NGUYỄN THỊ PHƯƠNG HÀ

TẬP
ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
Nguyễn Thị Phương Hà

BÀI TẬP ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

(Tái bản lần thứ hai, có sửa chữa)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH - 2005

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Trong những năm gần đây, lý thuyết điều và kỹ thuật điều khiển tự động (ĐKTĐ) các quy trình công nghệ, các đối tượng công nghiệp và quốc phòng đã có những bước nhảy vọt nhờ sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật máy tính và công nghệ thông tin. Lý thuyết ĐKTĐ cổ điển không hề thay đổi giá trị của mình mà ngược lại có ý nghĩa đặc thù riêng. Nếu như trước đây đối tượng khảo sát của ĐKTĐ thường là hệ tuyến tính, tiền định thì ngày nay là các hệ thống phân tán có đối thoại với nhau liên kết thành mạng.

Ngành Điều khiển học kỹ thuật liên quan đến nhiều lĩnh vực kỹ thuật đã trải qua giai đoạn phát triển, cơ khí hóa, điện khí hóa, tự động hóa và ngày nay điện tử hóa, sinh học hóa.... Ngành Điều khiển học kỹ thuật được xếp hàng đầu trong những lĩnh vực hứa hẹn nhất, tiềm năng phát triển của nó dường như là vô tận. Bởi vậy ĐKTĐ là môn học bắt buộc đối với tất cả các sinh viên ngành kỹ thuật. Quyển BÀI TẬP ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG *được biên soạn theo nội dung môn học* ***"Lý thuyết Điều khiển tự động"*** *và* ***"Cơ sở ĐKTĐ"*** *nhằm nâng cao kiến thức, khả năng phân tích, tính toán và thiết kế hệ thống ĐKTĐ cho sinh viên.*

Phần mềm MATLAB là một công cụ mạnh để khảo sát và thiết kế hệ thống được giới thiệu cho sinh viên qua các bài thí nghiệm ĐKTĐ.

Nội dung sách gồm Ba phần, được sắp xếp như sau:

<u>Phần thứ nhất</u> - Bài tập

Chương 1. Hệ thống ĐKTĐ trong công nghiệp - 15 bài

Chương 2. Hệ ĐKTĐ tuyến tính liên tục - 185 bài

Chương 3. Hệ ĐKTĐ phi tuyến - 44 bài

Chương 4. Hệ ĐKTĐ rời rạc - 64 bài

Chương 5. Thiết kế hệ ĐKTĐ - 11 bài

Phần thứ hai - Bài giải mẫu và đáp án

Chương 6. Các bài giải mẫu và đáp án chọn lọc, gồm có:

71 bài giải hệ tuyến tính

22 bài giải hệ phi tuyến

29 bài giải hệ rời rạc

Phần thứ ba - Đề thi và đáp án

28 đề thi và đáp án

Hy vọng cuốn sách sẽ giúp ích cho sinh viên các trường đại học kỹ thuật và các bạn đang làm việc trong lĩnh vực kỹ thuật ĐKTĐ.

Tác giả bày tỏ lòng biết ơn đối với các thầy giáo, cô giáo Bộ môn Điều khiển tự động - Khoa Điện - Điện tử và Tổ giáo trình Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh đã khích lệ, động viên và giúp đỡ nhiệt tình để hoàn thành cuốn sách này.

Bộ sách về ĐKTĐ 1 quyển lý thuyết và 1 quyển Bài tập đã được ra mắt bạn đọc lần đầu tiên vào năm 1995. Lần tái bản này, quyển bài tập được sửa chữa và bổ sung thêm một số đề thi và đáp án. Mặc dù đã cố gắng sưu tầm thêm nhiều tài liệu của các trường đại học trên thế giới, song khó tránh khỏi những thiếu sót và hạn chế.

Tác giả chân thành cảm ơn những ý kiến đóng góp của các bạn đồng nghiệp và bạn đọc gần xa để nội dung quyển sách ngày càng hoàn thiện và phong phú hơn.

Thư góp ý xin gửi về: Bộ môn ĐKTĐ, Khoa Điện - Điện tử Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh - 268 Lý Thường Kiệt, Q.10 - ĐT: 8.654.357.

Tác giả

PGS.TS Nguyễn Thị Phương Hà

PHẦN THỨ NHẤT

BÀI TẬP

Chương 1

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG TRONG CÔNG NGHIỆP

1.1 Hãy nêu một ví dụ về hệ thống điều khiển nhiệt độ. Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động.

1.2 Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động của hệ thống điều khiển tốc độ động cơ DC.

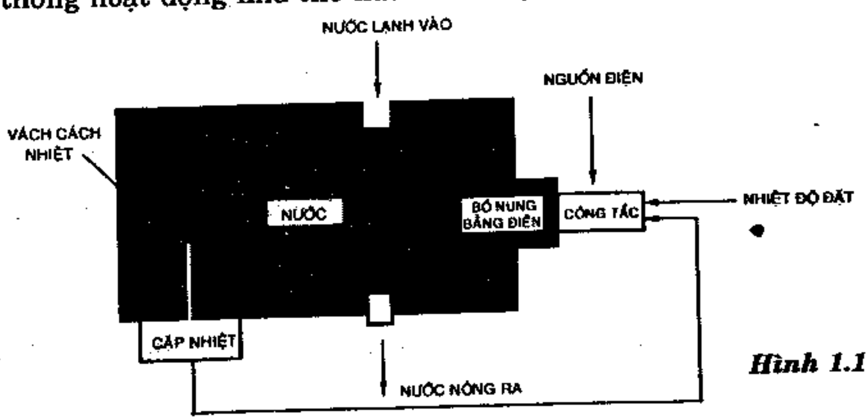
1.3 Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động của hệ thống tùy động. Ứng dụng của hệ thống này.

1.4 Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động của hệ thống điều khiển điện áp máy phát điện.

1.5 PLC là gì? Sơ đồ khối tối thiểu của một PLC. Giải thích chức năng từng phần. Phần mềm của chúng có gì đặc biệt.

1.6 Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động của một máy CNC. Giải thích chức năng từng bộ phận.

1.7 Trên hình 1.1 minh họa một bình nung nước nóng bằng điện. Bộ phận nung được đóng mở bởi một công tắc tự động để duy trì một nhiệt độ mong muốn. Khi có yêu cầu về nước nóng, nước nóng sẽ chảy ra và nước lạnh được đưa vào bình. Vẽ sơ đồ khối cho hệ thống điều khiển vòng kín này và giải thích một cách định tính xem hệ thống hoạt động như thế nào nếu nhiệt độ đặt thay đổi.

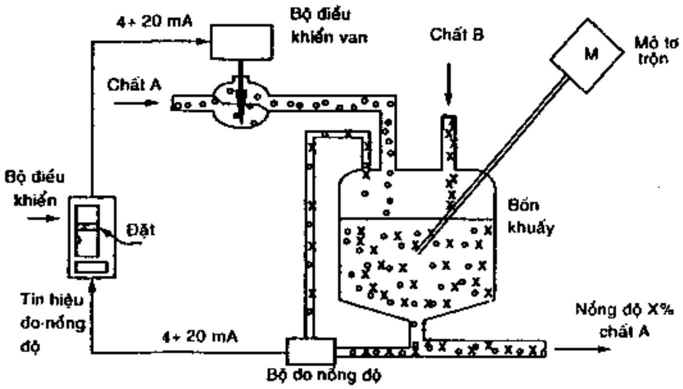


Hình 1.1

1.8 Giải thích xem hệ thống trong bài tập 1.7 sẽ hoạt động như thế nào nếu nhiệt độ xung quanh bình thay đổi đột ngột (xét sơ đồ khối)?

1.9 Thiết kế một hệ thống điều khiển vị trí, tốc độ và gia tốc của một thang máy sử dụng trong một ngôi nhà nhiều tầng. Đặt ra các quy định hay giới hạn gì cho các khả năng vị trí, tốc độ và gia tốc của hệ thống?

1.10 Trên hình 1.2 là hệ thống điều khiển nồng độ. Giữ nồng độ chất A trong dung dịch theo đúng giá trị đặt. Lưu lượng chất A được điều khiển theo lưu lượng chất B bằng van điều khiển (bởi bộ điều khiển) để nồng độ ra cố định.



Hình 1.2

a) Vẽ sơ đồ khối hệ thống điều khiển nồng độ.

b) Hãy nêu ưu và nhược điểm của hệ thống điều khiển có hồi tiếp so với hệ thống không hồi tiếp.

1.11 Hãy nêu một ví dụ về hệ định vị điều khiển bằng máy tính. Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động của hệ.

1.12 Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động của hệ thu thập dữ liệu, xử lý và điều khiển tám kênh nhiệt độ.

1.13 Hãy vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động của hệ thống bám truyền góc dùng để ổn định đường ngắm, sử dụng cảm biến xenxin.

1.14 Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động của hệ thống điều khiển độ sâu tàu ngầm.

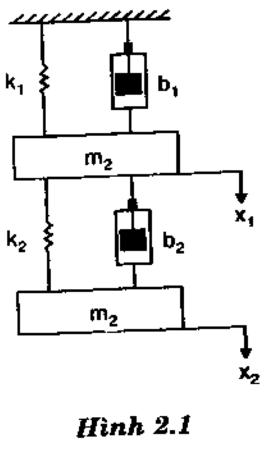
1.15 Trình bày chức năng, ưu điểm và nêu ví dụ ứng dụng bộ điều khiển thủy lực khí nén.

Chương 2

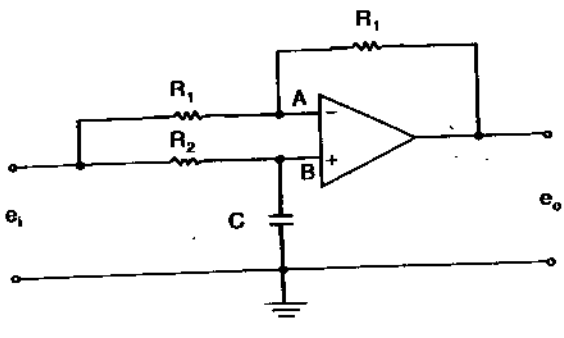
HỆ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG TUYẾN TÍNH LIÊN TỤC

2.1 Tìm hàm truyền đạt của hệ thống trên hình 2.1.

2.2 Tìm hàm truyền đạt của mạch điện trên hình 2.2.

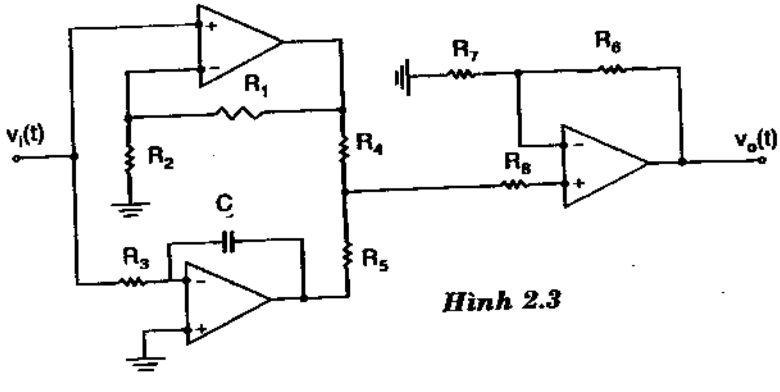


Hình 2.1



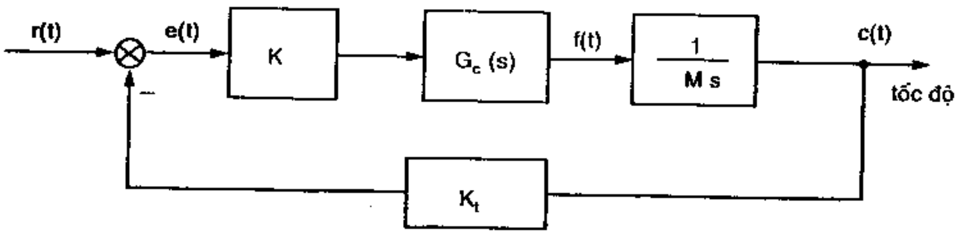
Hình 2.2

2.3 Tìm hàm truyền đạt của mạch điện trên hình 2.3.



Hình 2.3

2.4 Sơ đồ khối của một hệ điều khiển truyền động điện được mô tả ở hình 2.4.



Hình 2.4

với các thông số và các biến số:

r(t) - điện áp đầu vào ứng với tốc độ đặt [V]

c(t) - tốc độ (ft/sec)

M - khối lượng của đối tượng = 30000 [lb/ft/ sec^2]

K - hệ số khuếch đại

K_t - hệ số khuếch đại của bộ cảm biến tốc độ

K_t = 0,15 V/ft/sec

Xác định hàm truyền của bộ điều khiển $G_c(s)$ với tín hiệu đầu vào là hàm bậc thang đơn vị $r(t) = u_s(t) = 1(t)$. Đầu ra của bộ điều khiển $G_c(s)$ được đo và mô tả bởi biểu thức sau:

$$f(t) = 100(1 - 0,3e^{-6t} - 0,7^{-10t});\ \ t \geq 0$$

a) Tìm hàm truyền của bộ điều khiển $G_c(s)$

b) Suy ra hàm truyền hở $\dfrac{C(s)}{E(s)}$ của hệ

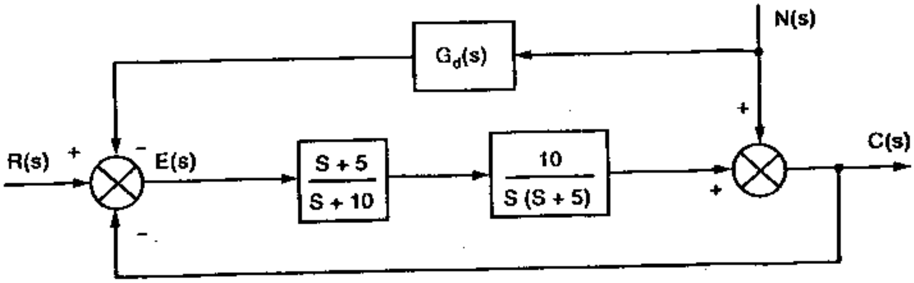
c) Suy ra hàm truyền kín $\dfrac{C(s)}{R(s)}$ của hệ

d) Giả thiết rằng K có giá trị sao cho hệ ổn định, hãy xác định tốc độ của đối tượng *C(t)* [ft/sec]. Với $r(t) = u_s(t) = 1(t)[V]$.

2.5 Cho sơ đồ khối của hệ điều khiển trên hình 2.5, với N(s): tín hiệu nhiễu. Hàm truyền $G_d(s)$ được dùng để triệt tiêu ảnh hưởng của N(s) lên đầu ra *C(s)*.

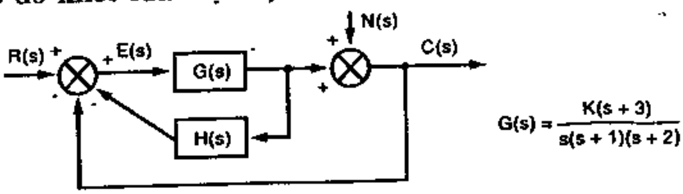
a) Tìm hàm truyền $\left.\dfrac{C(s)}{N(s)}\right|_{R=0}$

b) Xác định biểu thức $G_d(s)$ để đạt được điều kiện trên.



Hình 2.5

2.6 Cho sơ đồ khối của một hệ điều khiển vòng kín (H.2.6)

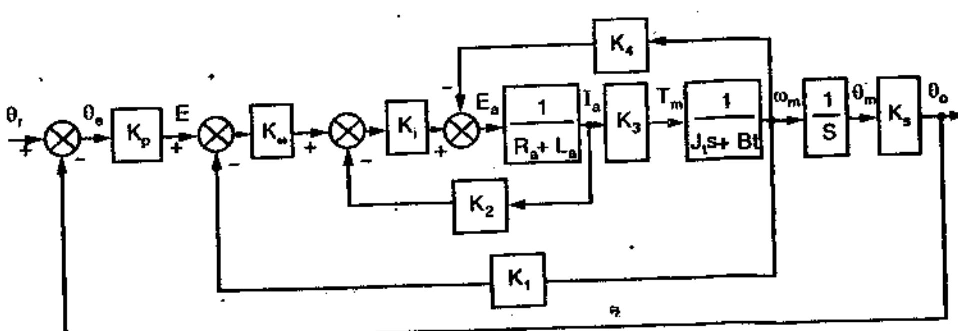


Hình 2.6

a) Tìm hàm truyền *H(s)* sao cho đầu ra *C(s)* không bị ảnh hưởng bởi nhiễu *N(s)*. Có nghĩa là $\left.\frac{C(s)}{N(s)}\right|_{R(s)} = 0$

b) Với H(s) định nghĩa trong (a), tìm giá trị *K* để có được giá trị xác lập của sai số *e(t)* = 0,1 với đầu vào là hàm Ramp $r(t) = tu_s(t)$, $R(s) = 1/s^2$ và N(s) = 0. Ứng dụng định lý giá trị cuối.

2.7 Sơ đồ khối của hệ điều khiển vị trí sử dụng động cơ DC trên hình 2.7.



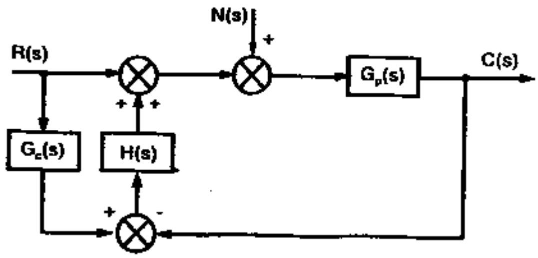
Hình 2.7

a) Tìm hàm truyền hở: $\frac{\theta_o(s)}{\theta_e(s)}$

b) Tìm hàm truyền kín: $\frac{\theta_o(s)}{\theta_r(s)}$

2.8 Cho sơ đồ khối của hệ điều khiển tuyến tính:

Với $G_p(s)$ là hàm truyền của quá trình điều khiển. $G_c(s)$, *H(s)* là hàm truyền của bộ điều khiển.



Hình 2.8

a) Tìm hàm truyền $\left.\dfrac{C(s)}{R(s)}\right|_{N=0}$ và $\left.\dfrac{C(s)}{N(s)}\right|_{R=0}$.

Tìm $\dfrac{C(s)}{R(s)}$. với $G_c(s) = G_p(s)$

b) Giả sử: $G_c(s) = G_p(s) = \dfrac{100}{(s+1)(s+5)}$. Tìm đáp ứng đầu ra *c(t)* với *n(t)* = 0 và $r(t) = u_s(t) = 1(t)$

c) Với $G_p(s)$ và $G_c(s)$ như phần b, chọn H(s) trong số các *H(s)* sau

$$H(s) = \frac{10}{s(s+1)};\ H(s) = \frac{10}{(s+1)(s+2)};\ H(s) = \frac{10(s+1)}{(s+2)};\ H(s) = \frac{K}{s^n};\ n \geq 1$$

sao cho giá trị xác lập của tín hiệu ra *c(t)* = 0

với: $N(t) = u_s(t) = 1(t)$, *r(t)* = 0.

2.9 Hãy vẽ sơ đồ trạng thái cho bởi hệ phương trình trạng thái sau:

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = -2x_1(t) + 3x_2(t);\quad \frac{dx_2(t)}{dt} = x_1(t) - 5x_2(t) + 2v(t)$$

a) Tìm phương trình đặc trưng của hệ

b) Tìm hàm truyền $\dfrac{X_1(s)}{R(s)}$ và $\dfrac{X_2(s)}{R(s)}$

2.10 Cho phương trình vi phân của hệ điều khiển tuyến tính:

$$\frac{d^3c(t)}{dt^3} + 5\frac{d^2c(t)}{dt^2} + 6\frac{dc(t)}{dt} + 10c(t) = r(t)$$

với: *c(t)* - tín hiệu đầu ra; *r(t)* - tín hiệu đầu vào

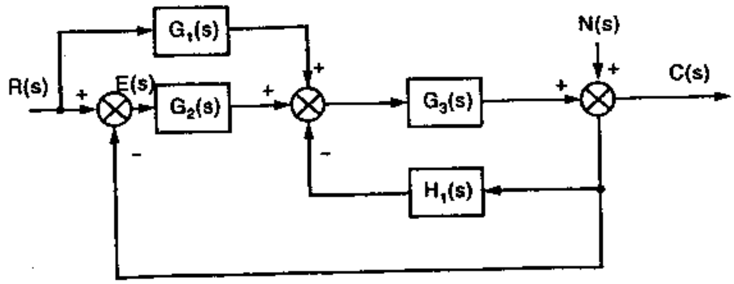
a) Vẽ sơ đồ trạng thái cho hệ.

b) Hãy viết hệ phương trình biến trạng thái cho hệ từ sơ đồ trạng thái (a). Xác định các biến trạng thái từ phải sang trái theo thứ tự tăng của bậc.

c) Tìm nghiệm của phương trình đặc trưng (sử dụng chương trình Muller).

d) Tìm hàm truyền $\frac{C(s)}{R(s)}$.

2.11 Cho sơ đồ khối hệ thống như trên hình 2.9.

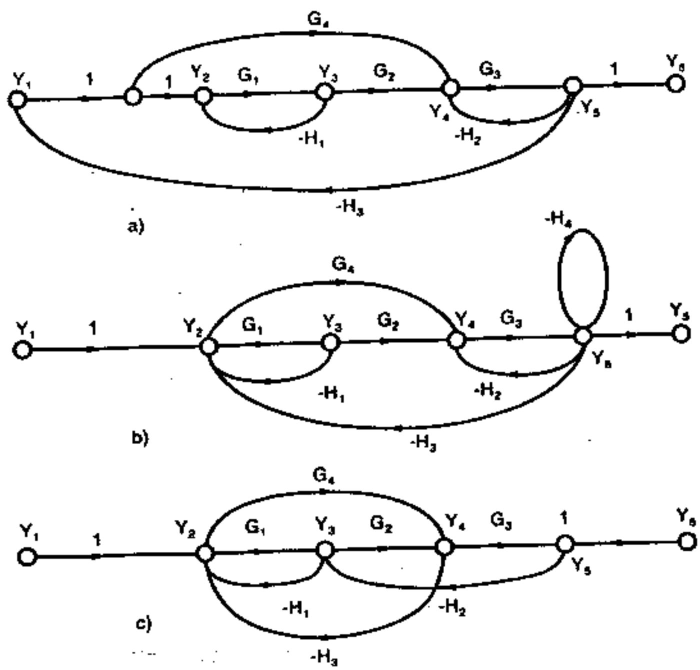


Hình 2.9

Dùng phương pháp graph tín hiệu viết hàm truyền

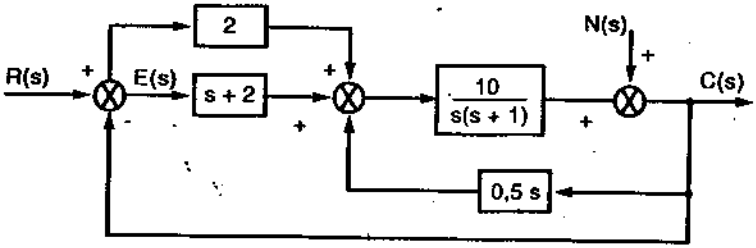
$$\left.\frac{C(s)}{R(s)}\right|_{N=0} \qquad \left.\frac{C(s)}{N(s)}\right|_{R=0} \qquad \left.\frac{E(s)}{R(s)}\right|_{N=0} \qquad \left.\frac{E(s)}{N(s)}\right|_{R=0}$$

2.12 Cho các graph tín hiệu trên hình 2.10, tìm hàm truyền: Y_5 / Y_1.



Hình 2.10

2.13. Cho sơ đồ khối hệ điều khiển phản hồi âm như trên hình 2.11.

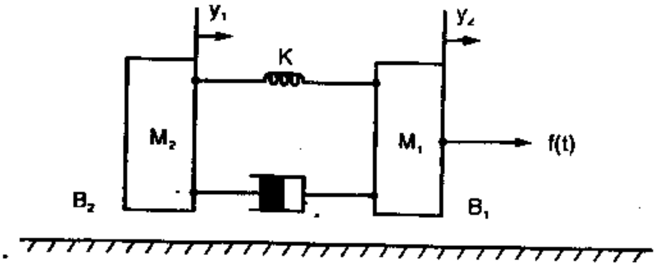


Hình 2.11

a) Tìm hàm truyền $\left.\dfrac{C(s)}{E(s)}\right|_{N=0}$; **b)** Tìm hàm truyền $\left.\dfrac{C(s)}{R(s)}\right|_{N=0}$

c) Tìm hàm truyền $\left.\dfrac{C(s)}{N(s)}\right|_{R=0}$; **d)** Hãy tính *C(s)* khi có hai tín hiệu vào *R(s)* và *N(s)*.

2.14 Viết phương trình lực của hệ tuyến tính trên hình 2.12.



Hình 2.12

a) Vẽ sơ đồ trạng thái sử dụng số lượng bộ tích phân là tối thiểu. Viết phương trình trạng thái từ sơ đồ trạng thái.

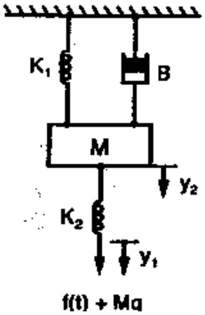
b) Định nghĩa biến trạng thái như sau:

1- $x_1 = y_2$, $x_2 = \dfrac{dy_2}{dt}$, $x_3 = y_1$ và $x_4 = \dfrac{dy_1}{dt}$

2- $x_1 = y_2$, $x_2 = y_1$ và $x_3 = \dfrac{dy_1}{dt}$

3- $x_1 = y_1$, $x_2 = y_2$ và $x_3 = \dfrac{dy_2}{dt}$

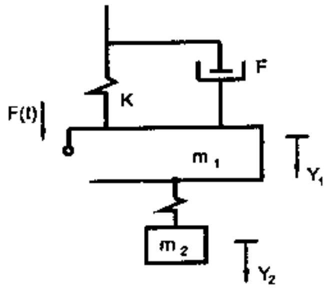
Viết phương trình trạng thái và vẽ sơ đồ trạng thái với các biến trạng thái trên. Tìm hàm truyền $\dfrac{Y_1(s)}{F(s)}$ và $\dfrac{Y_2(s)}{F(s)}$.



Hình 2.13a

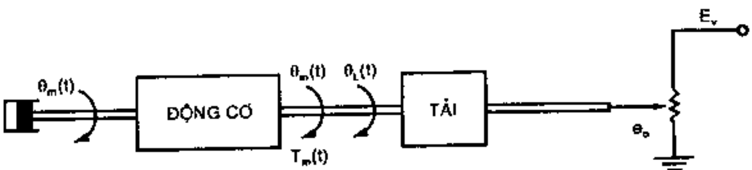
2.15a Viết phương trình lực của hệ truyền động tuyến tính trên hình 2.13a. Vẽ sơ đồ trạng thái sử dụng số bộ tích phân là tối thiểu. Viết phương trình trạng thái từ sơ đồ trạng thái. Giả sử $Mg = 0$, tìm hàm truyền $\dfrac{Y_1(s)}{F(s)}$ và $\dfrac{Y_2(s)}{F(s)}$.

2.15b Tìm hàm truyền $\dfrac{Y_1'(s)}{F(s)}$.



Hình 2.13b

2.16 Cho hệ điều khiển môtơ hình 2.14. Biến trở có tầm lớn nhất là 10 vòng (20 πrad). Tìm hàm truyền $E_o(s)/T_m(s)$.

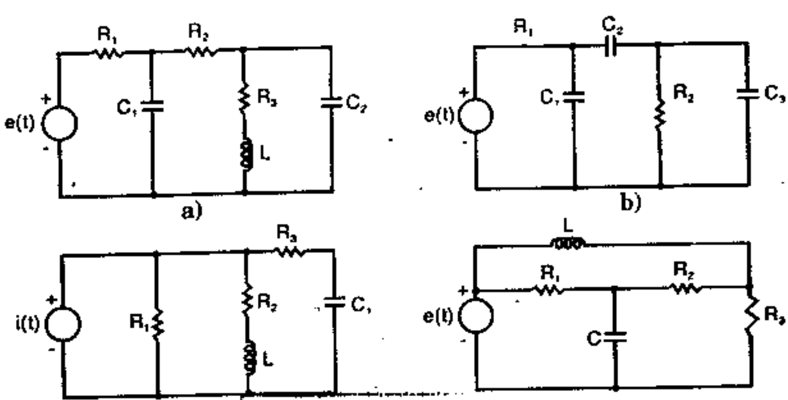


Hình 2.14

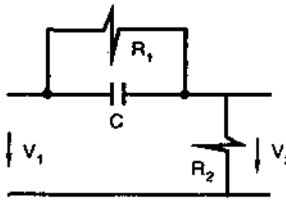
Các thông số và các biến (H.2.14) được định nghĩa như sau:

$\theta_m(t)$ - độ dịch chuyển của môtơ;	$e_o(t)$ - tín hiệu đầu ra
$T_m(t)$ - mômen của môtơ;	B_p - hệ số dịch chuyển của ma sát nhớt
B_m - hệ số ma sát nhớt của môtơ;	K - hằng số của lò xo xoắn
J_m - quán tính của môtơ;	$\theta_L(t)$ - độ dịch chuyển của tải trọng

2.17a Viết phương trình trạng thái cho các sơ đồ mạch điện trên hình 2.15. Lưu ý số biến trạng thái được chọn là tối thiểu. Viết dòng qua tụ và điện áp trên cuộn cảm là hàm của các biến trạng thái và đầu vào. Đặt điện áp trên tụ và dòng qua cuộn cảm là các biến trạng thái.



2.17b Tìm hàm truyền cho mạch điện:



2.18 Cho phương trình vi phân của hệ thống tuyến tính:

a) $\dfrac{d^2c(t)}{dt^2}+4\dfrac{dc(t)}{dt}+c(t)=5r(t)$

b) $2\dfrac{d^3c(t)}{dt^3}+3\dfrac{d^2c(t)}{dt^2}+5\dfrac{dc(t)}{dt}+c(t)=r(t)$

c) $\dfrac{d^3c(t)}{dt^3}+5\dfrac{d^2c(t)}{dt^2}+4\dfrac{dc(t)}{dt}+c(t)+\int_0^t c(\tau)d(\tau)=5r(t)$

d) $\dfrac{d^4c(t)}{dt^4}+1{,}5\dfrac{d^3c(t)}{dt^3}+3\dfrac{dc(t)}{dt}+2c(t)=r(t)$

Hãy viết phương trình trạng thái và phương trình tính đáp ứng đầu ra dạng ma trận vectơ.

2.19 Phương trình biến trạng thái của hệ tuyến tính được biểu diễn như sau: $\dot{x}(t)=Ax(t)+Bu(t)$

1- Tìm ma trận quá độ $\Phi(t)=e^{At}$, phương trình đặc trưng và giá trị riêng của A cho các trường hợp sau:

a) $A=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -2 & -1\end{bmatrix}$ $B=\begin{bmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix}$; **b)** $A=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -4 & -5\end{bmatrix}$ $B=\begin{bmatrix}1\\ 1\end{bmatrix}$

c) $A=\begin{bmatrix}-3 & 0\\ 0 & -3\end{bmatrix}$ $B=\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}$; **d)** $A=\begin{bmatrix}-1 & 0 & 0\\ 0 & -2 & 1\\ 0 & 0 & -2\end{bmatrix}$ $B=\begin{bmatrix}0\\ 1\\ 0\end{bmatrix}$

e) $A=\begin{bmatrix}-5 & 1 & 0\\ 0 & -5 & 1\\ 0 & 0 & -5\end{bmatrix}$ $B=\begin{bmatrix}0\\ 0\\ 1\end{bmatrix}$

2- Tìm $\Phi(t)$ và phương trình đặc trưng sử dụng CT máy tính.

2.20 Cho phương trình động học của hệ bất biến theo thời gian:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t); \quad c(t) = Dx(t)$$

với:
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & -2 & -3 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Tìm ma trận A_1 và B_1 sao cho phương trình trạng thái:

$$\dot{y}(t) = A_1 y(t) + B_1 u(t); \text{ với: } y(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ c(t) \\ \dot{c}(t) \end{bmatrix}$$

2.21 Cho các phương trình mô tả quá trình động học trong hệ điều khiển môtơ:

$$e_a(t) = R_a i_a + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + K_b \frac{d\theta_m(t)}{dt}$$

$$T_m(t) = J\frac{d^2\theta_m(t)}{dt^2} + B\frac{d\theta_m(t)}{dt} + K\theta_m(t); \quad T_m(t) = K_i i_a(t)$$

$$e_a(t) = K_a e(t); \quad e_a(t) = K_s[\theta_r(t) - \theta_m(t)]$$

a) Đặt biến trạng thái như sau:

$$x_1(t) = \theta_m(t); \qquad x_2(t) = \frac{d\theta_m(t)}{dt}; \qquad x_3(t) = i_a(t)$$

Viết phương trình trạng thái:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B\theta_r(t) \text{ và } c(t) = Dx(t) \text{ với: } c(t) = \theta_m(t)$$

b) Tìm hàm truyền $G(s) = \dfrac{\theta_m(s)}{E(s)}$; khi đường phản hồi từ $\theta_m(s)$ đến $E(s)$ bị ngắt. Tìm $M(s) = \dfrac{\theta_m(s)}{\theta_r(s)}$.

2.22 Sơ đồ phác họa của hệ thống điều khiển phản hồi trên hình 2.16.

Mômen động của động cơ:

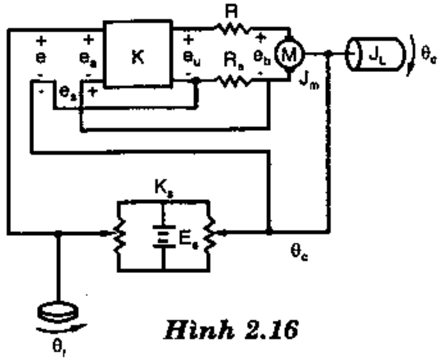
$T_m(t) = K_i i_a(t)$.

Các hằng số của hệ thống:

$K_S = 2$; $R = 2\Omega$; $R_s = 0,1\Omega$

$K_b = 5V/rad/s$; $K_i = 5Nm/A$

$L_a \cong 0H$; $J_m + J_L = 0,1Nms^2$; $B_m \cong 0$



Hình 2.16

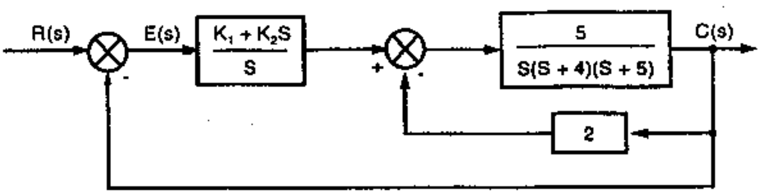
a) Giả thiết rằng các đơn vị đo là tương thích và không cần chuyển đổi, biến trạng thái được ký hiệu $x_1 = \theta_c$ và $x_2 = \frac{d\theta_c}{dt}$; đầu ra $c = \theta_c$. Viết phương trình trạng thái ở dạng ma trận vectơ sao cho ma trận A và B có dạng chính tắc biến - pha.

b) Giả sử $\theta_r(t)$ là hàm bậc thang đơn vị. Tìm $x(t)$ theo giá trị x(0) (trạng thái ban đầu của hệ). Sử dụng bảng biến đổi Laplace.

c) Tìm phương trình đặc trưng của A và giá trị riêng của A.

d) Nhận xét về tác dụng của điện trở phản hồi R_S.

2.23 Sơ đồ khối của hệ điều khiển có phản hồi được vẽ trên hình 2.17:



Hình 2.17

a) Tìm hàm truyền hở $\frac{C(s)}{E(s)}$ và hàm kín $\frac{C(s)}{R(s)}$

b) Viết phương trình động học dưới dạng:

$\dot{x}(t) = Ax(t) + Br(t)$; $\quad c(t) = Dx(t) + Er(t)$.

Tìm A, B, D và E theo các số hạng của thông số hệ thống.

c) Ứng dụng lý thuyết giá trị cuối tìm giá trị trạng thái xác lập của tín hiệu đầu ra c(t) với tín hiệu đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

Giả sử hàm truyền kín ổn định.

2.24 Hệ thống điều khiển kín được mô tả:

$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$; $u(t) = -Gx(t)$

$x(t) = n \times 1$: véctơ trạng thái

$u(t) = r \times 1$: véctơ đầu vào

$A = n \times n$: *ma trận giữa biến trạng thái* và đạo hàm bậc 1 của nó

$B = n \times r$ và $G = r \times n$: *ma trận phản hồi.*

a) Chứng minh rằng nghiệm của phương trình đặc trưng của hệ kín là giá trị riêng của A – BG.

b) Giả sử: $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -3 & -4 & -10 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$; $G = [g_1 \quad g_2 \quad g_3 \quad g_4]$

với các phần tử của G là các hằng số thực. Tìm phương trình đặc trưng của hệ kín. Xác định các phần tử của G sao cho giá trị riêng của A – BG là: –1; –1; –1 + j và –1 – j.

Kiểm tra kết quả nhận được bằng máy tính.

2.25 Hệ tuyến tính được mô tả bởi phương trình vi phân:

$$\frac{d^3c(t)}{dt^3} + 3\frac{d^2c(t)}{dt^2} + 3\frac{dc(t)}{dt} + c(t) = r(t)$$

a) Giả sử biến trạng thái đặt như sau:

$$x_1 = c\,;\; x_2 = \frac{dc}{dt} \text{ và } x_3 = \frac{d^2c}{dt^2}$$

Viết phương trình trạng thái của hệ dưới dạng ma trận véctơ.

b) Tìm ma trận quá độ Φ(t) của A.

c) Giả sử: $c(0) = 1$; $\frac{dc(0)}{dt} = 0$; $\frac{d^2c(0)}{dt} = 0$ và $r(t) = 1(t)$.

Tìm đáp ứng đầu ra *c(t)*.

d) Tìm phương trình đặc trưng của A và giá trị riêng của nó.

2.26 Hệ thống tuyến tính được mô tả bởi phương trình vi phân:

$$\frac{d^2c(t)}{dt^2} + 2\frac{dc(t)}{dt} + c(t) = r(t)$$

a) Đặt biến trạng thái: $x_1(t) = c(t)$; $x_2(t) = \frac{dc(t)}{dt}$.

Viết phương trình trạng thái dưới dạng ma trận vectơ. Tìm ma trận trạng thái quá độ $\Phi(t)$ của A.

b) Đặt biến trạng thái: $x_1(t) = c(t)$; $x_2(t) = c(t) + \frac{dc(t)}{dt}$.

Viết phương trình trạng thái dưới dạng ma trận vectơ.

Tìm ma trận trạng thái quá độ $\Phi(t)$ của A.

c) Hãy chứng minh rằng phương trình đặc trưng $[\mathrm{SI} - \mathrm{A}] = 0$ đối với câu **a** và câu **b** là đồng nhất.

2.27 Hệ thống gồm nhiều biến tuyến tính được mô tả bởi phương trình vi phân như sau: $\frac{d^2c_1(t)}{dt^2} + \frac{dc_1(t)}{dt} + 3c_1(t) - 5c_2(t) = r_1(t)$

$$\frac{d^2c_1(t)}{dt^2} + 2c_1(t) + c_2(t) = r_2(t)$$

a) Biến trạng thái được đặt:

$$x_1(t) = c_1(t)\,;\quad x_2(t) = \frac{dc_1(t)}{dt}\,;\quad x_3(t) = c_2(t)\,;\quad x_4(t) = \frac{dc_2(t)}{dt}$$

Viết phương trình trạng thái dạng ma trận vectơ.

b) Lập quan hệ hàm truyền giữa đầu vào và đầu ra dạng ma trận.

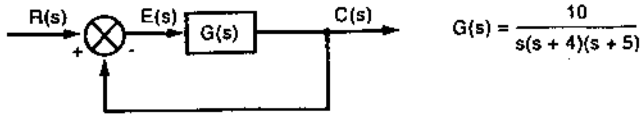
2.28 Vẽ sơ đồ trạng thái của hàm truyền sau bằng cách phân tích trực tiếp:

a) $G(s) = \frac{10}{s^3 + 8{,}5s^2 + 20{,}5s + 15}$; **b)** $G(s) = \frac{5(s+1)}{s(s+2)(s+10)}$

c) $G(s) = \frac{10(s+2)}{s^2(s+1)(s+3{,}5)}$; **d)** $G(s) = \frac{1}{s(s+5)(s^2+2s+2)}$

Cho biến trạng thái tăng bậc từ phải qua trái. Viết phương trình trạng thái từ sơ đồ trạng thái sao cho phương trình có dạng biến pha chính tắc.

2.29 Sơ đồ khối của hệ có phản hồi âm một đơn vị được mô tả như trên hình 2.18.



Hình 2.18

a) Vẽ sơ đồ trạng thái cho hệ bằng cách phân tích trực tiếp hàm truyền hở *G(s)*. Cho bậc biến trạng thái tăng từ phải qua trái, thêm vào những điểm biến trạng thái liên quan và sơ đồ trạng thái phải chứa các điểm của *R(s)*, *E(s)* và *C(s)*.

b) Viết phương trình động học của hệ dạng ma trận vectơ.

c) Tìm phương trình đặc trưng trạng thái của hệ sử dụng phương trình trạng thái đã tìm ở phần (b). Vectơ trạng thái điều kiện ban đầu là $x(0)$ và $r(t) = u_s(t) = 1(t)$.

d) Tìm *c(t)* cho $t \geq 0$ với trạng thái đầu $x(0)$ và $r(t) = u_s(t)$.

2.30 Với sơ đồ khối và G(s) như trên hình 2.18, bài 2.29:

a) Tìm hàm truyền kín của hệ: $\dfrac{C(s)}{R(s)}$.

