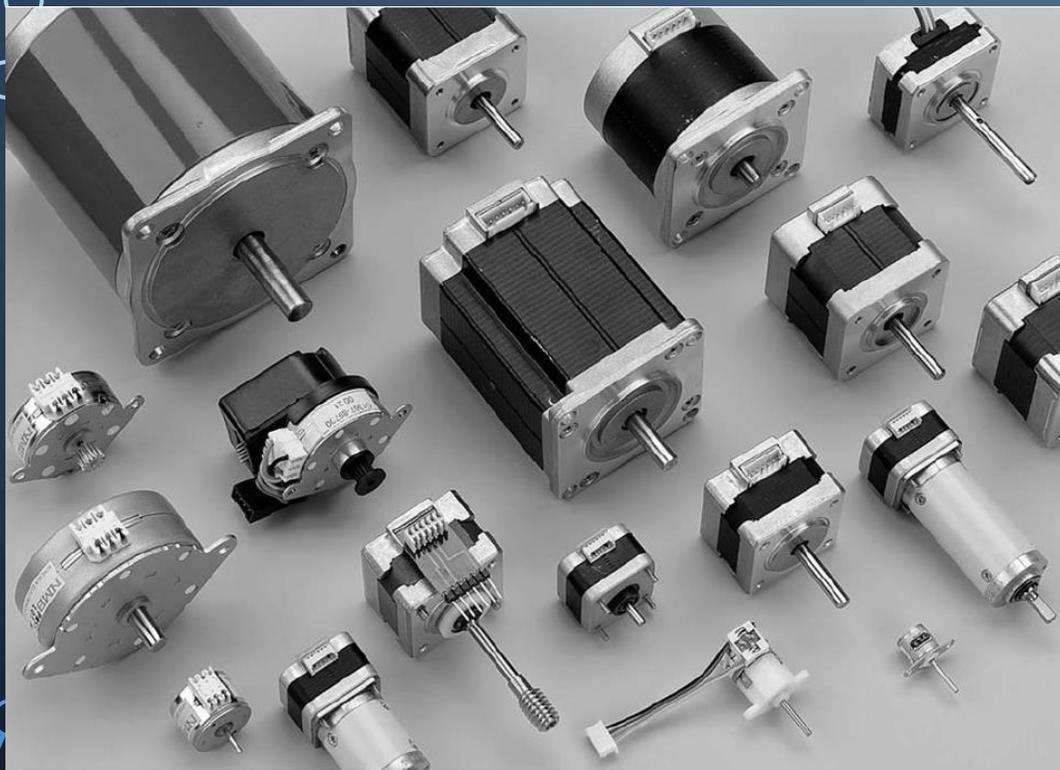




ELETTROTECNICA

MOTORI PASSO PASSO (BRUSHLESS)

FUNZIONAMENTO

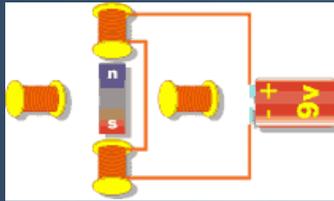


I motori passo passo (stepper motor) funzionano facendo ruotare un magnete, attirandolo da un passo all'altro con delle elettrocalamite opportunamente disposte.

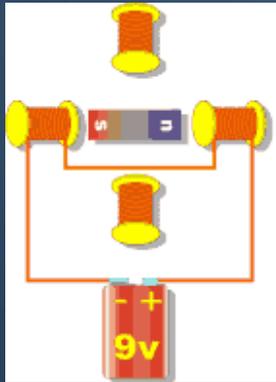
In uno stepper non ci sono contatti striscianti: per ottenere il movimento dobbiamo alternare dall'esterno il passaggio della corrente nei suoi due avvolgimenti.

Nel farlo, dobbiamo rispettare una sequenza ben precisa, composta da passi successivi di eccitazione. Se la sequenza non è quella giusta, il motore non girerà.

