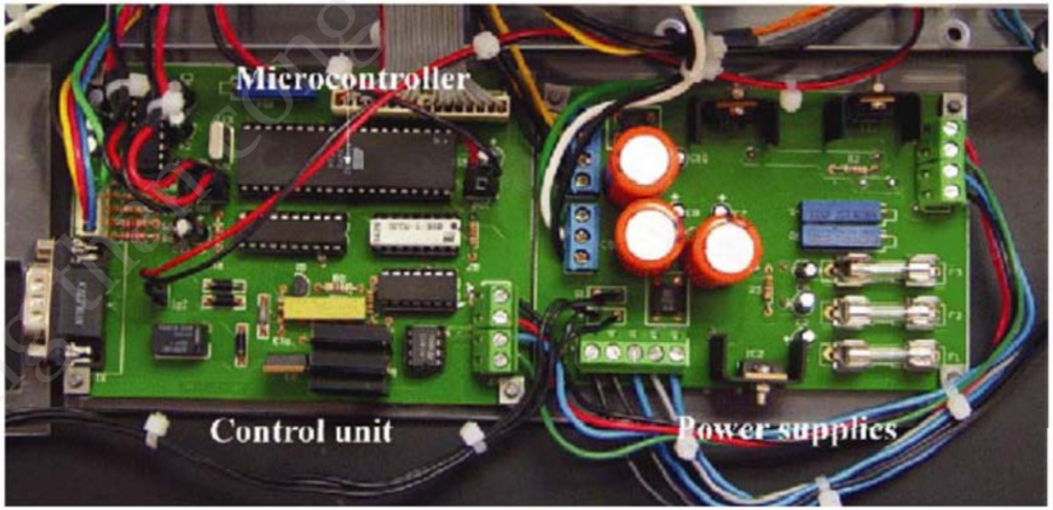
Lý thuyết Điều khiển tự động 1



Ziegler-Nichols

Tối ưu độ lớn

Tối ưu đối xứng

ThS. Đỗ Tú Anh
Bộ môn Điều khiển tự động
Khoa Điện, Trường ĐHBK HN

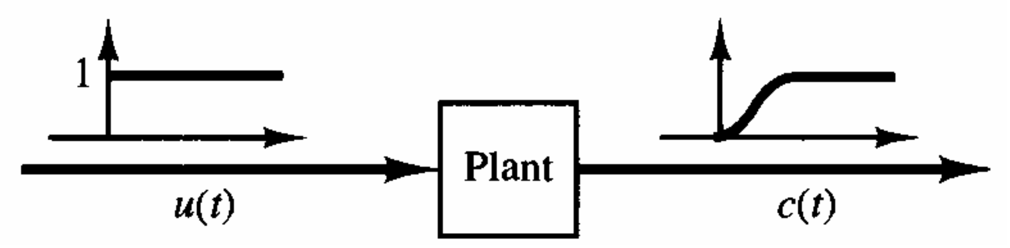
Phương pháp Ziegler-Nichols

Đặc điểm của phương pháp

- Là phương pháp thực nghiệm để xác định các tham số của bộ đk PID
- Rất thuận tiện khi mô hình toán học của đối tượng chưa biết trước
- Đáp ứng nhận được có độ quá điều chỉnh khoảng 25%

