Bài tập lớn Tự động hoá quá trình sản xuất

Bài số 3

__Đề bài :__ **Cho một hệ thống động có mô tả toán học như sau:**

$$\dot{x}_1 = x_2 + u_1$$

$$\dot{x}_2 = -x_1 - 2x_2 + u_2$$

Với điều kiện đầu : $x_1(0) = 10$

$x_2(0) = 0$

Tìm luật điều khiển để toàn hệ đạt tiêu chuẩn tối ưu cực tiểu hàm :

$$J = \frac{1}{2}\int_0^1 (x_1^2 + x_2^2 + 0{,}1u_1^2 + 0{,}1u_2^2)dt$$

Lời giải:

Trước khi giải bài toán em xin trình bầy qua về __lý thuyết luật điều khiển tiêu chuẩn tối ưu cực tiểu hàm__

I/KHÁI NIỆM CHUNG:

Thông th ường các hệ thống đi ều khiển (HTĐK) được thiết kế đều phải thoả mãn một số chỉ tiêu chất lượng đề ra nào đó.Các chỉ tiêu chất lượng phả i tốt nhất theo quan điể m nào đó thường gọi là chỉ tiêu (chất lượng) tối ưu .Trong trường hợp t ổng quát chỉ tiêu chất lượng t ối ưu thường được gọi là tiêu chuẩn tối ưu và được mô tả hàm toán học **J** nào đó .

Các chỉ tiêu tối ưu trong thực tế có thể là:

+) Quá trình quá độ ngắn nhất (thời gian).

+) Độ quá điều chỉnh δ_{max} nhỏ nhất.

+) Sai lệch tĩnh nhỏ nhất.

+) Năng lượng tiêu thụ nhỏ nhất.

+) Giá thành rẻ nhất.

+) Cấu trúc đơn giản nhất, độ ổn định cao nhất......

Về tổng quát , tiêu chuẩn tối ưu J là một phi ếm hàm thường phụ thuộc vào các thông số, cấu trúc của hệ thống. Trong thực tế J được đề ra sẽ bị hạn chế bởi nhiều điều kiện và tính chất của hệ thống. Hệ thống đả m bả o tối ưu theo tiêu chuẩn J tức hệ thống có trạ ng thái sao hàmg J đạt đạt cực trị (cự c đại hoặc cực tiểu). Nghiên cứu hệ thống điều khiển tối ưu (ĐKTƯ) tức quan tâm tới:

+) Xác lập bài toán tối ưu , các điều kiện biên và tiêu chuẩn tối ưu .

+) Xác định được luật điều khiển (algorithm) để cho quá trình cần điều khiển là tối ưu, tổng hợp được hệ đó và xây dựng được hệ thống đó trong điều kiện thực tế.

Hệ thống ĐKTƯ có thể được phân thành hai loại chính :

+) Hệ thống tối ưu tiền định tức hệ thống tối ưu có đầy đủ tin tức về đối tượng cần điều khiển .

+) Hệ thống tối ưu ngẫu nhiên tức hệ thống tối ưu không có đầy đủ tin tức về đối tượng cần điều khiển.

Ngoài ra ĐKTƯ còn có thể phân loại trên quan điểm hệ thống liên tục thông số tập trung , hệ phân bố rải hệ số.

Trong chương trình học của chúng ta chỉ gi ới hạn ở hệ thống ĐKTƯ của các hệ liên tục thông số tập trung thuộc dạng hệ thống tối ưu tiền định.

II/ NGUYÊN LÝ CỰC TIỂU:

Lý thuyế t điề u khiển tối ưu theo nguyên lý Pontriagin đưa ra khái niệm tối ưu được trình bầy ở nguyên lý cực đại.Tuy nhiên các nguyên lý cực tiểu gắn liền với hàm Hamilton cũng có nghĩa tương tự nguyên lý cực đại.

Trong phần sau chúng ta giả thiết các hàm số đều liên tục và có vi phân..., cho phép thực hiện các phép tính toán học.

Hệ thống khảo sát được mô tả bởi phương trình có dạng.

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t),u(t)) \quad (2.1)$$

Trong đó t : Biến thời gian.

X(t) : Vector trạng thái bậc n.

U(t) : Vector các đại lượng điều khiển bậc n.

F : Vector các hàm bậc n

Vector trạng thái điể m đầu là $X(t_0)$, điểm cuối là $X(t_1)$. Trong một số trường hợp vector $X(t_0)$ và $X(t_1)$ có thể bị hạn chế bởi điều kiện cho trước. Bài toán được đặt ra là tìm các phần tử của vector điều khiển U(t), $t_0 \leq t1$ sao cho các tiểu hàm tối ưu của hệ

$$I[u(t)] = G_0[x(t_1)] + \int_{t_0}^{t_1} f_{n+1}[x(t),u(t)]dt \qquad (2.2)$$

t_0 : Thời gian đầu của qúa trình điều khiển.

t_1 : Thời gian cuối của quá trình điều khiển.

