

BÀI GIẢNG MÔN HỌC

ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

**Chương III- Hệ truyền động điện tự động
dùng động cơ một chiều**

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

**Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn
sai lệch, bù sai lệch**

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

§1.1. Khái niệm và các chỉ tiêu chất lượng

1.1- Loại phụ tải

Trong thực tế có 2 loại cơ bản

- Phụ tải phản kháng.
- Phụ tải thể năng.

Trong thực tế làm việc thường có cả 2 loại phụ tải trên $\Rightarrow$ Tùy trường hợp loại nào lớn hơn ta tính cho loại ấy.

1.2- Tính chất phụ tải đặc tính tải):

Là quan hệ giữa mô men tải với tốc độ quay.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

1.3- Dải điều chỉnh:

Là tỷ số giữa tốc độ cao nhất và thấp nhất, về mặt lý thuyết là tốc độ lấy trên máy sản xuất nhưng nếu giữa động cơ và máy sản xuất ghép bởi hộp giảm tốc có tỷ số truyền cố định thì lấy tốc độ trên trục động cơ:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_{\text{m max}}}{n_{\text{m min}}}$$

Trong quá trình tính toán phải xác định tốc độ tại điểm tải định mức.

1.4- Độ trơn điều chỉnh:

Là tỷ số giữa 2 tốc độ lân cận: $\varphi = \frac{n_{i+1}}{n_i}$

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

1.5- Sai lệch tĩnh:

$$S_t \% = \frac{n_0 - n_{\text{m}}}{n_0} \cdot 100\%$$

- Nếu các đường đặc tính song song với nhau thì: $n_0 - n_{\text{m}} = \Delta n = \text{const}$
 $\Rightarrow S_t \% \text{ max nằm trên đường đặc tính thấp nhất.}$
- Nếu các đường đặc tính không song song $\Rightarrow$ tính $S_t \%$ cho đường cao nhất và thấp nhất, từ đó lấy S_t cao nhất để tính toán.

1.6- Quan hệ giữa các đại lượng:

$$S_t = \frac{n_0 - n_{yc}}{n_0}$$

Với các hệ truyền động khi điều chỉnh tốc có đặc tính song song
thời $S_{t \text{ max}}$ nằm trên đường thấp nhất.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

$$S_{f_{\max}} = \frac{n_{0\min} - n_{\text{đnmin}}}{n_{0\min}} = 1 - \frac{n_{\text{đnmin}}}{n_{0\min}}$$

$$\Rightarrow n_{0\min} = \frac{n_{\text{đnmin}}}{1 - S_{t_{\max}}} = \frac{n_{\text{đn}}}{D(1 - S_{t_{\max}})}$$

$$\text{Mà } S_f = \frac{n_{0\min} - n_{\text{đnmin}}}{n_{0\min}} = \frac{\Delta n}{n_{0\min}}$$

$$\Rightarrow \Delta n = n_{0\min} \cdot S_t = \frac{n_{\text{đn}} \cdot S_f}{D(1 - S_{t_{\max}})}$$

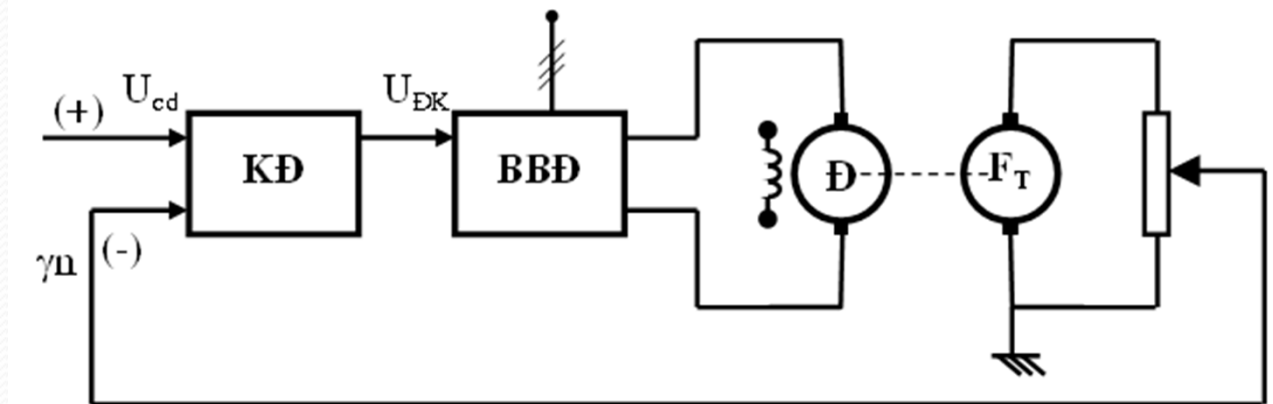
Trong đó S_t là sai lệch tính cho phép của công nghệ $\Rightarrow S_{t_{\max}} \leq S_t$

