

2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

- Phản hồi vị trí (Position feedback):

$$C_P(s) = K_P \frac{1+sT_P}{s}; C_V(s) = 1; C_A(1) = 1; k_{TV} = k_{TA} = 0$$

- ✓ Hàm truyền nhánh tiến:

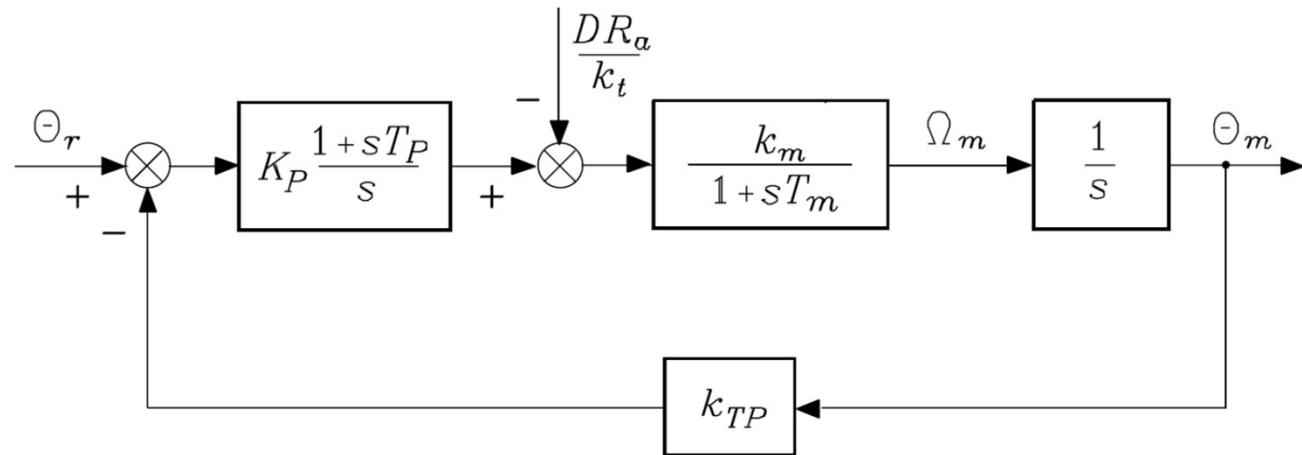
$$P(s) = \frac{k_m K_P (1 + sT_P)}{s^2 (1 + sT_m)}$$

- ✓ Hàm truyền nhánh phản hồi:

$$H(s) = k_{TP}$$

- ✓ Hàm truyền của hệ thống:

$$W(s) = \frac{\theta_m(s)}{\theta_r(s)} = \frac{P(s)}{1 + P(s)H(s)}$$



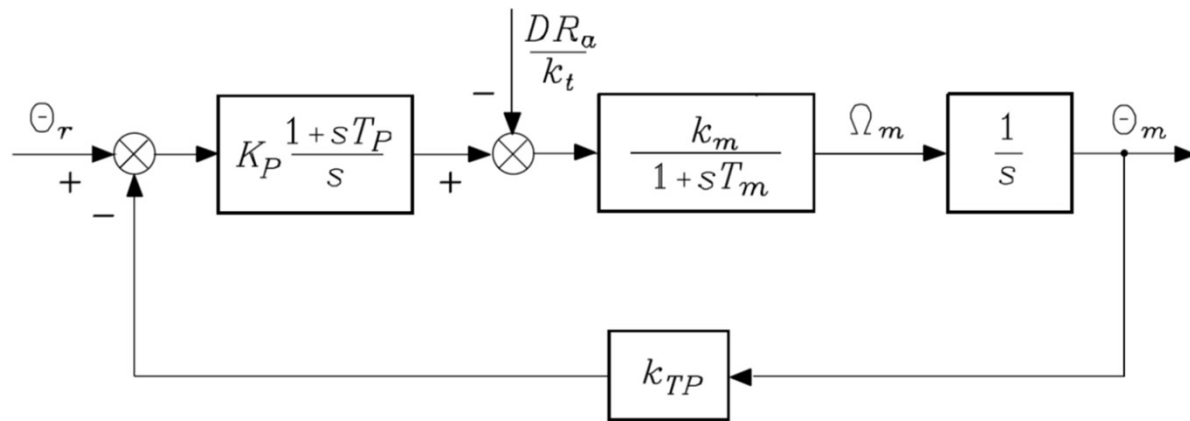
$k_m = \frac{1}{k_v}$: Hằng số chuyển đổi điện áp thành vận tốc

$T_m = \frac{R_a I_m}{k_v k_t}$: Hằng số thời gian đặc trưng của mô tơ

2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

- Phản hồi vị trí (Position feedback):

$$W(s) = \frac{\frac{k_m K_P (1 + sT_P)}{s^2 (1 + sT_m)}}{1 + \frac{k_m K_P k_{TP} T_P}{T_m} \frac{(\frac{1}{T_P} + s)}{s^2 (\frac{1}{T_m} + s)}}$$



- ✓ Phân tích quỹ tích nghiệm (root locus analysis)

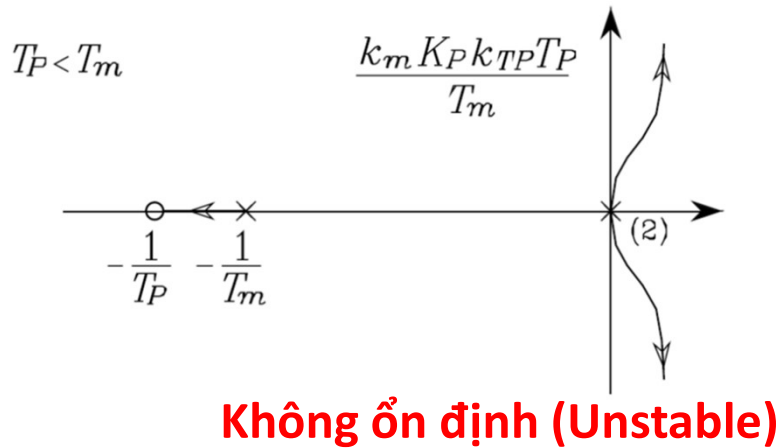
$$G_0(s) = K \cdot \frac{N(s)}{D(s)} = \frac{k_m K_P k_{TP} T_P}{T_m} \frac{(\frac{1}{T_P} + s)}{s^2 (\frac{1}{T_m} + s)}$$

