

# **INTRODUZIONE AGLI AZIONAMENTI CON MOTORI BRUSHLESS A MAGNETI PERMANENTI**

**Prof. Simone CASTELLAN**

# MOTORI BRUSHLESS A MAGNETI PERMANENTI

Sono motori con lo statore del tutto simile a quello dei motori sincroni e asincroni e con il rotore a magneti permanenti. Il principio di funzionamento è quello dei motori sincroni, con la differenza che il campo magnetico di rotore invece che essere prodotto tramite l'alimentazione in continua di un avvolgimento è fornito dai magneti permanenti del rotore.

Ci sono svariati modi in cui possono essere posizionati i magneti nel rotore, ma in sostanza si possono raggruppare in due grandi categorie:

- a) rotor con magneti superficiali,
- b) rotor con magneti annegati o interni.

Alcune caratteristiche favorevoli per gli azionamenti sono:

- maggiore rendimento dovuto all'assenza di correnti di rotore,
- rispetto ai motori a corrente continua manca il collettore e quindi sono più semplici e, a parità di lunghezza, si può ridurre il diametro per ottenere la stessa densità di potenza e cioè ridurre il momento di inerzia e, di conseguenza, consentire accelerazioni superiori.

# PROPRIETA' DEI MOTORI BRUSHLESS A MAGNETI PERMANENTI

- Elevata densità di flusso al traferro prodotto dai magneti.
  - Elevato rapporto potenza / peso.
  - Elevato rapporto coppia / inerzia e quindi possibile funzionamento a coppie elevate con ampie accelerazioni e decelerazioni.
  - Alcune tipologie di motori sono caratterizzati da piccole oscillazioni di coppia anche a velocità molto basse che consente di ottenere notevole accuratezza nel posizionamento.
  - Ampio campo di variazione della velocità (alcuni motori con rotore a magneti interni possono raggiungere velocità fino a 30000 giri/min.).
  - Alto rendimento e alto fattore di potenza.
  - Struttura compatta (manca il circuito di eccitazione).
  - Assenza della corrente di magnetizzazione per la generazione del flusso principale e quindi assenza delle perdite ad essa dovute.
  - Consente una certa flessibilità nel progetto della macchina.
- Difetto principale: costo dei magneti permanenti.

# CLASSIFICAZIONE DEI MOTORI BRUSHLESS A MAGNETI PERMANENTI

- Rotore:

- SPM (magneti superficiali),
- IPM (magneti interni).

- Forma d'onda della f.e.m.:

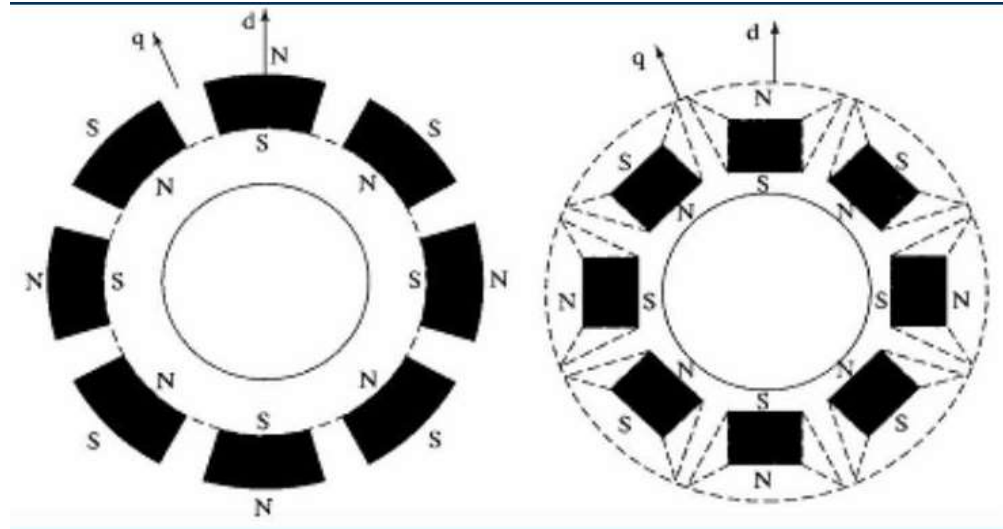
- trapezoidale,
- sinusoidale.

- Direzione del flusso:

- flusso radiale (macchine tradizionali con statore e rotore cilindrici),
- flusso assiale (direzione del flusso parallela all'asse della macchina, statore e rotore sono dei dischi affacciati tra di loro).

