



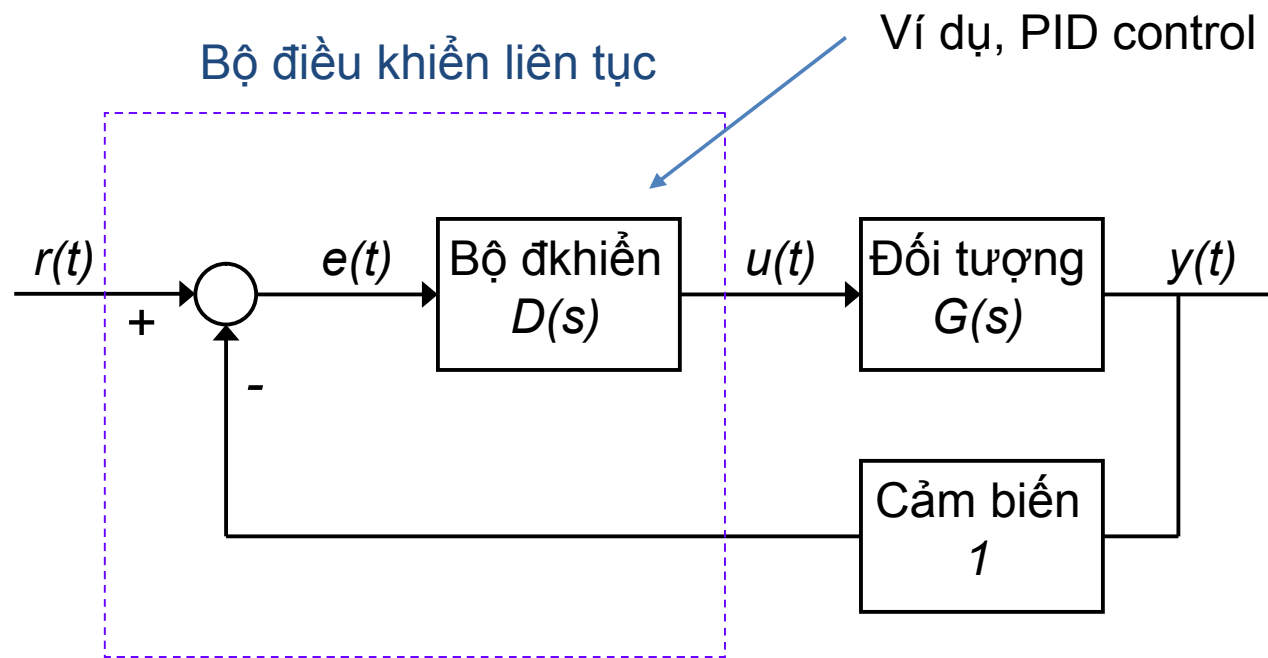
Hệ thống điều khiển số

Điều khiển số trong hệ thống điện cơ



Điều khiển tương tự

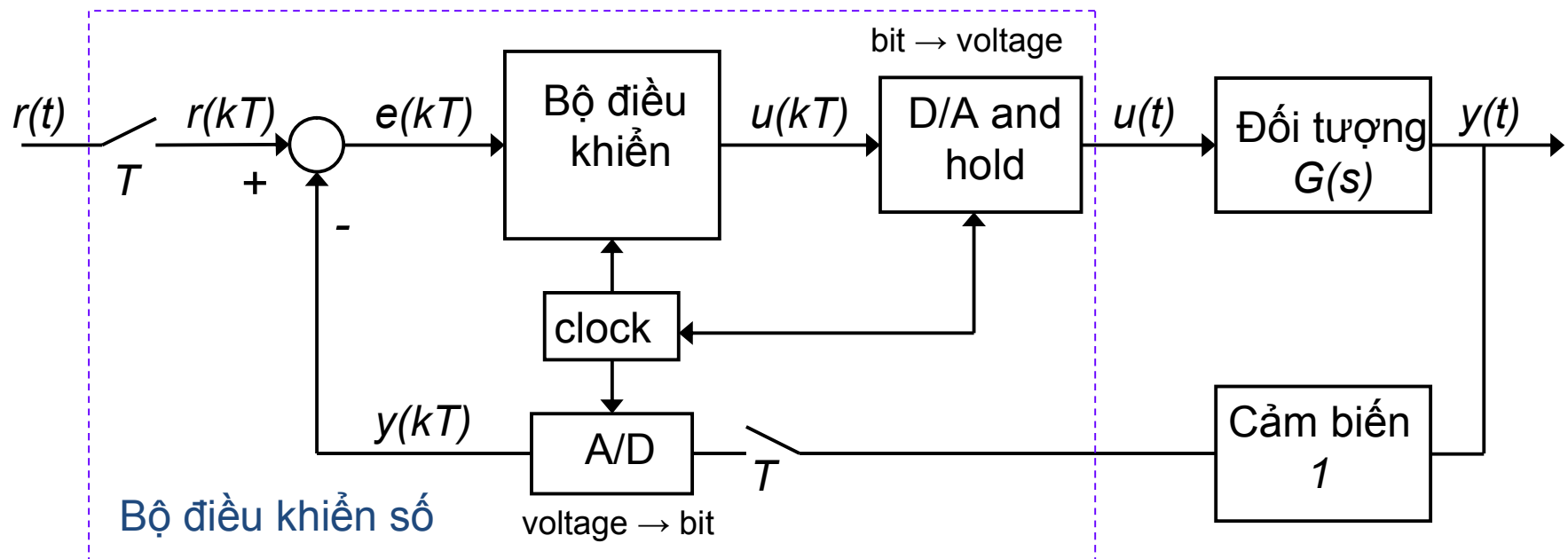
- Hệ thống điều khiển tương tự





Điều khiển số

- Hệ thống điều khiển số
 - T là thời gian lấy mẫu (s)
 - Tín hiệu lấy mẫu : $x(kT) = x(k)$





Hệ thống điều khiển động cơ

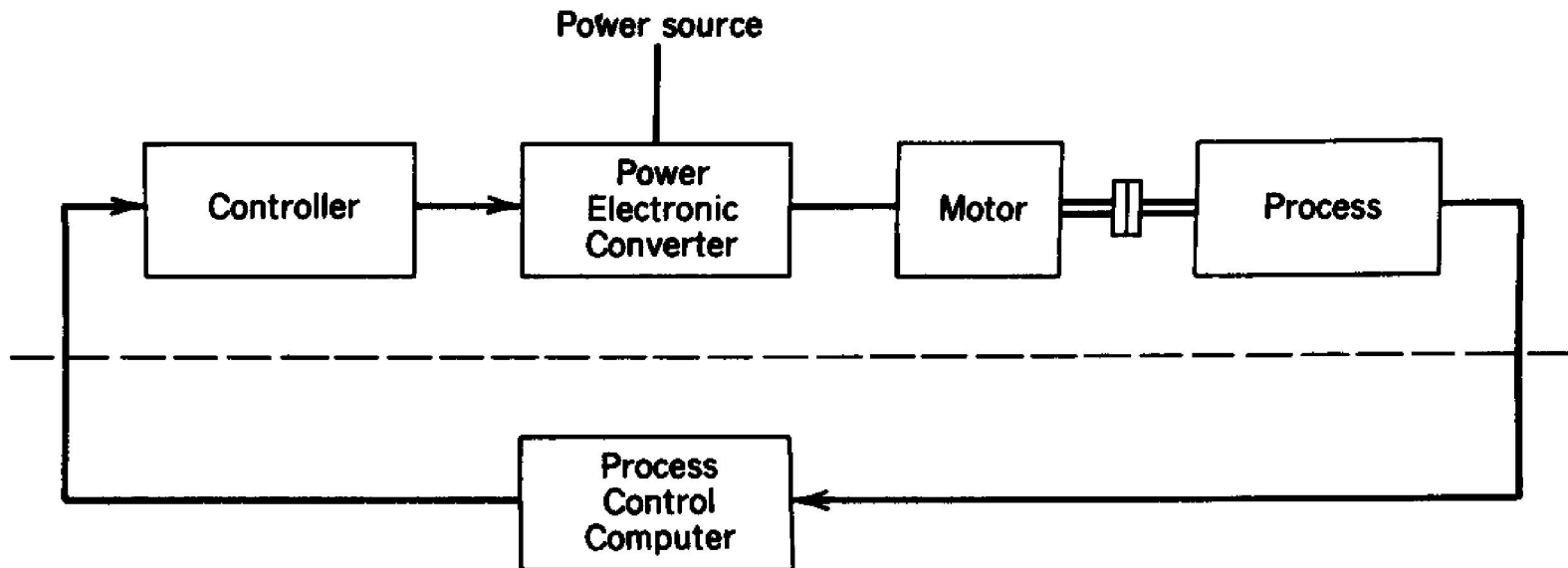


Figure 12-1 Control of motor drives.

- Điều khiển động cơ là một trong những ứng dụng quan trọng nhất trong lĩnh vực điện tử công suất



Mô hình động cơ DC

Phương trình mô hình động cơ DC:

PT điện:
$$\bar{v}_a(t) = e_a(t) + R_a \bar{i}_a(t) + L_a \frac{d}{dt} \bar{i}_a(t), \quad e_a(t) = k_E \omega_m(t)$$

PT cơ:
$$\frac{d}{dt} \omega_m(t) = \frac{\bar{T}_{em}(t) - T_L}{J_{eq}}, \quad \bar{T}_{em}(t) = k_T \bar{i}_a(t)$$

Biến đổi qua miền s (biến đổi Laplace):

$$V_a(s) = E_a(s) + (R_a + sL_a)I_a(s) \quad \tau_e = \frac{L_a}{R_a}$$

Hay
$$I_a(s) = \frac{V_a(s) - E_a(s)}{R_a + sL_a}, \quad E_a(s) = k_E \omega_m(s)$$

