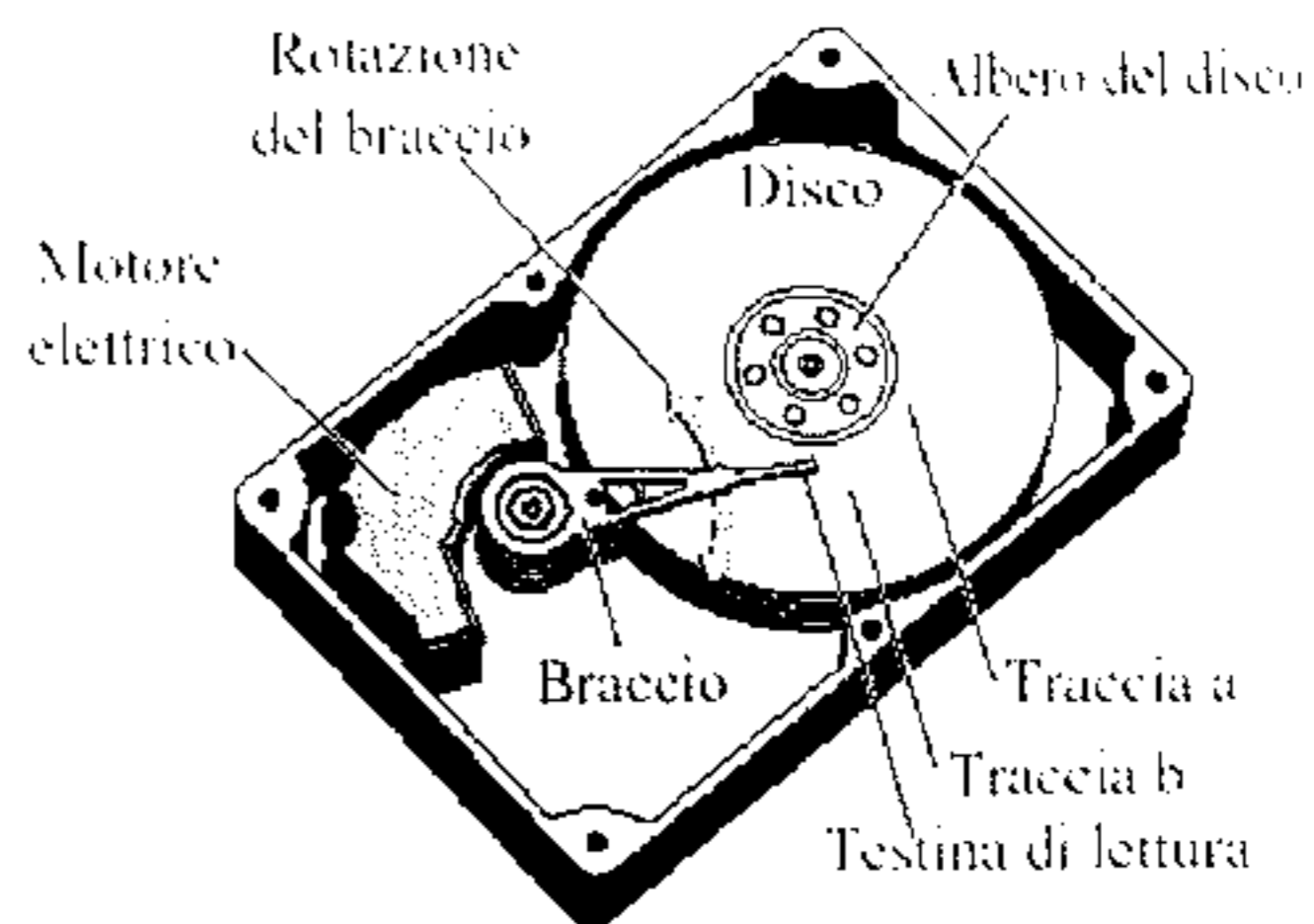
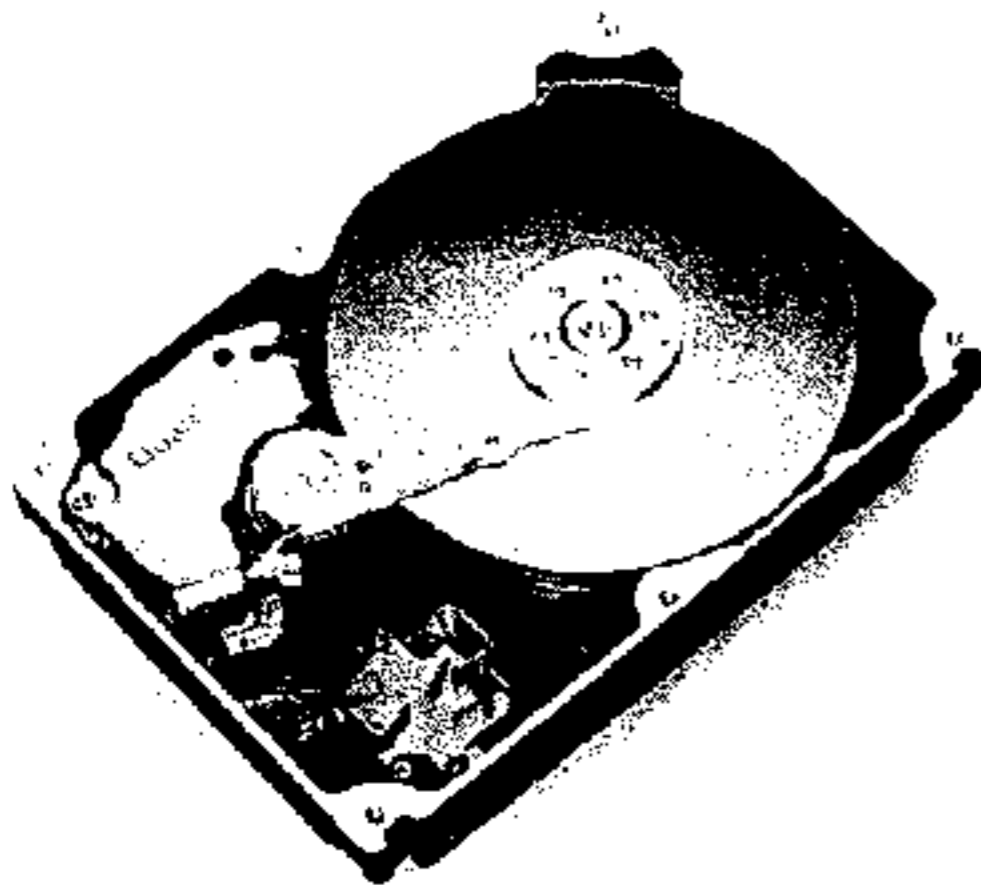