n=3 là số điểm cực
m=1 là số điểm không

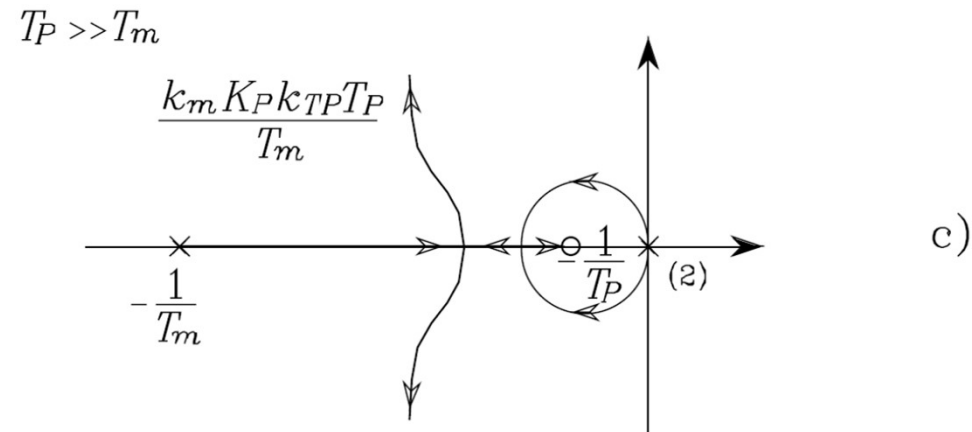
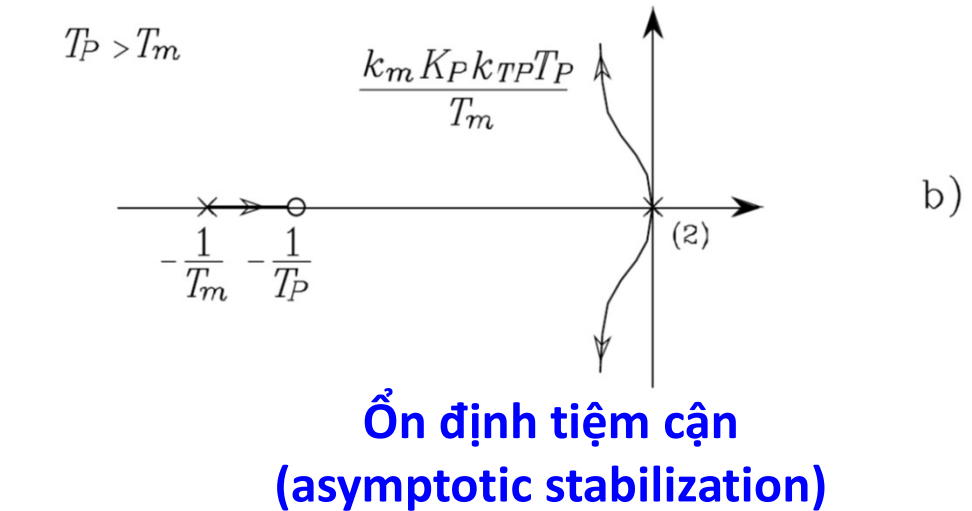
2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

✓ Phân tích quỹ tích nghiệm

$$G_0(s) = K \cdot \frac{N(s)}{D(s)} = \frac{k_m K_P k_{TP} T_P}{T_m} \frac{(\frac{1}{T_P} + s)}{s^2 (\frac{1}{T_m} + s)}$$



a)



2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

- Phản hồi vị trí (Position feedback):

✓ $W(s)$ có thể biểu diễn ở dạng:

$$W(s) = \frac{\frac{1}{k_{TP}}}{1 + \frac{s^2(1 + sT_m)}{k_m K_P k_{TP}(1 + sT_P)}} = \frac{\frac{1}{k_{TP}}(1 + sT_P)}{(1 + \frac{2\zeta s}{\omega_n} + \frac{s^2}{\omega_n^2})(1 + s\tau)}$$

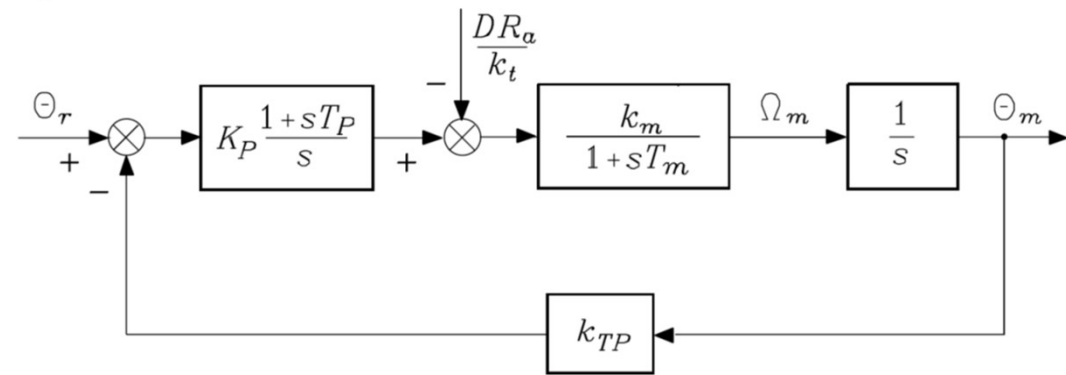
- Có 3 cực: ω_n và ζ là tần số tự nhiên và tỷ lệ cản của cặp cực phức và $-1/\tau$ là cực thực.
- Các tham số vòng kín: ω_n, ζ, τ phụ thuộc vào chọn các tham số điều khiển K_P và T_P :
 - Nếu $T_P < T_m$, hệ thống không ổn định
 - Nếu $T_P > T_m$ thì $1/\zeta\omega_n > T_P > \tau$: ổn định tiệm cận
 - Nếu $T_P \gg T_m$ thì trong trường hợp hệ số vòng lặp kín lớn, $\zeta\omega_n > 1/\tau \approx 1/T_P$ và điểm 0 ở $-1/T_P$ loại bỏ điểm cực thực.