Giả thiết tồn tại $U^*(t)$ tối ưu sao cho $I[u(t)] \geq I[u^*(t)]$

Giả thiết đại lượng điều khiển $u^*(t)$ gần miền U(t) . Với tín hiệu điều khiển $u^*(t)$ ta có vector trạng thái tối ưu là $x^*(t)$, giả thiết khi thay đổi một giá trị điều khiển $\delta u(t)$ thì có sự biến thiên $\delta X(t)$. Vector trạng thái của hệ có thể được viết dưới dạng:

$$x(t) = x^*(t) + \delta x(t) \quad (2.3)$$

Tín hiệu điều khiển tương ứng:

$$u(t) = u^*(t) + \delta u(t) \quad (2.4)$$

$$\Rightarrow \quad \delta\frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dt} - \frac{dx^*}{dt} \qquad (2.5)$$

$$\Rightarrow \quad \delta\frac{dx}{dt} = \frac{d(\delta x)}{dt} \qquad (2.6)$$

Giả thiết ở gần trạng thái tối ưu cho phép :

$$\delta f(x,u) = \frac{\partial f}{\partial x}\delta x + \frac{\partial f}{\partial u}\delta u \qquad (2.7)$$

Các vi phân của (2.7) có thể được tính cho trạng thái tối ưu $u^*(t)$ và $x^*(t)$:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix} \qquad (2.8)$$

$$\frac{\partial f}{\partial u} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial u_1} & \frac{\partial f_1}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial u_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial u_1} & \frac{\partial f_2}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial f_2}{\partial u_n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial u_1} & \frac{\partial f_n}{\partial u_2} & \cdots & \frac{\partial f_n}{\partial u_n} \end{bmatrix} \qquad (2.9)$$

Ma trận Jacobi trên có các giá trị thay đổi theo phản ứng tối ưu của hệ thống. Từ hệ thống các phương trình (2.1), (2.6) và (2.7) ta có thêm phương trình sau :

$$\frac{d(\delta x)}{dt} = \frac{\partial f}{\partial x}\delta x + \frac{\partial f}{\partial u}\delta u \qquad (2.10)$$

Hàm I(u(t)) đạt được giá trị tuyệt đối nhỏ nhất (minimum) theo vector $u^* = u^*(t)$, có thể chứng minh rằng nếu một sự thay đổi nhỏ I(tín hiệu biến thiên δI) sẽ có một sự thay đổi tín hiệu điều khiển δudt sau đó đảm bảo cho :

$$\delta I = 0 \text{(đây là điều kiện cần cho cực trị)} \qquad (2.11)$$

Với điều kiện ban đầu $x(t_0) = x_0 \Rightarrow$ biến thiên trạng thái đầu: $\delta x(t_0) = \delta x_0$

Ta giả sử :

$$\delta I = \left[\frac{\partial G}{\partial x(t1)}\right]^T_{t1} \delta x(t1) + \int_{t0}^{t1} \left\{\left[\frac{\partial f_{n+1}}{\partial x}\right]^T \delta x + \left[\frac{\partial f_{n+1}}{\partial u}\right]^T \delta u\right\} \qquad (2.12)$$

Đạo hàm riêng trong (2.12) được tính cho vector tối ưu. Đưa thêm vào hệ thống một vector mới λ(t). Thay vào phương trình (2.10)

$$\lambda^T \frac{d(\delta x)}{dt} = \lambda^T \frac{\partial f}{\partial x}\delta x + \lambda^T \frac{\partial f}{\partial u}\delta u \qquad (2.13)$$

Tích phân (2.13) sau khi đã chuyển vế ta được phương trình sau :

$$\int_{t0}^{t1} \left[\lambda^T \frac{d(\delta x)}{dt} - \lambda^T \frac{\partial f}{\partial x}\delta x - \lambda^T \frac{\partial f}{\partial u}\delta u\right] dt = 0 \qquad (2.14)$$

Thay vào phương trình (2.12) ta có

$$\delta I = \left[\frac{\partial G}{\partial x(t1)}\right]^T_{t1} \delta x(t1) + \int_{t0}^{t1} \left\{\left[\frac{\partial f_{n+1}}{\partial x} + \lambda\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{d\lambda}{dt}\right]^T \delta x + \left[\frac{\partial f_{n+1}}{\partial u} + \lambda^T \frac{\partial f}{\partial u}\right]^T \delta u\right\} dt +$$

$$+ \lambda^T \delta x\Big|_{t=t0} - \lambda^T \delta x\Big|_{t=t1} \qquad (2.15)$$

Nếu hàm Hamilton có dạng :

$$H = f_{n+1} + \lambda^T f(x,u) \qquad (2.16)$$

Và nếu vector λ(t) có vi phân thoả mãn phương trình sau :

$$\frac{d\lambda}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial X} \qquad (2.17)$$

Giả sử sai số ban đầu của quá trình $\delta X(t_0) = 0$ như vậy điều kiện cần cho quá trình điều khiển tối ưu là:

$$\delta I = \int_{t0}^{t1} \left(\frac{\partial H}{\partial u}\right)^T \delta u\,dt = 0 \qquad (2.18) \Rightarrow \frac{\partial H}{\partial u} = 0 \qquad (2.19)$$

Điều kiện cuối cho vector λ(t) là:

$$\lambda^T(t_1) = \left(\frac{\partial G}{\partial X}\right)^T \Bigg|_{t=t1} \qquad (2.20)$$