Với các hệ khi điều chỉnh tốc độ đặc tính không song song biểu thức trên sẽ được áp dụng $\square n = n_0 \cdot S_t$ trên đường đặc tính có $S_{t_{\max}}$.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

§1.2. SO SÁNH HỆ TRUYỀN ĐỘNG HỖ VÀ KÍN

ĐỂ ĐÁNH GIÁ VÀ SO SÁNH ƯU NHƯỢC ĐIỂM CỦA HỆ KÍN VÀ HỆ HỖ TA ĐI SO SÁNH HỆ TRUYỀN ĐỘNG MỘT CHIỀU HỖ, VỚI HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ PHẢN HỒI ÂM TỐC ĐỘ.



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Từ hệ trên ta lập được các phương trình sau:

$$U_v = U_{cd} - \gamma n$$

$$U_{DK} = U_v \cdot K_{KD}$$

$$E_{BBĐ} = U_{DK} \cdot K_{BBĐ}$$

$$U_{\text{tr}} = E_{BBĐ} - I_u \cdot R_{BBĐ}$$

$$U_{\text{tr}} = K_e \cdot n + I_u \cdot R_u$$

$$\Rightarrow (U_{cd} - \gamma n) \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ} - I_u \cdot R_{BBĐ} = K_e \cdot n + I_u \cdot R_u \quad (K_e = 1/K_D)$$

$$\Rightarrow (U_{cd} - \gamma n) \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ} - I_u \cdot R_{BBĐ} = (1/K_D) \cdot n + I_u \cdot R_u$$

$$\Rightarrow U_{cd} \cdot K_D \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ} - I_u \cdot (R_{BBĐ} + R_u) \cdot K_D = n(\gamma \cdot K_D \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ} + 1)$$

$$\Rightarrow n = \frac{U_{cd} \cdot K_D \cdot K_{BBĐ}}{1 + \gamma \cdot K_D \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ}} - \frac{(R_{BBĐ} + R_u) \cdot K_D}{1 + \gamma \cdot K_D \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ}} \cdot I_u$$

$$n = \frac{U_{cd} K}{1 + \gamma \cdot K} - \frac{(R_{BBĐ} + R_u) \cdot K_D}{1 + \gamma \cdot K} \cdot I_u \quad \text{với: } K = K_D \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ}$$

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

1.2.1- Độ sụt tốc độ Δn :

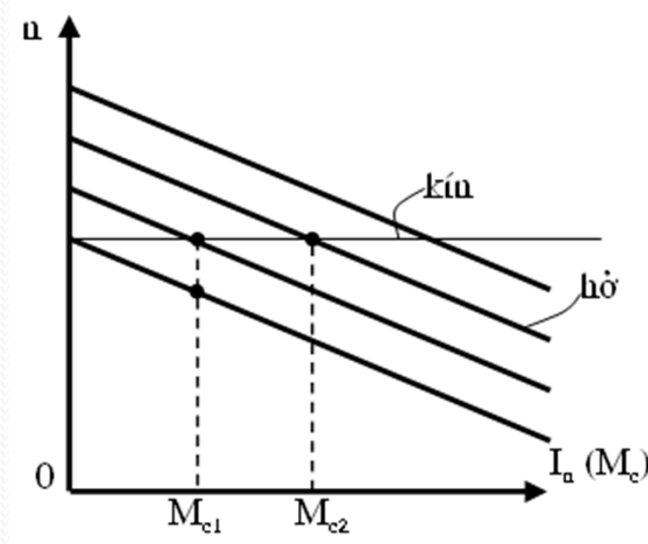
$$\Delta n_{\text{hở}} = (R_{\text{BBĐ}} + R_u) \cdot K_{\text{Đ}} \cdot I_u$$
$$\Delta n_{\text{kín}} = \frac{(R_{\text{BBĐ}} + R_u) \cdot K_{\text{Đ}} \cdot I_u}{1 + \gamma K} = \frac{\Delta n_{\text{hở}}}{1 + \gamma K}$$

$\Rightarrow$ Với cùng một phụ tải trên trục động cơ thì $\Delta n_{\text{kín}} < \Delta n_{\text{hở}}$ là $(1 + \gamma K)$ lần.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

1.2.2- Đặc tính hệ hở và hệ kín:

Với hệ hở cùng một giá trị n_0 khi tải tăng $\Rightarrow \Delta_n$ hở tăng phụ thuộc vào $R_{BBĐ}$ và R_U , còn với hệ kín khi tải tăng làm n giảm $\Rightarrow U_v = (U_{cđ} - \gamma n) \uparrow, \Rightarrow U_{đk} \uparrow \Rightarrow E_{BBĐ} \uparrow \Rightarrow U_{ur} \uparrow$ cùng với giá trị $U_{cđ}$ tho đặc tính khi tải tăng không còn là đặc tính trước mà được đẩy lên làm việc trên đặc tính cao hơn (do $U_{ur} \uparrow$ trước) $\Rightarrow$ đặc tính cơ hệ kín cứng hơn đặc tính cơ hệ hở.



