Automatica (Laboratorio)

Silvio Simani

Dipartimento di Ingegneria
Università di Ferrara
Tel. 0532 293844
Fax. 0532 768602

E-mail: ssimani@ing.unife.it

URL: http://www.ing.unife.it/~simani

URL: http://www.ing.unife.it/~simani/lessons.html

Automatica (Laboratorio)

Struttura delle lezioni

1. Informazioni generali sul corso
2. Introduzione a Matlab
3. Simulazione di Sistemi Dinamici
4. Introduzione a Simulink
5. Osservatori e retroazione uscita-stato-ingresso

$\Rrightarrow$ **Modelli approssimati di sistemi dinamici**

6. Progetto di Reti Correttrici
7. Identificazione di Sistemi Dinamici
8. Sintonizzazione di Controllori PID
9. Analisi di Sistemi a Dati Campionati

Bibliografia

⇒ Dispense del Corso di Laboratorio di Automatica. Sergio Beghelli, Cesare Fantuzzi, Silvio Simani. (Fotocopisteria, tutorato, www)

1. Matlab, The Language of Technical Computing. Getting Started with MATLAB. *Version 5.1* (In formato pdf su CD Matlab)
2. MATLAB Primer. Second Edition. Kermit Sigmon. Department of Methematics. University of Florida.
3. The MathWorks Inc., Matlab User's Guide, 1993.
4. L. F. Shampine and M. W. Reichel, "The Matlab Ode Suite", Tech. Rep., The MathWorks, Inc, 1997. (Disponibile anche come file in formato pdf).
5. The MathWorks Inc., Simulink User's Guide, 1995.
6. B. C. Kuo, Automatic Control Systems. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 7th ed., 1995.

⇒ P. Bolzern, R. Scattolini, and N. Schiavoni, Fondamenti di controlli automatici. Milano: McGraw- Hill, I ed., Marzo 1998.

7. G. Marro, TFI: insegnare e apprendere i controlli automatici di base con matlab. Bologna: Zanichelli, I ed., Ottobre 1998.
8. C. Fantuzzi, Controllori Standard PID. Versione 1.2, Appunti del Corso, 1a ed., Maggio 1997.

Modelli approssimati di sistemi dinamici

- **Problema della determinazione di modelli semplificati**
- ***Riduzione d'ordine del modello***
  - ⇒ Approssimare la risposta del sistema originario
- **Utilizzo di modelli approssimati**
  - ⇒ Progetto di regolatori
  - ⇒ Funzioni di trasferimento con un numero di parametri limitato
- **Tecnica di riduzione dell'ordine di un modello dinamico**
  - ⇒ Mantenere alcuni poli ed il guadagno statico del sistema di partenza

Riduzione d'ordine del modello

- **Forzare la cancellazione polo/zero di una f.d.t.** $G(s)$**:**

  $\Rightarrow$ poli/zeri sono vicini tra loro nel piano complesso

  $\Rightarrow$ Modello approssimato $G_a(s)$ di ordine ridotto

  $\Rightarrow$ Mantenere la costante di guadagno

- **Esempio:** $G(s) = \frac{(1+\tau_1\ s)}{(1+\tau_2\ s)(1+\tau_3\ s)}$

  $\Rightarrow$ se $\tau_1 \approx \tau_2 \hookrightarrow G_a(s) = \frac{1}{(1+\tau_3\ s)}$

- $G_a(s) \neq G(s)$ **per** $\omega = \frac{1}{\tau_1}$**,** $G_a(s) \cong G(s)$ **altrove**

Poli dominanti

- **Poli, reali o complessi, nettamente più vicini all'asse immaginario rispetto agli altri**
  - ⇒ $G_a(s)$ contiene solo i poli dominanti
  - ⇒ La costante di guadagno deve essere pari a quella di $G(s)$
- $G_a(s)$ **è valida solo in bassa frequenza (poli dominanti)**
- **La risposta frequenziale $G_a(s)$ dipende:**
  - ⇒ dal guadagno di $G(s)$ (imposto)
  - ⇒ dai poli dominanti di $G(s)$