Từ các phương trình ở trên rút ra được các phương trình quan trọng sau:

$$\frac{\partial H}{\partial \lambda} = f(x,u) \qquad \frac{\partial H}{\partial \lambda} = \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x} \qquad (2.21,2.22,2.23)$$

$$\frac{dH}{dt} = 0$$

Nếu đại lượng điều khiển : $\alpha_i \le u_i(t) \le \beta_i$;i = 1,2,3.....(ở đây α_i và β_i là các hằng số) Từ phương trình (2.18) ta chú ý rằng nếu δu(t) là bất kỳ thì điều kiện cực trị là:

$$u_1^* = -\alpha_i ; \frac{\partial H}{\partial u_i} > 0 \text{ khi } \delta U_i > 0$$

$$u_1^* = -\beta_i ; \frac{\partial H}{\partial u_i} < 0 \text{ khi } \delta U_i < 0$$

III/ ÁP DỤNG ĐỂ GIẢI BÀI TẬP:

Đối với đề bài đã cho thì ta có các dữ liệu sau:

$$\dot{X} = [\dot{x}_1, \dot{x}_2]^T = \frac{dX}{dt} = \begin{bmatrix} x_2 + u_1 \\ -2x_2 - x_1 + u_2 \end{bmatrix}$$

$$f_1(x(t),u(t)) = x_2 + u_1$$

$$f_2(x(t),u(t)) = -x_1 - 2x_2 + u_2$$

$G_0[x(t_1)] = 0$; $f_{n+1}[x(t),u(t)] = 0,5.(x_1^2 + x_2^2 + 0,1u_1^2 + 0,1u_2^2)$

$t_0 = 0$; $t_1 = 1$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -2 \end{bmatrix} ; \frac{\partial f}{\partial u} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (3.1)$$

Hàm Hamilton có dạng (2.16) :

$$\Rightarrow H = 0,5(x_1^2 + x_2^2 + 0,1u_1^2 + 0,1u_2^2) + \lambda_1(x_2 + u_1) + \lambda_2(u_2 - x_1 - 2x_2)$$

Theo (2.19) thì điều kiện cần cho quá trình điều khiển tối ưu là:

Lớp :Tự động hoá 1- K43

$$\frac{\partial H}{\partial u_1} = 0,1u_1 + \lambda_1 = 0$$
$$\frac{\partial H}{\partial u_2} = 0,1u_2 + \lambda_2 = 0 \qquad (3.2)$$

Theo (2.22) ta có

$$\frac{d\lambda_1}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_1} = \lambda_2 - x_1$$
$$\frac{d\lambda_2}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_2} = 2\lambda_2 - \lambda_1 - x_2$$

$$\Rightarrow \quad \dot{\lambda}_1 = \lambda_2 - x_1 \qquad \dot{\lambda}_2 = 2\lambda_2 - \lambda_1 - x_2 \qquad (3.3)$$

Để giải hệ phương trình vi phân này ta có khá nhiều phương pháp:

+) Phương pháp giải hệ phương trình vi phân thường .

+) Phương pháp giải hệ phương trình gần đúng theo phương pháp tính.

+) Phương pháp giải hệ phương trình vi phân theo Laplaces hoá.

Sau đây ta giải hệ các phương trình trên theo Laplaces hoá.

Thay hệ phương trình (3.2) vào hệ phương trình (3.3):

Ta được

$$-\dot{u}_1 = -u_2 - 10x_1$$
$$-\dot{u}_2 = -2u_2 + u_1 - 10x_2 \qquad (3.4)$$

Kết hợp với hệ phương trình ban đầu ta được hệ bốn phương trình sau

$$\dot{u}_1 = u_2 + 10x_1$$
$$\dot{u}_2 = 2u_2 - u_1 + 10x_2 \qquad (3.5)$$
$$\dot{x}_1 = x_2 + u_1$$
$$\dot{x}_2 = -2x_2 - x_1 + u_2$$

Biến đổi Laplaces hệ các phương trình trên:

Ta được

$pu_1(p) = u_2(p) + 10x_1(p)$

$pu_2(p) = 2u_2(p) – u_1(p)+ 10x_2(p)$

$px_1(p) = x_2(p) + u_1(p)$

$px_2(p) = u_2(p) - x_1(p) – 2x_2(p)$

Sau khi được hệ bốn phương trình trên ta tiến hành số hoá chúng:

Với $p = \frac{2}{T}\frac{z-1}{z+1}$; T là thời gian cắt mẫu.

Tiến hành biến đổi

Ta được kết quả sau

A1 = 4 + t*t + 4*t; B1 = 2*t*t - 8; C1 = 4 - 4*t + 4*t*t;

D1 = 20*t*t - 20*t; E1 = 40*t*t; F1 = 20*t*t + 20*t; G1 = 10*t*t ; H1 = 10*t*t + 10*t ; K1 = 10*t;

A2 = -C1 ; B2 = -B1 ; C2 = -A1; D2 = 100*t*t;E2 = 200*t*t;F2 = -200*t;G2= -F2

A3 = 4 + t*t ; B3 = 2*t*t - 8; C3 = 4 + 4*t*t;
D3 = 2*t - 2; E3 = 4*t; F3 = 2*t + 2; G3 = t*t;
H3 = 2*t*t ; K3 = t*t;
A4 = 4 + t*t -4*t ; B4 = 2*t*t - 8; C4 = 4 + 4*t*t + 4*t;
D4 = -t*t; E4 = -2*D4; F4 = D4 ; G4 = 2*t;
H4 = -2*t;

u1(i+2) = (D1*x1(i+1) + E1*x1(i) + F1*x1(i-1) + G1*x2(i+1) + H1*x2(i) + K1*x2(i-1) -B1*u1(i+1) -C1*u1(i))/A1;

u2(i+2) = (D2*x1(i+1) + E2*x1(i) + G2*x1(i-1) + F2*x2(i+1) + G2*x2(i-1) - B2*u2(i+1) - C2*u2(i))/A2;

x1(i+2) = (D3*u1(i+2) + E3*u1(i+1) + F3*u1(i) + G3*u2(i+2) + H3*u2(i+1) + K3*u2(i) -B3*x1(i+1)-C3*x1(i))/A3;

x2(i+2) = (D4*u1(i+2) + E4*u1(i+1) + F4*u1(i) + G4*u2(i+2) + H4*u2(i) - B4*x2(i+1)-C4*x2(i))/A4;