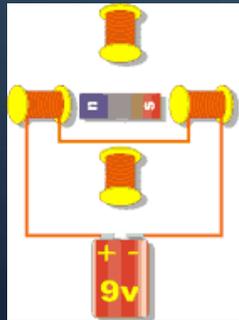
FUNZIONAMENTO



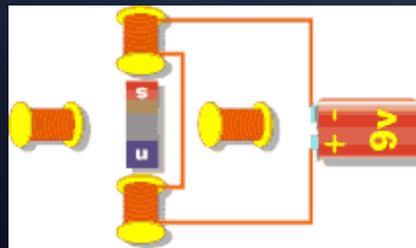
Nel primo passo alimentiamo i due elettromagneti in verticale, perciò la calamita si porterà con il **polo N in alto ed il S in basso**.



Al passo successivo, alimentiamo i due magneti posti in orizzontale. La calamita "vedrà" il polo S a destra ed il N a sinistra, e si porterà in questa posizione compiendo un **quarto di giro** in senso orario.



Al terzo passo colleghiamo ancora l'avvolgimento verticale, ma *invertendo* la polarità della batteria: la corrente circola in senso inverso, il polo S è ora in basso e quello N in alto. La calamita ruota di un altro **quarto di giro** in senso orario, attirata dai poli opposti.



Nell'ultimo passo si alimentano di nuovo i solenoidi in orizzontale, con polarità **rovesciata** rispetto al secondo passo. La calamita ruota di un ulteriore **quarto di giro**, per avvicinare il proprio polo N al polo S che ora si trova a sinistra, ed il proprio polo S al polo N che ora è a destra.

TIPOLOGIE

- A magnete permanente
- A riluttanza variabile
- Ibridi



MAGNETE PERMANENTE

È il motore più usato.

L' ibrido, che generalmente viene preferito a quello a riluttanza variabile, viene usato quando si richiedono elevate prestazioni.

I valori più comuni del passo di rotazione sono $1,8^\circ$ $3,6^\circ$ $7,5^\circ$ 9° 15° .

La frequenza dei passi normalmente di qualche centinaio di passi/s può raggiungere valori elevati, anche oltre gli 800 passi/s.

APPLICAZIONI:

- Sistemi di posizionamento
- Macchine automatiche
- Servosistemi
- Robot
- Controllo assi



MAGNETE PERMANENTE

VANTAGGI:

È possibile realizzare azionamenti di precisione controllati da computer in catena aperta, cioè senza utilizzare sensori di posizione o di velocità. Sono quindi utilizzabili con relativa semplicità e senza richiedere particolare potenza di calcolo.

Hanno un'elevata robustezza meccanica ed elettrica: infatti non esistono contatti elettrici striscianti e, se necessario, possono essere realizzati anche in esecuzione completamente stagna.

È facile far compiere all'albero piccole rotazioni angolari arbitrarie in ambedue i versi e bloccarlo in una determinata posizione.

La velocità di rotazione può essere molto bassa anche senza l'uso di riduttori meccanici.

SVANTAGGI:

Richiedono sempre circuiti elettronici per il pilotaggio, in genere di tipo digitale.

Hanno un funzionamento a scatti e con forti vibrazioni, soprattutto ai bassi regimi e se si adottano le tecniche di pilotaggio più semplici.

Il loro rendimento energetico è basso e, in genere, la potenza meccanica è piccola.

Hanno un costo elevato, relativamente ad altri tipi di motore con analoghe prestazioni.

Difficilmente raggiungono velocità di rotazione elevate.

