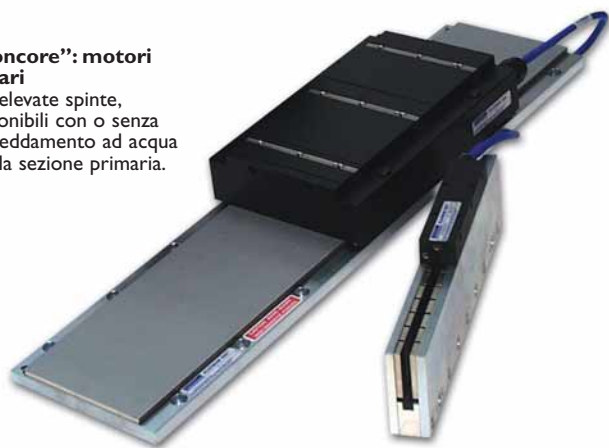


# Sistema pneumatico o servosistema

**“Ironcore”:** motori lineari per elevate spinte, disponibili con o senza raffreddamento ad acqua per la sezione primaria.



Precisione, affidabilità, velocità e contornatura sono solo alcune delle opzioni disponibili che distinguono un sistema servocontrollato dai precedenti sistemi a circuito aperto.

La selezione dei componenti, in precedenza compito esclusivo degli ingegneri meccanici, è stata eseguita gradualmente da tecnici competenti nei più svariati settori tecnologici. Il risultato è spesso un'integrazione tecnologica ideale per l'applicazione.

Il servoposizionamento, unito a un cilindro elettrico o a un motore lineare a magnete permanente ad azionamento diretto, offre un movimento preciso ed economico. Inoltre, la facilità di integrazione ha abbattuto alcune barriere associate in precedenza ai servosistemi. Con l'avvento delle interfacce grafiche utente (GUI, Graphical User Interface), molti modelli sono fuori produzione.

## Circuito chiuso e circuito aperto

I servosistemi, nonché alcuni sistemi passo-passo, possono funzionare con una configurazione a circuito chiuso. Il circuito chiuso è un metodo di controllo in cui il sistema è azionato, monitorato e regolato in modo da ottenere il valore finale. Il tempo di monitoraggio, definito frequenza di campionamento, può essere misurato in frazioni di millisecondi o microsecondi. All'azionamento viene inviato un riferimento di tempo-posizione comandato, denominato profilo o comando di traiettoria. L'errore di sfasamento riconosciuto al sistema è definito errore successivo. Il sistema viene comparato alla posizione di azionamento in ciascun tempo di campionamento e regolato di conseguenza, per compensare e ridurre al minimo l'errore. Il sistema stabilisce se occorre che la corren-

L'azionamento di camme, fermi e leve è stato per lungo tempo il punto forte dei sistemi pneumatici o idraulici nelle macchine. Poiché le esigenze e i limiti di questi sistemi sono aumentati, si è verificato un aumento graduale nell'impiego di servomotori e servoattuatori in tali applicazioni. Elementi da considerare nella progettazione



**La serie EC di attuatori lineari, articolata in 4 misure, combina durata e facilità d'uso con una grande possibilità di scelta di opzioni di ingegnerizzazione.**

te, entro i limiti del sistema stesso, esegua questo comando. Se non si verifica alcun guasto, il funzionamento può essere potenzialmente garantito entro i limiti della frequenza di campionamento. Cilindri ad aria e posizionatori passo-passo tradizionali, invece, sono sistemi a circuito aperto. Sono programmati per l'azionamento e devono essere sottoposti a una verifica elettrica supplementare per controllare che l'azionamento sia effettivamente avvenuto.

Il movimento posizione/tempo non è noto. Non vi è compensazione delle variazioni di pressione dell'aria, attrito, calore od ostruzione. La posizione finale di un cilindro ad aria solitamente è accompagnata da un arresto meccanico regolabile. Di norma, un interruttore meccanico o a effetto Hall è posizionato vicino all'arresto meccanico, per la verifica della posizione finale.

## Un cambiamento lento

Una spiegazione del cambiamento lento verso i servosistemi potrebbe trovarsi nell'utilizzo prematuro di attuatori elettrici. I sistemi posizionatori/passo-passo standard offrivano attuatori per la programmazione di utilizzo piuttosto semplice e sembravano una scelta valida per quanti possedevano una conoscenza limitata dei sistemi di controllo. Anche se si trattava di sistemi a circuito aperto, i profili di accelerazione e velocità potevano essere programmati con almeno una ragionevole garanzia di precisione.

