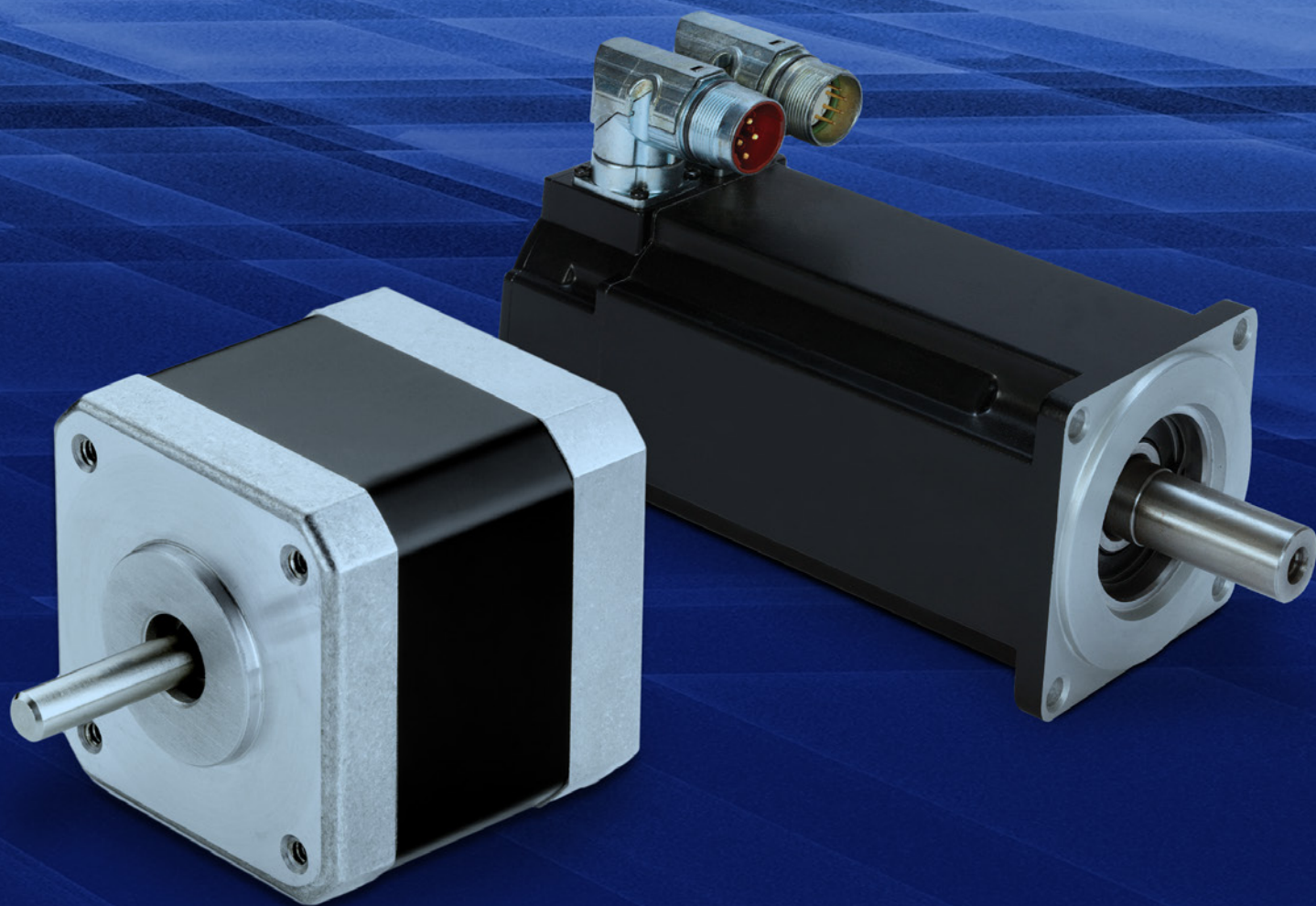




Motore passo-passo o
servomotore:
quale scegliere?

KOLLMORGEN

Ogni tecnologia ha la propria nicchia e, poiché la scelta tra servomotore e motore passo-passo influisce sulla possibilità di successo, è importante che il progettista della macchina consideri i vantaggi e gli svantaggi tecnici di entrambi per scegliere il miglior sistema di azionamento a motore per un'applicazione.

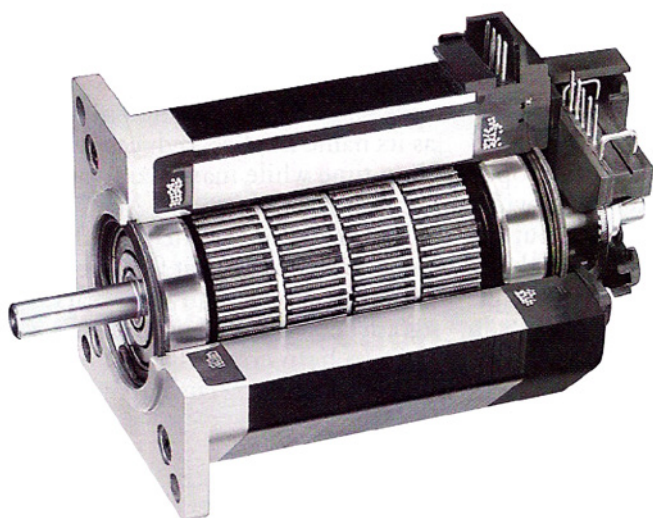
I progettisti di macchine non dovrebbero limitare l'utilizzo di motori passo-passo o servomotori sulla base di una data consuetudine o per comodità, ma dovrebbero imparare i casi in cui ogni tecnologia funziona al meglio per controllare un meccanismo e un processo specifico da eseguire.

