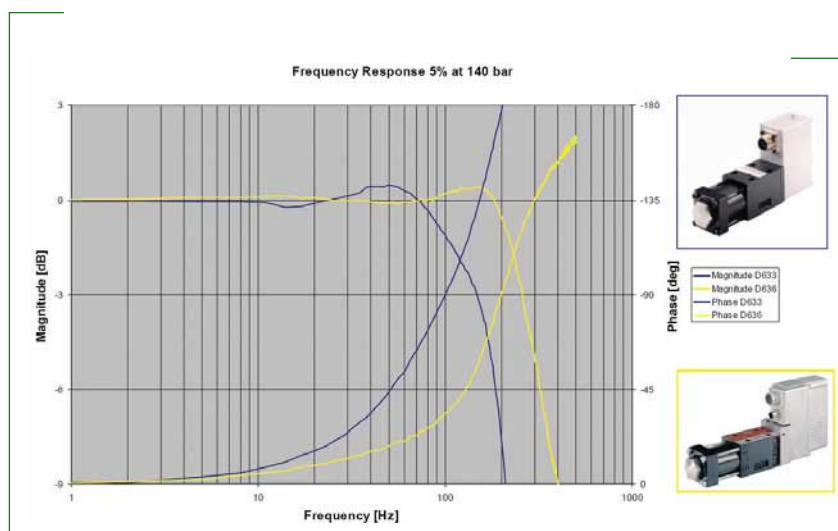


# Intelligenza allo stato puro



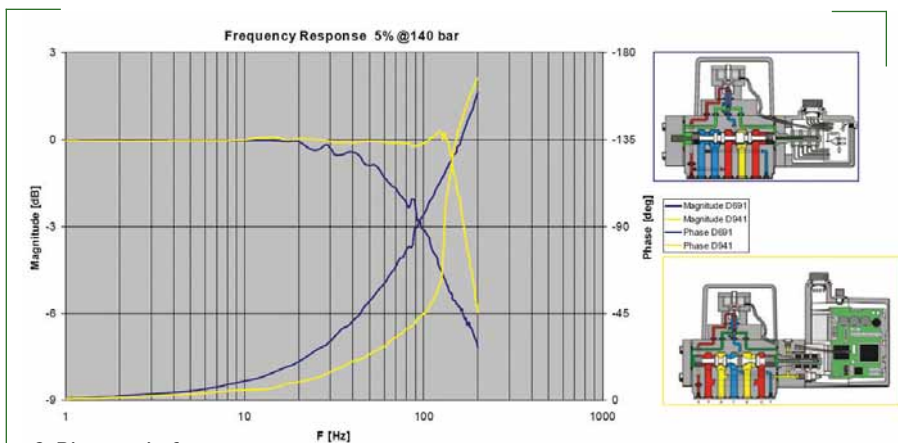
**I. Risposta in frequenza**  
di valvole a controllo diretto.

Le caratteristiche e la semplicità di utilizzo delle valvole elettroidrauliche possono essere migliorate con l'uso dell'elettronica digitale al posto dell'elettronica analogica. L'incremento di prestazioni è principalmente caratterizzato da aumento della larghezza di banda, riduzione di tempo di risposta all'impulso, soglia e isteresi. L'elettronica digitale permette anche la semplice implementazione di funzioni come autodiagnosi, accesso remoto o controllo assi integrato. Ciò significa che la nuova generazione di valvole evolve da un puro componente in un sottosistema intelligente con prestazioni elevate che è molto ben accettato dall'industria. Di seguito verranno illustrati esempi di applicazioni. Specifichiamo alcune unità di misura per una migliore comprensione del testo: p pressione (bar); Q portata (l/min); f frequenza (Hz).

## Prestazioni delle valvole elettroidrauliche

Le valvole proporzionali e le servovalvole sono tipicamente azionate da solenoidi proporzionali, attuatori in forza lineari o motori-coppia. Solitamente questi diversi sistemi di controllo sono caratterizzati da un comportamento in anello aperto vicino al lineare. La caratteristica statica non è propriamente lineare e dipende dal progetto del sistema di controllo. Queste non linearità sono curve di forza o coppia dipendenti dallo spostamento o guadagni idraulici non lineari nello stadio pilota, nel caso di valvole pilotate. Inoltre può esserci una limitazione di potenza nell'azionamento controllato in corrente dovuta a limiti nell'alimentazione elettrica dell'amplificatore di potenza. Nelle valvole analogiche queste caratteristiche non sono di solito compensate o sono adattate tramite caratteristiche differenti nel guadagno