Tuttavia, i motori passo-passo avevano la tendenza a perdere la sincronizzazione se la curva velocità/coppia non veniva interpretata correttamente,

in modo particolare quella legata alla risonanza. Inoltre, non rappresentavano una soluzione valida per attuatori con cilindro ad aria molto veloci utilizzati in molte applicazioni.

Con l'avvento dei servoposizionatori, la capacità di azionare un dispositivo meccanico con la precisione di un servosistema e con curva di coppia a velocità prevedibile del motore DC brushless ha incentrato l'impiego dei servoattuatori. Le caratteristiche del circuito chiuso, unitamente ai miglioramenti in termini di coppia/velocità, rendono tali sistemi una soluzione decisamente più pratica. Abbiamo incorporato con esito positivo le accelerazioni di azionamento fino a 12 g di un'applicazione di automazione.

L'accelerazione e la decelerazione controllate sono state applicate ottenendo una differenza misurabile i termini di prestazioni, ma, decisamente più rilevante, il tempo di funzionamento è stato ridotto grazie alla riduzione dell'usura riscontrata con la decelerazione servocontrollata.

## Precisione e ripetibilità

Precisione e ripetibilità non sono sempre associate. Con un servomeccanismo, è possibile ottenere velocità, precisione di posizionamento e ripetibilità. Mentre un cilindro ad aria può essere regolato per ottenere una determinata ripetibilità, la sua precisione, in termini di velocità o posizionamento, non può essere garantita se paragonata ai sistemi a circuito aperto implementati attualmente. Le condizioni ambientali, quali ad esempio altitudine, temperatura e umidità possono compromettere le prestazioni del sistema.

La velocità e l'accelerazione del meccanismo servocondotto sono valori programmati e ripetibili. Il sistema esegue ripetutamente il tempo del profilo e il tempo.

Con uno spazio libero del 15% del sistema, come nella maggior parte dei modelli, le variazioni di attrito e calore influenzano in modo trascurabile i parametri programmati.

Al primo movimento dopo l'impostazione, un cilindro ad aria è sottoposto a una forza d'attrito elevata. Questo attrito di distacco (definito "attrito statico") può produrre un effetto interessante. Il sistema accumula pressione dietro il cilindro ad aria mentre la parte posteriore si svuota. In fase di accumulo della pressione il sistema rimane immobile e, non appena la parte posteriore si è svuotata, si produce uno strappo.

Per contrastarlo, i sistemi pneumatici utilizzano "O-ring mobili" per pressioni inferiori a 100 psi. Tali O-ring mobili si trovano in un'area circoscritta e sovradimensionata del pistone, che permette loro di staccarsi dal pistone e sfruttare la propria inerzia per favorire l'attrito di distacco.

Naturalmente, quando il sistema ha completato un ciclo e il lubrificante degli O-ring si è diffuso sui cilindri, le forze di distacco sono diverse. Di conseguenza, non è possibile garantire qualità e ripetibilità.

Ciò non implica che non possano sussistere problemi di attrito statico con un servosistema. Abbastanza spesso la corrente di un sistema a circuito chiuso mostra che il primo movimento di un attuatore necessita il 10-20% in più di corrente rispetto al movimento successivo. Tuttavia, con il sistema funzionante a circuito chiuso, non si verifica alcuna differenza nel tempo.

I cicli ripetuti e ininterrotti dei cilindri ad aria possono essere variabili. Il tempo della velocità e di reazione del cilindro ad aria varia a ogni attivazione della valvola, così come cambia il valore della pressione dell'aria, della contropressione e della pressione atmosferica.

Per contrastare tali variazioni, le valvole DC talvolta sono "a riscaldamento". Ciò significa che una valvola da 12 V raggiunge i 48 V all'attivazione, quindi diminuisce ai 12 V necessari per tenere la valvola aperta. La valvola è essenzialmente una bobina ed è soggetta ai limiti elettrici dell'induttanza. Le valvole CA, al contrario, sono soggette ai limiti del ciclo CA, 50 o 60 Hz. Nell'ipotesi peggiore, potrebbero non essere in grado di attivarsi a partire da 10 ms per 50 Hz e da 8 ms per 60 Hz.

