Chương **3**

HỆ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG PHI TUYẾN

3.6 $N = \frac{4Z_a}{\pi A X_a}\cos\alpha$; $A = \frac{X_m}{X_a}$; $\sin\alpha = \frac{1}{A}$

3.7: $N = \frac{2Z_a}{\pi X_a A}(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2) - 2j\frac{Z_a}{\pi X_a A}(\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2)$

$\sin\alpha_1 = \frac{1}{A}$; $\sin\alpha_2 = \frac{\lambda}{A}$; $\lambda = \frac{X_b}{X_a}$; $A = \frac{X_m}{X_a}$

X_m - biên độ dao động tuần hoàn hình sin $(X_m \sin\omega t)$

3.9 **a)** $N = \frac{2\alpha + \sin 2\alpha}{\pi}$; $\sin\alpha = \frac{1}{A}$

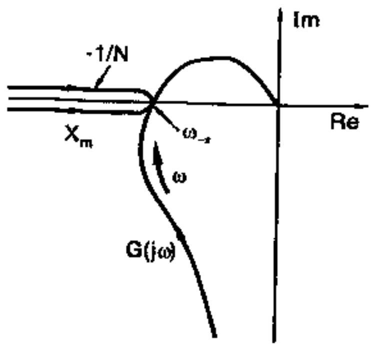
b) $N = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} - j\frac{\cos^2\alpha}{\pi}$; $\sin\alpha = \frac{2}{A} - 1$

3.10a $N = \frac{4Z_a}{\pi A X_a}(\cos\alpha + j\sin\alpha)$; $A = \frac{X_m}{X_a}$; $\sin\alpha = \frac{1}{A}$

3.11 $G(s) = \frac{K}{S(1+TS)^2}$; T = 1sec;

$N = \frac{4Z_a}{\pi X_m}\cos\alpha$; $\sin\alpha = \frac{X_a}{X_m}$

$Z_a = 10$; $X_a = 0,2$



- *Xét hệ tuyến tính:* $-\frac{\pi}{2} - 2\text{arctg}_{-\pi}T = -\pi$

$\text{arctg}\,\omega_{-\pi} = \frac{\pi}{4}$; $\omega_{-\pi} = 1$

$$OA = |G(j\omega_{-\pi})| = \frac{K}{2}; \quad \frac{K}{2} = 1 \Rightarrow K_{gh} = 2$$

Hệ ổn định: $K < K_{gh} = 2$

• *Xét hệ phi tuyến*: Nếu hai đường cong

$G(j\omega)$ và $-\dfrac{1}{N(X_m)}$ không cắt nhau mà tiếp xúc với nhau (tại A)

thì ứng với K_{gh}.

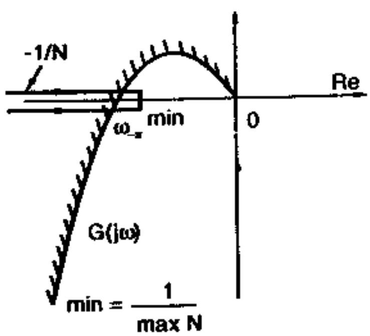
$$OA = \left|\frac{1}{N(X_m)}\right| = \frac{\pi X_a}{2Z_a} = \frac{K_{gh}}{2}; \quad K_{gh} = \frac{\pi X_a}{Z_a} = 0{,}0628$$

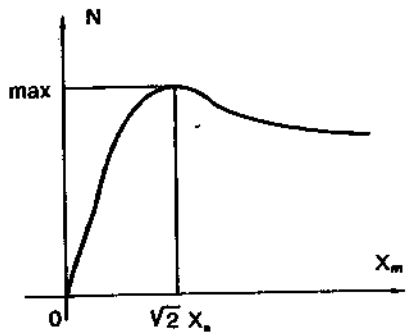
Hệ ổn định không dao động $K < K_{gh} = 0{,}0628$

$\max N(X_m)$ tại $X_m = \sqrt{2}X_a \Rightarrow$ Max $N(X_m) = \dfrac{2Z_a}{\pi X_a}$; $\min\left|\dfrac{1}{N}\right| = \dfrac{\pi X_a}{2Z_a}$

3.12 $G(S) = \dfrac{K}{S(1+T_1S)(1+T_2S)}$; $N = \dfrac{4Z_a}{\pi X_a}\cos\alpha$; $\sin A = \dfrac{X_a}{X_m}$

Đường cong Nyquist $G(j\omega)$ cắt trục hoành tại tần số $\omega_{-\pi}$





$$-\frac{\pi}{2} - arctg0{,}2\omega_{-\pi} - arctg2\omega_{-\pi} = -\pi; \quad arctg0{,}2\omega_{-\pi} + arctg2\omega_{-\pi} = \frac{\pi}{2}$$

$$tg(a+b) = \frac{tga + tgb}{1 - tgatgb}$$

Lấy tg hai vế ta có:

$$tg\frac{\pi}{2} = tg(arctg0{,}2\omega_{-\pi} + arctg2\omega_{-\pi}); \quad +\infty = \frac{0{,}2\omega_{-\pi} + 2\omega_{-\pi}}{1 - 0{,}2\omega_{-\pi}2\omega_{-\pi}} \Rightarrow$$

$$1-0,4\omega_{-\pi}^2=0\ ;\quad \omega_{-\pi}^2=\frac{1}{0,4}=2,5\ ;\quad \omega_{-\pi}=1,58\ \text{rad/sec}$$

$$\left|G(j\omega_{-\pi})\right|=\frac{K}{\omega_{-\pi}\sqrt{1+(\omega_{-\pi}T_1)^2}\sqrt{1+(\omega_{-\pi}T_2)^2}}=0,036$$

Phương trình cân bằng điều hòa:

$$1+G(j\omega)N(X_m)=0\ ;\quad G(j\omega)=-\frac{1}{N(X_m)}\ ;$$

$$\frac{\pi X_a}{4Z_a\sqrt{1-\dfrac{X_a^2}{X_m^2}}}=\left|G(j\omega_{-\pi})\right|=0,036\ ;\quad 0,036\sqrt{X_m^2-X_a^2}.4Z_a=\pi X_m^2\ ;$$

$$X_m^4-\ 0,075X_m^2+0,00075=0\ ;\quad \begin{cases}X_m=0,25\\ X_m=0,11\\ \omega_{-\pi}=1,58\end{cases}$$

3.13 $G(S)=\dfrac{K}{S^2(1+TS)}=\dfrac{100}{S^2(1+5S)}$

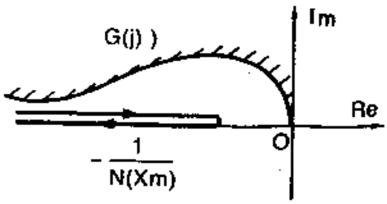
1- Xét ổn định hệ tuyến tính

$A(S)=1+G(S)=0$

$A(S)=TS^3+S^2+K=0$

Hệ bậc 3 không ổn định ở

trạng thái kín, hệ số của $S^1=0$



2- Đường cong Nyquist G(jω) không cắt $-1/N(X_m)$. Hệ phi tuyến không ổn định ở trạng thái cân bằng. Đường $-1/N$ nằm hoàn toàn bên phải đường cong Nyquist G(jω) của phần tuyến tính ứng với miền không ổn định.

3.14 $G(S)=\dfrac{K}{S(TS+1)}=\dfrac{\varphi}{u}$, $u_v=\sin x$; $u_M=const$; $\varphi=-X$; $u=u_v-u_M$;

$$S(TS+1)\varphi(S)=Ku=K(u_v-u_M)\ ;\quad S(TS+1)+K\sin x=Ku_M$$

Đặt: $x_1=-\varphi=x$; $\dfrac{dx_1}{dt}=x_2=f_1$

$$T\frac{dx_2}{dt}+x_2+K\sin x_1=Ku_M\ ;\quad \frac{dx_2}{dt}=-\frac{K}{T}\sin x_1-\frac{1}{T}x_2+\frac{K}{T}u_M=f_2$$

Phương trình ở trạng thái cân bằng: $\frac{dx}{dt}=0$; $f_1=x_2=0$;

$f_2=-\frac{K}{T}\sin x_1-\frac{1}{T}x_2+\frac{K}{T}u_M=0$; $\sin x_1=u_M \Rightarrow |u_M|\le 1$

Phương pháp thứ nhất của Liapunov: det (SI − A) = 0

với: $A=\begin{vmatrix}\frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2}\\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2}\end{vmatrix}=\begin{Vmatrix}0 & 1\\ -\frac{K}{T}\cos x_1 & -\frac{1}{T}\end{Vmatrix}$; $\det(SI-A)=S(S+\frac{1}{T})+\frac{K}{T}\cos x_1=0$

Xét các trường hợp cụ thể sau:

Trường hợp 1: $u_M=0$; $\sin x_2=0$; $x_1=2m\pi(0,\pm 2\pi,\pm 4\pi...)$; $\cos x_1=1$

Phương trình: $S(S+\frac{1}{T})+\frac{K}{T}=0$ tại S_1 và S_2. Với $K>0\rightarrow \mathrm{Re}\,S_{1,2}<0$

Theo tiêu chuẩn ổn định Hurwitz, áp dụng phương pháp thứ 1 của Liapunov: hệ ổn định trong phạm vi hẹp:

$x_1=(2m+1)\pi$, m là số nguyên bất kỳ; $\cos x_1=-1$

Phương trình: $S(S+\frac{1}{T})-\frac{K}{T}=0$ có một nghiệm phần thực dương.

Hệ không ổn định trong phạm vi hẹp.

Trường hợp 2: $u_M=1$, $\sin x_1=1$; $\cos x_1=0$

Phương trình: $S(S+\frac{1}{T})=0$, $S_1=0$, $S_2=-\frac{1}{T}$; không xác định được tính ổn định của hệ. Trường hợp giới hạn không sử dụng được phương pháp thứ nhất của Liapunov.

3.15 $G(S)=\frac{K}{S^2}$; $c=-x$; $F(x)=\pm Z_a\begin{cases}+\ khi\ x>0\\ -\ khi\ x<0\end{cases}$

Đặt: $x_1=x$; $\begin{cases}\dot{x}_1=x_2\\ \dot{x}_2=\mp KZ_a\end{cases}$

Chọn hàm: $V=|x_1|+q_{22}x_2^2$

$x_1>0$; $V=x_1=a_{22}x_2^2$;

$\dot{V}=\dot{x}_1+2q_{22}x_2\dot{x}_2=x_2-2q_{22}x_2KZ_a=x_2(1-2q_{22}KZ_a)$

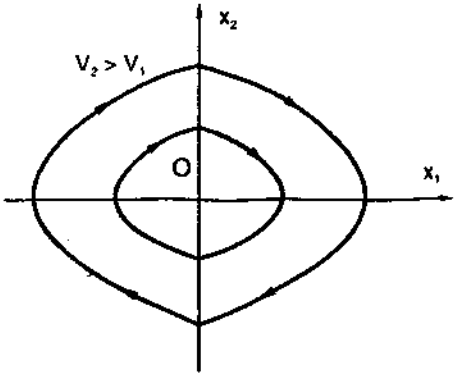
Chọn q_{22} sao cho: $1-2q_{22}KZ_a=0$

Khi đó: $\dot{V}=0$ với $x_1>0$; x_2 bất kỳ

$x_1<0$, $V=-x_1+q_{22}x_2^2$; $\dot{V}=-\dot{x}_1+2q_{22}x_2\dot{x}_2=-x_2(1-2q_{22}KZ_a)$

Chọn: $q_{22}=\dfrac{1}{2KZ_a}\Rightarrow\dot{V}=0$

Kết luận: với bất cứ giá trị nào của x_1, x_2 $\dot{V}=0$, $V>0\Rightarrow$ Hệ ổn định theo phương pháp thứ hai của Liapunov.



Phương pháp quỹ đạo pha:

$$\frac{dx_2}{dx_1}=\mp\frac{KZ_a}{x_2}$$

3.17 $G(S)=\dfrac{K_{tt}}{(T_1S+1)(T_2S+1)(T_3S+1)}$

a) Hệ tuyến tính: $N=1$.

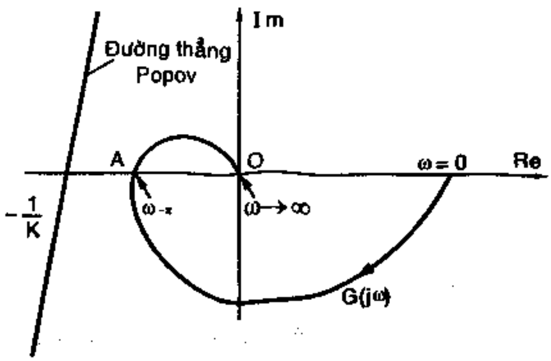
$A(S)=1+G(S)=(T_1S+1)(T_2S+1)(T_3S+1)+K_{tt}=0$

$A(S)=T_1T_2T_3S^3+(T_1T_2+T_2T_3+T_1T_3)S^2+(T_1+T_2+T_3)S+1+K=0$

Tiêu chuẩn Hurwitz:

$\Delta_2=(T_1T_2+T_2T_3+T_1T_3)(T_1+T_2+T_3)-(1+K)T_1T_2T_3>0$

$(T_1+T_2+T_3)(\dfrac{1}{T_1}+\dfrac{1}{T_2}+\dfrac{1}{T_3})-1>K_{tt}$



Thay giá trị vào ta được: $0,8\times17-1>K_{tt}$. Hệ ổn định: $K_{tt}<12,6$.

b) *F(X)* là hàm lẻ, đơn trị nằm trong góc [0, *K*]. $K=K_{FT}K_{tt}$;

$K_{FT}=tg\alpha=\dfrac{Z_a}{X_a}$. Theo tiêu chuẩn Popov hệ ổn định tuyệt đối:

$|G(j\omega_{-\pi})|<\dfrac{1}{K}$; $OA<\dfrac{1}{K}$

3.19 $G(S)=\dfrac{1}{S(S+1)}$; Tín hiệu vào *r(t)* = 0. Suy ra $c=-x$

Đặt: $x_1=x$; $\ddot{x}+\dot{x}+f(x)=0$; $\dot{x}_1=x_2$; $\dot{x}_2=-x_2-f(x_1)$

Giả thiết ban đầu $\dfrac{f(x)}{x}=1$.

Hệ phương trình biến trạng thái: $\begin{cases}\dot{x}_1=x_2 & (1)\\ \dot{x}_2=-x_2-x_1 & (2)\end{cases}$

Chọn hàm: $V=a_{11}{x_1}^2+2a_{12}x_1x_2+a_{22}{x_2}^2$

$$\frac{dV}{dt}=\dot{V}=-2a_{11}x_1\dot{x}_1+2a_{12}(\dot{x}_1x_2+x_1\dot{x}_2)+2a_{22}x_2\dot{x}_2$$

thế vế phãi vào pt trạng thái (1) và (2)

$\Rightarrow\ \dot{V}=-2a_{12}{x_1}^2+2(a_{11}-a_{12}-a_{22})x_1x_2+2(a_{12}-a_{22}){x_2}^2$

Các hệ số: $a_{11}=-3$; $a_{12}=-1$; $a_{22}=-2$

Thì: $\dot{V}=2{x_1}^2+2{x_2}^2=2({x_1}^2+{x_2}^2)\geq0$

Hàm: $V=-3{x_1}^2-2x_1x_2-2{x_2}^2$

Theo định lý Sylvester: $V<0$

Hệ tuyến tính hóa ổn định: $V.\dot{V}\leq0$

Hệ phi tuyến được mô tả bởi hệ phương trình biến trạng thái

$$\begin{cases}\dot{x}_1=x_2\\ \dot{x}_2=-x_2-f(x_1)\end{cases}$$

Chọn hàm V âm cho hệ phi tuyến:

$$V = a_{11}x_1^{\ 2} + a_{12}x_1x_2 + a_{22}x_2^{\ 2}$$

$$\dot{V} = \frac{dV}{dt} = 2x_1.f(x_1) + 4x_2f(x_1) - 4x_1x_2 + 2x_2^{\ 2}$$

$$= 2\frac{f(x_1)}{x_1}x_1^2 + 4\left[\frac{f(x_1)}{x_1} - 1\right]x_1x_2 + 2x_2^2$$

Theo định lý Sylvester điều kiện để $\dot{V}$ dương là:

$K > 0$; $K - (K-1)^2 = -K^2 + 3K - 1 > 0$, với: $K = \dfrac{f(x_1)}{x_1}$

Nghiệm của phương trình: $K^2 - 3K + 1 = 0$; $0{,}38 < \dfrac{f(x_1)}{x_1} < 2{,}62$

Hệ phi tuyến ổn định tiệm cận với điều kiện: $0{,}38 < K < 2{,}62$

3.23 a) $G(S) = \dfrac{K_1K_2}{S(1+T_1S)(1+T_2S)i} = \dfrac{0{,}2}{S(1+0{,}2S)(1+2S)}$

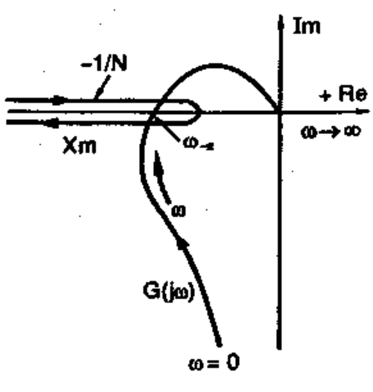
$Z_a = 6$; $X_a = 0{,}1$

b) Tính $\omega_{-\pi}$ từ phương trình:

$\pi = \dfrac{\pi}{2} + arctg0{,}2\omega_{-\pi} + arctg2\omega_{-\pi}$; $\dfrac{\pi}{2} = arctg0{,}2\omega_{-\pi} + arctg2\omega_{-\pi}$

Lấy tg 2 vế phương trình: $+\infty = \dfrac{0{,}2\omega + 2\omega}{1 - 0{,}2\omega 2\omega} \Rightarrow 1 - 0{,}2\omega - 2\omega = 0$

$\omega^2_{-\pi} = \dfrac{1}{T_1T_2}$; $\omega_{-\pi} = \sqrt{\dfrac{1}{T_1T_2}} = 1{,}58$



$1 + G(j\omega)N(X_m) = 0$; $G(j\omega) = -\dfrac{1}{N(X_m)}$

$|G(j\omega_{-\pi})| = 0{,}182K = 0{,}0364$; $K = 0{,}2$;

$0{,}0364\sqrt{X_m^{\ 2} - X_a^{\ 2}}.4Z_a = \pi X_m^{\ 2}$

$X_m^{\ 4} - 0{,}075X_m^{\ 2} + 0{,}00075 = 0$

$X_{m1} = 0{,}25$ thỏa điều kiện:

$X_m > X_a = 0,1$; $\quad X_{m2} = 0,11$

$x_1(t) = 0,25 \sin 1,58t$ (chế độ tự dao động)

$x_2(t) = 0,11 \sin 1,58t$ (dao động không ổn định).

c) $N_{\max}(X_m) = \dfrac{4Z_a}{\pi X_a\sqrt{2}}\sqrt{1-\dfrac{X_a^{\ 2}}{(X_a\sqrt{2})^2}}$; tại $X_m = \sqrt{2}X_a$

$$N_{\max}(X_m) = \frac{2Z_a}{\pi X_a} = 38,216$$

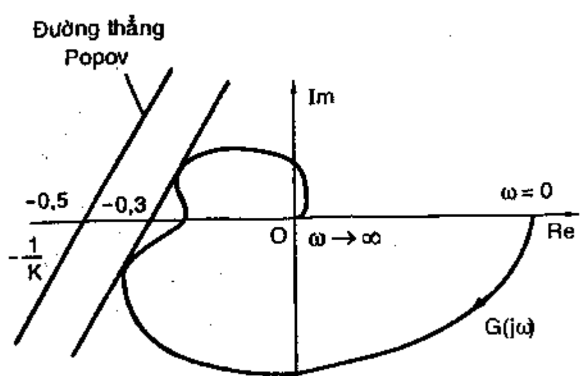
Điều kiện không dao động $\left|\dfrac{1}{N_{\max}}\right| > |G(j\omega_{-\pi})|$

$$\frac{1}{38,216} > 0,182K \Rightarrow K < 0,1438$$

3.24 $K_{Ft} = \dfrac{Z_a}{X_a} = \dfrac{1}{2}$; $\quad K_{tt} = 4$; $\quad K = K_{FT}K_{tt} = 2$; $\quad -\dfrac{1}{K} = -0,5$

Vẽ $G^*(j\omega) = \text{Re}G(j\omega) + j\alpha\omega\text{Im}G(j\omega)$, khi $\omega \le 0 < +\infty$.

Viết chương trình vẽ đặc tính tần số biến dạng của phần tuyến tính: $G^*(j\omega)$ có đặc tính lõm và xác định điểm cắt của đường tuyến tính $G^*(j\omega)$ với trục hoành là $-0,3$. Hệ phi tuyến ổn định tuyệt đối theo tiêu chuẩn Popov: $\quad K < K_{gh} = \dfrac{1}{0,3} = 3,33$



3.25 Điều kiện ổn định theo tiêu chuẩn Popov: $0 < K \le 16$.

3.27 $G(S) = \dfrac{5}{S(S+1)}$; $X_a = 1$; $\alpha = 45^o$; $N = \dfrac{1}{2} - \dfrac{\alpha}{\pi} + \dfrac{\sin 2\alpha}{2\pi} - j\dfrac{\cos^2\alpha}{\pi}$

với: $\sin\alpha = \dfrac{2}{A} - 1$; $A = \dfrac{X_m}{X_a}$

tín hiệu: $X(t) = X_m \sin\omega t$. Hay:

$$N = \frac{1}{\pi}(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{\pi} - j\sin^2\alpha)$$

với α là độ rộng xung của tín hiệu đạo hàm $\dfrac{df(t)}{dx}$ được biểu diễn trên hình vẽ trong đó tín hiệu vào $x(t) = X_m \sin\omega t$.

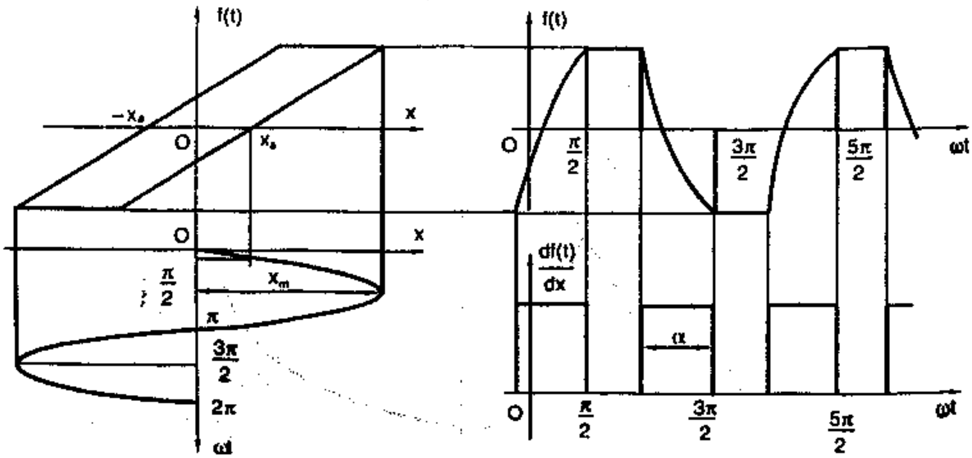
Phương trình cân bằng điều hòa:

$$1 + G(j\omega)N = 0 \text{ hay } G(j\omega) = -1/N$$

Hai đường cong $G(j\omega)$ và $-1/N$ cắt nhau tại 2 điểm A và B.

Tại A: $\begin{cases} \omega = 1,6 & rad/sec \\ Biên\ độ = 2 \end{cases}$

Tại điểm B ứng với chu trình tuần hoàn không ổn định, thực tế không thể xảy ra chế độ dao động tại điểm này.



Đáp số: $x(t) = 2\sin 1,6t$

3.33 $G(S) = \dfrac{K}{S(1+S)(2+S)}$

a) $K = 4$ **tồn tại chế độ dao động tại tần số** $\omega = 0,3846$**, biên độ** 0,8319 (tỉ lệ D/M). Tại ω = 1,033 rad/sec, D/M = 0,2533 ứng với chu trình giới hạn không ổn định.

c) $K = 2,75$

3.37 $G(S) = \dfrac{1,5}{S(1+S)^2}$; N là khâu khe hở $\alpha = 45^\circ$; $X_a = 1$

Chế độ dao động tại tần số: $\omega = 0,8139$; $X_m = 5,7405$

3.38 $G_c(S) = \dfrac{1+\alpha TS}{1+TS}$; $\alpha > 1$. **Đáp số:** $\alpha T = 1,9$

3.39 b = 0,4.

3.41 a) Ổn định tiệm cận; **b)** Không ổn định

c) Ổn định tiệm cận với điều kiện: $\left|\dfrac{K_2}{K_1}\right| > \left|\dfrac{x+x^2}{x^2}\right|$

3.42 Đưa vào ngõ vào kích thích hình sin $x(t) = X\sin\omega t$ (H.3.29b)

Tín hiệu ngõ ra: $y(t) = \begin{cases} X^2\sin^2\omega t; & 2k\pi < \omega t < (2k+1)\pi \\ -X^2\sin^2\omega t; & (2k-1)\pi < \omega t < 2k\pi \end{cases}$

$\Rightarrow$ Hàm truyền tuyến tính hóa điều hòa: $G_n(X,\omega) = a + jb$

với: $\begin{cases} a = \dfrac{1}{\pi X}\displaystyle\int_T y(t).\sin\omega t.d\omega t \\ b = \dfrac{1}{\pi X}\displaystyle\int_T y(t)\cos\omega t.d\omega t = 0 \ \textit{(hàm lẻ)} \end{cases}$

$\Rightarrow a = \dfrac{4}{\pi X}\displaystyle\int_{\omega t=0}^{\omega t=\pi/2} X^2\sin^2\omega t\sin\omega t.d\omega t$; biến phụ $u = \cos\omega t$

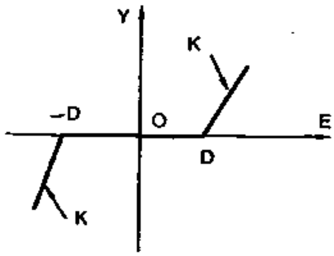
$$a = \frac{4X^2}{\pi X}\int_1^0 (u^2-1)du = \frac{4X}{\pi}\left[\frac{u^3}{3}-u\right]_1^0 = \frac{4X}{\pi}\left(-\frac{1}{3}+1\right) = \frac{8X}{3\pi}$$

$$\Rightarrow \boxed{G_n(X,\omega) = \frac{8X}{3\pi}}$$

3.43 a) Tìm điều kiện xảy ra chu trình tới hạn và khảo sát chu trình tới hạn bằng phương pháp tuyến tính hóa điều hòa.

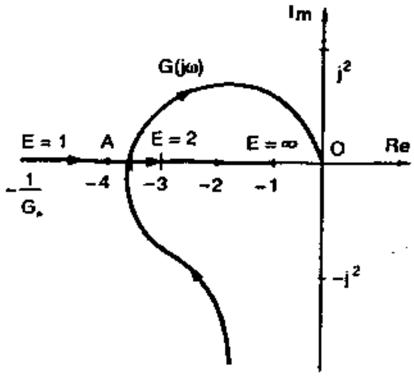
Hàm truyền tuyến tính hóa điều hòa của khâu phi tuyến.

$$\begin{cases} G_n(E,\omega) = \dfrac{2K}{\pi}\left(\dfrac{1}{2}\pi - \theta - \dfrac{1}{2}\sin 2\theta\right) \\ \theta = \arcsin(D/E);\ E \ge D \end{cases}$$



Hàm đã cho có $K = 1$, $D = 1$.

$$\begin{cases} G_n(E) = \dfrac{2}{\pi}\left(\dfrac{1}{2}\pi - \theta - \dfrac{1}{2}\sin 2\theta\right) \\ \theta = \arcsin\dfrac{1}{E}; \quad E \ge 1 \end{cases}$$



Để hệ có chu trình tới hạn, hàm truyền *G(jω)* phải cắt đường cong $-\dfrac{1}{G_n(E)}$.

• Vẽ $-\dfrac{1}{G_n}$

E	1	2	3	5	∞
$1/G_n$	$-\infty$	–2,55	–1,71	–1,33	–1

• Hàm truyền phần tuyến tính: $G(j\omega) = \dfrac{K}{j\omega(1 + j\omega/10)(1 + j\omega/25)}$

• Hệ thống có chu trình tới hạn khi *G(jω)* cắt trục hoành tại *A* với $|OA| > 1$ hay G(jω) bao lấy điểm (–1), cũng là điều kiện để hệ tuyến tính:

$W_{tt} = \dfrac{G(S)}{1 + G(S)}$ không ổn định.

Ghi chú: G(jω) được vẽ phác có dạng như hình vẽ.

Phương trình đặc trưng của W_{tt} : $K + S(1 + S/10)(S/25 + 1) = 0$

$\Leftrightarrow S^3 + 35S^2 + 250S + 250K = 0$

Tìm giá trị K giới hạn bằng Routh:

S^3	1	250
S^2	35	250K
S^1	a	0
S^0	b	0

$$\begin{cases} a = -\dfrac{1}{35}(250K - 250.35) = \dfrac{250}{35}(35-K) \\ b = -\dfrac{1}{a}(-a.250K) = 250K. \end{cases}$$

$$K_{gh} = 35 .$$

Vậy hệ W_{tt} không ổn định khi $K > K_{gh}$ hay hệ phi tuyến cho chu trình tới hạn khi $K > K_{gh} = 35$.

Khi đó chu trình tới hạn là bền (ổn định).

b) Xác định biên độ chu trình tới hạn E và tần số ω từ giao điểm A.

Tại giao điểm A, ta có $I_m[G(j\omega)] = 0$. Viết lại:

$$G(j\omega) = \frac{K}{j(\omega)(1+j\omega/10)(1+j\omega/25)}$$

$$= \frac{K}{\omega^2(1+\dfrac{\omega^2}{100})(1+\dfrac{\omega^2}{625})}.(-j\omega)(1-\frac{j\omega}{10})(1-\frac{j\omega}{25})$$

$$= M[-\omega^2(\frac{1}{10}+\frac{1}{25}) + j\omega(\frac{\omega^2}{250}-1)]$$

$$I_m[G(j\omega)] = 0 \Leftrightarrow \omega(\frac{\omega^2}{250}-1) = 0 \;\Rightarrow \omega_A = \sqrt{250} = 15,81\,\sec^{-1}$$

Vậy tần số của chu trình tới hạn là: $\omega_A = 15,81$

Suy ra hoành độ điểm A:

$$x_A = \mathrm{Re}[G(j\omega)] = \frac{K.(-\omega^2)}{\omega^2(1+\dfrac{\omega^2}{100})(1+\dfrac{\omega^2}{625})}.(\frac{1}{10}+\frac{1}{25})$$

với $\begin{cases} \omega = \omega_A = 15,81 \\ K = 2K_{gh} = 70 \end{cases} \Rightarrow x_A = \dfrac{-70}{(1+\dfrac{15,81^2}{100})(1+\dfrac{15,81^2}{25^2})}.\dfrac{35}{250} = -14,8$

$$\Rightarrow -\frac{1}{G_n(E_A)} = x_A = -14,8 \qquad (1)$$

Giải (1) bằng phương pháp tính số, ta có E_A:

E_A	2	1,2	1,1	1,188	1,179	1,175
$-1/G_n$	–2,55	–12,56	–30,8	–13,55	–14,41	–14,83

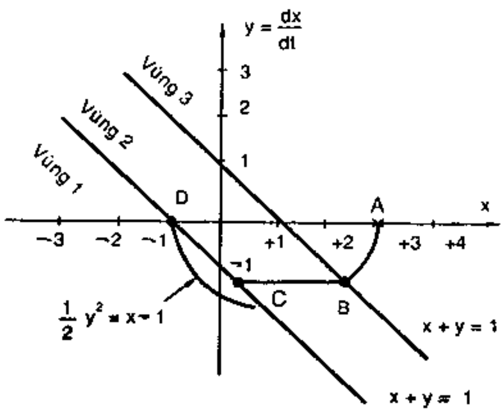
$\Rightarrow E_A = 1{,}175$ Ở chu trình tới hạn: $E_A = 1{,}175$; $\omega_A = 15{,}81$

E	2	2,44	3
–1/N	–2,55	–2	–1,71

3.44 Viết phương trình trạng thái mô tả hệ:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = y \\ \dfrac{dy}{dt} = f(\varepsilon) = \begin{bmatrix} 1 \;;\varepsilon = -x-\lambda y > 1 \;\; hay\; x+y<-1 \\ 0 \;;|\varepsilon = -x-\lambda y| \le 1 \;\; hay |x+y| \le 1 \\ -1 \;;\varepsilon = -x-\lambda y < -1 \;\; hay\; x+y>1 \end{bmatrix} \end{cases}$$

Hệ được mô tả bởi ba phương trình tuyến tính trong ba miền khác nhau của mặt phẳng pha, tích phân để có phương trình của quỹ đạo pha trong từng vùng.



Vùng 1: $(x+y)<-1$ $\quad \begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = y \\ \dfrac{dy}{dt} = 1 \end{cases} \Rightarrow \dfrac{dy}{dx} = \dfrac{1}{y} \Rightarrow \boxed{\dfrac{1}{2}y^2 = x + C}$ (1)

Vùng 2: $|x+y| \le 1$ $\quad \begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = y \\ \dfrac{dy}{dt} = 0 \end{cases} \Rightarrow \dfrac{dy}{dx} = 0 \Rightarrow \boxed{y = C}$ (2)

Vùng 3: $(x+y)>1$ $\quad\begin{cases}\dfrac{dx}{dt}=y & \dfrac{dy}{dx}=-\dfrac{1}{y}\\ \dfrac{dy}{dt}=-1: & \boxed{\dfrac{1}{2}y^2=-x+C}\end{cases}$ (3)

Từ điều kiện ban đầu: x (t = 0) = 3, y (t = 0) = 0, ta có quỹ đạo pha như hình vẽ: đường A → B → C → D.

- Trạng thái cân bằng được xác định từ:

$$\begin{cases}\dfrac{dx}{dt}=y=0\\ \dfrac{dy}{dt}=f(\varepsilon)=0\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}y=0\\ -1\le x\le 1\end{cases}$$

Trên mặt phẳng pha, trạng thái cân bằng là các trạng thái nằm trên đoạn trục thuộc (−1, 1) .

- Trên đoạn CD, hệ thống ở trạng thái trượt.

Vậy trạng thái cân bằng cuối của hệ: $\begin{cases}x=-1\\ \dfrac{dx}{dt}=0\end{cases}$

Chương **4**

HỆ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG RỜI RẠC

4.2 a) $G(Z)=\dfrac{1-e^{-aT}}{Z-e^{-aT}}$

b) $G(Z)=\dfrac{K}{a}\dfrac{[T+(1/a)e^{-aT}-1/a]Z+[1/a-(1/a)e^{-aT}-Te^{-aT}]}{(Z-1)(Z-e^{-aT})}$

c) $G(Z)=\dfrac{K}{ab(a-b)}\dfrac{[a-b+be^{-aT}-ae^{-bT}]Z+be^{-bT}-ae^{-aT}+(a-b)e^{-(a+b)T}}{\left(Z-e^{-aT}\right)\left(Z-e^{-bT}\right)}$

4.4 Hàm truyền hở hệ rời rạc cho $K=5$; $r(t)=1(t)$; $T=1$ sec; $a=1$

$$G_h(Z)=K\frac{Z-1}{Z}z\left\{\frac{1}{S(S+1)}\right\}=K\frac{Z-1}{Z}z\left\{\frac{1}{S}-\frac{1}{S+1}\right\}$$

$$=\frac{K(Z-1)}{Z}\left|\frac{Z}{Z-1}-\frac{Z}{Z-e^{-1}}\right|=\frac{K(1-e^{-1})}{Z-e^{-1}}$$

$$C(Z)=\frac{G_h(Z)}{1+G_h(Z)}R(Z)=\frac{K(1-e^{-1})}{(Z-e^{-1})+K(1-e^{-1})}\cdot\frac{Z}{Z-1}$$

$$C(Z)=\frac{3,1606Z}{(Z+2,7927)(Z-1)}=\frac{3,1606Z}{Z^2+1,7927Z-2,7927}$$

với: $e^{-1}=0,367879$; $K=5>K_{gh}=2,16398$; $|Z|>1\Rightarrow$ Hệ không ổn định.

$$C(Z)=\frac{3,1606Z^{-1}}{1+1,7927Z^{-1}-2,7927Z^{-2}}$$

$$C_n=-1,7927C_{n-1}+2,7927C_{n-2}+3,1606\delta_{n-1}$$

$C_i=0$, với: $i\le 0$; $\delta_i=\begin{cases}1 & ; \ i=0\\ 0 & ; \ i\ne 0\end{cases}$

$C_o=0$; $C_1=3,1606$; $C_2=-5,6661$; $C_3=18,9844$

Hệ thống không ổn định với T = 1, quá trình quá độ tăng dần không về xác lập; $|Z|>1$. Nếu chu kỳ lấy mẫu giảm đi 10 lần: T = 0,1 sec.

$$C(z)=\frac{K(1-e^{-0.1})}{(Z-e^{-0.1})+K(1-e^{-0.1})}.\frac{Z}{Z-1};\quad \text{với: } e^{-0.1}=0,9048374$$

$$C(Z)=\frac{0,4758Z}{(Z-0,42904)(Z-1)}=\frac{0,4758Z}{Z^2-1,42904Z+0,42904}$$

Chia tử số và mẫu số cho Z^2 ta có:

$$C(Z)=\frac{0,4758Z^{-1}}{1-1,42904Z^{-1}+0,42904Z^{-2}}$$

$$C_n=1,42904C_{n-1}-0,42904C_{n-2}+0,4758\delta_{n-1}$$

$$C_o=0;\ C_1=0,4758;\ C_2=1,42904C_1=0,679937;$$

$$C_3=1,42904C_2-0,42904C_1=0,767520;$$

$$C_4=1,42904C_3-0,42904C_2=0,805097$$

Chu kỳ lấy mẫu giảm, tần số lấy mẫu tăng dẫn đến hệ thống rời rạc ổn định hơn. Cụ thể trong bài, với:

T = 1 sec. Hệ không ổn định $K = 5 > K_{gh}=2,3$

T = 0,1 sec. Hệ ổn định, quá trình quá độ về giá trị xác lập là 1, nhưng không dao động vì $\Delta=1,42904^2-4\times0,42904>0$;

$$K=5<K_{gh}=\frac{1+e^{-0,1}}{1-e^{-0,1}}=20,01667$$

4.5 $G(S)=\dfrac{0,5}{S(S+0,5)}$; T = 1sec

Nếu $G(S)=\dfrac{Ka}{S(S+a)}$ thì $G(Z)=\dfrac{Z-1}{Z}\mathcal{Z}\left\{\dfrac{Ka}{S^2(S+a)}\right\}$ sẽ là:

$$G(Z)=\frac{K}{a}.\frac{[Z(aT+e^{-aT}-1)+(1-e^{-aT}-aTe^{-aT})]}{(Z-1)(Z-e^{-aT})}$$

Trong trường hợp này K = 1, a = 0,5 nên:

$$G(Z)=\frac{2.[0,10653Z+0,090205]}{(Z-1)(Z-0,60653)}=\frac{0,21306Z+0,18041}{Z^2-1,60653Z+0,60653}$$

$$C(Z)=\frac{G(Z)}{1+G(Z)}R(Z)=\frac{(0,21306Z+0,18041)Z}{(Z^2-1,39347Z+0,78694)(Z-1)}$$

$$C(Z)=\frac{0,21306Z^2+0,18041Z}{Z^3-2,39347Z^2+2,18041Z-0,78694}$$

$$C(Z)=\frac{0,21306Z^{-1}+0,18041Z^{-2}}{1-2,39347Z^{-1}+2,18041Z^{-2}-0,78694Z^{-3}}$$

$1 + G(Z) = 0$; $Z_{1,2}=0,69673\pm j0,54909$; $|Z|<1 \Rightarrow$ Hệ ổn định;

$\Delta < 0 \Rightarrow$ quá trình quá độ dao động tắt dần

$$C_n=2,39347C_{n-1}-2,18041C_{n-2}+0,78694C_{n-3}+0,213068\delta_{n-1}+1,8041\delta_{n-2}$$

$C_o=0$; $C_1=0,21306$; $C_2=2,39347C_1+0,18041=0,69165$;

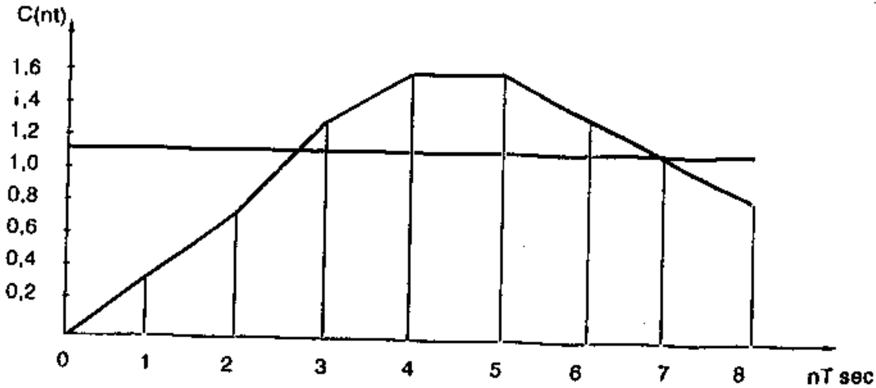
$C_3=2,39347C_2-2,18041C_1=1,19089$;

$C_4=2,39347C_3-2,18041C_2+0,7869C_1=1,5099$;

$C_5=1,56153$; $C_6=1,38238$; $C_7=1,09207$; $C_8=0,82845$...

Đáp ứng quá độ của hệ rời rạc

Đáp số: $K_{gh}=1,08$



4.10 $G(S)=\dfrac{K}{S(S+1)}$; chu kỳ lấy mẫu T = 1 sec; T = 2 sec.

