F d'A

Compito di Fondamenti di Automatica

18 aprile 2000

A

1) Sintetizzare il dispositivo di controllo C(s) per il processo P(s) in modo che il coefficiente di guadagno a ciclo chiuso sia $K_D = 2$, l'errore per un ingresso desiderato u(t)=0.6t sia e(t) $\leq$ 0.2 e che si abbia $\omega_t \geq 3$ e $m_\varphi \geq 45°$.

$$P(s) = \frac{5}{s^2 + 13s + 20}$$

2) Per il sistema a ciclo chiuso sintetizzato sopra, si determini l'errore a regime per un ingresso pari a $u(t)=\delta_{-1}(t)+\sin(0.1t)$

3) Sempre per lo stesso sistema, discutere l'effetto della presenza di una saturazione in catena diretta.

3) Sempre per lo stesso sistema, discutere l'effetto della presenza di una saturazione in catena diretta.

4) Data il sistema di funzione di trasferimento G(s), determinarne la descrizione (forma minima) alle variabili di stato con matrice A diagonale e, per tale forma, trovare la controreazione dallo stato che assegni gli autovalori [-8, -5].

$$G(s) = \frac{s+2}{s^2 + 5s - 24}$$

5) Data la funzione di trasferimento P(s) del primo esercizio, discretizzarla col metodo di Tustin per Tc=0.01s, scrivere l'equazione alle differenze relativa e calcolare i primi 5 campioni della risposta ad un segnale u(k)=[0, 1, 1, 0, 0, 0,...], k=0..n.

6) Illustrare il metodo di calcolo dell'evoluzione libera per un sistema descritto con le variabili di stato.

Cognome	Nome	Matricola	Esame/Accertamento	Diploma (SI/NO)

Sintesi delle soluzioni

1) controllore C(s)	2) ampiezza dell'errore	4) Matrice dei guadagni	5) Campioni

svolti anche (spuntare): ③ ⑥

F d'A

Compito di Fondamenti di Automatica

18 aprile 2000

B

1) Sintetizzare il dispositivo di controllo C(s) per il processo P(s) in modo che il coefficiente di guadagno a ciclo chiuso sia $K_D = 3$, l'errore per un'uscita desiderata y(t)=0.6t sia $e(t) \le 0.1$ e che si abbia $0.3 \le \omega_t \le 1$ e $m_\varphi \ge 45°$.

$$P(s) = \frac{10}{2s^2 + 24s + 40}$$

2) Per il sistema a ciclo chiuso sintetizzato sopra, si determini l'errore a regime per un ingresso pari a $u(t)=\delta_{-1}(t)+\sin(0.05t)$

3) Sempre per lo stesso sistema, discutere l'effetto della presenza di una saturazione in catena diretta.

4) Data il sistema di funzione di trasferimento G(s), determinarne la descrizione (forma minima) alle variabili di stato con matrice A diagonale e, per tale forma, trovare la controreazione dallo stato che assegni gli autovalori [-5, -10].

$$G(s) = \frac{s+1}{s^2 + 5s - 50}$$

5) Data la funzione di trasferimento P(s) del primo esercizio, discretizzarla col metodo di Tustin per Tc=0.01s, scrivere l'equazione alle differenze relativa e calcolare i primi 5 campioni della risposta ad un segnale u(k)=[0, 1, 1, 0, 0, 0,...], k=0..n.

6) Illustrare il metodo di calcolo dell'evoluzione libera per un sistema descritto con le variabili di stato.