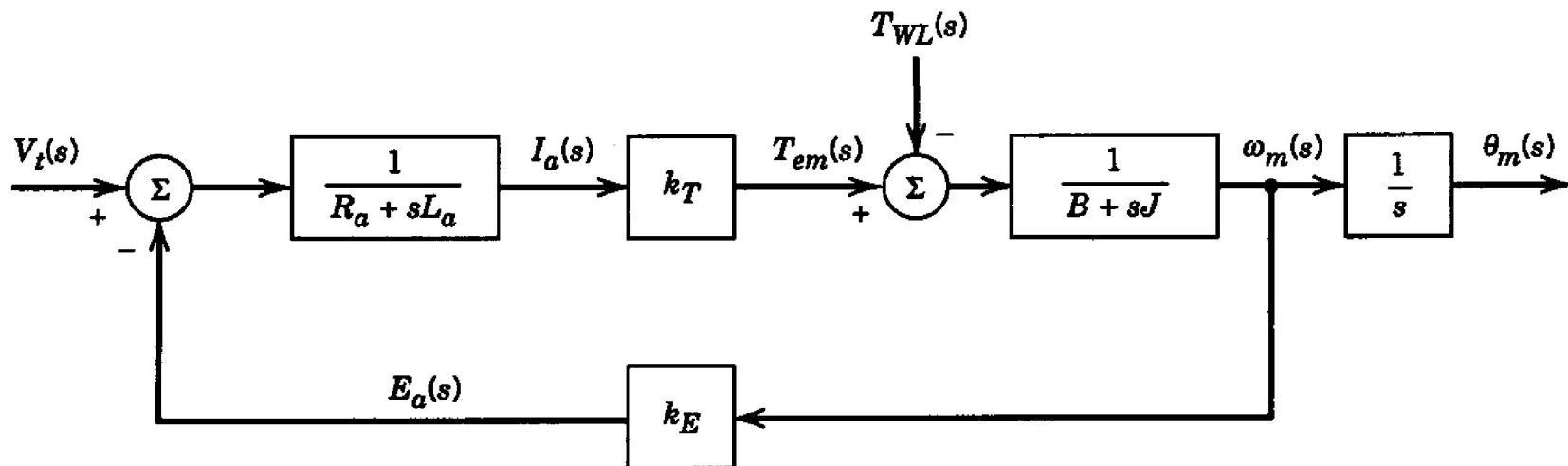
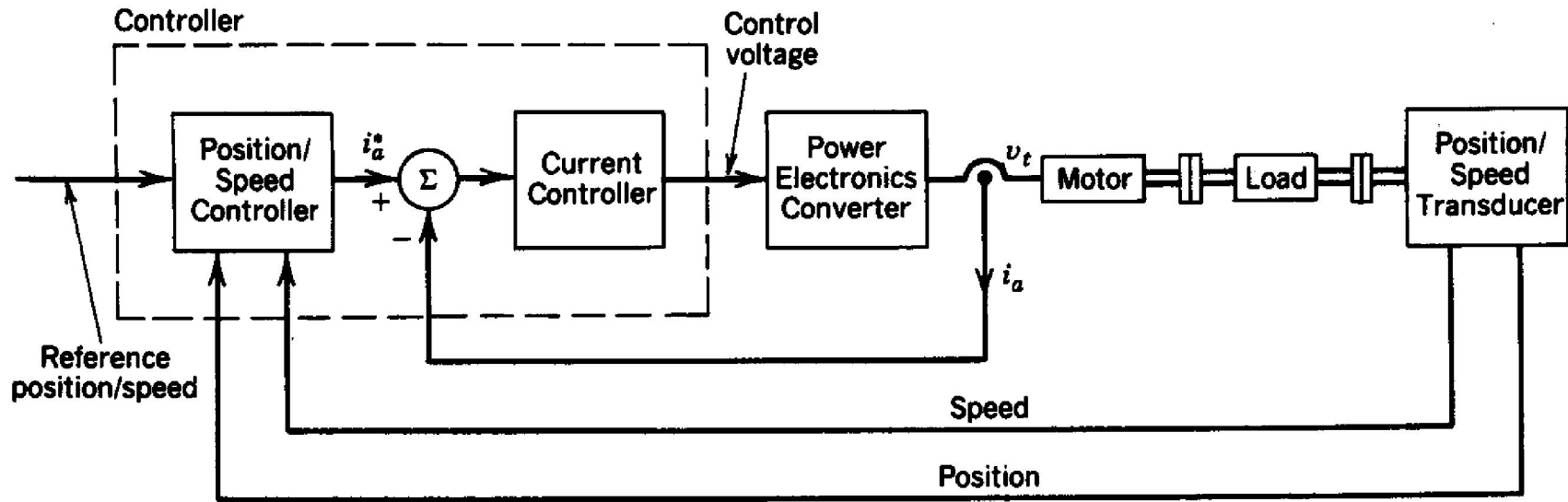
Suy ra

$$I_a(s) = \frac{1/R_a}{1 + \frac{s}{1/\tau_e}} \{V_a(s) - E_a(s)\}, \quad E_a(s) = k_E \omega_m(s)$$

$$\omega_m(s) = \frac{T_{em}(s)}{sJ_{eq}}, \quad T_{em}(s) = k_T I_a(s)$$

Nếu bỏ qua moment tải

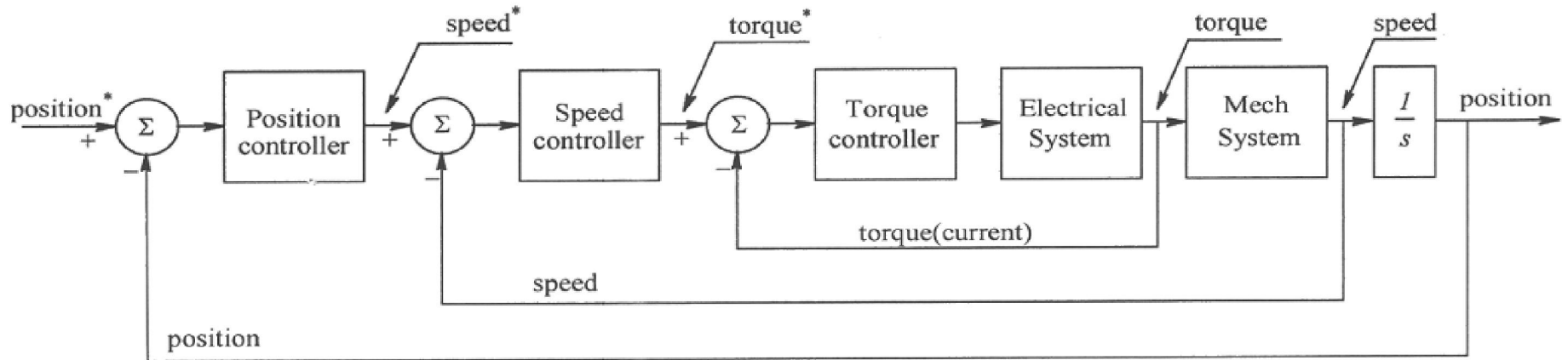
Hệ thống điều khiển động cơ DC



^H **Figure 13-7** Block diagram representation of the motor and load (without any feedback).