Alcuni esempi applicativi dei vantaggi delle valvole proporzionali e delle servovalvole di ultima generazione. Oltre all'incremento delle prestazioni le valvole, grazie all'elettronica digitale, possono essere configurate in modo flessibile secondo le esigenze: dall'autodiagnosi all'accesso remoto, fino al settaggio dei parametri e programmazione



**2. Risposta in frequenza** di valvole pilotate.

statico e dinamico delle grandezze retroazionate. Il micro controllore, con le sue caratteristiche liberamente programmabili, permette un adattamento ad hoc delle non linearità. L'effetto è un maggiore guadagno di anello nello stadio di retroazione che aumenta l'ampiezza di banda e l'accuratezza delle valvole. La figura 1 mostra un esempio di questi effetti. Entrambe le caratteristiche di risposta in frequenza sono misurate nelle stesse condizioni, ciò significa lo stesso hardware e gli stessi parametri idraulici. Le curve gialle ottenute dalla valvola digitale indicano che l'ampiezza di banda è circa il doppio di quella della valvola analogica, che è rappresentata in blu. Risultati simili si vedono in figura 2 per valvole pilotate. Il miglioramento delle prestazioni delle valvole pilotate è dipendente dalla limitazione di portata nell'alimentazione dello stadio pilota. In alcune applicazioni il guadagno dell'anello di controllo interno può essere aumentato di un fattore 10 rispetto alle valvole analogiche. Le valvole a comando diretto raggiungono, regolando questi guadagni di anello, un'accuratezza che si riscontra solo in valvole con stadio pilota.

## Caratteristiche

L'uso di un micro controllore permette l'implementazione di caratteristiche aggiuntive; ciò significa che non solo le prestazioni della valvola sono migliorate. Vi sono anche benefici che riguardano affidabilità, accesso remoto e agevole regolazione dei parametri di retroazione del controllo.

Ogni componente di un sistema può rompersi e danneggiare il sistema o la macchina, nei

casi più gravi ferire od uccidere persone. È quasi impossibile monitorare componenti, sottosistemi o sistemi dal sistema centrale, perché una grossa mole di dati interni dovrebbe essere trasmessa in tempo reale. Nella maggior parte dei casi il progettista del sistema o della macchina non ha la conoscenza dei processi interni a un componente o un dispositivo, perché usa il pezzo (per esempio la valvola) come un sistema a scatola nera. Una conseguenza logica è delegare il monitoraggio e l'autodiagnosi al dispositivo stesso. Il dispositivo o il componente diventa più intelligente e gestisce da solo il suo comportamento in caso di guasto.

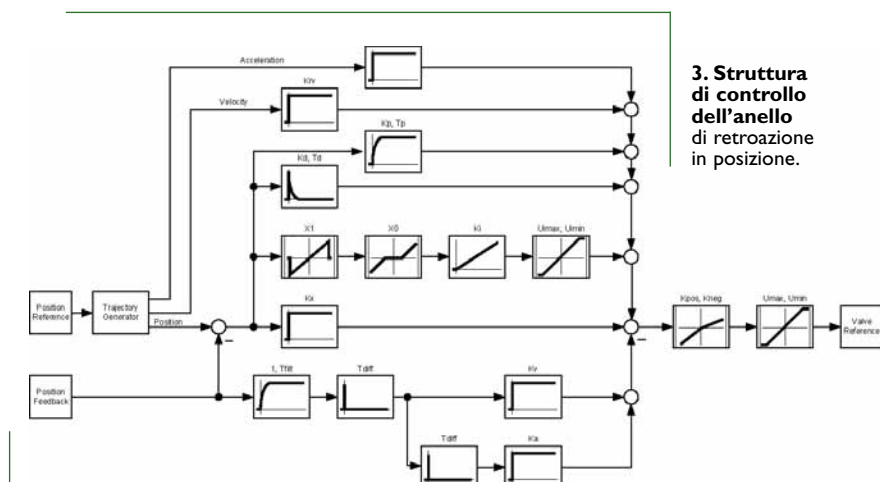
L'utente ha differenti opzioni per adattare la reazione individuale ai guasti in ogni possibile situazione di emergenza. Queste opzioni di gestione degli errori sono: disabilitato; mantenimento; nessuna reazione; messaggio di errore. Tutti gli anelli di controllo sono monitorati e possono portare ad una gestione di

guasto. Parametri aggiuntivi quali temperatura e tensione di alimentazione sono controllati e possono dare vita ad una delle reazioni descritte.