Cognome	Nome	Matricola	Esame/Accertamento	Diploma (SI/NO)

Sintesi delle soluzioni

1) controllore C(s)	2) ampiezza dell'errore	4) Matrice dei guadagni	5) Campioni

svolti anche (spuntare): ③ ⑥

F d'A

Compito di Fondamenti di Automatica

18 aprile 2000

C

1) Sintetizzare il dispositivo di controllo C(s) per il processo P(s) in modo che il coefficiente di guadagno a ciclo chiuso sia $K_D = 3$, l'errore per un'uscita desiderata $y(t)=0.6t$ sia $e(t) \leq 1$ e che si abbia $\omega_t \geq 0.2$ e $m_\varphi \geq 45°$.

$$P(s) = \frac{0.01}{3s^2 + 3.5s + 0.6}$$

2) Per il sistema a ciclo chiuso sintetizzato sopra, si determini l'errore a regime per un ingresso pari a $u(t)=\delta_{-1}(t)+\cos(0.01t)$

3) Sempre per lo stesso sistema, discutere l'effetto della presenza di una saturazione in catena diretta.

3) Sempre per lo stesso sistema, discutere l'effetto della presenza di una saturazione in catena diretta.

4) Data il sistema di funzione di trasferimento G(s), determinarne la descrizione (forma minima) alle variabili di stato con matrice A diagonale e, per tale forma, trovare la controreazione dallo stato che assegni gli autovalori [-6, -10].

$$G(s) = \frac{2s+1}{s^2 - 4s - 60}$$

5) Data la funzione di trasferimento P(s) del primo esercizio, discretizzarla col metodo di Tustin per Tc=0.1s, scrivere l'equazione alle differenze relativa e calcolare i primi 5 campioni della risposta ad un segnale u(k)=[0, 1, 1, 0, 0, 0,...], k=0..n.

6) Illustrare il metodo di calcolo dell'evoluzione libera per un sistema descritto con le variabili di stato.

Cognome	Nome	Matricola	Esame/Accertamento	Diploma (SI/NO)

Sintesi delle soluzioni

1) controllore C(s)	2) ampiezza dell'errore	4) Matrice dei guadagni	5) Campioni

svolti anche (spuntare): 3 6

F d'A

Compito di Fondamenti di Automatica

18 aprile 2000

D

1) Sintetizzare il dispositivo di controllo C(s) per il processo P(s) in modo che il coefficiente di guadagno a ciclo chiuso sia $K_D = 2$, l'errore per un ingresso desiderato u(t)=0.9t sia $e(t) \leq 3$ e che si abbia $0.02 \leq \omega_t \leq 0.2$ e $m_\varphi \geq 45°$.

$$P(s) = \frac{10}{2s^2 + 24s + 40}$$

2) Per il sistema a ciclo chiuso sintetizzato sopra, si determini l'errore a regime per un ingresso pari a $u(t)=\delta_{-1}(t)+\cos(0.01t)$

3) Sempre per lo stesso sistema, discutere l'effetto della presenza di una saturazione in catena diretta.

3) Sempre per lo stesso sistema, discutere l'effetto della presenza di una saturazione in catena diretta.

4) Data il sistema di funzione di trasferimento G(s), determinarne la descrizione (forma minima) alle variabili di stato con matrice A diagonale e, per tale forma, trovare la controreazione dallo stato che assegni gli autovalori [-7, -4].

$$G(s) = \frac{2s+1}{s^2 + 4s - 21}$$

5) Data la funzione di trasferimento P(s) del primo esercizio, discretizzarla col metodo di Tustin per Tc=0.1s, scrivere l'equazione alle differenze relativa e calcolare i primi 5 campioni della risposta ad un segnale u(k)=[0, 1, 1, 0, 0, 0,...], k=0..n.

6) Illustrare il metodo di calcolo dell'evoluzione libera per un sistema descritto con le variabili di stato.

Cognome	Nome	Matricola	Esame/Accertamento	Diploma (SI/NO)

