Không gian trạng thái

$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = Ax + Bu \\ y = Cx + Dw \end{cases}$ $\quad x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} \rightarrow c = (\;\text{"}\;\;\text{"}\;\;\text{"}\;)$ Thường cho $D = 0$

- Tính ổn định $\Leftrightarrow \det(sI - A)$ = đa thức không có nghiệm bên phải trục ảo
- Tính điều khiển được $\Leftrightarrow \det(B \;\; AB \;\; A^2B) \neq 0$
- Tính quan sát được $\Leftrightarrow \det \begin{pmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \end{pmatrix} \neq 0$ $\qquad I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

- Thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái R

$$(B \;\; AB \;\; A^2B)^{-1} = \begin{pmatrix} \text{"} & \text{"} & \text{"} \\ \text{"} & \text{"} & \text{"} \\ x & x & x \end{pmatrix} \rightarrow S^T = (x \;\; x \;\; x)$$

$\det(sI - A)$ = đa thức biến s $\rightarrow$ hệ số $a_0 = ?,\ a_1 = ?,\ a_2 = ?$

s_1, s_2, s_3 là điểm cực $\rightarrow$ đa thức $(s - s_1)(s - s_2)(s - s_3) \rightarrow$ hệ số $\hat{a}_0 = ?,\ \hat{a}_1 = ?,\ \hat{a}_2 = ?$

$$R = (\hat{a}_0 - a_0 \;\; \hat{a}_1 - a_1 \;\; \hat{a}_2 - a_2)\begin{pmatrix} S^T \\ S^TA \\ S^TA^2 \end{pmatrix} =$$

- Thiết kế bộ quan sát trạng thái L

$$(C^T \;\; A^TC^T \;\; (A^T)^2C^T)^{-1} = \begin{pmatrix} \text{"} & \text{"} & \text{"} \\ \text{"} & \text{"} & \text{"} \\ x & x & x \end{pmatrix} \rightarrow S^T = (x \;\; x \;\; x) \rightarrow T = \begin{pmatrix} S^T \\ S^TA^T \\ S^T(A^T)^2 \end{pmatrix} \rightarrow T^{-1} = ?$$

$$T.A^T.T^{-1} = \begin{pmatrix} \text{"} & \text{"} & \text{"} \\ \text{"} & \text{"} & \text{"} \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 \end{pmatrix}$$

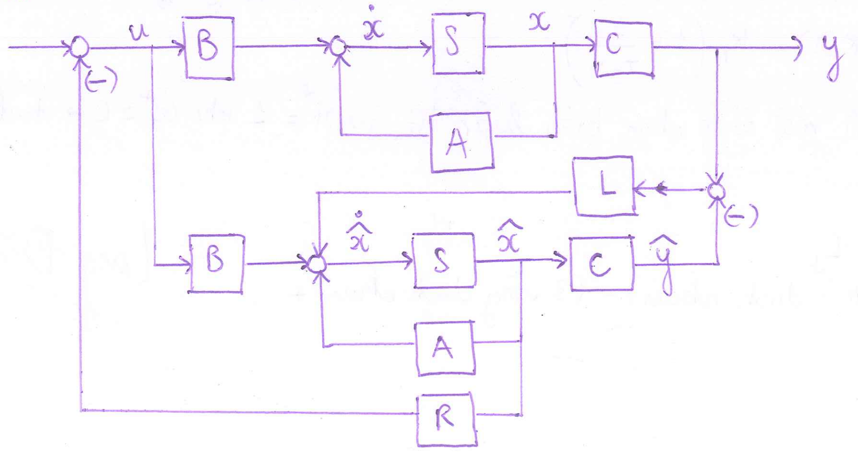
s_1', s_2', s_3' là các điểm cực $\rightarrow$ đa thức $(s - s_1')(s - s_2')(s - s_3')$
$\rightarrow$ hệ số $\beta_0 = ?,\ \beta_1 = ?,\ \beta_2 = ?$
$\rightarrow K = (\beta_0 - a_0 \;\; \beta_1 - a_1 \;\; \beta_2 - a_2)$