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

1.2.5- Chống nhiễu:

- *Nhiều phụ tải:* khi phụ tải thay đổi $\Rightarrow I_n$ thay đổi $\Rightarrow n$ thay đổi. Với hệ hở sự thay đổi tốc độ phụ thuộc vào thông số của hệ và tuyến tính theo I_u . Nhưng với hệ kín khi tải thay đổi qua hệ thống sẽ điều chỉnh lại điện áp U_u theo hướng ngược lại của tải tác động $\Rightarrow$ Hệ kín có tác dụng chống lại nhiễu của tải.
- *Nhiều điện áp lưới:* khi U_l thay đổi $\Rightarrow$ hệ hở sẽ có U_u thay đổi tương ứng, còn với hệ kín khi U_u thay đổi $\Rightarrow n$ thay đổi. Giả sử khi U_l giảm $\Rightarrow n$ tăng $\Rightarrow U_v$ tăng $\Rightarrow U_{DK}$, $E_{BBđ}$ tăng $\Rightarrow U_u$ lại tăng và kéo n (tốc độ) tăng $\Rightarrow$ chống nhiễu của lưới.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

- *Nhiều thông số mạch động lực:* $R_{BBĐ}$, $K_{BBĐ}$, K_D , R_U .

Có thể do nhiệt độ môi trường thay đổi sẽ làm cho thông số của động cơ, BBĐ thay đổi. Giả sử, nhiệt độ thay đổi $\Rightarrow R_{BBĐ}$, R_U tăng hoặc $K_{BBĐ}$, K_D giảm $\Rightarrow$ tốc độ thay đổi. Với hệ hở khi n thay đổi thì hệ thống không phát hiện được, còn hệ kín khi tốc độ thay đổi qua máy phát tốc FT sẽ phát hiện được làm U_v , U_{DK} , $E_{BBĐ}$, U_n thay đổi phản ứng theo hướng ngược lại.

- *Nhiều của từ thông kích thích:* có thể xảy ra do nguồn kích thích, điện trở cách điện giữa các vòng dây kích thích, điện trở thuần của cuộn kích thích, điện trở tiếp xúc của các thiết bị đóng cắt kích thích đều làm ảnh hưởng tới tốc độ đầu ra. Nhưng với hệ kín sẽ phát hiện được sự thay đổi của tốc độ $\Rightarrow$ điều chỉnh lại U_r để n phản ứng theo hướng ngược lại $\Rightarrow$ chống được nhiễu. Giả sử Φ giảm $\Rightarrow n$ tăng $\Rightarrow U_r$ giảm.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

- Ngoài ra các biến động trên máy phát tốc sẽ tạo ra ын không trung thực sẽ tạo ra các sai số thực tế $\Rightarrow$ không chống được nhiễu của máy phát tốc $\Rightarrow$ các thiết bị đó phải đảm bảo được tính chính xác và tin cậy.
 - Khi U_{cd} thay đổi $\Rightarrow$ tốc độ thay đổi $\Rightarrow$ nếu nguồn cung cấp U_{cd} không ổn định hoặc điện trở tiếp xúc trên biến trở chủ đạo không tốt $\Rightarrow$ hệ hiệu là ta điều chỉnh tốc độ $\Rightarrow$ Không chống được nhiễu này.
- $\Rightarrow$ Nguồn chủ đạo phải được giữ ổn định qua ổn áp và biến trở chủ đạo $\Rightarrow$ phải dùng loại R ít biến đổi, tiếp xúc tốt và chắc chắn.

§1.3. THIẾT BỊ TỔNG HỢP KHUẾCH ĐẠI VÀ BIẾN ĐỔI

1.3.1- KHÁI NIỆM:

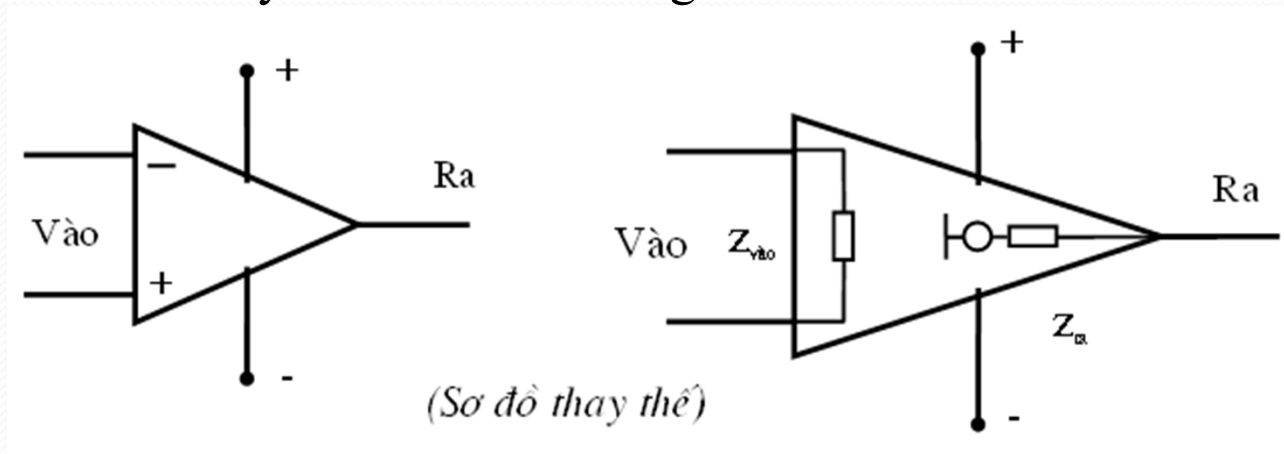
TRONG HỆ ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN CẦN THIẾT PHẢI TRANG BỊ CÁC THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG ĐỂ BIẾT ĐƯỢC THÔNG TIN VỀ TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA ĐỐI TƯỢNG, TỪ ĐÓ GIA CÔNG CÁC TÍN HIỆU ĐIỀU KHIỂN ĐẢM BẢO CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐẶT RA.

1.3.2- KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN:

- KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN LÀ PHẦN TỬ CƠ BẢN ĐỂ XÂY DỰNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN TƯƠNG TỰ. THUẬT NGỮ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN CÓ NGHĨA LÀ NHỜ MẠCH KHUẾCH ĐẠI NÀY MÀ TA CÓ THỂ TẠO RA ĐƯỢC CÁC THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN KHÁC NHAU.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

- Khuếch đại thuật toán được xây dựng từ các mạch khuếch đại Tranzitor cơ bản có đặc tính lý tưởng như sau:
 - Hệ số khuếch đại điện áp: $A = \infty$.
 - Trở kháng vào: $Z_V = \infty$
 - Trở kháng ra: $Z_{ra} = 0$
 - Dải tần: $0 \div \infty$.
 - Tuyến tính và đối xứng.



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

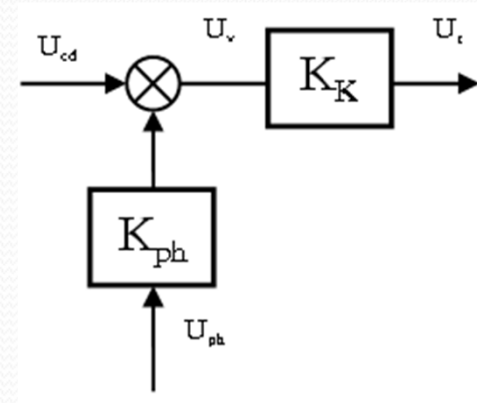
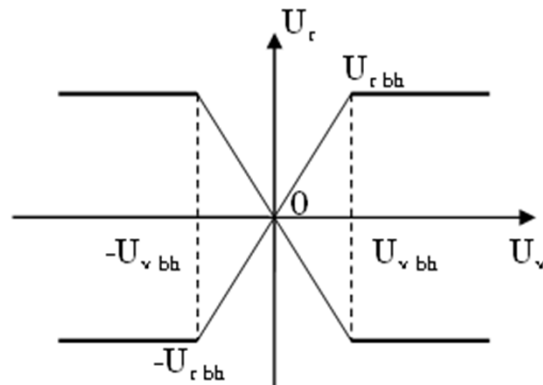
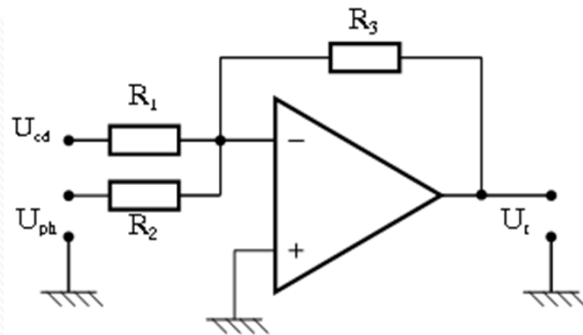
- Khuếch đại thuật toán thực tế có tham số thấp hơn khuếch đại thuật toán lý tưởng, tùy theo loại: khuếch đại thuật toán thông dụng, khuếch đại thuật toán đặc biệt, khuếch đại thuật toán tác động nhanh.
- Tính chất và tham số cơ bản của khuếch đại thuật toán thông dụng:
 - Khuếch đại điện áp: $A = 5 \cdot 10^4$.
 - Điện trở đầu vào: $Z_V \approx 1\text{M}\Omega$.
 - Điện trở đầu ra: $Z_V = 100\Omega$
 - Điện áp nguồn cung cấp: $\pm 15\text{V}$
 - Dòng điện 3 mA.
 - Công suất tiêu thụ 500 mW.
 - Vùng nhiệt độ làm việc - $55^\circ\text{C} \div 125^\circ\text{C}$.
 - Tần số làm việc cực đại: một vài KHz