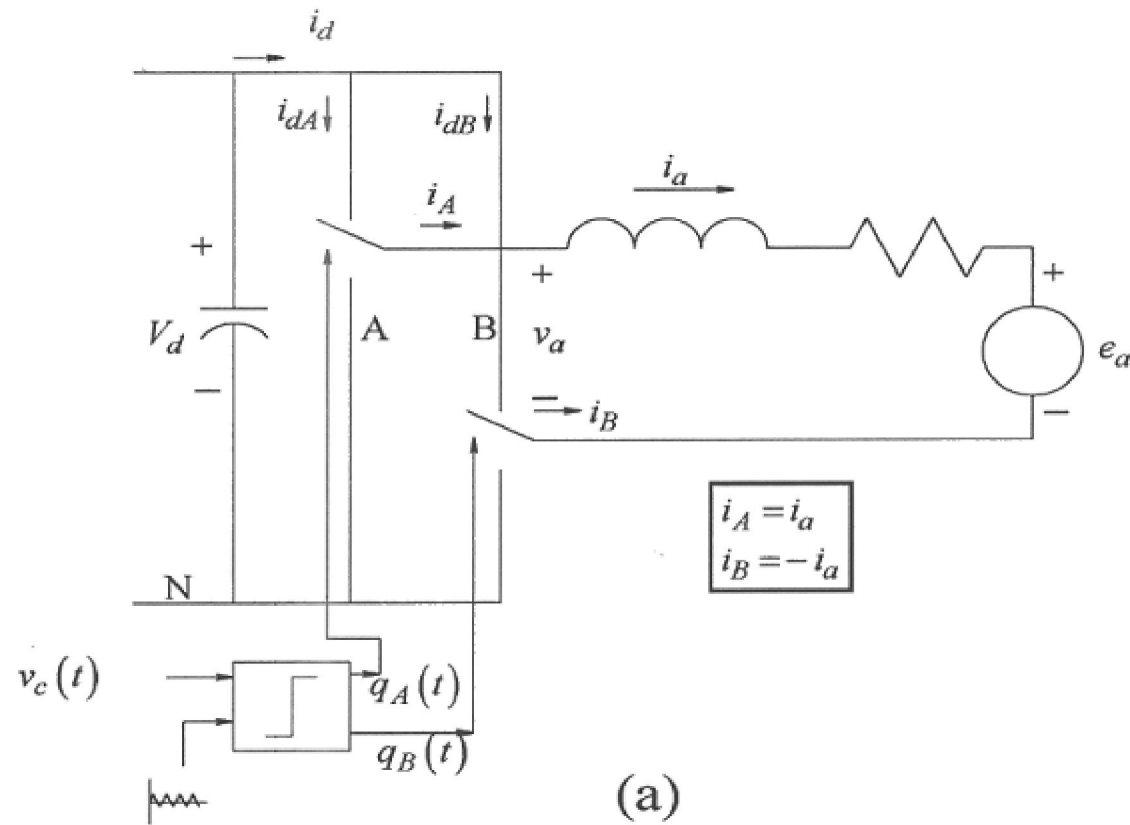


Hệ thống điều khiển động cơ DC



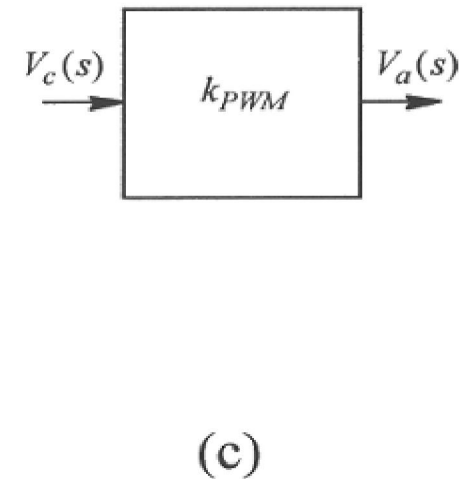
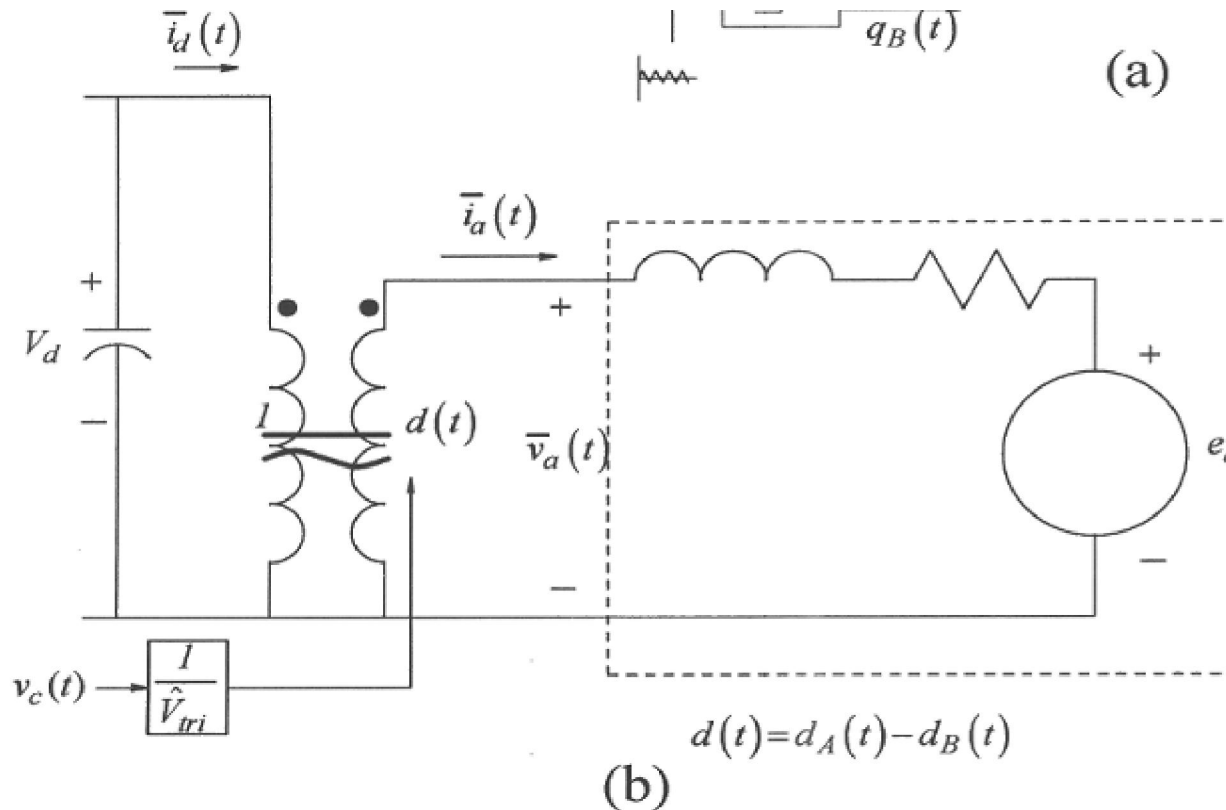


Mô hình phần công suất

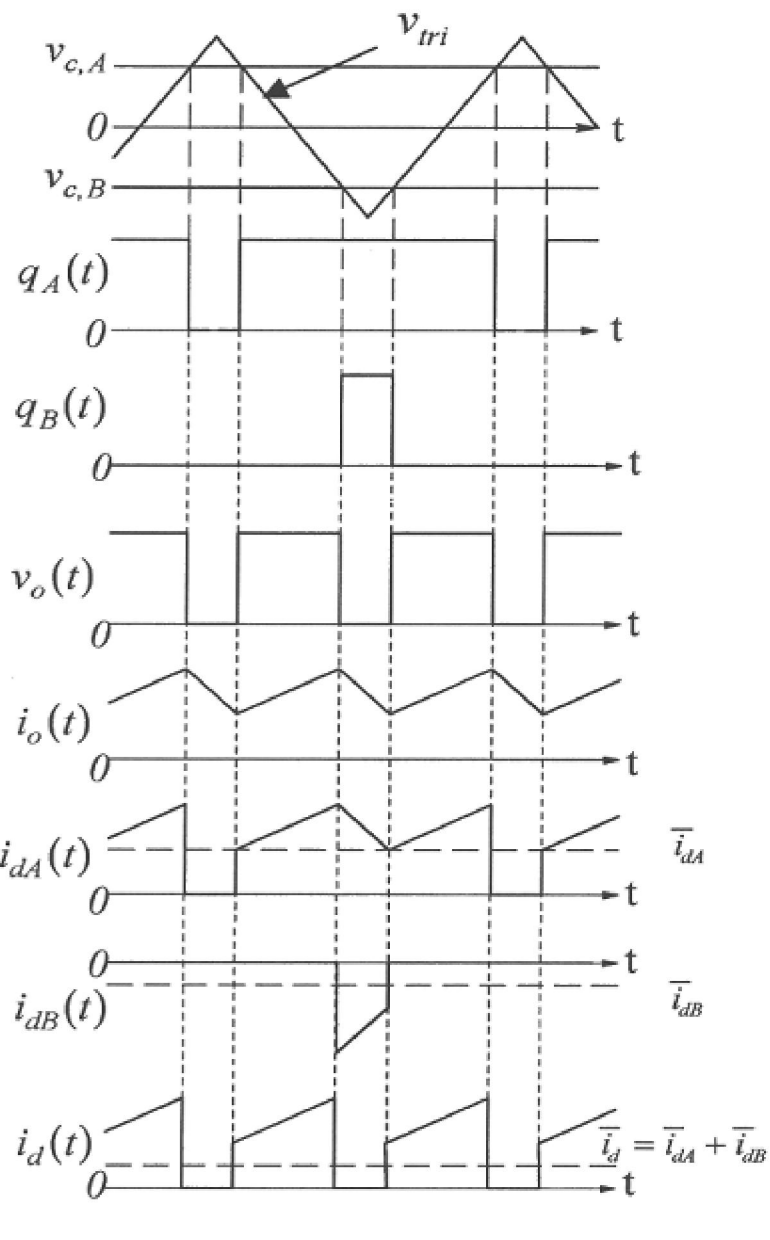
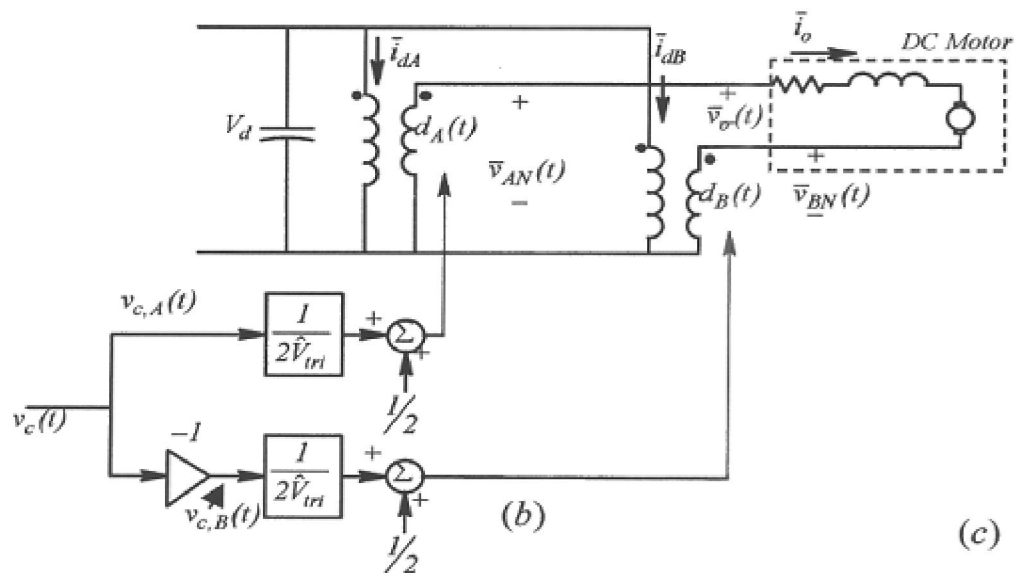
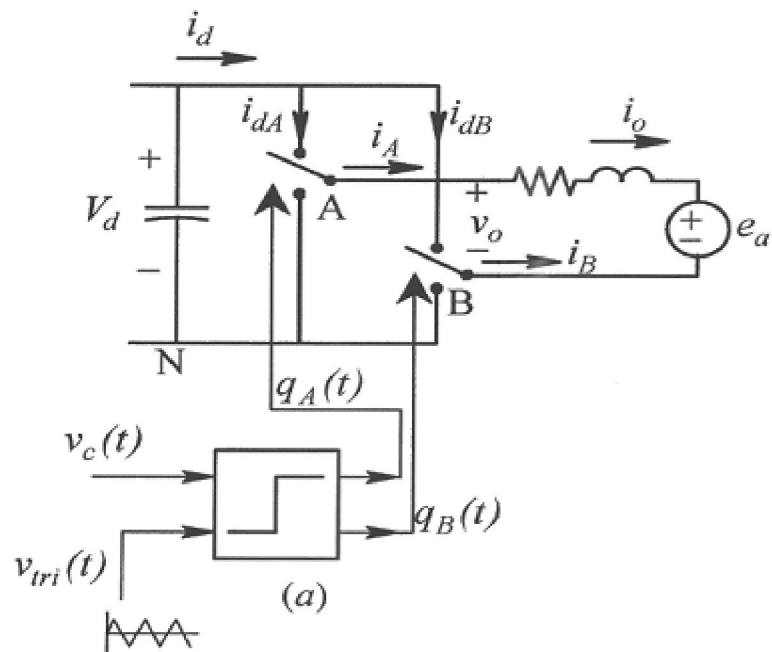




Mô hình phân công suất

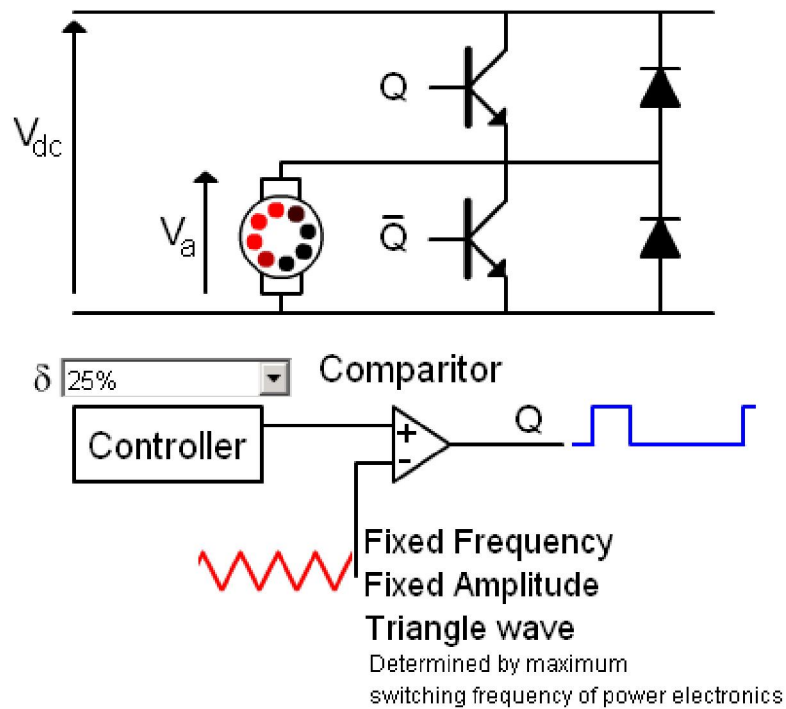


$$\bar{v}_a(t) = k_{PWM} v_c(t) \quad V_a(s) = k_{PWM} V_c(s) \quad \left(k_{PWM} = \frac{V_{dc}}{\hat{V}_{tri}} \right)$$



