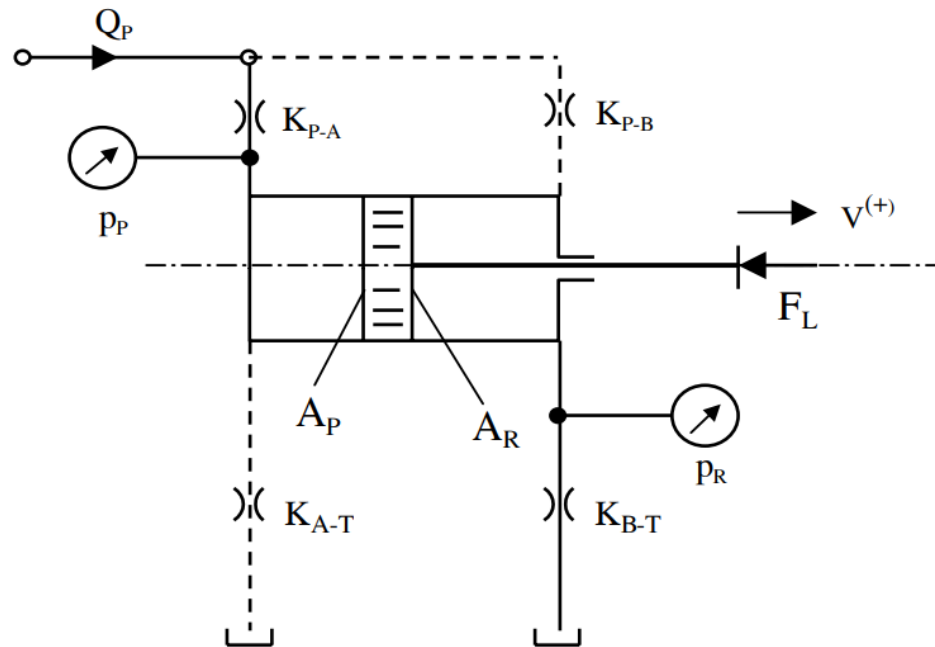
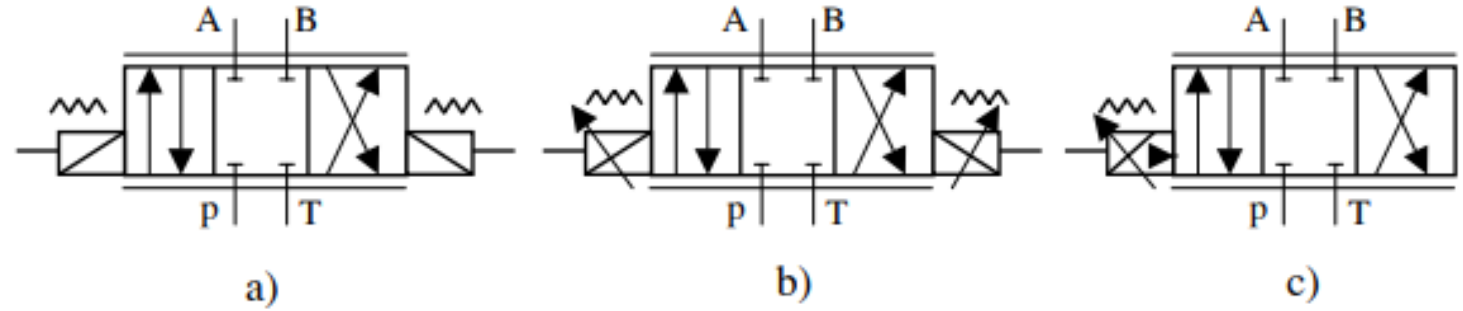


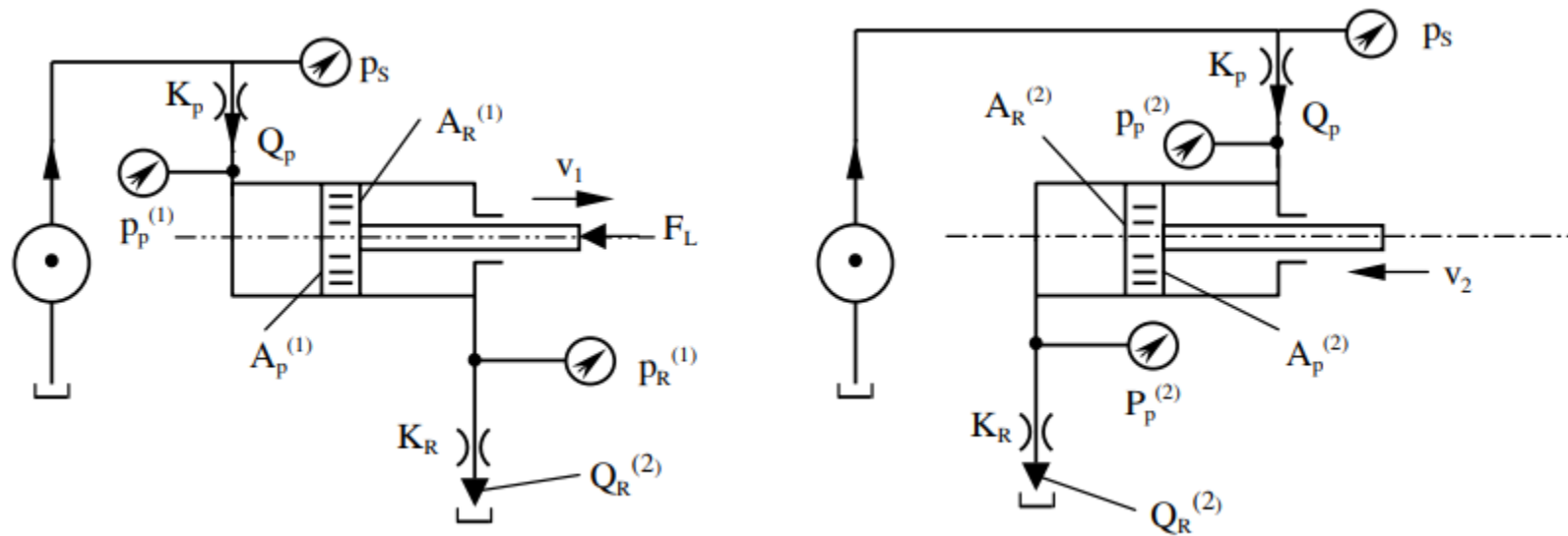
# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

Một số Thiết bị thủy lực



# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

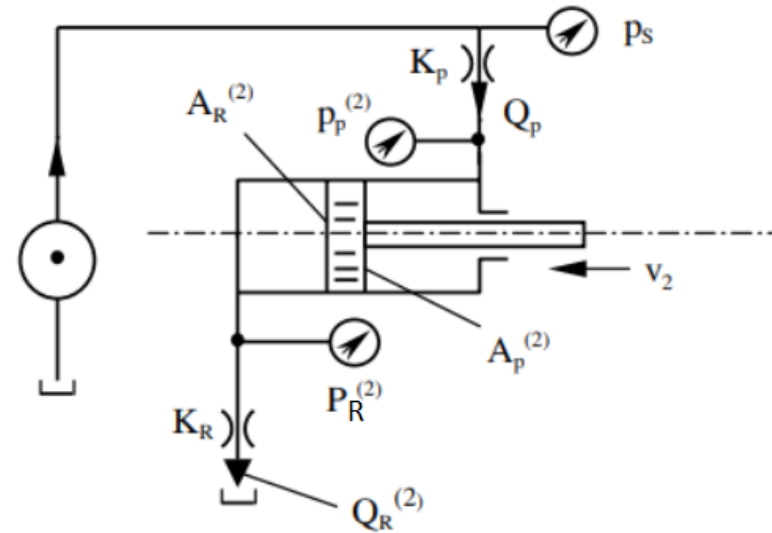
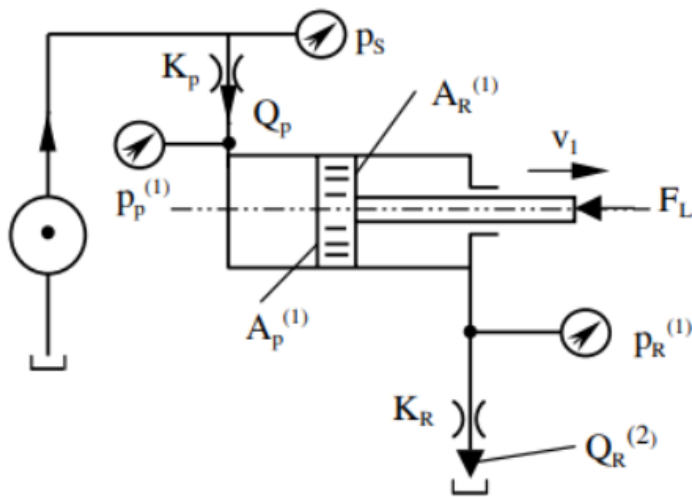
Mạch thủy lực ở hình 1.15 nếu tách thành hai sơ đồ, một sơ đồ là mạch thực hiện chuyển động công tác  $v_1$  và một sơ đồ là mạch thực hiện chuyển động lùi  $v_2$  thì ta có hình



# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

Hệ số kết cấu của xy lanh trong hai trường hợp trên là

$$\rho_x^{(1)} = \frac{A_P^{(1)}}{A_R^{(1)}} \quad \text{và} \quad \rho_x^{(2)} = \frac{A_P^{(2)}}{A_R^{(2)}} \quad \text{hay} \quad \rho_x^{(2)} = \frac{1}{\rho_x^{(1)}}$$



# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

## Phương trình cân bằng lưu lượng:

Do tính chất đàn hồi của dầu nên khi áp suất thay đổi thì thể tích dầu sẽ thay đổi, lưu lượng do biến dạng đàn hồi của dầu được xác định theo công thức sau :

$$Q_C = C \cdot \frac{dP}{dt}$$

C được gọi là hệ số tích lũy đàn hồi của dầu

Phương trình lưu lượng trên đường dầu vào là :

$$Q_P = Q_A + Q_C$$

trong đó :

$Q_P$  - lưu lượng cung cấp của van;

$Q_A$  - lưu lượng làm pittông chuyển động;

$Q_C$  - lưu lượng do biến dạng đàn hồi của dầu trên đường dầu vào



# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

## Phương trình cân bằng lưu lượng:

Phương trình lưu lượng trên đường dầu vào là :

$$Q_P = Q_A + Q_C$$

trong đó :  $Q_P$  - lưu lượng cung cấp của van;

$Q_A$  - lưu lượng làm pittông chuyển động;

$Q_C$  - lưu lượng do biến dạng đàn hồi của dầu trên đường dầu vào

Phương trình lưu lượng trên đường dầu ra là :

$$Q_R = Q_B - Q_D$$

trong đó :  $Q_R$  - lưu lượng về bể dầu;

$Q_B$  - lưu lượng pistông đẩy ra;

$Q_D$  - lưu lượng do biến dạng đàn hồi của dầu trên đường dầu ra.

# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

*Khi pittông chuyển động công tác  $v_1$*

$$Q_P = v_1 \cdot A_P^{(1)} + C_P^{(1)} \cdot \frac{dP_P^{(1)}}{dt}$$

$$Q_R^{(1)} = v_1 \cdot A_R^{(1)} - C_R^{(1)} \cdot \frac{dP_R^{(1)}}{dt}$$

*Khi pittông chuyển động lùi về  $v_2$*

$$Q_P = v_2 \cdot A_P^{(2)} + C_P^{(2)} \cdot \frac{dP_P^{(2)}}{dt}$$

$$Q_R^{(2)} = v_2 \cdot A_R^{(2)} - C_R^{(2)} \cdot \frac{dP_R^{(2)}}{dt}$$

# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

Vì cùng nguồn cung cấp và van trượt có kết cấu đối xứng nên lưu lượng cung cấp của van khi chuyển động công tác  $v_1$  và chuyển động lùi về  $v_2$  là như nhau,

Tuy nhiên lưu lượng  $Q_R^{(1)} \neq Q_R^{(2)}$  và  $v_1 \neq v_2$

Nếu hệ làm việc ổn định thì áp suất sẽ không thay đổi, ta có

$$\frac{dP_P}{dt} = 0 \text{ và } \frac{dP_R}{dt} = 0$$

và lưu lượng vào và ra lúc đó là

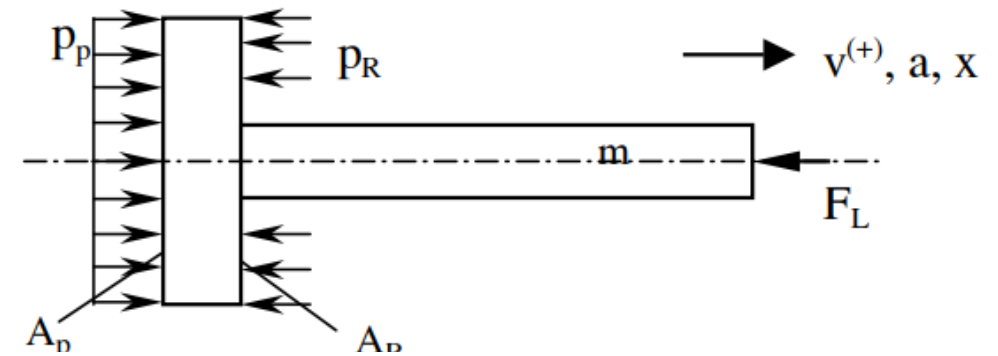
$$Q_P = v \cdot A_P ; Q_R = v \cdot A_R$$

# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

## Phương trình cân bằng lực

Nếu bỏ qua ma sát, lực tác dụng lên pittông thể hiện ở hình 1.21 thì phương trình cân bằng lực là

$$P_P \cdot A_P - P_R \cdot A_R - F_L = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$



trong đó :  $F_L$  - tải trọng ngoài;

$P_P$  và  $P_R$  - áp suất tác dụng lên diện tích của pittông  $A_P$  và  $A_R$ ;

$m$  - khối lượng của phần chuyển động.

$x$ ,  $v$  và  $a$  - tương ứng là hành trình, vận tốc và gia tốc chuyển động của pittông.

# PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LƯU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG LỰC TRONG XY LANH

## Phương trình cân bằng lực

Ở trạng thái ổn định thì  $a = \frac{d^2x}{dt^2} = 0$  nên phương trình (1.98) được viết lại là :

$$P_P \cdot A_P - P_R \cdot A_R - F_L = 0$$

Nếu tải trọng ngoài  $F_L \approx 0$  thì :

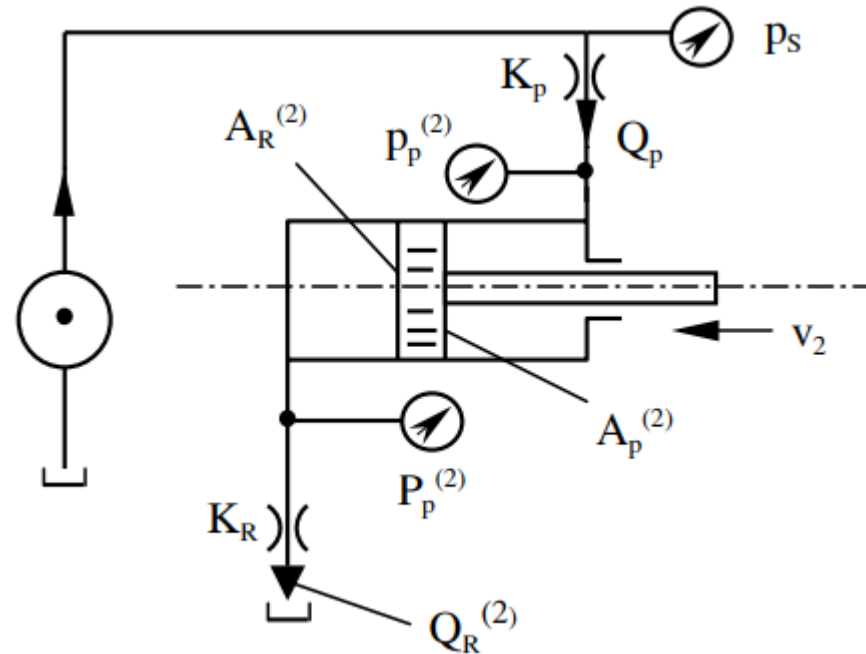
$$\frac{P_P}{P_R} = \frac{A_R}{A_P} \Big|_{F_L=0}$$

Thay  $P_P = \frac{Q_P^2}{K_P^2}$  và  $P_R = \frac{Q_R^2}{K_R^2}$  vào (1.100) ta được :

$$\frac{Q_P^2}{Q_R^2} = \frac{1}{\rho_x} \cdot \frac{K_P^2}{K_R^2}$$

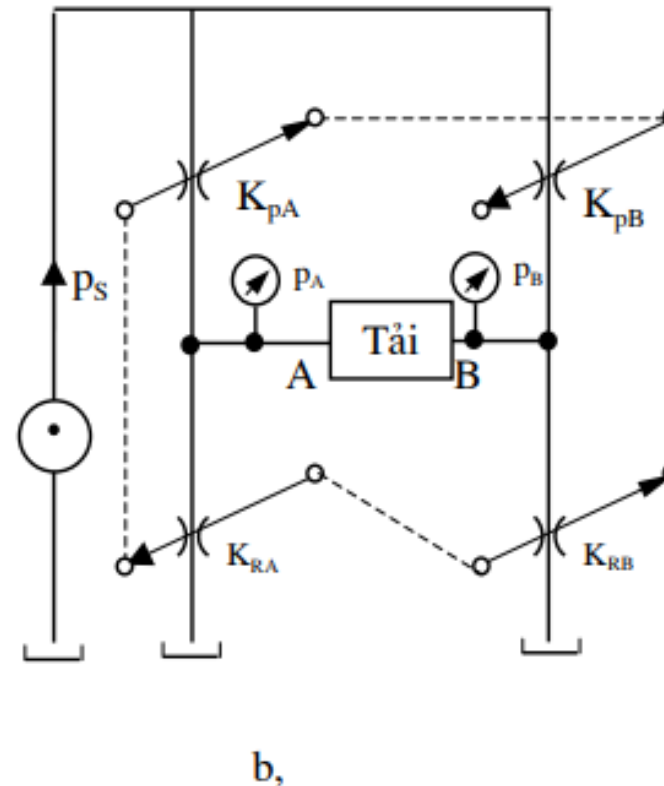
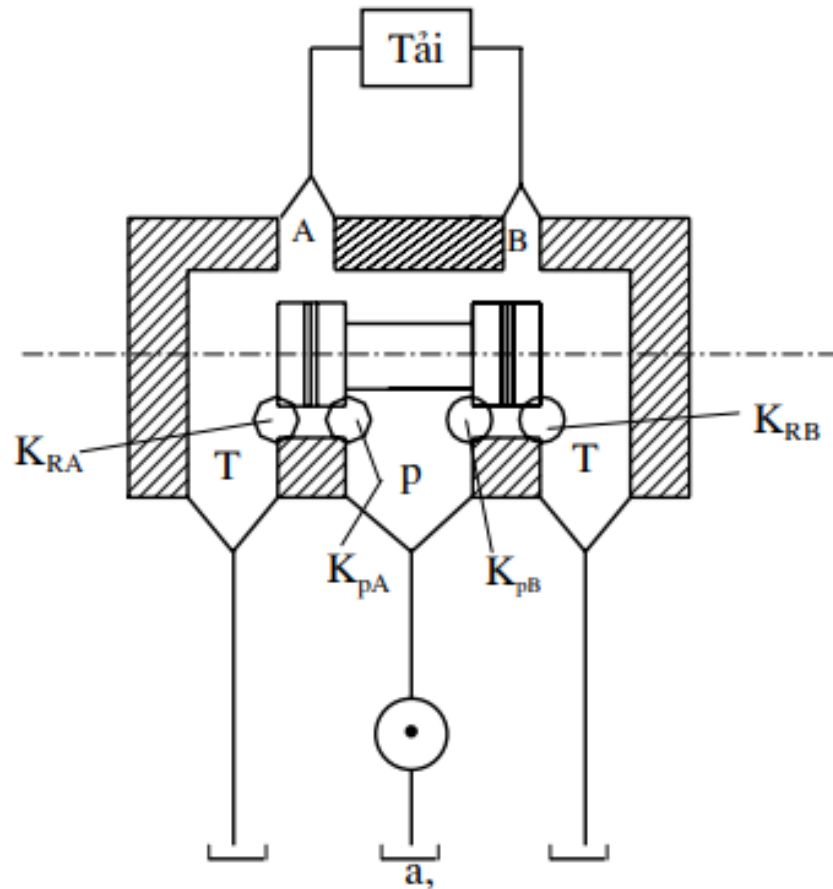
## ÔN TẬP

**Câu 1: Xây dựng phương trình cân bằng lưu lượng và cân bằng lực cho hệ sau:**



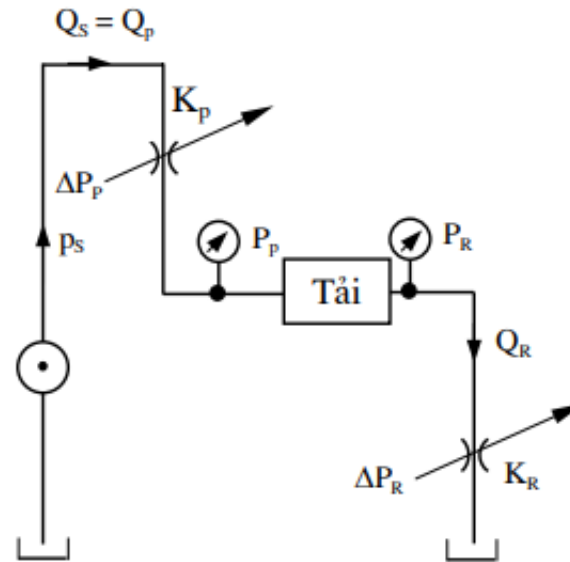
# CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA MẠCH THỦY LỰC ĐIỀU KHIỂN

Quan hệ giữa vận tốc và tải trọng

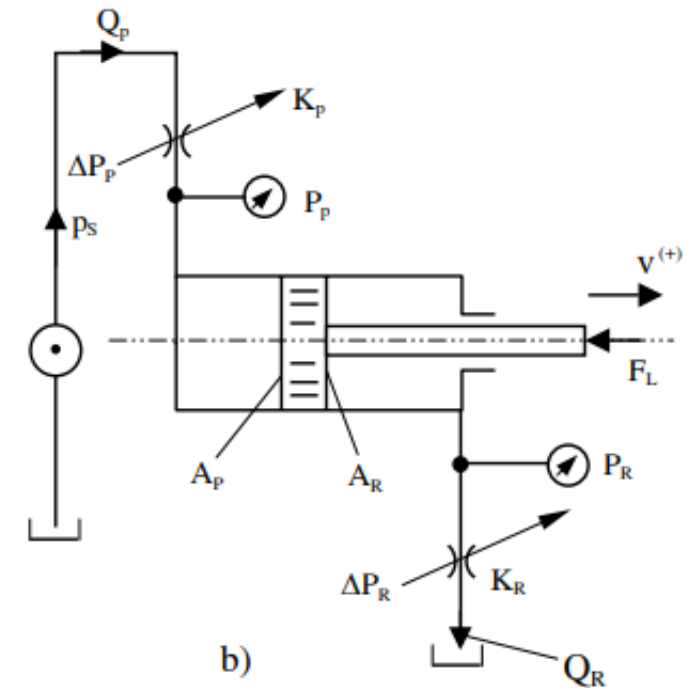


# CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA MẠCH THỦY LỰC ĐIỀU KHIỂN

## Quan hệ giữa vận tốc và tải trọng



a)



b)

Ta có các quan hệ sau đây :

- Áp suất trên đường dầu vào :  $P_p = P_s - \Delta P_p$
- Áp suất trên đường dầu ra :  $P_r = \Delta P_r$
- Tổn thất áp suất qua các tiết diện chảy của van :

$$\Delta P_p = \frac{Q_p^2}{K_p^2} \text{ và } \Delta P_r = \frac{Q_r^2}{K_r^2}$$



# CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA MẠCH THỦY LỰC ĐIỀU KHIỂN

## Quan hệ giữa vận tốc và tải trọng

- Quan hệ giữa lưu lượng và vận tốc chuyển động của pittông như sau :

$$Q_P = v \cdot A_P \text{ và } Q_R = v \cdot A_R$$

- Các chú ý :

+ Nếu van có kết cấu hình học đối xứng  $K_P = K_R$  thì  $\rho_v = 1$ .

+ Nếu  $\Delta P_P = \Delta P_R$ , tức là tổn thất áp suất trên đường vào và ra của van bằng nhau :

$$\frac{Q_P^2}{K_P^2} = \frac{Q_R^2}{K_R^2} \Rightarrow \frac{v^2 \cdot A_P^2}{K_P^2} = \frac{v^2 \cdot A_R^2}{K_R^2}$$

hay :

$$\frac{A_P}{A_R} = \frac{K_P}{K_R} \text{ hoặc } \rho_x = \rho_v$$

# CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA MẠCH THỦY LỰC ĐIỀU KHIỂN

## Quan hệ giữa vận tốc và tải trọng

+ Nếu năng lượng vào và ra của van bằng nhau, tức là :

$$Q_P \cdot \Delta P_P = Q_R \cdot \Delta P_R \quad (1.111)$$

$$Q_P \cdot \frac{Q_P^2}{K_P^2} = Q_R \cdot \frac{Q_R^2}{K_R^2}$$

Suy ra :

$$\frac{Q_P^3}{K_P^2} = \frac{Q_R^3}{K_R^2} \Rightarrow \frac{v^3 \cdot A_P^3}{K_P^2} = \frac{v^3 \cdot A_R^3}{K_R^2} \quad (1.112)$$

Công thức (1.112) có thể viết lại như sau :

$$\frac{A_P^3}{A_R^3} = \frac{K_P^2}{K_R^2} \text{ hay } \rho_x^3 = \rho_v^2 \quad (1.113)$$

Từ các quan hệ (1.105), (1.106), (1.107) và (1.108) thay vào (1.112) ta được :

$$P_S \cdot A_P - v^2 \cdot \frac{A_P^3}{K_P^2} - v^2 \cdot \frac{A_R^3}{K_R^2} - F_L = 0 \quad (1.114)$$

hay :

$$P_S \cdot A_P - v^2 \cdot \frac{A_P^3}{K_P^2} \left[ 1 + \frac{\rho_v^2}{\rho_x^3} \right] - F_L = 0 \quad (1.115)$$

# CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA MẠCH THỦY LỰC ĐIỀU KHIỂN

## Quan hệ giữa vận tốc và tải trọng

Theo cách phân tích và tính toán như trên, ta cũng lập được phương trình lực cho nhánh còn lại.

Phương trình (1.115) sử dụng để thiết kế kết cấu của mạch thủy lực.

*Xét các trường hợp sau đây :*

\* Khi vận tốc bằng không ( $v = 0$ ) thì pittông dừng chuyển động nên công thức (1.115) sẽ là :

$$P_S \cdot A_P - F_L^0 = 0 \quad (1.116)$$

hay :

$$A_P = \frac{F_L^0}{P_S}$$

$F_L^0$  gọi là tải "dừng" (lực giới hạn tạo sự quá tải cho xy lanh).

\* Khi  $F_L = 0$  hoặc  $F_L \approx 0$  thì công thức (1.115) sẽ là :

$$P_S \cdot A_P - v_0^2 \cdot \frac{A_P^3}{K_P^2} \left( 1 + \frac{\rho_v^2}{\rho_x^3} \right) = 0 \quad (1.117)$$

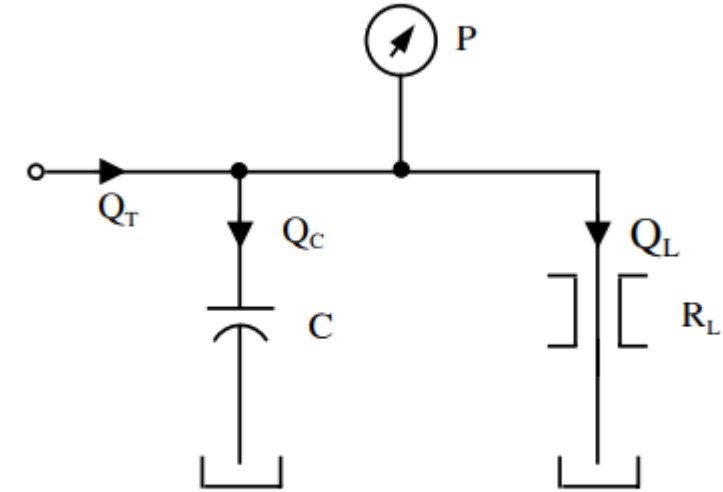
Suy ra :

$$v_0 = \sqrt{\frac{P_S \cdot A_P}{\frac{A_P^3}{K_P^2} \left( 1 + \frac{\rho_v^2}{\rho_x^3} \right)}} \quad (1.118)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### Quy luật thay đổi của áp suất

Nghiên cứu mạch thủy lực ở hình 3.1, trên đó có hai yếu tố chính là lưu lượng tính đến độ đàn hồi của dầu qua C và lưu lượng thực hiện chảy tầng qua  $R_L$



Hình 3.1. Mạch thủy lực có  $R_L - C$

Phương trình cân bằng lưu lượng là :

$$Q_T = Q_C + Q_L \quad (3.1)$$

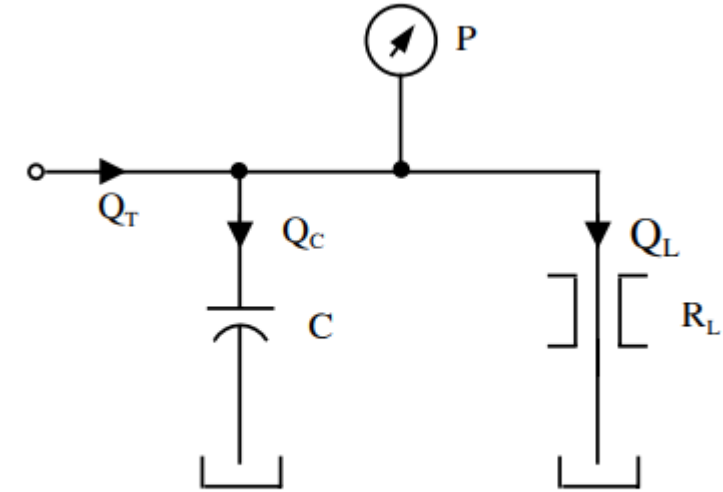
$$Q_C = C \frac{dP}{dt} \text{ và } Q_L = \frac{P}{R_L} \quad (3.2)$$

hay :

$$Q_T = C \cdot \frac{dP}{dt} + \frac{P}{R_L} \quad (3.3)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 1. Quy luật thay đổi của áp suất



Hình 3.1. Mạch thủy lực có  $R_L - C$

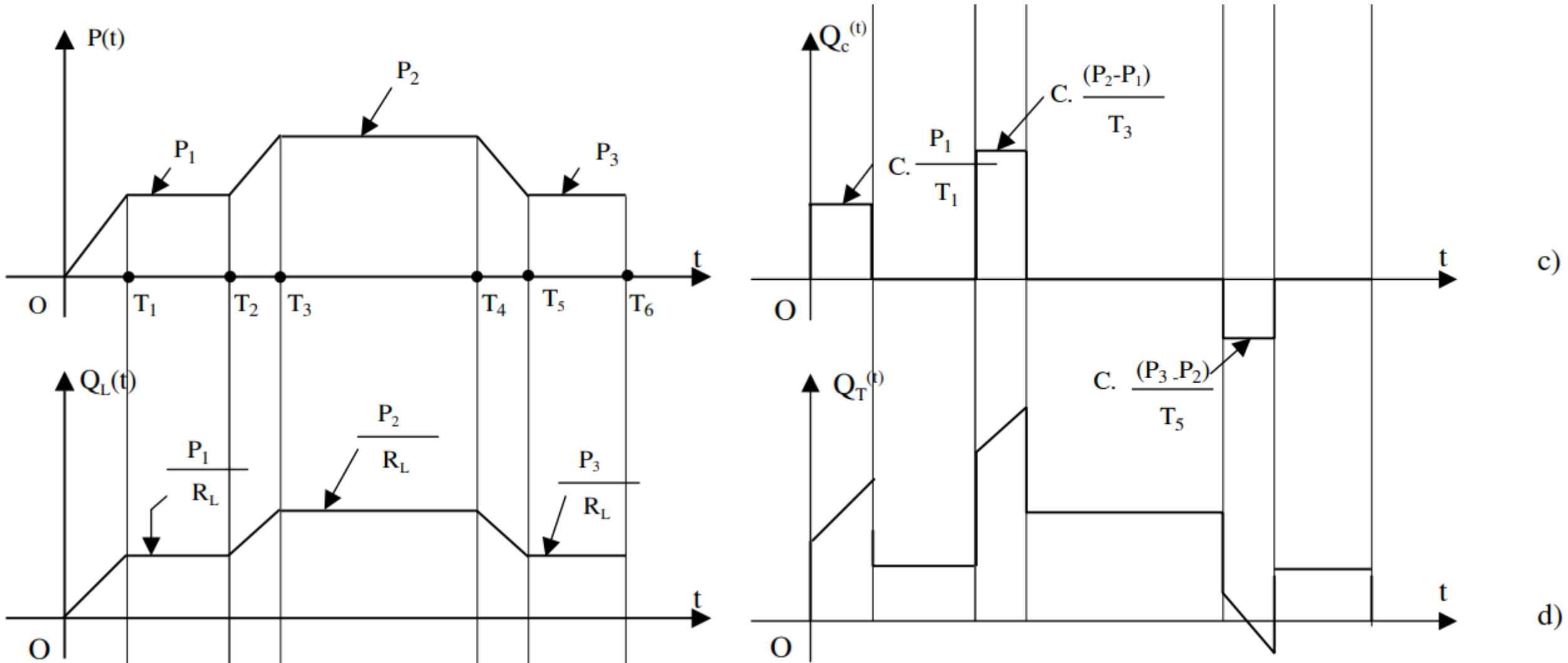
Như vậy theo công thức (3.3), nếu biết quy luật thay đổi của áp suất  $P$  thì ta xác định được lưu lượng  $Q_T$ .

Giả sử quy luật thay đổi áp suất như ở hình 3.2a thì lưu lượng  $Q_L$  sẽ thay đổi đồng dạng với áp suất  $P$  (hình 3.2b) vì  $Q_L = \frac{P}{R_L}$  và  $Q_C$  sẽ như ở hình 3.2c vì  $Q_C = C \frac{dp}{dt}$ .

Lưu lượng tổng cộng  $Q_T$  là tổng của  $Q_L$  và  $Q_C$  theo phép cộng đồ thị (hình 3.2d).

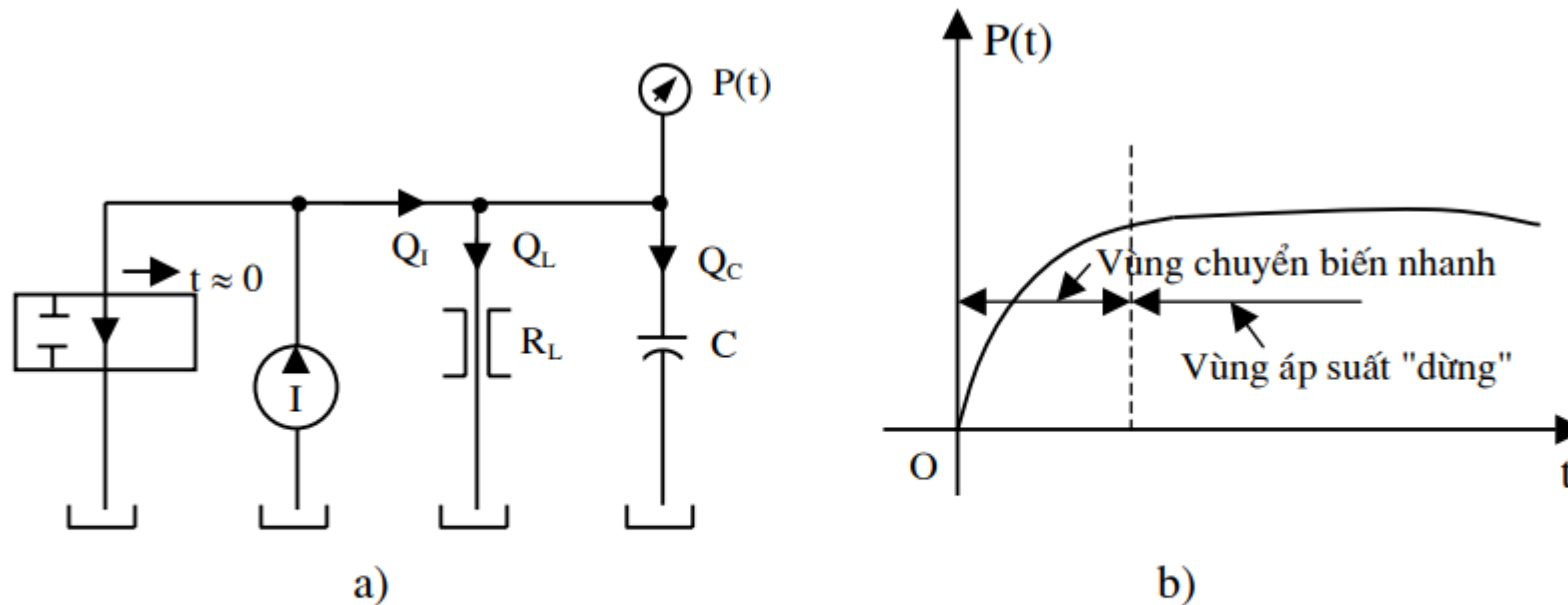
## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 1. Quy luật thay đổi của áp suất



## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 1. Xác định quy luật thay đổi áp suất khi biết lưu lượng cung cấp $Q_I$ trong mạch RL C thủy lực



Hình 3.3. Mô hình nghiên cứu quy luật thay đổi áp suất

a- Sơ đồ mạch thủy lực  $R_L C$ ; b- Quy luật chuyển biến của áp suất.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 1. Xác định quy luật thay đổi áp suất khi biết lưu lượng cung cấp $Q_I$ trong mạch RL C thủy lực

Trong quá trình nghiên cứu mạch thủy lực hãy so sánh với mạch điện, giữa chúng có những đặc điểm tương tự về hoạt động cũng như mô hình tính toán. Ví dụ sơ đồ đang nghiên cứu trên hình 3.3 tương đương với mạch điện RC, trong đó RL tương đương với điện trở  $R$  và C tương đương với một tụ điện C. Quan hệ giữa áp suất và lưu lượng là tuyến tính (cho trường hợp dòng chảy tầng) hoặc là bậc hai (cho trường hợp chảy rối). Khi đóng van, phương trình lưu lượng sẽ là :

$$Q_I = Q_L + Q_C = \frac{P}{R_L} + C \cdot \frac{dp}{dt} \quad (3.4)$$



## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 1. Xác định quy luật thay đổi áp suất khi biết lưu lượng cung cấp $Q_I$ trong mạch RL C thủy lực

Giả sử  $P(t)$  tăng theo quy luật hàm mũ và dạng tổng quát là :

$$P(t) = P_s + P_0 \cdot e^{S \cdot t} \quad (3.5)$$

trong đó :  $P_0$  - áp suất ở thời điểm ban đầu ( $t \approx 0$ );

$P_s$  - áp suất ở trạng thái "dừng" (áp suất làm việc ổn định).

Thay (3.5) vào (3.4) ta được :

$$Q_I = \left( \frac{P_s}{R_L} + \frac{P_0 \cdot e^{S \cdot t}}{R_L} \right) + C \cdot \frac{d(P_s + P_0 \cdot e^{S \cdot t})}{dt} \quad (3.6)$$

hay :

$$Q_I = \frac{P_s}{R_L} + \frac{P_0 \cdot e^{S \cdot t}}{R_L} + C \cdot S \cdot P_0 \cdot e^{S \cdot t} \quad (3.7)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 1. Xác định quy luật thay đổi áp suất khi biết lưu lượng cung cấp $Q_I$ trong mạch RL C thủy lực

Theo lý thuyết về phương trình vi phân tuyến tính, có thể tách phương trình (3.7) thành hai phương trình độc lập. Các số hạng không đổi cân bằng nhau và các số hạng tồn tại trong thời gian ngắn cân bằng nhau.

Tức là (3.7) có thể được viết lại như sau :

$$Q_I = \frac{P_s}{R_L} \quad (3.8)$$

và : 
$$\frac{P_0 \cdot e^{S \cdot t}}{R_L} + C \cdot S \cdot P_0 \cdot e^{S \cdot t} = 0 \quad (3.9)$$

do  $e^{S \cdot t} \neq 0$  suy ra : 
$$\frac{P_0}{R_L} + C \cdot S \cdot P_0 = 0 \quad (3.10)$$

hoặc : 
$$\frac{1}{R_L} + S \cdot C = 0 \quad \text{nên} : S = - \frac{1}{R_L \cdot C} \quad (3.11)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 1. Xác định quy luật thay đổi áp suất khi biết lưu lượng cung cấp $Q_I$ trong mạch RL C thủy lực

Thay (3.8) và (3.11) vào (3.5) ta được :

$$P(t) = Q_I \cdot R_L + P_0 \cdot e^{-\frac{1}{R_L \cdot C} \cdot t} \quad (3.12)$$

Ta biết tại thời điểm  $t = 0$  van bắt đầu đóng thì  $P(0) = 0$  nên :

$$P(0) = Q_I \cdot R_L + P_0 \cdot e^{-0} = 0 \quad (3.13)$$

Vì  $e^{-0} = 1$  nên :  $P_0 = - Q_I \cdot R_L$  (3.14)

Vậy :

$$P(t) = Q_I \cdot R_L \left( 1 - e^{-\frac{1}{R_L \cdot C} \cdot t} \right) \quad (3.15)$$

### C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

#### 1. Xác định quy luật thay đổi áp suất khi biết lưu lượng cung cấp $Q_I$ trong mạch RL C thủy lực

Trường hợp khi van mở hoàn toàn ( $t = 0$ ) mà áp suất  $P(0) \neq 0$  thì

$$P(0) = Q_I R_L + P_0 e^0 \quad (3.16)$$

Suy ra : 
$$P_0 = P(0) - Q_I \cdot R_L \quad (3.17)$$

Thay (3.17) vào (3.12) ta có : 
$$P(t) = Q_I \cdot R_L + [ P(0) - Q_I \cdot R_L ] \cdot e^{-\frac{1}{R_L \cdot C} \cdot t} \quad (3.18)$$

hay : 
$$P(t) = P_S + [ P(0) - P_S ] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3.19)$$

trong đó : 
$$\tau = R_L \cdot C \quad (3.20)$$

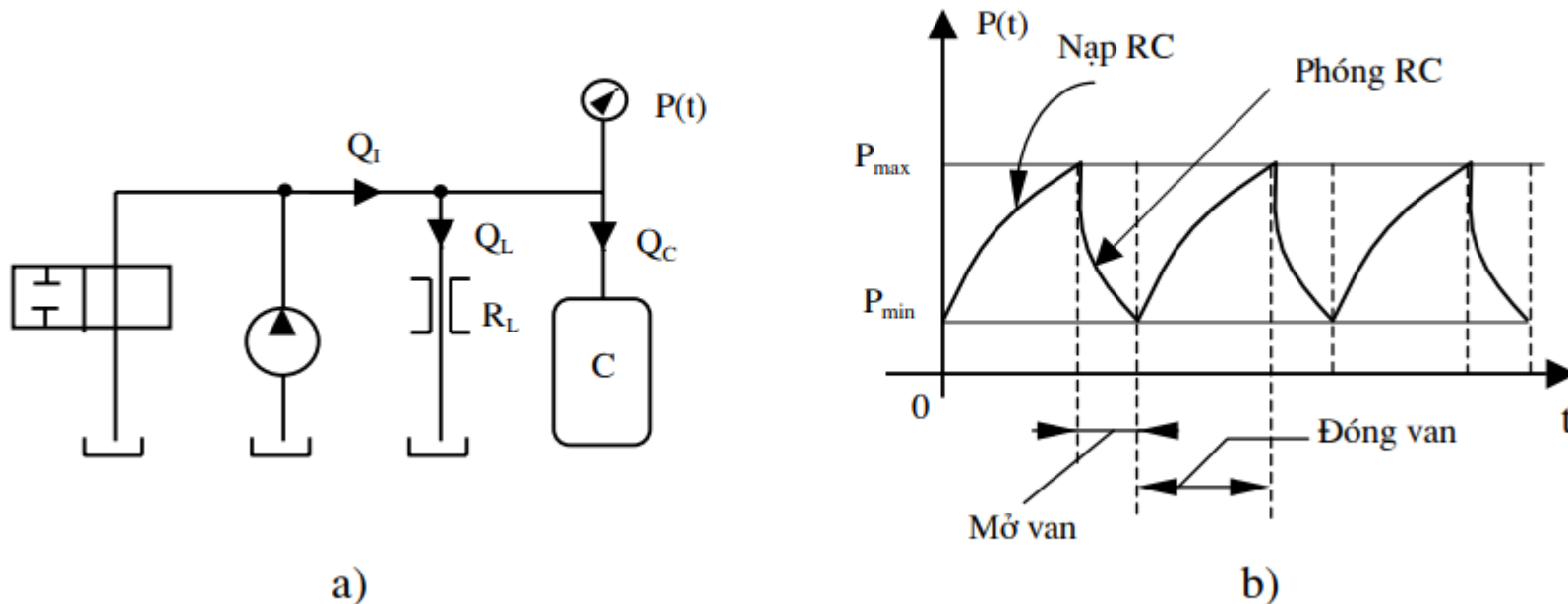
$\tau$  gọi là hằng số thời gian của đặc tính áp suất.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 2. Quá trình phóng và nạp dầu trong mạch RC thủy lực

Hãy nghiên cứu sơ đồ hình 3.4, trên đó có bơm dầu, van trượt hai vị trí, bộ tạo tổn thất lưu lượng  $R_L$  và một bình chứa dầu tạo khả năng tích lũy đàn hồi của dầu  $C$ .