2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

• Phản hồi vị trí (Position feedback):

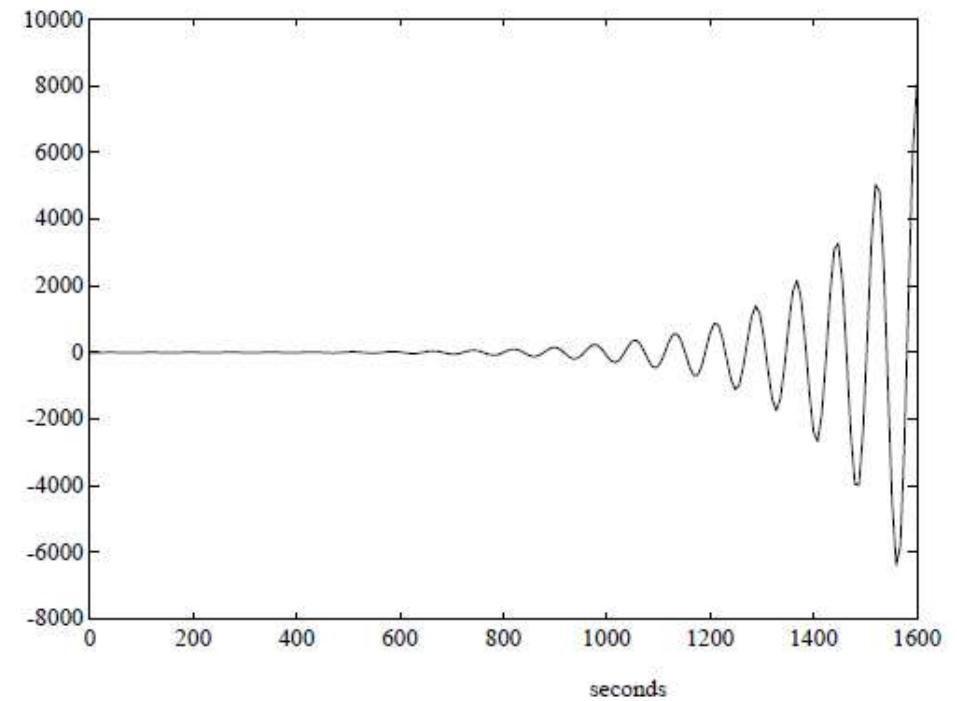
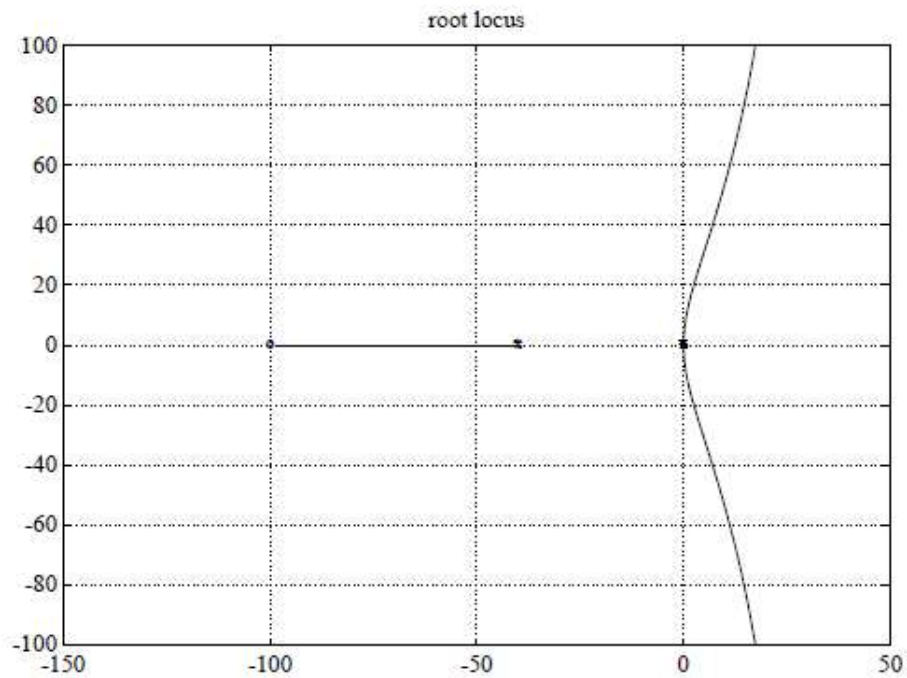
✓ Hàm truyền nhiễu/lỗi ra vòng kín

$$\frac{\theta_m(s)}{D(s)} = -\frac{\frac{sR_a}{k_t K_P k_{TP}(1+sT_P)}}{1 + \frac{s^2(1+sT_m)}{k_m K_P k_{TP}(1+sT_P)}}$$



