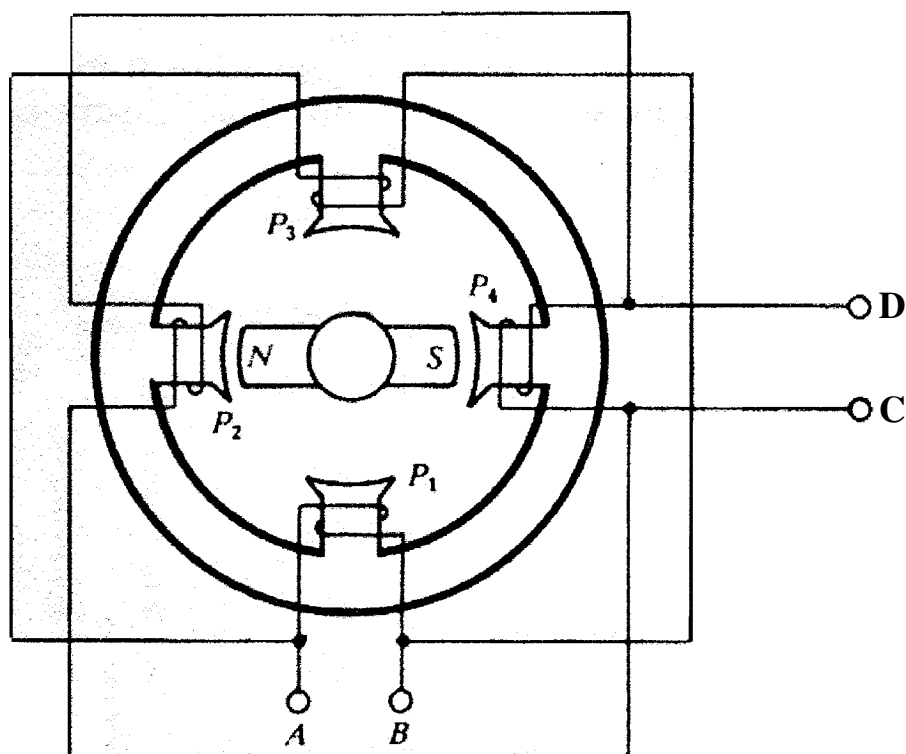


Fig.2 Questa figura rappresenta il motore passo-passo nella versione a magneti permanenti

6.5 I micromotori passo-passo monofase

In diverse applicazioni di posizionamento incrementale le esigenze di rendere sempre più piccoli i componenti sono assai spinte, mentre la potenza resa è un elemento di scarsa importanza: in questi casi, rendendosi necessaria la riduzione dei materiali, vengono impiegati i motori passo-passo monofasi.

Un avvolgimento ed una alimentazione monofasi non sono, di per sé, in grado di imporre al motore un senso di rotazione preferenziale: a priori, una alimentazione monofase può solamente mantenere una posizione di equilibrio stabile, oppure portare la macchina da una posizione instabile ad una stabile. Per realizzare un moto di rotazione in una direzione privilegiata sono disponibili delle tecniche e delle strutture che vengono citate a titolo informativo qui sotto:

- a) *poli o denti asimmetrici sullo statore;*
- b) *zone di circuito magnetico saturabile;*
- c) *impiego di un magnete ausiliario;*
- d) *impiego di spire in corto circuito.*

Sulla base delle tecniche sopra citate si basano molti micromotori passo-passo impiegati in applicazioni di piccolissime dimensioni, tipicamente negli orologi analogici al quarzo o nell'azionamento di piccoli contatori ed indicatori numerici.

6.5 Motori lineari

Le macchine lineari, diversamente ad altre macchine rotanti, interagiscono con il sistema meccanico non attraverso l'albero poiché sono già in sé il sistema meccanico, questo rende la morfologia della macchina molto diversa rispetto alle altre macchine.

La caratteristica principale di questa macchina sta nella possibilità di realizzare moti rettilinei senza l'uso di organi di mediazione (ovviamente di tipo meccanico) necessari invece per le macchine rotanti, questo rende le macchine lineari adatte alla trazione elettrica soprattutto nel campo delle alte velocità.

I principali motori di tipo lineare sono quelli di tipo piatto e di tipo tubolare, esse pur avendo un traferro di tipo cilindrico, danno luogo ad un moto che non è rotatorio ma assiale.

Queste macchine si classificano in base al loro principio di funzionamento (quanto detto avviene anche per le macchine rotanti in genere) e sono: a

induzione, sincrone lineari, a riluttanza e lineari passo-passo. E' significativo ricordare il loro utilizzo non solo come motore ma anche come generatore (ad esempio per mezzi di trazione).

Il principio di funzionamento che vale in genere sia per i motori lineari di tipo piatto o tubolare, è il seguente: il campo di induttore "taglia" i lati attivi dell'indotto creando un complesso sistema di forze elettromotrici indotte e di correnti indotte. Queste correnti interagiscono con il campo induttore e danno luogo a forze di tipo magnetoelettrico che costituiscono la spinta motrice F sviluppata dal motore nella direzione e nel verso del campo di traslazione.

Come nel motore asincrono si ha uno scorrimento pari a:

$$s = \frac{V_1 - V_2}{V_1}$$

Essendo la potenza meccanica:

$$P_m = F \cdot V_2 = F \cdot V_1 \cdot (1 - s)$$

la caratteristica meccanica risulterà essere una retta con pendenza negativa.

Nel funzionamento nominale il motore lineare ha uno scorrimento (S_n) piuttosto alto mentre risulta basso il fattore di potenza (circa di 0.5), questo a causa dell'ampio traferro che deve avere la struttura magnetica.

Il valore di scorrimento alto è motivo di notevoli perdite di potenza per effetto joule rendendo basso il valore di rendimento elettrico del motore, nonostante ciò questo non rappresenta un grave inconveniente poiché nel complesso il rendimento è accettabile.

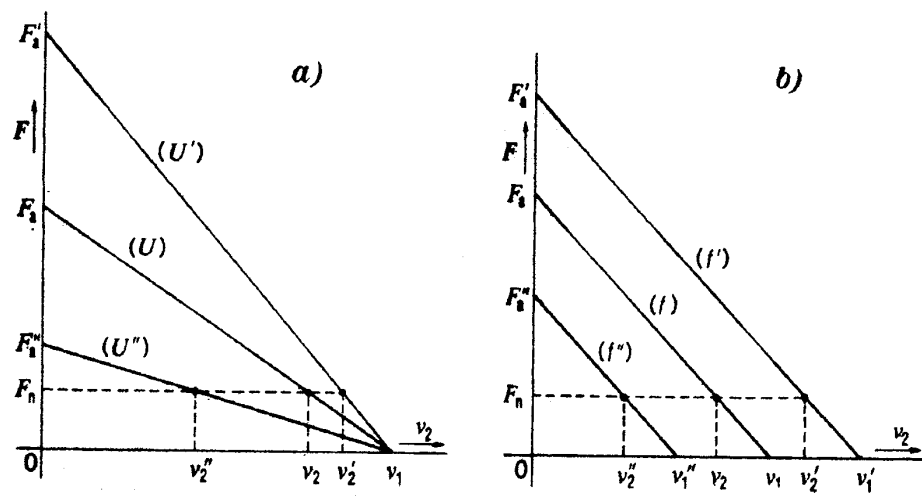


Fig.3 La caratteristica del motore lineare risulterà essere una retta con pendenza negativa come sopra rappresentata.