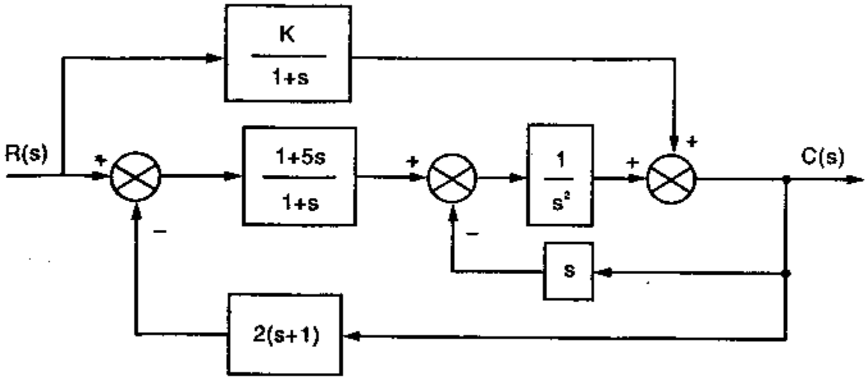
b) Vẽ sơ đồ trạng thái bằng cách phân tích trực tiếp hàm truyền kín $\dfrac{C(s)}{R(s)}$.

c) Cho biến trạng thái tăng bậc từ phải qua trái và viết phương trình trạng thái dạng ma trận vectơ.

d) Tìm phương trình đặc trưng của hệ sử dụng phương trình trạng thái đã tìm ở phần (c). Vectơ trạng thái ban đầu là $x(0)$ và $r(t) = u_s(t)$.

e) Tìm đầu ra *c(t)* cho $t \geq 0$ với trạng thái ban đầu $x(0)$, và $r(t) = u_s(t)$.

2.31 Cho sơ đồ khối trên hình 2.19.



Hình 2.19

a) Tìm hàm truyền: $\dfrac{C(s)}{R(s)}$

b) Tìm phương trình (PT) đặc trưng của hệ. Tìm nghiệm của PT đặc trưng, Hãy chứng minh rằng các nghiệm không phải là hàm của K.

c) Với $K = 1$ vẽ sơ đồ trạng thái của hệ từ phân tích $C(s)/R(s)$, sử dụng số bộ tích phân là ít nhất.

d) Lặp lại phần **c)** với $K = 4$.

e) Tìm giá trị của K sao cho hệ thống không điều khiển và quan sát được.

2.32 Cho hàm truyền của hệ điều khiển tuyến tính:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{s+\alpha}{s^3+7s^2+14s+8}$$

a) Tìm các giá trị của α, sao cho hệ hoặc không thể điều khiển hoặc không thể quan sát được.

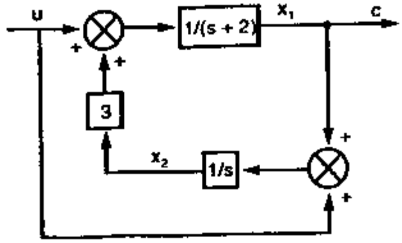
b) Với các giá trị của α ở phần (a). Tìm các biến trạng thái để có một trường hợp không thể điều khiển được.

c) Với các giá trị của α ở phần (a). Tìm các biến trạng thái để có một trường hợp không thể quan sát được.

2.33 Xác định tính điều khiển và tính quan sát được của hệ cho ở hình 2.20 bằng các phương pháp:

a) Các điều kiện cho các ma trận A, B, D, E.

b) Các điều kiện từ sự triệt tiêu cực zero của các hàm truyền.



Hình 2.20

2.34 Cho phương trình biến trạng thái:

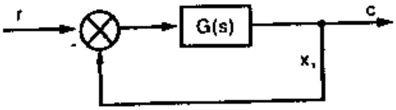
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} r$$

$r(t) = 1(t)$, điều kiện ban đầu bằng 0.

a) Tính ma trận quá độ $\Phi(t)$

b) Tìm đáp ứng thời gian $x_2(t)$ và $x_1(t)$

2.35 Cho sơ đồ khối hình 2.21



$$G(s) = \frac{15{,}4(s + 0{,}2)}{s(s + 5{,}02)(s + 0{,}01247)}$$

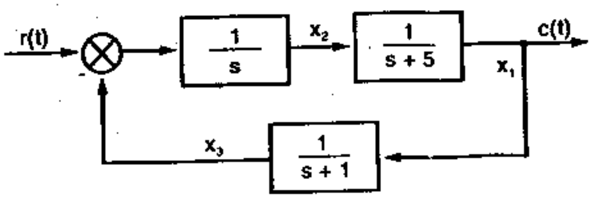
Hình 2.21

Thành lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ thống có sơ đồ cấu trúc hình vẽ.

2.36 Nếu cho: $G(s) = \dfrac{5s + 100}{s^4 + 8s^3 + 32s^2 + 80s + 100}$.

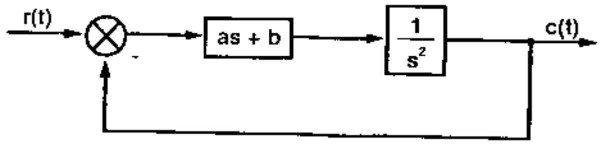
Thành lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ.

2.37 Cho sơ đồ khối hình 2.22. Lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ.



Hình 2.22

2.38 Cho sơ đồ khối hình 2.23.



Hình 2.23

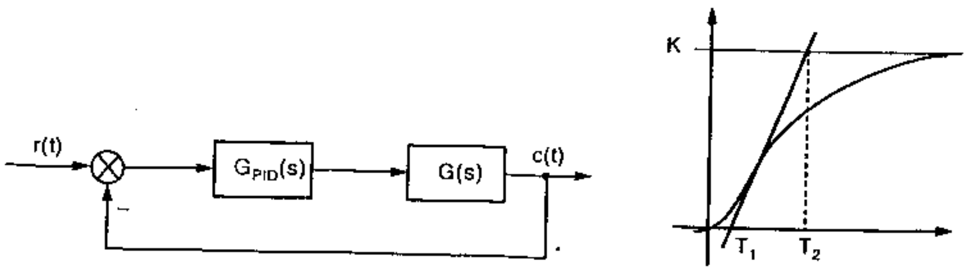
a) Lập hệ phương trình biến trạng thái.

b) Tính $c(t)$ nếu $r(t) = 1(t)$; điều kiện đầu = 0 với $a = 2$; $b = 3$.

2.39 Cho hàm truyền: $G(s) = \dfrac{6{,}3223s^2 + 18s + 12{,}811}{s^4 + 6s^3 + 11{,}3223s^2 + 18s + 12{,}811}$.

Tìm hệ phương trình biến trạng thái.

2.40 Cho sơ đồ khối hình 2.24a.



a) b)

$r(t) = 1(t)$; $G_{PID}(s) = K_p[1 + 1/(T_i s) + T_d s]$; $G(s) = \dfrac{Ke^{-T_1 s}}{1 + sT_2}$

G(s): hàm truyền đối tượng (lò nhiệt) với T_1 thời gian chậm trễ và T_2 là hằng số thời gian quán tính của lò nhiệt. Hiệu chỉnh đạt độ vọt lố khoảng 25%.

Hình 2.24

a) Xác định thông số khâu hiệu chỉnh PID theo phương pháp 1 của Ziegler – Nichols: $G_{PID}(s) = 0{,}6T_2(s + 1/T_1)^2/s$

b) Thành lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ.

2.41 Cũng sơ đồ như hình 2.24a với $r(t) = 1(t)$; $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1)(s+5)}$

Theo phương pháp 2 của Ziegler - Nichols ta có:

$$G_{PID}(s) = 0{,}075K_{gh}T_{dd}\frac{(s + 4/T_{dd})^2}{s}$$

trong đó: K_{gh} - hệ số khuếch đại giới hạn khi chưa hiệu chỉnh

T_{dd} - chu kỳ dao động ứng với K_{gh}

$T_{dd} = 2\pi/\omega_{dd}$; ω_{dd} - tần số dao động ứng với K_{gh}.

a) Xác định thông số khâu hiệu chỉnh sao cho độ vọt lố đạt 25% theo phương pháp 2 của Ziegler - Nichols.

b) Lập hệ phương trình biến trạng thái.

2.42 Cho hàm truyền kín:

$$G_K(s) = \frac{s+a}{(s+b)(s+c)} = \frac{C(s)}{R(s)}; \quad a = 10; \quad b = 5; \quad c = 3$$

a) Viết hệ phương trình biến trạng thái cho hệ thống.

b) Tìm ma trận quá độ $\Phi(t)$.

c) Với $r(t) = 10.1(t)$ và điều kiện ban đầu bằng không. Tính nghiệm biến trạng thái và đáp ứng $c(t)$.

2.43 Cho hàm truyền kín:

$$G_K(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{s+10}{(s+5)(s+3)}; \; r(t) = 10.1(t)$$

điều kiện ban đầu bằng không.

a) Dùng phương pháp Lurie tính $c(t)$.

b) Viết phương trình biến trạng thái ở dạng thường.

2.44 Hệ tuyến tính theo thời gian được mô tả bởi phương trình trạng thái sau: $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$; với: $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -4 & -3 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

Hệ kín được mô tả bởi trạng thái hồi tiếp, sao cho $u(t) = -Gx(t)$ với $G = [g_1 \quad g_2 \quad g_3]$ và g_1, g_2, g_3 là các hằng số thực. Xác định điều kiện ràng buộc các phần tử của G để hệ kín ổn định.

2.45 Cho hàm truyền hệ kín: $\dfrac{C(s)}{R(s)} = \dfrac{1}{s^2+4s+3}$

a) Vẽ sơ đồ hệ phương trình biến trạng thái cho hệ (qua khâu tích phân, cộng đảo, bộ so sánh ...).

b) Graph tín hiệu cho hệ trên.

c) Giải tìm nghiệm biến trạng thái với giá trị hằng $x_1(0)$ và $x_2(0)$; $r(t) = 1(t)$.

d) Tìm $c(t)$ khi $r(t) = sin(t)$; $x_1(0) = 1$ và $x_2(0) = 0$. Đặt $x_1(t) = c(t)$.

2.46 Cho hàm truyền kín: $\dfrac{C(s)}{R(s)} = \dfrac{20s+1}{s^4+4s^3+3s^2+2s+1}$

a) Lập hệ phương trình biến trạng thái và vẽ graph tín hiệu cho hệ.

b) Biểu thức tính tín hiệu ra theo phương trình (a).

2.47 Cho hệ: $\dot{x}_1(t) = -8x_1(t) + 4x_2(t)$

$\dot{x}_2(t) = 4x_1(t) - 2x_2(t)$

a) Tính ma trận quá độ của hệ.

b) Tính đáp ứng $x_1(t)$ và $x_2(t)$ khi $x_1(0) = 2$; $x_2(0) = 1$.

c) Sau thời gian bao lâu $x_1(t)$ và $x_2(t)$ bằng nhau.

2.48 Cho hàm truyền kín: $\dfrac{C(s)}{R(s)} = \dfrac{s^2+4s+1}{s^3+9s^2+8s} = \dfrac{s^{-1}+4s^{-2}+s^{-3}}{1+9s^{-1}+8s^{-2}}$

a) Lập sơ đồ hệ phương trình biến trạng thái cho hệ.

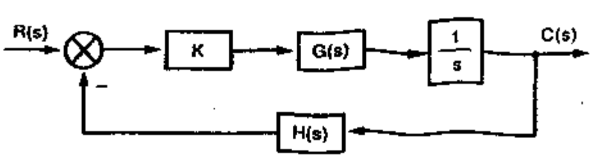
b) Vẽ graph tín hiệu đi qua $R(s)$, $E(s)$ và $C(s)$.

Ký hiệu: sai lệch $e(t) \div E(s) = R(s) - C(s)$.

2.49 Cho sơ đồ khối hình 2.25.

a) Vẽ graph tín hiệu.

b) Lập hệ phương trình biến trạng thái và tính đáp ứng ra khi $r(t) = 1(t)$, điều kiện đầu bằng 0.



$G(s) = \dfrac{(s+1)^2}{(s^2+0{,}09)}$

$H(s) = 1$; $K = 0{,}1$

Hình 2.25

2.50 Cho hàm truyền: $\dfrac{C(s)}{U(s)} = \dfrac{s+1}{s(s^2+7s+1)}$

a) Vẽ graph tín hiệu và lập biểu thức tính đáp ứng ra cho hệ.

b) Tính ma trận quá độ.

2.51 Cho hệ phương trình biến trạng thái:

$$\dot{x}_1(t) = -4x_1(t) + 2x_2(t); \quad \dot{x}_2(t) = 2x_1(t) - x_2(t)$$

a) Tính ma trận quá độ

b) Xác định $x_1(t)$ và $x_2(t)$. Biết: $x_1(0) = 200$; $x_2(0) = 10$

c) Tìm thời gian $x_1(t)$ bằng $x_2(t)$

2.52 Cho hàm truyền: $$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

a) Vẽ graph tín hiệu

b) Lập hệ phương trình biến trạng thái

c) Tìm *c(t)* biết điều kiện đầu tại $t = t_o$

d) Vẽ *c(t)* ứng với $\xi = 0{,}707$ và $\omega_n = 1$; $r(t) = 1(t)$

2.53 Cho ma trận hàm truyền:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -\dfrac{K}{T_1T_2} & -\dfrac{1}{T_1T_2} & -\dfrac{(T_1+T_2)}{T_1T_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dfrac{K}{T_1T_2} \end{bmatrix} r(t)$$

a) Chuyển đổi hệ phương trình biến trạng thái về dạng hàm truyền vòng hở *G(s)* phản hồi âm một đơn vị với tín hiệu vào là *r(t)* và ra *c(t)*. Biết rằng $c(t) = x_1(t)$.

b) Tính hệ số khuếch đại K_{gh} theo giá trị biết trước của hằng số thời gian T_1 và T_2.

2.54 Cho phương trình đặc tính của hệ thống kín:

$$s^4 + 3s^3 + s^2 + 9s + 12 = 0$$

Hãy xét ổn định của hệ thống và cho biết có bao nhiêu nghiệm nằm bên phải mặt phẳng phức.

2.55 Cho phương trình đặc tính của hệ thống kín:

a) $s^5 + 2s^4 + 2s^3 + 4s^2 + 6s + 8 = 0$

b) $s^4 + 4s^3 + 7s^2 + 16s + 12 = 0$

Hãy xét ổn định và cho biết có bao nhiêu nghiệm nằm bên phải mặt phẳng phức?

2.56 Hãy vẽ quĩ đạo nghiệm số của các hệ thống sau:

a) $G(s) = \dfrac{K(s+6)}{(s+2)(s^2+8s+25)}$

b) $G(s) = \dfrac{400}{s(s+6)(s+a)}$ (vẽ theo tham số a) $TN\dfrac{da}{ds} = 0$ tại $s = 3{,}03$

c) $G(s) = \dfrac{K(s+3)}{s(s+1)}$ d) $G(s) = \dfrac{K}{s(s+2)(s+3)}$

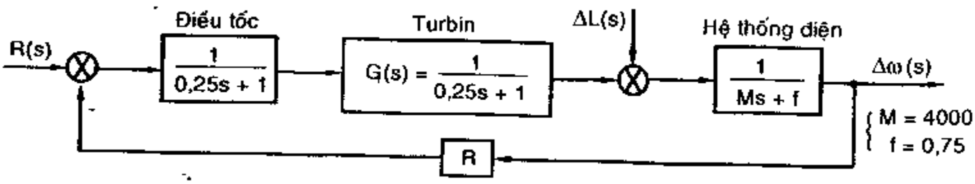
e) $G(s) = \dfrac{K(s+1)}{s(s+3)(s+5)^2}$ f) $G(s) = \dfrac{K(s+2)}{s^2(s+3)}$

g) $G(s) = \dfrac{K(s+2)}{s^2-4s+20}$ h) $G(s) = \dfrac{K(s+1)}{s(s+3)(s^2+8s+20)}$

i) $G(s) = \dfrac{24s+K}{s^2(s+9)}$; **k)** Vẽ quỹ đạo nghiệm $GH(s) = \dfrac{K}{s(s+1)^2}$

l) 1- Dùng quỹ đạo nghiệm xác định R để hệ số đệm của cả hệ thống $\xi > 0{,}6$.

2- Tính sự biến thiên tốc độ $\Delta\omega$ gây ra bởi tải ΔL (trạng thái xác lập)



2.57 Phát biểu và chứng minh tiêu chuẩn ổn định Nyquist.

2.58 Vẽ biểu đồ Bode, Nyquist, biểu đồ pha, biểu đồ đáp ứng quá độ của khâu quán tính bậc 1.

2.59 Vẽ biểu đồ Bode của hệ thống sau (đường tiệm cận)

$$G(s) = \frac{K(0{,}05s+1)}{s(0{,}02s+1)(0{,}01s+1)^2(0{,}04s^2+0{,}4\xi s+1)}, \quad (0<\xi<1)$$

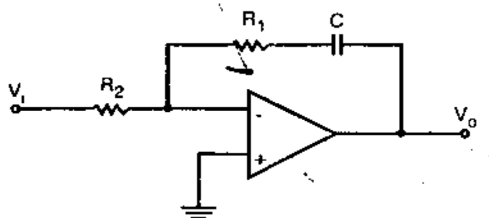
2.60 Cho hệ thống có dạng tổng quát:

$$G(s) = \frac{A_o s^M + A_1 s^{M-1} + ... + A_M}{B_o s^N + B_1 s^{N-1} + ... + B_N}$$

Hãy cho biết giải thuật để tính và vẽ biểu đồ Nyquist bằng máy tính.

2.61 Cho mạch điện hình 2.26.

$R_1 = 100$; kΩ $R_2 = 10$; kΩ; $C = 0{,}01\mu$F



Hình 2.26

Dùng ngôn ngữ Pascal để lập trình và vẽ biểu đồ Nyquist trên máy tính.

2.62 Có thể dùng tiêu chuẩn ổn định Routh - Hurwitz để phân tích ổn định của các hệ sau được không?

a) Hệ dữ liệu liên tục có phương trình đặc trưng:

$$s^4 + 5s^3 + 2s^2 + s + e^{-2s} = 0$$

b) $$s^4 + 5s^3 + 3s^2 + Ks + K^2 = 0$$

2.63 Cho hai hàng đầu bảng Routh của phương trình bậc 3:

$$\begin{array}{ccc} s^3 & 2 & 2 \\ s^2 & 4 & 4 \end{array}$$

Chọn câu trả lời đúng trong các câu sau:

a) Phương trình có một nghiệm nằm ở nửa mặt phẳng phải của mặt phẳng s.

b) Phương trình có hai nghiệm nằm trên trục jω:

$s = j$; $s = -j$, nghiệm thứ ba nằm ở nửa mặt trái

c) Phương trình có hai nghiệm nằm trên trục jω:

$s = 2j$ và $s = -2j$, nghiệm thứ ba nằm trên nửa mặt phẳng phải

d) Phương trình có hai nghiệm nằm trên trục jω:

$s = 2j$ và $-2j$, nghiệm thứ ba nằm trên nửa mặt phẳng trái

2.64 Ứng dụng tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz xác định tính ổn định của hệ điều khiển kín được mô tả bởi các phương trình đặc trưng sau. Xác định số nghiệm nằm trên nửa mặt phải hay trên trục jω của từng phương trình đã cho:

a) $s^3+20s^2+10s+400=0$ **b)** $s^3+20s^2+10s+100=0$

c) $2s^4+10s^3+5s^2+5s+10=0$ **d)** $s^4+2s^3+6s^2+8s+1=0$

e) $s^6+5s^5+8s^4+15s^3+20s^2+16s+16=0$

f) $s^4+2s^3+10s^2+20s+5=0$

2.65 Đối với từng phương trình đặc trưng của hệ điều khiển có hồi tiếp, hãy xác định K sao cho hệ ổn định. Xác định giá trị K để hệ ở biên giới ổn định và tần số dao động của hệ:

a) $s^4+20s^3+15s^2+2s+K=0$ **b)** $s^4+2Ks^3+2s^2+(1+K)s+2=0$

c) $s^3+(K+1)s^2+Ks+50=0$ **d)** $s^3+Ks^2+5s+10=0$

2.66 Hàm truyền của hệ điều khiển phản hồi âm một đơn vị:

$$G(s).H(s)=\frac{K(s+2)}{s(1+Ts)(1+2s)}$$

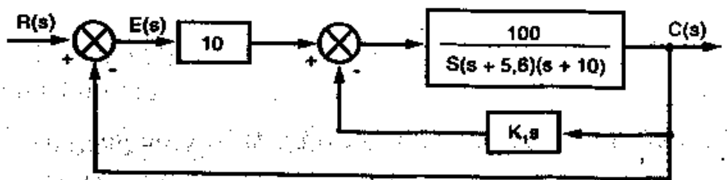
Các thông số K và T được biểu diễn trong một mặt phẳng với K trên trục nằm ngang và T trên trục thẳng đứng. Xác định vùng ổn định và không ổn định của hệ kín trong mặt phẳng hai thông số K và T.

2.67 Cho hàm truyền hở của hệ điều khiển phản hồi âm một đơn vị:

a) $G(s)=\dfrac{K(s+5)(s+40)}{s^3(s+200)(s+1000)}$; **b)** $G(s)=\dfrac{K(s+10)(s+20)}{s^2(s+2)}$

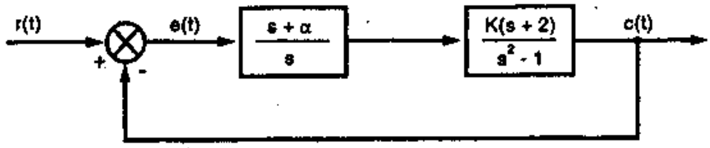
Ứng dụng tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz, xét ổn định của hệ kín như một hàm theo K. Xác định giá trị K sao cho trong hệ duy trì được dao động với biên độ không đổi và tính tần số dao động.

2.68 Sơ đồ khối của hệ điều khiển môtơ có bộ phản hồi là máy phát tốc. Tìm giới hạn của K_t để hệ kín ổn định, sơ đồ hình 2.27.



Hình 2.27

2.69 Cho sơ đồ khối của hệ điều khiển trên hình 2.28. Tìm miền trong mặt phẳng K - α để hệ ổn định (K nằm trên trục tung, α nằm trên trục hoành).



Hình 2.28

2.70 Hệ thống điều khiển nồng độ ở câu 1-10 (Hệ thống điều khiển tự động) có hàm truyền của các khâu như sau:

Bộ điều khiển: $G_c(s) = \dfrac{0,628 + 9,1s}{10s}$; Van: $G_1(s) = \dfrac{10}{s+1}$

Bồn khuấy: $G(s) = \dfrac{s(s+1)}{1+50s}e^{-\tau s}$

Bộ đo nồng độ: $G_2(s) = 1/s$

a) Xét ổn định hệ thống với $\tau = 2$.

b) Tìm điều kiện của τ để hệ ổn định. Nêu ý nghĩa khâu $e^{-\tau s}$ trong hệ thống.

2.71 Cho hàm truyền hở một hệ điều khiển tự động phản hồi âm một đơn vị:

$$G(s) = \frac{K}{s(s+2)}$$

a) Với $K = 20$, tìm độ dự trữ pha.

b) Nếu $G(s) = \dfrac{K}{s(0,5s+1)}\dfrac{T_1(s+1)}{66,6s+1}$. Tìm T_1 để hệ có pha dự trữ là $45°$.

c) Nếu $G(s) = \dfrac{K}{s(0,5s+1)}.\dfrac{(1/4,8)s+1}{T_2s+1}$.

Tìm T_2 để hệ có độ dự trữ pha là $45°$

2.72 Cho hàm truyền hở hệ phản hồi âm một đơn vị: $G(s) = \dfrac{0,628+9,1s}{s(1+50s)}$.

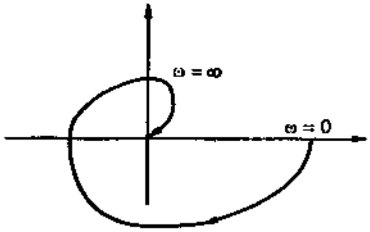
a) Dùng biểu đồ Bode xét ổn định cho hệ kín. Tính pha dự trữ.

b) Cũng câu hỏi như trên với: $G(s) = \dfrac{0,628+9,1s}{s(1+50s)}e^{-2s}$

2.73 Cho hệ thống hở:

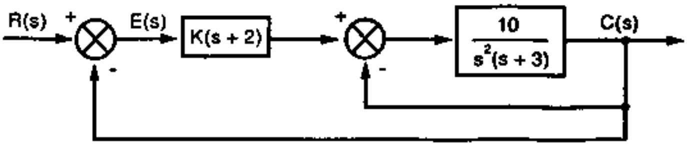
$$G(s) = \frac{K}{(Ts+1)^n};\ K > 0;\ T > 0;\ n > 2$$

Biểu đồ Nyquist ứng với $n = 4$ có dạng như hình 2.29. Áp dụng tiêu chuẩn Nyquist, tìm điều kiện của K và T để hệ thống kín phản hồi âm một đơn vị ổn định.



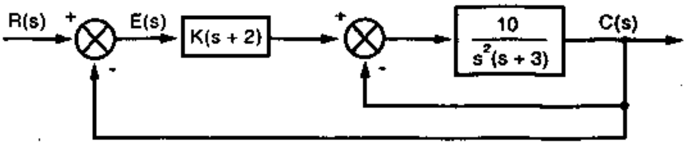
Hình 2.29

2.74 **Xét hệ điều khiển trên hình 2.30. Hãy xác định khoảng biến thiên của K để hệ ổn định. Vẽ biểu đồ Nyquist.**



Hình 2.30

2.75 Xét hệ hai vòng kín trên hình 2.31. Viết phương trình vẽ đường cong Nyquist. Dùng tiêu chuẩn ổn định Nyquist để xác định với giá trị nào của K thì hệ ở trạng thái ổn định.



Hình 2.31

2.76 Cho hàm truyền hở *G(s) H(s)* của hệ điều khiển kín phản hồi âm một đơn vị như sau:

a) $G(s)H(s) = \dfrac{20}{s(1+0{,}1s)(1+0{,}5s)}$

b) $G(s)H(s) = \dfrac{100(1+s)}{s(1+0{,}1s)(1+0{,}2s)(1+0{,}5s)}$

c) $G(s)H(s) = \dfrac{10}{s^2(1+0{,}2s)(1+0{,}5s)}$ d) $G(s)H(s) = \dfrac{5(s-2)}{s(s+1)(s-1)}$

e) $G(s)H(s) = \dfrac{50}{s(s+5)(s-1)}$ f) $G(s)H(s) = \dfrac{3(s+2)}{s(s^3+3s+1)}$

g) $G(s)H(s) = \dfrac{0{,}1}{s(s+1)(s^2+s+1)}$ h) $G(s)H(s) = \dfrac{100}{s(s+1)(s^2+2)}$

i) $G(s)H(s) = \dfrac{s^2 - 5s + 2}{s(s^3 + 2s^2 + 2s + 10)}$

Viết phương trình vẽ đường cong Nyquist của *G(jω)H(jω)* **cho $\omega = 0$, $\omega = \infty$. Xác định trạng thái ổn định của hệ kín. Nếu hệ không ổn định, tìm số các cực của hàm truyền ở bên phải mặt phẳng s.**

2.77 Cho hàm truyền *G(s)H(s)* **của hệ điều khiển phản hồi âm một đơn vị. Ứng dụng tiêu chuẩn Nyquist xác định giá trị của** *K* **sao cho hệ ổn định. Vẽ biểu đồ Nyquist** *G(jω)H(jω)* **với $K = 1$ cho $\omega = 0$, $\omega = \infty$ (sử dụng PC)**

a) $G(s)H(s) = \dfrac{K}{s(s+2)(s+10)}$ b) $G(s)H(s) = \dfrac{K(s+1)}{s(s+2)(s+5)(s+10)}$

c) $G(s)H(s) = \dfrac{K(s+2)}{s(s^3 + 3s + 1)}$ d) $G(s)H(s) = \dfrac{K(s^2 - 5s + 2)}{s(s^3 + 2s^2 + 2s + 10)}$

2.78 Cho hàm truyền hở phản hồi âm một đơn vị: $G(s) = \dfrac{K}{(s+5)^n}$.

với: $n = 2$; $n = 3$; $n = 4$. Với $K = 1$, vẽ biểu đồ Nyquist $G(j\omega)$ cho $\omega = 0$, $\omega \to \infty$. Xác định vùng ổn định của hệ kín cho từng trường hợp.

2.79 Cho các biểu đồ Nyquist của hàm truyền *G(jω)H(jω)*, $\omega = 0$, $\omega = \infty$ **của hệ điều khiển kín phản hồi âm một đơn vị. Số các cực trên trục jω và bên phải mặt phẳng s đã chỉ ra cho mỗi trường hợp trên hình 2.32. Ứng dụng tiêu chuẩn Nyquist xem hệ kín có ổn định không. Ký hiệu:**

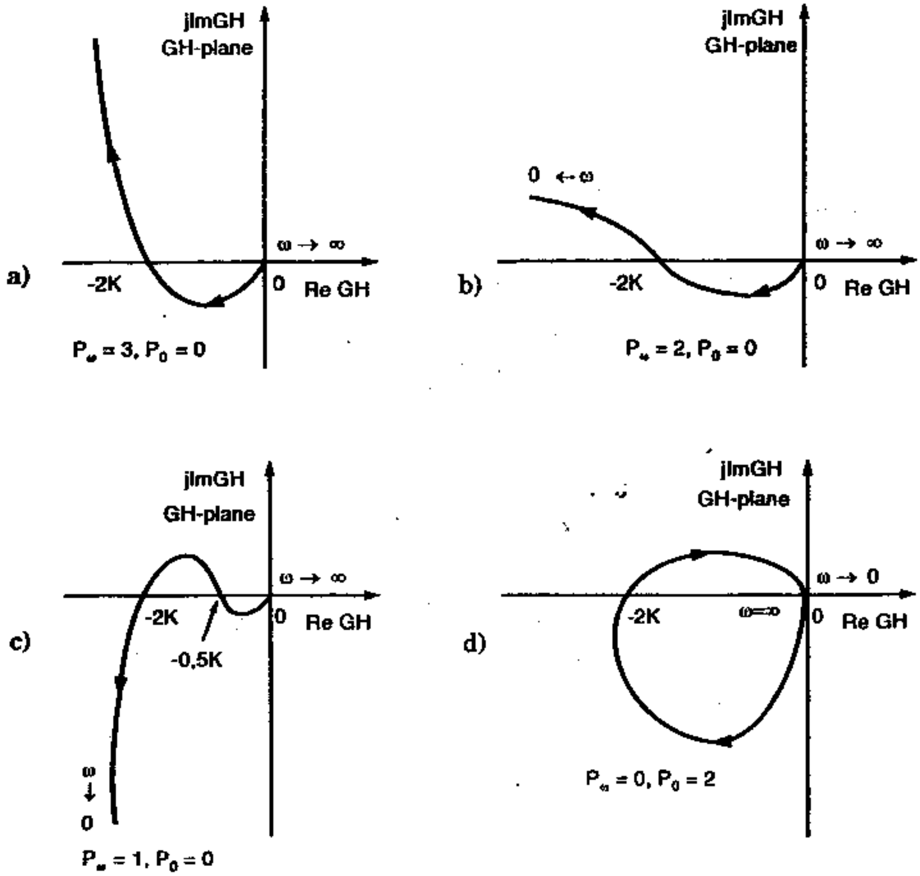
P_{-1} - **số nghiệm cực phải của phương trình đặc trưng hệ kín** *1+ G(s)H(s).*

P_{ω} - **số nghiệm cực nằm trên trục ảo jω của** *G(s)H(s)*

Z_o - **số nghiệm zero nằm bên phải mặt phẳng phức số của** *G(s)H(s)*

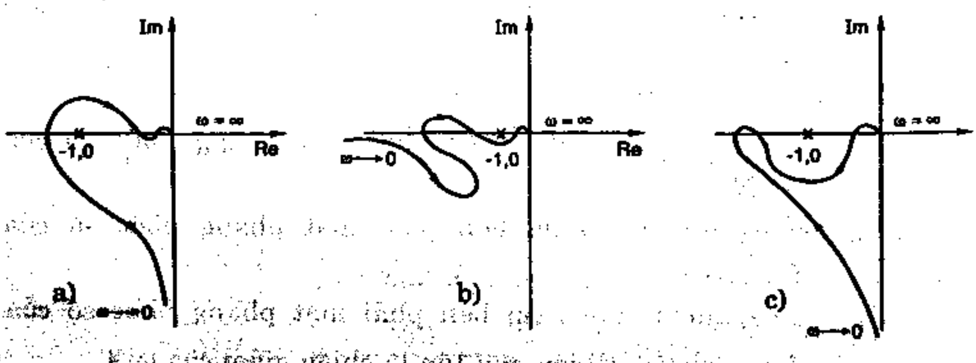
P_o - **số nghiệm cực nằm bên phải mặt phẳng phức số của** *G(s)H(s)*

Z_{-1} - **số nghiệm zero nằm bên phải mặt phẳng phức số của** *1 + G(s)H(s).* **Chiều mũi tên là chiều giảm của ω.**



Hình 2.32

2.80 Cho các biểu đồ Nyquist $G(j\omega)$ ($\omega = 0$, $\omega = \infty$) có dạng như trên hình 2.33. Hãy xác định tính ổn định của hệ kín và số nghiệm phải nếu có. Biết rằng hệ hở không có nghiệm nào nằm bên phải mặt phẳng phức số.

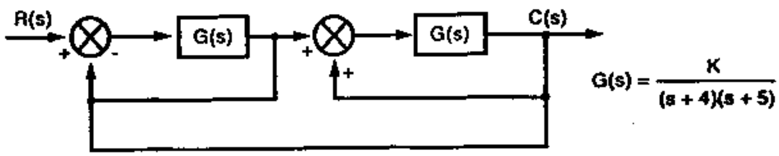


Hình 2.33

2.81 Sơ đồ khối của hệ điều khiển có phản hồi như hình 2.34.

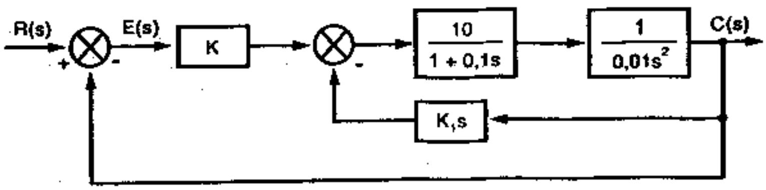
a) Ứng dụng tiêu chuẩn Nyquist xác định vùng K để hệ ổn định.

b) Kiểm tra lại kết quả câu a bằng tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz.



Hình 2.34

2.82. Cho sơ đồ khối hệ điều khiển động cơ DC như hình 2.35. Với giá trị nào của K thì hệ ổn định, theo tiêu chuẩn Nyquist. Cho ba trường hợp $K_t = 0$; $K_t = 0{,}01$; $K_t = 0{,}1$.



Hình 2.35

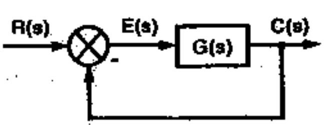
2.83 Cho hệ điều khiển phản hồi âm một đơn vị có hàm truyền hở:

$$G(s) = \frac{K(1+0{,}2s)(1+0{,}1s)}{s^2(1+s)(1+0{,}01s)^2}$$

1- Xây dựng biểu đồ Bode và Nyquist của $G(j\omega)/K$ và xác định miền K để hệ ổn định. Dùng chương trình MATLAB.

2- Xây dựng quỹ đạo nghiệm của hệ cho $K > 0$. Xác định các giá trị của K và ω tại điểm mà ở đó quỹ đạo nghiệm cắt trục jω (dùng chương trình quỹ đạo nghiệm số và Muller).

2.84 Dùng tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz, xét xem hệ thống điều khiển phản hồi trên hình 2.36 có ổn định không



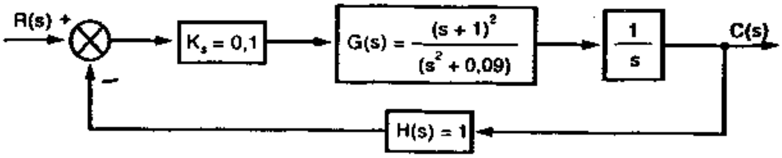
Hình 2.36

đối với các hàm truyền sau:

a) $G(s)=\dfrac{100}{s(s^2+8s+24)}$ b) $G(s)=\dfrac{3s+1}{s^2(300s^2+600s+50)}$

c) $G(s)=\dfrac{24}{s(s+2)(s+4)}$ d) $G(s)=\dfrac{0,2(s+2)}{s(s+0,5)(s+0,8)(s+3)}$

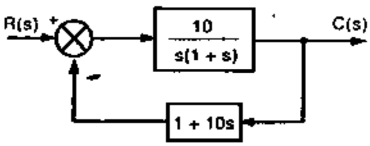
2.85 Cho hệ thống điều khiển độ sâu tàu ngầm như sau:



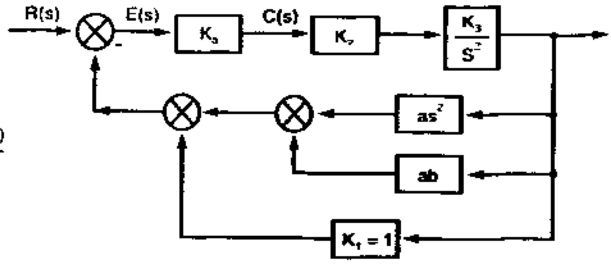
Hình 2.37

Dùng tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz xét xem hệ có ổn định với các thông số đã cho hay không.

2.86 Dùng tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz, xét xem hệ thống điều khiển hồi tiếp ở hình 2.38 có ổn định hay không?



Hình 2.38



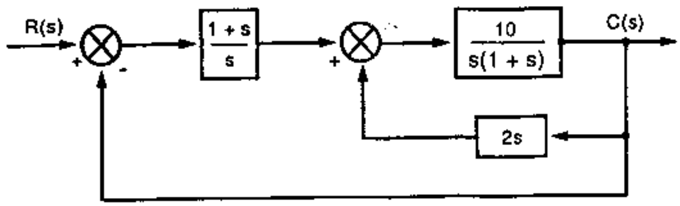
Hình 2.39

2.87 Các hệ thống điều khiển tự động đang được phát triển không ngừng trong ngành vận tải đường sắt. Một hệ thống giao thông đường sắt cao tốc được ca ngợi nhiều đang hoạt động ở Nhật. Sơ đồ khối tương đương của hệ thống phanh tự động thường gặp trong các xe lửa cao tốc như hình 2.39.

a) Xác định biểu đồ tín hiệu SFD (*SFD- Signal-Flow Diagram*), vẽ graph tín hiệu và thành lập phương trình đặc tính của hệ thống.

b) Sử dụng tiêu chuẩn Routh-Hurwitz, xác định giá trị cho phép của hệ số khuếch đại K_a để hệ thống ổn định. Giả sử các thông số khác được cho sau đây: $K_1 = 1$, $K_2 = 1000$, $K_3 = 0{,}001$; $a = 0{,}1$; $b = 0{,}1$.

2.88 Sử dụng tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz. Xét xem hệ thống điều khiển phản hồi ở hình 2.40 có ổn định hay không?



Hình 2.40

2.89 Bằng phương pháp tần số Nyquist, hãy xét xem các hệ thống hồi tiếp biểu diễn bởi các hàm truyền $G(j\omega)H(j\omega)$ dưới đây có ổn định không?

a) $$G(j\omega)H(j\omega) = \frac{10}{(1+j\omega)(1+2j\omega)(1+3j\omega)}$$

b) $$G(j\omega)H(j\omega) = \frac{10}{j\omega(1+j\omega)(1+10j\omega)}$$

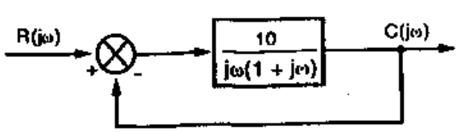
c) $$G(j\omega)H(j\omega) = \frac{10}{(j\omega)^2(1+0{,}1j\omega)(1+0{,}2j\omega)}$$

d) $$G(j\omega)H(j\omega) = \frac{2}{(j\omega)^2(1+0{,}1j\omega)(1+10j\omega)}$$

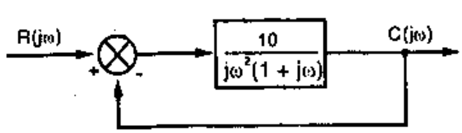
Không cần vẽ chính xác giá trị $G(j\omega)H(j\omega)$ đối với mọi tần số, chỉ nên xác định một vài điểm cần thiết.

2.90 Bằng phương pháp tần số Nyquist, hãy xác định xem hệ thống minh họa ở hình 2.41 có ổn định hay không?

2.91 Xét xem hệ thống minh họa ở hình 2.42 có ổn định hay không bằng tiêu chuẩn tần số Nyquist?



Hình 2.41



Hình 2.42

2.92 Hàm truyền vòng hở của một hệ thống phản hồi âm đơn vị được cho như sau: $G(s) = \dfrac{10}{s^2(1+s^2)}$

a) Vẽ đường cong Nyquist cho hệ thống điều khiển này.

b) Hệ thống ổn định hay không ổn định? Nếu hệ không ổn định, hãy xác định số nghiệm nằm bên phải mặt phẳng phức.

2.93 Hàm truyền vòng hở của một hệ thống phản hồi âm một đơn vị được cho như sau: $G(s) = \dfrac{10}{s^2(1+s)^2}$

a) Vẽ đường cong Nyquist cho hệ thống điều khiển này.

b) Hệ thống ổn định hay không ổn định? Nếu hệ không ổn định hãy xác định số nghiệm nằm bên phải mặt phẳng phức.