Gli odierni azionamenti digitali per motori passo-passo forniscono caratteristiche di azionamento migliorate, flessibilità delle opzioni e protocolli di comunicazione che usano circuiti integrati avanzati e tecniche di programmazione semplificate. Lo stesso vale per i sistemi di servomotori: la maggiore densità di coppia, l'elettronica migliorata, gli algoritmi avanzati e la maggiore risoluzione di retroazione hanno portato ad una maggiore capacità di larghezza di banda del sistema e a minori costi operativi iniziali e complessivi per molte applicazioni.

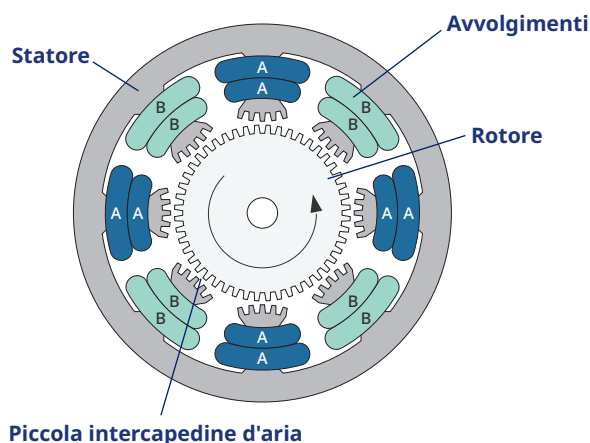
Questo articolo presenta una panoramica delle funzionalità dei motori passo-passo e dei servomotori, da utilizzare come criterio di scelta tra le due tecnologie. Una conoscenza approfondita di queste tecnologie aiuterà a creare progetti mecatronici ottimali per perseguire la piena capacità di una macchina.

PANORAMICA DEI MOTORI PASSO-PASSO

I motori passo-passo hanno diversi importanti vantaggi rispetto ai servosistemi. Solitamente costano meno, hanno supporti NEMA comuni, offrono opzioni di coppia più basse, richiedono un cablaggio meno costoso e il motion control ad anello aperto semplifica il funzionamento e l'integrazione della macchina.



STRUTTURA DEI MOTORI PASSO-PASSO



CONSIDERAZIONI SU COPPIA E VELOCITÀ

Nella maggior parte dei casi, il dubbio se utilizzare un motore passo-passo o un servomotore nasce dall'applicazione. I motori passo-passo sono tipicamente dimensionati per il doppio del requisito continuo di capacità di coppia supplementare di accelerazione e decelerazione o per una coppia di picco specifica.

Di contro, i servomotori sono generalmente dimensionati per le velocità e le coppie specifiche dell'applicazione per la massima accelerazione/decelerazione intermittente, la coppia di tenuta (se applicabile) e i requisiti di coppia continua RMS equivalente sull'intero profilo di motion.

In generale, se un'applicazione richiede un maggiore rendimento, un'alta velocità e un'elevata larghezza di banda per la correzione dei disturbi e/o un elevato numero di giri, con o senza uno stretto coordinamento tra gli assi, i servomotori sono l'opzione migliore. Se le prestazioni da punto a punto e i requisiti dei giri al minuto

sono modesti (in funzione dei carichi di processo e dei disturbi previsti), i motori passo-passo rappresentano una scelta migliore. Inoltre, quando i carichi rientrano entro i limiti del ragionevole, la capacità di un motore passo-passo di mantenere la posizione (utilizzando la coppia statica con potenza e la coppia residua senza potenza) può essere un vantaggio.

Le curve velocità-coppia evidenziano la differenza tra i motori passo-passo e i servomotori a magneti permanenti a corrente alternata di pari volume (Figura A). I motori passo-passo generano tipicamente una coppia continua più elevata a velocità più basse rispetto ai servomotori. Tuttavia, i servomotori producono coppie di picco intermittenti in questa stessa gamma a bassa velocità e generano coppie di picco e continue su una gamma di velocità molto più ampia ed elevata.

