

Laboratorio 2 - Lista attività

Roberto Oboe **

May 11, 2023

1 Obiettivi

Le attività della seconda sessione di laboratorio sono quattro:

1. Valutazione tramite esperimenti dei coefficienti di attrito viscoso e statico del motore assegnato
2. Realizzazione del controllo di posizione del motore, utilizzando retroazione dallo stato misurato o stimato.
3. Compensazione feedforward del disturbo stimato (Opzionale: implementare una azione integrale al posto della compensazione FF e comparare i risultati ottenuti)
4. Valutazione degli effetti della modifica dei parametri del modello dello stimatore sulla stima del disturbo equivalente ed effetti sulla risposta del sistema compensato

2 Misura dell'attrito

Come da slide consegnate ad inizio corso, effettuare la valutazione della velocità di regime raggiunta con diversi comandi di tensione. Con due valori di Ω in grado di risolvere il problema di trovare il coefficiente di attrito viscoso e l'attrito statico. Con più valori, è necessaria una regressione lineare. Per quest'ultima, utilizzare lo strumento preferito.

3 Controllo di posizione con retroazione dallo stato

Modificando (ove necessario) i file dati a lezione, si progetti un controllo LQR per il motore assegnato, considerando i parametri forniti dal produttore. Si utilizzi il coefficiente d'attrito valutato sperimentalmente al punto precedente.

L'LQR venga progettato per controllare il motore in corrente continua alimentato in tensione:

*Dipartimento di Tecnica Gestione dei Sistemi Industriali (DTG), Università di Padova - Vicenza.
phone: +39-0444-998844, Fax: +39-0444-998888.
email: roberto.oboe@unipd.it

Symbol	Description	Value
DC Motor		
V_{nom}	Nominal input voltage	18.0 V
τ_{nom}	Nominal torque	22.0 mN-m
ω_{nom}	Nominal speed	3050 RPM
I_{nom}	Nominal current	0.540 A
R_m	Terminal resistance	8.4 Ω
k_t	Torque constant	0.042 N-m/A
k_m	Motor back-emf constant	0.042 V/(rad/s)
J_m	Rotor Inertia	4.0×10^{-6} kg-m ²
L_m	Rotor inductance	1.16 mH
m_h	Module attachment hub mass	0.0106 kg
r_h	Module attachment hub radius	0.0111 m
J_h	Module attachment moment of Inertia	0.6×10^{-6} kg-m ²
Inertia Disc Module		
m_d	Disc mass	0.053 kg
r_d	Disc radius	0.0248 m
Rotary Pendulum Module		
m_r	Rotary arm mass	0.095 kg
L_r	Rotary arm length (pivot to end of metal rod)	0.085 m
m_p	Pendulum link mass	0.024 kg
L_p	Pendulum link length	0.129 m
Motor and Pendulum Encoders		
	Encoder line count	512 lines/rev
	Encoder line count in quadrature	2048 lines/rev
	Encoder resolution (in quadrature, deg)	0.176 deg/count
	Encoder resolution (in quadrature, rad)	0.00307 rad/count
Amplifier		
	Amplifier type	PWM
	Peak Current	2 A
	Continuous Current	0.5 A
	Output voltage range (recommended)	± 10 V
	Output voltage range (maximum)	± 15 V

Figure 1: Dati sistema sperimentale

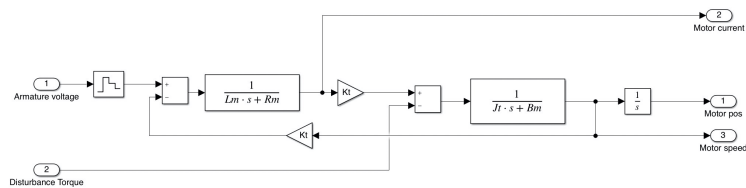


Figure 2: Schema a blocchi motore DC comandato in tensione

Il modello di stato per il motore é definito con il codice Matlab riportato in Figura 3, per $Q = \text{diag}\{1, 0\}$, ed $R = 0.01$.

Per quel che riguarda il controllo, le attività da fare sono le seguenti:

1. Usare la retroazione del sistema 2x2 con la pseudo-misura
2. Costruire uno stimatore 2x2 che abbia una velocità (nel continuo) 2-4 volte maggiore della retroazione
3. Verificare l'effetto di disturbi applicati sul motore (in forma di tensione a gradino aggiunta al comando in retroazione), sia sulle misure che sulle stime (comparare stato vero e stato stimato)

```

Jm=4e-6;
J1=0.6e-6;

J2=0.5*0.053*0.0248^2;
Jt=Jm+J1+J2;
Bm=1.5e-6 ;
Kt=0.042;
Rm=8.4;
Lm=1.16e-3;

% Modello di stato 2x2
A=[0 1
    0 -(Bm+Kt^2/Rm)/Jt];
B=[0; Kt/Rm/Jt];
C=[1 0];

Ts=0.002
sysC=ss(A,B,C,0);
% modello a tempo discreto
sysD=c2d(sysC,Ts,'zoh');
[F,G,H,D]=ssdata(sysD);

```

Figure 3: Codice di definizione modello di stato

4 Compensazione feedforward del disturbo stimato

Modificando lo schema dato a lezione, si implementi lo stimatore per il sistema aumentato, in cui i parametri inseriti sono quelli nominali (attrito nullo, inerzie e costanti di coppia nominali).

Si progetti il controllo LQR per il solo sistema 2x2 e si costruisca il controllo in retroazione basato sui valori di Q ed R assegnati.

Si valuti la risposta al gradino senza e con compensazione feedforward del disturbo stimato. Si valutino le variabili di stato misurate e stimate con e senza disturbi.

Si valuti la risposta alla rampa con e senza compensazione feedforward, registrando anche il disturbo stimato.

5 Valutazione degli effetti della modifica dei parametri del modello dello stimatore

Si verifichino gli effetti sulla stima del disturbo e della sua compensazione, quando i parametri utilizzati nello stimatore in posizione $[2, 2]$ non considerino l'attrito viscoso (cioè $B_m = 0$) o, ulteriormente, nemmeno la costante di fcm (cioè $K_t = 0$). Si ripetano a tal proposito le misure delle risposte e delle stime in risposta al gradino e alla rampa, tenendo conto che il processo da controllare e su cui progettare l'LQR è quello definito dallo stimatore, nel caso si operi la compensazione del disturbo equivalente.

Si verifichi anche il comportamento senza retroazione dallo stato ma solo con la compensazione del disturbo equivalente, in risposta ad un comando costante, quando nello stimatore si impone $K_t = 0$ e $B_m = 0$. Motivare il risultato ottenuto.