

MODELLO DINAMICO DI UN CENTRO DI LAVORO (I)

Metodi sperimentali d'identificazione dei principali parametri meccanici, elettrici e controllistici di un centro di lavoro a CN per la lavorazione del legno definiscono i valori dei parametri che permettono di validare il prototipo virtuale

L'approccio empirico che caratterizza l'operatività di messa a punto del sistema d'automazione di un centro di lavoro a CN non concede, se non a centro ultimato, di confrontare soluzioni progettuali alternative ed individuare i limiti, con relative cause di prestazione.

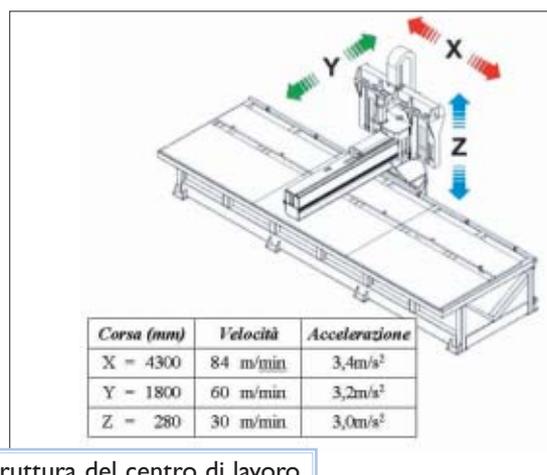
Lo sviluppo del prototipo virtuale del centro va oltre queste limitazioni, migliorando anche il processo di progettazione concettuale e di dettaglio. Per queste ragioni la C.M.S. Spa ha cosviluppato, con la sezione di Automatica del Politecnico di Milano, il modello dinamico di un proprio centro di lavoro per il settore del legno (figure 1 e 2).

La figura 3 ne presenta lo schema di principio del sistema d'automazione, mentre la figura 4 propone il dettaglio di uno dei blocchi della modellizzazione.

Di seguito si considerano gli strumenti commerciali ed i metodi sperimentali utilizzati al fine di identificare i principali parametri mecatronici dell'esemplare di macchina considerato e, conseguentemente, di validarne il relativo prototipo virtuale, estensibile in futuro ad altri modelli commerciali.

Tra i succitati parametri figurano quelli:

- di regolazione dei servomotori brushless di movimentazione degli assi;
- di caratterizzazione dei servomotori brushless rotativi (accoppiamento indiretto col carico);
- di attrito, inerzia e massa degli assi del centro di lavoro.



1. Struttura del centro di lavoro per il legno, a CN, considerato.

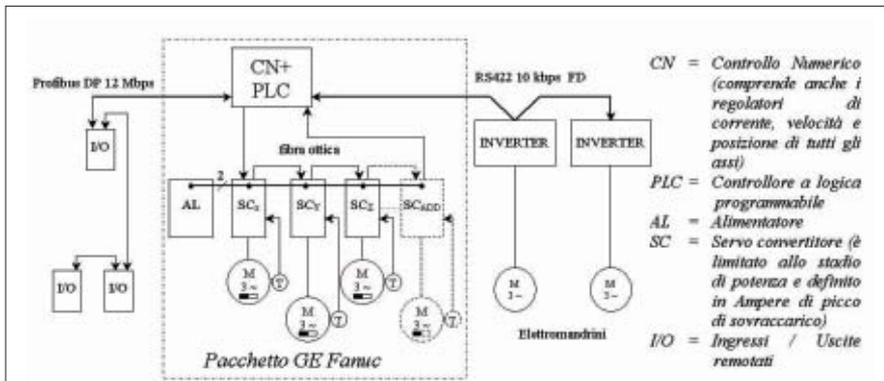
2. Particolare degli assi Y-Z, senza le paratie di protezione, con due teste frontali di lavorazione dotate, ciascuna, di elettromandrino e sistema automatico di cambio utensile (disco orizzontale a 8 postazioni).