Khi đóng van dầu được nạp vào bình chứa  $C$ , đặc tính của áp suất tăng theo quy luật hàm mũ như đã giới thiệu ở mục 3.2.

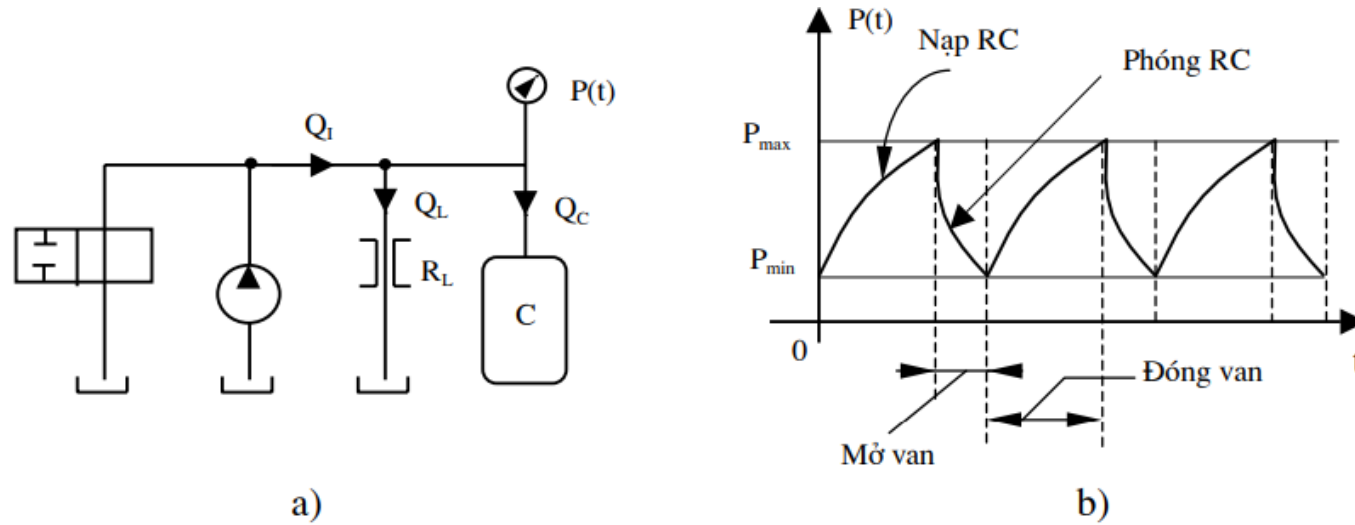


Hình 3.4. Mô hình nghiên cứu quá trình phóng và nạp dầu (RC)

a- Mô hình mạch RC thủy lực; b- Đặc tính về phóng và nạp RC thủy lực.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 2. Quá trình phóng và nạp dầu trong mạch RC thủy lực



Khi mở van, dầu từ bơm hoàn toàn quay về bể dầu đồng thời dầu đã tích lũy trong bình C được xả ( phóng ). Khi phóng RC áp suất cũng giảm dần theo quy luật hàm mũ

Chu kỳ phóng và nạp RC thủy lực phụ thuộc vào thời gian đóng mở van. Thời gian càng ngắn thì  $P_{\max}$  giảm và  $P_{\min}$  tăng. Đặc tính phóng nạp được giới thiệu ở hình 3.4b.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

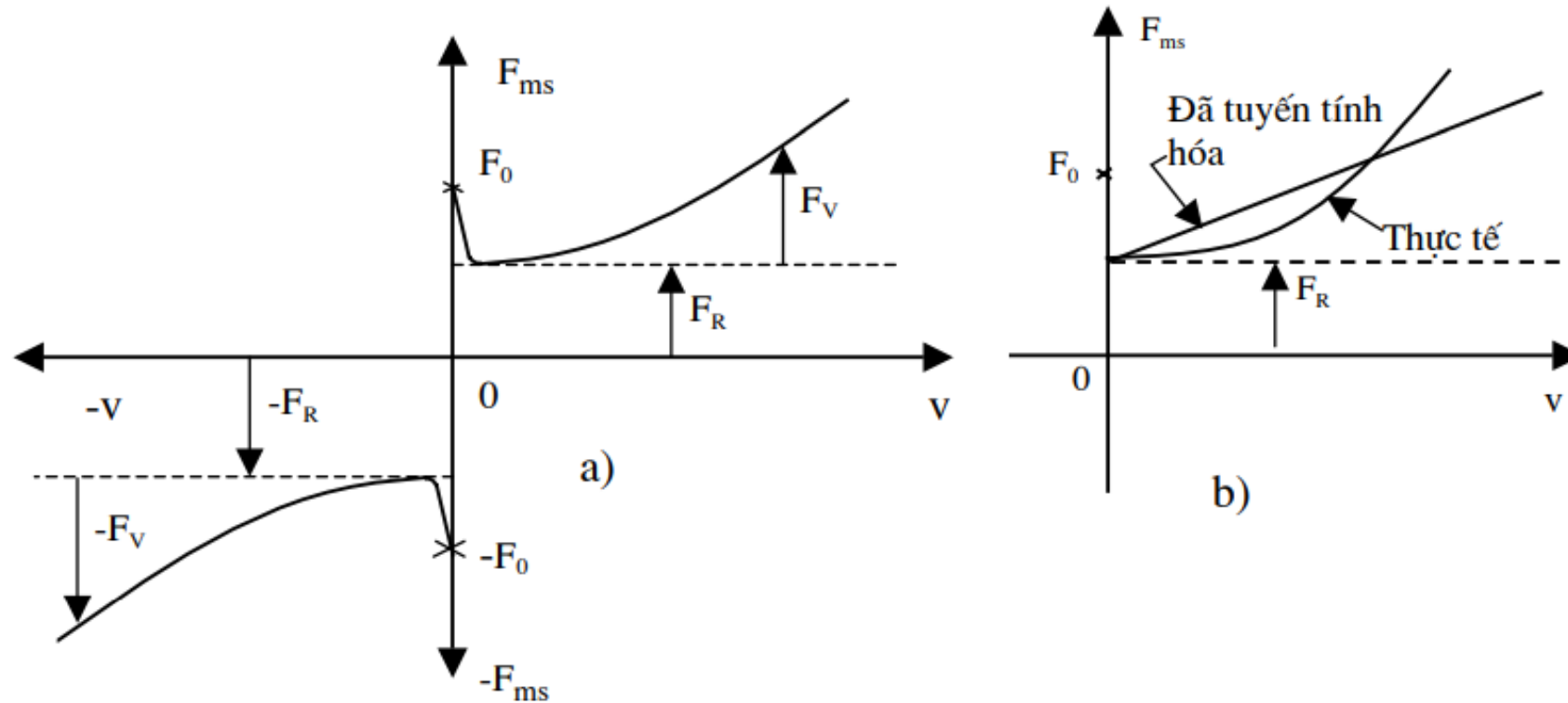
### 3. Quá trình ma sát

Ma sát là một hiện tượng tự nhiên phức tạp, có thể có lợi hoặc hại tùy thuộc vào mục đích sử dụng của thiết bị. Đối với những hệ có dao động ngoài mong muốn thì chính nhờ ma sát sẽ cản trở hoặc hạn chế được dao động đó.

Lực ma sát quan hệ đến vận tốc chuyển động tuân theo đặc tính hình 3.5a. Trong đó giá trị  $F_0$  là lực ma sát cần thiết để vật thoát khỏi trạng thái tĩnh do hiện tượng trượt dính và  $F_v$  là ma sát nhớt khi vật chuyển động với vận tốc  $v$ . Giá trị  $F_v$  sẽ liên quan đến hiện tượng tắt dần dao động trong các dao động.  $F_R$  là lực ma sát có giá trị không đổi.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 3. Quá trình ma sát



Hình 3.5. Đồ thị quan hệ giữa lực ma sát và vận tốc chuyển động

a- Đồ thị quan hệ  $F_{ms} - v$  thực tế; b- Đồ thị về tuyến tính hoá quan hệ  $F_{ms} - v$ .



## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 3. Quá trình ma sát

Thực tế vận tốc để lực dính kết  $F_0$  giảm xuống  $F_R$  rất nhỏ ( $\approx 0$ ) nên có thể coi  $F_V$  xuất hiện tại  $v \approx 0$ .

Các thành phần lực trên được xác định như sau :

$$F_0 = \mu_0 \cdot F_N \quad (3.21)$$

$$F_R = \mu_R \cdot F_N \quad (3.22)$$

trong đó :  $F_N$  - lực pháp tuyến trên bề mặt trượt;

$\mu_0, \mu_R$  - các hệ số ma sát nhớt liên quan đến sự dính kết và trượt của các cặp ma sát.

Nếu đường cong ma sát nhớt  $F_V$  chia ra thành từng đoạn nhỏ tuyến tính thì ta có công thức :

$$F_V = f_1 \cdot v^{(1)} + f_2 \cdot v^{(2)} + f_3 \cdot v^{(3)} + \dots + f_n \cdot v^{(n)} \quad (3.23)$$

trong đó  $f_i$  và  $v^{(i)}$  là hệ số ma sát nhớt và vận tốc tương ứng với các đoạn chia nhỏ ở trên đường cong.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 3. Quá trình ma sát

Để đơn giản cho quá trình tính toán, thực tế có thể tuyến tính hoá đường cong thực  $F_v$ , tuy nhiên sai số tuyến tính nhỏ và nằm trong phạm vi cho phép ứng dụng của kỹ thuật (hình 3.5b).

Lực ma sát nhớt  $F_v$  viết lại là :

$$F_v = f_v \cdot v \quad (3.24)$$

trong đó :  $v$  - vận tốc chuyển động;  $f_v$  - hệ số ma sát nhớt.

Thực tế  $F_R$  rất nhỏ, có thể bỏ qua,  $F_0$  là lực liên kết khi vật chưa chuyển động. Nên trong quá trình thiết lập các phương trình lực thì lực ma sát được tính theo công thức (3.24).

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 3. Quá trình ma sát

Cũng phân tích tương tự như trên đối với hệ chuyển động quay mômen ma sát được xác định theo công thức :

$$M_{\Omega} = f_{\Omega} \cdot \Omega \quad (3.25)$$

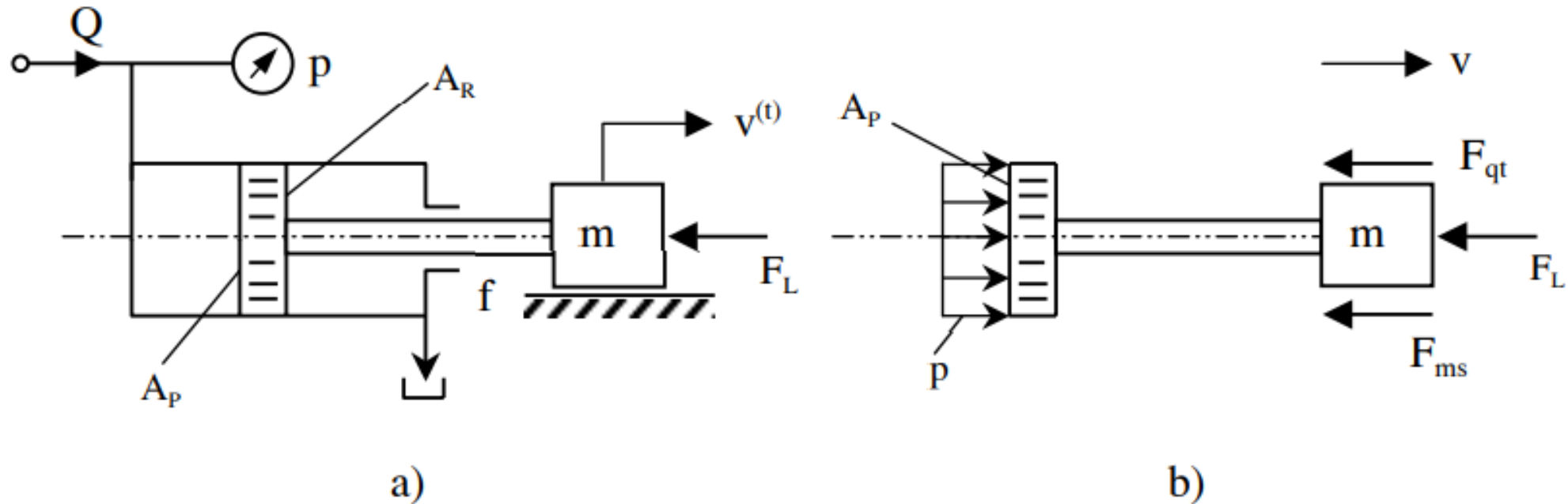
trong đó :  $M_{\Omega}$  - mômen do ma sát nhớt gây ra;

$f_{\Omega}$  - hệ số ma sát nhớt ( $f_{\Omega} \neq f_v$ );

$\Omega$  - vận tốc góc của hệ ma sát chuyển động quay.

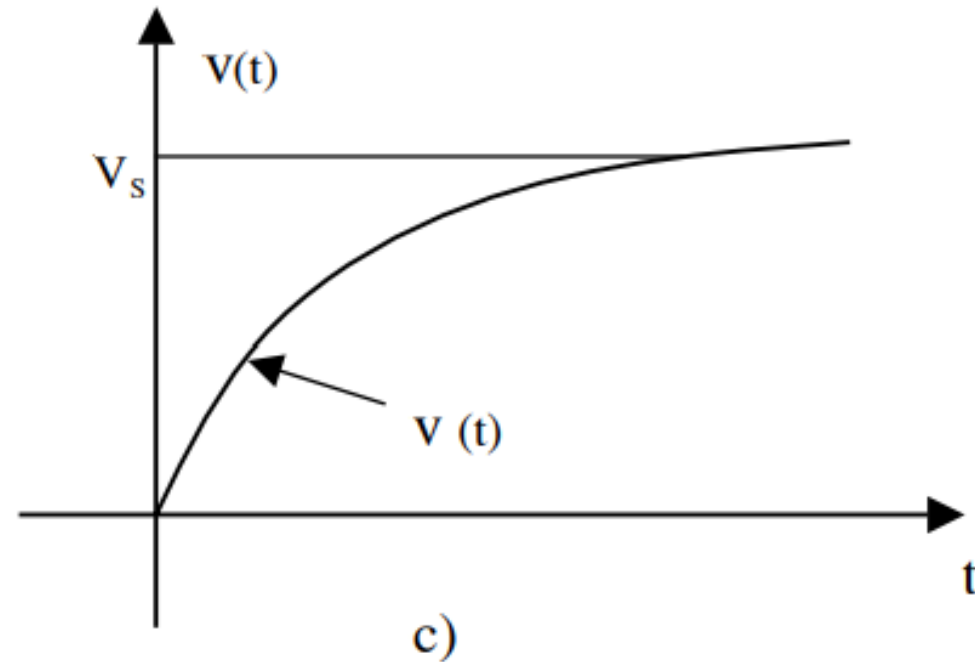
### C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

#### 4. Vận tốc chuyển động của pittông khi tính đến ma sát nhớt



## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 4. Vận tốc chuyển động của pittông khi tính đến ma sát nhớt



Hình 3.6. Mô hình tính toán vận tốc chuyển động của pittông  
a- Sơ đồ nguyên lý; b- Sơ đồ phân tích lực; c - Đồ thị vận tốc  $v(t)$ .

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 4. Vận tốc chuyển động của pittông khi tính đến ma sát nhớt

Khi pittông của xylanh thủy lực mang khối lượng  $m$  chuyển động với vận tốc  $v(t)$  (hình 3.6a) thì phương trình cân bằng lực được xây dựng trên cơ sở của sơ đồ phân tích

lực (hình 3.6b) như sau :

$$P.A_P - F_{ms} - F_L = m \frac{dv}{dt} \quad (3.26)$$

$$F_{ms} = f.v \quad \text{là lực ma sát nhớt.}$$

Nếu vận tốc chuyển động của pittông  $v(t)$  biến đổi theo quy luật hàm mũ (hình 3.6c) và xác định theo công thức :

$$v(t) = v_S + v_0.e^{s.t} \quad (3.27)$$

thì (3.26) được viết lại bằng cách thay (3.27) vào (3.26) :

$$P.A_P - f.v_S - f.v_0.e^{s.t} - F_L = m.s.e^{s.t}.v_0 \quad (3.28)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 4. Vận tốc chuyển động của pittông khi tính đến ma sát nhớt

Tách (3.28) thành hai phương trình độc lập theo tính chất của phương trình vi phân tuyến tính :

$$P.A_P - F_L - f.v_S = 0 \quad (3.29)$$

và 
$$f.v_0.e^{S.t} = -s.m.e^{S.t}.v_0 \quad (3.30)$$

Suy ra : 
$$v_S = \frac{P.A_P - F_L}{f} \quad (3.31)$$

Công thức (3.30) có  $e^{S.t} \neq 0$  nên :  $f + s.m = 0$  hay  $s = -\frac{f}{m}$  (3.32)

Tại thời điểm  $t = 0$  thì  $v_{(0)} = v_S + v_0.s^0$  hay  $v_0 = v(0) - v_S$  (3.33)

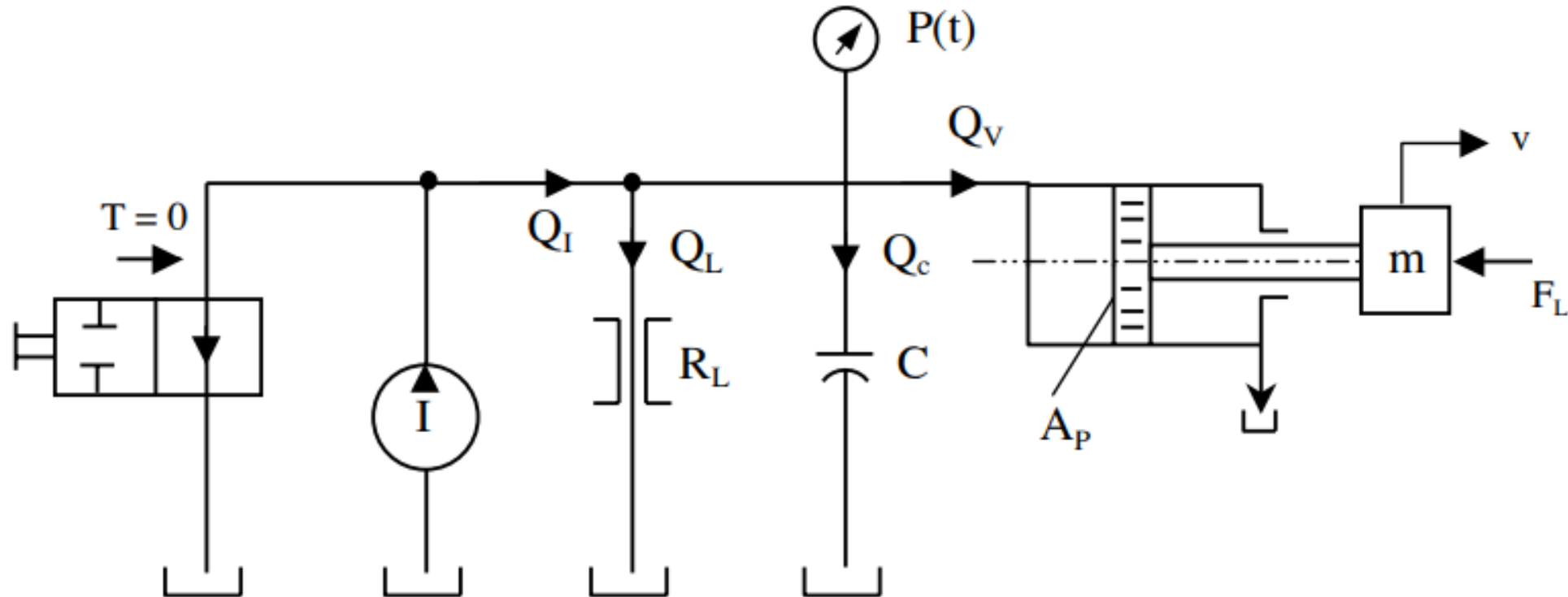
Lúc này : 
$$v(t) = v_S + (v_{(0)} - v_S). e^{\left(-\frac{f}{m}t\right)} \quad (3.34)$$

hoặc : 
$$v(t) = v_S + [v_{(0)} - v_S] e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3.35)$$

với  $\tau = \frac{m}{s}$  ,  $\tau$  gọi là hằng số thời gian của đặc tính vận tốc.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

**5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến**  
**Khi xét đến các yếu tố là khối lượng chuyển động, độ đàn hồi của dầu và tổn thất lưu lượng (bỏ qua ma sát nhớt)**





## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến Khi xét đến các yếu tố là khối lượng chuyển động, độ đàn hồi của dầu và tổn thất lưu lượng (bỏ qua ma sát nhớt)

Như đã giới thiệu ở mục 3.1 và 3.2,  $R_L$  thể hiện sức cản chống lại khả năng rò dầu trong hệ thủy lực. Năng lượng  $P \cdot Q_L$  qua  $R_L$  biến thành nhiệt năng. Cùng với ma sát  $F_{ms}$   $R_L$  sẽ làm cản trở dao động của quá trình quá độ. Nếu ma sát lớn, tổn thất lưu lượng lớn thì thời gian đáp ứng sẽ nhanh. Như vậy trong một số trường hợp đây lại là yếu tố có lợi.

Mục này nghiên cứu sơ đồ thủy lực ở hình 3.7a, trong đó các ký hiệu về phân tử và thông số của hệ giống như đã ký hiệu ở các phần trước.

Phương trình cân bằng lưu lượng :

$$Q_I = Q_L + Q_C + Q_V = \frac{P}{R_L} + C \cdot \frac{dp}{dt} + v \cdot A_p \quad (3.36)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

**5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến**  
**Khi xét đến các yếu tố là khối lượng chuyển động, độ đàn hồi của dầu và tổn thất lưu lượng (bỏ qua ma sát nhớt)**

Phương trình cân bằng lực :

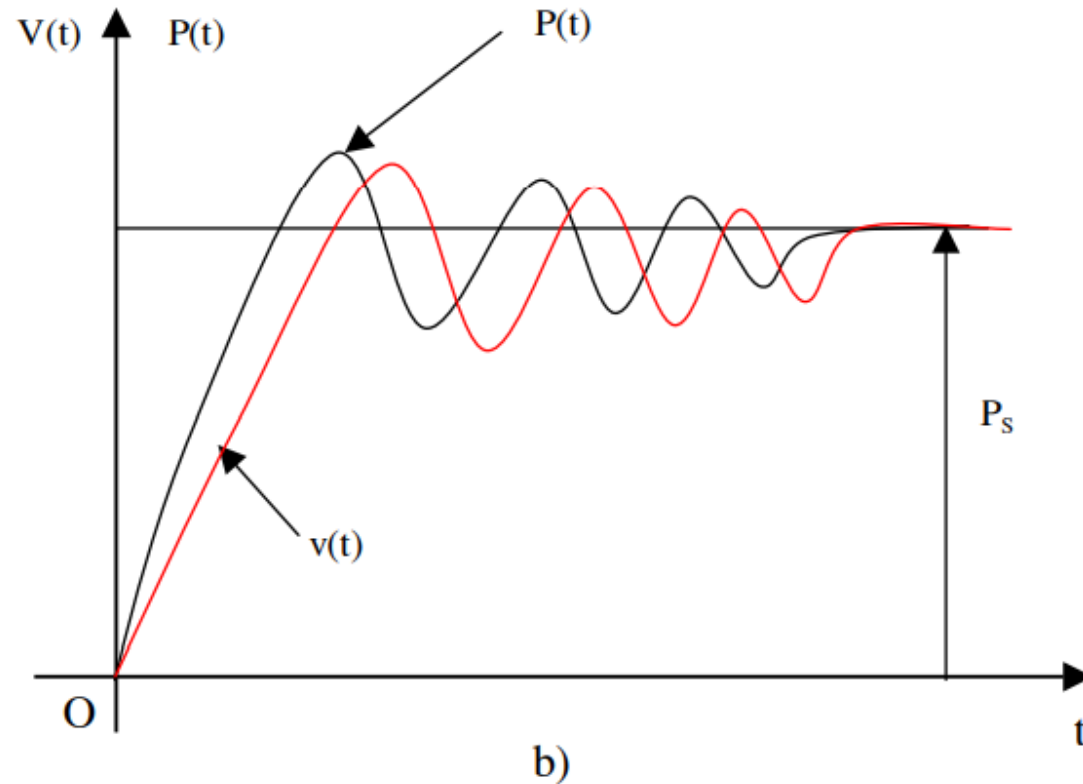
$$P \cdot A_p - F_L = ma = m \frac{dv}{dt} \quad (3.37)$$

hay :

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{P \cdot A_p}{m} - \frac{F_L}{m} \quad (3.38)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến



Hình 3.7. Mô hình khảo sát đặc tính  $P(t)$  khi bỏ qua ma sát nhớt  
a- Sơ đồ nguyên lý; b- Đặc tính  $P(t)$  và  $v(t)$ .

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến

Tích phân hai vế phương trình (3.38) là :

$$\int_0^t a dt = \int_0^t \frac{dv}{dt} .dt = v = \frac{A_P}{m} \int_0^t P dt - \frac{1}{m} \int_0^t F_L dt$$

Thay (3.39) vào (3.36) ta được :

$$Q_1 = \frac{P}{R_L} + C. \frac{dP}{dt} + \frac{A_P^2}{m} \int_0^t P .dt - \frac{A_P}{m} \int_0^t F_L dt$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến

Do  $Q_I$  là hằng số nên  $\frac{dQ_I}{dt} = 0$  :

$$\frac{dQ_I}{dt} = \frac{1}{R_L} \frac{dP}{dt} + C \cdot \frac{d^2P}{dt^2} + \frac{A_P^2}{m} \cdot P - \frac{A_P}{m} \cdot F_L = 0 \quad (3.41)$$

Mặt khác  $P(t) = P_S + P_0 \cdot e^{S \cdot t}$  nên :

$$\frac{dP}{dt} = S \cdot e^{S \cdot t} \cdot P_0 \quad \text{và} \quad \frac{d^2P}{dt^2} = S^2 \cdot e^{S \cdot t} \cdot P_0 \quad (3.42)$$

Thay (3.42) vào (3.41) :

$$S \cdot \frac{P_0}{R_L} \cdot e^{S \cdot t} + S^2 \cdot C \cdot P_0 \cdot e^{S \cdot t} + \frac{A_P^2}{m} \cdot P_S + \frac{A_P^2}{m} \cdot P_0 \cdot e^{S \cdot t} - \frac{A_P}{m} \cdot F_L = 0 \quad (3.43)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến

Theo tính chất của phương trình vi phân tuyến tính thì (3.43) có thể tách ra thành hai phương trình sau :

$$\frac{A_P^2}{m} \cdot P_S - \frac{A_P}{m} \cdot F_L = 0 \quad (3.44) \quad \text{và} \quad \left[ \frac{S}{R_L} + S^2 \cdot C + \frac{A_P^2}{m} \right] \cdot P_0 \cdot e^{St} = 0 \quad (3.45)$$

Từ (3.44) ta rút ra được áp suất ở trạng thái ổn định là :

$$P_S = \frac{F_L}{A_P} \quad (3.46)$$

Công thức (3.45) có  $P_0 \neq 0$  và  $e^{St} \neq 0$  nên

$$\frac{S}{R_L} + S^2 \cdot C + \frac{A_P^2}{m} = 0$$

hay :

$$S^2 + \frac{1}{R_L \cdot C} \cdot S + \frac{A_P^2}{m \cdot C} = 0 \quad (3.47)$$

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến

Phương trình (3.47) là phương trình bậc hai của  $S$  nên nghiệm của nó là :

$$S = -\frac{1}{2.R_L.C} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{R_L^2.C^2} - \frac{4A_P^2}{m.C}} \quad (3.48)$$

và có ba khả năng sau đây có thể xảy ra :

**1. Khả năng thứ nhất** : Đại lượng  $S$  có hai nghiệm thực không trùng nhau khi

$$\frac{1}{R_L^2.C^2} > \frac{4A_P^2}{m.C} \quad (3.49)$$

và nếu đặt  $S_1 = -\frac{1}{\tau_1}$  và  $S_2 = -\frac{1}{\tau_2}$  là :

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến

$$\frac{1}{\tau_1} = -\frac{1}{2.R_L.C} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{R_L^2.C^2} - \frac{4A_P^2}{m.C}} \quad (3.50)$$

$$\frac{1}{\tau_2} = -\frac{1}{2.R_L.C} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{R_L^2.C^2} - \frac{4A_P^2}{m.C}} \quad (3.51)$$

Thay  $S_1$  và  $S_2$  vào  $P(t) = P_S + P_0.e^{S.t}$  ta được

$$P(t) = P_S + P_{01}.e^{-t/\tau_1} + P_{02}.e^{-t/\tau_2} \quad (3.52)$$

$P_{01}$  và  $P_{02}$  xác định theo điều kiện đầu.



## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến

2. *Khả năng thứ hai* : S có hai nghiệm kép là :

$$S_1 = S_2 = -\frac{1}{\tau} = \frac{1}{2R_L \cdot C} \quad (3.53)$$

nên : 
$$P(t) = P_S + (P_{01} + P_{02}) \cdot e^{-t/\tau} \quad (3.54)$$

Đây là trường hợp áp suất tắt dần tới hạn, điều này không phù hợp với thực tế.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến

**3. Khả năng thứ ba** : S có hai nghiệm phức, phần thực bằng nhau, phần ảo bằng nhau về độ lớn và ngược nhau về dấu.

$$S_1 = -\alpha + j\beta \quad (3.55)$$

$$S_2 = -\alpha - j\beta$$

với 
$$\alpha = \frac{1}{2.R_L.C}, \quad \beta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4.A_P^2}{m.C} - \frac{1}{R_L^2.C^2}}, \quad \left( \frac{1}{R_L^2.C^2} < \frac{4.A_P^2}{m.C} \right) \quad (3.56)$$

Áp suất P(t) được xác định theo công thức sau :

$$P(t) = P_S + P_{01}.e^{-\alpha t}.e^{j\beta t} + P_{02}.e^{-\alpha t}.e^{-j\beta t} \quad (3.57)$$

Khi có nghiệm phức hệ sẽ dao động tắt dần. Đây là trường hợp thường gặp trong thực tế.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến

Theo lý thuyết của Euler thì các hàm mũ phức có thể chuyển sang hàm sin hoặc cos như sau :

$$P(t) = P_s + A.e^{-\alpha t} . \cos \beta t + B.e^{-\alpha t} . \sin \beta t \quad (3.58)$$

hay :

$$P(t) = P_s + \sqrt{A^2 + B^2} . e^{-\alpha t} . \cos(\beta t + \Phi) \quad (3.59)$$

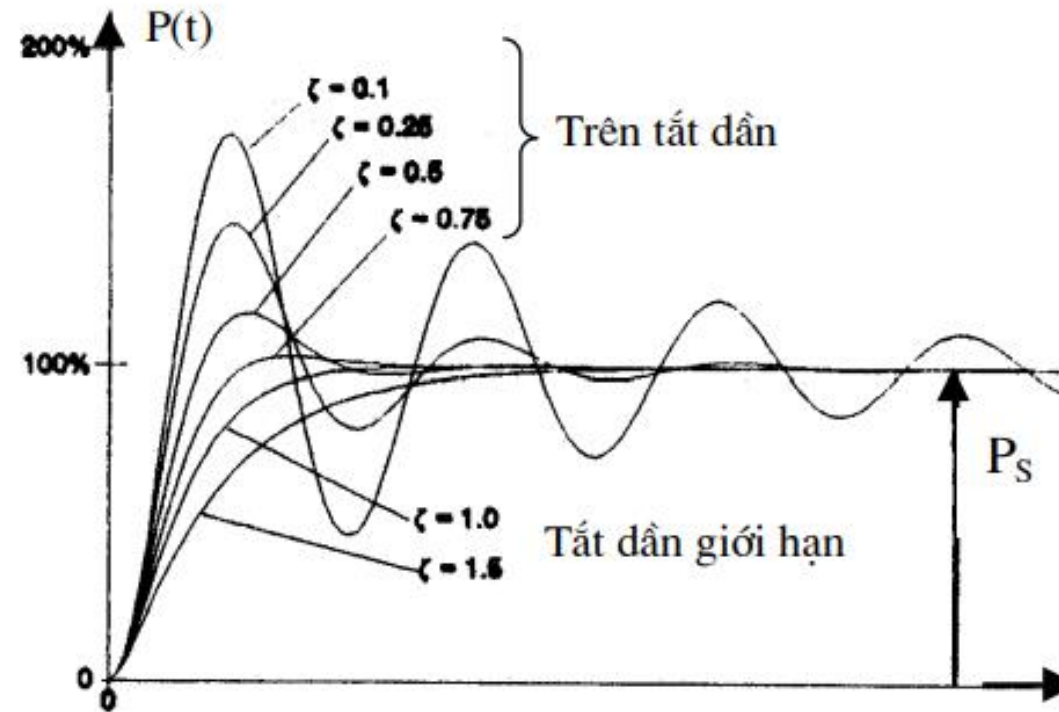
với :

$$\Phi = \operatorname{arctg} \frac{B}{A} ; \quad \left( \Phi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{B}{A} \right)$$

Hình 3.8 trình bày đặc tính  $P(t)$  dao động tắt dần, trên tắt dần và tắt dần tới hạn.

## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

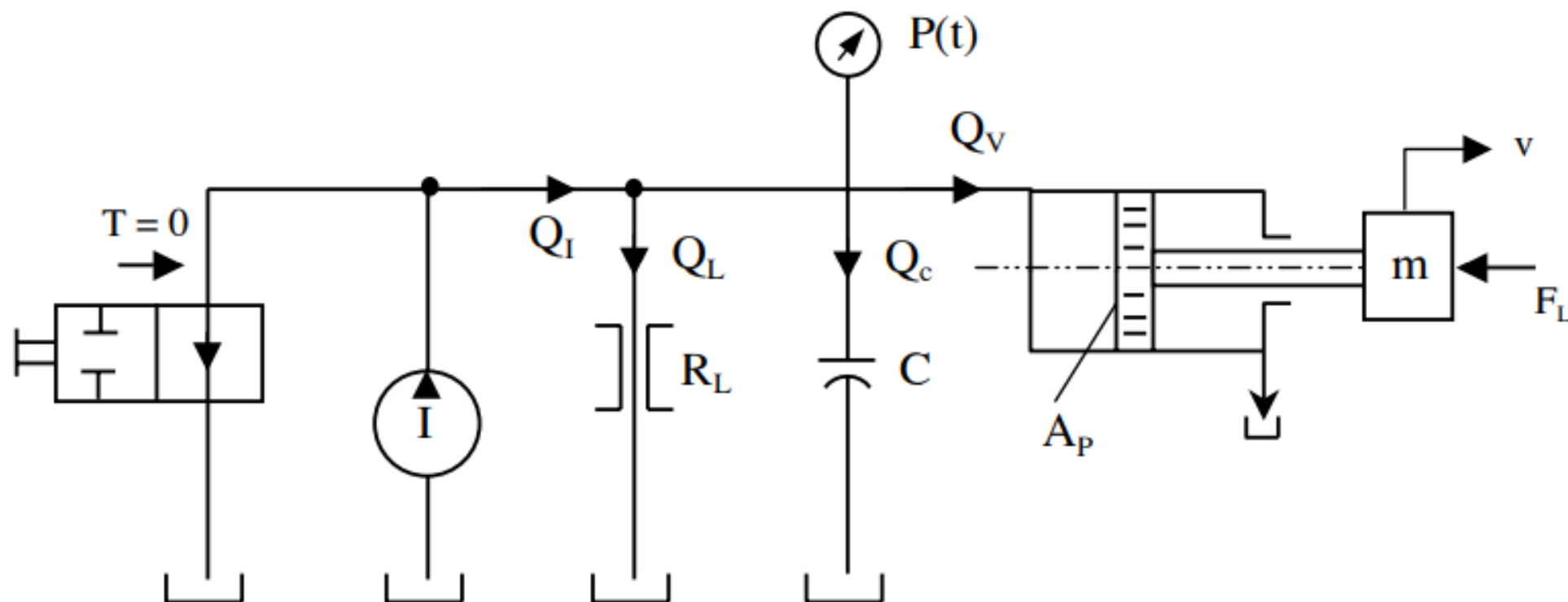
### 5. Đặc tính áp suất của hệ truyền động thủy lực chuyển động tịnh tiến



Hình 3.8. Đặc tính áp suất  $P(t)$  của hệ thủy lực ở hình 4.7a

### C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

6. Khi xét đến các yếu tố là khối lượng chuyển động, độ đàn hồi của dầu, tổn thất lưu lượng và ma sát nhớt



### C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

#### 6. Khi xét đến các yếu tố là khối lượng chuyển động, độ đàn hồi của dầu, tổn thất lưu lượng và ma sát nhớt

Phương trình cân bằng lưu lượng và phương trình cân bằng lực là :

$$Q_I = \frac{P}{R_L} + C \cdot \frac{dp}{dt} + v \cdot A_P \quad (3.60)$$

$$P \cdot A_P - f \cdot v - F_L = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad (3.61)$$

trong đó :  $f \cdot v = F_{ms}$  là lực ma sát nhớt;

$f$  là hệ số ma sát nhớt.

Lấy đạo hàm  $\frac{dQ_I}{dt} = 0$  của phương trình (3.60) :

$$\frac{1}{R_L} \cdot \frac{dp}{dt} + C \cdot \frac{d^2p}{dt^2} + A_P \cdot \frac{dv}{dt} = 0 \quad (3.62)$$

Suy ra :

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{R_L \cdot A_P} \cdot \frac{dp}{dt} - \frac{C}{A_P} \cdot \frac{d^2p}{dt^2} \quad (3.63)$$

### C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

6. Khi xét đến các yếu tố là khối lượng chuyển động, độ đàn hồi của dầu, tổn thất lưu lượng và ma sát nhớt

Thay (3.63) và (3.60) vào công thức (3.61) ta có :

$$P.A_P - f \left( \frac{Q_I}{A_P} - \frac{P}{R_L.A_P} - \frac{C}{A_P} \cdot \frac{dp}{dt} \right) - F_L = m \cdot \left( -\frac{1}{R_L.A_P} \cdot \frac{dp}{dt} - \frac{C}{A_P} \cdot \frac{d^2p}{dt^2} \right) \quad (3.64)$$

Biến đổi (3.64) như sau :

$$\frac{m.C}{A_P} \cdot \frac{d^2p}{dt^2} + \left( \frac{C.f}{A_P} + \frac{m}{R_L.A_P} \right) \cdot \frac{dp}{dt} + \left( \frac{f}{R_L.A_P} + A_P \right) \cdot p = F_L + \frac{f.Q_I}{A_P} \quad (3.65)$$

$$\text{hay : } \frac{d^2p}{dt^2} + \left( \frac{f}{m} + \frac{1}{R_L.C} \right) \cdot \frac{dp}{dt} + \left( \frac{f}{m.R_L.C} + \frac{A_P^2}{m.C} \right) \cdot p = \frac{F_L.A_P}{m.C} + \frac{f.Q_I}{m.C} \quad (3.66)$$

### C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

#### 6. Khi xét đến các yếu tố là khối lượng chuyển động, độ đàn hồi của dầu, tổn thất lưu lượng và ma sát nhớt

Tương tự như mục 3.4.1 lấy đạo hàm bậc nhất và bậc hai của  $P(t) = P_S + P_0.e^{S.t}$  thay vào (3.66), sau đó thiết lập hai phương trình độc lập có các số hạng không đổi cân bằng nhau và các số hạng thay đổi theo thời gian cân bằng nhau, kết quả ta có :

$$P_S = \frac{f.Q_I + F_L.A_P}{\frac{f}{R_L} + A_P^2} \quad (3.67)$$

và :

$$S^2 + \left( \frac{f}{m} + \frac{1}{R_L.C} \right).S + \left( \frac{f}{m.R_L.C} + \frac{A_P^2}{m.C} \right) = 0 \quad (3.68)$$



## C3. ĐỘNG LỰC HỌC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC

### 7. Kết luận

Các hệ số của phương trình (3.68) đồng thời tồn tại các yếu tố như  $m$ ,  $A_p$ ,  $C$ ,  $R_L$  và  $f$ . Đây là bài toán tổng hợp đồng thời xét đến cả ba yếu tố là độ đàn hồi của dầu, sự rò rỉ dầu và tổn thất năng lượng do ma sát nhớt. Tùy theo mức độ ảnh hưởng của các yếu tố trong từng bài toán cụ thể mà có thể bỏ qua yếu tố này hoặc yếu tố khác.

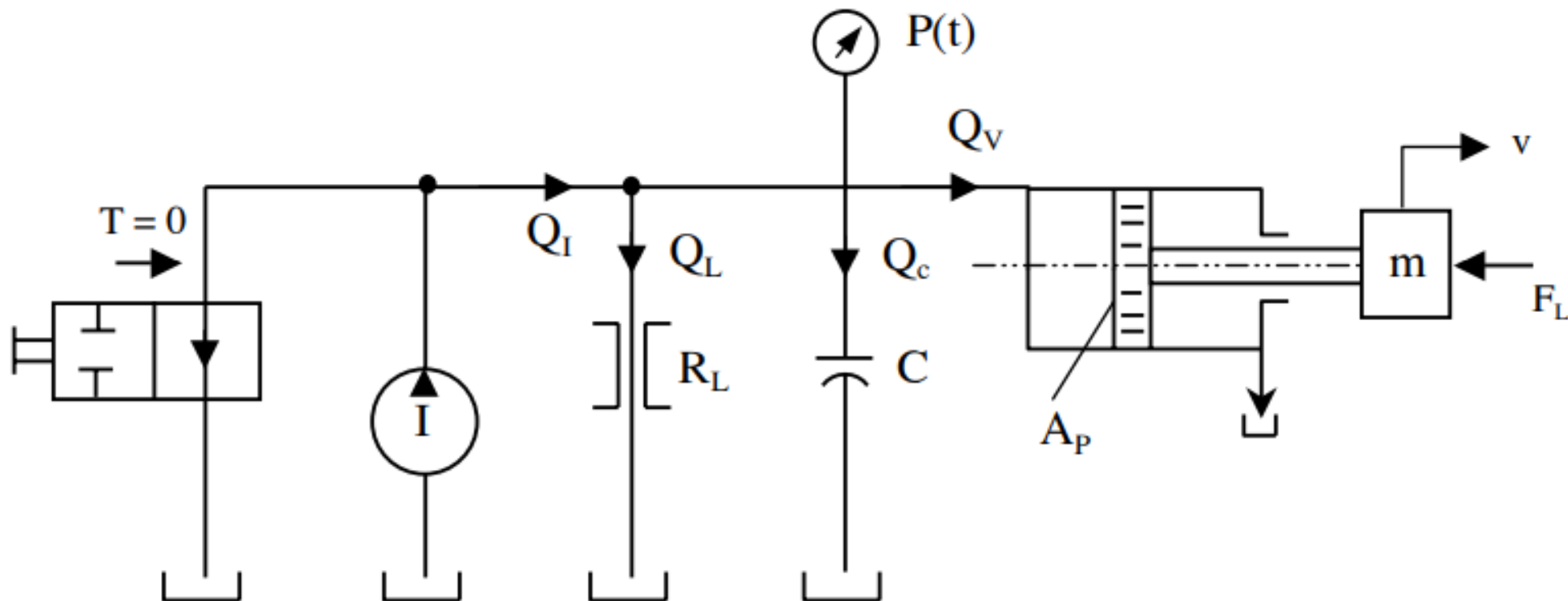
Lập luận để giải bài toán (3.68) tương tự như đã giới thiệu ở mục 3.4.1.

Nếu bỏ yếu tố ma sát ( $f$ ) ở công thức (3.67) và (3.68) thì sẽ giống công thức (3.66) và (3.67).

Công thức xác định  $P_s$  ở trạng thái ổn định rút ra từ bài toán tổng quát (3.46) và (3.67) hoàn toàn tương tự như khi thiết lập phương trình cân bằng lực của pittông ở trạng thái cân bằng tĩnh.