Chương trình Matlab để tính các tín hiệu điều khiển dưới dạng bảng số hoặc hình vẽ nhằm mô phỏng hệ thống:

```
function[x1,x2,u1,u2]=TT(t,n)
x1(1)=0;x2(1)=0;x1(2)=0;x2(2)=0;x1(3)=10;x2(3)=0;
u1(1)=0; u2(1)=0; u1(2)= 0; u2(2)= 0;u1(3)=1;u2(3)=1;
A1 = 4 + t*t + 4*t; B1 = 2*t*t - 8; C1 = 4 - 4*t + 4*t*t;
D1 = 20*t*t - 20*t; E1 = 40*t*t; F1 = 20*t*t + 20*t;          G1 = 10*t*t ;   H1 = 10*t*t + 10*t ; K1
= 10*t;
A2 = -C1 ; B2 = -B1 ; C2 = -A1; D2 = 100*t*t;E2 = 200*t*t;          F2 = -200*t;G2= -F2
A3 = 4 + t*t ; B3 = 2*t*t - 8; C3 = 4 + 4*t*t;
D3 = 2*t - 2; E3 = 4*t; F3 = 2*t + 2; G3 = t*t;
H3 = 2*t*t ; K3 = t*t;
A4 = 4 + t*t -4*t ; B4 = 2*t*t - 8; C4 = 4 + 4*t*t + 4*t;
D4 = -t*t; E4 = -2*D4; F4 = D4 ; G4 = 2*t;
H4 = -2*t;
for i = 2:1:n
   u1(i+2)=( D1*x1(i+1) + E1*x1(i) + F1*x1(i-1) + G1*x2(i+1) + H1*x2(i) + K1*x2(i-1) -B1*u1(i+1)
- C1*u1(i))/A1;
   u2(i+2)=( D2*x1(i+1) + E2*x1(i) + G2*x1(i-1) + F2*x2(i+1) + G2*x2(i-1) - B2*u2(i+1) - C2*u2(i))/A2;
   x1(i+2)=( D3*u1(i+2) + E3*u1(i+1) + F3*u1(i) + G3*u2(i+2) + H3*u2(i+1) + K3*u2(i) -B3*x1(i+1)-
C3*x1(i))/A3;
   x2(i+2)=( D4*u1(i+2) + E4*u1(i+1) + F4*u1(i) + G4*u2(i+2) + H4*u2(i) -B4*x2(i+1)-
C4*x2(i))/A4; end
```

```
>> [x1,x2,u1,u2]=TT(.01,100)
                          x1 =
                       1.0e+013 *
                    Columns 1 through 6
          0       0 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
                    Columns 7 through 12
     0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
                    Columns 13 through 18
     0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
                    Columns 19 through 24
     0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
                    Columns 25 through 30
     0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000
```

Columns 31 through 36
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
Columns 37 through 42
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
Columns 43 through 48
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
Columns 49 through 54
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
Columns 55 through 60
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
Columns 61 through 66
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0001
Columns 67 through 72
0.0001 0.0001 0.0001 0.0002 0.0002 0.0003
Columns 73 through 78
0.0004 0.0005 0.0006 0.0008 0.0011 0.0015
Columns 79 through 84
0.0019 0.0026 0.0034 0.0045 0.0059 0.0078
Columns 85 through 90
0.0104 0.0137 0.0182 0.0241 0.0319 0.0422
Columns 91 through 96
0.0558 0.0739 0.0978 0.1294 0.1713 0.2268
Columns 97 through 102
0.3002 0.3973 0.5259 0.6962 0.9215 1.2198
x2 =
1.0e+012 *
Columns 1 through 6
0 00 0.0000 0.0000 0.0000 Columns
7 through 12
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 13 through 18
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 19 through 24
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 25 through 30
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 31 through 36
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 37 through 42
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 43 through 48
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 49 through 54
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 55 through 60
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 61 through 66
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0001 -0.0001
Columns 67 through 72
-0.0001 -0.0002 -0.0002 -0.0003 -0.0004 -0.0005
Columns 73 through 78
-0.0006 -0.0008 -0.0011 -0.0014 -0.0019 -0.0025
Columns 79 through 84
-0.0033 -0.0044 -0.0058 -0.0077 -0.0102 -0.0135
Columns 85 through 90
-0.0179 -0.0236 -0.0313 -0.0414 -0.0548 -0.0726
Columns 91 through 96
-0.0961 -0.1272 -0.1683 -0.2228 -0.2949 -0.3903
Columns 97 through 102
-0.5167 -0.6839 -0.9053 -1.1983 -1.5861 -2.0995