## Manutenzione

L'utilizzo delle valvole in un cilindro ad aria richiede la lubrificazione. In generale, alcuni vaporizzatori ad aria compressa lubrificata garantiscono la lubrificazione della valvola. L'utilizzo di una quantità eccessiva di lubrificante comporta la perdita del lubrificante dei cilindri ad aria (lubrificante per O-ring), con un conseguente guasto ai cilindri. Una quantità ridotta di lubrificante determina un guasto alle valvole. È possibile utilizzare anche lubrificatori a gravità.

La quantità di lubrificante normalmente è impostata su un determinato numero di gocce/min e occorre monitorarla quotidianamente. In molti ambienti, può essere necessario l'utilizzo di un riclassificatore/silenziatore. Si tratta di un dispositivo che elimina il rumore dello scarico e rimuove il lubrificante dall'aria, riclassificandola secondo le specifiche adatte all'ambiente. Occorre evitare di emettere idrocarburi nell'aria.

## Urti, vibrazioni e usura

L'arresto del cilindro ad aria può essere interno o esterno, ma in entrambi i casi normalmente si tratta di un arresto brusco regolabile grazie a uno smorzatore. Lo smorzatore spesso è costituito da un polimero con un certo grado di durezza (misura della durezza dei polimeri) che influenza la posizione finale, il rumore e le vibrazioni del movimento. Talvolta occorre un dispositivo di arresto metallico. Per poterlo alloggiare, è necessario ridurre l'urto mediante un sistema di decelerazione.

A causa della variazione di velocità e accelerazione nei sistemi con cilindri ad aria, occorre prestare una maggiore attenzione per ridurre il problema dell'usura eccessiva. Il problema dell'usura si presenta nei meccanismi controllati, nonché nel cilindro ad aria. I cilindri ad aria ammortizzati sono prodotti allo scopo di sfruttare parte della contropressione del cilindro e utilizzarla come ammortizzatore all'arresto brusco del cilindro. Esistono cilindri ad aria che utilizzano un sistema ingegnoso di cuscinetti a sfera per ottenere questo effetto. Per regolare l'ammortizzatore, vi sono viti di regolazione sul lato del cilindro. Dal momento che si può verificare una variazione di pressione in qualsiasi momento, l'ammortizzatore può modificarsi e richiedere una nuova regolazione. Altri sistemi riscaldano un solenoide con un intervallo Venturi inferiore programmato alla fine della corsa del cilindro per ridurre l'urto. Anche queste impostazioni sono soggette alla tolleranza dell'aria. Tutti questi compli-

cati dispositivi servono per ottenere ciò che un servosistema offre automaticamente. Inoltre, sono spese aggiuntive, talvolta dimenticate o trascurate dai tecnici nella valutazione iniziale dei costi.

Anche nelle migliori condizioni di funzionamento, i cilindri ad aria sono soggetti al problema dell'usura. L'O-ring è un componente compatibile progettato in modo da usarsi prima che il cilindro si deteriori o si danneggi. Considerando calore e attrito di esercizio, i 10 milioni di cicli previsti potrebbero sembrare un numero eccessivo, ma nel caso dei posizionatori elettronici automatici (di norma, 30.000 - 60.000 posizionamenti/ora) tale cifra corrisponde a poco meno di 170 ore di funzionamento prima che occorra sostituire il cilindro. Con i motori DC brushless, l'affidabilità del sistema dipende dalla durata dei cuscinetti.

L'analisi dello spettro dell'urto metallo con metallo di alcuni sistemi pneumatici fornisce informazioni importanti. Dal

momento che l'urto è costituito da una notevole quantità di alte frequenze, esiste la possibilità di danneggiare apparecchiature vicine. Anche i cuscinetti possono essere danneggiati. Ciò avviene quando l'alta frequenza è trasmessa ai componenti e agli elementi del telaio. I cuscinetti vibrano e determinano il cosiddetto fenomeno del "chiacchiericcio". Tale fenomeno si verifica come conseguenza della vibrazione delle piccole sfere all'interno del cuscinetto. Le vibrazioni rimuovono il grasso e creano una scanalatura nella sede della sfera che determina il danneggiamento del cuscinetto.

Non è necessario un tale dispositivo di arresto nei servosistemi. Il servomotore continua a funzionare fino alla destinazione finale e quindi si arresta. Se necessario, il sistema può azionare un meccanismo frenante sulla destinazione finale. Di conseguenza non si riscontrano danni dovuti a urti o vibrazioni e la manutenzione del sistema non risulta compromessa.