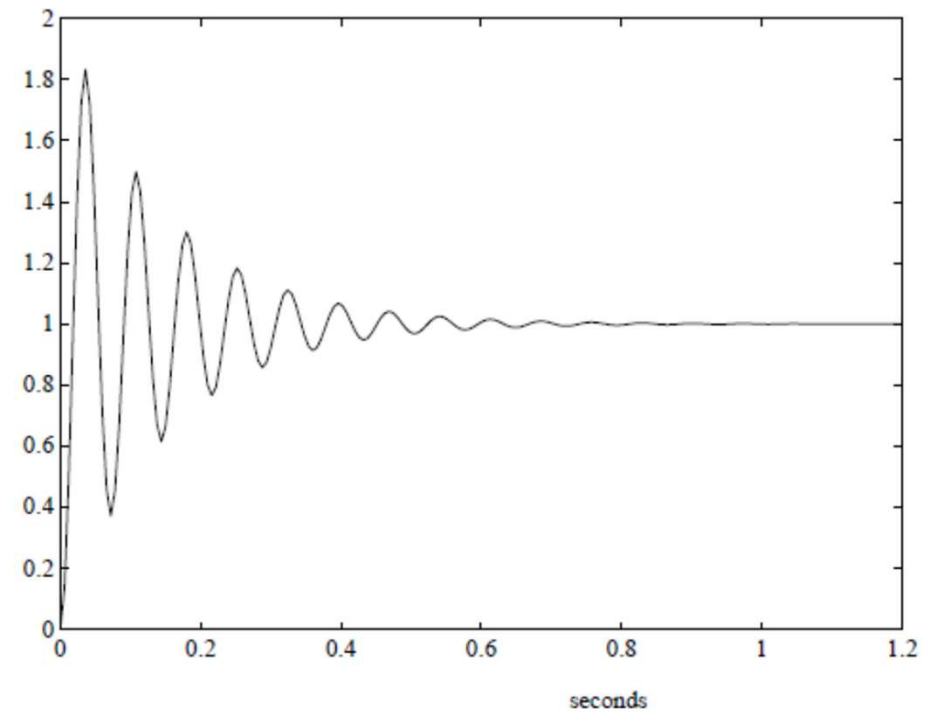
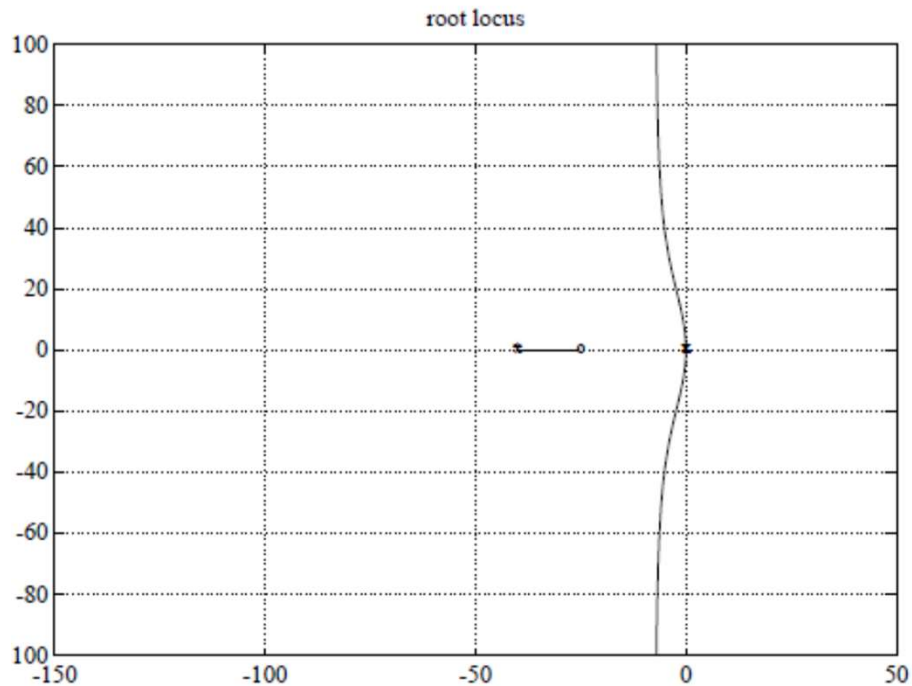
- Tăng K_P để giảm ảnh hưởng của nhiễu D trong quá trình quá độ (tạm thời)
- Có 2 cực phức là $(-\zeta\omega_n, \pm j\sqrt{1-\zeta^2}\omega_n)$ và một cực thực $(-1/\tau)$ và một điểm 0 ở gốc. Điểm 0 do bộ điều khiển PI, cho phép loại bỏ các ảnh hưởng của nhiễu đến θ_m .
- Hệ số loại bỏ nhiễu (disturbance rejection factor) $X_R = K_P k_{TP}$
- Thời gian khôi phục lỗi ra (output recovery time) : $T_R = \max\left\{T_P, \frac{1}{\zeta\omega_n}\right\}$

- Trường hợp $T_P < T_m$



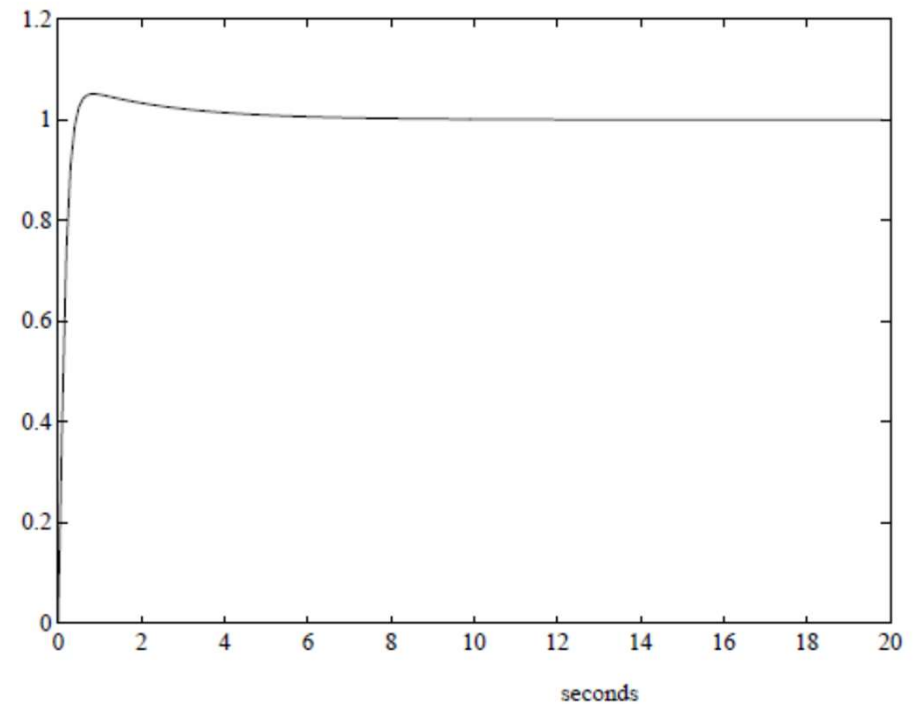
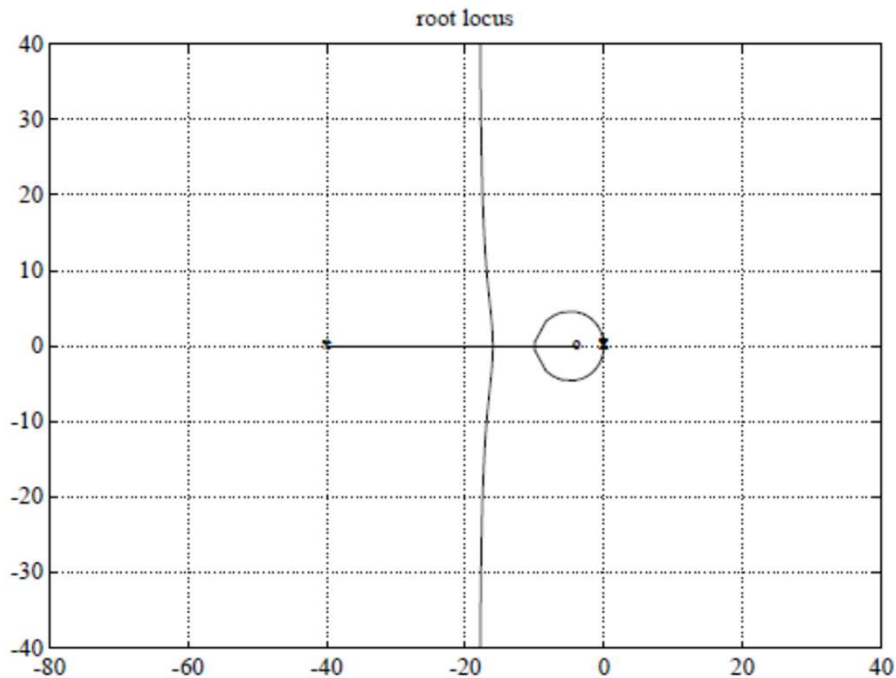
Quỹ tích nghiệm và đáp ứng nhẩy bậc đơn vị (Step response) với $k = \frac{k_m K_P k_{TP} T_P}{T_m}$