CAPACITÀ DI MOTORI PASSO-PASSO E SERVOMOTORI

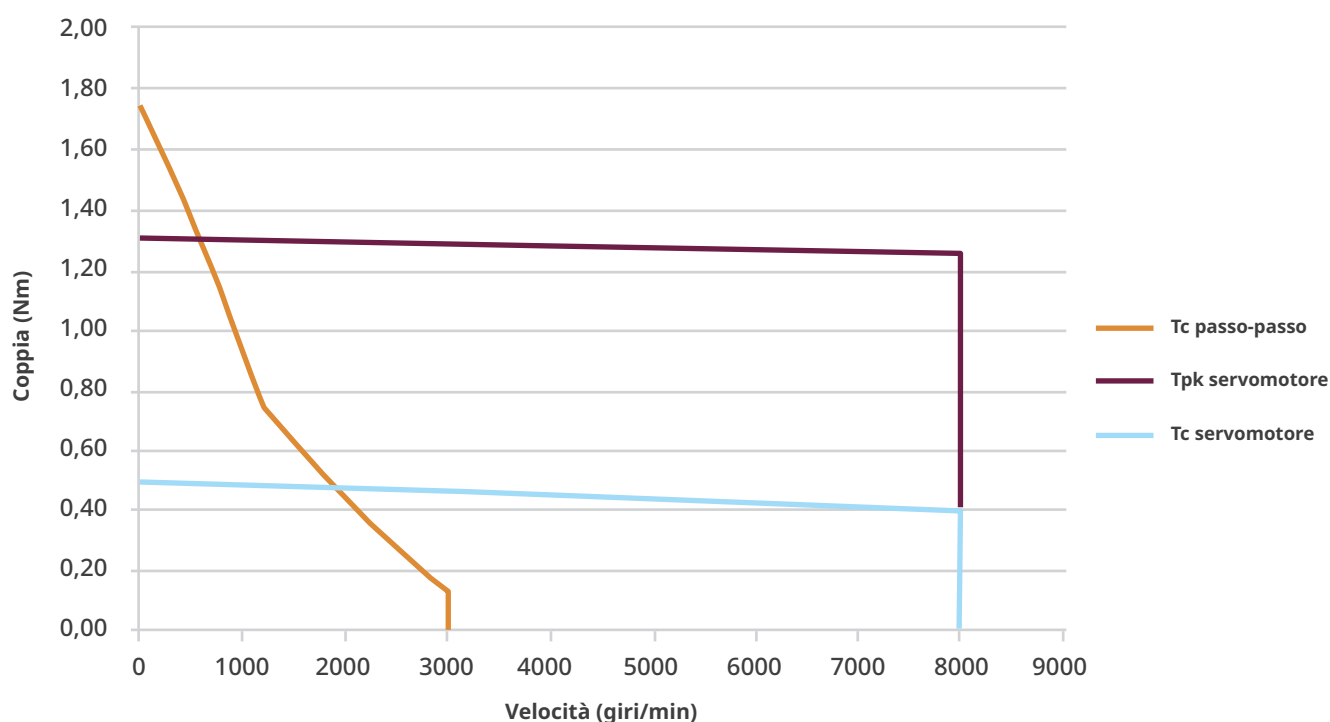


Figura A: Confronto tra le curve di prestazione approssimativamente a parità di volume.

Esempi di applicazioni in cui vengono utilizzati i sistemi di motori passo-passo sono assi macchina automatizzati per la regolazione e la configurazione nonché assi video per l'ispezione. I motori passo-passo sono ideali specialmente per questi tipi di assi perché tendono ad essere più facili da progettare nei sistemi di controllo e meno costosi al momento della configurazione iniziale. Quando un asse per una determinata configurazione può essere bloccato fisicamente in posizione, il suo funzionamento è meno costoso (ad es. modalità opzionale ON/OFF a potenza ridotta). Inoltre, se applicati correttamente, i motori passo-passo sono meno soggetti a guasti in ragione del loro semplice controllo ad anello aperto che richiede solo l'abbinamento avvolgimento-azionamento rispetto alla regolazione motore-azionamento-meccanismo necessaria per i circuiti di retroazione di un sistema ad anello chiuso.

AZIONAMENTI PASSO-PASSO

Le tecniche di progettazione più recenti hanno migliorato le prestazioni del motore passo-passo grazie all'utilizzo di: retroazione integrata; smorzamento di fine corsa per ridurre i tempi di assestamento massimizzando la precisione; soft-start per ridurre il saltellamento all'accensione; modalità antirisonanza per ottimizzare la coppia, la stabilità e la riduzione del disturbo (udibile o meno); Idle Current Reduction (IRC) per ridurre il riscaldamento del motore durante l'arresto; modalità di funzionamento facilmente controllabili tra il passo completo, il mezzo passo e il micropasso.

Anche se la maggior parte dei motori passo-passo di dimensioni adeguate sono estremamente accurati nella modalità di passo selezionata, la retroazione integrata fornisce una precisione aggiuntiva senza il costo di un dispositivo di retroazione esterno. Con la riduzione delle dimensioni del passo per aumentare la risoluzione, le tecniche di micropasso consentono di ottenere una coppia e un movimento più fluido, sia a basse velocità che a velocità superiori.

SVILUPPI DEL MOTORE PASSO-PASSO MODERNO

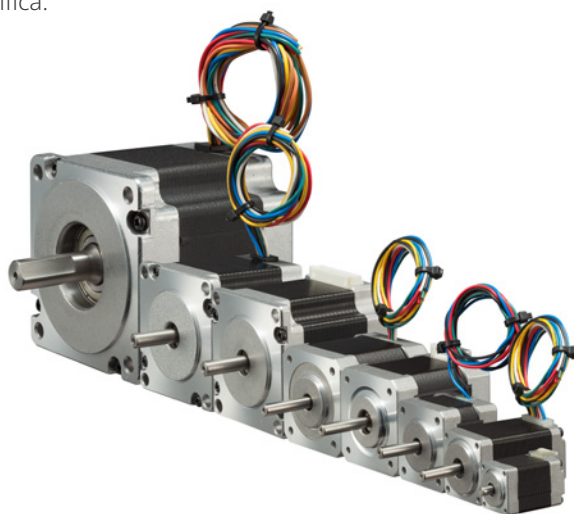
I motori passo-passo moderni sono disponibili in potenze superiori rispetto a quelli della generazione precedente. Le tecniche di progettazione più recenti hanno ridotto le intercapedini d'aria, introdotto magneti più resistenti e fisicamente più grandi e sovradimensionato il rotore.

