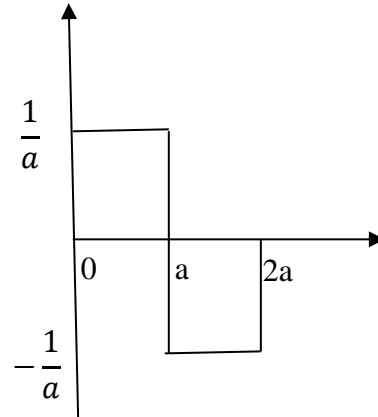


Bài tập chương 1

1. Tìm ảnh $F(s)$ khi biết hàm $f(t)$ trên hình 1, đồng thời cũng tìm giá trị giới hạn của $F(s)$ khi a tiến tới 0.



2. Hãy tìm giá trị điểm đầu của $df(t)/dt$ khi có ảnh Laplace $F(s)$ là:

$$F(s) = \mathcal{L}[f(t)] = \frac{2s+1}{s^2+s+1}$$

3. Tìm tín hiệu $x(t)$ có ảnh Laplace

a) $X(s) = \frac{2s^2 + 13s + 17}{s^2 + 4s + 3}$

b) $X(s) = \frac{s^3 + 5s^2 + 9s + 7}{(s+1)(s+2)}$

c) $X(s) = \frac{5s^2 + 19s + 20}{s^4 + 7s^3 + 17s^2 + 17s + 6}$

d) $X(s) = \frac{7s^2 - 20s - 75}{s^3 + 6s^2 + 25s}$

e) $X(s) = \frac{1}{s(s^2+2s+2)}$

f) $X(s) = \frac{5(s+2)}{s^2(s+1)(s+3)}$

4. Giải các phương trình vi phân sau

a) $\frac{d^3y}{dt^3} + 5\frac{d^2y}{dt^2} + 6\frac{dy}{dt} = 0$ với $y(+0) = 5, \frac{dy(+0)}{dt} = -8, \frac{d^2y(+0)}{dt^2} = 28$

b) $\frac{d^2y}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + 2y = 20\cos 2t$ với $y(+0) = 1, \frac{dy(+0)}{dt} = 5$

c) $\frac{d^2y}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + 2y = 0$ với $y(+0) = a, \frac{dy(+0)}{dt} = b$

d) $5\frac{dy}{dt} + 4y = 2$ với $y(0) = 1$

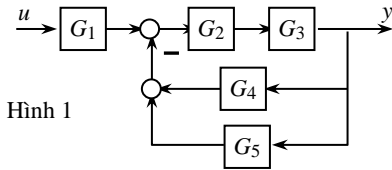
e) $\frac{d^3y}{dt^3} + 6\frac{d^2y}{dt^2} + 11\frac{dy}{dt} + 6y = 1$ với $y'(0) = y''(0) = y(0) = 0$

BÀI TẬP CHƯƠNG II VÀ III.

Bài 1: Cho hệ kín mô tả ở hình 1.

- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.
- Biết rằng $G_1=G_2=G_3=G_4=1$ và $G_5=\frac{1}{s+1}$. Hãy tính hàm trọng lượng $g(t)$ và hàm quá độ $h(t)$ của hệ. Từ đó kiểm tra lại quan hệ $g(t)=\frac{dh(t)}{dt}$.

$h(t)$ của hệ. Từ đó kiểm tra lại quan hệ $g(t)=\frac{dh(t)}{dt}$.

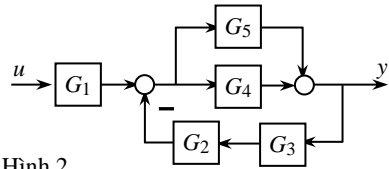


Hình 1

Bài 2: Cho hệ kín mô tả ở hình 2.

- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.
- Biết rằng $G_1=G_2=G_3=G_4=1$ và $G_5=\frac{1}{s+2}$. Hãy tính hàm trọng lượng $g(t)$ và hàm quá độ $h(t)$ của hệ. Từ đó kiểm tra lại quan hệ $g(t)=\frac{dh(t)}{dt}$.

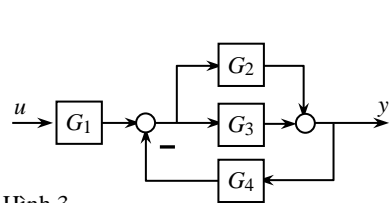
$h(t)$ của hệ. Từ đó kiểm tra lại quan hệ $g(t)=\frac{dh(t)}{dt}$.



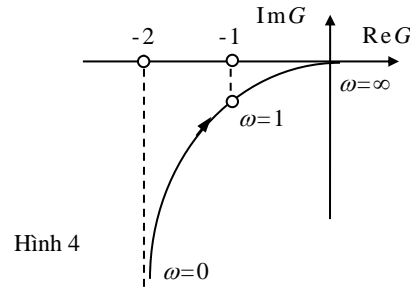
Hình 2

Bài 3: Cho hệ kín mô tả ở hình 3.

- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.
- Biết rằng $G_1=G_4=1$ và G_2+G_3 là khâu tích phân-quán tính bậc nhất có đường đồ thị đặc tính tần biên-pha cho ở hình 4. Hãy tính hàm trọng lượng $g(t)$ và hàm quá độ $h(t)$ của hệ.



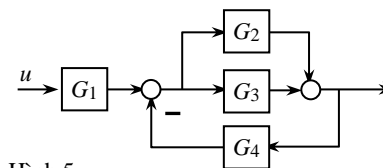
Hình 3



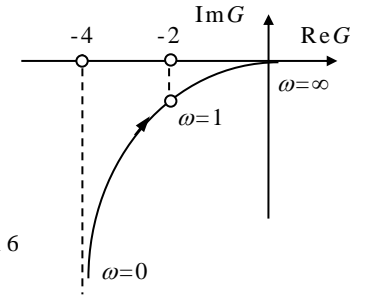
Hình 4

Bài 4: Cho hệ kín mô tả ở hình 5.

- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.
- Biết rằng $G_1=G_4=1$ và G_2+G_3 là khâu tích phân-quán tính bậc nhất có đường đồ thị đặc tính tần biên-pha cho ở hình 6. Hãy tính hàm trọng lượng $g(t)$ và hàm quá độ $h(t)$ của hệ.



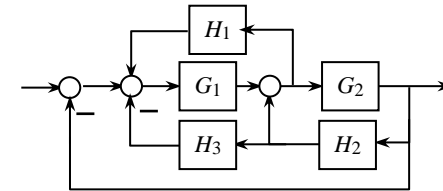
Hình 5



Hình 6

Bài 5: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 7.

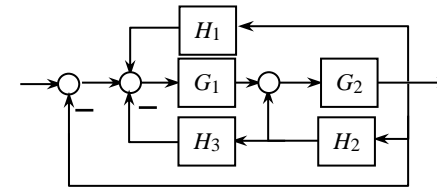
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



Hình 7

Bài 6: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 8.

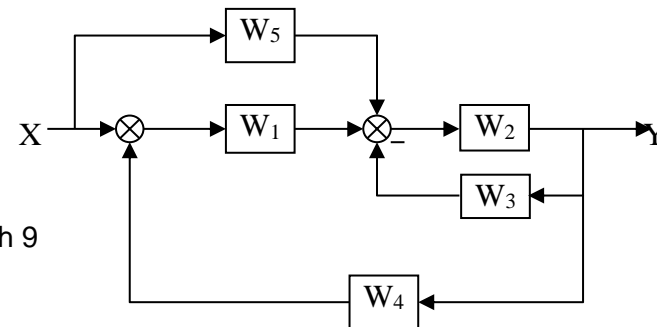
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



Hình 8

Bài 7: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 9.