Poli dominanti

- **Esempio:** $G(s) = K \, \frac{1+\alpha_1 \, s + \cdots + \alpha_m \, s^m}{1+\beta_1 \, s + \cdots + \beta_n \, s^n}$ **con** $m < n$

- $G_a(s) = K \, \frac{1+\alpha_1' \, s + \cdots + \alpha_q' \, s^q}{1+\beta_1' \, s + \cdots + \beta_p' \, s^p}$ **con** $q < p$ **e** $p < n$

  $\Rightarrow$ In $(s = 0) \hookrightarrow G(0) \equiv G_a(0)$

- **Determinazione dei parametri di $G_a(s)$:**

  $\Rightarrow$ $\frac{|G(j\omega)|^2}{|G_a(j\omega)|^2} = 1$ per $0 \leq \omega \leq \infty$

  $\Rightarrow$ Caratteristiche in frequenza simili dei due sistemi

Modelli nello spazio degli stati e funzione di trasferimento in *Matlab*

- **Modello nello spazio degli stati** (A, B, C, D)

  $\Rightarrow$ calcolare $G(s) = C(sI - A)^{-1} + D$ in *Matlab*

- **1)** `SSsys = ss(A,B,C,D)`, `TFsys = tf(SSsys)`

  $\Rightarrow$ Usa le rappresentazioni interne di *Matlab*

- **2) Se** $G(s) = \frac{NUM(s)}{DEN(s)}$, `[NUM,DEN] = ss2tf(A,B,C,D,iu)` **(per l'ingresso `iu`)**

  $\Rightarrow$ `DEN`, coefficienti denominatore (potenze decrescenti di s)

  $\Rightarrow$ `NUM`, coefficienti del numeratore (righe $\equiv$ uscite)

- **Trasformazione inversa:** `[A,B,C,D] = tf2ss(NUM,DEN)` **(forma canonica)**

Esercizio (1) svolto in aula

1. Dato il sistema (A,B,C) calcolare la risposta impulsiva e la risposta al gradino unitario.

   Il sistema nello spazio degli stati è descritto dalle seguenti matrici in *Matlab*

```
A =

     0     1     0
   -11   -20   -15
    12    20    15


B =

     0
     1
    -1


C =

    14    18    13
```

Esercizio (1) svolto in aula

2. Determinare la funzione di trasferimento di un sistema del secondo ordine con lo stesso guadagno statico che approssimi la risposta impulsiva e quella al gradino unitario del sistema di partenza.

3. Confrontare le uscite per un ingresso a rampa e per una sinusoide di pulsazione variabile nel range $0.1 \div 5$ rad/s.

Esercizio (2) proposto per l'esame

Un modello nello spazio degli stati di un trasformatore audio è il seguente:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = \mathrm{A}x(t) + \mathrm{B}u(t) \\ y(t) = \mathrm{C}x(t) \end{cases}$$

con

$$\mathrm{A} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{7} & 0 & 0 \\ -\frac{5}{9}10^{10} & -\frac{5}{9}10^{6} & -\frac{5}{9}10^{10} & 0 \\ 0 & \frac{2000}{13} & 0 & -\frac{2000}{13} \\ 0 & 0 & 5 \cdot 10^{10} & -5 \cdot 10^{6} \end{bmatrix}, \mathrm{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{5}{9}10^{6} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ e } \mathrm{C} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.96 \end{bmatrix}$$

Esercizio (2) proposto per l'esame

1. Realizzare in ambiente *Simulink* il sistema dinamico attraverso la sua funzione di trasferimento;
2. si determini in *Simulink* la risposta del sistema ad un gradino di ampiezza pari ad 1V per la durata di 1ms;
3. si determini e si grafichi in *Matlab* e *Simulink* la risposta dei sottosistemi con cui può essere rappresentato il sistema iniziale ed in cui può essere suddiviso (sistemi del primo e del secondo ordine);
4. si confronti in *Matlab* e *Simulink* la risposta del sistema iniziale con quella dei singoli sottosistemi (sistemi del primo e del secondo ordine) quando sono alimentati da una sinusoide di ampiezza 10V e frequenze variabili in un range di 10, 100, 10k e 100kHz;
5. osservare e commentare le approssimazioni ottenute.