- Posizione del rotore:

- interno (soluzione tradizionale),
- esterno (applicazione tipica sono i motori ruota).



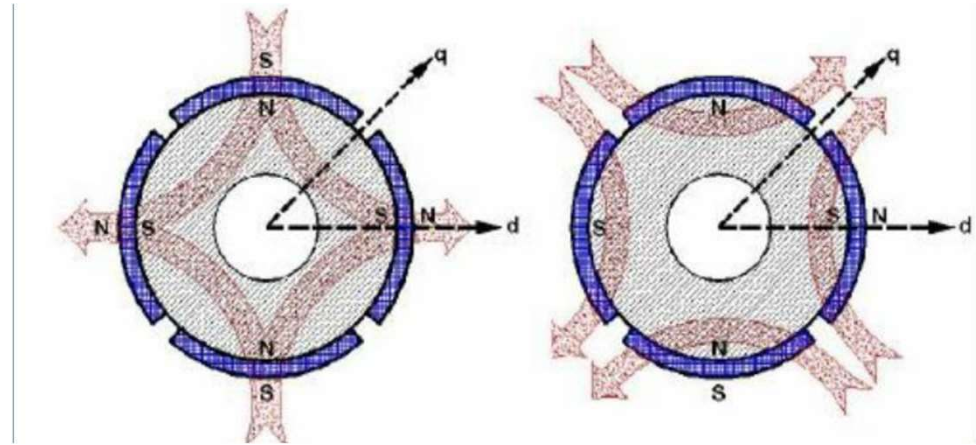
magneti superficiali

magneti interni

# CARATTERISTICHE DEI MOTORI CON ROTORE A MAGNETI SUPERFICIALI

Sono macchine isotrope (la permeabilità magnetica dei magneti è praticamente uguale a quella dell'aria) e quindi le induttanze di asse diretto e in quadratura sono uguali.

Inoltre il traferro è elevato (ne fanno parte anche i magneti) per cui l'induttanza di magnetizzazione è piccola e di conseguenza gli effetti della reazione di armatura sono trascurabili e la costante di tempo elettrica di statore è piccola.



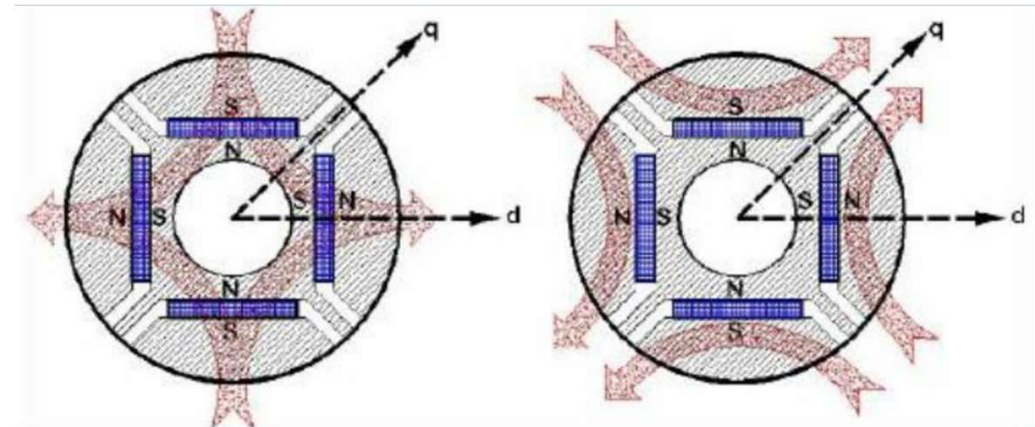
Percorso  
del flusso  
magnetico  
secondo  
l'asse  
diretto

Percorso  
del flusso  
magnetico  
secondo  
l'asse in  
quadratura

# CARATTERISTICHE DEI MOTORI CON ROTORE A MAGNETI INTERNI

Sono macchine anisotrope: il percorso dei flussi di asse  $d$  attraversa i magneti, mentre quello dei flussi di asse  $q$  no (quindi per questi ultimi il "traferro" è minore). Come conseguenza l'induttanza di asse  $d$  è minore rispetto a quella di asse  $q$ .

La differenza fra le induttanze di magnetizzazione di asse  $d$  e asse  $q$  da origine ad una componente di coppia, detta coppia di riluttanza, che può essere sfruttata per aumentare la capacità di produrre coppia da parte del motore.



Percorso  
del flusso  
magnetico  
secondo  
l'asse  
diretto

Percorso  
del flusso  
magnetico  
secondo  
l'asse in  
quadratura