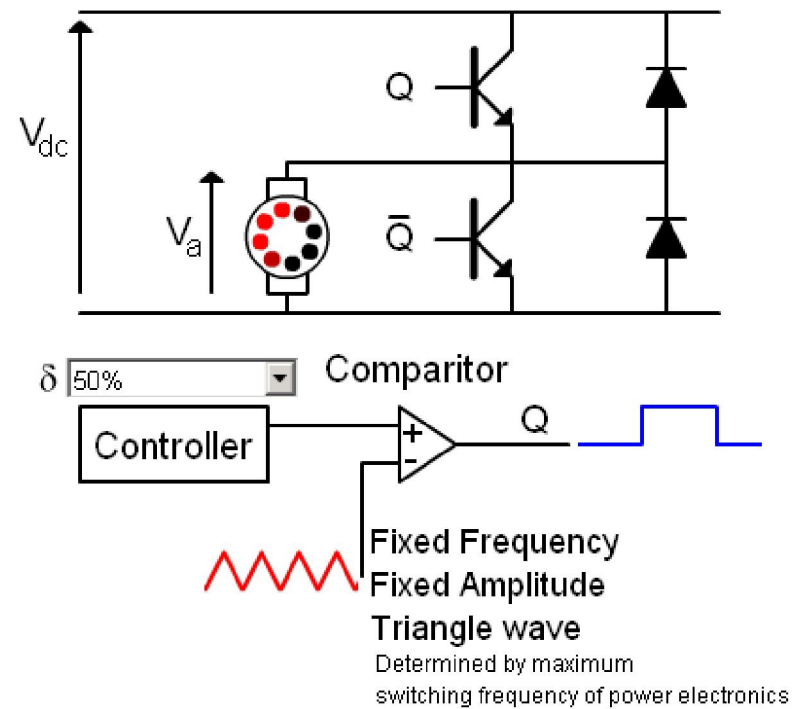
Hệ thống điều khiển số

Bộ môn Thiết bị điện



$$\delta = k_{PWM}$$

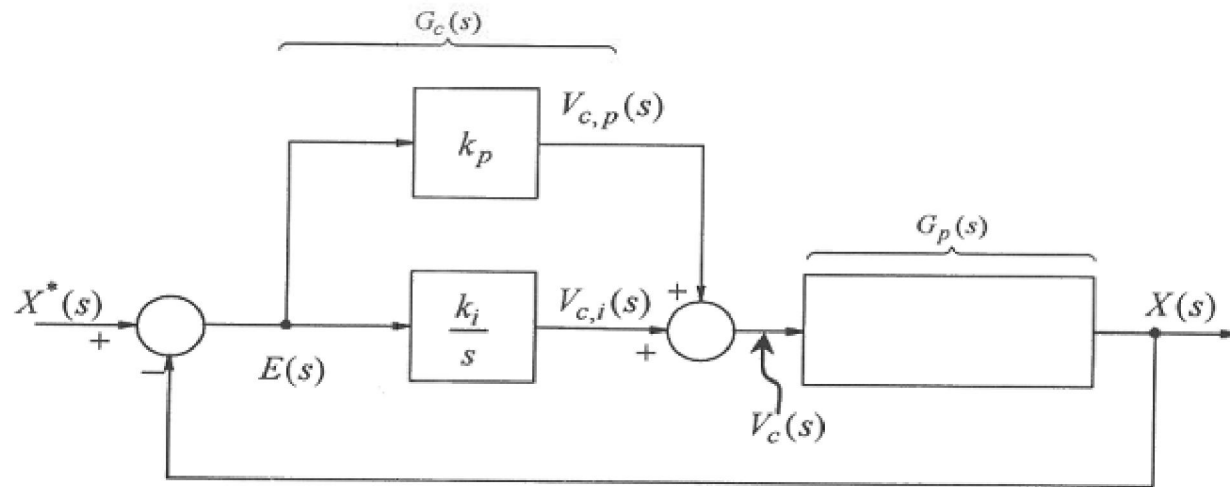
Hệ thống điều khiển số



Bộ môn Thiết bị điện

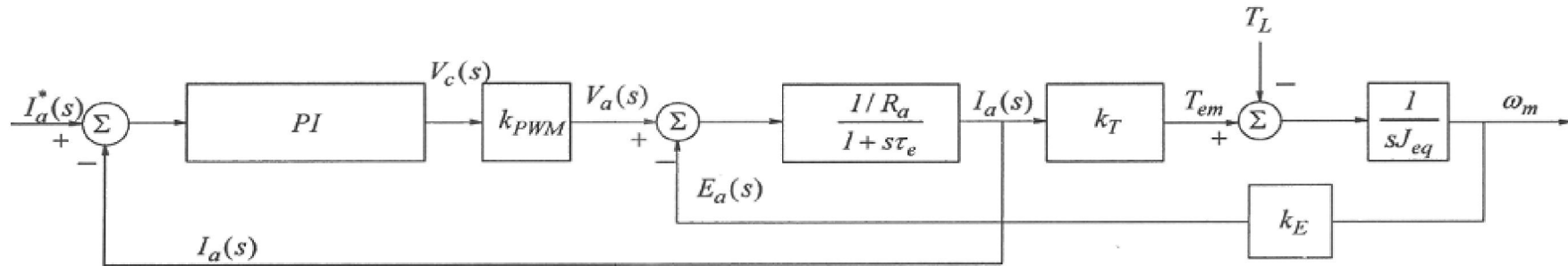


Thiết kế bộ điều khiển?

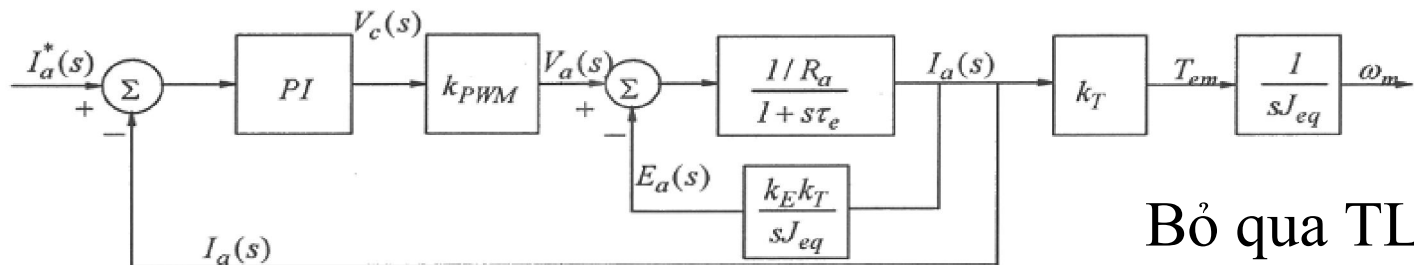


$$\frac{V_c(s)}{E(s)} = \left(k_p + \frac{k_i}{s}\right) = \frac{k_i}{s} \left[1 + \frac{s}{k_i/k_p}\right]$$

Vòng điều khiển moment

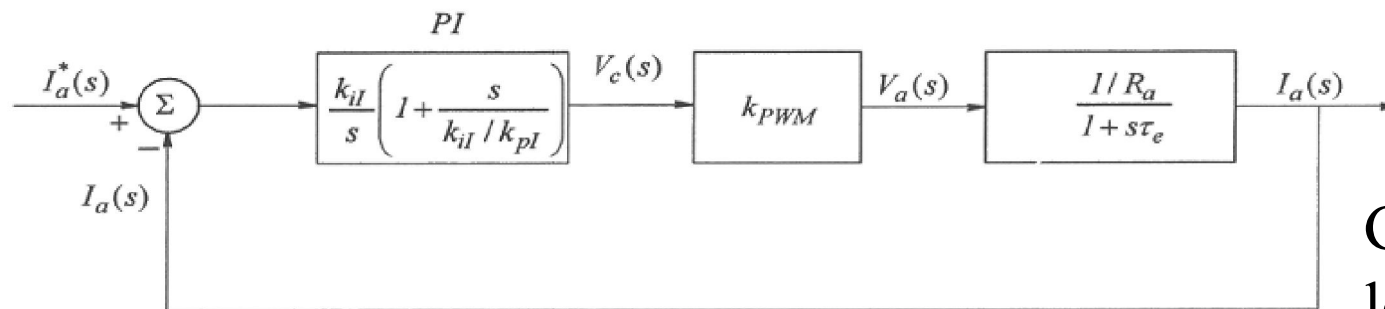


(a)



Bỏ qua TL

(b)



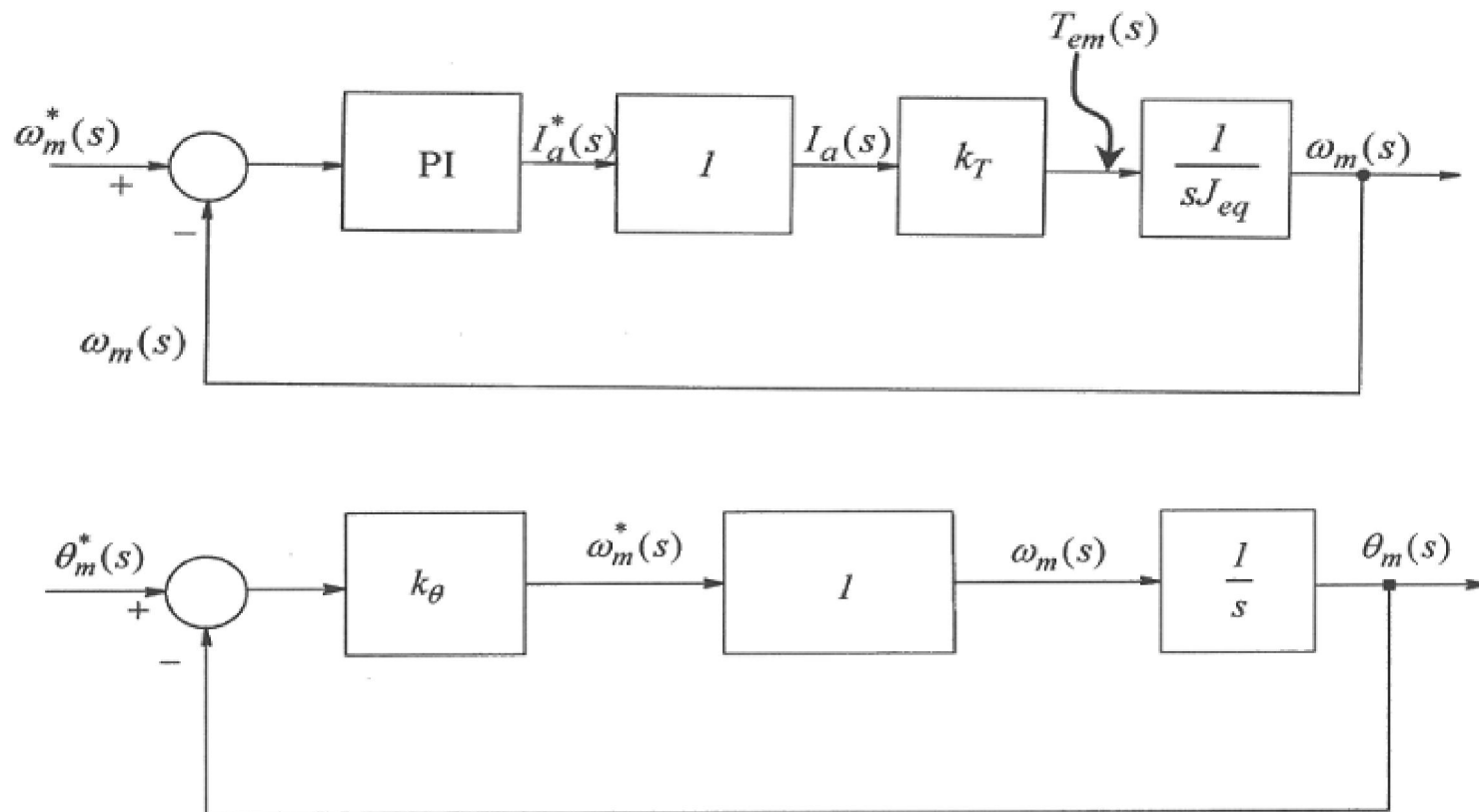
Giả sử J đủ lớn

(c)



