

## 2.4. Các thuật toán điều khiển

# 1. Luật điều khiển tỷ lệ (Proportional Control)

+ Tín hiệu điều khiển:

$$u = k_p e$$

+ Hàm truyền đạt:

$$K(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = k_p ; \text{ Trong đó } k_p : \text{ hệ số khuếch đại}$$

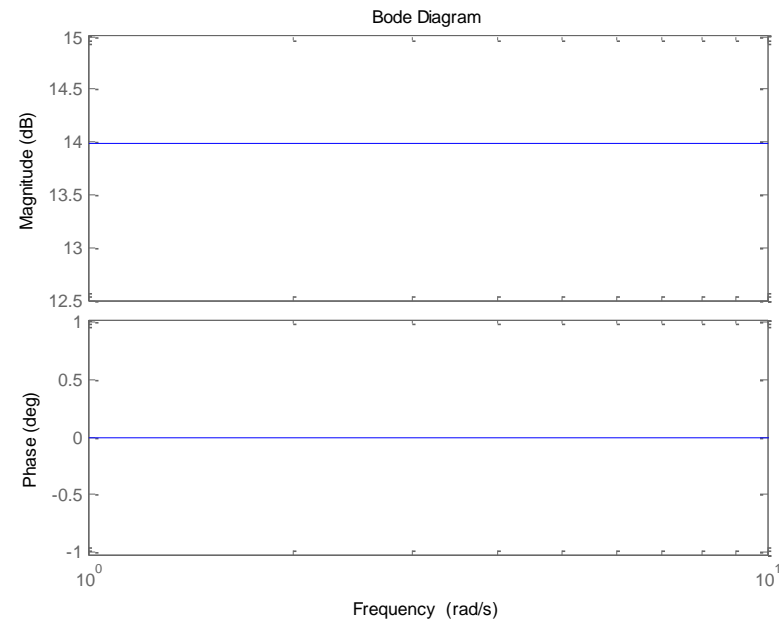
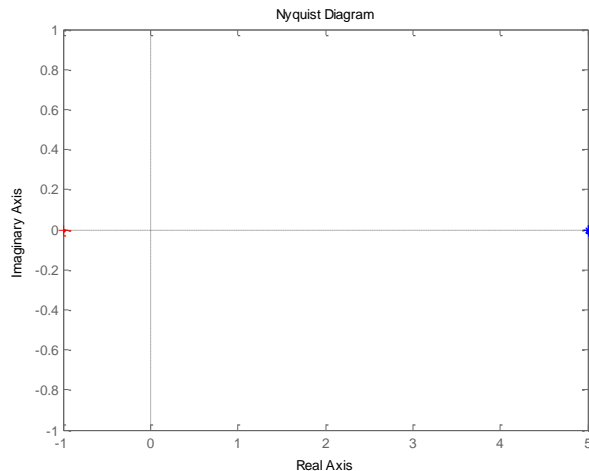
+ Đặc tính tần biên pha

$$K(j\omega) = k_p$$

+ Đồ thị bode

. Biên độ tần số :  $L(\omega) = 20\lg(k_p)$

. Pha tần số:  $\varphi(\omega) = 0$



# 1. Luật điều khiển tỷ lệ (Proportional Control)

## + Ưu điểm:

- Là một thuật toán điều khiển đơn giản, dễ hiểu
- Tốc độ tác động nhanh
- Chỉ với một tham số cần điều chỉnh

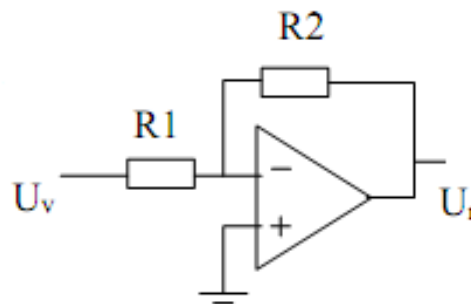
## + Nhược điểm:

