

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
II SESSIONE - ANNO 1997

Ramo INFORMATICO

Tema N. 3

Il sistema soggetto a controllo è indicato in fig. 1. Esso è composto da un motore elettrico a corrente continua con comando d'armatura collegato ad un albero che presenta elasticità di torsione rappresentabile da una molla con coefficiente di rigidità  $k$ . All'estremo dell'albero opposto alla sezione di collegamento del motore vi è un cuscinetto di appoggio con attrito viscoso  $\beta$  e un volano con momento d'inerzia  $J$ . La coppia resistente  $d$  si oppone alla rotazione della sezione destra dell'albero e costituisce il disturbo del sistema, il cui comando è ovviamente la tensione di armatura  $v$  del motore. Si indichino con  $\omega_1$  e  $\omega_2$  le velocità angolari delle sezioni rispettivamente sinistra e destra dell'albero. La velocità  $\omega_2 = y$  è l'uscita del sistema (o variabile controllata). Per semplicità si suppone

$$\omega_1 = Z v$$

e pertanto la velocità  $\omega_1$  risulta proporzionale al comando del sistema con coefficiente  $Z$  assegnato.

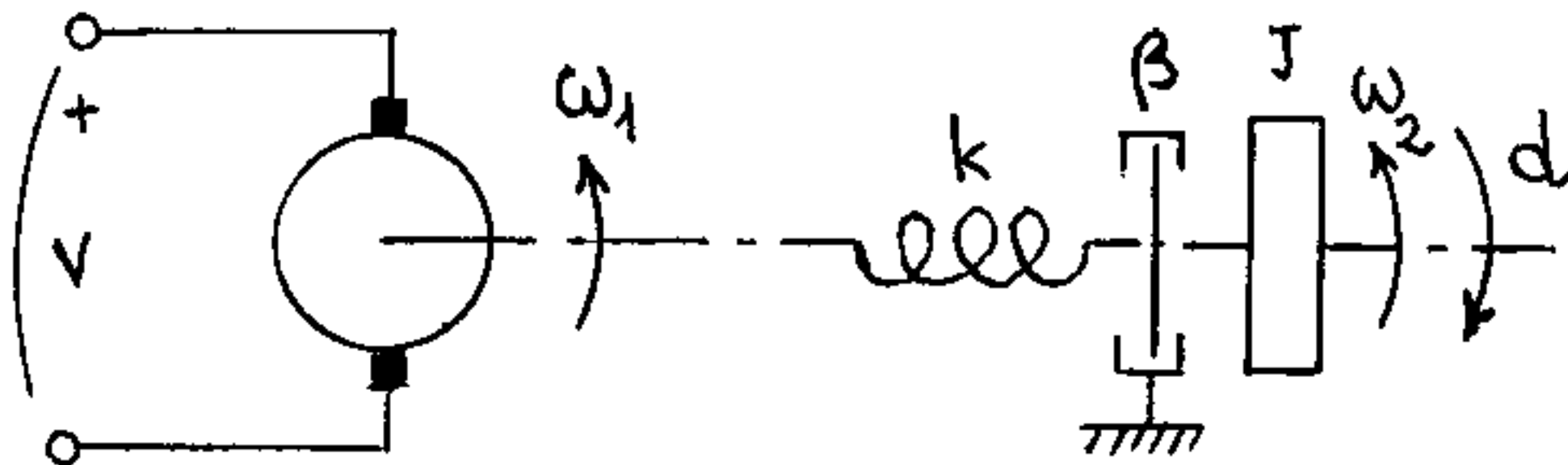


Fig. 1

Dati numerici:  $Z = 10 \text{ rad}/(\text{s}\cdot\text{V})$  (radianti al secondo per Volt);  
 $k = 100 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{rad}$  (newton-metro per radiante);  $\beta = 4 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$  (newton-metro per radiante al secondo);  $J = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ .

Trasduttore dell'uscita e attuatore del comando hanno funzioni di trasferimento (f.d.t.) ridotte ad una costante di proporzionalità pari ad 1. Il sistema di controllo è un compensatore in cascata che ha come ingresso  $r-y$  ( $r$  è il riferimento e  $y = \omega_2$ ) ed ha come uscita  $v$ , tensione d'armatura del motore.

Le specifiche richieste per il sistema dotato di controllo sono:

- buon margine di stabilità;
- sistema di tipo 0 con errore finale al gradino unitario  $\alpha_0 \leq 10^{-2}$ ;
- banda passante  $\omega_b \geq 200 \text{ rad/s}$ .

Per ottenere l'ammissione all'orale occorre aver risposto in modo sufficiente alle seguenti domande:

1 Determinare le funzioni di trasferimento (f.d.t.)  $G(s)$  e  $N(s)$  che compaiono nella relazione  $y(s) = G(s) v(s) - N(s) d(s)$ , esprime l'uscita  $y = \omega_2$  in funzione del comando  $v$  e del disturbo  $d$  fisicamente rappresentato dalla coppia resistente alla sezione destra dell'albero dopo la molla.

2 Considerare dapprima un compensatore in cascata puramente proporzionale con guadagno  $K$  e determinare il valore di  $K$  che porta il sistema ad anello chiuso al limite di stabilità.

3 Considerare successivamente un compensatore in cascata con f.d.t.  $C(s)$  tale da soddisfare le specifiche, preferibilmente della forma più semplice possibile, e determinarne guadagno, poli e zeri.

4 Una volta determinata la f.d.t.  $C(s)$  del compensatore in cascata, fare delle verifiche sul comportamento del sistema in anello chiuso contenente quel compensatore. Le verifiche devono riguardare tutte quelle proprietà del sistema dotato di controllo che si ritengono interessanti, ovvero che riguardano specifiche che avrebbero potuto essere imposte e che non lo sono state, per semplicità. Almeno una non deve mancare: quella sull'attenuazione dell'effetto del disturbo indicato con  $d$  in fig. 1.

Per ottenere un giudizio ottimo occorre aver dato risposte valide anche alle seguenti domande, oltre le prime quattro:

5 Costruire il modello matematico del sistema di fig. 1 in termini di equazioni di stato, e verificarne stabilità, controllabilità, osservabilità. Ricavare in forma letterale la  $G(s)$  dalle equazioni di stato e verificarne l'identità con quella ricavata per la domanda 1. Se si ritiene comodo usare le equazioni di stato anche per rispondere alla domanda 1, ciò è apprezzabile ed utile, perchè serve a rispondere contemporaneamente alle domande 1 e 5.

6 Considerare un sistema di controllo digitale da sostituire al compensatore in cascata  $C(s)$  in tempo continuo, determinarne il passo di campionamento  $T$ , nonché la f.d.t. in zeta  $C(z)$  che riproduca al meglio in tempo discreto il segnale continuo in uscita da  $C(s)$ .

#### AVVERTENZA

Le risposte riguardanti risultati numerici sono intese valide se (non potendo per lo più essere esatte per i mezzi di calcolo usati, oppure per la natura delle specifiche come vincoli di disuguaglianza) sono contenute entro un ragionevole intervallo attorno a quelle esatte o ammissibili. Le risposte riguardanti risultati letterali sono intese valide se esatte.