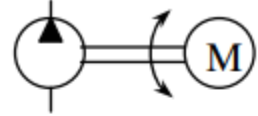
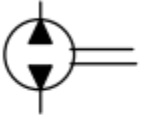
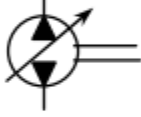
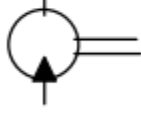
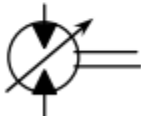

## ÔN TẬP

**Câu 2: Có các thông số  $m=10\text{kg}$ ,  $C=200\text{N/m}$ ,  $A_p=0,1\text{m}^2$ ,  $R_L = 10$ ,  $f = 5\text{N}\cdot\text{s/m}$ .  
 $Q_I = 2\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $F_I=1000\text{N}$ . Khảo sát quá trình quá độ của áp suất  $P(t)$**




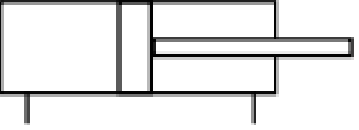
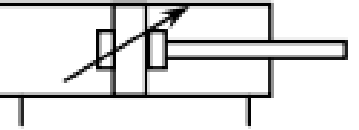
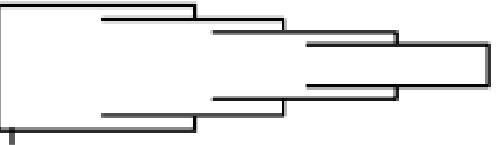
## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 1. Ký hiệu mạch thủy lực

<b>Bơm và động cơ thủy lực</b>		
Bơm có thể tích làm việc không đổi	Thể tích làm việc không đổi Cung cấp một chiều Truyền lực từ động cơ điện	
Bơm có thể tích làm việc không đổi	Thể tích làm việc không đổi Cung cấp hai chiều	
Bơm điều chỉnh được	Thể tích làm việc có thể thay đổi được Cung cấp hai chiều	
Động cơ có thể tích làm việc không đổi	Thể tích làm việc không đổi Quay một chiều	
Động cơ điều chỉnh được	Thể tích làm việc thay đổi được Quay hai chiều	
Truyền động thủy lực liên khối	Bơm và động cơ điều chỉnh được Hai chiều quay và hai chiều cung cấp	

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 1. Ký hiệu mạch thủy lực

<b>Xylanh thủy lực</b>		
Xylanh tác động một phía	Tác động theo một phía Chuyển động trả về nhờ lực ngoài	
Xylanh tác động kép	Tác động cả hai phía	
Xylanh tác động kép có giảm chấn	Giảm chấn cả hai phía và điều chỉnh được	
Xylanh ống lồng	Tác động một phía Tác động trả về nhờ lực ngoài	




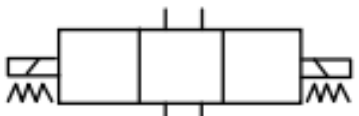


## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 1. Ký hiệu mạch thủy lực

Van phân phối		
Van phân phối 3/2	3 đầu nối 2 vị trí mạch	
Van phân phối 4/3	4 đầu nối 3 vị trí mạch	
Van phân phối 2/2	Chặn dòng Thông dòng	
Van phân phối 4/3	Cho chảy từ P đến T (có thể bơi) P- bơm; T- thùng; A,B- đầu nối làm việc	

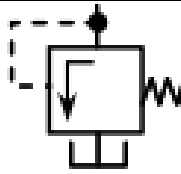
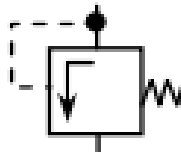
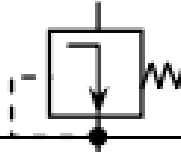
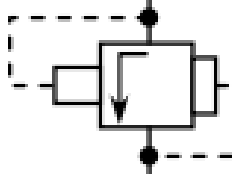
## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 1. Ký hiệu mạch thủy lực

Van phân phối 4/3	Tác động bằng tay	
	Tác động trực tiếp bằng thủy lực	
	Tác động gián tiếp bằng thủy lực nhờ điều khiển trước	
	Tác động điện từ Trả về bằng lò xo	
Van hành trình 4/3	Không tiết lưu 2 vị trí mạch cuối cùng	
	Tiết lưu Nhiều vị trí mạch trung gian bất kỳ	




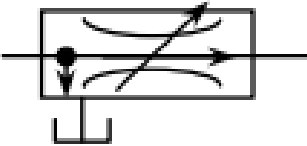
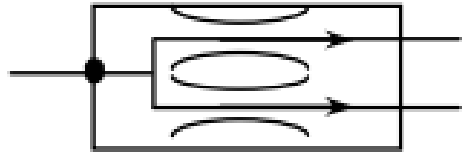
## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 1. Ký hiệu mạch thủy lực

<b>Van áp suất</b>		
Van giới hạn áp suất	Giới hạn áp suất đường dầu vào nhờ lực lò xo; Mở khi áp suất quá lớn	
Van hệ quả	Đóng mạch phụ tải khi áp suất vào đạt được giá trị điều chỉnh theo lò xo	
Van điều chỉnh áp suất	Giữ áp suất đường ra không đổi Đóng nếu áp suất quá lớn	
Van điều chỉnh áp suất tỷ lệ	Giữ tỷ lệ áp suất đường vào và đường ra không đổi	

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 1. Ký hiệu mạch thủy lực






<b>Van chặn, van dòng</b>		
Van chặn đường về	Chặn nếu áp suất ra lớn hơn áp suất vào	
Van tiết lưu	Tiết lưu dòng dầu nhờ làm hẹp mặt cắt dòng chảy	
Van điều chỉnh dòng hai ngã	Giữ dòng dầu ra không đổi nhờ điều chỉnh Trả dầu thừa về thùng qua van tiết lưu	
Van điều chỉnh dòng 3 ngã	Giữ dòng dầu không đổi Dẫn dầu thừa về thùng	
Van chia dòng	Chia dòng theo tỷ lệ xác định không phụ thuộc vào áp suất	



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 1. Ký hiệu mạch thủy lực

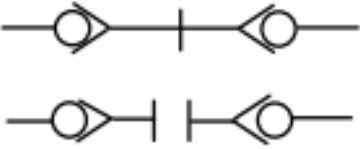




*Bảng 1.10 Ký hiệu đường ống và các bộ phận thủy lực*

Đường làm việc	Ống dẫn dầu để truyền năng lượng	
Đường điều khiển	Đường dầu để truyền năng lượng điều khiển	
Đường lọt dầu	Đường dẫn dầu lọt	
Đường uốn	Đường dầu mềm, thí dụ ống mềm áp suất cao	
Nối ống dẫn	Nối cứng, hàn, tán, ghép ren	

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 1. Ký hiệu mạch thủy lực

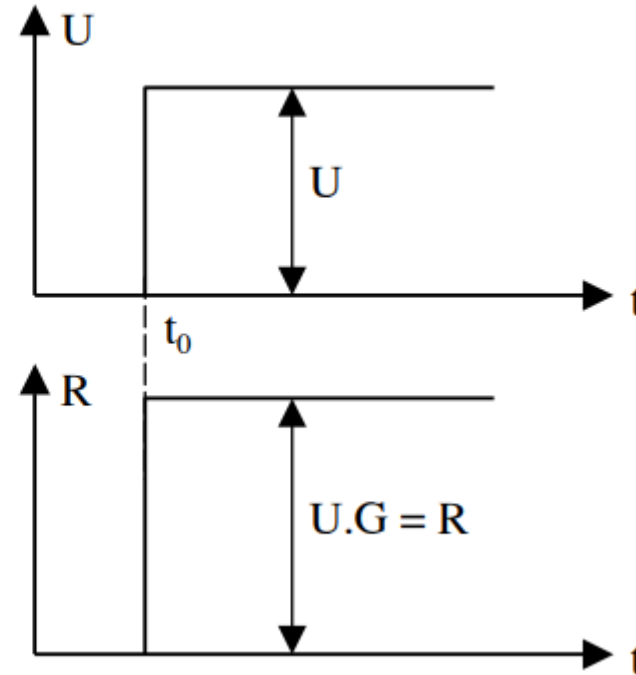
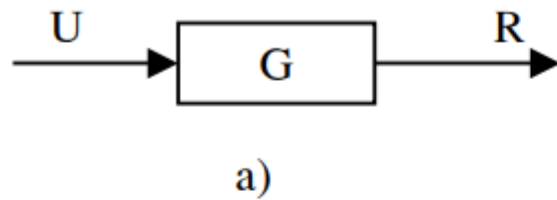
*Bảng 1.10 Ký hiệu đường ống và các bộ phận thủy lực*

Nối nhanh	Nối nhờ van chặn mở cưỡng bức  Mở đóng van chặn	
Thùng dầu		
Tích áp thủy lực	Tích lũy năng lượng thủy lực	
Bình lọc		
Làm mát		

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

Hệ điều khiển hở



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

#### Hệ điều khiển hở

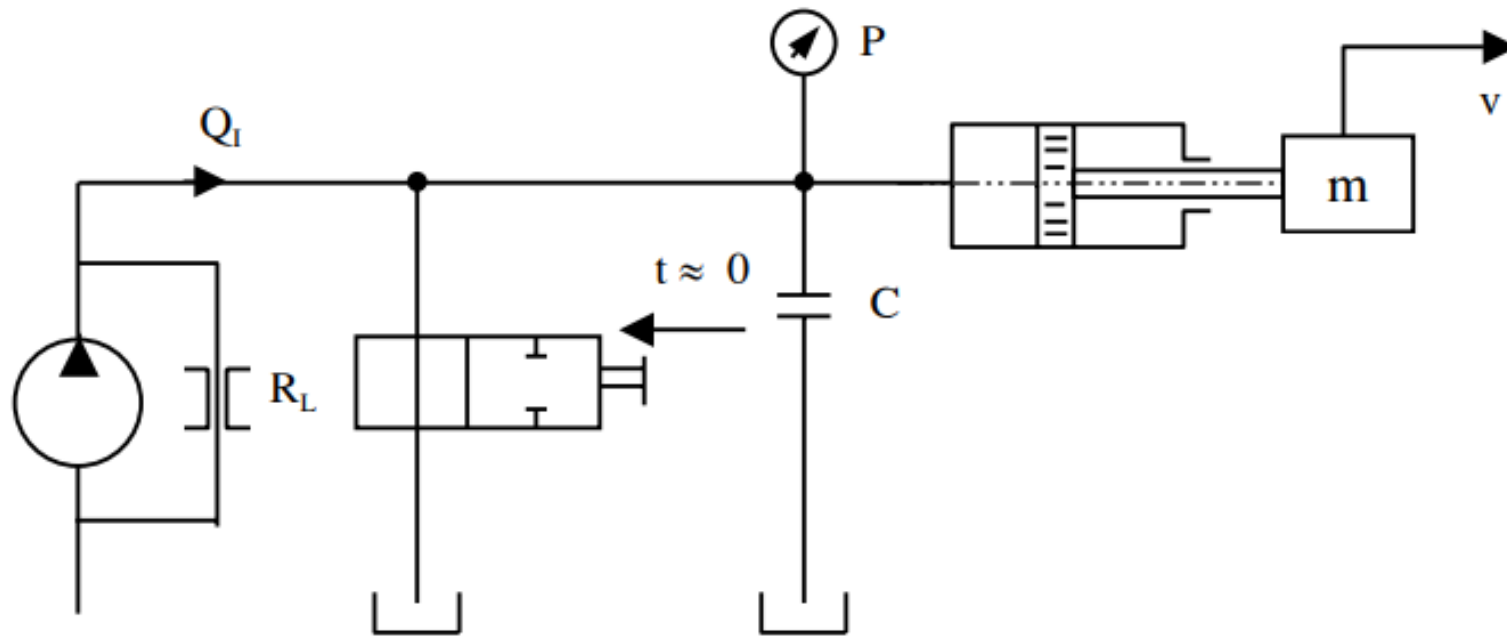
Cho mạch thủy lực như ở hình 4.3a nếu van có khả năng tác động tức thời ( $t \approx 0$ ) tức là ngay lập tức đạt giá trị điều khiển theo đặc tính lý thuyết. Thực tế để đạt được giá trị điều khiển thì hệ cần có thời gian để thực hiện quá trình quá độ, quá trình đó thể hiện ở hình 4.3b.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

#### Hệ điều khiển hở

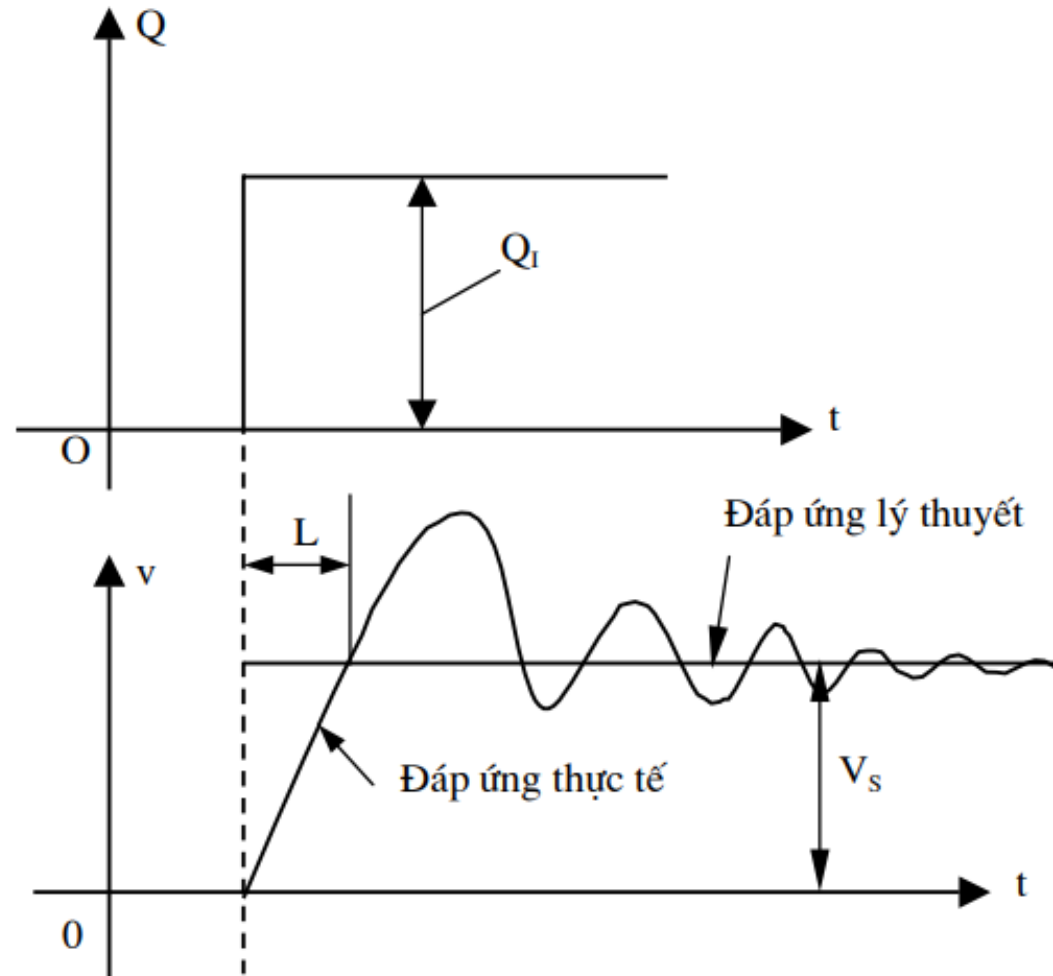
Yếu tố dự trữ năng lượng ở hình 4.3a là khối lượng quán tính  $m$  và dung tích chứa dầu đàn hồi có hệ số tích lũy đàn hồi  $C$ .



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

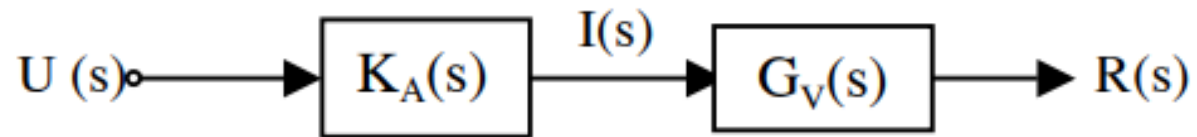
Hệ điều khiển hở



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

Hệ điều khiển hở



*Hình 4.5. Sơ đồ khối mạch điều khiển của van điện, thủy lực*

Trong sơ đồ trên hình 4.5,  $K_A(s)$  là hàm truyền của bộ khuếch đại và  $G_V(s)$  là hàm truyền của van. Nếu bộ khuếch đại có hàm truyền là một khâu khuếch đại  $K_A$  thì đáp ứng  $I(s)$  là tức thời.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

#### Hệ điều khiển hở

Quan hệ giữa các thông số trong mạch điều khiển trên được viết như sau :

$$I(s) = U(s) \cdot K_A \quad (4.1)$$

$$R(s) = I(s) \cdot G_v(s)$$

hoặc :

$$R(s) = K_A \cdot G_v(s) \cdot U(s) \quad (4.2)$$

hàm truyền :

$$G_{AV}(s) = \frac{R(s)}{U(s)} = A \cdot G_v(s) \quad (4.3)$$

Thực tế thời gian đáp ứng của cụm van điện thủy lực cũng rất nhỏ nên khi cần thiết có thể coi  $G_{AV}(s)$  là một khâu khuếch đại, tức  $G_{AV} = K_A \cdot G_v$  là hằng số.



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

#### Hệ điều khiển kín

Như vậy hệ kín có khả năng tự động hiệu chỉnh sai số giữa tín hiệu điều khiển và tín hiệu thực thông qua bộ điều khiển, do vậy hệ kín có độ chính xác và chất lượng điều khiển cao.

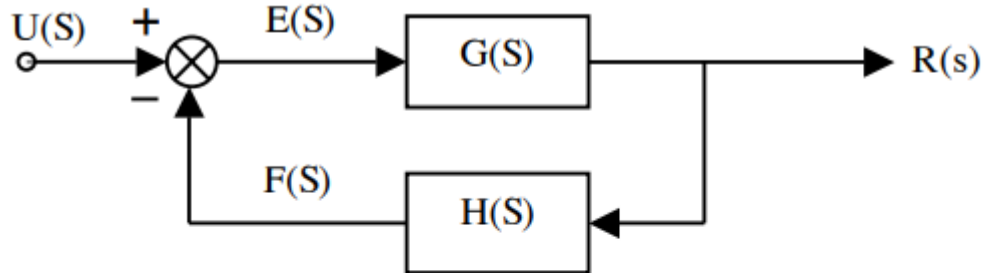
Trong hệ điều khiển tự động thủy lực, các phần tử điều khiển như van, bộ khuếch đại và các cảm biến đóng vai trò quan trọng.

Hiện nay do chất lượng chế tạo các loại cảm biến cao có khả năng truyền tín hiệu rất nhạy và chính xác, nên thông thường khi nghiên cứu các mạch điều khiển hệ kín người ta giả thiết cảm biến là một khâu khuếch đại. Hệ số khuếch đại của cảm biến thường ký hiệu là  $K_c$  hoặc  $H$ .

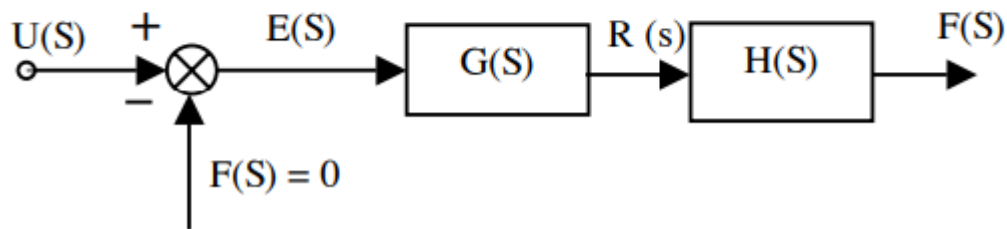
## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

#### Hệ điều khiển kín



a)



b)

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

#### Hệ điều khiển kín

Trong sơ đồ khối tổng quát ở hình 4.8, các tín hiệu và hàm truyền thay đổi theo thời gian được biểu diễn dưới biến Laplace  $S$  và ta có các quan hệ sau :

$$F(s) = R(s). H(s); \quad E(s) = U(s) - F(s) \quad (4.4)$$

trong đó :

$F(s)$ - tín hiệu phản hồi;

$E(s)$ - tín hiệu sai lệch hay còn gọi là tín hiệu so sánh.

$$E(s) = U(s) - R(s).H(s) \quad (4.5)$$

Đáp ứng thực là :  $R(s) = E(s).G(s) \quad (4.6)$

$$R(s) = [U(s) - R(s).H(s)].G(s) = U(s).G(s) - R(s).H(s).G(s) \quad (4.7)$$

hay :  $R(s) + R(s).H(s).G(s) = U(s).G(s)$

$$R(s). [1+H(s).G(s)] = U(s).G(s)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

#### Hệ điều khiển kín

$$\begin{aligned} \text{hay :} \quad & R(s) + R(s).H(s).G(s) = U(s).G(s) \\ & R(s). [1+H(s).G(s)] = U(s).G(s) \end{aligned}$$

$$\text{Suy ra :} \quad R(s) = \frac{G(s)}{1 + H(s).G(s)}.U(s) \quad (4.8)$$

$$\text{Hàm truyền của hệ kín sẽ là :} \quad \frac{R(s)}{U(s)} = \frac{G(s)}{1 + H(s).G(s)} = G_K(s) \quad (4.9)$$

trong đó :  $G(s)$  - hàm truyền hệ hở;  
 $G_K(s)$ - hàm truyền hệ kín.

$$\text{Theo mô hình mạch hở ở hình 4.7b thì :} \quad \frac{F(s)}{U(s)} = G(s). H(s) \quad (4.10)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 2. Khái niệm về hệ điều khiển thủy lực, khí nén

#### Hệ điều khiển kín

Tín hiệu phản hồi  $F(s)$  còn sử dụng để điều chỉnh các hệ số hiệu chỉnh cũng như hệ số khuếch đại  $K_A$  phù hợp với yêu cầu của mạch điều khiển.

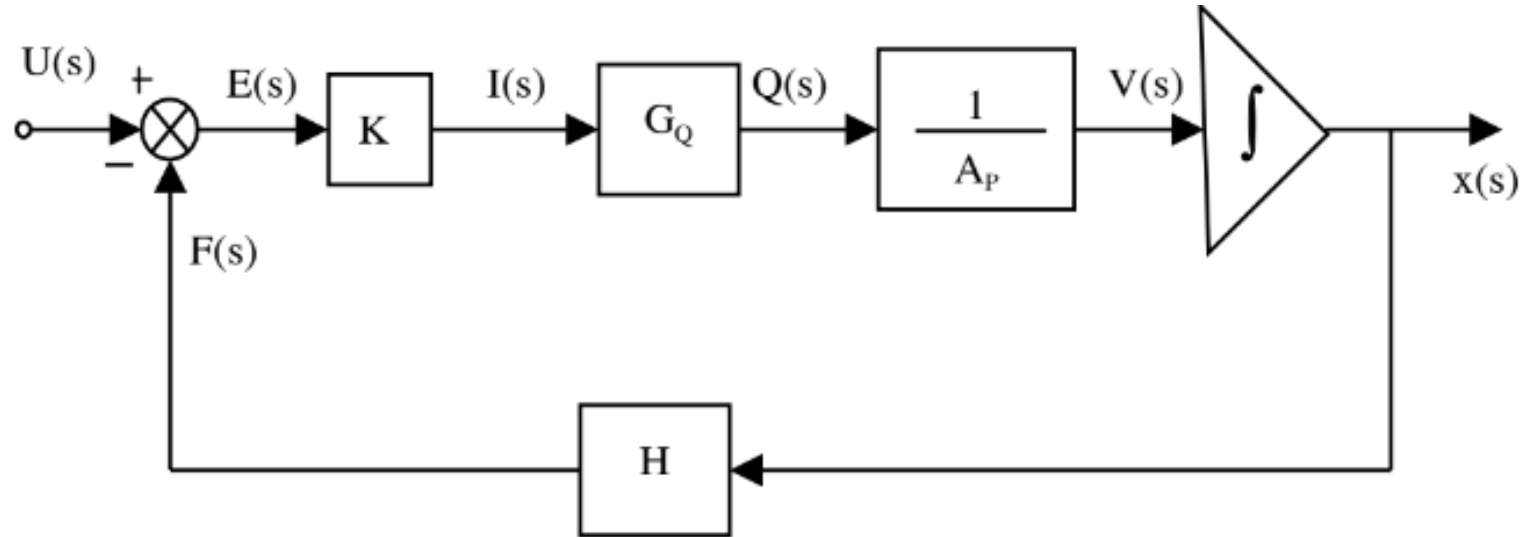
Nếu  $G(s).H(s) \gg 1$  thì công thức (4.9) có thể lấy là :

$$G_K(s) = \frac{R(s)}{U(s)} = \frac{G(s)}{1 + H(s).G(s)} \approx \frac{G(s)}{H(s).G(s)} = \frac{1}{H(s)} \quad (4.11)$$

nghĩa là  $G(s).H(s)$  lớn, tức  $G(s)$  lớn thì hàm truyền  $G_K(s)$  chỉ phụ thuộc vào hàm truyền của bộ cảm biến  $H(s)$ . Điều này có ý nghĩa khi lựa chọn loại cảm biến, bởi vì độ chính xác của cảm biến sẽ ảnh hưởng rất lớn đến tín hiệu ra. Cũng cần chú ý rằng sai số của tín hiệu ra bao giờ cũng lớn hơn sai số của cảm biến.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 3. Tần số dao động và hằng số thời gian của hệ



Hình 4.9. Sơ đồ khối mạch thủy lực điều khiển vị trí

$U(s)$  - Tín hiệu điện áp vào;  $X(s)$  - Tín hiệu ra của mạch điều khiển (tín hiệu vị trí);  $K$  - Hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại;  $G_Q$  - Hệ số khuếch đại lưu lượng của van;  $H$  - Hệ số khuếch đại của khâu phản hồi;  $1/A_p$  - Hệ số khuếch đại của xylanh;  $\int$  - Dấu tích phân biểu thị cho sự chuyển đổi vận tốc  $v(s)$  sang vị trí  $x(s)$ ;  $I(s)$  - Dòng điều khiển van;  $Q(s)$  - Lưu lượng vào xylanh;  $v(s)$  - Vận tốc của xylanh;  $F(s)$  - Tín hiệu điện áp phản hồi;  $E(s)$  - Tín hiệu so sánh.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 3. Tần số dao động và hằng số thời gian của hệ

Các đại lượng  $K$ ,  $G_Q$ ,  $\frac{1}{A_P}$  và  $H$  trên hình 4.9 ở chế độ xác lập là các hằng số.

Vị trí của pittông được xác định theo công thức :

$$x(t) = \int_0^t v(t)dt \Rightarrow x(s) = \frac{1}{S} v(s) \quad (4.12)$$

Ở trạng thái ổn định, quan hệ giữa vận tốc và dòng điện điều khiển xác định là :

$$\frac{V_s}{I_s} = G_{QP} \quad (4.13)$$

trong đó :  $V_s$ - vận tốc của pittông ở trạng thái ổn định;

$I_s$  - dòng điện điều khiển van ở trạng thái ổn định.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 3. Tần số dao động và hằng số thời gian của hệ

Hàm truyền của cụm van - xylanh ở trạng thái ổn định là :  $G_{QP} = G_Q \cdot \frac{1}{A_P}$

Hàm truyền hệ kín ở hình 4.9 sẽ là :  $\frac{x(s)}{U(s)} = G_K(s) = \frac{K \cdot G_{QP}}{S + K \cdot G_{QP} \cdot H}$  (4.14)

trong đó :  $K, G_{QP}, H$  là hệ số chuyển đổi của tín hiệu phản hồi và có thứ nguyên là :

$$K \cdot G_{QP} \cdot H \rightarrow \frac{\text{ampe}}{\text{von}} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{ampe.giay}} \cdot \frac{\text{von}}{\text{cm}} = \frac{1}{\text{giay}} \quad \left(\frac{1}{s}\right) \quad (4.15)$$

$\frac{1}{s}$  là thứ nguyên tần số.



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 3. Tần số dao động và hằng số thời gian của hệ

Như vậy tần số của hệ là :

$$f_H = \frac{K.G_{QP}.H}{2.\pi} \text{ (Hz)} \quad (4.16)$$

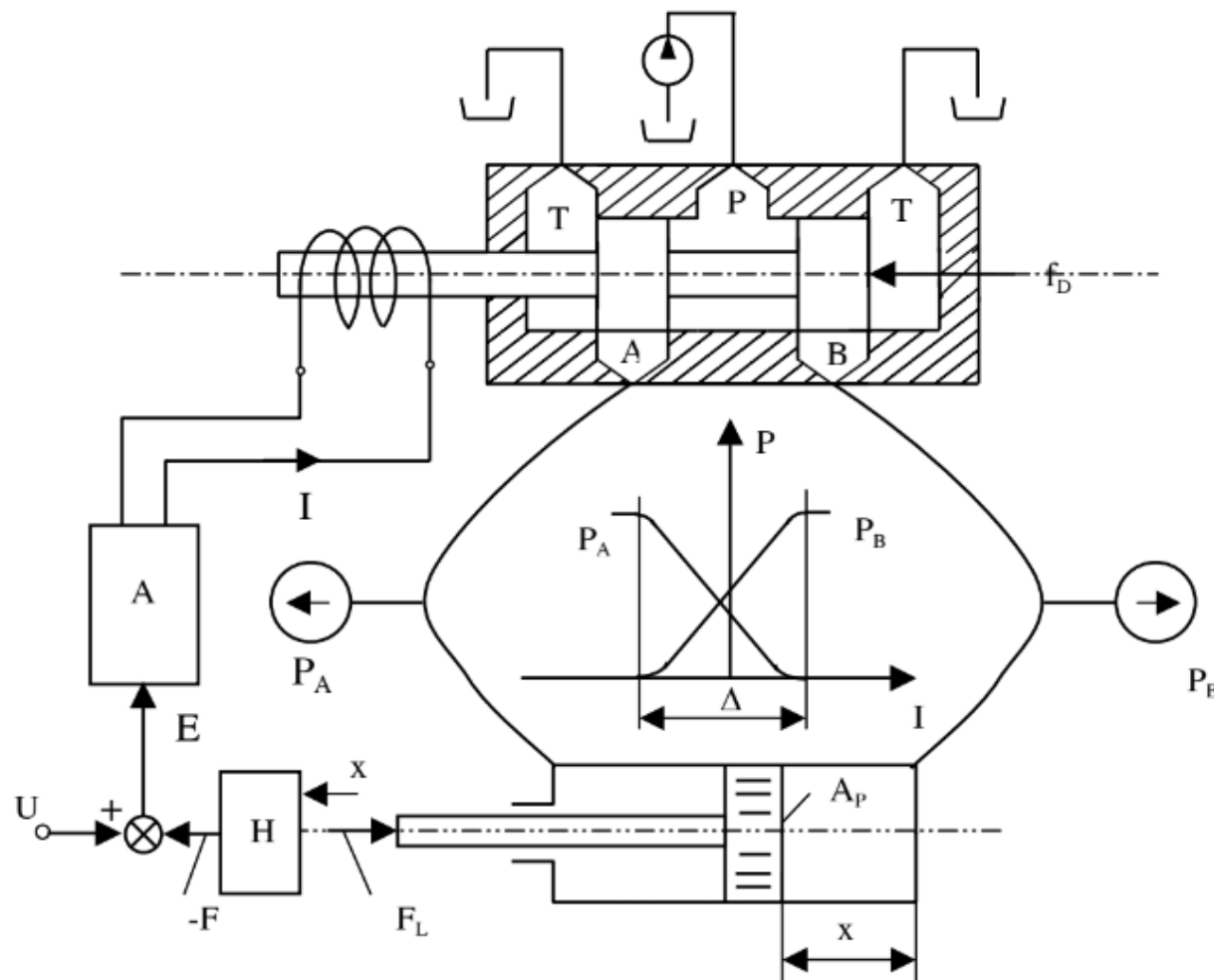
và :

$$\tau = \frac{1}{K.G_{QP}.H} \text{ , (s)} \quad (4.17)$$

$\tau$  là hằng số thời gian.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. Sai số vị trí điều khiển



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. Sai số vị trí điều khiển

Ta có các quan hệ sau :

$$\Delta E = \frac{\Delta I}{A} = U - H.x - H.\Delta x = U - H(x + \Delta x) \quad (4.18)$$

Trong công thức (4.18) thì sai số của các tín hiệu được kí hiệu là :

$\Delta x$  - sai số của vị trí điều khiển;

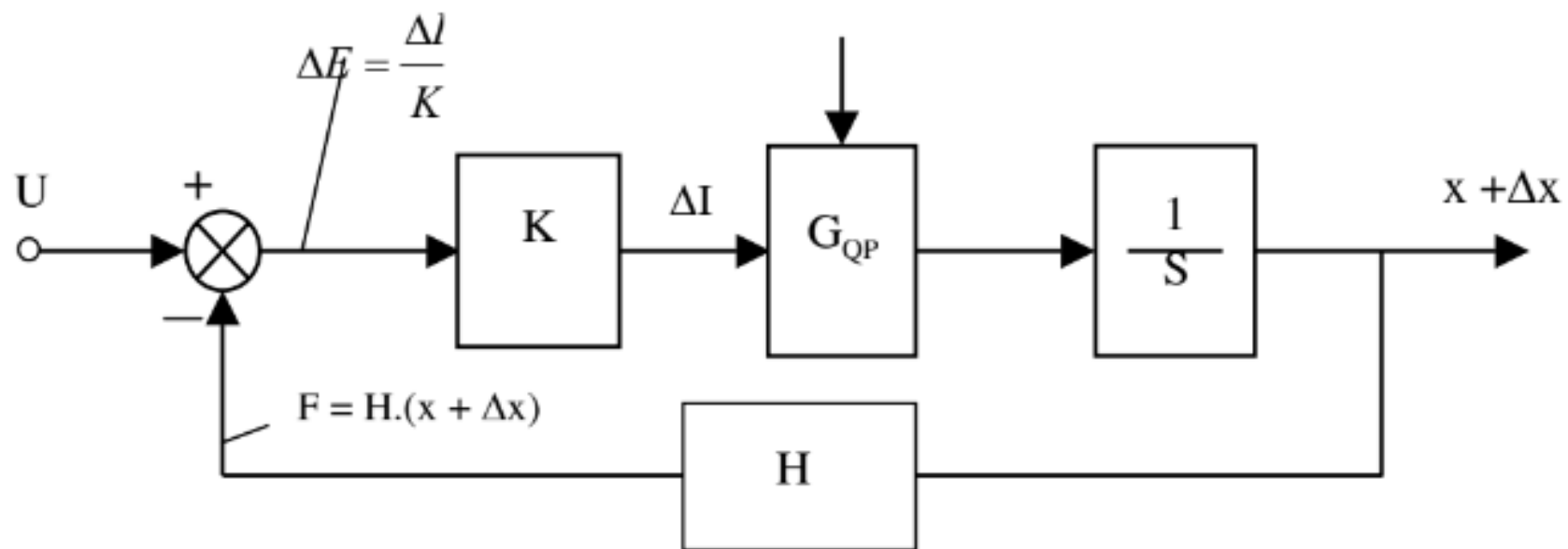
$\Delta I$  - sai số của dòng điều khiển van;

$\Delta E$  - sai số của tín hiệu so sánh;

$\Delta F = H.\Delta x$  - sai số của tín hiệu phản hồi.

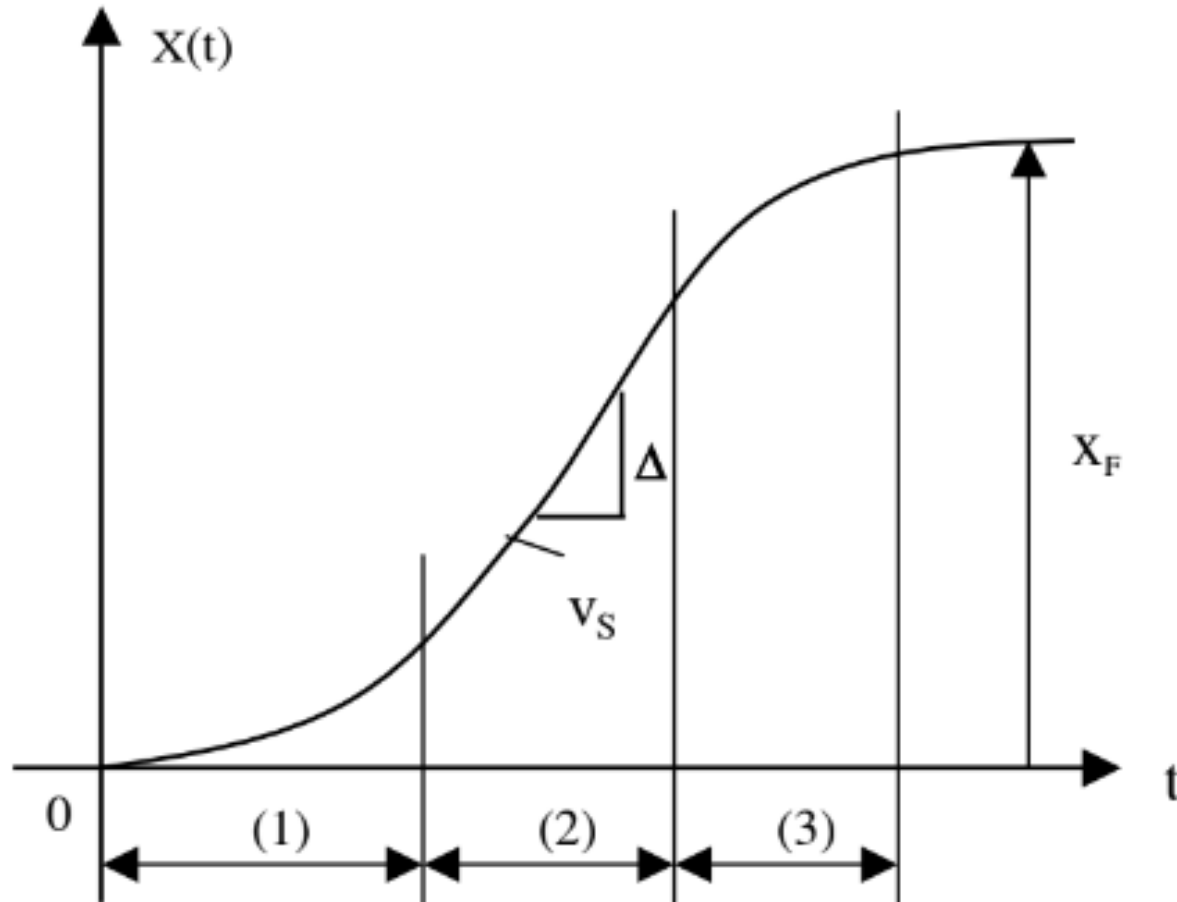
## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. Sai số vị trí điều khiển



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. Sai số vị trí điều khiển



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. Sai số vị trí điều khiển

Công thức (4.18) có các sai số thể hiện trên sơ đồ khối hình 4.11a.

Ta thấy khi bắt đầu khởi động  $U - H.x = 0$  nên :

$$\Delta E = \frac{\Delta I}{A} = H.\Delta x$$

hay :

$$\frac{\Delta I}{\Delta x} = H.A \quad (4.19)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

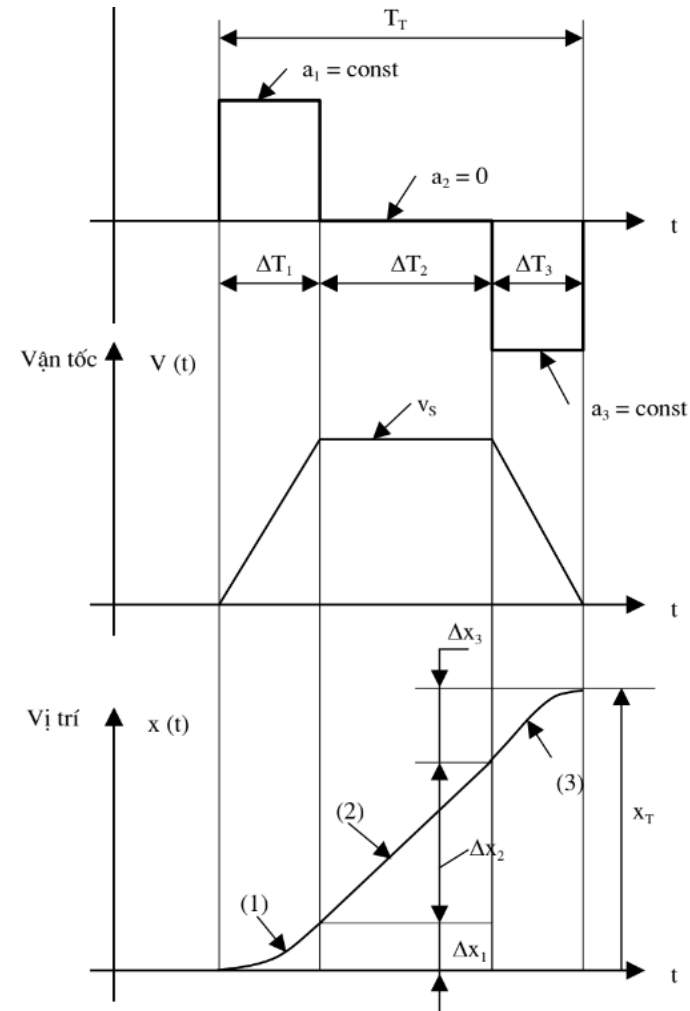
### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

#### 4.3.1. Vận tốc chuyển động là sóng hình thang

Khi vận tốc chuyển động là sóng hình thang thì gia tốc ở vùng tăng tốc và giảm tốc bằng hằng số ( $a_1 = \text{const}$  và  $a_3 = \text{const}$ ), còn vùng vận tốc không đổi thì gia tốc bằng 0 ( $a_2 = 0$ ). Tương ứng với các vùng trên thì vị trí của x thay đổi theo đường cong parabol ở vùng tăng và giảm tốc, và thay đổi tuyến tính ở vùng vận tốc không đổi  $v_s$  (vùng 2).

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển





## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

Thời gian chu kỳ thực hiện chuyển động ( $T_T$ ) là tổng thời gian của các vùng vận tốc, tức là :

$$T_T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 \quad (4.24)$$

Vận tốc ( $v$ ) và vị trí ( $x$ ) xác định theo công thức sau :

$$v = \int_0^t a dt + v_0 \quad ; \quad x = \int_0^t v \cdot dt + x_0 \quad (4.25)$$

trong đó :

- a- gia tốc chuyển động;
- v - vận tốc chuyển động;
- x- vị trí điều khiển;
- $x_0$ - vị trí điều khiển tại  $t = 0$ ;
- $v_0$ - vận tốc tại thời điểm  $t = 0$ .

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

Khi gia tốc  $a$  không thay đổi thì :

$$v = a \int_0^t dt + v_0 = at + v_0 \quad (4.27)$$

$$x = \int_0^t (at + v_0) dt + x_0 = \frac{1}{2} a.t^2 + v_0 t + x_0 \quad (4.28)$$

Từ đó ta có vị trí điều khiển  $x_T$  được xác định là :

$$x_T = \frac{1}{2} \Delta T_1 . v_S + \Delta T_2 . v_S + \frac{1}{2} \Delta T_3 . v_S \quad (6.29)$$

hay :

$$v_S = \frac{x_T}{\frac{1}{2} \Delta T_1 + \Delta T_2 + \frac{1}{2} \Delta T_3} \quad (4.30)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

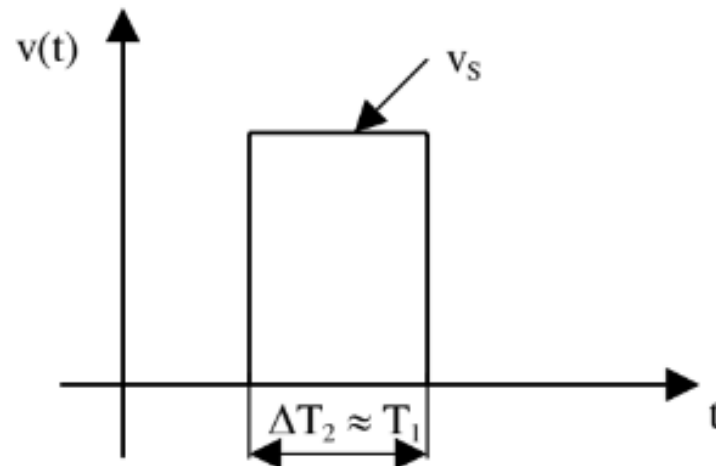
### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

#### 4.3.2. Vận tốc chuyển động là sóng chữ nhật

Với vận tốc là sóng hình chữ nhật (hình 4.13) thì  $\Delta T_1 \approx 0$ ;  $\Delta T_3 \approx 0$  nên  $\Delta T_2 \approx T_T$ . Đây là trường hợp đặc biệt của sóng hình thang.

Vị trí điều khiển được xác định là :

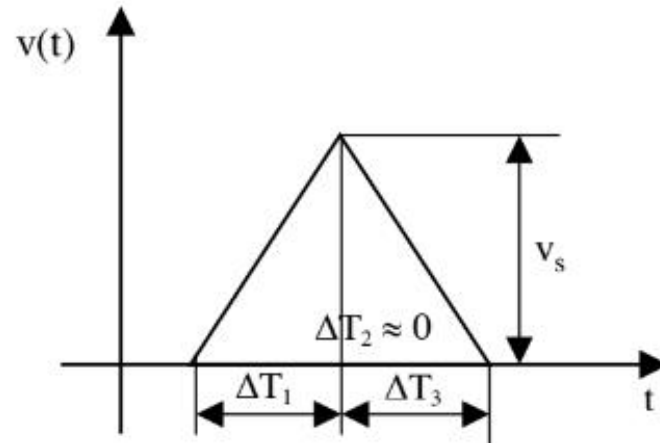
$$x_T \approx v_S \cdot \Delta T_2 = v_S \cdot T_T \quad (4.31)$$



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

#### 4.3.3. Vận tốc chuyển động là sóng tam giác



Hình 4.14. Đồ thị vận tốc chuyển động là sóng tam giác

Sóng tam giác (hình 4.14) cũng là trường hợp đặc biệt của sóng hình thang.

$$\text{Khi } \Delta T_2 \approx 0 \text{ thì : } x_1 \approx \frac{1}{2} \cdot v_s \cdot (\Delta T_1 + \Delta T_3) = \frac{1}{2} v_s \cdot T_T \quad (4.32)$$

$$\text{hay : } v_s = \frac{2 \cdot x_T}{T_T} \quad (4.33)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

#### 4.3.4. Xác định vận tốc $v_s$ đối với sóng hình thang

Trong ba dạng trên thì sóng vận tốc hình thang là tổng quát và thông dụng hơn cả.

