Contents

1 Introduzione

Nota bene, in test1 la 2 levetta da lo step in ingresso, la 3 levetta (quella + a destra) accende il motore e l'encoder. Quindi aziona prima la 3 e poi la 2 nei test. ASSICURATI CHE IL CART SIA IN 0 OGNI VOLTA! Per ogni test salva output della corrente e input, e il vettore del tempo (o la frequenza di campionamento!).

Ricordati di testare gli encoder.

SALVA PURE L'OUTPUT DEGLI ENCODER OLTRE CHE QUELLO DELLA CORRENTE! Quindi corrente, tensione in ingresso ed encoder e frequenza di campioanemtno e/o vettore del tempo.

Rotazione del disco attaccato al motore: θ.
Raggio del disco attaccato al motore: $0.5D$.
Posizione del carretto : x.
Tensione in ingresso al motore: v
Stiffness,damping molla: K, C
Resistenza e induttanza del motore: R, L
Massa carretto+peso e inrzia disco: $M = M_1 + 2\frac{J}{D}$
Costante torque/backemf: K_e

Essendo il gearbox fissato al carretto abbiamo:

$$\theta = \frac{x}{R_d}$$

Funzione di trasferimento tra forza erogata e posizione del carretto:

$$\frac{X}{F}(s) = \frac{1}{Ms^2 + Cs + K}$$

Funzione di trasferimento tra Tensione/Backemf e forza:

$$F(s) = 4\frac{K_e}{D}\frac{1}{2R + 2sL}(V(s) - 4\frac{K_e}{D}sX(s))$$

Tra torque ecorrente abbiamo:

$$C(s) = 2K_e I(S)$$

e

$$F(s) = \frac{2}{D} C(s)$$

Quindi fra tensione e corrente abbiamo:

$$\frac{I}{V}(s) = \frac{Ms^2 + Cs + K}{(Ms^2 + Cs + K)(2R + 2sL) + \gamma s} = M(s)$$

$$\gamma = \left(\frac{4K_e}{D}\right)^2$$

Sviluppando il termine al denominatore otteniamo:

$$2MLs^3 + s^2(2MR + 2CL) + s(2CR + 2KL + \gamma) + 2KR$$

2 Ricavare k

Per ricavare le k delle molle l'idea generale è di guardare il displacement x del carretto applicando la stessa forza $F(t)$.

Per $F(t) = F_0$ abbiamo $x(t) \to kF_0$.
Chiamiamo le due molle k_1, k_2. Noi non conosciamo F_0, ma è costante per entrambi e cambia solo il k. Quindi:

$$F_0 = k_1 x_1$$

$$F_0 = k_2 x_2$$

Quindi prendendo il rapporto:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{k_2}{k_1}$$

Se $x_2 < x_1$ allora $k_2 > k_1$, e viceversa. Da questa formula possiamo ricavare il rapporto fra le due k e verificare con quelle scritte nel manuale.

Quindi:

1. Aprire il file simulink test1 nella cartella tests/15March.
2. Caricare lo schema sulla scheda
3. Attaccare la prima molla
4. Far andare la scheda, calcolare x_1 quando il carretto è fermo
5. Spegnere la scheda, staccare la molla e attaccare l'altra molla
6. Far andare la scheda, calcolare x_2 e prendere il rapporto

3 Stimare la massa/Inerzia

Consideriamo la funzione di trasferimento fra $F(s)$ e $X(s)$:

$$X(s) = \frac{1}{M}\frac{1}{s^2 + \frac{K}{M}}F(s)$$

Dove $F(s) = \frac{N}{D}(s)$. Supponiamo F quasi costante, quindi approssimabile a $\frac{1}{s}$. Per i fratti semplici otteniamo:

$$(x) = \frac{As + B}{s^2 + \frac{K}{M}} + \cdots$$

Dove $\cdots$ intende fratti dipendenti $F(s)$. Sappiamo che il primo fratto è il termine del transitorio, mentre $\cdots$ indica i termini a regime che dovrebbe essere approssimabile a $\frac{C}{s}$.

Quindi nel transitorio abbiamo una sinusoide (smorzata perchè comunque lo smorzamento c'è anche se non modellato, ma non influisce sulla frequenza di oscillazione) con pulsazione $\omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$. Quindi esegui il test1 con $V = 3.6$ costante, guarda l'encoder e misura il periodo fra le due sinusoidi:

$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{K}{M}} \Rightarrow M = \frac{KT^2}{4\pi^2}$$

Dovrebbe venire $M > 0.5kg$. Inoltre sapppiamo che M è uguale alla massa del load + $2\frac{J}{D}$. Quindi sapendo la massa del carretto, la massa del load è 0.5+ massa del carretto, sappiamo D e ricaviamo J.