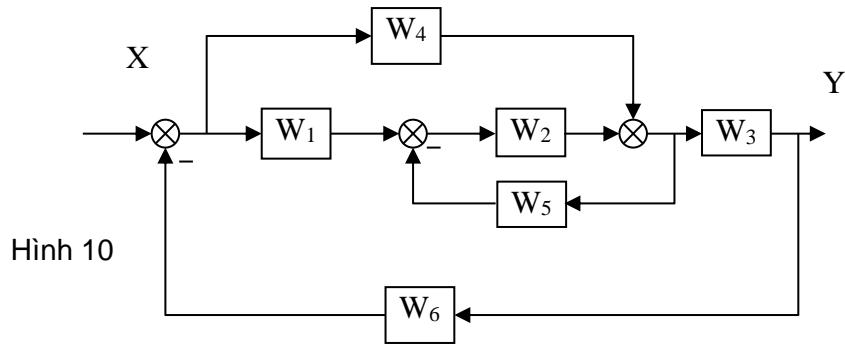
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



Hình 9

$$\text{ĐA: } W(s) = \frac{(W_1 + W_5)W_2}{1 + W_2W_3 - W_1W_2W_4}$$

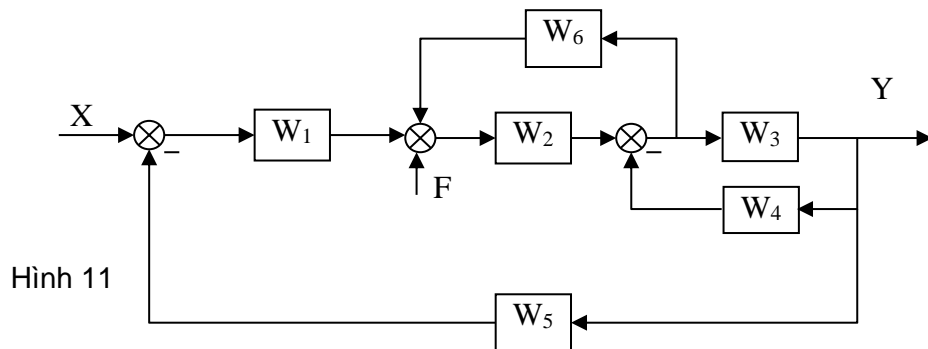
Bài 8: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 10.
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



Hình 10

$$\text{ĐA: } W(s) = \frac{(W_1W_2 + W_4)W_3}{1 + W_2W_5 + (W_1W_2 + W_4)W_3W_6}$$

Bài 9: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 11.
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.

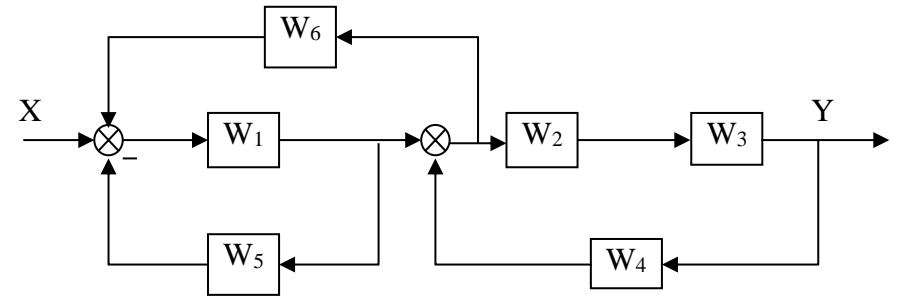


Hình 11

$$\text{ĐA: } W_X(s) = \frac{W_1W_2W_3}{1 + W_3W_4 - W_2W_6 + W_1W_2W_3W_5}$$

$$\text{ĐA: } W_F(s) = \frac{W_2W_3}{1 + W_3W_4 - W_2W_6 + W_1W_2W_3W_5}$$

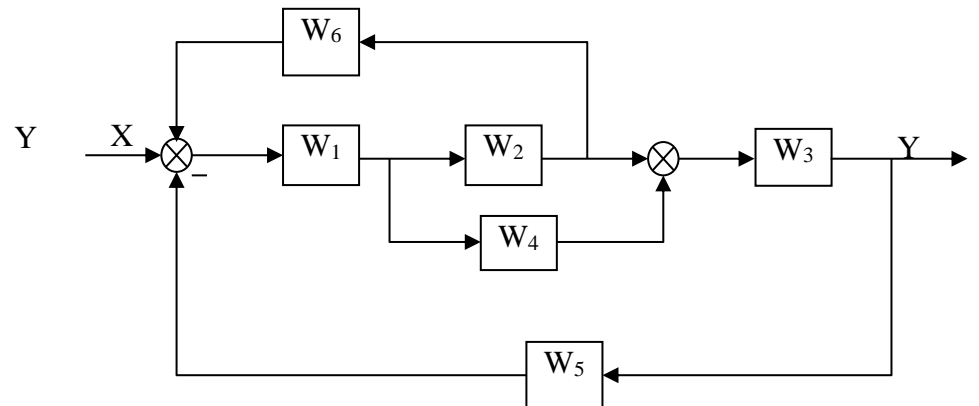
Bài 10: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 12.
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



Hình 12

$$\text{ĐA: } W(s) = \frac{W_1W_2W_3}{(1 + W_1W_5)(1 - W_2W_3W_4) - W_1W_6}$$

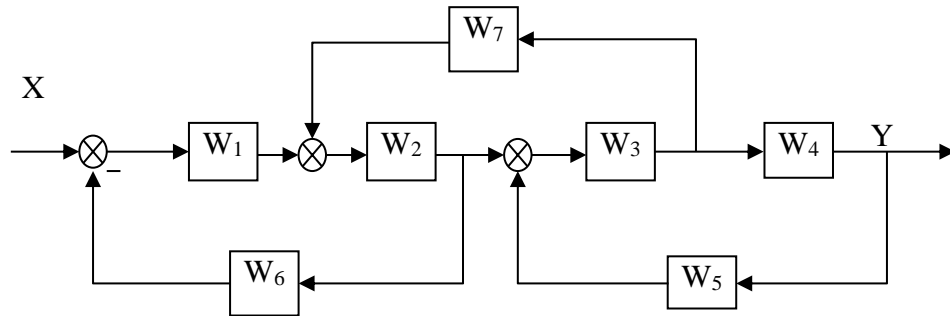
Bài 11: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 13.
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



Hình 13

ĐA:
$$W(s) = \frac{W_1(W_2 + W_4)W_3}{1 - W_1W_2W_6 + W_1(W_2 + W_4)W_3W_5}$$

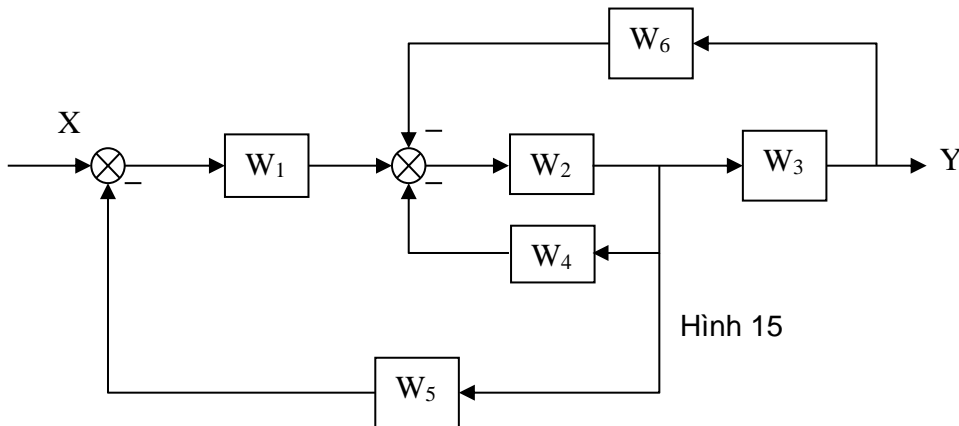
Bài 12: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 14.
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



Hình 14

ĐA:
$$W(s) = \frac{W_1W_2W_3W_4}{(1 + W_1W_2W_6)(1 - W_5W_3W_4) - W_2W_3W_7}$$

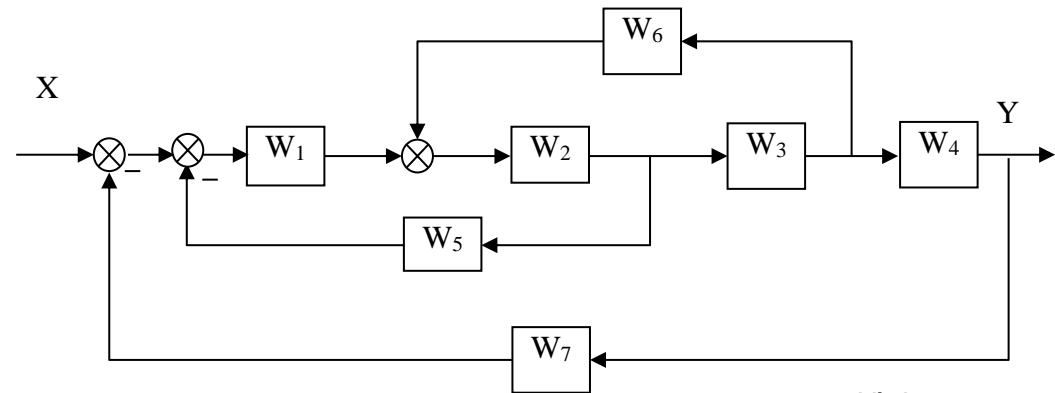
Bài 13: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 15.
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



Hình 15

ĐA:
$$W(s) = \frac{W_1W_2W_3}{1 + W_2W_4 + W_2W_3W_6 + W_1W_2W_5}$$

Bài 14: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 16.
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của hệ.