## Rumori udibili

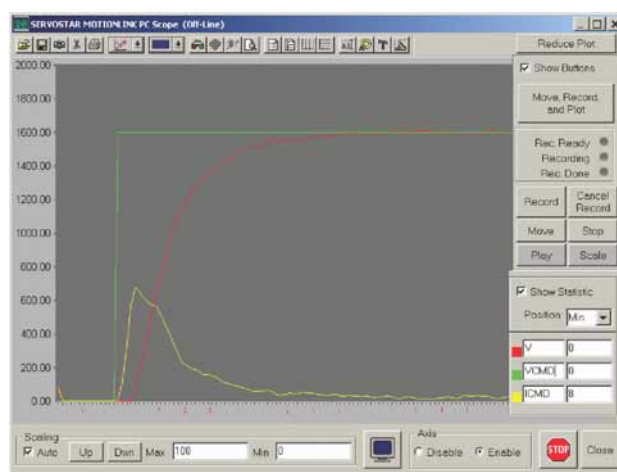
Sicuramente tutti i sistemi meccanici generano rumori. Le forze di strappo, o variazioni di accelera-

zione, all'interno del sistema intensificano tali rumori. Con gli arresti bruschi normali necessari per un sistema pneumatico, i rumori udibili possono essere considerevoli.

L'esigenza dello scarico del cilindro ad aria genera uno spettro del rumore bianco che può essere dannoso per l'udito dal momento che comprende tutte le frequenze alla stessa intensità. Poiché l'udito umano non avverte tutte le frequenze nello stesso modo (curva di Fletcher-Munson), possono prodursi frequenze dei rumori dannose con la rottura di un tubo ad aria compressa.

Sebbene non siano privi di rumori, i servosistemi garantiscono un funzionamento decisamente più

**"Windows Graphical User Interface": la nuova interfaccia grafica utente progettata in modo da accelerare la procedura di installazione. La funzione oscilloscopio è incorporata.**



silenzioso secondo qualsiasi standard di misurazione. Un motore lineare con nucleo di ferro utilizzato come attuatore può essere silenzioso a sufficienza da permettere di sentire il rotolamento dei cuscinetti nel sistema. Anche le viti a sfere possono produrre rumori inferiori a 60 dB, che corrispondono al livello normale di rumori di un ufficio o di una conversazione a distanza ravvicinata.

## Diagnostica/Risoluzione guasti

La capacità di individuare i problemi e risolvere i guasti del sistema a livello di componenti è un vantaggio significativo dei servosistemi. A questo proposito, i sistemi pneumatici non sono nemmeno paragonabili. Molti posizionatori/servomotori sono dotati dell'opzione di oscilloscopio multicana-

le che consente la visualizzazione di determinati parametri durante un ciclo operativo. Tali parametri comprendono, ma non si limitano a, corrente, comando di velocità, velocità effettiva e posizione. È disponibile anche lo stato dell'azionamento. L'esempio di un'uscita di un tracciato di un oscilloscopio da un azionamento CD Servostar di Danaher Motion mostra il profilo della velocità effettiva all'attivazione di una funzione a gradino. Velocità, comando di velocità e tracciato corrente possono essere visualizzati e utilizzati per garantire il più stretto controllo possibile del sistema.

## Tipi di attuatore

Esistono diversi tipi di attuatore da valutare in fase di selezione di un cilindro da sostituire. Sono disponibili cilindri elettrici con viti a sfere, attuatori a cinghia senza stelo o sistemi lineari ad azionamento diretto.

I cilindri elettrici prodotti da Danaher Motion presentano una forza di spinta continua che va da 13,60 kg a oltre 1.814,37 kg. I motori lineari possono raggiungere forze di 1.224,70 kg, ma a velocità estremamente alte. È possibile il movimento rotatorio utilizzando sistemi di trasporto che contengono una piccola vite conduttrice dotata di un sostegno

rotante. È possibile utilizzarli in sostituzione dell'azionamento lineare alternativo e, con un motore NEMA17 e un posizionatore, possono rappresentare un sistema di precisione estremamente economico.

## Costi

I costi per l'integrazione di un servosistema non sono così elevati come ci si potrebbe aspettare. Considerando tutte le valvole, i cilindri ad aria e le diverse esigenze di supporto del sistema pneumatico, risulta più costoso rispetto a un cilindro ad aria da \$ 50,00. Scomponendo però in fattori i costi di irregolarità di produzione, esigenze di supporto e progettazione specializzata, si rivela molto vantaggioso.