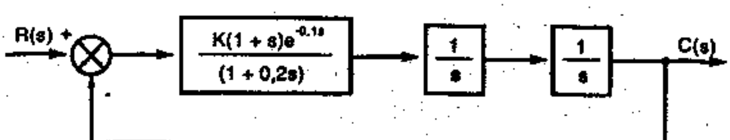
2.94 Sử dụng MATLAB, vẽ biểu đồ Bode đặc tính tần số biên độ bằng các đường thẳng tiệm cận (đơn vị dB) và đặc tính pha (đơn vị độ) của các hàm truyền sau:

a) $G_A(s) = \dfrac{20}{s(1+0{,}5s)(1+0{,}1s)}$ b) $G_B(s) = \dfrac{2s^2}{(1+0{,}4s)(1+0{,}04s)}$

c) $G_C(s) = \dfrac{50(0{,}6s+1)}{s^2(4s+1)}$ d) $G_D(s) = \dfrac{7{,}5(0{,}2s+1)(s+1)}{s(s^2+16s+100)}$

Giả sử $G_A(s)$ và $G_B(s)$ biểu diễn hàm truyền vòng hở của hệ thống phản hồi âm một đơn vị. Xác định độ dự trữ biên độ và pha ở câu **a** và **b**.

2.95 Cho sơ đồ khối tương đương trên hình 2.43.



Hình 2.43

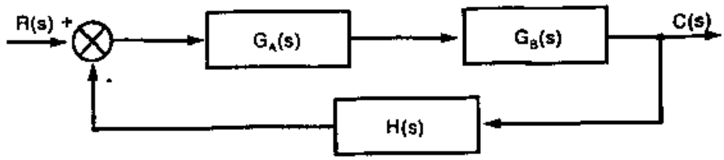
a) Vẽ biểu đồ Bode và xác định tần số cắt, độ dự trữ biên độ và độ dự trữ pha khi $K = 10$.

b) Lặp lại câu **a** nếu K giảm xuống một nửa $K = 5$.

c) Lặp lại câu **a** nếu K tăng lên gấp đôi $K = 20$.

d) Có kết luận gì về những kết quả thu được.

2.96 Cho hệ thống điều khiển phản hồi trên hình 2.44.



Hình 2.44

a) Dùng tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwits, xét xem hệ thống trên có ổn định hay không với các hàm truyền sau đây:

$$G_A(s) = \frac{45}{s+2};\ G_B(s) = \frac{2}{(s+3)(s+5)};\ H(s) = 1$$

b) Lặp lại câu **a.** với các hàm truyền sau đây:

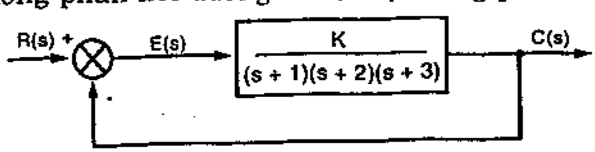
$$G_A(s) = \frac{45}{s+2};\quad G_B(s) = \frac{2}{s+3};\quad H(s) = \frac{1}{s+5}$$

c) Bạn rút ra được kết luận gì về sự ổn định từ kết quả câu a,b?

d) Đáp ứng ngõ ra *c(t)* ở câu a và câu b sẽ khác nhau với cùng kích thích ngõ vào phải không? Giải thích kết luận của bạn.

2.97 Xác định khoảng giá trị thực, dương của hệ khuếch đại K để hệ thống trên hình 2.45 ổn định trong những điều kiện sau:

a) Hệ thống phản hồi dương. **b)** Hệ thống phản hồi âm



Hình 2.45

2.98 Cho hệ thống hàm truyền hở:

$$G_h(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{10K(s+2)}{(s+3{,}72)(s-0{,}361+j1{,}6)(s-0{,}361-j1{,}6)}$$

a) Xét ổn định hệ kín phản hồi âm một đơn vị với K = 10

b) Vẽ quĩ đạo nghiệm số khi: $-\infty < K < +\infty$

2.99 Vẽ quĩ đạo nghiệm số: $-\infty < T < +\infty$

$$G(s) = \frac{80T}{s(s+2)(s+1+j5,92)(s+1-j5,92)}; \quad \frac{dT}{ds} = 0 \text{ tại } -1$$

2.100 Tìm các góc tiệm cận và điểm cắt của tiệm cận với trục thực của quỹ đạo nghiệm số cho các phương trình (pt) sau với K biến thiên từ $-\infty$ đến $+\infty$.

a) $s^4 + 4s^3 + 5s^2 + (K+10)s + K = 0$

b) $s^3 + 5s^2 + (K+2)s + K = 0$

c) $s^2 + K(s^3 + 3s^2 + 2s + 10) = 0$

d) $s^3 + 2s^2 + 3s + K(s^2 - 1)(s+3) = 0$

2.101 Cho hàm truyền sau, tìm góc xuất phát hoặc góc tới của quỹ đạo nghiệm số tại các nghiệm cực và zero.

a) $G(s)H(s) = \dfrac{Ks}{(s+1)(s^2+1)}$; góc tới ($K$<0) và góc xuất phát K>0, $s = j$.

b) $G(s)H(s) = \dfrac{Ks}{(s-1)(s^2+1)}$; góc tới ($K$<0) và góc xuất phát K>0, $s = j$.

c) $G(s)H(s) = \dfrac{K}{s(s+2)(s^2+2s+2)}$; góc xuất phát ($K$>0) tại $s = -1 + j$.

d) $G(s)H(s) = \dfrac{K}{s^2(s^2+2s+2)}$; góc xuất phát ($K$>0) tại $s = -1 + j$.

2.102 Phương trình đặc trưng của hệ điều khiển tuyến tính đã cho như sau. Xây dựng quỹ đạo nghiệm số với $-\infty < K < +\infty$.

a) $s^3 + 3s^2 + (K+2)s + 5K = 0$; **b)** $s^3 + s^2 + (K+2)s + 3K = 0$

c) $s^4 + (K+3)s^3 + (K+1)s^2 + (2K+5)s + 10 = 0$

d) $s^4 + 8s^3 + 16s^2 + K(s^2 + 4s + 5) = 0$

2.103 Cho hàm truyền hở của hệ điều khiển phản hồi âm một đơn vị.

a) $G(s) = \dfrac{K(s+3)}{s(s+5)(s+6)(s^2+2s+2)}$; $\dfrac{dk}{ds} = 0$ tại $s = -5,53$

Phương trình đặc tính:

$$s^5 + 13s^4 + 54s^3 + 82s^2 + (60+K)s + 3K = 0$$

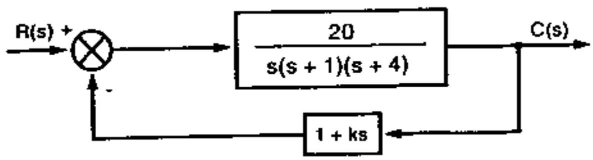
Hệ số khuếch đại giới hạn $K_{gh} = 313$

b) $G(s) = \dfrac{K}{s(s+2)(s+5)(s+10)}$; **c)** $G(s) = \dfrac{K(s^2+2s+10)}{s(s+5)(s+10)}$

d) $G(s) = \dfrac{K(s^2+4)}{(s+2)^2(s+5)(s+6)}$; **e)** $G(s) = \dfrac{K(s+4)}{s(s+5)(s+6)(s^2+4s+4)}$

Xác định quỹ đạo nghiệm $-\infty < K < +\infty$. Tìm giá trị của K để hệ số (dao động) tắt của hệ kín đạt 0,707.

2.104 Cho hệ thống như hình 2.46.



Hình 2.46

Phương trình đặc tính của hệ thống kín cho câu b

$$s^3 + 5s^2 + 4s + 20 = 0$$

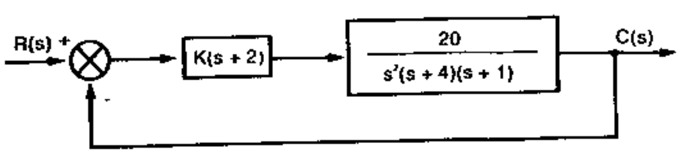
có ba nghiệm cực là -5 và $\pm j2$

a) Xác định giá trị của k sao cho hệ số tắt của hệ $\xi = 0{,}4$; $\omega_n = 5$.

b) Vẽ quỹ đạo nghiệm số theo k; $0 \le k < +\infty$.

c) Tìm đáp ứng *c(t)* khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

2.105 Cho hệ thống như hình 2.47.



Hình 2.47

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $0 \le K < \infty$

b) Tìm K_{gh} để hệ ổn định.

2.106 Cho hàm truyền hở của hệ như sau:

$$G(s) = \frac{K(s+a)}{s(s-b)(s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2)} \qquad (a > 0;\ b > 0)$$

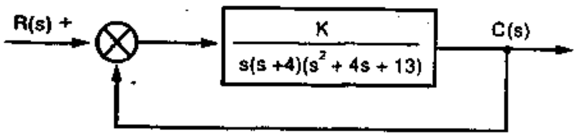
$\dfrac{dK}{ds} = 0$ tại 0,46 và $-2{,}22$

với: $a = b = 1$; $\xi = 0,5$ và $\omega_n = 4$.

a) Tìm miền của K để hệ ổn định.

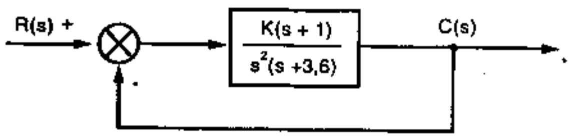
b) Vẽ quỹ đạo nghiệm số với $0 \leq K < \infty$.

2.107 Cho hệ thống như hình 2.48. Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $0 \leq K < \infty$.



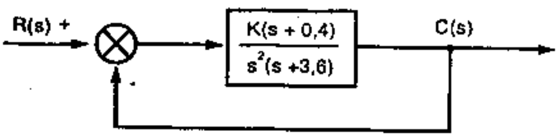
Hình 2.48

2.108 Cho hệ thống như hình 2.49. Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $0 \leq K < \infty$.



Hình 2.49

2.109 Cho hệ thống như hình 2.50. Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $0 \leq K < \infty$.

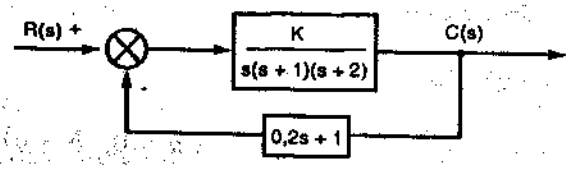


Hình 2.50

2.110 Cho hàm truyền hở: $G(s) = \dfrac{K}{s(s+0,5)(s^2+0,6s+10)}$; $H(s) = 1$.

Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $0 \leq K < \infty$.

2.111 Cho hệ thống như hình 2.51.

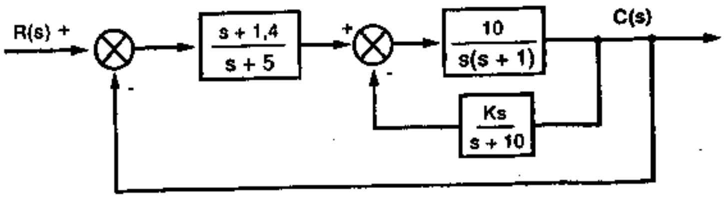


Hình 2.51

a) Xác định giá trị của K sao cho hệ số tắt ξ = 0,5 và vẽ QĐNS $0 \le K < +\infty$.

b) Xác định $c(t)$ với K tính ở (a) và tín hiệu đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

2.112 Cho hệ thống như hình 2.52.



Hình 2.52

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $0 \le K < \infty$.

b) Với giá trị nào của K thì hệ số tắt của hệ kín ξ =0,5. Tìm sai số xác lập với giá trị K đã tìm; cho $r(t) = 1(t)$.

2.113 Hệ điều khiển phản hồi âm một đơn vị có hàm truyền hở:

a) $G(s) = \dfrac{K}{s(1+0{,}02s)(1+0{,}05s)}$; b) $G(s) = \dfrac{K}{s(s+1)(s+2)(s+5)}$

Xác định quỹ đạo nghiệm số khi: $-\infty < K < +\infty$. Tìm giá trị của K tại tất cả các điểm tách và nhập.

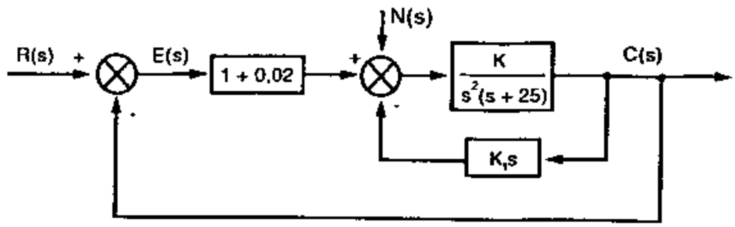
2.114 Hệ điều khiển phản hồi âm một đơn vị có hàm truyền hở:

$$G(s) = \frac{K}{s(s+4)(s^2+4s+20)}; \quad \frac{dK}{ds} = 0 \text{ tại } s = -2$$

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $-\infty < K < +\infty$.

b) Tính K để ξ = 0,707, đánh giá chủ yếu bằng cặp nghiệm phức quyết định của phương trình đặc trưng hệ kín.

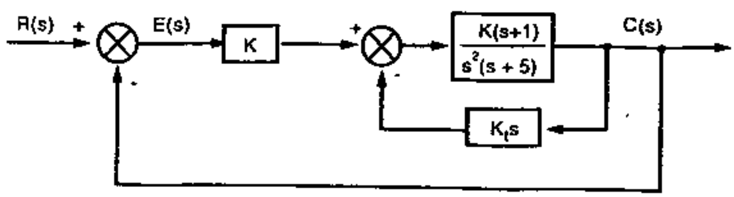
2.115 Cho hệ thống như hình 2.53. Cho K = 100, phương trình đặc trưng của hệ kín là: $s^3 + 25s^2 + (100K_t + 2)s + 100 = 0$. Xác định quỹ đạo nghiệm số khi $0 \le K_t < \infty$.



Hình 2.53

2.116 Hàm truyền hở của hệ điều khiển phản hồi một đơn vị: $G(s) = \dfrac{K}{(s+5)^n}$. Vẽ quỹ đạo nghiệm số của phương trình đặc trưng hệ kín: $-\infty < K < +\infty$, với n = 1; 2; 3; 4; 5.

2.117 Sơ đồ khối của hệ điều khiển phản hồi tốc độ trên hình 2.54.



Hình 2.54

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số của phương trình đặc trưng hệ kín $-\infty < K < +\infty$ với $K_t = 0$.

b) Giả sử K = 10. Vẽ quỹ đạo nghiệm số của phương trình đặc trưng $-\infty < K_t < +\infty$.

2.118 Hàm truyền hở của hệ điều khiển: $G(s) = \dfrac{K(s+\alpha)(s+3)}{s(s^2-1)}$

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số cho: $-\infty < K < +\infty$ với $\alpha = 5$

b) Vẽ quỹ đạo nghiệm số cho: $-\infty < \alpha < +\infty$ với $K = 10$

2.119 Cho hàm truyền hệ điều khiển vòng đơn:

$$G(s) = \frac{K}{s^2(s+1)(s+3)}; \quad H(s) = 1$$

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số của: $1 + G(s)H(s)$, cho: $0 \le K < \infty$.

b) Lặp lại với $H(s) = 1 + 5s$.

2.120 Hàm truyền hệ điều khiển một vòng: $G(s) = \dfrac{10}{s^2(s+1)(s+3)}$; $H(s) = 1 + T_d s$. Vẽ quỹ đạo nghiệm số của $1 + G(s)H(s)$ cho $0 \le T_d < \infty$.

2.121 Hàm truyền hở của hệ điều khiển phản hồi đơn vị: $G(s) = \dfrac{K(s+\alpha)}{s^2(s+3)}$. Xác định các giá trị α để quỹ đạo nghiệm số: ($-\infty < K < +\infty$) có điểm zero, một điểm và hai điểm tách, điểm nhập riêng biệt, không kể điểm tại s = 0. Vẽ quỹ đạo nghiệm số: $-\infty < K < +\infty$, cho tất cả ba trường hợp.

2.122 Xác định thể loại với hàm truyền sau (đánh giá theo bậc nghiệm cực nằm trên trục jω):

a) $G(s)H(s) = \dfrac{K}{(1+s)(1+10s)(1+20s)}$

b) $G(s)H(s) = \dfrac{10}{(1+s)(1+10s)(1+20s)} e^{-0.2s}$

c) $G(s)H(s) = \dfrac{10(s+1)}{s^2(s+5)(s+6)}$

d) $G(s)H(s) = \dfrac{10(s+1)}{s^3(s+5)(s+6)}$

2.123. Xác định sai số hàm bậc thang, Ramp và parabolic của hệ điều khiển phản hồi âm đơn vị, với hàm truyền hở đã cho:

a) $G(s) = \dfrac{1000}{(1+0,1s)(1+10s)}$ b) $G(s) = \dfrac{100}{s(s^2+10s+100)}$

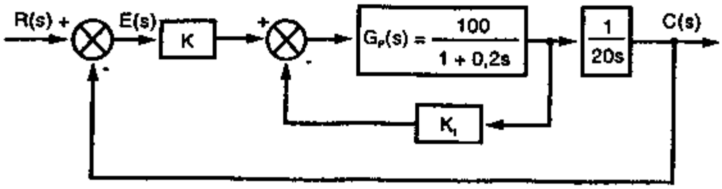
c) $G(s) = \dfrac{K}{s(1+0,1s)(1+0,5s)}$ d) $G(s) = \dfrac{100}{s^2(s^2+10s+100)}$

e) $G(s) = \dfrac{1000}{s(s+10)(s+100)}$ f) $G(s) = \dfrac{K(1+2s)(1+4s)}{s^2(s^2+s+1)}$.

2.124 Cho hàm truyền hở của hệ điều khiển có phản hồi âm 1 đơn vị: $G(s) = \dfrac{1000}{s(1+0,1s)}$. Đánh giá sai số của hệ thống. Xác định sai số xác lập của hệ với tín hiệu đầu vào:

a) $r(t) = (2 + t + 5t^2)u_s(t)$; **b)** $r(t) = (1 + \sin 5t)u_s(t)$; **c)** $r(t) = \cos 10t.u_s(t)$

2.125 Cho sơ đồ khối:



Hình 2.55

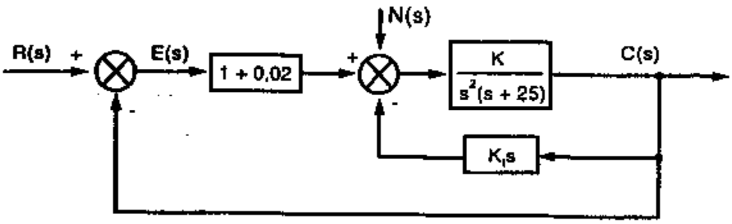
Sơ đồ khối của hệ điều khiển như trên hình 2.55. Tìm sai số của hàm bậc thang đơn vị, hàm Ramp, hàm parabolic. Tín hiệu sai số là e(t). Tìm sai số của hệ theo các K và K_t với tín hiệu đầu vào:

a) $r(t) = u_s(t)$; **b)** $r(t) = tu_s(t)$; **c)** $r(t) = (t^2/2)u_s(t)$.

2.126 Sơ đồ khối của hệ điều khiển có hồi tiếp như hình 2.56, e(t) là tín hiệu sai lệch.

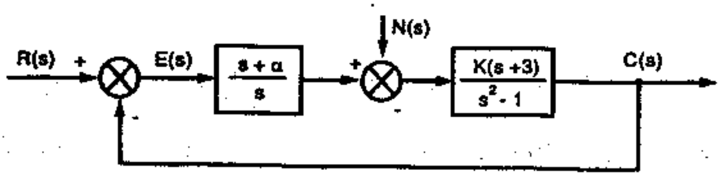
a) Tìm sai số của hệ theo K và K_t khi với tín hiệu đầu vào là hàm Ramp. Tìm điều kiện cho K và K_t có giá trị. Giả thiết n(t) = 0.

b) Tính đáp ứng ra c(t) với *n(t)* là hàm bậc thang đơn vị. Giả thiết hệ ổn định, *r(t)* = 0.



Hình 2.56

2.127 Cho sơ đồ khối như hình 2.57.



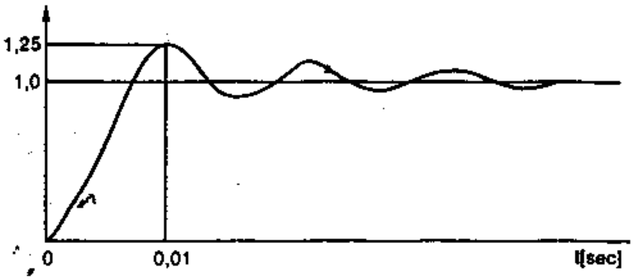
Hình 2.57

với *r(t)* - tín hiệu đầu vào; *n(t)* - tín hiệu nhiễu.

a) Tìm giá trị của $e(t)$ với $n(t) = 0$ và $r(t) = tu_s(t)$. Tìm điều kiện của α và K sao cho lời giải có giá trị.

b) Tính $c(t)$ với $r(t) = 0$, $n(t) = u_s(t)$.

2.128 Hệ điều khiển tuyến tính khi tín hiệu đầu vào là hàm 1(t). Tìm hàm truyền của hệ thử mẫu bậc 2.



Hình 2.58

2.129 Cho hàm truyền hở của hệ điều khiển có hồi tiếp âm: $G(s) = \dfrac{K}{s(s+a)(s+30)}$ với a và K là các hệ số thực.

a) Tìm giá trị của a và K sao cho hệ số tắt $\xi = 0{,}5$ và thời gian tăng tốc của đáp ứng bậc thang đơn vị gần bằng 1 sec, cho:

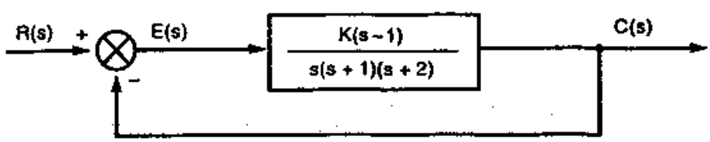
$$t_r = \frac{1 - 0{,}4167\xi + 2{,}917\xi^2}{\omega_n};\ (0 < \xi < 1)$$

t_r - thời gian tăng tốc gần đúng (*rise time*)

Với giá trị của a và K đã tìm, xác định thời gian tăng tốc thực.

b) Với giá trị của a và K đã có ở phần a. tìm sai số của hệ với tín hiệu đầu vào là hàm bậc thang đơn vị và hàm Ramp.

2.130 Cho sơ đồ khối của hệ điều khiển tuyến tính như hình 2.59.



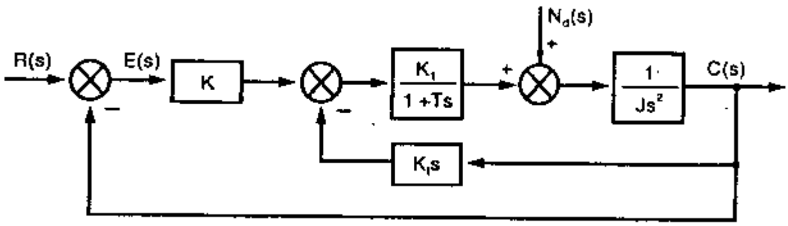
Hình 2.59

a) Bằng phương pháp thử sai số, tìm giá trị của K để phương trình đặc trưng có hai nghiệm thực bằng nhau và hệ ổn định. Sử dụng chương trình Muller tìm nghiệm phương trình đặc trưng.

b) Tìm đáp ứng *c(t)* với đầu vào là hàm bậc thang đơn vị, với K đã tìm ở phần a, cho điều kiện ban đầu bằng không.

c) Lặp lại phần b. với $K = -1$.

2.131 Cho sơ đồ khối của hệ điều khiển tuyến tính trên hình 2.60. Các thông số cố định của hệ: $T = 0{,}1$; $J = 0{,}01$; $K_1 = 10$.



Hình 2.60

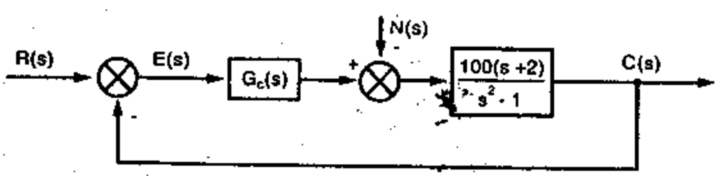
a) Khi $r(t) = tu_s(t)$ và $n_d(t) = 0$, tìm biểu thức đánh giá sai số xác lập là hàm của K và K_t. Tìm giới hạn của K và K_t để hệ ổn định.

b) Giả sử *r(t)* = 0. Các tham số K và K_t có ảnh hưởng như thế nào đến giá trị của c(t) ở trạng thái xác lập với tín hiệu nhiễu $n_d(t) = u_s(t)$?

c) Giả sử $K_t = 0{,}01$ và *r(t)* = 0. Tính K theo điều kiện nhiễu ảnh hưởng đến hệ thống là nhỏ nhất hoặc triệt tiêu, với $n_d(t)$ là hàm bậc thang đơn vị. Tìm giá trị này của K. Hệ có thể hoạt động với giá trị này của K không? Hãy giải thích tại sao.

d) Giả sử với giá trị của K đã chọn ở câu **c** hệ đạt được yêu cầu làm việc. Tìm giá trị của K_t để nghiệm phức của phương trình đặc trưng có phần thực là (–2,5). Tìm ba nghiệm của phương trình đặc trưng.

2.132. Sơ đồ khối của một hệ điều khiển hướng bay được mô tả như hình 2.61.



Hình 2.61

với: *r(t)* là tín hiệu đầu vào; *N(s)* là tín hiệu nhiễu đầu vào.

Mục đích của bài này là nghiên cứu tác dụng của bộ điều khiển $G_C(s)$.

a) Giả sử $G_C(s)=1$ và $n(t) = 0$. Tìm sai số của hệ với $r(t)$ là hàm bậc thang đơn vị.

b) Giả sử $G_C(s)=\dfrac{s+\alpha}{s}$. Tìm sai số với r(t) là hàm bậc thang đơn vị.

c) Duy trì đáp ứng bậc thang đơn vị trong khoảng $0\le t\le 0{,}5$ với $G_C(s)$ đã cho ở câu **b** và α = 5; 50; 500. Giả sử điều kiện ban đầu bằng 0. Ghi lại giá trị vọt lố cực đại của c(t) trong mỗi trường hợp (sử dụng máy tính để tính đáp ứng ra).

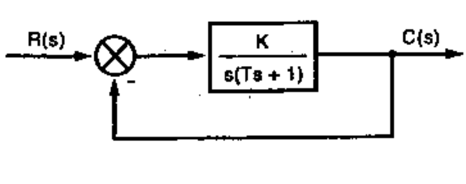
d) Đặt $r(t) = 0$ và $G_C(s)=1$. Tìm giá trị xác lập của đáp ứng ra $c(t)$ khi $n(t)=u_s(t)=1(t)$.

e) Giả sử $G_c(s)=\dfrac{s+\alpha}{s}$. Tìm giá trị xác lập của đáp ứng ra $c(t)$ với $n(t)=u_s(t)=1(t)$.

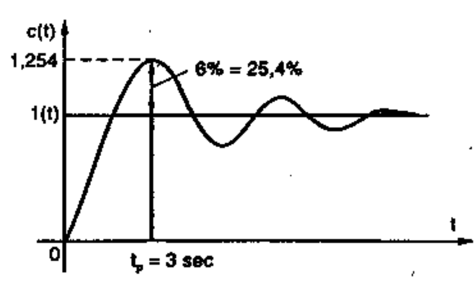
f) Khảo sát đáp ứng ra trong khoảng: $0 \le t \le 0{,}5$ sec , với $G_C(s)$ cho trên câu **e**. Khi $r(t) = 0$ và $n(t)=u_s(t)$, α = 5; 50 và 500. Điều kiện ban đầu bằng 0.

g) Nhận xét ảnh hưởng của biến số α trong bộ điều khiển $G_c(s)$ lên đáp ứng ra $c(t)$, khi tín hiệu vào là $r(t)$ hoặc $n(t)=u_s(t)$.

2.133 Cho hệ thống như hình 2.62 và đáp ứng ra trên hình 2.63.



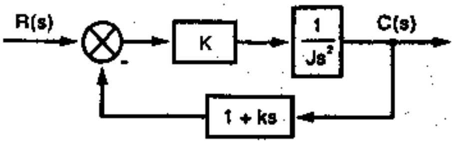
Hình 2.62



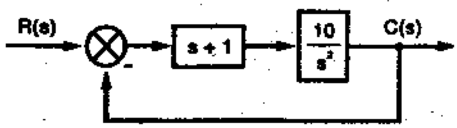
Hình 2.63

Tín hiệu vào là hàm bậc thang đơn vị. Tính *K* và *T* sao cho đáp ứng đầu ra đạt độ vọt lố 25,4% tại thời điểm $t_p = 3\,\text{sec}$, hệ số tắt $\xi = 0{,}4$. (theo tiêu chuẩn 2%).

2.134 Cho hệ thống kín như hình 2.64. Cho $J = 1\,Kg.m^2$; tín hiệu vào là hàm bậc thang đơn vị. Tìm K và k của hệ sao cho độ vọt lố của đáp ứng quá độ bậc hai đạt 25% tại thời điểm t = 2sec.



Hình 2.64



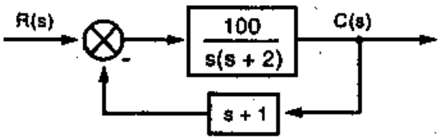
Hình 2.65

2.135 Cho hệ thống như hình 2.65. Tín hiệu vào $r(t)$ là hàm bậc thang đơn vị. Tìm đáp ứng quá độ c(t).

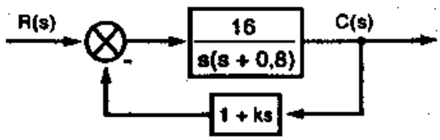
2.136 Cho hàm truyền $G(s) = \dfrac{1}{ms^2 + bs + k}$. Độ vọt lố POT = 9,5% tại thời điểm 2sec. Tín hiệu đầu vào là $r(t) = 2.1(t)$.

Xác định m, b, k của hệ. Tính sai số xác lập (SSXL)?

2.137 Cho sơ đồ hệ thống như hình 2.66. Tìm đáp ứng đầu ra $c(t)$ khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.



Hình 2.66



Hình 2.67

2.138 Cho sơ đồ khối như hình 2.67.

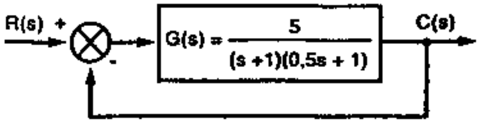
a) Xác định giá trị của k để hệ số tắt $\xi = 0,5$.

b) Tìm độ vọt lố và thời gian xác lập khi tín hiệu vào là hàm bậc thang đơn vị $r(t) = u_s(t) = 1(t)$, tính theo hai tiêu chuẩn 2% và 5%.

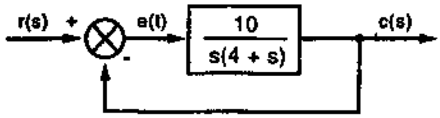
2.139. Cho một hệ thống dùng để định vị một tải trọng được mô tả như hình 2.68.

a) Xác định sai số xác lập khi tín hiệu đầu vào là hàm nấc có biên độ bằng 10.

b) Nên sửa đổi G(s) như thế nào để giảm sai số xác lập xuống bằng không?



Hình 2.68



Hình 2.69

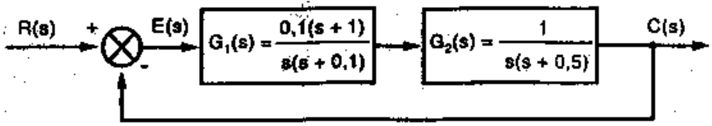
2.140 Một hệ thống điều khiển hồi tiếp âm một đơn vị có hàm truyền cho bởi: $G(s)=\dfrac{10(s+1)}{s^2(0{,}1s+1)(s+5)}$. Xác định sai số xác lập của hệ thống đối với tín hiệu vào $r(t)=4+6t+3t^2$.

2.141 Cho hệ thống điều khiển có sơ đồ khối như hình 2.69.

a) Xác định sai số xác lập khi tín hiệu vào là hàm $r(t) = 10t$.

b) Xác định sai số xác lập khi tín hiệu vào là $r(t)=4+6t+3t^2$.

2.142 Một ra đa mặt đất dùng để phát hiện các mục tiêu máy bay rất chính xác. Sơ đồ khối của trục góc phương vị của ra đa như hình 2.70.



Hình 2.70

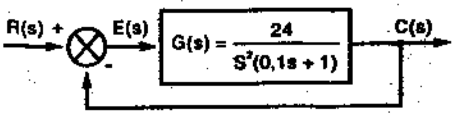
Xác định sai số xác lập của hệ thống khi:

a) $r(t) = 10t$; **b)** $r(t)=10t+6t^2$.

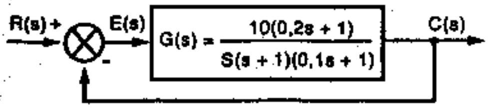
2.143 Cho hệ thống có sơ đồ như hình 2.71.

Xác định sai số xác lập khi tín hiệu vào là:

a) $r(t) = 100t$; **b)** $r(t)=12t^2$; **c)** $r(t)=20+100t+12t^2$



Hình 2.71



Hình 2.72

2.144 Cho hệ thống điều khiển như hình 2.72.

Xác định sai số xác lập $e(t)$ khi tín hiệu vào là:

a) $r(t) = 10t$; **b)** $r(t)=2+4t+6t^2$

c) Nên sửa đổi $G(s)$ thế nào để sai số xác lập ở câu **b** giảm xuống bằng không?

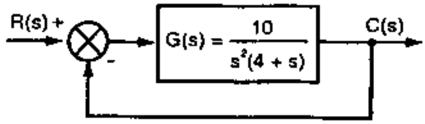
2.145 Cho hệ thống điều khiển như hình 2.73.

Xác định sai số xác lập khi tín hiệu vào là:

a) $r(t) = 10t$

b) $r(t) = 4 + 6t + 3t^2$

c) $r(t) = 4 + 6t + 3t^2 + 18t^3$



Hình 2.73

2.146 Cho phần tử có hàm truyền đạt: $G(s) = \dfrac{K}{TS+1}$. Tìm đáp ứng quá độ của nó đối với hàm Ramp $r(t) = t$.

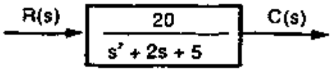
2.147 Hãy tính và vẽ đáp ứng quá độ của khâu bậc 2:

$$G(s) = \frac{1}{0{,}04s^2 + 0{,}2s + 1}$$

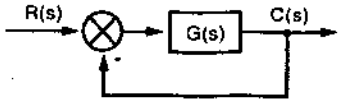
Với đầu vào là hàm bậc thang đơn vị $r(t) = 1(t)$.

2.148 Cho hệ thống như hình 2.74.

Hãy tìm đáp ứng quá độ khi đầu vào là $r(t) = 1(t)$.



Hình 2.74



Hình 2.75

2.149 Dùng phương pháp Laplace ngược để tìm đáp ứng hàm quá độ hệ thống sau, khi $r(t) = 1(t)$; $G(s) = \dfrac{K(s+2)}{(s+1)(s+3)}$.

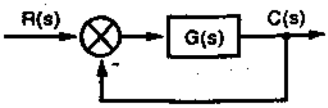
2.150 Cho hệ thống trên hình 2.75.

$$G(s) = \frac{40}{0{,}1s^2 + 0{,}7s + 1}$$

a) Hãy tìm giá trị sai số xác lập khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

b) Hãy tìm giá trị sai số xác lập khi đầu vào là hàm Ramp.

2.151 Cho hệ thống: $G(s) = \dfrac{20}{s(0{,}3s+1)(0{,}5s+1)}$



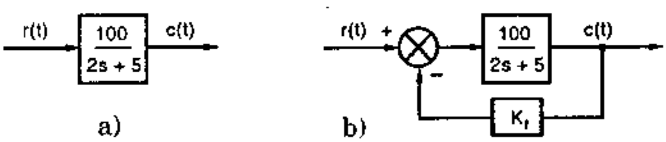
Hình 2.76

Hãy tìm giá trị sai số xác lập khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị và hàm Ramp.

2.152 Cho hai hệ thống có số liệu như trong bài 2.144 và 2.145. Hãy xác định biểu thức của sai số xác lập khi đầu vào biến thiên theo hàm: $r(t) = 20t^2 + 20t + 1$.

2.153 Các tiêu chuẩn chất lượng quá trình điều khiển. Độ vọt lố, thời gian xác lập là gì?

2.154 Cho hai hệ thống như hình 2.77a, b. Đầu vào là: $r(t) = 10u(t) = 10.1(t)$.



Hình 2.77

a) Xác định thời gian cần thiết để đối với hình 2.77a, b giá trị của c(t) đạt tới 80% giá trị xác lập với $K_f = 0{,}15$.

b) Xác định K_f để hệ ở hình 2.77b đạt tới 80% giá trị xác lập trong 100 msec.

2.155 Cho hệ thống có hàm truyền đạt:

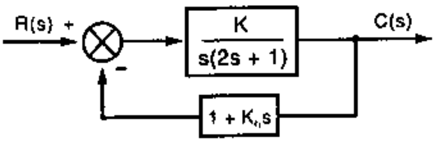
$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

Hãy viết biểu thức tính ξ và ω_n sao cho độ vọt lố là 5%. Thời gian xác lập là 2sec (theo tiêu chuẩn 2%).

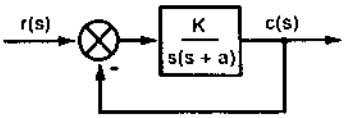
2.156 Cho hệ thống như hình 2.78. Hãy tìm giá trị K và K_h sao cho hệ kín thỏa mãn bốn yêu cầu sau:

a) $\xi = 0{,}5$; **b)** Thời gian xác lập $T_S \le 2$ sec

c) $K_V \ge 50$; **d)** $0 < K_h < 1$



Hình 2.78



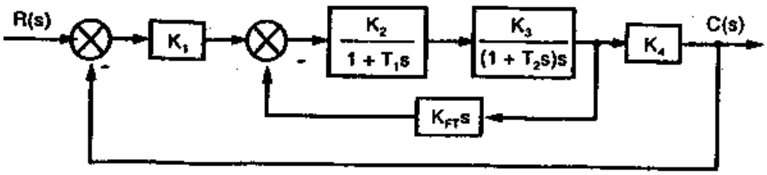
Hình 2.79

2.157 Cho hệ thống như hình 2.79.

a) Tìm K, a để hệ số suy giảm $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$ và $\omega_n = 5$ rad/sec.

b) Tính $c(t)$ với K, a đã tính ở phần a; $r(t) = 1(t)$.

2.158 Cho hệ thống như hình 2.80.



Hình 2.80

$K_1 = 57{,}3$; $K_2 = 10^3$; $K_3 = 50$; $K_4 = 10^{-3}$; $T_1 = 0{,}005$ sec; $T_2 = 0{,}05$ sec

a) Xét ổn định khi không có máy phát tốc $K_{FT} = 0$.

b) Xác định K_{FT} từ điều kiện ổn định.

2.159 Cho hệ thống như hình 2.81.

Hệ số sai số vận tốc:

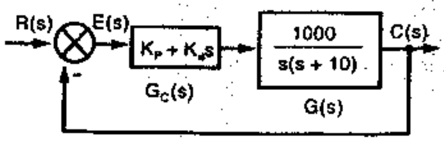
$$K_V = \lim_{S \to 0} s.G_C(s).G(s)$$

Xác định K_P và K_D sao cho:

a) $K_V = 1000$; $\xi = 0{,}5$

b) $K_V = 1000$; $\xi = 0{,}707$

c) $K_V = 1000$; $\xi = 1{,}0$

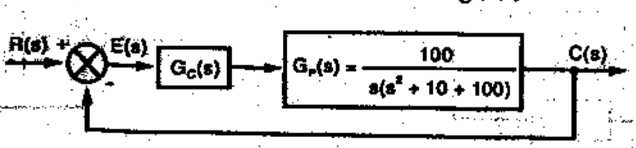


Hình 2.81

2.160 Hiệu chỉnh hệ thống tự động nhằm mục đích gì? Ý nghĩa của việc hiệu chỉnh sớm trễ pha.

2.161 Ý nghĩa của việc hiệu chỉnh bằng các khâu PD, PI, PID.

2.162 Sơ đồ khối của một hệ điều khiển với bộ điều khiển tuần tự như hình 2.82. Tìm hàm truyền của bộ điều khiển $G_C(s)$, sao cho $K_V = 9$.

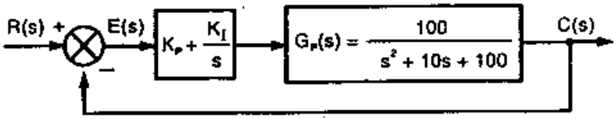


Hình 2.82

Hàm truyền kín của hệ có dạng:

$$M(s)=\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{K}{(s^2+20s+200)(s+a)},$$ với a và K là số thực.

2.163 Hệ điều khiển với hàm truyền quá trình loại 0 là $G_p(s)$ và bộ điều khiển PI như hình 2.83.



Hình 2.83

a) Tìm giá trị của K_I sao cho $K_V = 10$.

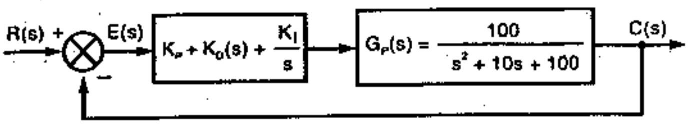
b) Tìm giá trị của K_P để phần ảo của nghiệm phức phương trình đặc trưng hệ kín là 15 rad/sec. Tìm các nghiệm của phương trình đặc trưng.

c) Phác họa đường nét các nghiệm của phương trình đặc trưng với giá trị của K_I đã được xác định ở câu **a** cho $0 \le K_P < \infty p$.

d) Tìm giá trị của K_I để $K_V = 100$

e) Với giá trị ở K_I phần (a), tìm K_P giới hạn để hệ ổn định. Vẽ quỹ đạo nghiệm số của phương trình đặc trưng, cho $0 \le K_P < \infty$.