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

1.3.3- Các mạch cơ bản dùng khuếch đại thuật toán:

A/- Mạch tổng hợp và khuếch đại:

$$U_r = U_{cd} \cdot \frac{R_3}{R_1} - U_{ph} \cdot \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_3}{R_1} \left(U_{cd} - \frac{R_1}{R_2} \cdot U_{ph} \right) = K_{KĐ} (U_{cd} - K_{ph} \cdot U_{ph})$$



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Với mạch trên đặc tính khuếch đại có dạng:

$$\text{Trong đó } U_{r \text{ bão hoà}} = U_{cc} - 2V$$

Muốn xác định giá trị điện áp U_v của mạch để mạch bắt đầu làm việc ở vùng bão hoà thì ta có:

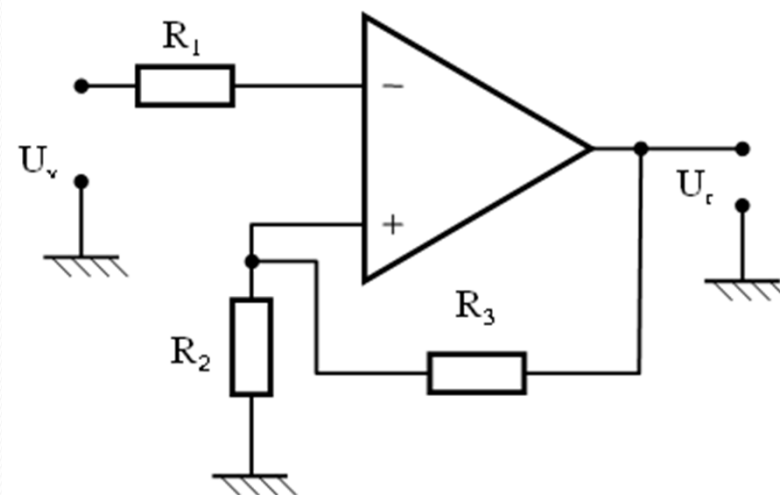
$$U_r = U_v \cdot K_{KD} = \left(U_{cd} - \frac{R_1}{R_2} \cdot U_{ph} \right) \cdot K_{KD} = U_{r \text{ bh}} = U_{cc} - 2V$$

Với một giá trị U_{cd} nào đó muốn điện áp phản hồi tương ứng để mạch bão hoà ta phải giải phương trình trên tởm R_v trên cơ sở R_1 đã chọn trước từ K_{KD} khi có $U_{\text{phản hồi}}$ tởm được giá trị đại lượng vật lý đầu ra là mạch bão hoà.

Với chân nối mát của IC có thể nối mát trực tiếp hoặc nối mát qua điện trở khi đó hệ số khuếch đại không thay đổi mà chỉ có tác dụng tạo nên tính ổn định khi nhiệt độ thay đổi (dòng dò) thay đổi.

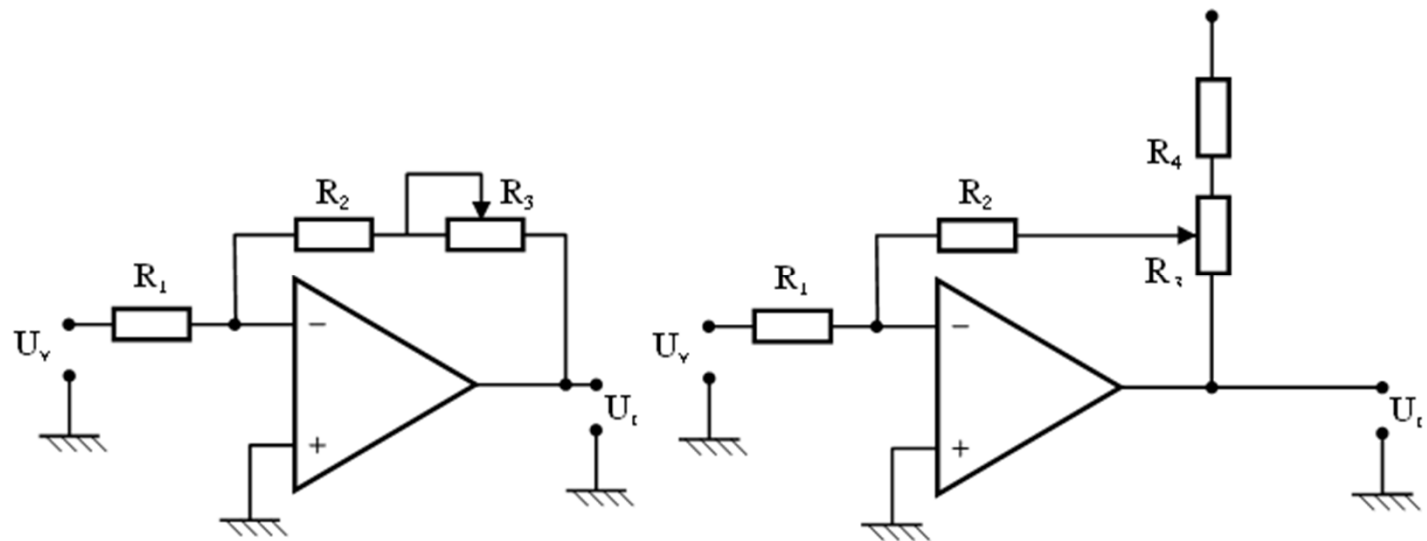
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Muốn mạch trên ở chế độ khuếch đại không đảo ta đảo cực tính đầu vào IC nhưng vẫn phải thoả mãn phản hồi âm.



