TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM
KHOA KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT VÀ DẦU KHÍ

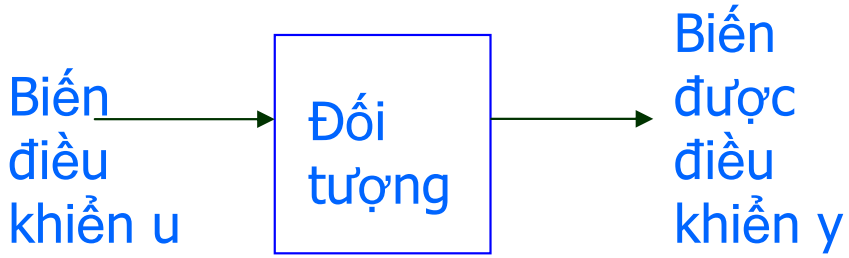
CÔNG NGHỆ XỬ LÝ KHÍ & HYDRAT

PHẦN 8

CƠ BẢN VỀ ĐO LƯỜNG VÀ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

CBGD : TS. Nguyễn Đức Thành
Email : ndthanh@hcmut.edu.vn
Tel : 0913118751

- ĐIỀU KHIỂN: Thay đổi biến điều khiển để cho biến được điều khiển có giá trị mong muốn

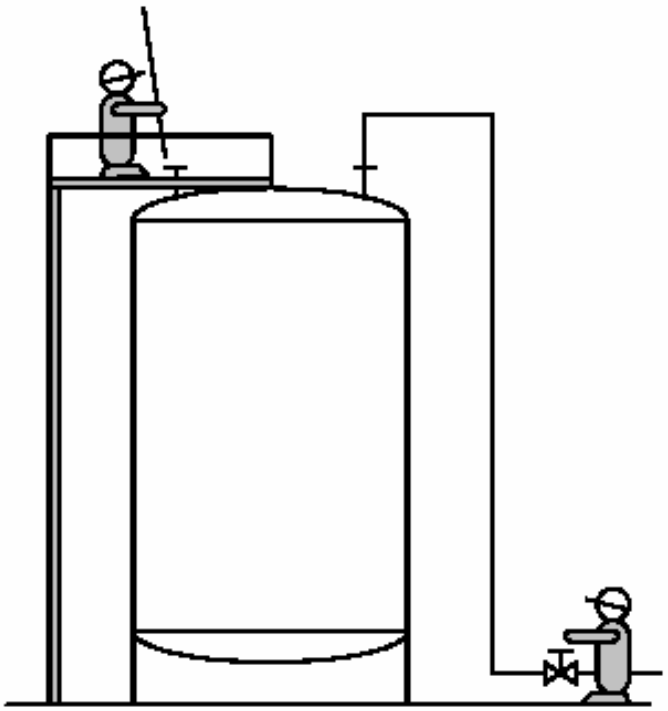


- BIẾN ĐƯỢC ĐIỀU KHIỂN: ngõ ra đối tượng
- BIẾN ĐIỀU KHIỂN: ngõ vào đối tượng
- ĐỐI TƯỢNG: một thiết bị vật lý hay một hệ thống vật lý, sinh học, kinh tế…
- QUÁ TRÌNH (Process): một tập hợp các thiết bị và vật liệu, giới hạn trong không gian, liên lạc với môi trường chung quanh thông qua dòng năng lượng và nguyên vật liệu
- ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH: tác động lên dòng năng lượng/ nguyên vật liệu để đạt mục đích nào đấy

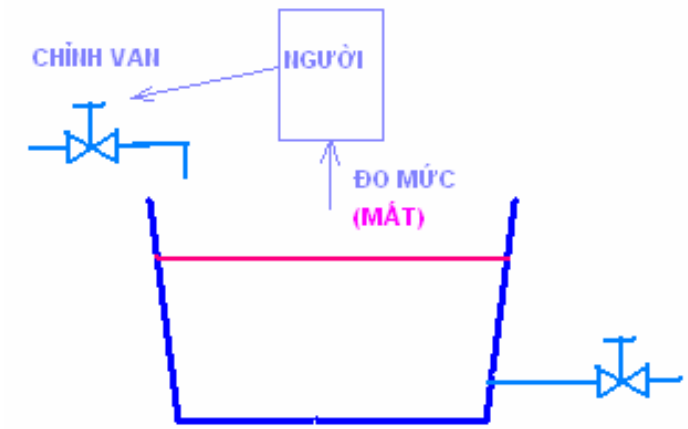
- HỆ THỐNG (System):một tập hợp các thiết bị và vật liệu, giớI hạn trong không gian, liên lạc vớI môi trường chung quanh thông qua các tín hiệu vào và ra

- Muốn điều khiển cần biết giá trị của biến được điều khiển

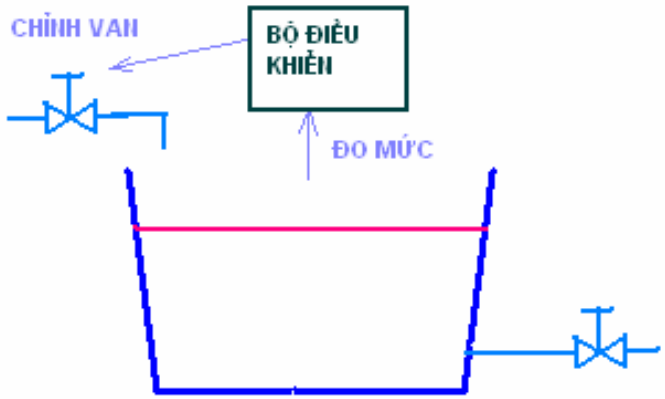
- VÍ DỤ: Điều khiển mức chất lỏng: đo mức chất lỏng và điều khiển van vào để duy trì mức chất lỏng



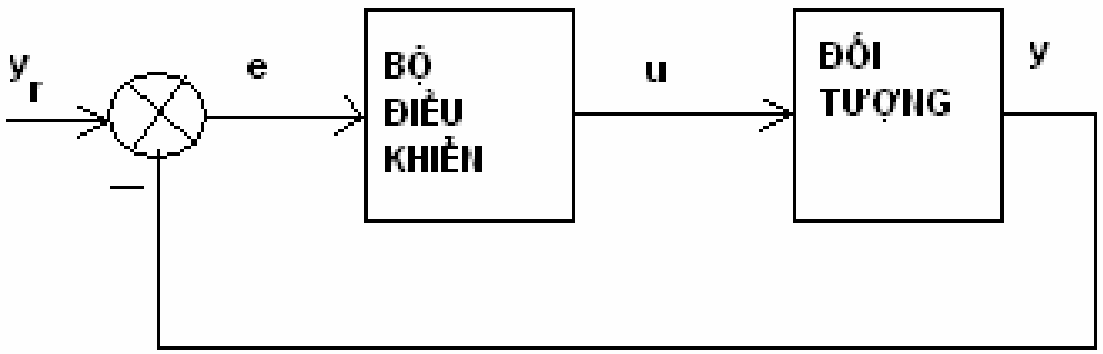
- Điều khiển không tự động (bằng tay), không chính xác, chậm



- Điều khiển tự động, dùng bộ điều khiển

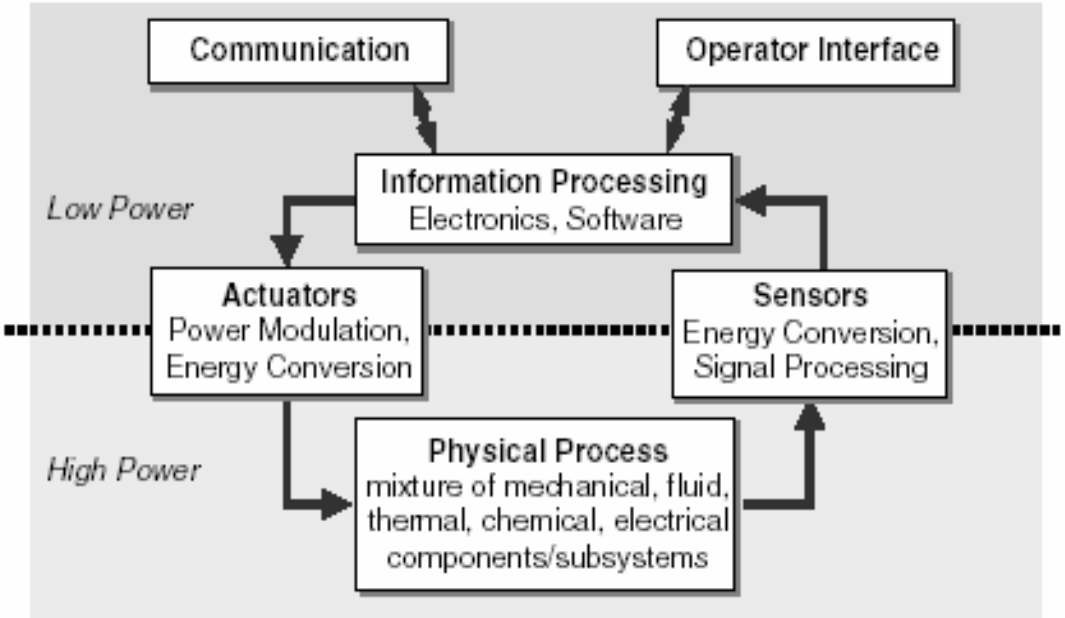


- HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN HỒI TIẾP (feedback control): hệ thống điều khiển cơ bản, tín hiệu điều khiển u phụ thuộc sai lệch e giữa giá trị mong muốn của biến được điều khiển (giá trị đặt yr) và giá trị thực y của biến này

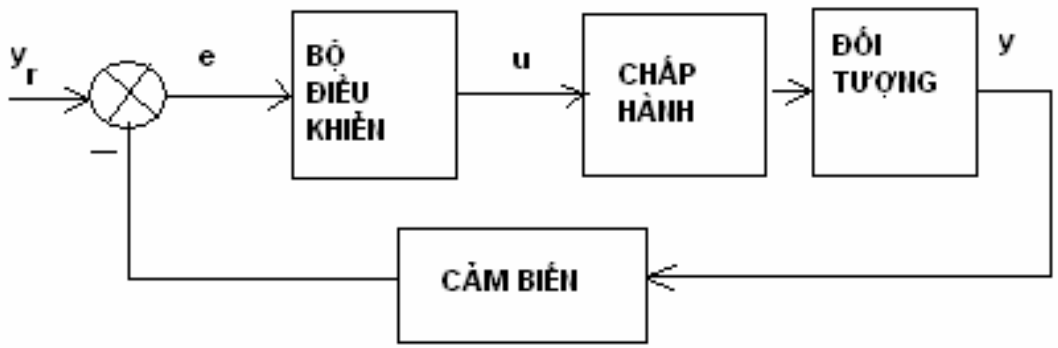


• Tín hiệu y được đo bằng cảm biến (sensor hay transducer)

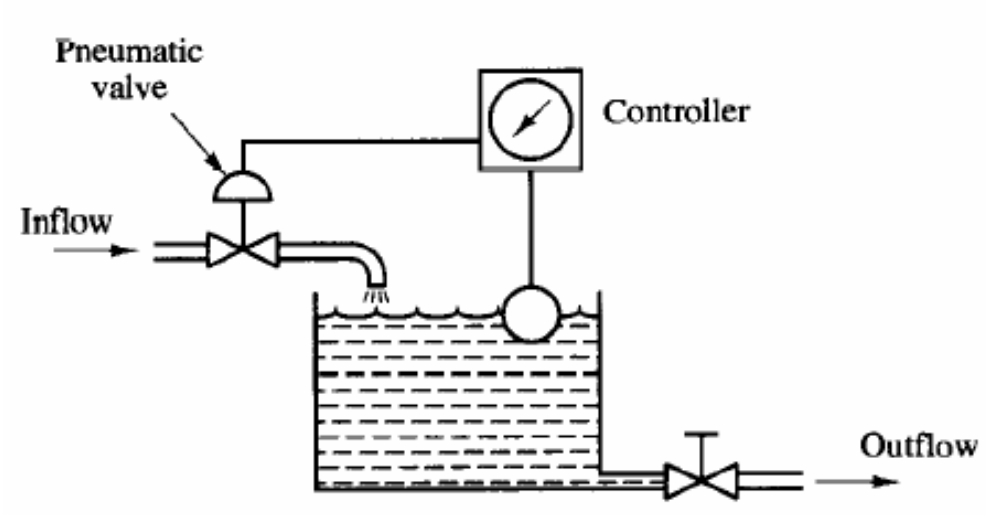
•Tín hiệu điều khiển u thông qua bộ chấp hành (actuator) tác động vào đối tượng làm thay đổi đại lượng y


Communication
Operator Interface
Low Power
Information Processing
Electronics, Software
Actuators
Power Modulation,
Energy Conversion
Sensors
Energy Conversion,
Signal Processing
High Power
Physical Process
mixture of mechanical, fluid,
thermal, chemical, electrical
components/subsystems

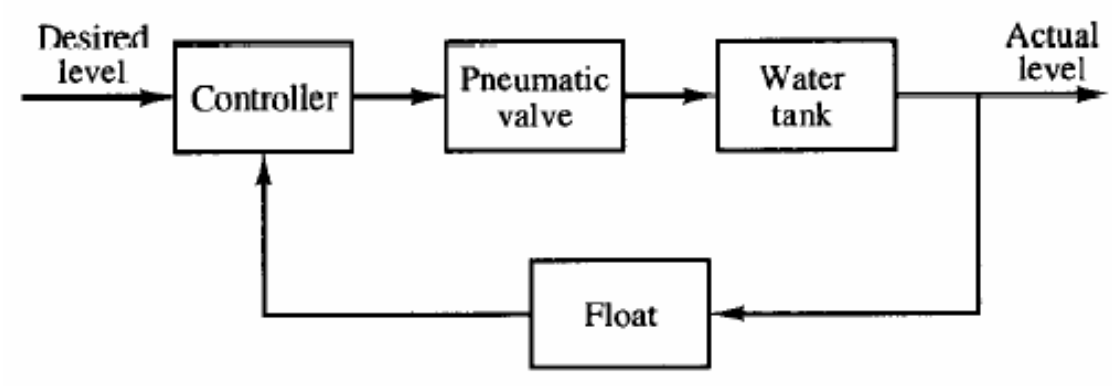
SƠ ĐỒ KHỐI



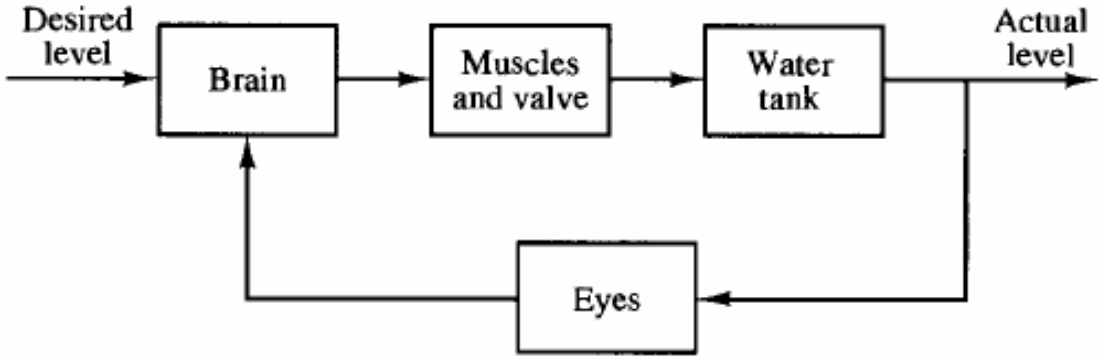
- Ví dụ trong hệ thống điều khiển mức nước, thiết bị chấp hành là phần tử làm thay đổi độ mở van, cảm biến là thiết bị đo mức nước, tín hiệu điều khiển u ấn định độ mở van, biến được điều khiển là mức chất lỏng y, đối tượng là bồn chứa