L'aumento del diametro e dell'inerzia del rotore genera una coppia maggiore per unità di volume pur mantenendo le stesse dimensioni del telaio e lo stesso avvolgimento nel motore passo-passo. Naturalmente, la maggior inerzia del rotore può influire sui tempi di

accelerazione e decelerazione per una data applicazione, ma questo metodo consente un maggior numero di applicazioni per una data dimensione del telaio del motore passo-passo grazie all'efficace riduzione del rapporto tra il carico (J_{load}) e l'inerzia del rotore del motore (J_m). Generalmente, i sistemi di motori passo-passo sono dimensionati con un rapporto $J_{load}:J_m$ inferiore a 30:1, ma con accelerazioni e decelerazioni più lente e un funzionamento a micropassi avanzato si possono ottenere rapporti di inerzia di 200:1.

Con la gestione elettronica del rilevamento dello stallo nei [moderni azionamenti passo-passo](#), non occorre di norma una retroazione esterna per la sincronizzazione impulso-albero. Tuttavia, i dispositivi di retroazione opzionali sono utilizzati per la conferma della posizione (anello aperto) o per la correzione della posizione dovuta al disallineamento dei componenti, al disturbo e/o alla perdita di informazioni sugli impulsi (posizione). In funzione dell'azionamento passo-passo, un motore a passi con retroazione dinamica avrà meno oscillazioni di velocità e utilizzerà meno potenza rispetto agli equivalenti ad anello aperto e avrà una coppia residua più elevata a basse velocità rispetto ad un equivalente servomotore trifase.

Le applicazioni dei motori passo-passo che richiedono una retroazione possono avvicinarsi al costo di un servosistema e quello che può essere un vantaggio operativo in un'applicazione può trasformarsi in uno svantaggio in un'altra. Per operare la scelta corretta i progettisti devono valutare con attenzione il lavoro da svolgere. Spesso i sistemi passo-passo ad anello chiuso non sono tecnicamente competitivi rispetto ai servomotori, più convenienti economicamente, pertanto i pro e i contro di entrambi i tipi di sistemi devono essere considerati attentamente in funzione dell'applicazione specifica.



[I motori passo-passo PMX](#) offrono prestazioni e flessibilità di progettazione in un pacchetto con un elevato rapporto coppia-costi.

PANORAMICA DEI SERVOMOTORI

I servomotori hanno diversi vantaggi rispetto ai motori passo-passo. Possono generare una coppia elevata su una vasta gamma di velocità quando richiesto e sono disponibili in gamme di coppia più ampie e tensioni più elevate (fino a 480 Vca). Rispondono alle perturbazioni con una coppia molto maggiore rispetto alla propria capacità continua, utilizzando solo la potenza necessaria per realizzare il motion comandato. Inoltre sono compatti.

SERVOAZIONAMENTI

La compensazione motore-azionamento, spesso definita come regolazione o comp, era considerata un tempo un ostacolo insormontabile nel processo di configurazione da parte degli utenti dei servomotori, ma ora nella maggior parte dei casi è acqua passata. Oggi,

le più recenti [tecnologie di servozionamento digitale](#) hanno potenziato le capacità software e hardware per una migliore esperienza dell'utente e offrono una notevole flessibilità di compensazione. Infatti, alcuni servosistemi configurano automaticamente il motore, l'azionamento e la retroazione e si sintonizzano anch'essi autonomamente. Servoazionamenti che si adattano automaticamente al motore-azionamento-meccanismo dato, senza ridurre le prestazioni e la scarsa necessità di un'ulteriore messa a punto degli anelli di regolazione.

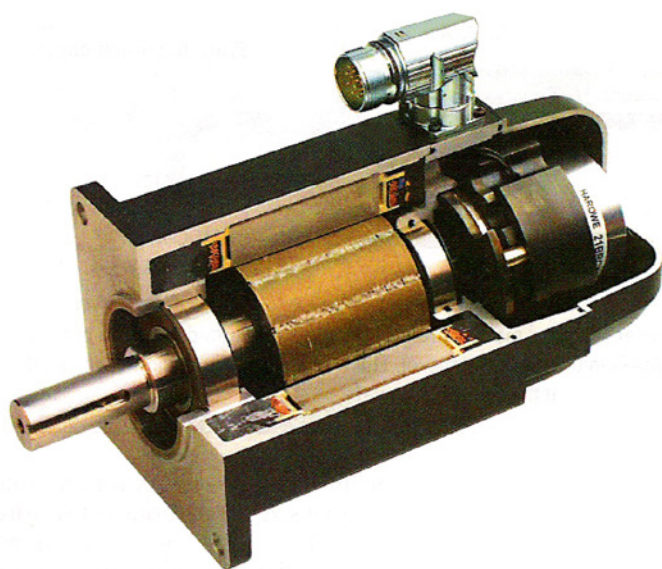
CONSIDERAZIONI SU COPPIA E VELOCITÀ

Anche se i servomotori sono progettati per funzionare ad alte velocità, possono operare con precisione a velocità estremamente basse con un controllo molto preciso, anche fino a 1 giri/min e meno, con una preparazione adeguata. Se utilizzati correttamente, i motori passo-passo sono precisi e rappresentano generalmente una soluzione più economica per le applicazioni a bassa velocità con meno di 1.000 giri/min. Tuttavia, al di sopra di 1.000 giri/min, la coppia di un motore passo-passo inizia a diminuire per via delle costanti di tempo del circuito magnetico e delle perdite del conduttore.

