

Automatica I (Laboratorio)

Silvio Simani

Dipartimento di Ingegneria
Università di Ferrara
Tel. 0532 97 4844
Fax. 0532 97 4870

E-mail: ssimani@ing.unife.it

URL: <http://www.ing.unife.it/simani>



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
Via Saragat, 1, I-44100, Ferrara

Silvio Simani

Automatica (Laboratorio)



Struttura delle lezioni

- 1.a Informazioni generali sul corso
- 1.b Introduzione a Matlab
2. Simulazione di Sistemi Dinamici
3. Introduzione a Simulink
4. Analisi di Sistemi a Dati Campionati
5. Introduzione a TFI
6. Progetto di Reti Correttrici



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
Via Saragat, 1, I-44100, Ferrara

Silvio Simani

Bibliografia

- ⇒ Dispense del Corso di Laboratorio di Automatica I. Sergio Beghelli, Cesare Fantuzzi, Silvio Simani. (Fotocopisteria, tutorato, www)
- 1. P. Bolzern, R. Scattolini, and N. Schiavoni, Fondamenti di controlli automatici. Milano: McGraw- Hill, I ed., Marzo 1998.
- ⇒ G. Marro, TFI: insegnare e apprendere i controlli automatici di base con matlab. Bologna: Zanichelli, I ed., Ottobre 1998.



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
Via Saragat, 1, I-44100, Ferrara

Silvio Simani

Progetto di Reti Correttrici



Progetto di un sistema di controllo in retroazione

- ⇒ scelta del regolatore
- ⇒ verifica delle prestazioni richieste



Analisi e sintesi della f.d.t. d'anello

- ⇒ risposta in frequenza della f.d.t. d'anello
- ⇒ progetto della f.d.t. del regolatore



Tecniche di progetto del regolatore

- ⇒ sintesi diretta
- ⇒ procedimento per tentativi



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
Via Saragat, 1, I-44100, Ferrara

Silvio Simani

Progetto di Reti Correttrici



Tecniche di progetto di reti correttrici

- ⇒ utilizzo dei diagrammi di Bode e Nyquist
- ⇒ controllo di sistemi privi di poli nel semipiano destro



Progetto di reti anticipatrici e ritardatrici

- ⇒ progetto in ambiente *TFI*
- ⇒ **T**ransfer **F**unction **I**nterpreter
- ⇒ pacchetto software in ambiente *Matlab*



L'interprete TFI



Il *Transfer Function Interpreter* in *Matlab*



Ambiente specifico di progettazione assistita



Analisi e sintesi interattiva di sistemi di controllo

- ⇒ uso diretto delle funzioni di trasferimento
- ⇒ memorizzate come *.mat* nella directory di lavoro dell'HD



Si chiama della *Matlab Command Window* *tfi*

- ⇒ prompt > invece di >>
- ⇒ la sintassi della *Command Window* è cambiata



L'interprete TFI

- ⇒ **Analisi di sistemi di controllo SISO**
- ⇒ **Progetto interattivo ed automatico di sistemi di controllo SISO**
- ⇒ **Analisi nel dominio dei tempi e delle frequenze**
- ⇒ **Funzioni grafiche per la verifica della stabilità**
- ⇒ **Connessione di sistemi in retroazione**
- ⇒ **Luoghi delle radici**
- ⇒ **Progetto di reti correttrici e regolatori**
- ⇒ **Simulazione di sistemi non lineari e a tempo discreto**



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
Via Saragat, 1, I-44100, Ferrara

Silvio Simani

Transfer Function Interpreter e Matlab

- ⇒ **Sono disponibili da TFI i comandi Matlab:**
 - ⇒ cd, clc, what, help file, print file [opzioni], grid, degrid, delete file, delete(n), dir, shg, zoom on, zoom off, figure
 - ⇒ si possono valutare espressioni ($3*6/(2+7)$, $[pi/6]$)
 - ⇒ new e figure creano una nuova finestra grafica
- ⇒ **Definizione di una f.d.t.**
 - ⇒ nome della f.d.t., "=" e caratteri corrispondenti a numeri, parentesi, operatori e simboli (s o z)
 - ⇒ Esempio



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
Via Saragat, 1, I-44100, Ferrara

Silvio Simani

TFI e Matlab

⇒ Passaggio di f.d.t. tra TFI e Matlab

- ⇒ salva le f.d.t. in file di tipo .mat
- ⇒ possibile convertire la forma di *Matlab* a quella di *TFI* e viceversa
- ⇒ `sys=exportf('g',[1])` per convertire la f.d.t. *g* al *TFI* *sys*
- ⇒ `importf(sys,'g',[1])` per caricare in *Matlab* una f.d.t. di *TFI* nella forma polinomiale se si utilizza l'opzione [1]



Funzioni TFI maggiormente utilizzate (1)

- ⇒ **defactf**: `defactf,gi,gj` visualizza e salva nella directory corrente di lavoro con il nome *gj* la forma polinomiale di una data f.d.t. *gi* relativa ad un sistema a tempo continuo o tempo discreto
 - ⇒ se *gi* ha termini in forma fattorizzata, *gj* sarà espressa nella forma non fattorizzata
- ⇒ **factf**: `factf,gi,gj` visualizza e salva nella directory corrente di lavoro con il nome *gj* la forma fattorizzata di una f.d.t. *gi* relativa ad un sistema, a tempo continuo o a tempo discreto, data in forma polinomiale non completamente fattorizzata