Khi biết  $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3$  và  $T_T$  thì  $v_s$  xác định như sau :

Ta biết rằng : 
$$T_T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 \quad (4.33)$$

mà : 
$$\Delta x_1 = \frac{1}{2} v_s \cdot \Delta T_1; \Delta x_2 = v_s \cdot \Delta T_2; \Delta x_3 = \frac{1}{2} v_s \cdot \Delta T_3$$

nên : 
$$T_T = \frac{2\Delta x_1}{v_s} + \frac{\Delta x_2}{v_s} + \frac{2\Delta x_3}{v_s}$$

hay : 
$$v_s = \frac{2\Delta x_1 + \Delta x_2 + 2\Delta x_3}{T_T} \quad (4.34)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

Khi biết  $T_T$ ,  $x_T$  và gia tốc chuyển động thì  $v_S$  xác định là :

Ta biết :

$$x_T = \frac{1}{2} v_S \cdot \Delta T_1 + v_S \cdot \Delta T_2 + \frac{1}{2} v_S \cdot \Delta T_3$$

mà :

$$v_S = a_1 \cdot \Delta T_1 \rightarrow \Delta T_1 = \frac{v_S}{a_1}; \quad v_S = a_3 \cdot \Delta T_3 \rightarrow \Delta T_3 = \frac{v_S}{a_3}$$

nên :

$$x_T = \frac{1}{2} \frac{v_S^2}{a_1} + v_S \cdot \Delta T_2 + \frac{1}{2} \frac{v_S^2}{a_3} \tag{4.35}$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

Đồng thời :

$$T_T = \frac{v_S}{a_1} + \Delta T_2 + \frac{v_S}{a_3} \quad (4.36)$$

Nhân cả hai vế phương trình (4.36) với  $-v_S$  và cộng với phương trình (4.35) ta được :

$$x_T - v_S \cdot T_T = \frac{1}{2} \frac{v_S^2}{a_1} + \frac{1}{2} \frac{v_S^2}{a_3} \quad (4.37)$$

hay :

$$x_T - v_S T_T + \frac{v_S^2}{2} \left( \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) = 0$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3} \right) \cdot v_S^2 - v_S T_T + x_T = 0 \quad (4.38)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển

phương trình (4.38) là phương trình bậc 2 của  $v_s$ , nghiệm của nó sẽ là :

$$v_s = \frac{T_T \pm \sqrt{T_T^2 - 2\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}\right).x_T}}{\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_3}\right)} \quad (4.39)$$

với điều kiện sau :

$$T^2 \geq 2\left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}\right).x_T \quad (4.40)$$



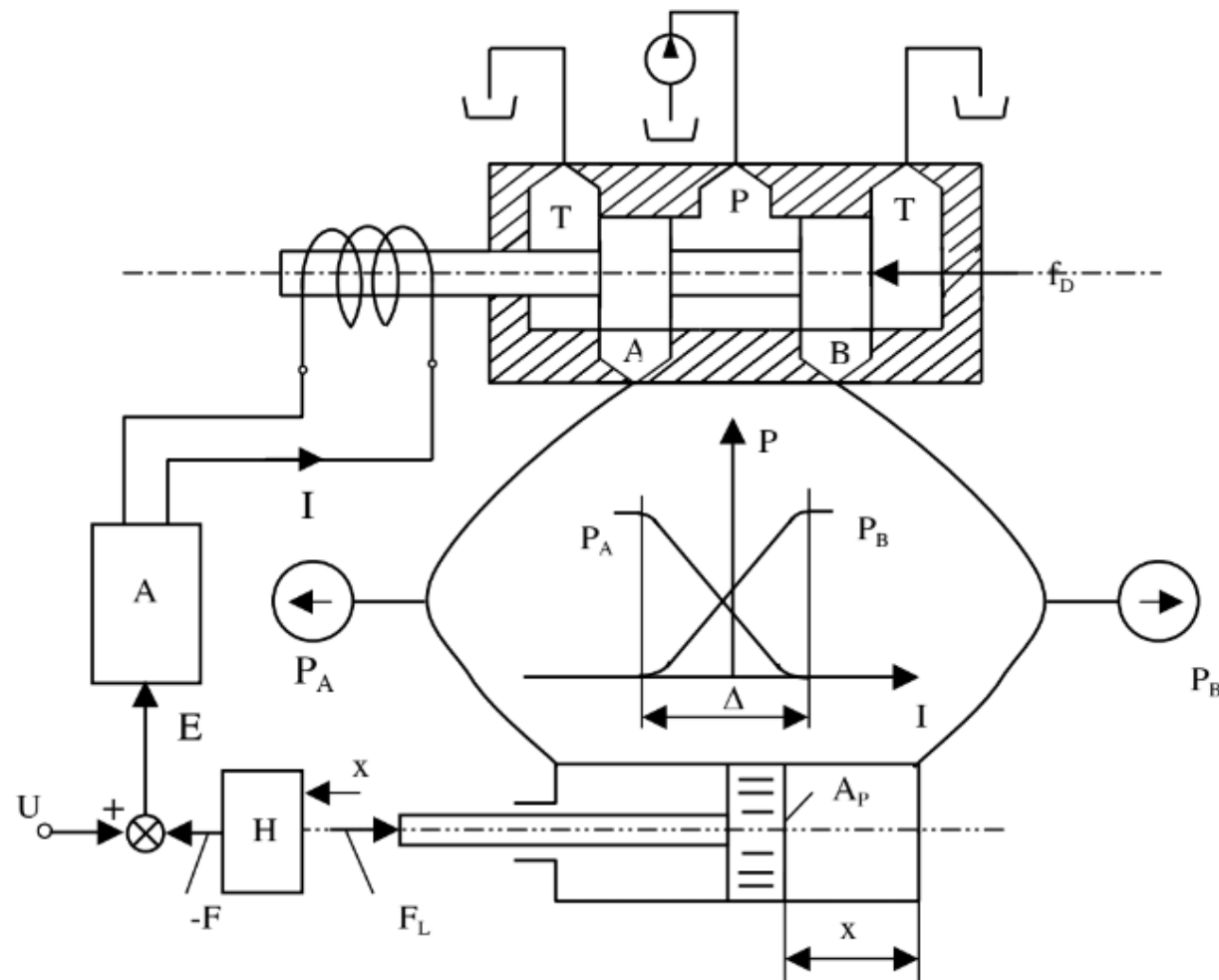
## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

**4. quan hệ giữa gia tốc, vận tốc và vị trí điều khiển**

**Bài tập áp dụng tính Vận tốc pitton khi biết tổng thời gian, và tổng quãng đường, và gia tốc.**

# ÔN TẬP

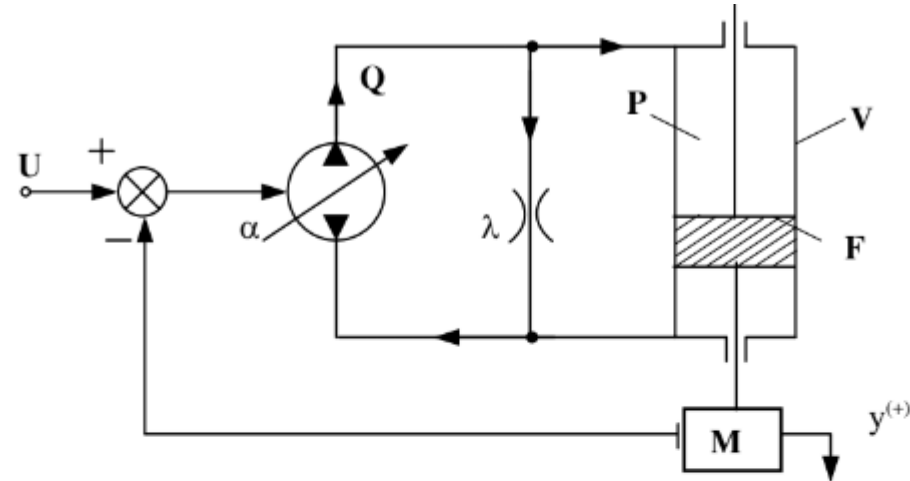
Câu 3: Xây dựng hàm truyền cho hệ thống sau:



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.1. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến điều khiển bằng bơm dầu



Hình 4.16. Sơ đồ hệ thủy lực điều khiển vị trí chuyển động thẳng, điều khiển bằng bơm dầu

$\alpha$  - Hệ số điều chỉnh lưu lượng của bơm dầu;  $x$  - Đại lượng điều chỉnh lưu lượng của bơm;  $\lambda$  - Hệ số tổn thất lưu lượng trong xy lanh và đường ống dẫn dầu;  $p$  - Áp suất dầu cung cấp của bơm;  $Q$  - Lưu lượng cung cấp của bơm;  $F$  - Diện tích của pittông;  $V$  - Thể tích chứa dầu ở buồng công tác;  $B$  - Môđun đàn hồi của dầu;  $y$  - Chiều dài dịch chuyển của pittông;  $M$ - Khối lượng của bộ phận chuyển động.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

Phương trình cân bằng lưu lượng :

$$Q = \alpha.x = F \cdot \frac{dy}{dt} + \lambda.p + \frac{V}{2B} \cdot \frac{dp}{dt} \quad (4.44)$$

Phương trình cân bằng lực :  $F.p = M \cdot \frac{d^2y}{dt^2}$  (4.45)

Chuyển qua phương trình Laplace :

$$Q(s) = \alpha.x(s) = F.s.y(s) + \lambda.p(s) + \frac{V}{2B} \cdot s.p \quad (4.46)$$

$$F.p(s) = M.s^2.y(s) \Leftrightarrow p(s) = \frac{M}{F} \cdot s^2.y(s) \quad (4.47)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

Thay (4.47) vào (4.46) ta có :  $Q(s) = \alpha.x(s) = \left[ F.s + \frac{\lambda.M}{F}.s^2 + \frac{V.M}{2B.F}.s^3 \right].y(s)$  (6.48)

Hàm truyền hệ hở sẽ là :  $\frac{y(s)}{x(s)} = \frac{\alpha}{F} \cdot \frac{1}{\left[ 1 + \frac{\lambda.M}{F^2}.s + \frac{V.M}{2B.F}.s^2 \right]} \cdot \frac{1}{s}$  (4.49)

Đặt :  $K = \frac{\alpha}{F}$ ;  $\frac{2.Z}{\omega_n} = \frac{\lambda.M}{F^2}$  và  $\omega_n = \sqrt{\frac{2.B.F^2}{V.M}}$  (4.50)

Phương trình (4.49) có dạng :

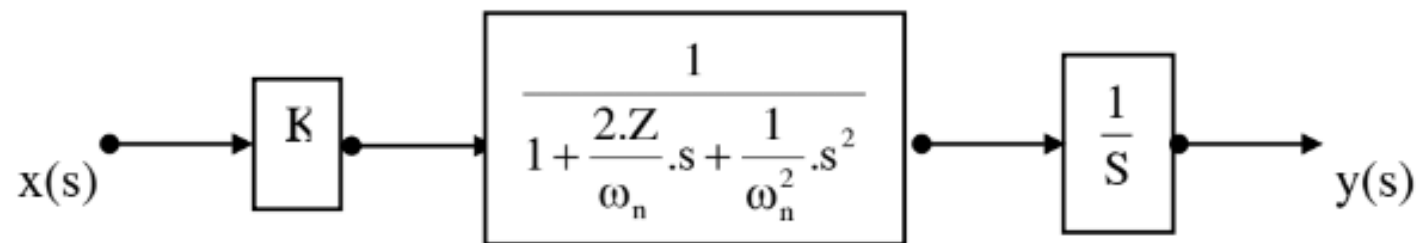
$$\frac{y(s)}{x(s)} = K \cdot \frac{1}{1 + \frac{2.Z}{\omega_n}.s + \frac{1}{\omega_n^2}.s^2} \cdot \frac{1}{s} \quad (4.51)$$

Công thức (4.51) là mô hình toán của một khâu dao động và một khâu tích phân, trong đó :  
 $\omega$  - tần số dao động riêng của khâu dao động;  
 $Z$  - hệ số tắt dần của khâu dao động.

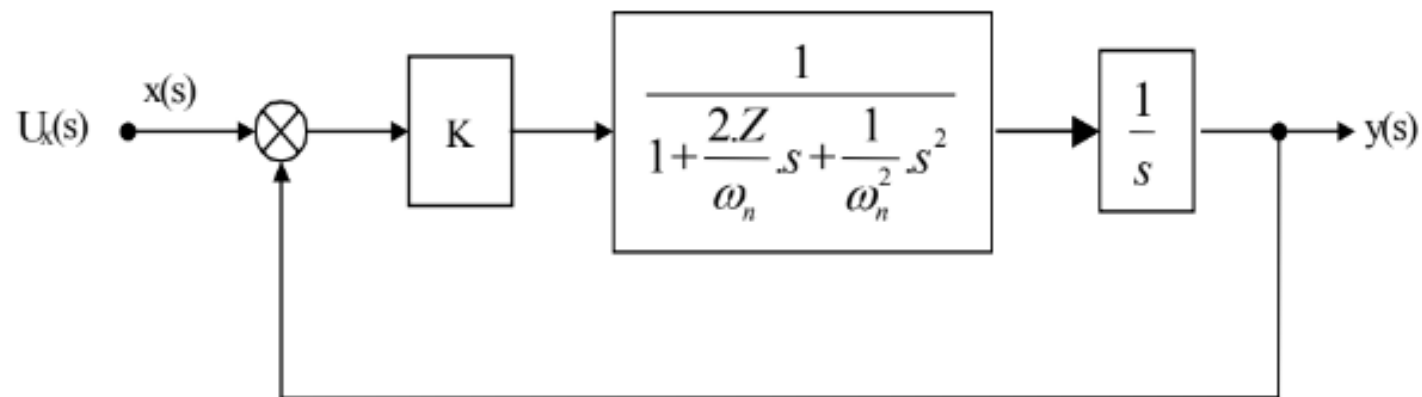
## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

Sơ đồ khối hệ hở của (4.51) và sơ đồ khối của hệ phản hồi đơn vị được thể hiện trên hình 4.17.



a)



b)

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

Mô phỏng Matlab cho hàm truyền trên tham số:

$\alpha=0,5$

$F=50\text{cm}^2$

$\text{Lamda}=0,2$

$M= 50\text{kg}$

Chiều dài công tác  $L=10\text{cm}$

$V=F.L$

độ đàn hồi  $B=20$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

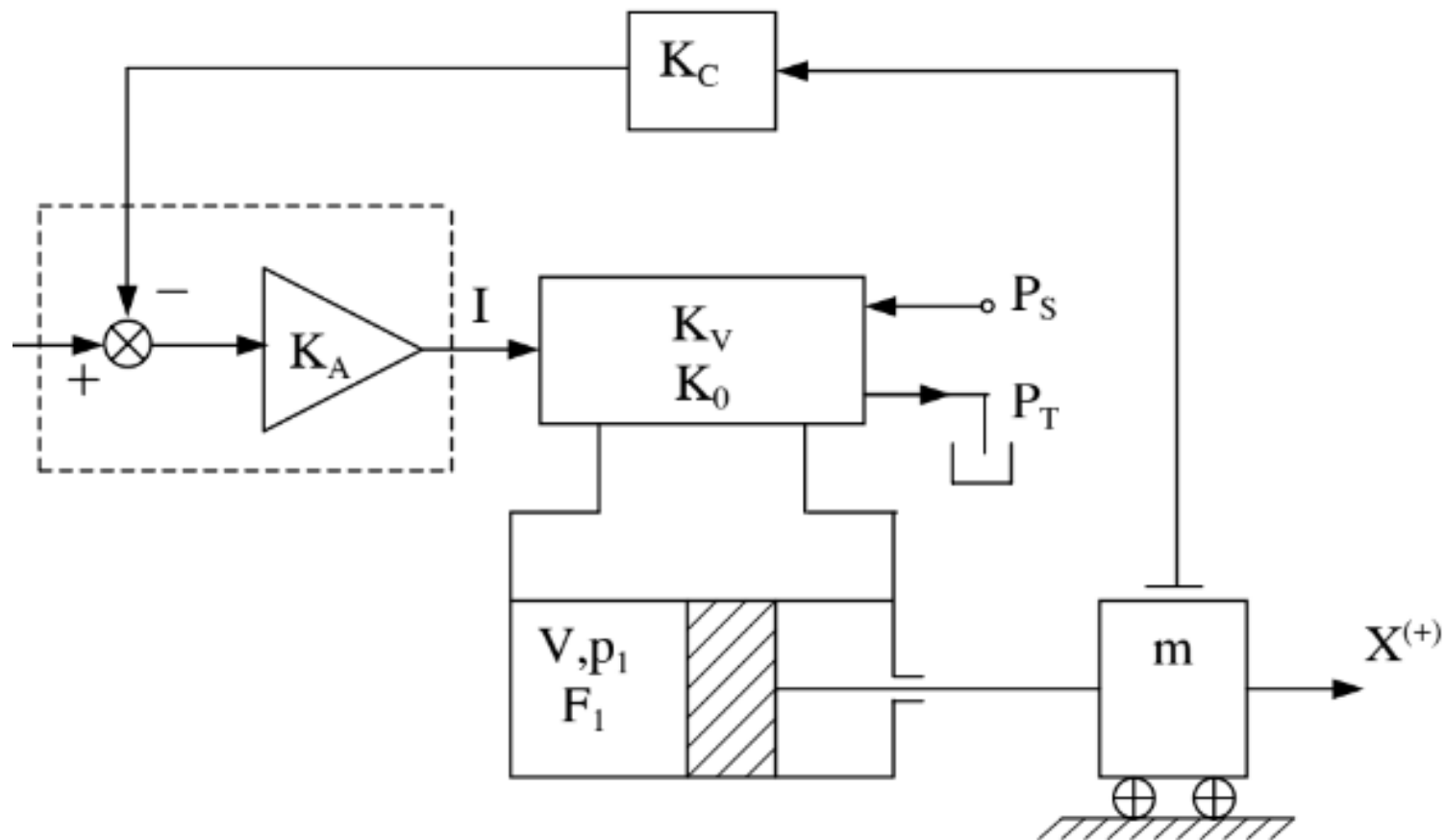
$$\frac{y(s)}{U(s)} = \frac{K \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{1 + \frac{2Z}{\omega_n} \cdot s + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot s^2}}{1 + K \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{1 + \frac{2Z}{\omega_n} \cdot s + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot s^2}} = \frac{1}{1 + \frac{s}{K} \cdot \left( 1 + \frac{2Z}{\omega_n} \cdot s + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot s^2 \right)} \quad (4.52)$$



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

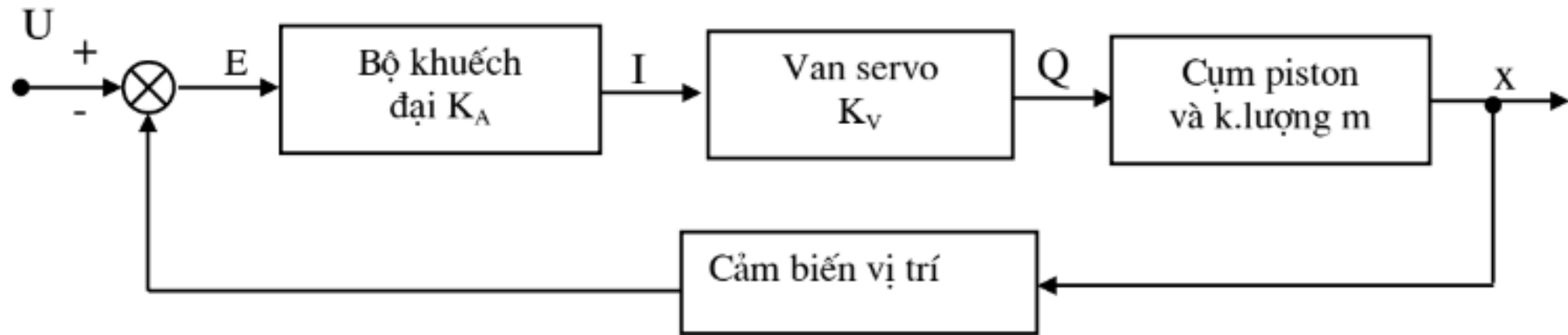
#### 4.5.2. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến sử dụng phần tử điều khiển là van servo.



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.2. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến sử dụng phần tử điều khiển là van servo.



$M$  -Khối lượng chuyển động;  $F_1$  -Diện tích của piston;  $p_1$  -Áp suất cung cấp của van;  $K_A$ -Hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại;  $K_v$  -Hệ số khuếch đại của van;  $K_C$  - Hệ số khuếch đại của khâu phản hồi;  $I$  -Dòng điện điều khiển van servo;  $x$  -Hành trình của khối lượng  $M$ ;  $U$  -Điện áp điều khiển;  $K_0$  -Hệ số thoát dầu của van servo.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.2. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến sử dụng phần tử điều khiển là van servo.

Nếu bỏ qua biến dạng đàn hồi của dầu trong các buồng làm việc của xy lanh và đường ống; không tính đến ảnh hưởng của lực ma sát; van servo và bộ khuếch đại được coi là các khâu khuếch đại. Ta có các phương trình sau :

a- Khi không có phản hồi :

$$\begin{aligned}
 - \text{Trường hợp } x > 0 \quad Q_1 &= K_v \cdot I - K_o \cdot p_1 = F_1 \cdot \frac{dx}{dt} ; \\
 F_1 \cdot p_1 &= m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} ; E \cdot K_A = I
 \end{aligned} \tag{4.53}$$

Phương trình Laplace của (4.53) sẽ là :

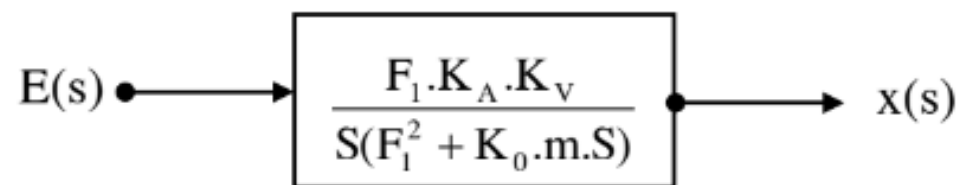
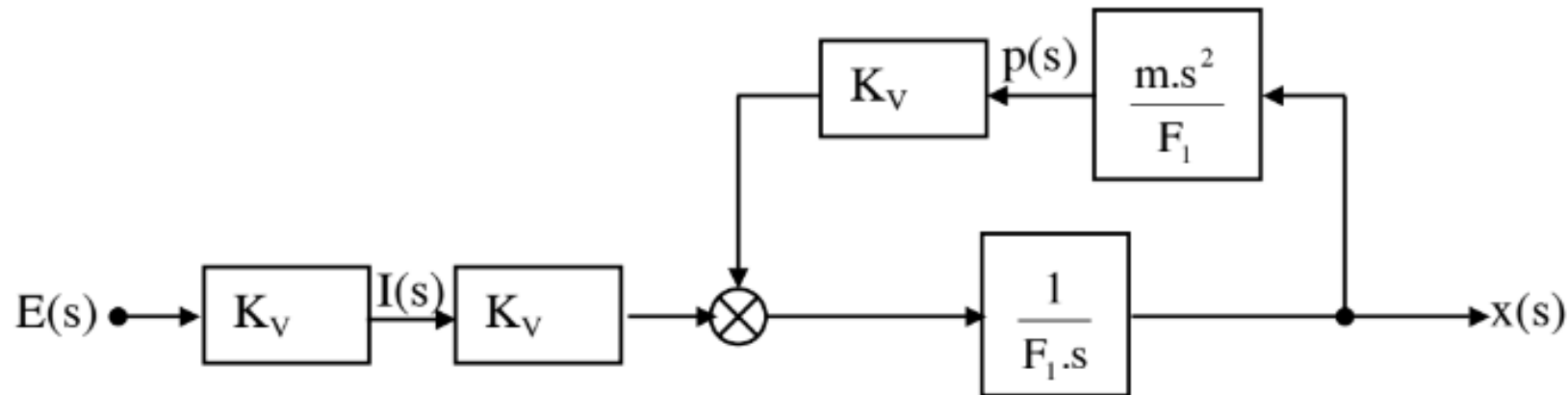
$$\begin{aligned}
 Q_1(s) &= K_v \cdot I(s) - K_o \cdot p_1(s) = F_1 \cdot S \cdot x(s) ; \\
 F_1 \cdot p_1(s) &= m \cdot S^2 \cdot x(s) \\
 E(s) \cdot K_A &= I(s)
 \end{aligned} \tag{4.54}$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.2. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến sử dụng phần tử điều khiển là van servo.

Từ (4.54) ta thiết lập được sơ đồ khối như ở hình 4.19 :



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.2. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến sử dụng phần tử điều khiển là van servo.

Như vậy hàm truyền hệ hở sẽ là :

$$W(s) = \frac{x(s)}{E(s)} = \frac{F_1 \cdot K_A \cdot K_V}{S \cdot (F_1^2 + K_O \cdot m \cdot S)} \quad (4.55)$$

- Trường hợp  $x < 0$  :

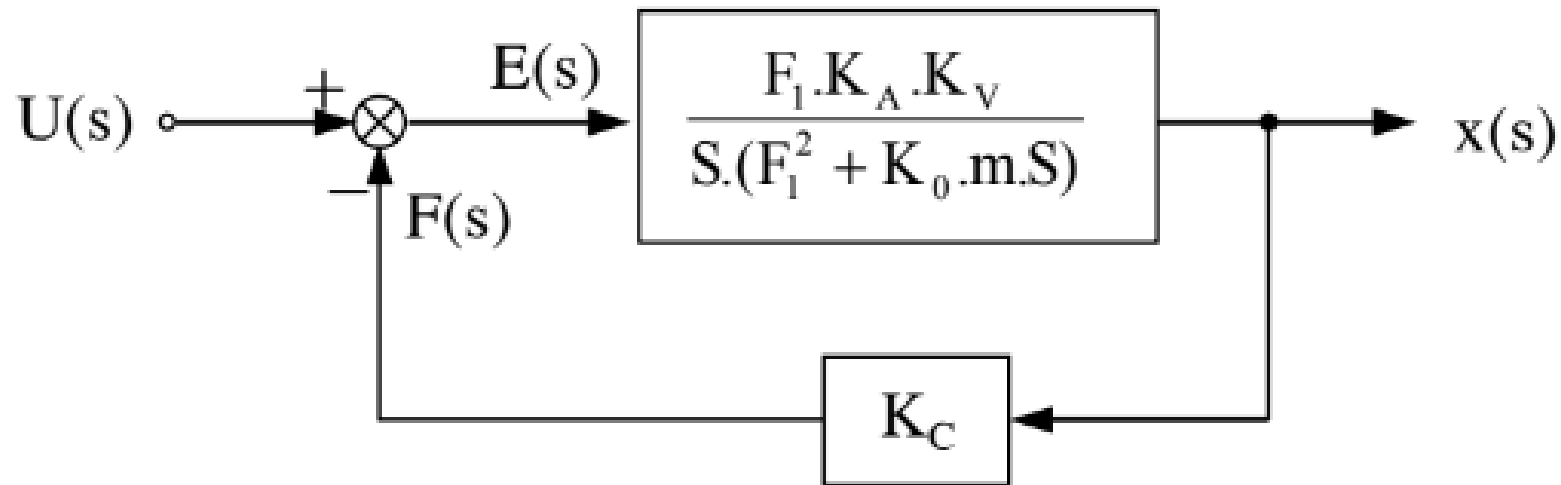
$$W(s) = \frac{F_2 \cdot K_A \cdot K_V}{S \cdot (F_2^2 + K_O \cdot m \cdot S)} \quad (4.56)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.2. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến sử dụng phần tử điều khiển là van servo.

b- Khi có phản hồi (hệ kín với  $x > 0$ )



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.2. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến sử dụng phần tử điều khiển là van servo.

Theo hình 4.19 và công thức (4.56) ta có sơ đồ khối hệ kín hình 4.20.  
Hàm truyền hệ kín sẽ là :

$$W_w(s) = \frac{W(s)}{1 + W(s).K_C}$$

hay :

$$W_w(s) = \frac{x(s)}{U(s)} = \frac{F_1.K_A.K_V}{K_O.m.S^2 + F_1^2.S + F_1.K_A.K_V.K_C} \quad (4.57)$$

$$W_w(s) = \frac{K_w}{T_1^2.S^2 + T_2.S + 1} \quad (4.58)$$

trong đó :

$$T_1 = \sqrt{\frac{K_O.m}{F_1.K_A.K_V.K_C}} ;$$

$$T_2 = \frac{F_1}{K_A.K_V.K_C} ; \quad (4.59)$$

$$K_w = \frac{1}{K_C} .$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.2. Hệ thủy lực chuyển động tịnh tiến sử dụng phần tử điều khiển là van servo.

Hàm truyền (4.57) có thể viết dưới dạng (4.60) như sau :

$$W_w(s) = \frac{x(s)}{U(s)} = \frac{K_w}{\left(\frac{s}{\omega_o}\right)^2 + 2.\zeta.\left(\frac{s}{\omega_o}\right) + 1} \quad (4.60)$$

trong đó :  $\omega_o = \frac{1}{T_1} = \sqrt{\frac{F_1 \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_C}{K_O \cdot m}}$  - tần số dao động riêng của hệ thống;

$$\zeta = \frac{T_2}{2.T_1} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{F_1^3}{K_A \cdot K_V \cdot K_C \cdot K_O \cdot m}} \quad \text{- hệ số tắt dần của hệ thống.}$$



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

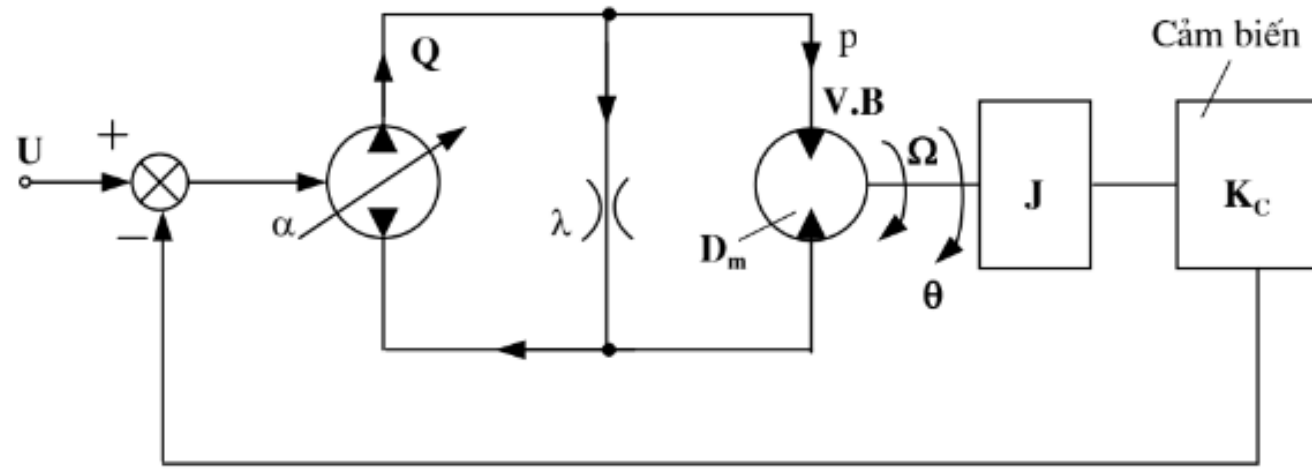
5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

Mô phỏng hàm truyền bằng Matlab:  $K_A=10$ ;  $K_v=5$ ,  $K_c = 10$ ;  $K_0 = 0,5$ ,  $m=5\text{kg}$ ,  $F = 10\text{cm}^2$ ;

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 5.3. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng bơm dầu



Hình 4.21. Sơ đồ mạch điều khiển hệ thủy lực chuyển động quay

$x$  - Tín hiệu điều khiển bơm dầu;  $\alpha$  - Hệ số điều chỉnh bơm dầu;  $Q$  - Lưu lượng cung cấp của bơm;  $\lambda$  - Hệ số tổn thất lưu lượng;  $p$  - Áp suất làm việc của động cơ dầu;  $D_m$  - Hệ số kết cấu của động cơ dầu;  $V$  - Thể tích chứa dầu trong buồng công tác;  $J$  - Giá trị của mômen quán tính trên trục động cơ dầu;  $\Omega$  - Vận tốc góc của trục động cơ dầu;  $\theta$  - Góc quay của trục động cơ dầu;  $B$  - Môđun đàn hồi của dầu;  $K_c$  - Hệ số khuếch đại của khâu phản hồi.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 5.3. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng bơm dầu

Nếu bỏ qua ma sát của các bộ phận chuyển động trên trục động cơ dầu, không tính đến tải trọng ngoài, trục chỉ có một giá trị mômen quán tính  $J$ , v.v. ta sẽ có các phương trình mô tả hoạt động của hệ thống như sau :

Phương trình cân bằng lưu lượng :

$$Q = \alpha.x = D_m \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{V}{2.B} \cdot \frac{dp}{dt} + \lambda.p \quad (4.61)$$

Phương trình cân bằng lực :

$$D_m \cdot p = J \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (4.62)$$

Phương trình Laplace :

$$\begin{aligned} Q(s) = \alpha.x(s) &= D_m \cdot s.\theta(s) + \frac{V}{2.B} \cdot s.p(s) + \lambda.p(s) \\ D_m \cdot p(s) &= J \cdot s^2 \cdot \theta(s) \end{aligned} \quad (4.63)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 5.3. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng bơm dầu

Phương trình (4.63) có thể viết lại là :

$$Q(s) = \alpha.x(s) = D_m.s.\theta(s) + \frac{V.J}{2B.D_m}.s^3.\theta(s) + \lambda.\frac{J}{D_m}.s^2.\theta(s) \quad (4.64)$$

Hàm truyền :

$$\frac{\theta(s)}{x(s)} = \frac{\frac{\alpha}{D_m}}{1 + \frac{\lambda.J}{D_m^2}.s + \frac{V.J}{2B.D_m^2}.s^2} \cdot \frac{1}{s} \quad (4.65)$$

Với  $\Omega = \frac{d\theta}{dt}$  thì  $\Omega(s) = s.\theta(s)$ . Nếu thay vào (4.65) ta có hàm truyền :

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 5.3. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng bơm dầu

$$\frac{\Omega(s)}{x(s)} = \frac{\frac{\alpha}{D_m}}{1 + \frac{\lambda \cdot J}{D_m^2} \cdot s + \frac{V \cdot J}{2B \cdot D_m^2} \cdot s^2} \quad (4.66)$$

Đặt :

$$K = \frac{\alpha}{D_m}; \frac{2Z}{\omega_n} = \frac{\lambda \cdot J}{D_m^2}; \omega_n = \sqrt{\frac{2B \cdot D_m^2}{V \cdot J}} \quad (4.67)$$

ta được :

$$\frac{\theta(s)}{x(s)} = K \cdot \frac{1}{1 + \frac{2Z}{\omega_n} \cdot s + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot s^2} \cdot \frac{1}{s} \quad (4.68)$$

$$\frac{\Omega(s)}{x(s)} = K \cdot \frac{1}{1 + \frac{2Z}{\omega_n} \cdot s + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot s^2} \quad (4.69)$$

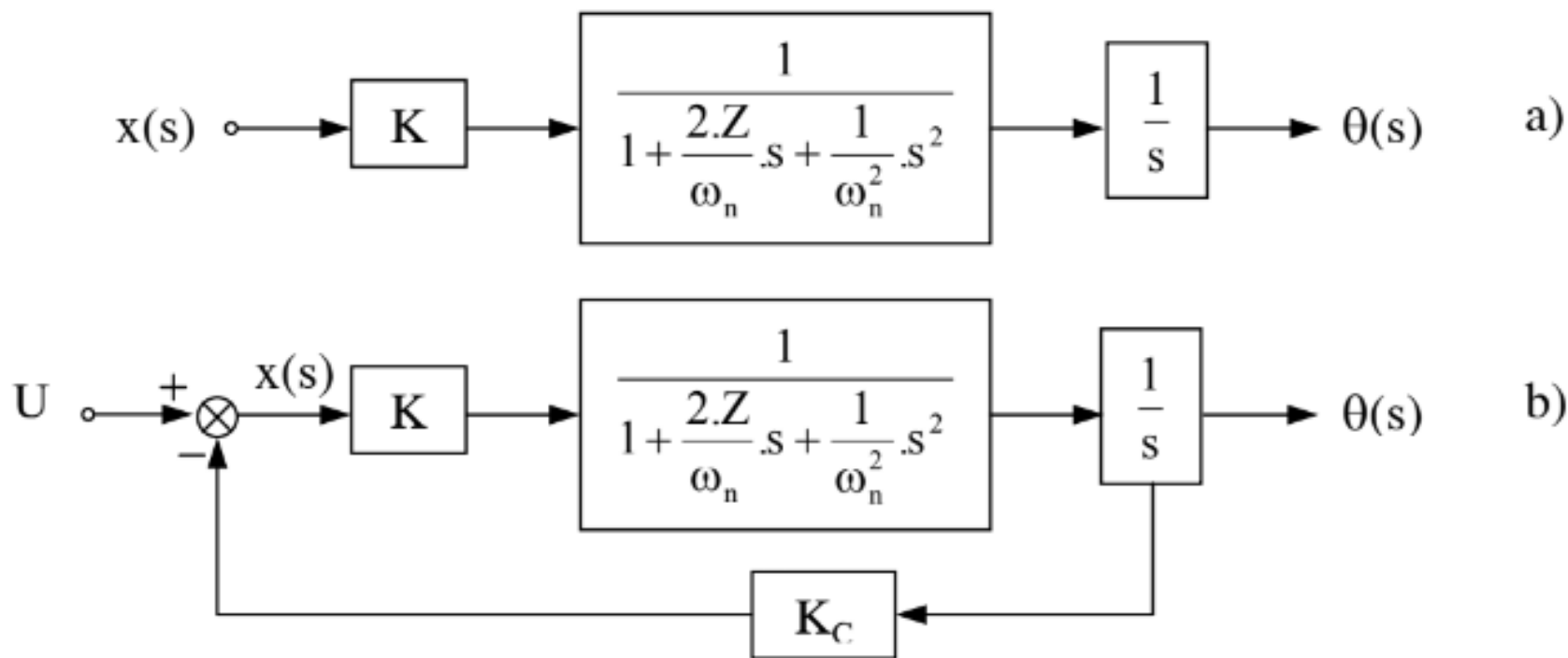
trong đó : K - hệ số khuếch đại;  
 Z - hệ số tắt dần;  
 $\omega_n$  - tần số dao động riêng của cụm động cơ dầu.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 5.3. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng bơm dầu

Sơ đồ khối của hệ hở thể hiện ở hình 4.22a, từ sơ đồ khối hệ hở ta xây dựng sơ đồ khối hệ kín như ở hình 4.22b.



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 5.3. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng bơm dầu

Từ hình 4.22b ta xác định hàm truyền hệ kín :

$$\frac{\theta(s)}{U(s)} = \frac{1/ K_C}{1 + \frac{s}{K.K_C} \left( 1 + \frac{2Z}{\omega_n} .s + \frac{1}{\omega_n^2} .s^2 \right)} \quad (4.70)$$

$$\frac{\Omega(s)}{U(s)} = \frac{1/ K_C}{1 + \frac{1}{K.K_C} \left( 1 + \frac{2Z}{\omega_n} .s + \frac{1}{\omega_n^2} .s^2 \right)} \quad (4.71)$$

## **C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC**

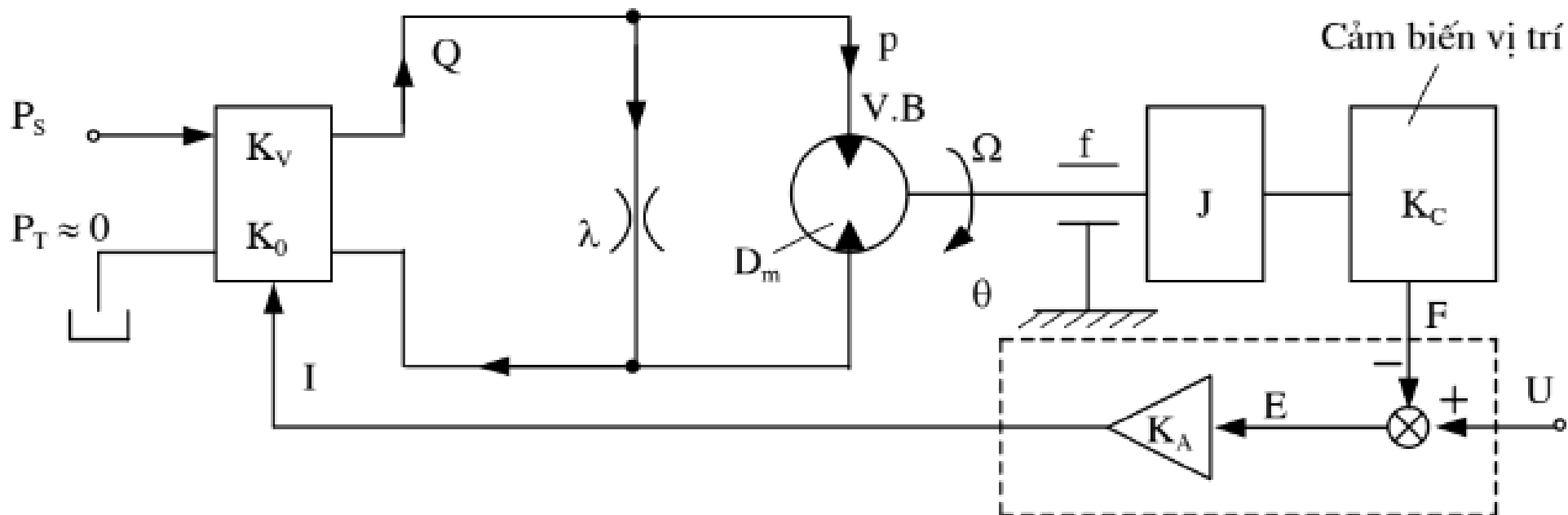
**5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực**  
**Tự cho số liệu và mô phỏng**



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

Ở sơ đồ trên hình 4.22 phần tử điều khiển là bơm dầu, còn ở sơ đồ trên hình 4.23 là van servo. Tương tự như trường hợp mục 4.5.2 ta cũng có các phương trình sau :

$$\text{Phương trình lưu lượng : } Q = D_m \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{V}{2 \cdot B} \cdot \frac{dp}{dt} + \lambda \cdot p \quad (4.72)$$

Phương trình cân bằng lực nếu kể đến ma sát (với hệ số ma sát nhớt f) là :

$$D_m \cdot p = J \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + f \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (4.73)$$

$$\text{Phương trình Laplace : } Q(s) = D_m \cdot s \cdot \theta(s) + \frac{V}{2 \cdot B} \cdot s \cdot p(s) + \lambda \cdot p(s)$$

$$D_m \cdot p(s) = J \cdot s^2 \cdot \theta(s) + f \cdot s \cdot \theta(s) \quad (4.74)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

Phương trình (4.74) có thể viết lại là :

$$Q(s) = D_m \cdot s \cdot \theta(s) + \left( \frac{V}{2B} \cdot s + \lambda \right) \cdot p(s) \quad (4.75)$$

$$p(s) = \frac{(J \cdot s^2 + f \cdot s)}{D_m} \cdot \theta(s) \quad (4.76)$$

Thay (4.76) vào (4.75) ta có :

$$Q(s) = D_m \cdot s \cdot \theta(s) + \left( \frac{V}{2 \cdot B} \cdot s + \lambda \right) \cdot \left( \frac{J \cdot s^2 + f \cdot s}{D_m} \right) \cdot \theta(s)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

- Đối với hệ hở :

Hàm truyền :

$$\frac{\theta(s)}{Q(s)} = \frac{1}{D_m + \left(\frac{V}{2B} \cdot s + \lambda\right) \cdot \left(\frac{J \cdot s + f}{D_m}\right)} \cdot \frac{1}{s} \quad (4.77)$$

$$\frac{\theta(s)}{Q(s)} = \frac{(D_m^2 + \lambda \cdot f) / D_m}{1 + \frac{V \cdot f + 2B \cdot J \cdot \lambda}{2B \cdot (D_m^2 + \lambda \cdot f)} \cdot s + \frac{V \cdot J}{2B \cdot (D_m^2 + \lambda \cdot f)} \cdot s^2} \cdot \frac{1}{s} \quad (4.78)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

Nếu đặt : 
$$K = \frac{D_m^2 + \lambda.f}{D_m};$$

$$T_1 = \sqrt{\frac{V.J}{2B.(D_m^2 + \lambda.f)}}; \quad \omega_0 = \frac{1}{T_1} = \sqrt{\frac{2B.(D_m^2 + \lambda.f)}{V.J}} \quad (4.79)$$

$$T_2 = \frac{V.f + 2B.J.\lambda}{2B.(D_m^2 + \lambda.f)}; \quad \zeta = \frac{T_2}{2.T_1} = \frac{1}{2} \frac{V.f + 2B.J.\lambda}{\sqrt{2B.V.J.(D_m^2 + \lambda.f)}} \quad (4.80)$$

thì 
$$\frac{\theta(s)}{Q(s)} = \left( \frac{K}{T_1^2.s^2 + T_2.s + 1} \right) \cdot \frac{1}{s} = \left( \frac{K}{T_1^2.s^2 + 2\zeta.T_1.s + 1} \right) \cdot \frac{1}{s} \quad (4.81)$$

trong đó :

K - hệ số khuếch đại của khâu dao động;

$T_1, T_2$  - các hằng số thời gian;

$\omega_0$  - tần số dao động riêng của hệ hở;

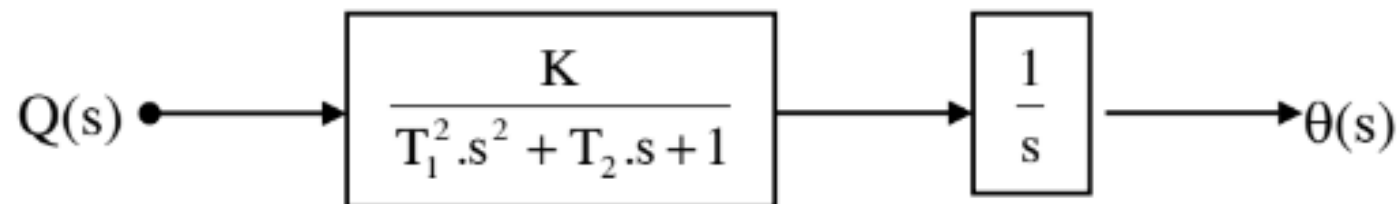
$\zeta$  - hệ số tắt chấn của hệ hở.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

Sơ đồ khối của hệ hở theo hàm truyền (4.81) như ở hình 4.24.