POLITECNICO DI TORINO

Esami di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere I sessione – Anno 2003

Ramo INFORMATICO – Tema N. 3

Il dispositivo di lettura di un hard disk è costituito da un motore elettrico in corrente continua a magneti permanenti comandato in armatura, al cui albero è saldato un braccio rigido che regge la testina di lettura. La rotazione del braccio posiziona la testina in corrispondenza della traccia desiderata del disco magnetico.



Siano: L_a ed R_a l'induttanza e la resistenza equivalente del circuito d'armatura; J il momento d'inerzia complessivo del rotore, del braccio e della testina; β il coefficiente di attrito viscoso complessivo del motore; K_m la costante caratteristica del motore, che lega la coppia motrice C_m alla corrente di armatura i_a , nonché la forza elettromotrice indotta e alla velocità angolare ω ; C_d la coppia di disturbo che agisce sul braccio. Si considerino trascurabili le perdite nel ferro di rotore dovute ad isteresi e correnti parassite.

Il comando del dispositivo è la tensione d'armatura v_a , mentre l'uscita del sistema, ossia la variabile da controllare, è la posizione angolare θ dell'albero.

I valori numerici dei parametri sono:

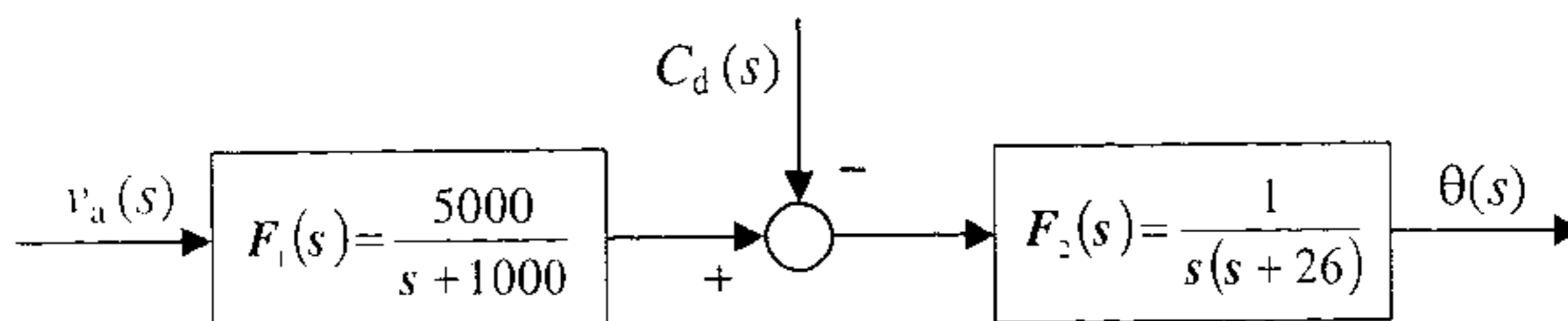
$$L_a = 10^{-3} \text{ H}, \quad R_a = 1 \text{ } \Omega, \quad J = 1 \text{ N m s}^2 / \text{rad}, \quad \beta = 1 \text{ kg / m / s}, \quad K_m = C_m / i_a = e / \omega = 5 \text{ N m / A}.$$