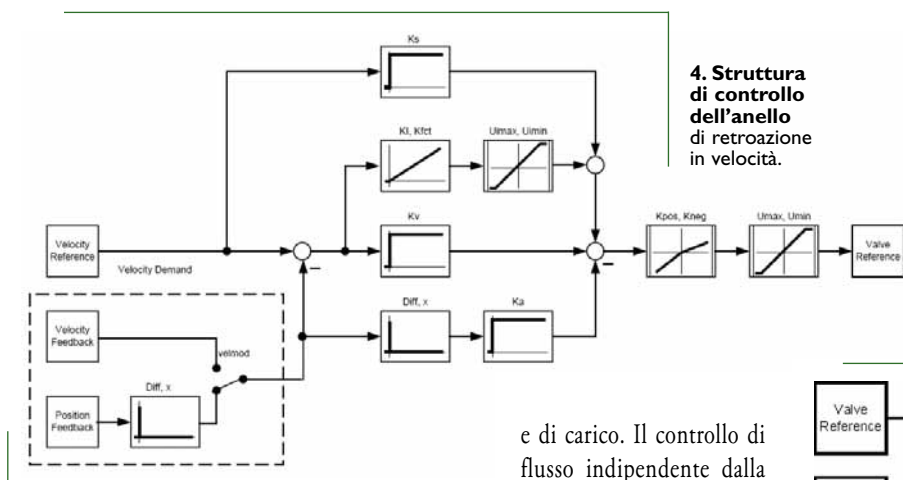
Tutti i parametri del dispositivo sono programmati e implementati secondo i profili standard dei differenti bus di campo /Can408/. Ciò significa che l'adattamento e l'impostazione della valvola idraulica vengono effettuati tramite oggetti standard e possono essere modificati tramite accesso remoto. Una connessione con l'host può essere utilizzata per modificare o adattare i parametri della valvola a distanza di chilometri.

## Controllo assi

Tipiche grandezze controllate negli assi idraulici sono posizione, velocità, forza/presione, portata/velocità in anello aperto. La struttura del controllo è ben nota da molte pubblicazioni /Mur02/. I moderni servoassi sono molto spesso controllati in diverse funzioni, ciò significa diverse grandezze e anelli di controllo e devono essere capaci di transizione autonoma tra un modo di controllo e un altro. Un esempio ben noto e rappresentativo è il comando di iniezione di una pressa per formatura ad iniezione. Durante la fase di iniezione del materiale l'asse è in condizione di controllo di velocità in anello chiuso. Quando la forma è piena l'asse cambia immediatamente da controllo in velocità a controllo in pressione. Questa capacità di transizione da una modalità di controllo all'altra, determinata da eventi interni o esterni, è la funzione minima accettabile per un controllo asse in una moderna architettura di controllo.



**3. Struttura di controllo dell'anello di retroazione in posizione.**



**4. Struttura di controllo dell'anello di retroazione in velocità.**

La struttura del controllo di pressione in retroazione è conosciuta tramite molte pubblicazioni /Boe03/ e non verrà discussa in questa sede in maniera più dettagliata. I parametri devono essere regolati in accordo con le caratteristiche del sistema idraulico. Ciò implica che il settaggio del controller deve essere portato a termine da operatori che solitamente non hanno esperienza in merito. La figura 6 mostra la regolazione di un controllo di pres-