SƠ ĐỒ KHỐI

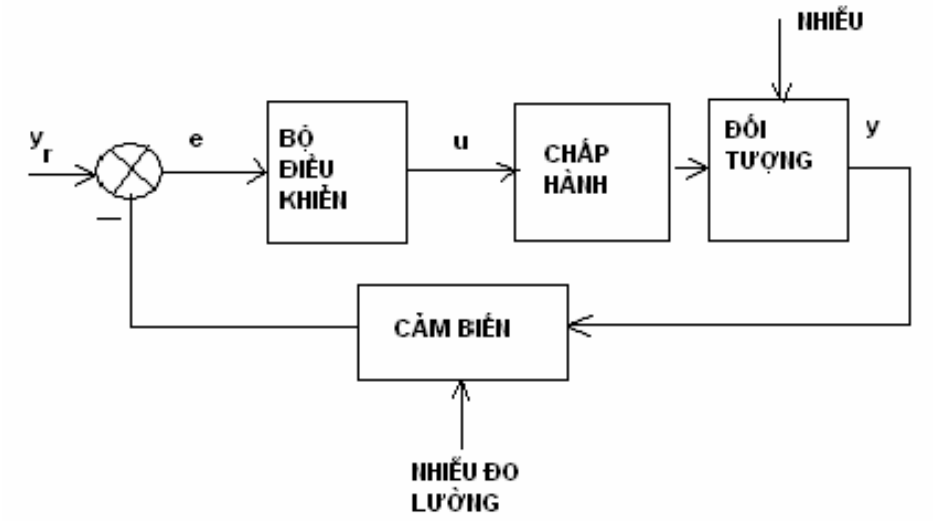


ĐốI với hệ thống điều khiển có người tham gia, sơ đồ như sau



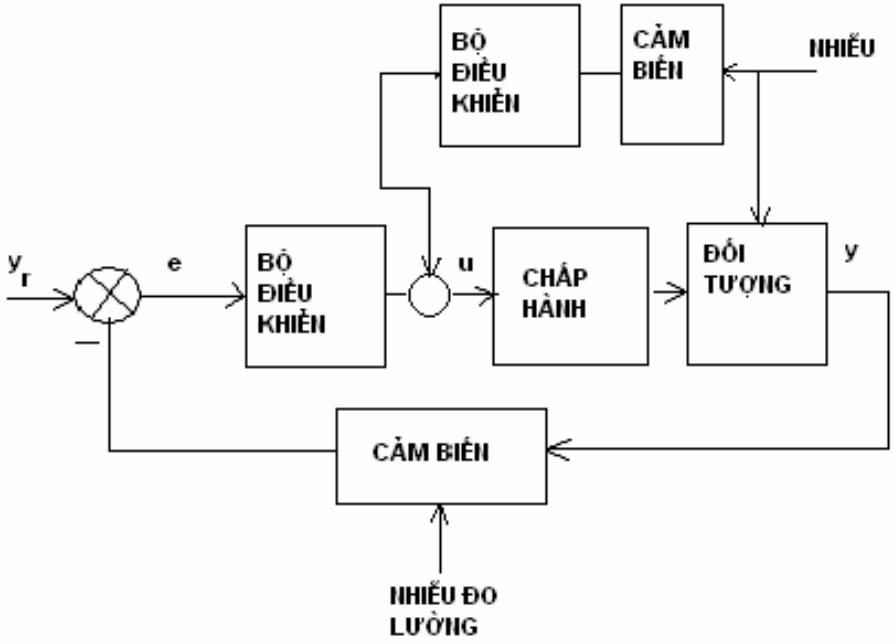
•Trong thực tế hệ thống luôn luôn chịu các tác động ngoài ý muốn, gọi là nhiễu, ví dụ với hệ thống điều khiển mức chất lỏng, áp suất chất lỏng vào, lưu lượng chất lỏng ra, nhiệt độ chất lỏng gây dãn nở ...là các tác động nhiễu

NHIỄU

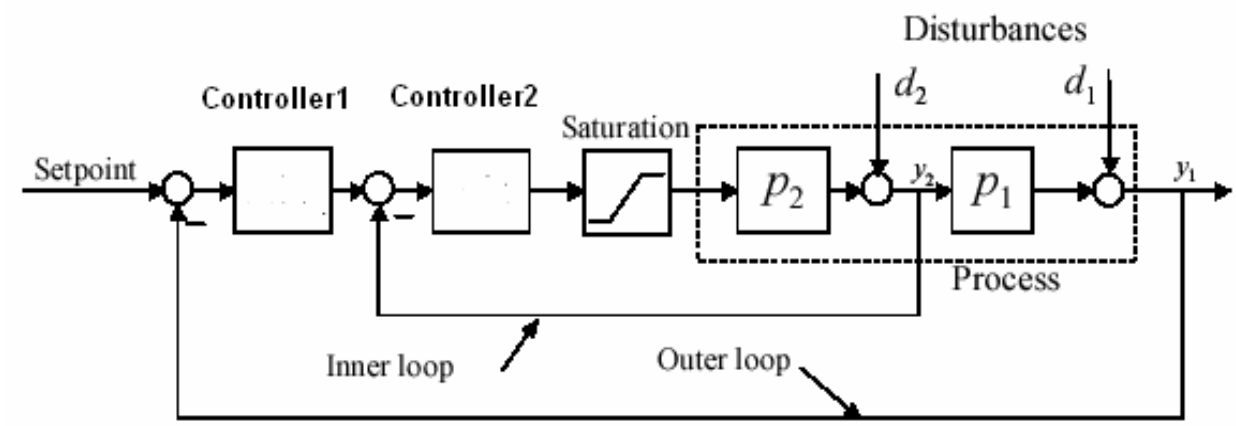


- Các tác động nhiễu có thể dẫn đến chất lượng điều khiển giảm sút

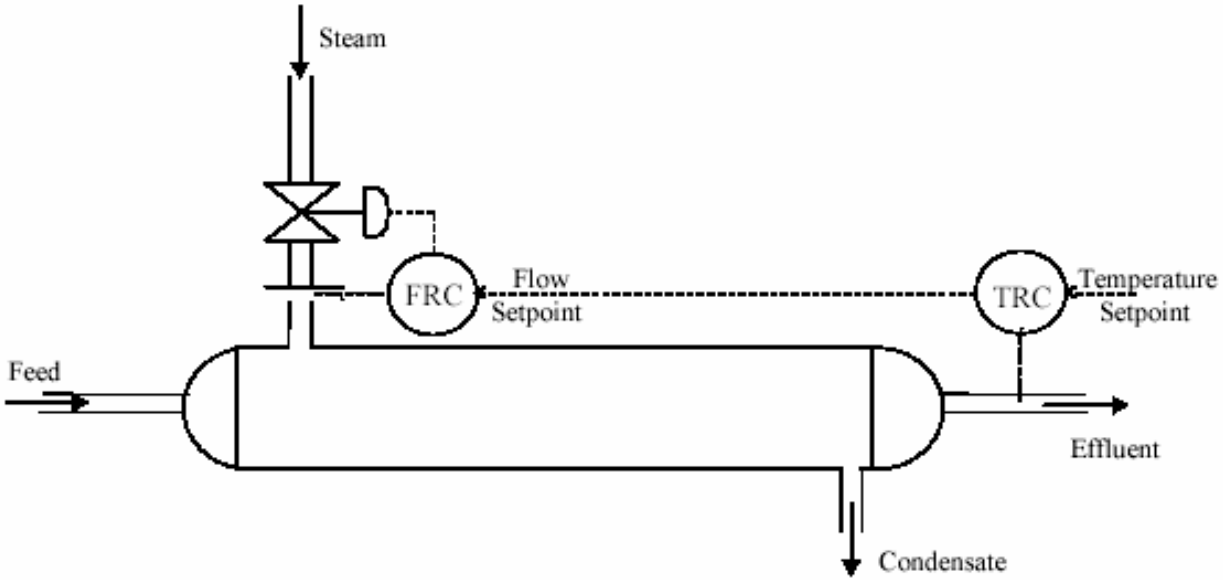
- Một phương pháp điều khiển khi có tín hiệu nhiễu là đo nhiễu để tác động thêm lượng điều khiển u' (điều khiển phối hợp feedback và feedforward)



- Đối với đối tượng có nhiều tác động nhiễu ngõ vào , tốt nhất là dùng điều khiển nhiều vòng (cascade control), tín hiệu ra của bộ điều khiển vòng ngoài dùng làm tín hiệu đặt cho vòng điều khiển trong

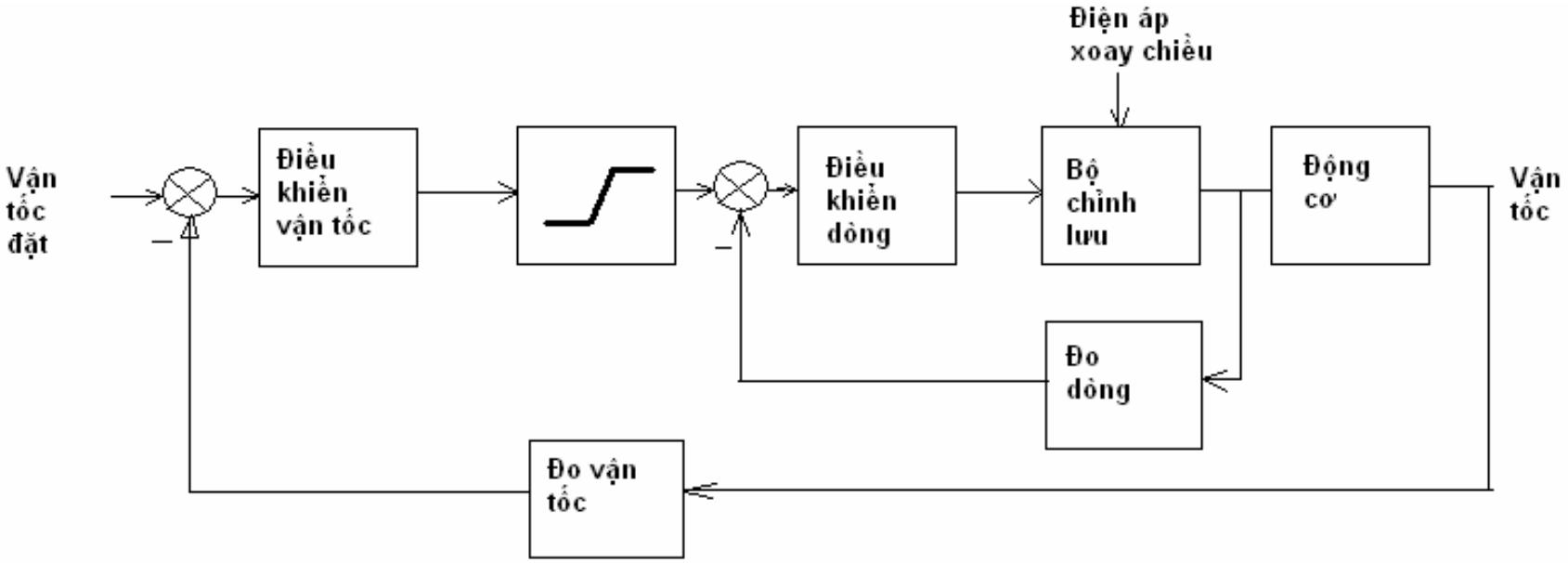


Ví dụ bộ trao đổi nhiệt có nhiệt độ hơi nước vào và lưu lượng thay đổi, ta điều khiển nhiệt độ sản phẩm ra bằng cách điều khiển lưu lượng hơi nước vào

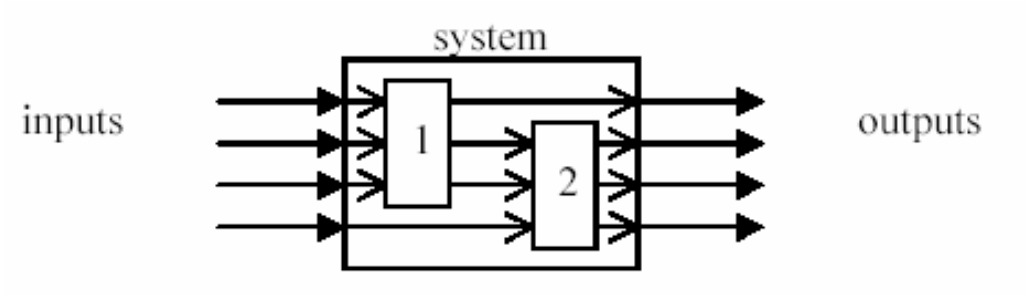


ĐIỀU KHIỂN VẬN TỐC NHIỀU VÒNG

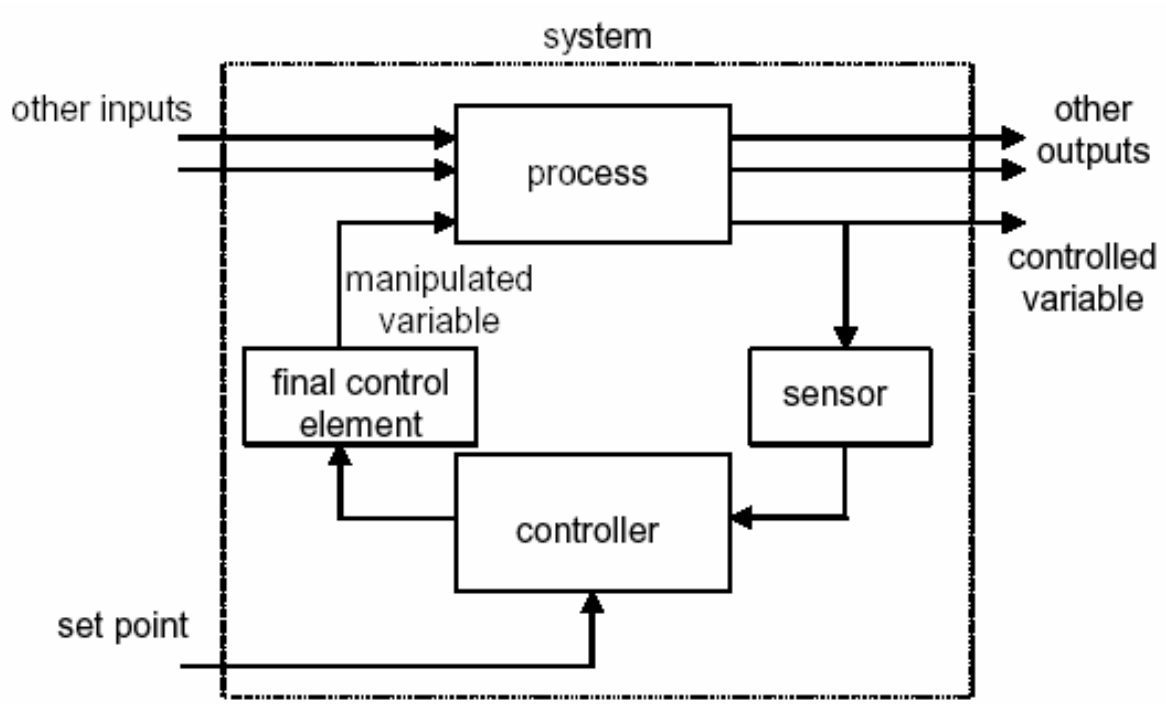
- Một ví dụ khác là điều khiển vận tốc động cơ một chiều, gồm vòng điều khiển vận tốc ở ngoài và vòng điều khiển dòng điện ở trong, tín hiệu ra của bộ điều khiển vận tốc có khâu bảo hòa, và là tín hiệu đặt cho dòng điện, bảo đảm dòng động cơ không vượt quá giới hạn



