

AUTOMAZIONE

OGGI

www.ilb2b.it

294 Settembre 2006 Anno 23 € 4.50

Speciale

Dispositivi elettronici nell'automazione



Rassegna
Dispositivi pneumatici
e oleodinamici

e-@utomation
La sezione dedicata alla
gestione d'impresa

Organo ufficiale di



vnu business publications
Italia

Cam elettroniche e meccaniche a confronto

Diventa sempre più importante progettare le macchine unendo le competenze meccaniche con quelle elettroniche

FABIANO MANZAN

Nell'ultimo ventennio, nel settore delle macchine automatiche dell'imballaggio, si è assistito a una progressiva sostituzione delle cam meccaniche con cam elettroniche, queste ultime realizzate con servomotori che comandano l'attuatore finale attraverso una catena cinematica (cinghia puleggia, biella-manovella, riduttore, ecc.). I sistemi di motion control hanno dato l'opportunità di sviluppare al meglio le funzioni di camma elettronica. Grazie, infatti, alla loro opportuna programmazione si è potuto ottenere un qualunque profilo di moto realizzabile matematicamente. Ovviamente i criteri da rispettare riconducono alla garanzia di continuità della curva in posizione e velocità tenendo conto dell'inerzia del sistema, o meglio, del rapporto inerziale carico-motore detto anche

'mismatch inerziale'. Una cam elettronica non è altro che un profilo di moto cioè una relazione matematica tra la posizione di un servomotore e/o encoder 'Master' e la posizione di un servomotore 'Slave'. Visto che a una certa posizione del master può corrispondere una e una sola posizione dello slave (non vale il contrario nel senso che a due o più posizioni del master può corrispondere la stessa posizione dello slave), la relazione di posizione master/slave è a tutti gli effetti una funzione matematica univoca $f(x)$ in senso stretto. Inoltre, analiticamente parlando, questa funzione è continua fino alla derivata prima (velocità) e in alcuni casi richiesti può avere continua anche la derivata seconda (accelerazione) e la derivata terza (Jerk). Nel mondo delle cam meccaniche è essenziale, durante la progettazione, mantenere le accelerazioni continue e dunque il Jerk discontinuo ma limitato. Nelle cam elettroniche, invece, i profili generalmente sono continui in posizione e velocità tollerando l'accelerazione discontinua e di conseguenza il Jerk infinito. Prima di proseguire ed entrare nei dettagli, pare opportuno aprire una piccola parentesi e soffermarsi su alcune importanti definizioni. Asse lineare: viene così definito un asse che durante il moto raggiunge una posizione massima e una posizione minima. Visivamente l'attuatore finale va avanti e indietro. Asse rotativo: viene definito così un asse che durante il moto non raggiunge una posizione massima o minima. Visivamente gira sempre in un senso. In questo caso deve essere definito un 'unwin-

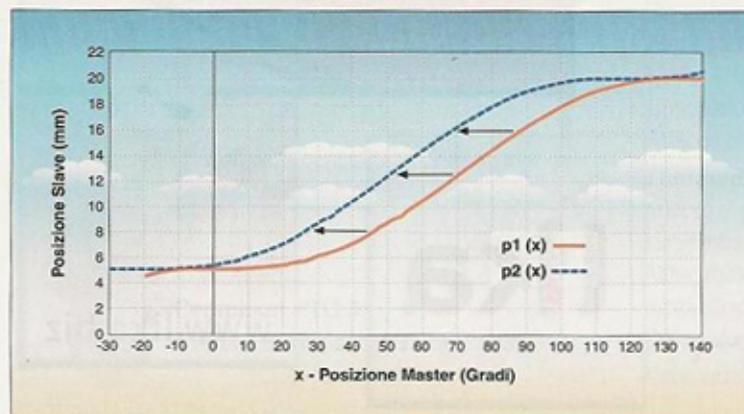
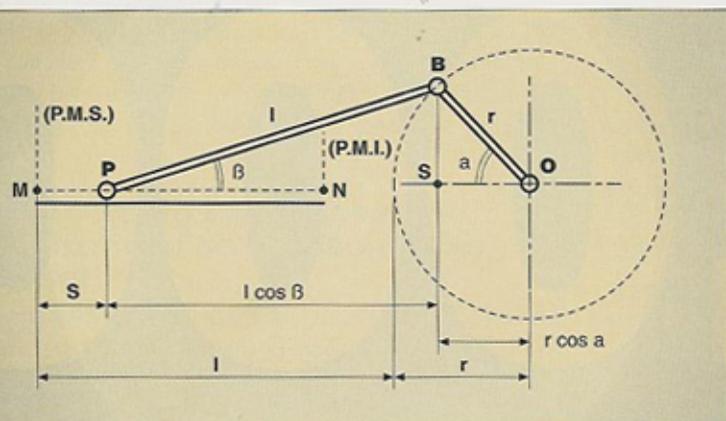