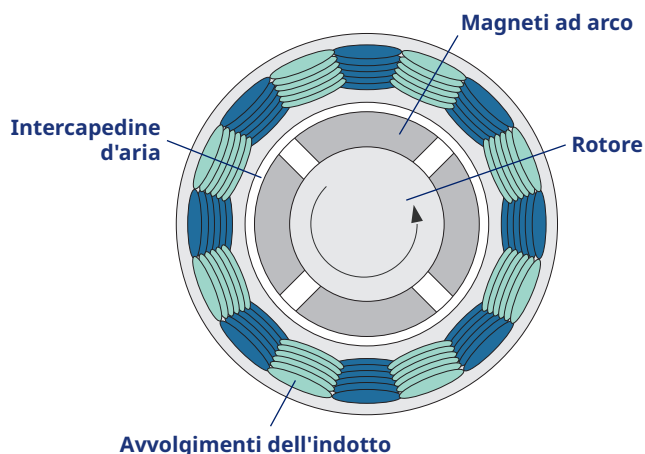
Al contrario, i servomotori con coppia comparabile non iniziano a diminuire fino a circa 2.000 - 4.000 giri/minuto o più (Figura B). Le servoapplicazioni ad azionamento diretto che alimentano carichi ad inerzia elevata usano generalmente velocità inferiori a 1.000 giri/min, mentre le classiche applicazioni dei servoazionamenti con una catena cinematica meccanicamente avvantaggiata utilizzano qualsiasi velocità all'interno dello spettro di capacità di lavoro del motore.

Con un intervallo di velocità richiesto compreso tra 1.000 e 3.000 giri/min, la tecnologia di motore ottimale può essere determinata da requisiti applicativi quali potenza, coppia di picco a regime, coppia RMS continua e ripetibilità.

In caso di stallo (basse velocità < 50 passi/secondo o 15 giri/min) o quando si mantiene un carico senza movimento, i motori passo-passo, specialmente quelli con rotori sovradimensionati, possono produrre più coppia rispetto ai servomotori per una data dimensione di telaio, anche se i nuovi modelli di servomotori stanno colmando il divario. Con una coppia di questa entità, i motori passo-passo possono produrre un movimento a bassa velocità estremamente preciso e rigoroso senza aver bisogno di una trasmissione o di altro vantaggio meccanico.



STRUTTURA DEI SERVOMOTORI



Al contrario, i [servomotori ad azionamento diretto](#) con un numero di poli più elevato e una retroazione ad alta risoluzione sono spesso utilizzati in applicazioni di processo industriale che richiedono velocità tipicamente inferiori a 1.000 giri/min senza un vantaggio meccanico, come ad esempio un riduttore.

Quando un motore passo-passo è a riposo, utilizza energia continua e non vi è assolutamente alcun movimento salvo in caso di sovraccarico. Quando il motore non è alimentato, la sua capacità di coppia residua può essere utilizzata per mantenere la posizione.

Di contro, un servomotore non è mai a riposo quando è in funzione, in ragione della costante correzione dell'errore dell'anello chiuso durante la quale utilizza solo l'energia necessaria per mantenere la sua posizione comandata. L'errore dell'anello di posizione che varia costantemente fa sì che l'albero di uscita del servomotore si sposti avanti e indietro, anche se non dovrebbe essere evidente, cercando continuamente di ridurre al minimo l'errore.

Questo continuo movimento avanti e indietro dell'attuatore è chiamato "hunting" ed è simile ad un altro termine, "dither", un movimento dell'attuatore indotto appositamente, ad es. nell'azionamento di una valvola per superare continuamente potenziali problemi di frizione statica. Lo spostamento fisico durante l'hunting comporta in genere solo pochi conteggi di retroazione rispetto alla risoluzione totale. Un movimento che è impercettibile nella maggior parte delle applicazioni può risultare inaccettabile per altre. I dispositivi di retroazione con risoluzione maggiore riducono il delta tipico dell'hunting e diminuiscono il rischio di instabilità degli assi.

Laddove la ripetibilità e la risoluzione sono un problema, per tradizione dominio dei servomotori, si possono ora prendere in considerazione i motori passo-passo. Il requisito per l'applicazione dei sistemi passo-passo è che il carico sia prevedibile o soggetto solo a piccole forze esterne e disturbi, dove non è necessario uno stretto coordinamento tra gli assi. I motori passo-passo operanti ad anello aperto possono far risparmiare inizialmente più del 20-30% rispetto a soluzioni analoghe con servomotori.