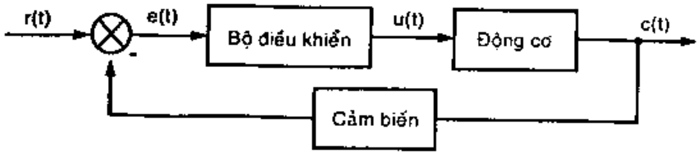
2.164 Hệ điều khiển tự động với hàm truyền đối tượng loại 0 là $G_P(s)$ và bộ điều khiển PID như hình 2.84.



Hình 2.84

Thiết kế bộ điều khiển PID sao cho thỏa mãn yêu cầu chất lượng: $K_V = 100$, thời gian tăng tốc < 0,01sec và độ vọt lố < 2%. Biểu diễn đáp ứng bậc thang của hệ đã thiết kế.

2.165 Cho hệ thống như hình 2.85.



Hình 2.85

Hàm truyền của động cơ như sau: $\dfrac{C(s)}{U(s)} = \dfrac{e^{-T_d s}}{1+\tau s} = G(s)$.

Thời gian trễ: $T_d = 0{,}2\text{sec}$; $\tau = 0{,}2\text{sec}$; $e^{-T_d s} = \dfrac{1}{1 + T_d s + \dfrac{T_d^2 s^2}{2}}$.

a) Giả sử bộ điều khiển là bộ điều khiển PI có hàm truyền là: $G_c(s) = \dfrac{U(s)}{E(s)} = K_p + \dfrac{K_I}{s}$. Tìm giá trị của K_I sao cho $K_V = 2$. Xác định giá trị của K_p để độ vọt lố của đáp ứng bậc thang đơn vị là nhỏ nhất. Độ vọt lố là bao nhiêu? Vẽ đáp ứng c(t).

b) Hệ trên được hoàn thiện hơn khi sử dụng bộ điều khiển PID có hàm truyền: $G_c(s) = \dfrac{U(s)}{E(s)} = K_p + K_D s + \dfrac{K_I}{s}$. Yêu cầu: $K_V = 2$ và độ vọt lố < 5%.

Hãy xác định giá trị của K_P, K_D và K_I. Vẽ *c(t)* khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị. Biểu diễn dưới dạng phép tính gần đúng chuỗi lũy thừa. (Thời gian trễ $T_d = 0{,}2\text{sec}$).

2.166 Hệ điều khiển kiểm kê được mô tả bởi phương trình trạng thái:

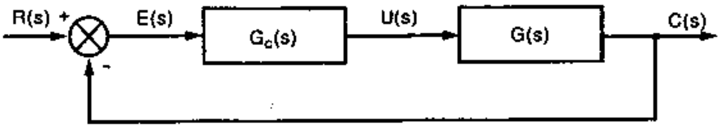
$$\frac{dx_1}{dt} = -2x_2(t)\,; \quad \frac{dx_2}{dt} = -2u(t)$$

với: $x_1(t)$ - mức kiểm kê; $x_2(t)$ - tốc độ bán của các sản phẩm

u(t) - tốc độ sản xuất.

Phương trình đầu ra là $c(t) = x_1(t)$.

Đơn vị thời gian là ngày. Sơ đồ khối của hệ kín điều khiển cho ở hình 2.86. Bộ điều khiển là bộ PD, $G_C(s) = K_P + K_D s$.

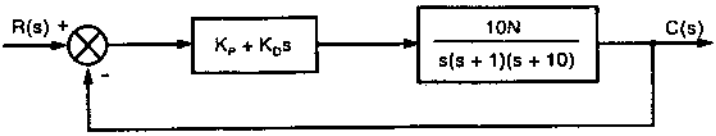


Hình 2.86

a) Tìm các thông số của bộ điều khiển PD, K_P và K_D để các nghiệm của phương trình đặc trưng là $s = -1$ và $s = -2$. Vẽ đáp ứng quá độ *c(t)* và tìm độ vọt lố cực đại.

b) Tìm các giá trị của K_P và K_D để độ vọt lố cực đại của đáp ứng quá độ *c(t)* bé hơn 2%.

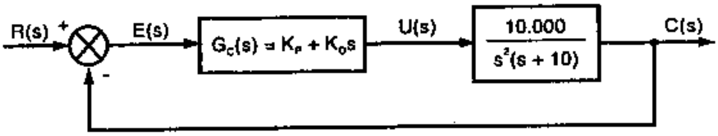
2.167 Sơ đồ khối của hệ điều khiển chất lỏng mô tả trên hình 2.87.



Hình 2.87

Số lối vào (số lỗ hấp nạp nhiên liệu) ký hiệu là N. Với $N = 20$, hãy thiết kế bộ điều khiển PD sao cho thỏa mãn các điều kiện: độ vọt lố bằng không và bể được làm đầy đến mức đặt trong thời gian nhỏ hơn 2,5 giây.

2.168 Sơ đồ khối của hệ điều khiển loại 2 với trường hợp có bộ điều khiển *$G_C(s)$* như hình 2.88.



Hình 2.88

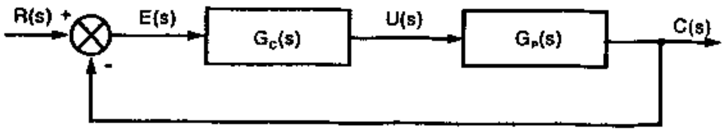
Thiết kế bộ điều khiển PD sao cho: độ vọt lố < 10%; thời gian tăng tốc ≤ 0,5sec.

a) Lập phương trình đặc trưng hệ kín, xác định miền giá trị của K_P và K_D để hệ ổn định.

b) Vẽ quỹ đạo nghiệm số của phương trình đặc trưng với $K_D = 0$ và $0 \le K_P < \infty$. Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi $0 \le K_D < \infty$ và các giá trị cố định của K_P trong khoảng từ 0,001 đến 0,01.

c) Thiết kế bộ điều khiển PD thỏa các điều kiện đã cho ở trên. Sử dụng các thông tin cho bởi quỹ đạo nghiệm số câu **b.** trong quá trình thiết kế. Vẽ đáp ứng *c(t)*.

2.169 Cho hệ điều khiển như hình 2.89.



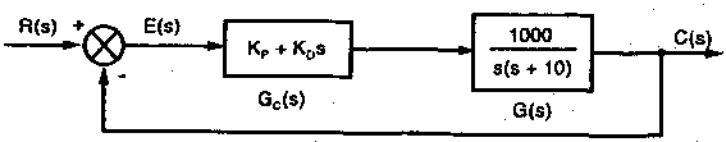
Hình 2.89

Giả sử bộ điều khiển sớm pha có dạng: $G_c(s) = \dfrac{1+aTs}{1+Ts}$; $a > 1$. Xác định giá trị của a và T để độ vọt lố $\le 5\%$.

Vẽ quỹ đạo nghiệm số với T và a là các thông số thay đổi.

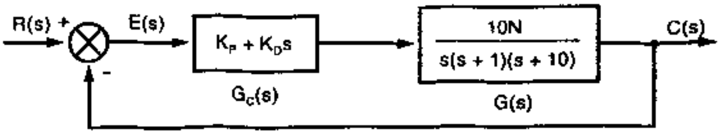
Vẽ đáp ứng quá độ khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

2.170 Xét bộ điều khiển mức nước trên hình 2.90. Bộ điều khiển sớm pha: $G_c(s) = \dfrac{1+aTs}{1+Ts}$; $a > 1$. Chọn giá trị của a và T để nghiệm zero của $G_C(s)$ triệt tiêu nghiệm cực của *G(s)* tại $s = -10$. Hệ số tắt của hệ được thiết kế bằng 1.



Hình 2.90

2.171 Xét bộ điều khiển trong hệ điều khiển mực nước ở hình 2.91. Bộ điều khiển sớm pha: $G_c(s) = \dfrac{1+aTs}{1+Ts}$; $a > 1$. Cho $N = 20$. Chọn các giá trị của a và T để zero của $G_C(s)$ triệt tiêu cực của *G(s)* tại $s = -1$ và độ vọt lố đầu ra của hệ là nhỏ nhất. Giá trị của a không vượt quá 100. Hiệu quả của bộ bù sớm pha lên hệ thống như thế nào?



Hình 2.91

2.172 Xét bộ điều khiển trong hệ điều khiển mực nước có đặc tính trễ pha: $G_C(s) = \dfrac{1+aTs}{1+Ts}$; $a < 1$; $N = 20$. Chọn các giá trị của a và T để phương trình đặc trưng có hai nghiệm phức, tương ứng với hệ số tắt 0,707. Vẽ đáp ứng đầu ra $c(t)$, khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

2.173 Bộ điều khiển quá trình của hệ điều khiển phản hồi một đơn vị có hàm truyền: $G(s) = \dfrac{K}{s(s+5)^2}$. Hàm truyền của bộ điều khiển: $G_C(s) = \dfrac{1+aTs}{1+Ts}$. Hệ số tốc độ $K_V = 10$.

a) Thiết kế bộ điều khiển sớm pha ($a > 1$) sao cho độ vọt lố nhỏ hơn 30%, cố gắng giảm đến tối thiểu. Vẽ đáp ứng ra của hệ thiết kế khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

b) Thiết kế bộ điều khiển trễ pha ($a < 1$) sao cho phương trình đặc trưng có hai nghiệm phức tương ứng hệ số tắt gần bằng 0,707. Vẽ đáp ứng của hệ thiết kế ($r(t) = 1(t)$) và so sánh độ vọt lố với phần a.

c) Để hoàn thiện hơn, người ta dùng cả 2 bộ sớm và trễ pha. $G_c(s) = \left(\dfrac{1+aT_1s}{1+T_1s}\right)\left(\dfrac{1+bT_2s}{1+T_2s}\right)$; $a > 1$; $b < 1$.

Sử dụng giá trị của a và T ở câu **a** cho a và T_1.

Xác định các giá trị của b và T_2 sao cho các nghiệm phức của phương trình đặc trưng của hệ được hiệu chỉnh tương ứng có hệ số tắt 0,707.

Xác định các nghiệm của phương trình đặc trưng và vẽ đáp ứng đầu ra khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

2.174 Cho hệ điều khiển tốc độ động cơ một chiều hình 2.92 có dạng vòng khóa pha như sau:

- Tốc độ đặt: $f_r = 120$ *vòng (xung)/sec*
- HSKĐ của bộ dò pha: $K_p = 0{,}06$ *V/ xung/sec*
- Hệ số khuếch đại (HSKĐ): $K_a = 20$
- HSKĐ của bộ cảm biến tốc độ: $K_e = 5{,}72$ *xung/rad*
- HSKĐ của bộ đếm: $N = 1$

Hàm truyền của động cơ: $\dfrac{C(s)}{E_a(s)} = \dfrac{10}{s(1+0{,}05s)}$

a) Giả sử hàm truyền của bộ lọc: $G_c(s) = \dfrac{E_o(s)}{E_p(s)} = \dfrac{1+R_2Cs}{R_1Cs}$.

Với: $R_1 = 2.10^6\Omega$; $C = 1\mu F$. Xác định giá trị của R_2 sao cho các nghiệm phức của phương trình đặc trưng có hệ số tắt lớn nhất.

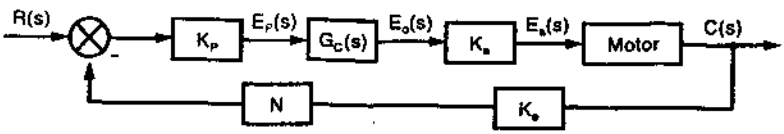
Vẽ quỹ đạo nghiệm số khi: $0 \le R_2 < \infty$.

Hãy tính và vẽ đáp ứng quá độ của động cơ $f_\omega(t)$ [xung/sec] với giá trị R_2 đã tìm được, khi tín hiệu đặt là $f_r(t) = 120$ [xung/sec].

b) Giả sử hàm truyền của bộ lọc: $G_c(s) = \dfrac{1+aTs}{1+Ts}$; $a > 1$.

Với $T = 0{,}01$ tìm a sao cho phương trình đặc trưng có nghiệm phức đạt hệ số tắt lớn nhất.

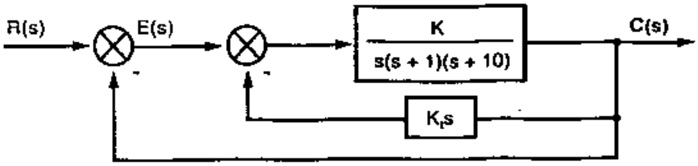
Tính và vẽ đáp ứng quá độ $f_\omega(t)$ của động cơ khi tín hiệu đặt là $f_r(t) = 120$ [xung/sec].



Hình 2.92

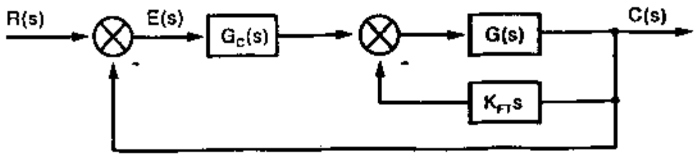
2.175 Cho sơ đồ khối hàm truyền hệ điều khiển động cơ một chiều phản hồi tachometer trên hình 2.93. Tìm giá trị của K và K_t sao cho $K_V = 1$. Hệ số tắt của phương trình đặc trưng tương ứng là $\xi = 0{,}707$.

Nếu có hai kết quả chọn K lớn hơn.



Hình 2.93

2.176 Cho hệ thống như hình 2.94: $G(s)=\dfrac{10}{s(s+1)(s+10)}$; $G_C(s)=K_p$.

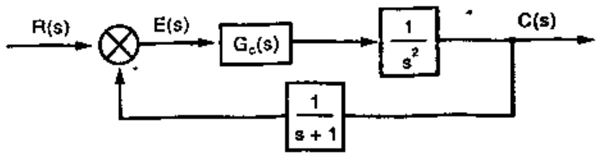


Hình 2.94

a) Tìm giá trị K_{gh} khi không có khâu phát tốc $K_{FT}=0$.

b) Tìm giá trị K_p và K_{FT} sao cho hệ ổn định thỏa mãn $K_V=\lim\limits_{s\to 0} s.G(s)=1$ và hệ số tắt ξ = 0.707.

2.177 Cho hệ thống như hình 2.95. Hãy xác định bộ bù sớm pha sao cho hệ thống có cặp nghiệm quyết định với ξ = 0,5 và $\omega_n=0{,}2$ rad/sec.



Hình 2.95

2.178 Cho hàm truyền hở của hệ thống:

$$G(s)=\frac{K}{s(1+0{,}1s)(1+0{,}2s)};\quad G_c(s)=\frac{1+aT_1s}{1+T_1s}.\frac{1+bT_2s}{1+T_2s}$$

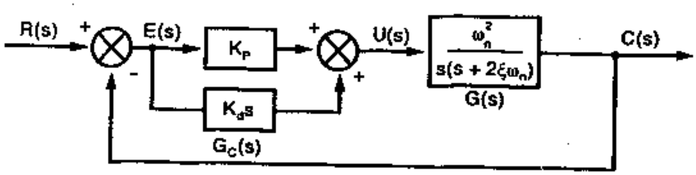
với: $a>1$; $b<1$; $K=100$.

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số $G(s)$ khi $0\le K<+\infty$; $G_c(s)=1$.

b) Khâu hiệu chỉnh sớm – trễ pha $G_C(s)$ được mắc nối tiếp với G(s) nhằm mục đích gì ?

c) Chọn: $G_C(s)=\frac{1+0,2s}{1+0,005s}.\frac{1+9,75s}{1+300s}=G_{C1}(s).G_{C2}(s)$ đạt ξ = 0,707 ở K = 650 và dời được nghiệm cực của hệ $G_C(s).G(s)$ sang trái xa hơn khi $G_C(s)=1$. Hãy giải thích cách chọn thông số hiệu chỉnh và lập biểu thức tính T_1, b nếu chọn a = 4, $T_2=300$. Vẽ quỹ đạo nghiệm số $G(s).G_{C1}(s)$; $0\le K<+\infty$ để giải thích cách chọn.

2.179 Cho hệ điều khiển được mô tả trên hình 2.96.



Hình 2.96

với hàm truyền hở: $G_h(s)=G_C(s).G(s)$; $G_C(s)=K_p+K_Ds$; $G(s)=\frac{1000}{s(s+10)}$

Chọn giá trị K_P sao cho hằng số sai số vận tốc bằng 1000.

Thay đổi giá trị của K_D từ 0,2 đến 1 với mỗi bước tăng là 0,2 và xác định độ dự trữ pha, độ dự trữ về biên độ, M_P và dải thông của hệ kín.

Tìm giá trị của K_D với độ dự trữ pha lớn nhất (đạt giá trị max).

2.180 Cho hệ điều khiển với bộ điều khiển PD, hàm truyền hở: $G_h(s)=G_C(s).G(s)$ với $G_C(s)=K_P+K_Ds$; $G(s)=\frac{200}{s(s+1)(s+10)}$.

Tìm K_P để $K_v=1$.

Thay đổi K_D từ 0 đến 0,5; tìm giá trị của K_D để độ dự trữ pha đạt giá trị max.

Tính độ dữ trữ biên độ, M_p và dải thông.

2.181 Cho bộ điều khiển PI. Hàm truyền hở $G_h(s) = G_C(s).G(s)$. Với:

$$G_C(s) = K_p + \frac{K_I}{s} \text{ và } G(s) = \frac{100}{s^2 + 10s + 100}$$

Chọn K_I sao cho $K_v = 10$. Tìm giá trị của K_p sao cho độ dự trữ pha là nhỏ nhất.

Tính độ dự trữ pha, độ dự trữ biên độ, M_p và dải thông.

2.182 Cho hàm truyền hệ hở: $G(s) = \dfrac{C(s)}{E(s)} = \dfrac{K(1+0{,}2s)(1+0{,}025s)}{s^3(1+0{,}01s)(1+0{,}005s)}$

a) Vẽ giản đồ Bode với $K = 1$. Biết $\omega_{-\pi} = 25{,}8$ và $\omega_{-\pi} = 77{,}7$. Tương ứng với $L(\omega_{-\pi})$ là -69 và $-85{,}5$.

b) Dựa vào kết quả câu **a.** xây dựng biểu đồ Nyquist cho hệ $K = 1$. Xét ổn định hệ kín phản hồi âm 1 đơn vị.

c) Vẽ quỹ đạo nghiệm số $0 \le K < +\infty$.

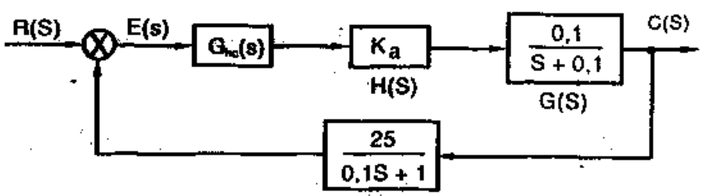
d) Tính hệ số khuếch đại giới hạn.

2.183 Cho hàm truyền hở: $G(s) = \dfrac{K(1+Ts)}{s(s+1)(s+2)}$

Vẽ quỹ đạo nghiệm số với 2 thông số thay đổi K và T.

2.184 Vẽ đặc tính tần số Nyquist cho hàm truyền sau với $K = 1$. Tìm K để hệ ổn định theo tiêu chuẩn Nyquist $GH(S) = \dfrac{K}{S(S^2 + S + 4)}$

2.185 Cho hệ thống: $e_{SS}\% = 0{,}1\%$; $POT\% = 10\%$. Thiết kế khâu hiệu chỉnh trễ pha $G_{hc}(s)$.



Hình 2.97

Chương 3

HỆ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG PHI TUYẾN

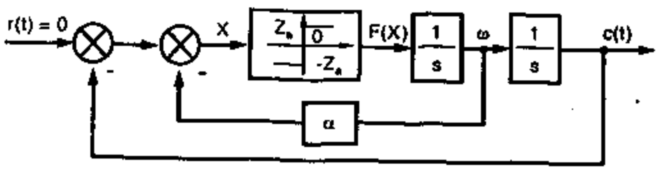
3.1 Nêu một ví dụ về hệ phi tuyến, tính chất và các đặc tính phi tuyến điển hình.

3.2 Nội dung của phương pháp mặt phẳng pha.

3.3 Viết chương trình bằng ngôn ngữ Fortran để vẽ và khảo sát quỹ đạo pha của hệ bậc hai: $G_K(s) = \dfrac{C(s)}{R(s)} = \dfrac{4}{s^2 + s + 4}$

Với điều kiện đầu $c(0) = 2{,}5$; $\dot{c}(0) = 0$.

3.4 Khảo sát và ổn định hóa hệ rơle bậc 2 bằng phương pháp mặt phẳng pha.



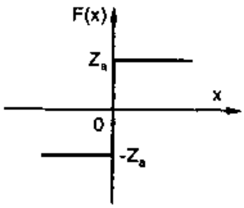
Hình 3.1

a) Xét ổn định khi $\alpha = 0$.

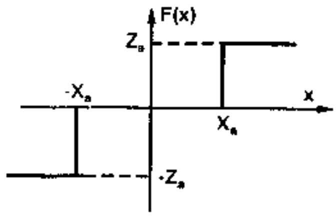
b) Nêu tác dụng của phản hồi âm tốc độ α. Vẽ quỹ đạo pha và viết phương trình đường thẳng chuyển đổi.

c) Hiệu chỉnh phi tuyến ở mạch phản hồi âm tốc độ có dạng như thế nào để rơle chỉ chuyển đổi một lần?

3.5 Bản chất phương pháp tuyến tính hóa điều hòa. Tìm hàm mô tả của khâu rơle 2 vị trí có đặc tính như hình 3.2



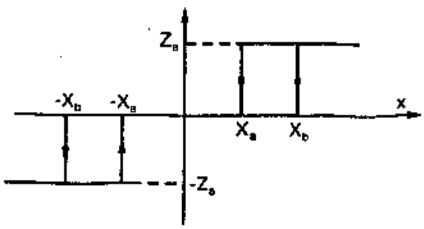
Hình 3.2



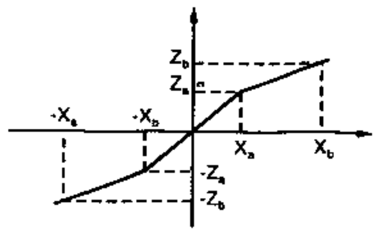
Hình 3.3

3.6 Tìm hàm mô tả của khâu rơle 3 vị trí không có trễ (H.3.3).

3.7 Tìm hàm mô tả của khâu rơle 3 vị trí có trễ (H.3.4).



Hình 3.4



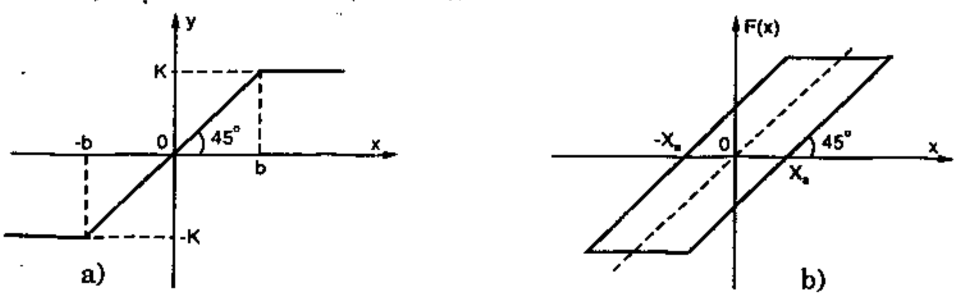
Hình 3.5

3.8 Tìm hệ số khuếch đại phức (hàm mô tả) của khâu phi tuyến, tuyến tính hóa từng đoạn như hình 3.5.

3.9 Tìm hệ số khuếch đại phức của các khâu phi tuyến sau:

a) Khuếch đại có vùng bão hòa (H.3.6a).

b) Đặc tính khe hở (H.3.6b).

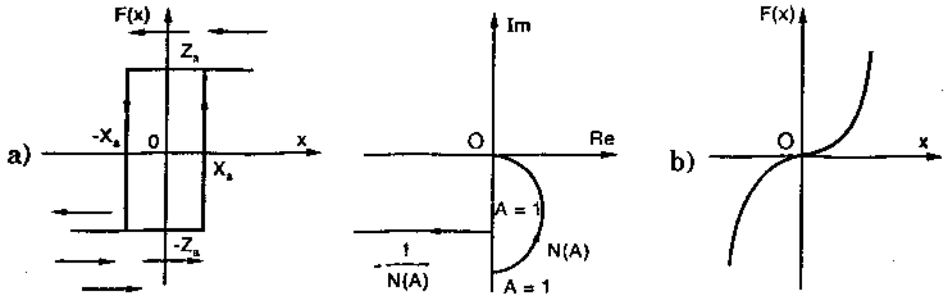


Hình 3.6

3.10 Tìm hệ số khuếch đại phức của các khâu:

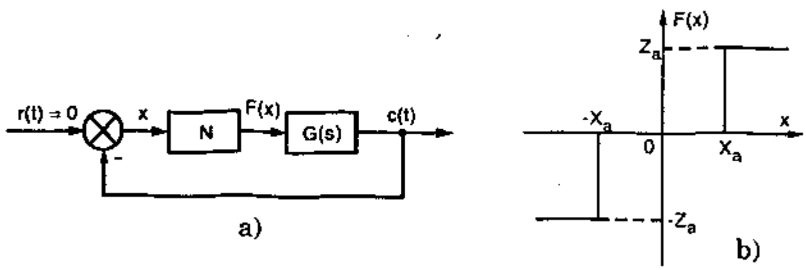
a) Trigger Schmidt (H.3.7a).

b) Hàm $F(X) = X^3$ (H.3.7b).



Hình 3.7

3.11 Cho hệ thống có sơ đồ khối (H.3.8a).



$$G(s) = \frac{K}{s(1+Ts)^2}$$

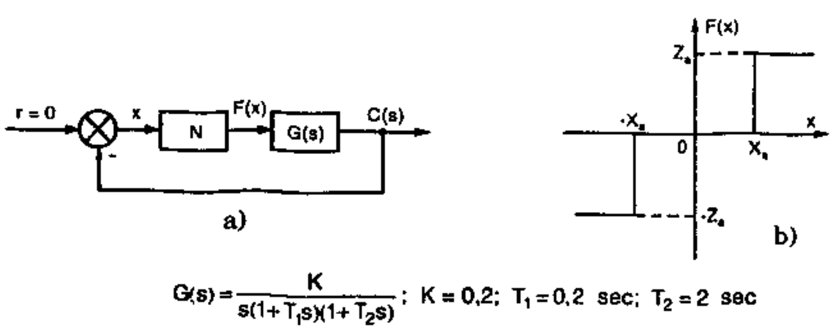
N - là kí hiệu hệ số khuếch đại phức của khâu phi tuyến trong hệ thống

Hình 3.8

Tìm điều kiện không có dao động trong hệ phi tuyến:

$$N(X_m) = \frac{4Za\cos\alpha}{\pi X_m}; \qquad \cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{X_a^2}{X_m^2}}; \qquad x(t) = X_m \sin\omega t$$

3.12 Cho hệ thống có sơ đồ khối trên hình 3.9a.



$$G(s) = \frac{K}{s(1+T_1 s)(1+T_2 s)}; \; K = 0{,}2; \; T_1 = 0{,}2 \text{ sec}; \; T_2 = 2 \text{ sec}$$

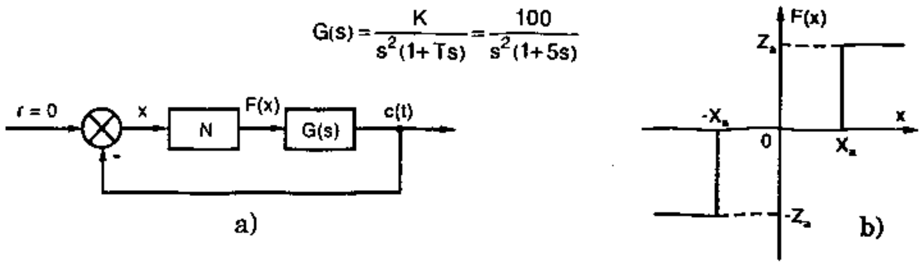
$$N(X_m) = \frac{4Z_a\cos\alpha}{\pi A x_a}; \; \sin\alpha = \frac{1}{A}; \; A = \frac{X_m}{X_a}; x(t) = X_m \sin\omega t$$

N là kí hiệu hệ số khuếch đại phức của khâu phi tuyến trong hệ thống

Hình 3.9

Hãy tính biên độ X_m và tần số dao động ω của hệ ở trạng thái cân bằng.

3.13 Cho hệ thống có sơ đồ khối trên hình 3.10**a.**



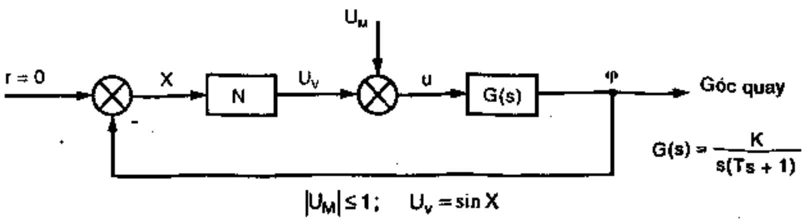
Hình 3.10

a) Vẽ đường cong Nyquist $G(j\omega)$, khi không có khâu phi tuyến hệ kín có ổn định không ?

b) Xét ổn định hệ phi tuyến, biết hệ số khuếch đại phức của khâu phi tuyến.

$$N(X_m) = \frac{4Z_a \cos\alpha}{\pi X_m}; \ \sin\alpha = \frac{X_a}{X_m}. \text{ Với } X(t) = X_m \sin\omega t.$$

3.14 Cho hệ thống có sơ đồ khối hình 3.11.



Hình 3.11

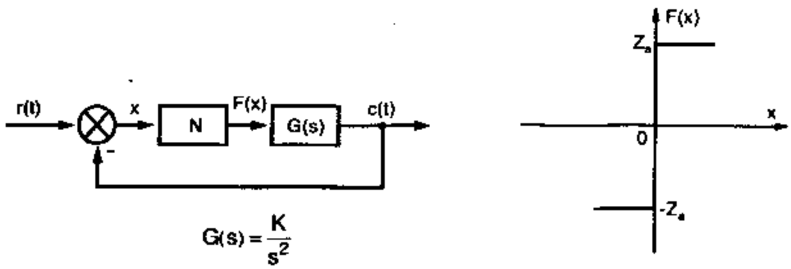
Xét hai trường hợp $U_M = 0$ và $U_M = 1$.

a) Viết phương trình biến trạng thái cho hệ phi tuyến.

b) Xét ổn định tại trạng thái cân bằng $r = 0$.

c) Khi x nhỏ ($sinx \approx x$) viết phương trình biến trạng thái với $r \neq 0$.

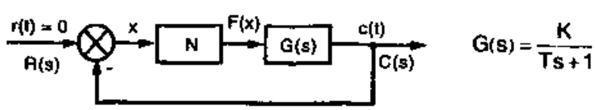
3.15 Cho hệ thống có sơ đồ khối trên hình 3.12.



Hình 3.12

Xét ổn định tại trạng thái cân bằng ($r(t) = 0$) theo phương pháp quỹ đạo pha và phương pháp Liapunôv.

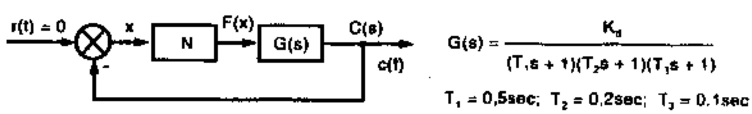
3.16 Cho hệ thống có sơ đồ khối ở hình 3.13.



Hình 3.13

Tìm điều kiện dấu của $X.F(x)$ để hệ ổn định ở trạng thái cân bằng $r(t) = 0$.

3.17 Cho hệ thống có sơ đồ khối hình 3.14.

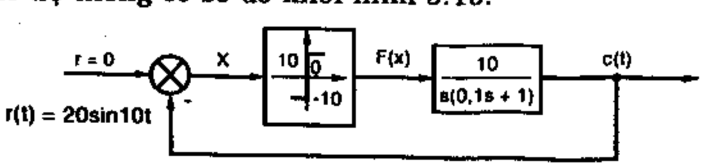


Hình 3.14

a) Tính K khi coi $N = 1$. Ký hiệu tt - tuyến tính.

b) $F(X)$ là hàm lẻ đơn trị nằm trong góc $[0, K]$; $K = K_{tt}.K_{FT}$. Tìm điều kiện hàm $F(X)$ để hệ ổn định tuyệt đối ở trạng thái cân bằng (tiêu chuẩn Pôpôv).

3.18 Cho hệ thống có sơ đồ khối hình 3.15.

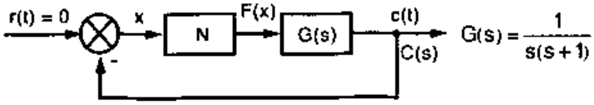


Hình 3.15

a) Xác định hệ phương trình biến trạng thái

b) Xác định dao động cưỡng bức trong hệ

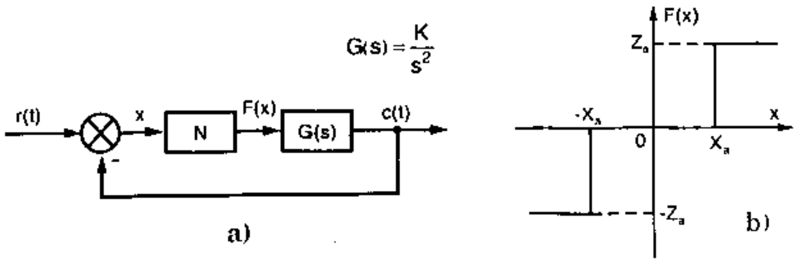
3.19 Cho hệ thống có sơ đồ khối hình 3.16.



Hình 3.16

Cho F(x) là hàm lẻ đơn trị nằm trong góc $\left[\ 0, K = \dfrac{F(X)}{X}\right]$. Tìm điều kiện của $K = F(X)/X$ để hệ ổn định ở trạng thái cân bằng. Giả thiết ban đầu $F(X)/X = 1$.

3.20 Cho hệ thống có sơ đồ khối hình 3.17a.



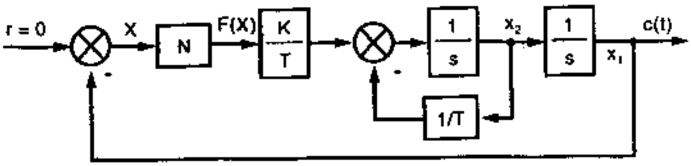
a) b)

Hình 3.17

$K = 10;\ Z_a = 10;\ X_a = 1;\ r(t) = 8\sin 20t$

Tìm nghiệm dao động cưỡng bức $x(t) = X_m \sin(20t + \varphi)$ trong hệ (tính X_m, φ).

3.21 Cho hệ thống có sơ đồ khối hình 3.18. Tìm điều kiện ổn định của hệ ở trạng thái cân bằng. *F(X)* là hàm lẻ, đơn trị *F(X)* = –*F*(–*X*), xác định dấu của *X.F(X)*.

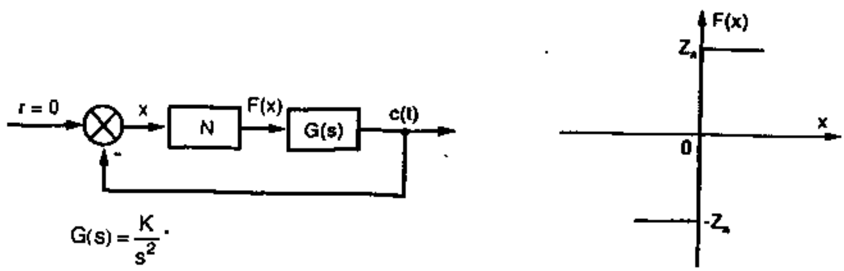


Hình 3.18

a) Hệ phương trình biến trạng thái.

b) Chọn hàm $V(x_1, x_2) > 0$ sao cho V. $\dot{V} < 0$ với mọi x_1, x_2. Kết luận về dấu của $X.F(X)$ để ổn định.

3.22 Cho hệ thống có sơ đồ khối:

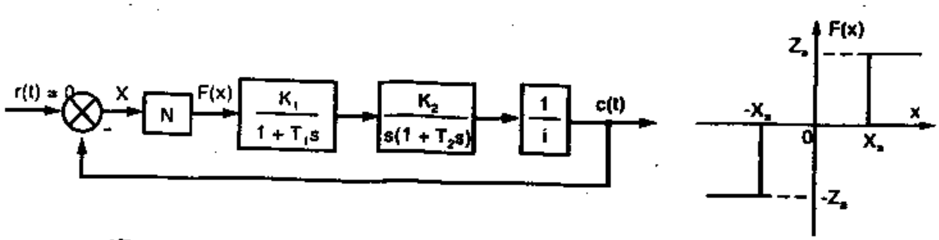


Hình 3.19

a) Xác định hệ phương trình biến trạng thái

b) Chọn hàm V. Xét ổn định của hệ ở trạng thái cân bằng

3.23 Cho hệ thống có sơ đồ khối trên hình 3.20.



$N = \dfrac{4Z_a}{\pi X_m}\cos\alpha$; $\sin\alpha = \dfrac{X_a}{X_m}$; $K_1 = 5$; $K_2 = 300$; $T_2 = 2$ sec; $i = 7500$; $T_1 = 0{,}2$ sec

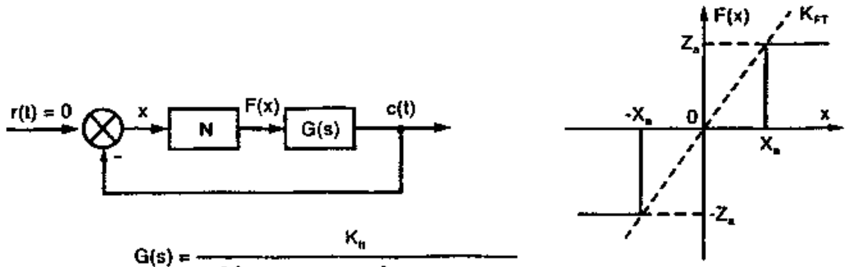
Hình 3.20

a) Vẽ đường cong Nyquist cho hệ hở tuyến tính.

b) Cho $Z_a = 6$; $X_a = 0{,}1$ tính giá trị biên độ và tần số dao động $X_m \sin\omega t$ trong hệ phi tuyến.

c) Kiểm tra điều kiện lọc và tìm điều kiện cho khâu phi tuyến để không có dao động.

3.24 Hệ phi tuyến có sơ đồ khối hình 3.21.



$$G(s) = \frac{K_{tt}}{(T_1^2s^2 + 2\xi_1T_1s + 1)(T_2^2s + 2\xi_2T_2s + 1)}$$

Hình 3.21

Cho: $K_{tt} = 4$, $\xi_1 = 0{,}5$, $T_1 = 5$, $\xi_2 = 0{,}05$, $T_2 = 1{,}25$, $Z_a = 1$, $X_a = 2$.

a) Sử dụng tiêu chuẩn ổn định tuyệt đối của Pôpôv, xét ổn định ở trạng thái cân bằng.

b) Tìm hệ số khuếch đại giới hạn cho hệ: $K = K_{FT}.K_{tt}$; $K_{FT} = \dfrac{Z_a}{X_a}$.

3.25 Cho sơ đồ như hình 3.21a với: $G(s) = \dfrac{1}{(s+1)(s+4)^2}$.

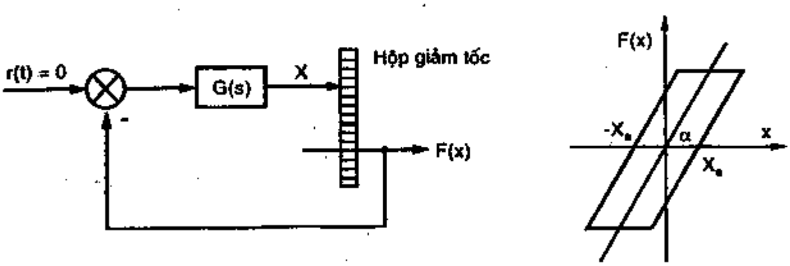
Khâu phi tuyến N là hàm lẻ đơn trị nằm trong góc [0, K]. Xác định giá trị hệ số khuếch đại giới hạn K_{gh} cho hệ phi tuyến.

3.26 Lặp lại bài 3.25 với: $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1)^2}$.

3.27 Cho sơ đồ khối như hình 3.21a với: $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1)(s+2)}$.

Khâu phi tuyến N là hàm $F(X) = X^3$. Hãy xét ổn định của hệ.

3.28 Hộp giảm tốc có đặc tính khe hở với $X_a = 1$, $\alpha = 45^o$.



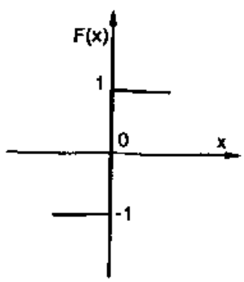
Hình 3.22

a) Tìm hệ số khuếch đại phức của hộp giảm tốc $N = \dfrac{F(X)}{X}$.

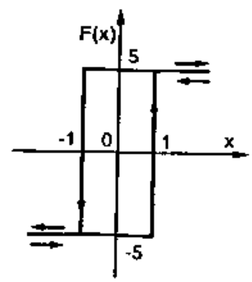
b) Hãy tính biên độ và tần số dao động trong hệ.

3.29 Sơ đồ cho ở hình 3.21a với: $G(s) = \dfrac{10}{s(s+1)(s+2)}$

Tính biên độ và tần số dao động trong hệ với $G(s) = \dfrac{s}{s(s+1)}$. $F(x)$ cho ở hình 3.23.



