

POLITECNICO DI TORINO

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

Ramo INFORMATICO

Tema N. 3

Il sistema soggetto a controllo è indicato in fig. 1. Esso è composto da un moto-riduttore M.R., cioè un motore elettrico a corrente continua con comando d'armatura collegato ad un riduttore di velocità formato da una coppia di ruote dentate, il cui albero condotto aziona la parte meccanica illustrata nei particolari in fig. 1.

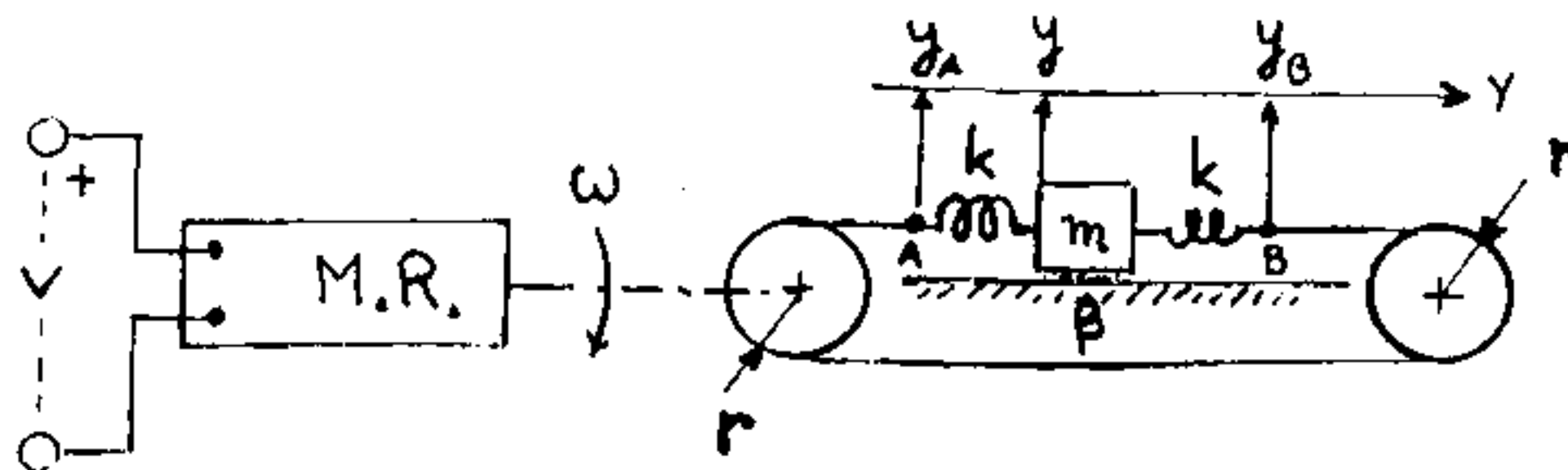


Fig. 1

Il modello matematico del moto-riduttore è approssimabile ad una semplice relazione di proporzionalità fra la tensione d'armatura v del motore e la velocità ω dell'albero condotto del riduttore:

$$\omega = Z v ; \quad (1)$$

la costante Z è assegnata. La parte meccanica è costituita da una coppia di pulegge di uguale raggio r , di cui quella a sinistra è calettata sull'albero del moto-riduttore; le pulegge muovono insieme, collegate da un filo teso, flessibile ma inestensibile, rigorosamente aderente alle pulegge, sulle quali dunque non può scorrere, ed i cui due estremi tendono una coppia di molle coassiali separate dalla massa m ; questa può dunque essere traslata lungo la sua guida, sulla quale scorre con attrito viscoso rappresentato dal coefficiente β . Le due molle sono uguali fra loro ed hanno coefficiente di rigidità k . Data l'inesistibilità del filo, la distanza fra i suoi estremi è fissa: $y_B - y_A = D$. Grazie alla libertà di scelta delle origini degli assi, si può, volendo, considerare $D = 0$, ma questo non è influente.

Il sistema non ha disturbi. La posizione y della massa m è l'uscita del sistema soggetto a controllo, ossia la variabile da controllare, mentre la tensione v del motore è il suo comando.

Dati numerici: $Z = 1 \text{ rad/(s.V)}$ (radiante al secondo per Volt); $r = 0,02 \text{ m}$ (metri); massa $m = 0,5 \text{ kg}$; $k = 625 \text{ N/m}$ (newton per metro); $\beta = 10 \text{ N(m/s)}^{-1}$.

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 con ingresso $r-y$ (r è il riferimento) e con uscita v , comando del moto-riduttore che trascina la parte meccanica.

Le specifiche richieste per il sistema dotato di controllo sono:

- buon margine di stabilità;
- sistema di tipo 1 con errore finale alla rampa $\alpha_1 \leq 10^{-2}$ s (secondi).

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

1 Determinare la funzione di trasferimento (f.d.t.) $G(s)$ fra v e y per il sistema di fig. 1, prima in forma letterale e poi in forma numerica: $y(s) = G(s) v(s)$.

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 sulla rapidità di risposta (banda passante, oppure tempo di salita o di assestamento).

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.