u1 =
1.0e+012 *
Columns 1 through 6
0 0 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0000
Columns 7 through 12
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 13 through 18
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 19 through 24
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 25 through 30
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 31 through 36
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 37 through 42
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 43 through 48
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 49 through 54
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 55 through 60
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 61 through 66
-0.0000 -0.0000 -0.0001 -0.0001 -0.0001 -0.0002
Columns 67 through 72
-0.0002 -0.0003 -0.0004 -0.0005 -0.0006 -0.0008
Columns 73 through 78
-0.0011 -0.0014 -0.0019 -0.0025 -0.0033 -0.0044
Columns 79 through 84
-0.0058 -0.0077 -0.0102 -0.0135 -0.0179 -0.0237
Columns 85 through 90
-0.0314 -0.0415 -0.0550 -0.0728 -0.0963 -0.1275
Columns 91 through 96
-0.1688 -0.2234 -0.2958 -0.3915 -0.5182 -0.6859
Columns 97 through 102
-0.9079 -1.2018 -1.5908 -2.1057 -2.7872 -3.6893
u2 =
1.0e+013 *
Columns 1 through 6
0 0 0.0000 0.0000 0.0000 -0.0000
Columns 7 through 12
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 13 through 18
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 19 through 24
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 25 through 30
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 31 through 36
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 37 through 42
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 43 through 48
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 49 through 54
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 55 through 60
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000
Columns 61 through 66
-0.0001 -0.0001 -0.0001 -0.0001 -0.0002 -0.0002

Columns 67 through 72
-0.0003 -0.0004 -0.0005 -0.0007 -0.0009 -0.0012
Columns 73 through 78
-0.0016 -0.0021 -0.0028 -0.0037 -0.0049 -0.0065
Columns 79 through 84
-0.0086 -0.0114 -0.0151 -0.0200 -0.0264 -0.0350
Columns 85 through 90
-0.0463 -0.0613 -0.0811 -0.1073 -0.1421 -0.1881
Columns 91 through 96
-0.2489 -0.3295 -0.4362 -0.5774 -0.7642 -1.0116
Columns 97 through 102
-1.3390 -1.7724 -2.3461 -3.1054 -4.1106 -5.4410

Bài số

Đề bài :

Cho đối tượng cần điều khiển có mô tả toán học dạng hàm truyền :

$$\boxed{G_s(p) = \frac{K e^{-PL}}{(T_1 P + 1^s)(T_2 P + 1)}}$$

Với : K_S=1 L=0,3 T_1=1,5 T_2=1,2

Hãy tìm luật điều khiển dạng PID cho hệ trên sao cho toàn hệ đạt tiêu chuẩn tối ưu nào đó :

+ Lựa chọn luật
+ Xác định các hệ số
+ Khảo sát

Lời giải:

I/ GIỚI THIỆU VỀ BỘ ĐIỀU KHIỂN TỶ LỆ VI TÍCH PHÂN (PID):

Các luật tỷ lệ, vi phân, tích phân thường tồn tại những nhược điểm riêng.Do vậy để khắc phục các nhược điểm trên người ta thường kết hợp các luật đó lại để có bộ điều khiển loại bỏ các nhược điểm đó, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của các hệ thống trong công nghiệp.

Để cải thiện chất lượng của các bộ điều khiển PI, PD người ta kết hợp ba luật điều khiển tỷ lệ, vi phân, tích phân để tổng hợp thành bộ điều khiển tỷ lệ vi tích phân (PID). có đặc tính mềm dẻo phù hợp cho hầu hết các đối tượng trong công nghiệp.

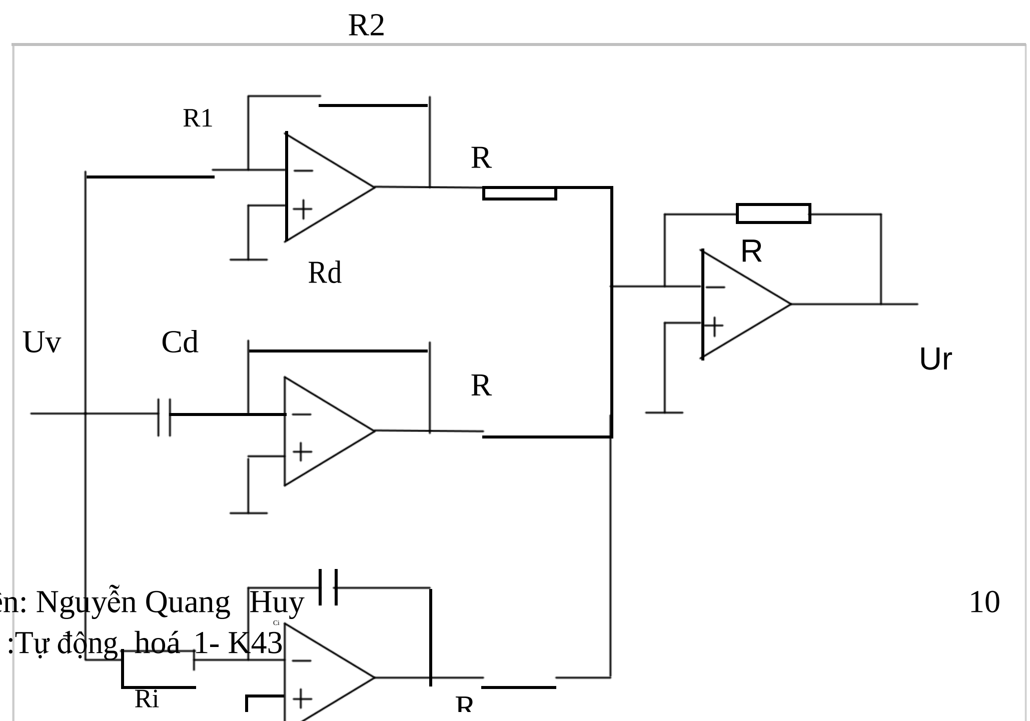
Phương trình vi phân mô tả quan hệ tín hiệu vào ra của bộ điều khiển:

$$U(t) = K1.e(t) + K2\int_0^t e(\tau)d\tau + K3\frac{de(t)}{dt}$$

$$U(t) = Km\, e(t) + \frac{1}{Ti}\int_0^t e(\tau)d\tau + Td\frac{de(t)}{dt}$$

Trong đó :	e(t)	tín hiệu vào của bộ điều khiển
	U(t)	tín hiệu ra của bộ điều khiển
	Km = K1	hệ số khuếch đại
	Td = K3/K1	hằng số thời vi phân
	Ti = K1/ K2	hằng số thời gian tích phân

Xây dựng bằng sơ đồ khuếch đại thuật toán:



Hàm truyền đạt trong miền ảnh Laplace:

$$W(p) = \frac{U(p)}{E(p)} = Km\left(1 + \frac{1}{Ti.p} + Td.p\right)$$

Nhận xét:

- Đặc tính làm việc của bộ điều khiển PID rất linh hoạt, mềm dẻo .

- Ở giải tần số thấp thì bộ điều khiển làm việc theo quy luật tỷ lệ tích phân.

Ở giải tần số cao thì bộ điều khiển làm việc theo quy luật tỷ lệ vi phân khi

$\omega = \frac{1}{\sqrt{Ti.Td}}$ bộ điều khiển làm việc theo quy luật tỷ lệ.

Bộ điều khiển có ba tham số Km , Ti và Td.

+ Khi ta cho Ti = ∞ , Td = 0 thì bộ điều khiển làm việc theo luật tỷ lệ.

+ Khi Ti = ∞ bộ điều khiển làm việc theo luật tỷ lệ - vi phân

+ Khi Td = 0 bộ điều khiển làm việc theo luật tỷ lệ – tích phân

Nếu ta chọn được bộ tham số phù hợp cho bộ điều khiển PID thì hệ thống cho ta đặc tính như mong muốn, đáp ứng cho các hệ thống trong công nghiệp .

Đặc biệt nếu ta chọn bộ tham số tốt bộ điều khiển sẽ đáp ứng được tính tác động nhanh, đây là đặc điểm nổi bật của bộ điều khiển .

Trong bộ điều khiển có thành phần tích phân nên hệ thống triệt tiêu được sai lệch dư.

Bằng thực nghiệm hoặc lý thuyết ta xác định các tham số Km, Ti ,Td để bộ điều khiển đáp ứng dặc tính hệ thống.

Tuy vậy cho đến nay đã có nhiều lý thuyết về xác định tham số cho bộ điều khiển PID. Nhưng vẫn chưa một lý thuyết nào hoàn hảo và tiện lợi, việc xác định tham số cho bộ điều khiển là phức tạp đòi hỏi kỹ sư phải có chuyên môn về tích hợp hệ thống.

II/LỰA CHỌN LUẬT ĐIỀU KHIỂN:

Ta sử dụng chuẩn ITAE đó là tiêu chuẩn tích phân của tích số giữa thời gian và giá trị tuyệt đối của sai lệch

Theo chuẩn này hệ thống tự động điều chỉnh là tối ưu nếu nó làm cực tiểu tích phân sau đây

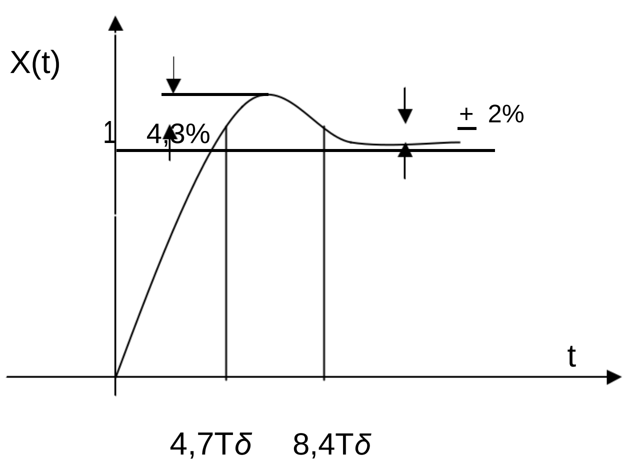
$$\int_0^{\infty} t\left|e(t)\right| dt$$

Tiêu chuẩn ITAE đánh giá nhẹ các sai lệch ban đầu còn các sai lệch sau xuất hiện trong cả quá trình quá độ thì đánh giá rất nặng.Hệ thống thiết kế theo chuẩn này sẽ cho đáp ứng có độ quá điều chỉnh nhỏ và có khả năng làm suy giảm nhanh các dao động trong quá trình điều chỉnh

Từ lý thuyết trên ta xây dựng lên tiêu chuẩn mô dun tối ưu .