Funzioni *TFI* maggiormente utilizzate (2)

⇒ **fresp**: fresp,gi traccia la funzione di risposta in frequenza del sistema a tempo continuo o a tempo discreto gi

⇒ grafici multipli con colori diversi

⇒ output del programma

- 1 - Diagramma di Bode dell'ampiezza
 - 2 - Diagramma di Bode della fase
 - 3 - Diagrammi di Bode di ampiezza e fase - una sola figura
 - 4 - Diagrammi di Bode di ampiezza e fase - due figure
 - 5 - Diagramma di Nichols
 - 6 - Diagramma di Nyquist
- operare una scelta (0 per uscire) :



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
Via Saragat, 1, I-44100, Ferrara

Silvio Simani

Funzioni *TFI* maggiormente utilizzate (3)

⇒ **lagc**: lagc,gi,gj realizza il progetto per tentativi di una rete ritardatrice gj per il sistema controllato gi utilizzando i diagrammi di Bode

> lagc,gi,gj

⇒ **leadc**: leadc,gi,gj realizza il progetto per tentativi di una rete anticipatrice gj per il sistema controllato gi utilizzando i diagrammi di Bode

⇒ **rootl**: rootl,gi traccia il luogo delle radici di $1 + K_{gi} = 0$ per sistemi a tempo continuo o discreto con $K \in [0, \infty)$



Università di Ferrara, Dip. di Ingegneria
Via Saragat, 1, I-44100, Ferrara

Silvio Simani

Funzioni *TFI* maggiormente utilizzate (4)



tresp: tresp,gi traccia la risposta al gradino o all'impulso del sistema con f.d.t. gi, a tempo continuo o a tempo discreto, con scelta fra la risposta ad anello aperto o in retroazione unitaria

⇒ output del programma

- 1 - risposta al gradino ad anello aperto
- 2 - risposta al gradino ad anello chiuso
- 3 - risposta all'impulso ad anello aperto
- 4 - risposta all'impulso ad anello chiuso

operare una scelta (default 1, 0 per uscire) :



Progetto di una rete anticipatrice con i diagrammi di Bode

Si consideri il sistema chiuso in retroazione unitaria caratterizzato dalla funzione di trasferimento

$$G_p(s) = \frac{1000}{s(s+10)}$$

1. si progetti una rete anticipatrice $G_c(s)$ da collegare in serie al sistema $G_p(s)$, con funzione di trasferimento $G_c(s) = \frac{1+\tau s}{1+\alpha\tau s}$ con $\alpha < 1$, in modo che il sistema risultante sia caratterizzato da un margine di fase $M_f > 75^\circ$ e da un picco di risonanza minore di 1.1.
2. Si illustri l'intervento della rete progettata con i diagrammi di Bode e di Nyquist.
3. Determinare le caratteristiche (massima sovraelongazione, tempo di assestamento, errore a regime) della risposta al gradino del sistema compensato chiuso in retroazione unitaria.



Progetto di una rete correttiva con il luogo delle radici

Si consideri il sistema descritto dalla funzione di trasferimento

$$G_p(s) = \frac{K}{s(s+10)(s+50)}$$

chiuso in retroazione unitaria

Utilizzando il luogo delle radici, si progetti la rete anticipatrice, con uno zero localizzato ad $s = -15$, che consenta di soddisfare le seguenti specifiche

- massima sovraelongazione percentuale approssimativamente uguale a 7.5%
- tempo di assestamento pari a 0.4 secondi.



Progetto di una rete ritardatrice

Data la funzione di trasferimento

$$G_p(s) = \frac{K}{s(s+5)^2}$$

progettare la rete ritardatrice e calcolare il valore di K tali che il sistema chiuso in retroazione unitaria soddisfi le seguenti specifiche

- massima sovraelongazione minore dell'1%
- tempo di salita minore di 2 secondi
- tempo di assestamento di 2.5 secondi

Confrontare le prestazioni delle diverse soluzioni ottenute in termini di larghezza di banda, margine di ampiezza e margine di fase.



Progetto di una rete correttiva



Esercizio

Un motore in corrente continua è rappresentato dalla seguente funzione di trasferimento

$$G_m(s) = \frac{6.087 \times 10^{10}}{s(s^3 + 423.42s^2 + 2.6667 \times 10^6 s + 4.2342 \times 10^8)}$$

A causa dell'accoppiamento con l'albero motore, tale funzione contiene due poli poco smorzati che generano oscillazioni nella risposta. Devono essere soddisfatte le seguenti specifiche

- Massima elongazione $< 1\%$,
- Tempo di salita < 0.15 secondi,
- Tempo di assestamento < 0.15 secondi,
- La risposta non deve presentare oscillazioni.

Progettare una rete anticipatrice con funzione di trasferimento $G_c(s)$

$$G_c(s) = \frac{1 + \alpha\tau s}{1 + \tau s}$$

affinché risultino verificate le specifiche relative alla risposta al gradino.