Hình 3.23



Hình 3.24

3.30 Lặp lại bài 3.29 nếu: $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1)(s+2)}$; $F(X) = X^3$.

3.31 Sơ đồ khối cho ở hình 3.21: $G(s) = \dfrac{3.e^{-0.1s}}{2s+1}$

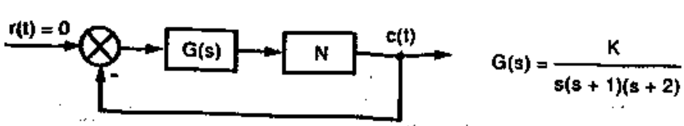
a) Tìm hệ số khuếch đại phức của khâu phi tuyến có đặc tính:

F(X) - Trigger Schmidt (H.3.24).

b) Tính biên độ và tần số dao động.

3.32 Cho ví dụ về hệ điều khiển tự động có sử dụng đặc tính phi tuyến Trigger Schmidt. Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động.

3.33 Một hệ tùy động có sơ đồ khối như hình 3.25.



Hình 3.25

Khâu phi tuyến *N* có đặc tính khe hở $\alpha = 45^\circ$, $X_\alpha = 1$.

a) Với $K = 4$, xác định biên độ và tần số dao động.

b) Tính giá trị hệ số khuếch đại giới hạn cho hệ.

c) Tìm K để hệ có độ dự trữ về biên độ nhỏ nhất là 2 dB.

3.34 Làm lại bài 3.33 cho: $G(s) = \dfrac{K(1+3s)}{s(1+2,1s)^2}$

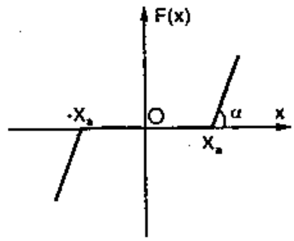
3.35 Lặp lại bài 3.33 với: $G(s) = \dfrac{K(1+5s)}{s(1+1,67s)^2}$

3.36 Cho sơ đồ khối như hình 3.21a.

$$G(s) = \frac{17}{s(1+0,5s)(1+0,1s)}$$

Khâu phi tuyến N có $X_a = 1$; $\alpha = 45^0$ (H.3.26).

Dùng MATLAB vẽ biểu đồ biên độ - pha [dB - độ] cho hệ.



Hình 3.26

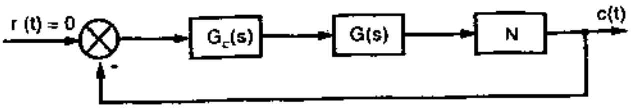
3.37 Hệ phi tuyến có sơ đồ khối như hình 3.25: $G(s) = \dfrac{1,5}{s(1+s)^2}$

N - là khâu phi tuyến có đặc tính khe hở $\alpha = 45^0$, $X_a = 1$.

a) Sử dụng MATLAB vẽ biểu đồ biên độ - pha [dB - degrees] cho hệ.

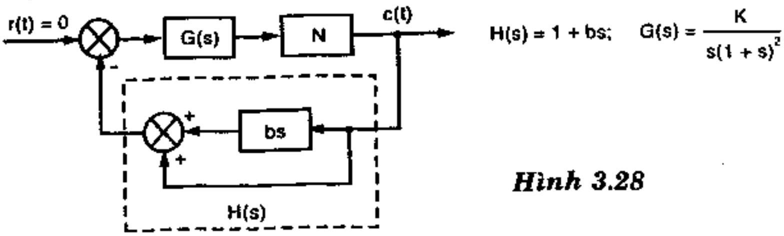
b) Tìm biên độ và tần số dao động.

3.38 Hệ đã cho ở hình 3.25, nối tiếp thêm khâu hiệu chỉnh $G_c(s)$ với $G(s)$ (H.3.27). Tính α, T của khâu hiệu chỉnh sao cho hệ ổn định.



Hình 3.27

3.39 Để khử dao động trong hệ cho trên hình 3.25 người ta sử dụng sơ đồ hiệu chỉnh như hình 3.28.



Hình 3.28

a) Tính b sao cho hệ ổn định.

b) Dùng MATLAB vẽ $(-1/N)$ và $G(j\omega).H(j\omega)$.

3.40 Sơ đồ cho như hình bài 3.39:

$$G(s) = \frac{2}{s(1+0,8s)^2}$$

N - là khâu phi tuyến khe hở $\alpha = 45^o$, $X_a = 1$.

a) Tìm biên độ và tần số dao động khi $b = 0$.

b) Tính b sao cho hệ ổn định và có độ dự trữ pha là 20^o.

3.41 Dùng phương pháp thứ hai của Liapunôv, xác định điều kiện ổn định của hệ được mô tả bởi phương trình vi phân phi tuyến:

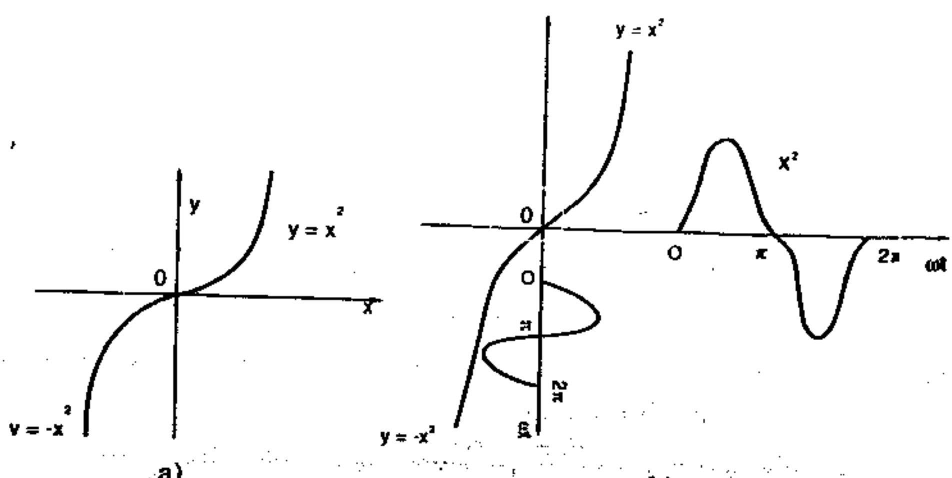
$$\ddot{x}(t) + K_1[\dot{x}(t) + \dot{x}^2(t)] + K_2.x^2(t) + x(t) = 0$$

Nếu: **a)** $K_1 > 0$, $K_2 > 0$

b) $K_1 < 0$, $K_2 < 0$

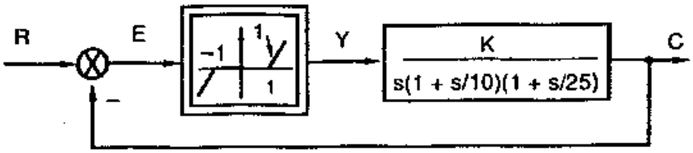
c) $K_1 < 0$, $K_2 > 0$.

3.42 Tìm hàm mô tả cho khâu phi tuyến sau (H.3.29a):



Hình 3.29

3.43 Cho hệ phi tuyến:

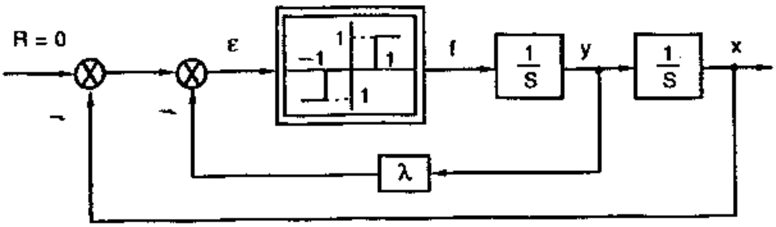


Hình 3.30

a) Tìm giá trị tới hạn K_{th} để hệ có chu trình tới hạn.

b) Với $K = 2K_{th}$, tính biên độ và tần số dao động của chu trình tới hạn.

3.44 Cho hệ phi tuyến:



Hình 3.31

Vẽ quỹ đạo pha: $\lambda = 1$, $x(t = 0) = 3$, $y(t = 0) = 0$

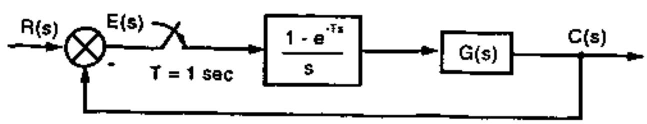
Chương 4

HỆ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG RỜI RẠC

4.1 Tìm hàm truyền đạt rời rạc G(z) cho các đối tượng sau:

a) $G(s)=\dfrac{a}{s(s+a)}$; **b)** $G(s)=\dfrac{a}{s+a}$; **c)** $G(s)=\dfrac{a}{s^2(s+a)}$

4.2 Cho hệ thống như hình 4.1.

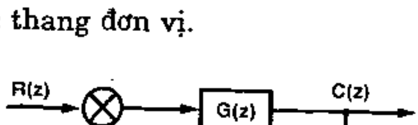


Hình 4.1

Hãy tìm hàm truyền đạt hệ hở khi:

a) $G(s)=\dfrac{a}{s+a}$; **b)** $G(s)=\dfrac{K}{s(s+a)}$; **c)** $G(s)=\dfrac{K}{(s+a)(s+b)}$

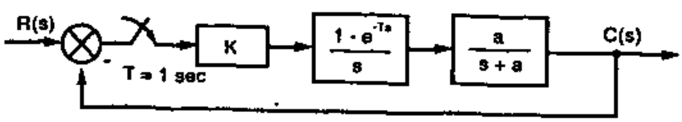
4.3 Cho hệ thống như hình 4.2. Hãy tìm đáp ứng quá độ khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.



$$G(z)=\frac{z+0,5}{(z+0,2)(z-0,5)}$$

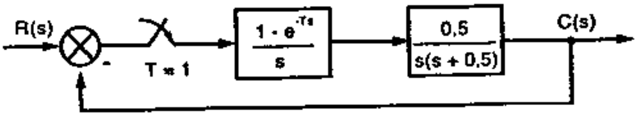
Hình 4.2

4.4 Cho hệ thống trên hình 4.3. Hãy tìm đáp ứng quá độ khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.



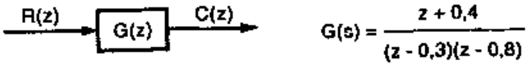
Hình 4.3

4.5 Cho hệ thống trên hình 4.4. Hãy tìm đáp ứng quá độ khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.



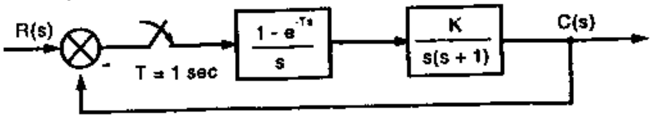
Hình 4.4

4.6 Cho hệ thống như trên hình 4.5. Hãy tìm đáp ứng quá độ khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.



Hình 4.5

4.7 Cho hệ thống như trên hình 4.6. Với điều kiện nào của K thì hệ thống luôn ổn định?

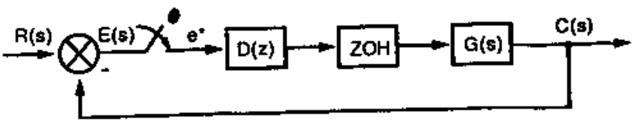


Hình 4.6

4.8. Tìm đáp ứng quá độ đối với hàm bậc thang đơn vị cho các hệ thống có hàm truyền đạt sau: **a)** $G_K(z)=\dfrac{0,32}{(z-0,2)(z-0,6)}$

b) $G_K(z)=\dfrac{0,32z}{(z-0,2)(z-0,6)}$ **c)** $G_K(z)=\dfrac{0,32}{z(z-0,2)(z-0,6)}$

4.9 Cho hệ thống như hình 4.7.



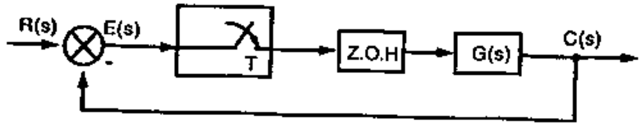
Hình 4.7

Cho: $G(s)=\dfrac{1}{s(s+1)}$; T = 0,1 sec; $D(z)$ = K

a) Hãy tính e_{ss}^{*} khi đầu vào là hàm bậc thang đơn vị.

b) Hãy tính e_{ss}^{*} khi đầu vào là hàm Ramp.

4.10 Cho hệ thống như hình 4.8.



Hình 4.8

Cho: $G(s) = \dfrac{K}{s(s+1)}$; $T = 1$ sec; $K = 4$.

a) Xét ổn định hệ rời rạc khi không có khâu Z.O.H.

b) Vẽ quỹ đạo nghiệm số và tính K_{gh} cho trường hợp (a).

c) Xét ổn định khi có khâu Z.O.H.

4.11 Cho hàm: $G(z) = \dfrac{z(z+0,4)}{(z-1)(z-0,3)(z-0,8)}$

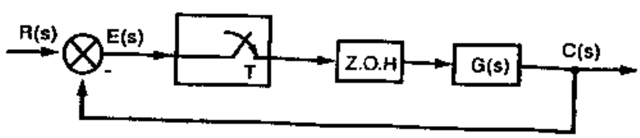
Tính C_n với $n = 0 \div 5$ theo hai cách khác nhau.

4.12 Cho hệ thống như hình 4.9: $G(s) = \dfrac{K}{s(s+1)}$; $T = 2\text{sec}$.

a) Tính K_{gh} khi không có khâu định hình Z.O.H.

b) Vẽ quỹ đạo nghiệm số cho câu a.

c) Vẽ quỹ đạo nghiệm số cho hệ khi có khâu Z.O.H.



Hình 4.9

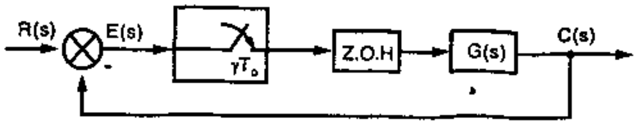
4.13 Để đo nhiệt độ từ 0°C đến 70° C người ta dùng cảm biến LM334 có điện áp ngõ ra từ 2,73 đến 3,43V tương ứng. Muốn đưa điện áp ngõ ra cảm biến vào bộ biến đổi tương tự sang số cần $0 \div 5$ V. Hãy tính hệ số khuếch đại cần thiết cho bộ đệm. 1LSB = 20mV. Độ nhạy của cảm biến LM334 là $10\text{mV}/^\circ$ Kelvin ($0^\circ\text{C} = 273^\circ\text{K}$). Hãy tính mã nhị phân cho nhiệt độ khống chế tại 15°C, 40°C và 60°C.

4.14. Cho hàm truyền: $G_K(z) = \dfrac{C(z)}{R(z)} = \dfrac{0,1}{z^2 - 1,3z + 0,4}$

T = 1sec; $r(t)$ = 1(t). Tính $c(nT)$

Xác định thời gian quá độ để đạt sai số 5%.

4.15 Cho hệ thống như hình 4.10.



$G(s) = \dfrac{K}{s(Ts+1)}$; $\gamma = 0,1$; $T_o = 0,05$ sec; $T = 0,2$ sec

Hình 4.10

a) Xét ổn định của hệ khi K = 100. **b)** Tính K_{gh}.

4.16 Cho phương trình sai phân của hệ số:

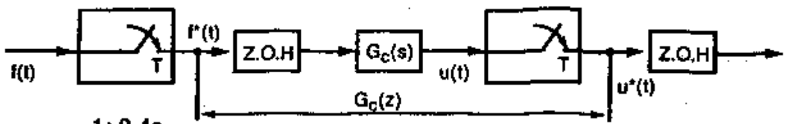
$$c(n+2) + 5c(n+1) + 3c(n) = r(n+1) + 2r(n)$$

a) Tìm hàm truyền hệ số $G_K(z) = \dfrac{C(z)}{R(z)}$.

b) Thành lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ số.

c) Tìm đa thức đặc trưng và xét ổn định.

4.17 Cho hàm truyền bộ hiệu chỉnh trên hình 4.11:



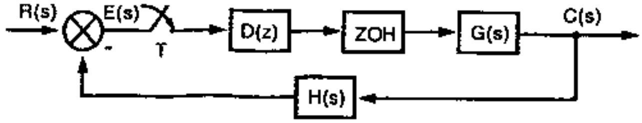
$G_C(s) = \dfrac{1+0,4s}{1+0,01s}$

Hình 4.11

a) Tìm hàm truyền khâu hiệu chỉnh sớm pha với chu kỳ lấy mẫu T.

b) Tính $u^*(t)$ hay $u(nT)$ theo $f(nT)$ và vẽ sơ đồ thuật toán.

4.18 Cho hệ thống trên hình 4.12.



$$G(s) = \frac{1}{s+1};\quad ZOH = \frac{1-e^{-Ts}}{s};\quad D(z) = 1;\quad H(s) = 1$$

Hình 4.12

a) Tìm hàm truyền hệ rời rạc.

b) Tính và vẽ đáp ứng đầu ra khi $r(t) = 1(t)$; $(n \le 7)$

c) Tính và vẽ đáp ứng ra khi $r(t) = t.1(t)$; $(n \le 7)$.

4.19 Cho hàm truyền hở: $G(s) = \dfrac{K}{s(s+2)}$

$D(z) = 1$; $H(s) = 1$; $T = 0,1$; $K = 5$

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số cho hệ rời rạc trên mặt phẳng Z.

b) Tính và vẽ đáp ứng ra khi $r(t) = 1(t)$ với $n \le 7$.

c) Tính hệ số khuếch đại giới hạn K_{gh} cho hệ.

4.20 Cho hệ thống: $G(s) = \dfrac{1}{s^2}$; $H(s) = 1$

$$D(s) = \frac{K(T_C s+1)}{\alpha T_C s+1};\quad 0 < \alpha < 1;\quad T = 0,26 \text{ sec.}$$

a) Vẽ giản đồ Bode cho hệ rời rạc khi chưa hiệu chỉnh. Xác định độ dự trữ về pha và biên độ.

b) Tính toán khâu hiệu chỉnh sớm pha $D(z)$ sao cho hệ đạt được độ dự trữ về pha là $35,53^0$ và biên độ là 3,399 dB, chọn $\alpha T_c = 10^{-2}$.

4.21 Cho hàm truyền hở: $G(s) = \dfrac{1}{s^2}$; $D(z) = K$; $T = \sqrt{2}\,\text{sec}$.

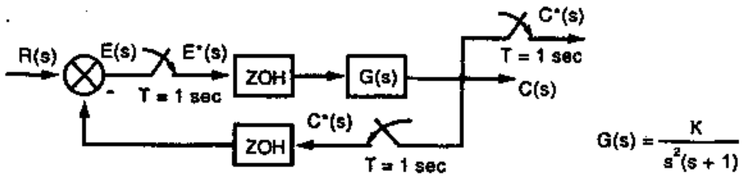
a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số: $0 \le K < +\infty$ và tính K_{gh}.

b) Cho $D(z) = \dfrac{K(z-1)}{z-0,2}$. Vẽ quỹ đạo nghiệm số và tính K_{gh}.

c) Muốn hệ kín có cặp nghiệm quyết định là: $z = 0,5 \pm j\,0,5$. Tính ξ, ω_n, K ứng với trường hợp vừa nêu.

Tính và vẽ đáp ứng quá độ cho hệ với $n \leq 7$.

4.22 Cho hệ thống trên hình 4.13.

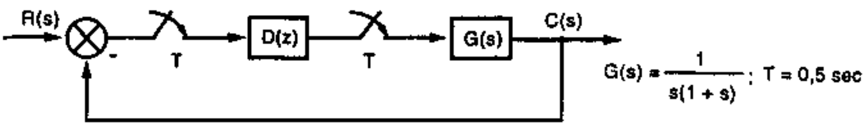


Hình 4.13

a) Tìm hàm truyền đạt cho hệ rời rạc.

b) Vẽ đường cong Nyquist với $K = 1$.

4.23 Cho hệ thống như trên hình 4.14.



Hình 4.14

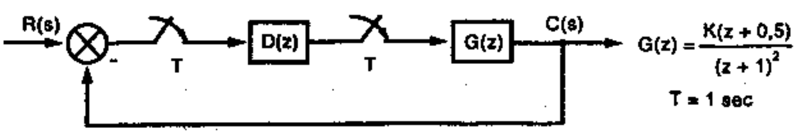
a) Vẽ giản đồ Bode cho hệ chưa được hiệu chỉnh. Xác định độ dự trữ về pha và biên độ.

b) Tính toán khâu hiệu chỉnh số *D(z)* sao cho giải thông vẫn giữ gần đúng giá trị cũ như lúc chưa hiệu chỉnh, song độ dự trữ về pha tăng lên, đạt giá trị gần 55^0.

4.24 a) Hệ đã cho ở bài 4.23 đổi $T = 0{,}056$ sec. Giảm chu kỳ lấy mẫu sẽ ảnh hưởng đến tính chất của hệ như thế nào ?

b) *D(z)* = ?, để hệ có min $\Phi_m = 25^0$ và $\omega_{cắt} = 1 rad/sec$.

4.25 Cho hệ thống trên hình 4.15.



Hình 4.15

a) *D(z)* = 1, vẽ quỹ đạo nghiệm số $0 \leq K < +\infty$

b) *D(z)* = ? để hệ có $\xi = 0{,}7$.

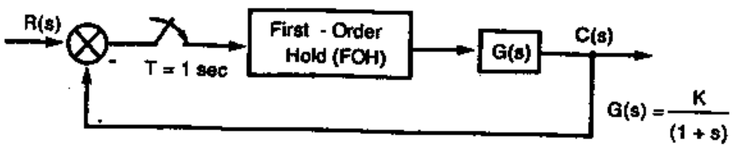
c) Tính và vẽ đáp ứng ra khi $r(t) = 1(t)$; ($n \leq 7$).

4.26 Tính $f(0)$ và $f(\infty)$ cho mỗi trường hợp sau:

1- $F(z) = \dfrac{(z+1)(z+2)}{(z-0,33)(z^2-0,5z+0,5)}$

2- $F(z) = \dfrac{(z-2)^2}{(z+0,33)(z+0,5)(z-0,67)}$; 3- $F(z) = \dfrac{z-1}{z^2-3z+1}$

4.27 Cho hệ thống trên hình 4.16.

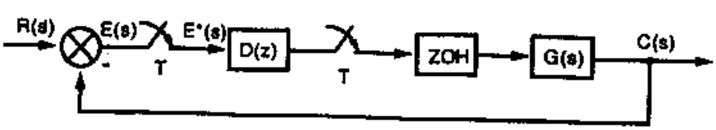


Hình 4.16

Xác định hệ số khuếch đại giới hạn K_{gh} cho hệ rời rạc:

$$FOH = T(1+Ts)\left[\frac{1-e^{-Ts}}{Ts}\right]^2$$

4.28 Cho hệ thống trên hình 4.17: $G(s) = \dfrac{2}{s(s+1)}$, T = 1sec; $D(z)$ = 1



Hình 4.17

a) Tính và vẽ đáp ứng quá độ: $r(t) = 1(t)$; $n \leq 7$

b) Tính và vẽ đáp ứng ra khi: $r(t) = t.1(t)$; $n \leq 7$

4.29 Hệ cho ở bài 4.25 với $G(z) = \dfrac{K(z+2)}{(z-1)^2}$.

Yêu cầu gồm ba câu như bài 4.25.

4.30 Làm lại yêu cầu bài 4.23 với: $G(s) = \dfrac{3}{s(0,25s+1)}$.

4.31 Cho hệ: $G(s) = \dfrac{K(s+2)}{s(s+4)(s+8)}$; $ZOH = \dfrac{1-e^{-Ts}}{s}$; T = 1sec.

a) Tính K_{gh}.

b) Tính và vẽ đáp ứng đầu ra khi $r(t) = 1(t)$ và $r(t) = t.1(t)$.

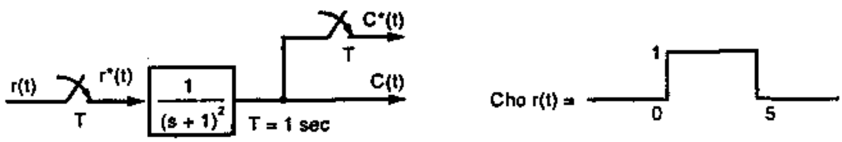
4.32 Xét ổn định hệ rời rạc sau:

a) $z^2+1,5z-1=0$; b) $z^2-z+0,25=0$; c) $z^3-3z^2+2,25z-0,5=0$

4.33 Cho đáp ứng đầu ra của hệ: $C(z)=\dfrac{z}{(z-1)(z-0,5)^2}$; T = 1sec.

a) Tính $c(nT)$, $n \le 7$; b) Tính $c(0)$ và $c(\infty)$.

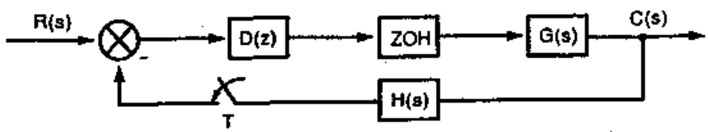
4.34 Cho hệ thống trên hình 4.18.



Hình 4.18

a) Tính $R(z)$ = ?; b) Tính $C(z)$ và $C^*(t)$; c) Tính và vẽ $C(t)$.

4.35 Cho hệ thống trên hình 4.19.



$G(s)=\dfrac{20}{3s+1}$; T = 0,5 sec; H(s) = 0,04; $\mathscr{Z}\left\{\dfrac{a}{s(s+a)}\right\}=\dfrac{z(1-e^{-aT})}{(z-1)(z-e^{-aT})}$

Hình 4.19

a) $D(z)$ = 1, tìm hàm truyền đạt hệ rời rạc và tính sai số xác lập đối với tín hiệu vào là hàm nấc đơn vị 1(t).

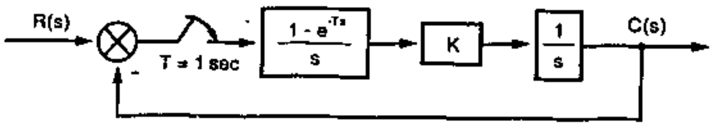
b) $D(z) = K$, $r(t) = 1(t)$. Tính giá trị K sao cho sai số xác lập là 2%.

c) $D(z)$ là khâu sớm pha có nghiệm zero bằng nghiệm cực của hệ chưa hiệu chỉnh. Tính thông số $D(z)$ sao cho hệ có độ dự trữ pha là 60°.

d) Vẽ giản đồ Bode cho hệ tìm được ở câu c.

e) Tính và vẽ đáp ứng ra $C(nT)$, $n \le 7$ khi $r(t) = 1(t)$.

4.36 Cho hệ thống trên hình 4.20. $r(t) = 1(t)$. Tính và vẽ đáp ứng ra $C(nT)$, $n \le 7$ cho các trường hợp sau:



Hình 4.20

a) $K = 0{,}5$; **b)** $K = 1$; **c)** $K = 2$; **d)** $K = 3$.

Nhận xét ảnh hưởng của K lên tính ổn định của hệ ?

4.37 Cho hàm truyền đạt của hệ rời rạc:

$$G(z) = \frac{C(z)}{R(z)} = \frac{z^2+2z+1}{z^3+2z^2+z+\frac{1}{2}}$$

a) Hãy vẽ graph tín hiệu và hệ phương trình biến trạng thái cho hệ trên.

b) Với T là chu kỳ lấy mẫu hãy vẽ giản đồ mô phỏng cho hệ (qua T và các hệ số).

4.38 Cho hàm truyền đạt của hệ rời rạc: $G(z) = \dfrac{z+3}{(z+1)(z+2)} = \dfrac{C(z)}{R(z)}$

a) Thành lập phương trình biến trạng thái cho hệ.

b) $r(t) = 1(t)$ điều kiện ban đầu bằng không, tính đáp ứng đầu ra $C(nT)$ với $n \le 4$.

4.39 Bộ lọc số bậc hai có hàm truyền: $\dfrac{Y(z)}{E(z)} = \dfrac{z^2-1{,}96z+0{,}99}{z^2-1{,}98z+0{,}99}$

a) Vẽ giản đồ mô phỏng cho bộ lọc số.

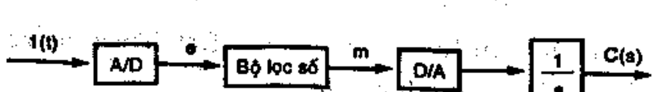
b) Thành lập hệ phương trình biến trạng thái và tính tín hiệu ra $y(nT)$ khi $e(t) = 1(t)$ và $n \le 6$.

4.40 Cho hệ thống trên hình 4.21.

Bộ lọc số được mô tả bằng phương trình sai phân:

$m(n) = -m(n-1) + e(n-1)$

Tần số lấy mẫu $f = 1$Hz.



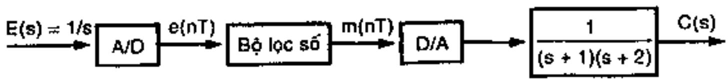
Hình 4.21

a) Hãy tính $C(z)$; **b)** Vẽ đáp ứng $C(nT)$, $n \le 6$

4.41 Cho hệ thống trên hình 4.22:

$$m(n+1) = 0{,}5c(n+1) - (0{,}5)(0{,}99)\, e(n) + 0{,}995m(n)$$

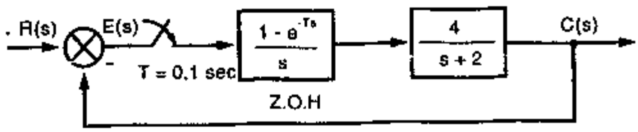
Tần số lấy mẫu $f = 25$Hz.



Hình 4.22

a) Tính $C(z)$; **b)** Tính $C(o)$ và $\lim\limits_{n\to\infty} C(nT)$

4.42 Cho sơ đồ khối của hệ rời rạc như trên hình 4.23.



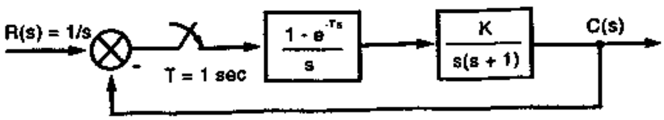
Hình 4.23

a) Tính hàm truyền hệ kín.

b) Vẽ $c(nT)$ và $e(nT)$ với $r(t) = 1(t)$ điều kiện ban đầu bằng không, $n \le 6$, $T = 0{,}1$ sec.

c) Tính T_{gh}? **d)** Vẽ tín hiệu trước và sau khâu ZOH.

4.43 Cho hệ thống trên hình 4.24.



Hình 4.24

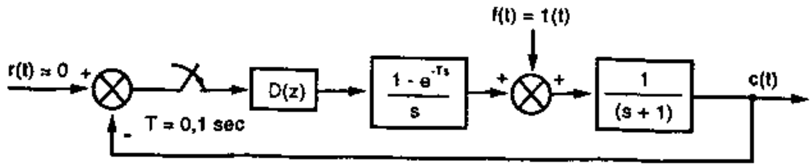
a) Tính: $c(nT)$; $(n \le 10)$ và $\lim\limits_{n\to\infty} c(nT)$.

b) Vẽ đáp ứng đầu ra cho hệ liên tục và rời rạc trên cùng một hình vẽ và cùng tỷ lệ.

c) Tính sai số xác lập cho hệ liên tục khi $r(t) = 1(t)$ và $r(t) = t\ (t)$.

d) Tính hệ số tắt ξ và tần số dao động tự nhiên ω_n khi $T = 1$ sec và T = 0,1sec. Có nhận xét gì về ảnh hưởng của tham số T lên tính chất của hệ số.

4.44 Cho hệ thống:



Hình 4.25

a) $D(z) = 1$. Xác định $c(t)$.

b) $D(z) = 1 + \dfrac{0,1z}{z-1}$. Tính $c(nT)$.

Nêu mục đích của khâu hiệu chỉnh D(z).

4.45 Hệ rời rạc có khâu định hình ZOH, chu kỳ lấy mẫu là T, đối tượng có hàm truyền liên tục $G(s)$, vòng kín phản hồi âm một đơn vị. $G(s) = \dfrac{K}{s(s+1)}$.

a) T = 0,1sec. Xác định K để hệ ổn định.

b) T = 1sec; K_{gh}? Vẽ quỹ đạo nghiệm số $0 \le K < +\infty$.

c) Kiểm tra lại kết quả câu a và b theo tiêu chuẩn Jury.

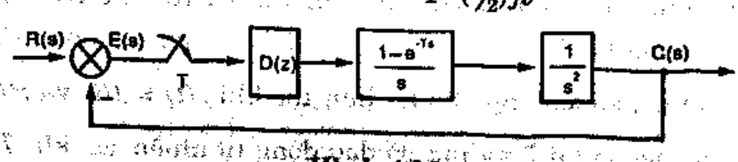
4.46 Vẽ giản đồ Bode cho bài 4.45 câu b (T = 1sec); $K = 1$. Tính độ dự trữ về biên độ và pha.

4.47 Cho hệ thống có: $G(s) = \dfrac{K}{s(s+2)}$; $ZOH = \dfrac{1-e^{-Ts}}{s}$; T = 1sec.

a) Xác định K_{gh}?

b) $r(t) = 1(t)$, tính $C(z)$, $n \le 10$, vẽ $c(nT)$. Xác định độ vọt lố (%).

4.48 Cho hệ thống trên hình 4.26: $z = \dfrac{1+(T/2)jv}{1-(T/2)jv}$; T = 0,26sec.



Hình 4.26

a) $D(z) = 1$. Tìm hàm truyền hệ hở và vẽ giản đồ Bode. Xác định độ dự trữ về pha và biên độ.

b) $D(jv) = 5,14\dfrac{1+jv}{1+0,01jv}$. Nêu vai trò của khâu hiệu chỉnh. Vẽ giản đồ Bode cho hệ đã hiệu chỉnh.

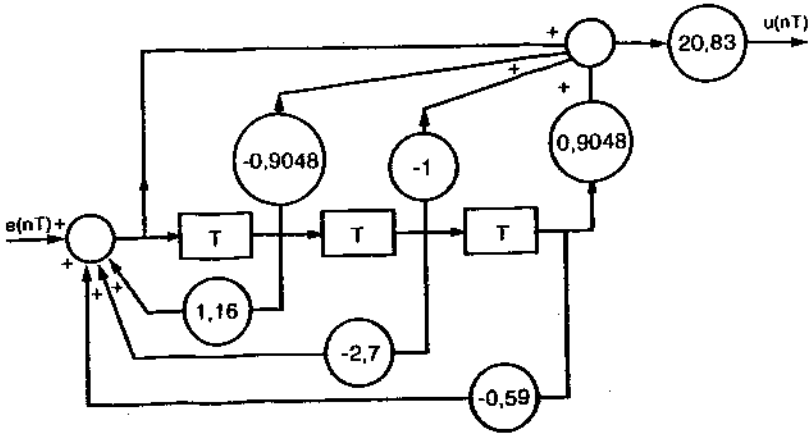
4.49 Cho một hệ thống có: $G(s) = \dfrac{1,63e^{-270s}}{1+3480s}$

Hiệu chỉnh Ziegler – Nichols: $D(s) = 9,5\left(1 + \dfrac{0,00185}{s} + 135s\right)$

Tính $D(z)$ đặt $s = \dfrac{T(z-1)}{2(z+1)}$.

Tìm tín hiệu đầu ra khâu hiệu chỉnh $u(nT)$ đối với sai lệch $e(nT)$ của hệ.

4.50 Cho sơ đồ thuật toán điều khiển hệ thống (giản đồ mô phỏng) trên hình 4.27.

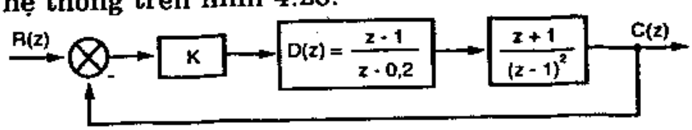


Hình 4.27

a) Xác định hàm truyền đạt,

b) Viết phương trình tính đáp ứng đầu ra.

4.51 Cho hệ thống trên hình 4.28.



Hình 4.28

a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số $0 \le K < +\infty$.

Xác định giá trị hệ số khuếch đại K_{gh}.

b) $K < K_{gh}$; $r(t) = 1(t)$; tính và vẽ $c(nT)$, $n \le 6$.

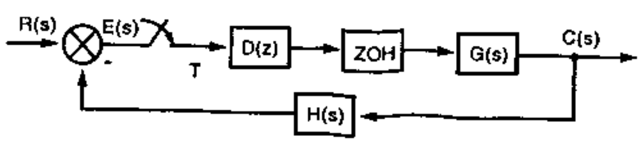
Xác định độ vọt lố và hệ số tắt ξ.

4.52 Cho đáp ứng đầu ra của hệ thống: $C(z) = \dfrac{z}{(z-1)(z-0,5)^2}$; $r(t) = 1(t)$.

a) Tính $c(nT)$ và $c(\infty)$ theo định lý giá trị giới hạn.

b) Tính $c(nT)$ theo phương pháp nghịch đảo z.

4.53 Cho hệ thống trên hình 4.29.



$$G(s) = \frac{K.e^{-0,3s}}{1,5s+1};\ ZOH = \frac{1-e^{-Ts}}{s};\ D(Z) = 1;\ H(s) = 0,00667;\ T = 0,4\ \text{sec}$$

Hình 4.29

a) Tính hệ số khuếch đại K_{gh} cho hệ liên tục.

b) Dùng phương pháp Routh – Hurwitz tính K_{gh} cho hệ rời rạc.

Kiểm tra lại kết quả bằng phương pháp Jury.

c) Tìm tần số dao động của hệ.

d) Khâu trễ pha $e^{-0,3s}$ gây ảnh hưởng gì ?

4.54 Cho hệ thống: $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1)(0,5s+1)}$; $T = 0,05$ sec; $H(s) = 1$

a) Vẽ đường cong Nyquist cho hệ khi $D(z) = 1$ (theo bảng 4.1).

b) Tính $D(z)$ sao cho hệ đạt độ dự trữ về biên độ là 16dB và pha là 55^o (dùng phương pháp giản đồ Bode).

4.55 Tính *D(z)* là khâu hiệu chỉnh sớm pha cho hệ ở bài 4.54 sao cho hệ đạt độ dữ trữ về pha là 55^o và biên độ là 12db (phương pháp giản đồ Bode).

4.56 Hiệu chỉnh sớm trễ cho hệ đã cho ở bài 4.54 sao cho hệ đạt sai số xác lập đối với hàm "*ramp input*" là 0,50 và độ dữ trữ về pha là 55^o, biên độ là 10 dB.

4.57 Cho hàm truyền hệ hở: $G(s)=\dfrac{1}{s(s+1)}$; $T = 0{,}1$ sec

Đáp ứng tần số cho ở bảng 4.2.

a) Tìm hàm truyền đạt cho hệ rời rạc.

b) Theo dữ kiện cho ở bảng 4.2, vẽ Nyquist và Bode.

c) Xác định độ dự trữ về pha và biên độ cho hệ với *D(z)* = 1.

d) *D(z)* = *K* sao cho $K_v = 4$, sai số xác lập đối với hàm "*ramp input*" là hằng số bằng 0,25.

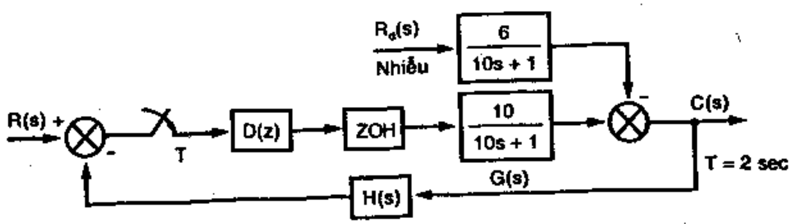
4.58 Cho hệ thống trên hình 4.30.

a) *D(z)* = 1. Hãy tính hệ số khuếch đại một chiều (DC) cho đối tượng *G(s)* và hệ kín.

b) *D(z)* = *K* ? để sai số xác lập = 4%.

c) *D(z)* là khâu hiệu chỉnh trễ pha cần có thông số bằng bao nhiêu để hệ đạt hệ số khuếch đại DC là 48 và độ dự trữ pha là 50^o?

d) *D(z)* là khâu hiệu chỉnh PI. Giả sử tín hiệu nhiễu $R_d(t) = 1(t)$. Hãy tính đáp ứng đầu ra đối với nhiễu cho hệ chưa và đã hiệu chỉnh sao cho hệ kín có độ dự trữ biên độ 10dB.