$$L = (KT)^T$$

- Hàm truyền đối tượng: $G(s) = C(sI - A)^{-1}B + D$
- Hàm truyền hệ kín (gồm cả R, L): $G(s) = (C - DR)(sI - A + BR)^{-1}B + D$
- Nghịch đảo ma trận: $M^{-1} = \dfrac{1}{\det(M)} \cdot \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{pmatrix}^T$ với $M_{11} = (-1)^{1+1} \cdot \begin{vmatrix} m_{22} & m_{23} \\ m_{32} & m_{33} \end{vmatrix} = \ldots$

$$\det(M) = (-1)^{1+1} \cdot m_{11} \begin{vmatrix} m_{22} & m_{23} \\ m_{32} & m_{33} \end{vmatrix} + (-1)^{1+2} \cdot m_{12} \cdot \begin{vmatrix} m_{21} & m_{23} \\ m_{31} & m_{33} \end{vmatrix} + (-1)^{1+3} \cdot \begin{vmatrix} m_{21} & m_{22} \\ m_{31} & m_{32} \end{vmatrix}$$ (hoặc tính theo hàng, cột khác)

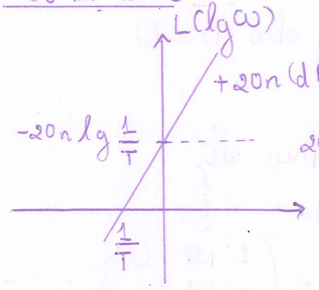
- Sơ đồ mô tả hệ kín:



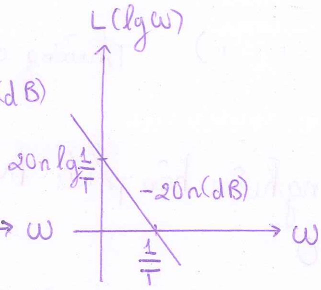
$$\begin{cases} y = Cx \\ \dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + L(y - \hat{y}) \\ \hat{y} = C\hat{x} \end{cases}$$

Long Đặng

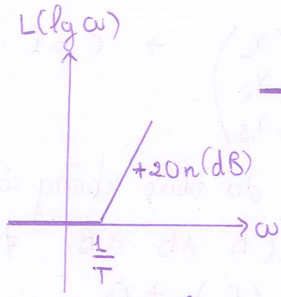
Đồ thị Bode:



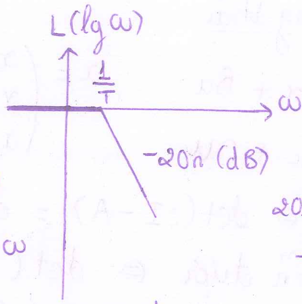
$G(s) = (Ts)^n$



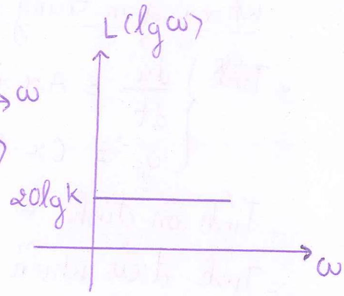
$G(s) = \dfrac{1}{(Ts)^n}$



$G(s) = (Ts+1)^n$

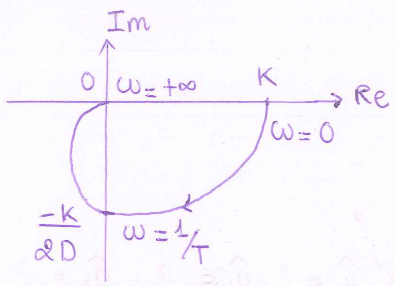


$G(s) = \dfrac{1}{(Ts+1)^n}$

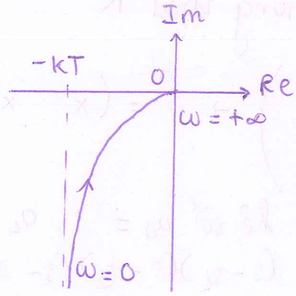


$G(s) = K$

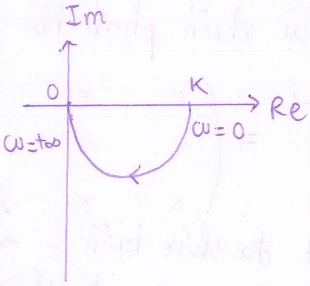
Đồ thị Nyquist



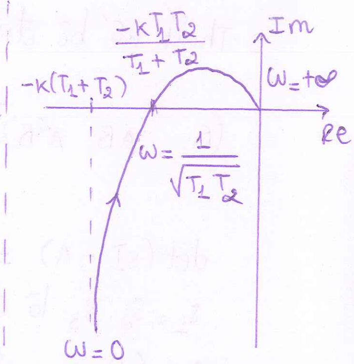
$G(s) = \dfrac{K}{T^2s^2 + 2TDs + 1}$ với $0 < D < 1$