Vòng điều khiển tốc độ và vị trí

Để thiết kế ta giả sử rằng vòng điều khiển dòng điện (vòng tốc độ khi điều khiển vị trí) là lý tưởng (hàm truyền = 1)





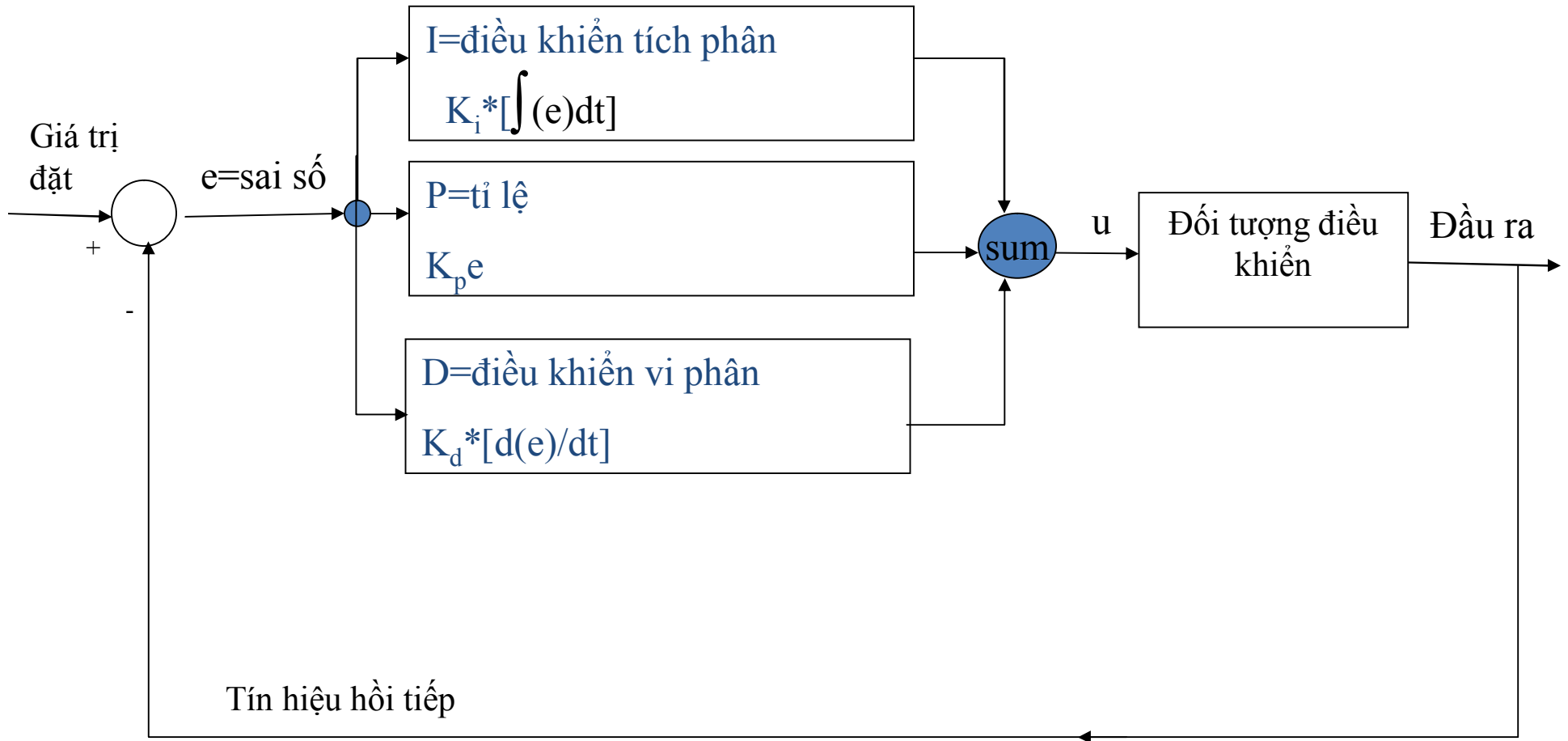
Bộ điều khiển PID

- Bộ điều khiển truyền thống đơn giản
- Bộ điều khiển PD có thể cải thiện đáp ứng quá độ trong khi vẫn giữ được sự ổn định.
- Bộ điều khiển PI có thể cải thiện sai số xác lập của hệ thống mà không làm giảm sự ổn định.

$$u = K_p e + K_d \frac{de}{dt} + K_i \int (e) dt$$



Bộ điều khiển PID





Phương trình bộ PID liên tục và rời rạc

Time domain $f(t) = K_p \times \text{Error}_{\text{sys}}(t) + K_i \times \int_0^t \text{Error}_{\text{sys}}(t) dt + K_d \times \frac{d}{dt}(\text{Error}_{\text{sys}}(t))$

↕

Discrete domain $f(X_T) = K_p \times \text{Error}_{\text{sys}_T} + \underbrace{(k_i \times T_s)}_{\substack{\text{(sampling done at } F_s = 1/T_s \text{ frequency)}}} \sum_0^T \text{Error}_{\text{sys}_i} + K_d \times (\text{Error}_{\text{sys}_T} - \text{Error}_{\text{sys}_{T-1}})$

$k_i \times T_s = K_i$

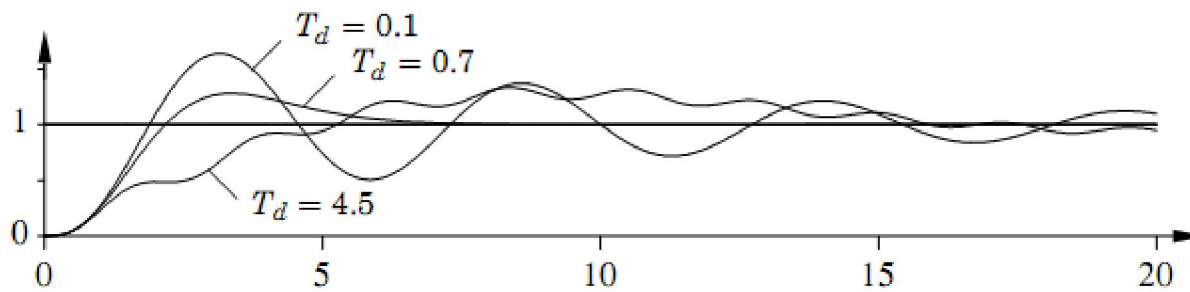
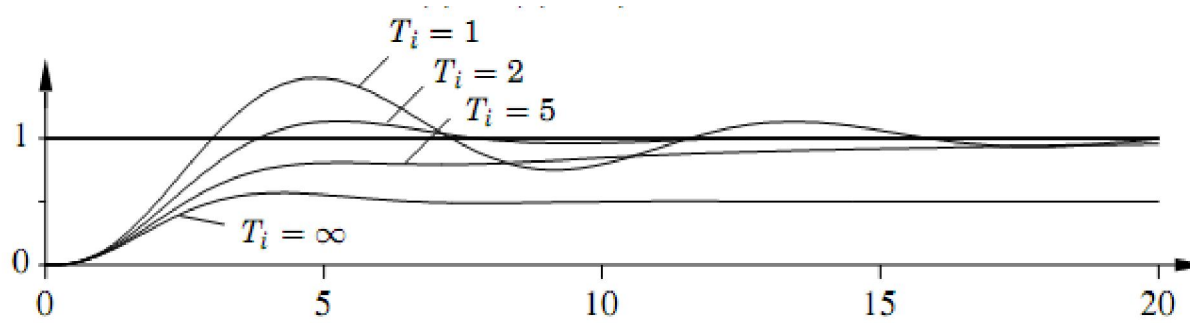
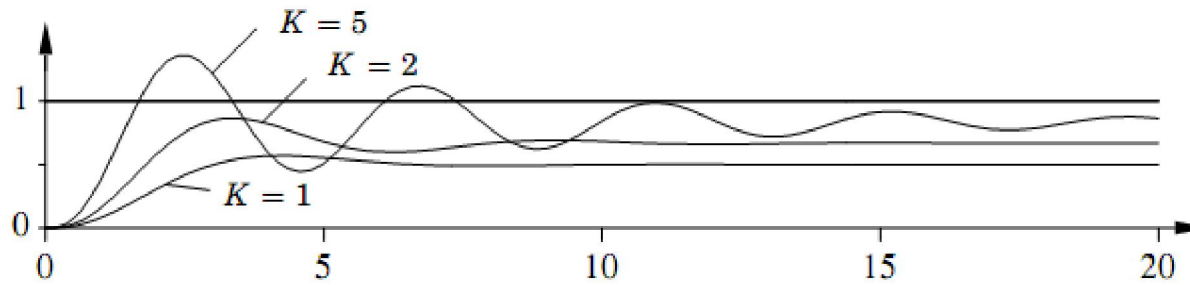
- Lúc ban đầu, set giá trị K_p , giá trị $K_i = 0$
- Tăng dần K_p cho tới khi đáp ứng đạt tới giá trị đặt (không có vọt lố quá lớn và dao động)
- Sau đó K_i được tăng chậm để sai số về 0