Tồn tại sai lệch tĩnh khi đối tượng không có chứa thành phần tích phân

## + Ứng dụng:

- Điều khiển mức

## + Ví dụ



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

## 2. Luật điều khiển tỷ lệ tích phân (Proportional Integral Control)

+ Tín hiệu điều khiển:

$$u = k_p \left( e + \frac{1}{T_i} \int e dt \right)$$

+ Hàm truyền đạt:

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

Trong đó:  $k_p$  : hệ số khuếch đại

$T_i$  : hằng số thời gian tích phân

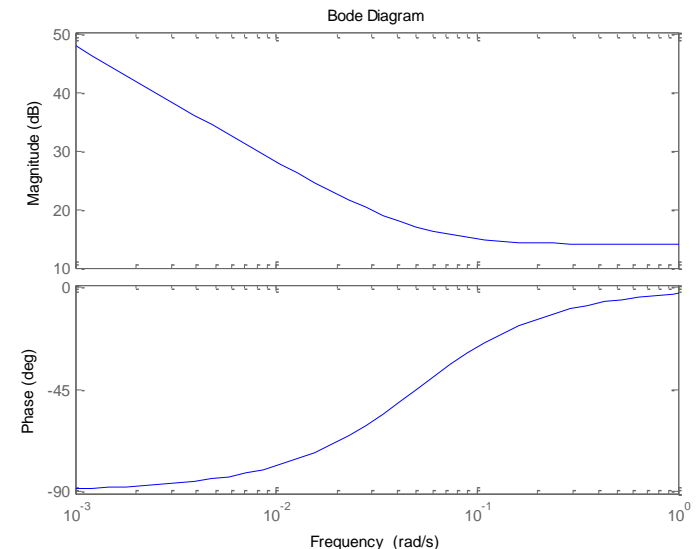
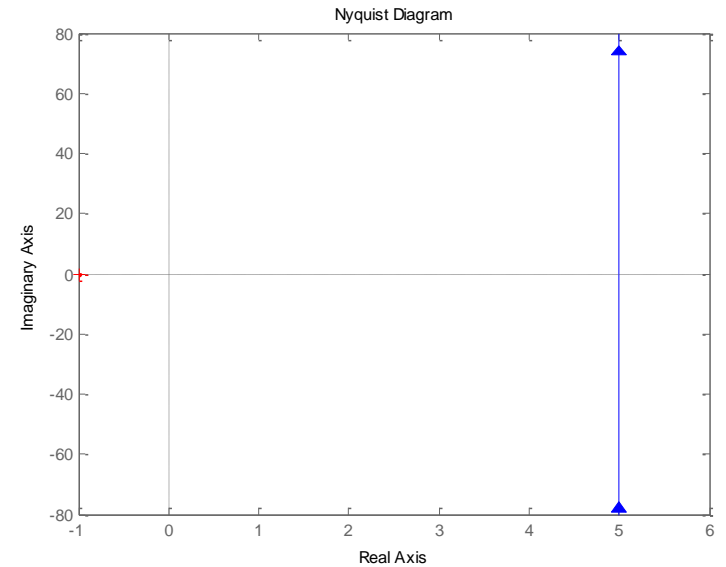
+ Đặc tính tần biên pha

$$K(j\omega) = k_p \left( 1 + \frac{1}{jT_i\omega} \right) = k_p \left( 1 - j \frac{1}{T_i\omega} \right)$$

+ Đồ thị Bode

$$\begin{aligned} \text{. Biên độ tần số : } L(\omega) &= 20\lg(k_p) - 20\lg T_i\omega \\ &\quad + 20\lg \sqrt{(T_i\omega)^2 + 1} \end{aligned}$$

$$\text{. Pha tần số: } \varphi(\omega) = \arctan\left(-\frac{1}{T_i\omega}\right)$$