- Hệ thống có thể có nhiều đầu vào và ra, có thể chia ra thành các hệ thống con



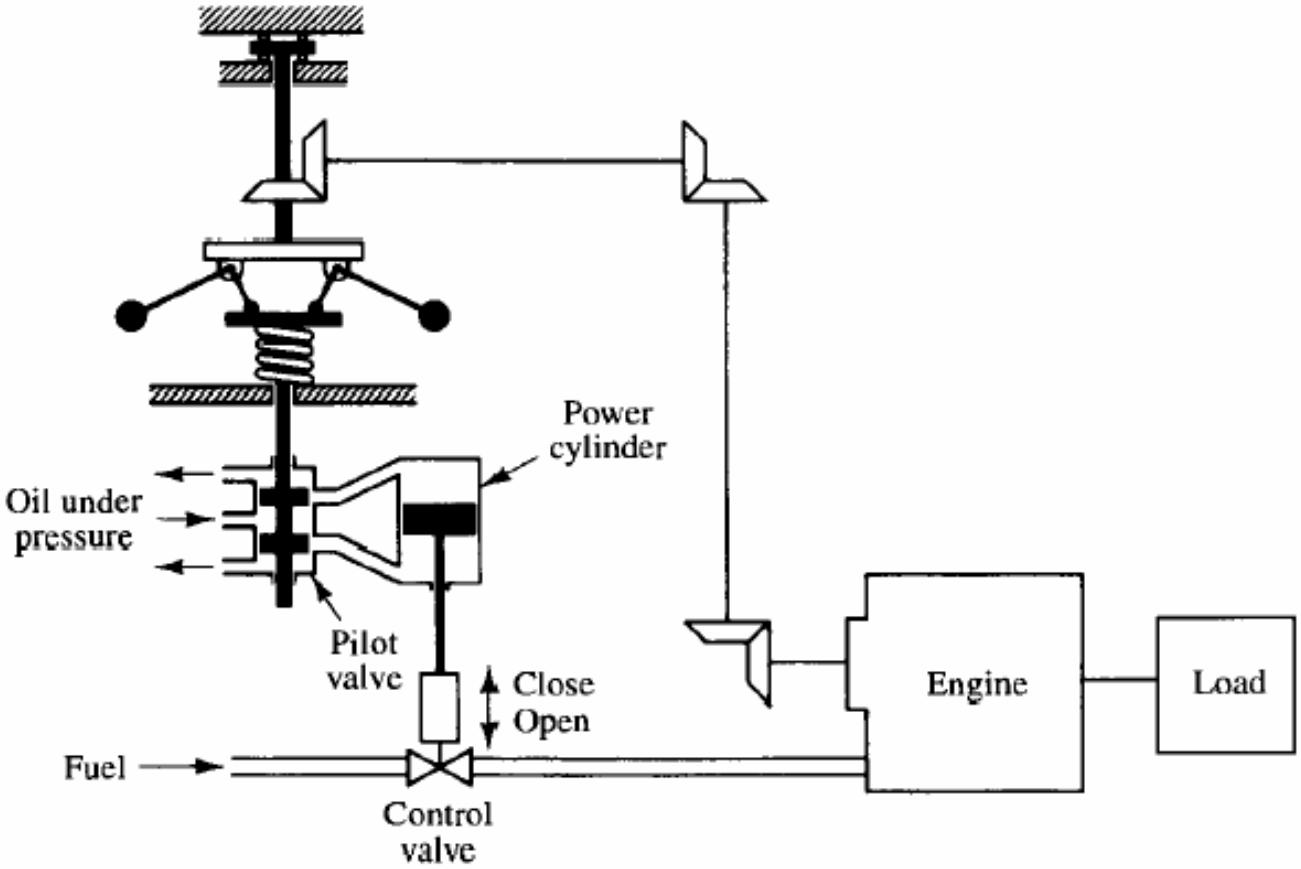
- Một hệ thống điều khiển có thể chỉ điều khiển một đầu ra



PHÂN LOẠI BỘ ĐIỀU KHIỂN

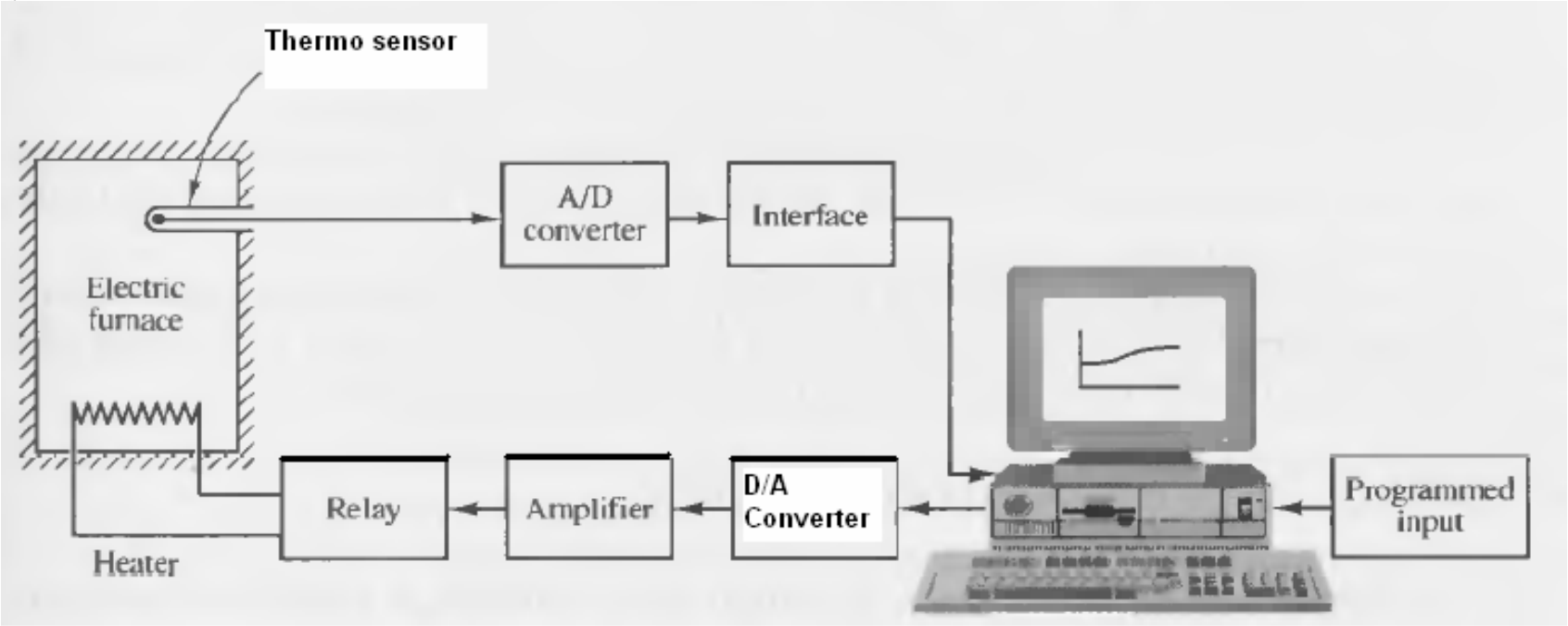
- Điều khiển analog: sử dụng các phần tử tương tự

- Ví dụ: điều khiển vận tốc quay động cơ bằng cách thay đổi lượng dầu cung cấp

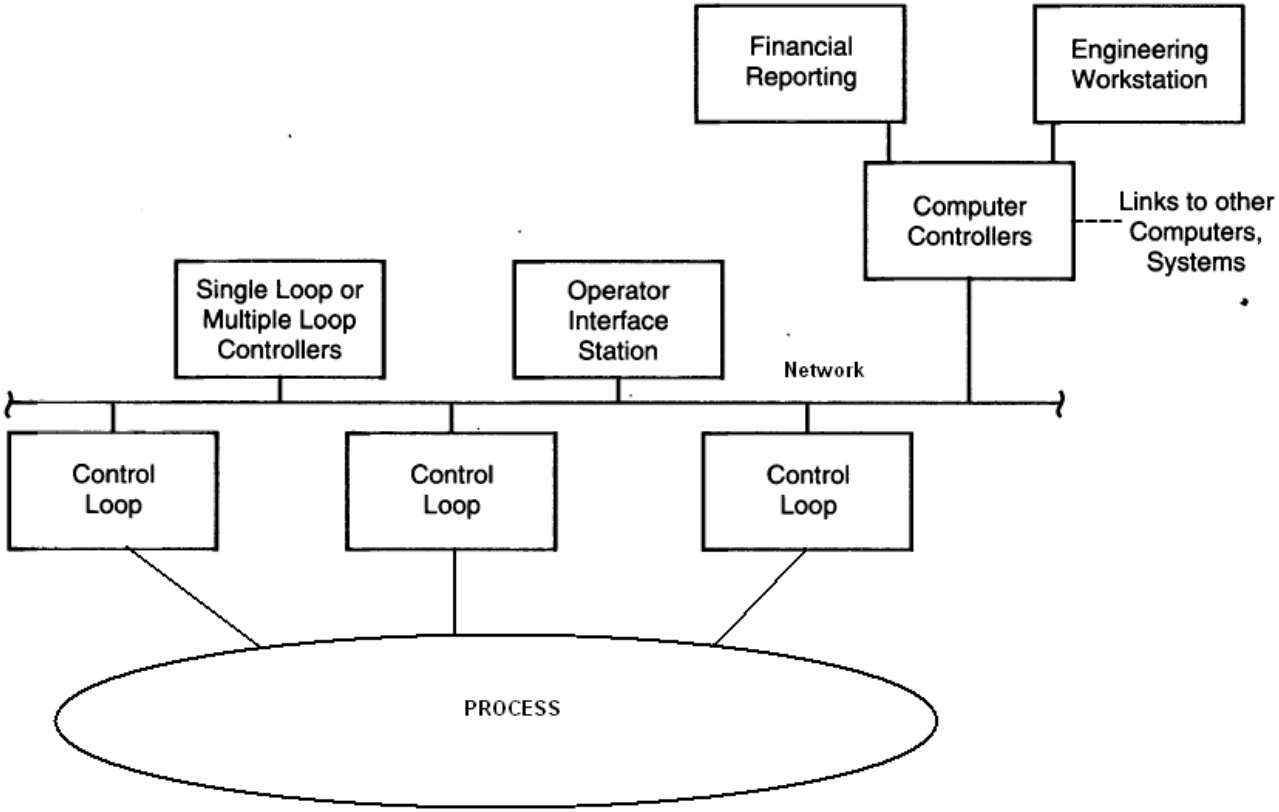


PHÂN LOẠI BỘ ĐIỀU KHIỂN

- Điều khiển số: dùng các phần tử mạch số, vi xử lý, PLC, máy tính
- Ví dụ: điều khiển nhiệt độ dùng máy tính



- ĐIỀU KHIỂN PHÂN BỐ (Distributed Control System): hệ thống lớn có nhiều bộ điều khiển số, không tập trung trong cùng một chỗ mà đặt rải rác theo đối tượng điều khiển, một máy tính trung tâm cung cấp các giá trị đặt và tham số cho các bộ điều khiển. Các hệ thống con liên lạc với nhau qua mạng, có đô dư cao và chịu sự điều khiển thống nhất từ trung tâm



HỆ THỐNG SCADA (Supervisory control and data acquisition): Hệ thống giám sát các thông số hoạt động của quá trình, báo động trước các sự cố, thường xuyên theo dõi tình trạng hoạt động của thiết bị, đưa ra các chẩn đoán, cung cấp thông tin dưới dạng đồ họa, cung cấp các báo cáo, quản lý hồ sơ hoạt động, kết nối với các hệ thống con qua mạng không dây hay có dây

Station control panel

Pipeline Control Station
Source: Duke Energy Gas Transmission Canada

Two compressing units

CÁC PHẦN TỬ CỦA HT ĐKTĐ- CẢM BIẾN NHIỆT

CẢM BIẾN: đo nhiệt độ,áp suất, lưu lượng, mức, …

Miniature Thermocouples & RTD's

CẢM BIẾN ÁP SUẤT (Pressure Sensor)

Differential gas pressure

Applications

- Industrial OEM Equipment
- Compressor Control
- Hydraulic Systems
- Industrial Engines
- HVAC/R Equipment

CẢM BIẾN LỰC, TRỌNG LƯỢNG

CẢM BIẾN LƯU LƯỢNG (Flow Meter)

FTB-909 Turbine, $1156, shown with FLSC-61 Signal Conditioner, $360

CẢM BIẾN DỊCH CHUYỂN

Encoder

Capacitive displacement sensor

CHẤP HÀNH (Actuator)

Điện, điện cơ:

•Solenoid, Rơle, rơle bán dẫn (Triac, SCR, SSR)

•Động cơ DC, động cơ bước, động cơ AC đồng bộ, động cơ không đồng bộ, động cơ tuyến tính, động cơ áp điện

•Động cơ AC servo cảm ứng, động cơ AC servo không chổi

Khí nén, thủy lực:

•Valve

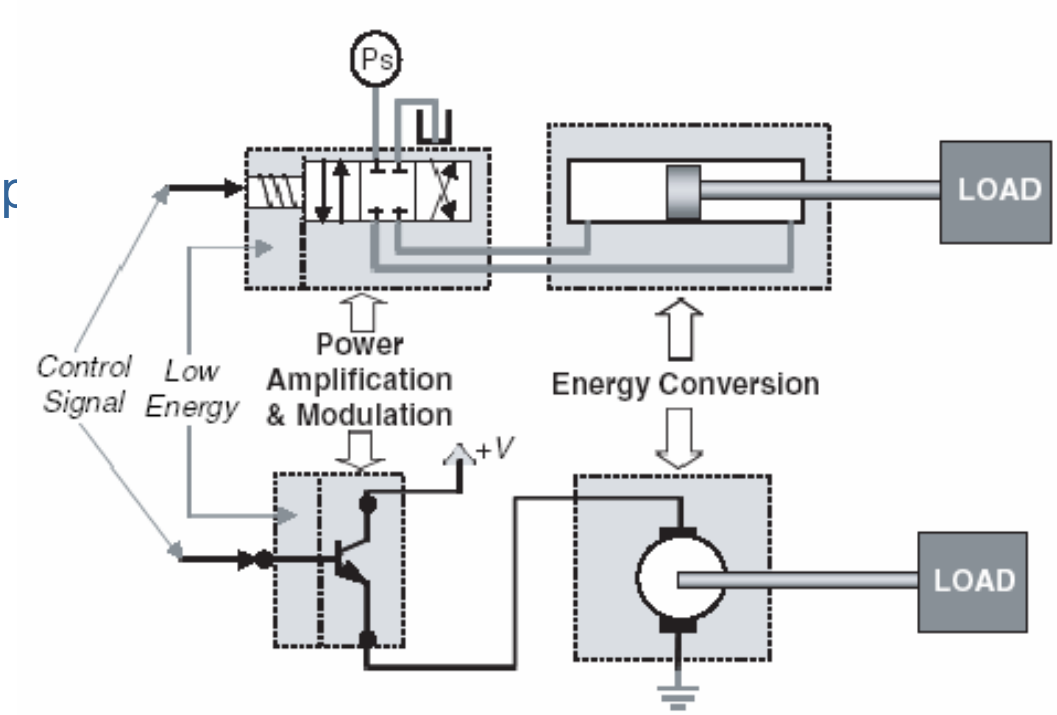
•Bơm

•Động cơ khí nén, dầu ép

•Xilanh

MEMS, NEMS

(Micro electro mechanical system)



CHẤP HÀNH (Actuator)

VALVE

CYLINDER

BỘ ĐIỀU KHIỂN (Controllers)

MAINBOARD PC

EMBEDDED PC

PC104 COMPUTER

a)LOGO

b) S7-200

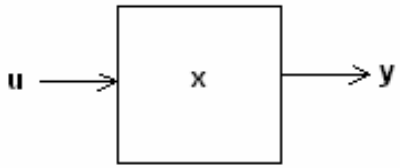
c) S7-300 và màn hình OP

MICROCONTROLLER

MÔ TẢ TOÁN HỌC

Hệ thống động mô tả bằng hệ phương trình vi phân

$$\dot{x} = f(x,u,t)$$
$$y = g(x,u,t)$$



- x: trạng thái trong, là vectơ nhiều thành phần, u: tín hiệu vào, điều khiển, y: tín hiệu ra
- Nếu trong biểu thức của f và g không chứa t (thời gian), ta có hệ thống bất biến thời gian
- Nếu u và y là vô hướng ta có hệ thống một ngõ vào, một ngõ ra SISO (single input – single output), ngược lại là hệ thống MIMO(multi input - multi output)
- Nếu f và g là các hàm tuyến tính theo x, u, t ta có hệ tuyến tính (linear system), ngược lại là hệ phi tuyến (nonlinear system)

Ví dụ hệ thống tuyến tính

$$\dot{x}_1 = 2x_1 + 3x_2$$
$$\dot{x}_2 = x_1 + x_2 + u$$
$$y = 3x_1 + x_2$$

Ví dụ hệ thống phi tuyến

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + x = A\sin\omega t$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + (x^2 - 1)\frac{dx}{dt} + x = 0$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} + x + x^3 = 0$$

Hệ thống tuyến tính SISO mô tả bằng phương trình vi phân (1)

$$a_n y^{(n)} + a_{n-1} y^{(n-1)} + .. + a_1 \dot{y} + a_0 y = b_m u^{(m)} + b_{m-1} u^{(m-1)} + .. + b_1 \dot{u} + b_0 u$$

n>m, n là bậc của hệ thống

Dùng phép biến đổi Laplace

$$L(f(t)) = \int_0^\infty f(t) e^{-st} dt = F(s)$$

f(t) là hàm theo t với f(t)=0 khi t<0, s là biến phức, F(s) là biến đổi Laplace của f(t)

Biến đổi của đạo hàm:

$$L(\dot{f}(t)) = sF(s) - f(0^+)$$

$$L(\ddot{f}(t)) = s^2 F(s) - sf(0^+) - \dot{f}(0^+)$$

$$\mathcal{L}\left[\frac{d^n}{dt^n} f(t)\right] = s^n F(s) - s^{n-1} f(0) - s^{n-2} \dot{f}(0) - \cdots - s \overset{(n-2)}{f}(0) - \overset{(n-1)}{f}(0)$$

HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG TUYẾN TÍNH

Biến đổi Laplace hai vế của phương trình (1) với điều kiện đầu bằng 0

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + .. + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + .. + a_1 s + a_0} = G(s)$$

G(s) gọi là hàm truyền đối tượng

$$Y(s) = U(s)G(s)$$

Cho u(t) ta tìm U(s) sau đó tính Y(s)

Muốn tìm y(t) ta dùng biến đổi Laplace đảo

$$\mathcal{L}^{-1}[F(s)] = f(t) = \frac{1}{2\pi j}\int_{c-j\infty}^{c+j\infty} F(s)e^{st}\,ds,$$

Tìm F(s) và f(t) từ các bảng biến đổi Laplace

BẢNG BIẾN ĐỔI LAPLACE

	$f(t)$	$F(s)$
1	Unit impulse $\delta(t)$	1
2	Unit step $1(t)$	$\frac{1}{s}$
3	t	$\frac{1}{s^2}$
4	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$	$\frac{1}{s^n}$
5	$t^n \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
6	e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
7	te^{-at}	$\frac{1}{(s+a)^2}$
8	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1}e^{-at} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$	$\frac{1}{(s+a)^n}$
9	$t^n e^{-at} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots)$	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
10	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$

BẢNG BIẾN ĐỔI LAPLACE

11	$\cos \omega t$	$\dfrac{s}{s^2 + \omega^2}$
12	$\sinh \omega t$	$\dfrac{\omega}{s^2 - \omega^2}$
13	$\cosh \omega t$	$\dfrac{s}{s^2 - \omega^2}$
14	$\dfrac{1}{a}(1 - e^{-at})$	$\dfrac{1}{s(s + a)}$
15	$\dfrac{1}{b - a}(e^{-at} - e^{-bt})$	$\dfrac{1}{(s + a)(s + b)}$
16	$\dfrac{1}{b - a}(be^{-bt} - ae^{-at})$	$\dfrac{s}{(s + a)(s + b)}$
17	$\dfrac{1}{ab}\left[1 + \dfrac{1}{a - b}(be^{-at} - ae^{-bt})\right]$	$\dfrac{1}{s(s + a)(s + b)}$

BẢNG BIẾN ĐỔI LAPLACE

18	$\frac{1}{a^2}(1 - e^{-at} - ate^{-at})$	$\frac{1}{s(s+a)^2}$
19	$\frac{1}{a^2}(at - 1 + e^{-at})$	$\frac{1}{s^2(s+a)}$
20	$e^{-at}\sin\omega t$	$\frac{\omega}{(s+a)^2+\omega^2}$
21	$e^{-at}\cos\omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2+\omega^2}$
22	$\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\sin\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t$	$\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$
23	$-\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t-\phi)$ $\phi = \tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	$\frac{s}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$
24	$1-\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t+\phi)$ $\phi = \tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2)}$
25	$1-\cos\omega t$	$\frac{\omega^2}{s(s^2+\omega^2)}$

Giải pbương trình vi phân

$$\ddot{x} + 3\dot{x} + 2x = 0, \qquad x(0) = a, \qquad \dot{x}(0) = b$$

Biến đổi Laplace

$$[s^2X(s) - sx(0) - \dot{x}(0)] + 3[sX(s) - x(0)] + 2X(s) = 0$$

$$X(s) = \frac{as + b + 3a}{s^2 + 3s + 2} = \frac{as + b + 3a}{(s+1)(s+2)} = \frac{2a + b}{s + 1} - \frac{a + b}{s + 2}$$

Biến đổi Laplace ngược

$$x(t) = \mathcal{L}^{-1}[X(s)] = \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{2a + b}{s + 1}\right] - \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{a + b}{s + 2}\right]$$
$$= (2a + b)e^{-t} - (a + b)e^{-2t}, \qquad \text{for } t \geq 0$$

Đáp ứng xung: Đối tượng hàm truyền G(s) có đáp ứng xung khi tín hiệu vào là hàm xung Dirac

$$\mathcal{L}^{-1}[G(s)] = g(t)$$

Đáp ứng nấc (đáp ứng quá độ): đáp ứng với tín hiệu vào hàm nấc

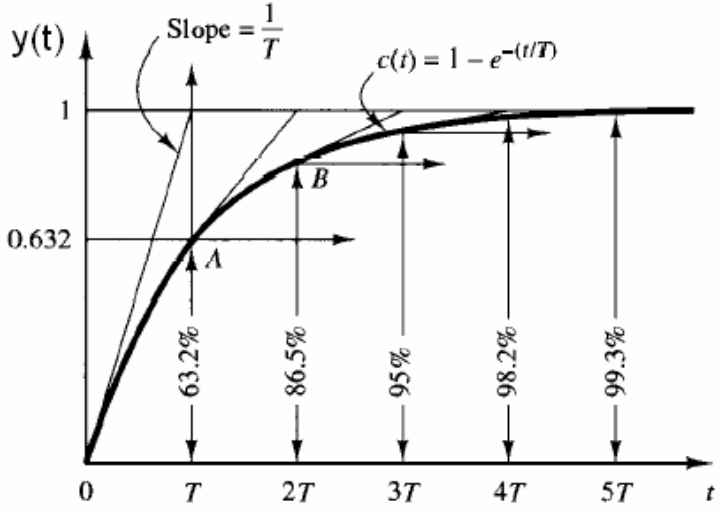
$$L^{-1}\left(\frac{G(s)}{s}\right) = h(t)$$

Hệ bậc nhất: $$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{1+Ts}$$

Đáp ứng nấc

$$y(t) = L^{-1}\left(\frac{1}{s(1+Ts)}\right)$$

$$y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$$

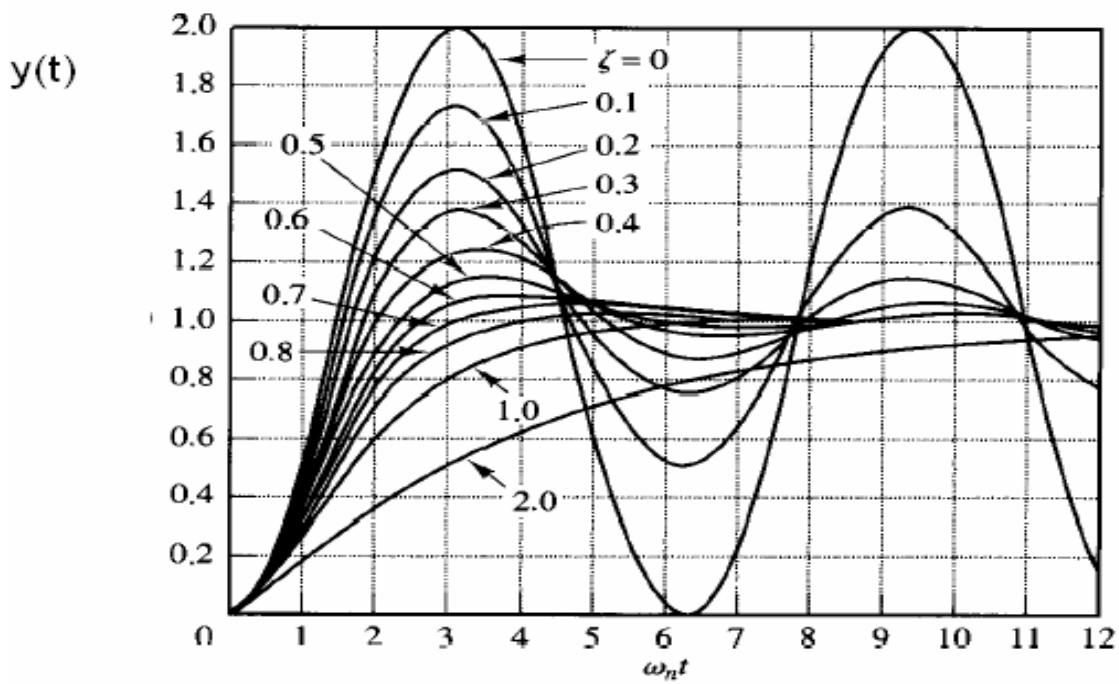


Hệ dao động bậc 2:

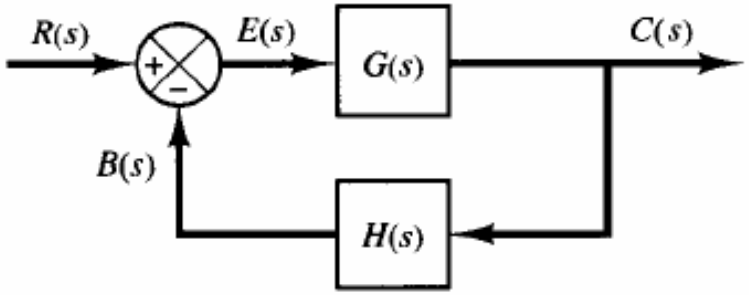
$$G(s)=\frac{1}{T^2s^2+2\xi Ts+1}=\frac{\omega^2{}_n}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega^2{}_n},\omega_n=\frac{1}{T},0<\xi<1$$

$$h(t)=1-\frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1-\zeta^2}}\sin\left(\omega_d t+\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}\right),$$

$$\omega_d=\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}.$$



Cho sơ đồ khối hệ kín, hàm truyền hệ kín là:

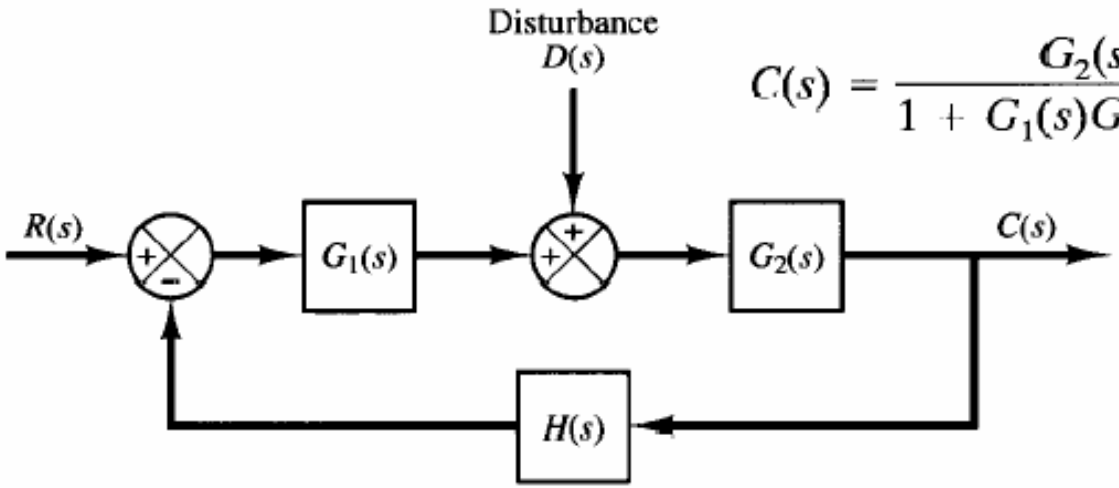


$$G_K(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

G(s): hàm truyền thuận, H(s): hàm truyền hồi tiếp

E(s): biến đổi Laplace của sai lệch

Với hệ thống có nhiễu loạn, đáp ứng hệ kín là:



$$C(s) = \frac{G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)}[G_1(s)R(s) + D(s)]$$

PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI

- Hệ thống động ngoài các tín hiệu vào ra còn có các biến trạng thái là các trạng thái bên trong. Hiểu biết các biến trạng thái này cùng với tín hiệu vào, hoàn toàn có thể xác định hành vi sắp tới và tín hiệu ra của hệ.
- Vectơ trạng thái là tập hợp nhỏ nhất các biến trạng thái, mô tả được hành vi của hệ, vectơ trạng thái tương ứng với một điểm trong không gian trạng thái.
- Số n các biến trạng thái là bậc của không gian trạng thái
- Một hệ thống động có thể biểu diễn bằng tập các biến trạng thái khác nhau, nhưng bậc của hệ thống không đổi
- Hệ thống phải lưu giữ giá trị của biến trạng thái nên các biến trạng thái biểu diễn bằng ngõ ra các mạch tích phân, số mạch tích phân bằng bậc của hệ thống

- Hệ thống động có bậc n có n biến trạng thái x,

r ngõ vào u, m ngõ ra y, biểu diễn bằng hệ phương trình

$$\dot{x}_1(t) = f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n; u_1, u_2, \ldots, u_r; t)$$
$$\dot{x}_2(t) = f_2(x_1, x_2, \ldots, x_n; u_1, u_2, \ldots, u_r; t)$$
$$\vdots$$
$$\dot{x}_n(t) = f_n(x_1, x_2, \ldots, x_n; u_1, u_2, \ldots, u_r; t)$$

$$y_1(t) = g_1(x_1, x_2, \ldots, x_n; u_1, u_2, \ldots, u_r; t)$$
$$y_2(t) = g_2(x_1, x_2, \ldots, x_n; u_1, u_2, \ldots, u_r; t)$$
$$\vdots$$
$$y_m(t) = g_m(x_1, x_2, \ldots, x_n; u_1, u_2, \ldots, u_r; t)$$

Thay các biến bằng vectơ tương ứng, ta có phương trình vectơ

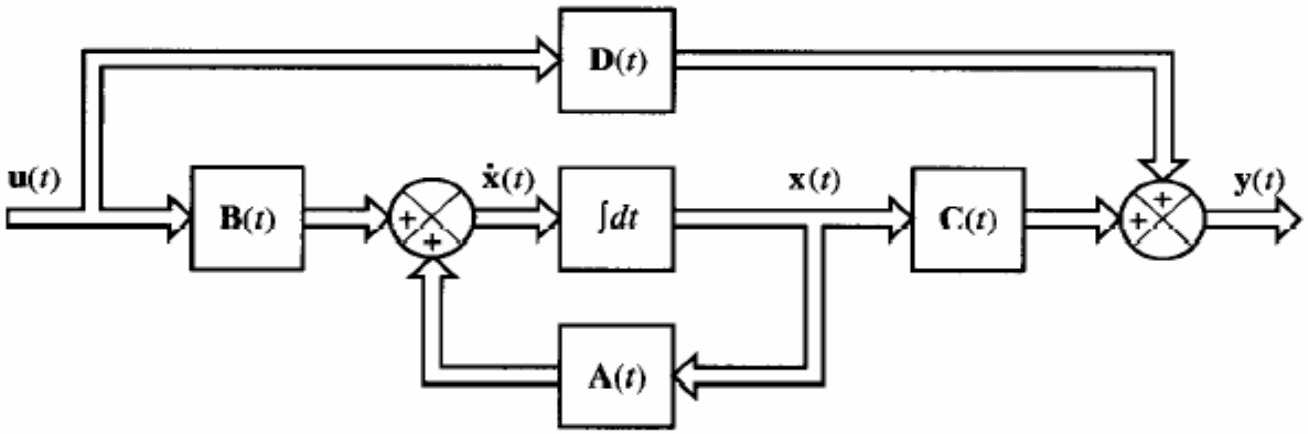
$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t)$$
$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t)$$

• F và g có thể là hàm phi tuyến, nếu tuyến tính hóa quanh điểm làm việc ta có phương trình tuyến tính

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t)$$
$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}(t)\mathbf{u}(t)$$

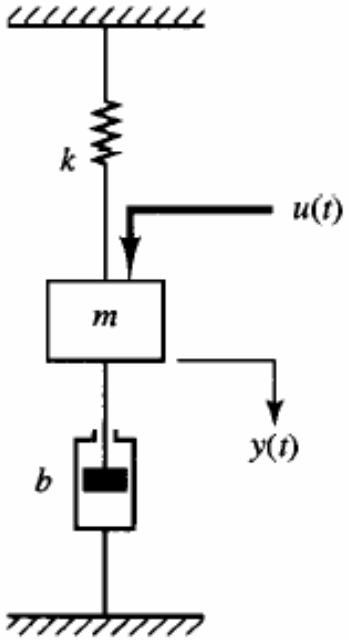
Nếu các tham số hệ thống không phụ thuộc thời gian

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t)$$
$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t)$$



Ví dụ: xét hệ thống cơ khí ống nhún bậc hai, phương trình hệ thống là:

$$m\ddot{y} + b\dot{y} + ky = u$$



Đặt

$$x_1(t) = y(t)$$

$$x_2(t) = \dot{y}(t)$$

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{k}{m}x_1 - \frac{b}{m}x_2 + \frac{1}{m}u$$

$$y = x_1$$

HÀM TRUYỀN VÀ PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI

Hệ thống tuyến tính có thể biểu diễn bởi hàm truyền

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = G(s)$$

hay phương trình trạng thái

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}u$$
$$y = \mathbf{C}\mathbf{x} + Du$$

Lấy biến đổi Laplace pttt

$$s\mathbf{X}(s) - \mathbf{x}(0) = \mathbf{A}\mathbf{X}(s) + \mathbf{B}U(s)$$
$$Y(s) = \mathbf{C}\mathbf{X}(s) + DU(s)$$

Cho x(0)=0 và tính Y(s)

$$Y(s) = [\mathbf{C}(s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{B} + D]U(s)$$

Suy ra

$$G(s) = \mathbf{C}(s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{B} + D$$

Cho hệ thống biểu diễn bởi pttt

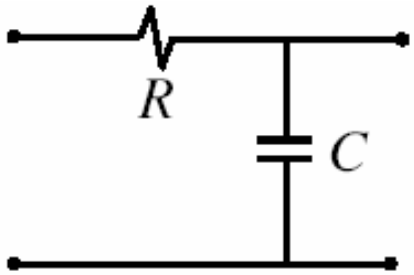
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 & -1 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Tính hàm truyền

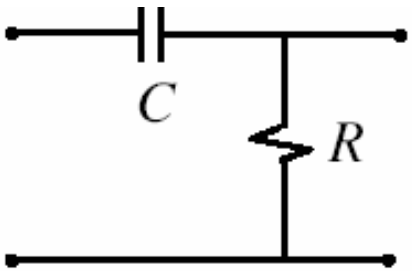
$$\begin{aligned} G(s) &= \mathbf{C}(s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{B} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s+5 & 1 \\ -3 & s+1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dfrac{s+1}{(s+2)(s+4)} & \dfrac{-1}{(s+2)(s+4)} \\ \dfrac{3}{(s+2)(s+4)} & \dfrac{s+5}{(s+2)(s+4)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix} \\ &= \frac{12s + 59}{(s+2)(s+4)} \end{aligned}$$

MẠCH RC:



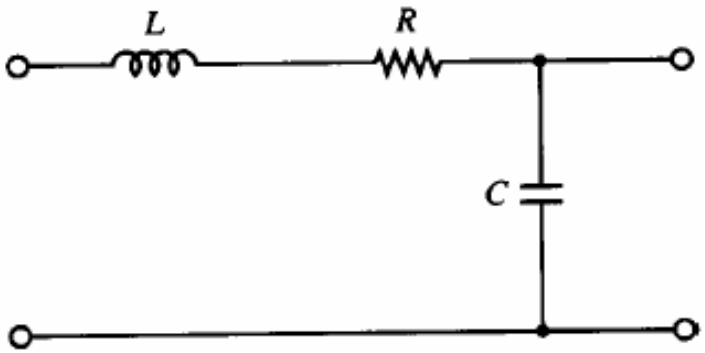
Khâu quán tính

$$G(s) = \frac{1}{1+RCs} = \frac{1}{1+Ts}, T = RC$$



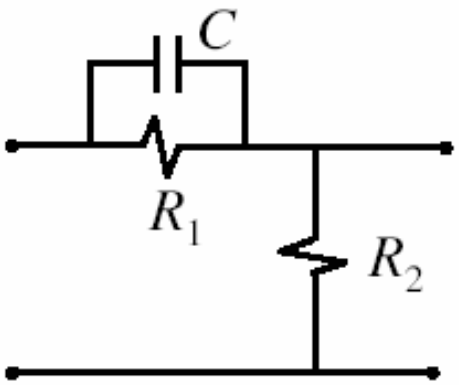
Khâu vi phân

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



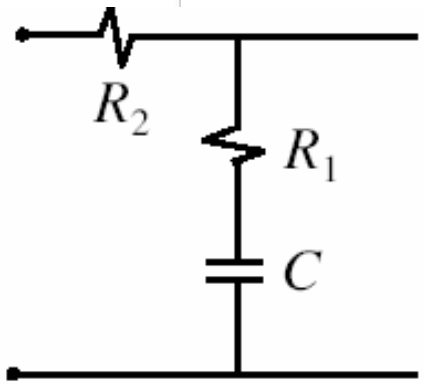
Khâu dao động bậc hai

$$G(s) = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$



Khâu sớm pha

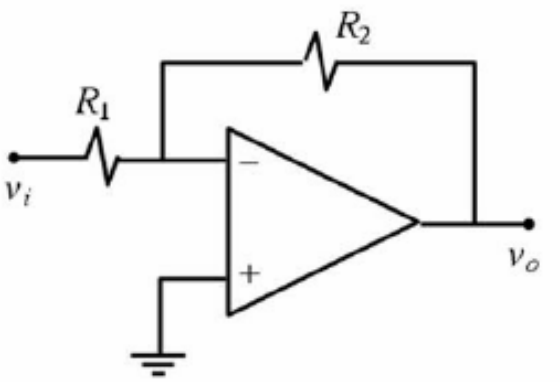
$$G(s) = K_C \frac{\alpha Ts + 1}{1 + Ts}, K_C = \frac{R_2}{R_1 + R_2}, T = \frac{R_2 R_1 C}{R_1 + R_2}, \alpha = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$



Khâu trễ pha

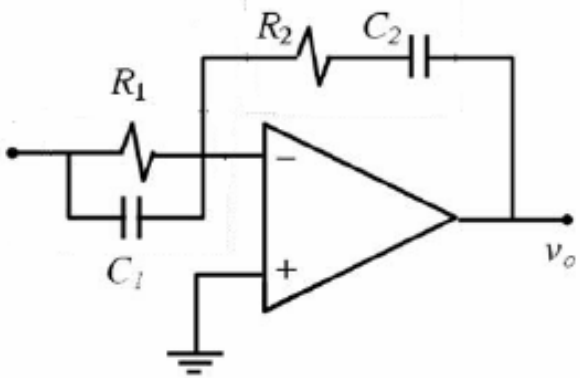
$$G(s) = K_C \frac{\alpha Ts + 1}{1 + Ts}, K_C = 1, T = (R_1 + R_2)C, \alpha = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

HÀM TRUYỀN PHẦN TỬ ĐIỆN



Khâu tỷ lệ P (Proportional)

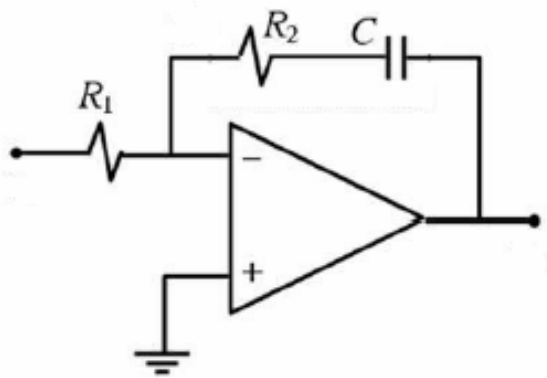
$$G(s) = -\frac{R_2}{R_1} = -K_P$$



Khâu tỷ lệ tích phân vi phân PID

$$G(s) = -(K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s),$$

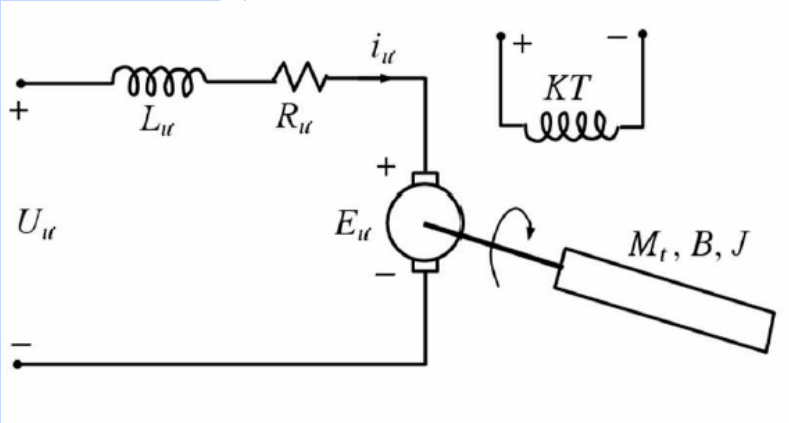
$$K_p = \frac{R_1C_1 + R_2C_2}{R_1C_2}, K_I = \frac{1}{R_1C_2}, K_D = R_2C_1$$