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

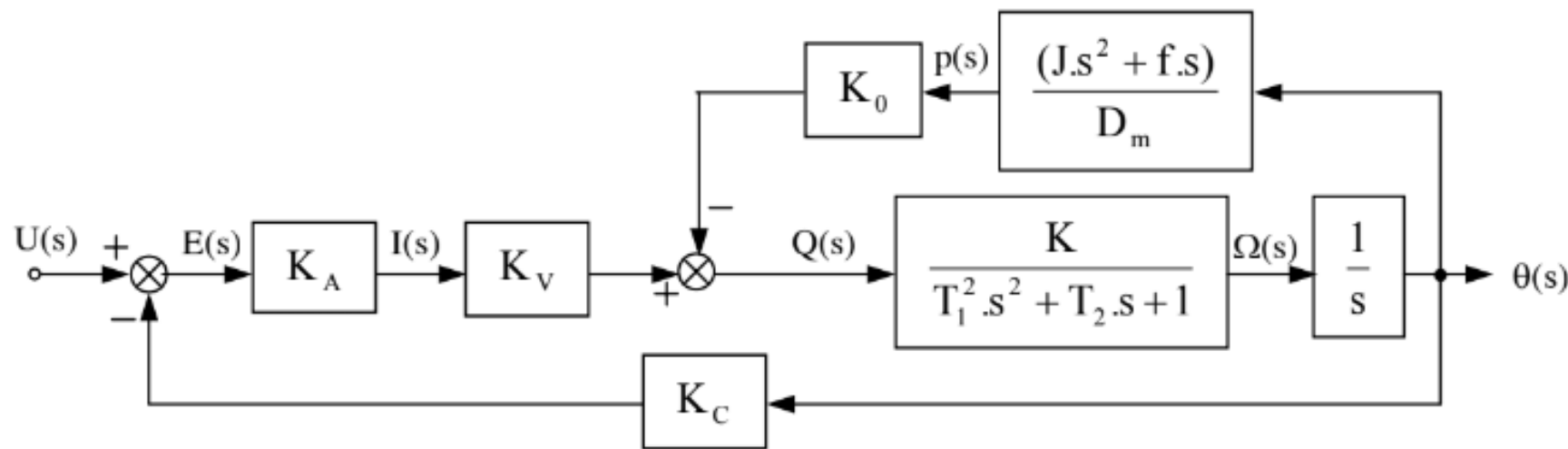
### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

- Đối với hệ kín : Nếu bộ khuếch đại và van servo được coi là khâu khuếch đại thì ta sẽ có các quan hệ theo các công thức sau :

$$Q(s) = K_v \cdot I(s) - K_0 \cdot p(s); I(s) = K_A \cdot E(s); E(s) = U(s) - K_c \cdot \theta(s) \quad (4.82)$$

Dựa vào sơ đồ khối hệ hở ở hình 4.24 và các quan hệ (4.76), (4.82), ta xây dựng được sơ đồ khối hệ kín ở hình hình 4.25.



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

$$\text{Đặt} \quad : \quad A = \frac{K}{T_1^2 \cdot s^2 + T_2 \cdot s + 1}$$

$$\text{và} \quad B = \frac{s \cdot (J \cdot s + f)}{D_m}$$

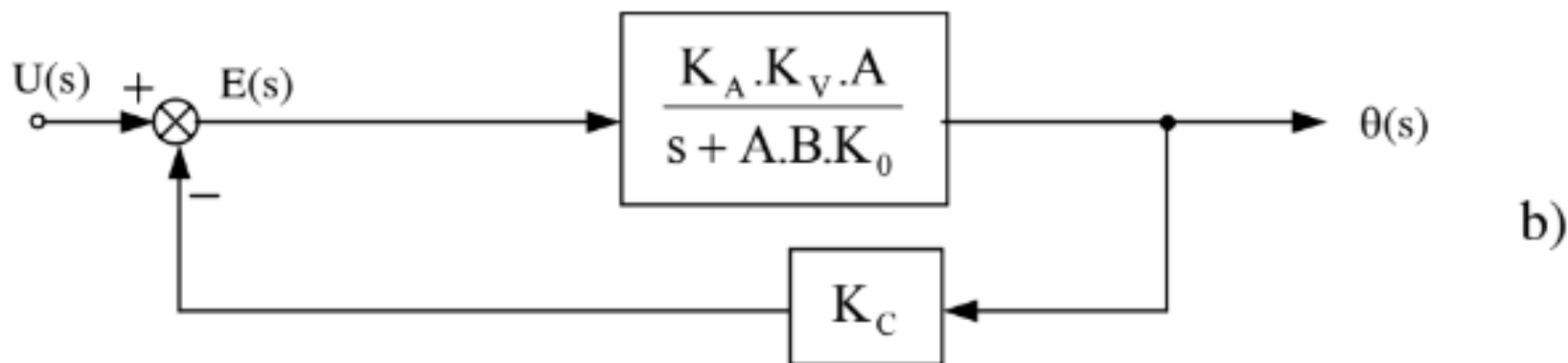
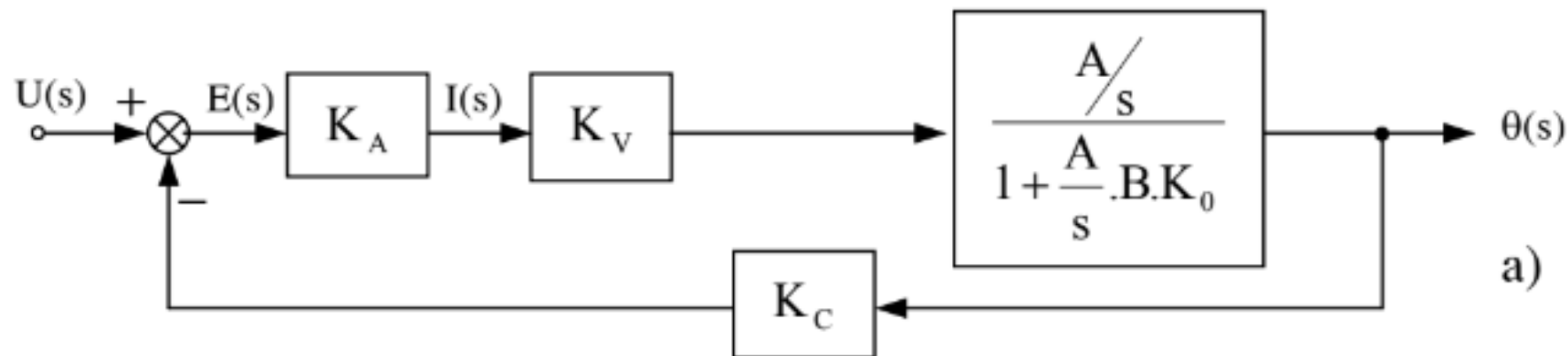
Biến đổi sơ đồ khối ở hình 4.25 ta được sơ đồ như ở hình 4.26a.



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo



## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

Khai triển sơ đồ khối trên hình 4.26b ta có :

$$\frac{\theta(s)}{E(s)} = \frac{K_A \cdot K_V \frac{K}{T_1^2 \cdot s^2 + T_2 \cdot s + 1}}{s + \frac{K}{T_1^2 \cdot s^2 + T_2 \cdot s + 1} \cdot \frac{s \cdot (J \cdot s + f)}{D_m} \cdot K_0} \quad (4.83)$$

Khai triển (4.83) ta được :

$$\frac{\theta(s)}{E(s)} = \frac{\frac{K_A \cdot K_V \cdot K \cdot D_m}{D_m + K \cdot K_0 \cdot f}}{s \cdot \left[ \frac{T_1^2 \cdot D_m}{D_m + K \cdot K_0 \cdot f} \cdot s^2 + \frac{T_2 \cdot D_m + K \cdot K_0 \cdot J}{D_m + K \cdot K_0 \cdot f} \cdot s + 1 \right]} \quad (4.84)$$

Nếu đặt :

$$K_0 = \frac{K_A \cdot K_V \cdot K \cdot D_m}{D_m + K \cdot K_0 \cdot f}$$

$$\tau_1 = \sqrt{\frac{T_1^2 \cdot D_m}{D_m + K \cdot K_0 \cdot f}} = \sqrt{\frac{V \cdot J}{2B \cdot (D_m^2 + \lambda \cdot f)} \cdot \frac{D_m}{(D_m + K \cdot K_0 \cdot f)}} \quad (4.85)$$

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo

$$\tau_2 = \frac{T_2 \cdot D_m + K \cdot K_0 \cdot J}{D_m + K \cdot K_0 \cdot f} = \frac{V \cdot f \cdot D_m + 2B \cdot J \cdot \lambda \cdot D_m + 2B \cdot K \cdot K_0 \cdot J (D_m^2 + \lambda \cdot f)}{2B \cdot (D_m^2 + \lambda \cdot f) \cdot (D_m + K \cdot K_0 \cdot f)}$$

thì phương trình (4.84) sẽ là :

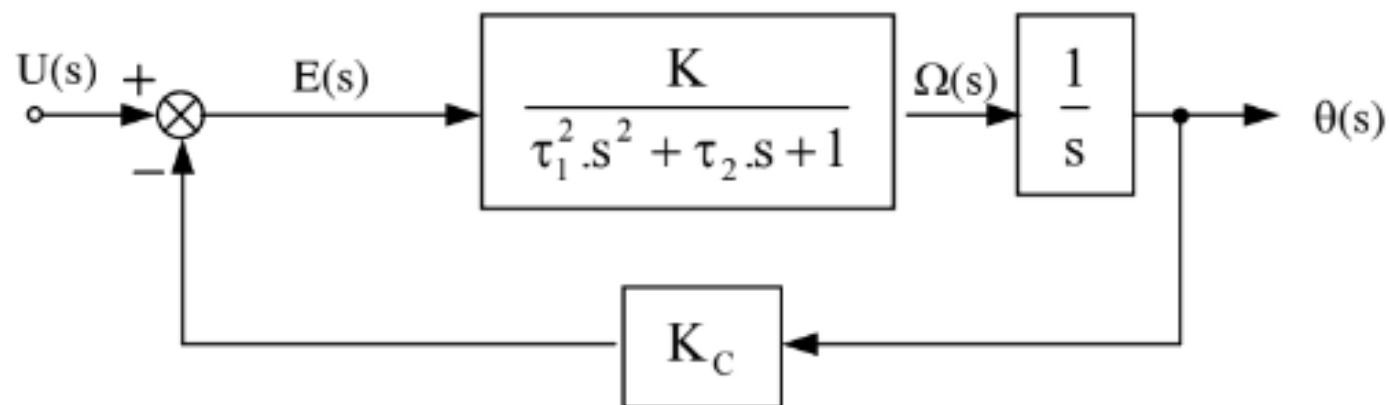
$$\frac{\theta(s)}{E(s)} = \frac{K_\theta}{\tau_1^2 \cdot s^2 + \tau_2 \cdot s + 1} \cdot \frac{1}{s} \quad (4.86)$$

Công thức (4.86) là mô hình của một khâu dao động và một khâu tích phân lý tưởng. Sơ đồ khối của hệ kín thể hiện ở hình 4.27.

## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

### 5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực

#### 4.5.4. Hệ thủy lực chuyển động quay điều khiển bằng van servo



Hình 4.27. Sơ đồ khối của hệ thống thủy lực điều khiển vị trí

Hàm truyền hệ kín  $\frac{\theta(s)}{U(s)}$  sau khi biến đổi sơ đồ khối ở hình 4.27 sẽ là bậc 3.

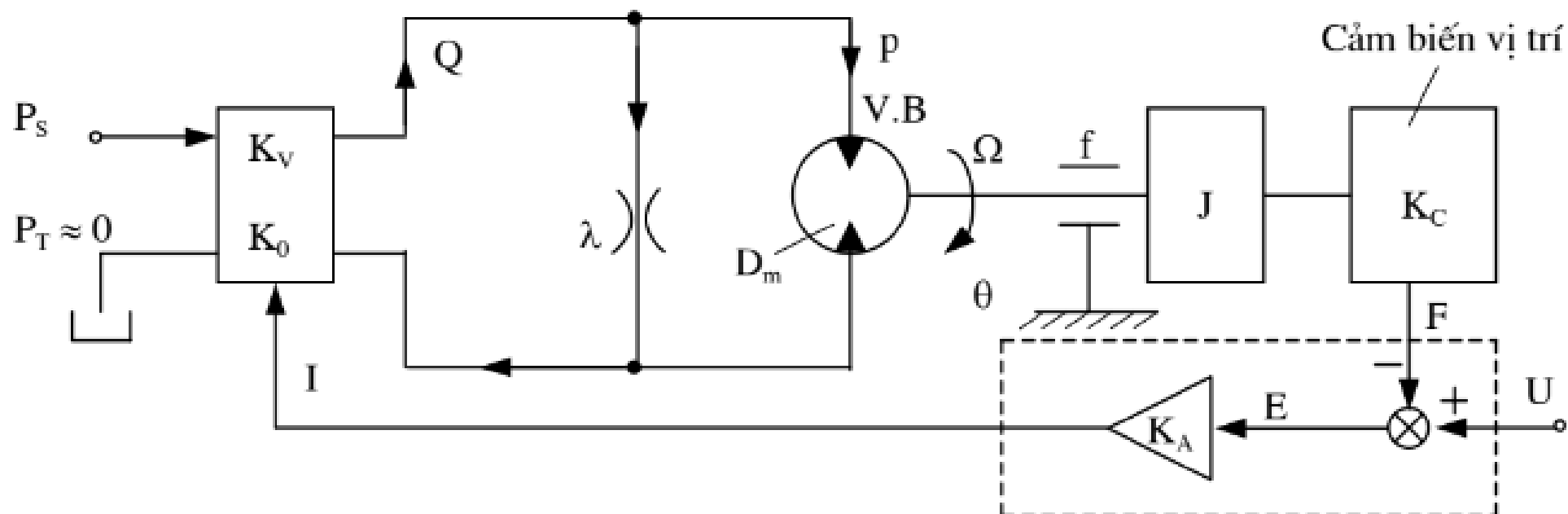
## C4. HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG THỦY LỰC

**5. Hàm truyền của một số mạch điều khiển thủy lực**

**Tự cho số liệu và mô phỏng cả 4 hệ thống trên cùng cửa sổ MatLab  
chạy file M các tham số nhập trước (tự cho phù hợp hệ ổn định không giống nhau)  
Hạn cuối 15/11/2022. Zalo nhóm**

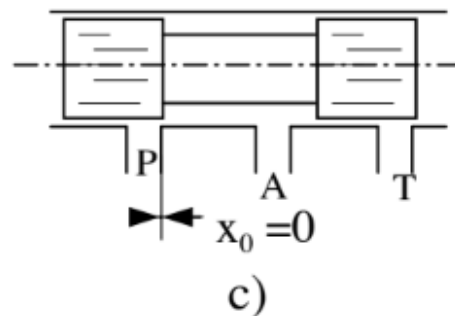
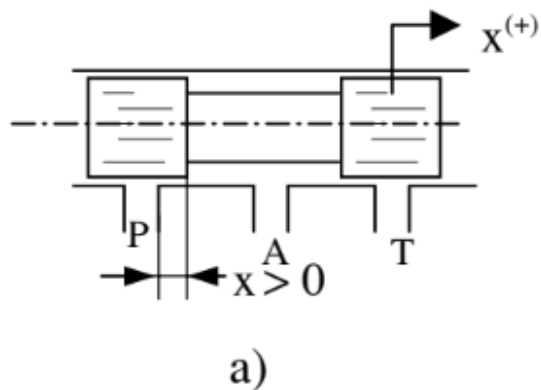
## ÔN TẬP

**Câu 4: Xây dựng hàm truyền cho hệ thống sau:**



## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.1. Van trượt có mép điều khiển dương, trung gian và âm



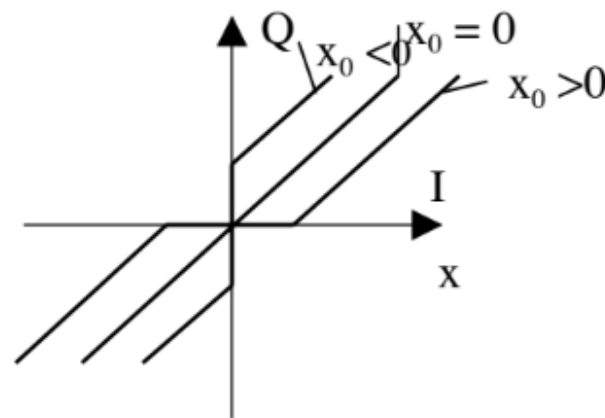
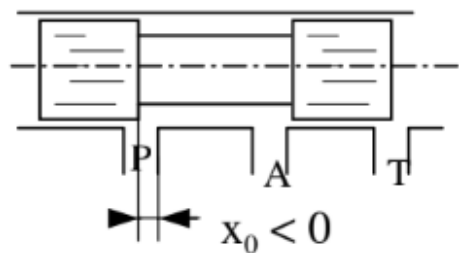
Hình 5.1. Sơ đồ các loại mép điều khiển của van

a - Van có mép điều khiển dương ( $+x_0$ );

b - Van có mép điều khiển trung gian ( $x_0 = 0$ );

c - Van có mép điều khiển âm ( $-x_0$ );

d- Đặc tính lý thuyết Q - x (Q - I).



## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.1.. Van trượt có mép điều khiển dương, trung gian và âm

- Khi  $x_0 > 0$  gọi là van trượt có mép điều khiển dương, con trượt di chuyển trong vùng  $x_0$  lưu lượng vẫn bằng 0 và vùng này có thể gọi là vùng "chết" (hoặc vùng che phủ).

- Khi  $x_0 = 0$  gọi là van trượt có mép điều khiển trung gian.

- Khi  $x_0 < 0$  gọi là van trượt có mép điều khiển âm, tại vị trí trung gian (con trượt chưa di chuyển) đã hình thành tiết diện chảy và lưu lượng dầu đã qua van.

Đặc tính Q - x (hoặc Q - I) lý thuyết của các loại van trên thể hiện ở hình 5.1d.

Thực tế rất khó thực hiện van trượt có mép điều khiển trung gian ( $x_0 = 0$ ) nên rất ít dùng trong thực tế.

Đối với van trượt có mép điều khiển dương để con trượt vượt quá vùng "chết" thì dòng điện đầu vào cần thiết để con trượt di chuyển  $x = x_0$  phải nhỏ hơn 4% dòng điện cực đại. Yêu cầu này nhằm khống chế sai số điều khiển trong phạm vi cho phép.



## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

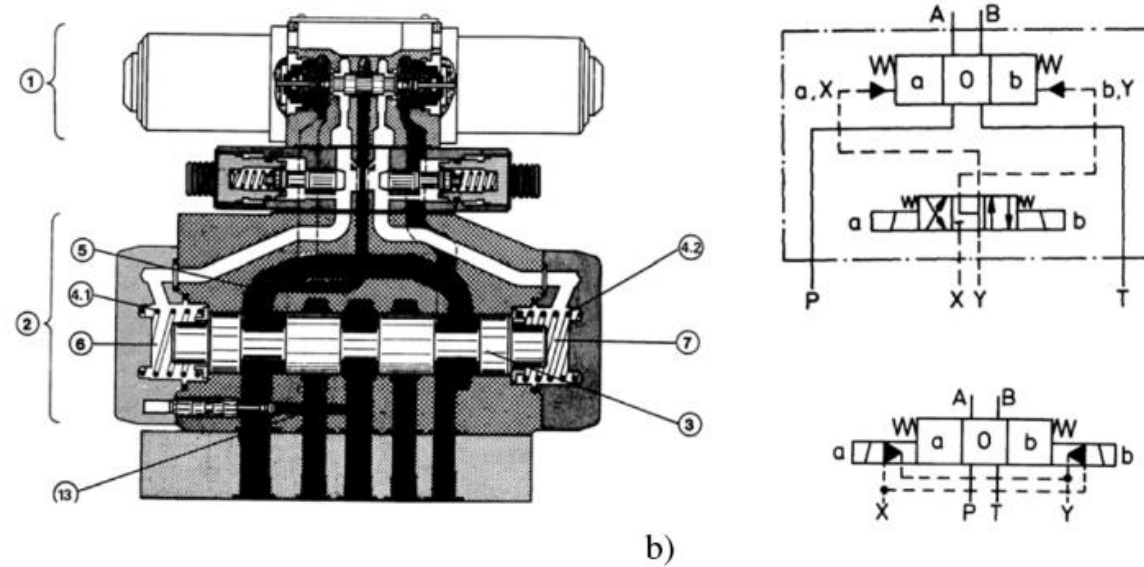
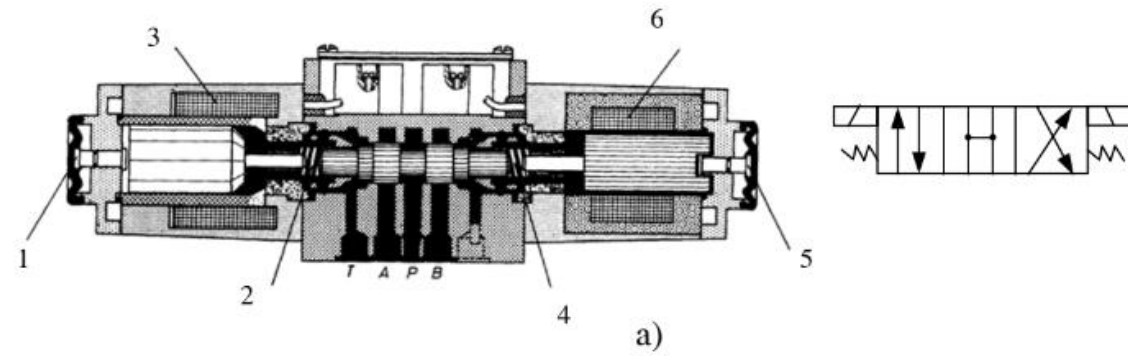
### 5.2. Van solenoid

Cấu tạo của van solenoid gồm các bộ phận chính (hình 5.3) là: loại điều khiển trực tiếp (hình 5.3a) gồm có thân van, con trượt và hai nam châm điện; loại điều khiển gián tiếp (hình 5.3b) gồm có van sơ cấp 1, cấu tạo van sơ cấp giống van điều khiển trực tiếp và van thứ cấp 2 điều khiển con trượt bằng dầu ép, nhờ tác động của van sơ cấp.

Con trượt của van sẽ hoạt động ở hai hoặc ba vị trí tùy theo tác động của nam châm. Có thể gọi van solenoid là loại van điều khiển có cấp.

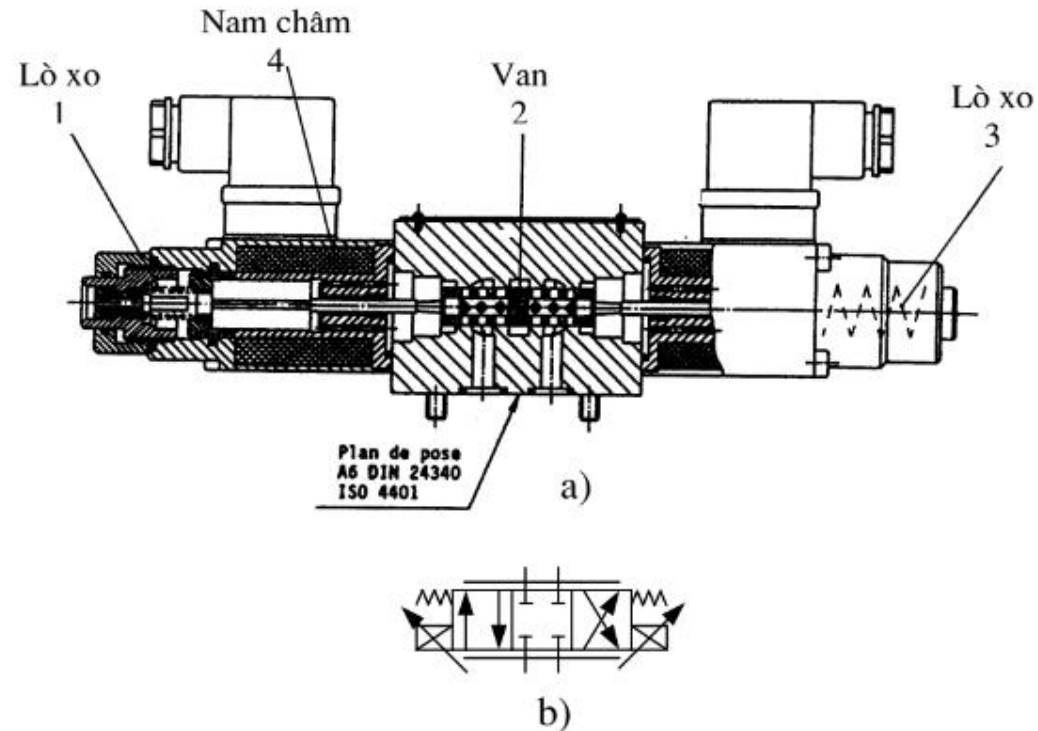
## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.2. Van solenoid



## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.3. Van tỷ lệ



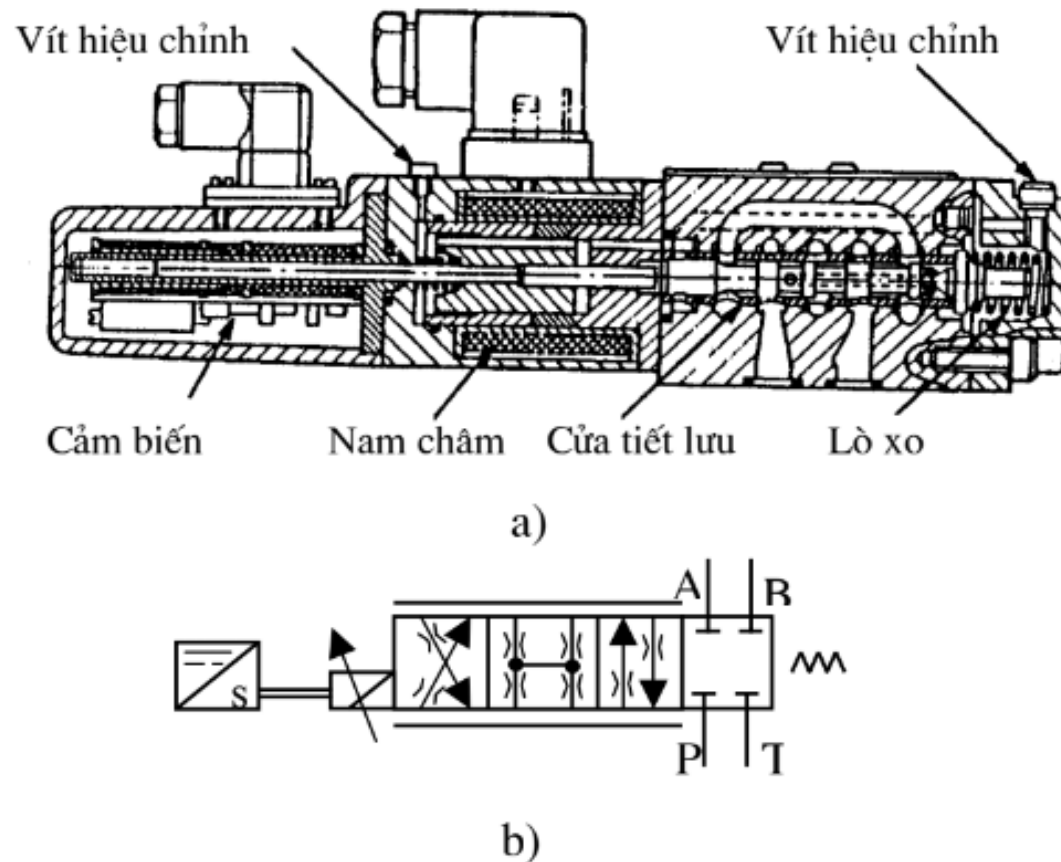
Hình 5.4. Cấu tạo và ký hiệu của van tỷ lệ

a - Cấu tạo; b - Sơ đồ ký hiệu.

Hình 5.4 là kết cấu của van tỷ lệ, van có hai nam châm 4 bố trí đối xứng, các lò xo 1 và 3 phục hồi vị trí cân bằng của con trượt 2.

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

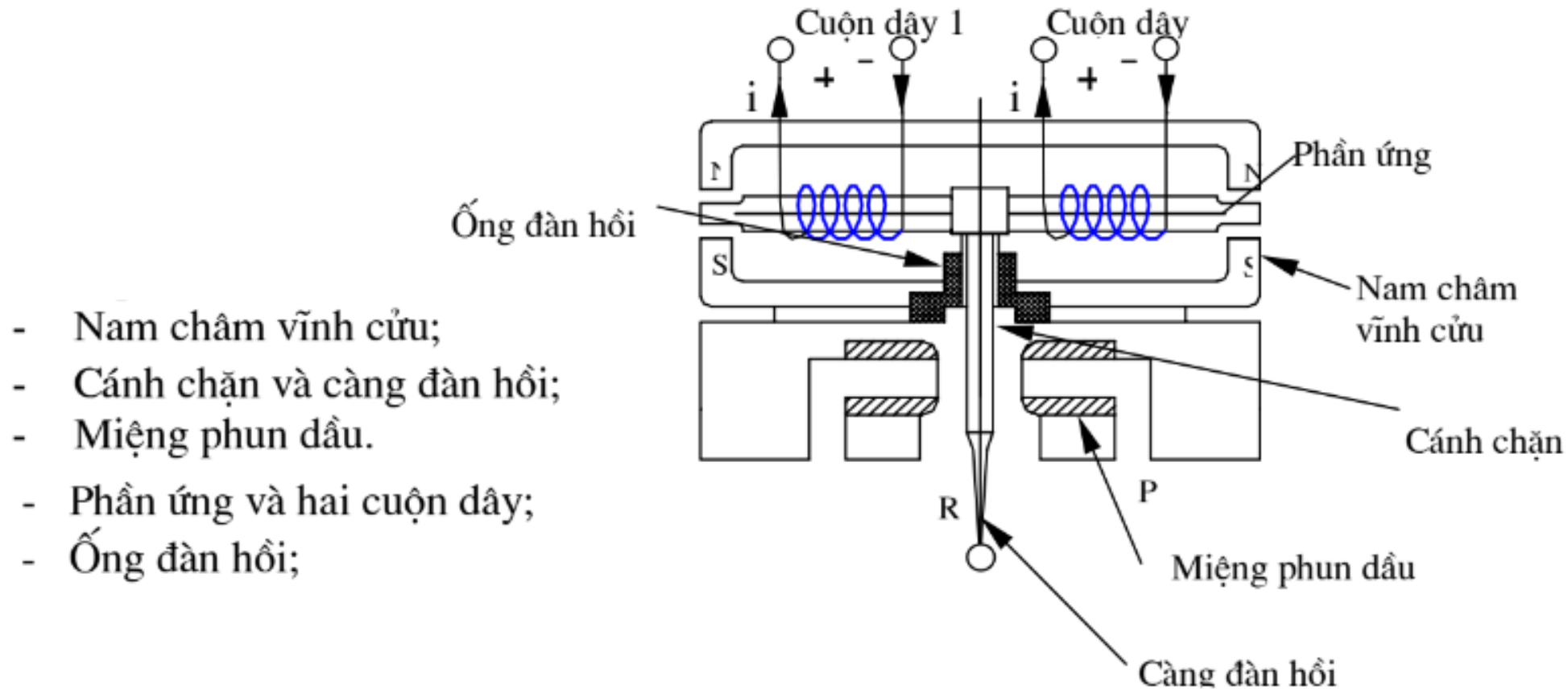
### 5.3. Van tỷ lệ có phản hồi hiệu suất cao



Hình 5.5. Cấu tạo và ký hiệu của van tỷ lệ hiệu suất cao loại 4 vị trí 4 cửa

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

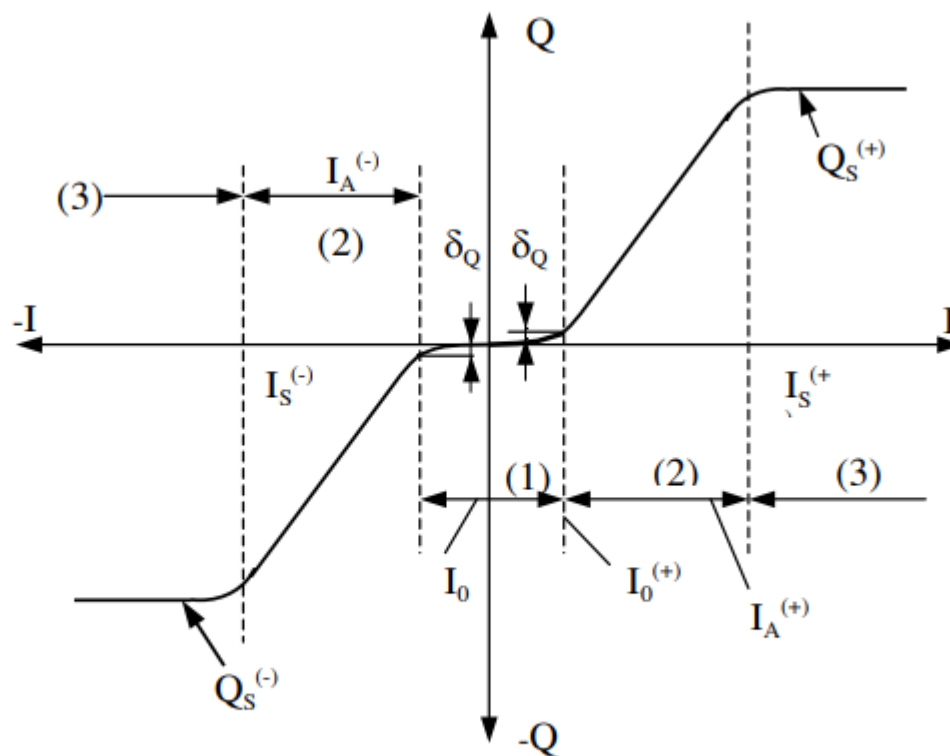
### 5.4. Van servo



Hình 5.6. Sơ đồ nguyên lý của bộ phận điều khiển con trượt của van servo

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.4. Đồ thị quan hệ giữa lưu lượng $Q$ và dòng điện điều khiển $I$



Hình 5.14. Đặc tính  $Q - I$  của van trượt điều khiển

1 - Vùng bão hòa ( $Q = 0$ ); 2 - Vùng hoạt động của van; 3 - Vùng bão hòa ( $Q = Q_{\max}$ ).

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.4. Đồ thị quan hệ giữa lưu lượng Q và dòng điện điều khiển I

Hệ số khuếch đại lưu lượng là tỷ số giữa độ thay đổi lưu lượng ra và độ thay đổi dòng điện vào :

$$K_Q \approx \left. \frac{dQ}{dI} \right|_{\Delta P_L=0} \quad (5.3)$$

$$K_Q = \frac{Q}{I} \quad (5.4)$$

$K_Q$  là hệ số góc của đặc tính Q - I của van.

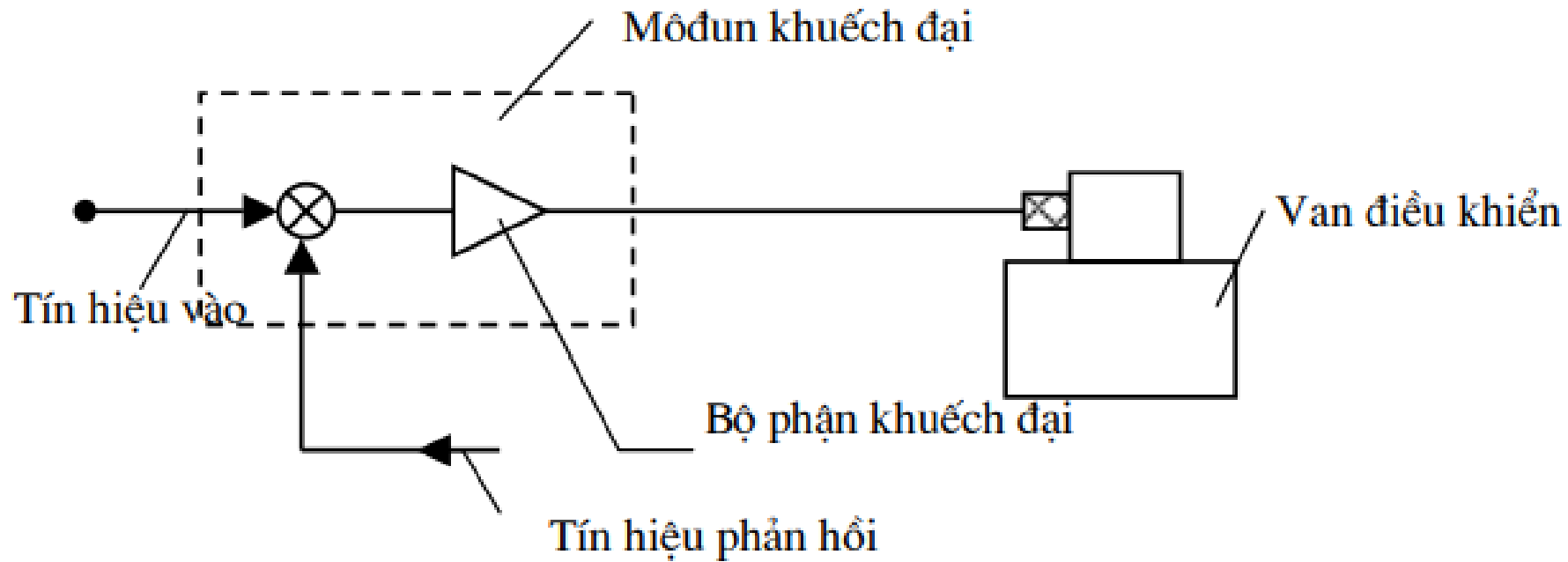
Hệ số khuếch đại áp suất là tỷ số giữa áp suất ra với tín hiệu dòng điện vào của van,

được xác định theo công thức sau :

$$K_P = \frac{P}{I} \quad (5.5)$$

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.5. Bộ khuếch đại

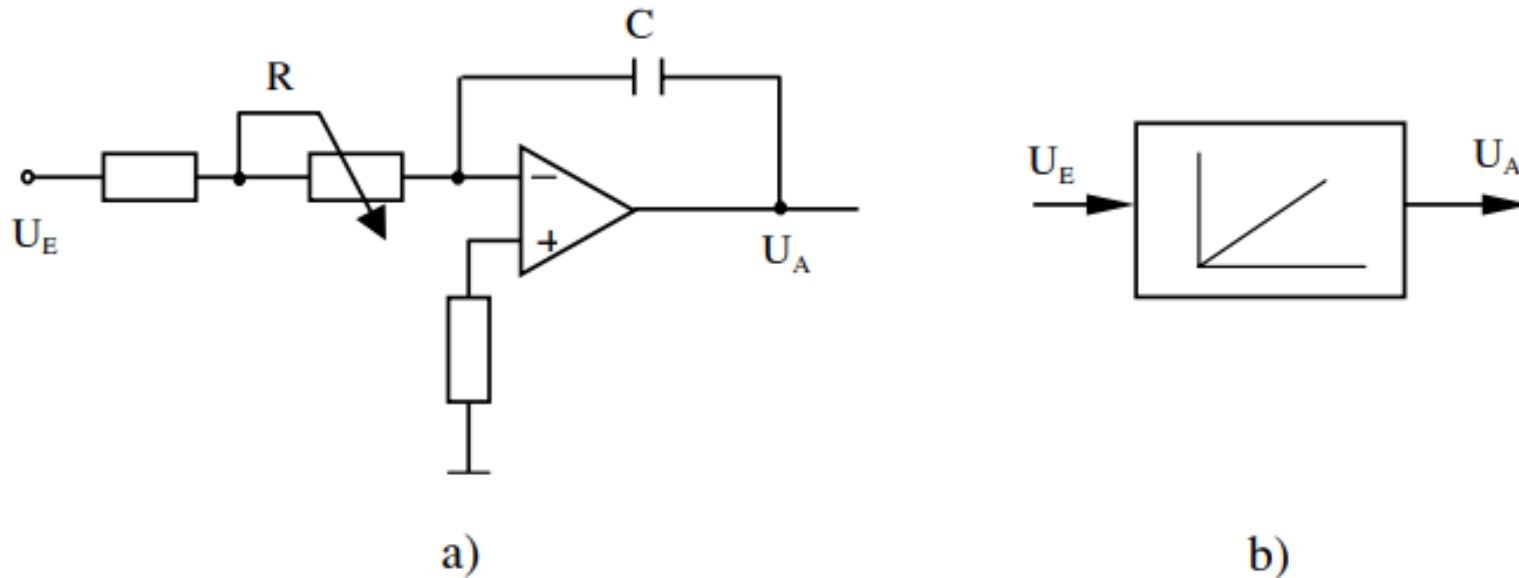




## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.5. Bộ khuếch đại

1- Bộ phát Rampe (điều chỉnh độ dốc)



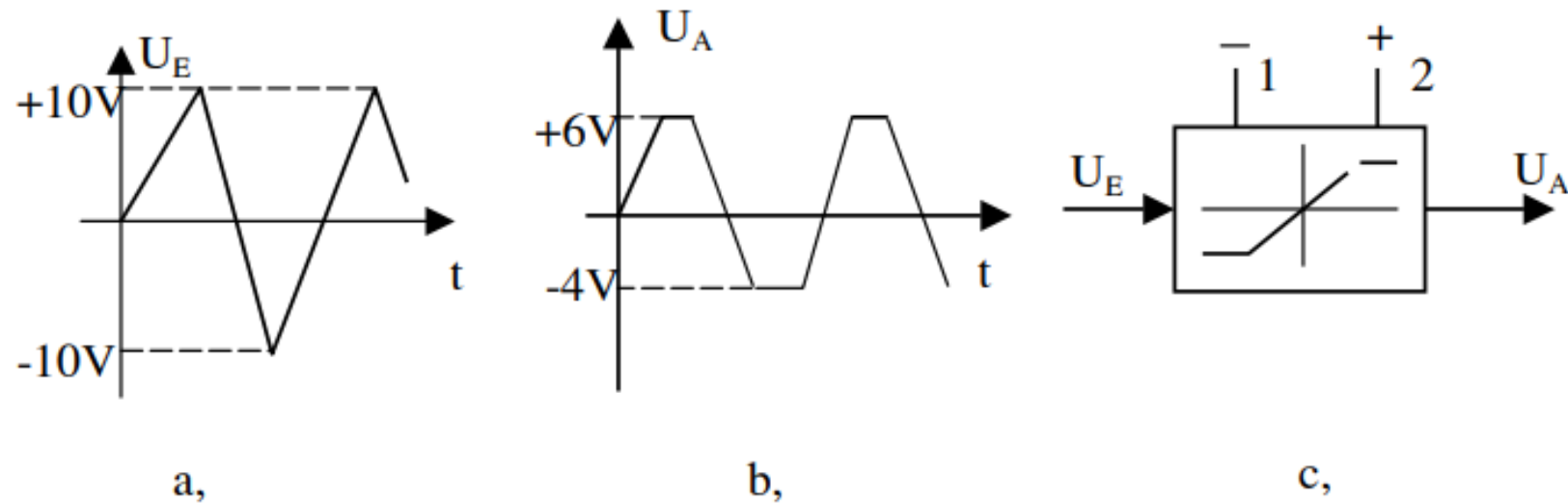
Hình 5.29. Sơ đồ và ký hiệu của bộ phát Rampe.

a- Sơ đồ nguyên lý; b- Ký hiệu.