1- Hàm truyền đạt hệ rời rạc có chu kỳ T = 1 sec, khi không có khâu định hình ZOH: $GH(Z)=\dfrac{0,632KZ}{(Z-1)(Z-0,368)}$; $e^{-1}=0,368$

Tính hệ số khuếch đại giới hạn: K_{gh}; $(|Z|=1)$

$$A(Z)=(Z-1)(Z-0,368)+0,632KZ=0$$

$$=Z^2+Z(0,632K-1,368)+0,368=0$$

$|Z| = 1$; $Z < 0$; $Z = -1$

$A(Z) = 1 - 0,632K_{gh} + 1,368 + 0,368 = 0$; $K_{gh} = 4,329$

$Z > 0$; $Z = 1$; $A(Z) = 1 + 0,632K_{gh} - 1,368 + 0,368 = 0$; $K_{gh} = 0$

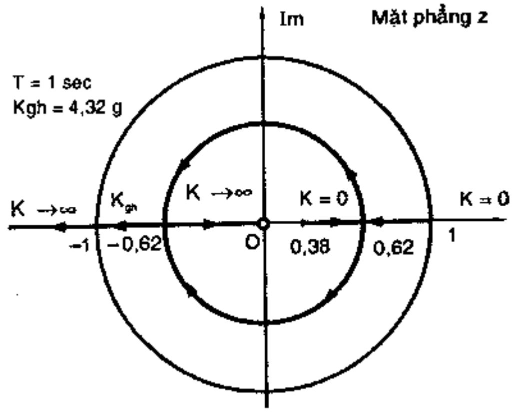
Chọn HSKĐ có giá trị lớn hơn $K_{gh} = 4,329$. QĐNS khi không có Z.O.H là đường tròn tâm O, bán kính bằng giá trị điểm tách nhập (hình 1):

$$\frac{dK}{dZ} = 0;\ Z_{1,2} = \pm 0,62$$

Mặt phẳng Z.

Nghiêm cực: 1;   0,368

Nghiệm zero: 0



Hình 1

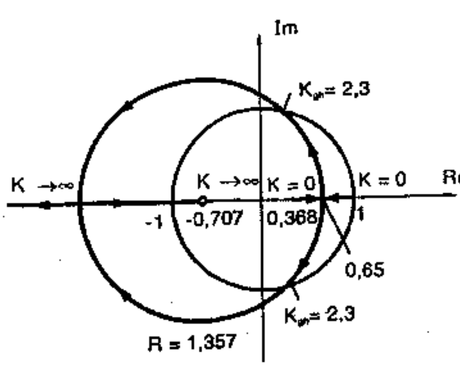
2- Khi chu kỳ lấy mẫu tăng lên $T = 2$ sec. Tính ổn định của hệ giảm:

$$GH(Z) = \frac{0,865KZ}{(Z-1)(Z-0,135)}$$

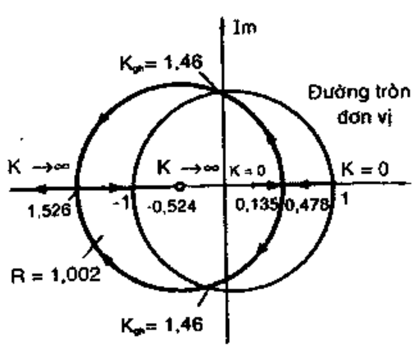
$e^{-2} = 0,135$; $K_{gh} = 2,624$

3- Vẽ QĐNS khi có khâu giữ mẫu bậc không Z.O.H.

$$G_{ZOH}GH(Z) = \frac{K[(T-1+e^{-T})Z - Te^{-T} + 1 - e^{-T}]}{(Z-1)(Z-e^{-T})}$$



Hình 2



Hình 3

Hình 2: QĐNS; $T = 1$ sec; $K_{gh} = 2,3$

Hình 3: QĐNS; $T = 2$ sec; $K_{gh} = 1,46$

Khâu ZOH thêm vào hệ rời rạc làm giảm độ ổn định. QĐNS trong trường hợp này cũng là đường tròn, song tâm tại nghiệm zero, bán kính có giá trị bằng |điểm tách nhập + $|Z_o|$|.

4.11 $C(Z) = \dfrac{Z(Z+0,4)}{(Z-1)(Z-0,3)(Z-0,8)}$. Tính C_n với $n = 0; 1; 2; 3; 4$ theo 3 cách.

Cách 1. Chia tử số cho mẫu số:

$C(Z) = Z^{-1} + 2,5Z^{-2} + 3,91Z^{-3} + 5,101Z^{-4}$

$C_n = 0;\ 1;\ 2,5;\ 3,91;\ 5,101...;$ ứng với $n = 0$, $n = 1$; $n = 2$; $n = 4$.

Cách 2. Phân tích thành phân số đơn giản:

$C(Z) = Z[\dfrac{10}{Z-1} + \dfrac{2}{Z-0,3} - \dfrac{12}{Z-0,8}]$. Tra bảng biến đổi Z.

$C_n = 10 \times 1(t) + 2 \times 0,3^n - 12 \times 0,8^n;\ t \geq 0.$

Cách 3. Sử dụng hàm Dirac:

$$C(Z) = \frac{Z^2 + 0,4Z}{Z^3 - 2,1Z^2 + 1,34Z + 0,24} = \frac{Z^{-1} + 0,4Z^{-2}}{1 - 2,1Z^{-1} + 1,34Z^{-2} + 0,24Z^{-3}}$$

$$(1 - 2,1Z^{-1} + 1,34Z^{-2} + 0,24Z^{-3})C(Z) = Z^{-1} + 0,4Z^{-2}$$

Suy ra: $C_n = 2,1C_{n-1} - 1,34C_{n-2} - 0,24C_{n-3} + \delta_{n-1} + 0,4\delta_{n-2}$

Hệ số: $C_i = 0$ với $i \leq 0$

Hàm Dirac $\delta_{n-i} = 0$ khi $n \neq i$ $(n \neq i)$; $\delta_{n-i} = 1$ khi $n = i$ $(n = i)$

$C_o = 0$; $C_1 = 1$; $C_2 = 2,1C_1 + 0,4 \times 1 = 2,5$; $C_3 = 2,1C_2 - 1,34C_1 = 3,91$;

$C_4 = 2,1C_3 - 1,34C_2 - 0,24C_1 = 5,101$; $C_5 = 2,1C_4 - 1,34C_3 - 0,24C_2$.

4.14 $\dfrac{C(Z)}{R(Z)} = \dfrac{0,1}{Z^2 - 1,3Z + 0,4}$

Tính $C(nT)$ và thời gian quá độ đạt sai số xác lập 5% với $r(t) = 1(t)$, chu kỳ lấy mẫu $T = 1$ sec.

$$C(Z) = \frac{0,1}{Z^2 - 1,3Z + 1,4}R(Z) = \frac{Z}{(Z-1)}\frac{0,1}{(Z-0,5)(Z-0,8)}$$

$$C(Z) = \frac{Z}{Z-1} - \frac{1,67Z}{Z-0,8} + \frac{0,67Z}{Z-0,5}$$

$$C(nT) = 1(t) - 1,67e^{-\alpha_1(nT)} + 0,67e^{-\alpha_2(nT)}$$

với: $0,8 = e^{-\alpha_1 T} \Rightarrow \alpha_1 = \frac{1}{T}\ln\frac{1}{0,8} = 0,223$; $0,5 = e^{-\alpha_2 T} \Rightarrow \alpha_2 = \frac{1}{T}\ln\frac{1}{0,5} = 0,693$;

$$C(nT) = 1 - 1,67.0,8^n + 0,67.0,5^n.$$

Lập bảng tính *C(nT)* **với** n = 0, 1, 2...

n	-1,68.0,8ⁿ	0,67.0,5ⁿ	C(nT)
0	-1,67	0,67	0
1	-1,33	0,33	0
2	-1,06	0,16	0,1
.			
.			
.			
14	-0.06	0	0,94
15	-0,05	0	0,95
16	-0,04	0	0,94

C(nT) = 0,95 ⇒ đạt sai số 5%. Thời gian quá độ $t_{qd} = 15.T = 15\text{sec}$.

4.15 $G(s) = \frac{K}{S(T_1S+1)}$; $\gamma = 0,1$; $T_o = 0,05\text{sec}$, $T = \gamma T_o$; $T_1 = 0,2\text{sec}$

1. Xét ổn định hệ rời rạc khi K **= 100.**

Khâu Z.O.H có chu kỳ lấy mẫu: $T = \gamma T_o = 0,005\text{sec} << 1$

Hàm truyền ZOH: $G_{ZOH}(Z) = \frac{1-e^{-\gamma T_o S}}{S} \approx \frac{1-(1-\gamma T_o S)}{S} \approx \gamma T_o \approx T$

Hàm truyền hệ hở:

$$G_h(Z) = \gamma T_o \mathscr{Z}\left\{\frac{K}{S(T_1S+1)}\right\} = \gamma T_o \mathscr{Z}\left\{\frac{K}{S} - \frac{K}{S+1/T_1}\right\}$$

$$G_h(Z) = \gamma T K\left[\frac{Z}{(Z-1)} - \frac{Z}{(Z-e^{-T/T_1})}\right] = \frac{\gamma T_o K Z(1-e^{-T/T_1})}{(Z-1)(Z-e^{-T/T_1})}$$

$$G_k(Z) = \frac{G_h(Z)}{1+G_h(Z)} = \frac{\gamma T_o K Z(1-e^{-T/T_1})}{(Z-1)(Z-e^{-T/T_1}) + \gamma T_o K Z(1-e^{-T/T_1})}$$

Mẫu số: $A(Z)=1+G_h(Z)=(Z-1)(Z-e^{T/T_1})+\gamma TKZ(1-e^{-T/T_1})=0$

$$=Z^2-Z(1+e^{-T/T_1})+\gamma T_oKZ(1-e^{-T/T_1})+e^{-T/T_1}=0$$

Thay số vào ta có:

$$A(Z)=Z^2-1,9753Z+0,01235Z+0,9753=0$$

$$d=e^{-T/T_1}=e^{-0,005/0,2}=0,9753$$

$$A(Z)=Z^2-1,96295Z+0,9753=0$$

$|Z|<1...\Rightarrow$ Hệ ổn định với $K=100$.

2- Tính HSKĐ giới hạn:

Thay $Z=\dfrac{1+u}{1-u}$ vào biểu thức *A(Z)* ta được:

$$\left(\frac{1+u}{1-u}\right)^2-\left(\frac{1+u}{1-u}\right)[1+d-\gamma T_oK(1-d)]+d=0$$

Khai triển và sắp xếp theo thứ tự số mũ lớn đến nhỏ của tham số u ta có: $\gamma T_oK(1-d)u^2+2(1-d)u+2(1+d)-\gamma T_oK(1-d)=0$. Điều kiện cần và đủ để hệ bậc 2 ổn định là các hệ số đều dương.

K_{gh} tính từ điều kiện hệ số = 0 $\Rightarrow \begin{cases} K=0; \\ K=\dfrac{2(1+d)}{\gamma T_o(1-d)} \end{cases}$

Chọn: $K_{gh}=\dfrac{2(1+d)}{\gamma T_o(1-d)}=31.988,664$

Điều kiện ổn định: $0<K<K_{gh}=31.988,664$

4.16 $c(n+2)+5c(n+1)+3c(n)=r(n+1)+2r(n)$

1- Đặt: $\begin{cases} x_1(n)=c(n) \\ x_2(n)=x_1(n+1)+b_1r(n) \end{cases}$

$$x_2(n)=c(n+1)+b_1r(n)$$

$$x_2(n+1)=c(n+2)+b_1r(n+1)$$

Từ phương trình đầu tiên ta có:

$$c(n+2)+b_1r(n+1)+5[c(n+1)+b_1r(n)]+3c(n)=$$

$$r(n+1)+2r(n)+b_1r(n+1)+5b_1r(n)$$

Đạo hàm bậc nhất của tín hiệu vào triệt tiêu:

$$r(n+1)[1+b_1]=0 \Rightarrow b_1=-1; \quad r(n)[2+5b_1]=-3r(n)$$

Ta có hệ phương trình BTT:

$$x_1(n+1)=x_2(n)+r(n); \quad x_2(n+1)=-3x_1(n)-5x_2(n)-3r(n)$$

$$A=\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -3 & -5 \end{vmatrix}; \quad B=\begin{vmatrix} 1 \\ -3 \end{vmatrix};$$

$$x(n+1)=Ax(n)+Br(n); \quad C(n)=D^T x(n)$$

2. Hàm truyền đạt của hệ rời rạc được xác định theo phương pháp biến đổi Z, với điều kiện đầu bằng 0:

$$(Z^2+5Z+3)C(Z)=(Z+2)R(Z); \qquad G(Z)=\frac{C(Z)}{R(Z)}=\frac{Z+2}{Z^2+5Z+3}$$

Phương trình đặc trưng (mẫu số hàm truyền) có thể nhận được bằng cách:

$$\det[ZI-A]=\det\begin{vmatrix} Z & -1 \\ 3 & Z+5 \end{vmatrix}=Z(Z+5)+3 = Z^2+5Z+3=0$$

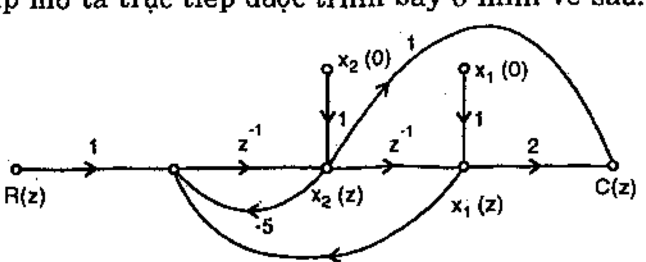
$$\begin{bmatrix} X_1(Z) \\ X_2(Z) \end{bmatrix}=\frac{1}{\Delta}\begin{bmatrix} 1+5Z^{-1} & Z^{-1} \\ -3Z^{-1} & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix}+\frac{1}{\Delta}\begin{bmatrix} Z^{-1}(1+5Z^{-1})-3Z^{-2} \\ -3Z^{-1}-3Z^{-2} \end{bmatrix}\times \ R(Z)$$

Tính $X(Z)$ theo công thức sau với x(0) là điều kiện ban đầu:

$$X(Z)=(ZI-A)^{-1}Zx(0)+(ZI-A)^{-1}BR(Z)$$

Ký hiệu: $\Delta=1+5Z^{-1}+3Z^{-2}$; I là ma trận đơn vị.

Đồ thị biến trạng thái hàm truyền $\dfrac{C(Z)}{R(Z)}=\dfrac{Z+2}{Z^2+5Z+3}$ theo phương pháp mô tả trực tiếp được trình bày ở hình vẽ sau:



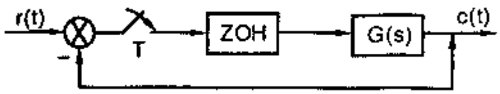
Z^{-1} là đơn vị đo thời gian đáp ứng trễ của $x(n+1)$ so với $x(n)$.

$$Z = e^{TS}; \quad Z^{-1} = \frac{1}{e^{TS}}$$

với T là chu kỳ lấy mẫu. Xét ổn định hệ rời rạc dựa vào phương trình đặc trưng $Z^2+5Z+3=0$. Hệ không ổn định vì $|Z| > 1$, có nghiệm của phương trình nằm ngoài vòng tròn tâm (0,0) bán kính 1 đơn vị trên mặt phẳng Z.

4.17 Đáp số: $G_c(Z) = \dfrac{40Z-39-e^{-100T}}{Z-e^{-100T}}$

4.19 $G(S) = \dfrac{Ka}{S(S+a)}$; $K = 5$; $a = 2$; $T = 0{,}1\text{sec}$; $r(t) = 1(t)$.



$$ZOH = \frac{1-e^{-TS}}{S} = \frac{Z-1}{ZS}$$

$$G(Z) = \frac{Z-1}{Z}\mathscr{Z}\left\{\frac{K.a}{S^2(S+a)}\right\} = \frac{Z-1}{Z}\mathscr{Z}\left\{\frac{K}{a}\left[\frac{a}{S^2}-\frac{1}{S}+\frac{1}{S+a}\right]\right\}$$

$$= \frac{Z-1}{Z}\frac{KZ}{a}.\frac{[Z(aT+e^{-aT}-1)+(1-e^{-aT}-aTe^{-aT})]}{(Z-1)^2(Z-e^{-aT})}$$

Thay: $e^{-aT} = e^{-0.2} = 0{,}8187$ vào $G(Z)$ ta có:

$$G(Z) = \frac{0{,}0468Z+0{,}0438}{(Z-1)(Z-0{,}8187)}$$

nếu: $e^{-aT} = e^{-0.2} = 0{,}8 \Rightarrow G(Z) = \dfrac{2{,}5[Z(0{,}2+0{,}8-1)+(1-0{,}8-0{,}2.0{,}8)]}{(Z-1)(Z-0{,}8)}$

$$G(Z) = \frac{0{,}1}{(Z-1)(Z-0{,}8)}$$

$$C(Z) = R(Z).\frac{G(Z)}{1+G(Z)} = \frac{Z}{Z-1}.\frac{0{,}0468Z+0{,}0438}{(Z-1)(Z-0{,}8187)+0{,}0468Z+0{,}0438}$$

$$C(Z) = \frac{0{,}0468Z^2+0{,}0438Z}{Z^3-2{,}7719Z^2+2{,}6344Z-0{,}8625};$$ chia TS và MS cho Z^3

$$C(Z) = \frac{0{,}0468Z^{-1}+0{,}0438Z^{-2}}{1-2{,}7719Z^{-1}+2{,}6344Z^{-2}-0{,}8625Z^{-3}}$$

$$C_n = C(nT) = 2,7719C_{n-1} - 2,6344C_{n-2} + 0,8625C_{n-3} + \\ + 0,0468\delta_{n-1} + 0,0438\delta_{n-2}$$

$$C_i = 0 \text{ với } i \le 0, \qquad \delta_{n-i} = \begin{cases} 0, & n \ne i \\ 1, & n = i \end{cases}; \ C_o = 0; \quad C_1 = 0,0468;$$

$$C_2 = 2,7719 \times 0,0468 + 0,0438 = 0,1735.$$

$$C_3 = 2,7719C_2 - 2,6344C_1 = 0,3577$$

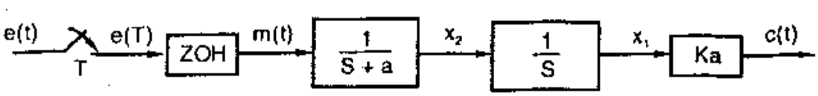
$$C_4 = 2,7719C_3 - 2,6344C_2 + 0,8625C_1 = 0,5748$$

$$C_5 = 2,7719C_4 - 2,6344C_3 + 0,8625C_2 = 0,8005$$

$$C_6 = 2,7719C_5 - 2,6344C_4 + 0,8625C_3 = 1,0131$$

Tính đáp ứng ra theo phương pháp biến trạng thái.

Sai lệch $e(t) = r(t) - C(t)$.



Theo sơ đồ khối trên hình vẽ ta có:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = m(t) - ax_2 \end{cases} \qquad A = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -a \end{vmatrix}; \quad B = \begin{vmatrix} 0 \\ 1 \end{vmatrix}; \quad D = \begin{vmatrix} Ka \\ 0 \end{vmatrix}; \quad c(t) = Kax_1(t)$$

Ma trận quá độ hệ liên tục: $\Phi(t) = e^{At} = C_oI + C_1A$

$$\det(\lambda I - A) = \begin{vmatrix} \lambda & -1 \\ 0 & \lambda + a \end{vmatrix} = \lambda(a+\lambda) = 0; \quad \lambda_1 = 0; \ \lambda_2 = -a$$

$$\left. \begin{aligned} e^{\lambda_1 t} &= e^{ot} = 1 = C_oI + C_1A = C_o \\ e^{\lambda_2 t} &= e^{-at} = C_oI - aC_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_o = 1; \ C_1 = \frac{1 - e^{-at}}{a}$$

$$\Phi(t) = 1\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + \frac{1 - e^{-at}}{a}\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & (1/a)(1 - e^{-at}) \\ 0 & e^{-at} \end{bmatrix}$$

Ma trận quá độ hệ rời rạc thay $t = T$ (chu kỳ lấy mẫu)

$$\Phi(T) = \begin{bmatrix} 1 & (1/a)(1 - e^{-aT}) \\ 0 & e^{-aT} \end{bmatrix} = A_d$$

$$B_d = \int_o^T \Phi(t)Bdt = \int_o^T \begin{bmatrix} (1/a)(1-e^{-aT}) \\ e^{-aT} \end{bmatrix} dt = \begin{bmatrix} \dfrac{T}{a}+\dfrac{e^{-aT}-1}{a^2} \\ -\dfrac{e^{-aT}-1}{a} \end{bmatrix}$$

Hệ phương trình biến trạng thái cho hệ rời rạc:

$x[(i+1)T] = A_d x(iT) + B_d e(iT)$

$$\begin{vmatrix} x_1[(i+1)T] \\ x_2[(i+1)T] \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & (1/a)(-e^{-aT}) \\ 0 & e^{-aT} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1(iT) \\ x_2(iT) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \dfrac{T}{a}+\dfrac{e^{-aT}-1}{a^2} \\ -\dfrac{e^{-aT}-1}{a} \end{vmatrix} e(iT)$$

Sai lệch $e(iT) = r(iT) - Kax_1(iT)$;

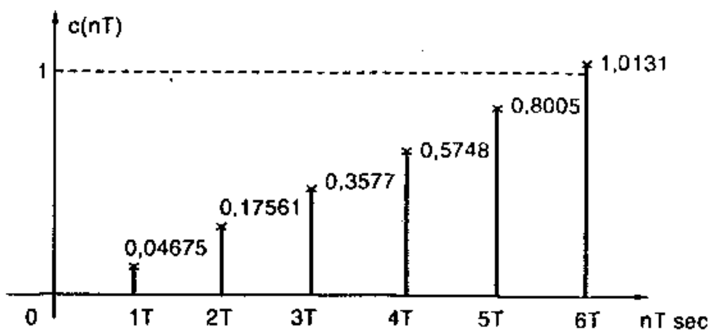
$$\begin{bmatrix} x_1[(i+1)T] \\ x_2[(i+1)T] \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 1-Ka(\dfrac{T}{a}+\dfrac{1-e^{-aT}}{a^2} & \dfrac{1}{a}(1-e^{-aT}) \\ -Ka(\dfrac{1-e^{-aT}}{a}) & e^{-aT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(iT) \\ x_2(iT) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dfrac{T}{a}+\dfrac{e^{-aT}-1}{a^2} \\ \dfrac{1-e^{-aT}}{a} \end{bmatrix} r(iT)$$

$$\begin{vmatrix} x_1[(i+1)T] \\ x_2[(i+1)T] \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,95325 & 0.09065 \\ -0,9065 & 0,8187 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1(iT) \\ x_2(iT) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0.004675 \\ 0.09065 \end{vmatrix} r(iT)$$

Tín hiệu ra $C(t) = Kax_1(t) = 10x_1(t)$

$C_n = \{0;\ 0,04675;\ 0,17567;\ 0,3577;\ 0,5748;\ 0,8005;\ 1,0131...\}$



4.20 $G(Z) = (1-Z^{-1})\mathscr{Z}(1/S^3)$; ký hiệu $\mathscr{Z}$ – phép biến đổi $\mathscr{Z}$:

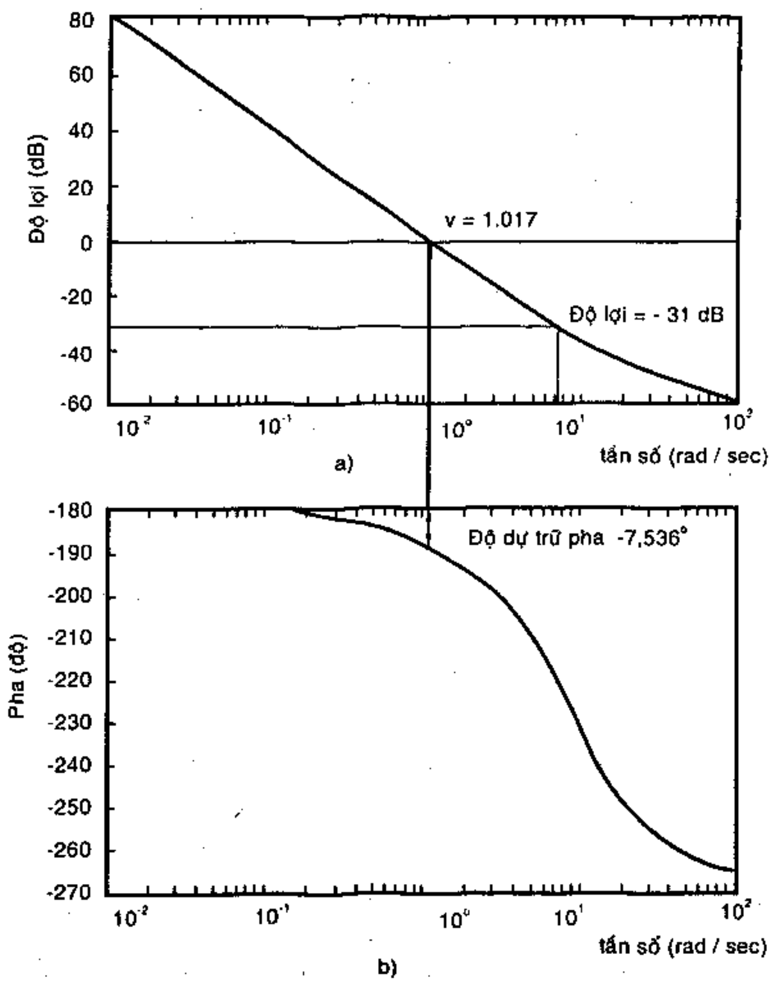
$$\mathscr{Z}(\frac{1}{S^3}) = \frac{T^2}{2}\frac{Z(Z+1)}{(Z-1)^3} \Rightarrow G(Z) = [\frac{(Z-1)}{Z}][\frac{T^2}{2}.\frac{Z(Z+1)}{(Z-1)^3}]$$

$$G(Z) = \frac{T^2}{2} \cdot \frac{(Z+1)}{(Z-1)^2} + ; \quad Z = \frac{1+(T/2)W}{1-(T/2)W}$$

$$G(W) = (\frac{T^2}{2})[\frac{[1+(T/2)W]/[1-(T/2)W]+1}{([1+(T/2)W]/[1-(T/2)W]-1^2}]$$

$$G(W) = \frac{[1-W/(2/T)]}{W^2}.$$ Thay T = 0,26 sec vào ta có:

$$G(W) = \frac{1-W/7,69}{W^2}; \quad G(jv) = \frac{1-jv/7,69}{(jv)^2} \qquad (W=jv)$$

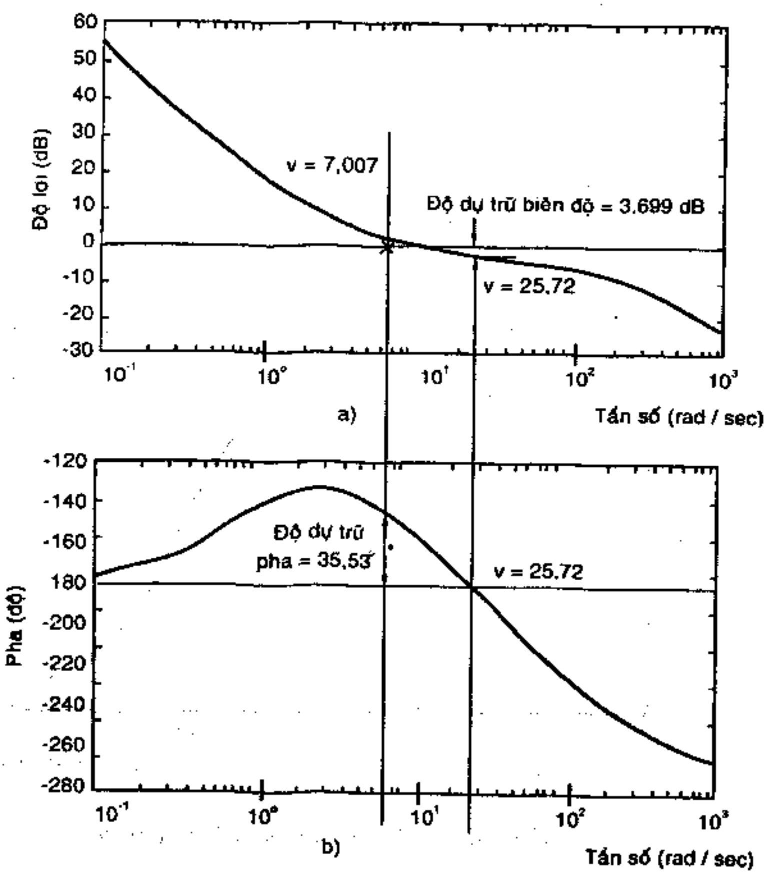


Giản đồ Bode của hệ chưa hiệu chỉnh

$G(S)=\frac{1}{S^2}$, hệ tuyến tính không ổn định. Khâu giữ mẫu bậc không ZOH của hệ rời rạc là một hàm của chu kỳ lấy mẫu T. Giản đồ Bode của hệ chưa hiệu chỉnh có tần số cắt bằng 1,017 rad/sec và hệ không ổn định, độ dự trữ pha $-7{,}536^o$. Để ổn định, hiệu chỉnh nối tiếp khâu sớm pha, thiết kế tần số cắt ở giá trị 7 rad/sec, dự trữ pha khoảng 35^o, độ dự trữ biên độ khoảng 3 dB. Trình tự thiết kế như sau: đầu tiên thêm nghiệm zero tại tần số 1 rad/sec trước tần số cắt là 7 rad/sec vì độ nghiêng ban đầu của giản đồ Bode là – 40 dB/decade. Nghiệm cực của khâu hiệu chỉnh sẽ ứng với tần số lớn hơn 7 rad/sec. Hàm truyền khâu hiệu chỉnh có dạng $G_D(jv)$:

$$G_D(jv)=5{,}14\frac{1+jv}{1+0{,}01jv};\qquad G_D(jv)G(jv)=5{,}14\frac{1+jv}{1+0{,}01jv}\cdot\frac{1-jv/7{,}69}{(jv)^2}$$

Sử dụng MATLAB để vẽ giản đồ Bode cho hệ trước và sau khi hiệu chỉnh.



Giản đồ Bode của hệ đã hiệu chỉnh

4.21 $G_D = \dfrac{Z-1}{Z-0,2}$; $KG_DG(Z) = \dfrac{K(Z-1)(Z+1)}{(Z-0,2)(Z-1)^2}$; $KG_D(Z)G(Z) = \dfrac{K(Z+1)}{(Z-0,2)(Z-1)}$

Điểm tách nhập (σ ') thỏa mãn điều kiện: $1+\dfrac{K(Z+1)}{(Z-0,2)(Z-1)}=0$;

Đặt $Z = \sigma'$, ta có:

$$K(\sigma') = \frac{-(\sigma'-0,2)(\sigma'-1)}{(\sigma'+1)}\sqrt{b^2-4ac}\,;\quad \frac{dK(\sigma')}{d\sigma'}=0 \text{ tại } 0{,}56 \text{ và } -2{,}56.$$

Quỹ đạo nghiệm số của hệ hiệu chỉnh sớm pha được trình bày trên hình vẽ. Để xác định hệ số khuếch đại giới hạn sử dụng tiêu chuẩn Routh - Hurwitz với phép biến đổi: $\rightarrow Z = \dfrac{1+W}{1-W}$. Lập bảng Routh theo biến W:

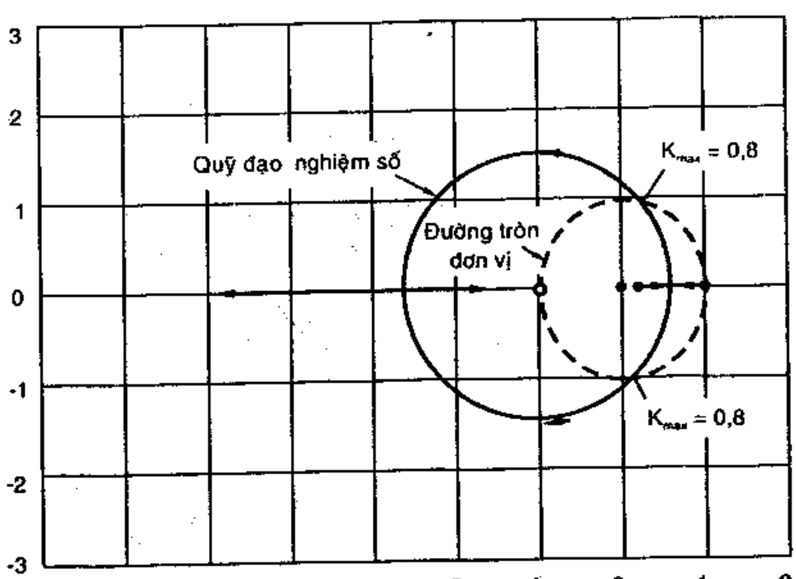
W^2	2K	2,4
W^1	1,6 – 2K	
W^0	2,4	

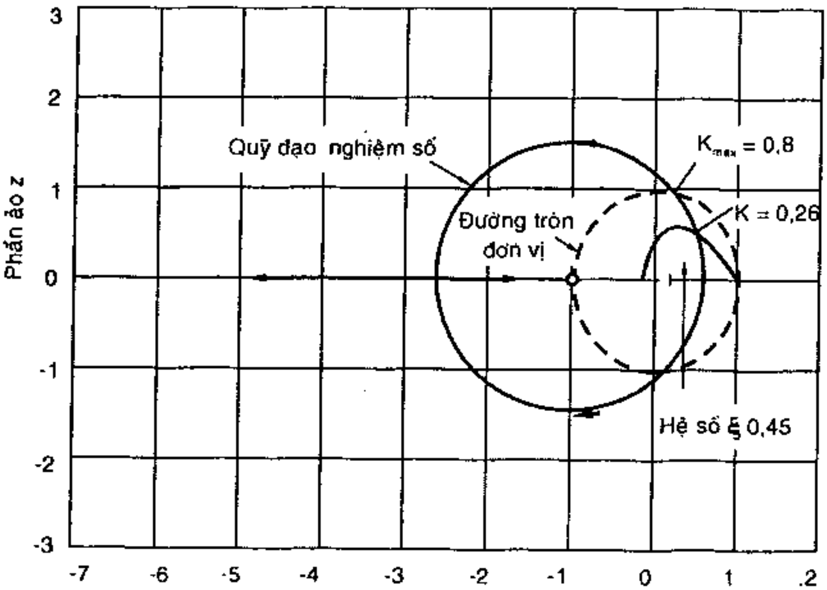
$K_{max} = 0{,}8$ từ phương trình $1{,}6 - 2K = 0$; $\cos\alpha = \xi$.

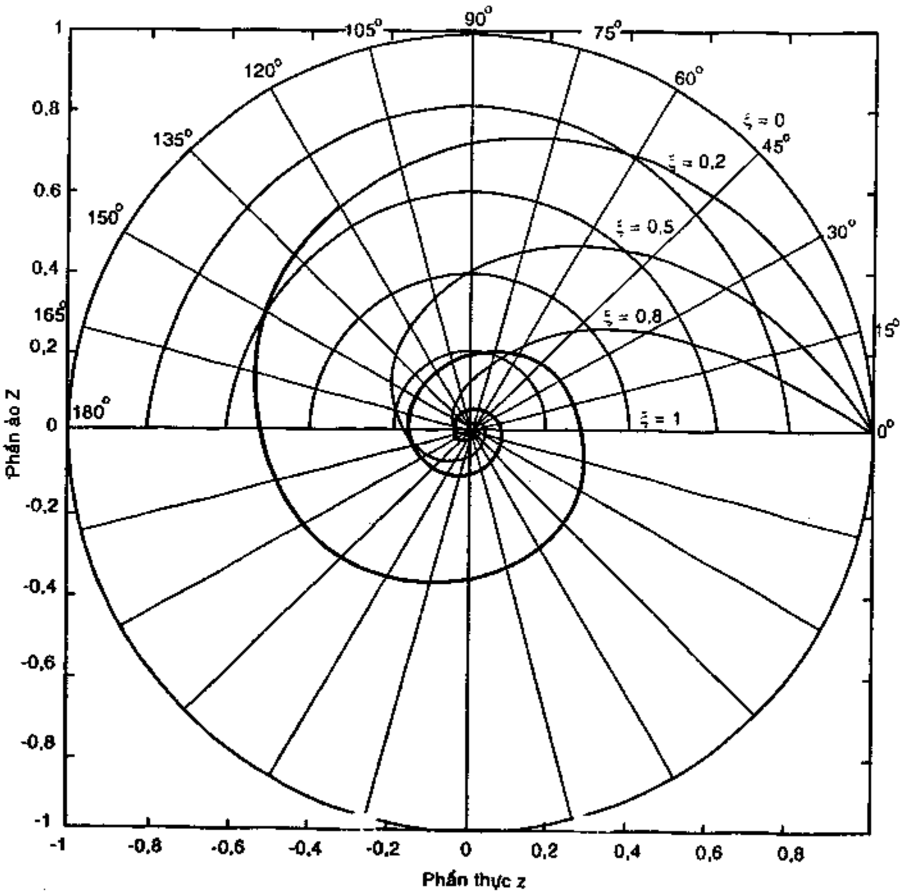
$S = -\xi\omega_n + j\omega_n\sqrt{1-\xi^2}$; $Z = e^{TS} = e^{(-\xi\omega_n + j\omega_n\sqrt{1-\xi^2}).T}$

$Z = e^{-\xi\omega_n T}e^{j\omega_n T\sqrt{1-\xi^2}}$; $Z = e^{-\xi\omega_n T}\angle\omega_n T\sqrt{1-\xi^2}$.

Giả sử chọn hệ số tắt $\xi = 0{,}45$. ⇒ Với $Z = 0{,}5 + j0{,}5$; tính giá trị của K.




Quỹ đạo nghiệm số
$K_{max} = 0,8$
Đường tròn đơn vị
K = 0,26
Hệ số ξ 0,45
Phần ảo z
3
2
1
0
-1
-2
-3
-7
-6
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2


90°
105°
75°
120°
60°
135°
45°
150°
30°
165°
15°
180°
0°
ξ = 0
ξ = 0,2
ξ = 0,5
ξ = 0,8
ξ = 1
Phần ảo Z
Phần thực z
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-0,8
-0,6
-0,4
-0,2
0
0,2
0,4
0,6
0,8

Quỹ đạo nghiệm số của hệ rời rạc hiệu chỉnh sớm pha cho ở câu b bài 4.21.

$$1 + KG_D(Z)G(Z) = 1 + \frac{K(Z+1)}{(Z-0,2)(Z-1)} = 0$$

$$K = -\frac{(Z-0,2)(Z-1)}{(Z+1)} = -\frac{(0,5+j0,5-0,2)(0,5+j0,5-1)}{0,5+j0,5+1}$$

K = 0,26. Kiểm tra lại giá trị K có phù hợp không.

Tính C*(t):

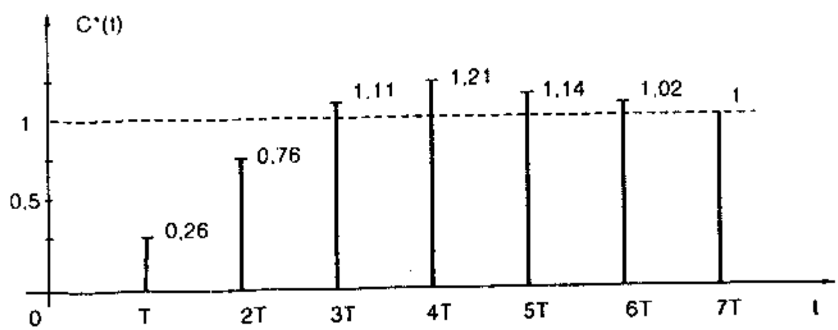
$$\frac{C(Z)}{R(Z)} = \frac{0,26Z+0,26}{Z^2-0,94Z+0,46}\ ;\ R(Z) = \frac{Z}{Z-1}$$

$$C(Z) = \frac{0,26Z^2+0,26Z}{Z^3-1,94Z^2+1,4Z-0,46}$$

$$= 0,26Z^{-1}+0,76Z^{-2}+1,11Z^{-3}+1,21Z^{-4}+1,14Z^{-5}+1,02Z^{-6}+Z^{-7}+\ldots$$

T = 0,26 sec là chu kỳ lấy mẫu. Hệ rời rạc có độ vọt lố 21% tương ứng với ξ = 0,45. Max độ vọt lố $\sigma\% = \exp(-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}).100\%$

$$C^*(t) = 0,26(t-T)+0,76(t-2T)+1,11(t-3T)+$$
$$+1,21(t-4T)+1,14(t-5T)+1,02(t-6T)+(t-7T)+\ldots$$



4.26 $f(0)$ = 0 cho cả 3 câu

4.27 $K < 2,17$

4.33 a) $C(\infty) = 4$

b) $C(k) = 4[1-k(0,5)^k-(0,5)^k]\ ;\ C(\infty) = 4$

4.36 1- $C^*(t) = 0,5\delta(t-1) + 0,75\delta(t-2) + 0,875\delta(t-3) + 0,9375\delta(t-4) +$

$+0,9688\delta(t-5) - 0,9844\delta(t-6) + 0,9922\delta(t-7) + 0,9961\delta(t-8) +$

$+\ 0,9980\ \delta(t-9) + ...$

Đáp ứng không dao động ổn định.

4.36 2- $C^*(t) = \delta(t-1) + \delta(t-2) + \delta(t-3) + \delta(t-4)$

$+\delta(t-5) + \delta(t-6) + \delta(t-7) + \delta(t-8) + \delta(t-9)...$

Trường hợp tới hạn $C^*(t) = 1^*(t)$.

4.36 3- $C^*(t) = 2\delta(t-1) + 0\delta(t-2) + 2\delta(t-3) + 0\delta(t-4)$

$+2\delta(t-5) + 0\delta(t-6) + 2\delta(t-7) + 0\delta(t-8) + 2\delta(t-9) + ...$

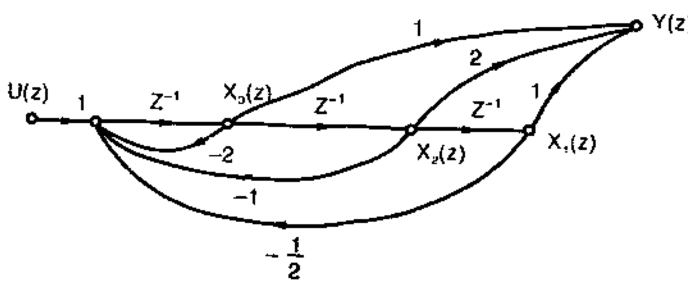
Quá trình quá độ dao động với biên độ đỉnh - đỉnh ổn định bằng 2

4.36 4- $C^*(t) = 3\delta(t-1) - 3\delta(t-2) + 9\delta(t-3) - 15\delta(t-4)$

$+33\delta(t-5) - 63\delta(t-6) + 129\delta(t-7) - 255\delta(t-8) + 513\delta(t-9) + ...$

Quá độ dao động không ổn định.