Khâu tỷ lệ tích phân PI

$$G(s) = -\frac{R_2}{R_1} - \frac{1}{R_1Cs} = -(K_P + \frac{K_I}{s})$$

HÀM TRUYỀN ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU



$$U_{ư}(s) = I_{ư}(s).R_{ư} + L_{ư}sI_{ư}(s) + E_{ư}(s)$$

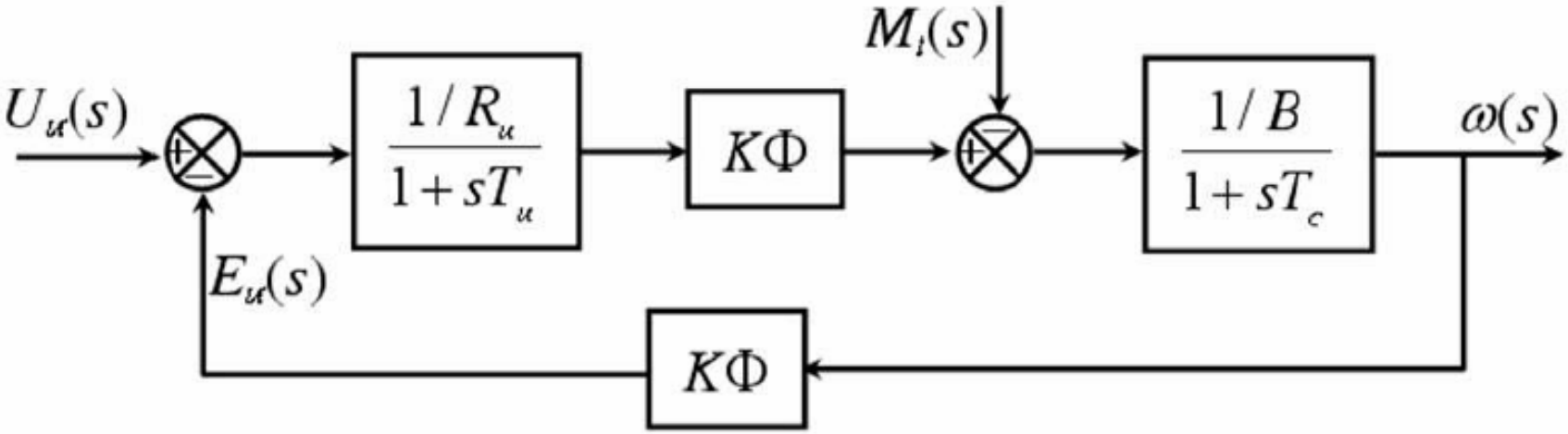
$$E_{ư}(s) = K\Phi\omega(s)$$

$$M(s) = M_t(s) + B\omega(s) + Js\omega(s)$$

$$M(s) = K\Phi i_{ư}(s)$$

$$I_{ư}(s) = \frac{U_{ư}(s) - E_{ư}(s)}{R_{ư}(1 + T_{ư}s)} \qquad T_{ư} = \frac{L_{ư}}{R_{ư}}$$

$$\omega(s) = \frac{M(s) - M_t(s)}{B(1 + T_c s)} \qquad T_c = \frac{J}{B}$$



PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI ĐỘNG CƠ DC

Viết lại các phương trình trước

$$\frac{di_{ư}(t)}{dt} = -\frac{R_{ư}}{L_{ư}} i_{ư}(t) - \frac{K\Phi}{L_{ư}}\omega(t) + \frac{1}{L_{ư}} U_{ư}(t)$$

$$\frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{K\Phi}{J} i_{ư}(t) - \frac{B}{J}\omega(t)$$

Đặt biến trạng thái

$$x_1(t) = i_{ư}(t)$$
$$x_2(t) = \omega(t)$$

Suy ra các phương trình

$$\dot{x}_1(t) = -\frac{R_{ư}}{L_{ư}} x_1(t) - \frac{K\Phi}{L_{ư}} x_2(t) + \frac{1}{L_{ư}} U_{ư}(t)$$

$$\dot{x}_2(t) = \frac{K\Phi}{J} x_1(t) - \frac{B}{J} x_2(t)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_{ư}}{L_{ư}} & -\frac{K\Phi}{L_{ư}} \\ \frac{K\Phi}{J} & -\frac{B}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_{ư}} \\ 0 \end{bmatrix} U_{ư}(t)$$

$$\omega(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$$

HÀM TRUYỀN HỆ THỐNG NHIỆT

Trong hệ thống nhiệt xảy ra sự trao đổI nhiệt giữa hai chất, nhiệt lượng chảy từ chất này sang chất khác thông qua sự dẫn nhiệt, đốI lưu và bức xạ

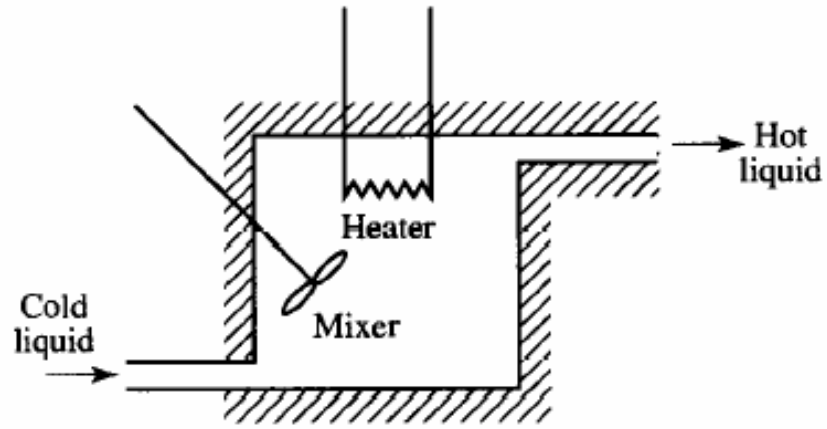
Nhệt lượng Q của khốI vật chất m là Q=mcT, m: khốI lượng, kg; c: tỷ nhiệt, kcal/kg*°C, T: nhiệt độ, Q:kcal

Nhiệt dung: $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = mc$

Giữa hai chất có chênh lệch nhiệt độ thì có sự truyền nhiệt gây ra bởI nhiệt lưu, q = KΔT, q: kcal/sec, K: hệ số truyền nhiệt, kcal/sec °C

Nhiệt trở: R=d(ΔT)/dq = 1/K

Xét hệ thống trao đổi nhiệt, nước lạnh vào bồn được làm nóng bởI điện trở đốt, giả sử bồn cách nhiệt hoàn toàn, nhiệt độ nước trong bồn đồng đều



Gọi T: sự thay đổi của nhiệt độ nước ra, hi: sự thay đổI của lượng nhiệt vào, ho: sự thay đổi của lượng nhiệt ra

$$CT = h_i - h_o$$

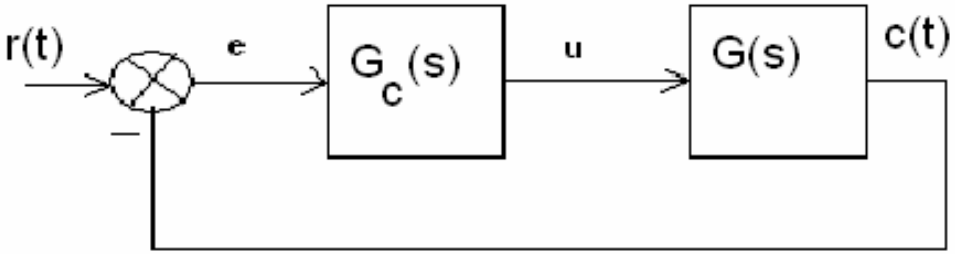
$$C = mc$$

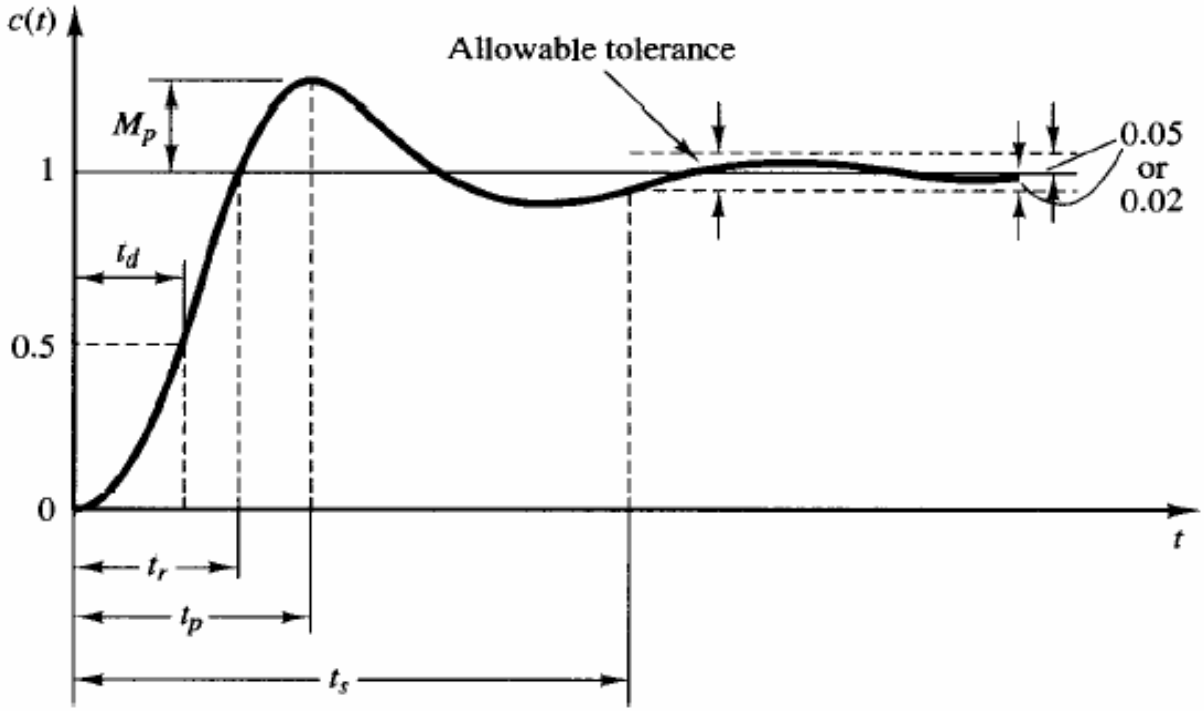
$$h_o = \frac{T}{R}$$

$$suy\ ra\ RC\frac{dT}{dt} + T = Rh_i$$

$$\frac{T(s)}{H_i(s)} = \frac{R}{1 + sRC}$$

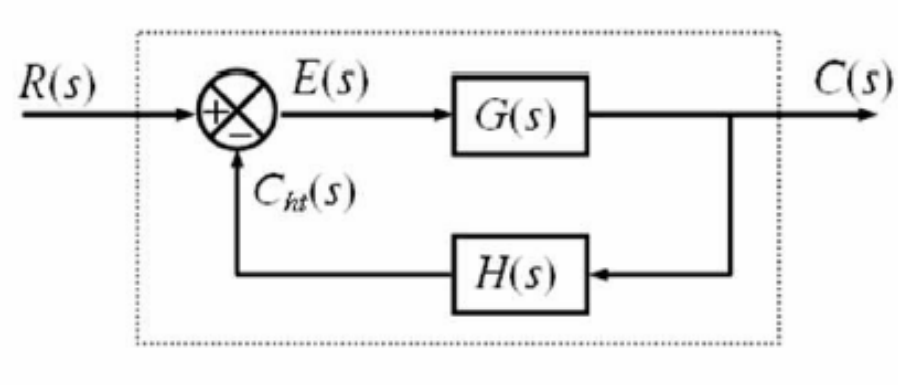
Chất lượng điều khiển phụ thuộc bộ điều khiển, để đánh giá chất lượng hệ kín, ta dùng tín hiệu tác động ngõ vào là hàm nấc đơn vị và khảo sát đáp ứng ngõ ra theo thời gian, gọi là đáp ứng quá độ





t_d: thời gian trì hoãn
t_r: thời gian tăng
t_p: thời gian qua đỉnh
t_s: thời gian xác lập
M_p: vọt lố

Chất lượng điều khiển còn được xác định bởI sai số xác lập

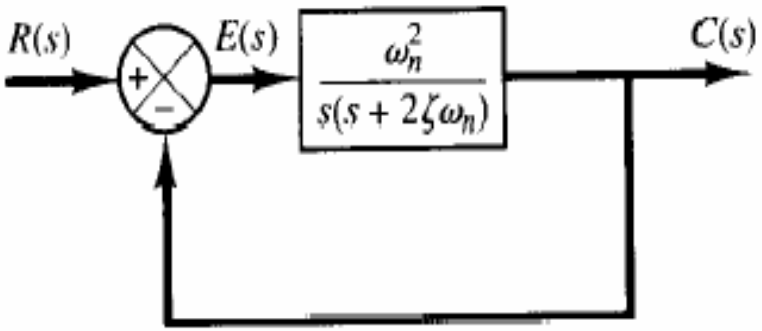


$$E(s) = \frac{R(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

$$e_{xl} = \lim_{s \to 0} sE(s) = \lim_{s \to 0} \frac{sR(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

Tùy theo tín hiệu đặt và tích G(s)H(s), sai số xác lập có thể bằng 0 hoặc hữu hạn hoặc vô hạn

ĐÁP ỨNG QUÁ ĐỘ HỆ BẬC HAI



Ta tìm biểu thức của c(t)

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

Với tín hiệu vào là hàm nấc

$$C(s) = \frac{\omega_n^2}{(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)s}$$

Tùy theo giá trị của ζ, đa thức mẫu số có các nghiệm khác nhau, gọl là cực hệ kín, và do đó c(t) có các dạng khác nhau

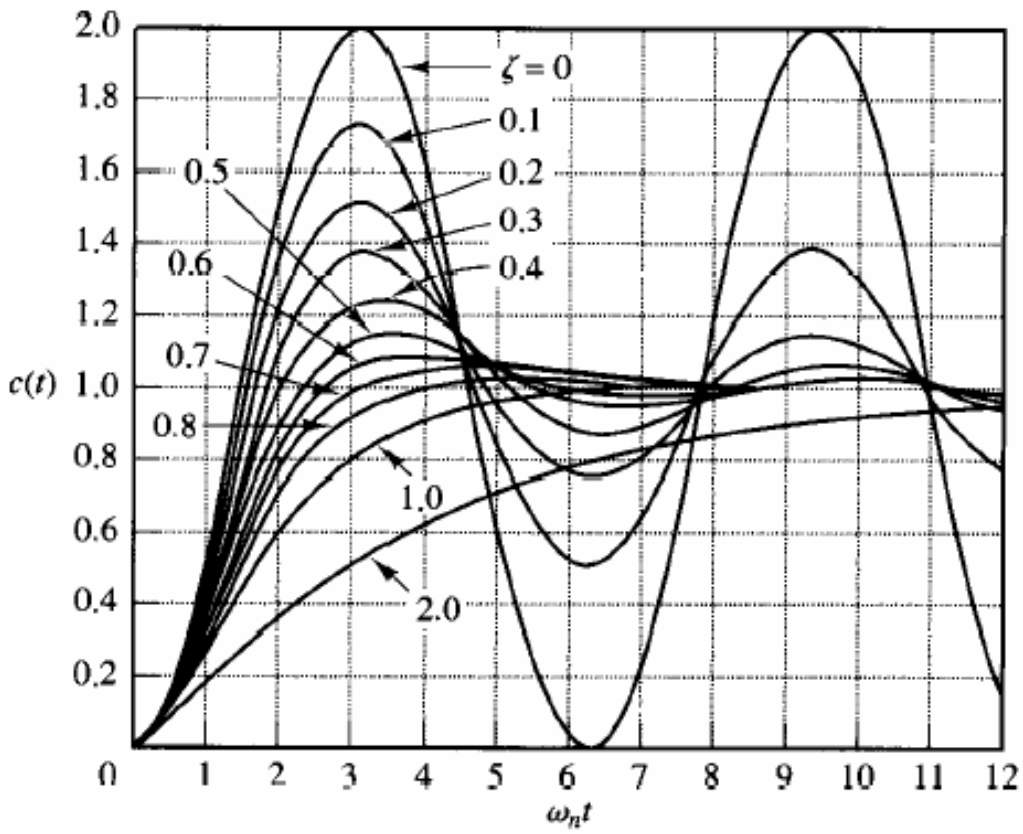
Đệm quá: ζ>1

$$c(t) = 1 + \frac{\omega_n}{2\sqrt{\zeta^2 - 1}}\left(\frac{e^{-s_1 t}}{s_1} - \frac{e^{-s_2 t}}{s_2}\right),$$

$$s_1 = (\zeta + \sqrt{\zeta^2 - 1})\omega_n \qquad s_2 = (\zeta - \sqrt{\zeta^2 - 1})\omega_n.$$