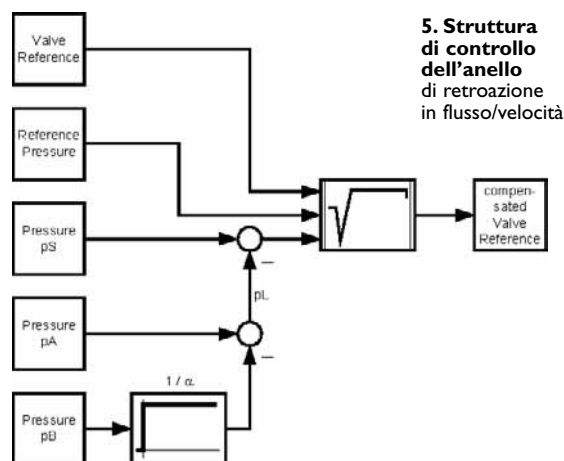
## Controllo posizione

Il progetto della retroazione di posizione in figura 3 permette un adattamento dei parametri per la maggior parte dei casi pratici. Asse con elevata frequenza naturale e valvole con limitata banda passante; asse con bassa frequenza naturale e valvole con elevata banda passante; frequenze proprie di asse e valvola nello stesso ordine di grandezza. In funzione delle caratteristiche dinamiche dell'asse e del rapporto tra larghezza di banda della valvola e frequenza di risonanza dell'asse si attivano o disattivano differenti anelli di retroazione tra quelli di figura 3 aggiustando il guadagno di 0. Per esempio: per adattare il controllo ad un asse con bassa frequenza solo i guadagni  $K_x$ ,  $K_v$  e  $K_a$  sono impostati su valori maggiori di 0. La struttura del loop di controllo velocità per gli assi idraulici è nota dalla letteratura /Mur02/ e mostrata in figura 4. Il diagramma a blocchi qui esposto è riferito alla macchina per stampaggio ad iniezione di cui si tratterà in seguito.

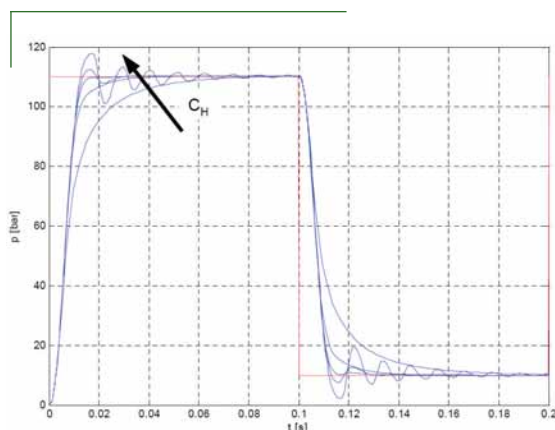
## Controllo di flusso e pressione/forza

Per compensare le variazioni di portata dovute alle variazioni di pressione di alimentazione e di carico, il parametro di comando della valvola deve essere moltiplicato per il fattore  $k$  funzione della pressione di alimentazione e di quella dovuta al carico. L'implementazione di questa funzione permette che la portata d'olio attraverso la valvola sia indipendente dalle variazioni di pressione di alimentazione

e di carico. Il controllo di flusso indipendente dalla pressione è conosciuto dalla letteratura /Boe95/ ed è solitamente utilizzato in applicazioni di controllo velocità in anello aperto come espulsori o macchine per formatura ad iniezione. La figura 5 mostra il diagramma a blocchi dell'algoritmo di compensazione della pressione.



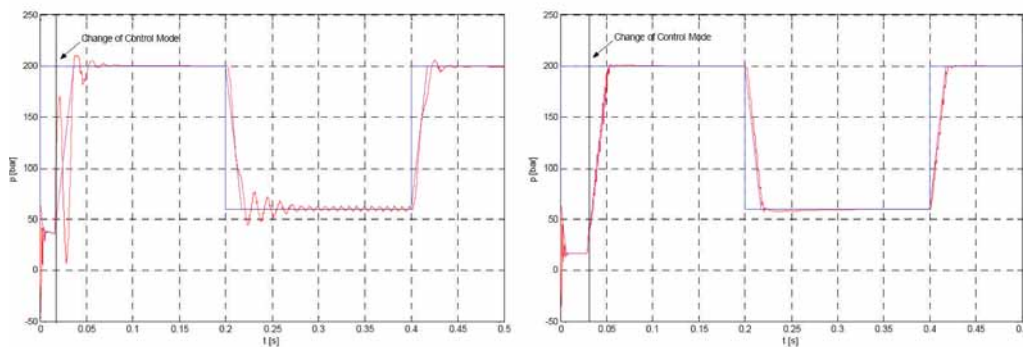
**5. Struttura di controllo dell'anello di retroazione di flusso/velocità.**



**6. Regolazione di un controllo di pressione variando un parametro.**



**7. Controllo del passo dell'elica di una turbina eolica.**



**8. Controllo pressione in macchina per iniezione.**

sione effettuata variando solo un parametro.

## Esempi di applicazione

La nuova generazione di valvole idrauliche con elettronica digitale integrata è stata introdotta in alcune applicazioni. L'esempio seguente spiega come queste differenti applicazioni traggano profitto dai vantaggi di questa nuova generazione di valvole.