Fig. 1 - Grafico di Moto Fermo-Fermo



rificatore. Supponiamo di progettare un moto fermo - fermo (un moto cioè che parte con velocità e accelerazione nulle e arriva nel punto finale con velocità e accelerazione nulle) il cui diagramma è rappresentato dalla $p1(x)$, che può essere un polinomio di grado 5, un $\sin(x)$, un cicloide, ecc. (figura 1). In figura il moto descritto dalla $p1(x)$ (curva rossa continua) è fermo nella posizione 5 mm mentre il master è a 0° . Lo slave parte con velocità e accelerazione $=0$ e si porta nella posizione 20 mm quando il master

Fig. 2 - Biella Manovella

ding' ossia un valore massimo di posizione a cui la stessa si azzerà, per esempio $0-360^\circ$. In questo tipo di assi il problema è calcolare la distanza tra due punti la quale non sempre è banalmente $d = (x_2 - x_1)$ visto che c'è un passaggio per lo zero. Il problema comunque si risolve adoperando una formula circolare che tiene conto del passaggio dallo 0. A tal proposito è bene sottolineare che spesso si genera confusione tra asse che ha moto rotativo con asse rotativo. Un asse di moto rotativo può essere un asse lineare se il moto raggiunge una posizione massima e minima mentre è un asse rotativo se il suo moto è una funzione monotona crescente o decrescente, punto di unwinding escluso. D'altra parte un asse di moto lineare è sempre un asse lineare. Per realizzare un profilo di moto tra due punti vengono generalmente impostate le condizioni al contorno di posizione, velocità e accelerazione. Una volta progettato il profilo di moto è estremamente importante analizzare come esso può essere sfasato. Esistono due tipi di sfasamento, quello asse slave nei confronti del master e asse slave nei confronti di se stesso.

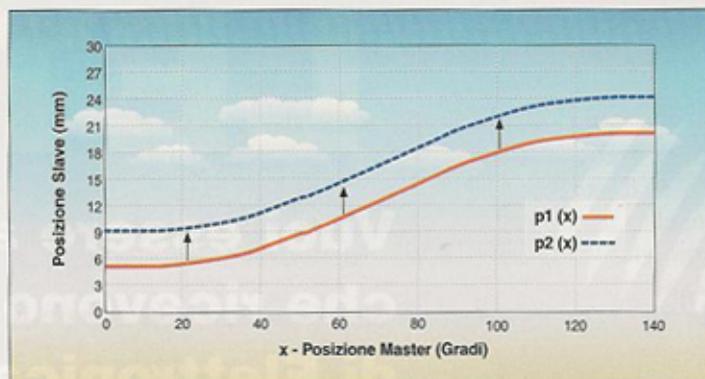


Fig. 3 - Sfasamento asse slave nei confronti di se stesso (Move Offset)

Sfasamento asse slave nei confronti del master (Move Phase Shift)

Per chiarire meglio il concetto di sfasamento asse slave nei confronti del master possiamo ricorrere a un esempio chia-

arriva a 140° seguendo per esempio un profilo di un polinomio di grado 5. Se trasliamo a sinistra il profilo della cam lungo l'asse del master di 20 gradi otteniamo la curva $p2(x)$ (curva blu tratteggiata) che ha la seguente caratteristica: $p2(x)$ è la curva $p1(x)$ anticipata nei confronti del master di 20 gradi, questo significa che lo slave partirà dalla stessa posizione $y1=5$ mm quando il master passa per 340° e termina al valore $y2=20$ mm ma a 120° del master cioè matematicamente significa $p2(x) = p1(x+20)$. Abbiamo ottenuto quello che in gergo si chiama un 'move phase shift' della cam. Come veniva realizzato meccanicamente? Supponiamo che lo schema meccanico master/slave sia una biella-manovella e che il punto morto superiore della biella sia $M=5$ mm e il punto morto superiore sia $N=20$ mm. In questo caso l'albero 'O' è il master (rotativo) e la sua posizione è individuata dall'angolo α positivo preso in senso orario. In questo caso l'asse slave, cioè la posizione del pattino P, è un asse lineare positivo verso destra. Come è possibile anticipare la cam di 20° rispetto al master (albero 'O' della biella)? Sconnettendo la biella dall'albero 'O' e ruotandola di -20° , il moto