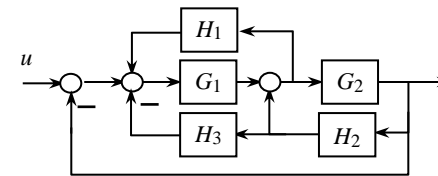
Hình 16

ĐA:
$$W(s) = \frac{W_1W_2W_3W_4}{1 + W_1W_2W_5 - W_2W_3W_6 + W_1W_2W_3W_4W_7}$$

Bài 15: Cho hệ kín mô tả ở hình 17.

- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.
- Biết rằng $H_1=H_2=0$, H_3 là tùy ý và $G_1G_2 = \frac{s+1}{s+2}$. Hãy tính hàm trọng lượng $g(t)$ và hàm quá độ $h(t)$ của hệ. Từ đó kiểm tra lại quan hệ $g(t) = \frac{dh(t)}{dt}$.

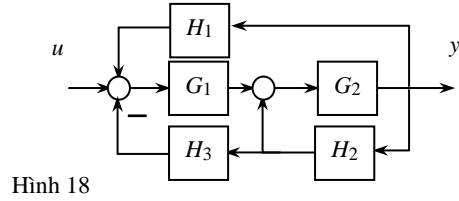
Y



Hình 17

Bài 16: Cho hệ kín mô tả ở hình 18.

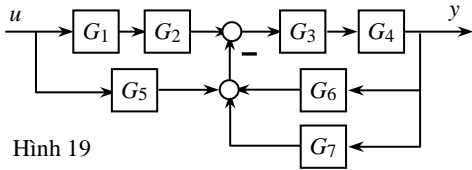
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.
- Biết rằng $H_2=H_3=0$, $H_1=-1$ và $G_1G_2=\frac{s+1}{s+4}$. Hãy tính hàm trọng lượng $g(t)$ và hàm quá độ $h(t)$ của hệ. Từ đó kiểm tra lại quan hệ $g(t)=\frac{dh(t)}{dt}$.



Hình 18

Bài 17: Cho hệ kín mô tả ở hình 19.

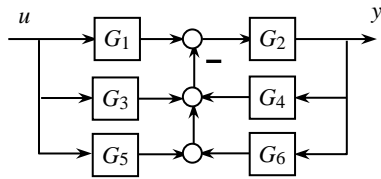
- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.
- Biết rằng hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ tìm được ở câu 1 có tất cả hai điểm cực $s_1=-1$, $s_2=-2$, một điểm không $s_3=1$ và hệ số khuếch đại tĩnh $G(0)=3$. Hãy xác định và vẽ đồ thị hàm quá độ $h(t)$ của nó và chỉ ra tính pha không cực tiểu của hệ có thể được nhận biết từ dạng đồ thị $h(t)$ như thế nào?



Hình 19

Bài 18: Cho hệ kín mô tả ở hình 20.

- Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.

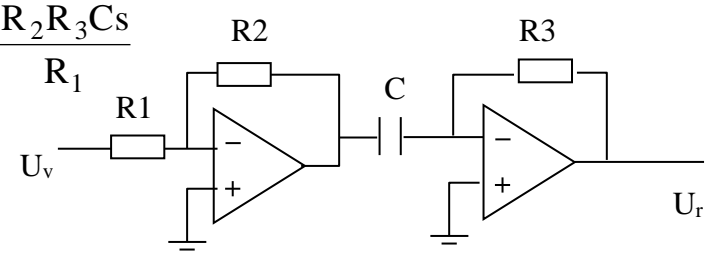


Hình 20

Bài 19: - Hãy xác định hàm truyền đạt của các phần tử.

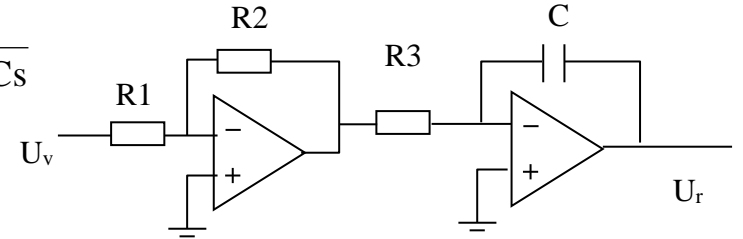
1.

ĐA: $W(s)=\frac{R_2R_3Cs}{R_1}$



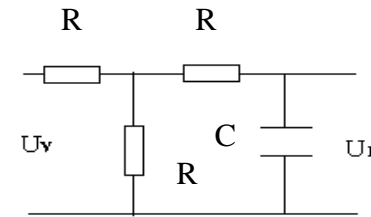
2.

ĐA: $W(s)=\frac{R_2}{R_1R_3Cs}$



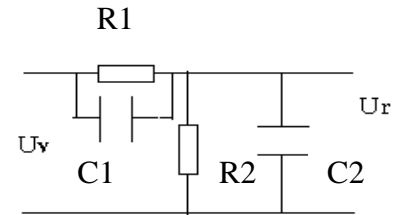
3.

ĐA: $W(s)=\frac{1}{3RCs+2}$



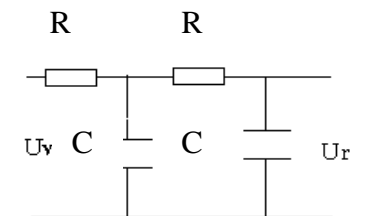
4.

ĐA: $W(s)=\frac{R_2(R_1C_1s+1)}{R_1R_2(C_1+C_2)s+R_1+R_2}$

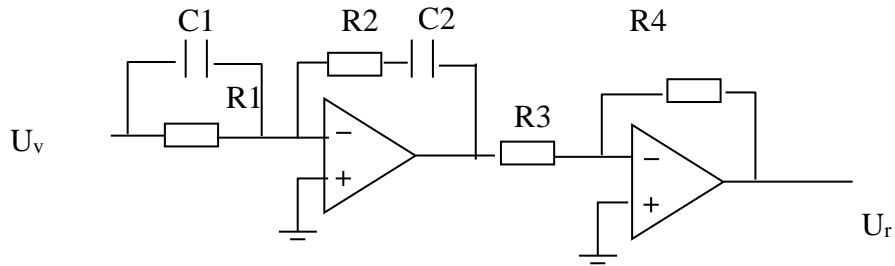


5.

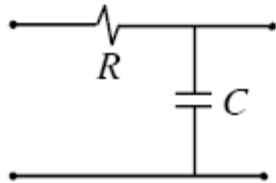
ĐA: $W(s)=\frac{1}{R^2C^2s^2+3RCs+1}$



6.

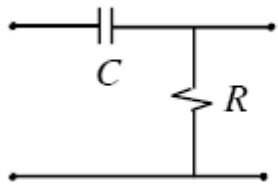


7.