4.37



$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \\ x_3(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1/2 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix}$$

4.38 $x(k+1) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$

$y(k) = [3 \quad 1]x(k)\,;\; u(k) = 1;\; k = 0,\,1,\,2,\,...$

$$x(1) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} x(0) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(0) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$y(1) = [3 \quad 1] \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 1$$

$$x(2) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} x(1) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(1) = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix}$$

$$y(2) = [3 \quad 1] \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix} = 3 - 2 = 1\,;\; x(3) = \begin{bmatrix} -2 \\ 5 \end{bmatrix};\quad y(3) = -1\,;$$

$$x(4) = \begin{bmatrix} 5 \\ -10 \end{bmatrix};\; y(4) = 5;\;\; A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix};\;\; [ZI - A] = \begin{bmatrix} Z & -1 \\ 2 & Z+3 \end{bmatrix};$$

$$[ZI - A] = Z^2 + 3Z + 2 = (Z+1)(Z+2)$$

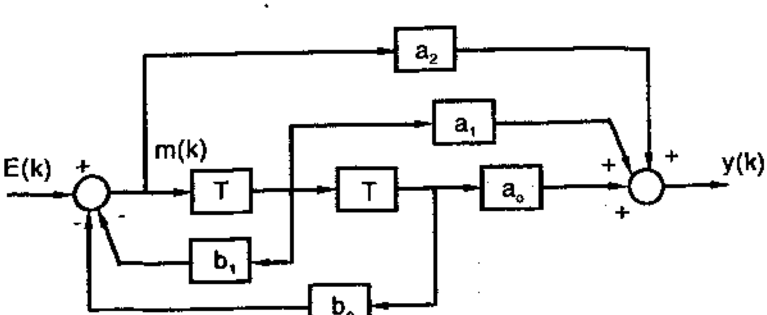
$$Z[ZI - A]^{-1} = \begin{bmatrix} \dfrac{Z(Z+3)}{(Z+1)(Z+2)} & \dfrac{Z}{(Z+1)(Z+2)} \\ \dfrac{-2Z}{(Z+1)(Z+2)} & \dfrac{Z^2}{(Z+1)(Z+2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{2Z}{Z+1} + \dfrac{-Z}{Z+2} & \dfrac{Z}{Z+1} + \dfrac{-Z}{Z+2} \\ \dfrac{-2Z}{Z+1} + \dfrac{2Z}{Z+2} & \dfrac{-Z}{Z+1} + \dfrac{2Z}{Z+2} \end{bmatrix} =$$

$$= \mathscr{Z}\{\Phi(k)\}$$

$$\Phi(k) = \mathscr{Z}^{-1}[Z(ZI - A)^{-1}] = \begin{bmatrix} 2(-1)^k - (-2)^k & (-1)^k - (-2)^k \\ -2(-1)^k + 2(-2)^k & -(-1)^k + 2(-2)^k \end{bmatrix}$$

Ký hiệu $\mathscr{Z}^{-1}$ - phép biến đổi ngược của biến đổi $\mathscr{Z}$.

4.39



trong đó: $a_0 = 1$; $b_0 = 1$; $a_1 = -1{,}96$; $b_1 = -1{,}98$; $a_2 = 0{,}99$; $b_2 = 0{,}99$

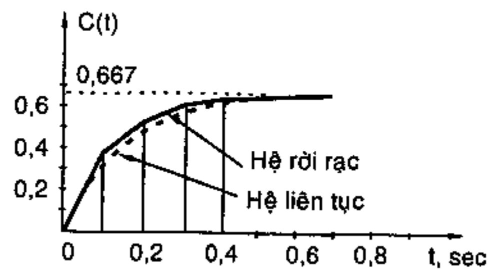
4.42b Đáp ứng của hệ:

$$G(Z) = \mathscr{Z}\left\{\frac{1-e^{-TS}}{S}\frac{4}{S+2}\right\} = \mathscr{Z}\left\{\frac{Z-1}{Z}\times\frac{4}{S(S+2)}\right\}$$

$$= \frac{(Z-1)}{Z}\frac{2(1-e^{-2T})Z}{(Z-1)(Z-e^{-2T})} = \frac{0,3625}{Z-0,8187};\ T = 0,1 \text{ sec.}$$

$c(t)$ - đáp ứng ra của hệ thống

$\bar{e}(t)$ - đáp ứng ra của khâu giữ mẫu bậc không Z.O.H.



Hàm truyền kín của hệ rời rạc bằng:

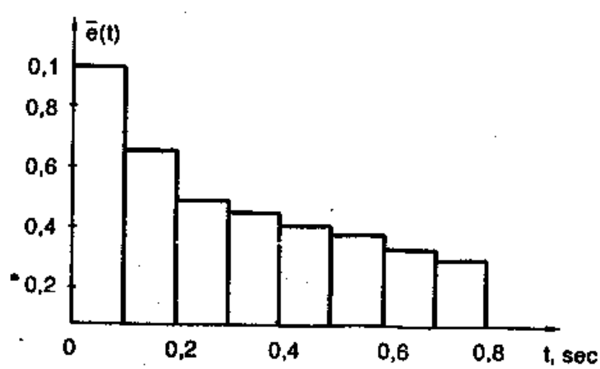
$$G_k(Z) = \frac{G(Z)}{1+G(Z)} = \frac{0,3625}{Z-0,4562}$$

Từ: $R(Z) = \mathscr{Z}[1/S] = \dfrac{Z}{Z-1}$

$$C(Z) = \frac{0,3625Z}{(Z-1)(Z-0,4562)} = \frac{0,667Z}{Z-1} + \frac{-0,667Z}{Z-0,4562}$$

$C(kT) = 0,667[1-(0,562)^k]$; $T_a(S) = \dfrac{G_p(S)}{1+G_p(S)} = \dfrac{4}{S+6}$, với $G_p(S) = \dfrac{4}{S+2}$

$C_a(S) = \dfrac{4}{S(S+6)} = \dfrac{0,667}{S} + \dfrac{-0,667}{S+6}$ và $C_a(t) = 0,667(1-e^{-6t})$ - Đáp ứng ra của hệ liên tục.



$$C(S) = G(S)\left[\frac{R(Z)}{1+G(Z)}\right]_{Z=e^{TS}} = \frac{4(1-e^{-TS})}{S(S+2)}\left[\frac{\frac{Z}{Z-1}}{1+G(Z)}\right]_{Z=e^{TS}} =$$

$$= \frac{4}{S(S+2)}\left[\frac{1}{1+G(Z)}\right]_{Z=e^{TS}}$$

kT	c(kT)	$C_a(t)$
0	0	0
0,1	0,363	0,300
0,2	0,528	0,466
0,3	0,603	0,557
0,4	0,639	0,606
0,5	0,654	0,634
0,6	0,661	0,648
.		
.		
.		
1,0	0,666	0,665

$$\frac{1}{1+G(Z)} = \frac{1}{1+\dfrac{0,3625}{Z-0,8187}} = \frac{Z-0,8187}{Z-0,4562} = 1-0,363Z^{-1}-0,165Z^{-2}-...$$

$$C_1(S) = \frac{4}{S(S+2)} = \frac{2}{S} - \frac{2}{S+2}$$

$$C_1(t) = 2(1-e^{-2t})$$

$$C(S) = C_1(S)[1-0,363e^{-TS}-0,165e^{-2TS}-...]$$

$$C(t) = 2(1-e^{-2t}) - 0,363(2)(1-e^{-2(t-T)})u(t-T)$$

$$-0,165(2)(1-e^{-2(t-2T)})u(t-2T) - ...$$

Ví dụ: $T = 0,1$ sec

$$C(3T) = C(0,3) = 2(1-e^{-0,6}) - 0,363(2)(1-e^{-0,4})$$

$$-0,165(2)(1-e^{-0,2}) = 0,603$$

Ví dụ: $0 \le t < 0,1$ sec; $C(t) = 2(1 - e^{-2t})$. Ký hiệu $C(t)$ - đáp ứng ra của hệ liên tục.

4.42c $T_{gh} = 0,55$ sec

4.43 $G(Z) = (\frac{Z-1}{Z}\mathscr{Z}_z[\frac{1}{S^2(S+1)}] = \frac{Z-1}{Z}[\frac{Z[(1-1+e^{-1})Z+(1-e^{-1}-e^{-1})]}{(Z-1)^2(Z-e^{-1})}]$

$$= \frac{0,368Z+0,264}{Z^2-1,368Z+0,368}.$$

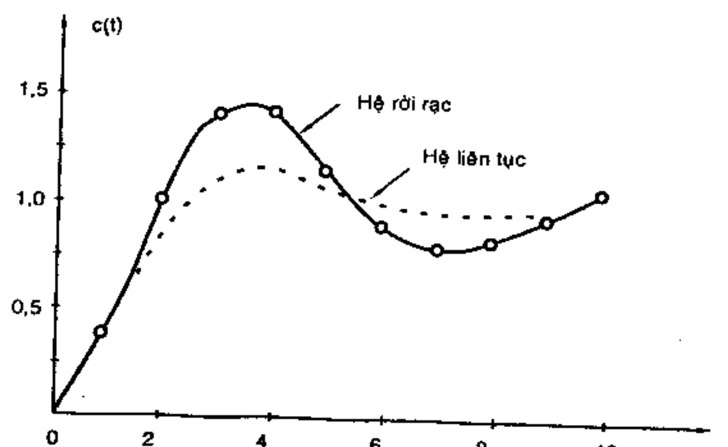
$\frac{G(Z)}{1+G(Z)} = \frac{0,368Z+0,264}{Z^2-Z+0,632}$. Từ $R(Z) = \frac{Z}{Z-1}$.

$$C(Z) = \frac{Z(0,3682+0,264)}{(Z-1)(Z^2-Z+0,632)} = 0,368Z^{-1}+1,00Z^{-2}+1,40Z^{-2}+1,40Z^{-3}$$

$$+1,40Z^{-4}+1,15Z^{-5}+0,90Z^{-6}+0,80Z^{-7}+0,87Z^{-8}$$

$$+0,99Z^{-9}+1,08Z^{-10}+1,08Z^{-11}+1,00Z^{-12}+0,98Z^{-13}+...$$

$$\lim_{n\to\infty} C(nT) = \lim_{z\to1}(Z-1)C(Z) = \frac{0,632}{0,632} = 1.$$



Đáp ứng quá độ của hệ liên tục và hệ rời rạc T = 1 sec

$$\frac{C(S)}{R(S)} = \frac{\omega_n^2}{S^2+2\xi\omega_n S+\omega_n^2} = \frac{1}{S^2+S+1}$$

$$\frac{C(Z)}{R(Z)} = \frac{0,368Z^{-1}+0,264Z^{-2}}{1-Z^{-1}+0,632Z^{-2}}$$

hay: $C(Z)[1-Z^{-1}+0,632Z^{-2}]=R(Z)[0,368Z^{-1}+0,264Z^{-2}]$

$$C(kT)=0,368r[(k-1)T]+0,264r[(k-2)T]$$
$$+c[(k-1)T]-0,632C[(k-2)T]$$

$$C(kT)=0,632+C[(k-1)T]-0,632C[(k-2)T]\,;\ k\geq 2.$$

4.49 $G(S)=\dfrac{1,63e^{-270S}}{1+3480S}$; PID Ziegler - Nichols:

$$D(S)=\frac{1,2}{1,63}\frac{3480}{270}(1+\frac{1}{2\times 270S}+\frac{270S}{2})=9,5(1+\frac{0,00185}{S}+135S)$$

$$S=\frac{T}{2}\left(\frac{Z-1}{Z+1}\right)$$

$$D(Z)=9,5\left[1+\frac{1}{540(T/2)[(Z-1)/(Z+1)]}+135\frac{T}{2}(\frac{Z-1}{Z+1})\right]$$

$$D(Z)=9,5[(0,0037+T+67,5T^2)Z^2+(0,0074-135T^2)Z+$$
$$+(0,0037-T+67,5T^2)]/(Z^2T-T)$$

$$u(Z)=Z^{-2}u(Z)+9,5\Big[(\frac{0,0037}{T}+1+67,5T)+Z^{-1}(\frac{0,0074}{T}-135T)+$$
$$+(\frac{0,0037}{T}-1+67,5T)Z^{-2}\Big]e(Z)$$

$$u(k)=u(k-2)+9,5[(\frac{0,0037}{T}+1+67,5T)e(k)+(\frac{0,0074}{T}-135T)e(k-1)+$$
$$+(\frac{0,0037}{T}-1+67,5T)e(k-2)]$$

$$\Rightarrow u(k)=u(k-2)+9,5\big[(0,0037T^{-1}+1+67,5T)e(k)+$$
$$+(0,0074T^{-1}-135T)e(k-1)+(0,0037T^{-1}-1+67,5T)e(k-2)+u_o)\big]$$

4.54 $G(Z)=\dfrac{Z-1}{Z}\mathscr{Z}[\dfrac{1}{S^2(S+1)(0,5S+1)}]$; $\quad\mathscr{Z}[[\dfrac{1}{S^2}+\dfrac{-1,5}{S}+\dfrac{2}{S+1}+\dfrac{-0,5}{S+2}]$

$$=\frac{Z-1}{Z}\Big[\frac{0,005Z}{(Z-1)^2}-\frac{1,5Z}{Z-1}+\frac{2Z}{Z-0,9512}-\frac{0,5Z}{Z-0,9048}\Big]$$

Vẽ đáp ứng tần số - giản đồ Bode cho hệ theo bảng 4.1. Yêu cầu thiết kế hệ có độ dự trữ pha là 55^0 và biên độ là 16dB. Như vậy góc của $G(j\omega)$ là $-180^0 + 60^0 = -120^0$ tại tần số ω_{wl} bằng 0,36 rad/sec. Khi đó:

$$\omega_{wo} = 0,1\omega_{wl} = 0,036\,; \quad \omega_{wp} = \frac{0,1\omega_{wl}}{a_o|G(j\omega_{wl})|} = \frac{0,036}{(1)(2,57)} = 0,0140$$

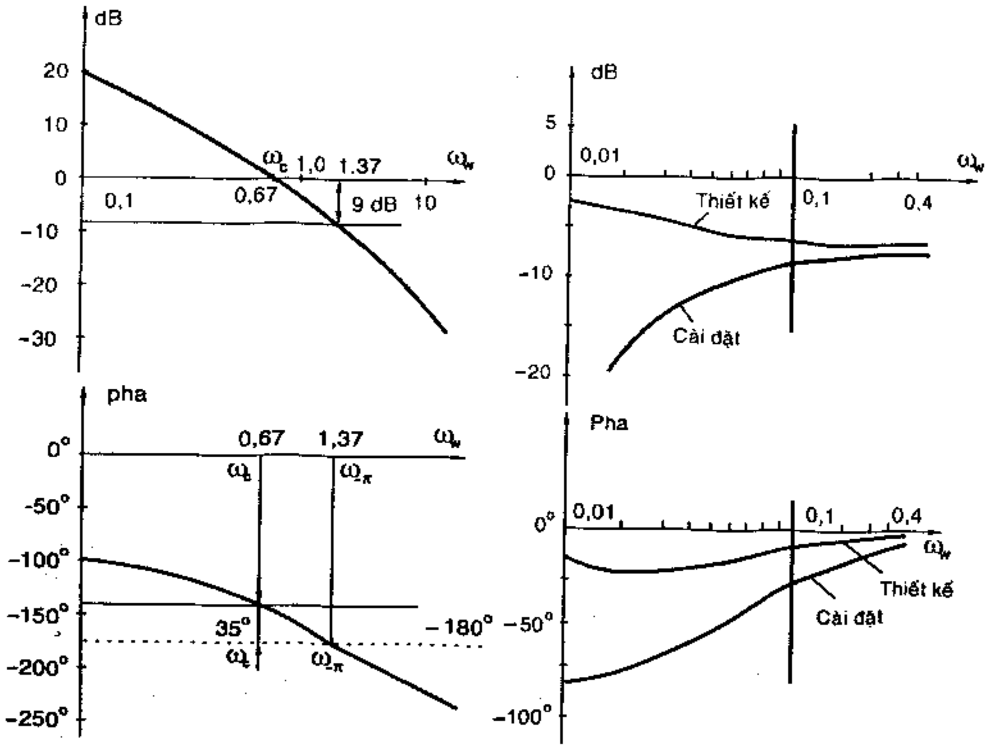
$$D(Z) = \frac{0,3891(Z-0,998202)}{(Z-0,999300)} = \frac{0,3891Z-0,38840}{Z-0,999300}$$

Kết quả bộ lọc thỏa mãn yêu cầu đặt ra. Giả sử bộ lọc số 8 bit, tín hiệu ra ở dạng nhị phân. Vị trí của chữ số b_i trong một số xác định giá trị hay trọng số của nó.

Ví dụ: $b_7\frac{1}{2} + b_6\frac{1}{4} + b_5\frac{1}{8} + ... + b_o\frac{1}{2^8}$

$(0,11000001)_2 = (\frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^8})_{10} = (0,75390625)_{10}$. Giá trị lớn nhất của bộ lọc số 8 bít là: $1 - \frac{1}{2^8} = 0,99609375$

Đáp ứng tần số của hệ chưa hiệu chỉnh ở hình a:



a) b)

Giản đồ Bode của bộ lọc thiết kế và bộ lọc số được trình bày ở hình b. Bộ lọc số có độ dự trữ pha là 70^o (giá trị thiết kế là 55^o) và độ dự trữ về biên độ là 18 dB (giá trị yêu cầu là 16 dB). Như vậy: giá trị 0,99609375 ứng với b_7 đến b_o đều bằng 1. Chuyển đổi hệ số của $D(Z)$:

$(0{,}3891)_{10} \Rightarrow$

$\Rightarrow (0{,}01100011)_2 = 0{,}38671875$

$(0{,}38840)_{10} \Rightarrow$

$\Rightarrow (0{,}01100011)_2 = 0{,}3867185$

Bộ lọc số có hàm truyền tương ứng là:

$$D(z) = \frac{0{,}38671875Z - 0{,}38671875}{Z - 0{,}99609375}$$

4.55 Khảo sát lại hệ cho ở bài 4.54. Yêu cầu hệ đạt độ dự trữ pha là 55^o, sử dụng khâu hiệu chỉnh sớm pha. Chọn tần số ω_{wl} sao cho góc của $G(j\omega_{wl}) < -125^o$ và $|G(j\omega_{wl})| < 1$. Giả sử chọn $\omega_{wl} = 1{,}2$ thỏa mãn hai điều kiện trên và: $|G(j\omega_{wl})| = 0{,}4576$

$$\theta = 180^o + 55^o - (-172{,}9^o) = 407{,}9^o = 47{,}9^o$$

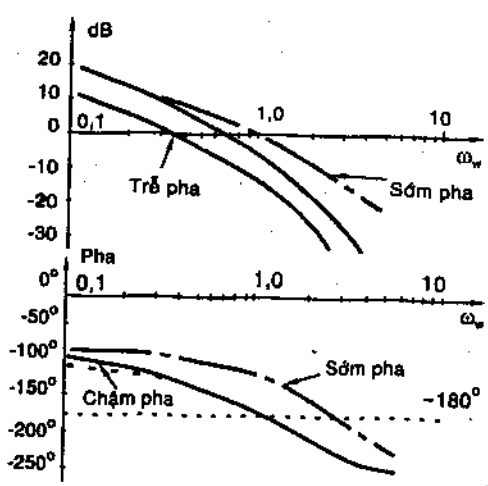
$$a_1 = \frac{1-(1)(0{,}4576)\cos(47{,}9^o)}{(1{,}2)(0{,}4576)\sin(47{,}9^o)} = 1{,}701$$

$$b_2 = \frac{\cos(47{,}9^o)-(1)(0{,}4576)}{(1{,}2)\sin(47{,}9^o)} = 0{,}2387$$

$$D(W) = \frac{1+1{,}701W}{1+0{,}2387W} = \frac{1+W/0{,}5879}{1+W/4{,}187}$$

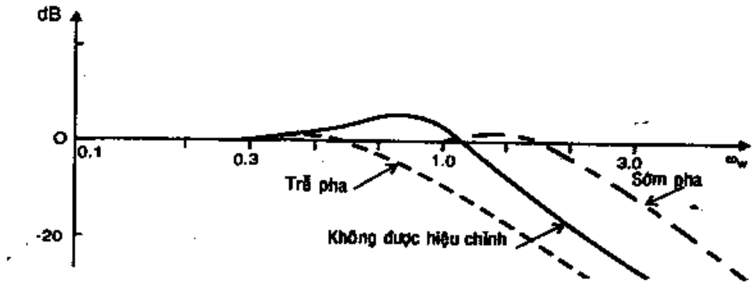
$$D(Z) = \frac{6{,}539(Z-0{,}9710)}{Z-0{,}8106}$$

Kết quả sau khi hiệu chỉnh độ dự trữ pha đạt 55^o và độ dự trữ biên độ là 12,3 dB. Giản đồ Bode của hệ hiệu chỉnh trễ pha (bài 4.54) và sớm pha (bài 4.55).

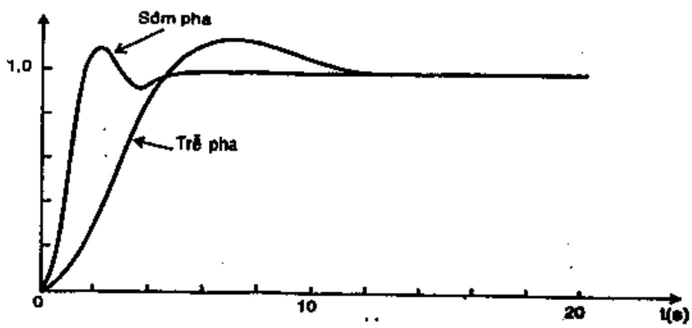


Tiêu chuẩn chất lượng	Trễ pha	Sớm pha
Sai số xác lập	0	0
Độ vọt lố %	15	13
Thời gian tăng tốc t_R(sec)	3,2	1,00
Thời gian đỉnh t_P	7,3	2,20
Thời gian xác lập t_S	11,7	4,70
Dải thông (rad/sec)	0,66	2,20

Đặc tính đáp ứng hàm nấc $r(t) = 1(t)$



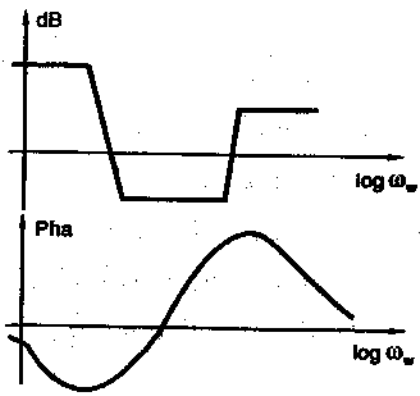
a) Đáp ứng tần số hệ kín



b) Đáp ứng quá độ

$$D(Z) = \frac{6,539(Z-0,9710)}{Z-0,8106}$$

$$= 6,539 - 1,048Z^{-1} + \ldots$$



$$e_{SS}(kT) = \frac{T}{\lim\limits_{Z\to 1}(Z-1)G(Z)};$$ e_{SS} - sai số xác lập đối với hàm Ramp.

$$\lim_{z\to 1}(Z-1)G(Z) =$$

$$= \lim_{z\to 1}\frac{(Z-1)^2}{Z}\left[\frac{0,05Z}{(Z-1)^2} - \frac{1,5Z}{Z-1} + \frac{2Z}{Z-0,9512} - \frac{0,05Z}{Z-0,9048}\right] = 0,05$$

$$e_{SS}(kT) = \frac{0,05}{0,05} = 1$$

Giả sử rằng hệ thiết kế đạt sai số xác lập đối với hàm ramp $r(t) = t.1(t)$ là 0,50 và độ dự trữ pha là 55^0. Khâu hiệu chỉnh sớm - trễ pha tăng độ lợi ở miền tần số thấp và đảm bảo độ dự trữ pha mong muốn. Ký hiệu, $D_1(Z)$ là khâu trễ pha, $D_2(Z)$ - sớm pha. Ta có:

$$\lim_{Z\to 1} D_1(Z) = \lim_{Z\to 1}\frac{K_d(Z-0,998202)}{Z-0,999300} = 2$$

Chúng ta thấy rằng $K_d = 0,7948$, hay:

$$D_1(Z) = \frac{0,7786(Z-0,998202)}{Z-0,999300}$$

Để tính toán khâu sớm pha cần xây dựng đáp ứng tần số của $D_1(Z)G(Z)$. Sau đó tìm hàm truyền $D_2(Z)$. Tại tần số 1,2 rad/sec:

$$D_1(W)G(W)\big|_{W=j1.20} = 0,365\ \angle -173,9^0$$

$$\theta = 180^o + 55^o - (-173,9^o) = 408,9^o = 48,9^o$$

$$a_1 = \frac{1}{\omega_o} = \frac{1-(1)(0,365)\cos(48,9^o)}{(1,2)(0,365)\sin(48,9^o)} = 2,303 = \frac{1}{0,434}$$

và: $\omega_{wp} = \dfrac{1}{b_1} = 3,097$

$$D_2(Z) = \frac{6,68(Z-0,9785)}{Z-0,857}$$

Hệ hiệu chỉnh có độ dự trữ pha là 55^0 dự trữ biên độ 11,2 dB. Kết quả khâu hiệu chỉnh sớm - trễ pha có hàm truyền bằng:

$$D(Z) = D_1(Z)D_2(Z) = \frac{5,20(Z-0,998202)(Z-0,9785)}{(Z-0,999300)(Z-0,857)}$$

4.60 Hàm truyền đạt của hệ với mT = 0,1

$$\frac{Z-1}{Z}\mathscr{Z}m[\frac{500}{S(1,5S+1)}] = \frac{32,25Z+84,80}{Z(Z-0,7659)}; \; T = 0,4 \text{ sec}$$

4.61 Hệ phương trình biến trạng thái:

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 1 & 0,0952 \\ 0 & 0,905 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 0,00484 \\ 0,0952 \end{bmatrix} u(k)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x(k)$$

Chọn tín hiệu điều khiển *u(k)* ở dạng tổng quát tuyến tính với các biến trạng thái và có dạng:

$$u(k) = -K_1x_1(k) - K_2x_2(k) = -Kx(k)$$

Khi đó:

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 1-0,00484K_1 & 0,0952-0,00484K_2 \\ -0,0952K_1 & 0,905-0,0952K_2 \end{bmatrix} x(k)$$

hay $x(k+1) = Ax(k)$

Phương trình đặc trưng: $|ZI - A| = 0$

Với cặp nghiệm mong muốn là: $\lambda_{1,2} = 0,888 \pm j\ 0,173$

Tính giá trị K: $K_1 = 4,52$; $K_2 = 1,12$

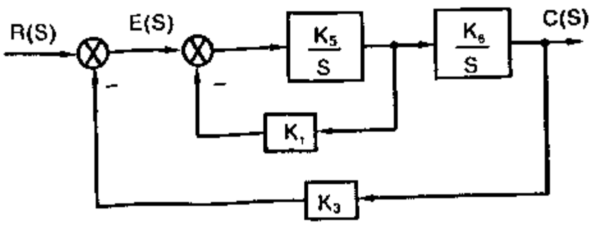
PHẦN THỨ BA

MỘT SỐ ĐỀ THI VÀ ĐÁP ÁN

I. ĐỀ THI

ĐỀ SỐ 1

Đ.1.1 Cho hệ thống: $K_1 = 3$; $K_3 = 1$; $K_5 = 1$; $K_6 = 5$



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

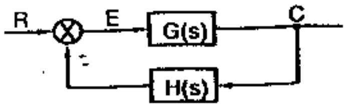
b) Tìm sai số e_{SS} khi kích thích là hàm nấc đơn vị $\dfrac{1}{S}$ và hàm kích thích dốc đơn vị.

c) Tìm thời gian xác lập t_{ss} và độ vượt quá POT% của hệ khi kích thích là hàm nấc.

Đ.1.2 Cho hệ thống. Biết rằng: $G(s)H(s) = \dfrac{K}{S(S+10,0)(S+2.5)}$

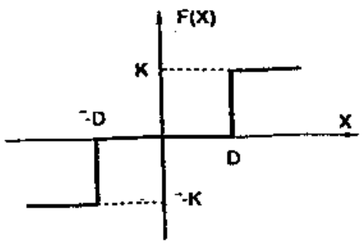
a) Tìm các giá trị của K để hệ ổn định.

b) Với $K = 100$. Vẽ giản đồ Bode cho hệ.



c) Tìm độ dự trữ pha, dự trữ biên độ, tần số cắt.

d) Tìm sai số tĩnh e_{ss} khi kích thích là hàm dốc đơn vị. Nếu đưa thêm nối tiếp vào $G(s)$ 1 khâu trễ e^{-ST}; Tìm các giá trị của T (ứng với K = 100) để hệ còn ổn định.



Đ.1.3 Tìm hàm truyền tuyến tính hóa điều hòa cho khâu phi tuyến rơle hai vị trí có vùng không nhạy là hàm F(X) (hàm mô tả) .

ĐỀ SỐ 2

Đ.2.1 Một hệ thống ĐKTĐ phản hồi −1 đơn vị có hàm truyền vòng hở gồm hai khâu nối tiếp. $G(s) = K\dfrac{(s+a)(s+b)}{s}\times\dfrac{1}{s^2+1}$; $a = 0{,}2$.

1- Hãy xác định K và b để hệ kín có cặp nghiệm $s=-1\pm j\sqrt{3}$

2- Vẽ QĐNS với $b = 1{,}3332$ và $0 \le K < +\infty$.

3- Tính hàm truyền đạt theo RC trong sơ đồ mạch điện tử của khâu hiệu chỉnh PID và nêu tác dụng của khâu.

Đ.2.2 $G(s) = \dfrac{K(s+1)}{s(s-1)(s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2)}; \xi = 0{,}5, \omega_n = 4$.

1- Vẽ QĐNS $0 \le K < +\infty$, Biết $\dfrac{dK}{ds} = 0$ tại $s_1 = 0{,}46$, $s_2 = -2{,}22$.

2- Tính HSKĐ giới hạn cho hệ.

Đ.2.3 Một hệ KĐTĐ rời rạc có chu kỳ lấy mẫu là T_o, khâu định hình ZOH và hàm truyền tuyến tính liên tục *G(s)*.

$$G(s) = \frac{Ka}{S(S+a)};\quad G_{ZOH} = \frac{1-Z^{-1}}{S},\ T_o = 0{,}1\,\text{sec},\ K = 5,\ a = 2.$$

Tín hiệu vào $r(t) = 1(t)$. Biết điều kiện đầu bằng không.

1- Lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ trên. Tính ma trận quá độ.

2- Hãy tính và vẽ đáp ứng đầu ra $C(nT_o)$, ($n = 6$) theo một trong hai phương pháp: Biến trạng thái và biến đổi *Z*.

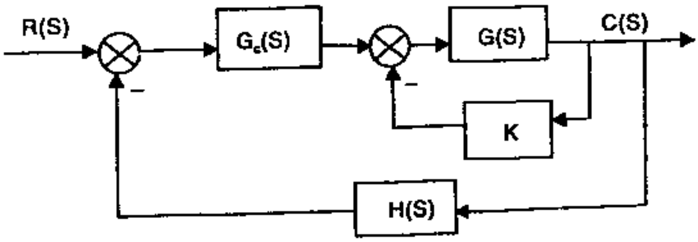
Đ.2.4 Dùng phương pháp cân bằng điều hòa xét ổn định và xác định biên độ và tần số của chế độ dao động tuần hoàn trong hệ phi tuyến gồm hai thành phần tuyến tính với hàm truyền *G(s)* và khâu phi tuyến ***N***.

$$G(s) = \frac{K}{s(1+sT_1)(1+sT_2)},\ K = 0{,}2,\ T_1 = 0{,}2\text{sec},\ T_2 = 2\text{sec}$$

$$N = \frac{4Za}{\pi X_m}\cos\alpha;\ \sin\alpha = \frac{X_a}{X_m},\ X_a = 0{,}1\ ,\ Za = 6$$

ĐỀ SỐ 3

Đ.3.1 $G_c(S) = \dfrac{S+1}{S+7};\quad G(S) = \dfrac{10}{S(S+1)};\quad H(S) = 1$



Hình 1

1- Vẽ QĐNS $0 \le K \le +\infty$

Biết $\dfrac{dK}{dS} = 0$ tại $S_1 = -1{,}49$, $S_2 = -4.1175$, $S_3 = -8{,}8925$

2- Xác định giá trị K sao cho hệ kín có $\xi = 0.5, \omega_n = 2.6$.

Đ.3.2 Một hệ thống có sơ đồ như hình 1 với $K = 0$.

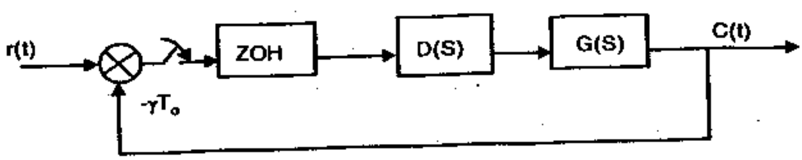
$G_c(S) = a,\ G(S) = \dfrac{1}{S^2},\ H(S) = 1 + bS,\ r(t) = 1(t)$

1- Tính a và b sao cho hệ có độ vọt lố cực đại M_p là 25% và thời gian đỉnh t_p bằng 2 sec. $M_p = e^{\frac{-\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}};\quad t_p = \dfrac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}}$

2- Xác định a và b sao cho hệ có cặp nghiệm $S = -1 \pm j\sqrt{3}$

3- Tính sai số xác lập và vẽ đáp ứng ra $C(t)$ cho hệ với thông số a và b đã tìm được ở câu 1 và 2.

Đ.3.3 $D(S) = K;\quad G(S) = \dfrac{1}{S(TS+1)};\quad r(t) = 1(t)$



Hình 2

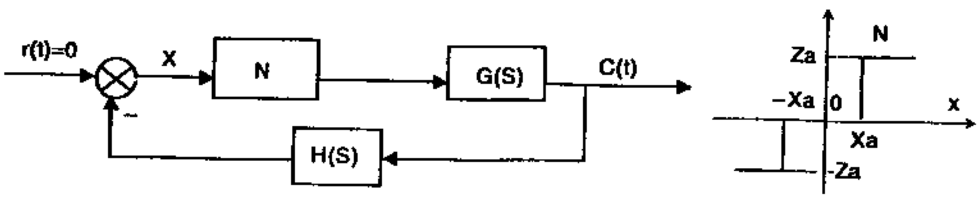
$$\gamma = 0,1;\ \ T_o = 0,05\ \sec;\ \ T = 0,2\ \sec;\ \ e^{-\frac{8T_o}{T}} = e^{-\frac{0.05}{0.2}} = 0,9753$$

1- Xét ổn định khi $K = 100$.

2- Tính K_{gh}.

3- Vẽ đáp ứng ra $C(n\gamma T_o)$ cho hệ có $K = 100$; $n = 0 \div 10$.

Đ.3.4



Hình 3

$$G(S) = \frac{K}{S(T_1S+1)(T_2S+1)};\ \ H(S) = \frac{1}{i};\ \ X(t) = X_m \sin\omega t;\ \ N = \frac{4Za}{\pi X_m}\cos\alpha;$$

$$\sin\alpha = \frac{X_a}{X_m};\ \ T_1 = 0,2\sec;\ \ T_2 = 2\sec;\ \ i = 7500;\ \ Z_a = 6;\ \ X_a = 0.1$$

1- Tìm điều kiện của K để hệ phi tuyến ổn định ở trạng thái cân bằng.

2- Với $K = 1500$. Hãy xác định biên độ X_m và tần số dao động ω cho hệ phi tuyến trên.

ĐỀ SỐ 4

Đ.4.1 1- Hãy nêu một ví dụ về hệ thống điều khiển tự động.

2- Thành lập sơ đồ khối và sơ đồ cấu trúc hàm truyền cho hệ.

Đ.4.2 Một hệ thống ĐKTĐ phản hồi - một đơn vị có hàm truyền vòng hở gồm hai khâu nối tiếp.

$$G_C(S) = K(1+TS),\ \ G(S) = \frac{1}{10000(S^2 - 1,1772)}$$

1- Với $T = 0,4904$ hãy vẽ QĐNS cho hệ $0 \le K < +\infty$.

2- Xác định giá trị K và T sao cho hệ kín có $\xi = 0,7$, $\omega_n = 0,5$

Đ.4.3 Một hệ ĐKTĐ rời rạc có chu kỳ lấy mẫu là T, khâu định hình ZOH và hàm truyền tuyến tính *G(S)*.

$G(S) = \dfrac{K}{S(S+1)}$, $T = 1$ sec, tín hiệu vào $r(t) = 1(t)$.

1- Vẽ QĐNS $0 \le K < +\infty$.

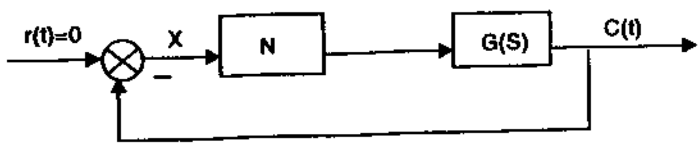
2- Tính K_{gh} cho hệ rời rạc khi $T = 1$ sec và $T = 0{,}1$ sec.

3- Vẽ đáp ứng ra $C(nT)$, $n \le 15$ với $K = 3$.

4- So sánh tính ổn định của hệ bậc 2 tuyến tính liên tục và rời rạc.

Đ.4.4 $G(S) = \dfrac{K}{S(1+TS)^2}$; $N = \dfrac{4Za}{\pi X_m}\cos\alpha$; $\sin\alpha = \dfrac{X_a}{X_m}$

$T = 1,\ Za = 10,\ X_a = 0{,}2$

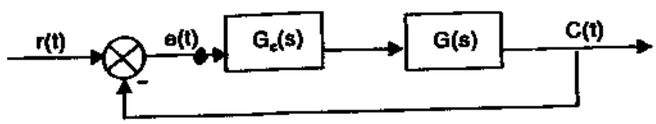


1- Vẽ đường cong Nyquist và xét ổn định của hệ tuyến tính.

2- Tìm điều kiện của K để hệ phi tuyến ổn định.

ĐỀ SỐ 5

Đ.5.1 Cho sơ đồ khối của một hệ thống điều khiển tự động.



$G(S) = \dfrac{K}{S(S+4)(S+5)}$

Hình 1

1- $G_c(s) = 1$. Vẽ QĐNS cho hệ chưa hiệu chỉnh; $0 \le K \le +\infty$. Tính K_{gh} và giá trị K để hệ thống có $\xi = 0{,}707$. Với $K = 21{,}59$, hãy xác định $K_v = \lim\limits_{S\to 0} S.G(s)$.

2- $G_c(S) = \dfrac{S+n\alpha}{S+\alpha}$; $\alpha = 0{,}01$; tính n sao cho hệ đã hiệu chỉnh có $K_v = 30$.

3- Vẽ QĐNS cho hệ đã hiệu chỉnh: $0 \le K \le +\infty$ và giải thích cách chọn thông số hiệu chỉnh α ; n. Cho $\frac{dK}{dS} = 0$ tại $-1{,}19$.

Đ.5.2 Hệ thống điều khiển tự động ở hình 1 có hàm truyền vòng hở

$$G(S) = \frac{80}{S(1+0{,}02S)(1+0{,}05S)}$$

1- Vẽ biểu đồ Bode và tính độ dự trữ về pha và biên độ cho hệ chưa hiệu chỉnh $G_c(S) = 1$ với $\omega_c = 33{,}78$ và $\omega_{-\pi} = 31{,}7$ [rad/sec].

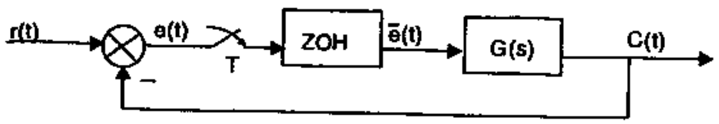
2- Hãy tính thông số hiệu chỉnh sao cho hệ đạt độ dự trữ pha tối thiểu là 20^0 và độ lợi là ≥ 10 dB cho hai trường hợp sau:

a) $G_c(S) = \frac{1}{\alpha} * \frac{(1+\alpha TS)}{(1+TS)}$; $\alpha > 1$; $T = 0{,}005$ sec.

b) $G_c(S) = \frac{1+TS}{1+\alpha TS}$; $\alpha > 1$; $\alpha T = 1$ sec.

Hãy so sánh hai cách hiệu chỉnh a và b bằng giản đồ Bode.

Đ.5.3 Một hệ điều khiển tự động rời rạc có sơ đồ khối ở hình 2.



Hình 2

$r(t) = 1(t)$; $G(S) = \frac{K}{S+a}$; $K = 4$; $a = 2$

1- Vẽ đáp ứng ra c(nT) và tín hiệu ra khâu giữ mẫu bậc không $\bar{e}(t)$; n = 10; T = 0,1 sec.

2- Xét ổn định khi T = 1 sec. Tính T_{gh} cho hệ rời rạc.

Đ.5.4 sơ đồ hình 2 với $G(S) = \frac{K}{S(S+1)}$; $r(t) = 1(T)$; $T = 1$ sec.

1- Với $K = 1$; vẽ $c(nT)$; $n = 15$. Xác định độ vọt lố, hệ số tắt, thời gian xác lập tiêu chuẩn 2% và K_{gh} cho hệ.

2- Tính $c(nT)$ theo phương pháp biến trạng thái. Cho điều kiện đầu bằng không; $n = 4$; $K = 1$.

ĐỀ SỐ 6

Đ.6.1 Cho hàm truyền hệ kín: $\dfrac{C(S)}{R(S)} = \dfrac{1}{S^2 + 4S + 3}$

1- Vẽ sơ đồ biến trạng thái cho hệ, chỉ sử dụng hai bộ tích phân.