CAPACITÀ DI MOTORI PASSO-PASSO E SERVOMOTORI

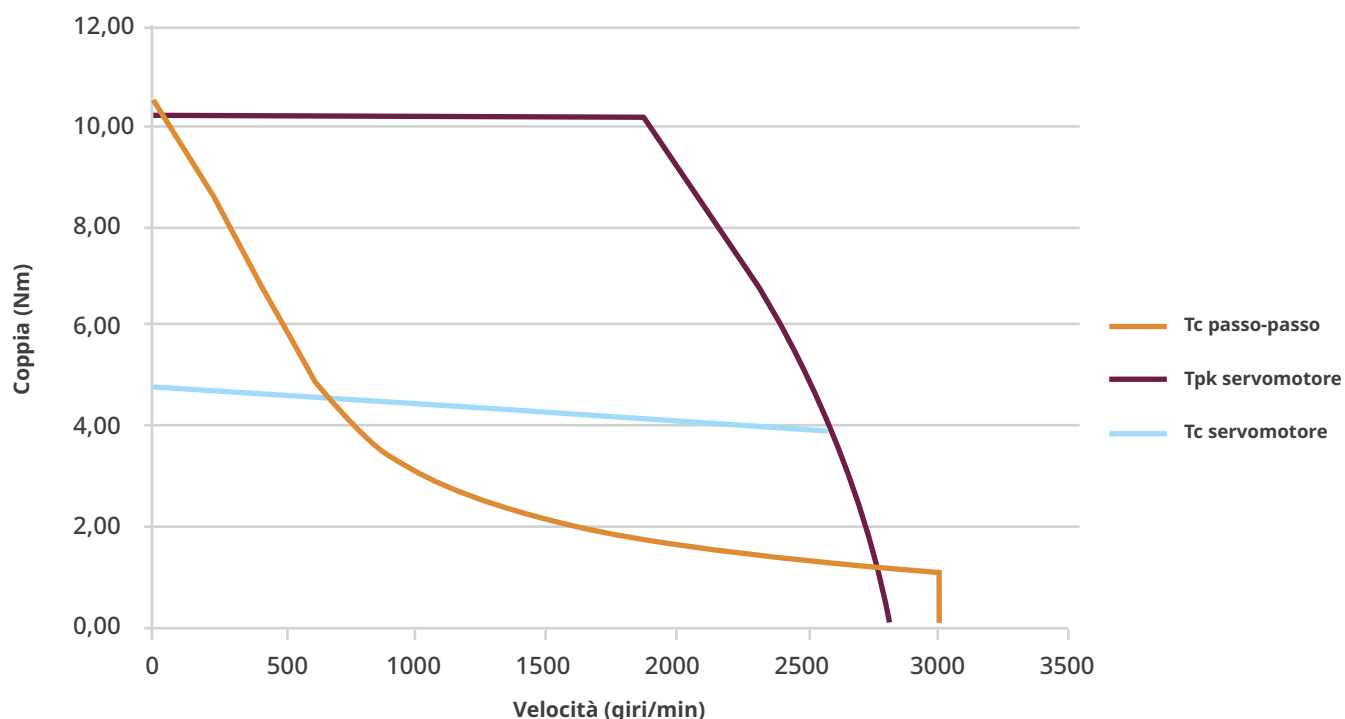


Figura B: Confronto tra le curve di prestazione con capacità di volume e velocità simili.

CRITERI DI SELEZIONE

PRESTAZIONI DI COPPIA

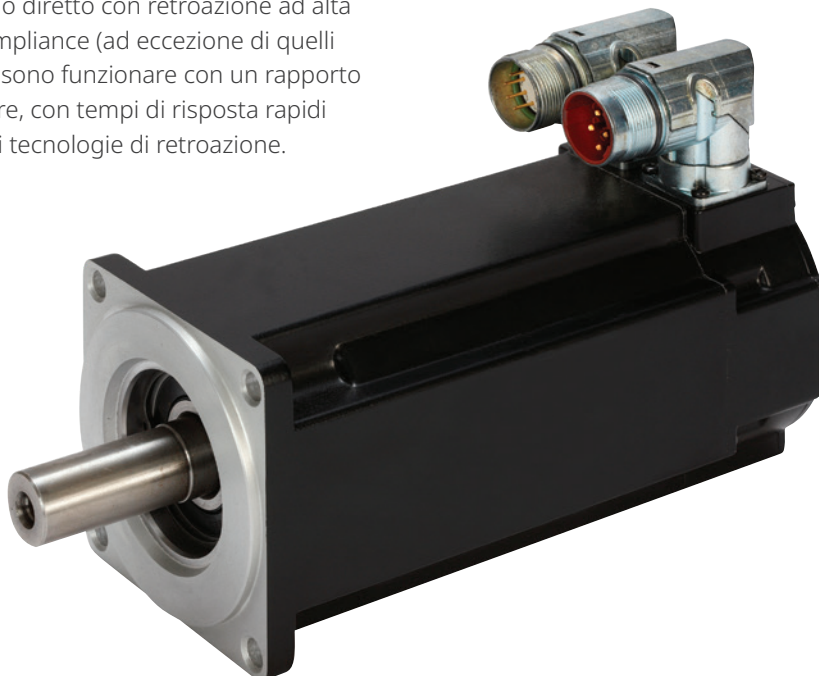
Quando si valutano curve velocità coppia comparabili, i progettisti dovrebbero selezionare il motore che fornisce la coppia più elevata alle velocità richieste. A parità di prezzo, la maggior parte dei progettisti predilige l'utilizzo di servomotori. Per carichi costanti o variabili, i servosistemi possono recuperare da condizioni di sovraccarico dove i sistemi passo-passo non possono. I motori passo-passo erogano molta coppia in un ingombro ridotto a velocità inferiori a 1.000 giri/min, mentre i servomotori sono in grado di gestire requisiti di coppia a velocità inferiori e di molto superiori a 1.000 giri/min.

ADATTAMENTI DELL'INERZIA DI MASSA

La determinazione dell'inerzia di carico del sistema può facilitare la selezione tecnica del tipo di motore. Come regola generale, i motori passo-passo di solito non superano un rapporto di 30:1 tra l'inerzia del carico e l'inerzia del motore (J_{load}/J_m). Al contrario, i servosistemi a comando diretto con retroazione ad alta risoluzione e senza compliance (ad eccezione di quelli azionati in acciaio), possono funzionare con un rapporto di 200/300:1 e superiore, con tempi di risposta rapidi rispetto alle precedenti tecnologie di retroazione.

In passato, i tipici sistemi di servomotori che richiedevano tempi di risposta rapidi ed elevate accelerazioni o decelerazioni necessitavano di un rapporto di inerzia tra carico e rotore nell'intervallo da 1:1 a 5:1, che in seguito si è spostato nell'intervallo da 1:1 a 8/10:1.