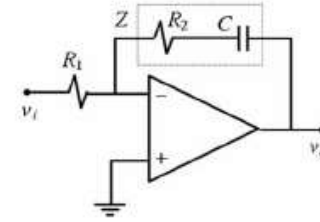
$$G(s) = \frac{1}{RCs + 1}$$

8.



$$G(s) = \frac{RCs}{RCs + 1}$$

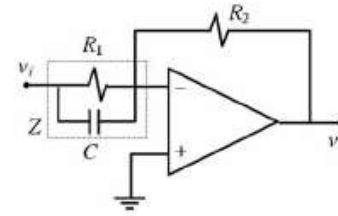
9.



$$G(s) = K_P + \frac{K_I}{s}$$

$$K_P = -\frac{R_2}{R_1} \quad K_I = -\frac{1}{R_1 C}$$

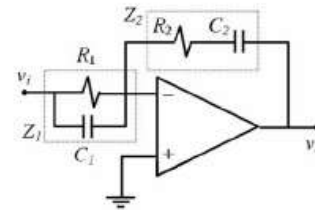
10.



$$G(s) = K_P + K_D s$$

$$K_P = -\frac{R_2}{R_1} \quad K_D = -R_2 C$$

11.



$$G(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

$$K_P = -\frac{R_1 C_1 + R_2 C_2}{R_1 C_2} \quad K_I = -\frac{1}{R_1 C_2}$$

$$K_D = -R_2 C_1$$

Bài 20. Xây dựng đặc tính biên độ tần số logarit cho các hàm truyền đạt sau:

1.

$$W(s) = \frac{100(s+1)}{(100s+1)(0.1s+1)}$$

2.

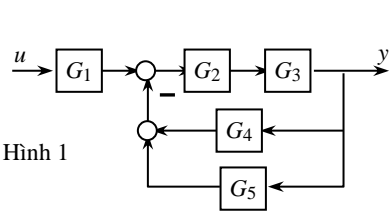
$$W(s) = \frac{10(10s + 1)}{s(0.01s + 1)(0.1s + 1)}$$

$$W(s) = \frac{1000(10s + 1)}{s(100s + 1)(0.1s + 1)}$$

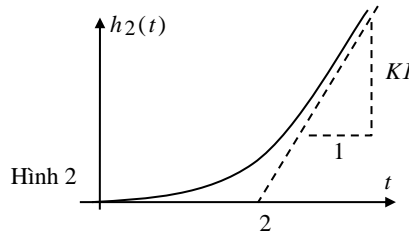
BÀI TẬP CHƯƠNG IV

Bài 1. Cho hệ kín mô tả ở hình 1.

1. Biết rằng $G_1 = G_3 = G_4 + G_5 = 1$ và G_2 là khâu tích phân-quán tính bậc nhất có hàm quá độ $h_2(t)$ cho ở hình 2. Hãy xác định $K1$ để hệ kín là một khâu dao động bậc 2 tắt dần. Từ đó tính cụ thể độ quá điều chỉnh Δh_{max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$ ứng với $K1=2$.
2. $G_1 = k$, $G_3 = G_4 + G_5 = 1$ và $G_2 = \frac{1}{T_1 s(1 + T_2 s)}$. Tìm điều kiện cho T_1, T_2 để hệ kín có dạng dao động bậc hai. Chứng minh rằng thời gian quá độ $T_{5\%}$ của hệ không phụ thuộc hằng số k .



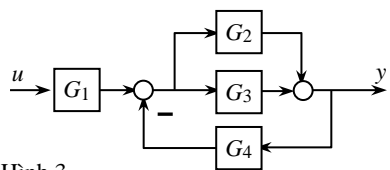
Hình 1



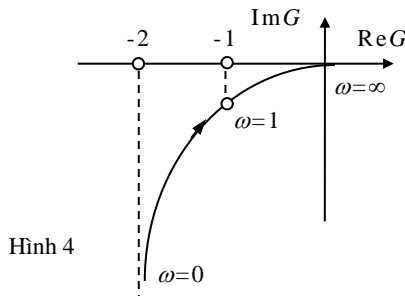
Hình 2

Bài 2: Cho hệ kín mô tả ở hình 3.

1. Biết rằng $G_1 = G_4 = 1$ và $G_2 + G_3$ là khâu tích phân-quán tính bậc nhất có đường đồ thị đặc tính tần biên-pha cho ở hình 4. Hãy tính hàm trọng lượng $g(t)$ và hàm quá độ $h(t)$ của hệ.
2. $G_1 = k$, $G_4 = 1$ và $G_2 + G_3 = \frac{1}{T_1 s(1 + T_2 s)}$. Tìm điều kiện cho T_1, T_2 để hệ kín có dạng dao động bậc hai. Chứng minh rằng thời gian quá độ $T_{5\%}$ của hệ không phụ thuộc hằng số k .



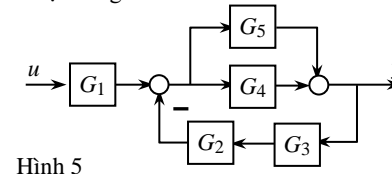
Hình 3



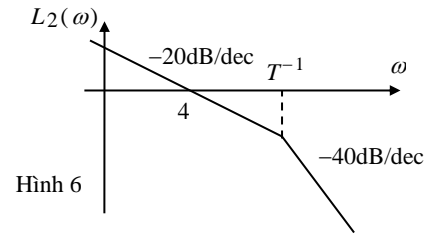
Hình 4

Bài 3. Cho hệ kín mô tả ở hình 5.

1. Biết rằng $G_1 = G_3 = G_2 = 1$ và $G_4 + G_5$ là khâu tích phân-quán tính bậc nhất có đường đồ thị Bode $L_2(\omega)$ cho ở hình 6. Hãy xác định T để hệ kín là một khâu dao động bậc 2 tắt dần. Từ đó tính cụ thể độ quá điều chỉnh Δh_{max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$ ứng với $T=0,1$.
2. (1 điểm) $G_1 = k$, $G_2 = G_3 = 1$ và $G_4 + G_5 = \frac{1}{T_1 s(1 + T_2 s)}$. Tìm điều kiện cho T_1, T_2 để hệ



Hình 5

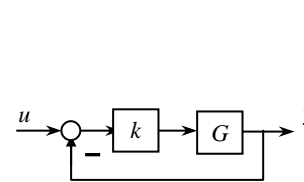


Hình 6

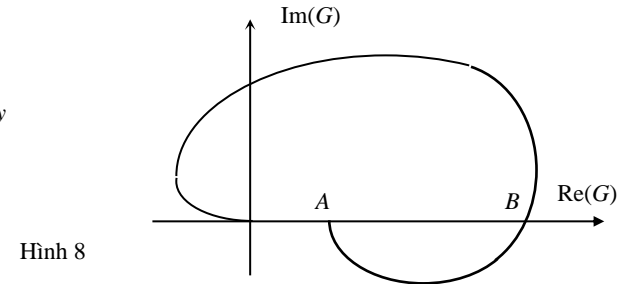
kín có dạng dao động bậc hai. Chứng minh rằng thời gian quá độ $T_{5\%}$ của hệ không phụ thuộc hằng số k .

Bài 4: Cho hệ kín mô tả ở hình 7, trong đó $G(s) = \frac{1}{3 + s + 6s^2 + 2s^3 + s^4}$

1. Hãy xác định số các điểm cực không nằm bên trái trục ảo của $G(s)$.
2. Biết rằng $G(s)$ có đường đồ thị $G(j\omega)$ với $0 \leq \omega \leq \infty$ cho ở hình 8. Hãy xác định (có biện luận) về chiều biến thiên theo ω và chỉ thị chiều biến thiên đó bằng chiều của mũi tên trên đồ thị.
3. Hãy xác định tọa độ các điểm A và B trên đồ thị $G(j\omega)$.
4. Hãy sử dụng tiêu chuẩn Nyquist để xác định hằng số khuếch đại k làm hệ kín ổn định.
5. Hãy sử dụng tiêu chuẩn Routh để xác định hằng số khuếch đại k làm hệ kín ổn định.