Hình 4.30

Bảng 4.1

$\angle\omega$	$\lvert G(e^{j\omega T})\rvert$	$\lvert G(e^{j\omega T})\rvert$ dB	$\lvert G(e^{j\omega T})\rvert$	ω^W
0,010	100,00	40,00	-90,90	0,010
0,500	19,970	26,00	-94,40	0,050
0,100	9,9400	19,90	-98,70	0,100
0,200	4,8800	13,80	-107,3	0,200
0,300	3,1600	9,990	-115,6	0,300
0,360	2,5700	8,210	-120,5	0,360
0,400	2,2800	7,150	-123,7	0,400
0,500	1,7400	4,790	-131,3	0,500
0,600	1,3700	2,730	-138,5	0,600
0,700	1,1050	0,870	-145,3	0,700
0,800	0,9064	-0,85	-151,6	0,800
0,900	0,7533	-2,46	-157,5	0,900
1,000	0,6330	-3,97	-163,0	1,000
1,200	0,4576	-6,79	-172,9	1,200
1,370	0,3550	-8,99	-180,3	1,371
1,500	0,2950	-10,6	-185,4	1,501
2,000	0,1584	-16,0	-201,4	2,001
3,000	0,0590	-24,6	-222,3	3,006
5,000	0,0151	-36,7	-244,3	5,026

Bảng 4.2

$\angle\omega_w$	ω	$\lvert G(j\omega_w)\rvert$	$\lvert G(j\omega_w)\rvert$ dB	$\lvert G(j\omega_w)\rvert$	$\dfrac{G(j\omega_w)}{1+G(j\omega_w)}$ dB
0,10000	0,1000	9,95041	19,95682	–9 5,99702	0,04760
0,20000	0,2000	4,90299	13,80922	-101,68250	0,18813
0,30000	0,3000	3,19289	10,08369	-107,55740	0,41372
0,40000	0,3999	2,32139	7,314960	-112,94450	0,70734
0,50000	0,4999	1,78911	5,052760	-117,99240	1,03622
0,60000	0,5998	1,42948	3,103580	-122,67450	1,34277
0,70000	0,6997	1,17073	1,369110	-126,98560	1,53758
0,80000	0,7996	0,97655	-0,206120	-130,93550	1,50754
0,90000	0,8994	0,82641	-1,656090	-134,54460	1,15424
1,00000	0,9992	0,70770	-3,003070	-137,83850	0,44876
2,00000	1,9934	0,22457	-12,97286	-159,06920	-10,97265
3,00000	2,9778	0,10651	-19,45226	-169,96690	-18,49177
4,00000	3,9479	0,06179	-24,18212	-177,09400	-23,62893
5,00000	4,8996	0,04040	-27,87273	-182,46980	-27,51491
6,00000	5,8291	0,02858	-30,87771	-186,95820	-30,62776
7,00000	6,7335	0,02139	-33,39674	-190,83250	-33,21241
8,00000	7,6101	0,01669	-35,55328	-194,30040	-35,41178
9,00000	8,4571	0,01344	-37,42904	-197,46320	-37,31700
10,0000	9,2730	0,01112	-39,08097	-200,38180	-38,99006
20,0000	15,7080	0,00353	-49,04776	-221,18530	-49,02468
30,0000	19,6560	0,00200	-53,97535	-232,97050	-53,96489
40,0000	22,1430	0,00140	-57,09782	-240,09520	-57,09176
50,0000	23,8060	0,00108	-59,35686	-244,66820	-59,35286
60,0000	24,9810	0,00088	-61,12365	-247,74910	-61,12076
70,0000	25,8500	0,00074	-52,57513	-249,89890	-62,57292
80,0000	26,5160	0,00065	-63,80777	-251,43480	-63,80599
90,0000	27,0430	0,00057	-64,87953	-252,54670	-64,57804
100,0000	27,4680	0,00051	-65,82769	-253,25480	-65,82662

4.59 Hệ đã cho có sơ đồ cấu trúc như hình 4.29 với:

$$K = 500;\ T = 0{,}4 \text{ sec};\ G(s) = \frac{K}{1{,}5s+1}$$

a) Tìm hàm truyền đạt cho hệ rời rạc.

b) Hãy giải thích tại sao để đạt nhiệt độ $1000^{o}C$ thì điện áp vào có giá trị hằng bằng 6,67V.

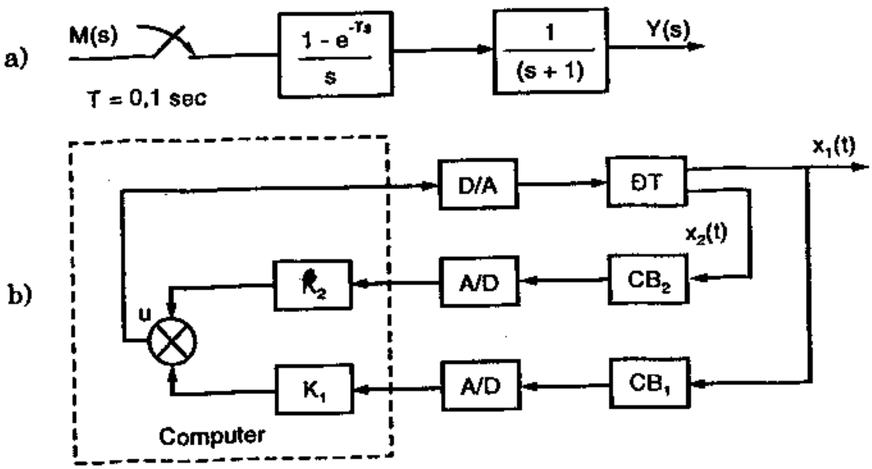
c) $D(z) = 1$, tính sai số xác lập ứng với nhiệt độ đặt là $1000^{o}C$.

d) Tính toán khâu hiệu chỉnh trễ pha $D(z)$ sao cho hệ thống có hệ số khuếch đại DC bằng 10 và độ dự trữ về pha là 80^{o}.

4.60 Tính lại bài 4.59 với: $mT = 0{,}1;\ G(s) = \dfrac{K.e^{-0.3S}}{1{,}5s+1}$

$mT = T - \Delta T = 0{,}4 - 0{,}3 = 0{,}1\text{sec}$; ΔT - là thời gian trễ $(e^{-\Delta T.s})$

4.61 Cho hệ thống trên hình 4.31a.



Hình 4.31

a) Lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ, đặt $x_1(t) = y(t)$.

b) Dùng máy tính để điều khiển theo sơ đồ: tín hiệu điều khiển:

$$u(n) = -K_1.x_1(n) - K_2.x_2(n)$$

Hãy xác định K_1 và K_2 để hệ kín phản hồi âm một đơn vị có hằng số thời gian τ bằng 1 sec. $\tau = 1/\xi\omega_n$ (Hệ kín có cặp nghiệm mong muốn $0,888 \pm j0,173$).

Ký hiệu: ĐT - đối tượng; CB - cảm biến; A/D - bộ chuyển đổi tương tự / số; D/A - bộ chuyển đổi số / tương tự.

4.62 Trình bày PID số và vẽ sơ đồ thực hiện bằng toán tử z^{-1}.

4.63 Cho hàm truyền hệ thống:

$$D(z) = \frac{11/128 + (106/128)z^{-1} + (224/128)z^{-2} + z^{-3}}{1/128 + (34/128)z^{-1} + (160/128)z^{-2} + z^{-3}}$$

Hãy tìm sơ đồ thực hiện bằng toán tử z^{-1} (hình thang).

4.64 Cho hàm truyền hệ hở:

$$G(s) = \frac{36}{s(s+3,6)}$$

a) $D(z) = 1$. Vẽ đáp ứng ra cho hệ liên tục phản hồi âm một đơn vị.

b) $T = 0,005$ sec. Tính và vẽ đáp ứng ra cho hệ rời rạc khi không có khâu hiệu chỉnh ở trạng thái kín.

c) $D(z)$ là khâu sớm pha $= \dfrac{14,74z - 12,6}{z - 0,798}$. Vẽ giản đồ Bode và xác định Φ_M? Φ_M – Độ dự trữ pha.

d) $D(z) = \dfrac{0,3z - 0,2997}{z - 0,99978}$. Vẽ giản đồ Bode, xác định Φ_M? Chu kỳ lấy mẫu $T = 0,005$sec cho câu c và d.

Chương 5

THIẾT KẾ HỆ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

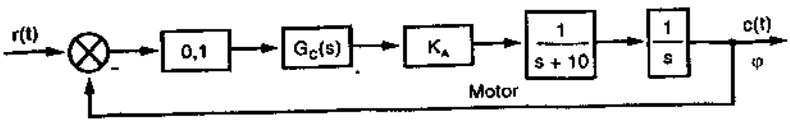
5.1 Thiết kế hệ điều khiển góc khớp nối robot có sơ đồ cấu trúc như hình 5.1. Giả sử tính phi tuyến trong hệ này là không đáng kể và hàm truyền đã cho là xấp xỉ gần đúng, đủ chính xác để xác định nghiệm quyết định của hệ. Yêu cầu thiết kế hệ thỏa mãn các điều kiện sau:

a) Sai số xác lập với đầu vào vận tốc là 3,2 rad/sec sẽ nhỏ hơn hay bằng 0,1 rad. Sai số xác lập bằng 0 khi đầu vào vị trí.

b) Dự trữ pha lớn hơn 60^0.

c) Thời gian xác lập nhỏ hơn 1 sec.

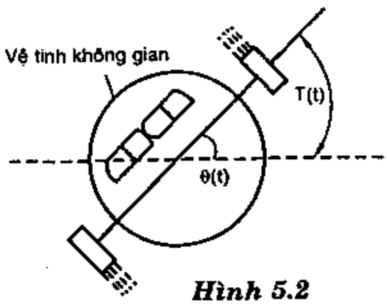
d) Phần trăm độ vọt lố nhỏ hơn 8%.



Hình 5.1

5.2 Thiết kế bộ điều khiển và bộ đánh giá đủ bậc cho hệ điều khiển vị trí vệ tinh không gian dùng hồi tiếp biến trạng thái tuyến tính (H.5.2).

Ký hiệu: M(t) - mômen xoắn động cơ phản lực; $\theta(t)$ - góc định vị.



Hình 5.2

Giả sử: Bộ điều khiển có dạng: $u(t) = -K_1x_1(t) - K_2x_2(t)$.

với: $x_1(t)$ là góc định vị; $x_2(t)$ là vận tốc góc; $u(t)$ là mômen xoắn đầu vào $u(t) = \dfrac{d^2\theta(t)}{dt^2}$; Hàm truyền vệ tinh $G(s) = \dfrac{\theta(s)}{u(s)} = \dfrac{1}{s^2}$.

Yêu cầu thiết kế hệ thỏa mãn các chỉ tiêu chất lượng sau:

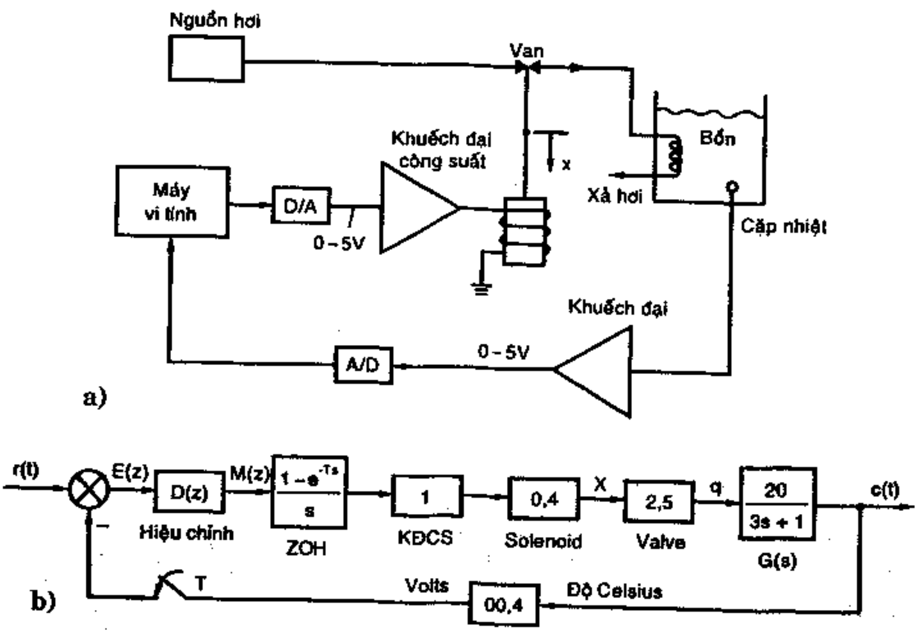
a) Bộ điều khiển có hệ số tắt $\xi = 1$.

b) Thời gian xác lập của bộ điều khiển là 1 sec hoặc nhỏ hơn.

c) Bộ đánh giá đủ bậc cho hệ cũng phải có hệ số tắt $\xi = 1$ và nó phải nhanh hơn Bộ điều khiển 2,5 lần.

d) Dùng MATLAB vẽ giản đồ Bode cho hệ đã hiệu chỉnh.

5.3 Thiết kế hệ điều khiển lấy mẫu dữ liệu để điều khiển nhiệt độ của chất lỏng trong bồn. Sơ đồ khối và sơ đồ cấu trúc được trình bày lần lượt trên hình 5.3a, b: T - chu kỳ lấy mẫu, $T = 0{,}5$ sec.



Hình 5.3

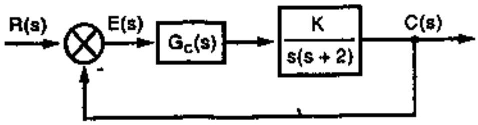
Yêu cầu của bài toán thiết kế là:

a) Sai số xác lập khi đầu vào là hàm nấc thang biên độ 10 phải nhỏ hơn hay bằng 2%.

b) Hệ phải có dự trữ pha tối thiểu là 60°.

c) Vẽ giản đồ Bode cho hệ đã hiệu chỉnh và tính nhiệt độ đầu ra $c(nT)$; $n \le 6$. Khi $r(t) = 10.1(t)$.

5.4. Cho sơ đồ khối - sơ đồ hàm truyền của một hệ định vị góc của robot thực hiện nhiệm vụ hàn trong dây chuyền sản xuất xe hơi (H.5.4):



Hình 5.4

Yêu cầu thiết kế là: hệ định vị có hệ số tắt $\xi = 0,707$.

Hệ số sai số vị trí K_p là vô cùng và hệ số sai số vận tốc $K_V = 10$.

a) Cho $G_C(s) = 1$. Hãy vẽ quỹ đạo nghiệm số (QĐNS); $0 \le K < +\infty$.

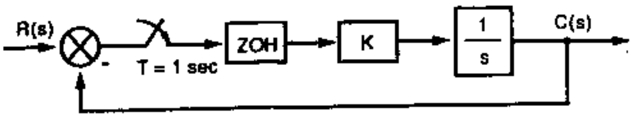
b) Tìm K để hệ có hệ số tắt $\xi = 0,707$ và đánh dấu trên quỹ đạo nghiệm số.

c) Chọn $G_C(s)$ để thỏa mãn $K_V = 10$. Vẽ quỹ đạo nghiệm số của hệ đã hiệu chỉnh.

d) Tính đáp ứng quá độ c(t) của hệ đã hiệu chỉnh $r(t) = 1(t)$.

5.5 Làm lại bài 5.4 với yêu cầu hệ số tắt $\xi = 0,5$ thay vì 0,707.

5.6 Yêu cầu thiết kế bộ lái tự động để điều khiển độ nghiêng của máy bay. Cho sơ đồ khối đơn giản của hệ trên hình 5.5 với giả thiết độ nghiêng độc lập với độ chúi và phần đầu.



Hình 5.5

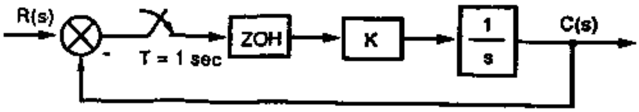
a) Cho $G_C(s) = 1$. Vẽ quỹ đạo nghiệm số $0 \le K < +\infty$.

b) Với $G_C(s) = 1$. Xác định hệ số khuếch đại K trên đồ thị quỹ đạo nghiệm số để hệ có hệ số tắt ξ là 0,95. Giả thiết rằng quá trình quá độ của hệ được điều khiển bởi một cặp nghiệm phức liên hợp quyết định.

c) Yêu cầu hệ có hệ số sai số vận tốc $K_V = 40$. Hãy xác định độ gia tăng độ lợi và mạch trễ pha cần thiết để có $K_V = 40$ và duy trì $\xi = 0,95$.

d) Vẽ lại quỹ đạo nghiệm số cho hệ đã bù. Giá trị K mới của hệ đã bù là bao nhiêu ? Nó ảnh hưởng thế nào đến bộ bù $G_C(s)$ được xác định ở phần c.

5.7 Cho sơ đồ khối hệ rời rạc trên hình 5.6.



Hình 5.6

Hãy tính đáp ứng ra $c(nT)$, $n \le 9$, $r(t) = 1(t)$ với những giá trị độ lợi K sau:

a) $K = 0,5$; **b)** $K = 1$; **c)** $K = 2$; **d)** $K = 3$.

5.8 Cho graph tín hiệu một hệ điều khiển radar theo dõi gồm một khâu phi tuyến N, 3 phản hồi cục bộ $H_1(s)$, $H_2(s)$ và $H_3(s)$, hàm truyền nhánh thuận ký hiệu là:

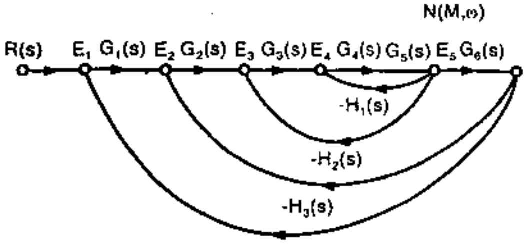
$G_1(s)+G_6(s)\,;G_1(s),G_2(s),G_3(s)$ - Bộ hiệu chỉnh, cần xác định thể loại và thông số.

$$G_4 = \frac{1,635}{0,01s+1};\quad H_1(s)=1,2;\quad G_5 = \frac{1}{0,231s};\quad H_2(s)=0,0282s$$

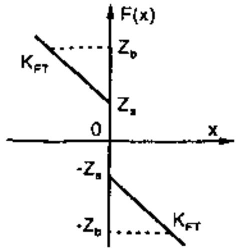
$$G_6 = \frac{1}{1500s};\quad H_3 = 10s$$

Khâu phi tuyến N có đặc tính $F(X)$ - ma sát tĩnh và ma sát Coulomb.

$K_{FT} = 1$; $\dfrac{Z_a}{Z_b} = 1$; 0,667; 0,5; 0,4; 0,3; ... Yêu cầu thiết kế đòi hỏi hệ phải luôn ổn định, định vị độ chính xác cao, cấu hình định vị tối ưu. Giả sử cần đạt độ dự trữ biên độ tối thiểu là 6dB và đỉnh cộng hưởng là 13dB tại tần số cộng hưởng thấp là 4 HZ. Sai số xác lập của hệ phải bằng không khi tín hiệu vào là vị trí, tốc độ và gia tốc.



Hình 5.7



Hình 5.8

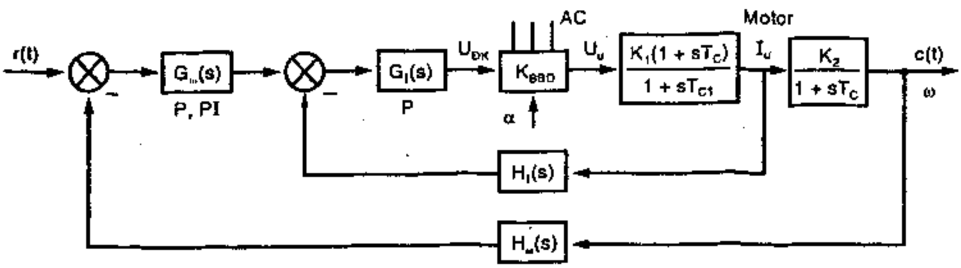
a) Viết phương trình cân bằng điều hòa cho hệ phi tuyến $1 + G(j\omega)N = 0$. Xác định $G(j\omega)$ dùng định lý Mason.

b) Nêu tác dụng của ba khâu hiệu chỉnh $G_1(s), G_2(s)$ và $G_3(s)$. Chọn cấu trúc hàm truyền.

c) Dùng MATLAB vẽ biểu đồ độ lợi – pha của hàm mô tả khâu phi tuyến $-1/N$; đặc tính tần số của hàm truyền hệ hở và hệ kín theo yêu cầu thiết kế.

d) Tính thông số của ba khâu hiệu chỉnh đã chọn ở câu **b.**

5.9 Thiết kế bộ điều khiển tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập, điện áp định mức 110V, công suất P = 2kW, số vòng quay n = 1800 vòng/phút. Cho sơ đồ khối và các thông số của hệ điều khiển hai vòng phản hồi âm áp và âm dòng điện với hai khâu hiệu chỉnh vòng trong $G_I(s)$, vòng ngoài tốc độ $G_\omega(s)$:



Hình 5.9

Ký hiệu (H.5.9): BBĐ - bộ biến đổi AC/DC; U_u - điện áp phần ứng động cơ DC

T_C - hằng số thời gian điện cơ của động cơ DC; ĐK - điều khiển

T_u- hằng số thời gian điện từ của động cơ DC

$I_u = 20A$, $J = 0{,}093 kgm^2$; (mômen quán tính)

$K\Phi$ = 0,55V.S; hệ số ma sát B = 0,008; $R_u = 1\Omega$; $L_u = 46mH$.

$$T_C = \frac{J}{B} = 11{,}63\text{sec}; \quad T_{C1} = \frac{T_C R_u B}{(K\Phi)^2 + R_u B} = 0{,}3\text{sec}; \quad T_u = \frac{L_u}{R_u} = 46\text{msec}$$

$$K_1 = \frac{B}{(K\Phi)^2 + R_u B} = 0{,}0258\text{A/V}; \quad K_2 = \frac{K\Phi}{B} = 68{,}8\text{s}^{-1}\text{A}^{-1}$$

$$H_i(s) = 2\text{A/V}; \quad H_\omega(s) = 0{,}057\ \text{v.s}; \quad K_{BBĐ} = \frac{U_u}{U_{ĐK}} = 25.$$

Yêu cầu thiết kế hệ điều khiển đạt sai số tốc độ cho phép là 0,25%, sự thay đổi cho phép của dòng điện là 10%.

a) Tính thông số của hai khâu hiệu chỉnh dòng điện và điện áp tỷ lệ với tốc độ cho hai trường hợp: $G_\omega(s)$ là khâu khuếch đại tỷ lệ $P = K_\omega$ và $G_\omega(s)$ là khâu tích phân tỷ lệ PI.

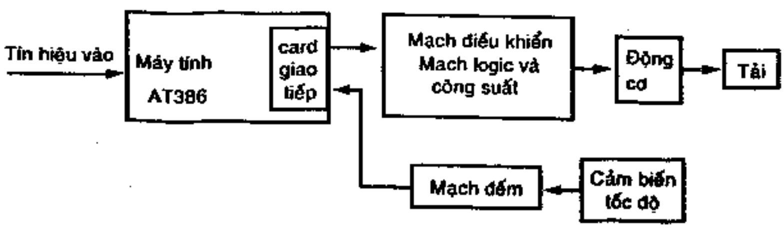
b) Vẽ đáp ứng quá độ $\omega(t)$ khi $r(t) = 1(t)$ với thông số tính được ở câu **a**, điều kiện ban đầu cho bằng không

c) Thiết kế mạch kín SCR cho bộ biến đổi ba pha sơ đồ cầu đối xứng, mạch bảo vệ và hạn chế góc kích α.

5.10 Thiết kế hệ định vị điều khiển bằng máy tính. Yêu cầu thực hiện các chức năng sau:

- Thay đổi tốc độ động cơ bằng phần mềm và phần cứng.
- Đổi chiều quay.
- Độ chính xác $\leq$ 0,1mm.

Sơ đồ khối của hệ được trình bày ở hình 5.10. Động cơ cấp nguồn ± 12V dòng 5A. Cảm biến tốc độ 1000 xung/vòng. Tải là bàn khoan, chiều dài giới hạn có thể di chuyển được là 20 cm. Bàn khoan di chuyển 1mm ứng với động cơ quay được 1 vòng.



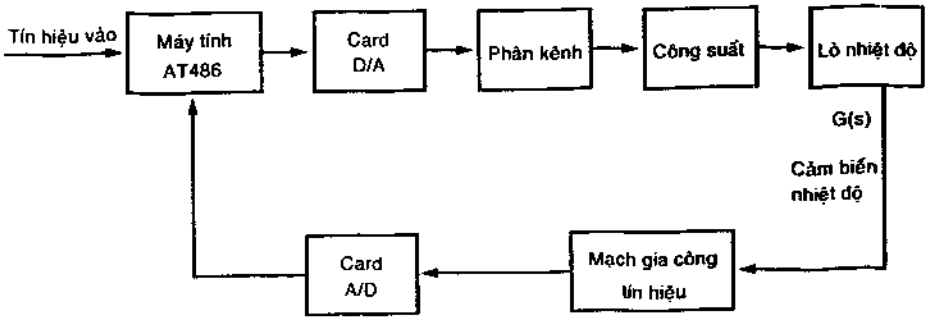
Hình 5.10

a) Thiết kế mạch điều khiển, mạch logic và công suất.

b) Mạch đếm xung và card giao tiếp 8255.

c) Viết lưu đồ chương trình điều khiển (nhập số bước và khoảng cách từ bàn phím).

5.11. Thiết kế hệ thống điều khiển nhiệt độ đa kênh giao tiếp máy tính. Sơ đồ khối được cho ở hình 5.11.



Hình 5.11

Yêu cầu: - Nhiệt độ đo $25°C \div 200°C$; sai số $\pm 2°C$
- Lập trình IRQ có ngắt
- Thể hiện kết quả đo theo thời gian thực lên màn hình theo các đường đồ thị trên sơ đồ mắt lưới

a) Thiết kế card chuyển đổi A/D và D/A.

b) Thuật toán PID Ziegler - Nichols cho đối tượng nhiệt có hàm truyền: $G(s) = \dfrac{Ke^{-T_1 s}}{T_2 s + 1}$, với: $K, T_1 . T_2$ là hệ số khuếch đại, thời gian đáp ứng không nhạy và hằng số thời gian quán tính của lò nhiệt.

Ví dụ: Cho $K = 1{,}63$; $T_1 = 270\,\text{sec}$; $T_2 = 3480\,\text{sec}$. Xác định ba thông số K, T_1, T_2 từ kết quả nhận dạng đối tượng bằng phương pháp đo thử.

c) Lưu đồ chương trình điều khiển. So sánh kết quả khi có và không có hiệu chỉnh PID.

PHẦN THỨ HAI

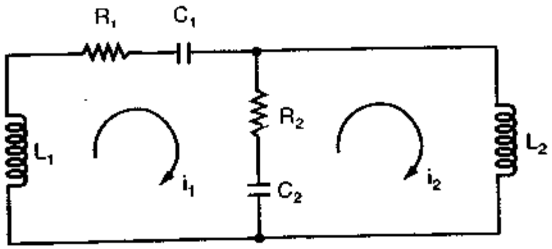
MỘT SỐ BÀI GIẢI MẪU VÀ ĐÁP ÁN

Chương 2

HỆ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG TUYẾN TÍNH LIÊN TỤC

2.1 $m_1\ddot{x}_1 + b_1 x_1 + k_1 x_1 + b(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_2(x_1 - x_2) = 0$

$m_2\ddot{x}_2 + b_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2(x_2 - x_1) = 0$



Hai phương trình trên tương đương với mạch điện sau:

$$L_1\ddot{q}_1 + R_1\dot{q}_1 + \frac{1}{C_1}q_1 + R_2(\dot{q}_1 - \dot{q}_2) + \frac{1}{C_2}(q_1 - q_2) = 0$$

$$L_2\ddot{q}_2 + R_2(\dot{q}_2 - \dot{q}_2) + \frac{1}{C_2}(q_2 - q_1) = 0$$

Đặt $\dot{q}_1 = i_1$ và $\dot{q}_2 = i_2$ vào hệ hai phương trình trên, ta có:

$$L_1\frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + \frac{1}{C_1}\int i_1 dt + R_2(i_1 - i_2) + \frac{1}{C_2}\int (i_1 - i_2)dt = 0$$

$$L_2\frac{di_2}{dt} + R_2(i_2 - i_1) + \frac{1}{C_2}\int (i_2 - i_1)dt = 0$$

2.2 $e_A = \frac{1}{2}(e_i - e_o) + e_o$; $\quad E_A(s) = \frac{1}{2}[E_i(s) + E_o(s)]$

$$E_B(s) = \frac{\frac{1}{Cs}}{R_2 + \frac{1}{Cs}} E_i(s) = \frac{1}{R_2Cs+1} E_i(s)$$

$[E_B(s) - E_A(s)]K = E_o(s)$ và $K >> 1$; $\quad E_A(s) = E_B(s)$

$$\frac{1}{2}[E_i(s) + E_o(s)] = \frac{1}{R_2Cs+1} E_i(s); \qquad \frac{E_o(s)}{E_i(s)} = -\frac{R_2Cs-1}{R_2Cs+1} = -\frac{s - \frac{1}{R_2C}}{s + \frac{1}{R_2C}}$$

2.4d Tốc độ của động cơ = 6,66 ft/sec.

2.6b $K = 6{,}67$

2.8 Phương trình đặc trưng $s^2 + 7s + 25 = 0$

2.12 1. Theo phương pháp graph tín hiệu Mason.

Hình 2.10a: $\frac{Y_5}{Y_1} = \frac{P_1\Delta_1 + P_2\Delta_2}{\Delta}$ theo công thức Mason.

Có hai nhánh thuận từ $Y_1 \to Y_5$:

$P_1 = G_4G_3$; $\Delta_1 = 1 - L_1$. Định thức con Δ_1 là Δ gỡ đi nhánh P_1

$P_2 = G_1G_2G_3$; $\quad \Delta_2 = 1$. Định thức con Δ_2 là Δ gỡ đi nhánh P_2

Số vòng kín đơn là bốn vòng:

$L_1 = -G_1H_1$; $L_2 = -G_3H_2$; $L_3 = -G_1G_2G_3H_3$; $L_4 = -G_4G_3H_3$

Số vòng đôi không dính nhau là hai cặp: L_1L_2 và L_1L_4

Định thức Δ bằng:

$\Delta = 1 - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) + L_1L_2 + L_1L_4$.

Do vậy $\frac{Y_5}{Y_1} = \frac{G_3G_4(1 + G_1H_1) + G_1G_2G_3}{\Delta}$

$$\Delta = 1 + G_1H_1 + G_3H_2 + G_1G_2G_3H_3 + G_3G_4H_3 + G_1G_3H_1H_2 + G_1H_1G_3G_4H_3$$

2. Theo phương pháp biến đổi sơ đồ khối. Đặt

$$G(s) = \left[\frac{G_1}{1 + G_1H_1}.G_2 + G_4\right]\frac{G_3}{1 + G_3H_2}$$

$$G(s) = \frac{G_1G_2 + G_4(1 + G_1H_1)}{1 + G_1H_1} \cdot \frac{G_3}{1 + G_3H_2}$$

$$\frac{Y_5}{Y_1}=\frac{G(s)}{1+G(s)H_3(s)}=\frac{G_3G_4(1+G_1H_1)+G_1G_2G_3}{(1+G_1H_1)(1+G_3H_2)+H_3[G_3G_4(1+G_1H_1)+G_1G_2G_3]}$$

$$\frac{Y_5}{Y_1}=\frac{G_3G_4(1+G_1H_1)+G_1G_2G_3}{1+G_1H_1+G_3H_2+G_1G_3H_1H_2+G_3G_4H_3+G_1G_2G_3H_3+G_1G_3G_4H_1H_3}$$

2.14c Phương trình lực: $\frac{dy_1}{dt}=\frac{dy_2}{dt}+\frac{1}{B}f$

$$\frac{d^2y_2}{dt^2}=-\frac{B_1+B_2}{M}\frac{dy_2}{dt}+\frac{B_1}{M}\frac{dy_1}{dt}-\frac{K}{M}y_2$$

2.15b 1- Phương pháp đi từ hệ phương trình vi phân mô tả:

Lấy gốc là vị trí cân bằng

$$F(t)+F_K+F_f+F_{K12}=m_1.\frac{d^2y_1}{dt^2}$$

$$\Leftrightarrow F(t)-Ky_1-f\frac{dy_1}{dt}-K_{12}(y_1-y_2)=m_1\frac{d^2y_1}{dt^2}$$

$$m_1\frac{d^2y_1}{dt^2}+(K+K_{12})y_1+f\frac{dy_1}{dt}-K_{12}y_2=F(t) \quad (1)$$

$$-K_{12}(y_2-y_1)=m_2\frac{d^2y_2}{dt^2}$$

$$m_2\frac{d^2y_2}{dt^2}+K_{12}y_2-K_{12}y_1=0 \quad (2)$$

Laplace hóa (1) và (2) giả thiết sơ kiện ban đầu bằng không:

$$\begin{cases} y_1(0) = y_2(0) = 0 \\ \frac{dy_1(0)}{dt} = \frac{dy_2(0)}{dt} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} [m_1S^2+(K+K_{12})+fS]Y_1(s)-K_{12}Y_2(s)=F(s) & (3) \\ [m_2S^2+K_{12}]Y_2(s)-K_{12}Y_1(s)=0 & (4) \end{cases}$$

Khử Y_2 trong (3)

$$[m_1S^2+fS+(K+K_{12})]Y_1(s)-K_{12}\frac{K_{12}Y_1(s)}{m_2S^2+K_{12}}=F(s)$$

$$\frac{F(s)}{Y_1(s)}=(m_1s^2+fS+K+K_{12})-\frac{K_{12}^2}{m_2S^2+K_{12}}$$

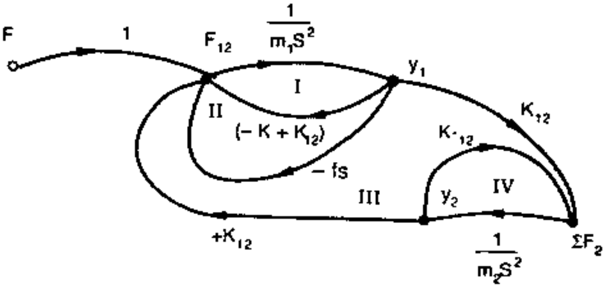
$$\frac{F(s)}{Y_1(s)}=\frac{(m_2S^2+K_{12})(m_1S^2+fS+K+K_{12})-K_{12}^2}{m_2S^2+K_{12}}$$

Kiểm nghiệm

Khi $\left.\dfrac{F(s)}{Y_1(s)}\right|_{S\to 0} = \dfrac{K_{12}K}{K_{12}} = K \Rightarrow$ Đúng

$$\left.\frac{F(S)}{Y_1(S)}\right|_{S\to 0} = 0$$

2- *Đi từ bloc Laplace hóa:* Biểu diễn bằng graph tín hiệu. Rút gọn bằng công thức Maison.



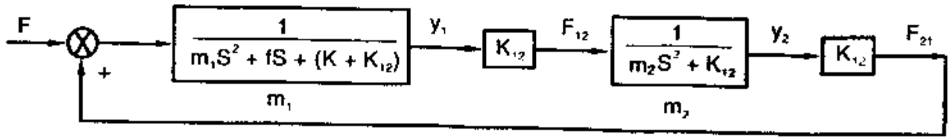
$$\frac{Y}{F} = \frac{\sum_{1}^{i} P_i \Delta_i}{\Delta}\ ; \quad P_1 = \frac{1}{m_1 S^2}\ ;\ \Delta_1 = 1 + \frac{K_{12}}{m_2 S^2}$$

$$\Delta = 1 + \frac{K+K_{12}}{m_1 S^2} + \frac{fS}{m_1 S^2} + \frac{K_{12}}{m_2 S^2} - \frac{{K_{12}}^2}{m_1 S^2 m_2 S^2} + \frac{(K+K_{12})K_{12}}{m_1 S^2 m_2 S^2} + \frac{K_{12} fS}{m_1 S^2 m_2 S^2}$$

$$\frac{Y}{F} = \frac{(m_2 S^2 + K_{12})}{m_2 S^2 (m_1 S^2 + fS + (K+K_{12}) + K_{12}(m_1 S^2 + fS + K + K_{12}) - {K_{12}}^2}$$

$$\frac{Y}{F} = \frac{(m_2 S^2 + K_{12})}{(m_2 S^2 + K_{12})(m_1 S^2 + fS + K + K_{12}) - {K_{12}}^2}$$

3- *Đi từ bloc:* Vẽ sơ đồ chức năng



$$\frac{y_1}{F} = \frac{\dfrac{1}{m_1 S^2 + fS + (K+K_{12})}}{1 - \dfrac{1}{m_1 S^2 + fS + (K+K_{12})} \times \dfrac{K_{12}}{(m_2 S^2 + K_{12})}}$$

$$\frac{Y_1(s)}{F(s)} = \frac{m_2 S^2 + K_{12}}{(m_2 S^2 + K_{12})(m_1 S^2 + fS + K + K_{12}) - {K_{12}}^2}$$

2.17a Hệ phương trình biến trạng thái:

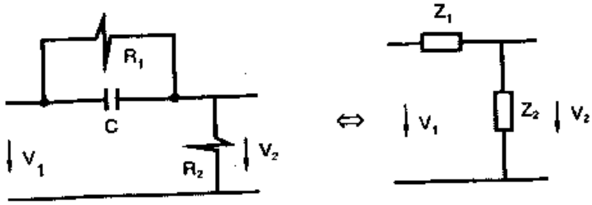
$$\frac{de_1}{dt} = -\frac{1}{C_1}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)e_1 + \frac{1}{R_1C_1}e_2 + \frac{1}{R_1C_1}e$$

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{R_3}{L}i_L + \frac{1}{L}e_2$$

$$\frac{de_2}{dt} = \frac{1}{R_2C_2}e_1 - \frac{1}{R_2C_2}e_2 - \frac{1}{C_2}i_L$$

2.17b $$\frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{R_2}{\dfrac{R_1 \cdot \frac{1}{CS}}{R_1 + \frac{1}{CS} + R_2}} = \frac{R_2(R_1CS+1)}{R_1R_2(R_1CS+1)}$$

Laplace hóa sơ đồ mạch



$$V_2 = V_1\frac{Z_2}{Z_1+Z_2} \quad \text{(cầu phân áp)}. \quad Z_2 = R_2.$$

$$Z_1 = R_1 \,//\, \frac{1}{CS} = \frac{R_1 \cdot \frac{1}{CS}}{R_1 + \frac{1}{CS}} = \frac{R_1}{1+R_1CS}$$

$$\frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{Z_2}{Z_1+Z_2} = \frac{R_2}{\dfrac{R_1}{1+R_1CS}+R_2} = \frac{1+R_1CS}{1+R_1CS+\dfrac{R_1}{R_2}} =$$

$$= \frac{R_2(1+R_1CS)}{(R_1+R_2)\left(1+\dfrac{R_1R_2}{R_1R_2}C.S\right)}$$

$$\frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{(1+T_1S)}{(1+T_2S)}3$$

$$T_1 = R_1C; \quad T_2 = (R_1 \,//\, R_2)C$$

Kiểm soát

Ở tần số thấp $\dfrac{V_2}{V_1} = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} = \left.\dfrac{V_2(s)}{V_1(s)}\right|_{S \to 0} = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2}$

Ở tần số cao $\dfrac{V_2}{V_1} = 1 = \left.\dfrac{V_2(s)}{V_1(s)}\right|_{S \to \infty} = 1$

2.19a Phương trình đặc trưng: $A(s) = S^2 + S + 2 = 0$

Nghiệm: $S = -0{,}5 \pm j\,1{,}323$.

Ma trận quá độ:

$$\Phi(t) = \begin{bmatrix} \cos 1{,}323t + 0{,}378 \sin 1{,}323t & 0{,}756 \sin 1{,}323t \\ -1{,}512 \sin 1{,}323t & -1{,}069 \sin(1{,}323t - 69{,}3^o) \end{bmatrix} e^{-0.5t}$$

e) $A(s) = S^2 + 4 = 0$, nghiệm $S = \pm\ j2$; $\Phi(t) = \begin{bmatrix} \cos 2t & \sin 2t \\ -\sin 2t & \cos 2t \end{bmatrix}$

2.22c $A(s) = S^2 + 80{,}65S + 322{,}58 = 0$

2.23a Hàm truyền hở: $G(s) = \dfrac{5(K_1 + K_2 S)}{S[S(S+4)(S+5)+10]}$

e) Giá trị xác lập của c(t) = 1.

2.25d $A(s) = S^3 + 3S^2 + 3S + 1 = 0$.

2.37 $A = \begin{vmatrix} -5 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix}$; $B = \begin{vmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{vmatrix}$; $D = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$; $\begin{cases} \dot{x} = AX + Br \\ C = D^T x \end{cases}$

2.38 $\begin{vmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -a & 1 \\ -b & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a \\ b \end{vmatrix} r$; $C = \begin{vmatrix} 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \end{vmatrix}$

2.39 $A = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -12{,}811 & -18 & -11{,}3223 & -6 \end{vmatrix}$; $B = \begin{vmatrix} 0 \\ 6{,}3223 \\ -19{,}9338 \\ 60{,}8308 \end{vmatrix}$; $D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$

2.42 $\dfrac{C(s)}{R(s)} = \dfrac{S + a}{(S+b)(S+c)}$; $a = 10$; $b = 5$; $c = 3$.