Oggi un servosistema con la massima risoluzione di retroazione disponibile e livelli minimi di compliance e/o backlash, può ottenere, per molte applicazioni, rapporti di inerzia di 1/20:1 e superiori. Questi intervalli superiori offrono la migliore [efficienza operativa](#) con pochi rischi aggiuntivi. I rapporti di inerzia più elevati sono sempre più dipendenti dall'applicazione, non solo in relazione alle specifiche e alle prestazioni richieste per la macchina, ma anche in relazione alla compliance e al backlash del meccanismo. Per i sistemi ad azionamento diretto, Direct-Drive, la rigidità richiesta esige spesso alberi e cuscinetti più grandi, e anche la compliance dell'attrezzatura della macchina/del supporto della macchina che sostiene il motore entra in gioco.



[I servomotori AKM™](#) offrono ai progettisti la flessibilità di una rapida progettazione condivisa di varianti per applicazioni specifiche. Sono disponibili in 8 dimensioni di telaio con oltre 500.000 configurazioni standard.

COORDINAMENTO DEGLI ASSI

Le applicazioni che richiedono un coordinamento tra gli assi possono trarre vantaggio dai sistemi servo-controllati grazie alla loro perfetta sincronizzazione e all'elevata capacità di larghezza di banda che consente una rapida correzione dei disturbi rilevati e/o dei cambiamenti di comando. I sistemi di motori passo-passo ad anello aperto correttamente dimensionati rimarranno in sincronia senza alcuna retroazione di conferma, ma sono limitati a movimenti punto a punto con la sola possibilità di una coordinazione sequenziale o pseudo-coordinata tra gli assi comandati.

CABLAGGIO E REGOLAZIONI MOTORE-AZIONAMENTO

Un cambiamento che migliora l'affidabilità e la manutenzione dei servomotori è stata la riduzione del [numero di cavi](#) necessari tra i dispositivi di alimentazione e di retroazione.

I produttori hanno reso meno approssimative la messa a punto (compensazione del meccanismo motore-azionamento) nei sistemi ad anello chiuso e la determinazione degli intervalli di manutenzione dei sistemi. Tecniche di messa a punto automatizzate o calcolate e programmi diagnostici integrati contribuiscono a semplificare tali requisiti per l'utente. Inoltre, la maggior parte dei servoazionamenti può utilizzare i tradizionali ingressi di passo e direzione che da molti anni vengono utilizzati per l'interfacciamento con i motori passo-passo. I servomotori che utilizzano questa funzione si trovano in una modalità di posizione operativa che elimina la potenziale perdita o l'aggiunta di passi del motore comandati.

Questo ci porta a uno dei problemi più comuni con i sistemi di motori passo-passo quando vengono fatti girare al limite delle proprie capacità: la perdita e/o l'aggiunta di passi di motion rispetto al numero di passi comandati. Il problema è più evidente durante l'accelerazione e/o la decelerazione. La perdita di passi deriva tipicamente da un'inerzia troppo marcata, che influisce sull'accelerazione, o da un attrito superiore a quello desiderato. Al contrario, l'aggiunta di passi deriva tipicamente dal disturbo o da un'inerzia troppo ampia (che influisce sulla decelerazione). A causa dell'accumulo di passi di motion aggiunti e andati persi, possono passare ore prima che venga superata una certa tolleranza di fabbricazione.

Ciononostante, i motori a passi sono ancora più semplici, avendo meno cavi da collegare e regolazioni motore-azionamento minime per mettere in funzione un sistema.

PRECISIONE E RISOLUZIONE

I sistemi passo-passo presentano una differenza tra la loro risoluzione teorica e quella effettiva. Ad esempio, un motore a due fasi, a passo completo, con un angolo di passo di $1,8^\circ$, ha 200 posizioni possibili in un giro ($360^\circ/1,8^\circ$), ma il fatto che questo sia effettivamente raggiunto dipende da come il motore è stato dimensionato per l'applicazione. Lo stesso vale per le modalità di azionamento del motore a mezzo passo e micropasso. Un micropasso di $1,8^\circ$, anche se specificato come avente dieci micropassi per ogni passo completo, non può necessariamente trovare tutte le posizioni di micropasso.

Inoltre, possono essere necessari diversi micropassi comandati prima di poter disporre di un sufficiente accumulo di coppia in grado di superare l'attrito e l'inerzia del carico. In una situazione reale, il motore potrebbe facilmente saltare uno o più micropassi oltre il numero comandato e ivi stabilizzarsi. Quando i requisiti di posizione-risoluzione devono superare i 200 passi per giro, i motori passo-passo possono utilizzare un encoder di retroazione per raggiungere più di 1.000 passi/giro. Con una preparazione ragionevole, anche i motori a cinque fasi e i motori a micropassi possono migliorare i passi/giro.

La risoluzione del servomotore è teoricamente infinita, ma il posizionamento del sistema nel funzionamento ad anello chiuso dipende principalmente dalla risoluzione del dispositivo di retroazione, sia esso un encoder sinusoidale, un resolver o un encoder digitale (TTL). Gli odierni dispositivi di retroazione ad alta risoluzione possono avvicinarsi a valori tra 2^{21} (ossia 2.097.152) e 2^{28} (ossia 268.435.456) conteggi per giro di motore, più la capacità opzionale multi-giro (tipicamente fino a 4.096 giri). Sono disponibili dispositivi di retroazione multi-giro per la posizione assoluta di un asse all'accensione della macchina, eliminando il ciclo di ritorno al punto di partenza ad ogni accensione; tuttavia, un'opzione multi-giro può limitare la risoluzione di retroazione totale disponibile.