$G(s) = \dfrac{K}{s(Ts+1)}$



$G(s) = \dfrac{K}{Ts+1}$



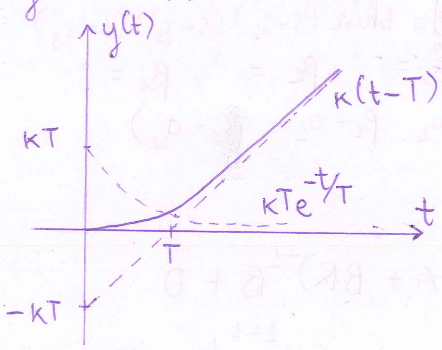
$G(s) = \dfrac{K}{s(T_1s+1)(T_2s+1)}$

Khâu tích phân quán tính bậc nhất

$G(s) = \dfrac{K}{s(Ts+1)}$

$u(t) = 1(t) \to \boxed{g} \to y(t)$

$y(t) = K(t-T) + KTe^{-t/T}$



Khâu dao động bậc 2 tắt dần

$G(s) = \dfrac{K}{T^2s^2 + 2TDs + 1}$ $(0 < D < 1)$

$u(t) = 1(t) \to \boxed{g} \to y(t)$

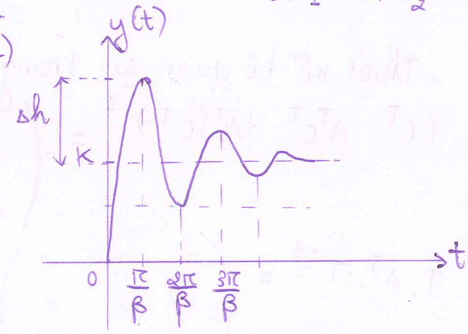
$y(t) = K\left(1 - \dfrac{e^{-\alpha T}}{T}\sin(\beta t + \varphi)\right)$

với $\alpha = \dfrac{D}{T}$, $\beta = \dfrac{\sqrt{1-D^2}}{T}$

$\sin\varphi = \dfrac{\beta}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}$, $\cos\varphi = \dfrac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}$

Hàm quá độ: $\Delta h = K.\exp\left(\dfrac{-\pi D}{\sqrt{1-D^2}}\right)$

Độ quá ổn định: $\sigma(\%) = \dfrac{\Delta h}{K}\,100\%$



Thời gian quá độ Δt đạt n (%) ổn định

$1 - e^{-\alpha\Delta t} = n/100$

Bộ đk PID: Đối tượng là S(s), BĐK là R(s)

Nếu $S(s) = \dfrac{K}{Ts(1+T_1s)(1+T_2s)}$ và $R(s) = K_p\left(1 + \dfrac{1}{T_Is} + T_Ds\right) = \dfrac{K_p(1+T_As)(1+T_Bs)}{T_Is}$

Với $\begin{cases} T_A + T_B = T_I \\ T_AT_B = T_IT_D \end{cases}$. Chọn $\begin{cases} T_A = T_1 \\ T_B = 4T_2 \end{cases}$ → tính T_I, T_D và $K_p = \dfrac{TT_I}{2KT_2T_B}$

Nếu $S(s) = \dfrac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)}$ và $R(s) = K_p\left(1 + \dfrac{1}{T_Is}\right)$

Chọn $T_I = T_1$ hoặc $T_I = T_2$. Với mỗi cách chọn biện luận $|G_K(j\omega)|^2 = 1$ khi $\omega^4 \simeq 0$ → tính được K_p

Sơ đồ khối → hàm truyền

- Tuyến thẳng P_i, vòng lặp L_j
- Tính $\Delta = 1 - \sum L_i +$ (đôi một dính nhau) $-$ (3 vòng dính nhau) $+ \ldots$
- Tính $\Delta_i = \Delta \mid L_j(\text{dính } P_i) = 0$
- $G = \dfrac{\sum P_i \Delta_i}{\Delta}$

Long Đặng