Sintesi delle soluzioni

1) controllore C(s)	2) ampiezza dell'errore	4) Matrice dei guadagni	5) Campioni

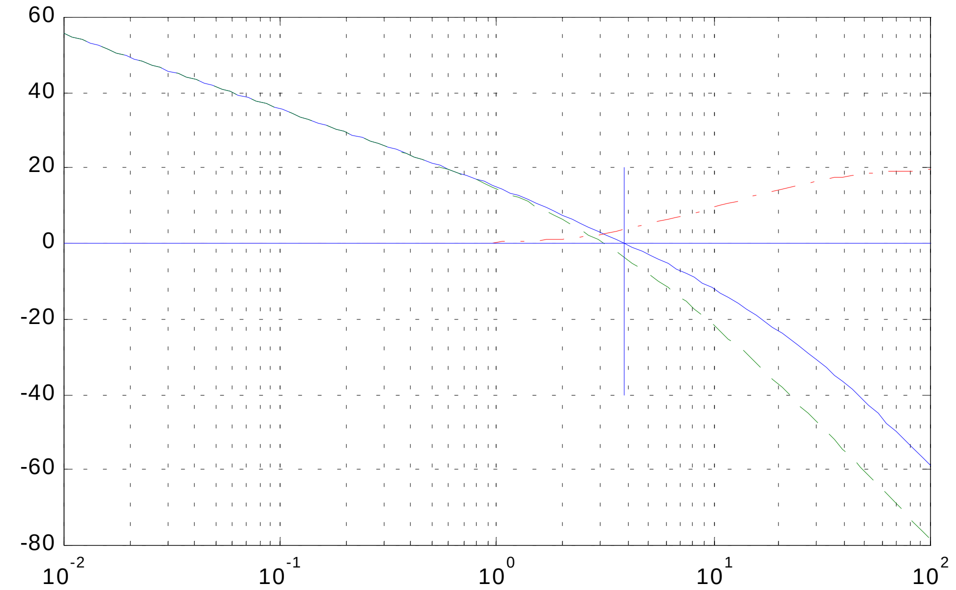
svolti anche (spuntare): ③ ⑥

1 A

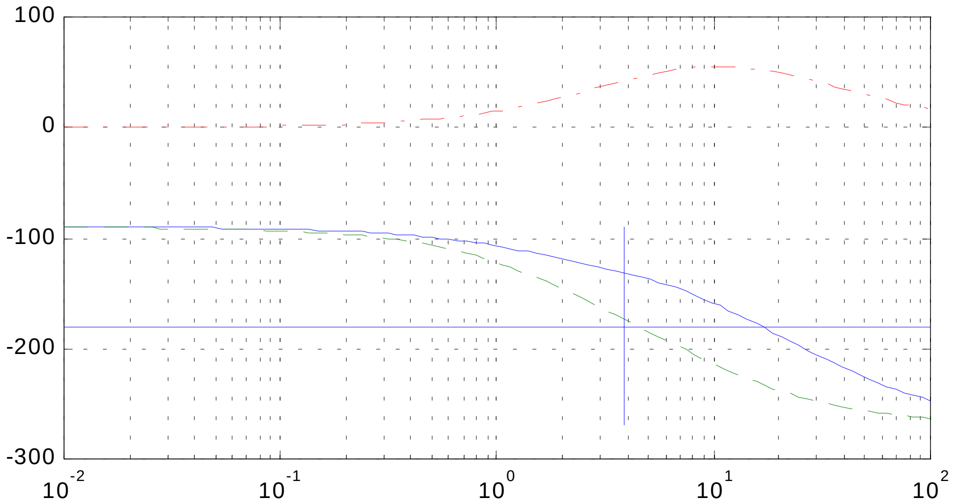
```
H =  0.5000
Kp = 0.2500
Kf = 6.0000
Kc = 48.0000

np=120;
dp=[1 13 20 0];

nr=([0.3 1]);  dr=([0.03 1]);
```



