

FAUSTO GAZZOLI,
MARCO LUGLI,
MASSIMILIANO RUGGERI

TUTTI I VANTAGGI DELL'ELETTRONICA

I vantaggi dei sistemi elettronici sono quelli di svincolare un sistema dalle consuete leggi fisiche di comando dell'idraulica. Funzioni complesse, che richiederebbero sistemi idraulici complicati e costosi ed un grosso sforzo progettuale, vengono sviluppate agilmente dai controlli digitali

Bondioli & Pavesi, in collaborazione con Imacomoter, organo del Consiglio nazionale delle ricerche, ha progettato un sistema elettronico di comando di tipo 'automotive' per macchine semoventi idrostatiche basato su di una unità elettronica a basso costo che controlla una trasmissione idrostatica composta da una pompa idraulica a cilindrata variabile ed un motore idraulico a due cilindrate. Un vantaggio dei sistemi elettronici è quello di svincolare un sistema dalle consuete leggi fisiche di comando dell'idraulica. Funzioni complesse, che richiederebbero sistemi idraulici complicati e costosi ed un grosso sforzo progettuale, vengono sviluppate agilmente dai controlli digitali, senza più una diretta dipendenza dalle variabili idrauliche classiche. Diventa inoltre possibile aggiungere facilmente nuove funzionalità al sistema, per consentire di: aumentare le prestazioni in termini di comfort,



I parametri di funzionamento sono ottenuti mediante un sistema di acquisizione su computer delle condizioni di guida dell'operatore, della potenza del diesel e delle caratteristiche della trasmissione. Sono necessari test approfonditi sulla macchina prototipo equipaggiata di opportuna strumentazione.

sicurezza e facilità di utilizzo di una macchina; ridurre le sollecitazioni ed i picchi di pressione nell'impianto, generati durante l'utilizzo; ridurre i consumi e le emissioni; incrementare la flessibilità di applicazione di un sistema per adattarlo a diversi veicoli, funzionalità, dimensioni e potenze.

DESCRIZIONE DEL SISTEMA

La macchina è una terna da 3,5 t, equipaggiata con un motore diesel da 33,7 kW. La trasmissione idrostatica consiste di una pompa a cilindrata variabile Bondioli & Pavesi HP Hydraulic da 45 cc, con due elettrovalvole proporzionali, e un motore idraulico a pistoni assiali da 65 cc a due cilindrate, comandate mediante elettrovalvola on/off. Sia le elettrovalvole proporzionali sia la on/off sono comandate dal sistema elettronico. La macchina è inoltre equipaggiata con una pompa a ingranaggi per l'idroguida e i servizi.

L'operatore imposta la direzione di avanzamento mediante un comando sul devioluci per marcia avanti, marcia indietro e trasmissione in folle. L'operatore agisce, inoltre, sul pedale acceleratore del motore diesel, e su un secondo pedale che comanda l'inching della pompa. Un comando sul cruscotto attiva la seconda velocità del motore idraulico. La pompa è sensorizzata mediante trasduttori di pressione posti su entrambe le mandate ed un sensore frequenziale per la velocità di rotazione dell'albero pompa.

Uno degli obiettivi fondamentali del progetto è stabilire una nuova strategia di comando che possa incrementare la facilità d'uso, il comfort e la sicurezza per la macchina equipaggiata con la trasmissione idrostatica, e nel contempo ridurre lo stress delle parti meccaniche. Lo scopo del controllo è fornire potenza idraulica in maniera uniforme, evi-



Un momento delle impostazioni dei parametri della macchina sul PC. Una volta impostati correttamente, vengono memorizzati nella scheda di controllo ed è possibile rimuovere il PC.

tando scuotimenti della macchina e picchi di pressione. La strategia di comando controlla automaticamente le fasi di inversione del senso di movimento della macchina avanti/indietro, tipiche dell'utilizzo della terna, e del cambio di cilindrata del motore idraulico; il tutto secondo il punto di lavoro del motore diesel e la coppia disponibile, senza mai stressare la trasmissione idraulica e meccanica.

SISTEMA ELETTRONICO

Il sistema elettronico si compone di una scheda di comando dedicata della serie Glr, in grado di gestire segnali di ingresso analogici e digitali,

e di alimentare fino a quattro elettrovalvole proporzionali e due on/off. Il microprocessore integra la memoria di programma, e permette di memorizzare i risultati della diagnostica dell'intero hardware. I dispositivi di output sono compensati contro la deriva termica delle bobine sulle elettrovalvole.

STRATEGIA DI CONTROLLO DI BASE

La strategia di comando, che dipende dal punto di lavoro del motore termico e dalla pressione di lavoro, è basata sulla mappatura delle curve caratteristiche del motore termico, completamente personalizzabile ed adattabile alle esigenze dell'utilizzatore, e gestisce il rapporto tra la velocità del motore diesel e quella del motore idraulico mediante una funzione non lineare del numero giri pompa, che deve anche tenere conto del comando impostato dall'operatore e delle condizioni operative.

Una gestione particolare del comando sovrintende tali strategie secondo modalità di auto riconoscimento del modo di lavoro; i parametri di funzionamento sono predefiniti mediante acquisizione su computer delle condizioni di guida dell'operatore, della potenza del diesel e delle caratteristiche della trasmissione, che creano una matrice di valori interpolati poi dal sistema per determinare le condizioni di controllo.

Il pedale di inching riscalda proporzionalmente il rapporto di trasmissione: più si preme il pedale, più la macchina rallenta fino ad arrestarsi completamente. Per evitare transienti di comando e gestire le variazioni dinamiche di cilindrata sono stati introdotti filtraggi passa basso a guadagno variabile.