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.5. Bộ khuếch đại

#### 2. Bộ khống chế



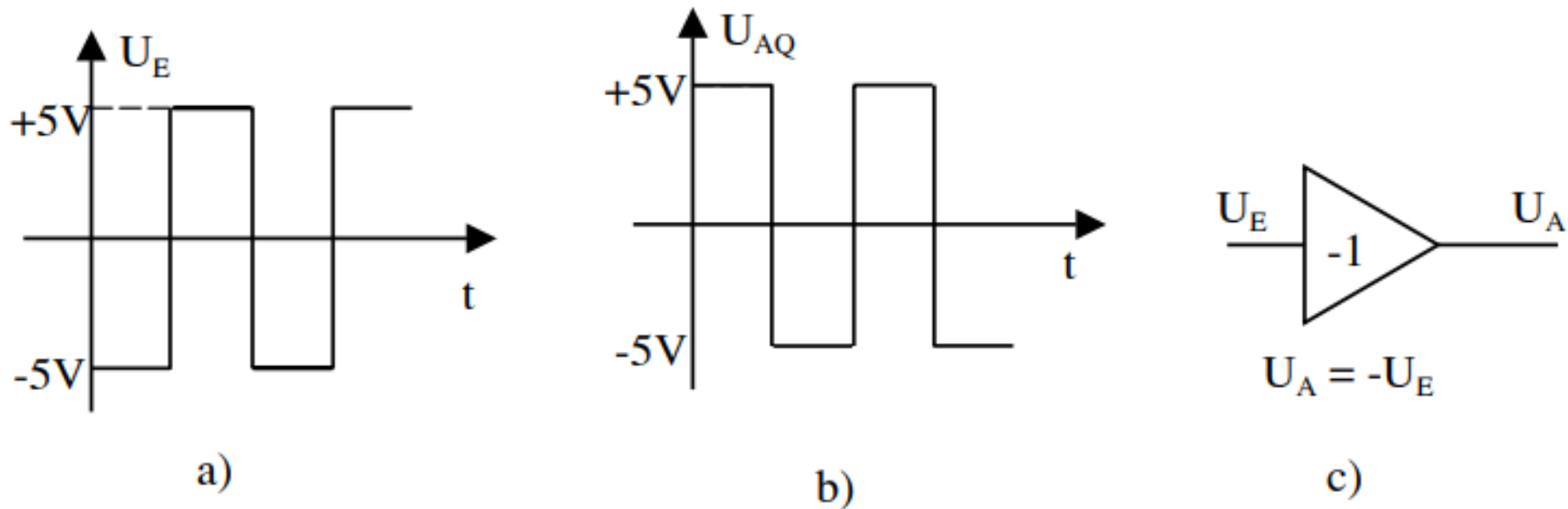
Hình 5.30. Đặc tính và ký hiệu bộ khống chế

a- Tín hiệu vào; b- Tín hiệu ra đã khống chế; c- Ký hiệu.

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.5. Bộ khuếch đại

#### 3. Bộ đảo tín hiệu



Hình 5.31. Đặc tính và ký hiệu của bộ đảo tín hiệu

a- Tín hiệu vào; b- Tín hiệu ra; c- ký hiệu.

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến

Cảm biến là gì?

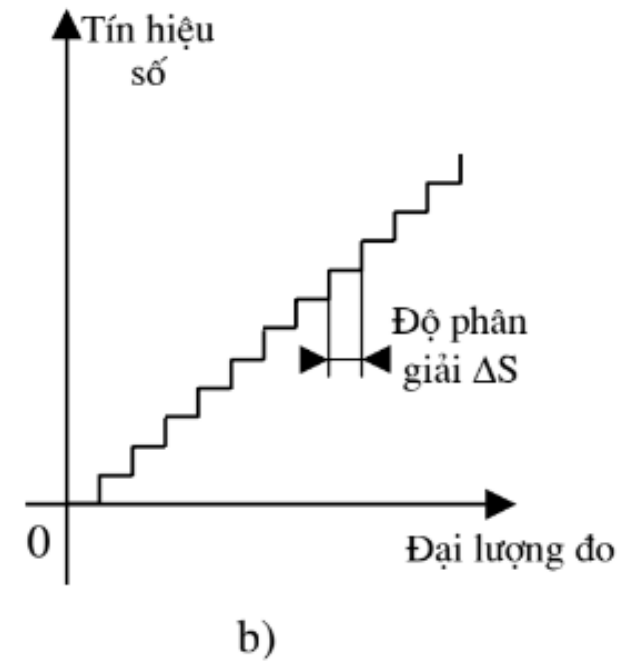
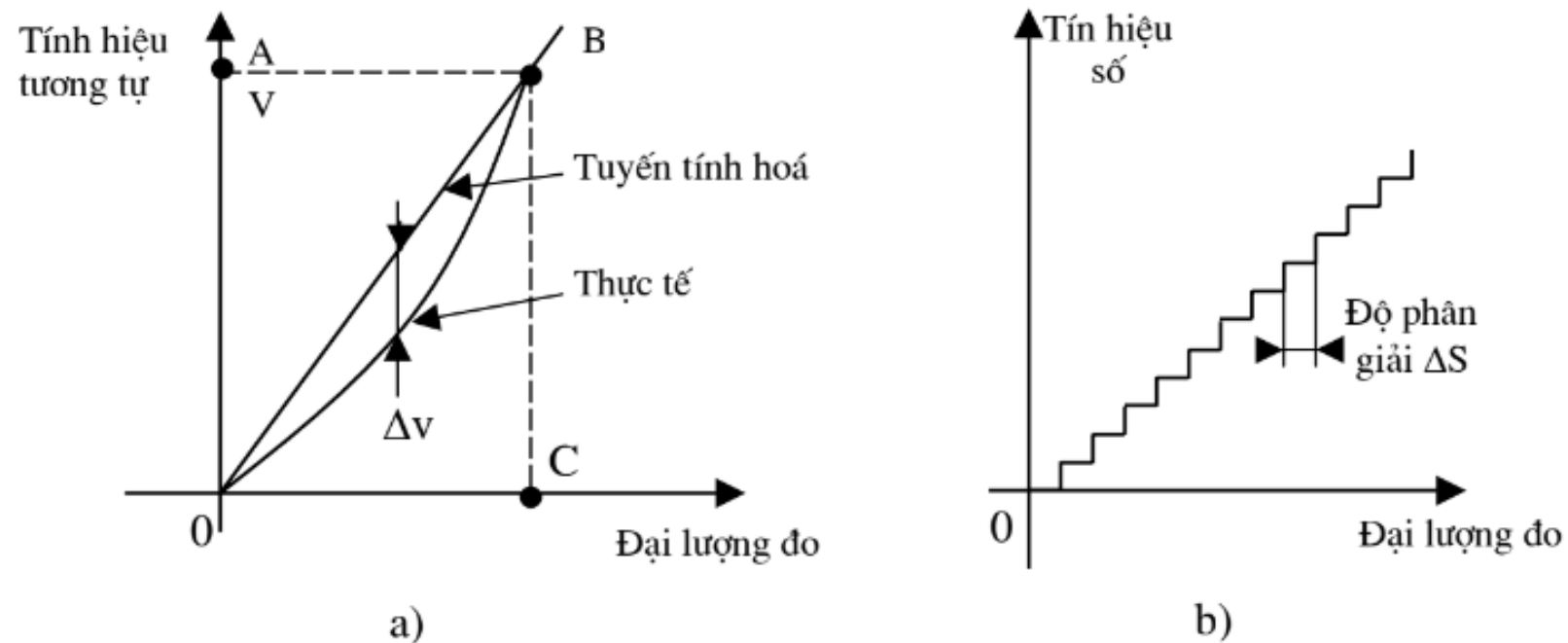
Analog

Digital

Ví dụ: cảm biến áp suất đo 0- 400bar cho ra

điện áp 0v -10V

Tính giá trị áp suất khi cảm biến đo được 6V



Hình 5.39. Đặc tính của cảm biến

a- Cảm biến tương tự (analog); b- Cảm biến số (digital).

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến

Cảm biến là gì?

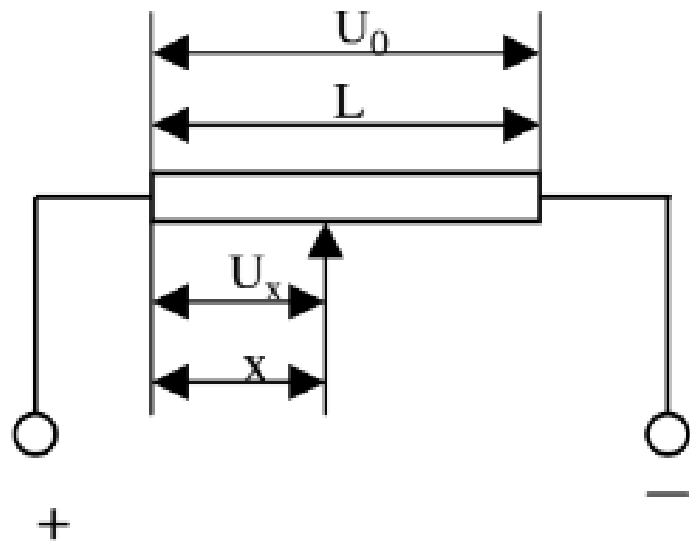
ADC

DAC

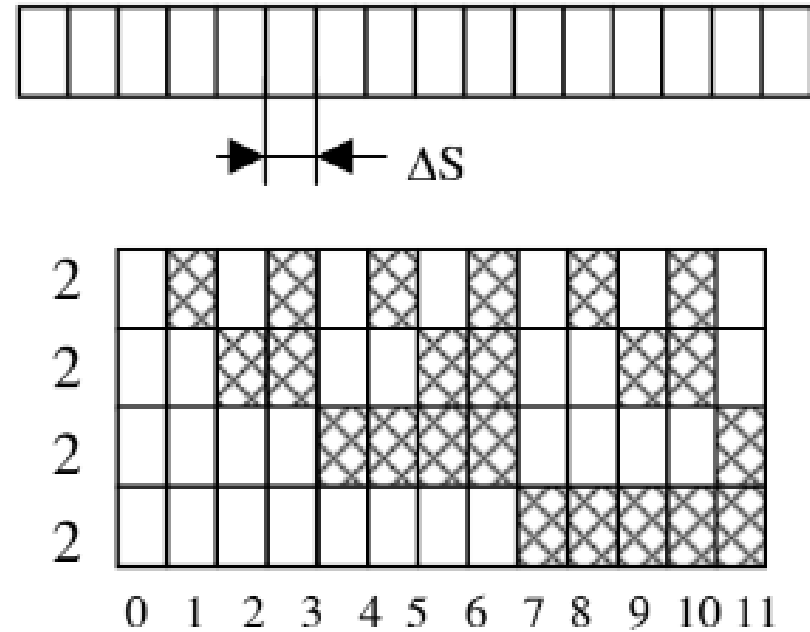
Cho bộ chuyển đổi số ADC 8 bit, xác định áp suất khi bộ chuyển đổi cho tín hiệu 11010010

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo chiều dài



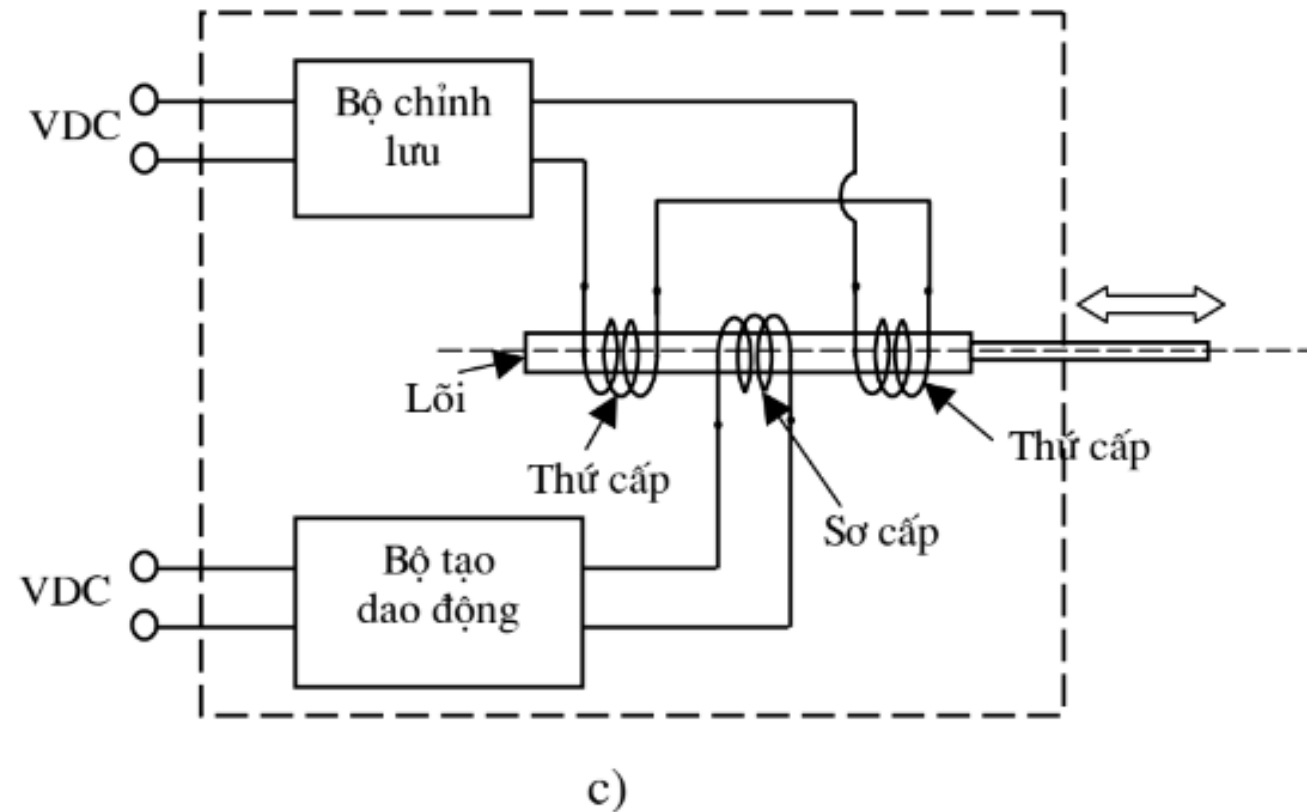
a)



b)

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo chiều dài



Hình 5.40. Sơ đồ nguyên lý của cảm biến vị trí

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo chiều dài

Hình 5.40a thực chất là một biến trở (potentiometer), tuy nhiên khác với biến trở thông thường thì cảm biến điện trở có đặc tính tuyến tính cao. Điện áp cung cấp là  $U_0$  có hành trình lớn nhất là  $L$ , khi con trượt di chuyển, tùy thuộc vào vị trí của con trượt  $x$  mà sẽ cho điện áp ra  $U_x$  tương ứng. Ta có quan hệ sau :

$$\frac{U_x}{U_0} = \frac{x}{L} \text{ hay } x = \frac{U_x \cdot L}{U_0} = \frac{L}{U_0} \cdot U_x = \frac{1}{K_c} \cdot U_x$$

viết lại là :

$$\frac{U_x}{x} = K_c$$

$K_c$  là hệ số khuếch đại của cảm biến.



## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo chiều dài

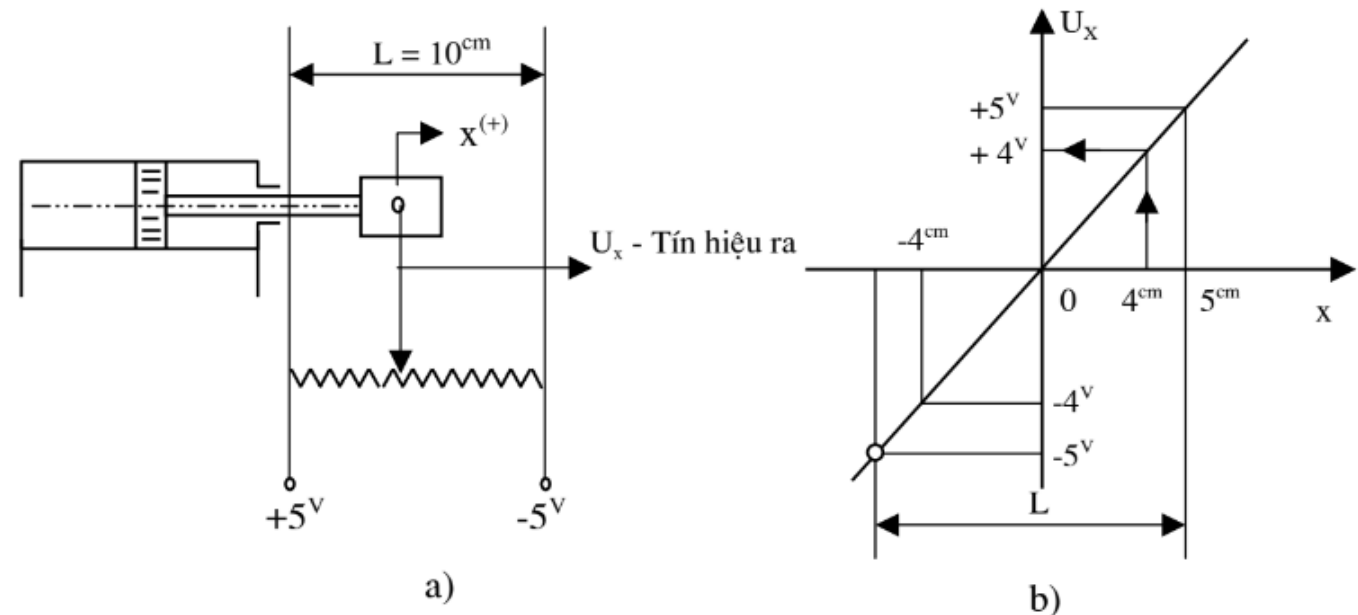
Ví dụ : Nghiên cứu sơ đồ điều khiển vị trí như hình 5.41 ta thấy :

Điện áp cung cấp là  $\pm 5\text{ V}$ , tức là khi pittông ở vị trí giữa thì  $U_{x=0} = 0$

Hệ số khuếch đại của cảm biến là : 
$$K_C = \frac{U_0}{L} = \frac{10\text{V}}{10\text{cm}} = 1\text{ V/cm}$$

Nếu  $x = 5\text{ cm}$  thì  $U_x = K_C \cdot x = 1 \times 5 = 5\text{ V}$

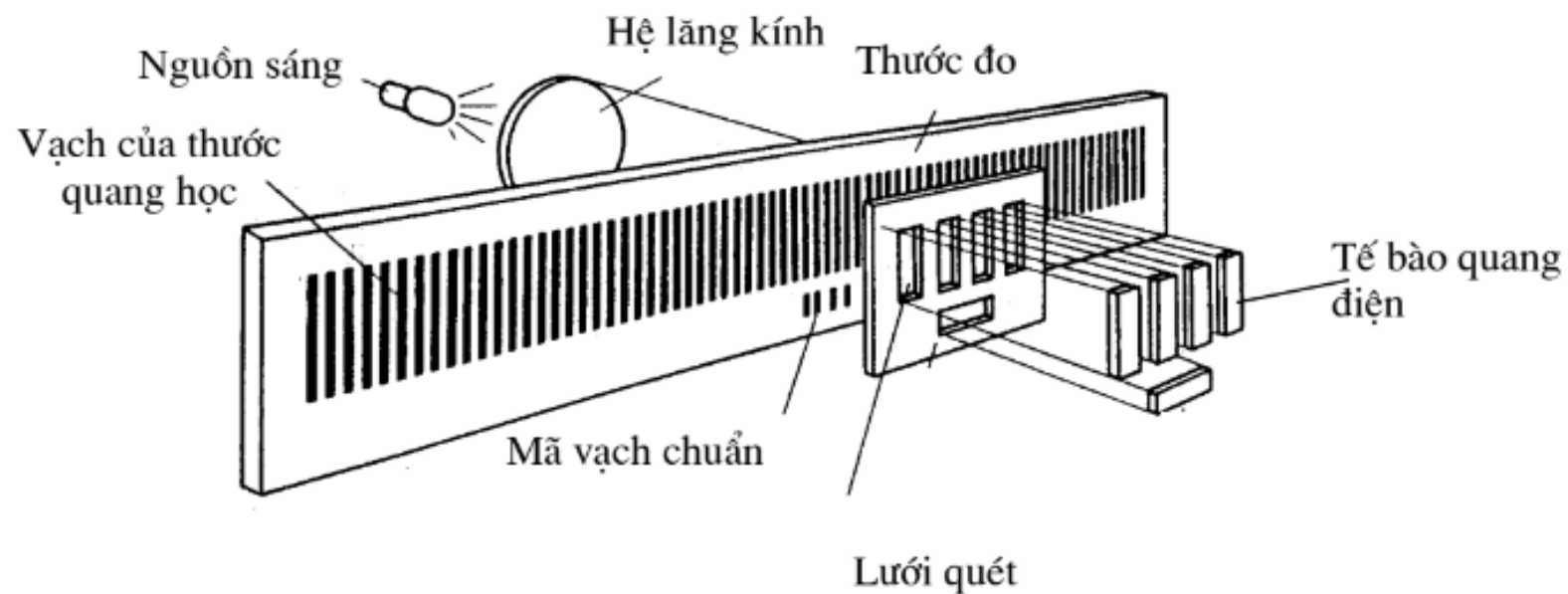
Nếu  $x = -4\text{ cm}$  thì  $U_x = 1 \cdot (-4) = -4\text{ V}$



## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo chiều dài

Hình 5.43 giới thiệu cấu trúc một hệ thống đo chiều dài số theo nguyên tắc quang - điện (hay gọi là thước đo quang điện) kiểu gia số.



Hình 5.43. Thước đo số theo nguyên tắc quang điện

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo chiều dài

Thước đo di chuyển giữa hệ thống thấu kính và lưới quét, khi tia sáng từ nguồn sáng qua thấu kính rọi qua thước đo, trên đó có những vạch phản quang và không phản quang thay đổi kế tiếp và đều nhau. Tia sáng gặp phải vạch phản quang sẽ bị phản hồi lại còn những tia lọt qua được sẽ đến lưới quét và tế bào quang điện. Tế bào quang điện phát ra tín hiệu.

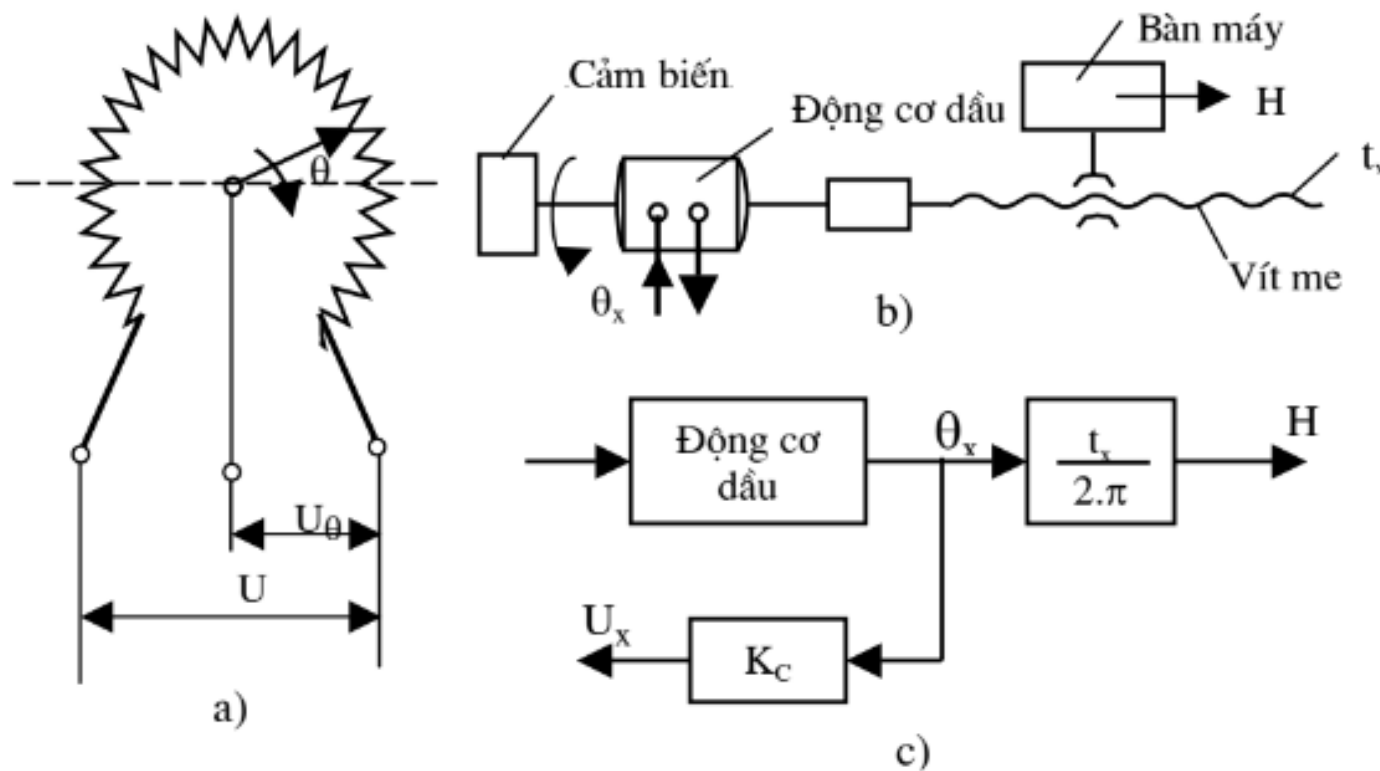
Đây là thiết bị đếm vạch kiểu gia số nên trên thước có trang bị thêm các vạch chuẩn (dấu mã chuẩn) để có thể tính toán được giá trị tuyệt đối.

Hình 5.40b là một kiểu đo giá trị tuyệt đối theo hệ nhị phân. Những vùng soi thấu hoặc không soi thấu (phản quang) trên thước đo tương ứng với giá trị 1 và giá trị 0 của hệ nhị phân.

Ngoài các loại đã giới thiệu ở trên, hiện nay người ta còn sử dụng cảm biến đo theo điện dung, laser, siêu âm...gắn ngay trong xy lanh nên các xy lanh loại này được chế tạo đặc biệt.

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo góc



Hình 5.44. Sơ đồ của cảm biến điện trở đo góc và ứng dụng của nó

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo góc

- a- Cảm biến điện trở đo góc;
- b,c - Sơ đồ nguyên lý và sơ đồ khối của hệ thủy lực biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến.

Như sơ đồ ví dụ trên hình 5.44a ta thấy :

$$U_x = \frac{U_0}{\theta_{\max}} \cdot \theta_x = K_C \cdot \theta_x$$

trong đó :

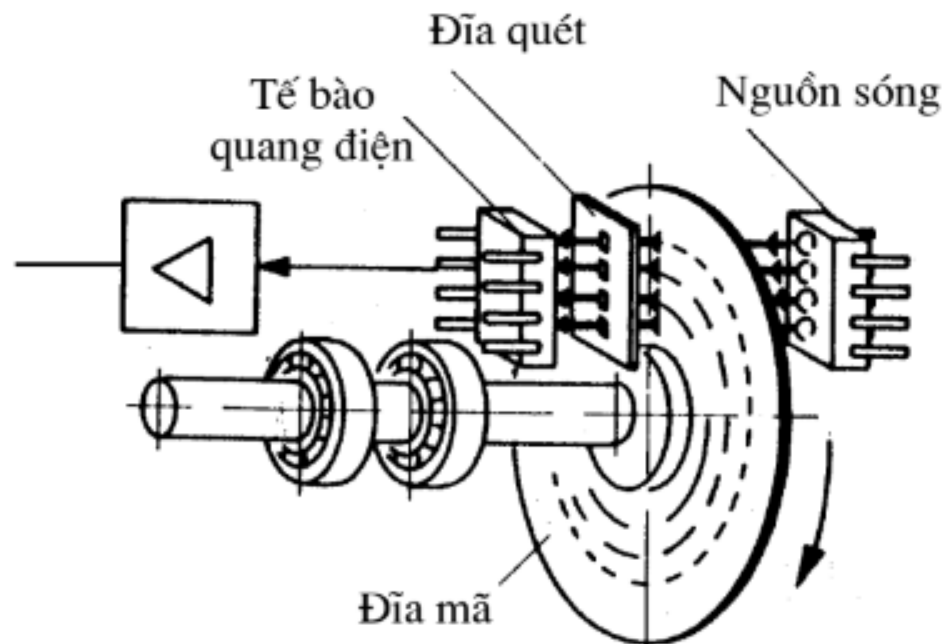
$K_C$  - hệ số khuếch đại của cảm biến;

$\theta_x$  - góc quay và  $U_x$  - điện áp ra.

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vị trí đo góc

Đối với cảm biến RVDT (Rotary Variable Differential Transformer) lõi sắt được đặt theo một dạng cam đặc biệt có kết cấu tương đối phức tạp.

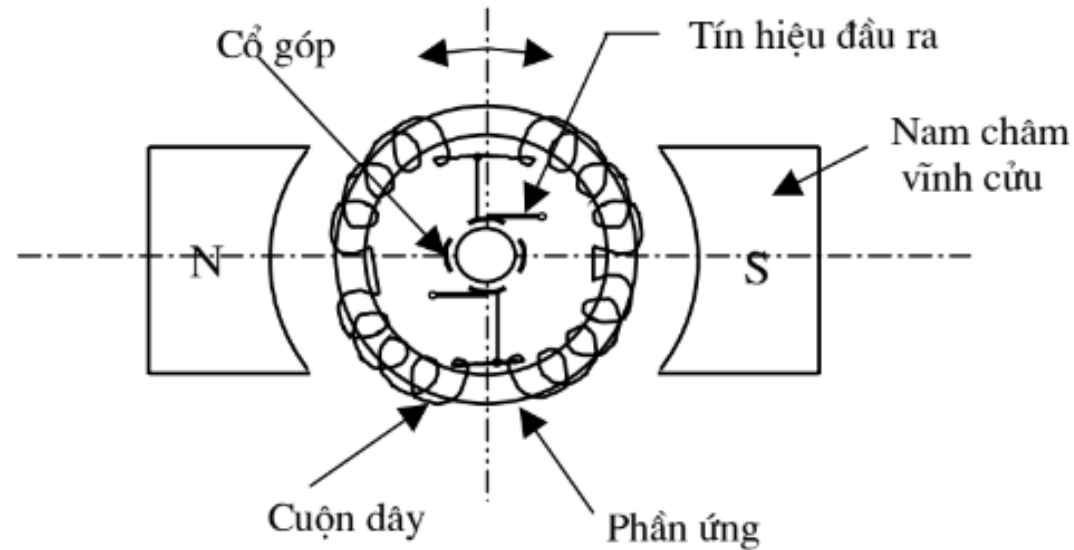


Hình 5.45. Sơ đồ của thiết bị đo góc quang điện

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến Cảm biến vận tốc

Để đo vận tốc góc người ta sử dụng máy phát tốc. Máy phát tốc có thể gọi là tachometer- generator viết tắt là tacs- gen. Thiết bị này về cơ bản giống máy phát điện một chiều DC kiểu nam châm vĩnh cửu (hình 5.46).



Hình 5.46. Sơ đồ của máy phát tốc (tacs- gen)

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến

#### Ví dụ: Cảm biến vị trí

- **Analog:** Cho điện trở vòng tròn 270 độ, cấp điện áp  $U_0 = 12\text{ V}$ , Xác định vị trí Deta của động cơ dầu biết rằng điện áp  $U_x$  phản hồi đo được 8V.
- **Digital:** Cho Encoder có xung 1000 xung /vòng. Tế bào quang điện đọc được 750 xung/s. Xác định góc quay Deta và Vận tốc Omega.

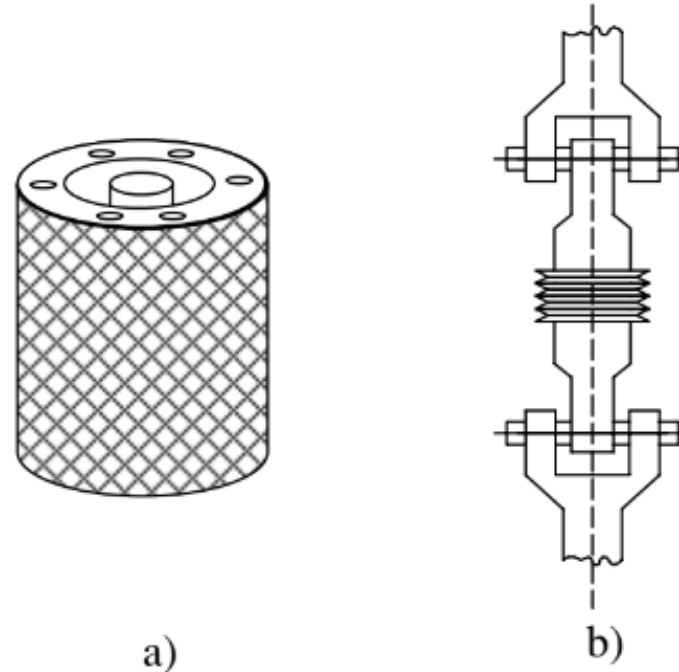


## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến

#### Cảm biến áp suất, lực và mômen xoắn

Hình 5.48 là bộ cảm biến lực và cảm biến mômen xoắn hoạt động theo nguyên lý đo sức căng.

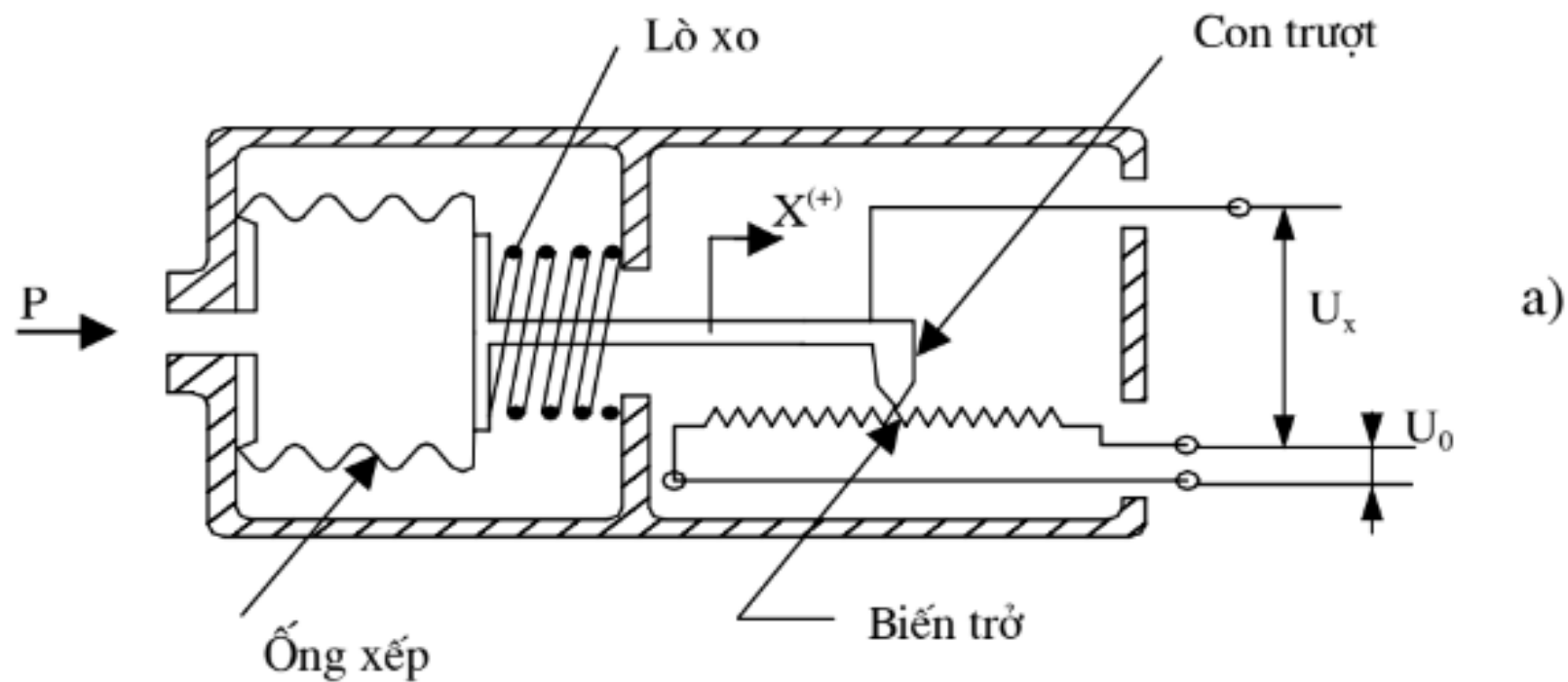


Hình 5.48. Sơ đồ của cảm biến đo lực (a) và cảm biến đo mômen xoắn (b) theo nguyên lý đo sức căng

## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

### 5.6. Các loại cảm biến

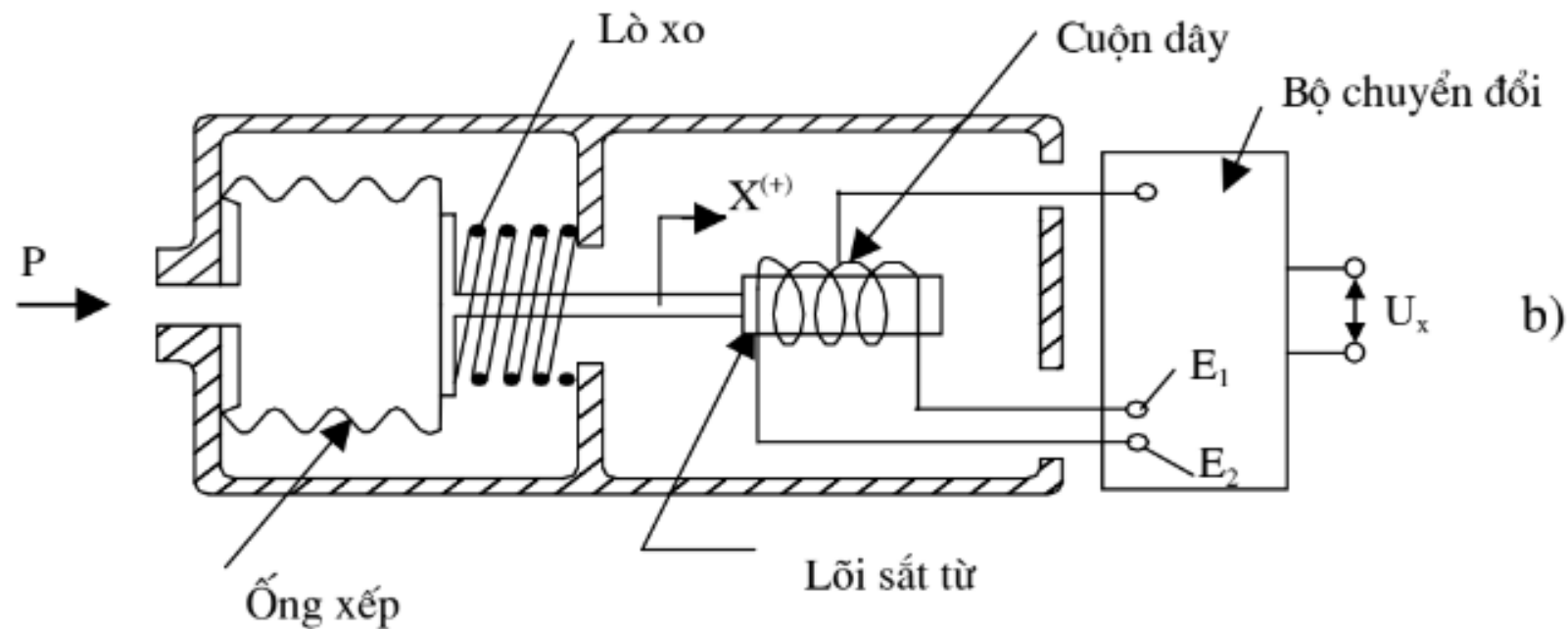
#### Cảm biến áp suất, lực và mômen xoắn



## C5. Các phần tử điều khiển cơ bản

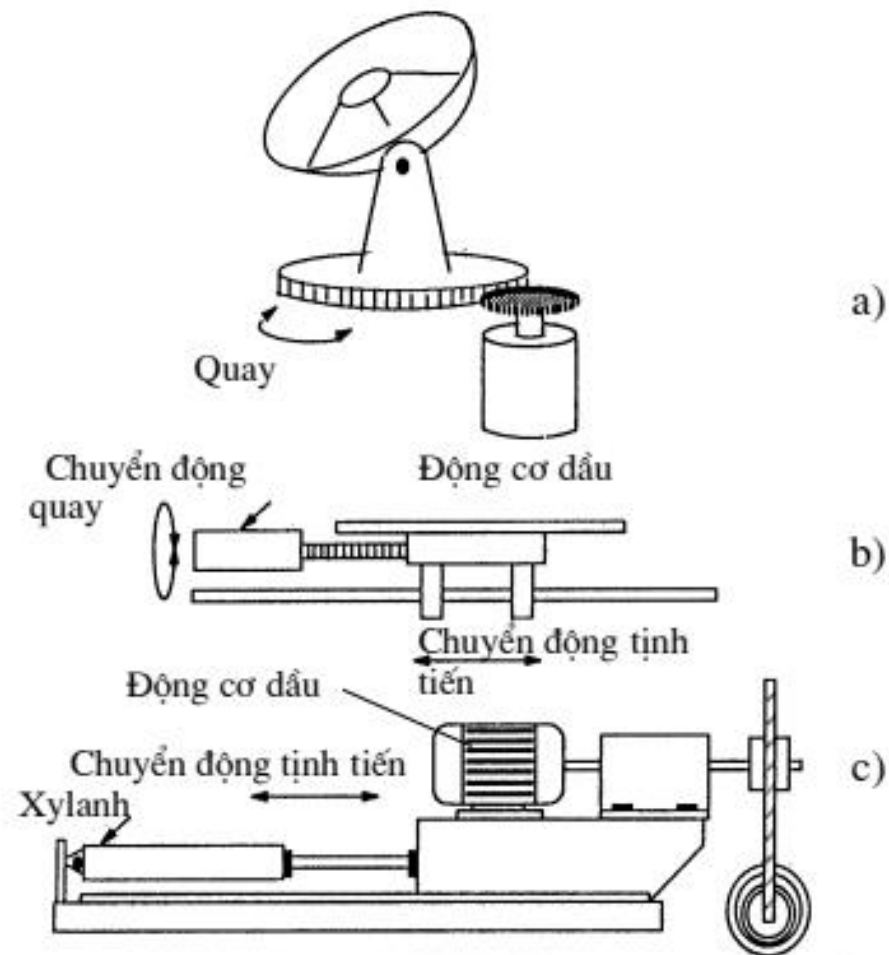
### 5.6. Các loại cảm biến

#### Cảm biến áp suất, lực và mômen xoắn



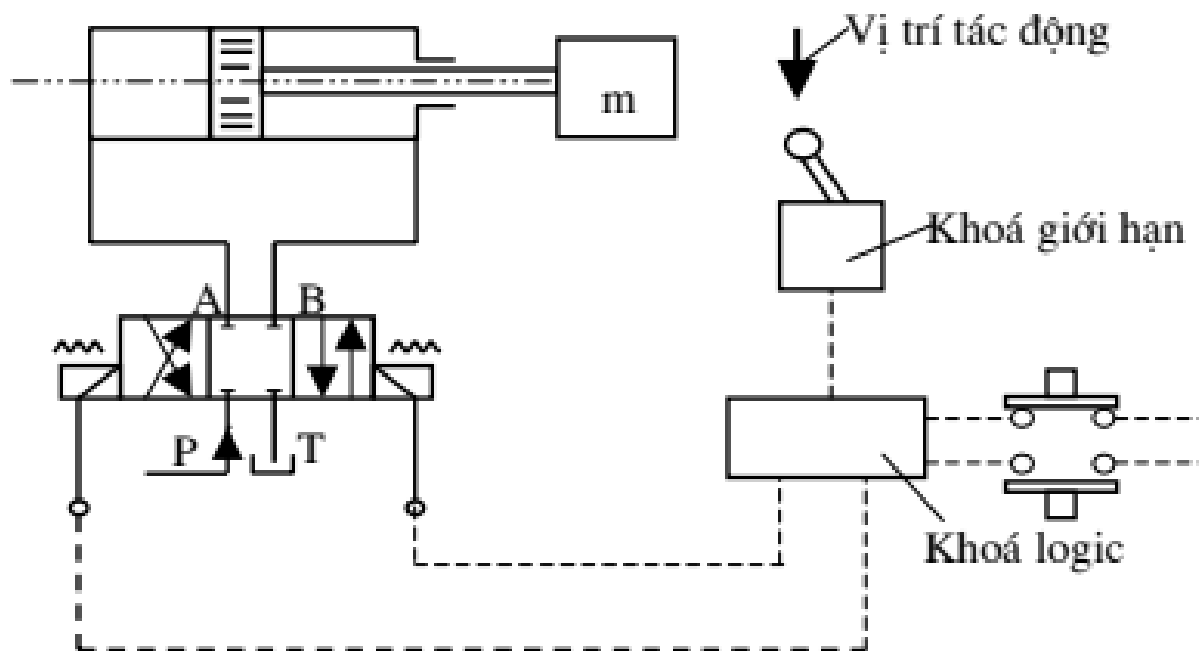
## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.1. Điều khiển vị trí



## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

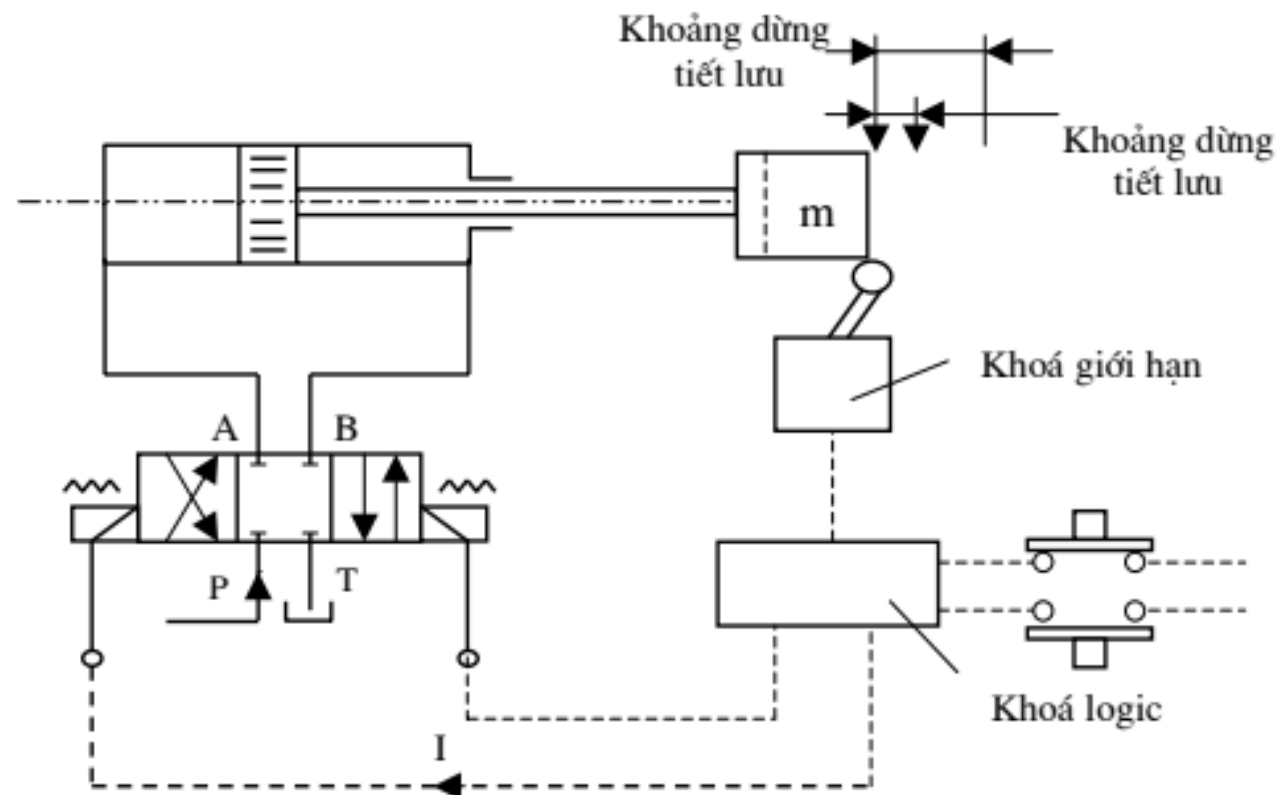
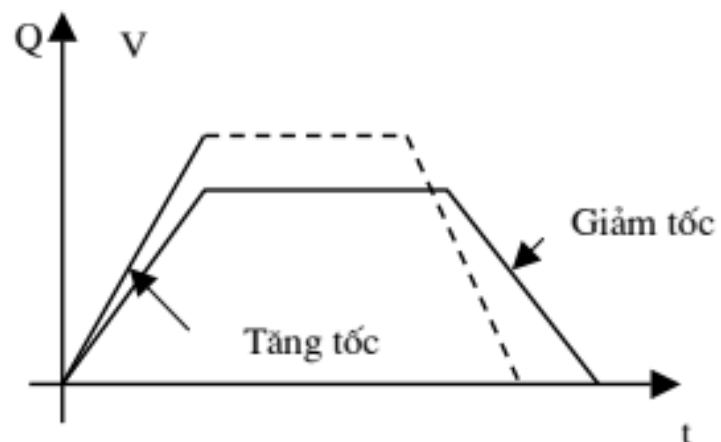
### 6.1. Điều khiển vị trí - Van Selenoid



- Thời gian đáp ứng của van.
- Khối lượng và vận tốc chuyển động.
- Thể tích chứa dầu trong xylanh và đường ống dẫn.
- Môđun đàn hồi của dầu.
- Ma sát của các bộ phận chuyển động.
- Sự rò dầu.
- Thời gian tác động của khóa giới hạn và của rơle.
- Thời gian nhận tín hiệu phản hồi của bộ PLC (nếu điều khiển PLC).