Tính chất của các hệ số P, I, và D

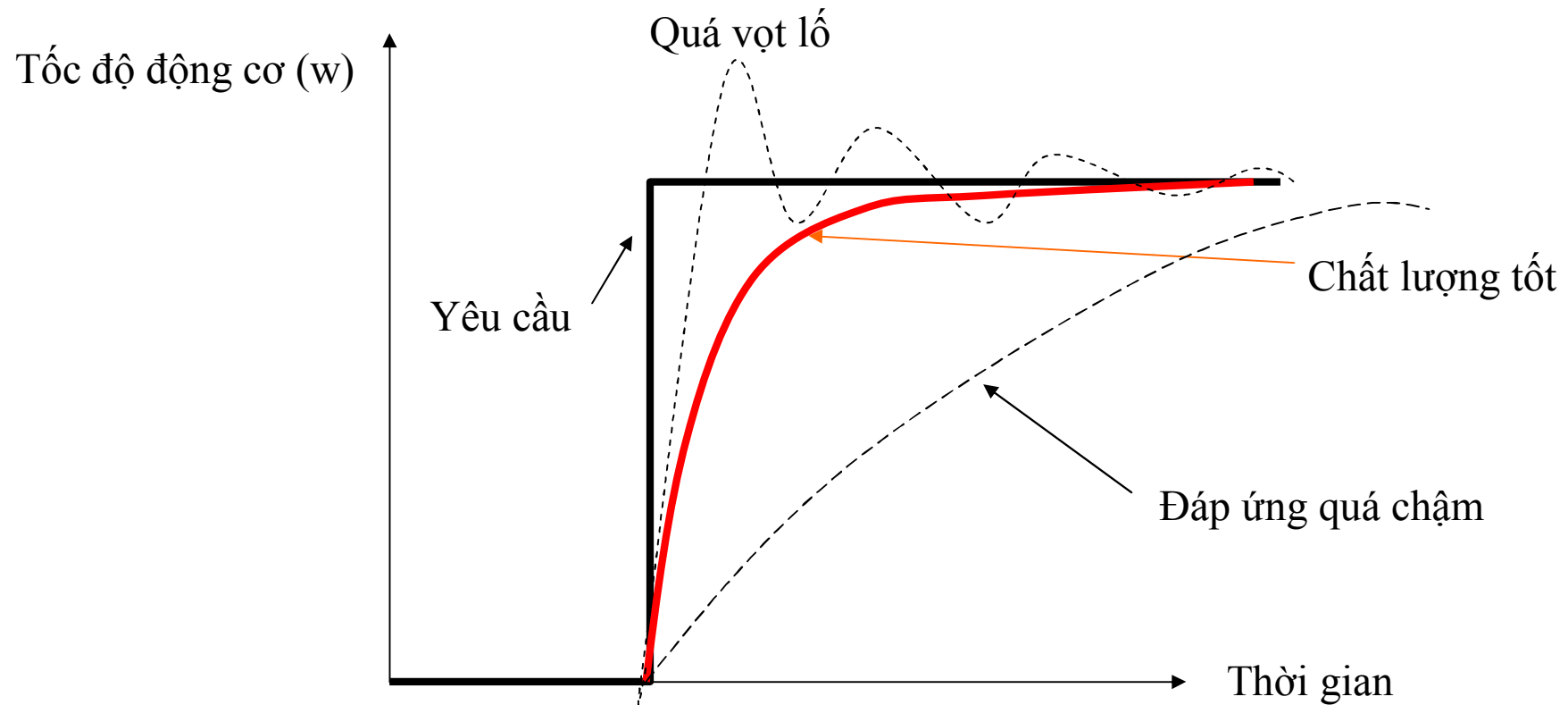
Chú ý rằng quan hệ ở dưới có thể không chính xác, vì K_p , K_i , và K_d phụ thuộc lẫn nhau. Bảng dưới chỉ được dùng để tham khảo khi chọn các giá trị K_i , K_p và K_d .

Thông số	Thời gian lên	Vọt lố	Thời gian xác lập	Sai số xác lập
K_p	Giảm	Tăng	Thay đổi ít	Giảm
K_i	Giảm	Tăng	Tăng	Triệt tiêu
K_d	Thay đổi ít	Giảm	Giảm	Thay đổi ít