Đệm tới hạn: $\zeta = 1$ $$c(t) = 1 - e^{-\omega_n t}(1 + \omega_n t),$$

Đệm dưới: $\zeta < 1$ $$c(t) = 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin\left(\omega_d t + \tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}\right), \qquad \omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$$



Với $\zeta < 1$

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_d}$$

$$\tan \omega_d t_r = -\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$$

$$M_p = e^{-(\zeta/\sqrt{1-\zeta^2})\pi}$$

$$t_s = \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad \text{(2\% criterion)}$$

$$t_s = \frac{3}{\zeta\omega_n} \quad \text{(5\% criterion)}$$

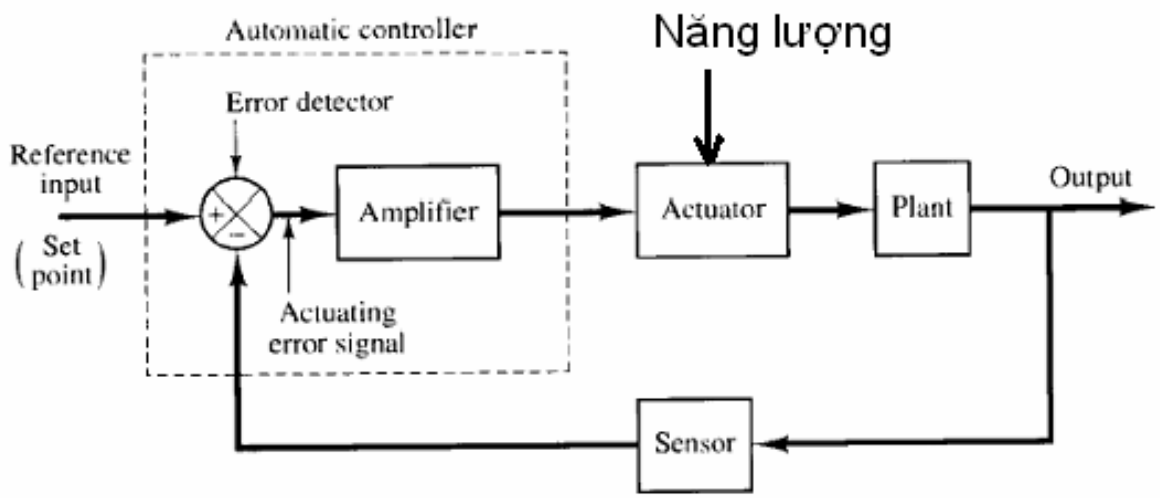
CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN TRONG CÔNG NGHIỆP

ĐẶC TÍNH BỘ ĐIỀU KHIỂN CÔNG NGHIỆP

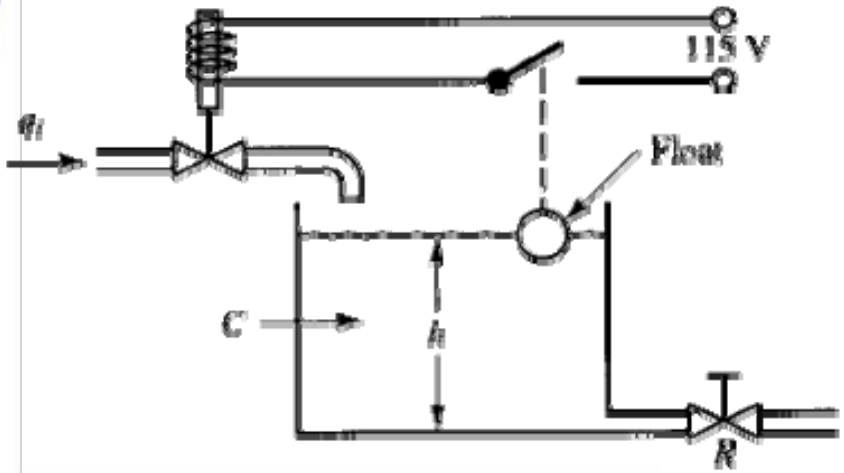
Trong công nghiệp thường dùng các bộ điều khiển sau:

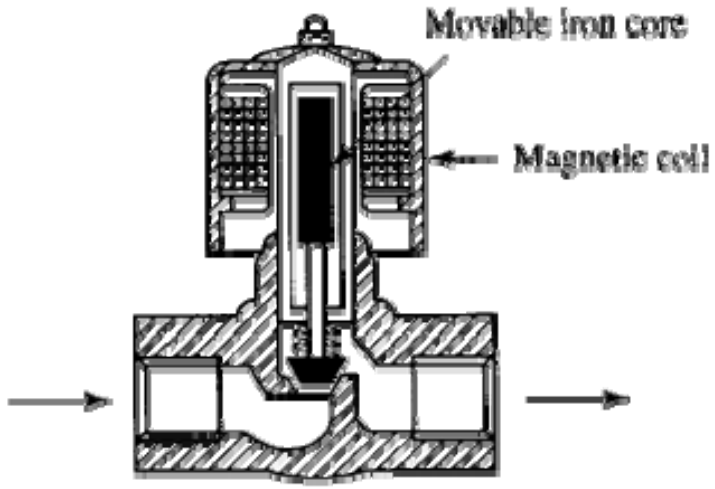
- Điều khiển on-off hay hai vị trí
- Điều khiển tỷ lệ
- Điều khiển tích phân
- Điều khiển tỷ lệ - tích phân
- Điều khiển tỷ lệ - tích phân – vi phân

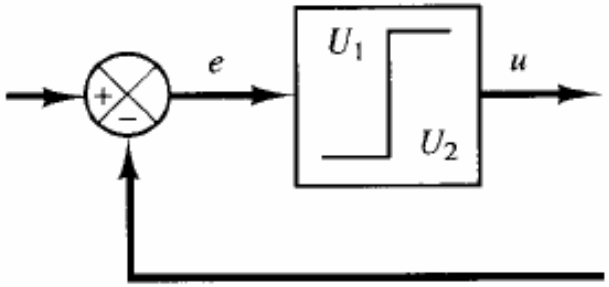
Các bộ điều khiển thường dùng nguồn năng lượng là điện hay dầu ép, khí nén

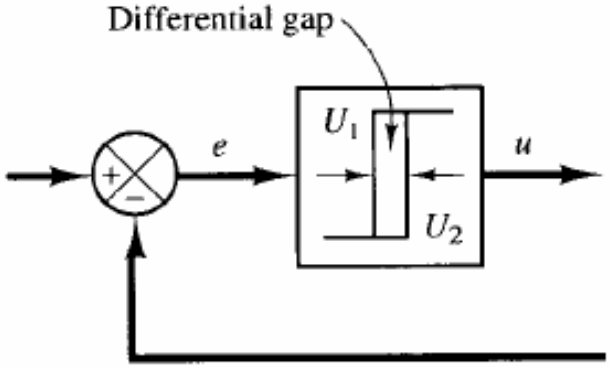


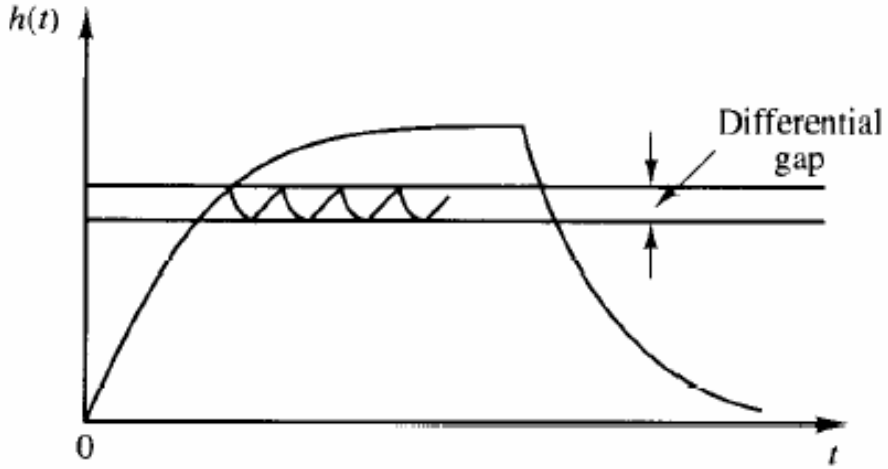
ĐIỀU KHIỂN HAI VỊ TRÍ

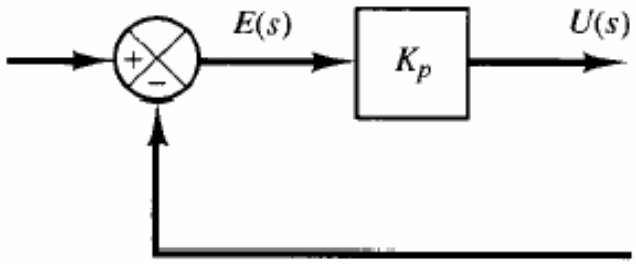












Tín hiệu ra bộ điều khiển tỷ lệ với sai lệch:

$$u(t) = K_p e(t)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

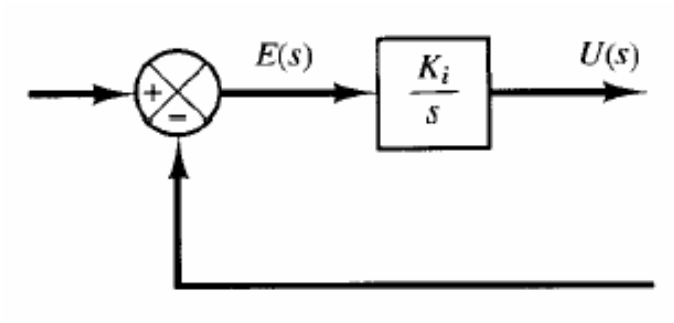
K_P gọI là độ lợi tỷ lệ, ngoài ra còn dùng dải tỷ lệ PB (proportional band)

$$PB = 100/K_P$$

Tăng K_P sẽ giảm sai số xác lập, với

$$G(s) = \frac{1}{1+Ts}, \; R(s) = \frac{1}{s}$$

$$e_{xl} = \lim \frac{1}{1+K_P G(s)} = \lim \frac{1+Ts}{K_P + 1 + Ts} = \frac{1}{1+K_p}, \; s \to 0$$



$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t)$$

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t)\,dt$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$

Thêm khâu tích phân vào bộ điều khiển làm triệt tiêu sai số xác lập với tín hiệu vào nấc

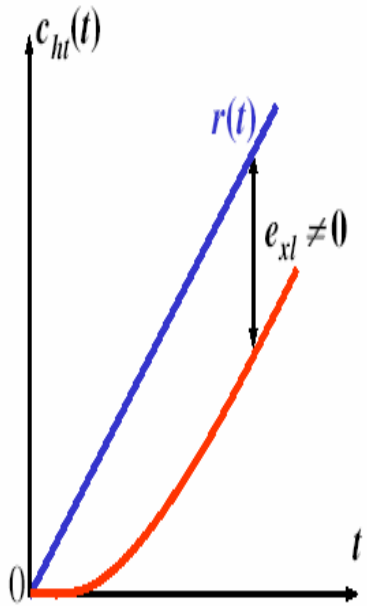
$$G(s) = \frac{1}{1+Ts},\ R(s) = \frac{1}{s}$$

$$e_{xl} = \lim \frac{1}{1+K_i G(s)/s} = \lim \frac{s(1+Ts)}{K_i + s(1+Ts)} = 0,\ s \to 0$$

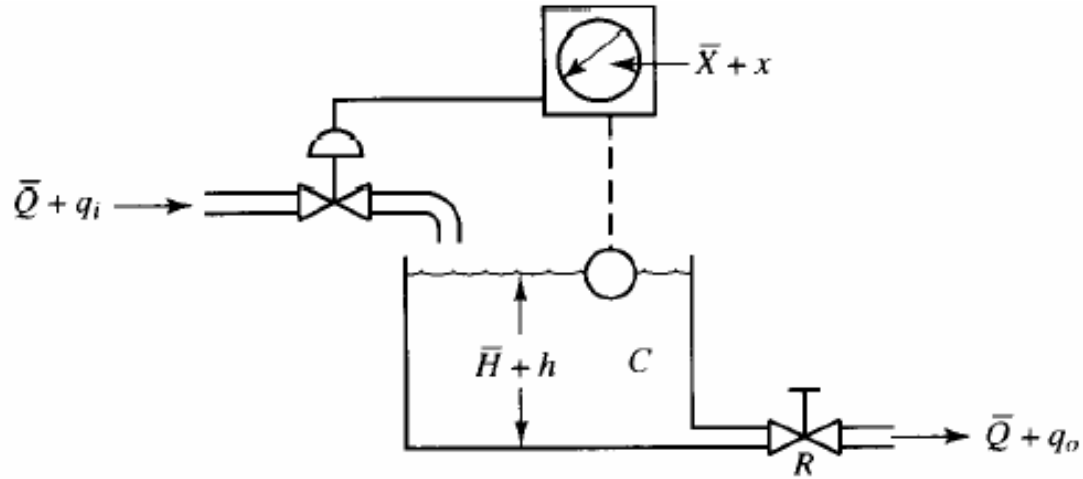
Với tín hiệu vào là hàm dốc sai số xác lập # 0 và giảm khi tăng K_I

$$R(s) = \frac{1}{s^2}$$

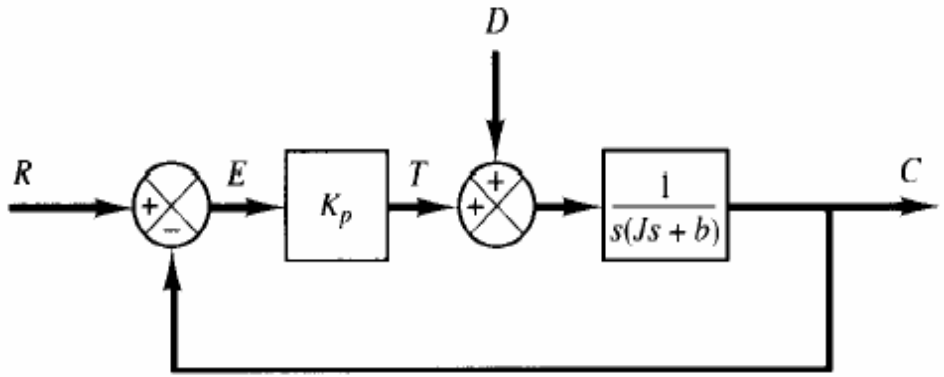
$$e_{xl} = \lim \frac{1}{s(1+K_i G(s)/s)} = \lim \frac{1}{K_i G(s)} = \frac{1}{K_i},\ s \to 0$$