Hình 7

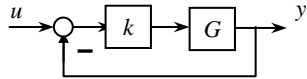


Hình 8

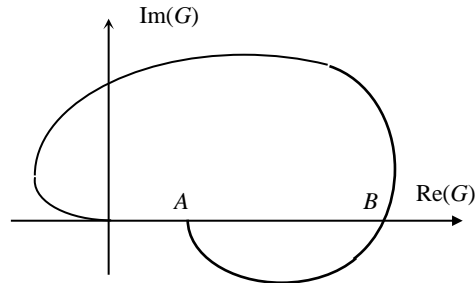
Bài 5: Cho hệ kín mô tả ở hình 9, trong đó $G(s) = \frac{1}{1 + 2s + 2s^2 + 4s^3 + s^4}$

1. Hãy xác định số các điểm cực không nằm bên trái trục ảo của $G(s)$.

2. Biết rằng $G(s)$ có đường đồ thị $G(j\omega)$ với $0 \leq \omega \leq \infty$ cho ở hình 10. Hãy xác định (có biện luận) về chiều biến thiên theo ω và chỉ thị chiều biến thiên đó bằng chiều của mũi tên trên đồ thị.
3. Hãy xác định tọa độ các điểm A và B trên đồ thị $G(j\omega)$.
4. Hãy sử dụng tiêu chuẩn Nyquist để xác định hằng số khuếch đại k làm hệ kín ổn định.
5. Hãy sử dụng tiêu chuẩn Routh để xác định hằng số khuếch đại k làm hệ kín ổn định.



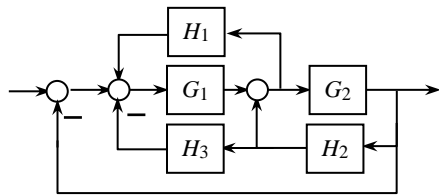
Hình 9



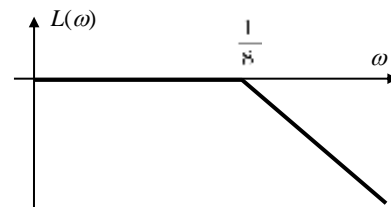
Hình 10

Bài 6: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 11.

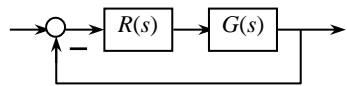
Cho $H_1 = H_2 = -1$, $H_3 = -k$, $G_1 = \frac{1}{s(s+2)}$ và $G_2 = \frac{s+4}{s^2 + 0,5s + 1}$. Hãy tìm điều kiện cho tham số k để hệ ổn định.



Hình 11



Hình 3

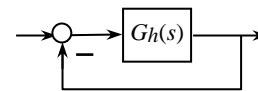


Hình 2

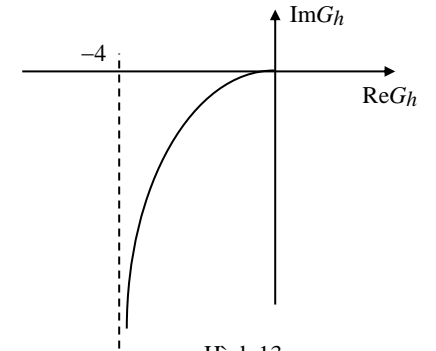
Bài 8: Cho hệ kín mô tả ở hình 12. Biết rằng hệ hở với hàm truyền đạt $G_h(s)$ có đường đặc tính tần biên-pha cho ở hình 13.

1. Hãy xác định tham số T cho $G_h(s)$ nếu biết $G_h(s) = \frac{1}{s(1+Ts)}$.
2. Hãy xác định hàm quá độ $h(t)$ của hệ kín. Hệ có độ quá điều chỉnh và thời gian quá độ $T_{5\%}$ bằng bao nhiêu?

3. Nếu bị kích thích bằng tín hiệu $t1(t)$ ở đầu vào thì hệ có sai lệch tĩnh không, tại sao và nếu có thì bằng bao nhiêu?



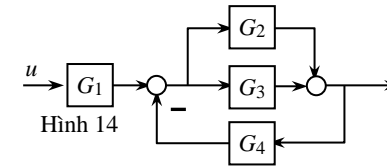
Hình 12



Hình 13

Bài 9: Cho hệ kín mô tả ở hình 14.

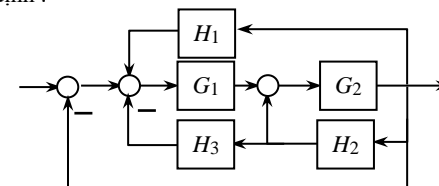
$G_1 = G_4 = 1$ và $G_2 + G_3 = \frac{k}{(1+T_1s)(1+T_2s)}$. Tìm điều kiện cho k , T_1 , T_2 để hệ kín có dạng dao động bậc hai. Xác định thời gian quá độ $T_{5\%}$ của hệ và sai lệch tĩnh khi tín hiệu vào là $1(t)$.



Hình 14

Bài 10: Cho hệ có sơ đồ khối mô tả ở hình 15.

1. Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương của đối tượng.
2. Cho $H_1 = -1$, $H_2 = 1$, $H_3 = k$, $G_1 = G_2 = \frac{s+1}{s^2 + s + 1}$. Hãy tìm điều kiện cho tham số k để hệ ổn định.

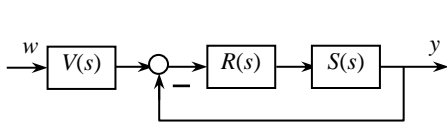


Hình 15

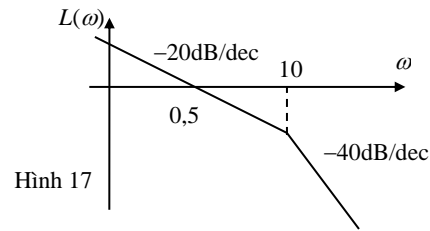
Bài 11: Cho hệ kín mô tả ở hình 16. Bộ điều khiển có hàm truyền đạt $R(s)$ và hàm truyền đạt của đối tượng điều khiển là $S(s)$.

1. Biết $R(s) = k$, $V(s) = 1$ và $S(s)$ là khâu tích phân- quán tính bậc nhất có đường đặc tính tần Bode cho ở hình 17.

- a) Hãy xác định k để hệ kín là một khâu dao động tắt dần.
 b) Xác định $h(t)$ của hệ kín với k tìm được.
2. Hãy xác định sai lệch tĩnh của hệ kín với $R(s)$ tìm được ở câu 2) và $V(s)=1$ khi tín hiệu vào là $w(t)=t1(t)$.



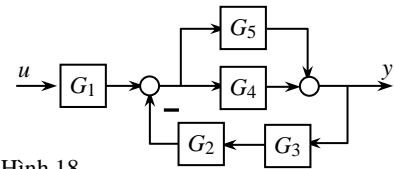
Hình 16



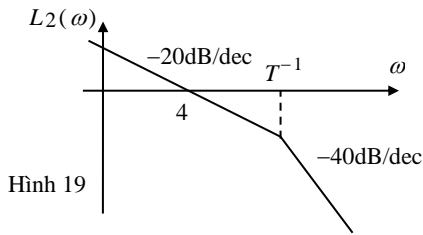
Hình 17

Bài 12: Cho hệ kín mô tả ở hình 18.

Biết rằng $G_1=G_3=G_2=1$ và G_4+G_5 là khâu tích phân-quán tính bậc nhất có đường đồ thị Bode $L_2(\omega)$ cho ở hình 19. Hãy xác định T để hệ kín là một khâu dao động bậc 2 tắt dần. Từ đó tính cụ thể độ quá điều chỉnh Δh_{\max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$ ứng với $T=0,1$.



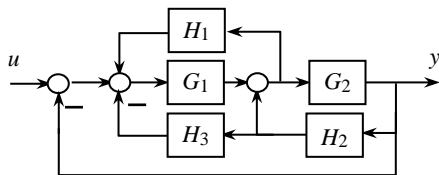
Hình 18



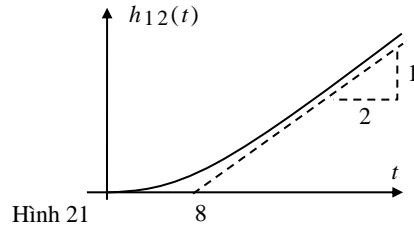
Hình 19

Bài 13: Cho hệ kín mô tả ở hình 20.