Hàm chuẩn có dạng:

$$F_{MC}(P) = \frac{1}{1 + 2T_\delta P + 2T_\delta^2 P^2}$$



Đặc tính quá độ

III/XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA BỘ ĐIỀU CHỈNH PID:

Đối tượng cần điều khiển có mô tả toán học:

Bài tập lớn Tự động hoá quá trình sản xuất

$$G_s(p) = \frac{K e^{-PL}}{(T_1 P + 1)(T_2 P + 1)}$$

Tuy nhiên trong một số trường hợp L nhỏ hơn nhiều $T_1(T_2)$ để thuận tiện cho tính toán ta thay khâu trễ bằng khâu bậc nhất

$$e^{-PL} \approx \frac{1}{LP + 1}$$

Bởi vì theo khai triển Taylor

$$e^X = 1 + \frac{X}{1!} + \frac{X^2}{2!} + \frac{X^3}{3!} + \frac{X^4}{4!} + \dots$$

Bỏ qua các thành phần bậc cao ta có:

$$e^X \approx 1 + \frac{X}{1!} \approx 1 + X$$

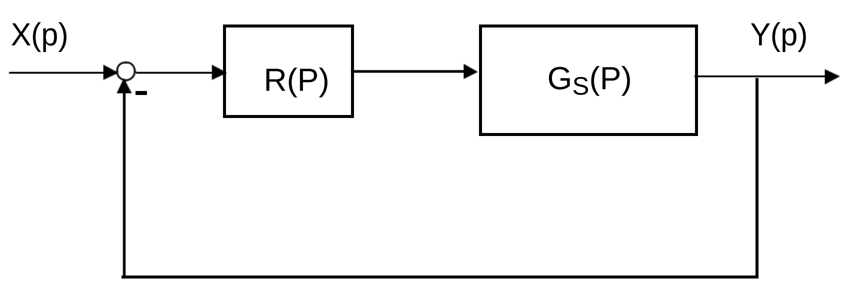
$$\Rightarrow e^{-X} \approx \frac{1}{1 + X}$$

$$\Rightarrow e^{-PL} \approx \frac{1}{PL + 1}$$

Từ đó đối tượng cần điều khiển có mô tả toán học như sau :

$$G_s(p) = \frac{K}{(T_1 P + 1)(T_2 P + 1)(LP + 1)}$$

Sơ đồ cấu trúc của hệ thống:



Trong đó:

$G_S(p)$:Đối tượng điều khiển

R(p) :Bộ điều chỉnh PID

$$R(p) = Km\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)$$

K_m : Hệ số khuyếch đại

T_I : Hằng số thời gian tích phân

T_D : Hằng số thời gian vi phân

Nhiệm vụ bây giờ chính là xác định các hệ số K_m ; T_I ; T_D

Gọi W(p) là hàm truyền hệ kín ta có :

$$W(p) = \frac{R(p).G_S(p)}{1 + R(p).G_S(p)}$$

$$= \frac{Km\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)\frac{K_S}{(T_1 P + 1)(T_2 P + 1)(LP + 1)}}{1 + Km\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)\frac{K_S}{(T_1 P + 1)(T_2 P + 1)(LP + 1)}}$$

$$= \frac{Km.K_S\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)}{(T_1 P + 1)(T_2 P + 1)(LP + 1) + Km.K_S\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)}$$

Đồng nhất với hàm chuẩn tối ưu mô dun được

W(p) = F_{MC}(p)

Với $T\delta = L$ (Vì $L < T_2 < T_1$)

$$\frac{Km.K_S\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)}{(T_1 P + 1)(T_2 P + 1)(LP + 1) + Km.K_S\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)} = \frac{1}{1 + 2L P + 2L^2 P^2}$$

Biến đổi đẳng thức trên bằng cách nghịch đảo cả 2 vế ta được :

$$1 + \frac{(T_1 P + 1)(T_2 P + 1)(LP + 1)}{Km.Ks\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)} = 1 + 2LP + 2L^2 P^2$$

$$(T_1 P + 1)(T_2 P + 1) = 2.L.P.Km.Ks.\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)$$

Bài tập lớn Tự động hoá quá trình sản xuất

$$\frac{T_1T_2P^2 + (T_1 + T_2)P + 1}{2LK_S P} = Km\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)$$

$$\frac{T_1 + T_2}{2LK_S}\left(1 + \frac{1}{(T_1 + T_2)P} + \frac{T_1.T_2}{T_1 + T_2}P\right) = Km\left(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P\right)$$

Từ đây ta có thể xác định được các hệ số :

$$Km = \frac{T_1 + T_2}{2L.Ks}$$

$$T_I = T_1 + T_2$$

$$T_D = \frac{T_1.T_2}{T_1 + T_2}$$

Thay các số liệu của đề bài vào công thức trên ta có :

$$Km = \frac{T_1 + T_2}{2L.Ks} = \frac{1,5 + 1,2}{2.0,3.1} = 4,5$$

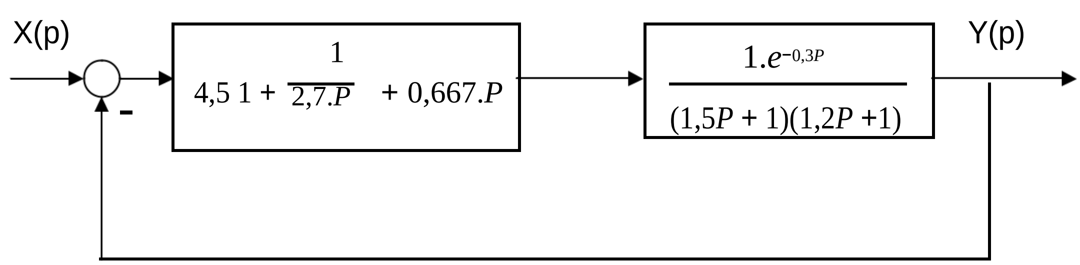
$$T_I = T_1 + T_2 = 1,5 + 1,2 = 2,7$$

$$T_D = \frac{T_1.T_2}{T_1 + T_2} = \frac{1,5.1,2}{1,5 + 1,2} = 0,667$$

Vậy bộ điều chỉnh PID tìm được là :

$$R(P) = 4,5\left(1 + \frac{1}{2,7.P} + 0,667.P\right)$$

Như vậy cấu trúc của hệ thống là :