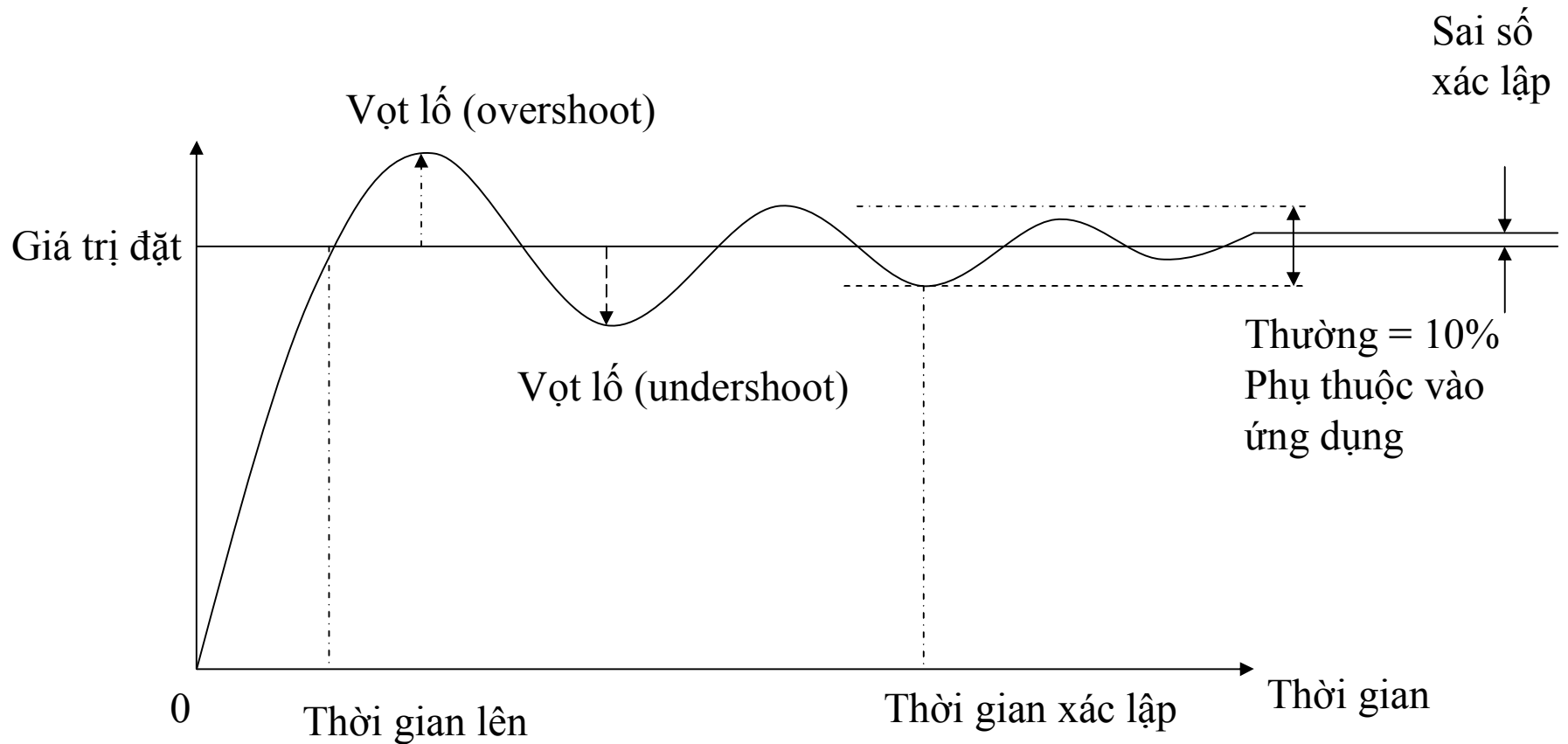


Bộ điều khiển PID

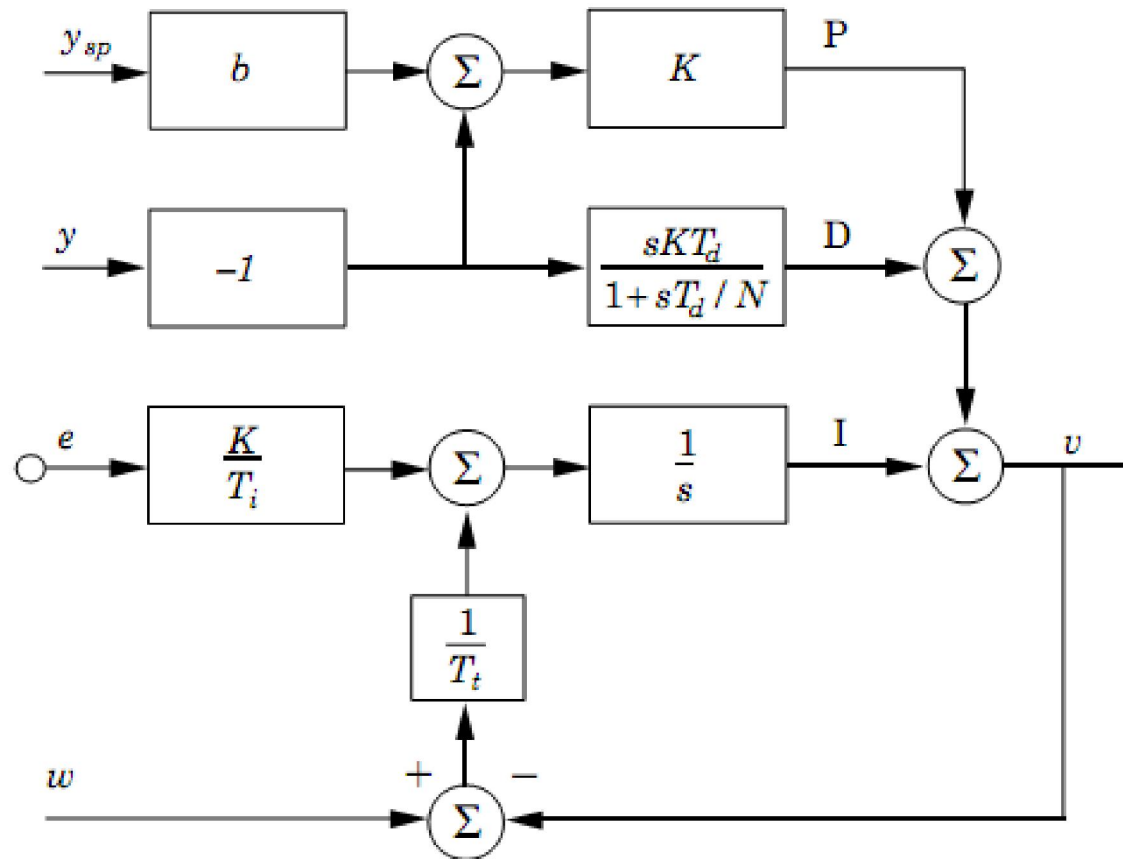




Bộ điều khiển PID

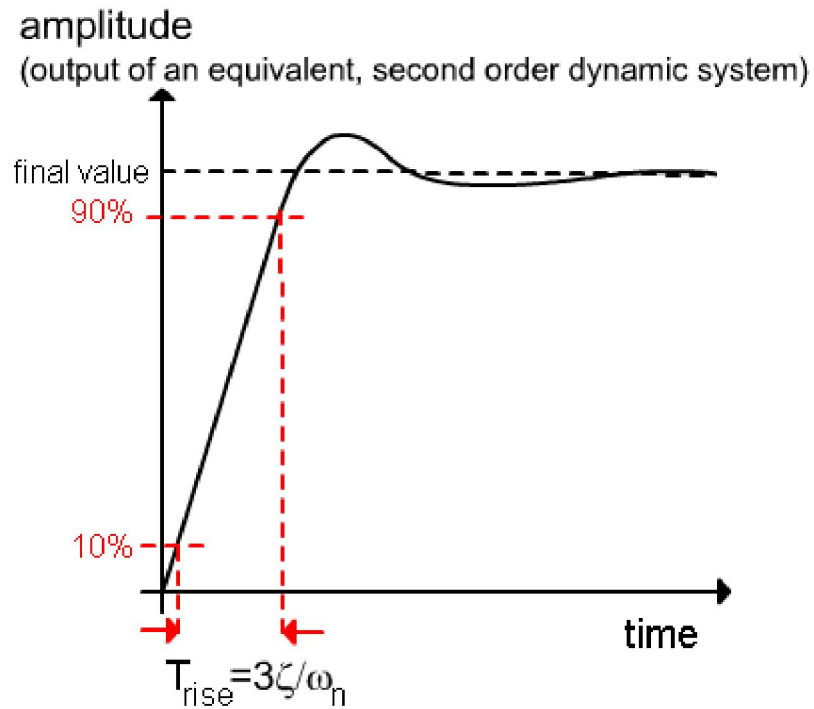


Anti-Windup

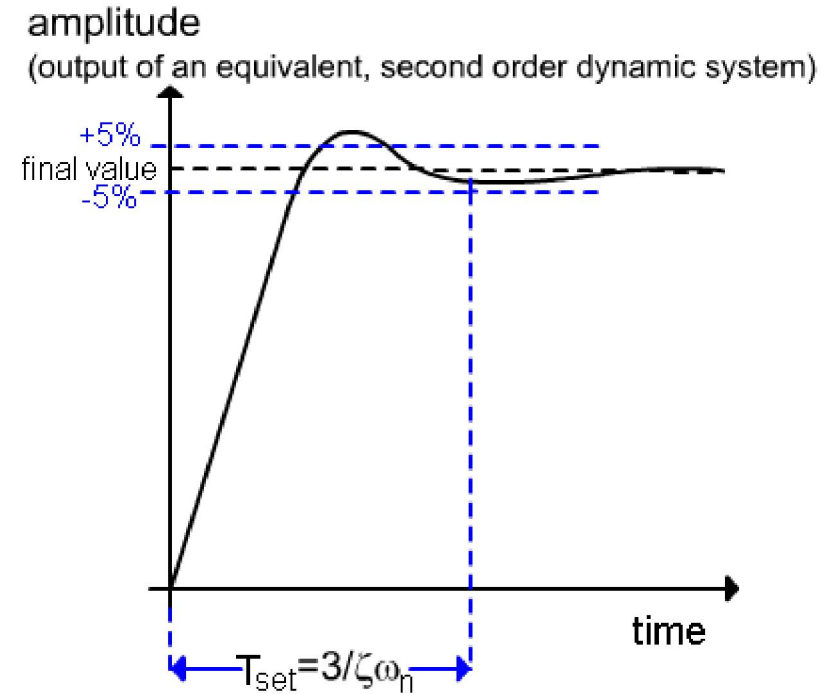




Thiết kế bộ điều khiển



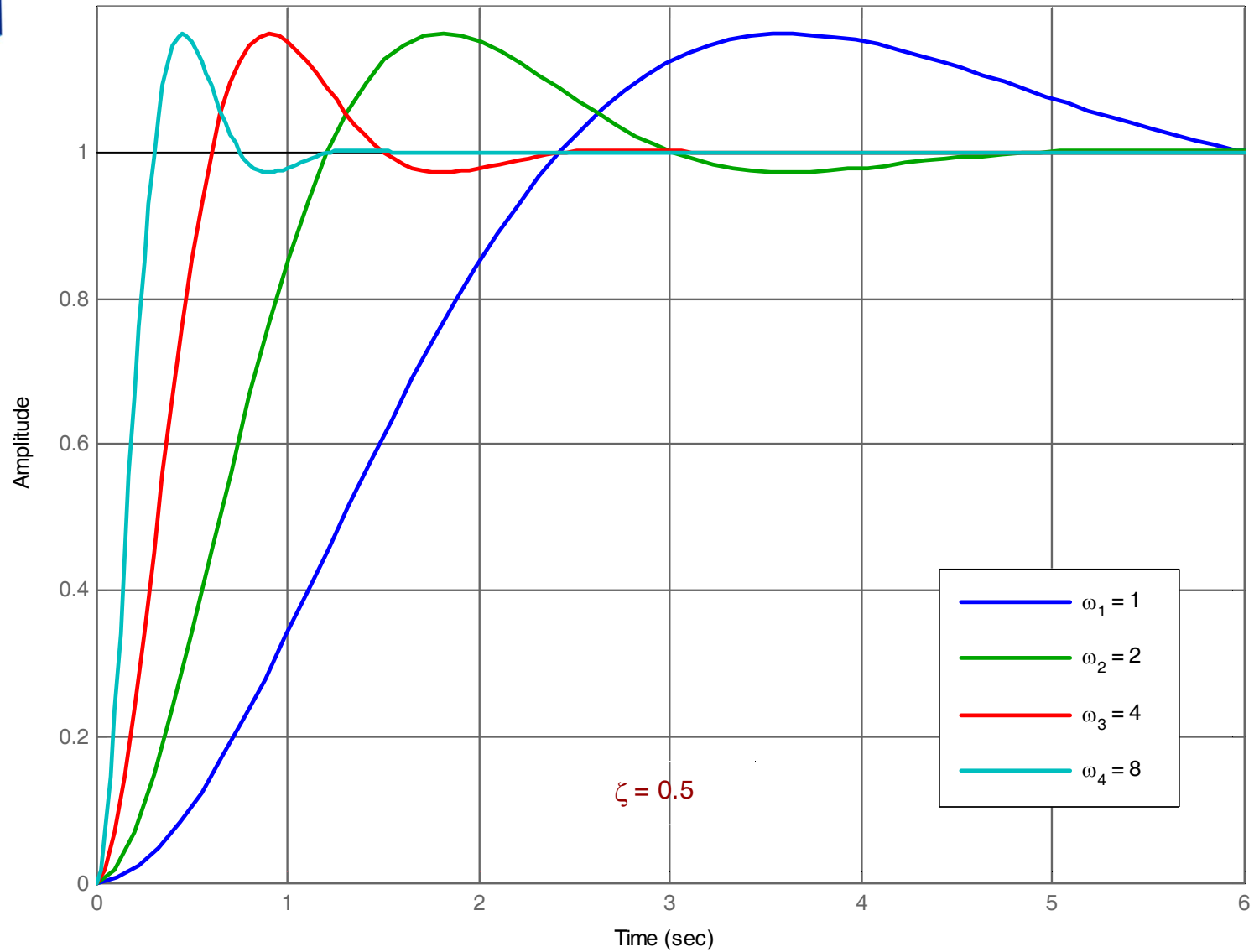
Thời gian lên T_{rise}



Thời gian xác lập T_{set}

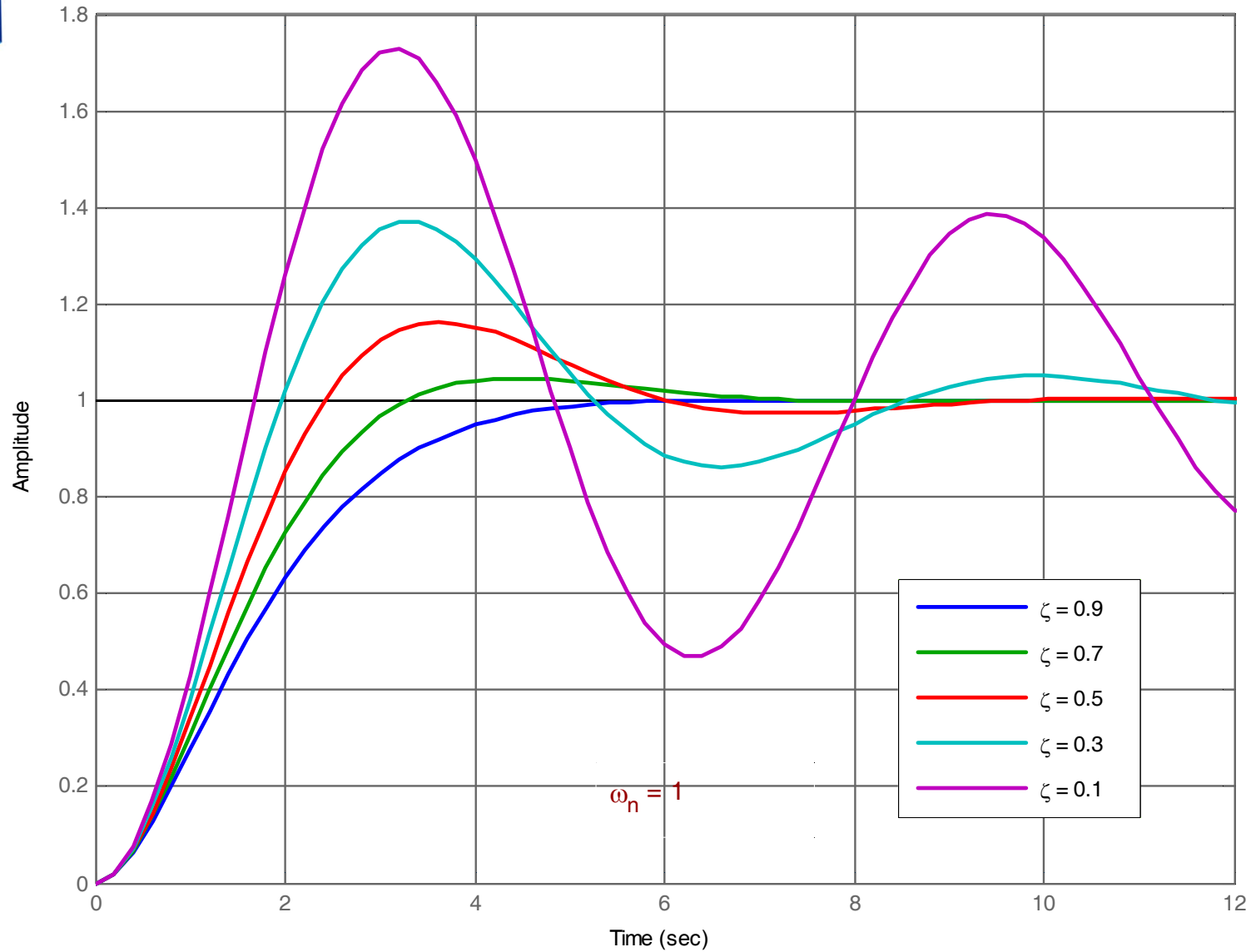


• Ảnh hưởng của tần số tự nhiên w_n





• Ảnh hưởng của hệ số tắt dần

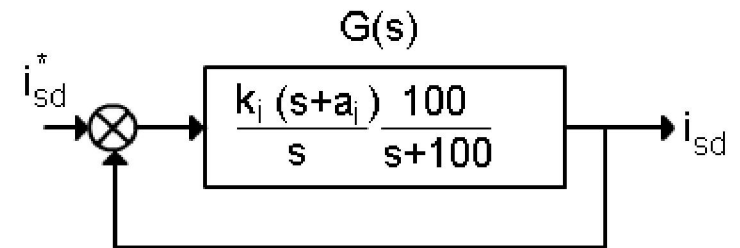
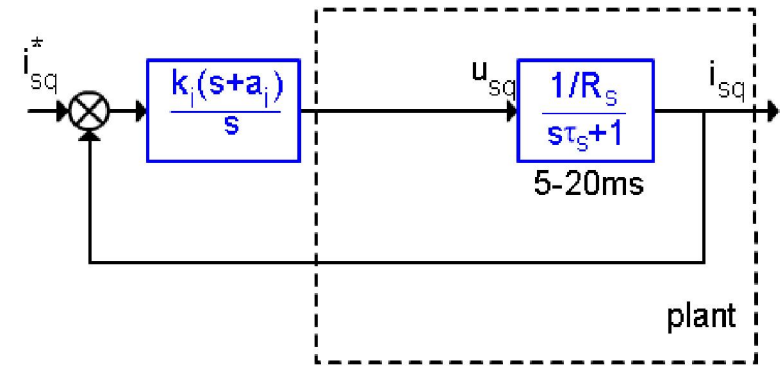




Thiết kế bộ điều khiển PI (1)

Cho hệ thống:

$R_s=1\Omega$, $\tau_s=10\text{ms}$. Thiết kế bộ điều khiển PI có băng thông (tần số tự nhiên) 300Hz (1900 rad/s) và $\zeta=0.8$ (hệ số tắt dần)



closed loop transfer function

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



Thiết kế bộ điều khiển PI (2)

Cho hệ thống:

$R_s=1\Omega$, $\tau_s=10\text{ms}$. Thiết kế bộ điều khiển PI có băng thông (tần số tự nhiên) 300Hz (1900 rad/s) và $\zeta=0.8$ (hệ số tắt dần)

Hàm truyền vòng kín:

$$\frac{100k_i(s+a_i)}{s^2 + 100(1+k_i)s + 100k_i a_i}$$

Với $\omega_n = 1900 \text{ rad/s}$ và $\zeta = 0.8$

Phương trình đặc tính

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2$$

$$s^2 + 100(1+k_i)s + 100k_i a_i$$



$$s^2 + 3040s + 3610000$$

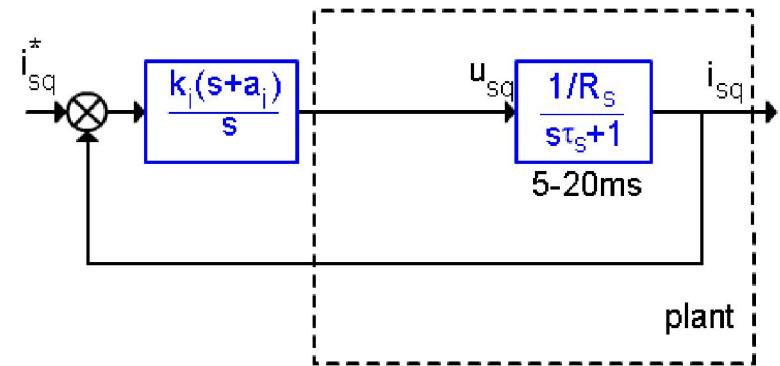
$$s^2 + 100(1+k_i)s + 100k_i a_i$$



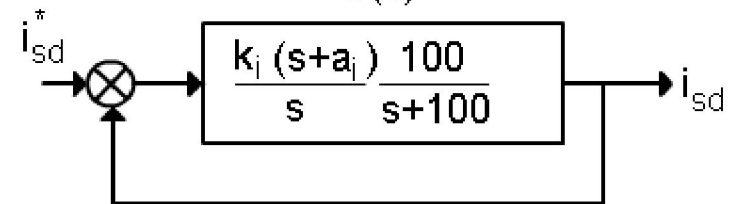
$$a_i = 1227.9$$

$$k_i = 29.4$$

Hệ thống điều khiển số