2- Vẽ graph tín hiệu và tính hàm truyền theo công thức MASON.

3- Cho *r(t) = 1(t)*, giải tìm nghiệm biến trạng thái với giá trị hằng điều kiện $x_1(0)$ và $x_2(0)$.

Đ.6.2 $G(S) = \dfrac{K}{S(1+0{,}1S)\ (1+0{,}2S)}$; $G_C(S) = \dfrac{1+aT_1S}{1+T_1S} * \dfrac{1+bT_2S}{1+T_2S}$

$G_C(S)$ - Khâu hiệu chỉnh nối tiếp với $G(S)$

1- Vẽ QĐNS cho hệ chưa hiệu chỉnh có phản hồi âm một đơn vị khi $0 \le K < +\infty$.

2- Tính các thông số của khâu hiệu chỉnh $G_C(S)$ để đạt $\xi = 0{,}707$ và sai số xác lập với hàm RAMP là 1%.

3- Vẽ mạch điện thực thi bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha tìm được ở câu 2

Đ.6.3 Một hệ rời rạc có hàm truyền vòng hở

$G(S) = \dfrac{1}{S^2}$; *D(Z) = K*, chu kỳ lấy mẫu $T = \sqrt{2}$ sec

Khâu định hình $ZOH = \dfrac{(1-e^{-TS})}{S}$

1- Vẽ QĐNS và tính K_{gh} cho hệ rời rạc phản hồi âm một đơn vị.

2- Thay khâu hiệu chỉnh nối tiếp $D(Z) = \dfrac{K(Z-1)}{Z-0{,}2}$

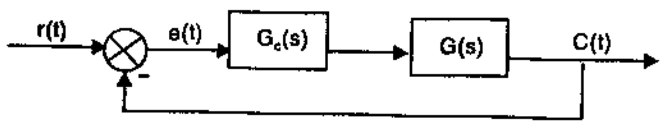
Vẽ QĐNS và tính K_{gh} cho hệ hiệu chỉnh.

3- Muốn hệ kín có $\xi = 0{,}45$ và $z = 0{,}5 \pm j0{,}5$. Hãy tính K và vẽ đáp ứng quá độ cho hệ với $n \le 7$.

ĐỀ SỐ 7

Đ.7.1 1- Hãy nêu một ví dụ hệ thống điều khiển nhiệt độ. Vẽ sơ đồ khối và giải thích hoạt động.

2- Thành lập sơ đồ cấu trúc cho hệ điều khiển lò nhiệt và chuyển về dạng phản hồi âm một đơn vị (H.1). Tính thông số của khâu hiệu chỉnh $G_c(s)$ theo phương pháp 1 của Ziegler – Nichols.



Hình 1

Biết rằng $G(S)=\dfrac{Ke^{-T_1S}}{T_2S+1}$. Với K = 1,63; T_1 = 270 sec; T_2 = 3480 sec

Đ.7.2 Hệ thống điều khiển tự động như ở hình 1 với

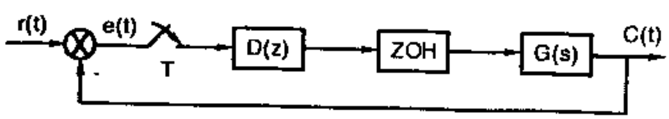
$$G(S)=\frac{14,4}{S(0,1S+1)};\quad G_c(S)=\frac{1+\alpha Ts}{1+Ts};\quad \alpha>1.$$

1- Tính các chỉ tiêu chất lượng cho hệ chưa hiệu chỉnh như hệ số tắt ξ, ω_n, t_p, $\sigma\%$, t_s, tín hiệu vào $r(t) = 1(t)$.

2- Giả sử $T \ll \alpha T$; $G_c(s) = 1+\alpha Ts$. Tính thông số hiệu chỉnh sao cho hệ đạt $\xi = 1; \omega_n = 12$. Với $r(t) = t.1(t)$, tính sai số xác lập cho hệ trước và sau khi hiệu chỉnh.

3- Vẽ QĐNS cho hệ $K.G_c(s).G(s)$; $\alpha = 7$; T = 0,0139 với $0 \le K \le +\infty$.

Đ.7.3 Một hệ điều khiển tự động rời rạc có sơ đồ khối ở hình 2.



Hình 2

$$G(S)=\frac{1}{S(S+1)};\quad D(z) = K;\quad T = 0,1 \text{ sec và } T = 1 \text{ sec}$$

1- Tính hệ số khuếch đại giới hạn cho hệ trong 2 trường hợp chu kỳ lấy mẫu T thay đổi 0,1 và 1.

2- Vẽ QĐNS với K thay đổi từ 0 đến $+\infty$.

3- Xác định K để hệ có $\xi = 0,8$; $\omega_n = 10$.

Vẽ đáp ứng ra $C(nT)$; $n = 6$; $r(t) = 1(t)$, điều kiện đầu bằng không.

Đ.7.4 Sơ đồ hình 2 với $G(S) = \dfrac{1}{S^2}$; $D(Z) = \dfrac{K(z-1)}{z-0,2}$; $T = 0,1$ sec.

1- Vẽ giản đồ Bode cho hệ chưa hiệu chỉnh và xét ổn định.

2- Tính K để hệ ổn định đạt $\xi = 0,5$; $\omega_n = 10$.

Vẽ đáp ứng ra $C(nt)$; $n = 7$; $r(t) = 1(t)$; điều kiện đầu bằng không.

ĐỀ SỐ 8

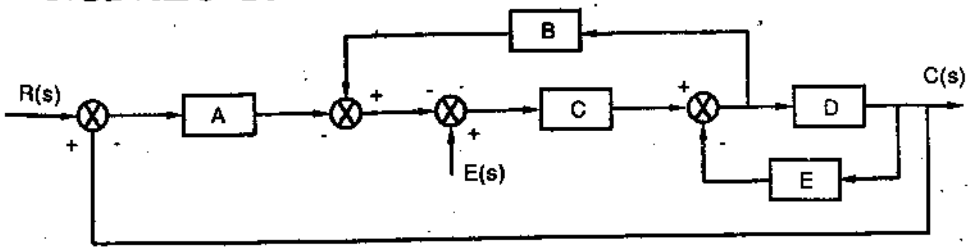
Đ.8.1 Kiểm tra trắc nghiệm:

1- Cho sơ đồ cấu trúc hệ thống hình 1

Hàm truyền đạt G(s) = C(s)/E(s) khi R(s) = 0 là:

a) $\dfrac{-CD}{1-DE+ADC+BC}$ b) $\dfrac{CD}{1+DE-ADC+BC}$ c) $\dfrac{CD}{1+DE+ADC+BC}$

d) $\dfrac{-CD}{1+DE+ADC-BC}$ e) $\dfrac{CD}{1-DE-ADC+BC}$ f) Tất cả đều sai.



Hình 1

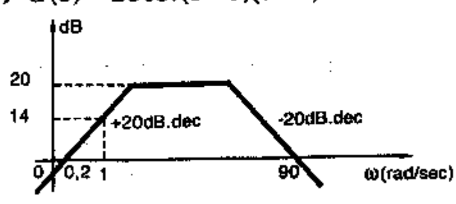
2- Biểu đồ Bode được vẽ trên hình 2.

Hãy chọn hàm truyền đạt tương ứng với biểu đồ đó.

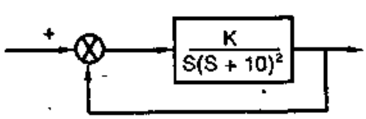
a) $G(s) = 5s/(0,2s+1)(90^{-1}s+1)$ b) $G(s) = 450s/(0,5s+1)(s+90)$

c) $G(s) = 45s/(0,5s+1)(s+9)$ d) $G(s) = 45s/(0,2s+1)(s+10)$

e) $G(s) = 200s/(s+5)(s+8)$ f) Tất cả đều sai



Hình 2



Hình 3

Đ.8.2 Cho hệ thống như hình 3

1- Hãy vẽ QĐNS với $0 \le K < \infty$.

2- Chứng minh hệ thống có 2 nghiệm tại $S = -2,9 \pm j2,9$ khi $\xi = 0,707$. Hãy tìm giá trị K tại các nghiệm này.

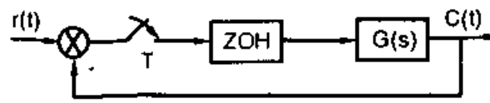
3- Hãy hiệu chỉnh hệ thống để thỏa các điều kiện $K_v = 20$ và $\xi = 0,707$.

Đ.8.3 Một hệ rời rạc có sơ đồ khối ở hình 4.

$$G(S) = \frac{Ka}{S(S+a)} = \frac{0,5}{S(S+0,5)}$$

T = 1sec; $e^{-0,5} = 0,606$

$r(t) = 1(t)$



Hình 4

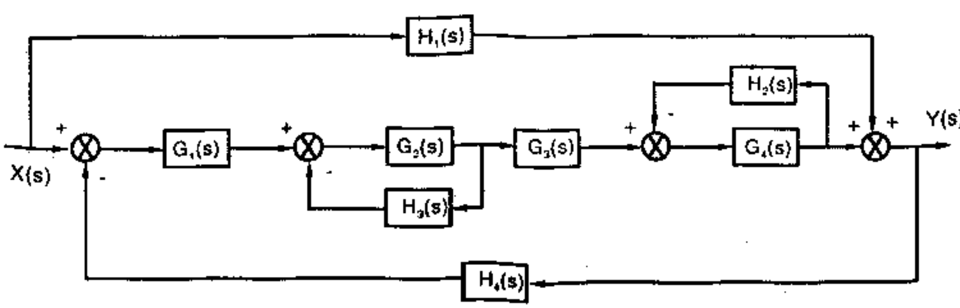
1- Hãy thành lập hệ phương trình biến trạng thái.

2- Tính và vẽ đáp ứng ra $C(nT)$.

3- Xác định độ vọt lố, thời gian xác lập theo tiêu chuẩn 2% và hệ số khuếch đại giới hạn K_{gh}.

ĐỀ SỐ 9

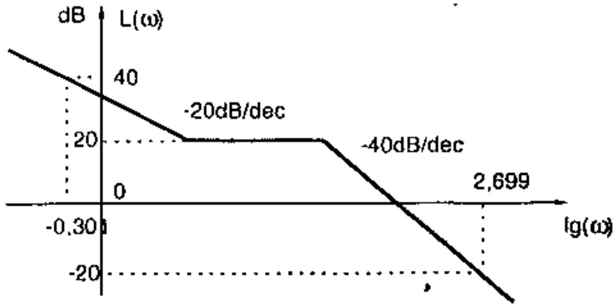
Đ.9.1 Tìm hàm truyền đạt tương đương của hệ thống:



Đ.9.2 a) Vẽ biểu đồ Bode biên độ của hệ thống sau:

$$G(s) = \frac{2(s+1)}{s^2(0,1s+1)(0,25s+2)}$$

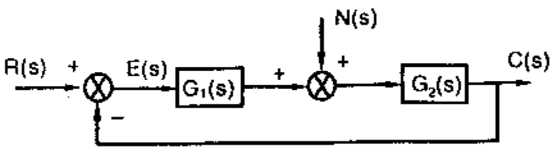
b) Hãy tính hàm truyền đạt tương ứng với biểu đồ Bode $L(\omega)$ cho ở hình sau:



Đ.9.3 Hệ thống điều khiển tự động phản hồi âm một đơn vị có hàm truyền vòng hở *G(s)*: $G(s)=\dfrac{K(s+5)}{(s+1)(s^2+8s+17)}$

Hãy vẽ quỹ đạo nghiệm số với $0 \le K < +\infty$. Biết $s = -6$ là một trong số các nghiệm của $\dfrac{dK}{ds}=0$.

Đ.9.4 Sơ đồ cấu trúc một hệ thống điều khiển tự động được trình bày ở hình sau:



với $G_1(s)=\dfrac{K(s+a)(s+b)}{s}$; $G_2(s)=\dfrac{1}{(s+1)(s+5)}$

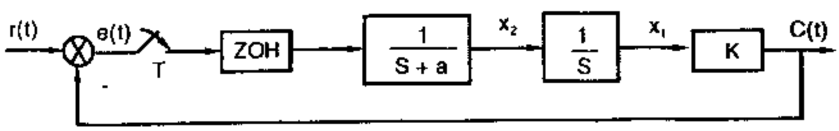
a) Tính hàm truyền đạt $G_1(s)$ sao cho đáp ứng ra đối với nhiễu n(t) là dao động tắt dần với hệ số tắt $\xi = 0{,}6$, tần số dao động tự nhiên $\omega_n = 5$ và có một nghiệm thực $s = -20$.

b) Tính sai số xác lập của hệ thống đối với tín hiệu vào r(t) và tín hiệu nhiễu *n(t)*.

Cho *r(t) = 1(t); n(t) = 1(t)*.

ĐỀ SỐ 10

Đ.10.1 Cho hệ thống ĐKTĐ rời rạc như hình 1.



Hình 1

T = 0,4sec; $a = 5; e^{-aT} = e^{-2} = 0{,}135$; $r(t) = 1(t)$; điều kiện ban đầu bằng không.

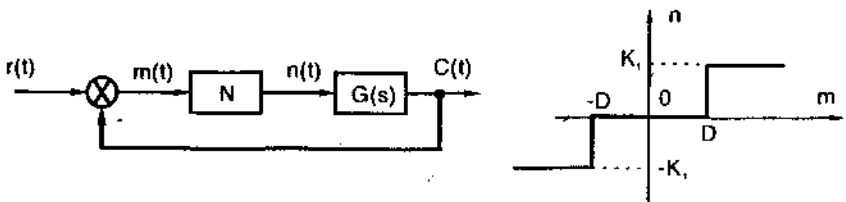
1- Tính hệ số khuếch đại giới hạn.

2- Thành lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ ở hình 1.

3- Tính và vẽ đáp ứng ra $c(nT)$ với $K = 2$; n = 0 ÷ 7.

Đ.10.2 Một hệ phi tuyến có sơ đồ khối ở hình 2.

$$N = \frac{4K_1}{\pi M}\cos\alpha;\ \sin\alpha = \frac{D}{M};\ m(t) = M\sin\omega t;\ K_1 = 9;\ D = 2$$



Hình 2

$$G(s) = \frac{K_2}{S(T_1S+1)(T_2S+1)};\quad \omega_{-\pi} = \frac{1}{\sqrt{T_1T_2}};\quad T_1 = 0{,}1\,\text{sec};\quad T_2 = 0{,}4\,\text{sec}$$

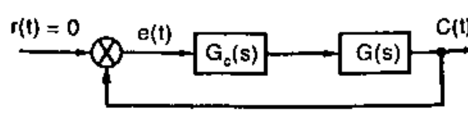
1- Tìm điều kiện ổn định của hệ phi tuyến ở trạng thái cân bằng.

2- Với $K_2 = 6$ tính biên độ và tần số tự dao động.

• *Chú ý:* Sinh viên chọn câu 3a hoặc câu 3b sau:

Đ.10.3a: Sơ đồ khối một hệ thống ĐKTĐ tuyến tính liên tục cho ở hình 3.

$$G(s) = \frac{K}{S(S+3)(S+5)};\ r(t) = t.1(t)$$



Hình 3

1- Vẽ QĐNS cho hệ chưa hiệu chỉnh $0 \le K < +\infty$

2- Với K = 20 hãy xác định thông số của khâu hiệu chỉnh $G_C(s)$ sao cho hệ thỏa cả hai yêu cầu a và b sau:

a) Hệ có cặp nghiệm cực tại $-2 \pm j2$.

b) Và hệ đạt sai số xác lập $e_{x1} = 0{,}05$.

Đ.10.3b Sơ đồ ở hình 3 với $G(s) = \dfrac{20}{S(S+2)}$

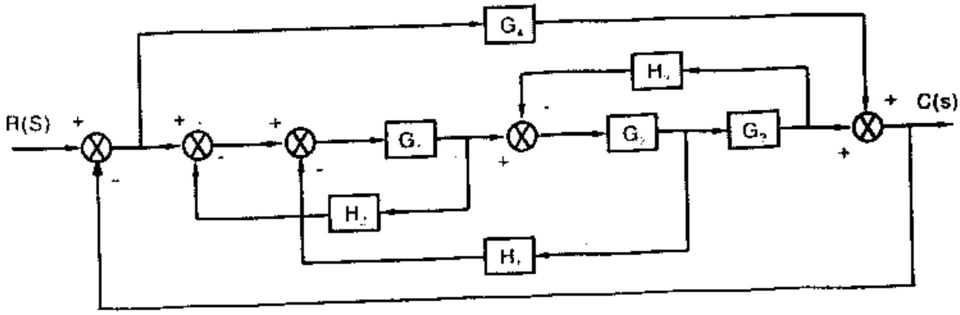
1- Vẽ biểu đồ Bode, tính biên độ và pha dự trữ cho hệ chưa hiệu chỉnh.

2- Tính thông số của khâu hiệu chỉnh $G_C(s)$ để hệ có pha dự trữ là 45°.

3- Với kết quả $G_C(s)$ tính được ở trên, dùng biểu đồ Bode xét ổn định của hệ (H.3). $G_{hở}(S) = G_C(S)\dfrac{20}{S(S+2)}e^{-S}$

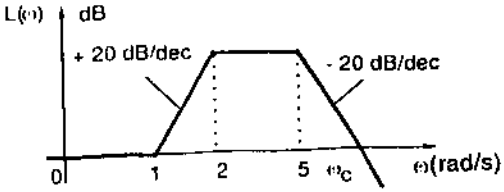
ĐỀ SỐ 11

Đ.11.1 Tìm hàm truyền đạt tương đương của hệ thống:



Đ.11.2 a) Vẽ biểu đồ Bode biên độ của hệ thống sau:

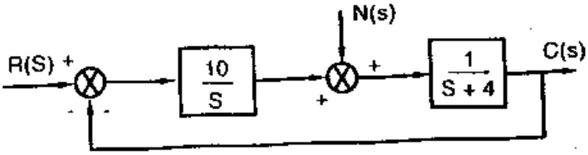
$$G(s) = \frac{10(s+3)}{s(s+2)(s^2+s+2)}e^{-3s}$$



b) - Tìm hàm truyền của hệ thống có biểu đồ Bode biên độ tương ứng.

- Xác định độ dự trữ pha của hệ thống tại ω_c.

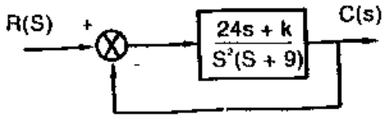
Đ.11.3 a) Tìm độ vọt lố và thời gian xác lập theo tiêu chuẩn 2% khi không có nhiễu.



b) Cho $r(t) = 3t^2 + 6t + 4$ và $n(t) = 1(t)$. Tính sai số xác lập của hệ thống đối với tín hiệu vào r(t) và tín hiệu nhiễu n(t).

Đ.11.4 a) Vẽ QĐNS khi $0 \le K < \infty$.

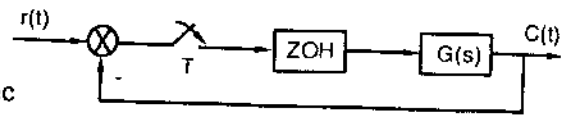
b) Tìm K để hệ thống có tần số



dao động tự nhiên $\omega_n = 1.414$ rad/s và hệ số tắt $\xi = 0,707$.

ĐỀ SỐ 12

Đ.12.1 $G(s) = \dfrac{K}{(s+a)(s+b)}$



Hình 1

$a = 10$; $b = 1$; $T = 0,1$sec

$e^{-aT} = 0.3679$; $e^{-bT} = 0.9048$

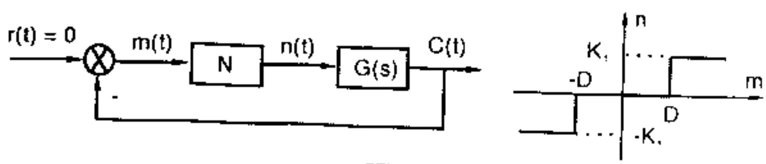
$K = 100$; $r(t) = 1(t)$

1- Tìm hàm truyền đạt hệ hở $G(z)$

2- Xét ổn định hệ rời rạc.

3- Tính và vẽ đáp ứng ra $C(nT)$; $n = \overline{0,6}$

Đ.12.2 Một hệ phi tuyến có sơ đồ khối ở hình 2



Hình 2

$N = \dfrac{4K_1}{\pi M}\cos\alpha$; $Sin\alpha = \dfrac{D}{M}$

$m(t) = MSin\omega t$; $K_1 = 10$; $D = 2$

$G(s) = \dfrac{K_2}{s(T_1 s+1)^2(T_2 s+1)}$; $T_1 = 0.02$sec ; $T_2 = 1$sec

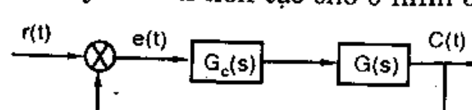
$\omega_{-\pi}^2 = \dfrac{1}{T_1^2 + 2T_1T_2}$

1- Tìm điều kiện ổn định của hệ phi tuyến ở trạng thái cân bằng.

2- Với $K_2 = 10$ tính biên độ và tần số dao động.

Đ.12.3 Sơ đồ khối một hệ thống ĐKTĐ tuyến tính liên tục cho ở hình 3.

$G(s) = \dfrac{K}{s(s+4)(s+6)}$



Hình 3

1- Vẽ QĐNS cho hệ chưa

hiệu chỉnh $0 \le K \le +\infty$.

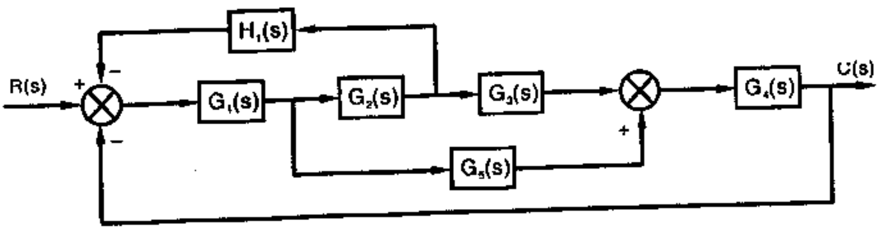
2- Với $K = 30$ hãy xác định thông số của khâu hiệu chỉnh $G_c(s)$ sao cho hệ thỏa cả hai yêu cầu a và b sau:

a) Độ vọt lố $\sigma\% = 16{,}3\%$ (POT) và thời gian xác lập theo tiêu chuẩn 2%, $r(t) = 1(t)$; $T_s = \frac{4}{3}\sec$ $(S_{1,2} = -3 \pm j3\sqrt{3})$

b) Sai số xác lập $e_{xl} = 0{,}02$ khi $r(t) = t.1(t)$

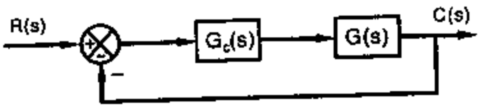
ĐỀ SỐ 13

Đ.13.1 Tìm hàm truyền của hệ thống sau:



Đ.13.2 Cho hệ thống

trong đó: $G(s) = \dfrac{K}{s(s+2)(s+4)}$



a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số của hệ khi $G_c(s) = 1$ và $K = 0 \to \infty$

b) Cho $K = 5$, hãy thiết kế khâu hiệu chỉnh $G_c(s)$ sao cho hệ kín có một cặp nghiệm phức tại $s = -2 \pm 2j$.

Đ.13.3 Cho hệ thống rời rạc

trong đó:

$G(z) = \dfrac{0{,}0632}{z - 0{,}3679}$; $K > 0$.

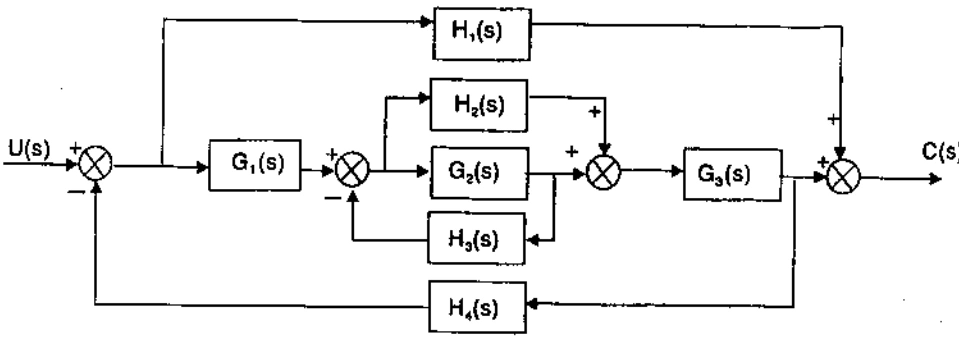
a) Xác định hệ số khuếch đại giới hạn K_{gh}

b) Khi $K = 10$, và tín hiệu vào là hàm nấc đơn vị

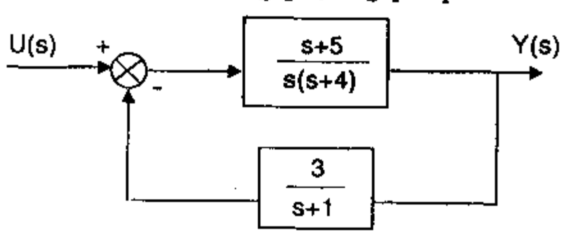
- Tính và vẽ đáp ứng $c(nT)$ của hệ thống (với $n = 0, 1, 2, \ldots 7$)
- Tính độ vọt lố của đáp ứng quá độ và sai số xác lập của hệ

ĐỀ SỐ 14

Đ.14.1 Tìm hàm truyền đạt tương đương của hệ thống:



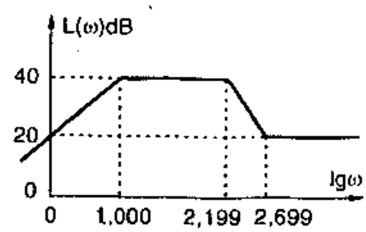
Đ.14.2 Mô tả hệ thống sau bằng phương pháp biến trạng thái:



Đ.14.3 a) Vẽ biểu đồ Bode theo biên độ (vẽ gần đúng) của hàm truyền sau:

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

b) Tìm hàm truyền có biểu đồ Bode theo biên độ như sau (ω: rad/sec).



Đ.14.4 Cho hệ thống hồi tiếp âm một đơn vị có hàm truyền vòng hở như sau: $G(s) = \dfrac{K(s+3)}{s^2(s+6)(s+4)}$

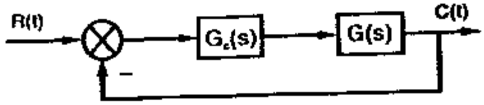
a) Vẽ quỹ đạo nghiệm số (QĐNS) của hệ thống, xác định K_{gh} và giao điểm QĐNS với trục ảo.

b) Dựa vào QĐNS hãy nhận xét về các nghiệm của phương trình đặc tính khi K thay đổi.

ĐỀ SỐ 15

Đ.15.1 Cho sơ đồ khối của một hệ thống ĐKTĐ như hình 1

$$G(s)=\frac{K}{s(s+2)(s+8)}$$



Hình 1

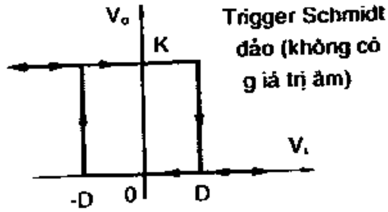
1- Vẽ QĐNS cho hệ chưa hiệu chỉnh $0 \le K < +\infty$.

2- Tính $G_c(s)$ sao cho hệ có nghiệm tại $-2 \pm j2\sqrt{3}$ (với $K = 1$) và $K_V = 60$.

Đ.15.2 Hệ đã cho ở hình 1 với $G(s)=\dfrac{10}{s(s+4)}$. Hãy tính $G_c(s)=K_c\dfrac{\alpha Ts+1}{Ts+1}$ với $\alpha > 1$ sao cho hệ thống đạt độ dự trữ pha $\Delta\varphi_M \ge 60^0$, $K_V = 20$ và tần số cắt

$$\omega_c^* = 5\sqrt{8} = \omega_{max} \quad (\Phi_{max} = 51^0)$$

Đ.15.3 Tính hệ số khuếch đại phức của bộ điều khiển On-Off lò nhiệt có đặc tính vào ra cho ở hình 2.

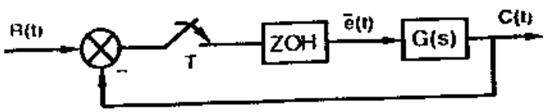


Hình 2

Đ.15.4 Hệ rời rạc cho ở hình 3

$$G(s)=\frac{Ke^{-Ts}}{1+T_1 s}\,;\ T = 0{,}1 \text{ sec}$$

$T_1 = 1.5$sec



Hình 3

$K = 10$; $e^{-1/15} = 0{,}94$; $e^{-Ts} = Z^{-1}$

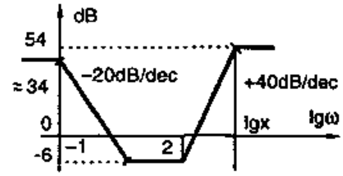
1- Xét ổn định và tính ξ và ω_n cho hệ rời rạc

2- $r(t) = t.1(t)$. Vẽ $c(nT)$ và $\bar{e}(t)$; $n = 0..10$

3- Hãy tính K_{gh} cho hệ liên tục và rời rạc

Biết rằng ở miền tần số thấp $e^{-j\omega T} \cong 1 - j\omega T$

ĐỀ SỐ 16



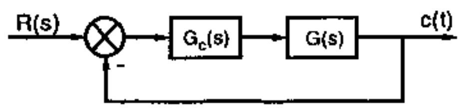
Hình 1

Đ.16.1 **1-** Tìm hàm truyền cho hệ có biểu đồ Bode ở hình 1

2- Vẽ biểu đồ Bode biên độ cho hệ sau:

$$G(S) = \frac{100(S+1)(10S+1)}{S^2(S+10)(S^2+20S+200)}$$

Đ.16.2 Cho sơ đồ khối của một hệ thống ĐKTĐ như hình 2



Hình 2

$$G(S) = \frac{K}{S(S+4)(S+10)};\ r(t) = t.1(t)$$

1- Vẽ QĐNS cho hệ chưa hiệu chỉnh $0 \le K < +\infty$.

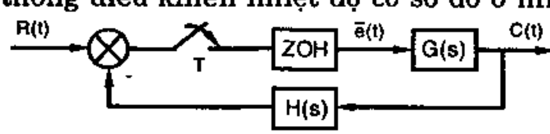
2- Với $K = 40$ hãy tính khâu hiệu chỉnh $G_c(s)$ cho hệ thỏa cả hai yêu cầu a và b sau đây:

a) Hệ số tắt $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$ tần số dao động tự nhiên $\omega_n = 3\sqrt{2}$

b) Sai số xác lập $e_{xl} = 0,04$

3- Vẽ gần đúng QĐNS của hệ sau khi đã hiệu chỉnh với $0 \le K < +\infty$.

Đ.16.3 Một hệ thống điều khiển nhiệt độ có sơ đồ ở hình 3



Hình 3

$$G(s) = \frac{Ke^{-T_1S}}{1+T_2S};\ T = 0{,}1\text{sec};\ T_1 = 0{,}3\text{sec};\ K = 100;\ e^{-1/15} = 0{,}94$$

$T_2 = 1{,}5$ sec; $H(s) = 0{,}04$; $e^{-T_1S} = e^{-0.3S} = Z^{-3}$

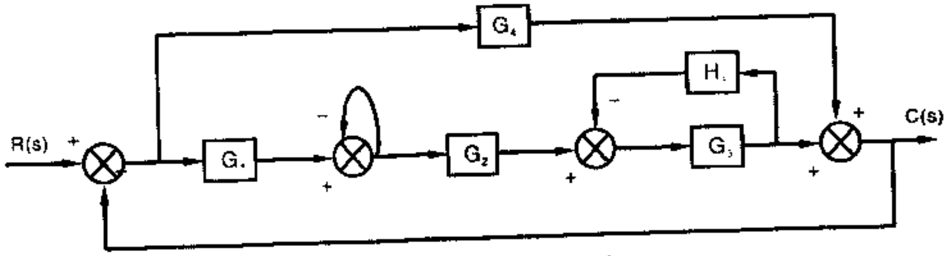
Tầm đo max $200^\circ C$; r(t) = 8.1(t)

1- Xét ổn định và tính sai số xác lập cho hệ rời rạc

2- Tính và vẽ $C(nT)$ và $\bar{e}(t)$; $n = \overline{0,10}$.

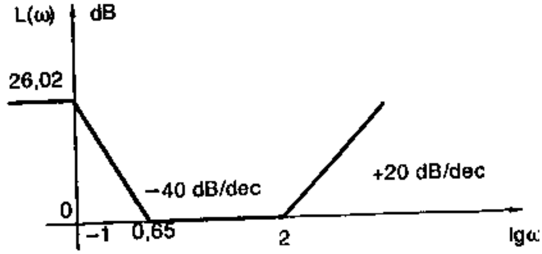
ĐỀ SỐ 17

Đ.17.1 Tìm hàm truyền đạt tương đương của hệ thống:



Đ.17.2 **a)** Vẽ biểu đồ Bode biên độ của hệ thống sau:

$$G(s) = \frac{50000(s+1)}{s(s+10)(s^2+10s+100)}$$

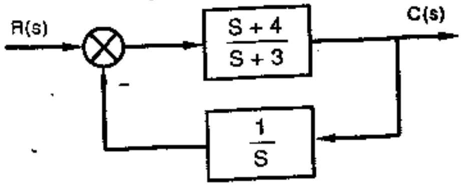


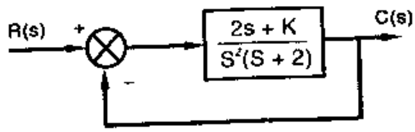
b) Tìm hàm truyền của hệ thống có biểu đồ Bode biên độ tương ứng.

Đ.17.3 **1-** Mô tả hệ thống bằng phương pháp biến trạng thái.

2- Tính ma trận quá độ $\Phi(t)$.

Điều kiện ban đầu bằng 0.



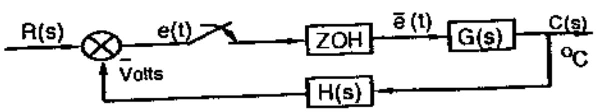


Đ.17.4 Hãy vẽ QĐNS của hệ thống khi $0 \le K < \infty$

ĐỀ SỐ 18

Đ.18.1 Một hệ thống điều khiển nhiệt độ có sơ đồ ở hình 1

$$G(s) = \frac{Ke^{T_1 S}}{1+T_2 S}$$



Hình 1

$T = 0{,}1$ sec; $K = 100$

$T_1 = 0{,}3$ sec

$T_2 = 1{,}5$ sec; $H(s) = 0{,}04$

Tầm đo max $200°C$; $[r(t) = 8.1(t)]$

1- Xét ổn định hệ liên tục gồm: $G(s)$ và $H(s)$.

2- Xác định hàm truyền $G(z)$, tính giá trị xác lập của đáp ứng ra và của sai số cho hệ rời rạc.

Đ.18.2 Tính biên độ và tần số tự dao động cho hệ thống hình 2.

Biết rằng $\omega_{-\pi} = \sqrt{2}$

Đ.18.3 Một hệ thống điều khiển tự động có hàm truyền đối tượng

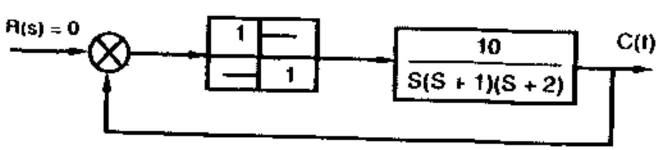
$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{10}{(S+1)(S+2)(S+3)}$$

Hãy dùng phương pháp biến trạng thái xác định luật điều khiển $U = -Kx$ sao cho hệ có $\xi = 0{,}5$; $\omega_n = 4$ và 1 nghiệm -10.

Đặt $y = x_1$; $x_2 = \dot{x}_1$; $x_3 = \dot{x}_2$; $\dot{x} = Ax + BU = (A - BK)x = A_K x$

Phương trình đặc trưng $\det(\lambda I - A_K) = 0$

$$U = -Kx = -K_1x_1 - K_2x_2 - K_3x_3$$



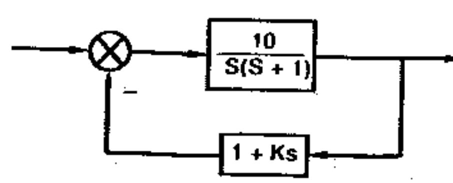
Hình 2

ĐỀ SỐ 19

Đ.19.1 cho một hệ thống ở hình 1.

1- Vẽ QĐNS $0 \le K < +\infty$ và xét ổn định.

2- Tính giá trị K để hệ kín có $\xi = 0{,}7$ và $\omega_n = 3{,}163$

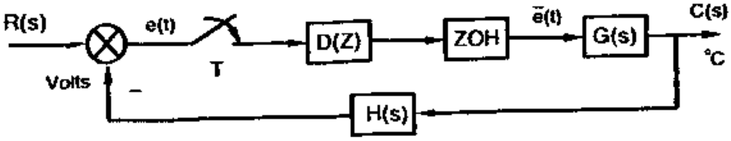


Hình 1

Đ.19.2 1- Vẽ Bode biên độ cho $G(s) = \dfrac{20(S+1)}{S(S+5)(S^2+2S+10)}$

2- Hãy tính độ dự trữ pha và biên độ cho hệ trên. Biết rằng $\omega_c = 0{,}4$ và $\omega_{-\pi} = 4$ rad/sec.

Đ.19.3 Một hệ thống điều khiển nhiệt độ có sơ đồ hình 2.



Hình 2

$G(s)=\dfrac{Ke^{-T_1S}}{1+T_2S}$; $T = 0{,}1$ sec; $T_1 = 0{,}3$ sec; $T_2 = 1{,}5$ sec; $K = 100$;

$H(s) = 0{,}04$. Tầm đo max 200°C $[r(t) = 8.1(t)]$; $e^{-T_1S} = e^{-3TS} = z^{-3}$

1- Tìm hàm truyền $G(z)$.

2- Tính và vẽ $C(nT)$ và $\bar{e}(t)$, $n=\overline{0,9}$.

3- Thiết kế $D(z)$ sao cho hệ thống có hệ số tắt $\xi = 0.707$, sai số xác lập bằng 0 và $\omega_n = 5\sqrt{2}$.

ĐỀ SỐ 20

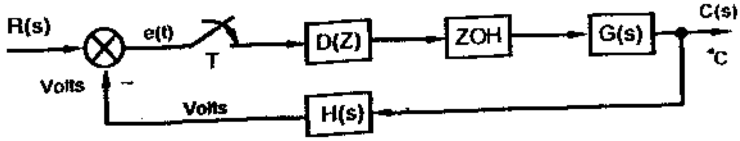
Đ.20.1 Một hệ thống điều khiển nhiệt độ có sơ đồ như hình vẽ:

$G(S)=\dfrac{10}{10S+1}$; $H(S) = 0{,}05$; $T = 2$ sec; tầm đo max 100° C

1- $D(z) = 1$. Tính hàm truyền đạt $G(z)$ cho hệ hở.

2- $D(z) = K$. Tìm K từ điều kiện sai số xác lập là 4%.

3- Tính thông số các khâu hiệu chỉnh $D(z)$ để hệ đạt sai số xác lập bằng không và có $\xi = 0{,}5$ và $\omega_n = 2$.



Hình 1

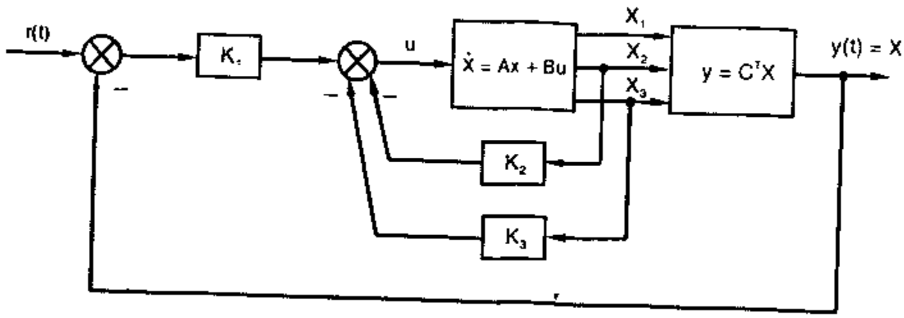
Đ.20.2 cho hàm truyền hở $G(z)$ của một hệ rời rạc hồi tiếp âm có luật điều khiển: $u(i) = -Kx(i)$

$$\frac{Y(z)}{U(z)} = G(z) = 0.4\cdot\frac{z+1}{(z-1)^2};\ K=\begin{bmatrix}K_1 & 0\\ 0 & K_1\end{bmatrix};\ x=\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}$$

1- Thành lập hệ phương trình trạng thái cho hệ.

2- Tính K_1 và K_2 để hệ kín có phương trình đặc trưng mong muốn bằng $z^2 - 1{,}62z + 0{,}665$.

3- Tính ξ và ω_n.



Hình 2

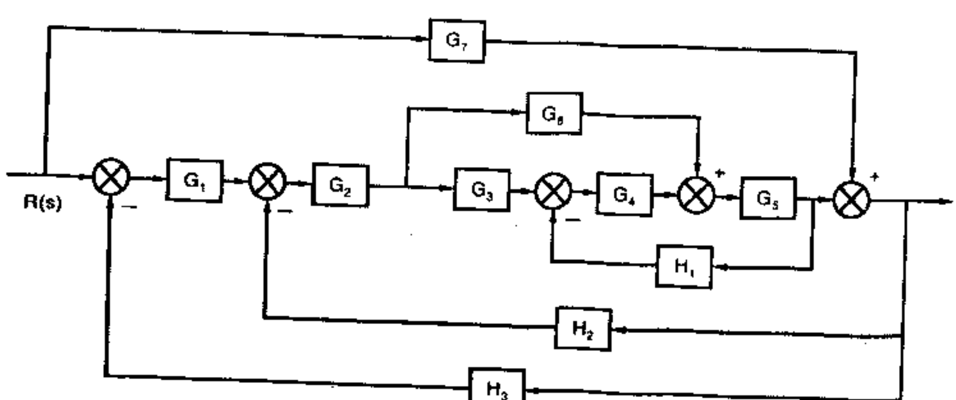
Đ.20.3 Cho $\dfrac{Y(S)}{U(S)} = \dfrac{1}{S(S+1)(S+2)}$. Yêu cầu hệ kín có cặp nghiệm quyết định $-2 \pm j3{,}464$ và một nghiệm -10.

1- Lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ theo sơ đồ hình 2.

2- Xác định ma trận K thỏa yêu cầu thiết kế.

ĐỀ SỐ 21

Đ.21.1 Tính hàm truyền tương đương $G_{td}(s) = C(s)/R(s)$ cho hệ thống sau đây:



Đ.21.2 Một hệ ĐKTĐ phản hồi âm một đơn vị có hàm truyền hở

$$G(s) = \frac{K}{S(S+1)(S^2+4S+13)}$$

1- Tính hệ số khuếch đại giới hạn (K_{gh}) cho hệ kín.

2- Vẽ quỹ đạo nghiệm số $0 \le K < +\infty$. Biết rằng $\dfrac{dK}{dS} = 0$

tại s = -0,467.

Xác định tung độ của giao điểm QĐNS với trục ảo.

Đ.21.3 Hàm truyền hệ hở

$$G(z) = \frac{K.e^{-TS}}{S(S+1)}; \quad K = 10$$

1- T = 0,05 sec hãy xét ổn định của hệ kín phản hồi âm một đơn vị.

2- Tính T giới hạn (T_{gh}) và vẽ biểu đồ Bode biên độ và pha cho hệ có $T = T_{gh}$.

Đ.21.4 Hàm truyền hệ kín

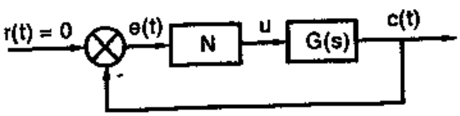
$$G_K(S) = \frac{S^2+9S+5}{(S+1)(S^2+7S+6)} = \frac{C(S)}{R(S)}$$

1- Thành lập hệ phương trình biến trạng thái.

2- Tính ma trận quá độ $\Phi(t)$.

ĐỀ SỐ 22

Đ.22.1 Tính biên độ và tần số dao động của hệ ở hình 1 với đặc tính phi tuyến



Hình 1

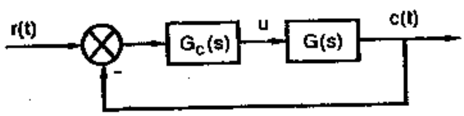
$$u = [e(t)]^3; \; G(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

Đ.22.2 Thiết kế khâu hiệu chỉnh sớm pha $G_c(s)$ cho hệ hình 2 sao cho hệ có:

$K_v = 4\,\mathrm{sec}^{-1}$; $\Phi M = \Delta\varphi_M = 45^o$

$GM = \Delta L_M \ge 8dB$

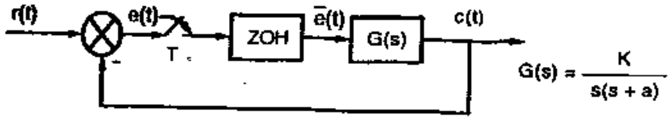
$$G(s) = \frac{1}{s(0,1s+1)(s+1)}$$



Hình 2

* Vẽ giản đồ Bode lên mặt sau của đề thi

Đ.22.3 Một hệ rời rạc có sơ đồ hình 3:



Hình 3

$K = 40$; $a = 6$; $T = 0,1$ sec; $e^{-aT} = 0,5488$

1- Tính và vẽ đáp ứng ra C(nT); $n = \overline{0\,;7}$ với $r(t) = 1(t)$, điều kiện ban đầu bằng không.

2- Xác định độ vọt lố, hệ số tắt, tần số dao động tự nhiên và thời gian quá độ theo tiêu chuẩn 2%.

Chú ý: **Thí sinh chọn câu 4a hoặc 4b sau đây:**

Đ.22.4a Một hệ thống có hàm truyền đối tượng

$$G(s) = \frac{s^2+5s+3}{(s+1)(s+3)(s+5)} = \frac{C(s)}{U(s)};\quad u = -K_1x_1(t) - K_2x_2(t) - K_3x_3(t)$$

1- Đặt $c(t) = 3x_1(t) + 5x_2(t) + x_3(t)$. Hãy thành lập hệ phương trình biến trạng thái theo phương pháp tọa độ pha.

2- Tính K_1, K_2, K_3 để hệ kín có cặp nghiệm phức tại $S_{1,2} = -5 \pm j5\sqrt{3}$ và $S_3 = -10$.

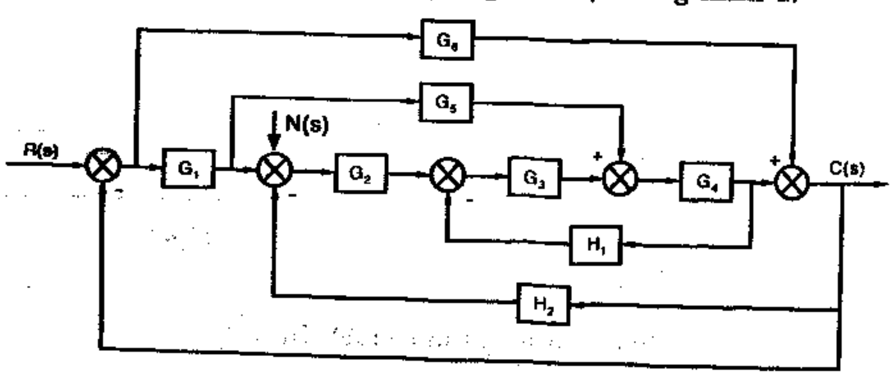
Đ.22.4b Hệ thống cho ở hình 2 có hàm truyền: $G(s) = \dfrac{10}{s(s+4)}$

1- $G_c(s) = K$, vẽ QĐNS $0 \le K \le +\infty$

2- Thiết kế khâu hiệu chỉnh trễ pha $G_c(s)$ sao cho hệ có $K_v = 50$ sec^{-1} và vẫn giữ nguyên cặp nghiệm phức $S_{1,2} = -2 \pm j\sqrt{6}$ như trước khi hiệu chỉnh $[G_c(s) = 1]$

ĐỀ SỐ 23

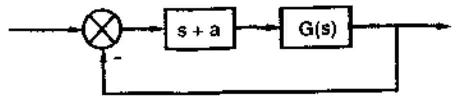
Đ.23.1 Tìm hàm truyền đạt tương ứng của hệ thống hình 1.



Hình 1

Đ.23.2 Xét một hệ thống có sơ đồ cấu trúc như ở hình 2.

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



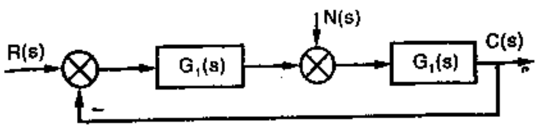
Hình 2

1- Vẽ QĐNS $0 \le a < \infty$

2- Tính a tại nghiệm cực bằng – 0,5

Đ.23.3 Cho sơ đồ khối một hệ thống ở hình 3

$$G_1(s) = K_p + \frac{K_1}{S} + K_D S; \quad G_2(s) = \frac{10}{(S+2)(S+5)}$$



Hình 3

1- Tìm hàm truyền đạt

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

Tính thông số K_p, K_I, K_D của khâu hiệu chỉnh $G_1(s)$ sao cho đáp ứng ra với nhiễu $n(t)$ là dao động tắt dần có hệ số tắt ξ, tần số dao động tự nhiên ω_n và một nghiệm cực thực bằng –10

$$\xi = \sqrt{2}/2; \quad \omega_n = 3\sqrt{2}$$

2- Tính sai số xác lập e_{xl} của hệ đối với tín hiệu vào $r(t)$ và tín hiệu nhiễu $n(t)$. Cho $r(t) = t.1(t)$, $n(t) = 1(t)$.

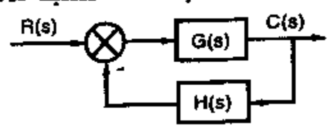
Phần tự chọn: Sinh viên chọn 1 trong 2 câu sau:

Đ.23.4a Vẽ Bode biên độ, Bode pha và xét ổn định cho hệ hình 4

$$G(s) = \frac{K.e^{-T_1 S}}{S(T_2 S+1)}$$

$H(s) = 0{,}04$, $K = 100$

$T_1 = 0{,}1$ sec, $T_2 = 1{,}5$ sec



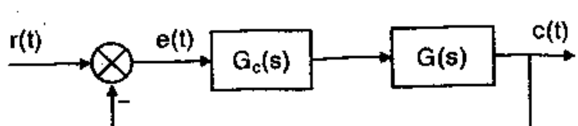
Hình 4

Đ.23.4b Thành lập hệ phương trình biến trạng thái và tính ma trận quá độ $\Phi(t)$ cho hệ hình 4

$$G(s) = \frac{S+\frac{5}{4}}{S(S+5)} \qquad H(S) = \frac{4S}{S+3}$$

ĐỀ SỐ 24

Đ.24.1 Thiết kế khâu hiệu chỉnh sớm pha $G_c(s)$ cho hệ hình 1 đạt



Hình 1

độ dự trữ pha là 45°, độ dự trữ biên độ không nhỏ hơn 8 dB và hệ số vận tốc $K_v = 10\ sec^{-1}$.

$$G(s) = \frac{K}{s(s+a)(s+b)}; \quad K = 500; \quad a = 5; \quad b = 50$$

Đ.24.2 Một hệ thống điều khiển nhiệt độ có sơ đồ như ở hình 2.

$$G(s) = K\frac{e^{-T_1 s}}{s(T_2 s+1)}$$

$T = 0{,}1$ sec

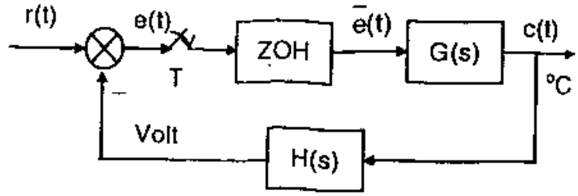
$H(s) = 0{,}05$; $K = 400$

$T_1 = 0{,}4$ sec; $T_2 = 4$ sec

Tầm đo max 200°C

$r(t) = 10.1(t)$ V

$$e^{-\frac{T}{T_2}} = e^{-0.025} = 0{,}975$$

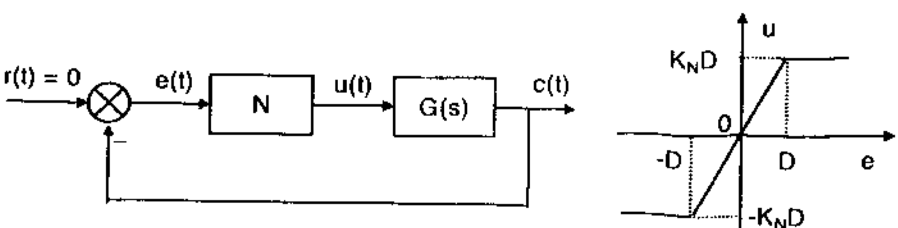


Hình 2

1- Tìm hàm truyền hở G(Z) của hệ rời rạc

2- Tính sai số xác lập và vẽ đáp ứng ra $C(nT)$ cho hệ $n = \overline{0;10}$

Đ.24.3 một hệ ĐKTĐ hình 3 gồm một khâu phi tuyến bão hòa và một khâu tuyến tính có hàm truyền $G(s)$



Hình 3

$e(t) = M \sin \omega t$

$$G(s) = \frac{K}{s(T_1 s+1)(T_2 s+1)} \qquad T_1 = 0{,}1\text{sec} \quad T_2 = 10\text{sec}$$

1- Chứng minh rằng hàm mô tả của khâu bão hòa có dạng

$$N = \frac{2K_N}{\pi}\left[\arcsin\frac{D}{M} + \frac{D}{M}\sqrt{1-\left(\frac{D}{M}\right)^2}\right] \text{ Điều kiện } M \ge D$$

2- Cho $D = 1$, $K_N = 5$. Tìm điều kiện của K để hệ phi tuyến ổn định ở trạng thái cân bằng.

Đ.24.4a Xét hệ hình 1 có hàm truyền G(s)

$$G(s) = \frac{K}{S(S+)(S+11)}$$

1- $G_C(S) = 1$. Vẽ QĐNS $0 \le K < +\infty$

2- Với K = 60 thiết kế khâu hiệu chỉnh $G_C(S)$ sao cho hệ có hệ số tắt bằng 0,5 và tần số dao động tự nhiện bằng 5.

Đ.24.4b Một hệ thống có hàm truyền đối tượng

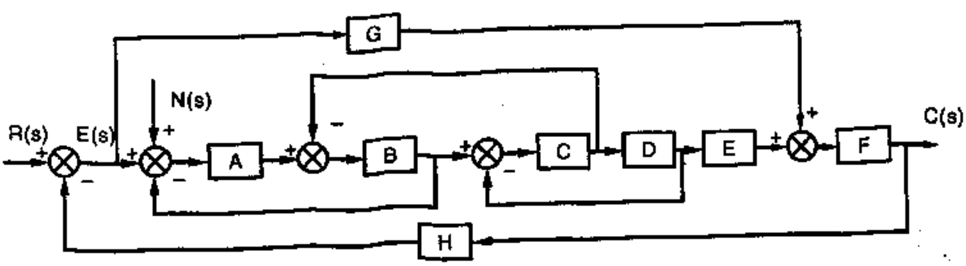
$$G(s) = \frac{S^2+7}{3S^3+7S^2+11S+13} = \frac{C(S)}{U(S)}$$

$$U = K_1X_1 - K_2X_2 - K_3X_3$$

Hãy xác định K_1, K_2, K_3 để hệ kín có 01 nghiệm cực tại –7, hệ số tắt $\xi = \frac{\sqrt{2}}{2}$ và tần số dao động tự nhiên $\omega_n = 2\sqrt{2}$.

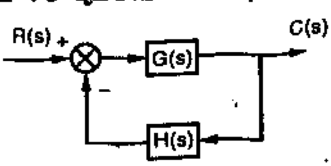
ĐỀ SỐ 25

Đ.25.1 Tính $\left.\frac{C(s)}{R(s)}\right|_{N(s)=0}$, $\left.\frac{C(s)}{E(s)}\right|_{N(s)=0}$ và $\left.\frac{C(s)}{N(s)}\right|_{R(s)=0}$ cho hệ thống ở hình 1:



Hình 1

Đ.25.2 Vẽ QĐNS cho hệ hình 2 với $0 \le K < \infty$



$$G(s) = \frac{2 \cdot 5}{s^2(s+3)} \qquad H(s) = K + 3{,}4s$$

Hình 2

Đ.25.3

1- Thành lập hệ phương trình trạng thái cho hệ ở hình 2 với

$$G(s) = \frac{K(s+2)}{s(1+Ts)(1+2s)} \qquad H(s) = 1, K > 0, T > 0$$

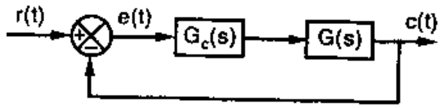
2- Dùng phương pháp không gian trạng thái tìm điều kiện ổn định cho hệ trên

Đ.25.4 Cho hệ thống hình 2 với $G(s) = \frac{K(s+a)e^{-as}}{s^2(s+b)}$ $H(s) = 0,2$ $a = 0,1$ $b = 10$

Vẽ Bode biên độ, Bode pha lên trang sau để thi và xét ổn định cho hệ kín trong 2 trường hợp $K = 500$ và $K = 100$

ĐỀ SỐ 26

Đ.26.1 Xét hệ thống điều khiển ở hình 1



$$G(s) = \frac{K}{s(s^2 + 10s + 26)}$$

$r(t) = t.1(t)$

Hình 1

1- Cho $G_c(s) = 1$. Vẽ QĐNS khi $0 \le K < +\infty$.

2- Cho $K = 15$. Thiết kế khâu hiệu chỉnh $G_c(s)$ thỏa 2 điều kiện a và b sau:

a) Hệ kín có cặp cực phức có hệ số tắt $\xi = \frac{\sqrt{2}}{2}$ và tần số dao động tự nhiên $\omega_n = 3\sqrt{2}$.

b) Sai số xác lập đạt 5%

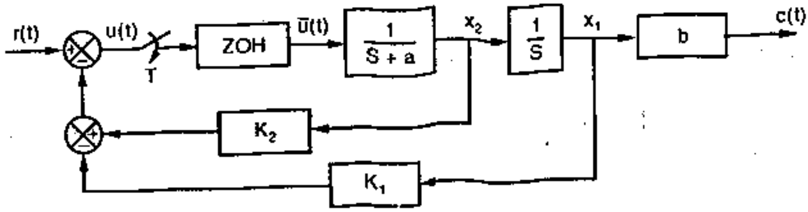
Đ.26.2 Đối tượng điều khiển của hệ thống ở sơ đồ hình 1 có hàm truyền:

$$G(s) = \frac{K(s+b)e^{-as}}{s(s+a)(s+c)} \qquad K = 24;\ a = 0,3 \quad b = 3;\ c = 80$$

1- Vẽ biểu đồ Bode biên độ, biểu đồ Bode pha và xét ổn định khi $G_c(s) = 1$.

2- Thiết kế khâu hiệu chỉnh trễ pha $G_c(s)$ sao cho hệ thống có độ dự trữ pha $\Phi M \ge 30^o$; hệ số vận tốc Kv = 30.

Đ.26.3 Cho hệ thống ĐKTĐ rời rạc ở hình 2.



Hình 2

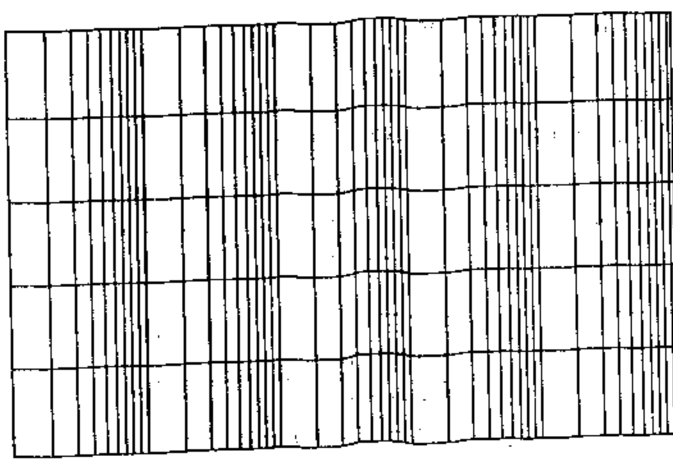
$T = 0{,}4$ *sec*; $a = 3$; $b = 20$; $e^{-aT} = 0{,}301$.

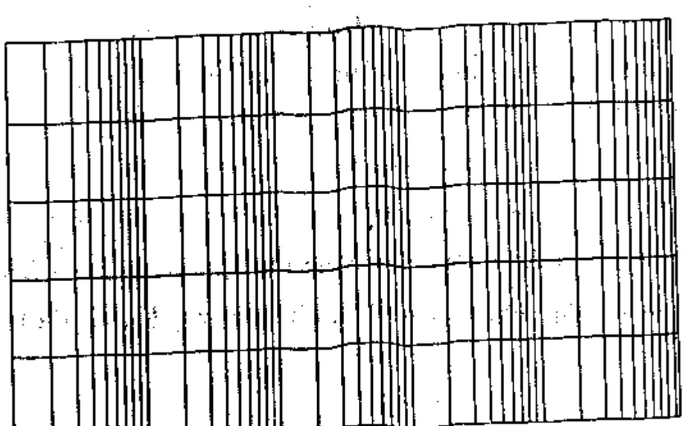
1- Thành lập hệ phương trình biến trạng thái cho hệ rời rạc ở trạng thái hở với tín hiệu vào u và tín hiệu ra c.

2- Với $u(t) = r(t) - Kx = r(t) - K_1x_1 - K_2x_2$. Hãy tính K_1, K_2 để hệ có nghiệm cực tại 0,5 và 0,7.

3- $r(t) = 1(t)$ điều kiện ban đầu bằng không.

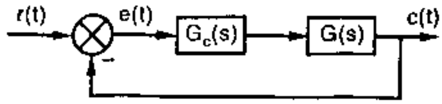
Tính và vẽ $c(nT)$ với K_1, K_2 đã biết ở mục 2, $n = \overline{0,6}$





ĐỀ SỐ 27

Đ.27.1 Xét một hệ thống ở hình 1 với hàm truyền đối tượng điều khiển là G(s)



$$G(s) = \frac{K(s+a)e^{-as}}{s(s+b)(s+c)}$$

$a = 0{,}1;\ b = 1;\ c = 10$

Hình 1

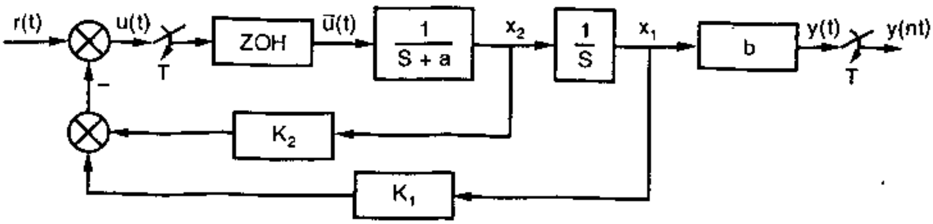
1- $G_c(s) = 1$. Vẽ Bode biên độ, Bode pha và xét ổn định cho hệ kín trong hai trường hợp sau:

a) $K = 100$

b) $K = 20$

2- Hãy thiết kế khâu hiệu chỉnh $G_c(s)$ sao cho với $K = 100$ hệ kín ổn định có độ dữ trữ pha $\Phi M \geq 45^o$; $GM \geq 8dB$; $K_v = 10$.

Đ.27.2 Một hệ thống rời rạc cho ở hình 2.



$a = 5$; $b = 30$; $T = 0{,}2\text{sec}$; $e^{-aT} = 0{,}368$

Hình 2

1- Thành lập hệ phương trình trạng thái cho hệ rời rạc ở trạng thái hở với tín hiệu vào u và tín hiệu ra y.

2- $r(t) = 0$; $u(t) = -K_1X_1 - K_2X_2$.

Tính K_1, K_2 để hệ có nghiệm cực phức tại $0{,}5 \pm j0{,}8$.

3- $r(t) = 1(t)$ điều kiện ban đầu bằng không; $u(t) = 1(t) - K_1X_1 - K_2X_2$.

Tính và vẽ đáp ứng ra $y(nT)$ cho hệ kín với K_1, K_2 đã tính ở mục 2, $n = \overline{0;5}$

ĐỀ SỐ 28

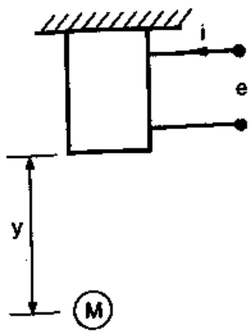
Đ.28.1 Cho hệ thống treo banh thép bằng từ ở hình 1. Vị trí *y(t)* của banh được duy trì bằng cách thay đổi dòng điện *i(t)* vào cuộn dây nam châm điện. Các thông số của hệ thống như sau: *e(t)* điện áp đặt vào cuộn dây; *i(t)* dòng cuộn dây; *R, L* lần lượt điện trở và điện cảm cuộn dây; *M* trọng khối banh; g gia tốc trọng trường. Lực hút của nam châm lên banh là $\frac{i^2(t)}{y(t)}$.

a) Chứng minh phương trình vi phân của hệ thống là

$$M\frac{d^2y(t)}{dt^2} = Mg - \frac{i^2(t)}{y(t)}$$

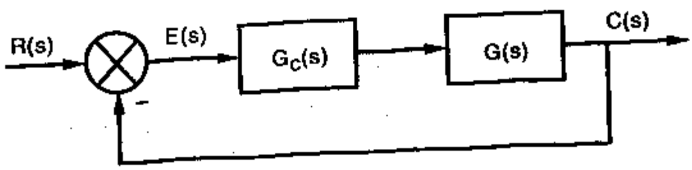
$$e(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt}$$

b) Tuyến tính hóa quanh điểm $y_o = const$ và $i_o = \sqrt{Mgy_o}$, $y = y_o + \Delta y$, $i = i_o + \Delta i$, xây dựng phương trình trạng thái với ba biến trạng thái $x_1 = \Delta y, x_2 = dx_1/dt, x_3 = \Delta i$



Hình 1

Đ.28.2 Một hệ thống điều khiển có sơ đồ hình 2



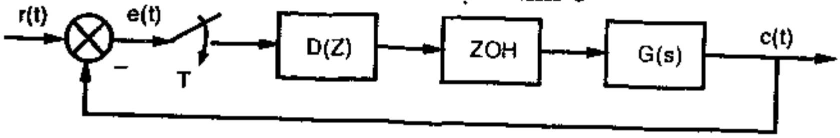
Hình 2

$$G(s)=\frac{100(10s+1)e^{-0.1s}}{s(s+1)\left(s^2+10s+100\right)}$$

a) $G_C(s) = 1$. Vẽ biểu đồ Bode biên độ, Bode pha và xét ổn định hệ kín

b) Hãy thiết kế khâu hiệu chỉnh $G_C(s)$ sao cho hệ kín ổn định có dự trữ pha $\Phi M \geq 30^o$, dự trữ biên $GM \geq 6dB$ và hệ số vận tốc $K_V = 10$.

Đ.28.3 Cho hệ thống điều khiển rời rạc hình 3



Hình 3

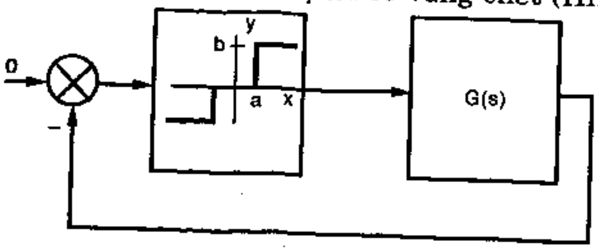
$$T = 0{,}2\ sec;\ G(s)=K\frac{e^{-bs}}{s+a};\ K = 6;\ a = 3;\ b = 1;\ r(t) = 1(t)$$

a) D(z) = 1. Tính hàm truyền G(z) của hệ hở và sai số xác lập

b) Tính và vẽ đáp ứng ra c(nT) với n = 0, 1, 2,...,13

c) $D(z)=\left(K_p+K_I\frac{Tz+1}{2z-1}\right)z^{\frac{b}{T}}$. Thiết kế khâu hiệu chỉnh $D(z)$ sao cho sai số xác lập của hệ bằng không và có nghiệm cực tại $Z_{1,2}=0{,}05\pm j0{,}02$

Đ.28.4 Cho hệ phi tuyến rơle hai vị trí có vùng chết (Hình 4)



Hình 4

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

a) Chứng minh hệ số khuếch đại phức của khâu phi tuyến là

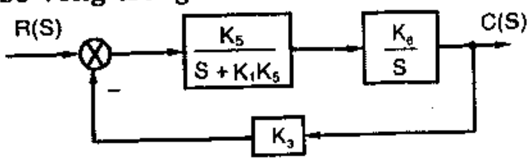
$$N(X_m)=\frac{4b\cos}{\pi X_m},\cos\alpha=\sqrt{1-\frac{a^2}{X_m^2}},\ a = 0{,}2,\ b = 10$$

b) Tìm K giới hạn để hệ ổn định.

II. ĐÁP ÁN

ĐỀ SỐ 1

Đ.1.1 **a)** Loại bỏ vòng trong:



Suy ra: $$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K_5K_6 / S(S+K_1K_5)}{1+\dfrac{K_3K_5K_6}{(S+K_1K_5)S}} = \frac{K_5K_6}{S(S+K_1K_5)+K_3K_5K_6}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K_5K_6}{S^2+K_1K_5S+K_3K_5K_6}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{5}{S^2+3S+5} = \frac{(\sqrt{5})^2}{S^2+2.0,67\sqrt{5}.S+(\sqrt{5})^2}$$

b) Nếu $\frac{1}{S} \to e_{ss} = 0$ hệ tích phân bậc 0.

Dốc $\frac{1}{S^2} \to K_v = S\times GH(S)\Big|_{S\to 0} = \frac{K_5K_6K_3}{K_1K_5} = \frac{K_6K_3}{K_1} = \frac{5}{3} = 1,6$.

$e_{SS} = 60\%$.

c) $\xi = 0,67 \Rightarrow POT = e^{-\xi\pi/\beta} = 5,8\%$; $t_{ss} = \frac{3}{0,67\times\sqrt{5}} = 2$ sec.

Đ.1.2 **a)** Dùng Routh.

S^3	1	2500
S^2	125	K
S^1	2500	0
S^o	K	

Pt đặc trưng là: $1 + GH = K + S(S + 100)\,(S + 25) = 0$.

$\Leftrightarrow S^3 + 125S^2 + 2500S + 1 = 0$.

$a = -\dfrac{1}{125}(125\times2500) = 2500$; $b = -\dfrac{1}{2500}(-2500\times1) = 1$.

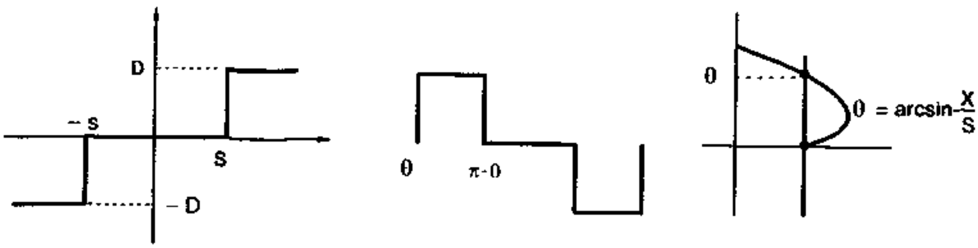
Giới hạn $K \le 12{,}5\times25{,}00 = 312{,}5$.

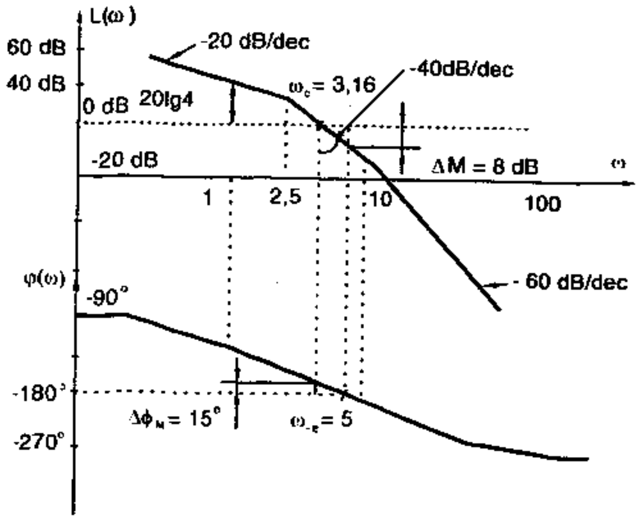
với: $K = 106$; $K_{gh} = 312 = 40{,}5$ dB.

b) $\dfrac{106/25}{j\omega(1+\frac{j\omega}{10})(1+\frac{j\omega}{2,5})}$; **d)** $K_V = 4$.

e) $\Delta\varphi = \omega_c T = 15^o \Rightarrow T = \dfrac{15^o}{\omega_c} = \dfrac{15^o}{180}\times\dfrac{\pi}{\omega_c} = 0{,}18$ sec.

Đ.1.3





$$N = \frac{1}{\pi X_m} 4 \int_{\theta}^{\pi/2} K \sin \omega t \, d\omega t = \frac{4K}{\pi X_m} \int_{\theta}^{\pi/2} \sin \omega t \, d\omega t = \frac{4K}{\pi X_m} (-\cos\theta)\Big|_{\theta}^{\pi/2}$$

$$N = \frac{4K}{\pi X_m} (\cos\theta)$$

với: $X_m > D$ (vùng chết); $X(t) = X_m \sin\omega t$; X_m - biên độ dao động sin.

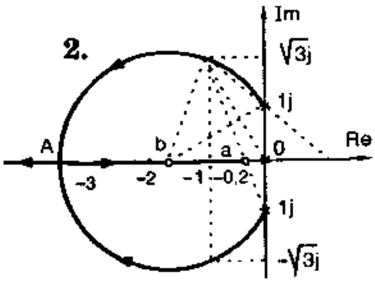
$sin\theta = \frac{D}{X_m}$; N - hàm mô tả của khâu phi tuyến.

ĐỀ SỐ 2

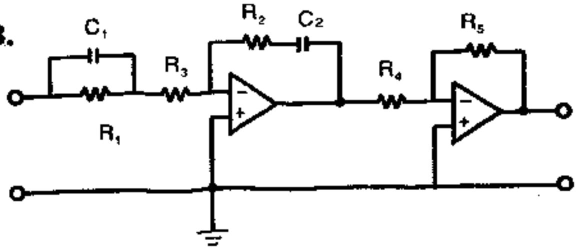
Đ.2.1

1. $\mathbf{b = 1,3332}$; **K = 2,143**

2.

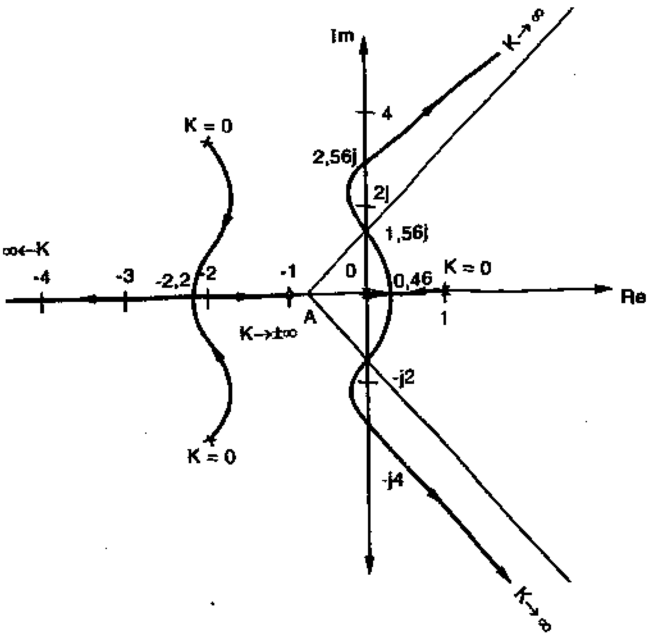


3.



Đ.2.2

1.



2. $23{,}3 < K < 35{,}7$

Đ.2.3

1. $A = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -Ka & -a \end{vmatrix}$; $B = \begin{vmatrix} 0 \\ Ka \end{vmatrix}$; $D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 \end{vmatrix}$

3. $C_n = \{0;\ 0{,}468;\ 0{,}1735;\ 0{,}3577;\ 0{,}5748;\ 0{,}8005;\ 1{,}0131...\}$

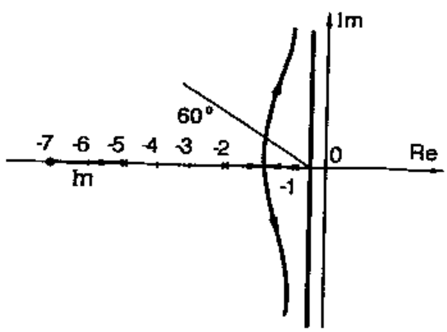
Đ.2.4

Đáp số: $x(t)$ **= 0,259sin1,58t**

ĐỀ SỐ 3

Đ.3.1

1.



2. $K = \dfrac{k}{10} = \mathbf{0,3786}$

Đ.3.2

1. $a = \omega_n{}^2 = 1{,}72^2 = 2{,}95$

$b = \dfrac{2\xi\omega_n}{a} = 0{,}471$

2. $ab = 2$

$a = 4$

3. $c(t) = 1 - \dfrac{e^{-\xi\omega_n t}}{\sqrt{1-\xi^2}}\sin(\omega_n\sqrt{1-\xi^2}\,t + \alpha)$; $t \geq 0$

SSXL = 0

Đ.3.3

1. K = 100 Hệ ổn định. $|Z| < 1$

2. $K_{gh} = \dfrac{2(1+d)}{\gamma T_o(1-d)} = 3236,(36)$; với $d = e^{-\frac{\gamma T_o}{T}}$

3. $C_n = 2,67C_{n-1} - 2,45C_{n-2} + 0,78C_{n-3} + 0,11\delta_{n-1}$

$C_o = 0$;	$C_4 = 0,73$;	$C_8 = 1,164$
$C_1 = 0,11$;	$C_5 = 0,92$;	$C_9 = 1,142$
$C_2 = 2,67.C_1 = 0,29$;	$C_6 = 1,06$;	$C_{10} = 1,086$
$C_3 = 2,67C_2 - 2,45.C_1 = 0,51$;	$C_7 = 1,14$;	

Đ.3.4

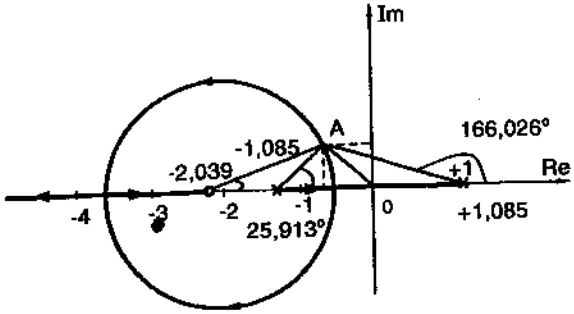
1. $\dfrac{K}{i} = K^* < \dfrac{5,5}{38,216} = \mathbf{0,1438}$ ổn định

2. $x(t) = \begin{cases} 0,25\sin 1,58t \\ 0,11\sin 1,58t \end{cases}$

ĐỀ SỐ 4

Đ.4.2

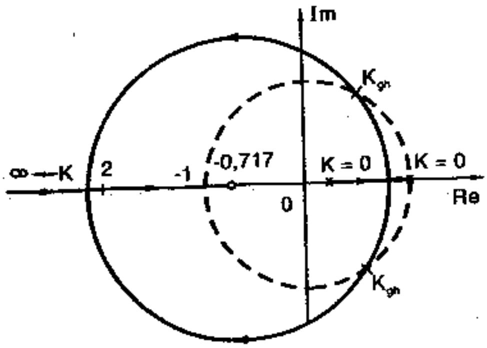
1.



2. **Đáp số:** $T = 0,4904$; $K = 14273$

Đ.4.3

1.



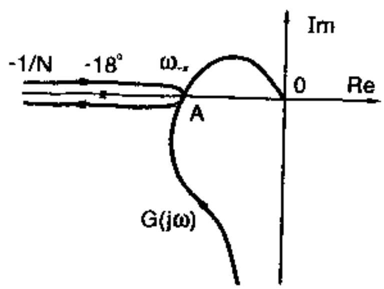
2. $\mathbf{K_{gh} = 20,3}$

3. $K = 3 > K_{gh} = 2,3$. Hệ không ổn định.

4. Hệ tuyến tính bậc 2 như đầu bài cho luôn luôn ổn định $\forall K$. Song hệ rời rạc thì không phải với $\forall K$ và T.

Đ.4.4

1.