STRUMENTI COMMERCIALI PER LA RACCOLTA/ELABORAZIONE DATI

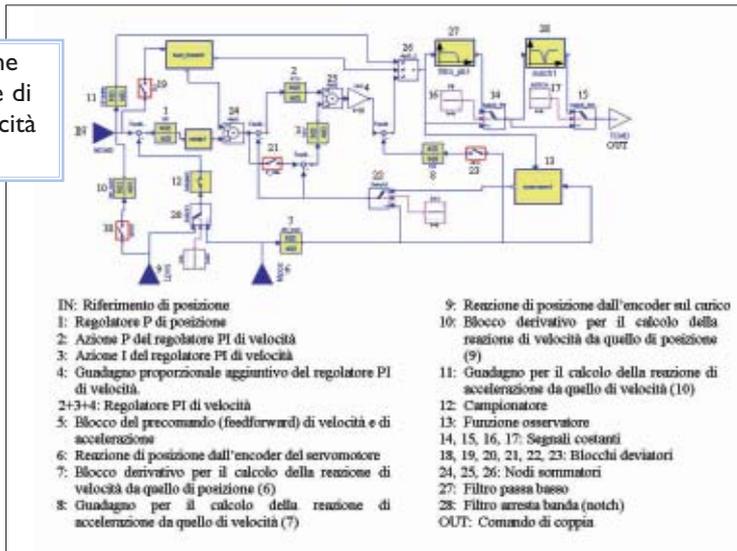
L'attività sperimentale d'identificazione dei parametri mecatronici del centro di lavoro si è avvalsa dei seguenti pacchetti software commerciali:

1. ServoGuide, di GE Fanuc;
2. Matlab, di MathWorks;
3. LabVIEW, di National Instruments;
4. Excel, di Microsoft.

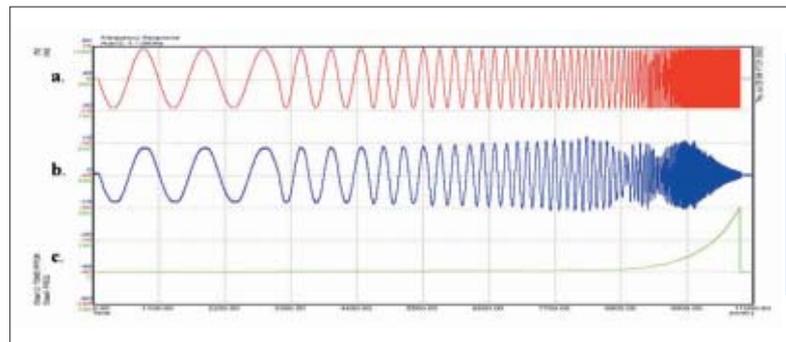


3. Schema a blocchi del sistema d'automazione del centro di lavoro in esame.

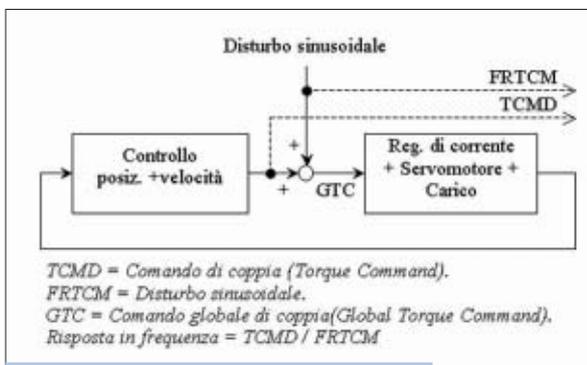
4. Modellizzazione della regolazione di posizione e velocità di ciascun asse.