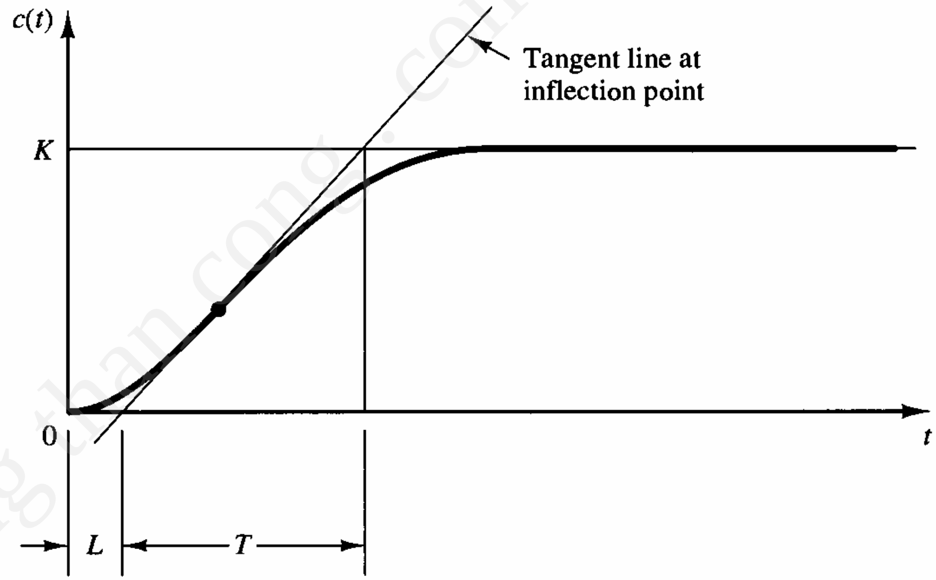
Phương pháp Ziegler-Nichols 1

- Xác định bằng thực nghiệm đáp ứng bước nhảy của đối tượng
- Nếu đáp ứng có dạng hình chữ S thì áp dụng được phương pháp này



Phương pháp Ziegler-Nichols 1

- Từ độ thị đó, xác định các giá trị thời gian trễ L và hằng số thời gian T (xem hình vẽ)



- Khi đó hàm truyền đạt của đối tượng có thể xấp xỉ về dạng

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

Phương pháp Ziegler-Nichols 1 (tiếp)

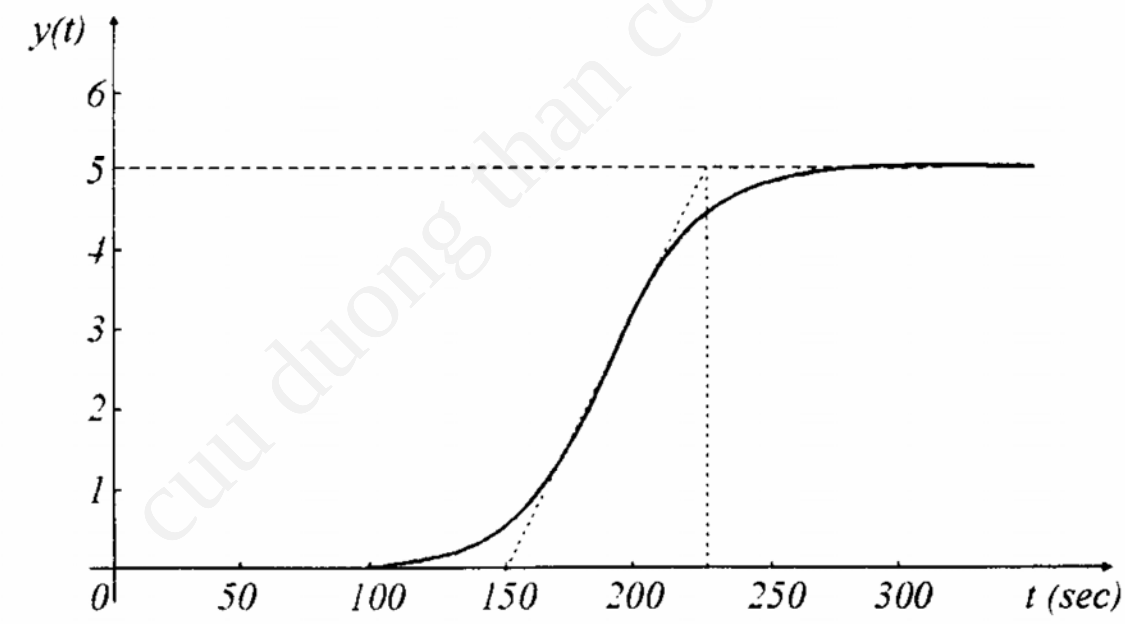
Ziegler và Nichols đã đề xuất việc xác định các tham số của bộ đk PID như bảng sau:

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

Phương pháp Ziegler-Nichols 1 (tiếp)

Ví dụ

Cho đối tượng có đáp ứng bước nhảy đơn vị như hình vẽ. Hãy xác định K_p, T_i, T_d.