Una nuova strategia gestisce inoltre il comportamento della pompa sot-

to sforzo, limitando la cilindrata in modo da non sovraccaricare il motore diesel anche in presenza di carichi di lavoro elevati, con notevoli vantaggi in termini di consumo di carburante, rumore ed emissioni.

E' diventato così possibile, ad esempio, istruire la logica di gestione della macchina in modo da rendere superflua la presenza del pedale inching, che può essere quindi eliminato incrementando la facilità di guida anche per operatori inesperti e riducendo i costi per il costruttore.

Anche la vita del sistema idrostatico ne beneficia, in quanto non vengono più raggiunti sovraccarichi pericolosi.



Pompa a cilindrata variabile serie M4PV58 per trasmissione idrostatica.

GESTIONE DEL MOTORE IDRAULICO

Questa applicazione utilizza un motore idraulico a pistoni assiali a doppia cilindrata, con due gamme di velocità: lenta, per le operazioni in lavoro con elevata coppia motrice, e veloce, utilizzata per spostamenti rapidi della macchina su strada o altro. La commutazione dell'elettrovalvola on/off di comando viene gestita dall'elettronica insieme con un adattamento automatico della cilindrata della pompa, per ridurre al minimo gli effetti negativi connessi col transitorio di commutazione.

In questo modo diventa anche possibile gestire diverse modalità di commutazione della velocità: per esempio si può comandare automaticamente il cambio di cilindrata in funzione della pressione del circuito idraulico, oppure in funzione della velocità del motore diesel, o altro ancora.

ELETTRONICA, SICUREZZA E DIAGNOSI

Il sistema di comando elettronico controlla la cilindrata di pompa e motore idraulico in base ai segnali forniti dai sensori opportunamente dislocati sulla pompa ed ai comandi imposti dall'operatore.

In caso di danneggiamento o guasto di qualche sensore il sistema potrebbe interpretare segnali errati come comandi veri e propri.

Si rende pertanto necessaria una funzione di diagnostica avanzata, che effettua una continua diagnosi di congruenza per verificare l'intero flusso di segnali di sensori, di comandi, variabili ambientali ed informazioni sulla macchina acquisite dal microcontroller.

Le funzioni di recupero da una condizione di guasto (fault recovery) si attivano in modo da garantire comunque che la macchina si ponga in una condizione di sicurezza tale da non pregiudicare in alcun modo la vita e l'integrità dell'operatore, e di chi si trovi nelle vicinanze.

Il criterio che gestisce la condizione di fault recovery è la riduzione delle



Motore a due cilindrate serie M4MV65 per trasmissione idrostatica.

prestazioni della trasmissione in misura proporzionale alla severità del guasto, definita in base alla possibilità del sistema di reagire correttamente ai comandi imposti dall'operatore, fino al completo arresto del veicolo, nel caso venga a mancare il contatto elettrico di "uomo presente".

Per esempio, in caso di interruzione del comando di cambio cilindrata del motore idraulico, esso rimane sempre in cilindrata massima permettendo alla macchina di reagire in sicurezza ai comandi dell'operatore, pur se soltanto a bassa velocità.

Sono state quindi introdotte speciali strategie di diagnostica per mantenere sempre il sistema in condizioni di elevata sicurezza, ed eventualmente modificare automaticamente il modo di lavoro del sistema in caso di guasto o malfunzionamento.

Tale approccio riduce enormemente i rischi per l'operatore e per l'ambiente.

COSA DIRE

La flessibilità del sistema elettronico

permette una configurazione dettagliata di molti parametri della funzione di controllo, al fine di soddisfare le esigenze del maggior numero di utilizzatori finali.

Le strategie presentate permettono di unire un'ottima sen-



Scheda elettronica digitale a microprocessore della serie Glr per gestione della trasmissione idrostatica.

sazione di reattività alla guida con una buona gestione della coppia del diesel, grazie ad una gestione non lineare della funzione dipendente dalla velocità del diesel e dal carico applicato. Il tutto nella massima sicurezza.

La riduzione dei transienti e sovraccarichi in lavoro e dei comandi compiuti dall'operatore, gestiti al suo posto dall'elettronica, garantiscono un miglioramento della qualità del lavoro finale, insieme col grande valore aggiunto al sistema di controllo elettronico dedicato.

Questo offre pertanto un sistema più flessibile, con elevati standard di sicurezza e costi inferiori rispetto a sistemi tradizionali di analoghe caratteristiche.

Tale incrementata flessibilità allarga la gamma di applicazioni a macchine di tipo ed architettura differenti, ed è in grado di garantire le prestazioni durante l'intero ciclo di durata della trasmissione idrostatica, anche al fine di compensare gli inevitabili effetti dell'età e dell'usura dei componenti.

F. Gazzoli, Bondioli & Pavesi - M. Lugli, M. Ruggeri, Imamoter C.N.R.

BIBLIOGRAFIA

1. G. L. Zarotti, *Renovated approaches to hydrostatic transmission controls*, ISTVS-1990, pp. 865-876.
2. G. L. Zarotti, R. Paoluzzi, *SIDAC architectures for hydrostatic transmissions*, ISFP-1991, pp. 57-61.
3. G. L. Zarotti, R. Paoluzzi, *The SIDAC Class Of Controls*, IFPAC - 1992, pp. 365-376.
4. F. Gazzoli, *Quando l'elettronica aiuta a regolare*, Progettare, 184, nov. 1995, pp. XL-XLIV
5. F. Gazzoli, *Fluid power systems offer more flexibility*, *Industrial vehicle technology '95*, UK International Press, Dorking (GB), 1995.
6. F. Gazzoli, *Oleodinamica in vitro*, *Costruzioni*, 528, a. XLIX (6/2000), pp. 60-63.