I rulli di guida, non sono più necessari nei cilindri senza stelo. Se si utilizza uno stadio lineare, i cuscinetti sono inclusi nei costi.

Con i sistemi pneumatici, incidono sui costi i controlli aggiuntivi dello scarico, l'abbattimento del rumore e la riclassificazione dell'aria per motivi ambientali. Potrebbe essere necessario adottare un azionamento delle valvole specifico per applicazioni a velocità elevata. Interruttori di prossimità o dispositivi a effetto Hall per la determinazione dello

stato di azionamento possono essere eliminati, invece, con il servosistema. Questi sono solo alcuni dei costi spesso tralasciati.

## La scelta giusta

Confrontando l'azionamento di un elemento meccanico, la selezione deve essere effettuata dal tecnico alla luce delle esigenze di applicazione. Sicuramente vi sono molte operazioni non fondamentali che si adattano meglio a un cilindro ad aria a circuito aperto. Tuttavia, quando l'operazione richiede la raccolta di informazioni o è un'operazione a tempo, il servosistema a circuito chiuso potrebbe essere un'alternativa valida. Data la varietà di prodotti attualmente disponibili sul mercato, la scelta è senz'altro più semplice. Le opzioni economiche e valide dei servoposizionatori, dei cilindri elettrici e dei motori lineari offrono al tecnico un'ampia gamma di possibilità, limitate unicamente dalla creatività personale.

*L. Stephens, divisione tecnica di applicazione Danaher Motion.*

[readerservice.it](http://readerservice.it) n. 76

## Macchine automatiche per l'industria manifatturiera e del packaging: Metodologie di Scelta e di Sintesi dei sistemi di Azionamento

**POLITECNICO DI MILANO - Dipartimento di Elettrotecnica - FORMAZIONE 2006/2007**

**15, 16, 22, 23 febbraio 2007 - Direttore del corso: prof. Paolo Righettini**

Il corso è rivolto a progettisti ed a tecnici che si occupano di progettazione di macchine automatiche per l'industria manifatturiera ed a laureati (o diplomati) che intendono avvicinarsi a tale mondo. Le problematiche toccate riguardano una visione di insieme degli aspetti meccanici, elettrici, elettronici e di controllo tipici delle macchine automatiche di moderna concezione. L'interdisciplinarietà di questi argomenti risulta quindi d'interesse sia ad ingegneri (o periti) meccanici che a ingegneri (o periti) elettrici od elettronici.

### Contenuti e specifiche del corso

Il corso ha l'obiettivo di fornire una visione d'insieme delle problematiche riguardanti la progettazione delle macchine automatiche, da un punto di vista della generazione del movimento e della sua realizzazione con le più diffuse tecnologie attualmente in uso in campo industriale. Gli aspetti che maggiormente vengono approfonditi sono inerenti alla configurazione generale della macchina ed all'ottimizzazione delle prestazioni ottenibili in funzione delle tipologie di azionamenti utilizzati. I sistemi di azionamento trattati sono di tipo meccanico, elettrico, pneumatico ed oleodinamico e vengono presentati in chiave critica, confrontandone prestazioni, possibilità di comando e facilità di impiego a fronte della tipologia d'utilizzo. Particolare attenzione viene dedicata al problema della sintesi e della ottimizzazione cinematica dei meccanismi e delle trasmissioni impiegate nelle macchine automatiche per l'industria manifatturiera. Gli argomenti del corso affrontano anche gli aspetti dinamici legati alle macchine automatiche fornendo delle linee guida per la soluzione del problema chiamato dell'"accoppiamento carico/motore". A compendio di questa area tematica vengono presentate inoltre le più diffuse metodologie software per l'analisi della dinamica dei sistemi meccanici. La parte conclusiva del corso presenta alcuni esempi applicativi di casi reali per la risoluzione dei quali vengono utilizzate le metodologie e gli strumenti presentati.

Per maggiori informazioni ed Iscrizione:

indirizzo internet <http://mech.polimi.it/masa>

contatto Ing. Hermes Giberti - e-mail: [hermes.giberti@polimi.it](mailto:hermes.giberti@polimi.it) - tel. 02 23996713 - fax. 02 23996720

[readerservice.it](http://readerservice.it) n.16774