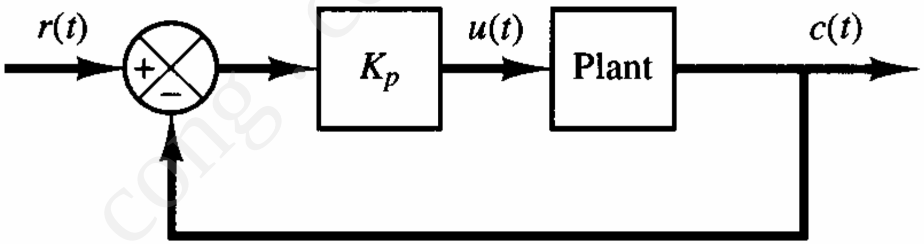


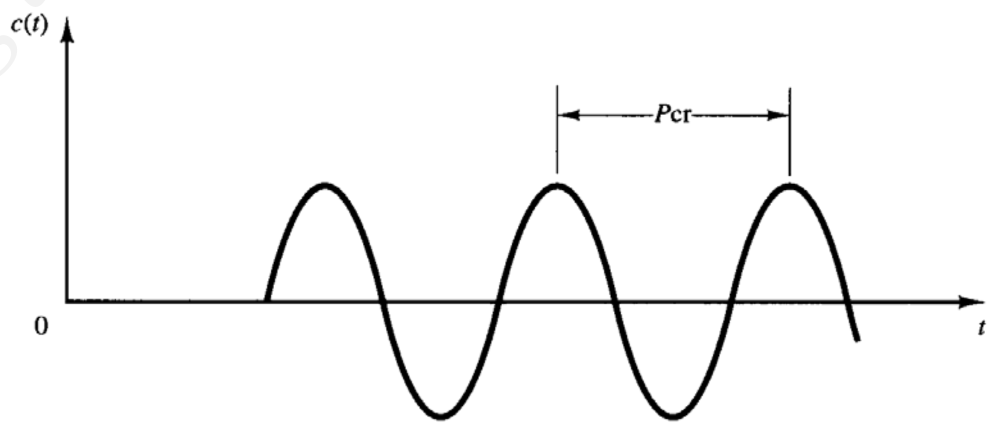
Phương pháp Ziegler-Nichols 2

- Đầu tiên đặt $T_i = \infty$ và $T_d = 0$.

- Chỉ sử dụng tác động khuếch đại, tăng K_p từ 0 tới một giá trị tới hạn K_{CT}, tại đó đầu ra của hệ thống có dạng dao động điều hòa

- Xác định K_p và chu kỳ dao động P_{CT} bằng thực nghiệm





Phương pháp Ziegler-Nichols 2 (tiếp)

- Xác định các tham số K_p, T_i, T_d của bộ đk theo bảng sau

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2}P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

Phương pháp Ziegler-Nichols

Một vài nhận xét

- Phương pháp Ziegler Nichols thật sự hữu ích khi mô hình toán học của đối tượng không biết trước, nhưng vẫn rất hiệu quả ngay cả khi đã biết MHTH của đối tượng

- Trong trường hợp chất lượng điều khiển chưa được như mong muốn, có thể tinh chỉnh các tham số của bộ PID

- Nói chung những đối tượng động học phức tạp và không chứa thành phần tích phân có thể áp dụng phương pháp này.

Phương pháp Ziegler-Nichols

Ví dụ về đối tượng có chứa một thành phần tích phân không thể áp dụng phương pháp Ziegler-Nichols

$$G(s) = \frac{(s+2)(s+3)}{s(s+1)(s+5)}$$

Do có chứa một thành phần tích phân nên không áp dụng được pp Ziegler-Nichols 1

Nếu thử áp dụng pp Ziegler-Nichols 2, sẽ không có giá trị K_p nào của bộ điều khiển P để đáp ứng của cả hệ thống đạt tới chế độ dao động ở biên giới ổn định.