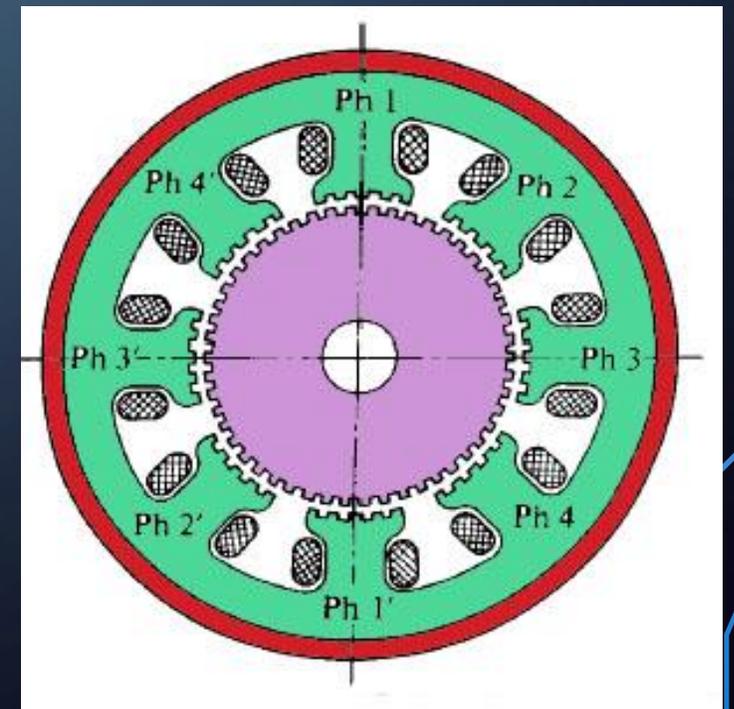
RILUTTANZA VARIABILE

Il motore a riluttanza variabile consente di risolvere, almeno in parte alle limitazioni di velocità del motore passo-passo a magneti permanente.

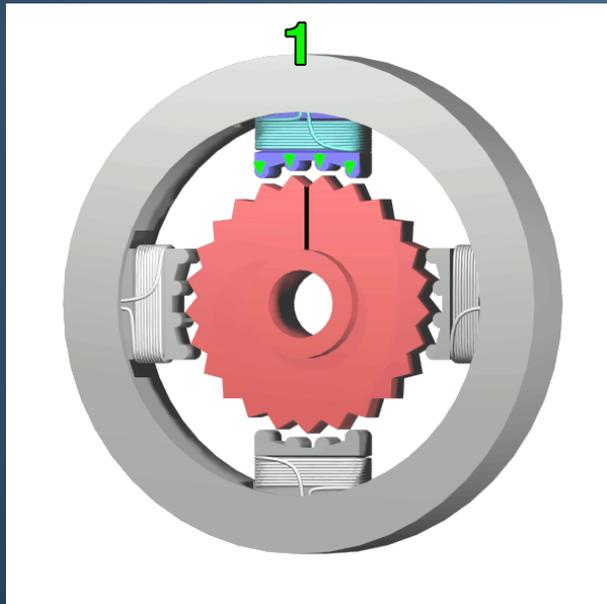
I motori a riluttanza variabile hanno il **ROTORE IN FERRO DOLCE** che presenta un numero differente di espansioni polari o denti rispetto a quelle dello statore.

Con questo accorgimento il rotore ruota in modo da rendere minima la resistenza (riluttanza) al campo magnetico generato dallo statore.

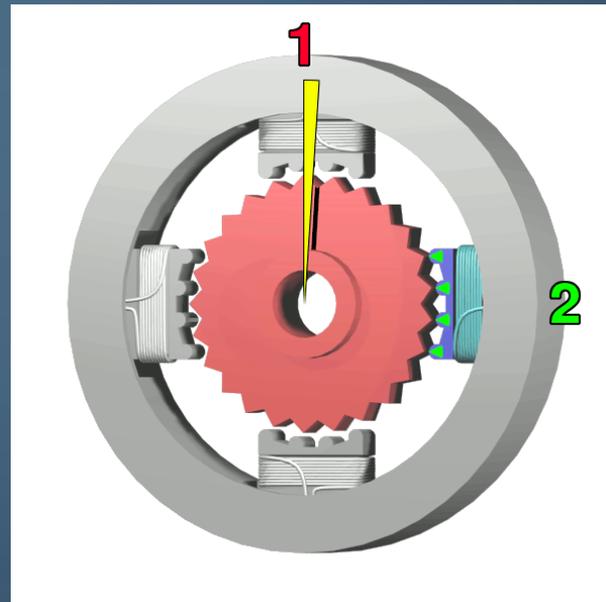
Per diminuire l'angolo di passo è possibile costruire dei motori con un numero elevato di denti, in figura è visualizzato un motore a 4 fasi con 50 denti di rotore, in questo caso il numero di passi è 200 e l'angolo di passo è $1,8^\circ$.