Đặt: $\begin{cases} x_1(t) = c(t) \\ x_2(t) = \dot{x}_1(t) + b_1 r(t) = \dot{c}(t) + b_1 r(t) \end{cases}$

$$\dot{x}_2(t) = \ddot{x}_1 + b_1\dot{r}(t) = \ddot{c}(t) + b_1\dot{r}(t)$$

$$C(s)[s^2 + (b+c)s + bc] = s+a)R(s)$$

$$\ddot{c}(t) + (b + c)\dot{c}(t) + bc.c(t) = \dot{r}(t) + ar(t)$$

$$\begin{aligned}\dot{x}_2(t) &= \ddot{c}(t) + b_1\dot{r}(t) = -bc.c(t) - (b+c)\dot{c}(t) + b_1\dot{r}(t) + \dot{r}(t) + ar(t)\\ &= -bcx_1(t) - (b+c)[\dot{c}(t) + b_1r(t)] + b_1\dot{r}(t) + \dot{r}(t) + ar(t) + b_1(b+c)r(t)\\ &= -bcx_1(t) - (b+c)x_2(t) + [a + b_1(b+c)]r(t)\end{aligned}$$

Đạo hàm tín hiệu vào triệt tiêu $1 + b_1 = 0 \Rightarrow b_1 = -1$

Hệ phương trình biến trạng thái:

$$\begin{cases}\dot{x}_1(t) = x_2(t) + r(t)\\ \dot{x}_2(t) = -bcx_1(t) - (b + c)x_2(t)\ [a - (b + c)]r(t)\end{cases}$$

Thay số vào:

$$A = \begin{vmatrix} 0 & 1\\ -15 & -8\end{vmatrix};\quad B = \begin{vmatrix} 1\\ 2\end{vmatrix};\quad D = \begin{vmatrix} 1\\ 0\end{vmatrix}$$

Ma trận quá độ $\phi(t) \div \Phi(s) = [SI - A]^{-1}$.

$$sI - A = \begin{vmatrix} s & -1\\ 15 & s+8\end{vmatrix};\quad \det = s(s+8) + 15 = (s+3)(s+5)$$

$$(sI - A)^{-1} = \begin{vmatrix} s+8 & 1\\ -15 & s\end{vmatrix}\cdot\frac{1}{(s+3)(s+5)}$$

$$\Phi(t) = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 5e^{-3t} - 3e^{-5t} & e^{-3t} - e^{-5t}\\ -15(e^{-3t} - e^{-5t}) & -3e^{-3t} + 5e^{-5t}\end{bmatrix}$$

$$x(t) = \Phi(t)x(0) + \int_0^t \Phi(t-\tau)Br(\tau)d\tau$$

Cho $r(t) = 10(t)$ điều kiện ban đầu bằng không.

$$\begin{bmatrix} x_1(t)\\ x_2(t)\end{bmatrix} = \int_0^t \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 5e^{-3(t-\tau)} - 3e^{-5(t-\tau)} & e^{-3(t-\tau)} - e^{-5(t-\tau)}\\ -15(e^{-3(t-\tau)} - e^{-5(t-\tau)}) & -3e^{-3(t-\tau)} + 5e^{-5(t-\tau)}\end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1\\ 2\end{bmatrix}.10(\tau)d\tau.$$

$$\begin{bmatrix} x_1(t)\\ x_2(t)\end{bmatrix} = 5\begin{bmatrix} \frac{7}{3}(1 - e^{-3t}) - (1 - e^{-5t})\\ 5(1 - e^{-5t}) - 7(1 - e^{-3t})\end{bmatrix} = 5\begin{bmatrix} -\frac{7}{3}e^{-3t} + e^{-5t} + \frac{4}{3}\\ 7e^{-3t} - 5e^{-5t} - 2\end{bmatrix}$$

2.43 $G(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=\dfrac{S+a}{(S+b)(S+c)}=\dfrac{S+a}{S^2+(b+c)S+bc}=\dfrac{B(s)}{A(s)}$

Tính nghiệm $x_1(t)=c(t)$ theo phương pháp Lurie.

$$\begin{cases}\dot{y}=\lambda y+r\\ c=\sum\limits_{k=1}^{n}h_k y_k\end{cases}\quad \text{Đặt:}\quad \begin{cases}x_1(t)=c(t)\\ x_2(t)=\dot{x}_1(t)-r(t)\end{cases}$$

$x_2(t)=\dot{c}(t)-r()t$; $h_k=\left.\dfrac{B(s)}{\dot{A}(s)}\right|_{S=S_k}$; $h_1=\left.\dfrac{S+a}{2S+b+c}\right|_{S=-b}=\dfrac{a-b}{c-b}=-\dfrac{5}{2}$

$$h_2=\left.\frac{S+a}{2S+b+c}\right|_{S=-c}=\frac{a-c}{b-c}=\frac{7}{2};\quad c(t)=\sum_{i=1}^{2}h_k y_k=-\frac{5}{2}y_1+\frac{7}{2}y_2.$$

$$y_1=\int_o^t\Phi(t-\tau)10(\tau)d\tau=2(1-e^{-5t})$$

$$y_2=\int_o^t\Phi(t-\tau)10(\tau)d\tau=\int_0^t e^{-3(t-\tau)}.10(\tau)d\tau=\frac{10}{3}(1-e^{-3t})$$

$$x_1(t)=c(t)=-\frac{5}{2}2(1-e^{-5t})+\frac{7}{2}.\frac{10}{3}(1-e^{-3t})=5\left[-\frac{7}{3}e^{-3t}+e^{-5t}+\frac{4}{3}\right]$$

Ta có: $x_2(t)=\dot{x}_1(t)-r(t)=5\left[+7e^{-3t}-5e^{-5t}\right]-10=5\left[7e^{-3t}-5e^{-5t}-2\right]$

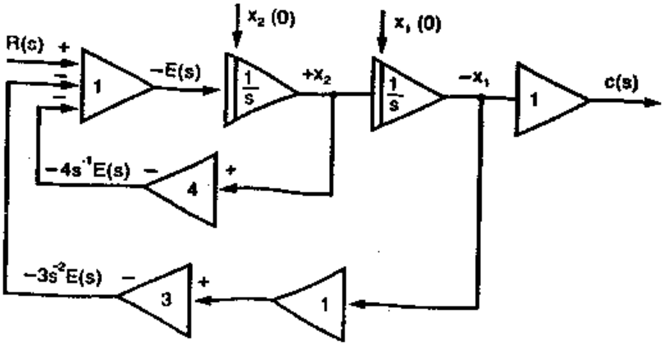
Đáp số: $x_1(t)$ và $x_2(t)$ giống như kết quả tính được ở bài trên (2.42)

2.45a $\dfrac{C(s)}{R(s)}=\dfrac{1}{S^2+4S+3}=\dfrac{S^{-2}}{1+4S^{-1}+3S^{-2}}$

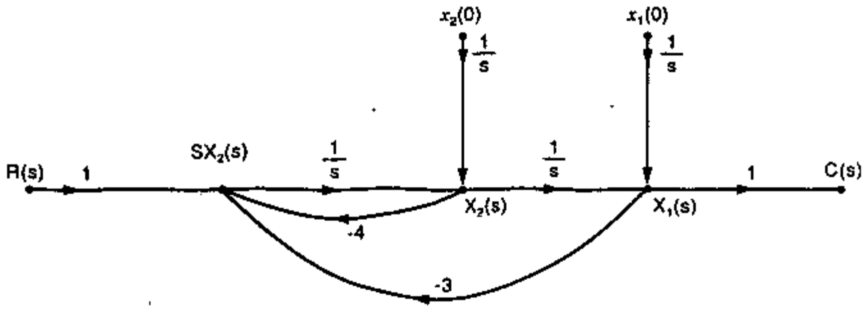
Đặt: $E(s)=\dfrac{R(s)}{1+4S^{-1}+3S^{-2}}\Rightarrow C(s)=S^{-2}E(s);$

$E(s)=R(s)-4S^{-1}E(s)-3S^{-2}E(s)$

Sơ đồ biến trạng thái có dạng:



b) Vẽ graph tín hiệu cho hệ trên



c) $X_1(s) = \dfrac{S^{-1}(1+4S^{-1})x_1(0)}{\Delta} + \dfrac{S^{-2}x_2(0)}{\Delta} + \dfrac{S^{-2}R(s)}{\Delta}$

$$X_2(s) = \frac{-3S^{-2}x_1(0)}{\Delta} + \frac{S^{-1}x_2(0)}{\Delta} + \frac{S^{-1}R(s)}{\Delta}$$

$$\Delta = 1-(-4S^{-1}-3S^{-2}) = 1+4S^{-1}+3S^{-2}$$

$$\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,5e^{-t}-0,5e^{-3t} & 0,5e^{-t}-0,5e^{-3t} \\ -1,5e^{-t}+1,5e^{-3t} & -0,5e^{-t}+1,5e^{-3t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} +$$

$$+ \begin{bmatrix} 0,33r(t)-0,5e^{-t}+0,167e^{-3t} \\ 0,5e^{-t}-0,5e^{-3t} \end{bmatrix}; \; t \geq 0$$

2.48 $\dfrac{C(s)}{R(s)} = \dfrac{S^2+4S+1}{S^3+9S^2+8S} = \dfrac{S^{-1}+4S^{-2}+S^{-3}}{1+9S^{-1}+8S^{-2}+0S^{-3}}$

Đặt: $\begin{cases} X_1(s) = \dfrac{R(s)}{s^3+9s^2+8s} \\ X_2(s) = sX_1; \quad X_3(s) = s^2X_1(s) \end{cases}$

Suy ra: $S^3X_1(s) = -8sX_1(s) - 9s^2X_1(s) + R(s)$

$$C(s) = (s^2+4s+1)X_1(s)$$

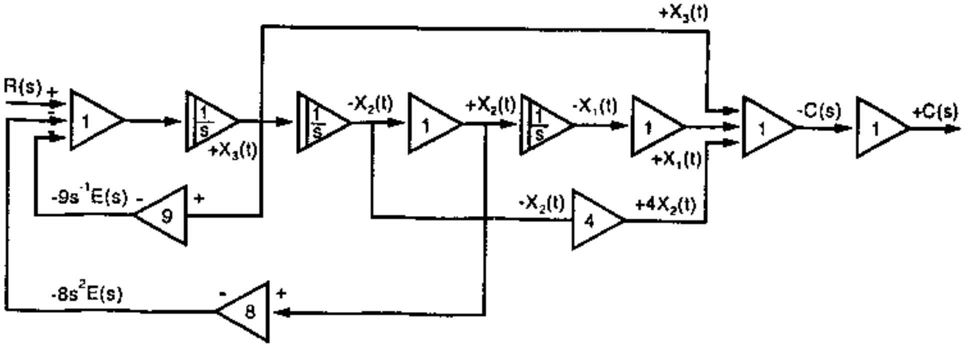
Hệ phương trình biến trạng thái:

$\dot{x}_1(t) = x_2(t)$; $\dot{x}_2(t) = x_3(t)$; $\dot{x}_3(t) = r(t) - 8x_2(t) - 9x_3(t)$

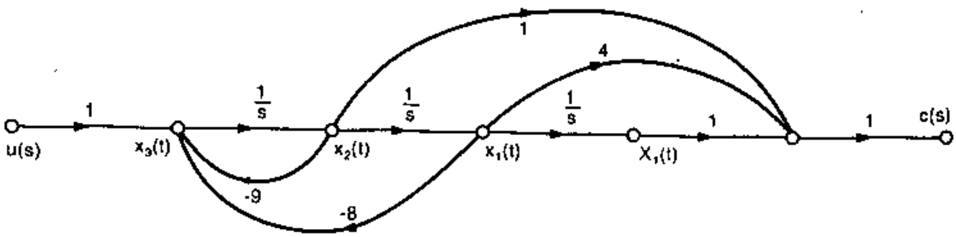
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -8 & -9 \end{bmatrix}; \; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \; D = \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$c(t) = x_1(t) + \;\; 4x_2(t) + x_3(t)$.

Sơ đồ trạng thái: $E(s) = \dfrac{R(s)}{1 + 9s^{-1} + 8s^{-2}} \;\Rightarrow\; E(s) = R(s) - (9s^{-1} + 8s^{-2})E(s)$



Graph tín hiệu:



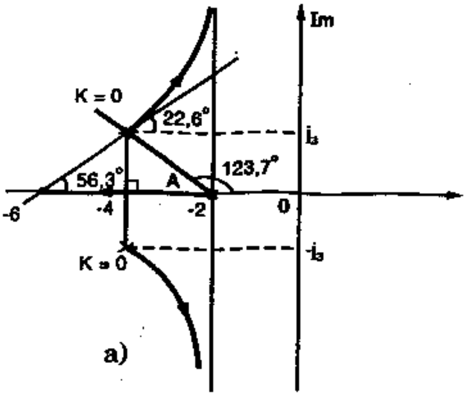
2.50

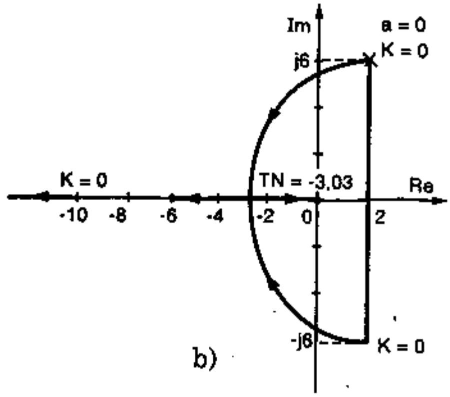
$$\Phi(t) = \begin{bmatrix} 1 & 7 + 0,00305e^{-6,86t} - 7,3e^{-0,14t} & 1 + 0,0217e^{-6,86t} - 1,065e^{-0,14t} \\ 0 & -0,0209e^{-6,86t} + 1,02e^{-0,14t} & -0,149e^{-6,86t} + 0,149e^{-0,14t} \\ 0 & 0,149e^{-6,86t} - 0,149e^{-0,14t} & 1,02e^{-6,86t} - 0,0208e^{-0,14t} \end{bmatrix}$$

2.51 a) $\Phi(t) = \begin{bmatrix} 0,2 + 0,8e^{-5t} & 0,4 - 0,4e^{-5t} \\ 0,4 - 0,4e^{-5t} & 0,8 + 0,2e^{-5t} \end{bmatrix}$

b) $x_1(t) = 44.000 + 156.000e^{-5t}$; $x_2(t) = 88.000 - 78.000e^{-5t}$; **c)** t = 0,334

2.56 Vẽ quỹ đạo nghiệm số của các hệ thống sau:





a) $G(s)=\dfrac{K(S+6)}{(S+2)(S^2+8S+25)}$; $0\le K<+\infty$

Nghiệm cực: -2; $-4+j3$; $-4-j3$.

Nghiệm zero: -6; góc của tiệm cận: $\pm 90^o$

Điểm cắt của tiệm cận với trục hoành OA = -2.

Góc xuất phát của QĐNS tại nghiệm cực phức $\arg(S+4-j3)$ được tính từ phương trình đa thức đặc trưng của hệ thống:

$$\arg(S+6)-\arg(S+2)-\arg(s+4-j3)-\arg(S+4+j3)=\pm 180^0$$

$$56{,}3^o-123{,}7^o-\arg(S+4-j3)-90^o=-180^o;\ \arg(S+4-j3)=22{,}6^o.$$

b) $G(s)=\dfrac{400}{S(S+6)(S+a)}$; $0\le a<+\infty$

$1+G(s)=S(S+6)(S+a)+400=0\Rightarrow S^3+6S^2+aS^2+6aS+400=0$

$$1+\frac{aS(S+6)}{S^3+6S^2+400}=0$$

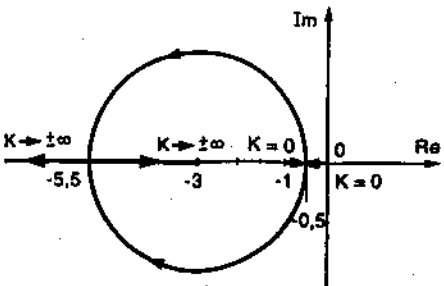
Nghiệm cực: -10, $+2+j6$, $+2-j6$; nghiệm Zero: -6, 0.

Điểm tách ra và nhập lại trên trục thực được xác định $da/dS=0$.

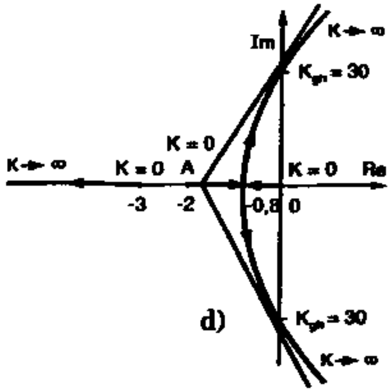
Ta có: $a=\dfrac{-(S^3+6S^2+400)}{S(S+6)}$; $\dfrac{da}{dS}=0$; tại: $S=-3{,}03$

c) $G(s)=\dfrac{K(S+3)}{S(S+1)}$; nghiệm cực 0, -1; nghiệm zero -3.

Điểm tách nhập: $\dfrac{dk}{dS}=-\dfrac{d\{S(S+1)\}}{dS(S+3)}=0$; tại: $S_1=-0{,}5$; $S_2=-5{,}5$.



c)



d)

d) $G(s)=\dfrac{K}{S(S+2)(S+3)}$. Nghiệm cực: 0; –2; –3. Không có nghiệm zero

$K=-(S^3+5S^2+6S)$; $\dfrac{dK}{dS}=-(3S^2+10S+6)=0$ tại –0, 8; –2,5

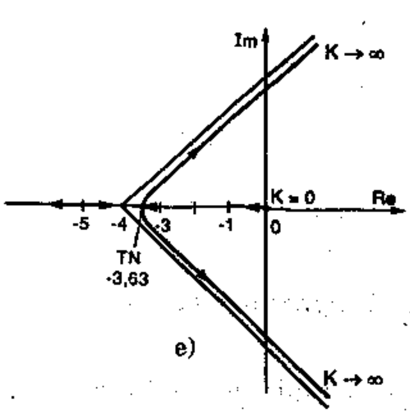
$OA=\dfrac{-2-3}{3}=-\dfrac{5}{3}$. Góc tiệm cận $\pm 60^o$. Phương trình đặc trưng: $S\ (S+2)\ (S+3)+K=0 \Rightarrow$ Hệ số khuếch đại giới hạn: $K_{gh}=30$.

e) $G(s)=\dfrac{K(S+1)}{S(S+3)(S+5)^2}$; $\dfrac{dK}{dS}=0$ tại: –3,63; –5,0; $-0,68\pm j0,95$.

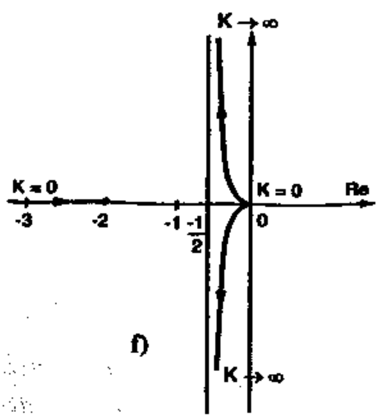
Nghiệm cực: 0; –3; –5; –5.

Nghiệm zero: –1. Góc tiệm cận $\pm 60^o$; OA $=\dfrac{-3-5-5+1}{4}=-4$.

f) $G(s)=\dfrac{K(S+2)}{S^2(S+3)}$



e)



f)

Nghiệm cực 0; 0; –3.

Nghiệm zero –2. Góc tiệm cận $\pm 90^o$; $OA = \dfrac{-3+2}{3-1} = -\dfrac{1}{2}$

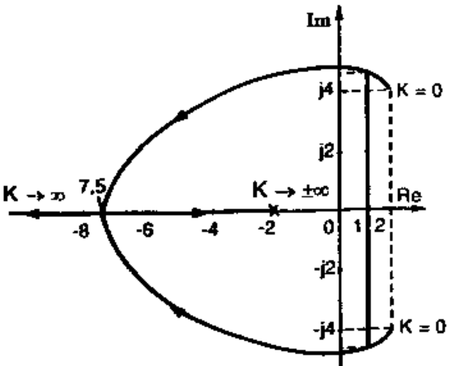
g) $G(s) = \dfrac{K(S+2)}{S^2 - 4S + 20}$; $\Delta_2' = 4 - 20 = -16$; $P_{1,2} = 2 + j4$

Nghiệm cực $2 \pm j4$

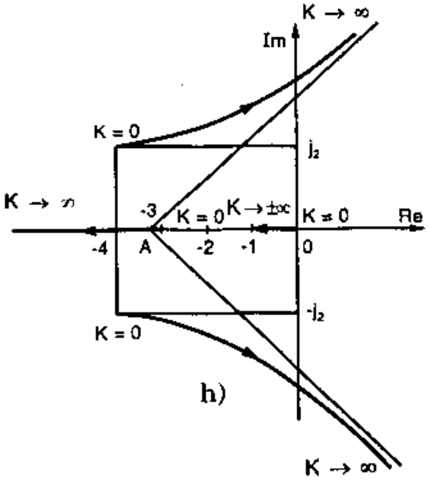
Nghiệm zero –2. Góc tiệm cận $\pm 180^o$.

$\dfrac{dK}{dS} = S^2 + 4S - 20 = 0$ tại –7,5; 3,5

QĐNS gồm hai nhánh bắt đầu từ cặp nghiệm phức liên hợp gặp điểm tách nhập trên trục thực (–7, 5), một nhánh đến nghiệm zero –2; một nhánh theo tiệm cận $\pm 180^o$ tiến ra $-\infty$



g)



h)

h) $G(s) = \dfrac{K(S+1)}{S(S+3)(S^2 + 8S + 20)}$

Nghiệm cực: 0, –3; –4 + j2; –4 – j2; nghiệm zero: –1.

Góc tiệm cận: $\pm 60^o$; $OA = \dfrac{-3-4-4+1}{4-1} = -\dfrac{10}{3}$.

Hệ bậc 4, QĐNS gồm bốn nhánh bắt đầu từ các nghiệm cực: hai nhánh từ nghiệm cực phức theo tiệm cận $\pm 60^o$.

Một nhánh nằm trên trục thực trái từ nghiệm cực –3 và một nhánh từ 0 đến nghiệm zero –1.

i) (Xem đáp án đề thi số 11).

k) 1- Phương trình đặc trưng của hệ $1+GH(S)=1+\dfrac{K}{S(S+1)^2}=0$

- Zero: không có

Pole: $p_1=0$, $p_{2.3}=-1$; $n=3$ có ba nghiệm cực

- Tiệm cận: $\Phi_{tc} = 60^o,\ 180^o,\ 300^o$

$$\sigma_{tc}=\frac{\sum p-\sum z}{p-z}=-\frac{2}{3}$$

- Điểm ly hợp (điểm tách nhập)

Từ phương trình đặc trưng: $K=p(S)=-S(S+1)^2=-S^3-2S^2-1$

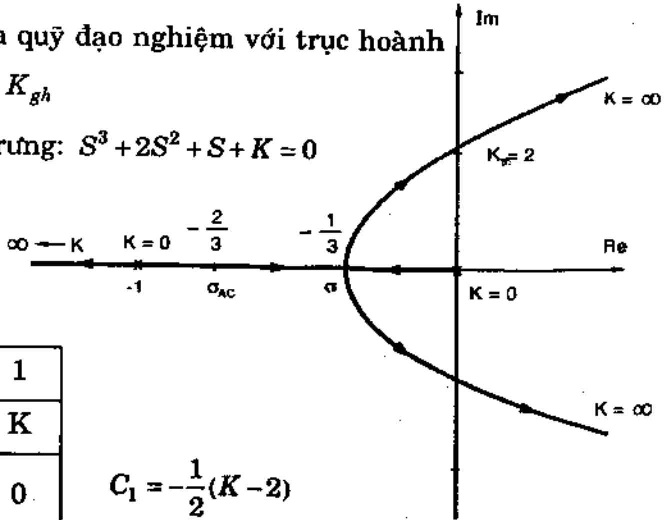
$$\frac{dp}{dS}=-3S^2-4S-1=0 \Rightarrow S=\frac{-4\pm 2}{6}\begin{cases}-1\\ -\dfrac{1}{3}\end{cases}$$

Điểm ly hợp $\sigma=-\dfrac{1}{3}$

- Tìm giao điểm của quỹ đạo nghiệm với trục hoành

Giá trị tới hạn của K_{gh}

Phương trình đặc trưng: $S^3+2S^2+S+K=0$



Bảng Routh

S^3	1	1
S^2	2	K
S^1	$-\dfrac{K-2}{2}$	0
S^o	K	0

$$C_1=-\frac{1}{2}(K-2)$$

$$C_2=\frac{2}{K-2}\cdot\frac{K-2}{2}K=K$$

$\Rightarrow K_{gh}=2$

Với $K = 2$, phương trình đặc trưng có chứa thừa số $2S^2 + K = 2S^2 + 2$

$$S^3 + 2S^2 + S + 2 = (S+2)(S^2+1)$$

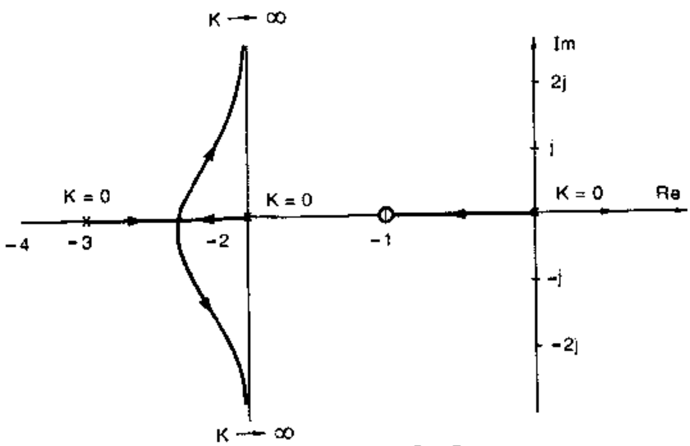
Hệ có nghiệm $\begin{cases} S = -2 \\ S = \pm j \end{cases}$. Vậy quỹ đạo nghiệm cắt trục tung tại ± j.

2- Vẽ quỹ đạo nghiệm: $GH(S) = \dfrac{K(S+1)}{S(S+2)(S+3)}$

Phương trình đặc trưng $1 + GH(S) = 1 + \dfrac{K(S+1)}{S(S+2)(S+3)} = 0$

pole $\begin{cases} p_1 = 0 \\ p_2 = -2 \\ p_3 = -3 \end{cases}$; zero $\begin{cases} z_1 = -1 \\ z = 1 \end{cases}$; $n = 3$

- Tiệm cận: $\Phi_{tc} = +90^o,\ 270^o$; $\sigma_{tc} = \dfrac{(-2-3)-(-1)}{3-1} = -\dfrac{4}{2} = -2$



- Điểm ly hợp: $K = P(S) = -\dfrac{S(S+2)(S+3)}{(S+1)}$

S	–2,25	–2,4	–2,5	–2,6	–2,75
P(S)	0,337	0,411	0,416	0,39	0,294

Điểm ly hợp $\sigma = -2.5$

I) 1- Ta vẽ quỹ đạo nghiệm của hệ theo thông số R. Sau đó tìm R cần thiết để ξ > 0,6 trên quỹ đạo nghiệm vừa tìm được.

• *Vẽ quỹ đạo nghiệm*

- Hàm truyền mạch hở và phương trình đặc trưng là:

$$GH(s)=\frac{R}{(0,25S+1)^2(4000S+0,75)}=\frac{R/250}{(S+4)^2(S+1,9.10^{-4})}$$

$$0=1+\frac{R}{250}\times\frac{1}{(S+4)^2(S+1,9.10^{-4})}=1+R'.\frac{1}{(S+4)^2(S+1,9.10^{-4})};$$

$$R'=\frac{R}{250}$$

- Zero không có

- Pole: $p_1=-4$; $p_2=-4$; $p_3=-1,9.10^{-4}$; $n=3$

- Góc tiệm cận: $Z_{tc}=60^o$, 180^o, 300^o. $\sigma_{tc}=\frac{-4-4-1,9.10^{-4}}{3}=-2,66$

- Tìm giá trị $R'_{t.hạn}$, rồi suy ra giao điểm với trục tung

Phương trình đặc trưng: $(S+4)^2(S+1,9.10^{-4})+R'=0$

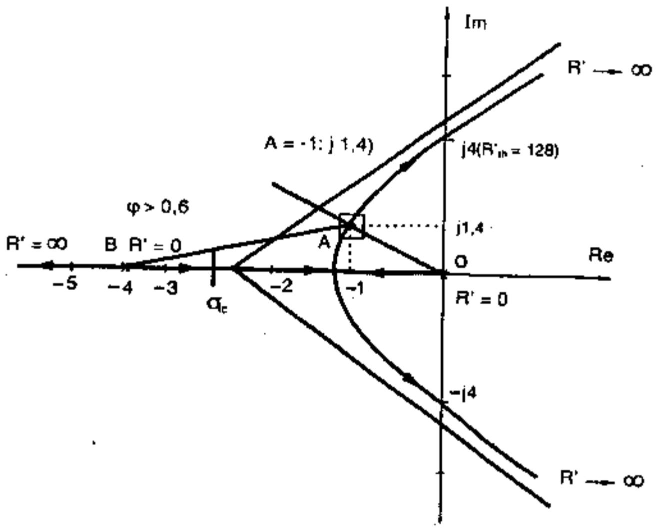
Lấy gần đúng $S(S+4)^2+R'=0 \Leftrightarrow S^3+8S^2+16S+R'=0$

Dùng tiêu chuẩn Routh

S^3	1	16
S^2	8	R'
S^1	-1/8(R' - 128)	0
S^0	R'	0

$$C_1=-\frac{1}{8}(R'-128)$$
$$d_1=R'$$

Giá trị tới hạn: $R'_{th}=128$ hay $R_{th}=128\times 250=32.000$.



Với $R' = 128$ phương trình đặc trưng có chứa thừa số $8S^2 + 128 = 0$.

Hệ có nghiệm là: $0 = S(S+4)^2 + 128 = (S^2+16)(S+8) \Rightarrow \begin{cases} S_1 = -8 \\ S_{2,3} = \pm j4 \end{cases}$

- Tìm điểm ly hợp:

$R' = p(S) = -(S+4)^2(S+1,9.10^{-4}) = -(S^3 + 8S^2 + 16S + 1,9.10^{-4})$

$\dfrac{dp(S)}{dS} = -(3S^2 + 16S + 16)$ suy ra điểm ly hợp σ:

$$0 = \frac{d\rho(S)}{dS}\bigg|_{S=\sigma} = 3S^2 + 16S + 16 \Rightarrow \sigma = \frac{-8+4}{3} = -\frac{4}{3} = -1\frac{1}{3}$$

$\Delta' = 64 - 48 = 4^2$

- Xác định R để $\xi \geq 0,6$:

Vẽ đường thẳng $\xi = 0.6$, cắt quỹ đạo nghiệm tại A = (–1, j1, 4), A^* = (–1, –j1, 4)

Giá trị R' tại A là R'_A, xác định bằng tính chất modul.

$$R'_A = \left|\overline{AO}\right| \times |AB|^2 = \sqrt{1^2 + 1,4^2} \times \left[(-4+1)^2 + 1,4^2\right] = 18,85 .$$

Vậy để $\xi \geq 0.6$ thì $R' \leq R'_A = 18,85$ hay $R \leq 18,85 \,.\, 250 = 4714$

$\boxed{R \leq 4714}$

2- Biến thiên tốc độ Δω gây ra bởi tải ΔL.

Ta có hàm truyền $\dfrac{\Delta\omega(S)}{\Delta L(S)}$

$$\frac{\Delta\omega(S)}{\Delta L(S)} = \frac{-\dfrac{1}{MS+f}}{1 + \dfrac{R}{(0,25S+1)^2(MS+f)}} = -\frac{(0,25S+1)^2}{R + (0,25S+1)^2(MS+f)}$$

Một tải $\Delta L(t)$ dạng hàm nấc, $\Delta L(t) = \Delta L \times 1(t)$ gây ra một biến đổi tốc độ là Δω trên miền s ta có

$$\Delta\omega(S) = \frac{\Delta\omega(S)}{\Delta L(S)} \times \frac{\Delta L}{S} = -\frac{(0,25S+1)^2}{R + (0,25S+1)^2(MS+1)} \times \frac{\Delta L}{S}$$

Suy ra đáp ứng tối đa ở trạng thái xác lập.

$$\Delta\omega(t)\Big|_{t\to\infty} = \lim_{S\to 0}\Delta\omega(S)\times S = \frac{\Delta L}{R}; \quad \boxed{\Delta\omega(t=\infty) = \frac{\Delta L}{R}}$$

2.65 **a)** Hệ ổn định $0 < K < 1{,}49$. Tần số dao động 0,316 rad/sec.

d) Hệ ổn định $K > 2$. Tần số dao động 2,236 rad/sec.

2.67 **a)** Hệ ổn định với $1{,}2166\times 10^6 < K < 1{,}7535\times 10^8$.

2.68 Đáp số $K_t > 0{,}081 = \left(\frac{10^3}{15{,}6} - 56\right) : 100 = \frac{64{,}1-56}{100} = 8{,}1\cdot 10^2$

2.73 $G(s) = \frac{K}{(TS+1)^n}$; $n > 2$, $K > 0$, $T > 0$.

Tìm điều kiện ổn định theo Nyquist:

$$|G(j\omega)| = \frac{K}{\sqrt{[(\omega T)^2+1]^n}}; \quad \varphi(\omega) = -n\,arctg\,\omega_{-\pi}T = -\pi$$

$\omega_{-\pi}T = tg\,\frac{\pi}{n}$; Suy ra: $\omega_{-\pi} = tg\frac{\pi}{n}/T$

$$|G(j\omega)| = \frac{K}{\sqrt{[(tg\frac{\pi}{n})^2+1]^n}} = K.\cos^n\frac{\pi}{n} < 1 \text{ điều kiện ổn định.}$$

$K < \frac{1}{\cos^n\frac{\pi}{n}}$; K không phụ thuộc vào T.

2.76 **a)** $p_{-1} = 2$. Ký hiệu p_{-1} là số nghiệm cực nằm bên phải mặt phẳng phức của hệ kín. **e)** $p_{-1} = 2$.

2.79 Đáp số: **a)** $K > 0{,}5$ ổn định; **b)** $K > 0{,}5$ ổn định.

c) $0 < K < 0{,}5$ ổn định; $0{,}5 < K < 2$ không ổn định

$K > 2$ ổn định; $K < 0$ không ổn định; **d)** $K > 0{,}5$ ổn định.

2.81 **a)** $|K| < 14{,}14$.

2.84 **a)** Ổn định.

b) Không ổn định có hai nghiệm nằm bên phải.

c) Ổn định; **d)** Ổn định.

2.89 **a)** Không ổn định có hai nghiệm phải;

b) Không ổn định có hai nghiệm phải;

c) Không ổn định có hai nghiệm phải;

d) Không ổn định có hai nghiệm phải.

2.94 a) Tần số cắt $\omega_c = 5{,}76$ rad/sec; độ dự trữ pha = -10.69^o;

độ dự trữ biên độ = –4,45 dB.

b) Tần số cắt $\omega_c = 0{,}7216$ rad/sec; độ dự trữ pha = $-17{,}76^o$;

độ dự trữ biên độ = –48,87 dB.

c) Tần số cắt $\omega_c = 2{,}935$ rad/sec; độ dự trữ pha = $-24{,}73^o$;

độ dự trữ biên độ = $-\infty$.

d) $\omega_c = 0{,}2793$ rad/sec; độ dự trữ pha $16{,}27^o$;

độ dự trữ biên độ = ∞.

2.100 c) Tiệm cận: $K > 0$; 180^o; $K < 0$; 0^o.

2.101a $K > 0$; $\theta = 135^o$; $K < 0$; $\theta = -45^o$, θ là ký hiệu góc xuất phát hoặc góc tới của QĐNS tại các nghiêm cực và zero.

2.103a $K = 13{,}07$.

2.106 $G(s) = \dfrac{K(S+a)}{S(S-b)(S^2+2\xi\omega_n S+\omega_n^2)}$; $a = b = 1$; $\xi = 0{,}5$; $\omega_n = 4$.

1- Tính K_{gh}.

Thế số vào ta có: $G(s) = \dfrac{K(S+1)}{S(S-1)(S^2+4S+16)}$

$$1+G(s) = S(S-1)(S^2+4S+16)+K(S+1) = 0$$

$$= S^4+3S^3+12S^2+(K-16)S+K = 0$$

Lập bảng Routh

S^4	1	12	K
S^3	3	K-16	0
S^2	$\dfrac{52-K}{3}$	K	0
S^1	$\dfrac{-K^2+59K-832}{3(52-K)}$	0	
S^0	K		

$K = 35,7$ và $K = 23,3$ từ cột 1 hàng $S^1 = 0$.

Điều kiện ổn định $23,3 < K < 35,7$.

Tìm điểm cắt của quỹ đạo nghiệm số với trục tung sử dụng hàng S^2 viết phương trình cho S: $\frac{52-K}{3}S^2 + K = 0$. Giải phương trình với:

$K = 35,7$ nghiệm $S = \pm j2,56$; $K = 23,3$ nghiệm $S = \pm j1,56$.

2- Vẽ QĐNS $\quad 0 \le K < +\infty$.

Nghiệm cực: $0,\ 1,\ -2 \pm j\ 2\sqrt{3}$. Nghiệm zero: -1.

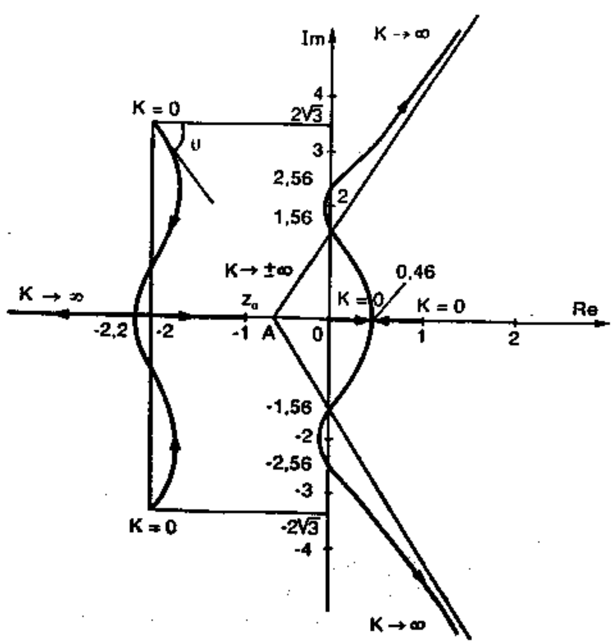
$$OA = \frac{+1-2-2+1}{4-1} = -\frac{2}{3}; \qquad \theta_i = \frac{\pm i\pi}{4-1} = \pm\frac{\pi}{3};\ \ \pm\pi.$$

Từ phương trình: $1 + G(s) = 0$.

$$1 + \frac{K(S+1)}{S(S-1)(S^2+4S+16)} = 0 \Rightarrow K = -\frac{S(S-1)(S^2+4S+16)}{S+1}$$

Điểm tách nhập $\frac{dK}{dS} = 0$; $3S^4 + 10S^3 + 21S^2 + 24S - 16 =$

$$= 3(S+0,79+j2.16)(S+0,79-j2,16)\times(S+2,22)(S-0,46) = 0$$



Điểm $S = 0{,}46$ và $S = -2{,}22$ nằm trên trục thực và là nghiệm QĐNS tương ứng với điểm tách ra và hợp lại.

Điểm $S = -0{,}79 \pm j2{,}16$ không thỏa mãn điều kiện về góc và không phải là điểm tách nhập.

Xác định góc xuất phát của QĐNS từ nghiệm phức $S = -2 + j2\sqrt{3}$.

Ký hiệu góc xuất phát là θ: $\theta = 180^o - 120^o - 130;\ 5^o - 90^o + 106^o$;

$\theta = -54{,}5^o$.

2.113 a) Tại $S = -37{,}86$; $K = -0{,}2317$.

2.121 $\alpha < 0{,}333$.

2.122 a) Loại 0. d) Loại 3.

2.123 c) $K_p = \infty$; $K_v = K$; $K_a = 0$.

e) $K_p = \infty$; $K_v = 1$; $K_a = 0$.

2.124. b) $e_s(t) = 0{,}00558\sin(5t - 63{,}66^o).1(t)$.

2.126 a) $K > 0$ và $K_t > 0{,}02$.

2.128 $\xi = 0{,}4$; $\omega_n = 342{,}7\ (t_p = \dfrac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}} = 0{,}01;\ \sigma\% = 25\%)$

2.130 a) Để ổn định $0 > K > -1{,}5$.

2.133 $G(s) = \dfrac{K}{S(TS+1)}$;

$$G_k(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)} = \frac{K}{S(TS+1)+K} = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{TS^2+S+K}$$

$$= \frac{K/T}{S^2 + \frac{1}{T}S + \frac{K}{T}} = \frac{\omega_n{}^2}{S^2 + 2\xi\omega_n S + \omega_n{}^2};\ \frac{K}{T} = \omega_n{}^2;\ \ \frac{1}{T} = 2\xi\omega_n$$

với: $\xi = 0{,}4$; $\sigma\% = 100e^{-\pi\xi/\sqrt{1-\xi^2}} = 25{,}4\%$; $t_p = \dfrac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}} = 3$

$$\omega_n = \frac{\pi}{3\sqrt{1-\xi^2}} = 1,142\ ; \quad T = \frac{1}{2\xi\omega_n} = 1,095\ ;$$

$$K = T\omega_n^{\ 2} = 1,428\ ;\ t_S = \frac{4}{\xi\omega_n} = 8,757\ .$$

2.136 $m = 0,36;\ b = 0,432;\ k = 0,552;\ \xi = 0.356;\ \omega_n = 1,679$

2.138 1- Hàm truyền kín:

$$G_K(s) = \frac{16}{S(S+0,8)+16(1+KS)} = \frac{16}{S^2+S(0,8+16K)+16} = \frac{\omega_n^{\ 2}}{S^2+2\xi\omega_n S+\omega_n^{\ 2}}$$

$\omega_n^{\ 2} = 16 \rightarrow \omega_n = 4$. Đầu bài cho $\xi = 0,5;\ 0,8+16K = 2\xi\omega_n$;

$$K = \frac{2\xi\omega_n - 0,8}{16} = 0,2\ .$$

2- $t_s = \dfrac{4}{\xi\omega_n} = 2\sec(TC\ \ 2\%\ )$; $t_s = \dfrac{3}{\xi\omega_n} = 1,5\sec$ (TC 5%);

$$\sigma\% = 100e^{-\pi\xi/\sqrt{1-\xi^2}} = 16,318\%$$

2.154 $G(s) = \dfrac{100}{2S+5}$; $\quad H(s) = K_f$; $\quad r(t) = 10.1(t)$.

1- *Hình 2.77a:* $C(s) = \dfrac{100}{2S+5}.R(s) = \dfrac{100}{2(S+\frac{5}{2})}.\dfrac{10}{S}$; $C(t) = 200[1(t) - e^{-2,5t}]$

Hình 2.77b (K_f=0.15): $C(s) = \dfrac{100}{2S+5+100K_f}.R(s) = \dfrac{500}{S(S+10)}$; $C(t) = 500[1(t) - e^{-10t}]$

Tính thời gian cần thiết để *C(t)* đạt 80% giá trị xác lập.

$160 = 200(1-e^{-2,5t^*})$; $t^* = 0,6438\sec$ (H.2.77a).

$400 = 500(1-e^{-10t^*})$; $t^* = 0,16094\sec$ (H.2.77b).

2- $C(s) = \dfrac{100}{2S+5+100K_f}R(s)$; $t^* = 100\text{ms} = 0,1$ sec.

$C(t) = 200[1(t) - e^{(-5/2)(1+20K_f)t}]$; $e^{(-5/2)(1+20K_f)t} = 0,2$

$-\dfrac{5}{2}(1+20K_f).0,1 = -1,6094$; $K_f = \dfrac{5,4378}{20} = 0,2719$.