- Cho $H_1=H_2=-1, H_3=-k, G_1=\frac{1}{s(s+2)}$ và $G_2=\frac{s+4}{s^2+0,5s+1}$. Hãy tìm điều kiện cho tham số k để hệ ổn định.
- Biết rằng $H_1=H_2=0, H_3$ là tùy ý và G_1G_2 là khâu tích phân-quán tính bậc nhất có đường đặc tính quá độ $h_{12}(t)$ cho ở hình 21. Hãy xác định hàm quá độ $h(t)$ của hệ kín. Hệ có độ quá điều chỉnh Δh_{\max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$ bằng bao nhiêu? Nếu bị kích thích bằng tín hiệu $u=t1(t)$ ở đầu vào thì hệ có sai lệch tĩnh không, tại sao và nếu có thì bằng bao nhiêu?.



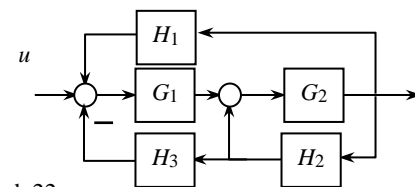
Hình 20



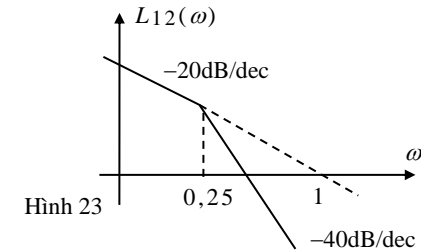
Hình 21

Bài 14: Cho hệ kín mô tả ở hình 22.

- Cho $H_1=-1, G_1=H_2=\frac{1}{s(s+2)}, H_3=-k$ và $G_2=\frac{1}{s^2+2s+1}$. Hãy tìm điều kiện cho tham số k để hệ ổn định.
- Biết rằng $H_2=H_3=0, H_1=-1$ và G_1G_2 là khâu tích phân-quán tính bậc nhất có đường đặc tính quá độ $L_{12}(\omega)$ cho ở hình 23. Hãy xác định hàm quá độ $h(t)$ của hệ kín. Hệ có độ quá điều chỉnh Δh_{\max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$ bằng bao nhiêu? Nếu bị kích thích bằng tín hiệu $u=t1(t)$ ở đầu vào thì hệ có sai lệch tĩnh không, tại sao và nếu có thì bằng bao nhiêu?.



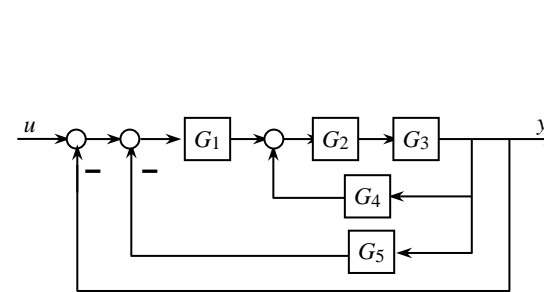
Hình 22



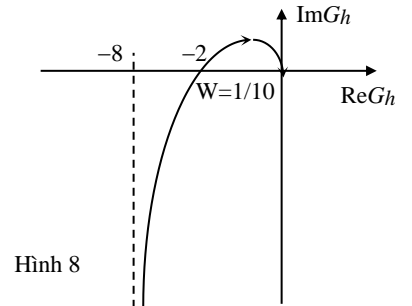
Hình 23

Bài 15: Cho hệ kín mô tả ở hình 24.

- Cho biết $G_1=3, G_2=1, G_5=G_4=0$ và $G_3=\frac{1}{1+s+s^2}$. Hãy tính độ quá điều chỉnh Δh_{\max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$.
- Cho biết $G_1=k, G_5=0$ và $G_h=\frac{G_2G_3}{1-G_2G_3G_4}$ là khâu tích phân-quán tính bậc hai với đường đặc tính tần biên pha cho ở hình 25. Hãy xác định k để hệ kín ổn định.



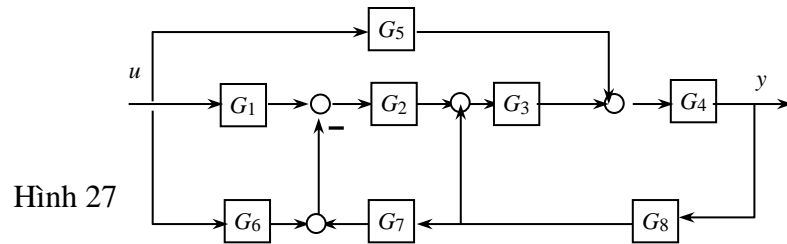
Hình 24



Hình 25

Bài 16. Cho hệ thống có cấu trúc như trong hình 27

1. Hãy xác định hàm truyền đạt của hệ



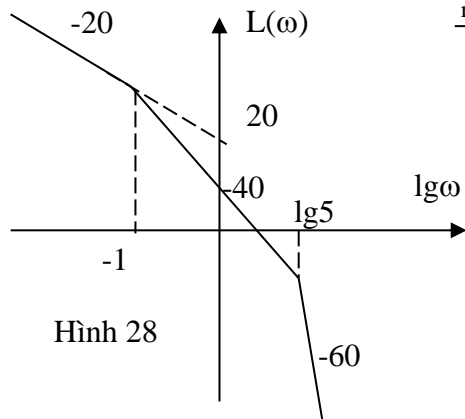
Hình 27

2. Cho $G_1=K_1$; $G_6(s)=G_5(s)=0$; $G_3=G_7=G_8=1$; $G_2=K_2$;

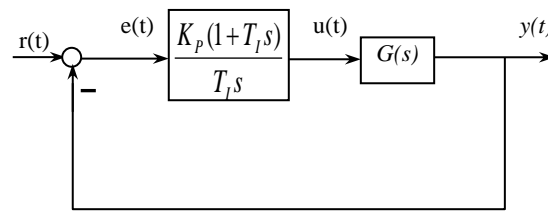
$$G_4 = \frac{K_3(s+1)}{s^3 + 3s^2 + 5s + 2}$$

3. Hãy xác định giá trị của k_1, k_2, k_3 để hệ thống ổn định và có sai lệch tĩnh bằng 0

Bài 17. Cho đối tượng điều khiển có đặc tính tần số loga trong hình 28 được điều khiển bằng luật điều khiển PI như trong hình 29.



Hình 28



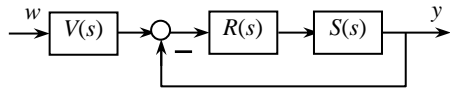
Hình 29

- Xác định mô hình hàm truyền đạt của đối tượng và khảo sát tính ổn định của hệ kín
- Xác định tham số cho bộ điều khiển PI bằng phương pháp tối ưu đối xứng
- Xác định sai lệch tĩnh của hệ khi tín hiệu đặt $r(t)=t.1(t)$

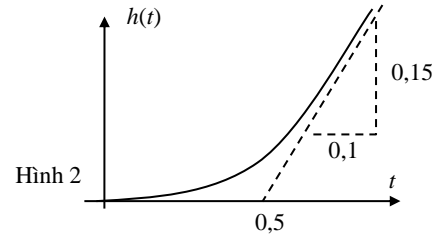
BÀI TẬP CHƯƠNG V

Bài 1: Cho hệ kín mô tả ở hình 1. Bộ điều khiển có hàm truyền đạt $R(s)$ và hàm truyền đạt của đối tượng điều khiển là $S(s)$.

1. Biết $R(s) = k$, $V(s) = 1$ và $S(s)$ là khâu tích phân- quán tính bậc hai có hàm quá độ $h(t)$ cho ở hình 2. Tìm điều kiện của k để hệ thống kín ổn định.
2. Cho $R(s)$ là bộ điều khiển PID và $V(s)$ là bộ điều khiển tiên xử lý. Hãy xác định các tham số cho bộ điều khiển $R(s)$ cũng như $V(s)$.



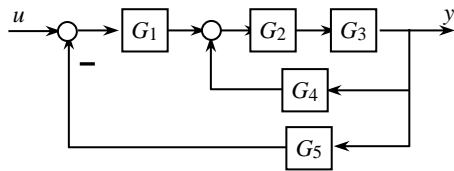
Hình 1



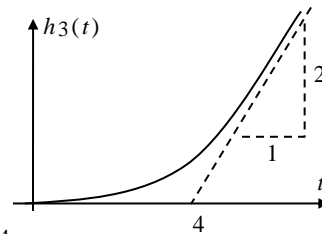
Hình 2

Bài 2: Cho hệ kín mô tả ở hình 3.

