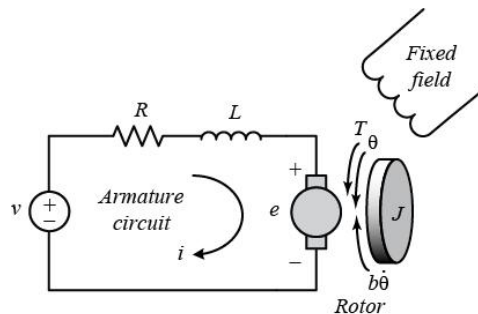


Fondamenti di Automatica - Laboratorio 6

Funzioni utili:

$[\text{num}, \text{den}] = \text{tfdata}(\text{sist})$	Numeratore e denominatore della f.d.t. sist .
$[\text{y}, \text{t}] = \text{step}(\text{sist})$	Risposta ad uno scalino di ampiezza unitaria.
$[\text{y}, \text{t}] = \text{lsim}(\text{sist}, \text{u}, \text{tu})$	Risposta forzata dall'ingresso u , definito negli istanti tu

Nel seguito considereremo uno tra gli attuatori più comune nei sistemi di controllo: il motore in corrente continua. Il circuito equivalente elettrico dell'armatura e il diagramma di corpo libero del rotore sono mostrati nella seguente figura.



L'ingresso del sistema è la tensione (V) applicata all'armatura del motore, mentre l'uscita è la velocità di rotazione dell'albero $\dot{\theta}$. Il rotore e l'albero sono assunti essere rigidi. Assumiamo inoltre un modello di attrito viscoso in cui la coppia di attrito è proporzionale alla velocità angolare dell'albero. I parametri fisici per questo esempio sono:

- (J) momento di inerzia del rotore $0.01 \text{kg} \cdot \text{m}^2$
- (b) costante di attrito viscoso del motore $0.1 \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$
- (K_e) costante di forza controelettromotrice $0.01 \text{V}/\text{rad}/\text{sec}$
- (K_t) costante di coppia del motore $0.01 \text{N} \cdot \text{m}/\text{Amp}$
- (R_p) resistenza elettrica 1Ω
- (L) induttanza elettrica 0.5H

Si noti che K_e e K_t hanno lo stesso valore. Pertanto, useremo K per rappresentare sia la costante di coppia del motore che la costante di forza controelettromotrice. La funzione di trasferimento risultante tra la tensione V e la velocità di rotazione dell'albero $\dot{\theta}$ è la seguente:

$$G(s) = \frac{\dot{\Theta}(s)}{V(s)} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R_p) + K^2} \left[\frac{\text{rad}/\text{sec}}{V} \right]$$

1. Si traccino i diagrammi di Bode della funzione di trasferimento di processo $G(s)$.
2. Si consideri il seguente regolatore

$$R(s) = 45 \frac{s + 1}{s + 0.01}$$

e lo schema in anello chiuso a retroazione negativa in Figura 1.

- Si traccino i diagrammi di Bode della funzione di trasferimento d'anello $L(s) = R(s)G(s)$ e si studi la stabilità del sistema in anello chiuso.
- A partire dalla $L(s)$ si traccino a mano i diagrammi di Bode del modulo approssimati di
 - $S(s)$ funzione di sensitività
 - $F(s)$ funzione di sensitività complementare
- Ricordando che $S(s) = \frac{1}{1+L(s)}$, $F(s) = \frac{L(s)}{1+L(s)}$, si traccino in Matlab i diagrammi di Bode e li si confronti con quelli tracciati a mano.
- Si applichi un riferimento $y^0(t) = sca(t)$ e si calcoli l'errore a regime $e_\infty = \lim_{t \rightarrow +\infty} e(t)$.
- Si consideri un disturbo di processo $d(t)$ a valle della $G(s)$
 - Si applichi un disturbo $d(t) = sca(t)$. In base all'analisi statica vista a lezione, a regime il disturbo risulta attenuato/amplificato in uscita? Si verifichi tale risultato in Matlab.
 - Per quali pulsazioni ω un disturbo di processo sinusoidale risulta attenuato in uscita di almeno un fattore 100? Verificare la correttezza di quanto ottenuto applicando, in Matlab, un disturbo $d(t) = \sin(\omega t)$ a tali pulsazioni.
- Si consideri ora un disturbo di misura n a monte della $R(s)$. Per quali pulsazioni ω il disturbo di misura risulta attenuato in uscita di almeno un fattore 100? Verificare la correttezza di quanto ottenuto applicando, in Matlab, un disturbo $n(t) = \sin(\omega t)$ a tali pulsazioni.

Suggerimento: le analisi ai punti precedenti possono essere effettuati tramite i comandi seguenti

```
Jval=0.01;
b=0.1;
K=0.01;
Rp=1;
L=0.5;
s = tf('s');
G = K / ((Jval*s+b) * (L*s+Rp) + K^2);
R=tf([45 45],[1 0.01]);
L=G*R;
margin(L);
F = feedback(L,1);
S=feedback(1,L);
step(F)
step(S)
omega=1;
t = 0:0.01:100;
u=sin(omega*t);
lsim(F,u,t)
lsim(S,u,t)
```

3. Opzionale: si consideri ora il regolatore $R(s) = 45 \frac{s+1}{s}$

Si valutino $L(s)$, $S(s)$, $F(s)$ con questo nuovo regolatore e si ripetano le analisi svolte al punto 2. Quali differenze si notano utilizzando questo regolatore rispetto al caso precedente?

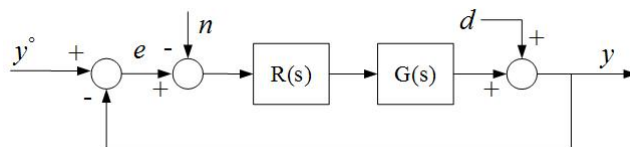


Figure 1: Schema di controllo in anello chiuso