$G(s)$



closed loop transfer function

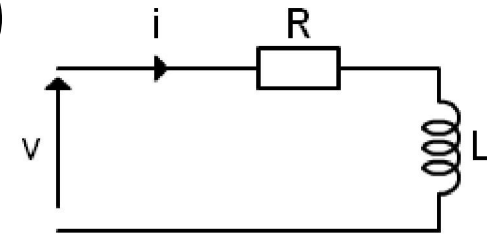
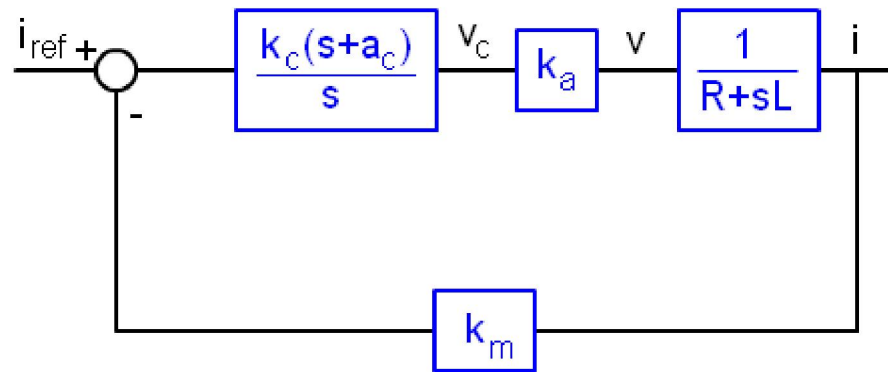
$$\frac{G(s)}{1+G(s)}$$

Bộ môn Thiết bị điện



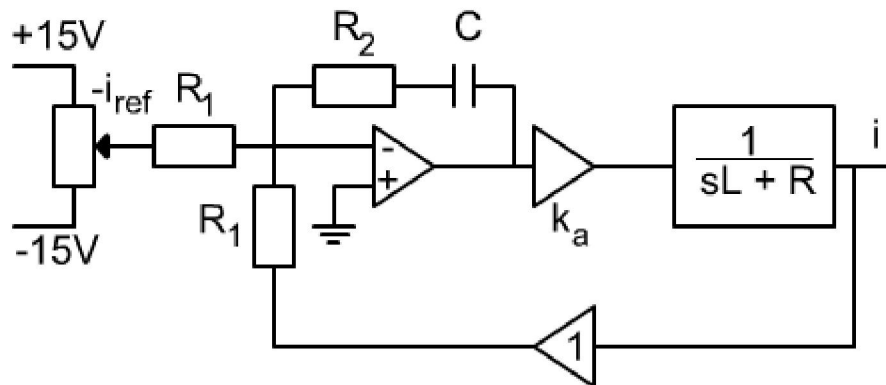
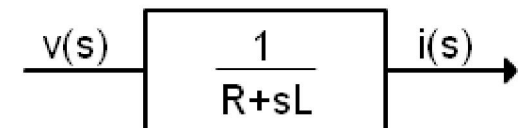
Review (1)

Mô hình động cơ DC
kích từ độc lập



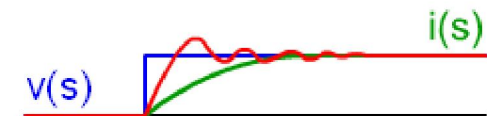
$$v(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

$$v(s) = Ri(s) + si(s)L$$



$$k_c = \frac{R_2}{R_1}$$

$$a_c = \frac{1}{R_2 C}$$



Đáp ứng có thời gian lên chậm
(đường màu xanh) → thiết kế bộ
điều khiển để giảm thời gian lên
như đường màu đỏ



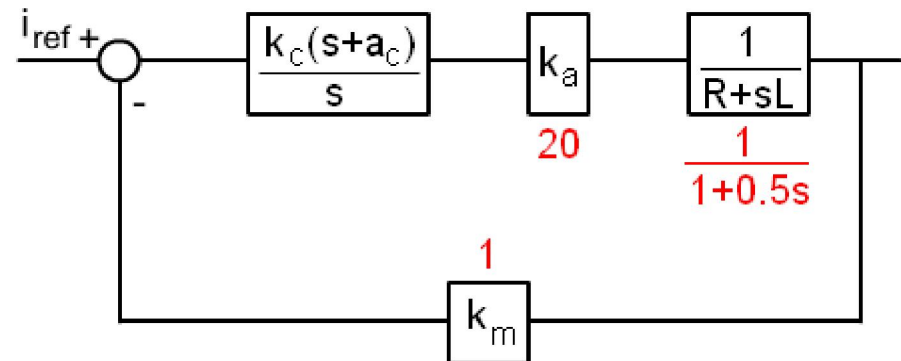
Review (2)

Với hệ số tắt dần và tần số tự nhiên đã cho, thiết kết bộ điều khiển:

- A. $k_c = 0.65, a_c = 15.38$
- B. $k_c = 0.65, a_c = 200$
- C. $k_c = 0.75, a_c = 16.7$
- D. $k_c = 0.75, a_c = 15.34$

Áp dụng cho bộ điều khiển tương tự, tính R_1, R_2 và C :

- A. $R_1 = 100k\Omega, R_2 = 66k\Omega, C = 1\mu F$
- B. $R_1 = 10k\Omega, R_2 = 66k\Omega, C = 1\mu F$
- C. $R_1 = 10k\Omega, R_2 = 6.6k\Omega, C = 0.1\mu F$
- D. $R_1 = 100k\Omega, R_2 = 66k\Omega, C = 0.1\mu F$



$$L = 500 \text{ mH}, R = 1 \text{ Ohm}, k_a = 20, k_m = 1$$

$$\zeta = 0.7 \quad \omega_n = 20 \text{ rad/s}$$



Mô phỏng dùng Simulink

$$R_a = 2 \, \Omega$$

$$L_a = 0.1 \, \text{H}$$

$$J = 0.1 \, \text{kg.m}^2$$

$$k_E = 0.3 \, \text{V}/(\text{rad/s})$$

$$k_T = 0.3 \, \text{Nm/A}$$

$$V_d = 60\text{V}$$

$$V_{\text{tri}} = 5\text{V}$$

$$B = 0.01$$