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Trong quá trình làm việc, do công nghệ hoặc do chế độ cần thay đổi hệ số khuếch đại (hệ số góc của đặc tính) ta có thể dùng các sơ đồ sau:



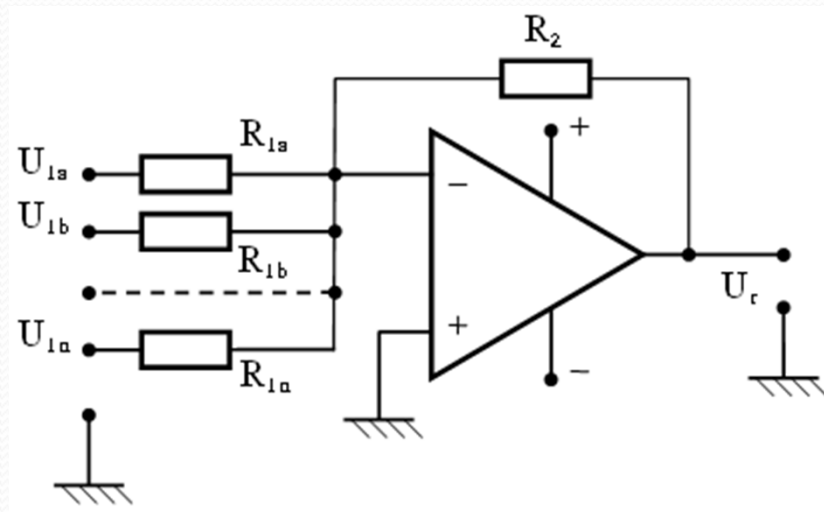
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

b/- Bộ cộng tín hiệu:

$$U_{ra} = -R_2 \left(\frac{U_{1a}}{R_{1a}} + \frac{U_{1b}}{R_{1b}} + \dots + \frac{U_{1n}}{R_{1n}} \right)$$

Nếu chọn $R_{1a} = R_{1b} = \dots = R_{1n} = R_{1z}$ thì ta sẽ có mạch cộng điện áp:

$$U_{ra} = -(U_{1a} + U_{1b} + \dots + U_{1n})$$

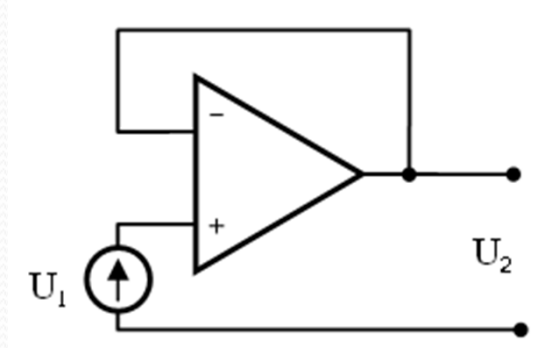


Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

$$c/- \text{ Mạch lặp điện áp: } \left. \begin{array}{l} Z_2 = 0 \\ Z_1 = \infty \end{array} \right\} \rightarrow U_2 = U_1$$