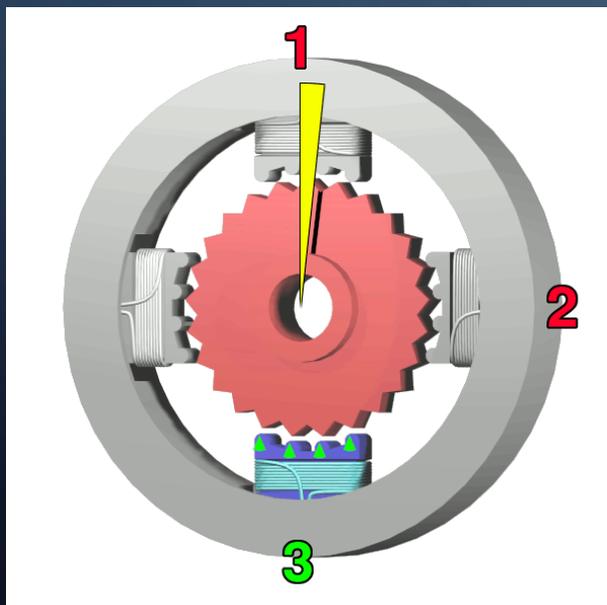
RILUTTANZA VARIABILE



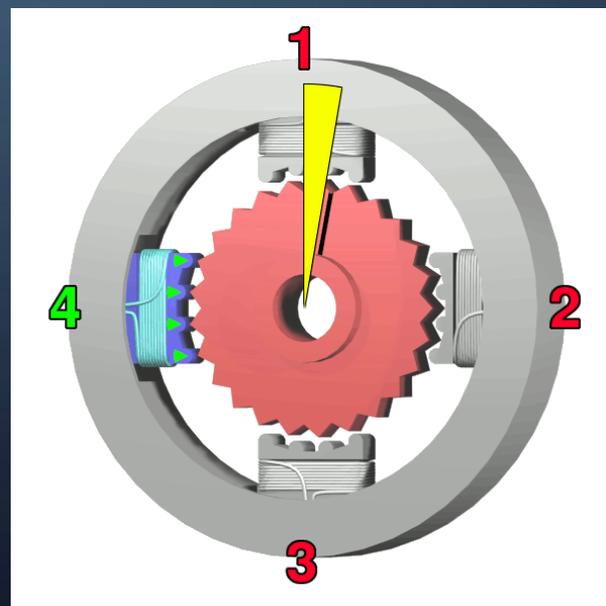
1



2



3



4

RILUTTANZA VARIABILE

VANTAGGI:

Il vantaggio principale è la facilità costruttiva

Manca un sistema di eccitazione

Non hanno un sistema spazzole-collettore

Particolarmente robusti

Poco costosi

Ridotta manutenzione

SVANTAGGI:

Il rendimento non è molto elevato

Non si possono utilizzare potenze molto elevate

C'è sempre bisogno di velocità di rotazione assolutamente costante

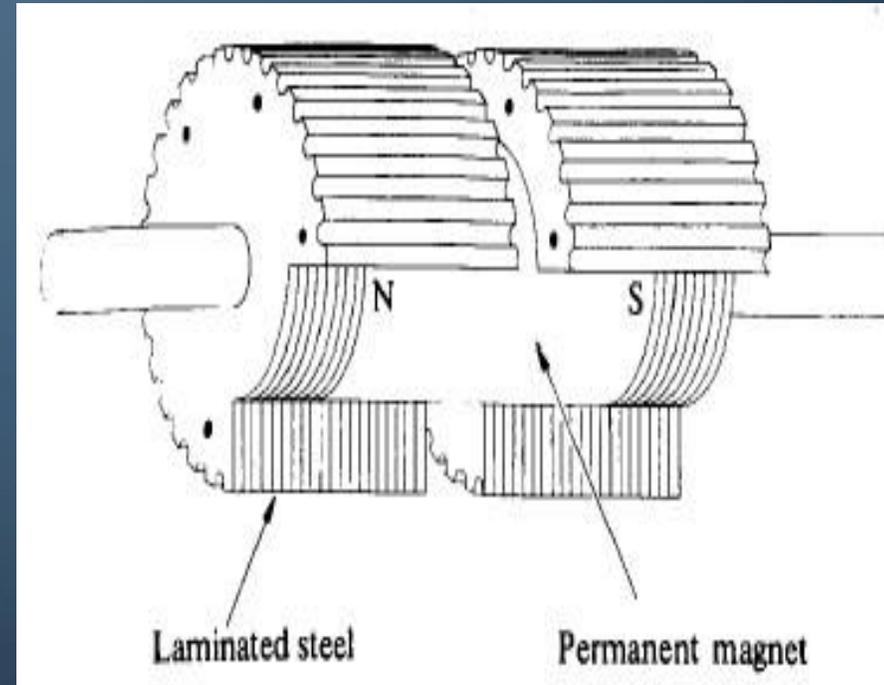
Mancanza di una coppia stabilizzatrice a motore fermo