Để chứng minh điều này, trước hết ta xét phương trình đặc tính của hệ kín

$$s(s+1)(s+5) + K_p(s+2)(s+3) = 0$$

Phương pháp Ziegler-Nichols

hay

$$s^3 + (6 + K_p)s^2 + (5 + 5K_p)s + 6K_p = 0$$

Lập bảng Routh

$$\begin{array}{lcc} s^3 & 1 & 5 + 5K_p \\ s^2 & 6 + K_p & 6K_p \\ s^1 & \dfrac{30 + 29K_p + 5K_p^2}{6 + K_p} & 0 \\ s^0 & 6K_p & \end{array}$$

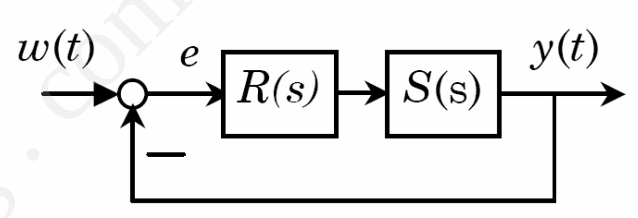
Các hệ số trong cột đầu tiên luôn dương với mọi $K_p > 0$. Do đó không có giá trị nào của K để hệ đạt tới chế độ dao động ở biên giới ổn định

⟹ Không áp dụng được pp Ziegler-Nichols 2

Các phương pháp trên miền tần số

Đặt vấn đề

Xét hệ thống đk có hàm truyền đạt hệ kín



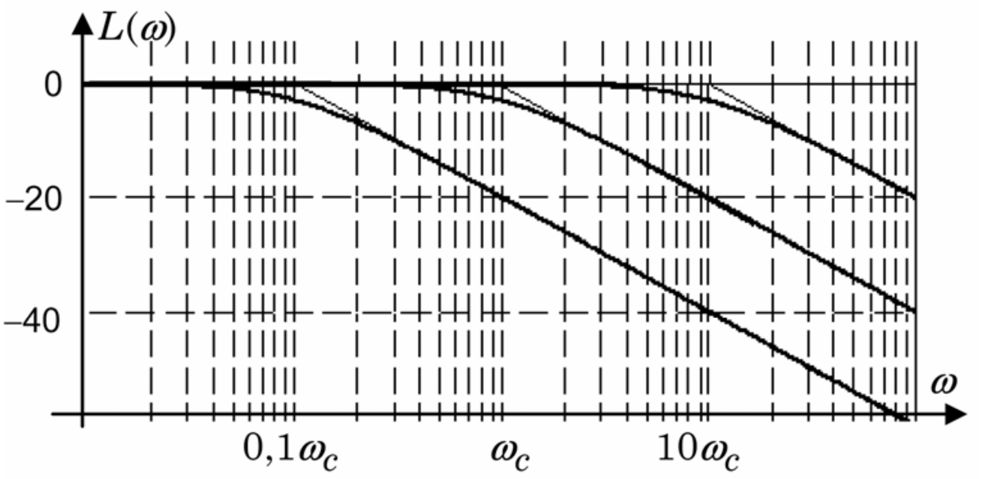
$$G(s) = \frac{S(s)R(s)}{1 + S(s)R(s)}$$

Mong muốn đáp ứng *r(t)* giống như tín hiệu đặt *c(t)* tại mọi điểm tần số

Nói cách khác

$$\left|G(j\omega)\right| = 1 \quad \text{với mọi } \omega. \qquad (1)$$

Trên thực tế, người ta thỏa mãn với việc thiết kế *R(s)* mang lại tính chất (1) trong dải tần số thấp.