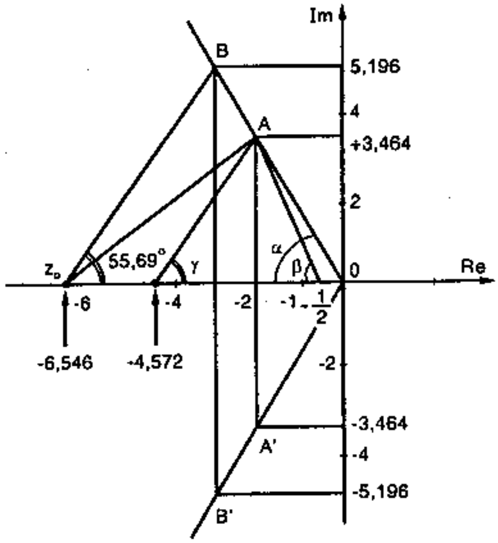
2.155 $G_K(s) = \dfrac{\omega_n^2}{S^2 + 2\xi\omega_n S + \omega_n^2}$; $\sigma\% = 100^{-\pi\xi/\sqrt{1-\xi^2}} = 5\%$;

$$T_s = \frac{4}{\xi\omega_n} = 2;\ \xi\omega_n = 2.$$

2.156 Để thỏa mãn $\xi = 0{,}5$ thì nghiệm cực của hệ kín phải nằm trái $\pm 60^\circ$ tính từ nửa trục thực âm, $\cos\alpha = 0{,}5 \Rightarrow \alpha = \pm 60^\circ$. Thời gian xác lập t_s theo tiêu chuẩn 2% được tính bằng công thức:

$$T_s = \frac{4}{\xi\omega_n} \le 2\sec \Rightarrow \xi\omega_n \ge 2.$$

$\Rightarrow$ Phần thực của nghiệm cực theo trị tuyệt đối phải lớn hơn hoặc bằng 2. $|\mathrm{Re}\,S_p| \ge 2$. Lần đầu



chọn $S = -2 \pm j3{,}464$ (điểm A). Hệ số sai số vận tốc được định nghĩa

$$K_v = \lim_{S\to 0} SG(s)H(s); \qquad H(s) = 1 + K_h S$$

$$K_v = \lim_{S\to 0} S\frac{K(1+K_h S)}{S(2S+1)}; \qquad G(s) = \frac{K}{S(2S+1)}$$

$K_v = K \ge 50$ theo yêu cầu thiết kế.

Quỹ đạo nghiệm số có:

Nghiệm cực: 0, $-1/2$; nghiệm zero: $-1/K_h$

$$-\sum_{i=1}^{2}\arg(S - S_{pi}) + \sum \arg(S + Z_o) = \pm\pi$$

Tính cho nghiệm phức có phần ảo dương (điểm A)

$$-120^o - 113{,}41^o + \arg(S + Z_o) = -\pi$$

$$\arg(S+Z_o) = 53{,}41^o = \gamma;\ tg\beta = \frac{3{,}464}{1{,}5};\ \beta = 66{,}586^o;\ 180 - \beta = 113{,}41^o.$$

$$\text{Nghiệm zero} = -2 - \frac{3{,}464}{\mathrm{tg}53{,}41^o} = -4{,}572$$

$$-4,572 = -\frac{1}{K_h} \Rightarrow K_h = \frac{1}{4,572} = 0,2187$$

Kiểm tra điều kiện đối với K:

$$\left|\frac{K(1+0.2187)}{S(2S+1)}\right|_{S=-2+j3.464} = 1\text{ ; K = 32 < 50}$$

Như vậy chọn $S = -2 \pm j3,464$ là không đạt yêu cầu.

Giả sử chọn lần hai nghiệm cực hệ kín $S = -3 \pm j5,196$ (điểm B).

Tổng các góc nghiệm cực hệ hở $= 235,69^o$;

Nghiệm zero tạo góc: $235,69^o - 180^o = 55,69^o$.

Suy ra nghiệm zero = $-6,546$; $K_h = \dfrac{1}{6,546} = 0,1528$; $K = 71,99$.

Có thể có nhiều đáp số khác nếu chọn cặp nghiệm S có phần thực khác đi. Đáp số: $K_h = 0,1528$; $K = 71,99$, được chọn gần theo yêu cầu thiết kế với giả thiết chọn $S = -3 \pm j5,196$ (điểm B).

2.158 Hàm truyền vòng trong: $\dfrac{K_2K_3}{S(1+T_1S)(1+T_2S)+K_2K_3K_{FT}S}$

1- Khi không có máy phát tốc $K_{FT} = 0$, hàm truyền kín:

$$G_K(s) = \frac{K_1K_2K_3K_4}{S(1+T_1S)(1+T_2S)+K_1K_2K_3K_4}$$

Phương trình đặc tính của hệ kín:

$$A(s) = S(1+T_1S)(1+T_2S)+K_1K_2K_3K_4 = 0$$

$$= T_1T_2S^3 + (T_1+T_2)S^2 + S + K_1K_2K_3K_4 = 0$$

Thay giá trị K, T vào phương trình có dạng:

$$A(s) = 25.10^{-5}S^3 + 0,055S^2 + S + 2865 = 0$$

Tiêu chuẩn ổn định Hurwitz: $\Delta_2 = 0,055.1 - 25.10^{-5}.2865 < 0$.

Hệ thống không ổn định khi $K_{FT} = 0$.

2- Tìm điều kiện ổn định cho hệ khi $K_{FT} > 0$. Hàm truyền hệ hở:

$$G(s) = \frac{K_1K_2K_3K_4}{S[(1+T_1S)(1+T_2)+K_2K_3K_{FT}]}$$

Hàm truyền vòng kín:

$$G_K(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)} = \frac{K_1K_2K_3K_4}{S[(1+T_1S)(1+T_2S)+K_2K_3K_{FT}]+K_1K_2K_3K_4}.$$

Ký hiệu: $K = K_1K_2K_3K_4$, phương trình đặc trưng có dạng:

$$A(s) = S[(1+T_1)(1+T_2S)+K_2K_3K_{FT}]+K=0$$

$$= \underbrace{T_1T_2S^3}_{a_o} + \underbrace{(T_1+T_2)S^2}_{a_1} + \underbrace{S(1+K_2K_3K_{FT})}_{a_2} + \underbrace{K}_{a_3} = 0$$

$\Delta_2 = a_1a_2 - a_oa_3 > 0$; $\Delta_2 = (T_1+T_2)(1+K_2K_3K_{FT}) - T_1T_2K > 0$

$$\Rightarrow K_{FT} > \frac{1}{K_2K_3}\left(\frac{T_1T_2}{T_1+T_2}K - 1\right) \approx 0{,}24.10^{-3}$$

2.159 Hàm truyền vòng hở: $G_h(s) = (K_p + K_DS)\dfrac{1000}{S(S+10)}$

Hàm truyền vòng kín:

$$G_K(s) = \frac{G_h(s)}{1+G_h(s)} = \frac{(K_p+K_DS)10^3}{S^2+10S(1+10^2K_D)+10^3K_p}$$

Hệ số sai số vận tốc: $K_v = \lim\limits_{S\to 0} SG_h(s) = \lim\limits_{S\to 0} S\dfrac{(K_p+K_DS)10^3}{S(S+10)}$

Theo đầu bài: $K_v = 10^3$; $\xi = 0{,}5$; $K_v = \dfrac{10^3K_p}{10} = 10^3 \Rightarrow K_p = 10$

Xét mẫu số của hàm truyền đạt hệ kín:

$$MS = S^2+10S(1+10^2K_D)+10^3K_p = 0 \quad = S^2+2\xi\omega_nS+{\omega_n}^2 = 0$$

Hàm truyền bậc 2, đáp ứng dao động tắt dần.

Cân bằng các hệ số ta có: ${\omega_n}^2 = 10^3K_p = 10^4 \to \omega_n = 100$

$$2\xi\omega_n = 10(1+10^2K_D) \to \xi = \frac{10(1+10^2K_D)}{2\omega_n}$$

$$\Rightarrow K_D = \left(\frac{\xi\omega_n}{5}-1\right)/100 = \frac{20\xi-1}{100};\ K_D = 0{,}09 \text{ với } \xi = 0{,}5$$

Nếu: $\xi = 0{,}707$; $K_D = 0{,}1314$; $\xi = 1$; $K_D = 0{,}19$

2.162 Đáp số $a = 90$; $K = 18.000$.

2.163b $K_p = 1{,}5765$.

2.164 Hàm truyền đạt hệ hở; $G_h(s) = (K_p + \frac{K_I}{S})\frac{100}{S^2+10S+100}$

1- Tính sai số xác lập khi: $r(t) = 1(t) \leftrightarrow \frac{1}{S}$ và $r(t) = t.1(t) \leftrightarrow \frac{1}{S^2}$

$$e_{x1} = \lim_{S\to 0} S\frac{1}{1+G_h(s)}.R(s)$$

$$e_{x1} = \lim_{S\to 0} S\frac{1}{1+(K_p+\frac{K_I}{S})\frac{100}{S^2+10S+100}}.\frac{1}{S} = 0; \qquad \text{khi } r(t) = 1(t)$$

$$e_{x1} = \lim S\frac{1}{1+(K_p+\frac{K_I}{S})\frac{100}{S^2+10S+100}}.\frac{1}{S^2} = \frac{1}{K_I}; \quad \text{khi } r(t) = t.1(t)$$

2- Tính K_p, K_I từ điều kiện ổn định và xác lập 1% khi $r(t) = t.1(t)$

Mẫu số hàm truyền kín

$A(s) = S(S^2 + 10S + 100) + (K_pS + K1)100 =$

$= S^3 + 10S^2 + 100S(1 + K_p) + K_I100 = 0$

$\Delta_2 = 10.100(1+K_p) - 100K_I > 0$

Hệ số ổn định theo tiêu chuẩn Hurwits $\Rightarrow K_p > \frac{K_I}{10} - 1$. Theo tính toán ở câu 1: $e_{x1} = \frac{1}{K_I} = 1\% = 0{,}01 \Rightarrow K_I = 100$

Đáp số: $K_I = 100$; $K_p > 9$.

2.166b Chọn giá trị lớn cho K_D và nhỏ cho K_p sao cho nghiệm hệ kín là nghiệm thực.

2.168a $K_p > 0$; $K > 0{,}1K_p$.

2.169 Chọn giá trị T nhỏ, sau đó chọn a để đạt độ vọt lố như yêu cầu.

2.172 Chọn a để đạt ξ, T cần chọn lớn.

2.173 Chọn T nhỏ, a lớn.

2.175 Hàm truyền hở; $G(s) = \frac{K}{S[(S+1)(S+10)+KK_t]}$

$$K_V = \lim_{S\to 0} SG(s) = \frac{K}{10+KK_t} = 1; \quad K = 10 + KK_t$$

Phương trình đặc trưng của hệ kín:

$$A(s) = S[(S+1)(S+10)+KK_t] + K = 0$$

$$A(s) = S^3 + 11S^2 + S(10+KK_t) + K = S^3 + 11S^2 + KS + K = 0$$

Theo yêu cầu của hệ kín có $\xi = 0{,}707$. Hệ bậc 3 ổn định có 1 nghiệm thực và hai nghiệm phức liên hợp, đều có phần thực âm:

$$A(s) = (S+\alpha)(S^2 + 2\xi\omega_n S + \omega_n{}^2) = 0 \text{ với } \alpha > 0.$$

$$= S^3 + S^2(\alpha + 2\xi\omega_n) + S(\omega_n{}^2 + 2\xi\omega_n) + \alpha\omega_n{}^2 = 0$$

Cân bằng hệ số phương trình đặc trưng:

$$\alpha + 2\xi\omega_n = 11; \; \omega_n{}^2 + 2\xi\omega_n = K; \; \alpha\omega_n{}^2 = K$$

$$\left.\begin{aligned} K &= \omega_n^2 + 2\xi\omega_n \\ K &= \alpha\omega_n^2 \end{aligned}\right\} \begin{aligned} &\omega_n^2(\alpha-1) - 2\xi\omega_n = 0 \\ &\omega_n = 0 \text{ và } \omega_n = 2\xi/(\alpha-1) \end{aligned}$$

$$\alpha = 11 - 2\xi\omega_n = 11 - \frac{4\xi^2}{\alpha-1}; \; \alpha(\alpha-1) = 11(\alpha-1) - 4\xi^2; \; \alpha^2 - 12\alpha + 13 = 0;$$

$\alpha_1 = 1{,}20416$; $\omega_n = 6{,}92565$; $K = 57{,}75754$;

$\alpha_2 = 10{,}79583$; $\omega_n = 0{,}14437$; $K = 0{,}22494$;

Chọn $K = 57{,}75754$; $K_t = \dfrac{K-10}{K}$; $K_t = 0{,}82686$.

2.176 $G(s) = \dfrac{10}{S(S+1)(S+10)}$; $G_c(s) = K_p$.

1- Khi không có máy phát tốc hàm truyền kín có dạng

$G_K(s) = \dfrac{10K_p}{S(S+1)(S+10)+10K_p}$. Phương trình đặc trưng:

$$A(s) = S(S+1)(S+10) + 10K_p = 0$$

$$A(s) = S^3 + 11S^2 + 10S + 10K_p = 0$$

$$\Delta_2 = 11\times 10 - 10K_p = 0 \Rightarrow \text{HSKĐ } K_{gh} = K_p{}^* = 11$$

2- Hàm truyền hở khi có máy phát tốc:

$$G_h(s)=\frac{10K_p}{S(S+1)(S+10)+10K_{FT}S}=\frac{10K_p}{S\left[S^2+11S+10(1+K_{FT})\right]}$$

$$K_v=\lim_{S\to 0}SG_h(s)=\frac{10K_p}{10(1+K_{FT})}\geq 1\Rightarrow K_p\geq(1+K_{FT})$$

Phương trình đặc trưng của hệ kín:

$$A(s)=S^3+11S^2+10S(1+K_{FT})+10K_p=0$$

Yêu cầu hệ thiết kế ξ = 0,707, hệ bậc 3 sẽ có một nghiệm thực và hai nghiệm phức liên hợp đều có phần thực âm để hệ ổn định.

Giả sử: $S_1=-\alpha$; α thực > 0; $|\alpha|>|\xi\omega_n|$;

$$S_{2,3}=-\xi\omega_n\pm j\omega_n\sqrt{1-\xi^2}\,.$$

ξ - hệ số tắt, ω_n - tần số tự nhiên; $A(s)=(S+\alpha)(S^2+2\xi\omega_n S+\omega_n^2)=0$

Điều kiện ổn định cho hệ bậc 3 là:

$$\Delta_2=11\times 10(1+K_{FT})-10K_p>0\Rightarrow 11(1+K_{FT})>K_p$$

Khai triển A(s) sắp xếp theo số mũ từ lớn đến nhỏ:

$$A(s)=S^3+(\alpha+2\xi\omega_n)S^2+(\omega_n^2+2\xi\omega_n)S+\alpha\omega_n^2=0$$

Đồng nhất các hệ số: $\alpha+2\xi\omega_n=11$; $10(1+K_{FT})=\omega_n^2+2\xi\omega_n$;

$10K_p=\ \alpha\omega_n^2$. Cần chọn cặp nghiệm quyết định gần trục tung hơn nghiệm $S_1=-\alpha$. Giả sử chọn:

$$\alpha=7\quad\Rightarrow\quad\omega_n=\frac{11-\alpha}{2\xi}=2\sqrt{2};\quad K_p=\frac{\alpha\omega_n^2}{10}=\frac{7.8}{10}=5,6$$

$$K_{FT}=\frac{\omega_n^2+2\xi\omega_n}{10}-1=0,2$$

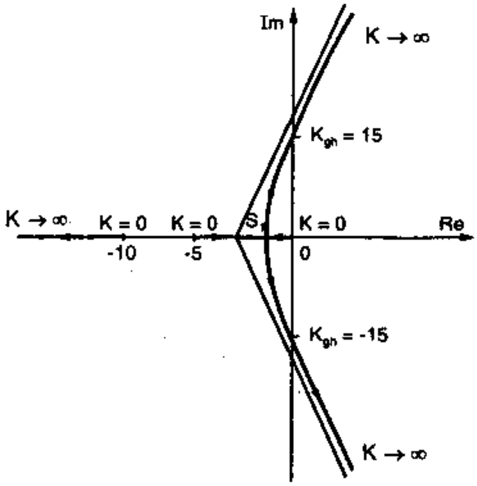
Kiểm tra điều kiện của K_V ta có: $K_p>1+K_{FT}$.

Sai số xác lập đối với *r(t) = 1(t)* là bằng 0.

Sai số xác lập đối với *r(t) = t.1(t)* bằng:

$$e_{x1}=\lim_{S\to 0}S.\frac{1}{1+G_h(s)}.\frac{1}{S^2}=\lim_{S\to 0}S.\frac{1}{1+\dfrac{10K_p}{S[(S+1)(S+10)+10K_{FT}]}}\frac{1}{S^2}=\frac{1+K_{FT}}{K_p}$$

2.178 $G(s) = \dfrac{K}{S(1+0,1S)(1+0,2S)}$



1- QĐNS $0 \le K < +\infty$; nghiệm cực:

$0; -5; -10; \theta_i = \pm\dfrac{\pi}{3},\ \pm\pi;$

$OA = \dfrac{-5-10}{3} = -5.$

Điểm tách nhập:

$1 + G(s) = 0$

$\Rightarrow K = -S(1 + 0,1S)(1 + 0,2S)$

$\dfrac{dK}{dS} = 0;\quad S^2 + 10S + \dfrac{50}{3} = 0$

$S_1 = -2,11325;\quad S_2 = -7,88675$

Nghiệm $S_1 = -2,11325$ là điểm tách ra của QĐNS. QĐNS được vẽ ở hình:

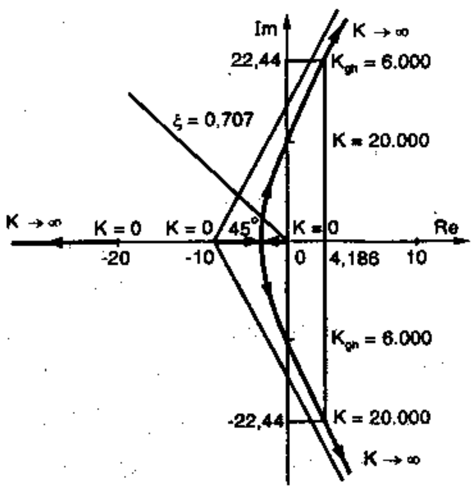
$1 + G(s) = 0;\quad 0,02S^3 + 0,3S^2 + S + K = 0$

$\Delta_2 = 0,3 - 0,02K_{gh} = 0;\quad K_{gh} = 15$

2- Hiệu chỉnh sớm - trễ pha. Cần tăng HSKĐ lên 100 để giảm sai số xác lập nhưng hệ chưa hiệu chỉnh không ổn định. $K = 100 > K_{gh} = 15$.

Nối tiếp thêm khâu sớm pha $a > 1$

$G_{c1}(s) = \dfrac{1 + aT_1S}{1 + T_1S}$. Chọn a = 4.



- Chọn nghiệm zero khử được nghiệm cực của hệ chưa hiệu chỉnh:

$G_{c1}(s) = \dfrac{1 + 0,2S}{1 + 0,05S} = \dfrac{4(S+5)}{S+20}$

Hàm truyền hệ đã được hiệu chỉnh với $K = 100$

$G(s)G_{c1}(s) = \dfrac{20.000}{S(S+10)(S+20)}$

Phương trình đặc tính:

$S(S + 10)(S + 20) + 20000 = 0$

có nghiệm: $S = -38,37$; $S = 4,186 \pm j22,44$

Vẽ QĐNS $\dfrac{K}{S(S+10)(S+20)}$

Nghiệm cực: 0; −10; −20; $OA = \dfrac{-10-20}{3} = -10$

Để hệ đạt được hệ số tắt $\xi = 0,707$ (tia 45°) cần HSKĐ $K = 650$. Với $K = 20000$ hệ không ổn định nằm bên phải mặt phẳng số phức. $S(S + 10)(S + 20) + K = 0$; $K_{gh} = 6.000$.

Để ổn định và thỏa mãn yêu cầu về ξ cần dời nghiệm cực sang trái xa trục tung hơn nữa. Mắc nối tiếp khâu hiệu chỉnh trễ pha; $G_{c2}(s) = \dfrac{1+bT_2S}{1+T_2S}$; $b < 1$. Giá trị b được xác định từ biểu thức;

$$b = \frac{K\ \textit{đạt hệ số}\ \xi\ \textit{mong muốn}}{K\ \textit{hệ đạt sai số xác lập}} = \frac{650}{20.000} = 0,0325$$

$$K_v = \lim S\frac{20.000}{S(S+10)(S+20)} = 100\ ;\ e_{x1} = \frac{1}{K_v} = 1\%$$

với tín hiệu vào $t.1(t)$. Chọn T_2 lớn trong khoảng $\le 10^4 b$ và làm tròn $T_2 = 300$

$$G_{c1}(s)G_{c2}(s) = \left(\frac{1+0,2S}{1+0,05S}\right).\left(\frac{1+9,75S}{1+300S}\right)$$

Hàm truyền hở hệ đã hiệu chỉnh có dạng:

$$G(s) = \frac{650(S+0,1026)}{S(S+10)(S+20)(S+0,0033)}$$

hoặc: $$G(s) = \frac{100.(1+9,75S)}{S(1+0,1S)(1+0,05S)(1+300S)}.$$

2.179 $K_D = 0,6$; độ dữ trữ pha = 89.36°; độ dự trữ biên độ = ∞.

Giá trị dao động đỉnh $M_p = 1,02$ dải thông 607 rad/sec.

2.180 $K_D = 0,09$.

2.182 $G(s) = \dfrac{K(1+0,2S)(1+0,025S)}{S^3(1+0,01S)(1+0,005S)}$.

1- Vẽ giản đồ Bode của hàm truyền $G(j\omega)$ cho $K = 1$.

Sử dụng chương trình MATLAB tính độ dự trữ về pha, tần số cắt, tần số $\omega_{-\pi}$ trên hình vẽ giản đồ Bode: $\omega_c = 1$ rad/sec; $\omega_{-\pi} = 25,8$ rad/sec; $\omega_{-\pi} = 77,7$ rad/sec. Độ dự trữ pha -78°. Xác định giá trị biên độ lôgarit tại tần số $\omega_{-\pi}$: $L(\omega_{-\pi} = 25,8) = -69$; $L(\omega_{-\pi} = 77,7) = -85,5dB$.

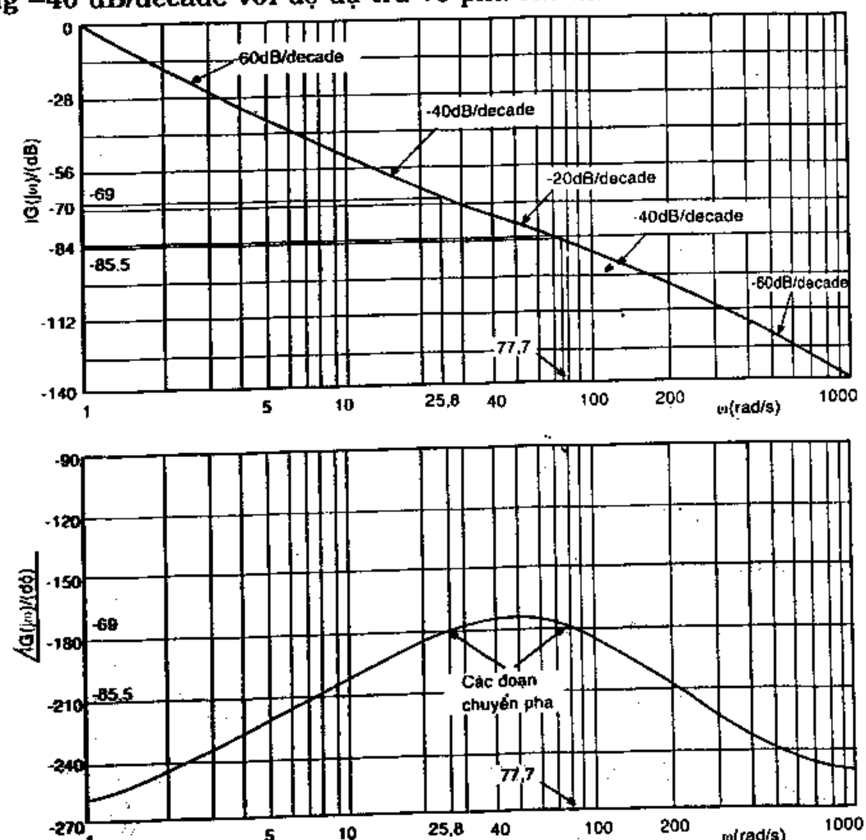
Với giá trị K đã cho ở trên, pha của hệ lớn hơn -180^0 theo trị tuyệt đối và bằng gần -270^0.

Vậy hệ không ổn định ở trạng thái hở cũng như trạng thái vòng kín phản hồi âm 1 đơn vị.

Hệ hở ở biên giới ổn định, phương trình đặc trưng có ba nghiệm nằm trên trục ảo và hai nghiệm nằm bên trái mặt phẳng phức số.

Dựa vào giản đồ Bode nhận thấy tại miền tần số thấp và miền tần số cao, độ suy giảm của biên độ là −60 dB/decade, độ dự trữ pha âm ⇒ hệ không ổn định.

Hệ ổn định trong vùng độ nghiêng −20 dB/decade và một phần vùng −40 dB/decade với độ dự trữ về pha rất nhỏ.



Giản đồ Bode $G(s) = [K(1 + 0{,}2s)(1 + 0{,}025s)]/[s^3(1 + 0{,}01s)(1 + 0{,}005s)]$. $K = 1$

2- Xây dựng đường cong Nyquist cho K = 1.

Tại miền tần số thấp $\omega = 0 \div 5$ góc pha của hệ là -270^0 (ba khâu tích phân K/S^3), độ nghiêng −60 dB/decade $\omega\uparrow$ đến 40 góc pha

-180^o, độ nghiêng –40 dB/decade.

Tần số tăng đến 100, góc pha sẽ dương hơn, theo trị tuyệt đối nhỏ hơn 180^o, độ nghiêng –20 dB/decade.

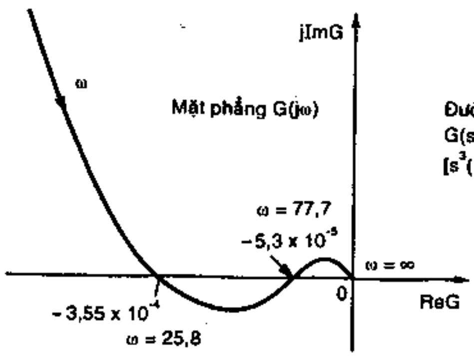
Tần số ≥ 100 góc pha âm hơn, lớn hơn -180^o, độ nghiêng –40 dB/decade. Ở tần số gãy $\omega_g = 1/0,005$ độ nghiêng –60 dB/dec.

Góc pha tại tần số tăng đến ∞ bằng -270^o.

Tại: $\omega_{-\pi} = 25,8$; $L(\omega_{-\pi}) = -69dB$;

$$L(\omega_{-\pi}) = 20\lg\left|G(j\omega_{-\pi})\right| = -69dB;\ \left|G(j\omega_{-\pi})\right| = 3,548.10^{-4}$$

Tại: $\omega_{-\pi} = 77,7$; $L(\omega_{-\pi}) = -85,5dB$; $\left|G(j\omega_{-\pi})\right| = 5,309.10^{-5}$



Đường cong Nyquist
G(s) = [K(1 + 0,25)(1 + 0,025s)
[s³(1 + 0,01s)(1 + 0,005s)]; K = 1

3- Vẽ quỹ đạo nghiệm số $0 \le K < +\infty$.

Nghiệm cực: 3 nghiệm:

0; –100; –200.

Nghiệm zero: –5, –40

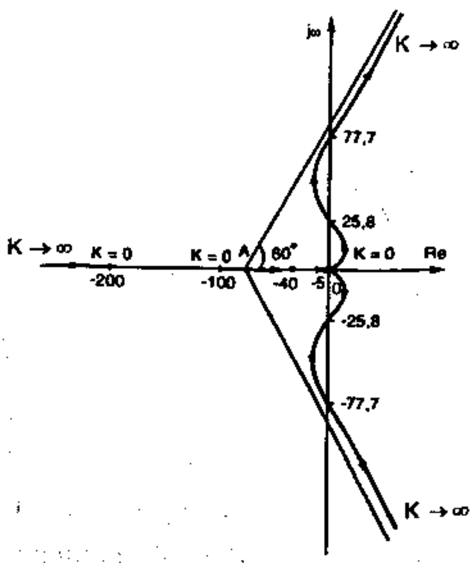
$$\theta_i = \pm\frac{\pi}{3}, \pm\pi;\quad OA = -82$$

• Tại $\omega_{-\pi} = 25,8$

$$K = \frac{1}{3,548.10^{-4}};\ K = 2818,4893.$$

• Tại $\omega_{-\pi} = 77,7$

$$K = \frac{1}{5,309.10^{-5}};\ K = 18835,939.$$



Hệ ổn định: $2818{,}4893 < K < 18835{,}939$.

QĐNS cắt trục tung jω tại giá trị $\omega_{-\pi}$ tìm được bằng giản đồ Bode hoặc là giao điểm của đường cong Nyquist với nửa trục thực âm.

Giá trị K tại giao điểm của QĐNS với trục tung được tính bằng công thức: $K = \dfrac{1}{|G(j\omega_{-\pi})|}$.

2.183 Vẽ QĐNS: $G(S) = \dfrac{K(1+TS)}{S(S+1)(S+2)}$.

1- Khi $T = 0$; $0 \le K < +\infty$. Nghiệm cực; 0, −1, −2.

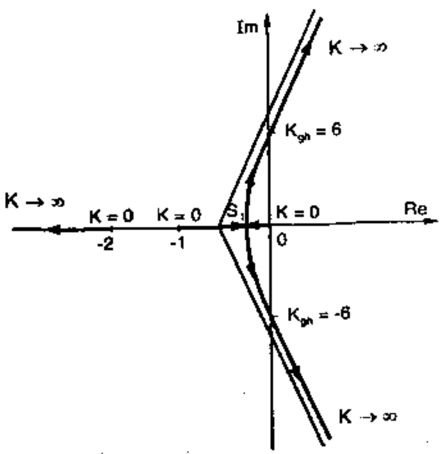
$$OA = \frac{-1-2}{3} = -\frac{2}{3};\ \theta_i = \frac{\pm\pi}{3};\ \pi$$

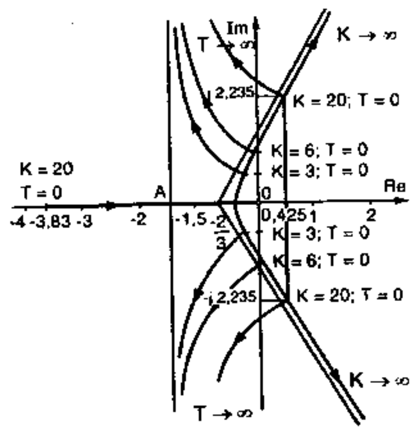
Điểm tách nhập: $\dfrac{dK}{dS} = 0$; $K = -S\,(S+1)\,(S+2)$

$$\frac{dK}{dS} = 0;\ S_1 = -0{,}4226;\ S_2 = -1{,}5774.$$

$$MS = S^3 + 3S^2 + 2S + K = 0.\ \Delta_2 = 6 - K_{gh} = 0;\ K_{gh} = 6$$

2- $K = 20$ hệ kín có nghiệm: $-3{,}85;\ 0{,}425 \pm j\,2{,}235$.





QĐNS $\quad 1 + \dfrac{20(1+TS)}{S(S+1)(S+2)} = 0;\quad S(S+1)(S+2) + 20 + 20TS = 0$

$$1 + \frac{20TS}{S(S+1)(S+2)+20} = 0$$

$$1+\frac{20TS}{(S+3,85)(S-0,425-j2,235)(S-0,425+j2,235)}=0$$

QĐNS $\quad 0 \le T < +\infty$

Nghiệm cực: $\quad -3,85;\ +0,425 \pm j2,235$; nghiệm zero: 0

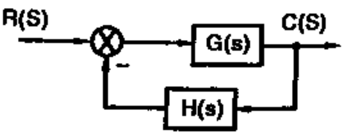
$$OA=\frac{-3,85+0,425+0,425}{3-1};\quad OA=-1,5;\quad \theta_i=\pm\frac{i\pi}{2};\quad i=1,3,5\ ..$$

3- QĐNS hai thông số K, T thay đổi từ 0 đến $+\infty$ sẽ là một họ đường cong có một nhánh trùng với nửa trục thực âm chiều xuất phát từ xa vô cùng tiến đến nghiệm zero bằng 0 (gốc tọa độ) và các cặp đường cong đối xứng với trục hoành xuất phát từ điểm trên QĐNS $T = 0$, $0 \le K < +\infty$ và tiến tới tiệm cận vuông góc với trục hoành tại $-1,5$; $1+\frac{K(1+TS)}{S(S+1)(S+2)}=0$. Thêm khâu hiệu chỉnh $(1 + TS)$ trong trường hợp này là thêm nghiệm zero, QĐNS có chiều hướng sang trái, hệ thống ổn định hơn.

2.184 Để khảo sát hệ ta xét hàm truyền tần số vòng hở:

$$GH(j\omega)=\frac{1}{j\omega((j\omega)^2+j\omega+4)}=\frac{1}{j\omega}\times\frac{1/4}{1+2\times0,25j\frac{\omega}{2}+\left(\frac{j\omega}{2}\right)^2}$$

$$|GH(j\omega)|=\frac{K}{\omega}\times\frac{1/4}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{\omega}{2}\right)^2\right]^2+\left(0,5\frac{\omega}{2}\right)^2}}$$



$$\angle GH(j\omega)=-90^o-arctg\frac{0,5\frac{\omega}{2}}{1-\frac{\omega^2}{4}}+\text{mod}(180^o)$$

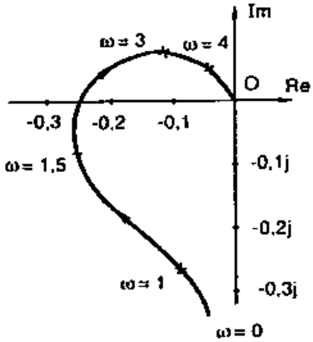
ω	0	1	1,5	2	3	4	∞
|GH(jω)|	∞	0,316	0,29	0,25	0,057	0,02	ϕ
∠GH(jω)	-90°	-108,9°	-131°	-180°	-211°	-198,4°	-270°

Vẽ lên mặt phẳng phức ta có đặc tính tần số Nyquist

Từ đặc tính tần số ta thấy, với $K = 1$; $\omega_\pi = 2$ & $GH(\omega_\pi) = -0,25$.

Hệ thống sẽ không ổn định nếu $|GH(\omega_\pi)|>1$ (bao điểm −1).

Khi tăng K hệ thống kém ổn định hơn. Tại $K = K_{gh}$ đặc tính tần số đi qua điểm −1.



$$|GH(\omega_\pi)| = 1 \Rightarrow K = \frac{1}{0,25} = 4\,; \quad K_{gh\varphi n} = 4\,.$$

• Cách làm khác:

Cũng có thể tìm K_{gh} theo phương pháp giải tích.

Hệ ở biên giới ổn định nếu đặc tính tần số qua điểm −1. Khi đó:

$$\begin{cases} \angle GH = -180^o & (1) \\ |GH| = 1 & (2) \end{cases}$$

Từ (1): $-90^{\circ} - arctg\dfrac{0,5\dfrac{\omega}{2}}{1-\dfrac{\omega^2}{4}} = -180^o \Rightarrow \omega = 2$

Thay vào (2): $1 = \dfrac{K}{2}\times\dfrac{1}{4}\times\dfrac{1}{\sqrt{[1-(\frac{2}{2})^2]^2+(0,5\frac{2}{2})^2}} = \dfrac{K}{8}\times\dfrac{1}{0,5}\,; \quad K_{gh} = 4\,.$

2.185 Dùng đặc tính tần số để thiết kế hệ: trước tiên hiệu chỉnh tỷ lệ (thiết kế K_a) để đạt yêu cầu $e_{ss}\%$ – sau đó hiệu chỉnh trễ pha (thiết kế G_{hc}) để đạt độ vượt quá POT% .

Đặc tính tần số của hệ chưa hiệu chỉnh:

$$G(s)H(s) = \frac{0,1}{S+0,1}\cdot\frac{25}{0,1S+1} = \frac{25}{(1+S/0,1)(1+S/10)}$$

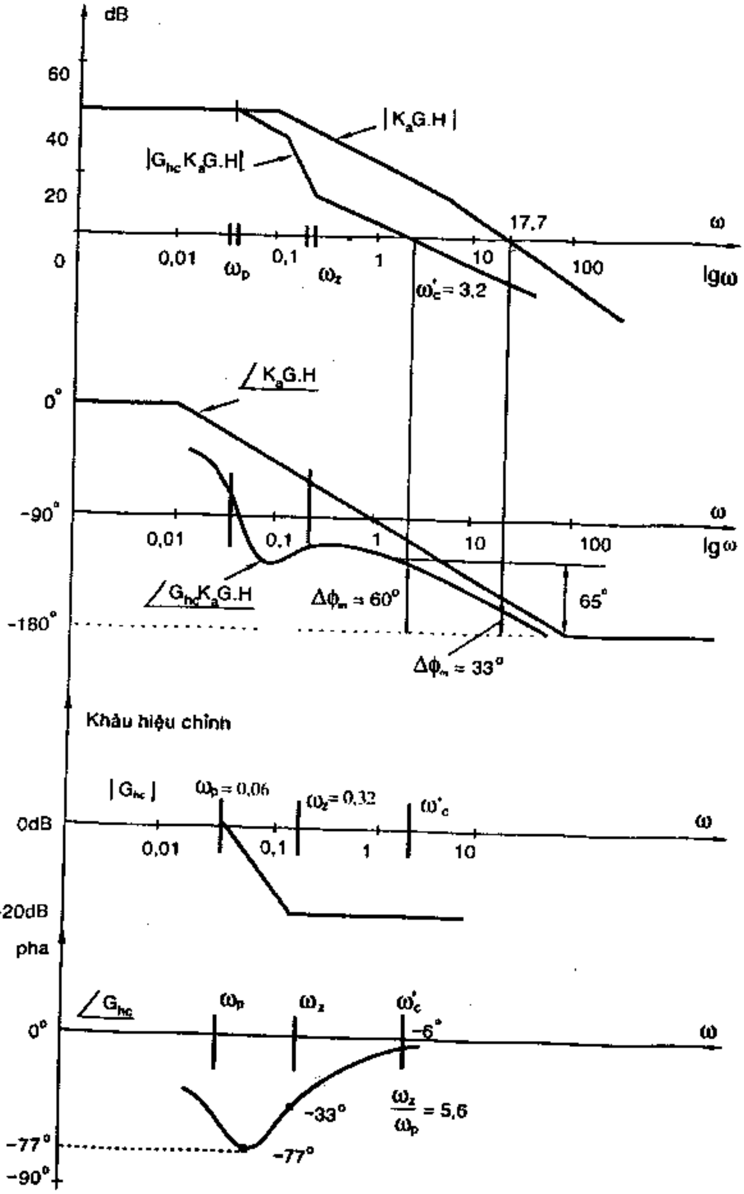
$$\Rightarrow G.H(j\omega) = \frac{25}{(1+j\omega/0,1)(1+j\omega/10)}$$

Hệ số sai số tĩnh $K_p = \lim\limits_{\omega\to\infty} GH(j\omega) = 25 = 28dB$

Hệ số sai số cần thiết là $K_{pyc} = \dfrac{1}{e_{SS}} = 1000$

$\Rightarrow$ Hệ số hiệu chỉnh tỷ lệ K_a : $K_a = \dfrac{K_{pyc}}{K_p} = \dfrac{1000}{25} = 40 = 32dB$

• Ta có đặc tính tần số $K_a.GH(j\omega)$ như trên hình vẽ.



Hệ số: $\omega_c = 17{,}7\sec^{-1}$; $POT = e^{-\xi\pi/\sqrt{1-\xi^2}}$; $\Delta\Phi_M = 33^\circ$; $\Delta\Phi = 100\xi$

• Để hệ thống $POT\% < 10\% \Rightarrow \xi \geq 0{,}6$ hay phải có $\Delta\phi_m \geq 60^\circ$

Thiết kế khâu hiệu chỉnh trễ pha: $G_{hc} = \dfrac{1 + j\omega/\omega_z}{1 + j\omega/\omega_p}$

Từ điều kiện tần số ⇒ tần số cắt cần có dự trữ pha $60^\circ + 5^\circ = 65^\circ$ là $\omega'_c = 3,2$. Vậy độ suy giảm biên độ của khâu trễ pha phải là M = 15dB hay $20\lg\frac{\omega_z}{\omega_p} = 15dB \Rightarrow \frac{\omega_z}{\omega_p} = 5,62$ ⇒ đặc tính pha (thay đổi) suy giảm chậm. Dựa vào đặc tính pha khâu hiệu chỉnh, ta nhận thấy muốn:

$\angle G_{hc(\omega'_c)} = 6^\circ$, ta cần có $\omega'_c \approx 10\omega_z$. Hay $\omega_z = \frac{\omega'_c}{10} = \frac{3,2}{10} \approx 0,32$.

$$\omega_p^* = \frac{\omega_z}{5,62} = 0,06$$

Vẽ lại đặc tính tần số đã hiệu chỉnh.

Ta thu được: $\begin{cases} \text{tần số cắt sau khi hiệu chỉnh: } \omega'_c = 3,2\sec^{-1} \\ \text{dự trữ pha sau khi hiệu chỉnh: } \Delta\Phi_M = 60^\circ \end{cases}$