- Trường hợp $T_P > T_m \rightarrow \zeta\omega_n < 1/T_P < 1/\tau$



Quỹ tích nghiệm và đáp ứng nhảy bậc đơn vị (Step response) với $k = \frac{k_m K_P k_{TP} T_P}{T_m}$

- Trường hợp $T_P \gg T_m \rightarrow \zeta \omega_n < 1/\tau \approx 1/T_P$ (với K lớn)



Quỹ tích nghiệm và đáp ứng nhảy bậc đơn vị (Step response) với $k = \frac{k_m K_P k_{TP} T_P}{T_m}$

2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

- Phản hồi vị trí và vận tốc (Position and velocity feedback)

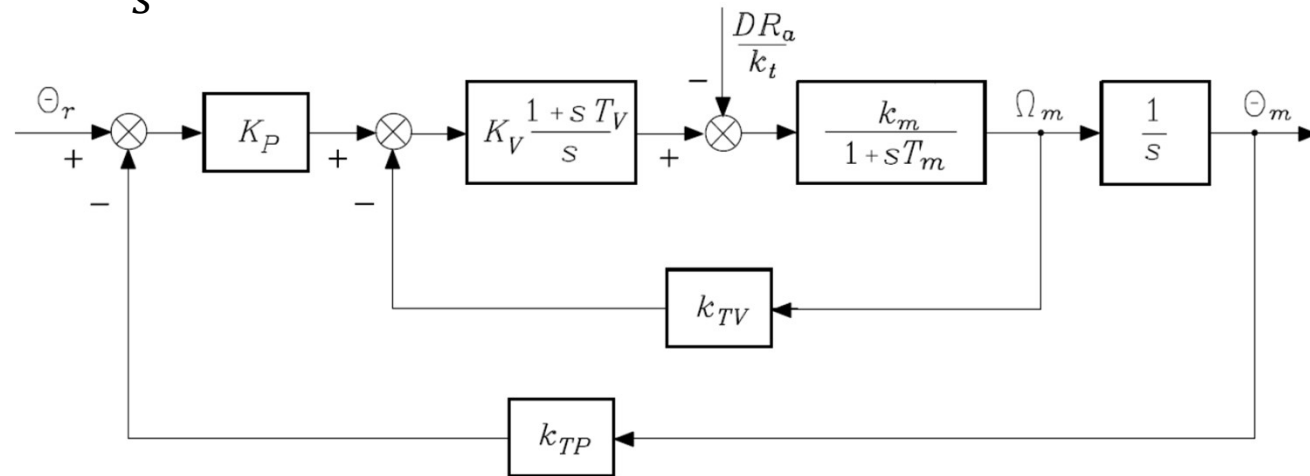
$$C_P(s) = K_P; C_V(s) = K_V \frac{1+sT_V}{s}; C_A(s) = 1; k_{TA} = 0$$

- ✓ Hàm truyền nhánh tiến:

$$P(s) = \frac{k_m K_P K_V (1 + sT_V)}{s^2 (1 + sT_m)}$$

- ✓ Hàm truyền nhánh phản hồi:

$$H(s) = k_{TP} \left(1 + s \frac{k_{TV}}{K_P k_{TP}} \right)$$



- ✓ Có thể chọn điểm 0 ($-1/T_V$) để loại bỏ điểm cực thực ($-1/T_m$), tức là chọn $T_V = T_m$

$$P(s) = \frac{k_m K_P K_V}{s^2}$$

2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

- Phản hồi vị trí và vận tốc (Position and velocity feedback)

✓ Hàm truyền tổng thể:

$$\frac{\theta_m(s)}{\theta_r(s)} = \frac{P(s)}{1 + P(s)H(s)} = \frac{\frac{1}{k_{TP}}}{1 + \frac{sk_{TV}}{K_P k_{TP}} + \frac{s^2}{k_m K_P k_{TP} K_V}} = \frac{\frac{1}{k_{TP}}}{1 + \frac{2\zeta s}{\omega_n} + \frac{s^2}{\omega_n^2}}$$

✓ Với các lựa chọn thích hợp cho các tham số điều khiển, có thể đạt được các giá trị mong muốn ζ và ω_n . Tuy nhiên, nếu ζ và ω_n được đưa ra như các yêu cầu thiết kế thì, ta có các quan hệ:

$$K_V k_{TV} = \frac{2\zeta\omega_n}{k_m} \quad \text{và} \quad K_P k_{TP} K_V = \frac{\omega_n^2}{k_m}$$