Il pacchetto ServoGuide di GE Fanuc permette di interfacciare in Ethernet un PC con il CN per la registrazione, l'analisi e l'elaborazione di svariati segnali. È possibile acquisire contemporaneamente sei segnali temporali, tra i quali sono particolarmente rilevanti quelli di posizione attuale del motore, di errore di posizione, di comando di velocità, di velocità at-



6. Disturbo di coppia FRTCM (a), relativo effetto sul TCMD (b) e frequenza FREQ (c) di FRTCM.

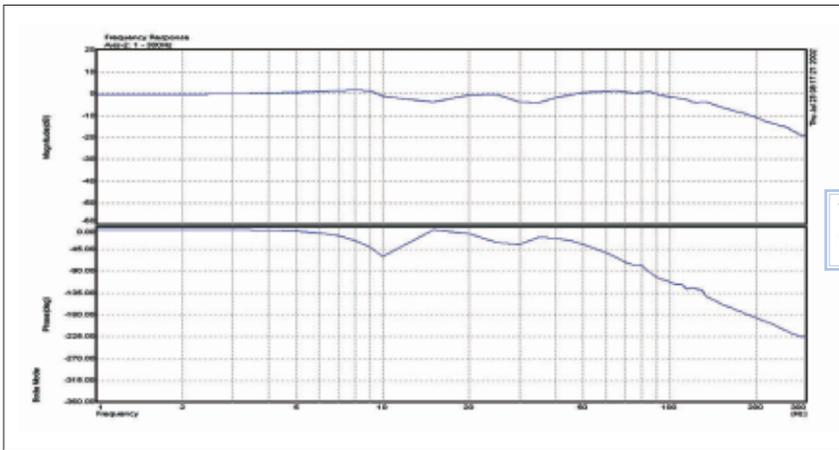


5. Schema funzionale di sollecitazione del sistema per la determinazione della relativa risposta in frequenza (diagramma di Bode).

tuale, di comando di coppia, di corrente di fase, di corrente diretta ed in quadratura, di angolo elettrico del servomotore. È anche possibile sollecitare il sistema con un disturbo di coppia, con invariato riferimento di posizione, per registrarne sia la risposta frequenziale (diagramma di Bode) (figura 5) che quella temporale. Nella risposta in frequenza il gua-

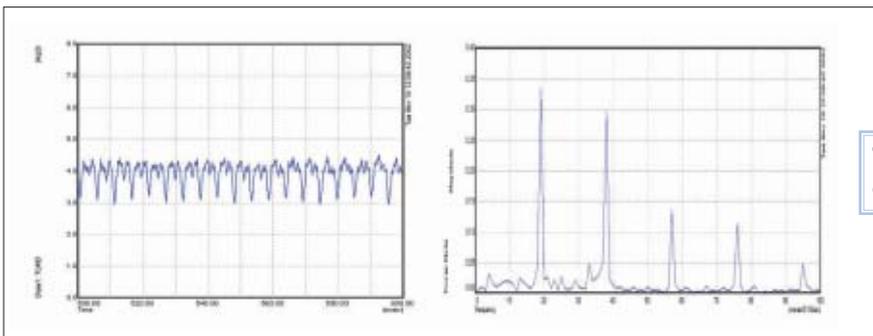
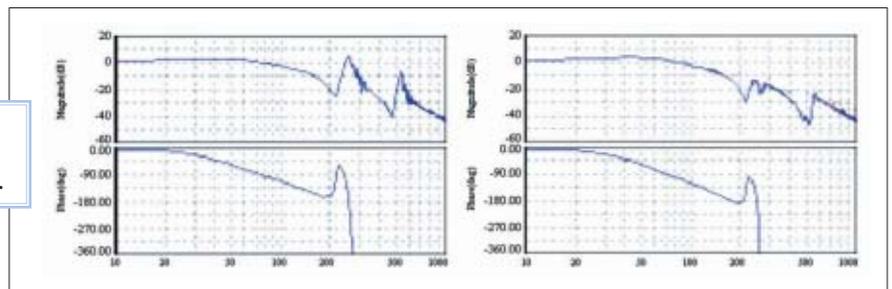
dagno proporzionale del regolatore di posizione è automaticamente posto ad 1 s^{-1} . Del segnale d'eccitazione è possibile scegliere sia l'ampiezza che il campo di frequenza. L'ampiezza è usualmente pari al 10% della corrente massima di picco del convertitore di potenza, in modo da escludere possibili saturazioni e/o eccessive sollecitazioni della macchina, mentre il campo di frequenza deve essere gradualmente ridotto, partendo da un fondo scala di 1000 Hz, fino ad ottenere una ragionevole risoluzione spettrale compatibile con la banda passante e con le risonanze del sistema. Esempi di possibili risposte sono presentati nelle figure 6-7-8. ServoGuide consente, inoltre, di ottenere il diagramma di Fourier del segnale temporale "comando di coppia" (figura 9). Il pacchetto Matlab è stato usato per: 1. simulare l'algoritmo del regolatore PI di velocità, allo scopo di confrontare i segnali di uscita calcolati con quelli prodotti dal regolatore interno al CN registrati con ServoGuide, previo passaggio di quelli di ingresso generati dal CN (registrati in un file);