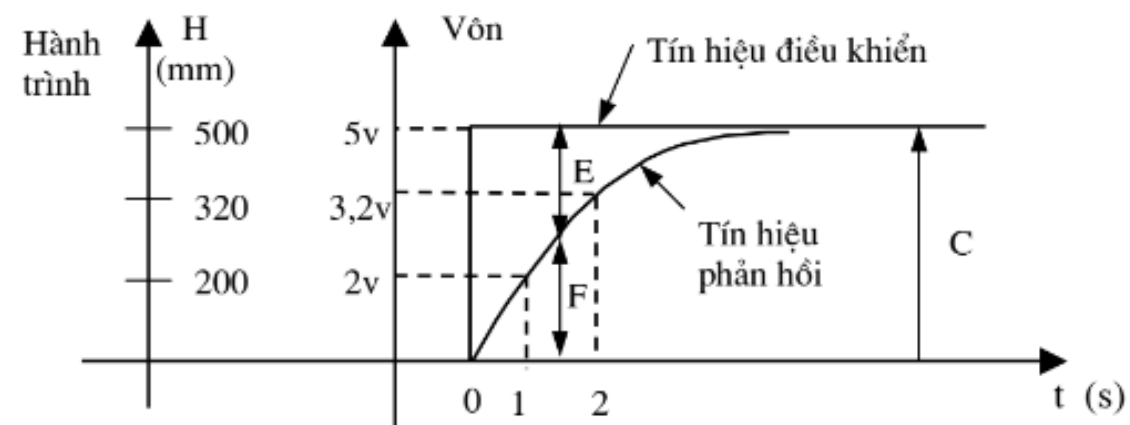
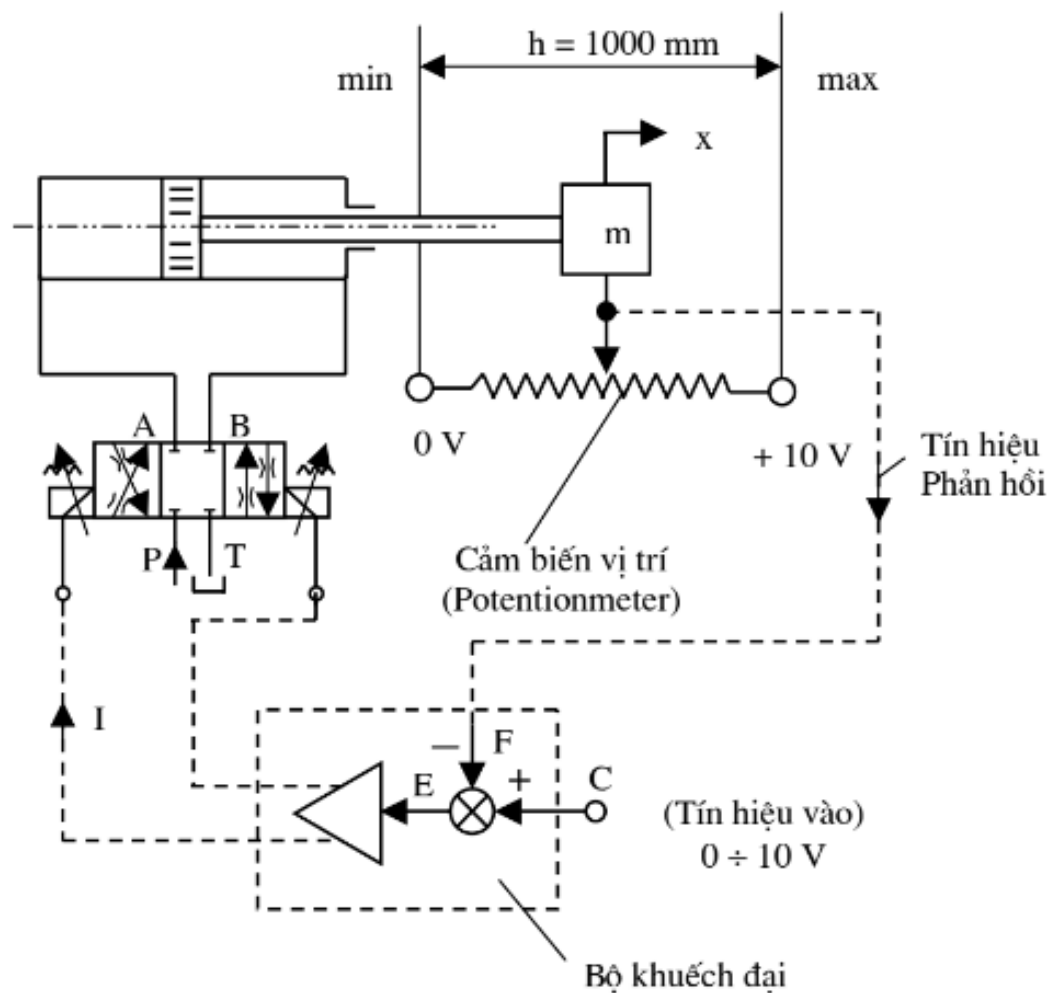
## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.1. Điều khiển vị trí - Selenoid



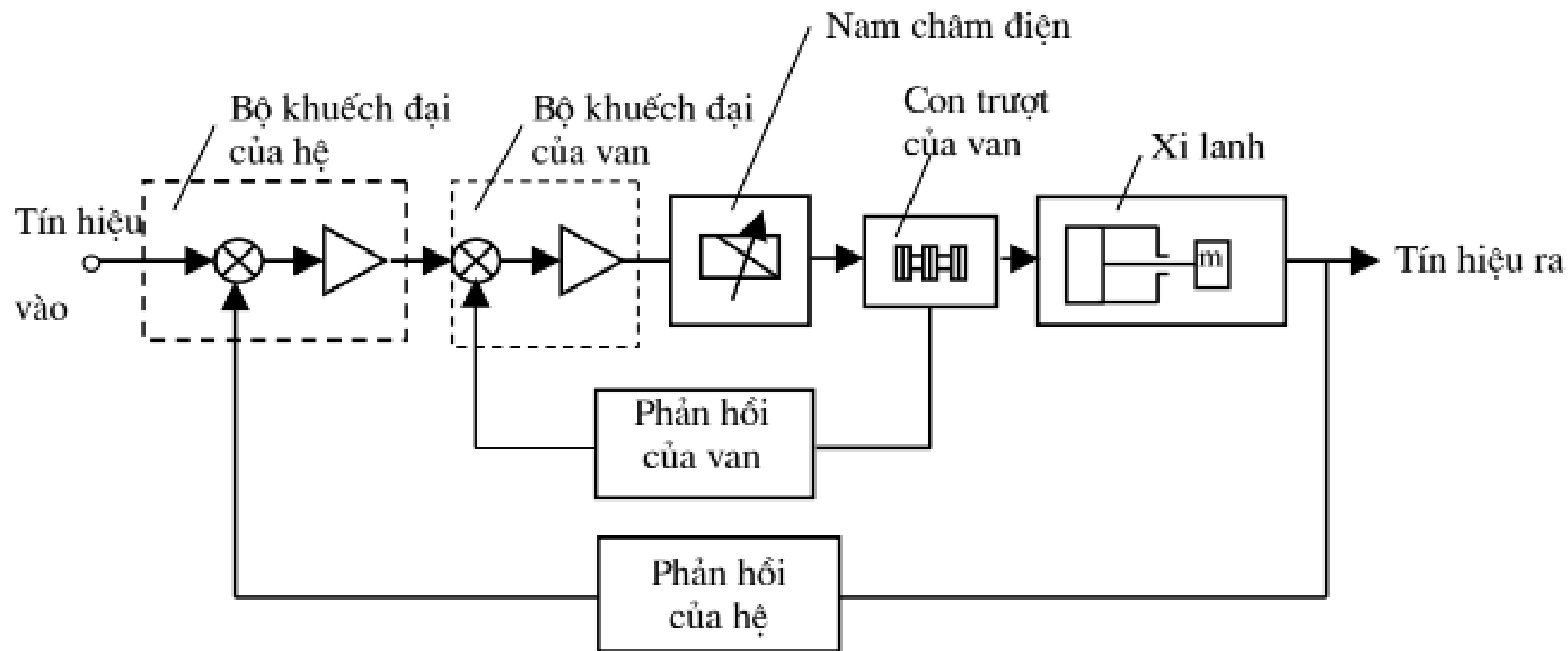
## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.1. Điều khiển vị trí - Van tỷ lệ



## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

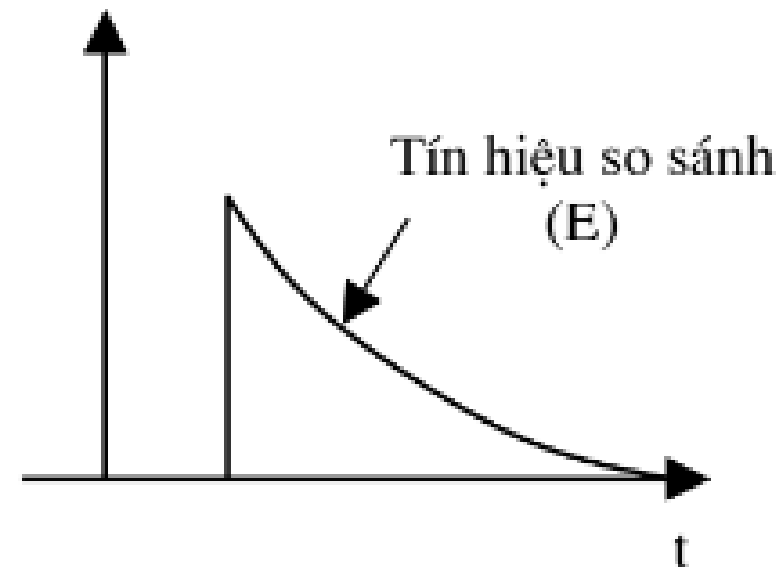
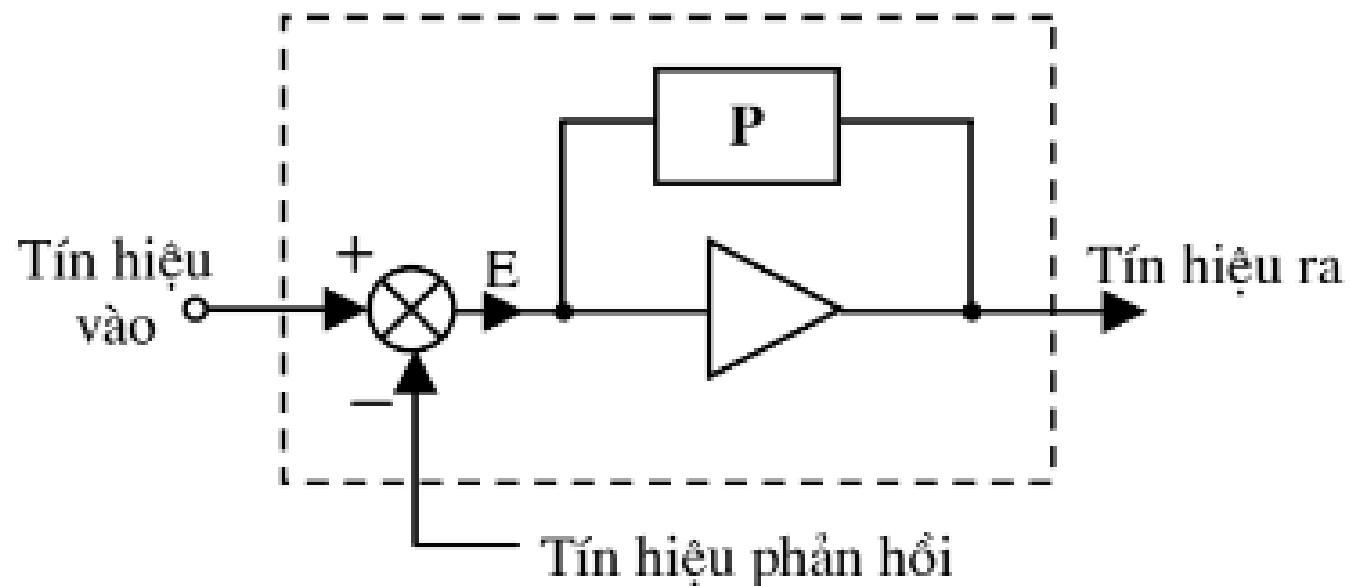
### 6.1. Điều khiển vị trí - Van tỷ lệ/ servo





## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.1. Điều khiển vị trí - Van tỷ lệ/ servo

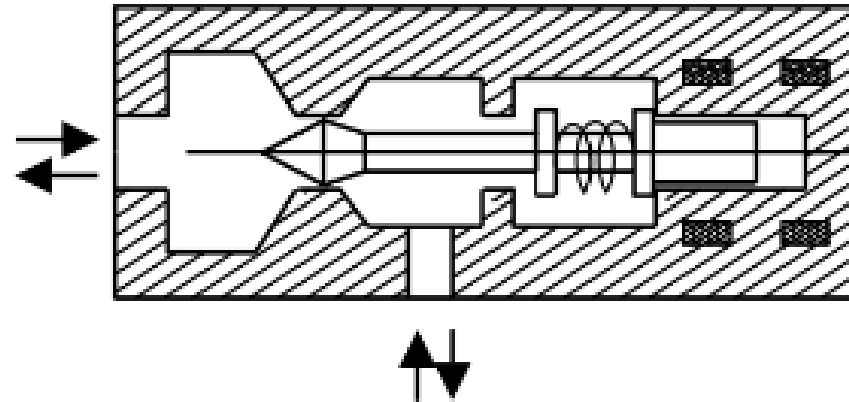


## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.2. Điều khiển vận tốc

Để điều khiển tốc độ chuyển động tịnh tiến của pittông-xylanh thủy lực hoặc chuyển động quay của động cơ dầu ta thay đổi lưu lượng dầu cung cấp. Hiện nay có các phương pháp thay đổi lưu lượng như sau :

- Thay đổi lưu lượng cung cấp của bơm dầu, tức là sử dụng các loại bơm điều chỉnh;
- Thay đổi lưu lượng bằng tiết lưu (lỗ tiết lưu hoặc van điều khiển).

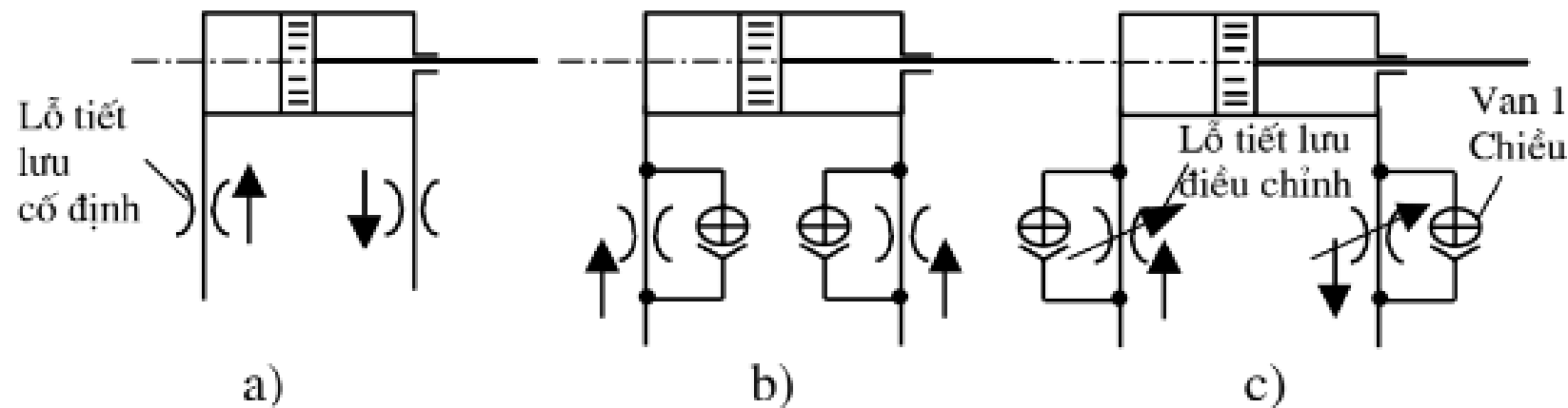


## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.2. Điều khiển vận tốc - Lỗ tiết lưu

Ứng với mỗi tốc độ sẽ có các lỗ tiết lưu khác nhau. Với hình thức điều khiển này tốc độ sẽ bị ảnh hưởng bởi các yếu tố sau :

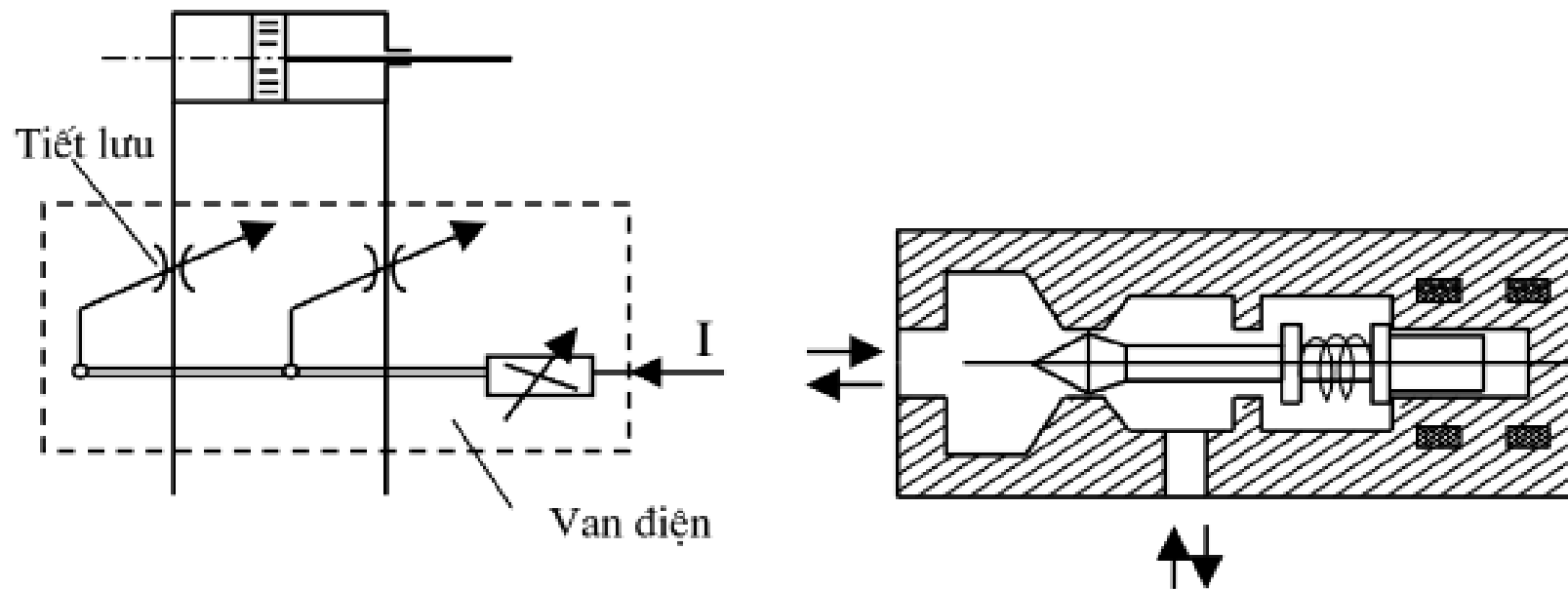
- Hình dáng của lỗ tiết lưu;
- Áp suất của hệ thống và tải tác dụng;
- Độ nhớt và tỷ trọng của chất lỏng.



## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.2. Điều khiển vận tốc - Lỗ tiết lưu

Nếu một trong các yếu tố trên thay đổi trong quá trình chuyển động thì tốc độ của cơ cấu chấp hành sẽ thay đổi, đồng thời phương pháp này khó thực hiện tự động hoá điều khiển.



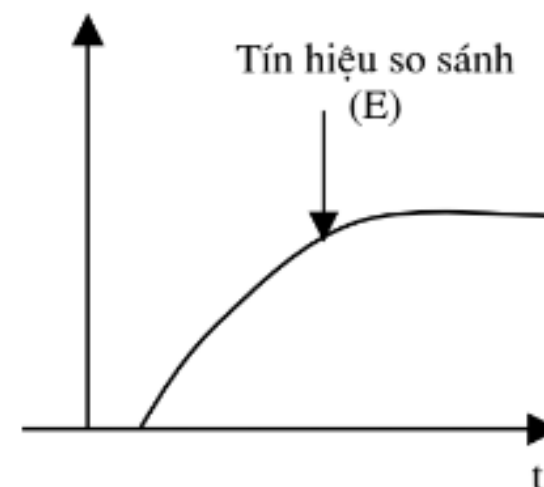
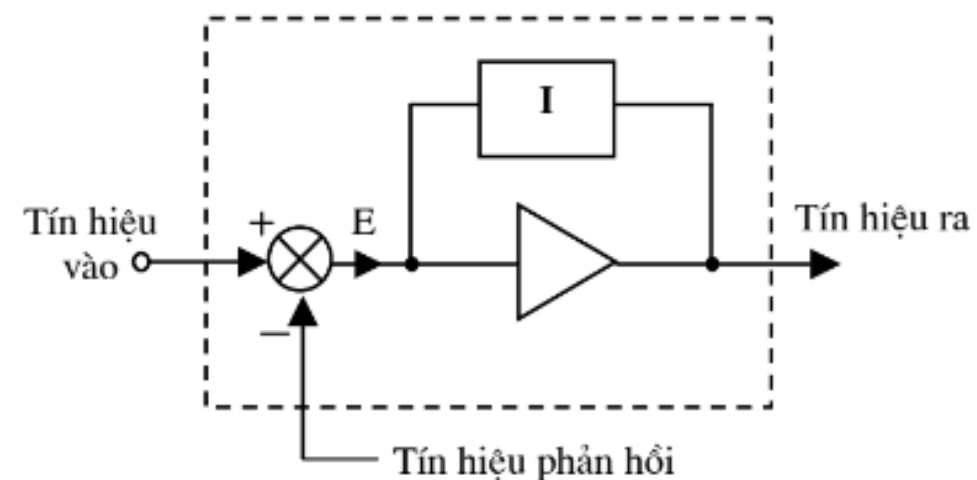
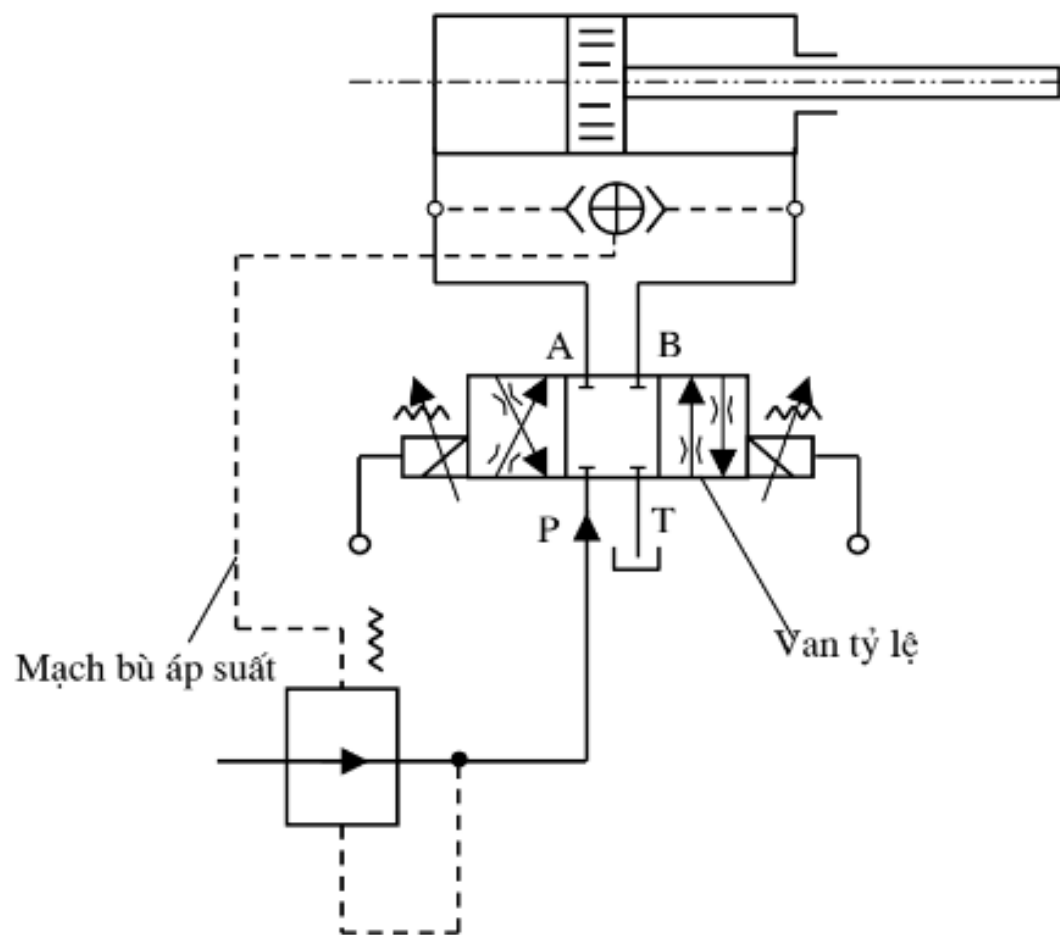
## **C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực**

### **6.2. Điều khiển vận tốc - Van tỷ lệ hoặc Servo**

Van tỷ lệ và van servo có thể thay đổi vô cấp lưu lượng qua van thông qua việc thay đổi tiết diện chảy của dầu bằng điện từ. Điều này cho phép thay đổi tốc độ chuyển động của pittông-xylanh hoặc động cơ dầu một cách dễ dàng. Tuy nhiên đối với hệ điều khiển hở, khi áp suất hoặc tải trọng thay đổi thì lưu lượng sẽ thay đổi.

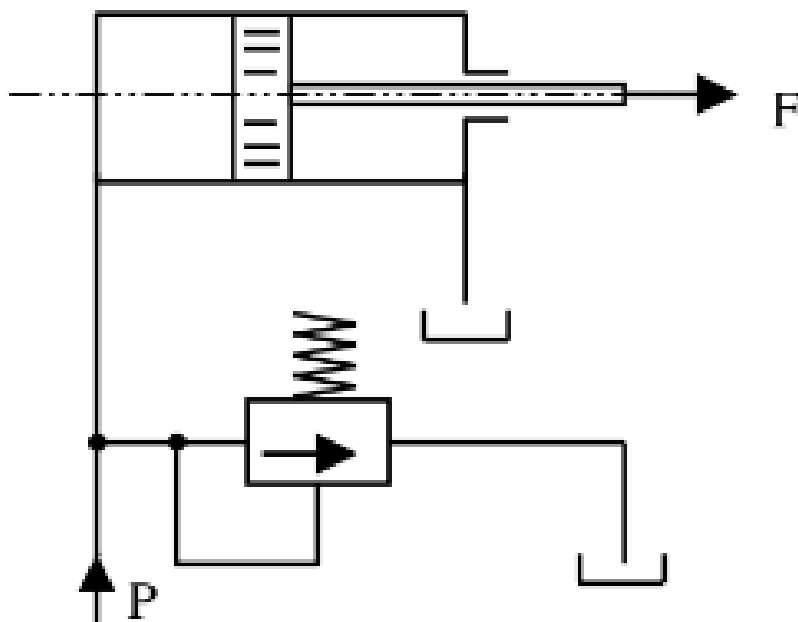
## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.2. Điều khiển vận tốc - Van tỷ lệ hoặc Servo

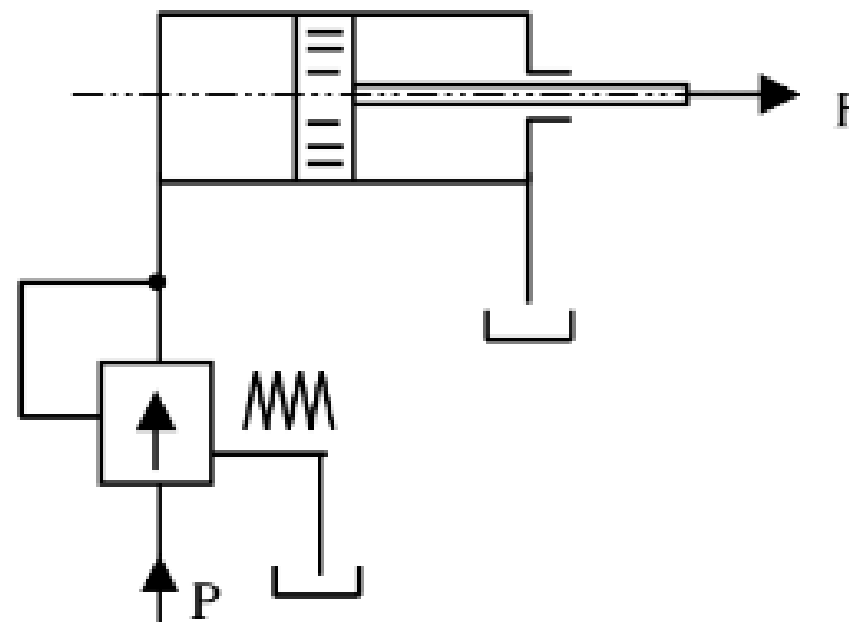


## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.3. Điều khiển tải trọng



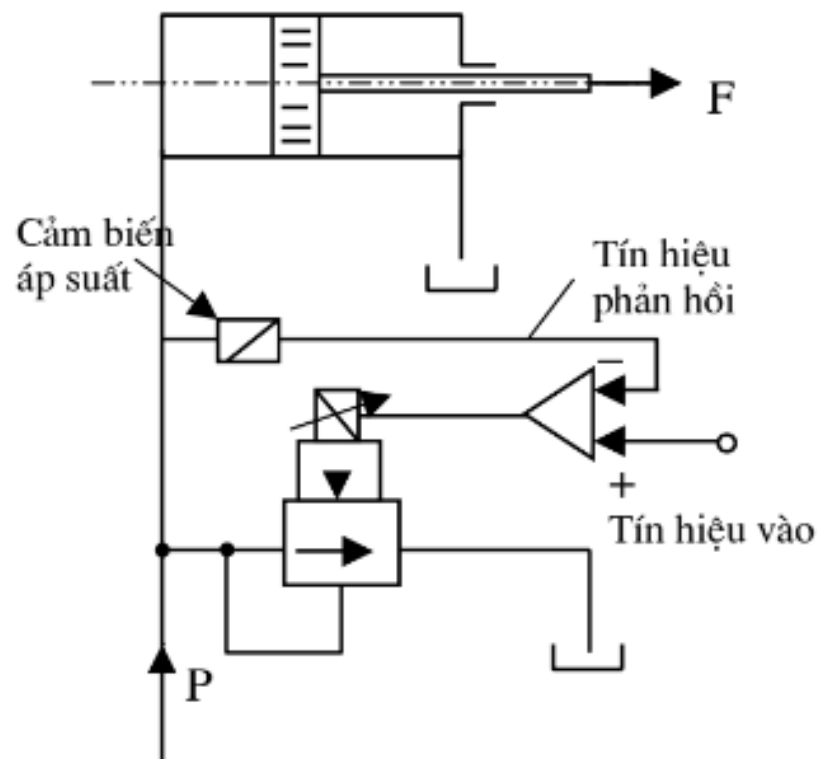
- Hiệu chỉnh áp suất bằng van tràn;



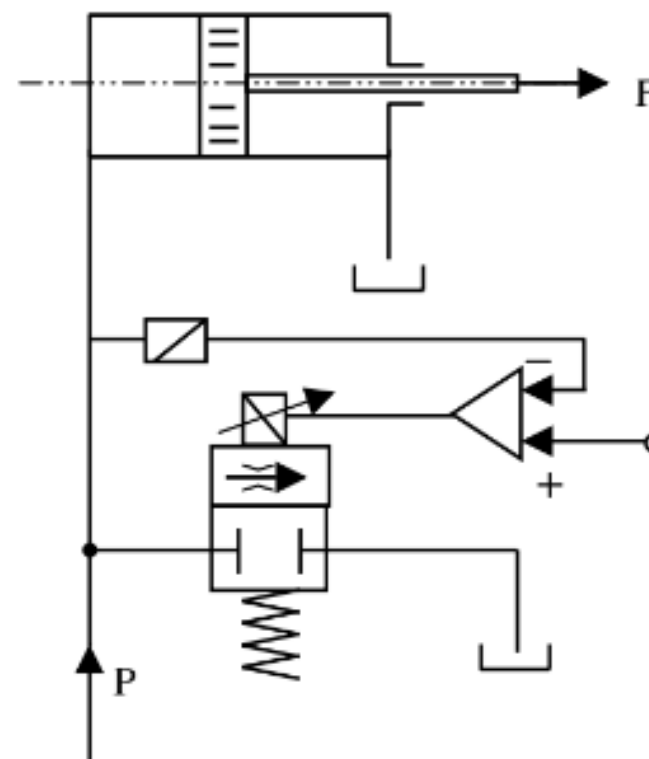
- Hiệu chỉnh áp suất bằng van giảm áp;

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.3. Điều khiển tải trọng



- Điều khiển áp suất theo hệ kín bằng van tràn điện thủy lực;



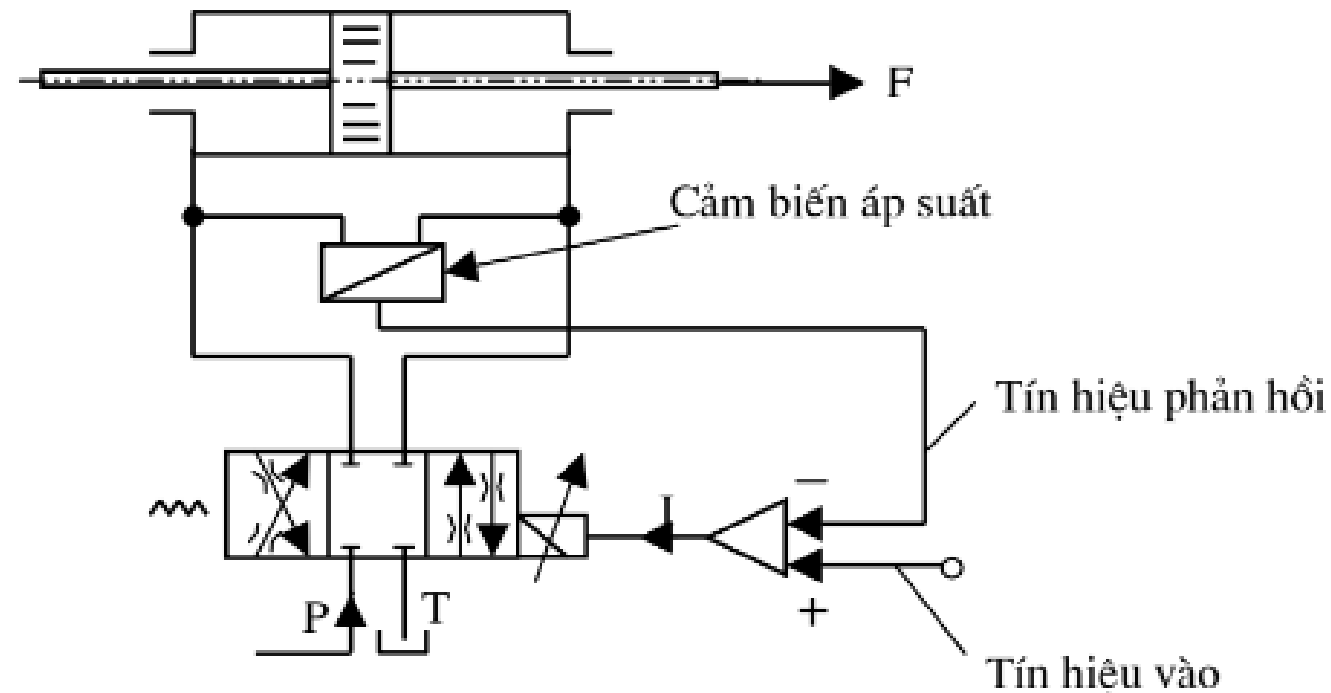
- Điều khiển áp suất theo hệ kín bằng van tỷ lệ.



## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

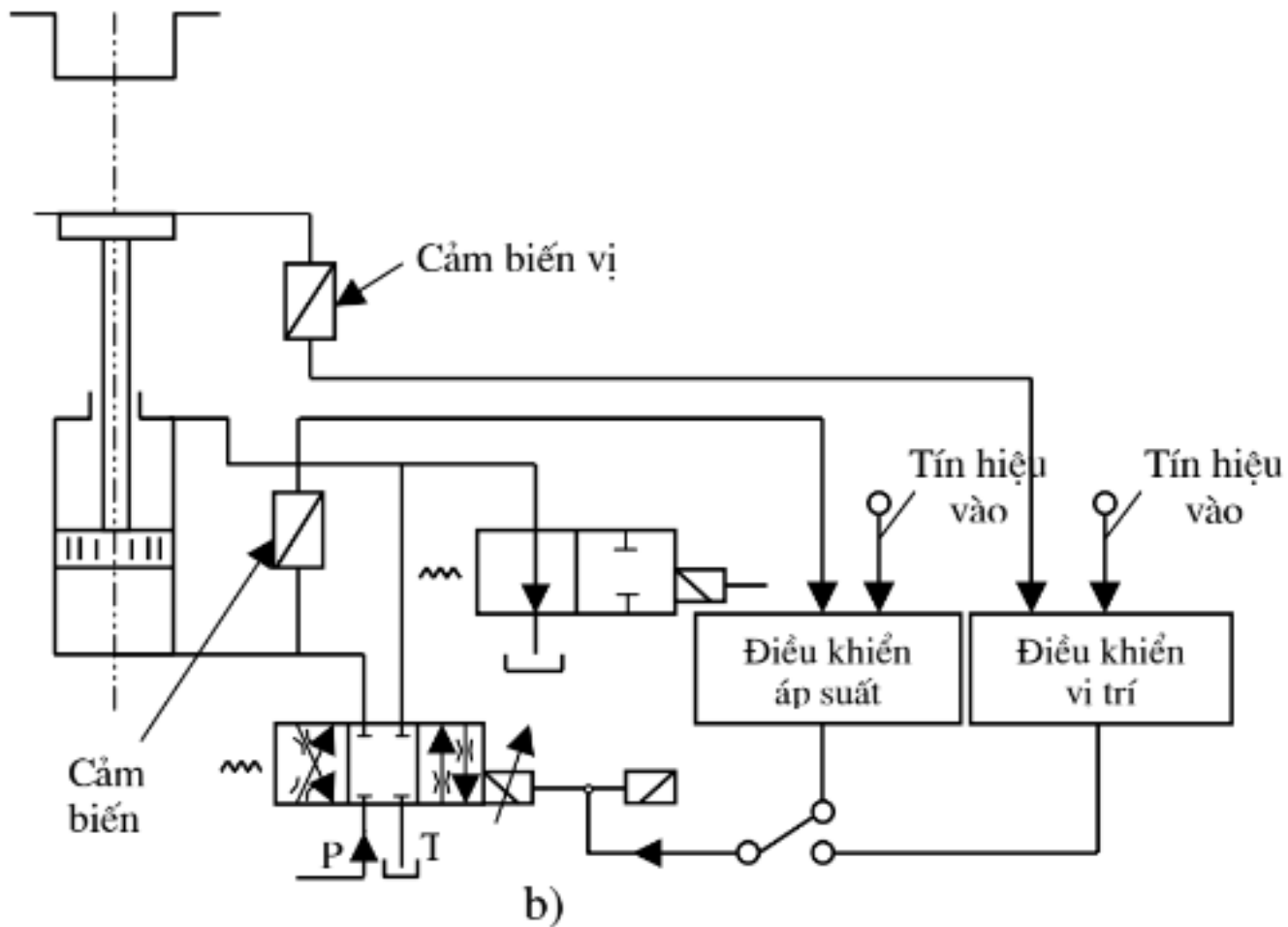
### 6.3. Điều khiển tải trọng

Tương tự như điều khiển vị trí và điều khiển vận tốc, điều khiển áp suất (tải trọng) cũng bị ảnh hưởng các yếu tố như ma sát, rò dầu, độ nhớt thay đổi... làm giảm độ chính xác điều khiển.