Phương pháp tối ưu độ lớn

Bộ điều khiển PID tối ưu độ lớn

Là bộ điều khiển *R(s)* thỏa mãn $|G(j\omega)| \approx 1$ trong dải tần số thấp có ***độ rộng lớn***

Phạm vi ứng dụng

Hàm truyền đạt của đối tượng có dạng

$$S(s) = \frac{k}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)\ \cdots\ (1+T_n s)}$$

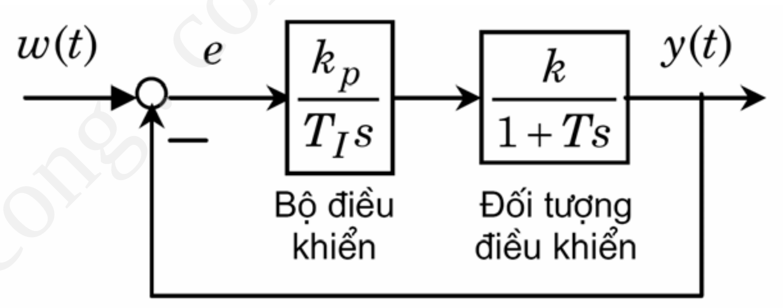
Đối tượng phải ổn định

Phương pháp tối ưu độ lớn (tiếp)

Ví dụ

Hàm truyền đạt hệ hở

$$G_h(s) = S(s)R(s) = \frac{k_p k}{T_I s(1+Ts)}$$



Hàm truyền đạt hệ kín

$$G(s) = \frac{k}{T_R s(1+Ts)+k}$$ trong đó $T_R = \frac{T_I}{k_p}$.

Suy ra

$$|G(j\omega)| = \frac{k}{\sqrt{(k - T_R T\omega^2)^2 + (\omega T_R)^2}}$$

$$\Leftrightarrow \qquad |G(j\omega)|^2 = \frac{k^2}{k^2 + (T_R^2 - 2kT_R T)\omega^2 + T_R^2 T^2 \omega^4}$$

Phương pháp tối ưu độ lớn (tiếp)

Chọn T_R sao cho

$$T_R^2 - 2kT_RT = 0 \quad \Leftrightarrow \quad T_R = \frac{T_I}{k_p} = 2kT$$

Tổng quát

$$S(s) = \frac{k}{1+Ts} \quad \Rightarrow \quad R(s) = \frac{k_p}{T_I s}$$

Bộ đk I

$$S(s) = \frac{k}{(1+T_1 s)(1+Ts)} \quad \Rightarrow \quad R(s) = \frac{k_p(1+T_1 s)}{T_I s}$$

Bộ đk PI

$$S(s) = \frac{k}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)(1+Ts)} \quad \Rightarrow \quad R(s) = \frac{k_p(1+T_1 s)(1+T_2 s)}{T_I s}$$

Bộ đk PID

Phương pháp tối ưu độ lớn (tiếp)

Câu hỏi

1. Các tham số k_p, T_i (cho bộ đk PI) và các tham số k_p, T_i, T_d (cho bộ đk PID) được xác định như thế nào?

2. Làm thế nào để thiết kế bộ đk cho đối tượng có hàm truyền đạt:

$$S(s) = \frac{k}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)\ \cdots\ (1+T_n s)}$$