3.8994; 48.6475



3.8994; 48.6475

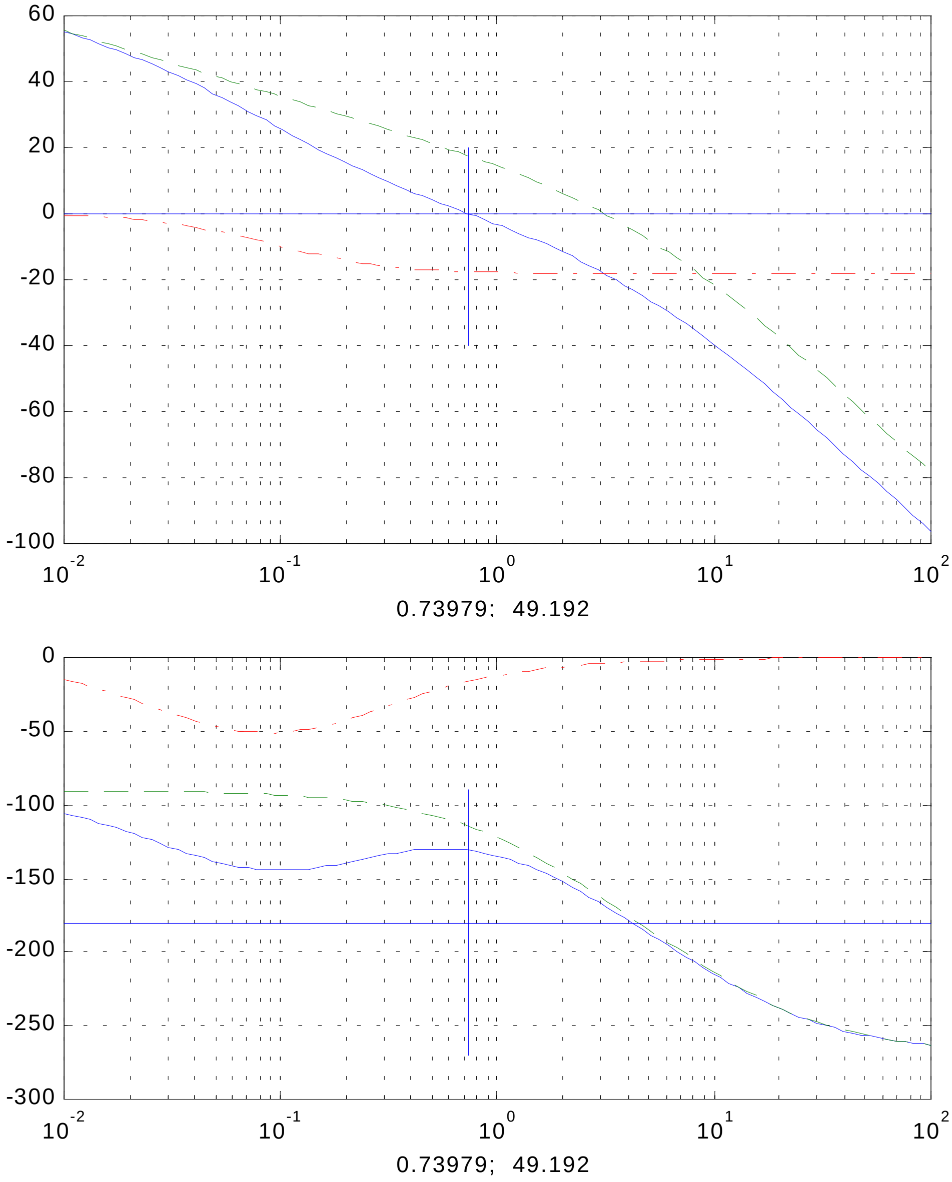
Soluzioni (indicate con A, B, C, D o X se comuni ai 4 compiti)