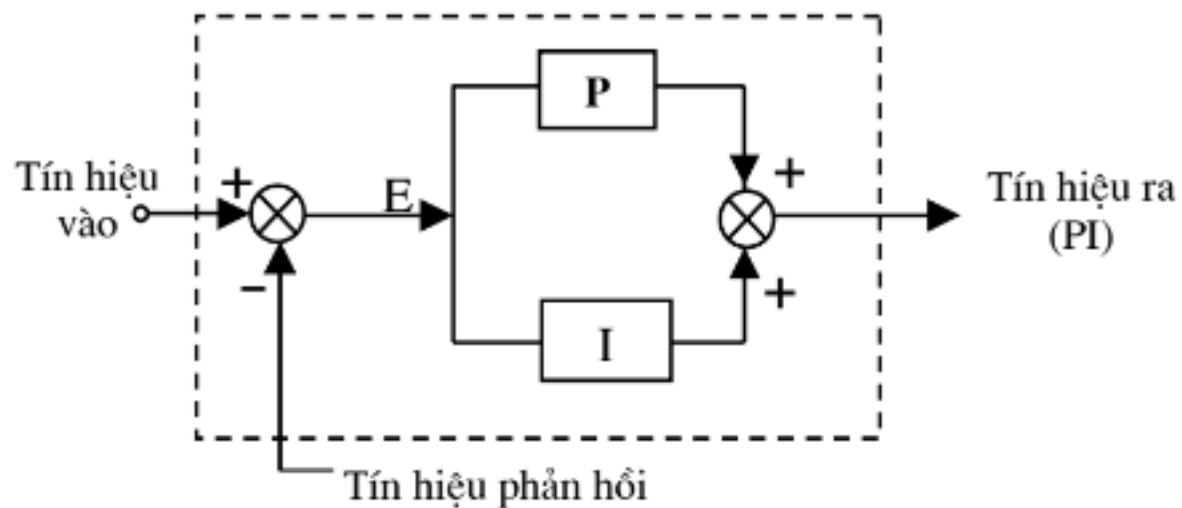
## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.3. Điều khiển tải trọng



## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.3. Điều khiển tải trọng



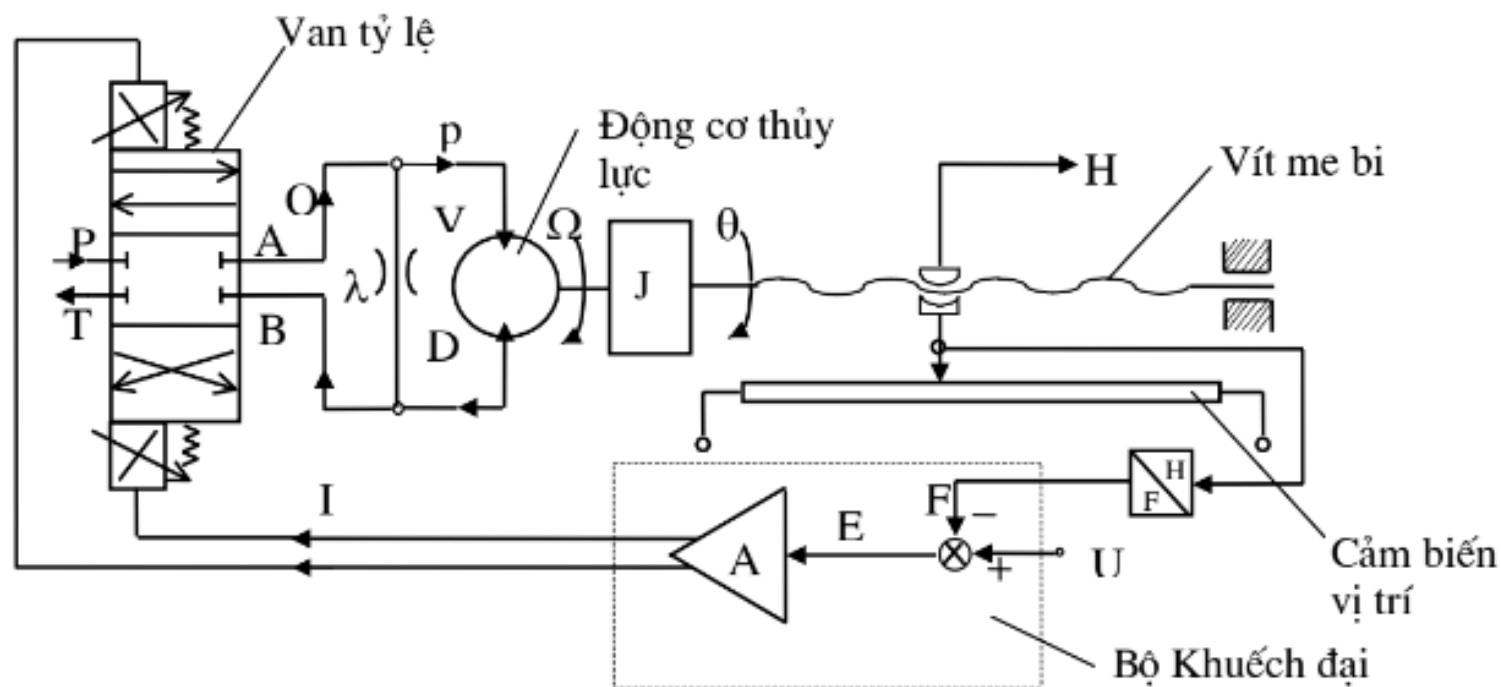
c)

Hình 6.16. Các sơ đồ ví dụ về mạch điều khiển tải trọng và bộ điều khiển PI

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

Sơ đồ hệ thống điều khiển được xây dựng như trên hình 6.20.



Hình 6.20. Sơ đồ mạch điều khiển vị trí chuyển động tịnh tiến bằng động cơ thủy lực

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

U-Tín hiệu điều khiển; E-Tín hiệu so sánh;  $K_A$ -Hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại A; I-Dòng điện điều khiển;  $K_V$ -Hệ số khuếch đại của van; Q-Lưu lượng cung cấp của van;  $\lambda$ -Hệ số tổn thất lưu lượng;  $p_S$ -Áp suất cung cấp;  $p_T$ -Áp suất ra khỏi van;  $p$ -Áp suất làm việc của động cơ thủy lực;  $D_m$ -Hệ số kết cấu của động cơ thủy lực; V-Thể tích chứa dầu trong buồng công tác; B-Môđun đàn hồi của dầu; J-Giá trị của mômen quán tính khối lượng quy đổi về trục động cơ thủy lực;  $\Omega$ -Vận tốc góc của rôto;  $\theta$ -Góc quay của rôto;  $K_c$ -Hệ số khuếch đại của cảm biến vị trí; F-Tín hiệu phản hồi; H-Hành trình dịch chuyển tịnh tiến của bàn công tác;  $t_x$ - Bước của vít me bi.

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

Để xác định hàm truyền, hệ số khuếch đại hệ thống và tìm các thông số khác của hệ cần ứng dụng lý thuyết điều khiển tự động và trên cơ sở các ví dụ ở mục 4.5.

Để thiết lập được mô tả toán học của hệ thống trên ta có một số giả thiết như sau : Hệ thống nghiên cứu là hệ tuyến tính, bộ khuếch đại và van tỷ lệ là các khâu khuếch đại, bỏ qua ma sát trên trục truyền động, không kể đến tải trọng tác động từ bên ngoài, bỏ qua biến dạng đàn hồi của dầu trên đường ống dẫn.

Các phương trình mô tả của hệ gồm :

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

Phương trình cân bằng lưu lượng :

$$Q = K_v \cdot I = D_m \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{V}{2B} \cdot \frac{dp}{dt} + \lambda \cdot p \quad (6.2)$$

Phương trình cân bằng mômen trên trục rôto :

$$D_m \cdot p = J \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (6.3)$$

Quan hệ giữa dòng điện điều khiển van với tín hiệu điều khiển và tín hiệu phản hồi là :

$$I = K_A \cdot (U - H \cdot K_C) \quad (6.4)$$

$$K_C = \frac{F}{H}$$

Quan hệ giữa lượng dịch chuyển của bàn công tác H và góc quay của trục rôto  $\theta$  là :

$$H = \frac{t_x}{2\pi} \cdot \theta \quad (6.5)$$

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

Để thiết lập được sơ đồ khối của mạch điều khiển vị trí, trước hết ta nghiên cứu quan hệ giữa lưu lượng cung cấp của van Q và góc quay của trục rôto  $\theta$ .

Từ phương trình (6.2) và (6.3) ta có :

$$p = \frac{J}{D_m} \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2}, \quad \frac{dp}{dt} = \frac{J}{D_m} \cdot \frac{d^3\theta}{dt^3} \quad (6.6)$$

và

$$Q = D_m \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{\lambda \cdot J}{D_m} \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{V \cdot J}{2B \cdot D_m} \cdot \frac{d^3\theta}{dt^3} \quad (6.7)$$

Phương trình Laplace của (6.7) là :

$$Q(s) = \left( D_m + \frac{\lambda \cdot J}{D_m} \cdot s + \frac{V \cdot J}{2B \cdot D_m} \cdot s^2 \right) \cdot s \cdot \theta(s) \quad (6.8)$$



## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

Hàm truyền  $\frac{\theta(s)}{Q(s)}$  là: 
$$\frac{\theta(s)}{Q(s)} = \frac{1/D_m}{\left(1 + \frac{\lambda \cdot J}{D_m^2} \cdot s + \frac{V \cdot J}{2B \cdot D_m^2} \cdot s^2\right)} \cdot \frac{1}{s} \quad (6.9)$$

hoặc: 
$$\frac{\theta(s)}{Q(s)} = \frac{K_M}{1 + 2 \cdot \zeta \cdot T \cdot s + T^2 \cdot s^2} \cdot \frac{1}{s} \quad (6.10)$$

trong đó:  $T = \sqrt{\frac{V \cdot J}{2B \cdot D_m^2}}$  - Hằng số thời gian;

$\zeta = \sqrt{\frac{B \cdot \lambda^2 \cdot J}{2D_m^2 \cdot V}}$  - Hệ số tắt dần;

$\omega_0 = \frac{1}{T} = \sqrt{\frac{2B \cdot D_m^2}{V \cdot J}} = \sqrt{\frac{C_H}{J}}$  - Tần số dao động riêng; (6.11)

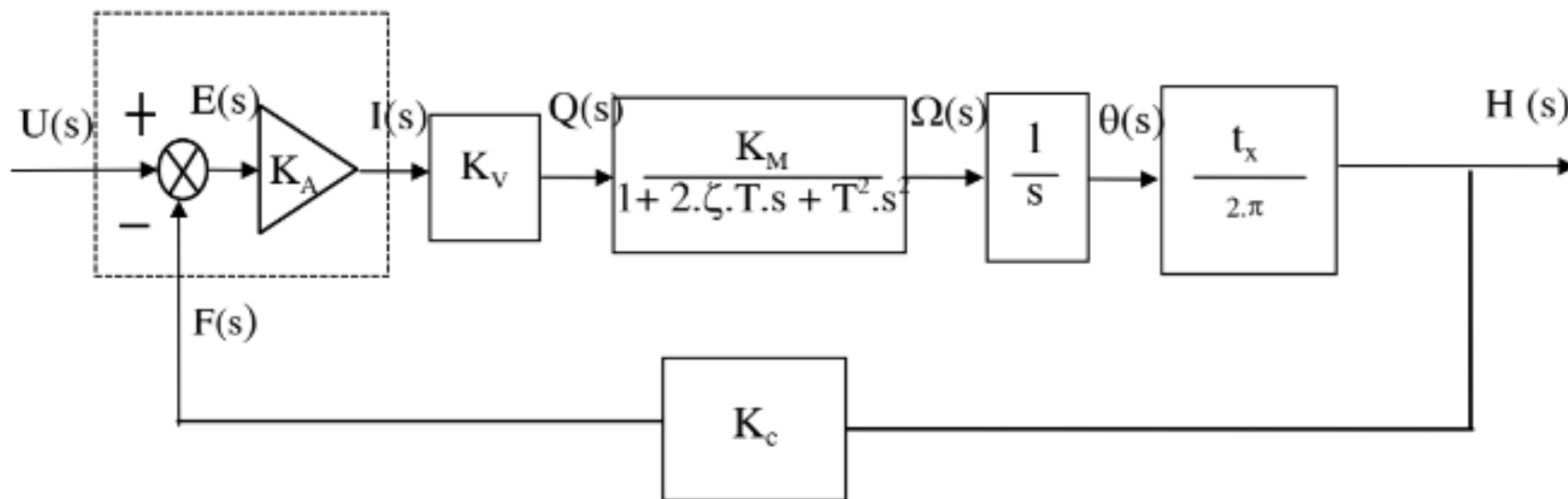
$C_H = \frac{2B \cdot D_m^2}{V}$  - Độ cứng thủy lực;

$K_M = 1/D_m$  - Hệ số khuếch đại.

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

Từ (6.4), (6.5) và (6.10) ta lập được sơ đồ khối của mạch điều khiển như sau :



Hình 6.21. Sơ đồ khối của mạch điều khiển vị trí

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

Từ sơ đồ khối trên hình 6.21 ta tính được hệ số khuếch đại của hệ thống trên là :

$$K_H = K_A \cdot K_V \cdot \frac{1}{D_m} \cdot \frac{t_x}{2\pi} \cdot K_C \quad , \quad (1/s) \quad (6.12)$$

Thời gian không đổi :  $\tau = \frac{1}{K_H}$  , (s) ; Thời gian đáp ứng  $t \approx 5\tau$  .

## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập

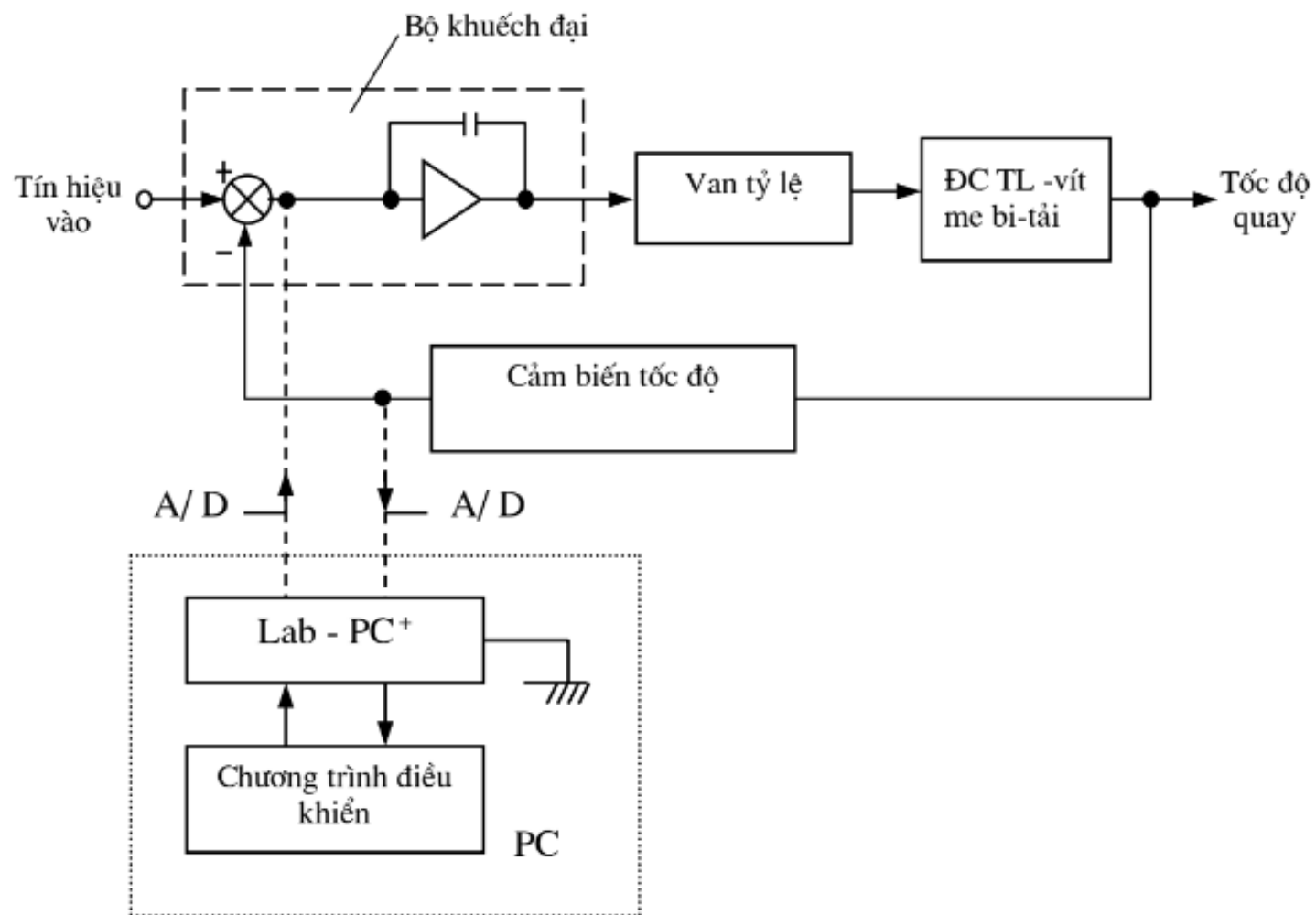
Ví dụ trên được ứng dụng cho thiết bị có các bộ phận và thông số chính như sau :

- Động cơ dầu : Delta power hydraulic Co, Rockford Illinois, Model 16 - Z-3.
- Van tỷ lệ : D.ER-F-WV-4/3-MM, Festo Didactic.
- Bộ khuếch đại (Amplificater) : Festo Didactic.
- Cảm biến vị trí : Longfellow, Data Instruments , Sai số tuyến tính 0,1%.
- Các thông số chính :  $p=35 \text{ kg/cm}^2$ ;  $Q=11 \text{ l/p}$  ;  $m=5 \text{ kg}$ ;  $D_m=12 \text{ cm}^3/\text{rad}$ ;  
 $K_c= 0,327 \text{ V/cm}$ ;  $K_v=11,5 \text{ (cm}^3/\text{s)/mA}$ ;  $\beta=1,4.10^7 \text{ kg/cm}^2$ ;  $t_x = 4 \text{ mm}$ .

Mạch điều khiển trên được nối với máy tính thông qua bộ chuyển đổi A/D và D/A là Lab-PC<sup>+</sup> , National Instruments Corporation, sơ đồ thể hiện ở hình 6.22. Thiết bị điều khiển theo PI qua thuật toán trong chương trình điều khiển. Các tín hiệu vào và ra được lưu trữ trong các file số liệu.

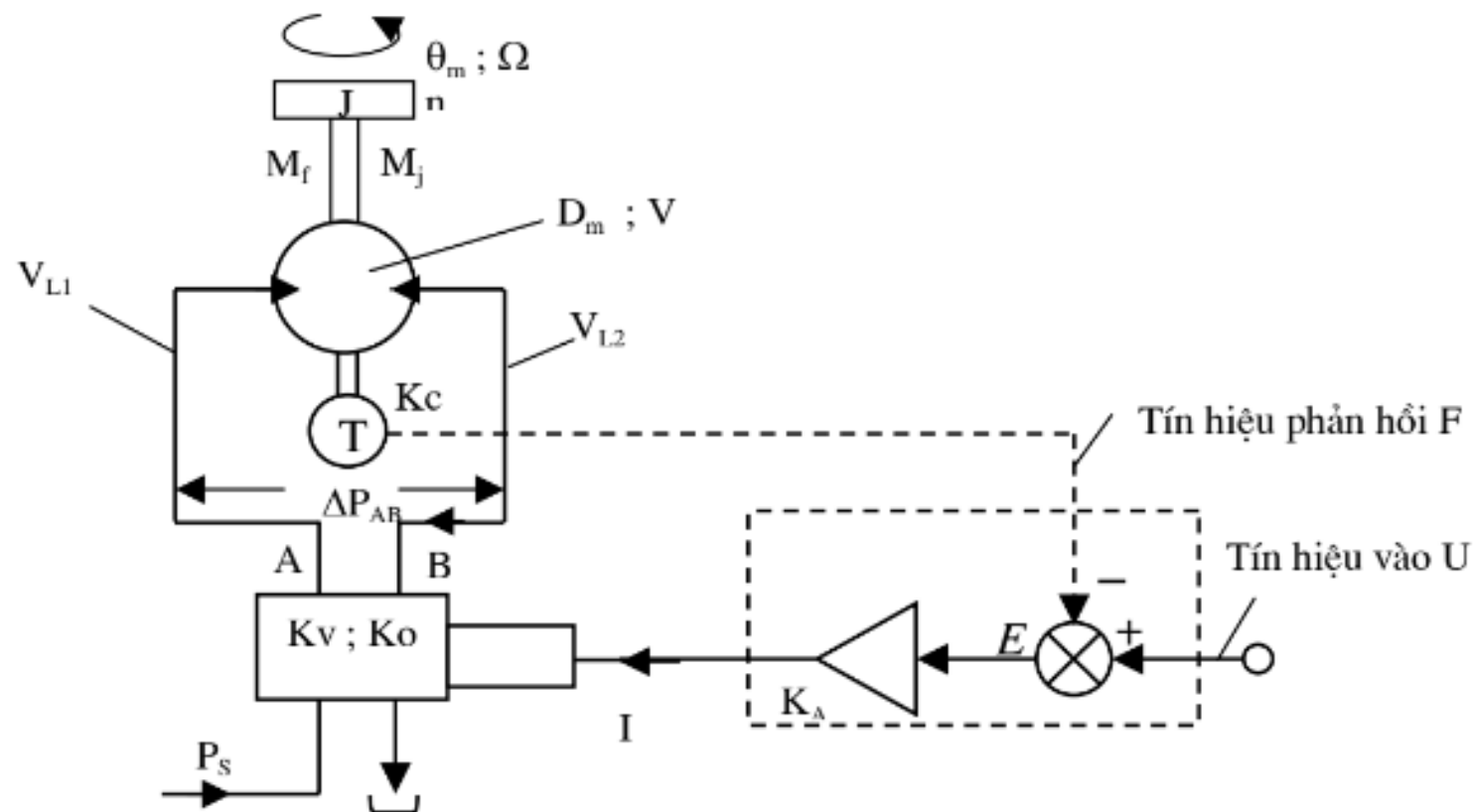
## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập



## C6: Điều khiển vị trí, vận tốc và tải trọng trong hệ truyền động thủy lực

### 6.4. Bài tập Về nhà - Thực hành



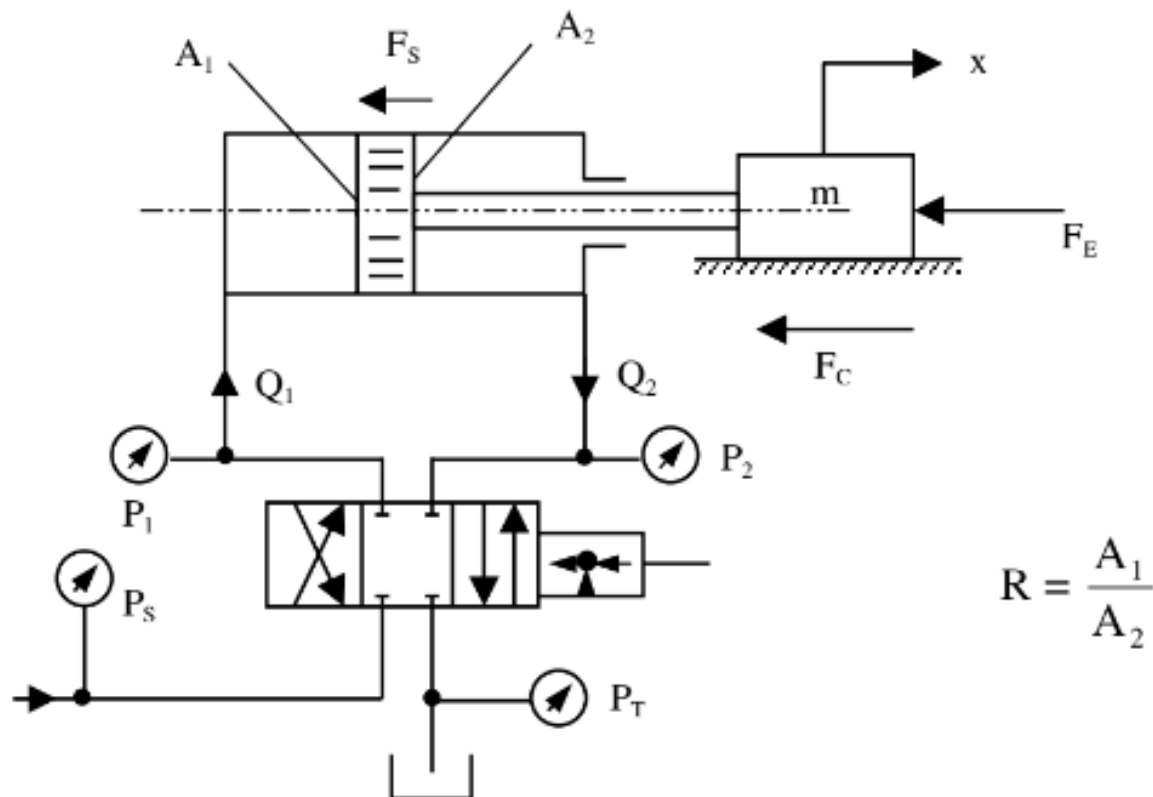
Hình 6.23. Sơ đồ điều khiển tốc độ của động cơ thủy lực bằng van servo

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Áp suất và lưu lượng dầu cung cấp cho xylanh thủy lực là hai đại lượng quan trọng đảm bảo cho hệ truyền được tải trọng, vận tốc hoặc vị trí cần thiết.

Để tính toán các đại lượng trên ta hãy phân tích sơ đồ trên hình 7.1.



## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

- Lực quán tính :  $F_a = m.a$  (7.1)

$$F_a = \frac{W_L}{g}.a \text{ - theo hệ Anh}$$

- Lực ma sát :  $F_c = m.g.f$  (7.2)

$$F_c = W_L.f \text{ - theo hệ Anh}$$

- Lực ma sát trong xy lanh  $F_S$  thường bằng 10% lực tổng cộng, nghĩa là :

$$F_S = 0,10.F$$
 (7.3)

- Lực do tải trọng ngoài  $F_E$ .

- Lực tổng cộng tác dụng lên pittông sẽ là :

$$F = \frac{m.a}{1000} + F_c + F_S + F_E \quad (\text{daN})$$
 (7.4)



## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

$$F = \frac{W_L \cdot a}{32,2 \cdot 12} + F_c + F_s + F_E \quad (\text{lbf}) \quad (7.5)$$

Trong các công thức trên :

$m$  - khối lượng chuyển động, kg;

$W_L$  - trọng lực, (lbf);

$a$  - gia tốc chuyển động,  $\text{cm/s}^2$  ( $\text{in/s}^2$ );

$F_c$  - lực ma sát của bộ phận chuyển động, daN (lbf);

$F_E$  - ngoại lực, daN (lbf);

$F_s$  - lực ma sát trong pittông-xylanh, daN (lbf).

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Phương trình cân bằng pittông :

$$P_1.A_1 = P_2.A_2 + F \quad (7.6)$$

Đối với xy lanh không đối xứng thì lưu lượng ra và vào không bằng nhau.

$$Q_1 = Q_2.R \text{ với } R = \frac{A_1}{A_2} \quad (7.7)$$

Độ sụt áp qua van sẽ tỷ lệ với bình phương hệ số diện tích R, nghĩa là :

$$P_S - P_1 = (P_2 - P_T).R^2 \quad (7.8)$$

trong đó :  $P_1$  và  $P_2$  - áp suất ở 2 buồng của xy lanh;

$P_S$  - áp suất dầu cung cấp cho van;

$P_T$  - áp suất dầu ra khỏi van;

$A_1$  và  $A_2$  - diện tích hai phía của pittông.

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Từ công thức (7.6) và (7.8) ta tìm được  $P_1$  và  $P_2$  như sau :

$$P_1 = \frac{P_S \cdot A_2 + R^2(F + P_T \cdot A_2)}{A_2 \cdot (1 + R^3)} \quad (7.9)$$

$$P_2 = P_T + \frac{P_S - P_1}{R^2} \quad (7.10)$$

Lưu lượng dầu vào xy lanh để pittông chuyển động với vận tốc cực đại là :

$$Q_L = v_{\max} \cdot A_1, \quad (\text{cm}^3/\text{s}) \quad (7.11)$$

hoặc :

$$Q_L = \frac{v_{\max}}{16,7} \cdot A_1, \quad (\text{l/p}) \quad (7.12)$$

Nếu tính theo hệ Anh thì :  $Q_L = v_{\max} \cdot A_1, \quad (\text{in}^3/\text{s})$

hoặc :  $Q_L = \frac{v_{\max}}{3,85} \cdot A_1, \quad (\text{usgpm})$

Lưu lượng dầu qua van ứng với độ sụt áp 35 bar (500 PSI) là :

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

$$Q_R = Q_L \cdot \sqrt{\frac{35}{P_S - P_1}} \quad , \quad (l/b) \quad (7.13)$$

Tính theo hệ Anh :

$$Q_R = Q_L \cdot \sqrt{\frac{500}{P_S - P_1}} \quad , \quad (\text{usgpm})$$

Với cách phân tích như trên khi pittông làm việc theo chiều ngược lại thì :

$$P_1 = P_T + (P_S - P_2) \cdot R^2 \quad (7.14)$$

$$P_2 = \frac{P_S \cdot A_2 \cdot R^3 + F + P_T \cdot A_2 \cdot R}{A_2 \cdot (1 + R^3)} \quad (7.15)$$

Và  $Q_R$  cũng xác định tương tự như công thức (7.13). Lưu lượng lớn nhất của một trong hai trường hợp trên sẽ được dùng để chọn van.

Bài toán trên cũng ứng dụng cho xy lanh có kết cấu đối xứng ( $A_1 = A_2$ ) và tải trọng âm.

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

*Ví dụ 7.1:*

Cho hệ thống thủy lực chuyển động tịnh tiến có sơ đồ như trên hình 7.2. Hãy xác định lưu lượng cung cấp của van.

Xét hành trình dương ( $x^+$ ) ta có :

Lực tổng cộng tác dụng lên pittông là :

$$F = \frac{m.a}{1000} + F_C + F_S + F_E \quad (7.16)$$

Với :  $a = 16 \text{ m/s}^2 = 1600 \text{ cm/s}^2$

$$F_C = m.g.f = 1200 \times 9,81 \times 0,32 = 3767 \text{ N} \approx 3767 \text{ daN}$$

$$F_E = 17500 \text{ N} = 1750 \text{ daN}$$

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Thay các số liệu vào công thức (7.16) ta được :

$$F = \frac{1200 \times 1600}{1000} + 377 + 1750 + F_S$$

$$A_1 = 53,5 \text{ cm}^2 \text{ (8,3 in}^2\text{)} ; A_2 = 38,1 \text{ cm}^2 \text{ (5,9 in}^2\text{)} ;$$

$$P_S = 210 \text{ bar (3000 PSI)} ; P_T = 5,25 \text{ bar (75 PSI)} ;$$

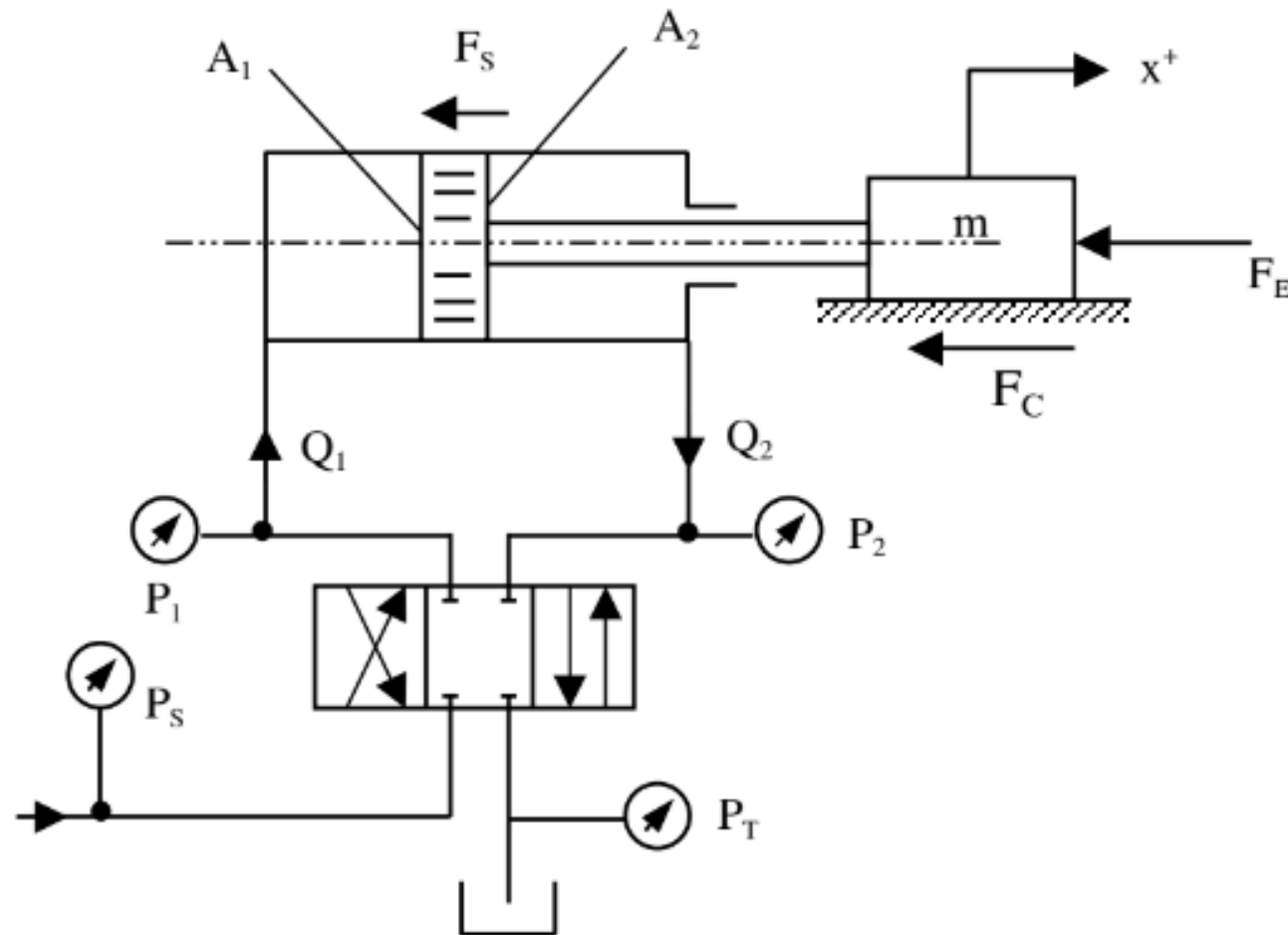
$$F_E = 17500 \text{ N (3930 lbf)} ; m = 1200 \text{ kg (} W_L = 2645 \text{ lbf)} ;$$

$$a = 16 \text{ m/s}^2 \text{ (52,5 fl/s}^2\text{)} ; V_{\max} = 30 \text{ cm/s (12 in/s)} ;$$

$$F = 4045 + F_S \tag{7.17}$$

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng



## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Gần đúng lấy  $F_S \approx 10\% \times 4045 = 0,10 \times 4045 = 405 \text{ daN}$  và thay  $F_S$  vào công thức (7.17) ta có :

$$F = 4045 + 405 = 4450 \text{ daN}$$

Xác định áp suất  $P_1$  và  $P_2$  như sau :

$$P_1 = \frac{P_S \cdot A_2 + R^2 (F + P_T \cdot A_2)}{A_2 (1 + R^3)} ; \quad R = \frac{A_1}{A_2} = \frac{53,5}{38,1} = 1,4$$

$$P_1 = \frac{210 \times 38,1 + 1,4^2 (4450 + 5,25 \times 38,1)}{38,1 \cdot (1 + 1,4^3)} = 120 \text{ bar}$$

$$P_2 = P_T + \frac{P_S - P_1}{R^2} = 5,25 + \frac{210 - 120}{1,4^2} = 51 \text{ bar}$$



## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Xác định lưu lượng  $Q_L$  và  $Q_R$  như sau :

$$Q_L = \frac{v_{\max} \cdot A_1}{16,7} = \frac{30 \times 53,5}{16,7} = 96 \text{ l/p}$$

$$Q_R = Q_L \cdot \sqrt{\frac{35}{P_S - P_1}} = 96 \sqrt{\frac{35}{210 - 120}} = 60 \text{ l/p}$$

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Xét hành trình âm (x), tức là pittông chuyển động theo chiều ngược lại và giả thiết là  $v_{\max}$ ,  $a$ ,  $F_E$  có giá trị như bài toán trên nhưng có chiều ngược lại. Lực tổng cộng  $F$  tính ra cũng sẽ bằng 4450 daN. Áp suất  $P_1$ ,  $P_2$  và lưu lượng  $Q_L$ ,  $Q_R$  là :

$$P_2 = \frac{P_S \cdot A_2 \cdot R^3 + F + P_T \cdot A_2 \cdot R}{A_2 \cdot (1 + R^3)}$$

$$= \frac{210 \times 38,1 \times 1,4^3 + 4450 + 5,25 \times 38,1 \times 1,4}{38,1(1 + 1,4^3)} = 187 \text{ bar}$$

$$P_1 = P_T + (P_S - P_2) \cdot R^2 = 5,25 + (210 - 187) \cdot 1,4^2 = 50 \text{ bar}$$

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

$$Q_L = \frac{v_{\max} \cdot A_1}{16,7} = \frac{30.38,1}{16,7} = 68 \text{ l/p}$$

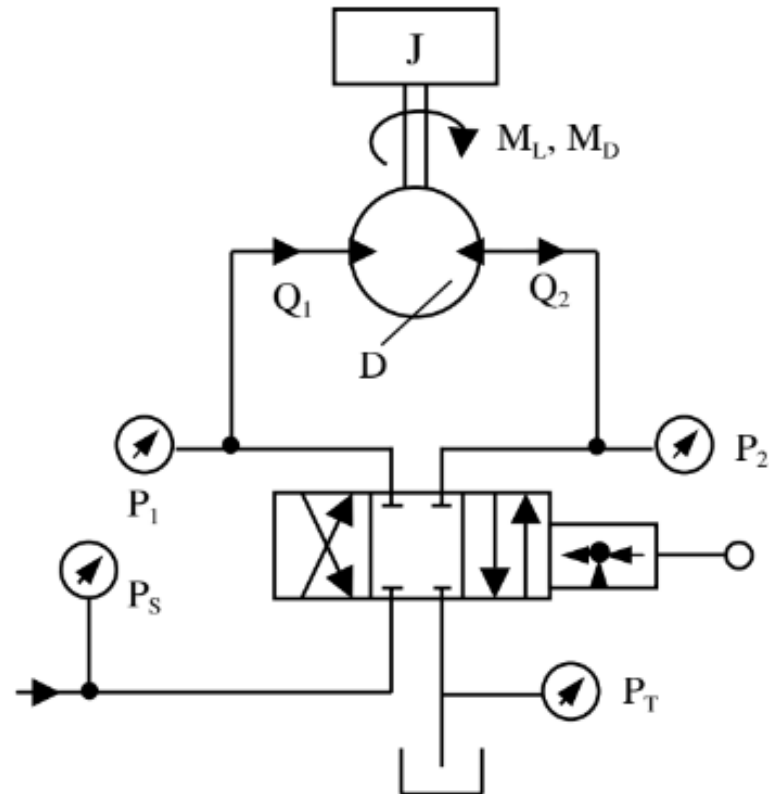
$$Q_R = Q_L \cdot \sqrt{\frac{35}{P_S - P_2}} = 68 \cdot \sqrt{\frac{35}{210 - 187}} = 84 \text{ l/p}$$

Như vậy khi chọn van cần quan tâm hai yếu tố quan trọng là khả năng chịu áp suất và lưu lượng qua van, nghĩa là phải đảm bảo được  $P \geq 187 \text{ bar}$  và  $Q_R \geq 84 \text{ l/p}$ .

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

#### 7.1.2. Hệ thủy lực thực hiện chuyển động quay



## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Hệ thủy lực thực hiện chuyển động quay (hình 7.3) cũng được phân tích như hệ chuyển động thẳng.

Mômen xoắn tác động lên trục động cơ dầu bao gồm :

- Mômen do quán tính :  $M_a = j \cdot \alpha$  , N.m (lbf.in) (7.17)

$J$  - mômen quán tính khối lượng trên trục động cơ dầu, (Nms<sup>2</sup>), (inlbs<sup>2</sup>).

$\alpha$  - gia tốc góc của trục động cơ dầu, (rad/s<sup>2</sup>).

- Mômen do ma sát nhớt trên trục động cơ dầu  $M_D$  , (Nm), (lbf.in).

- Mômen do tải trọng ngoài  $M_L$  , (Nm), (lbf.in).

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

- Mômen xoắn tổng cộng sẽ là :

$$M = J \cdot \alpha + M_D + M_L \quad , \quad \text{Nm (lbf.in)} \quad (7.18)$$

Theo phương pháp tính toán như hệ chuyển động thẳng, áp suất  $P_1$  và  $P_2$  trong hệ chuyển động quay được xác định theo công thức sau :

$$P_1 = \left( \frac{P_S + P_T}{2} \right) + \left( \frac{10 \cdot \pi \cdot M}{D} \right) \quad , \quad \text{bar} \quad (7.19)$$

$$P_2 = P_S - P_1 + P_T \quad , \quad \text{bar} \quad (7.20)$$

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Nếu tính theo hệ Anh thì :

$$P_1 = \left( \frac{P_S + P_T}{2} \right) + \left( \frac{\pi \cdot M}{D} \right) \quad , \quad (\text{PSI})$$

$$P_2 = P_S - P_1 + P_T \quad , \quad (\text{PSI})$$

Lưu lượng để làm quay trục động cơ dầu với vận tốc  $n_m$  là :

$$Q_L = \frac{n_m \cdot D}{1000} \quad , \quad \text{l/p}$$

Theo hệ Anh :

$$Q_L = \frac{n_m \cdot D}{231} \quad , \quad (\text{usgpm})$$

trong đó :  $n_m$  - số vòng quay lớn nhất của trục động cơ dầu, v/p;  
 $D$  - thể tích riêng của động cơ dầu,  $\text{cm}^3/\text{vg}$  ( $\text{in}^3/\text{vg}$ ).

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Lưu lượng cung cấp của van được xác định là :

$$Q_R = Q_L \cdot \sqrt{\frac{35}{P_S - P_1}} \quad , \quad l/p \quad (7.22)$$

Theo hệ Anh :

$$Q_R = Q_L \cdot \sqrt{\frac{500}{P_S - P_1}} \quad , \quad (\text{usgpm})$$

Trường hợp mômen xoắn tác động theo cả hai chiều thì chiều ngược lại cũng được tính tương tự như trên và lấy giá trị lớn nhất  $Q_R$  để chọn van.



## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

*Ví dụ 7.2:*

Xác định lưu lượng cung cấp của van cho hệ thủy lực chuyển động quay có sơ đồ như trên hình 7.4.

Dựa vào các công thức tính toán đối với hệ chuyển động quay như đã trình bày ở trên ta xác định như sau :

$$M_a = J \cdot \alpha = 0,2 \times 100 = 20 \text{ Nm}$$

$$M = M_a + M_L + M_D = 20 + 30 + 6,5 = 56,5 \text{ Nm}$$

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

$$P_1 = \left( \frac{P_S + P_T}{2} \right) + \left( \frac{10 \cdot \pi \cdot M}{D} \right) = \frac{210 + 0}{2} + \frac{10 \cdot \pi \cdot 56,5}{82} = 127 \text{ bar}$$

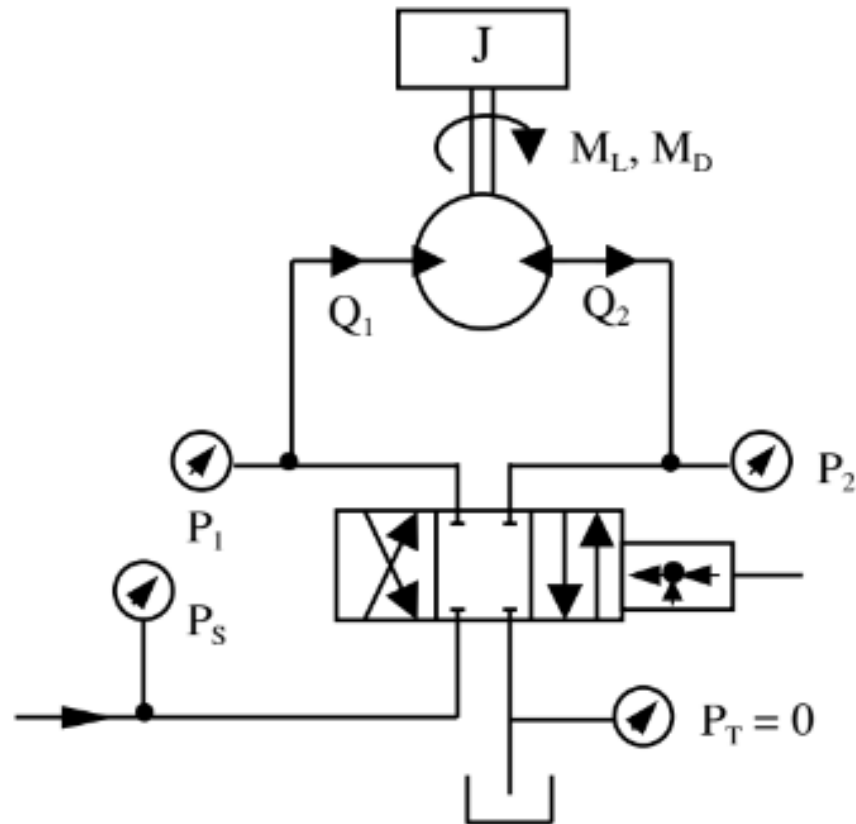
$$P_2 = P_S - P_1 + P_T = 210 - 127 + 0 = 83 \text{ bar}$$

$$Q_L = \frac{n_m \cdot D}{1000} = \frac{95 \times 82}{1000} = 7,8 \text{ l/p}$$

$$Q_R = Q_L \cdot \sqrt{\frac{35}{P_S - P_1}} = 7,8 \times \sqrt{\frac{35}{210 - 127}} = 50 \text{ l/p}$$

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng



## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Các số liệu của sơ đồ trên hình 7.4 là :

$$n_m = 95 \text{ v/p} ; \alpha = 100 \text{ rad/s}^2;$$

$$J = 0,2 \text{ N.m.s}^2 \text{ (1,77 lbfins}^2\text{)};$$

$$M_L = 30 \text{ N.m (266 lbfm)} ; M_D = 6,5 \text{ N.m (58 lbfm)};$$

$$D = 82 \text{ cm}^3/\text{vg} \text{ (5 in}^3/\text{vg)} ; P_S = 210 \text{ bar (3000 PSI)};$$

$$P_T = 0.$$

## C7. Tính toán, Thiết kế các mạch điều khiển tự động thủy lực

### 7.1. Tính toán áp suất và lưu lượng

Tính theo hệ Anh :  $M_a = J \cdot \alpha = 1,77 \cdot 100 = 177 \text{ lbf}\cdot\text{in}$

$$M = M_a + M_L + M_D = 177 + 266 + 58 = 501 \text{ lbf}\cdot\text{in}$$

$$P_1 = \left( \frac{P_S + P_T}{2} \right) + \left( \frac{\pi \cdot M}{D} \right) = \frac{3000 + 0}{2} + \frac{3,14 \times 501}{5} = 1815 \text{ PSI}$$

$$P_2 = P_S - P_1 + P_T = 3000 - 1815 + 0 = 1185 \text{ PSI}$$

$$Q_L = \frac{n_m \cdot D}{231} = \frac{95 \times 5}{231} = 2,1 \text{ usgpm}$$

$$Q_R = Q_L \cdot \sqrt{\frac{500}{P_S - P_1}} = 2,1 \times \sqrt{\frac{500}{3000 - 1815}} = 1,4 \text{ usgpm}$$