4 Ricavare K_e e stimare γ

Quindi attacca ora una delle due molle, tipo k_1.Sai che eseguendo il test1 otterai che il carretto è a una posizione x_1. Quindi $F = k_1 x_1$. Conoscendo ora la forza, e sapendo D, sappiamo che il torque è dato da:

$$T = F\frac{D}{2} = 2K_e i$$

Possiamo misurare la corrente del motore attraverso l'output current del blocco del motore su simulink.

Rieseguiamo l'esperimento test1, e salviamo l'output della corrente in una variabile di matlab i (gia' fatto nello shcema).

A regime $F = F_0$. Prendiamo l'ultimo sample della corrente, che sarà $i(N)$. Nota che su matlab la corrente viene salvata nella struttura i . per accedere ai dati devi fare $i.Data$.

Quindi:

$$K_e = \frac{FD}{4i_N}$$

Per stimare γ sappiamo che vale:

$$\gamma = \left(\frac{4K_e}{D}\right)^2$$

Sapendo K_e puoi calcolarla.

5 Ricavare la resistenza del motore

Per ricavare il guadagno del motore conviene sfruttare il fatto che possiamo misurare la corrente del motore attraverso l'output current del blocco del motore su simulink.

Considerando la back-emf la funzione di trasferimento è data da:

$$\frac{I}{V}(s) = M(s)$$

Per $V = V_0$ (nota che nello schema $V_0 = 3.6$) costante otteniamo:

$$\lim_{t\to\infty} i(t) = \lim_{s\to 0} sI(s)\frac{3.6}{s} = \frac{3.6}{2R}$$

Quindi prendiamo l'ultimo campione della corrente (che chiamo i_N), e di conseguenza:

$$R = \frac{3.6}{2i_N}$$

Quindi esegui le seguenti istruzioni (devi aver ricavato gamma):

1. Esegui il test 1
2. $i = i.Data$;
3. $N = length(i)$;
4. $R = (3.6/(2 * i(N))$;

6 Ricavare l'induttanza del motore e la costante di tempo, whitebox identification

$$\frac{I}{V}(s) = \frac{Ms^2 + Cs + K}{(Ms^2 + Cs + K)(2R + 2sL) + \gamma s} = M(s)$$

$$\gamma = \left(\frac{4K_e}{D}\right)^2$$

Il sistema $\forall\gamma > 0$ è un passabasso. L'effetto di γ è di spostare due poli lontano dai due zeri,con modulo $\to \infty$ Questi due poli rimangono complessi coniugati, stessa cosa per gli zeri. Facendo quindi un diagramma di bode al variare di γ si nota che rimane passabasso il sistema in generale. Notiamo che il polo del motore, $\frac{R}{L} \gg 1$, quindi la risposta nel tempo è approssimabile a:

$$i(t) = \frac{V_0}{2R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

Dove V_0 è la costante dello step in ingresso che è $V_0 = 3.6$ Sappiamo che per:

$$\frac{R}{L}t > 6 \Rightarrow e^{-\frac{R}{L}t} < \frac{1}{400}$$

Quindi :

$$\frac{V_0}{2R} - i(t) = \frac{V_0}{2R}e^{-\frac{R}{L}t}$$

Bisogna vedere quadno:

$$\frac{V_0}{2R}e^{-\frac{R}{L}t} = \frac{V_0}{2R} - i(t) < \frac{V_0}{2R}e^{-6}$$

Che equivale alla condizione:

$$1 - \frac{i(t)2R}{V0} < e^{-6}$$

Una volta ricavato per quale primo valore di t vale, allora chiamato t_0 questo valore abbiamo:

$$\frac{R}{L}t_0 \approx 6 \Rightarrow L = \frac{R}{6}t_0$$

Tutto questo lo fa uno script che è nella stessa cartella dove ho salvato test1. Esegui quindi test1, salva corrente e input in due variabili x,u. Salvati il tempo pure in t ed esegui lo script.

Lo script eseguirà identificazione pure di un sistema G1 con 1 polo, G2 con 3 poli/2 zeri.