## 2. Luật điều khiển tỷ lệ tích phân (Proportional Integral Control)

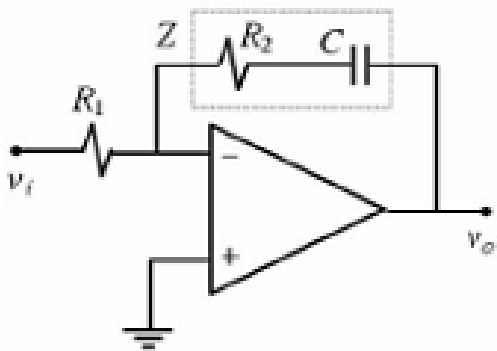
### + Ưu điểm:

- Triệt tiêu sai lệch tĩnh với đối tượng không có chứa thành phần tích phân và tác động đầu vào là hàm  $1(t)$
- Được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp

### + Nhược điểm:

- Tốc độ tác động chậm hơn quy luật tỉ lệ
- Phải chỉnh định hai thông số nên tìm được thông số tối ưu là khó hơn
- Có chứa thành phần tích phân nên tăng tính dao động

### + Ví dụ



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

$$K_p = K_p \quad K_i = K_p / T_i$$

$$K_P = -\frac{R_2}{R_1} \quad K_I = -\frac{1}{R_1 C}$$

### 3. Luật điều khiển tỷ lệ vi tích phân (Proportional Integral Derivative Control)

+ Tín hiệu điều khiển:

$$u = k_p \left( e + \frac{1}{T_i} \int e dt + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

+ Hàm truyền đạt:

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

Trong đó:  $k_p$  : hệ số khuếch đại

$T_i$  : hằng số thời gian tích phân

$T_d$  : hằng số thời gian vi phân

+ Đặc tính tần biên pha

$$K(j\omega) = k_p \left( 1 + \frac{1}{jT_i\omega} + jT_d\omega \right)$$

+ Đồ thị Bode

. Biên độ tần số :  $L(\omega) = 20\lg(k_p) - 20\lg T_i\omega$

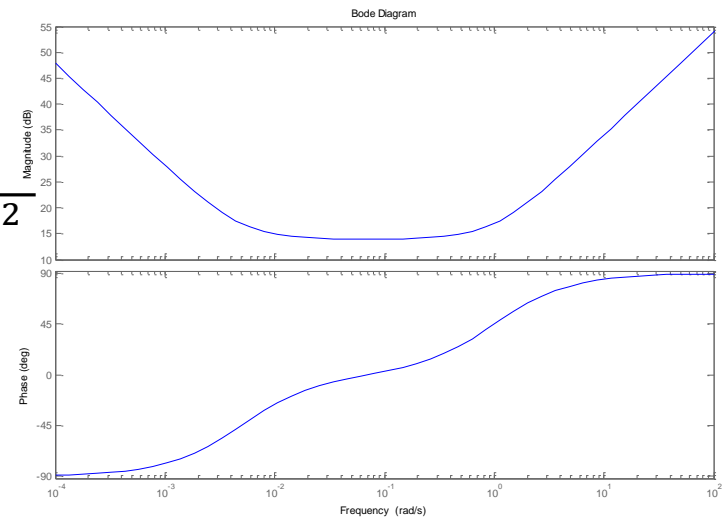
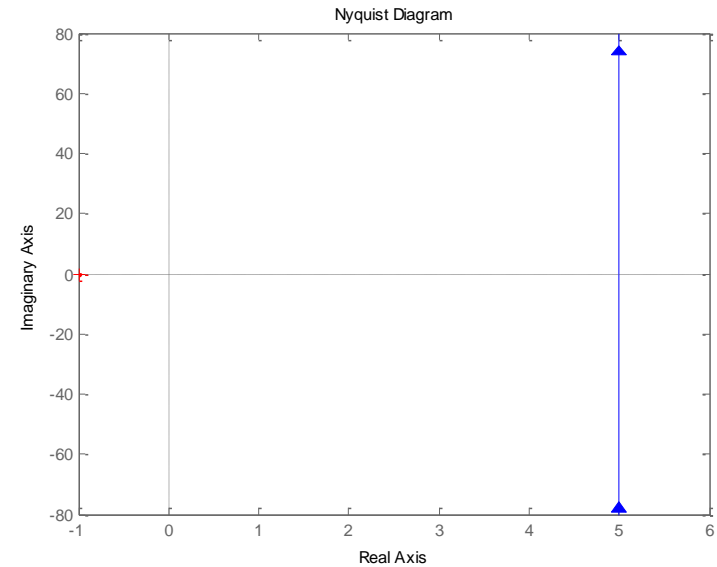
$$+ 20\lg \sqrt{(T_i\omega)^2 + (T_d T_i \omega^2 - 1)^2}$$