1. (2 điểm) Cho biết G_2 là bộ điều khiển PID, G_1 là bộ điều khiển tiên xử lý, $G_5=0$, $G_4=-1$ và đối tượng $G_3 = \frac{k}{s(1+Ts)^2}$ có hàm quá độ $h_3(t)$ cho ở hình 4. Hãy xác định G_1 và G_2 sao cho hệ kín độ quá điều chỉnh tương đối nhỏ nhưng lại có độ dự trữ ổn định lớn nhất.



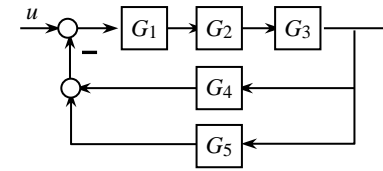
Hình 3



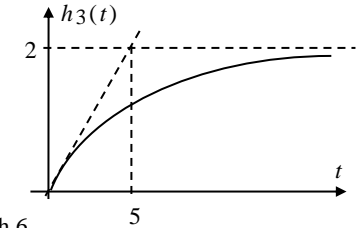
Hình 4

Bài 3: Cho hệ kín mô tả ở hình 5.

1. Cho biết G_1 là bộ điều khiển PID, $G_4=G_5 = \frac{1}{2}$, $G_2 = \frac{1}{(1+3s)(1+10s)}$ và $G_3 = \frac{k}{1+Ts}$ có hàm quá độ $h_3(t)$ cho ở hình 6. Hãy xác định G_1 sao cho hệ kín có dải tần số thấp mà tại đó hàm truyền đạt của hệ kín $G(s)$ thỏa mãn $|G(j\omega)|=1$, càng rộng càng tốt.



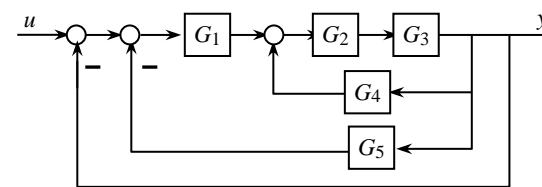
Hình 5



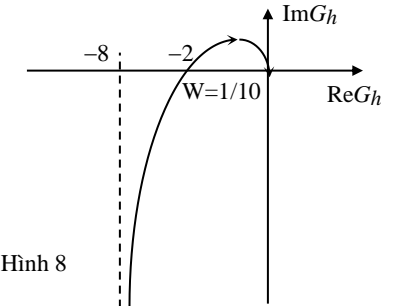
Hình 6

Bài 4: Cho hệ kín mô tả ở hình 7.

3. Hãy xác định hàm truyền đạt tương đương $G(s)$ của hệ.
4. Cho biết $G_1=3$, $G_2=1$, $G_5=G_4=0$ và $G_3 = \frac{1}{1+s+s^2}$. Hãy tính độ quá điều chỉnh Δh_{max} và thời gian quá độ $T_{5\%}$
5. Cho biết $G_1=k$, $G_5=0$ và $G_h = \frac{G_2 G_3}{1 - G_2 G_3 G_4}$ là khâu tích phân quán tính bậc hai với đường đặc tính tần biên pha cho ở hình 8. Hãy xác định k để hệ kín ổn định.
6. Cho biết G_1 là bộ điều khiển PID, $G_5=G_4=0$ và đối tượng $G_2 G_3 = \frac{2}{s(1+10s)^2}$. Hãy xác định các tham số cho bộ điều khiển PID để hệ kín có độ dự trữ ổn định lớn nhất.



Hình 7



Hình 8

BÀI TẬP CHƯƠNG VI

Bài 1. Xây dựng sơ đồ cấu trúc và viết hệ phương trình trạng thái của hệ thống kín khi biết:

$$W_k(s) = \frac{3(4s+1)(s+1)}{8s(3s^2+2s+1)(s+2)}$$

Bài 2: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y=x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống có hai điểm cực mới là $s_1 = s_2 = -2$.
- Hãy xác định bộ quan sát trạng thái Luenberger để tính xấp xỉ $\tilde{x} \approx \underline{x}$ trạng thái của đối tượng với hai điểm cực cho trước là $\lambda_1 = -4$ và $\lambda_2 = -5$.
- Vẽ sơ đồ khối mô tả hệ kín bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 1 và bộ quan sát trạng thái Luenberger đã tìm được ở câu 2. Viết phương trình trạng thái và đa thức đặc tính cho hệ kín đó.

Bài 3: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y=x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống có hai điểm cực mới là $s_1 = -2, s_2 = -4$.
- Hãy xác định bộ quan sát trạng thái Luenberger để tính xấp xỉ $\tilde{x} \approx \underline{x}$ trạng thái của đối tượng với hai điểm cực cho trước là $\lambda_1 = \lambda_2 = -5$.
- Vẽ sơ đồ khối mô tả hệ kín bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 1 và bộ quan sát trạng thái Luenberger đã tìm được ở câu 2. Viết phương trình trạng thái và đa thức đặc tính cho hệ kín đó.

Bài 4: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ -1 & 3 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} u, \quad y=x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống có hai điểm cực mới là $s_1 = -2+5j, s_2 = -2-5j$.
- Hãy xác định bộ quan sát trạng thái Luenberger để tính xấp xỉ $\tilde{x} \approx \underline{x}$ trạng thái của đối tượng với hai điểm cực cho trước là $\lambda_1 = \lambda_2 = -5$.
- Vẽ sơ đồ khối mô tả hệ kín bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 1 và bộ quan sát trạng thái Luenberger đã tìm được ở câu 2. Viết phương trình trạng thái và đa thức đặc tính cho hệ kín đó.

Bài 5: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} u, \quad y=x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống có hai điểm cực mới là $s_1 = -3+2j, s_2 = -3-2j$.
- Hãy xác định bộ quan sát trạng thái Luenberger để tính xấp xỉ $\tilde{x} \approx \underline{x}$ trạng thái của đối tượng với hai điểm cực cho trước là $\lambda_1 = \lambda_2 = -4$.
- Vẽ sơ đồ khối mô tả hệ kín bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 1 và bộ quan sát trạng thái Luenberger đã tìm được ở câu 2. Viết phương trình trạng thái và đa thức đặc tính cho hệ kín đó.

Bài 6: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 3 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} u, \quad y=x_1, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

- Hãy kiểm tra tính điều khiển được của đối tượng nhờ tiêu chuẩn Kalman.
- Hãy kiểm tra tính quan sát được của đối tượng nhờ tiêu chuẩn Hautus.
- Hãy xác định bộ điều khiển phản hồi trạng thái R để hệ kín nhận các giá trị cho trước $s_1 = s_2 = -1$ và $s_3 = -2$ làm điểm cực.
- Hãy viết hàm truyền đạt của hệ kín bao gồm đối tượng đã cho và bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 3. Từ đó chỉ ra rằng bộ điều khiển phản hồi trạng thái đó đã không làm thay đổi được bậc tương đối của đối tượng.

Bài 7: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & -4 \\ -1 & 0 & 3 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y=x_3, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

- Hãy kiểm tra tính điều khiển được của đối tượng nhờ tiêu chuẩn Hautus.
- Hãy kiểm tra tính quan sát được của đối tượng nhờ tiêu chuẩn Kalman.
- Hãy xác định bộ điều khiển phản hồi trạng thái R để hệ kín nhận các giá trị cho trước $s_1 = -1$ và $s_2 = s_3 = -2$ làm điểm cực.
- Hãy viết hàm truyền đạt của hệ kín bao gồm đối tượng đã cho và bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 3. Từ đó chỉ ra rằng bộ điều khiển phản hồi trạng thái đó đã không làm thay đổi được bậc tương đối của đối tượng.

Bài 8: Cho đối tượng mô tả bởi

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y=(1 \ 2)\underline{x}$$

trong đó $\underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$ là vector biến trạng thái, u là tín hiệu vào, y là tín hiệu ra.