2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

- **Phản hồi vị trí và vận tốc (Position and velocity feedback)**

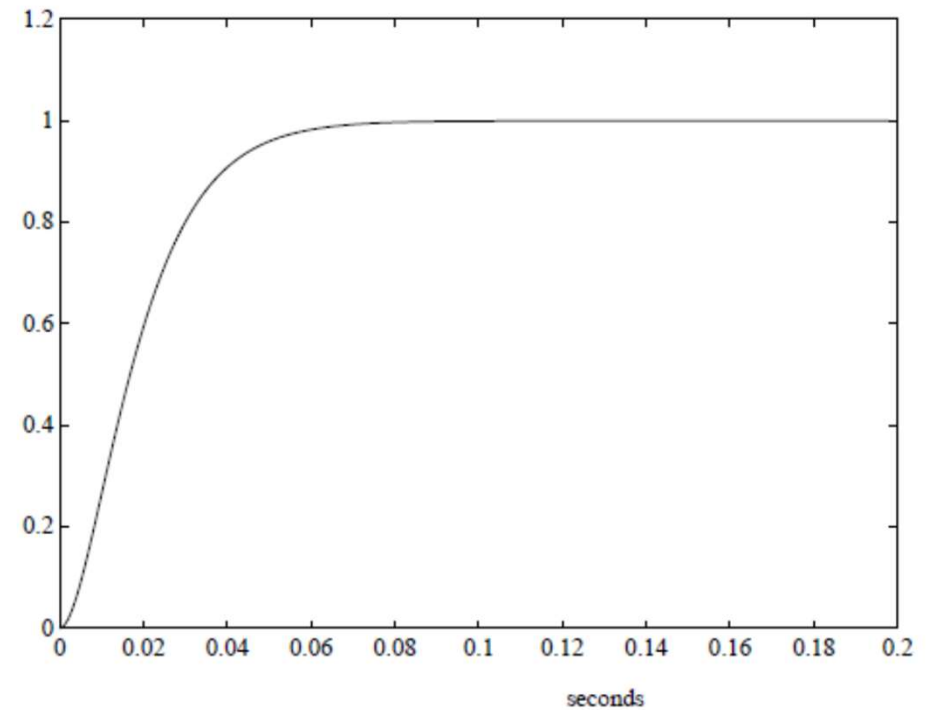
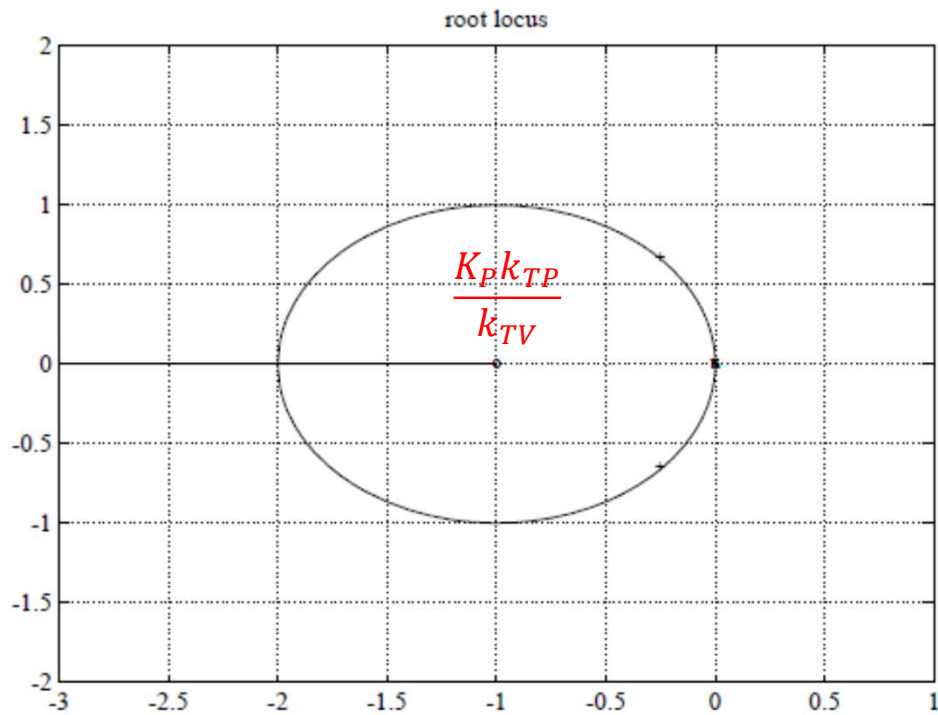
✓ Hàm truyền nhiễu/lỗi ra của vòng kín:

$$\frac{\theta_m(s)}{D(s)} = - \frac{\frac{sR_a}{k_t K_P K_{TP} K_V (1 + sT_m)}}{1 + \frac{sk_{TV}}{K_P k_{TP}} + \frac{s^2}{k_m K_P k_{TP} K_V}}$$

✓ Hệ số loại bỏ nhiễu: $X_R = K_P k_{TP} K_V$

✓ Có hai điểm cực phức với phần thực $-\zeta\omega_n (= -\frac{k_m K_V k_{TV}}{2})$, một cực thực $s = -\frac{1}{T_m}$, và điểm 0 ở gốc (vì điều khiển PI).

✓ Thời gian phục hồi lỗi ra: $T_R = \max \left\{ T_m, \frac{1}{\zeta\omega_n} \right\}$



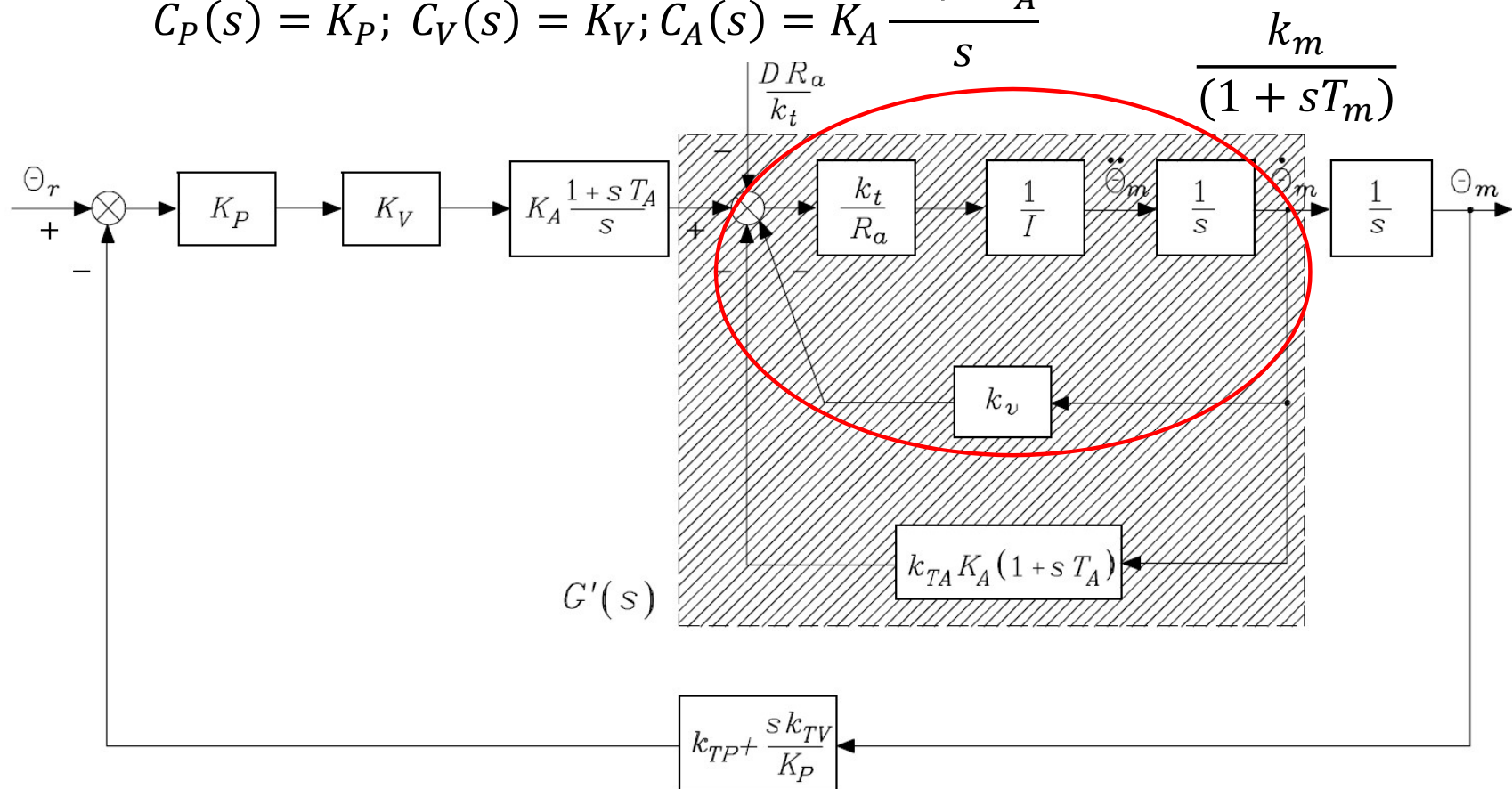
Quỹ tích nghiệm và đáp ứng nhảy bậc đơn vị (Step response) với $k = k_m K_V k_{TV}$