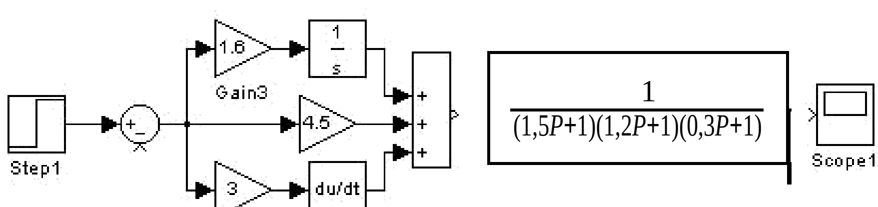


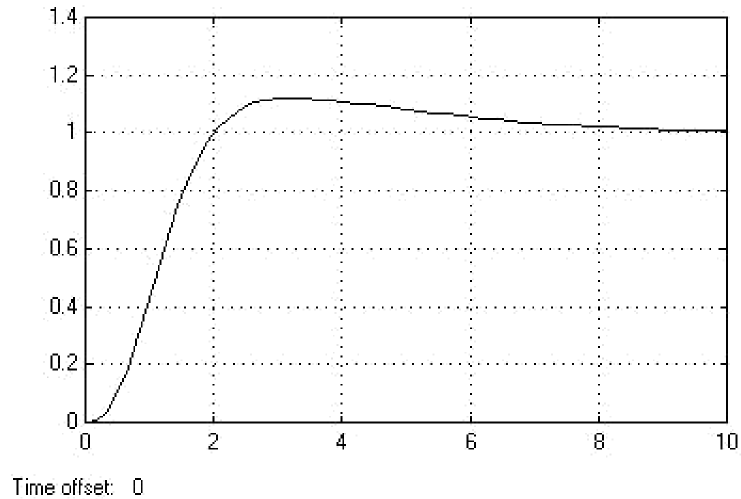
IV/MÔ PHỎNG HỆ THỐNG BẰNG MATLAB:

a/Hệ gần đúng: $e^{-PL} \approx \frac{1}{LP + 1}$

Sinh

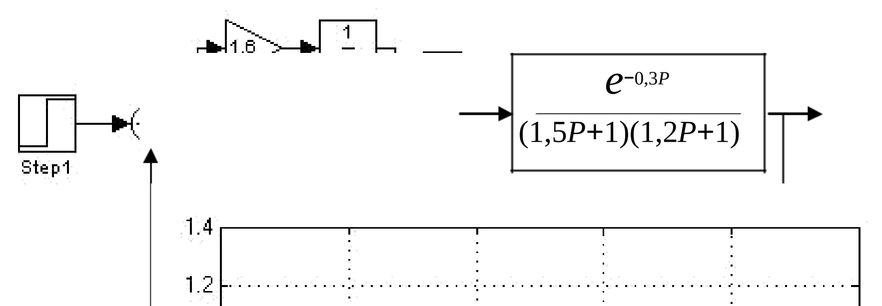
Lớp

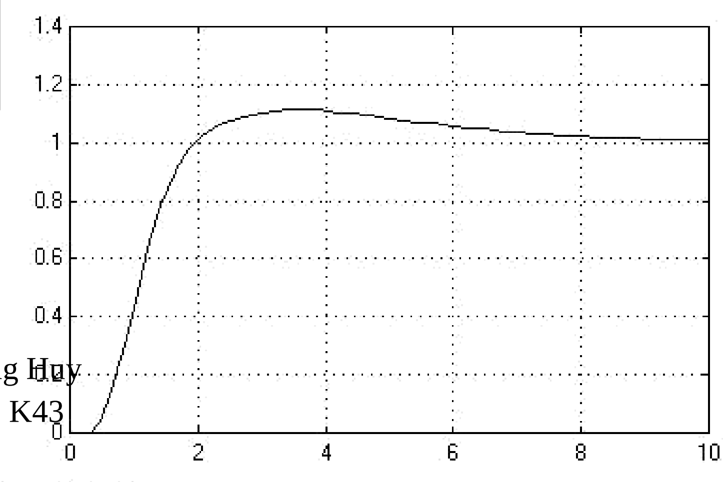




Đặc tính quá độ

<u>b.Hệ đúng:</u>





V/ NHẬN XÉT:

Qua khảo sát bằng MATLAB ta nhận thấy hệ thống ổn định và tương đối phù hợp với chuẩn .Tuy nhiên trong quá trình tổng hợp hệ thống ta tính gần đúng

$$e^{-PL} \approx \frac{1}{LP+1}$$

nên hệ thống có sai số nhất định , dựa vào đặc tính quá độ như đã khảo sát ở trên ta nhận thấy đối tượng thực S(p) là đối tượng có trễ nhưng đối tượng gần đúng lại không trễ tuy vậy sự khác biệt ở đây là không lớn và có thể chấp nhận được.