2. $0 < K < K_{gh} = 0,0628$

Đ.4.5

1. $G(S) = \dfrac{1}{10000(S^2 - 1,7772)}$

$$K = \frac{0,25 + 1,7772}{10^{-4}} = \mathbf{20272}$$

$$T = \frac{0,7}{20272.10^{-4}} = \mathbf{0,3453}$$

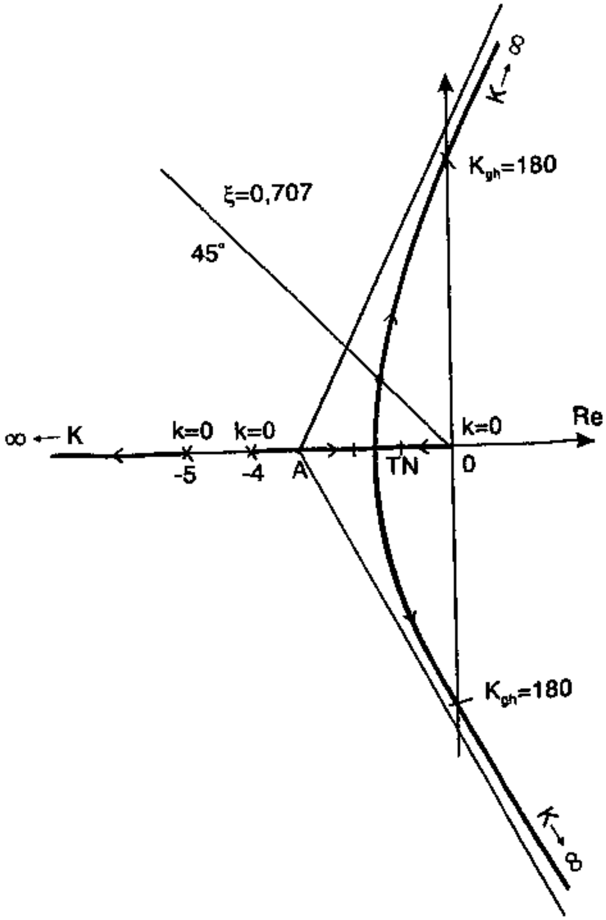
ĐỀ SỐ 5

Đ.5.1

1. $K_{gh} = 180$

$$K = \alpha\omega_n{}^2 = 6,4.1,836^2 = 21,59$$

$$K_v = \lim_{s\to 0} \cancel{S} \frac{K}{\cancel{S}(S+4)(S+5)} = \lim_{s\to 0} \frac{K}{(S+4)(S+5)} = \frac{21,59}{20} = 1,08$$



2. $K_v = \lim_{S\to 0} \cancel{S}\frac{S+n\alpha}{S+\alpha}\frac{K}{\cancel{S}(S+4)(S+5)} = \frac{nK}{20} = 30$

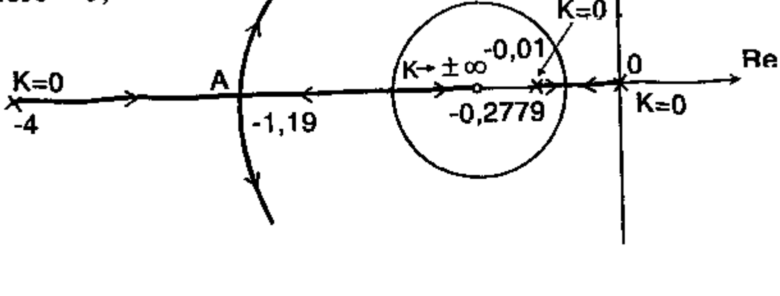
$n = \frac{30.20}{21,59} = 27,79$

3. $OA = -2,9$

Điểm tách $-1,19$

QĐNS 4 cực, 4 nhánh

1 zero $-0,2779$

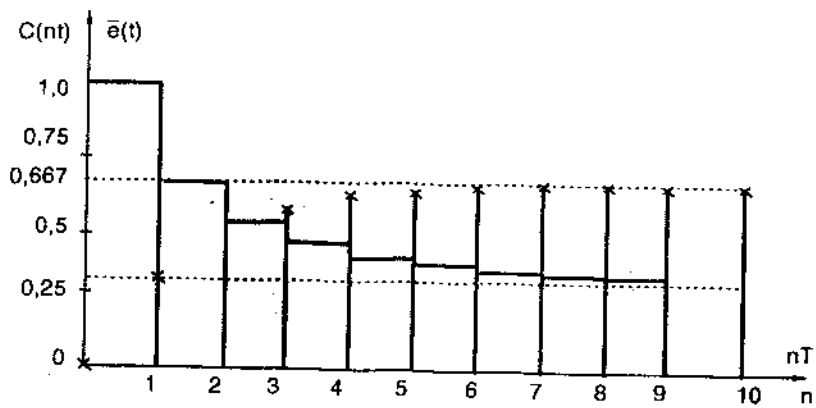


Đ.5.3

1. $C(nT) = 0,667(1-0,4562^n)$. Giá trị xác lập $C_{xl} = 0.667$

$$C(nT) = \begin{Bmatrix} 0;0,363;0,528;0.603;0.639;0.654 \\ 0,661;0.6630;0.6645;0.6652;0,666... \end{Bmatrix}$$

$$e(nT) = 1(nT) - C(nT) = \begin{Bmatrix} 1;0.637;0,472;0,397;0,361;0,346; \\ 0,339;0,337;0,3355;0,3348;0,334;0,333 \end{Bmatrix}$$



2. $\mathbf{T_{gh} = 0,5493}$ **sec**

Đ.5.4

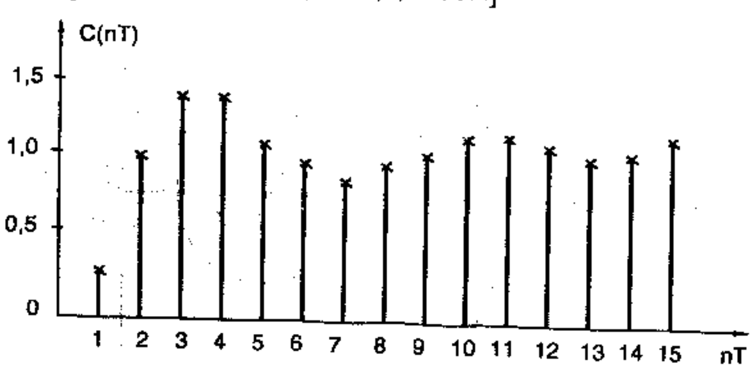
1. $C(nT) = \{0;0,368;1;1,4;\ 1,4;1,15;0,9;0,8;0,87;0,99;1,08;1,08;1;\ 0,98;$
$1;0,98;0,99;1,01;...\}$

$$\sigma\% = 40\% = 100\% e^{-\pi\xi/\sqrt{1-\xi^2}}\ ; 0,4 = e^{-\xi\pi/\sqrt{1-\xi^2}} \Rightarrow \xi = 0,28\ ;\ t_s = 13T = 13\text{sec}.$$

$\mathbf{K_{gh} = 2,3939}$

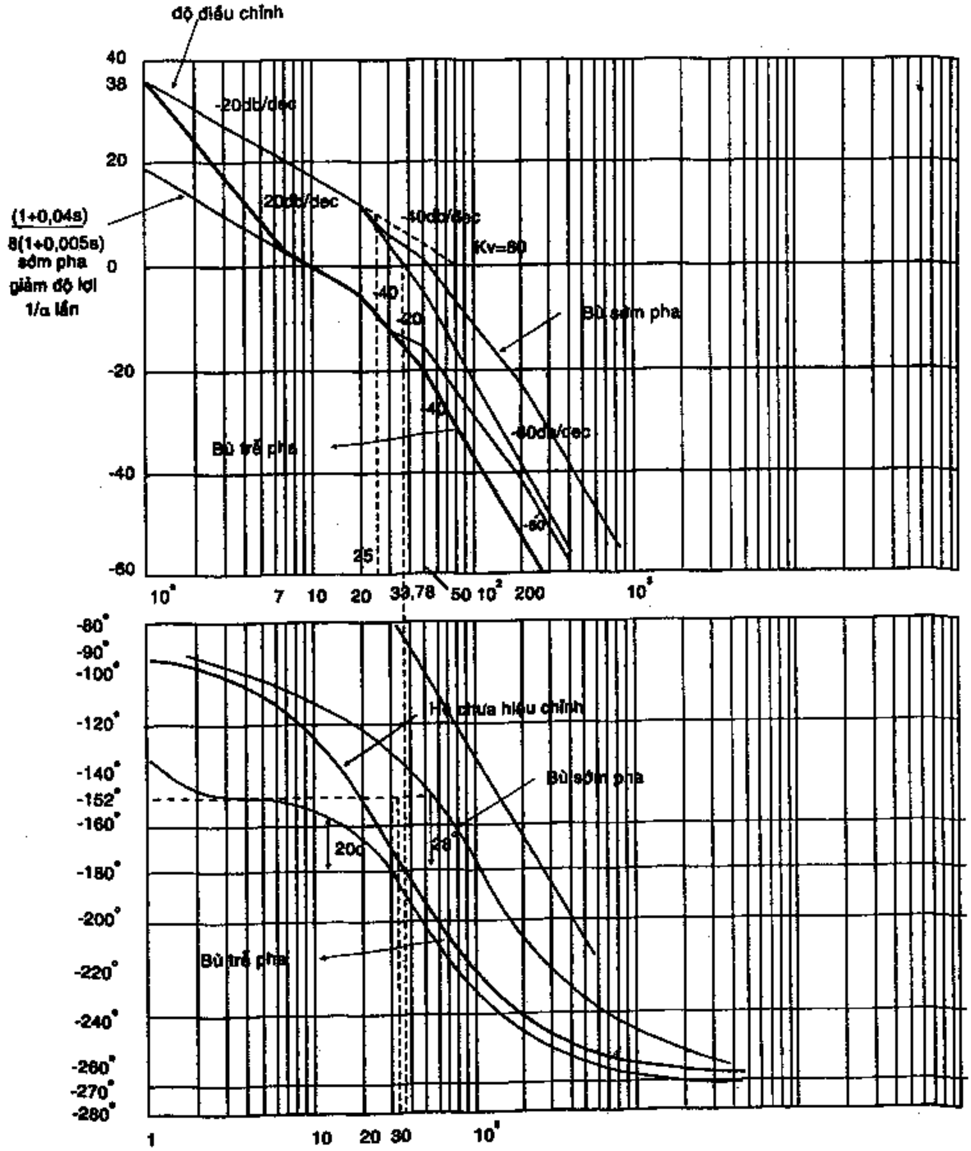
2. $$\begin{bmatrix} x_1[(i+1)T] \\ x_2[(i+1)T] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,6322 & 0,6322 \\ -0,6322 & 0,3678 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(iT) \\ x_2(iT) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,3678 \\ 0,6322 \end{bmatrix} \underbrace{r(iT)}_{1(nT)}$$

$$C_n = \{0;0,3678;0,9998;1,3995;1,3970...\}$$



Đ.5.2

1.



2. **a)** $G_C(S) = \dfrac{1+0,04S}{1+0,005S}$ **b)** $G_C(S) = \dfrac{1+0,143S}{1+S}$

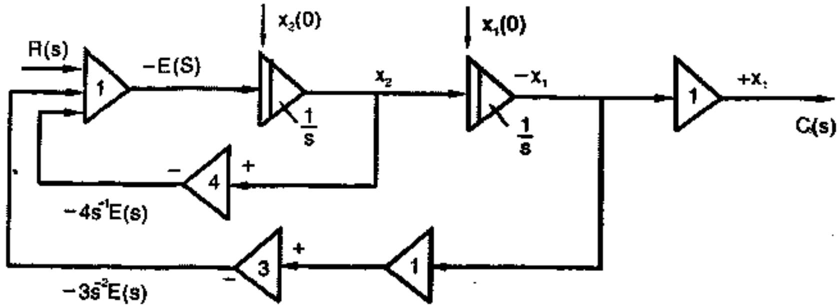
$$\frac{1+0,143S}{1+S} \text{ hoặc } \frac{1+0,04S}{1+0,005S}$$

Trễ pha Sớm pha

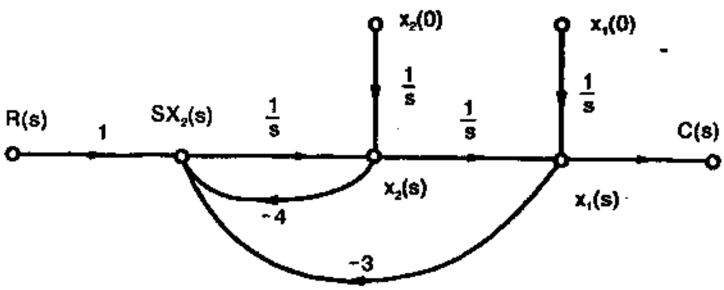
ĐỀ SỐ 6

Đ.6.1

1.



2.

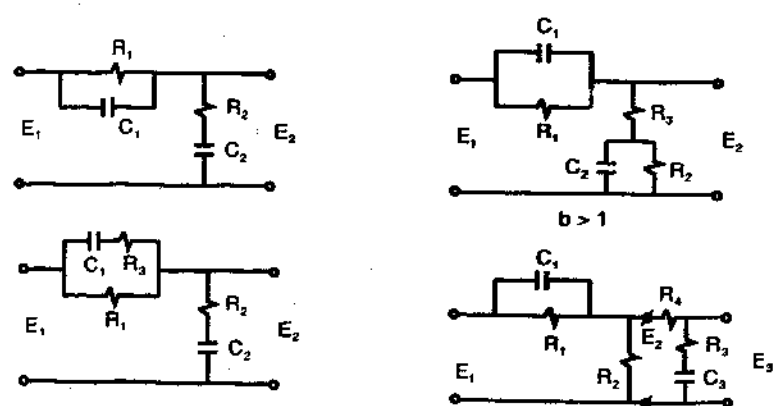


3. $$\begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,5e^{-t} - 0,5e^{-3t} & 0,5e^{-t} - 0,5e^{-3t} \\ -1,5e^{-t} + 1,5e^{-3t} & -0,5e^{-t} + 1,5e^{-3t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} +$$

$$+ \begin{bmatrix} 0,33r(t) - 0,5e^{-t} + 0,167e^{-3t} \\ 0,5e^{-t} - 0,5e^{-3t} \end{bmatrix}; \quad t \geq 0$$

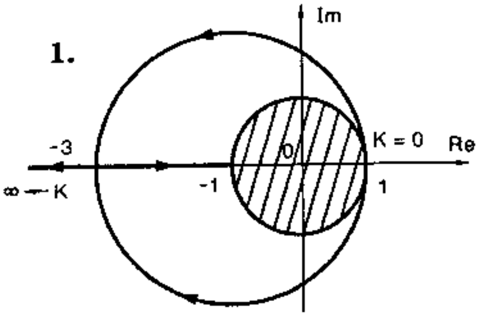
Đ.6.2 **2.** $G_{c1}(S).G_{c2}(S) = \dfrac{1+0,2S}{1+0,05S} \cdot \dfrac{1+9,75S}{1+300S}$

3.

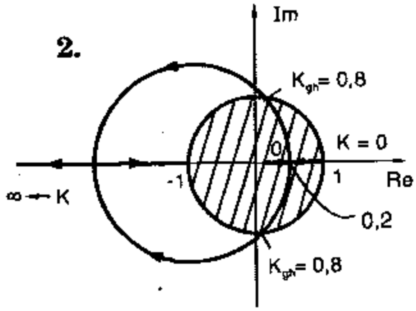


Đ.6.3

1.

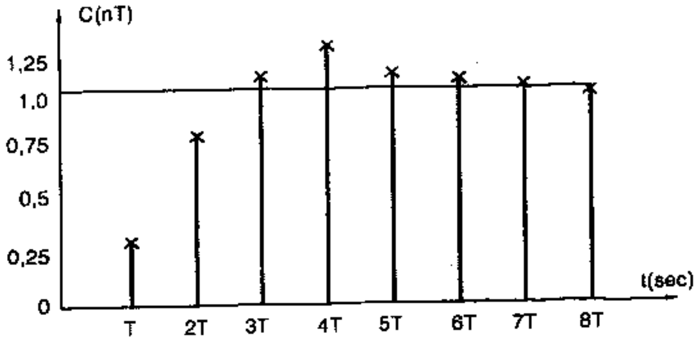


2.



3. $\xi = 0.45$; $Z = 0,5 \pm j0,5$

$K = 0,26$



ĐỀ SỐ 7

Đ.7.2

1. $\omega_n = 12$, $\xi = 0,417$

$$\sigma\% = 100e^{-\xi\pi/\sqrt{1-\xi^2}} = 23,66\% < 25\%$$

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}} = 0,288\,\text{sec}$$

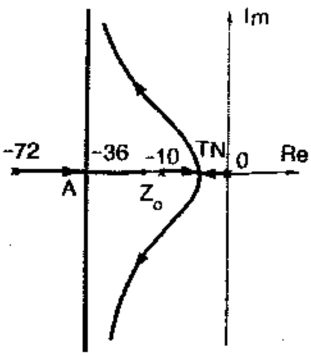
$$t_s = \frac{3}{\xi\omega_n} = 0,59; \quad t_s = \frac{4}{\xi\omega_n} = 0,7993\,\text{sec}$$

2. $\alpha T = 0,0972$

$$e_{SS}^{o} = \frac{2\xi}{\omega_n} = \frac{2.0,417}{12} = 0,0695$$

$$e_{SS}^{HC} = \frac{2\xi}{\omega_n} + \alpha T = \frac{2.0,417}{12} + 0,0972 = 0,1667$$

3.

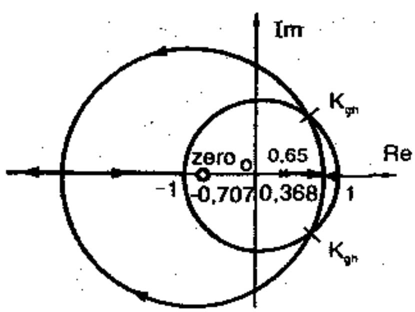


Đ.7.3

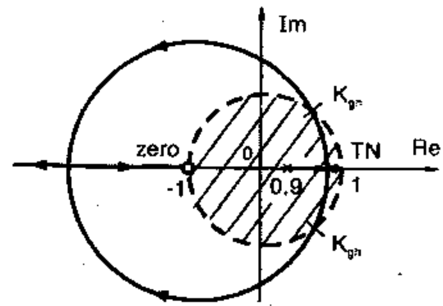
1. $T = 1$ sec; $K_{gh} = 2{,}39.$

$T = 0{,}1$ sec; $K_{gh} = 10$

2.



Quỹ đạo nghiệm số T = 1 sec



Quỹ đạo nghiệm số . T = 0,1 sec

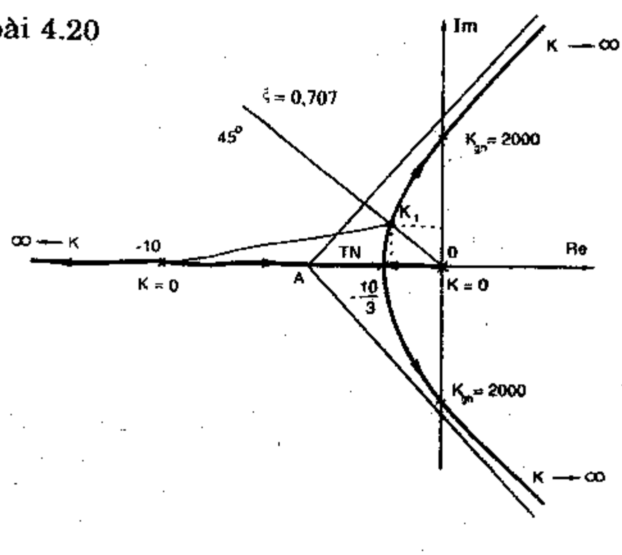
3. $K = 1{,}4$

Đ.7.4 Xem đáp án bài 4.20

ĐỀ SỐ 8

Đ.8.2

1.



2. $n = \dfrac{2000}{241} = 8,3$, chọn n = 9

$$G_c(s) = \frac{S+0,083}{S+0,01}$$

$$\frac{S+0,09}{S+0,01}$$

Đ.8.3

1. $x_{(i+1)} = \begin{vmatrix} 0,788 & 0,788 \\ -0,394 & 0,606 \end{vmatrix} x(i) + \begin{vmatrix} 0,424 \\ 0,788 \end{vmatrix} r(iT)$

2. $C(0) = 0$ $C(4) = 1,5067$ $C(8) = 0,824$

$C(1) = 0,212$ $C(5) = 1,558$ $C(9) = 0,768$

$C(2) = 0,689$ $C(6) = 1,379$ $C(10) = 0,815$

$C(3) = 1,188$ $C(7) = 1,088$ $C(11) = 0,926$

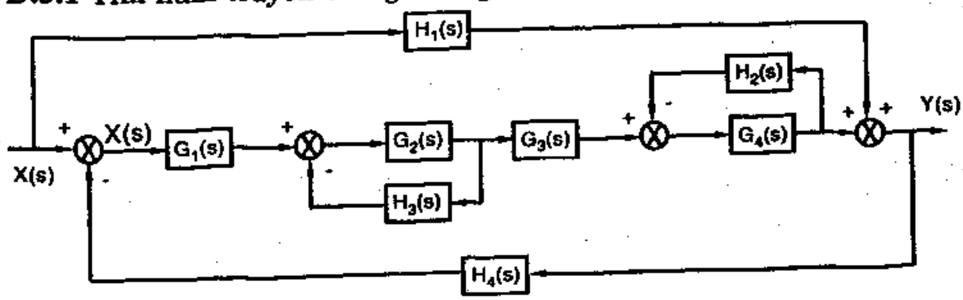
$$C_n = 2,393C_{n-1} - 2,180C_{n-2} + 0,787C_{n-3} + 0,213\delta_{n-1} + 0,180\delta_{n-2}$$

3. $\sigma\% = 56\%$; $\xi = 0,182$ nhỏ

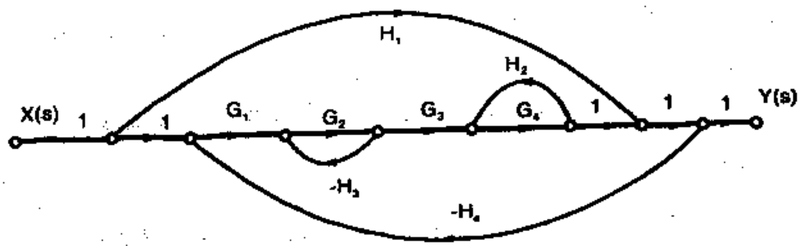
$$t_s = \frac{4}{\xi\omega_n} = 34,3949 \text{ sec}$$

ĐỀ SỐ 9

Đ.9.1 Tìm hàm truyền tương đương:



1- Graph tín hiệu



$$L_1 = -G_2H_3; \quad L_2 = -G_4H_2; \quad L_3 = -G_1G_2G_3G_4H_4$$

$$\Delta = 1-(L_1+L_2+L_3)+L_1L_2; \quad P_1 = G_1G_2G_3G_4;$$

$$\Delta_1 = 1; \quad P_2 = H_1; \quad \Delta_2 = 1-(L_1+L_2)+L_1L_2$$

Hàm truyền tương đương:

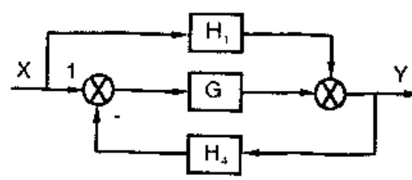
$$G_{td} = \frac{\sum P_K\Delta_K}{\Delta} = \frac{P_1\Delta_1+P_2\Delta_2}{\Delta} =$$

$$= \frac{G_1G_2G_3G_4.1+H_1[1+(G_2H_3+G_1H_2)+G_2G_4H_2H_3]}{1+(G_2H_3+G_4H_2+G_1G_2G_3G_4H_4)+G_2G_4H_2H_3}$$

$$G_{td} = \frac{H_1+G_2H_1H_3+G_4H_1H_2+G_1G_2G_3G_4+G_2G_4H_1H_2H_3}{1+G_2H_3+G_4H_2+G_2G_4H_2H_3+G_1G_2G_3G_4H_4}$$

2- Sơ đồ khối

$$G = \frac{G_1G_2G_3G_4}{(1+G_2H_3)(1+G_4H_2)}$$



$$G_{td} = \frac{Y}{X} = (1+\frac{H_1}{G}).\frac{G}{1+GH_4}$$

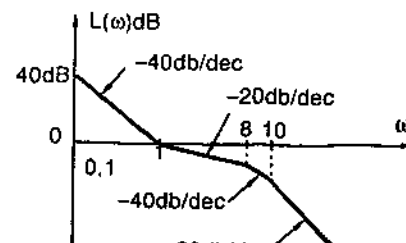
$$G_{td} = \frac{(H_1+G)\cancel{G}}{\cancel{G}(1+GH_4)} = \frac{H_1+G}{1+GH_4}$$

$$G_{td} = \frac{(1+G_2H_3)(1+G_4H_2)H_1+G_1G_2G_3G_4}{1+G_2H_3+G_4H_2+G_2G_4H_2H_3+G_1G_2G_3G_4H_4}$$

Đ.9.2 a) Vẽ biểu đồ Bode.

$$G(s) = \frac{2(s+1)}{s^2(0,1s+1)(0,25s+2)}$$

$$= \frac{S+1}{S^2(0,1s+1)(0,125s+1)}$$



có 3 tần số gãy $\omega_g = 1;8;10$

• Nhận xét: $\lim_{s\to 0} s^2.G(s) = 1 = K_a$: HT loại 2.

→ độ dốc của biểu đồ Bode là –40 dB/dec cho đến khi gặp tần số cắt đầu tiên.

• Tại điểm có tần số là $\omega = \sqrt{K_a} = 1$, biên độ là $20\lg K_a = 0$ dB.

• Các tần số gãy:

$$\omega_1 = 1\,(\text{rad/s}); \quad \omega_2 = \frac{2}{0,25} = 8\,(\text{rad/s}); \quad \omega_3 = \frac{1}{0,1} = 10(\text{rad/s})$$

b) $10^{-0.301} = 0.5$; $10^{2.699} = 500$

Tần số gãy = 0,5; 5; 50; 500

$$G(s) = \frac{50(0,2S+1)}{S(0,02S+1)^2} = \frac{500(S+5)}{S(S+50)^2}$$

Khâu tích phân $\frac{K}{S}$ có độ dốc –20 db/dec với mọi giá trị ω và cắt trục hoành $\log\omega$ tại giá trị $K = \omega = 50 = 10^{1.699}$.

Đ.9.3 $P = -1. -4 \pm j$; $Z = -5$; $OA = \frac{-1-4-4+5}{3-1} = -2$, $\theta_i = \frac{\pm i\pi}{2} = \pm\frac{\pi}{2}$

$$\frac{dK}{dS} = \left\{ -\frac{(S+1)(S^2+8S+17)}{(S+5)} \right\}$$

$$\frac{dK}{dS} = 0 \rightarrow 2S^3 + 24S^2 + 90S + 108 = (S+6)(2S^2+128+18) = 0$$

$$\Rightarrow S = -6.\quad S_2 = -3;\quad S_3 = -3$$

Tính góc xuất phát tại nghiệm cực $(-4+j)$:

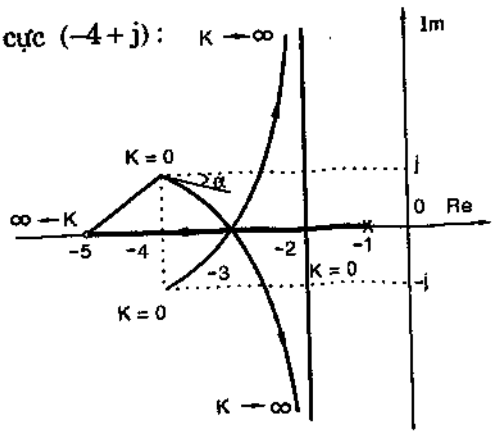
$S = -4+j$.

$\arg(S+5) = 45^o$; $\arg(S+4+j) = 90^o$

$\arg(S+1) = 180^o - \text{arctg}\,\frac{1}{3} = -26{,}56^o$

$45^o - 90^o - 161{,}56^o - \alpha = -180^o$

$\alpha = -26{,}56^o$



Đ.9.4 $G_1(S) = \frac{20(S^2+7S+25)}{S}$; sai số xác lập bằng 0.

ĐỀ SỐ 10

Đ.10.1

1. $K_{gh} = 36{,}345$

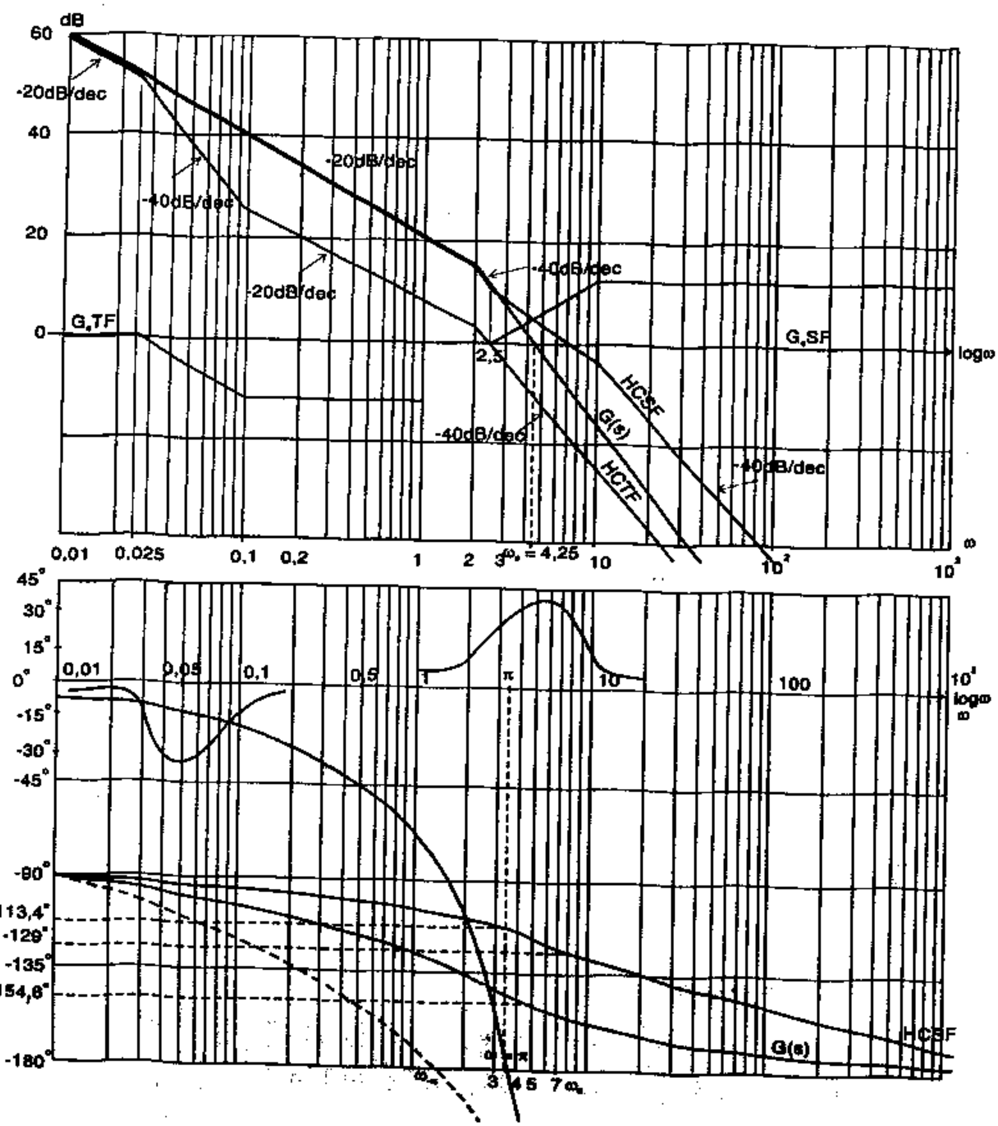
2. $$\begin{vmatrix} x_1[(i+1)T] \\ x_2[(i+1)T] \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0{,}9092 & 0{,}173 \\ -0{,}346 & 0{,}135 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1(iT) \\ x_2(iT) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0{,}0454 \\ 0{,}173 \end{vmatrix} r(iT)$$

Đ.10.3a

2. $e_{xl} = 0,05 \rightarrow K_v = 20$

$$G_{c1}(S) = \frac{1,717(S+1,878)}{(S+4,261)}; \qquad G_{c2}(S) = K_c \frac{S+0,1}{S+\frac{0,1}{20}} = \frac{S+0,1}{S+0,005}$$

Đ.10.3b **1.** $\begin{cases} \Delta\varphi_M = 25^o \\ \Delta L_M = \infty \end{cases}$; $\omega_{-\pi} = \infty$, $\Delta L_M = \infty$



2. $G_c(S) = \dfrac{1+0,4S}{1+0,1S}$

$$G(S) = \frac{1+10S}{1+40S}$$

3. Hệ kín (HCSF) phản hồi âm một đơn vị có $G_{hở}(s) = \dfrac{1+0,4S}{1+0,1S}.$ $\dfrac{10}{S(1+0,5S)}.e^{-S}$ không ổn định vì trong vùng L(ω) > 0, φ(ω) cắt đường thẳng $-\pi$ tại 1 điểm $(\omega_{-\pi} < \omega_c)$.

ĐỀ SỐ 11

Đ.11.1

1. Đường thuận:

$P_1 = G_1G_2G_3$; $\Delta_1 = 1$; $P_2 = G_4$; $\Delta_2 = 1-(L_2+L_3+L_4)+L_2L_4$

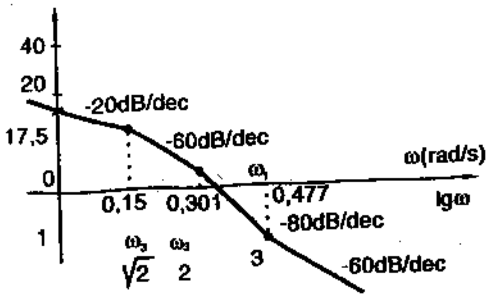
Đường vòng: $L_1 = -G_4$; $L_2 = -G_1H_2$; $L_3 = -G_1G_2H_1$

$$L_4 = -G_2G_3H_3 \; ; \; L_5 = -G_1G_2G_3$$

$$\Delta = 1-(L_1+L_2+L_3+L_4+L_5)+(L_1L_2+L_1L_3+L_1L_4+L_2L_4)-L_1L_2L_4$$

Đ.11.2

a)



b) $G(S) = \dfrac{10(S+1)}{(S+2)(S+5)}$

ω_c = 8,426 rad/ses

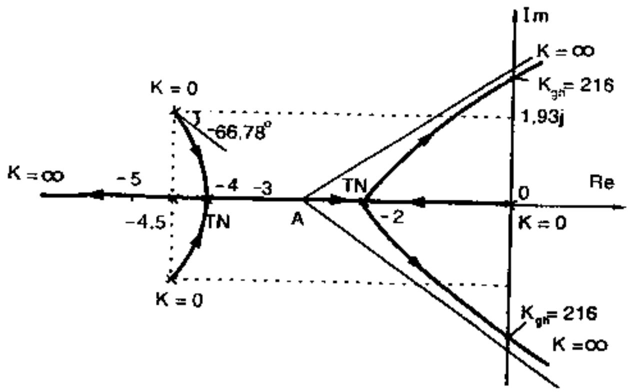
Độ dự trữ pha ΦM = 127,28°

Đ.11.3

a) $POT = 7,8\%$; $T_s = \dfrac{4}{\xi\omega_n} = \dfrac{4}{2} = 2\sec$

Đ.11.4

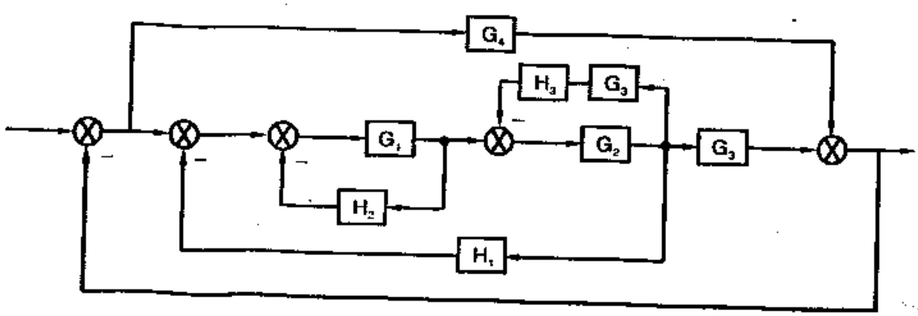
a)

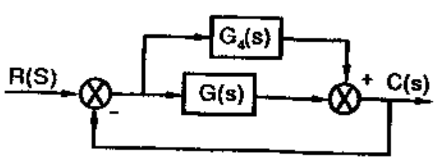


b) $K = 1,4142 \times 3,6145 \times 4,5645 = 23,3771$

Đ.11.1

1.





ĐỀ SỐ 12

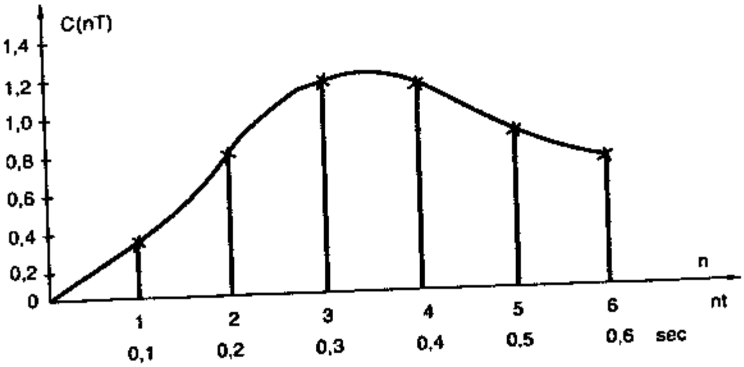
Đ.12.1

1. $G(Z) = \dfrac{K[0,3199Z + 0,2219]}{90(Z - 0,3679)(Z - 0,9048)}$

2. $|Z| = 0,7612 < 1$. Hệ ổn định.

3. $C_n = 1,9173C_{n-1} - 1,4967C_{n-2} + 0,5794C_{n-3} + 0,3554\delta_{n-1} + 0,2465\delta_{n-2}$

$$C_n = \left\{ \underset{\uparrow}{0}; 0,3554; 0,9279; 1,2472; 1,2083; 0,9876; 0,8077 \right\}$$



Đ.12.2

1. $K_2 < 8,0896$
2. Nghiệm tự dao động $m(t)$ = **4,405sin5**t

Đ.12.3

2. **Đáp số:** $G_c(S) = 17,86\dfrac{S+2,13}{S+16,89}\cdot\dfrac{S+0,1}{S+0,0056}$

ĐỀ SỐ 13

Đ.13.1 *Cách 1* $\Rightarrow G(s) = \dfrac{C(s)}{R(s)} = \dfrac{G_1G_2G_3G_4 + G_1G_4G_5}{1 + G_1G_2H_1 + G_1G_2G_3G_4 + G_1G_4G_5}$

Cách 2

Các đường thuận	Các vòng kín.
$P_1 = G_1G_2G_3G_4$	$L_1 = -G_1G_2H_1$
$P_2 = G_1G_4G_5$	$L_2 = -G_1G_2G_3G_4$
	$L_3 = -G_1G_4G_5$

Định thức của graph:

$$\Delta = 1 - (L_1 + L_2 + L_3) = 1 + G_1G_2H_1 + G_1G_2G_3G_4 + G_1G_4G_5$$

$\Delta_1 = 1;\quad \Delta_2 = 1$

Hàm truyền: $G(s) = \dfrac{1}{\Delta}\displaystyle\sum_{i=1}^{2} P_i\Delta_i = \dfrac{G_1G_4G_5 + G_1G_2G_3G_4}{1 + G_1G_2H_1 + G_1G_2G_3G_4 + G_1G_4G_5}$

Đ.13.2

b) $G_c(s) = 7,73\dfrac{s+1,17}{s+6,83}$

Đ.13.3

a) $K_{gh} = 21{,}6$

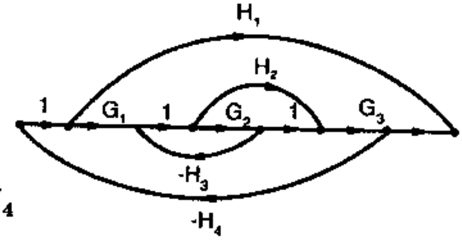
b) $C(n) = 0{,}736C(n-1) + 0{,}264C(n-2) + 0{,}632\delta(n-1)$

$$POT = \frac{C_{max} - C_{xl}}{C_{xl}}.100\% = \frac{0{,}632-0{,}5}{0{,}5}100\% = 26{,}4\%$$

$$e_{xl} = r(\infty) - C(\infty) = 1 - 0{,}5 = 0{,}5$$

ĐỀ SỐ 14

Đ.14.1



1. $P_1 = G_1G_2G_3;\quad L_1 = -G_2H_3$

$P_2 = G_1G_3H_2;\ L_2 = -G_1G_2G_3H_4$

$P_3 = H_1;\ L_3 = -G_1G_3H_2H_4$

$$\Delta = 1 + G_2H_3 + G_1G_2G_3H_4 + G_1G_3G_2H_4$$

$\Delta_1 = 1;\ \Delta_2 = 1;\ \Delta_3 = 1 + G_2H_3$

$$G_K = \frac{G_1G_2G_3 + G_1G_3H_2 + H_1(1+G_2H_3)}{1 + G_2H_3 + G_1G_2G_3H_4 + G_1G_3H_2H_4}$$

HT được mô tả bằng BTT $\begin{cases}\dot{x} = Ax + Bu\\ y = Cx + Du\end{cases}$ với $A = \begin{bmatrix}-4 & 5 & -1\\ 0 & 0 & -1\\ 3 & 0 & -1\end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}$

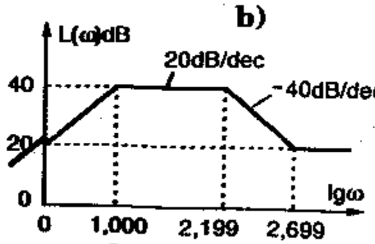
$C = [1\ \ 0\ \ 0],\ D = 0$

$$A = \begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ -15 & -7 & -5\end{bmatrix};\ B = \begin{bmatrix}1\\1\\-7\end{bmatrix};\ C = [1\ \ 0\ \ 0];\ D = 0 = \beta_o$$

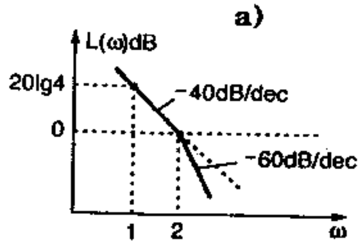
$y = CX + \beta_o r = x_1 + \beta_o r$

Đ.14.3

b)



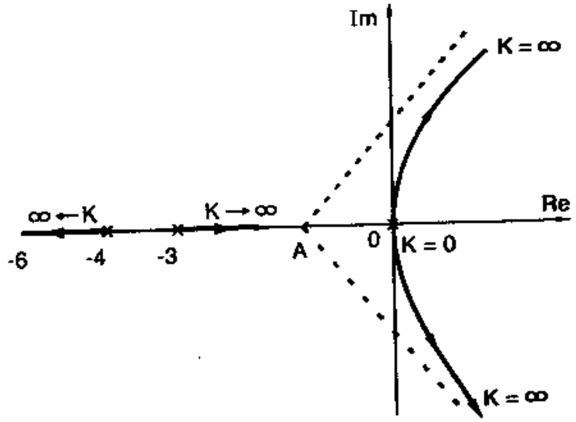
a)



$$G(s) = \frac{Ks(T_3s+1)^2}{(T_1s+1)(T_2s+1)^2};\ 20\lg K = 20 \rightarrow K = 10$$

Đ.14.4

a)



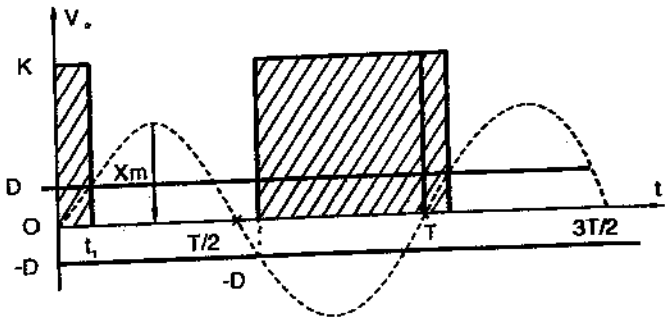
ĐỀ SỐ 15

Đ.15.1

2. $G_c(s) = 192\dfrac{S+2}{S+8} \times \dfrac{S+0,1}{S+0,005}$

Đ.15.2 $G_c(S) = 8\dfrac{1+0,2S}{1+0,025S}$

Đ.15.3



$$N = \frac{2K}{\pi X_m}\left[-\cos\omega t_1 + j\sin\omega t_1\right]$$

Đ.15.4

1. $Z_{1,2} = 0,47 \pm j0,6157 = 0,775\ \angle 52,65^\circ$; **hệ ổn định**

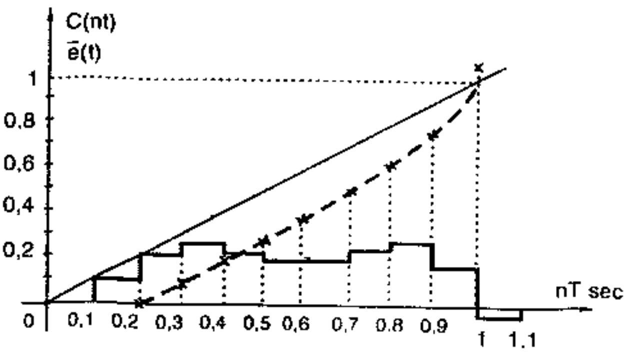
2. $C_n = 2,94C_{n-1} - 3,48C_{n-2} + 2,14C_{n-3} - 0,6C_{n-4} + 0,06\delta_{n-3}$

$$C_n = \{\ 0;\ 0;\ 0;\ 0{,}06;\ 0{,}18;\ 0{,}31;\ 0{,}41;\ 0{,}48;\ 0{,}53;\ 0{,}735;\ 1{,}097\}$$

3. $K_{gh} = T_1 / T = 15$ (hệ liên tục)

$K_{gh} = 16{,}67$

$$e^*(t) = \{0;\ 0{,}1;\ 0{,}2;\ 0{,}24;\ 0{,}22;\ 0{,}19;\ 0{,}19;\ 0{,}22;\ 0{,}27;\ 0{,}165;\ -0{,}097\}$$

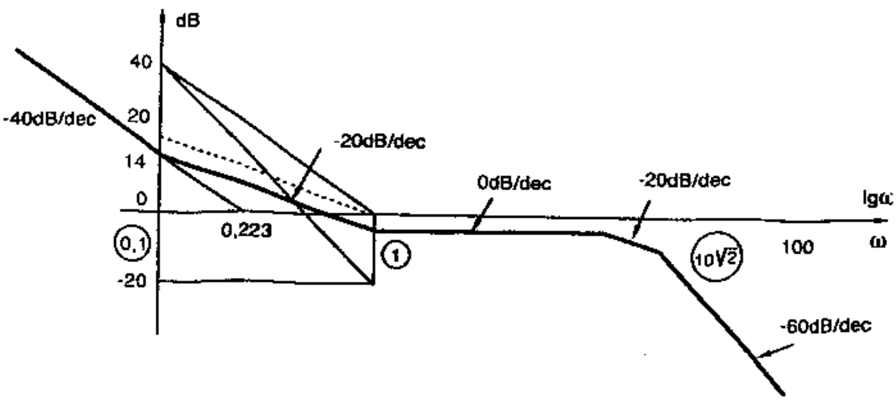


ĐỀ SỐ 16

Đ.16.1

1. $G(s) = \dfrac{50(0{,}01S+1)(0{,}01S+1)^2}{(10S+1)(0{,}0003+1)^2}$

2.