Hàm quỹ tích nghiệm: $P(s)H(s) = k_m K_v k_{TV} \left(\frac{s + \frac{K_P k_{TP}}{k_{TV}}}{s^2} \right)$

2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

- **Phản hồi vị trí, vận tốc và gia tốc** (Position, velocity and acceleration feedback)

$$C_P(s) = K_P; C_V(s) = K_V; C_A(s) = K_A \frac{1 + sT_A}{s}$$



2.1 Điều khiển phân tán (Khớp độc lập)

- **Phản hồi vị trí, vận tốc và gia tốc** (Position, velocity and acceleration feedback)

✓ **Tính $G'(s)$**

$$G'(s) = \frac{k_m}{(1 + k_m K_A k_{TA}) \left(1 + \frac{s T_m \left(1 + k_m K_A k_{TA} \frac{T_A}{T_m} \right)}{(1 + k_m K_A k_{TA})} \right)}$$

✓ **Hàm truyền nhánh tiến:**

$$P(s) = \frac{K_P K_V K_A (1 + s T_A)}{s^2} G'(s)$$

✓ **Hàm truyền nhánh phản hồi:**

$$H(s) = k_{TP} \left(1 + \frac{s k_{TV}}{K_P k_{TP}} \right)$$

✓ **Loại điểm cực $-1/T_m$ bằng cách:**

- $T_A = T_m$
- $k_m K_A k_{TA} T_A \gg T_m$ tức $k_m K_A k_{TA} \gg 1$

2.1 Điều khiển phân tán

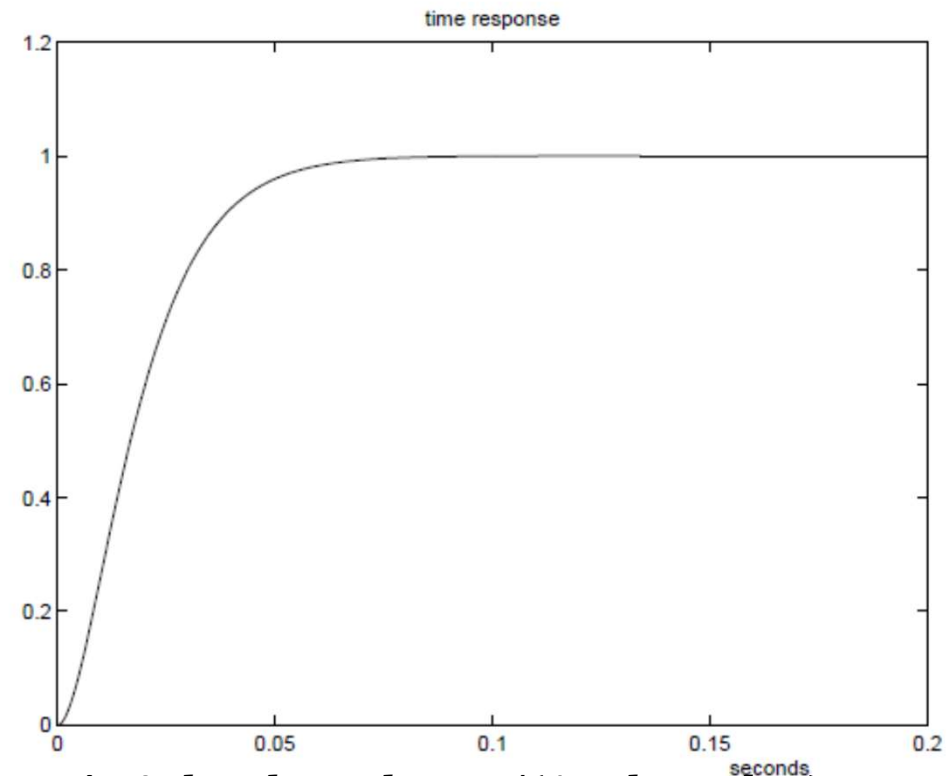
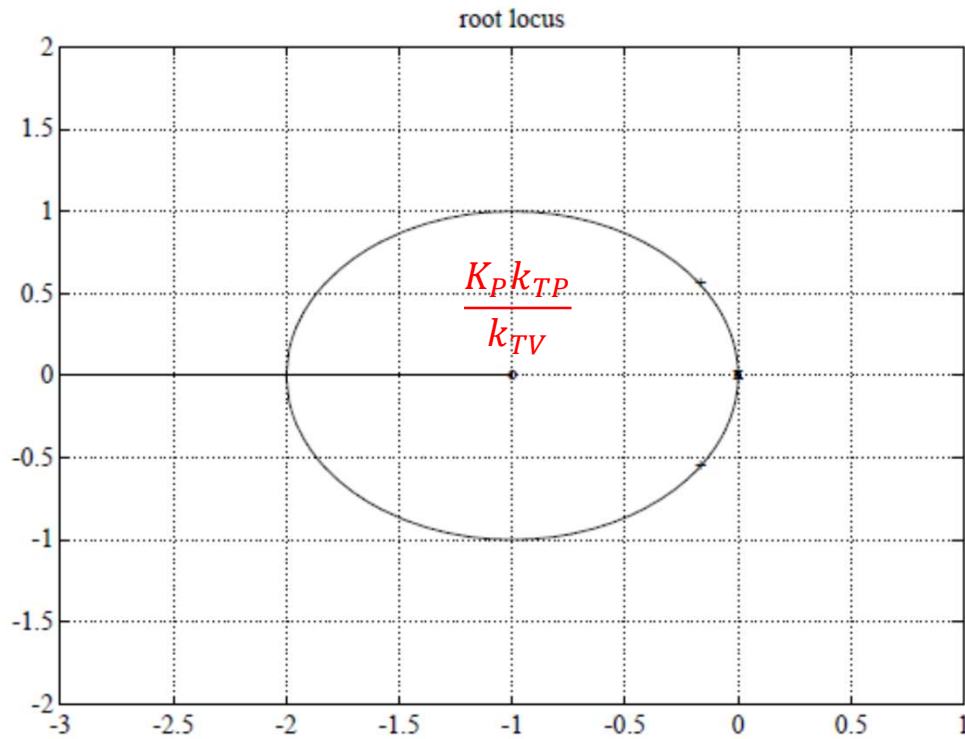
- Phản hồi vị trí, vận tốc và gia tốc