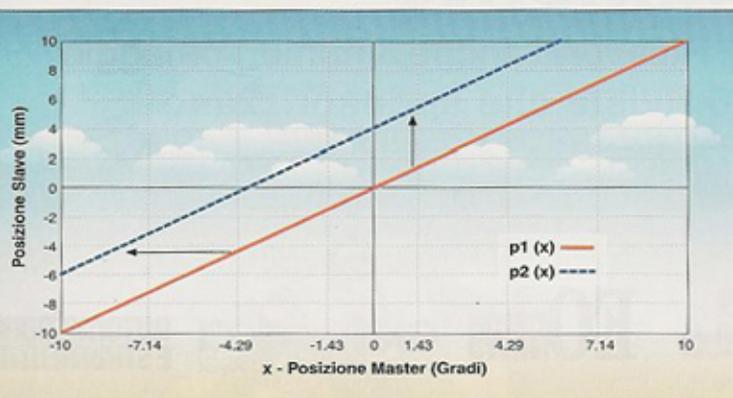


Fig. 4 - Sfasamento in una relazione lineare tra master e slave

del pattino P da $M=5$ mm partirà quando l'albero sarà a 340° e non più a 0° . Evidentemente ciò comporta il fermo macchina e un intervento di un meccanico. Elettronicamente viene, invece, eseguito durante il funzionamento della macchina.

Sfasamento asse slave nei confronti di se stesso (Move Offset)

Esaminiamo ora, sempre con lo stesso profilo, un altro caso: trasliamo la cam lungo l'asse y di + 4 mm. La curva $p2(x)$ è traslata verso l'alto di 4 mm rispetto alla $p1(x)$ cioè matematicamente $p2(x)=p1(x) + 4$. E' stato ottenuto un 'Move Offset' della cam cioè sono stati traslati lungo l'asse y tutti i punti della posizione dell'attuatore finale che realizza il profilo della cam. Come veniva realizzato meccanicamente? Attraverso un dispositivo meccanico veniva modificata la lunghezza orizzontale del pattino P di 4 mm per ottenere un movimento dal punto morto superiore $M=4$ mm al punto morto inferiore. $N=24$ mm anzichè da 0 mm a 20 mm. Dunque le cam elettroniche, oltre che offrire il vantaggio di poter essere ricalcolate runtime (meccanicamente invece significa rifare fisicamente una cam), hanno l'ulteriore vantaggio di poter essere traslate lungo il master e/o slave a macchina ferma e/o a macchina in moto. Nel

caso particolare in cui la relazione tra master/slave è lineare (retta) i due sfasamenti coincidono o meglio fare un 'Move Phase Shift' in anticipo equivale a fare un 'Move Offset' in verso positivo di $\Delta y=k\Delta x$ dove k è la pendenza della retta (figura 3). La stessa considerazione è valida per una qualunque curva $f(x)$ simmetrica rispetto allo zero cioè $f(x)=-f(-x)$ per qualunque x all'interno dell'intervallo di definizione. Analoghe considerazioni sullo sfasamento di un asse possono essere fatte per un asse slave rotativo, per esempio su un coltello rotante.

Considerazioni finali

L'avvento delle camme elettroniche nelle macchine automatiche per l'imballaggio ha significato evidenti vantaggi in termini di flessibilità e performance. Diventa sempre più importante la capacità di 'progettare' le macchine in senso 'meccatronico' ossia unendo le competenze meccaniche con quelle elettroniche.

L'avvento dell'elettronica ovviamente ha aperto scenari completamente nuovi per le macchine automatiche che, per certi versi, devono essere ancora esplorati nella loro completezza. La cultura del motion control sta divenendo sempre più know-how importante all'interno dei singoli OEM i quali tendono ad affidarsi sempre di più a tecnici esperti di questo settore. ■