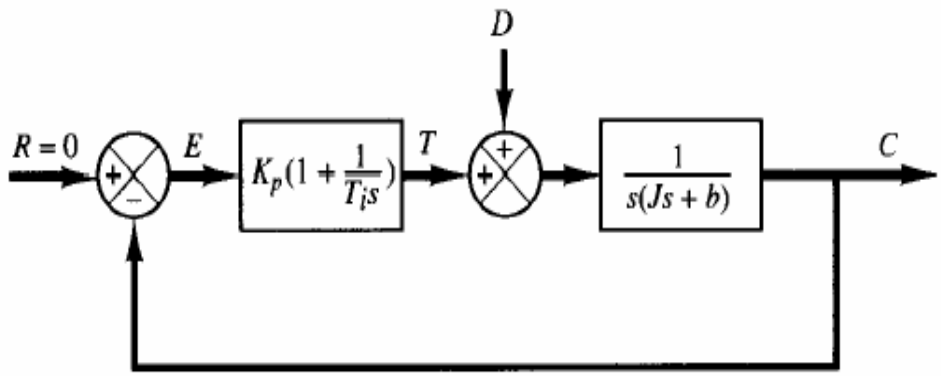


Điều khiển mức nước



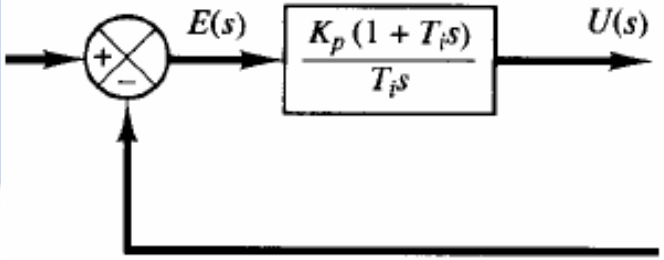
Loại trừ nhiễu

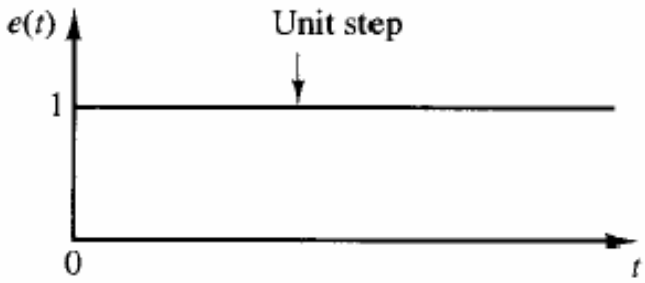


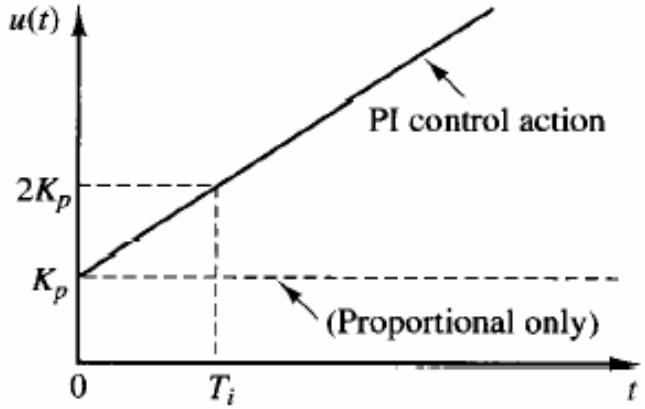


Sai số với nhiễu T_d $\quad e_{ss} = -\frac{T_d}{K_p}$

Sai số với nhiễu T_d $\quad e_{ss} = 0$





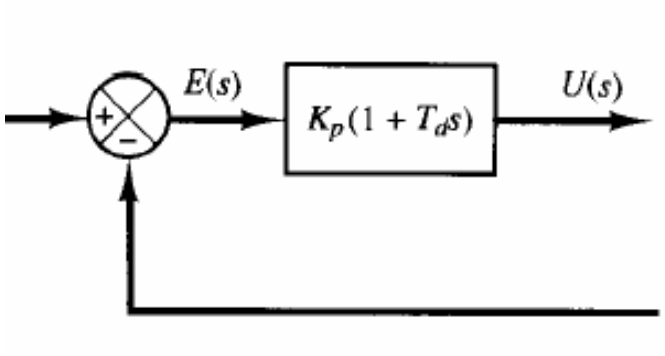


$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i}\int_0^t e(t)\,dt$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p\left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$$

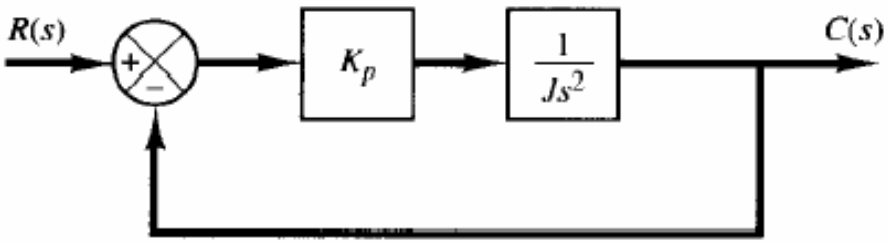
Điều khiển PI giúp ổn định hệ thống và làm triệt tiêu hay giảm sai số xác lập

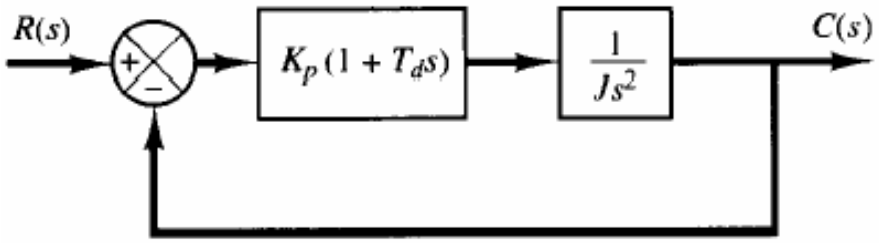
Điều khiển PD giúp tăng độ tác động nhanh của điều khiển vì lấy đạo hàm của sai lệch, giúp hệ thống ổn định hơn

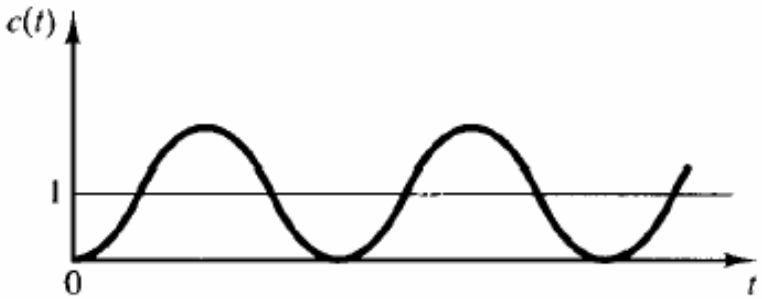


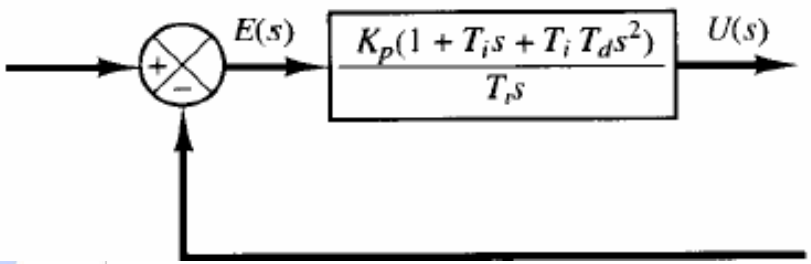
$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p(1 + T_d s)$$





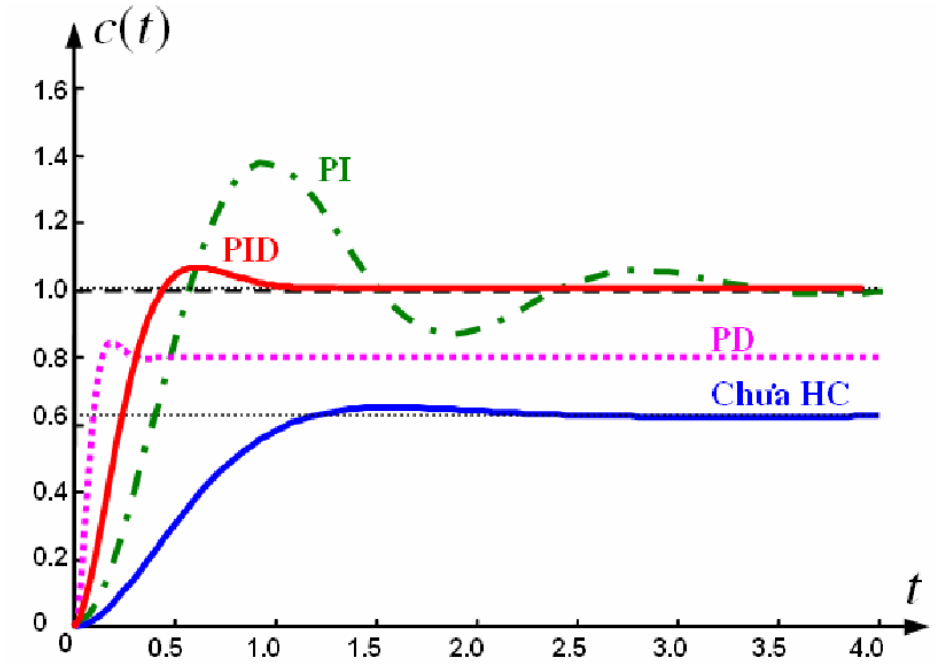




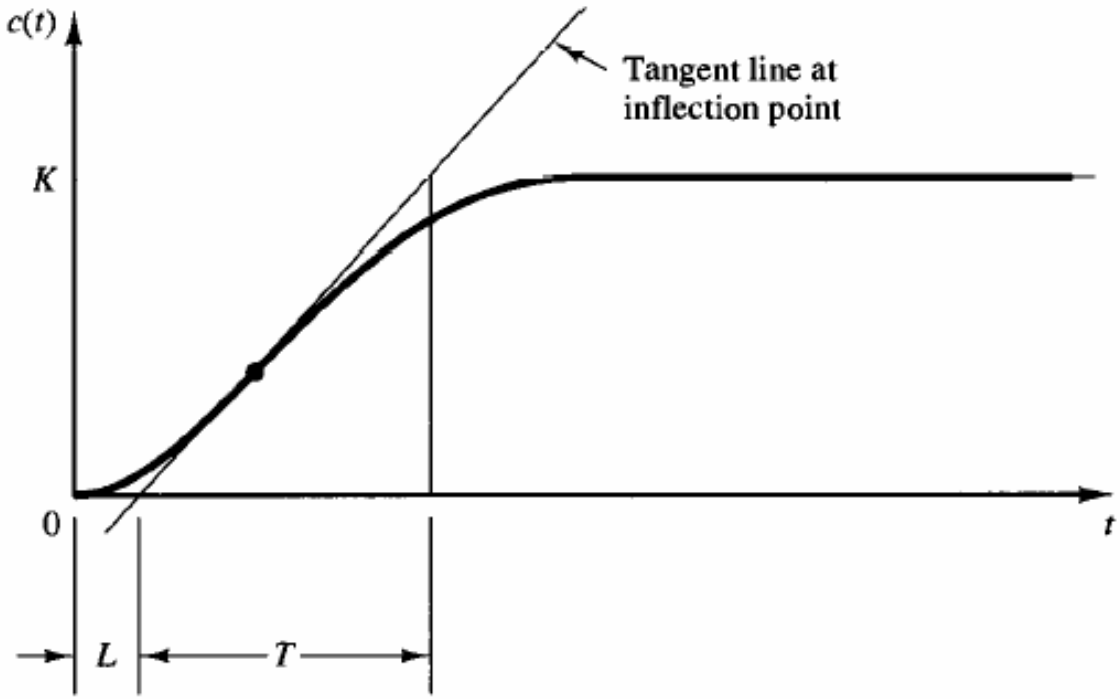
$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i}\int_0^t e(t)\,dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p\left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right)$$

Kết hợp đặc tính khử sai số hay làm giảm sai số của PI với tính chất tác động nhanh và tăng độ ổn định của D



Thông thường đáp ứng nấc của đối tượng có dạng sau:

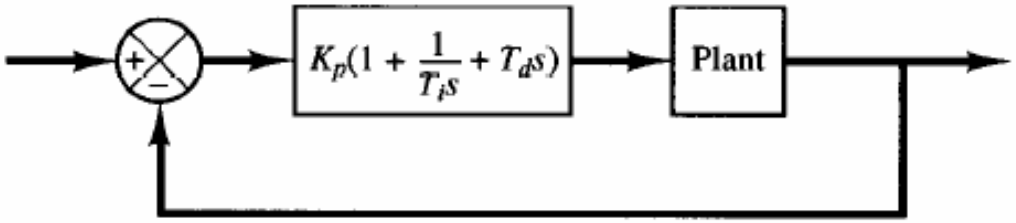


Đây là đáp ứng dạng hình chữ S đặc trưng bởi L (thời gian trì hoãn),T (thời hằng) và K (giá trị xác lập)

Xấp xỉ đáp ứng bằng hàm truyền bậc nhất có trì hoãn

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts + 1}$$

Ziegler-Nichols đề nghị phương pháp chọn tham số PID sau:



Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{LK}$	∞	0
PI	$0.9\frac{T}{LK}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2\frac{T}{LK}$	$2L$	$0.5L$

$$G_c(s) = 0.6T\frac{\left(s+\frac{1}{L}\right)^2}{s}$$

Ví dụ: K=150, L=8min, T= 24min

$$G_{PID}(s) = 0.024\left(1+\frac{1}{960s}+240s\right)$$

Với các thông số chọn theo Ziegler Nichols, độ vọt lố khoảng 25%, cần phải tinh chỉnh để được kết quả tốt hơn

CÁC PP ĐK KHÁC

- Điều khiển mờ
- Điều khiển thích nghi
- Điều khiển tối ưu
- Điều khiển dùng mạng nơrôn
- Điều khiển dùng thuật toán di truyền…