RIPETIBILITÀ

I servomotori sono estremamente ripetibili perché funzionano ad anello chiuso. Tuttavia, i motori passo-passo possono essere altrettanto ripetibili in svariate applicazioni, soprattutto quando si procede in un'unica direzione. Quando però viene utilizzata una modalità Idle Current Reduction (ICR) e/o il carico aumenta (ad es. come accade durante l'inversione di direzione), la situazione cambia al superamento della capacità del motore passo-passo. Analogamente a come un cambio deve assorbire il backlash, il motore passo-passo deve raggiungere il comando del sistema. Durante il primo spostamento in una nuova direzione, la precisione del motore ne risente, poiché il motore passo-passo sta superando gli effetti di inerzia e attrito del carico. Una volta che ciò si verifica, il sistema riprende la ripetibilità specificata, ma può aver perso o guadagnato passi di posizione effettivi rispetto a quelli comandati.

POTENZA IN INGRESSO

Un motore passo-passo equivale ad un induttore in serie con una resistenza e, di conseguenza, la corrente che produce la coppia richiede tempo per aumentare. Questo tempo limita la velocità per una data tensione, pertanto l'aumento della velocità del motore in una data applicazione può richiedere tensioni più elevate.

Un servosistema funziona in modo simile, ma lavorando all'interno del proprio ambito di capacità; gli anelli di controllo dell'azionamento forniranno al servomotore la tensione e la corrente necessarie per soddisfare la richiesta del carico in relazione al relativo errore di comando e di retroazione. Di contro, quando un sistema di servomotori è costretto a funzionare al di fuori del proprio ambito operativo, anche solo per un millisecondo, non è più sotto controllo e quindi non agisce come servomotore.

CONCLUSIONE

Entrambe le tecnologie, motori passo-passo e servomotori, hanno ruoli importanti da giocare nell'odierna progettazione di macchine meccatroniche. Tuttavia, una volta compresi chiaramente i vantaggi e gli svantaggi dei sistemi di servomotori e motori passo-passo, soprattutto in relazione al processo o al lavoro da svolgere, la scelta migliore per una determinata applicazione diventa molto più chiara.

Supponendo che il processo desiderato possa essere raggiunto mediante una soluzione con motore passo-passo o servomotore, soddisfacendo i requisiti di ripetibilità, precisione e flessibilità per le esigenze presenti e future, le rimanenti considerazioni sarebbero probabilmente l'ambiente, l'aspettativa di vita, la rumorosità in esercizio e l'utilizzo dell'energia.

Quando i requisiti specifici ammettono l'una o l'altra tecnologia, saranno discernimento e lungimiranza a guidare la scelta finale, tenendo conto del processo di lavoro o del compito da svolgere, delle possibili esigenze future e dell'esperienza del progettista in materia di macchine.

CARATTERISTICHE DELL'APPLICAZIONE PER MOTORI PASSO-PASSO O SERVOMOTORI

Requisiti dell'applicazione	Passo-passo	Servomotori
Massima densità di coppia	✓	
Massimo intervallo di coppia e velocità		✓
Anello chiuso (tipico)	✓	
Bassa tensione (<75 Volts)	✓	✓
Media tensione	Possibile	✓
Alta tensione (400-480+ Volts)		✓
Velocità bassa (fino a 1.000 giri/min)	✓	✓
Velocità media (1.000 – 3.000 giri/min)	Possibile	✓
Velocità elevata (> 3.000 giri/min)		✓
Coppia elevata a velocità bassa (< 1.000 giri/min)	✓	✓
Elevati tempi di risposta di larghezza di banda		✓
Punto-punto (semplice/modesto)	✓	✓
Punto a Punto	Possibile	✓
Coordinamento tra assi	Pseudo	✓
Accelerazione/decelerazione massima		✓
Mantenimento della posizione senza "hunting"	✓	
Coppia residua	✓	
Carichi di inerzia fino a 30:1 ($J_{load}:J_m$)	✓	Possibile
Carichi di inerzia fino a 200:1 ($J_{load}:J_m$)	Possibile	DD+(R/L)*
Correzioni rapide in caso di disturbi/comandi		✓
Coppie di picco disponibili > capacità continua		✓
Massima risoluzione		✓
Massimo intervallo di tensione in ingresso		✓
Integrazione estremamente semplice	✓	
Ideale per carichi fissi	✓	
Massima produttività		✓
Massima efficienza		✓

*DD=azionamento diretto, R=rotativo, L=lineare



Chi è l'autore

Hurley Gill è Senior Applications/Systems Engineer presso [Kollmorgen](https://www.kollmorgen.com) a Radford, VA. Laureato in ingegneria nel 1978 presso Virginia Tech, lavora nel settore del motion control dal 1980.

INFORMAZIONI SU KOLLMORGEN

Kollmorgen vanta oltre 100 anni di esperienza in ambito motion, come dimostrano motori, azionamenti, attuatori lineari, riduttori, soluzioni di comando AGV e piattaforme di automazione con affidabilità e prestazioni al top nel settore. Forniamo soluzioni innovative che non hanno rivali in termini di prestazioni, affidabilità e facilità di utilizzo, garantendo ai costruttori di macchine un indubbio vantaggio sul mercato.

Per maggiori informazioni visita il sito www.kollmorgen.com, scrivi a mil-info@kollmorgen.com o contatta il numero +39 0362 594260/366406