1 B

```
H =0.3333
Kp =0.25
Kf =6.00
Kc =72.00

np=120;
dp=[1 12 20 0];

nr=([4 1]);  dr=([32 1]);
```

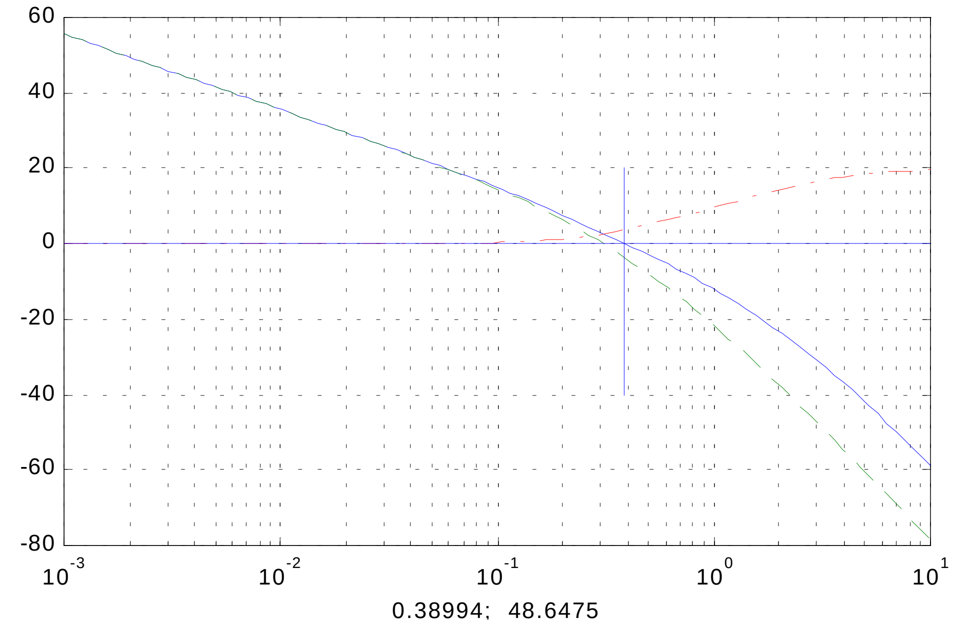


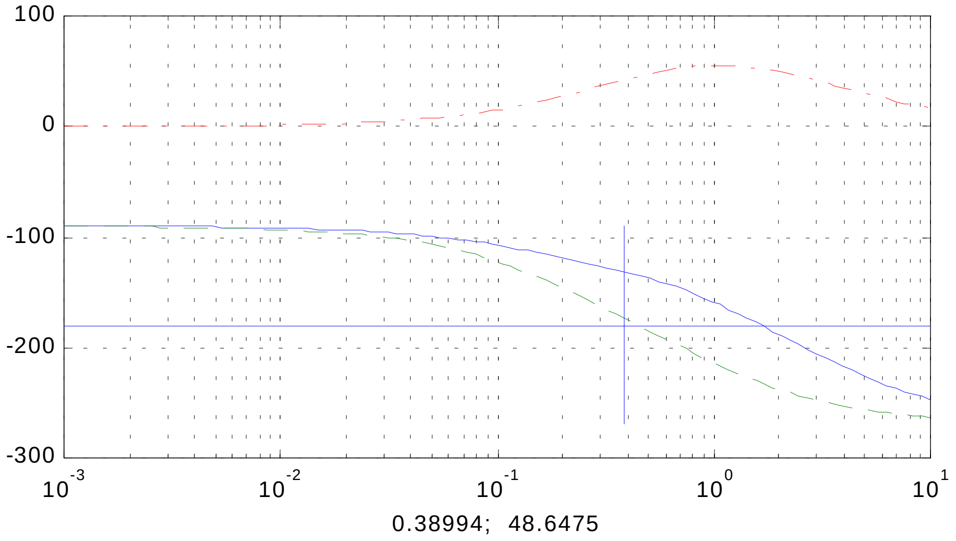
1 C

H =0.3333
Kp =0.0167
Kf =0.600
Kc =108.0108

```
np=.120;
dp=[1 1.2 .2 0];

nr=([3 1]);  dr=([0.3 1]);
```