IBRIDI

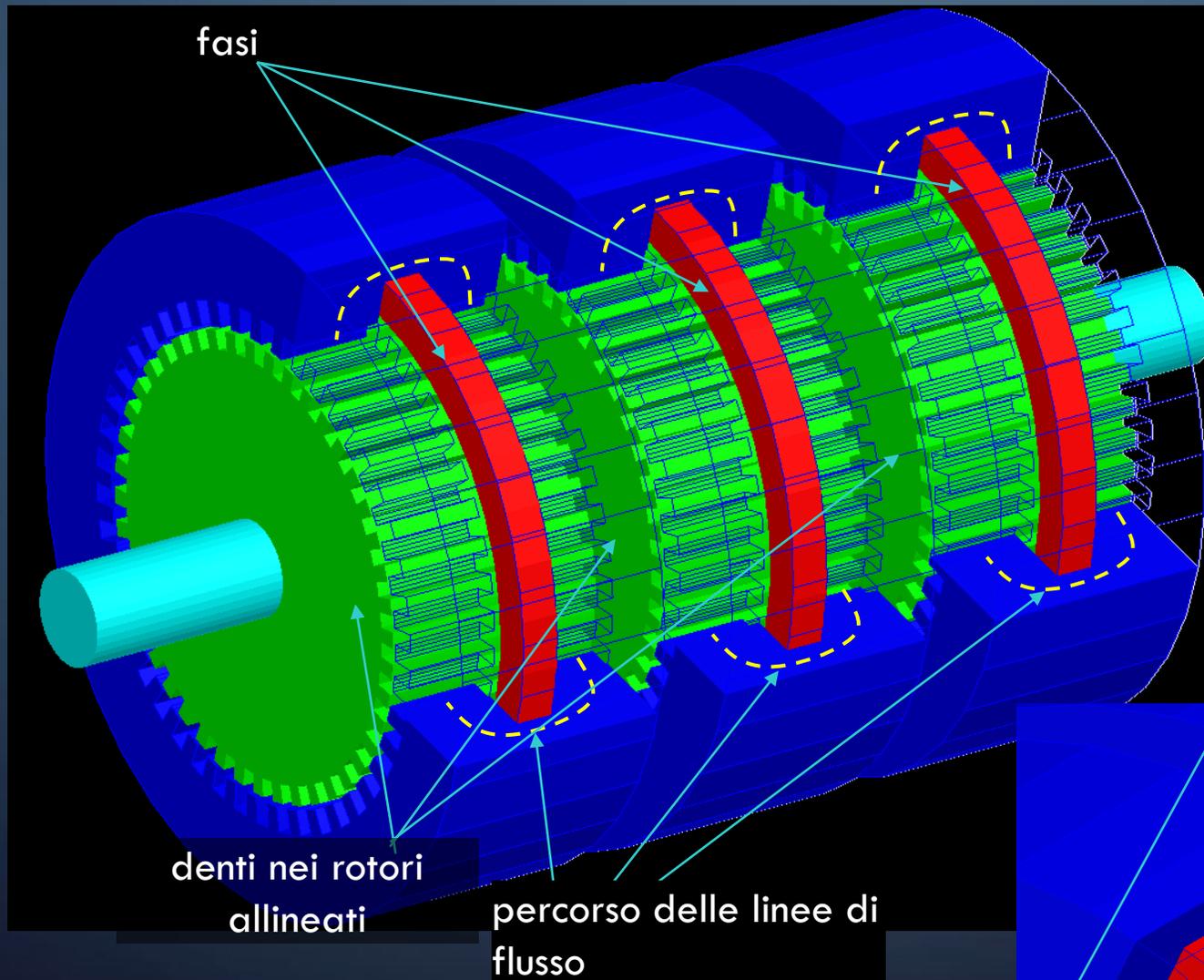
Il motore ibrido unisce alcune caratteristiche del motore a riluttanza variabile e di quello a magnete permanente.

Ha il rotore costituito da un magnete permanente sul quale sono posizionate delle espansioni polari in ferro dolce.