La tendenza nella progettazione delle turbine eoliche indica che la dimensione delle macchine è destinata ad aumentare in futuro. Le macchine attualmente installate hanno una potenza nominale di 2 o 3 MW.

La prossima generazione, che attualmente è in fase di sviluppo, avrà una potenza nominale di 5 MW e più. Le nuove macchine sono spesso installate in siti off-shore, ciò significa che sono richieste prestazioni notevoli in termini di affidabilità delle macchine, e dei loro sistemi e componenti.

Il controllo idraulico del passo dell'elica è usato in tante applicazioni, grazie all'elevata densità di potenza degli assi idraulici che richiedono meno spazio rispetto alla versione elettrica.

L'energia occorrente ai movimenti fail-safe del passo può essere più facilmente immagazzinata in un sistema idraulico rispetto ad uno elettrico. La figura 7 mostra un esempio di un sistema idraulico di controllo del passo. I sistemi di controllo del passo si trovano nel rotore della macchina, ciò significa che alimentazione e segnali devono essere collegati tra la base e la parte rotante.

La connessione idraulica è facilmente realizzabile e si preferisce trasferire i segnali in via digitale.

Le valvole proporzionali con elettronica digitale integrata eseguono diversi compiti: tutte le funzioni dell'anello di controllo della val-

vola; controllo asse (controllo in posizione); sincronizzazione (controllo parallelo degli assi); monitoraggio dell'anello di controllo interno e dell'anello di controllo asse; comunicazione con l'host (Plc).

Un'altra importante funzione, che viene svolta tramite accesso remoto via Plc è la diagnosi degli assi.

Il numero degli interventi di manutenzione in loco viene ridotto perché si può identificare un componente difettoso del sistema prima che la squadra di manutenzione si rechi sul posto.

## Pressa per stampaggio ad iniezione

Il controllo più critico in una macchina da iniezione è l'azionamento dell'iniezione. Il flusso di materiale nello stampo è controllato dalla velocità di quest'asse. Dopo aver riempito la forma il controllo passa immediatamente da controllo di velocità a controllo di pressione.

Questa transizione e la seguente fase di controllo di pressione definiscono una fase importante del ciclo di lavoro. La qualità del prodotto finito dipende in gran parte dalle prestazioni dell'anello di controllo di velocità e dalla transizione tra controllo in velocità e pressione.

Alte velocità di iniezione e controllo di pressione molto preciso sono molto spesso requisiti mutualmente esclusivi, dal momento che le dimensioni della valvola di iniezione sono ottimizzate per la velocità della fase di iniezione; ciò normalmente si traduce in un elevato guadagno per il loop di controllo pressione. La figura 8 mostra un esempio di controllo pressione in una macchina per iniezione ad alta velocità.

La figura di sinistra indica che il guadagno di

flusso 'flow-gain' della valvola è troppo alto o che il guadagno di retroazione deve essere ridotto. Il diagramma di destra in figura 8 mostra gli effetti della compensazione digitale della caratteristica della valvola.

## Cosa dire

L'uso dell'elettronica digitale per controllare valvole proporzionali e servovalvole ha portato un essenziale miglioramento delle prestazioni statiche e dinamiche di questi dispositivi.

Le prestazioni migliorate sono combinate insieme a molte altre caratteristiche, che elevano i componenti idraulici allo stato dell'arte dei sistemi intelligenti.

*C. Boes, Moog Böttingen, Germania.*

*Si ringrazia la Society of Advancement for Fluid Power Technology, Aachen, Germania [www.ifas.rwth-aachen.de/Verein/verein\\_e.html](http://www.ifas.rwth-aachen.de/Verein/verein_e.html) per la gentile concessione dell'autorizzazione alla pubblicazione dell'articolo.*

## Bibliografia

/Boe95/ Boes C: Hydraulische Achsantriebe im digitalen Regelkreis – Dissertation RWTH Aachen 1995

/Boe03/ Boes C: Digital Servo Valves with fieldbus interface in closed Loop Applications, Eight Scandinavian International Fluid Power Conference, Tampere 2003

/Can408/ CANopen: Fluid Power Technology - Hydraulic drives and proportional valves, CANopen Device Profile

/Mur02/ Murrenhoff H.: Umdruck zur Vorlesung, RWTH Aachen 2002

[readerservice.it](http://readerservice.it) n. 252