- Kiểm tra tính điều khiển được, quan sát được và tính ổn định của đối tượng.
- Hãy xác định bộ điều khiển phản hồi trạng thái (âm) sao cho hệ có được chất lượng ứng với hai điểm cực tại vị trí $s_1 = s_2 = -1$.

3. Xác định hàm truyền đạt $G(s)$ của hệ kín. Khi nào thì hàm truyền đạt đó sẽ tương đương với mô hình trạng thái của hệ kín.

Bài 9: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy xác định tính ổn định, tính điều khiển được và tính quan sát được của đối tượng.
- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống sẽ có hai điểm cực mới là $s_1 = -1$ và $s_2 = -2$. Viết phương trình trạng thái của hệ kín.
- Hãy xác định bộ quan sát trạng thái Luenberger để tính xấp xỉ $\tilde{x} \approx \underline{x}$ trạng thái của đối tượng với hai điểm cực cho trước là $\lambda_1 = -1$ và $\lambda_2 = -2$.
- Hãy xác định đa thức đặc tính của hệ kín (đa thức mẫu số của hàm truyền đạt hệ kín), tức là của hệ bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 2 và bộ quan sát trạng thái Luenberger đã tìm được ở câu 3.

Bài 10: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy xác định tính ổn định, tính điều khiển được và tính quan sát được của đối tượng.
- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống sẽ có hai điểm cực mới là $s_1 = -1$ và $s_2 = -2$. Viết phương trình trạng thái của hệ kín.
- Hãy xác định bộ quan sát trạng thái Luenberger để tính xấp xỉ $\tilde{x} \approx \underline{x}$ trạng thái của đối tượng với hai điểm cực cho trước là $\lambda_1 = -1$ và $\lambda_2 = -2$.
- Hãy xác định đa thức đặc tính của hệ kín (đa thức mẫu số của hàm truyền đạt hệ kín), tức là của hệ bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 2 và bộ quan sát trạng thái Luenberger đã tìm được ở câu 3.

Bài 11: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống sẽ có hai điểm cực mới là $s_1 = -1$ và $s_2 = -3$.
- Hãy xác định bộ quan sát trạng thái Luenberger để tính xấp xỉ $\tilde{x} \approx \underline{x}$ trạng thái của đối tượng với hai điểm cực cho trước là $\lambda_1 = -1$ và $\lambda_2 = -2$.
- Vẽ sơ đồ khối mô tả hệ kín bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 1 và bộ quan sát trạng thái Luenberger đã tìm được ở câu 2. Viết phương trình trạng thái và đa thức đặc tính cho hệ kín đó.

Bài 12: Cho đối tượng mô tả bởi

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -1 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = (1 \ 0) \underline{x}$$

trong đó $\underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$ là vector biến trạng thái, u là tín hiệu vào, y là tín hiệu ra.

- Kiểm tra tính điều khiển được, quan sát được và tính ổn định của đối tượng.
- Hãy xác định bộ điều khiển phản hồi trạng thái (âm) sao cho hệ có được chất lượng ứng với hai điểm cực tại vị trí $s_1 = s_2 = -2$.
- Hãy chuyển bộ điều khiển phản hồi trạng thái thu được ở câu 2. thành bộ điều khiển phản hồi tín hiệu ra. Có nhận xét gì từ hàm truyền đạt của bộ điều khiển phản hồi tín hiệu ra đó.

Bài 13: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống sẽ có hai điểm cực mới là $s_1 = -1$ và $s_2 = -2$.
- Hãy xác định bộ quan sát trạng thái Luenberger để tính xấp xỉ $\tilde{x} \approx \underline{x}$ trạng thái của đối tượng với hai điểm cực cho trước là $\lambda_1 = -1$ và $\lambda_2 = -3$.
- Vẽ sơ đồ khối mô tả hệ kín bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 1 và bộ quan sát trạng thái Luenberger đã tìm được ở câu 2. Viết phương trình trạng thái và đa thức đặc tính cho hệ kín đó.
- Có thể có bao nhiêu bộ quan sát trạng thái Luenberger thỏa mãn yêu cầu nêu trong câu 2?.

Bài 14: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống sẽ có hai điểm cực mới là $s_1 = -1$ và $s_2 = -2$.
- Có thể có bao nhiêu bộ điều khiển phản hồi trạng thái thỏa mãn yêu cầu nêu trong câu 1?.

Bài 15: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống sẽ có hai điểm cực mới là $s_1 = -1$ và $s_2 = -3$.
- Có thể có bao nhiêu bộ điều khiển phản hồi trạng thái thỏa mãn yêu cầu nêu trong câu 1?.

Bài 16: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống có hai điểm cực mới là $s_1 = -1$ và $s_2 = -2$.
- Với bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được, thì khi $u(t) = 1(t)$, hệ kín có sai lệch tĩnh không và nếu có thì bằng bao nhiêu?.

3. Có thể có bao nhiêu bộ điều khiển phản hồi trạng thái thỏa mãn yêu cầu nêu trong câu 1?

Bài 17: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống có hai điểm cực mới là $s_1 = -1$ và $s_2 = -2$.
- Với bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được, $u(t) = 1(t)$, hệ kín có sai lệch tĩnh không và nếu có thì bằng bao nhiêu?
- Có thể có bao nhiêu bộ điều khiển phản hồi trạng thái thỏa mãn yêu cầu nêu trong câu 1?

Bài 18: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống có hai điểm cực mới là $s_1 = s_2 = -2$. Có bao nhiêu bộ điều khiển như vậy?
- Hãy thiết kế bộ quan sát trạng thái Luenberger có tốc độ quan sát ứng với điểm cực mới là $\lambda_1 = \lambda_2 = -4$. Có bao nhiêu bộ quan sát như vậy?
- Hãy chỉ rằng mọi bộ điều khiển phản hồi trạng thái tĩnh không thể làm thay đổi được bậc tương đối của đối tượng.

Bài 19: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u, \quad y = x_2, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}.$$

- Hãy thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái sao cho với nó, hệ thống có hai điểm cực mới là $s_1 = s_2 = -1$. Có bao nhiêu bộ điều khiển như vậy?
- Hãy thiết kế bộ quan sát trạng thái Luenberger có tốc độ quan sát ứng với điểm cực mới là $\lambda_1 = \lambda_2 = -3$. Có bao nhiêu bộ quan sát như vậy?
- Hãy xác định bậc tương đối của hệ kín bao gồm đối tượng đã cho, bộ điều khiển tìm được ở câu a) và bộ quan sát tìm được ở câu 2).

Bài 20: Cho đối tượng có mô hình trạng thái.

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} u, \quad y = x_1 + 2x_2 + 3x_3, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

- Hãy kiểm tra tính điều khiển được của đối tượng bằng tiêu chuẩn Hautus.
- Hãy xác định điểm không của đối tượng và kiểm tra tính pha cực tiểu của nó.
- Hãy xác định bộ điều khiển phản hồi trạng thái R để hệ kín nhận các giá trị cho trước $s_1 = s_2 = s_3 = -3$ làm điểm cực.
- Hãy viết hàm truyền đạt của hệ kín bao gồm đối tượng đã cho và bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 3. Từ đó chỉ ra rằng bộ điều khiển phản hồi trạng thái đó đã không làm thay đổi được điểm không của đối

Bài 21: Xét một đối tượng điều khiển có mô hình trạng thái:

$$\frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \underline{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} u, \quad y = x_1 + 2x_2 + 3x_3, \quad \text{trong đó } \underline{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

- Tính ổn định của một hệ thống là gì? Hãy kiểm tra tính ổn định của đối tượng trên.
- Tính điều khiển được của một hệ thống điều khiển là gì? Tại sao người ta cần phải kiểm tra tính điều khiển được của hệ thống? Hãy kiểm tra tính điều khiển được của đối tượng trên.
- Hãy viết phương trình trạng thái của đối tượng đối ngẫu với đối tượng đã cho.
- Hãy xác định bộ điều khiển phản hồi trạng thái R để hệ kín nhận các giá trị cho trước $s_1 = s_2 = -3$, $s_3 = -4$ làm điểm cực.
- Hãy xác định mô hình trạng thái của hệ kín bao gồm đối tượng điều khiển đã cho ở trên và bộ điều khiển phản hồi trạng thái tìm được ở câu 4.