Đ.16.2

2. $G_{SF} = 3.\dfrac{S+2{,}866}{S+6{,}279}$

$$G_{TF} = \frac{S+0{,}1}{S+\dfrac{0{,}1}{18{,}257}} = \frac{S+0{,}1}{S+0{,}005}$$

Đ.16.3

1. Hệ ổn định ở trạng thái kín $K = 100$.

2. $C_n = 1,94C_{n-1} - 0,94C_{n-2} - 0,24C_{n-4} + 0,24C_{n-5} + 48\delta_{n-4}$

$$C_n = \left\{\underset{\uparrow}{0}; 0; 0; 0; 48; 95; 139; 180; 208; 222; 225; \ldots; 160; \ldots\right\}$$

$$\bar{e}(t) = 8 - 0,04.C(nT) +$$

$$= \left\{\underset{\uparrow}{8}; 8; 8; 8; 6,08; 4,2; 2,44; 0,8; -0,32; -0,88; -1; \ldots; 1,6; \ldots\right\}$$

ĐỀ SỐ 17

Đ.17.1

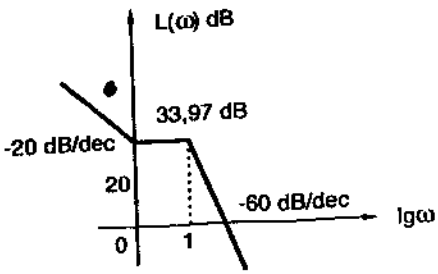
$P_1 = G_1G_2G_3$; $L_1 = -G_4$; $P_2 = G_4$; $L_2 = -1$; $L_3 = -G_3H_1$; $L_4 = -G_1G_2G_3$

$$\Delta = 1 - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) + (L_1L_2 + L_1L_3 + L_2L_3) - L_1L_2L_3$$

$$\Delta_1 = 1;\ \Delta_2 = 1 - (L_2 + L_3) + L_2L_3$$

Hàm truyền: $G = \sum \dfrac{\Delta_k P_k}{\Delta} = \dfrac{G_1G_2G_3 + 2G_4 + 2G_3G_4H_1}{2 + 2G_4 + 2G_3H_1 + G_1G_2G_3 + 2G_3G_4H_1}$

Đ.17.2 a)



b) $G(S) = \dfrac{50000(S+1)}{S(S+10)(S^2+10S+100)}$

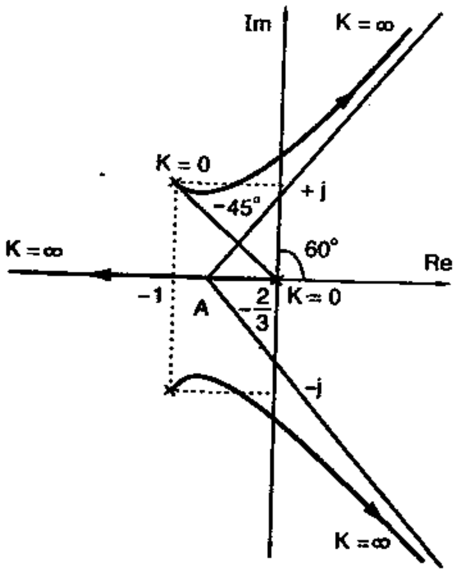
Đ.17.3

1. $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -4 & -4 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} 0 \\ -4 \end{bmatrix}$

2. $\Phi(t) = \begin{bmatrix} e^{-2t} + 2te^{-2t} & te^{-2t} \\ -4te^{-2t} & e^{-2t} - 2te^{-2t} \end{bmatrix}$

$$\Phi(t) = (e^{-2t} + 2te^{-2t})\begin{bmatrix}1 & 0\\0 & 1\end{bmatrix} + t.e^{-2t}\begin{bmatrix}0 & 1\\-4 & -4\end{bmatrix}$$

Đ.17.4



ĐỀ SỐ 18

Đ.18.1 1- Xét ổn định hàm truyền có chứa khâu trễ sử dụng tiêu chuẩn tần số Nyquist - Bode.

$$G(s)H(s) = \frac{0,04K.}{1+1,5S}.e^{-0,3S}; \quad \frac{0,04.100}{\sqrt{1+(1,5\omega)^2}} = 1 \Rightarrow \omega_c = 2,582$$

$$\varphi(\omega) = -arctg1,5\omega - \omega 0,3 = -120^o; \quad \Delta\varphi_M = 180^o - |\varphi(\omega_c)| = 60^o$$

Hệ kín ổn định có độ dự trữ pha là 60^o, độ dự trữ biên độ là vô cùng.

2- $G(Z) = \dfrac{Z-1}{Z}\mathscr{Z}\left\{\dfrac{1}{S}.\dfrac{Ke^{-0,3S}}{1+1,5S}\right\}; \; Z^{-1} = e^{-TS} = e^{-0,1S}$

$$G(Z) = \frac{Z-1}{Z}\frac{K}{Z^3}\mathscr{Z}\left\{\frac{A}{S} + \frac{B}{S+\frac{1}{1,5}}\right\} = \frac{0,06.K}{Z^3(Z-0,94)}$$

Phương trình đa thức đặc trưng, mẫu số hàm truyền đạt kín bằng

$$A(Z) = 1 + G(Z)H(Z) = Z^3(Z-0,94) + 0,06.K.0,04 = 0$$

$$= Z^4 - 0,94Z^3 + 0,24 = 0$$

$$C_{xl} = \lim_{Z\to 1}(1-Z^{-1})C(Z) = \lim_{Z\to 1}\frac{Z-1}{Z}.\frac{0,06K}{Z^4-0,94Z^3+0,24}\times\frac{8Z}{Z-1} = 160^{\circ}C$$

$$C_{xl} = \lim_{Z\to 1}\frac{Z-1}{Z}\frac{48Z}{(Z-0,94Z^3+0,24)(Z-1)} = \frac{48}{0,3} = 160\,[\text{độ C}].$$

$$C_{xl} = \lim_{Z\to 1}(1-Z^{-1})E(Z) = \lim_{Z\to 1}\frac{Z-1}{Z}.\frac{1}{1+\frac{0,24}{Z^3(Z-0,94)}}\times\frac{8Z}{Z-1}$$

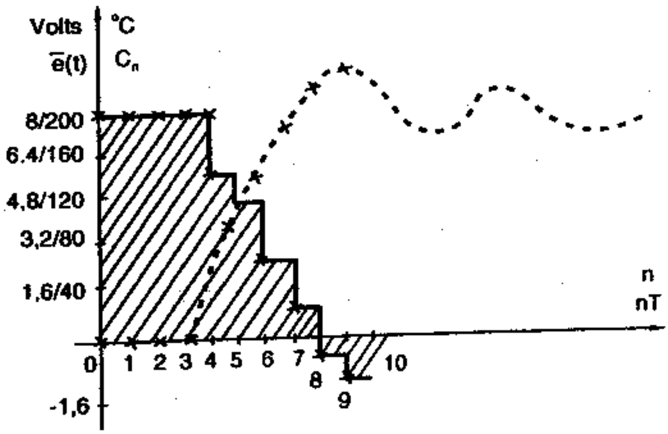
$$e_{xl} = 1,6 \text{ volts} \begin{cases} 8\text{Volts} - 200^{\circ}\text{C} \\ 1,6\text{Volts} - 40^{\circ}\text{C} \end{cases} \begin{cases} 8\text{volt } 200^{\circ}\text{C} \\ 1,6\text{volt} - 40^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

3- $$C(Z) = \frac{48Z}{Z^5-1,94Z^4+0,94Z^3+0,24Z-0,24}$$

$$C_n = \{\underset{\uparrow}{0};0;0;0;48;95;139;180;208;222;...;160\}$$

$$\bar{e}(t) = r(nT) - C_n.0,04 = 8(nT) - 0,04.C_n$$

$$\bar{e}(t) = \{\underset{\uparrow}{8};8;8;8;6,08;4,2;2,44;0,8;-0,32;-0,88;...;1,6\}$$



Đ.18.2 $\omega_{-\pi} = \sqrt{2}$, $1+G(j\omega)N(M)=0$, $N=-1/G(j\omega)$

$$\frac{4}{\pi M} = \frac{3}{5}, \quad M = \frac{4.5}{3\pi} = 2,122$$

$$G(j\omega_{-\pi}) \Rightarrow |G(j\omega_{-\pi})| = \frac{10/2}{\omega_{-\pi}\sqrt{1+(\omega_{-\pi})^2}\sqrt{1+(\frac{1}{2}\omega_{-\pi})^2}} = \frac{5}{\sqrt{2}.\sqrt{3}\sqrt{3/2}} = \frac{5}{3}$$

$$M(t) = 2{,}122\sin\sqrt{2}t$$

Đ.18.3 $MS = (S+1)(S+2)(S+3) = S^3 + 6S^2 + 11S + 6$

$$G(s) = \frac{10}{S^3 + 6S^2 + 11S + 6} = \frac{Y(S)}{U(S)}$$

$$y''' + 6y'' + 11y' + 6y = 10u$$

Đặt $y = x_1$; $x_2 = \dot{x}_1$; $x_3 = \dot{x}_2$

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -6 & -11 & -6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix}(-K_1x_1 - K_2x_2 - K_3x_3)$$

Phương trình đặc trưng mong muốn có 3 nghiệm

$$A(S) = (S+10)(S+2-j3{,}414)(S+2+j3{,}414) = 0$$

$$A(S) = S^3 + 14S^2 + 56S + 160 = 0$$

Hệ phản hồi âm K có phương trình đặc trưng ở dạng:

$$\det(\lambda I - A_K) = 0$$

$$\det\begin{bmatrix} \lambda & -1 & 0 \\ 0 & \lambda & -1 \\ 6+10K_1 & 11+10K_2 & \lambda+6+10K_3 \end{bmatrix} = 0$$

$$\lambda[\lambda(\lambda+6+10K_3)+11+10K_2]+6+10K_1 = 0$$

$$\lambda^3 + \lambda^2(6+10K_3) + (11+10K_2)\lambda + 6 + 10K_1 = 0$$

So sánh với phương trình mong muốn ta có

$$\left.\begin{aligned} 6+10K_3 &= 14 \\ 11+10K_2 &= 56 \\ 6+10K_1 &= 160 \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} K_3 &= 0{,}8 \\ K_2 &= 4{,}5 \\ K_1 &= 15{,}4 \end{aligned}$$

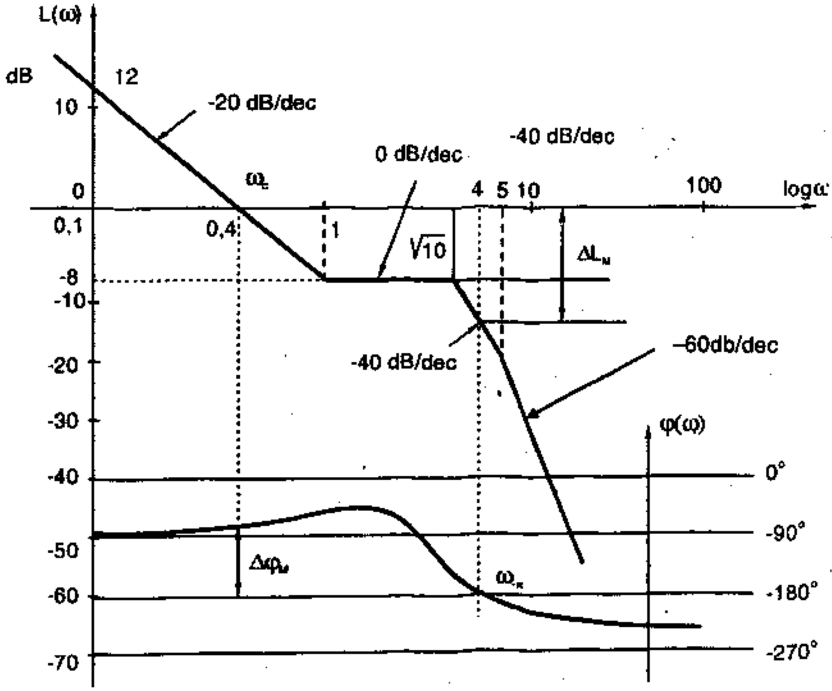
ĐỀ SỐ 19

Đ.19.1

2. $\boxed{K = \mathscr{K}/10 = 0{,}3427}$ hoặc $\boxed{K = \dfrac{2\xi\omega_n - 1}{10} = 0{,}3427}$

Đ.19.2

1.



2. $\Delta\varphi_M = 180^o - |\varphi(\omega_c)| = 102,6^o$

$\Delta L_M = L(\omega_{-\pi}) = 20\log|G(j\omega_{-\pi})| = 13,3dB$

Đ.19.3

1. $G(z) = \dfrac{0,06K}{Z^3(Z-0,94)}$

2. $C_n = 1,94C_{n-1} - 0,94C_{n-2} - 0,24C_{n-4} + 0,24C_{n-5} + 48\delta_{n-4}$

$C_n = \left\{\underset{\uparrow}{0};0;0;0;48;95;139;180;208;222...\right\}$

$\bar{e}(nT) = r(nT) - C(nT).0,04 = 8(nT) - 0,04.C(nT)$

$\bar{e}(nT) = \left\{\underset{\uparrow}{8};8;8;8;6,05;4,2;2,44;0,8;-0,32;-0,88...\right\}$

3. $K_I = 12,667$

$K_p = 3,025$

ĐỀ SỐ 20

Đ.20.1

1. $G(z)=\dfrac{1,8127}{z-0,8187}$

2. **K = 248**

3. $K_I = 7{,}0359$; $K_p = 15{,}8703$

Đ.20.2

1. $A=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -1 & 2\end{bmatrix};\ B=\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix};\ D=\begin{bmatrix}0,4\\ 0,4\end{bmatrix}$

2. $\mathbf{K_1 = -0{,}335;\ K_2 = 0{,}38}$

3. $\xi=\dfrac{-\ln r}{\sqrt{\ln^2 r+\theta^2}}=\mathbf{0{,}876};\ \omega_n=\dfrac{1}{T}\sqrt{\ln^2 r+\theta^2}=\mathbf{1{,}203}$

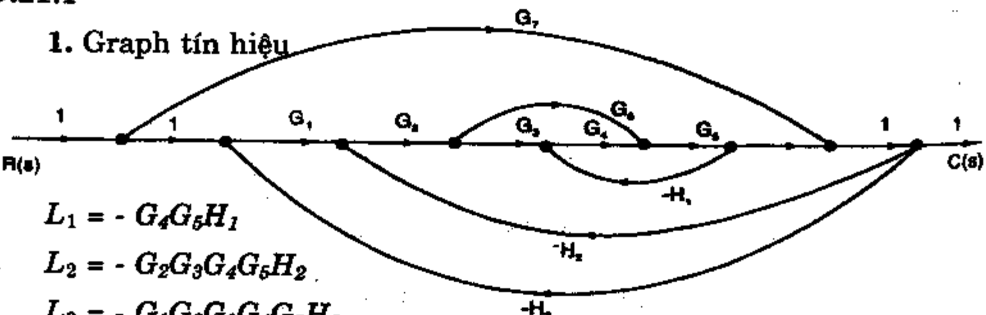
Đ.20.3 1. $A=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ 0 & -2 & -3\end{bmatrix};\qquad B=\begin{bmatrix}0\\ 0\\ 1\end{bmatrix};\qquad C=\begin{bmatrix}1\\ 0\\ 0\end{bmatrix}$

2. **Đáp số: $\mathbf{K_1 = 160}$; $\mathbf{K_2 = 54}$; $\mathbf{K_3 = 11}$**

ĐỀ SỐ 21

Đ.21.1

1. Graph tín hiệu



$L_1 = -G_4G_5H_1$

$L_2 = -G_2G_3G_4G_5H_2$

$L_3 = -G_1G_2G_3G_4G_5H_3$

$L_4 = -G_2G_6G_5H_2$

$L_5 = -G_1G_2G_6G_5H_3$

$P_1 = G_1G_2G_3G_4G_5 \qquad \Delta_1 = 1$

$P_2 = G_1G_2G_6G_5 \qquad \Delta_2 = 1$

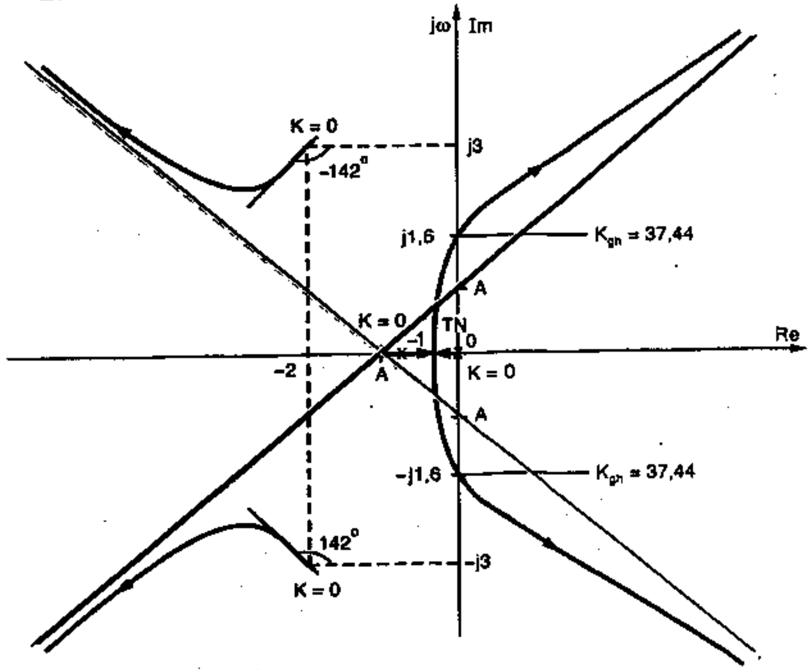
$P_3 = G_7 \qquad \Delta_3 = 1-L_1$

$$\Delta = 1-(L_1+L_2+L_3+L_4+L_5) = 1+G_4G_5H_1+G_2G_3G_4G_5H_2+$$
$$+G_1G_2G_3G_4G_5H_3+G_2G_6G_5H_2+G_1G_2G_6G_5H_3$$

$$G_{td}(S)=\frac{\sum P_i\Delta_i}{\Delta}=\frac{G_1G_2G_3G_4G_5+G_1G_2G_5G_6+G_7(1+G_4G_5H_1)}{\Delta}$$

Đ.21.2 **1.** $K=37,44$

2.



Đ.21.3 **1.** $\Delta\varphi_M = 180^o - |\varphi(\omega_c)| = 9^o \Rightarrow$ *Hệ kín ổn định*

2. $T_{gh}=\dfrac{\pi}{10.\omega_c}=0{,}1018\ sec$

Đ.21.4 **1.** $A=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -6 & -13 & -8 \end{bmatrix}$; $B=\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -16 \end{bmatrix}$; $D=\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$; $E=B_o=0$

2. $\Phi(t)=e^{At}=C_o[I]+C_1[A]+C_2[A]^2$

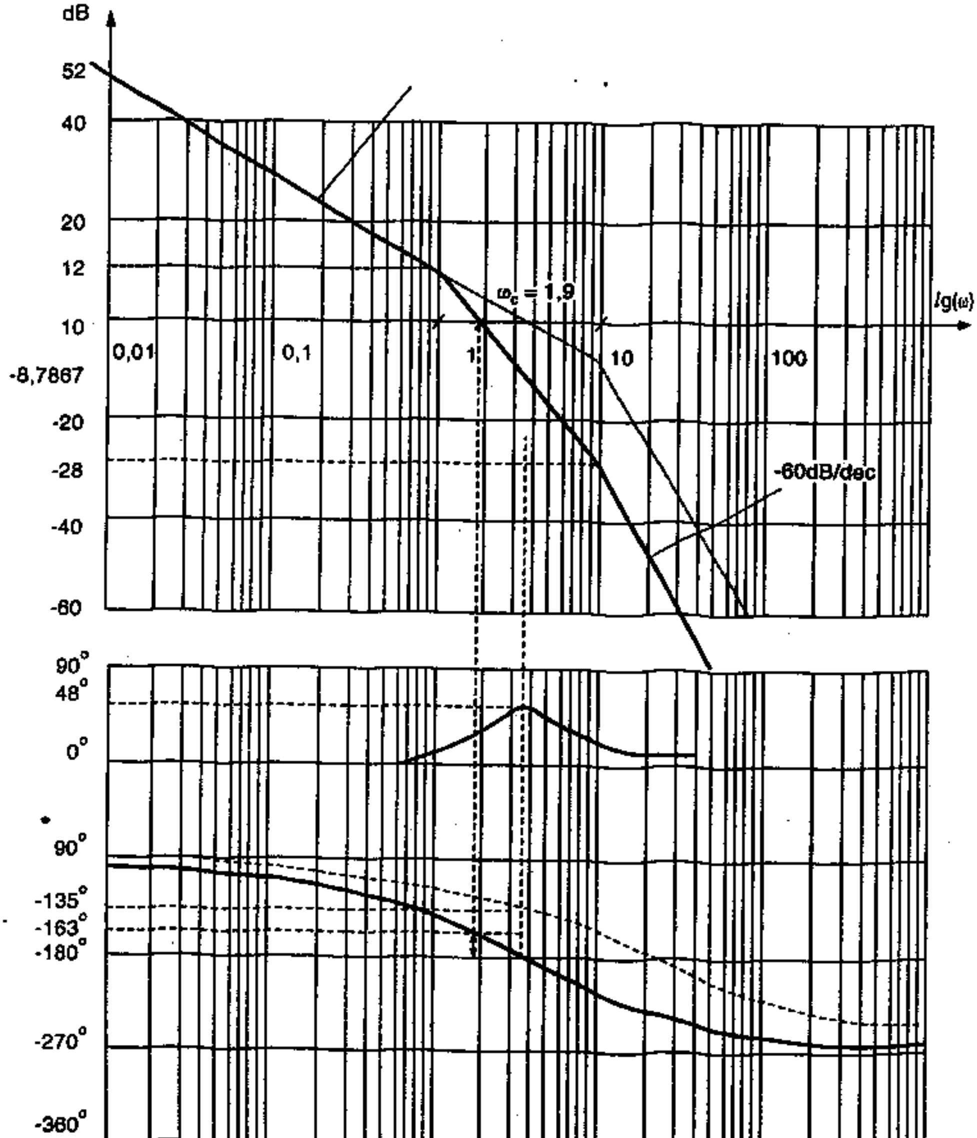
$$\begin{cases} C_o=\dfrac{30t.e^{-t}+e^{-6t}+24e^{-t}}{25} \\ C_1=\dfrac{35t.e^{-t}+2e^{-6t}-2e^{-t}}{25} \\ C_2=\dfrac{5t.e^{-t}+e^{-6t}-e^{-t}}{25} \end{cases}$$

ĐỀ SỐ 22

Đ.22.1 **1.** $N = \dfrac{3M^2}{4}$

2. $m(t) = 2\sqrt{2}\sin\sqrt{2}t$

Đ.22.2 **1.**



2. $G_c(S) = 4 \times \dfrac{0,8268S+1}{0,1181S+1}$

Đ.22.3

1. $C_n = 2,3835C_{n-1} - 2,0678C_{n-2} + 0,6843C_{n-3} + 0,1653\delta_{n-1} + 0,1355\delta_{n-2}$

$$C_n = \left\{ \begin{array}{l} 0 ; 0,1653 ; 0,5295 ; 0,9203 ; 1,2117; \\ \quad 1,3473 ; 1,3357 ; 1,2268 ; 1,0804 \ldots \end{array} \right\}$$

2- $\sigma\% = 100\%.e^{-\xi\pi/\sqrt{1-\xi^2}} \cong 35\%$

$\xi = 0.3169$

$$\omega_n = \frac{\pi}{0,5\sqrt{1-\xi^2}} = 6,6247; \quad t_s = \frac{4}{\xi\omega_n} = 1,9053\,\text{sec}$$

Đ.22.4a

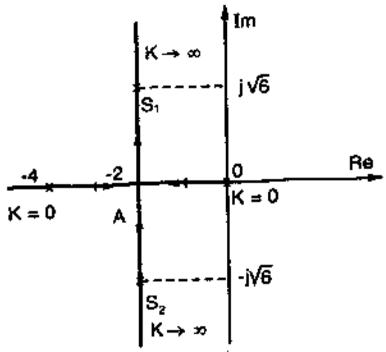
1. $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -15 & -23 & -9 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$; $D = [3 \;\; 5 \;\; 1]$; $E = 0$

$B = \begin{bmatrix} 1 \\ -4 \\ 16 \end{bmatrix}$; $D = [1 \;\; 0 \;\; 0]$

2. **Đáp số:** $\begin{cases} K_1 = 985 \\ K_2 = 177 \\ K_3 = 11 \end{cases}$

Đ.22.4b

1.



2. $n = \dfrac{K_v^*}{K_v^o} = \dfrac{50}{25} = 20$ *Phương pháp lưỡng cực*

$$G_c(s) = \frac{S+0,1}{S+\dfrac{0,1}{n}} = \frac{S+0,1}{S+0,005}$$

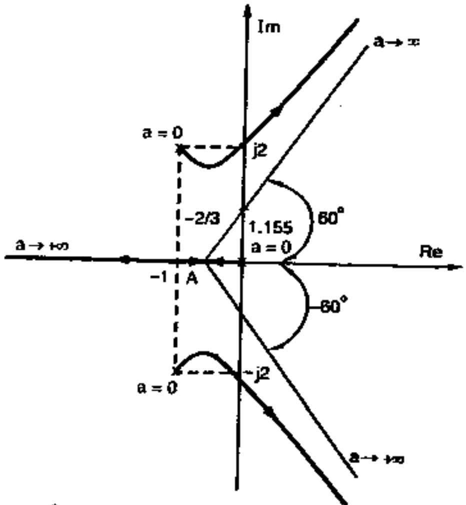
ĐỀ SỐ 23

Đ.23.1

$$G_{td} = \frac{G_1G_2G_3G_4 + G_1G_5G_4 + G_6(1 + G_3G_4H_1 + G_2G_3G_4H_2)}{1 + G_3G_4H_1 + G_2G_3G_4H_2 + G_1G_2G_3G_4 + G_1G_5G_4 + G_6 + G_3G_4H_1G_6 + G_2G_3G_4H_2G_6}$$

Đ.23.2

1.

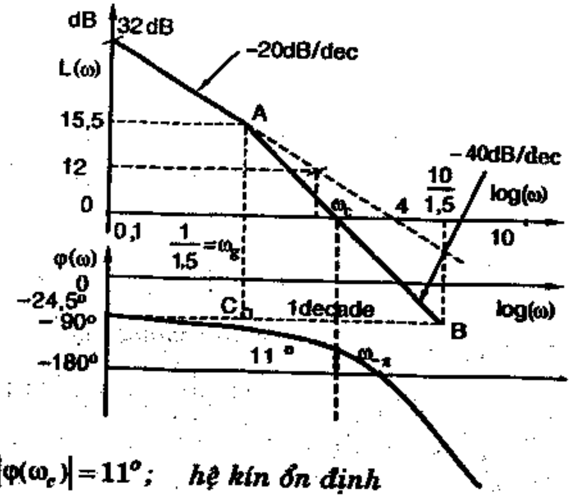


2. $a = 0,425$ tại cực s = – 0,5

Đ.23.3

1. $\begin{cases} K_I = 18 \\ K_p = 6,8 \\ K_D = 0,9 \end{cases}$ **2.** $e_{xl} = \dfrac{1}{K_v} = \dfrac{1}{18} \approx 0,0556$

Đ.23.4a



$\Phi M = 180^o - |\varphi(\omega_c)| = 11^o$; *hệ kín ổn định*

Đ.23.4b

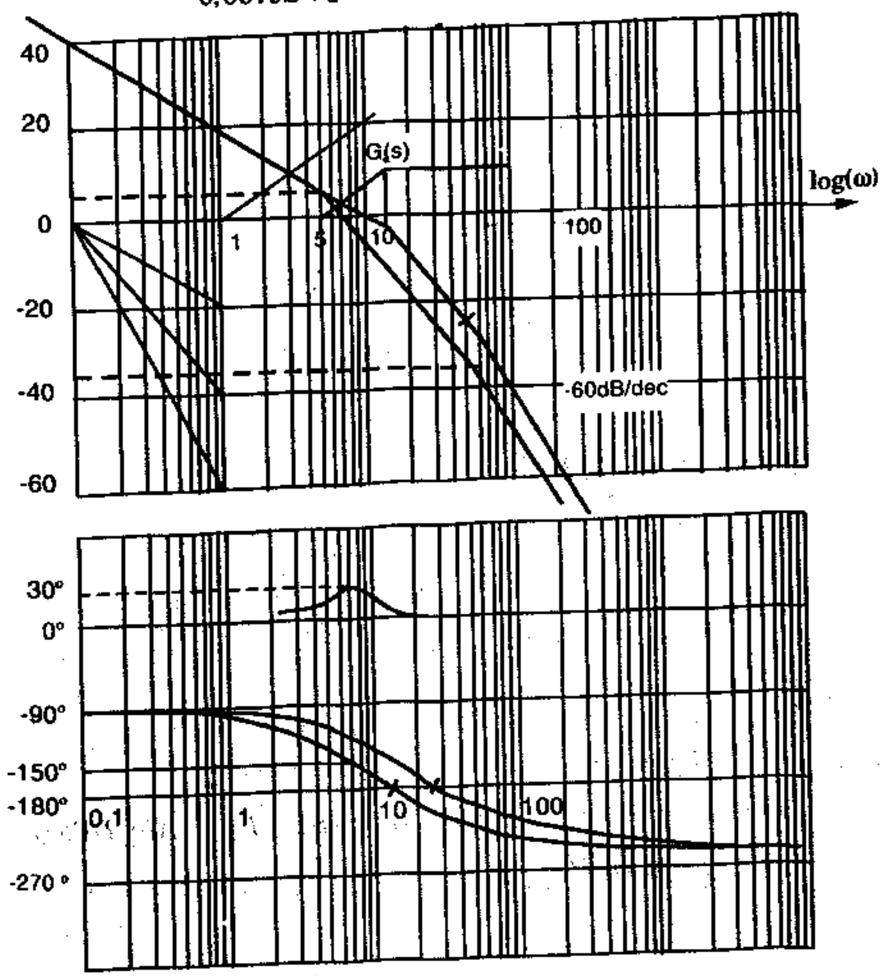
$$A=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ 0 & -20 & -12\end{bmatrix},\quad B=\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix},\quad D=\begin{bmatrix}\frac{15}{4} & \frac{17}{4} & 1\end{bmatrix},\quad E=0$$

$$\Phi(t)=C_oI+C_1A+C_2A^2$$

$$\left.\begin{aligned} e^{0t} &= C_0 = 1\\ e^{-2t} &= C_o-2C_1+4C_2\\ e^{-10t} &= C_o-10C_1+100C_2\end{aligned}\right\}\quad C_o=1\ ;\ C_1=\frac{24+e^{-10t}-25e^{-2t}}{40}\qquad C_2=\frac{4+e^{-10t}-5e^{-2t}}{80}$$

ĐỀ SỐ 24

Đ.24.1 $G_c(S)=5.\dfrac{0,2037S+1}{0,0679S+1}$



Đ.24.2

1. $G(z) = \dfrac{K}{z^4}\dfrac{0,0025}{(z-1)(z-0,975)} = \dfrac{1}{z^4(z-1)(z-0,975)}$

2. $e_{xl} = 0$

$C_n = 2,975C_{n-1} - 2,950C_{n-2} + 0,975C_{n-3} - 0,05C_{n-6} + 0,05C_{n-7} + 10\delta_{n-6}$

$C_n = \{0 \,;\, 0 \,;\, 0 \,;\, 0 \,;\, 0 \,;\, 0 \,;\, 10 \,;\, 29,75 \,;\, 59,01 \,;\, 97,53 \,;\, 145,08\}$

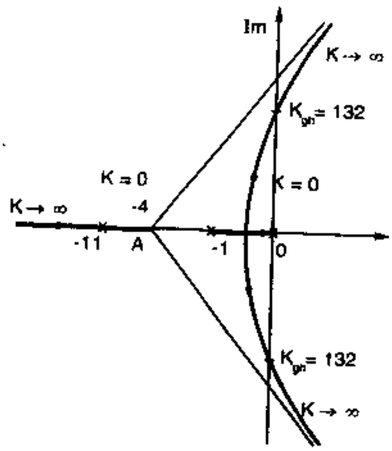
Đ.24.3

1. $N_{max} = \dfrac{2K_N}{\pi} \times \dfrac{\pi}{2} = K_N$

2. $K < 2,02$

Đ.24.4a

1.



2. $G_c(S) = 9,632.\dfrac{S+1,89}{S+13,22}$

Đ.24.4b

$K_1 = \dfrac{155}{3} = 51\dfrac{2}{3}$; $K_2 = \dfrac{97}{3} = 32\dfrac{1}{3}$; $K_3 = \dfrac{26}{3} = 8\dfrac{2}{3}$

ĐỀ SỐ 25

Đ.25.1

Vòng đơn: $L_1 = -AB$; $L_2 = -CD$; $L_3 = -BC$; $L_4 = -ABCDEFH$
$L_5 = -GFH$

Hai vòng đơn không dính nhau: L_1L_2 ; L_1L_5 ; L_2L_5 ; L_3L_5

Ba vòng đơn không dính nhau: $L_1L_2L_5$

Định thức

$$\Delta = 1-(L_1+L_2+L_3+L_4+L_5)+(L_1L_2+L_1L_5+L_2L_5+L_3L_5)-L_1L_2L_5$$

Đường tới: $P_1 = ABCDEF$; $\Delta_1 = 1$

$P_2 = GF$; $\Delta_2 = 1-(L_1+L_2+L_3)+L_1L_2$

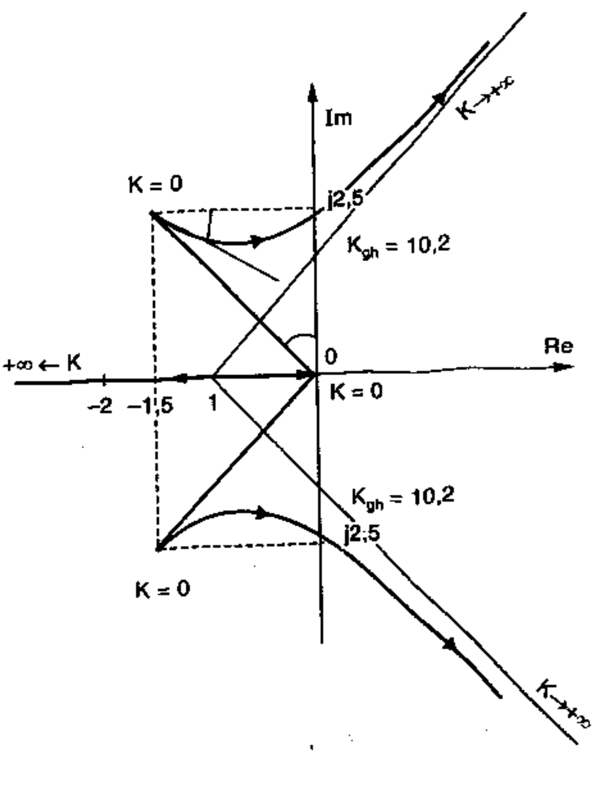
$$G_{td}(s) = \left.\frac{C(s)}{R(s)}\right|_{N(s)=0} =$$

$$= \frac{P_1\Delta_1 + P_2\Delta_2}{1+AB+CD+BC+ABCDEFH+GFH+ABCD+ABGFH+CDGFH+BCGFH+ABCDGFH}$$

$$\left.\frac{C(s)}{E(s)}\right|_{N(s)=0} = \frac{C(s)}{R(s)-H\cdot C(s)} = \frac{C(s)/R(s)}{1-H\dfrac{C(s)}{R(s)}} = \frac{G_{td}(s)}{1-H\cdot G_{td}(s)}$$

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

Đ.25.2

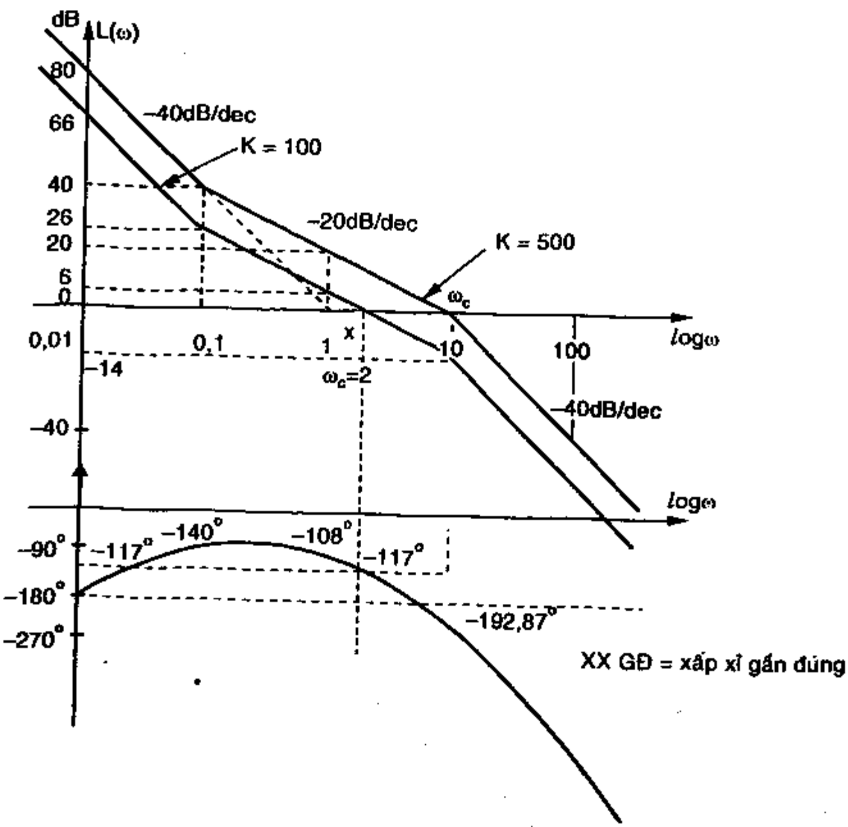


Đ.25.3

1. $A=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -\dfrac{1}{T}K & -\dfrac{1+K}{2T} & -\dfrac{2+T}{2T} \end{bmatrix}$; $B=\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}$; $D=\begin{bmatrix}\dfrac{1}{T}\\ \dfrac{K}{2T}\\ 0\end{bmatrix}$; E = 0

2. $0<T<\dfrac{2(1+K)}{3K-1}$

Đ.25.4



$\Phi M=180°-117°=63°>0$ ổn định.

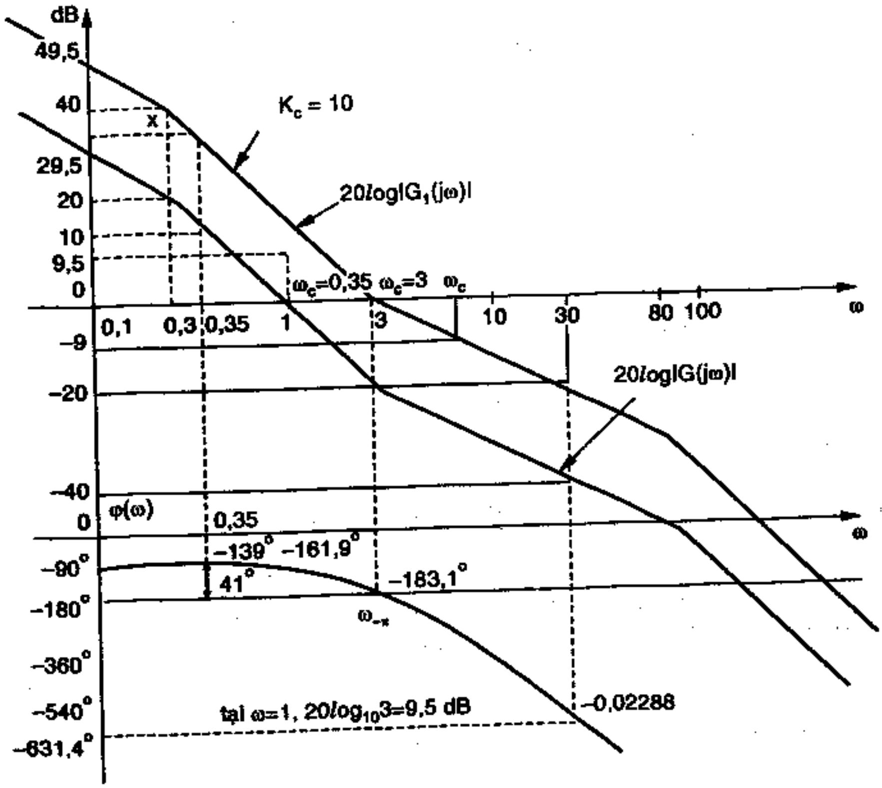
ĐỀ SỐ 26

Đ.26.1

2. $G_c(s)=6{,}1\times\dfrac{s+2{,}5}{s+7{,}2}\times\dfrac{s+0{,}5}{s+0{,}0305}$

Đ.26.2

1.