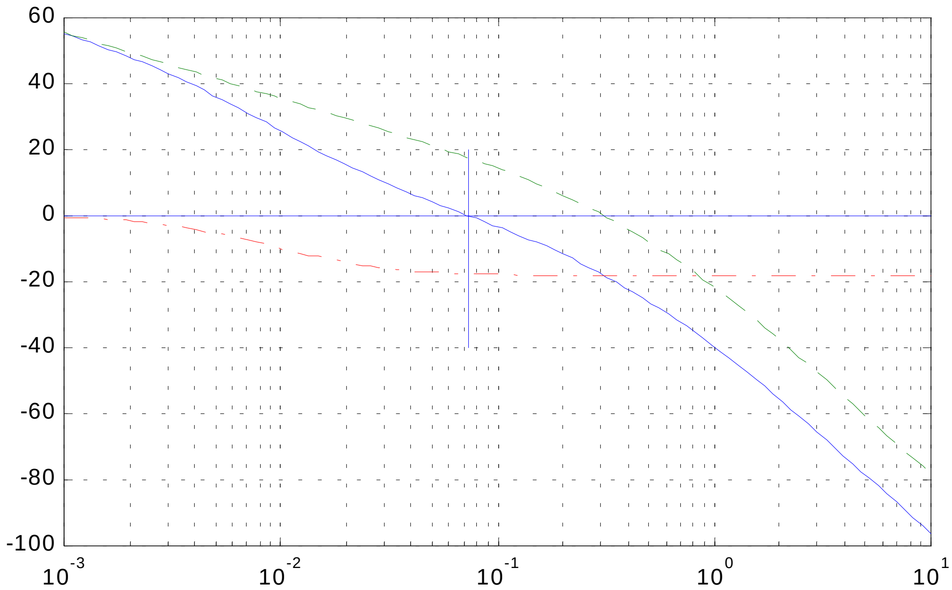


1 D

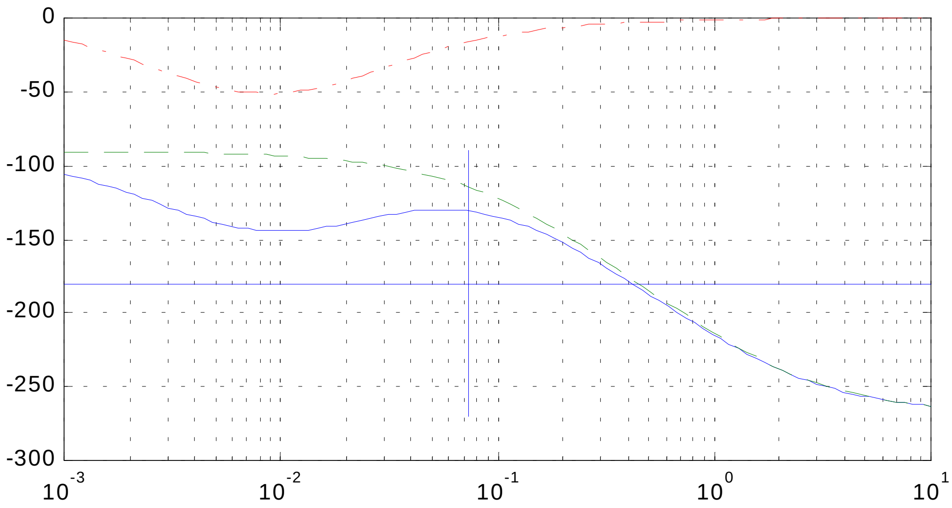
H = 0.5000
Kp = 0.2500
Kf = 0.6000
Kc = 4.8000

```
np=.120;
dp=[1 1.3 .2 0];

nr=([40 1]);  dr=([320 1]);
```



0.073979; 49.192



0.073979; 49.192

2 X
Applicando il principio della sovrapposizione degli ingressi, l'errore complessivo si può calcolare come somma degli errori (1) ad un gradino (2) ad una sinusoide. Essendo il primo termine nullo, il tutto si risolve nell'usuale calcolo dell'errore a un ingresso sinusoidale (il caso di cosinusoide non differisce).
Osservando il diagramma di Bode della F(jω)=G(jω)/Kd per il valore di jω dell'ingresso, e applicando la
e ≈ u [Kd / |F(jω)|], si ha per i 4 esercizi

A: e=0.035; B e C: e=0.05; D: e=0.11

3 X
Essendo il sistema stabile a ciclo chiuso, il diagramma di Nyquist della risposta a ciclo aperto F(jω) non circonda il punto –1,0 quindi non ci sarà intersezione con la –1/F(x) della saturazione (F(x) funzione descrittiva) che va da –1 a -inf. Il sistema non sarà quindi soggetto a cicli limite. La saturazione, viceversa, potrà limitare il massimo valore dell'uscita e la velocità di risposta a transitori di elevata ampiezza.