3. Hạn chế của phương pháp?

Phương pháp tối ưu đối xứng

Bộ điều khiển PID tối ưu đối xứng

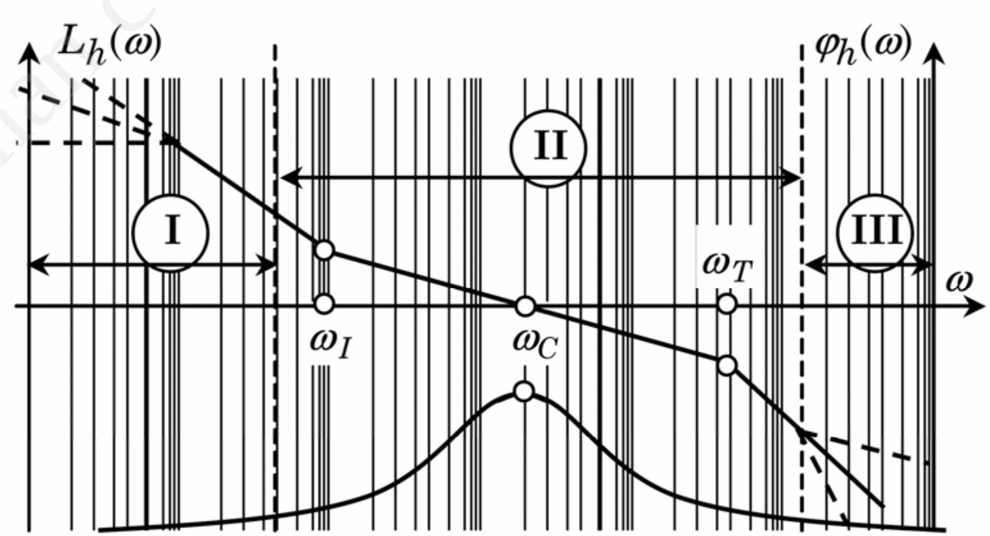
Là bộ điều khiển *R(s)* thỏa mãn $|G(j\omega)| \approx 1$ trong dải tần số thấp và có đồ thị Bode của hàm truyền đạt hệ hở như hình vẽ bên

Phạm vi ứng dụng

Hàm truyền đạt của đối tượng có dạng

$$S(s) = \frac{k}{Ts(1+T_1s)(1+T_2s)\cdots(1+T_ns)}$$

⇨ Đối tượng không ổn định



$$G_h(s) = S(s)R(s) = \frac{k_p k(1+T_I s)}{T_I T s^2(1+T_\Sigma s)}$$

Phương pháp tối ưu đối xứng (tiếp)

$$S(s) = \frac{k}{Ts(1+T_\Sigma s)} \quad \Rightarrow \quad R(s) = k_p\left(1+\frac{1}{T_I s}\right)$$

Bộ đk PI

$$a = \frac{4\ln^2(\Delta h_{max})}{\pi^2 + \ln^2(\Delta h_{max})} \qquad (2)$$

1) Xác định $4 > a > 1$ từ độ quá điều chỉnh Δh_{max} cần có của hệ kín có dao động theo (2), hoặc chọn $a > 1$ từ yêu cầu chất lượng đề ra. Giá trị a được chọn càng lớn, độ quá điều chỉnh càng nhỏ. Để hệ kín không có dao động thì chọn $a \geq 4$. Nếu $a \leq 1$, hệ kín sẽ không ổn định.

2) Tính T_I theo $T_I = aT_\Sigma$

3) Tính k_p theo $k_p = \dfrac{T}{kT_\Sigma\sqrt{a}}$

Phương pháp tối ưu đối xứng (tiếp)

$$S(s) = \frac{k}{Ts(1+T_1 s)(1+T_\Sigma s)} \Rightarrow R(s) = k_p\left(1+\frac{1}{T_I s}+T_D s\right) = \frac{k_p(1+T_A s)(1+T_B s)}{T_I s}$$

Bộ đk PID

trong đó

$$T_A + T_B = T_I \quad \text{và} \quad T_A T_B = T_I T_D$$

a) Chọn $T_A = T_1$.

b) Xác định $4 > a > 1$ từ độ quá điều chỉnh Δh_{max} cần có của hệ kín có dao động, hoặc chọn $a > 1$ từ yêu cầu chất lượng đề ra. Giá trị a được chọn càng lớn, độ quá điều chỉnh càng nhỏ. Để hệ kín không có dao động thì chọn $a \geq 4$. Nếu chọn $a \leq 1$, hệ kín sẽ không ổn định.

c) Tính $T_B = a T_\Sigma$. Từ đó suy ra $T_I = T_A + T_B$ và $T_D = \dfrac{T_A T_B}{T_I}$.

d) Tính $\tilde{k}_p = \dfrac{T}{k T_\Sigma \sqrt{a}}$ rồi suy ra $k_p = \dfrac{\tilde{k}_p T_I}{T_B}$.