2. $G_c(s) = 10 \cdot \dfrac{28,57s+1}{2100,84s+1}$

Đ.26.3

1. $A_d = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{a}(1-e^{-aT} \\ 0 & e^{-aT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0,233 \\ 0 & 0,301 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_1 \\ 0 & a_2 \end{bmatrix}$

$$B_d = \begin{bmatrix} \frac{T}{a} + \frac{e^{-aT}-1}{a^2} \\ \frac{1-e^{-aT}}{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{0,4}{3} + \frac{0,301}{9} - \frac{1}{9} \\ \frac{1-0,301}{3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,056 \\ 0,233 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix};\ a_1 = b_2$$

2. $Z^2 - \underline{A}Z + \underline{B} = 0$

$$\rightarrow\begin{cases} 1+a_2-b_1K_1-b_2K_2=A & (1)\\ a_2+(a_1b_2-a_2b_1)K_1-b_2K_2=B & (2)\end{cases}$$

$$1-(a_1b_2-a_2b_1)K_1=A-B$$

$$K_1=\frac{1-A+B}{a_1b_2-a_2b_1+b_1}$$

$$K_2=\frac{a_2+(a_1b_2-a_2b_1)K_1-B}{b_2} \qquad (2)$$

$$K_2=\frac{1+a_2-b_1K_1-A}{b_2} \qquad (1)$$

$K_1=1{,}605;\ \ K_2=0{,}048$

ĐỀ SỐ 27

Đ.27.1

1. a) $G(s)=\dfrac{K\cdot a}{b\cdot C}\dfrac{\left(\frac{1}{a}s+1\right)e^{-as}}{s\left(\frac{1}{b}s+1\right)\left(\frac{1}{c}s+1\right)}=\dfrac{\left(\frac{1}{0{,}1}s+1\right)e^{-0{,}1s}}{s(s+1)\left(\frac{1}{10}s+1\right)}$

Bode biên độ có độ nghiêng – 20; 0; –20; –40 dB/dec

Tần số gẫy: 0,1 rad/sec; 1 rad/sec; 10 rad/sec

Bode pha: $\varphi(\omega)=-90^o=arctg\dfrac{\omega}{0{,}1}-arctg\omega-arctg\dfrac{\omega}{10}-\dfrac{0{,}1\omega\cdot180^o}{\pi}$

Tần số cắt $L(\omega_c)=0$. Theo hình vẽ $\omega_c=10$ rad/sec

$$\varphi(\omega_c=10)=-187^0,\ \Phi M=180^0-187^0=-7^o<0$$

Hệ kín không ổn định với K = 100

b) K = 20 và K = 100 Bode biên độ là những đường thẳng gẫy khúc song song cùng tần số gẫy, song với K = 20 biên độ suy giảm

$20\log 0{,}2=-13{,}9dB$; tại $\omega=1\Rightarrow L(\omega)=6{,}1dB$

K = 100, tại $\omega=1$, $L(\omega)=20dB$

Tần số cắt $\omega_c=2rad/\sec$

$\varphi(\omega_c)=-89^o$, $\Phi M=180^o-89^o=91^o>0$

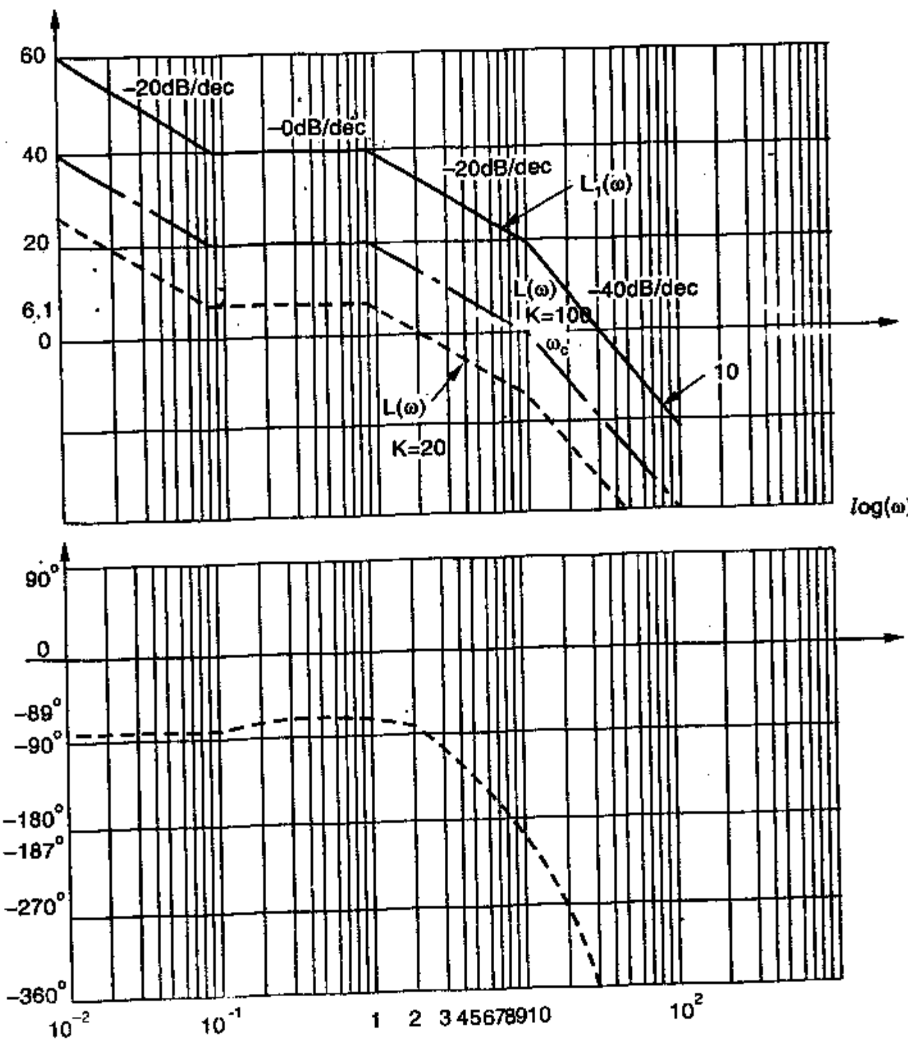
Hệ kín ổn định với K = 20.

Cách tính ω_c bằng đồ thị Bode biên độ:

$$\frac{x}{1dec} = \frac{6,1dB}{20dB} \Rightarrow \begin{array}{l} x[dec] = 0,305dec; \quad \omega_c = 10^x \\ \omega_c = 10^{0,305} = 2,018 rad/\sec \end{array}$$

2. $G_1(s) = K_c \cdot G(s)$

$$K_c = 10 \Rightarrow G_1(s) = 10 \cdot \frac{\left(\frac{1}{0,1}s+1\right)e^{-0,1s}}{s(s+1)\left(\frac{1}{10}s+1\right)}$$



Tần số cắt ω_c' sau khi hiệu chỉnh trễ pha

$$\varphi_1(\omega_c') = -180^o + \Phi M^* + \theta = -180^o + 45^o + 5^o = -130^o$$

$$\varphi_1(\omega = 4,5) = -130^o \Rightarrow \omega_c' = 4,5 rad/sel$$

Chọn Zero khâu hiệu chỉnh $\frac{1}{\alpha T} << \omega_c'$

$$\Rightarrow \frac{1}{\alpha T} = 0,45$$

Với α tính từ điều kiện

$$|G_1(\omega_c')| = \frac{1}{\alpha} \Rightarrow \alpha = 0,05$$

$$\Rightarrow \alpha T = 2,22$$

$$T = \frac{2,22}{\alpha} = 44,4$$

$$G_c(s) = 10 \cdot \frac{2,22s + 1}{44,4s + 1}$$

* Nếu lấy $\theta = 20^o$ thì ta có:

$$\varphi_1(\omega_c') = -180^o + \Phi M^* + \theta = -180^o + 45^o + 20^o = -115^o$$

$$\Rightarrow \omega_c' = 3,5\,\text{rad/sec}$$

$$|G_c(\omega_c)| = \frac{10\sqrt{\left(\frac{3,5}{0,1}^2 + 1\right)}}{3,5 \cdot \sqrt{3,5^2 + 1}\sqrt{\left(\frac{3,5}{10}\right)^2 + 1}} = \frac{1}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{25,9} \Rightarrow \alpha = 0,0386$$

$$\frac{1}{\alpha T} = 0,35 \Rightarrow \alpha T = 2,857$$

$$\frac{1}{T} = \alpha \frac{1}{\alpha T = 0,03860,35 = 0,01351}$$

$$\Rightarrow T = 74$$

$$G_c(s) = 10 \cdot \frac{1 + 2,857s}{1 + 74s}$$

Đ.27.2

1. $A_d = \begin{bmatrix} 1 & 0,1264 \\ 0 & 0,368 \end{bmatrix}$; $B_d = \begin{bmatrix} 0,01472 \\ 0,1264 \end{bmatrix}$

$$D_d = [30 \quad 0]$$

2. $Z^2 - Z + 0,89 = 0$ phương trình mong muốn

$\det[ZI - A_d + B_dK] = 0$ phương trình đặc tính hệ kín

Đồng nhất 2 phương trình nhận được:

$K_1 = 35,2$

$K_2 = -1,18$

3. $[x(n+1)] = \begin{bmatrix} 0,482 & 0,1438 \\ -4,4493 & 0,517 \end{bmatrix}[x(n)] + \begin{bmatrix} 0,01472 \\ 0,1264 \end{bmatrix}[r(n)]$

$y(n) = 30x_1(n)$

$x_1(n) = \{(0);\ 0,01472;\ 0,0399;\ 0,052;\ 0,042;\ 0,02\}$

$x_2(n) = \{(0);\ 0,1264;\ 0,126;\ 0,014;\ -0,098\}$

$y(n) = 30x_1(n) = \{(0);\ 0,4416;\ 1,197;\ 1,56;\ 1,26;\ 0,63\}$

ĐỀ SỐ 28

Đ.28.1

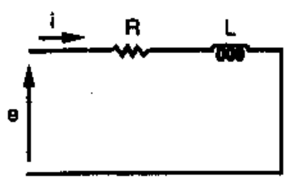
a) Quả banh thép chịu tác dụng lực hướng xuống là trọng lực Mg và lực hướng lên là lực hút nam châm $\dfrac{Ki^2}{y(t)}$. Lực tổng hợp là

$$F = Mg - \frac{Ki^2}{y(t)}$$

Áp dụng định luật Newton $F = Ma$ với a là gia tốc

$$a = \frac{d^2y}{dt^2}$$

ta suy ra $$M\frac{d^2y}{dt^2} = Mg - \frac{Ki^2}{y(t)}$$



Cuộn dây tượng trưng bởi mạch R là L nối tiếp

Áp dụng định luật Ohm

$$e(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt}$$

Suy ra phương trình của hệ treo banh bằng từ

$$M\frac{d^2y(t)}{dt^2} = Mg - \frac{Ki^2(t)}{y(t)}$$

$$e = Ri + L\frac{di(t)}{dt}$$

b) Đặt $y = y_0 + \Delta y$, dòng điện tương ứng là $i = i_0 + \Delta i$ từ phương trình:

$$\frac{Md^2(y_0+\Delta y)}{dt^2} = Mg - \frac{(i_0+\Delta i)^2}{y_0+\Delta y}$$

ta suy ra $i_0 = \sqrt{Mgy_0/K}$

Đặt biến trạng thái $x_1(t) = y(t) \quad x_2(t) = \dfrac{dx_1(t)}{dt}$

$$x_3(t) = i(t)$$

Từ phương trình vi phân suy ra

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = x_2(t) = f_1(x)$$

$$\frac{dx_2(t)}{dt} = g - \frac{Kx_3^2(t)}{Mx_1(t)} = f_2(x)$$

$$\frac{dx_3(t)}{dt} = -\frac{R}{L}x_3(t) + \frac{1}{L}e(t) = f_3(x,\Gamma)$$

Quanh điểm y_0 ta có

$$\left.\begin{aligned} x_1(t) &= x_{10} + \Delta x_1(t) \\ x_2(t) &= x_{20} + \Delta x_2(t) \\ x_3(t) &= x_{30} + \Delta x_3(t) \end{aligned}\right\} \text{ hay } x(t) = x_0 + \Delta x$$

Xét hệ phi tuyến $\dfrac{dx}{dt} = f(x,\Gamma)$, khai triển Taylor quanh x_o, Γ_o

$$\dot{x}_i(t) = f_i(x_o,\Gamma_o) + \sum_{j=1}^{n}\frac{\partial f_i(x,\Gamma)}{\partial x_j}\Bigg|_{x_o,\Gamma_o}^{\Delta xj} + \sum_{j=1}^{p}\frac{\partial f_i(x,\Gamma)}{\partial r_j}\Bigg|_{x_o,\Gamma_o}^{\Delta \Gamma j}$$

$$\Delta\dot{x}_i = \dot{x}_i - \dot{x}_{oi}$$

$$\dot{x}_{oi} = f_i(x_o,\Gamma_o)$$

$$\rightarrow \Delta\dot{x}_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial f_i(x,\Gamma)}{\partial x_j}\bigg|_{x_o,\Gamma_o} \Delta x_j + \sum_{j=1}^{p} \frac{\partial f_i(x,\Gamma)}{\partial \Gamma_j}\bigg|_{x_o,\Gamma_o} \Delta\Gamma_j$$

$$\Delta\dot{x}_1 = \Delta x_2$$

$$\Delta\dot{x}_2 = \frac{Kx_{03}^2}{Mx_{01}^2}\Delta x_1 - \frac{2Kx_{03}}{Mx_{01}}\Delta x_3$$

$$\Delta\dot{x}_3 = -\frac{R}{L}\Delta x_3 + \frac{1}{L}\Delta e$$

$$\begin{bmatrix} \Delta\dot{x}_1 \\ \Delta\dot{x}_2 \\ \Delta\dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ \frac{Kx_{03}^2}{Mx_{01}^2} & 0 & \frac{-2Kx_{03}}{Mx_{01}} \\ 0 & 0 & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} \Delta e$$

thay tên biến $\Delta x_i \rightarrow x_i$ ta có phương trình tuyến tính hóa quanh y_0

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ \frac{g}{y_o} & 0 & -2\sqrt{\frac{gK}{My_o}} \\ 0 & 0 & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} \Delta e$$

Đ.28.2

1- $$G(s) = \frac{100(10s+1)e^{-0,1s}}{100s(s+1)\left(\frac{1}{100}s^2 + \frac{1}{10}s + 1\right)} = \frac{(10s+1)e^{-0,1s}}{s(s+1)\left(T^2s^2 + 2\xi Ts + 1\right)}$$

với $T = \frac{1}{10}; \xi = 0,5$

Tần số gẫy:

Độ nghiêng: $-20^{dB}/_{dec} \Big|^{0,1} 0^{dB}/_{dec} \Big|^{1} -20^{dB}/_{dec} \Big|^{10} -60^{dB}/_{dec}$

Xác định tọa độ ban đầu của Bode biên độ:

Tại $\omega = 0,1; L(0,1) = 20\log\frac{1}{0,1} = 20dB$; Tần số cắt $\omega_c = 10$

Bode pha:

$$\varphi(\omega) = -90^0 + arctg10\omega - arctg\omega - arctg\frac{2\xi T\omega}{1-\omega^2T^2} - \frac{0,1\omega\times180^o}{\pi}$$

$$\varphi(\omega_c) = -90^o + 89,43^o - 84,29^o - 90^o - 57,29^o$$

$$\varphi(\omega_c = 10) = -232,15^o$$

$$\Phi M = 180^0 + \varphi(\omega_c) = -52,15^o < 0$$

$$GM < 0; \omega_{-\pi} < \omega_c$$

Kết luận: Hệ thống ổn định ở trạng thái kín.

Tính một số điểm $\varphi(\omega)$:

$$\varphi(\omega = 0,1) = -90^o + 45^o - 5,7^o - 0,6^o - 0,6^o = -51,9^o$$

$$\varphi(\omega = 1) = -90^o + 84,3^o - 45^o - 5,7^o - 5,7^o = -62,1^o$$

2- $$G_C(s) = K_C\frac{1+\alpha TS}{1+TS}; \alpha < 1$$

$$K_C = \frac{K_V}{K_V^0} = \frac{10}{1} = 10$$

Vẽ Bode biên độ $L_1(\omega) = K_C.G(s)$ song song cùng gãy với $L(\omega)$ về phía trên thêm $20dB = 20\log K_C$

Xác định tần số cắt của $L_1(\omega)$

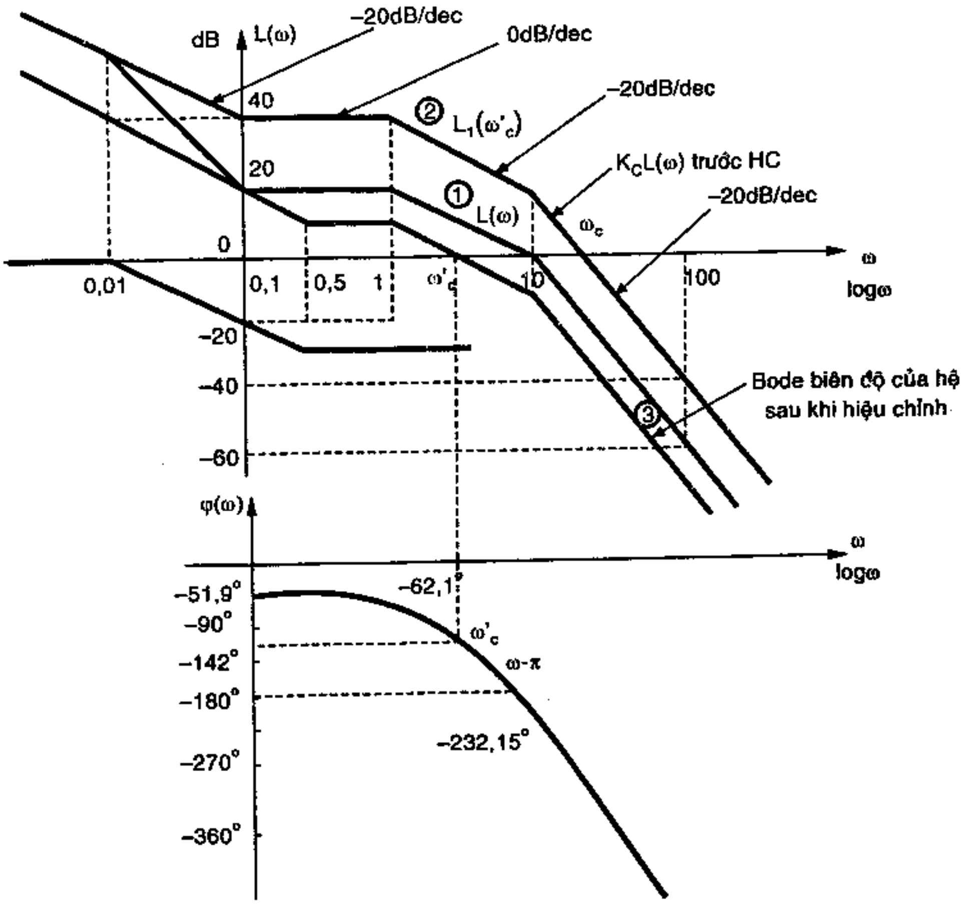
$$\frac{x}{1dec} = \frac{20}{60} \Rightarrow x = \frac{1}{3}dec, \omega = 10^{\log 10 + \frac{1}{3}} = 21,54$$

$\varphi(\omega'C) = -180^o + \Phi M^* + \theta$ Xác định tần số cắt sau HC

$$\varphi(\omega'C) = -180^o + 30^o + 5^o = -145^o$$

$$\varphi(\omega = 5) = -90^o + arctg10.5 - arctg5 - arctg\frac{\frac{1}{10}\times5}{1-5^2\frac{1}{100}} - \frac{0,1\times5\times180^o}{\pi}$$

$$\varphi(\omega = 5) = -90^o + 88,9^o - 78,7^o - 33,7^o - 28,7^o = -142,2^o$$



Biểu đồ Bode Biên độ và Bode pha của hệ trước và sau HC

$$G(s)=\frac{(10s+1)e^{-0,1s}}{s(s+1)\left(\frac{1}{100}s^2+\frac{1}{10}s+1\right)}$$

Chọn $\omega_c' = 5$

$$L_1\left(\omega_c' = 5\right) = -20log_{10}\alpha$$

$$Log_{10}5 = 0,7 \Rightarrow L_1\left(\omega_c'\right) = 30dB = (20+0,7.20)dB$$

$$-20\log\alpha = 34dB \Rightarrow \log\alpha = -\frac{34}{20} = -1,7$$

$$\boxed{\alpha = 10^{-1,7} = 0,02}$$

Chọn $\quad \frac{1}{\alpha T} = \frac{1}{10}\omega_c' = \frac{1}{10}\times 5 \Rightarrow \alpha T = 2$

$$T = \frac{2}{\alpha} = 100$$

$$\boxed{G_C(s) = 10 \times \frac{1+2s}{1+100s}}$$

Vẽ Bode sau khi HC

Tần số gãy:

Độ nghiêng:

	0,01	0,1	0,5	1	10
$-20^{dB}/_{dec}$	$-40^{dB}/_{dec}$	$-20^{dB}/_{dec}$	$0^{dB}/_{dec}$	-20	-60

$$\Phi M = 180^o + \varphi(\omega_C') = 180^o - 142{,}2^o = 37{,}8^o > 0$$

$GM > 0$. Hệ ổn định và đảm bảo yêu cầu chất lượng.

Đ.28.3

1- $G(z) = \frac{z-1}{z} \times \frac{K}{a} e^{-\frac{b}{T}} Z\left\{\frac{a}{s(s+a)}\right\}$; $\quad e^{-0,6} = 0{,}549$

$$G(s) = \frac{z-1}{z} \times \frac{K}{a} e^{-\frac{b}{T}} \times \frac{z\left(1-e^{-aT}\right)}{(z-1)\left(z-e^{-aT}\right)}; \quad e^{-\frac{b}{T}} = z^{-5}$$

$$G(z) = \frac{0{,}902}{z^5(z-0{,}549)}$$

$$e_{xl} = \lim_{z\to 1}\left(1-z^{-1}\right)E(z) = \lim_{z\to 1}\left(1-z^{-1}\right) \times \frac{1}{1+\frac{0{,}902}{z^5(z-0{,}549)}} \times \frac{z}{z-1} = \frac{1}{3}$$

2-

$$C(z) = \frac{G(z)}{1+G(z)} \times R(z) = \frac{0{,}902z^{-6}}{1-1{,}549z^{-6}+0{,}549z^{-2}+0{,}902z^{-6}-0{,}902z^{-7}}$$

$$C(nT) = 1{,}549C(n-1) - 0{,}549C(n-2) - 0{,}902C(n-6)$$
$$+0{,}902C(n-7) + 0{,}902\delta(n-6)$$

$C(0) = C(1) = C(2) = C(3) = C(4) = C(5) = 0$

$C(6) = 0{,}902$

$C(7) = 1{,}549.C(6) = 1{,}397$

$C(8) = 1{,}549.C(7) - 0{,}549.C(6) = 1{,}669$

$C(9) = 1{,}549.C(8) - 0{,}549.C(7) = 1{,}818$

$$C(10) = 1{,}549.C(9) - 0{,}549.C(8) = 1{,}900$$

$$C(11) = 1{,}549.C(10) - 0{,}549.C(9) = 1{,}945$$

$$C(12) = 1{,}549.C(11) - 0{,}549.C(10) - 0{,}902.C(6) = 1{,}156$$

$$C(13) = 1{,}549.C(12) - 0{,}549.C(11) - 0{,}902.C(7) + 0{,}902.C(6) = 0{,}276$$

$$c_{xl} = \lim_{z\to 1}\left(1 - z^{-1}\right)\times C(z) = r_{xl} - e_{xl} = \frac{2}{3}$$

3- Phương trình đặc tính của hệ sau HC:

$$1 + \left(K_p + K_I\frac{T}{2}\times\frac{z+1}{z-1}\right)z^5\times\frac{0{,}902}{z^5(0{,}549)} = 0$$

$$z^2 - z\left[1{,}549 - 0{,}902\left(K_p + 0{,}1K_I\right)\right] + 0{,}549 - 0{,}902\left(K_p - 0{,}1K_I\right) = 0$$

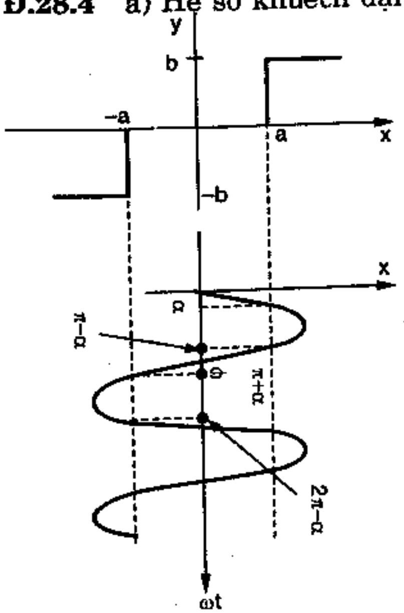
$$(z - z_1)(z - z_2) = (z - 0{,}05 - j0{,}02)(z - 0{,}05 + j0{,}02) = 0$$

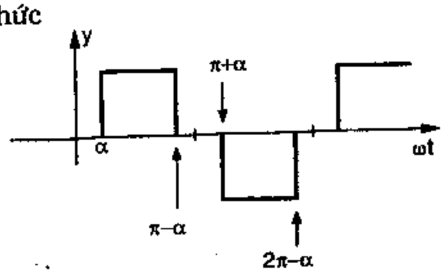
$$z^2 - 0{,}1z + 0{,}0029 = 0$$

$$\begin{array}{r|l} 1{,}549 - 0{,}902\left(K_p + 0{,}1K_I\right) = 0{,}1 & K_p + 0{,}1K_I = 1{,}6064 \\ 0{,}549 - 0{,}902\left(K_p - 0{,}1K_I\right) = 0{,}0029 & K_p - 0{,}1K_I = 0{,}6054 \end{array}$$

$$\boxed{\begin{aligned} K_p &= 1{,}106 \\ K_I &= 5{,}005 \end{aligned}}$$

Đ.28.4 a) Hệ số khuếch đại phức





Với tín hiệu vào: $x = X_m\sin\omega t,\ X_m > b$

tín hiệu ra y có dạng:

$$y = \begin{cases} 0 & 0 < \omega t < \alpha \\ b & \alpha < \omega t < \pi - \alpha \\ 0 & \pi - \alpha < \omega t < \pi + \alpha \\ -b & \pi + \alpha \le \omega t < \pi - \alpha \end{cases}$$

$$\sin\alpha = \frac{a}{X_m}$$

y là hàm lẻ.

Thành phần tần số cơ bản của y là:

$$y_1 = \left[\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} y\sin\theta d\theta\right]\sin\omega t = B_1 \sin\omega t$$

Do tính đối xứng của y: $B_1 = \frac{4}{\pi}\int_0^{\pi/2} y\sin\theta d\theta = \frac{4b}{\pi}\cos\alpha$

Hệ số khuếch đại phức: $N(X_m) = \frac{B_1}{X_m} = \frac{4b}{\pi X_m}\cos\alpha; \quad X_m \geq b$

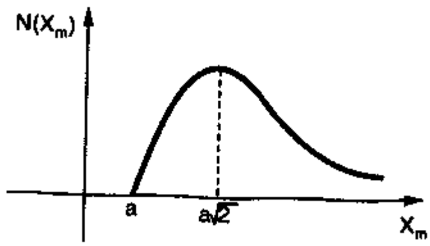
$= 0 \quad ; \quad X_m < b$

với $\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{a^2}{X_m^2}}$

$$N(X_m) = \frac{4b}{\pi X_m}\sqrt{1-\frac{a^2}{X_m^2}}$$

$$a = 0{,}2 \quad b = 10 \quad N(X_m) = \frac{40}{\pi X_m}\sqrt{1-\frac{0{,}04}{X_m^2}}.$$

b) Vẽ $G(f\omega)$ và $-\frac{1}{N(X_m)}$



$$\frac{dN(X_m)}{dX_m} = \frac{4b}{\pi}\frac{(2a^2 - X_m^2)}{X_m^3} = 0$$

$\rightarrow X_m = a\sqrt{2}$

lúc đó cực đại ở $\frac{2b}{\pi a}$

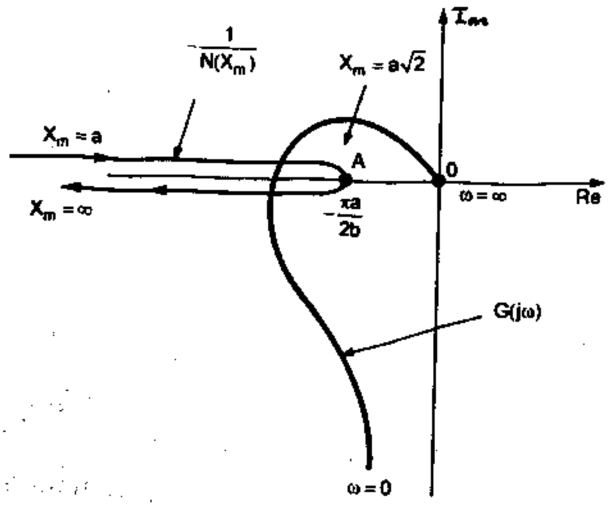
$$OA = -\frac{\pi a}{2b} = 0{,}0314$$

$G(j\omega)$ cắt trục thực âm ở $-\frac{K}{2}$ ứng với $\omega = 1\ rad/\sec$

Hệ dao động nếu:

$$\frac{K}{2} > \frac{\pi a}{2b}$$

$$\rightarrow K_{gh} = \frac{\pi a}{b} = 0{,}0628.$$



BẢNG BIẾN ĐỔI LAPLACE VÀ Z

No	Hàm Laplace F(s)	Hàm thời gian f(t)	Hàm z F(z)
1	$1/s$	$u(t)$	$z/(z-1)$
2	$1/s^2$	t	$Tz/(z-1)^2$
3	$1/s^3$	$t^2/2$	$T^2z(z+1)/2(z-1)^3$
4	$\frac{1}{s^3}$	$\frac{1}{3!}t^3$	$\frac{T^3z(z^2+4z+1)}{6(z-1)^4}$
5	$\frac{1}{(s+a)}$	e^{-at}	$\frac{z}{z-e^{-aT}}$
6	$\frac{1}{(s+a)^2}$	te^{-at}	$\frac{Tze^{-aT}}{\left(z-e^{-aT}\right)^2}$
7	$\frac{1}{(s+a)^3}$	$\frac{1}{2}t^2e^{-at}$	$\frac{T^2}{2}e^{-aT}\frac{z(z+e^{-aT})}{(z-e^{-aT})^3}$
8	$\frac{a}{s(s+a)}$	$1-e^{-at}$	$\frac{z(1-e^{-aT})}{(z-1)(z-e^{-aT})}$
9	$\frac{a}{s^2(s+a)}$	$t-\frac{1-e^{-at}}{a}$	$\frac{z[(aT-1+e^{-aT})z+(1-e^{-aT}-aTe^{-aT})]}{a(z-1)^2(z-e^{-aT})}$
10	$\frac{b-a}{(s+a)(s+b)}$	$e^{-at}-e^{-bt}$	$\frac{(e^{-aT}-e^{-bT})z}{(z-e^{-aT})(z-b^{-bT})}$
11	$\frac{a}{(s+a)^2}$	$(1-at)e^{-at}$	$\frac{z[z-e^{-aT}(1+aT)]}{(z-e^{-aT})^2}$
12	$\frac{a^2}{s(s+a)^2}$	$1-(1+at)e^{-at}$	$\frac{z}{z-1}-\frac{z}{z-e^{-aT}}-\frac{aTe^{-aT}z}{(z-e^{-aT})^2}$
13	$\frac{(b-a)s}{(s+a)(s+b)}$	$be^{-bt}-ae^{-at}$	$\frac{z[z(b-a)-(be^{-aT}-ae^{-bT})]}{(z-e^{-aT})(z-e^{-bT})}$
14	$\frac{a}{s^2+a^2}$	$\sin at$	$\frac{z\sin aT}{z^2-(2\cos aT)z+1}$
15	$\frac{s}{s^2+a^2}$	$\cos at$	$\frac{z(z-\cos aT)}{z^2-(2\cos aT)z+1}$
16	$\frac{b}{(s+a)^2+b^2}$	$e^{-at}\sin bt$	$\frac{ze^{-aT}\sin bT}{z^2-2e^{-aT}(\cos bT)z+e^{-2aT}}$
17	$\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}$	$e^{-at}\cos bt$	$\frac{z(z-e^{-aT}\cos bT)}{z^2-2e^{-aT}(\cos bT)z+e^{-2aT}}$
18	$\frac{1}{s(s+a)(s+b)}$	$\frac{1}{ab}+\frac{e^{-at}}{a(a-b)}+\frac{be^{-at}}{b(b-a)}$	$\frac{(Az+B)z}{(z-e^{-aT})(z-e^{-bT})(z-1)}$ $A=\frac{b(1-e^{-aT})-a(1-e^{-bT})}{ab(b-a)}$ $B=\frac{ae^{-aT}(1-e^{-bT})-be^{-bT}(1-e^{-aT})}{ab(b-a)}$
19	1	$\delta(t)$	1
20	$\frac{1}{s}$	$u(t)=1(t)=\lim_{T\to0}\sum_{n=0}^{+\infty}\delta(t-nT)$	$\frac{1}{1-e^{-Ts}}=\frac{z}{z-1}$

TÓM TẮT MỘT VÀI TÍNH CHẤT VÀ ĐỊNH LÝ CỦA PHÉP BIẾN ĐỔI Z

N0	Dãy tín hiệu	Biến đổi Z	Miền hội tụ	Ghi chú
	$x(n)$ $y(n)$	$X(z)$ $Y(z)$	$R_{x-} < \lvert z\rvert < R_{x+}$ $R_{y-} < \lvert z\rvert < R_{y+}$	
1	$a.x(n) + b.y(n)$	$a.X(z) + b.Y(z)$	$\max[R_{x-}, y_{y-}] < \lvert z\rvert$ $< \min[R_{x+}, R_{y+}]$	Tính tuyến tính
2	$x(n - n_o)$ $x(n + n_o)$	n_o nguyên dương $z^{-n_o} . X(z)$ $z^{n_o} . X(z)$	$R_{x-} < \lvert z\rvert < R_{x+}$	Tính trễ (dịch chuyển theo thời gian)
3	$a^n . x(n)$	$X\left(\frac{z}{a}\right)$	$\lvert a\rvert.R_{x-} < \lvert z\rvert$ $< \lvert a\rvert R_{x+}$	Thay đổi thang tỉ lệ (Nhân dãy với hàm mũ a^n)
4	$n. x(n)$	$-z\frac{dX(z)}{dz}$	$R_{x-} < \lvert z\rvert < R_{x+}$	Đạo hàm của biến đổi z
5	$x^*(n)$	$X^*(z^*)$	$R_{x-} < \lvert z\rvert < R_{x+}$	Dãy liên hợp phức
6	$x(-n)$	$X\left(\frac{1}{z}\right)$	$\frac{1}{R_{x-}} < \lvert z\rvert < \frac{1}{R_{x+}}$	Đảo trục thời gian
7	Nếu $x(n) = 0$ với $n < 0$	$x(0) = \lim\limits_{z\to\infty} X(z)$		Định lý giá trị đầu
8	$x(n) * y(n)$	$X(z). Y(z)$	$\max[R_{x-}, R_{y-}] < \lvert z\rvert$ $< \min[R_{x+}, R_{y+}]$	Tích chập của hai dãy
9	$x(n). y(n)$	$\frac{1}{2\pi j}\oint\limits_C X(V)\cdot$ $Y\left(\frac{z}{V}\right)\times V^{-1}dv$	$R_{x-}R_{y-} < \lvert z\rvert < R_{x+} R_{y-}$	Tích của hai dãy
10	$r_{xy}(n) = \sum\limits_{m=-\infty}^{\infty} x(m)y(m-n)$	$R_{xy}(z) = X(z). Y\left(\frac{1}{z}\right)$	$R_{x-} < \lvert z\rvert < R_{x+}$ $\frac{1}{R_{y+}} < \lvert z\rvert < \frac{1}{R_{y-}}$	Tương quan của hai tín hiệu
11	$\sum\limits_{n=-\infty}^{+\infty} x(n)$	$\frac{1}{1-z^{-1}}X(z)$	Tối thiểu là giao của R_x và $\lvert z\rvert > 1$	
12	Tính giá trị xác lập	$X(\infty) = \lim\limits_{z\to 1}(1-z^{-1})X(z)$		Định lý giá trị cuối

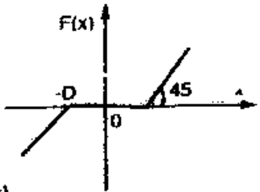
HÀM MÔ TẢ CÁC KHÂU PHI TUYẾN ĐIỂN HÌNH

1. Khâu có vùng chết

$$N = 1 - \frac{2\alpha + \sin 2\alpha}{\pi}$$

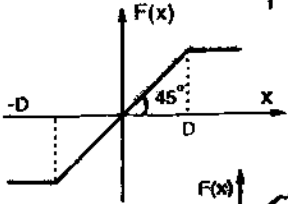
$$\sin\alpha = \frac{D}{M}, \quad x(t) = M\sin\omega t$$

$$M > D$$



2. Khâu bão hòa

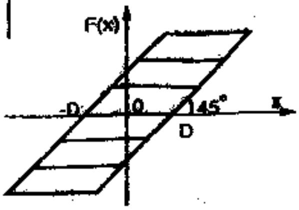
$$N = \frac{2\alpha + \sin 2\alpha}{\pi}$$



3. Khâu khe hở

$$N = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} - j\frac{\cos^2\alpha}{\pi}$$

$$\sin\alpha = \frac{2}{A} - 1; \quad A = \frac{M}{D}$$

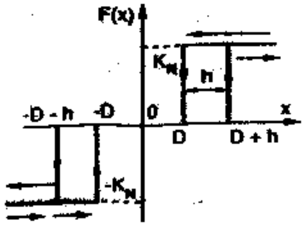


4. Rơle 3 vị trí có trễ

$$N = \frac{2K_N}{\pi A(D+h)}(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2)$$

$$-j\frac{2K_N}{\pi A(D+h)}(\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2)$$

$$\sin\alpha_1 = \frac{1}{A}; \quad \sin\alpha_2 = \frac{D}{M}; \quad A = \frac{M}{D+h}$$

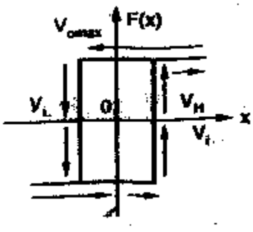


5. Khâu so sánh có trễ

Trigger Schmit không đảo

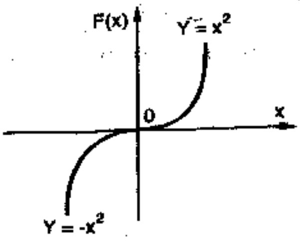
$$N = \frac{4V_0 \max}{\pi A V_H}(\cos\alpha + j\sin\alpha)$$

$$\sin\alpha = \frac{1}{A}, \quad A = \frac{M}{D} = \frac{M}{V_H}$$



6. $\left.\begin{array}{l} y = x^2 \\ y = -x^2 \end{array}\right\} \Rightarrow N = \frac{8M}{3\pi}$

7. $y = x^3; \quad N = \frac{3M^2}{4}$



Tài liệu tham khảo

1. A.B. Hetusin, *Automatic Control Theory*, Nhà xuất bản Moskva, 1983.

2. Benjamin C.Kuo, *Automatic Control System*, Prentice Hall International Editions, 1988.

3. Charles L.Phillips, H.Troy Nagle, *Digital Control System Analysis and Design*, Second Edition, Prentice Hall International Editions, 1990.

4. Katsuhiko Ogata, Second Edition, *Modern Control Engineering*, Prentice Hall International Editions, 1996.

5. MATLAB, *The Student Edition of MATLAB*, Version 7.0 Users Guide, Prentice Hall.

6. Stanley M.Shinners, *Modern Control System Theory and Design* A. Wiley, *Interscience publicatio*, Copyright 1992 by John Wiley & Sons, Inc.

7. John Van De Vegte, *Feedback Control System*, Prentice Hall, 1991.

8. J.R.Leigh, *Applied Digital Control Theory*, Design and Implementation - London 1994.

BÀI TẬP ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Nguyễn Thị Phương Hà

NHÀ XUẤT BẢN

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH

Khu phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, TP HCM

ĐT: 7242181, 7242160 + (1421, 1422, 1423, 1425, 1426)

Fax: 7242194 – **Email:** vnuhp@vnuhcm.edu.vn

* * *

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS-TS NGUYỄN QUANG ĐIỂN

Biên tập:

NGUYỄN TIẾN NAM

Biên tập tái bản:

PHẠM VĂN THỊNH

Sửa bản in:

TRẦN VĂN THẮNG

Trình bày bìa:

TRƯƠNG NGỌC TUẤN

In 500 cuốn, khổ 16 x 24 cm. Giấy phép xuất bản số: 09/782/XB-QLXB do Cục Xuất bản cấp ngày 21/7/2000. Giấy trích ngang số: 653/KHXB ngày 25/11/2005. In tại Xưởng in Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP. HCM. Nộp lưu chiểu tháng 3 năm 2006.