- Determinare, in forma sia letterale sia numerica, il modello in variabili di stato del sistema, specificando quali sono i vettori d'ingresso, stato ed uscita adottati.
- Determinare, semplicemente in forma numerica, le funzioni di trasferimento $F(s) = \theta(s) / v_a(s)$ e $F_d(s) = \theta(s) / C_d(s)$.
- Studiare le caratteristiche di stabilità interna ed esterna del sistema ed analizzarne le proprietà di raggiungibilità ed osservabilità.
- È possibile progettare un opportuno dispositivo di controllo in grado di stabilizzare asintoticamente il sistema, supponendo di avere a disposizione la misura di tutte le variabili di stato? Motivare adeguatamente la risposta e, in caso affermativo, precisare la struttura del dispositivo di controllo mediante uno schema a blocchi "di principio", scriverne esplicitamente le equazioni e progettarlo in modo tale che la risposta del sistema controllato ad un riferimento a gradino unitario soddisfi le seguenti specifiche, in assenza del disturbo C_d :

- valore finale unitario;
- sovraelongazione massima non superiore al 20%;
- tempo di salita non superiore a 0.25 s.

E) È possibile stabilizzare asintoticamente il sistema mediante un opportuno dispositivo di controllo basato sull'uso di un osservatore (o ricostruttore) asintotico dello stato? Motivare adeguatamente la risposta e, in caso affermativo, precisare la struttura del dispositivo di controllo mediante uno schema a blocchi "di principio", scriverne esplicitamente le equazioni e progettarlo in modo tale da soddisfare le stesse specifiche di cui al punto precedente, in assenza del disturbo C_d .

Per le domande successive, si consideri per semplicità il seguente schema a blocchi del sistema:



Si assuma, sempre per semplicità, che il trasduttore utilizzato per misurare la posizione angolare θ abbia funzione di trasferimento ridotta ad una semplice costante di proporzionalità $K_r = 1 \text{ V / rad}$.

F) Confrontare il modello proposto con le funzioni di trasferimento precedentemente calcolate al punto B e verificare la bontà dell'approssimazione.

G) Discutere la possibilità di garantire l'asintotica stabilità del sistema ad anello chiuso (con retroazione negativa unitaria) mediante un controllore in cascata puramente proporzionale K_c , ove K_c può assumere qualsiasi valore reale compreso tra $-\infty$ e $+\infty$.

H) Progettare un sistema di controllo in retroazione della posizione angolare θ dell'albero, per mezzo di un controllore in cascata da realizzarsi in forma digitale, tale da soddisfare le seguenti specifiche:

- l'errore di inseguimento ad un riferimento costante sia nullo in regime permanente, in assenza del disturbo C_d ;
- l'errore di inseguimento ad un riferimento a rampa $r(t) = \rho t$ sia non superiore in modulo a 0.01ρ in regime permanente, in assenza del disturbo C_d ;
- l'effetto sull'uscita θ del disturbo costante $C_d = 0.1 \text{ N m}$ sia inferiore o uguale in modulo a 10^{-5} rad in regime permanente;
- la sovraelongazione massima della risposta ad un riferimento a gradino unitario sia non superiore al 5%, in assenza del disturbo C_d ;
- il tempo di salita della risposta ad un riferimento a gradino unitario sia inferiore o uguale a 0.01 s. in assenza del disturbo C_d ;
- il tempo di assestamento al 2% della risposta ad un riferimento a gradino unitario sia non superiore a 0.05 s, in assenza del disturbo C_d .

Analizzare le proprietà del sistema ad anello chiuso ottenuto, mettendone in evidenza (oltre al soddisfacimento delle specifiche imposte, compatibilmente con i mezzi di calcolo a disposizione) le caratteristiche ritenute più significative, e valutando in particolare l'attività sul comando richiesta dal controllore progettato.

Nota: Il candidato può determinare direttamente la funzione di trasferimento $C(z)$ (nella variabile z) del controllore digitale, avendo preventivamente definito un opportuno passo di campionamento, oppure può progettare un controllore analogico e convertirne successivamente la funzione di trasferimento $C(s)$ in forma digitale, scegliendo il passo di campionamento (ed il metodo di discretizzazione) in modo tale che il segnale a tempo discreto riproduca al meglio il segnale a tempo continuo uscente da $C(s)$ e che le specifiche imposte siano garantite dal sistema di controllo digitale.