Khi  $\omega < 1/T_i < 1/T_d$   $L(\omega) = 20\lg(k_p) - 20\lg T_i\omega$

Khi  $1/T_i < \omega < 1/T_d$   $L(\omega) = 20\lg(k_p)$

Khi  $1/T_i < 1/T_d < \omega$   $L(\omega) = 20\lg(k_p) + 20\lg T_d\omega$

Pha tần số:  $\varphi(\omega) = \arctan(T_d\omega - \frac{1}{T_i\omega})$



### 3. Luật điều khiển tỷ lệ vi tích phân (Proportional Integral Derivative Control)

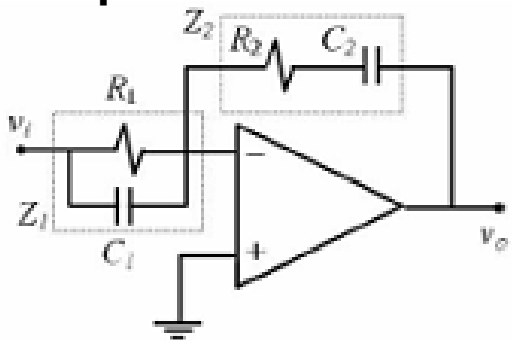
#### + Ưu điểm:

- Triệt tiêu sai lệch tĩnh với đối tượng không có chứa thành phần tích phân và tác động đầu vào là hàm  $1(t)$
- Được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp

#### + Nhược điểm:

- Tốc độ tác động tùy thuộc vào thông số  $T_i$  và  $T_d$ ,  $T_i$  lớn,  $T_d$  lớn thì thiên về quy luật PD tốc độ tác động nhanh
- $T_i$  nhỏ,  $T_d$  nhỏ thì thiên về quy luật PI tốc độ tác động chậm
- Phải chỉnh định ba thông số nên tìm được thông số tối ưu là khó hơn
- Có chứa thành phần tích phân nên tăng tính dao động
- Có chứa thành phần vi phân nên nhạy cảm với nhiễu

#### + Ví dụ



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

$$K_P = -\frac{R_1 C_1 + R_2 C_2}{R_1 C_2} \quad K_I = -\frac{1}{R_1 C_2}$$

$$K_D = -R_2 C_1$$

$$\begin{aligned} K_p &= K_p \\ K_I &= K_p / T_i \\ K_D &= K_p \cdot T_D \end{aligned}$$

## 4. Luật điều khiển tỷ lệ vi phân (Proportional Derivative Control)

+ Tín hiệu điều khiển:

$$u = k_p \left( e + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

+ Hàm truyền đạt:

$$K(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = k_p(1 + T_d s) ;$$

Trong đó:  $k_p$  : hệ số khuếch đại

$T_d$  : hằng số thời gian vi phân

+ Đặc tính tần biên pha

$$K(j\omega) = k_p(1 + j T_d \omega)$$

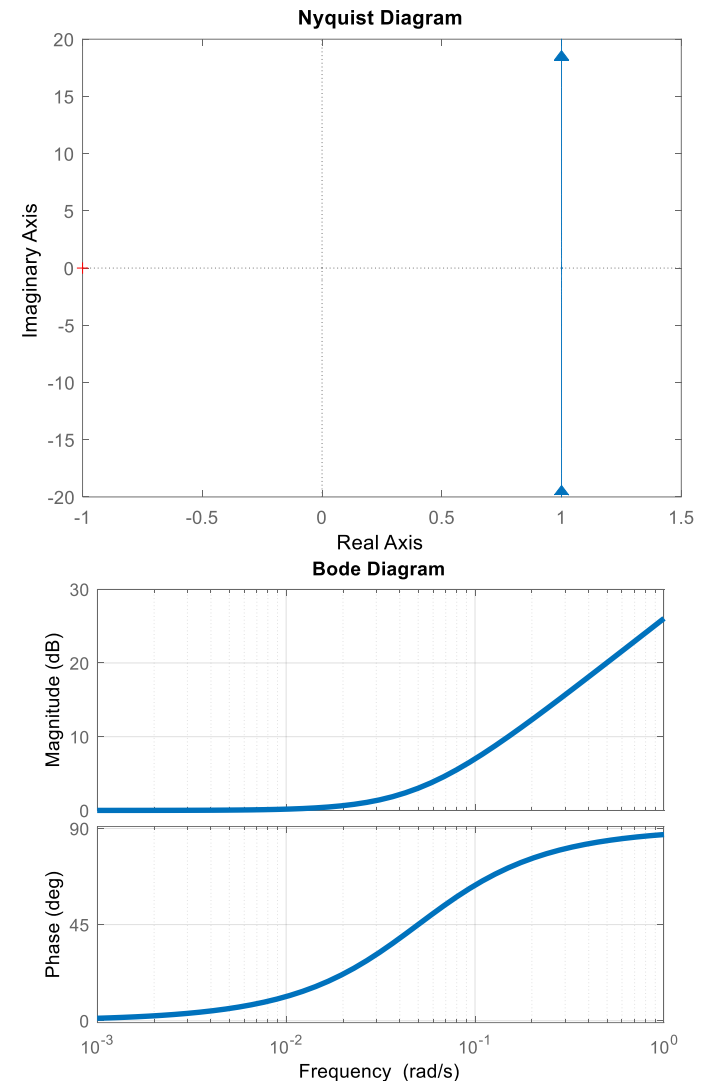
+ Đồ thị Bode

. Biên độ tần số :  $L(\omega) = 20\lg(k_p) + 20\lg\sqrt{(T_d\omega)^2 + 1}$

*Khi  $\omega < 1/T_d$   $L(\omega) = 20\lg(k_p)$*

*Khi  $\omega \geq 1/T_d$   $L(\omega) = 20\lg(k_p) + 20\lg T_d \omega$*

Pha tần số:  $\varphi(\omega) = \arctan(T_d \omega)$





## 4. Luật điều khiển tỷ lệ vi phân (Proportional Derivative Control)

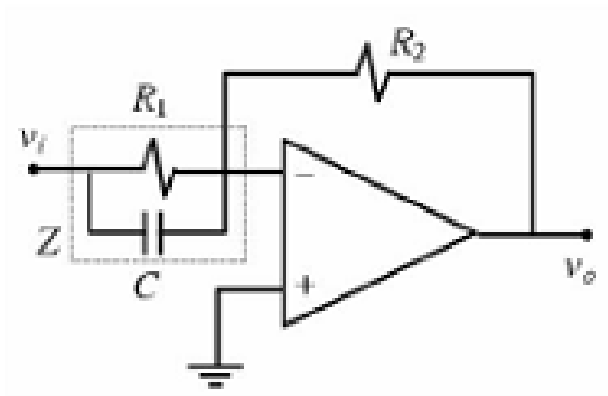
### + Ưu điểm:

- Tốc độ tác động nhanh

### + Nhược điểm:

- Có chứa thành phần vi phân nên nhạy cảm với nhiễu
- Tồn tại sai lệch đối với đối tượng không có chứa thành phần tích phân

### + Ví dụ



$$G(s) = K_P + K_D s$$

$$K_P = -\frac{R_2}{R_1} \quad K_D = -R_2 C$$

$$K_p = K_p$$
$$K_D = K_p \cdot T_D$$