2. definire un algoritmo di calcolo della risposta frequenziale analogo a quello di ServoGuide, in modo da poter confrontare i risultati;
 3. validare la funzione di trasferimento dei filtri, configurabili, posti sul comando di coppia (un filtro passa basso del primo ordine, da $60 \div 300 \text{ Hz}$, in serie a quattro arresta banda da $96 \div 1000 \text{ Hz}$);
 4. dedurre, a priori e fuori linea, la risposta in frequenza globale della configurata catena di filtri (tale funzione non è presente in ServoGuide v.1.0);



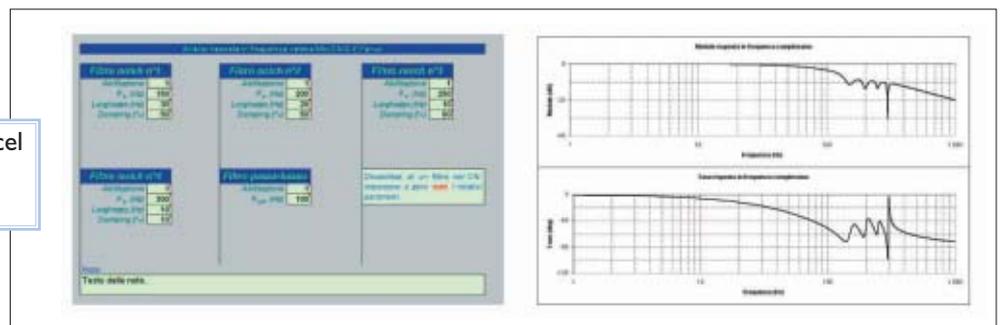
7. Diagramma di Bode dell'analisi in frequenza dell'asse X del centro di lavoro.

8. Risposta frequenziale di un asse con doppia risonanza ed effetto dell'inserimento di due filtri arresta banda.



9. Esempio di analisi di Fourier del comando di coppia TCMD.

10. Applicativo sviluppato in Excel per l'analisi della funzione di trasferimento dei filtri.



5. stabilire i coefficienti di scalatura tra le unità di misura ingegneristiche dei vari parametri controllistici e quelle adimensionali interne al CN;

6. eseguire l'analisi spettrale dei segnali di un accelerometro collocato in punti significativi del corpo del centro di lavoro.

Con il pacchetto LabVIEW è stato implementato un applicativo per l'acquisizione del segnale analogico

generato da un accelerometro. Quest'ultimo è stato collegato meccanicamente al centro di lavoro ed elettricamente ad una scheda di acquisizione dati della stessa National Instruments. Tale software ha anche permesso il salvataggio dei dati in formato testo, per poterne usufruire in ambiente Matlab.

Con Excel, alla luce dei risultati ottenuti con Matlab, è stato creato un foglio di calcolo che permette di ot-

tenere, a priori e fuori linea, l'andamento della risposta in frequenza della catena di filtri, configurabile (un passa basso ed un massimo di quattro arresta banda), presente sull'uscita del regolatore di velocità. La figura 10 illustra l'interfaccia grafica.

L. Bonometti, M. Maraglino, F.Tisi, C.M.S. Spa, Zogno (BG).