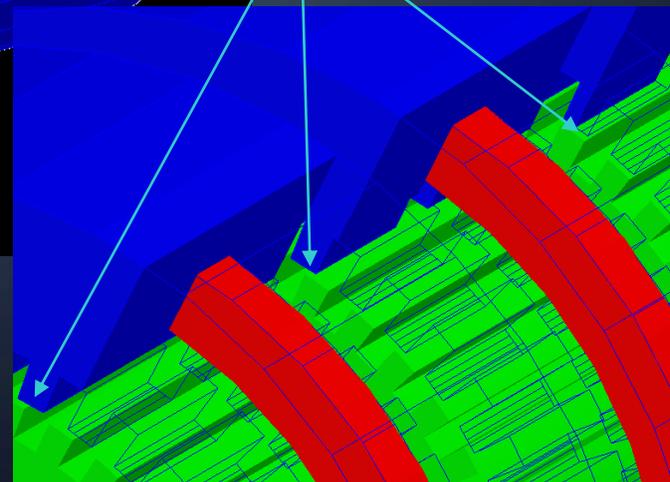
Riesce ad ottenere un elevato numero di passi per giro (tipicamente da 100 a 400).



IBRIDI



I denti in ciascun statore ("stack") sono sfasati rispetto a quello adiacente di un passo di rotazione, pari a $1/3$ del passo di rotore ($N_p = mN_r$); equivalentemente, potrebbero essere sfasati tra loro i denti nei rotori ed allineati negli statori



vantaggi: elevato n° di passi, avvolgimenti semplici
svantaggi: inerzia elevata (3 rotori), lamierini standard inadeguati (vedi linee di flusso)

IBRIDI

VANTAGGI:

È presente una coppia di blocco in mancanza di eccitazione

C'è la possibilità di un effetto frenante causato dalle correnti parassite quando viene tolta l'alimentazione

Sono molto più veloci e reattivi (utilizzo nelle stampanti)

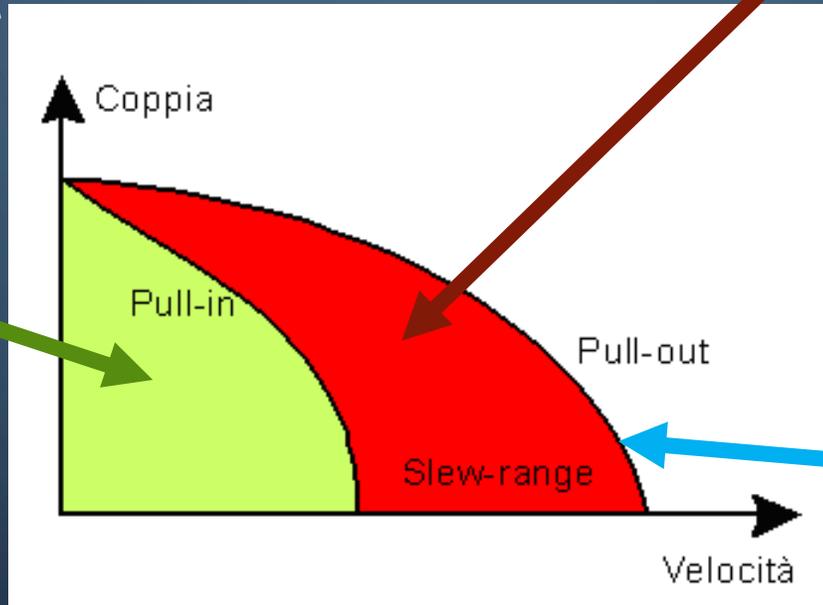
SVANTAGGI:

Sono molto più costosi degli altri sopra citati



CARATTERISTICA MECCANICA DEI MOTORI PASSO PASSO

PULL-IN: è l'area in cui il motore può subire cambi di velocità e inversioni di marcia senza precauzioni particolari.



SLEW-RANGE: questa area può essere attraversata solo a condizione di evitare bruschi cambiamenti di velocità. Il cambiamento di frequenza deve quindi essere continuo e tanto più lento quanto più ci si allontana dalla curva di pull-in.

PULL-OUT: è la massima coppia resistente che può essere applicata al motore in rotazione ad una data velocità costante senza causare il blocco. In pratica rappresenta le massime prestazioni del motore.