6 X
Argomenti da citare:

- definizione di exp(At)
- dimostrazione del calcolo x(T)=exp(AT)*x(0)
- proprietà
- forme per particolari A
- relazioni con il calcolo in Laplace

4 X
L'esercizio poteva essere svolto in due maniere: ricavando la rappresentazione in forma compagna e successivamente diagonalizzandola, ovvero, trattandosi di un sistema SISO con autovalori distinti, espandendo la G(s) in poli e residui. Seguendo la seconda strada, più breve, si ha <u>per l'esercizio A</u>

F(s) = 0.5455/(s+8) + 0.4545/(s-3)

e quindi le matrici della forma diagonale sono

<table>
<tr>
<td>A =
-8 0
0 3

B =
0.5455
0.4545</td>
<td>C =
1 1

D =
0</td>
<td>(forma compagna)
Ac=
0 1
24 -5

B=
0
1</td>
<td>Cc=
2 1

(T per diagonalizzare)
T=
1 1
-8 3</td>
</tr>
</table>

da cui, applicando la

$$u = \frac{\lambda_i^* - \lambda_i}{v_i^T B} v_i^T x \quad \left(\text{se } v_i^T B \neq 0\right)$$

si ha v = [0 1] e K =-[0 17.6000].
ATTN.: I guadagni della B possono essere indifferentemente attribuiti a C. In tal caso K è scalata corrispondentemente.

<u>per l'esercizio B:</u>

<table>
<tr>
<td>A =
-10 0
0 5
B =
0.6000
0.4000</td>
<td>C =
1 1

D =
0</td>
<td>(forma compagna)
Ac=
0 1
50 -5

B=
0
1</td>
<td>Cc=
1 1

(T per diagonalizzare)
T=
1 1
5 -10</td>
<td></td>
</tr>
</table>

da cui K =-[0 25.0000]

<u>per l'esercizio C:</u>

A = 10 0 0 -6 B = 1.3125 0.6875	C = 1 1 D = 0	(forma compagna) Ac= 0 1 60 4 B= 0 1	Cc= 1 2 (T per diagonalizzare) T= -1 1 6 10	

da cui

K =-[15.2381 0]
ATTN.: I guadagni della B possono essere indifferentemente attribuiti a C. In tal caso K è scalata corrispondentemente.

<u>per l'esercizio D:</u>

A = -7 0 0 3 B = 1.3000 0.7000	C = 1 1 D = 0	(forma compagna) Ac= 0 1 21 -4 B= 0 1	Cc= 1 2 (T per diagonalizzare) T= 1 1 3 -7	

da cui

K =-[0 10.0000]
ATTN.: I guadagni della B possono essere indifferentemente attribuiti a C. In tal caso K è scalata corrispondentemente.

4 C

```
7.87e-006 z^2 + 1.574e-005 z + 7.87e-006
----------------------------------------
        z^2 - 1.888 z + 0.8898

  1.0e-003 * [ 0    0.0079    0.0385    0.0892    0.1421    0.1889    0.2302 ]
```

4 D

```
0.007576 z^2 + 0.01515 z + 0.007576
-----------------------------------
     z^2 - 1.152 z + 0.2727

      [  0    0.0076    0.0315    0.0569    0.0645    0.0588    0.0501 ]
```

4 B

```
0.0001179 z^2 + 0.0002357 z + 0.0001179
---------------------------------------
       z^2 - 1.885 z + 0.8868

      [  0    0.0001    0.0006    0.0013    0.0021    0.0028    0.0034 ]
```

4 A

```
0.0001173 z^2 + 0.0002346 z + 0.0001173
---------------------------------------
        z^2 - 1.876 z + 0.878
```

[0   0.0001   0.0006   0.0013   0.0021   0.0028   0.0034]