✓ Hàm truyền tổng thể:
$$\frac{\Theta_m(s)}{\Theta_r(s)} = \frac{\frac{1}{k_{TP}}}{1 + \frac{sk_{TV}}{K_P k_{TP}} + \frac{s^2(1 + k_m K_A k_{TA})}{k_m K_P k_{TP} K_V K_A s R_a}}$$

✓ Hàm truyền nhiễu/lỗi ra:
$$\frac{\Theta_m(s)}{D(s)} = -\frac{\frac{k_t K_P k_{TP} K_V K_A (1 + sT_A)}{1 + \frac{sk_{TV}}{K_P k_{TP}} + \frac{s^2(1 + k_m K_A k_{TA})}{k_m K_P k_{TP} K_V K_A}}}$$

✓ Hệ số loại bỏ nhiễu: $X_R = K_P k_{TP} K_V K_A$; $\frac{2K_P k_{TP}}{k_{TV}} = \frac{\omega_n}{\zeta}$ $k_m K_A k_{TA} = \frac{k_m X_R}{\omega_n^2} - 1$

✓ Thời gian khôi phục lỗi ra: $T_R = \max \left\{ T_A, \frac{1}{\zeta \omega_n} \right\}$
có thể tốt hơn trường hợp trước nếu chọn $T_A < T_m$

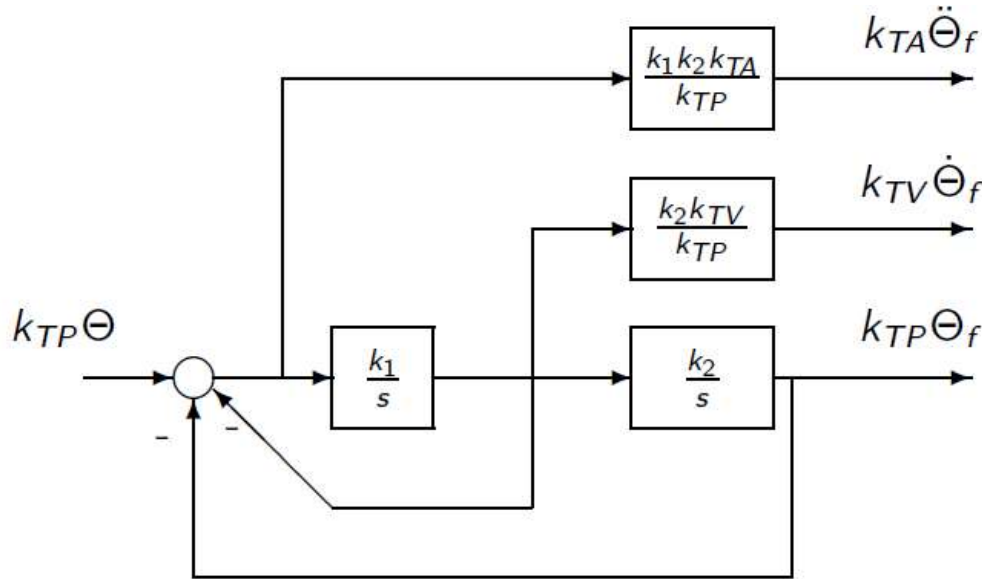


Quỹ tích nghiệm và đáp ứng nhảy bậc đơn vị (Step response) với $k = k_m K_V k_{TV} K_A / (1 + k_m K_A k_{TA})$

Kết quả này tương đương với kết quả thu được trong trường hợp vòng điều khiển phản hồi vị trí và vận tốc (Hệ thống bậc hai)

Chú ý:

- Tín hiệu vị trí và vận tốc có thể đo dễ dàng, ngược lại nói chung gia tốc không có sẵn. Bộ lọc biến trạng thái (State variable filter) có thể được sử dụng để ước lượng giá trị gia tốc:



- Các bộ điều khiển được thiết kế loại bỏ đặc tính phi tuyến của hệ thống truyền động, điều này có thể gây ra vấn đề liên quan đến giá trị hệ số khuếch đại lớn

Hàm truyền bộ lọc là:

$$\frac{\Theta_f(s)}{\Theta(s)} = \frac{k_1 k_2}{s^2 + k_1 s + k_1 k_2}$$

Bởi vậy đặc tính động được đặc trưng bởi:

$$\omega_{nf} = \sqrt{k_1 k_2}$$
$$\zeta_f = 0.5\sqrt{k_1 k_2}$$

Các giá trị có thể được chọn sao cho bằng thông bộ lọc cao hơn bằng thông của mô tơ. Tuy nhiên, điều này cũng có thể tạo ra các vấn đề liên quan đến nhiễu tần số cao.