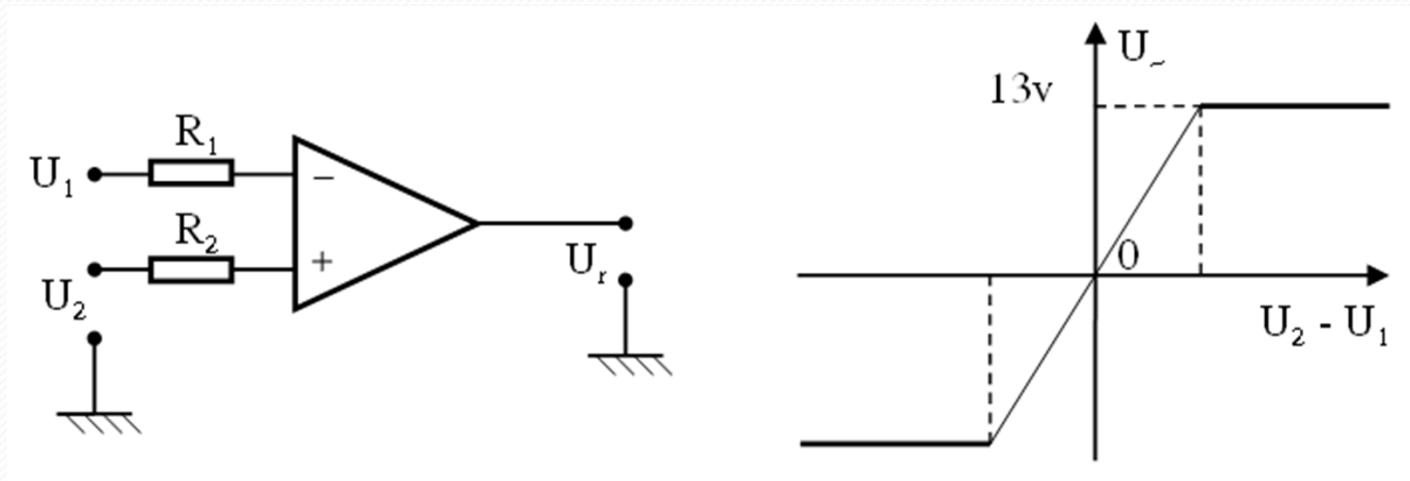
Điện áp ra lặp lại điện áp vào, tuy vậy giữa U_1 và U_2 được cách ly bởi tổng trở vào khuếch đại thuật toán rất lớn, tổng trở ra rất nhỏ $\Rightarrow$ Hệ số khuếch đại điện áp bằng 1 nhưng hệ số khuếch đại công suất tăng đáng kể.

Mạch lặp này hay dùng để lặp các tín hiệu điều khiển (trước đầu vào của mạch so sánh trong mạch điều khiển chỉnh lưu).



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

d/- Mạch so sánh: dùng để so sánh 2 tín hiệu điện áp



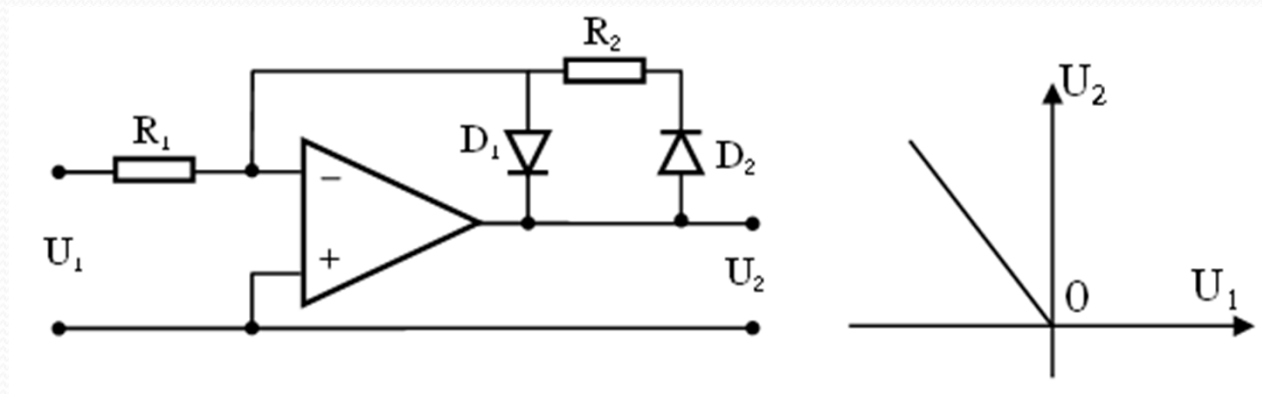
Như vậy, điện áp đầu ra của mạch so sánh chỉ có 2 giá trị:

$+U_{0max}$ hoặc $-U_{0max}$.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

e/- Mạch chỉnh lưu:

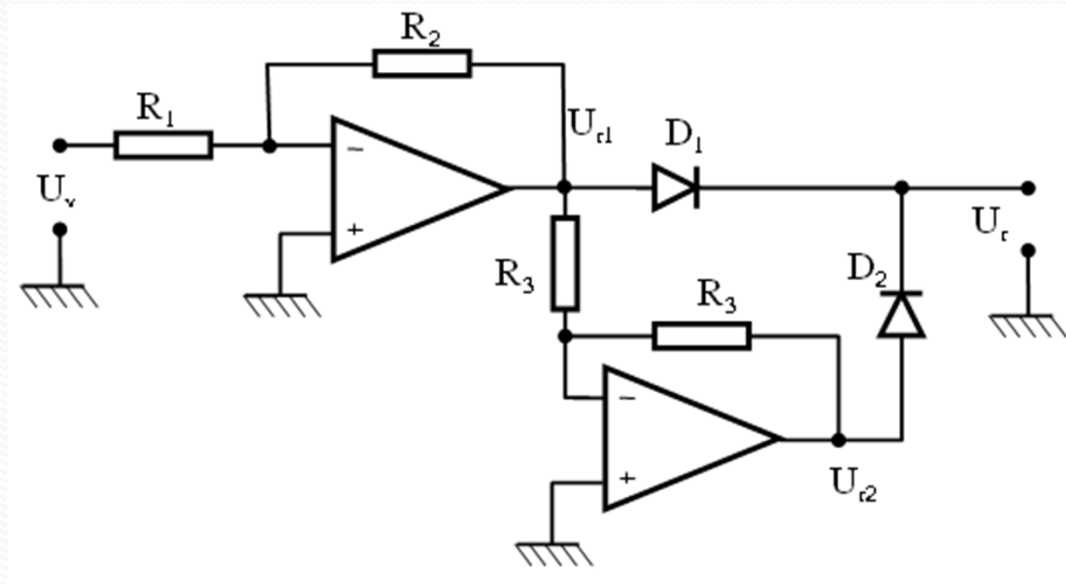
- Chỉnh lưu một cực tính:



- Khi $U_1 > 0 \Rightarrow D_1$ thông, D_2 khoá $\Rightarrow U_2 = 0$.
- Khi $U_1 < 0 \Rightarrow D_1$ khoá, D_2 thông $\Rightarrow U_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

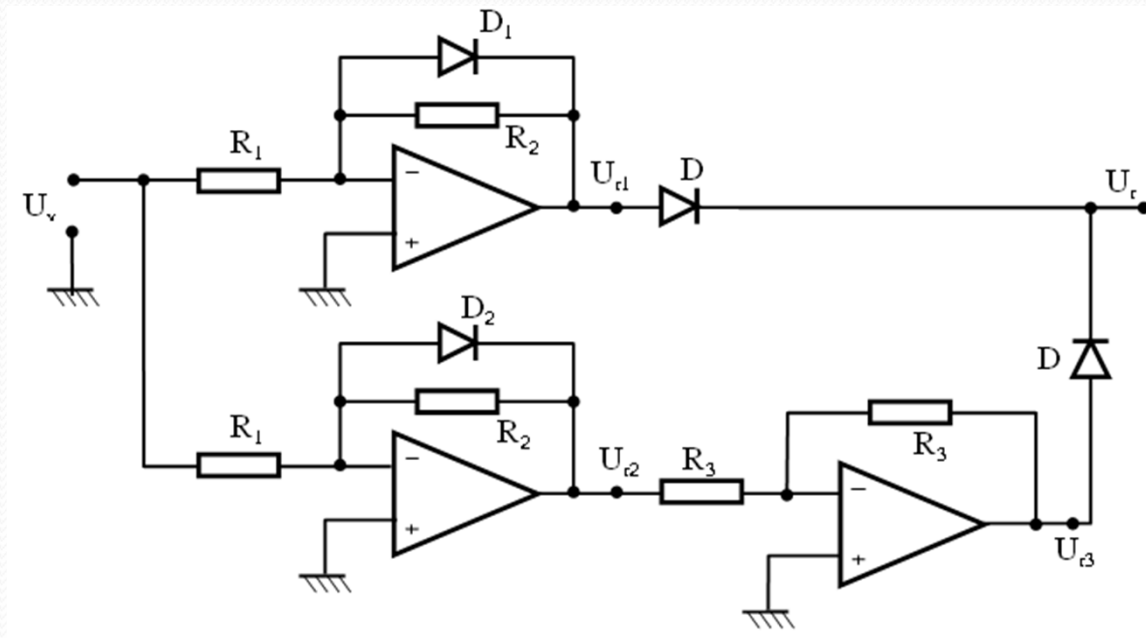
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

- Chỉnh lưu hai cực tính:



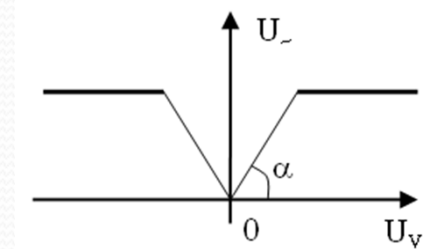
- Khi $U_v > 0 \Rightarrow U_{r1} < 0$, D_1 khoá; $U_{r2} > 0$, D_2 thông.
 - Khi $U_v < 0 \Rightarrow U_{r1} > 0$, D_1 thông
- $\Rightarrow$ Cả hai trường hợp trên $U_r > 0$.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan



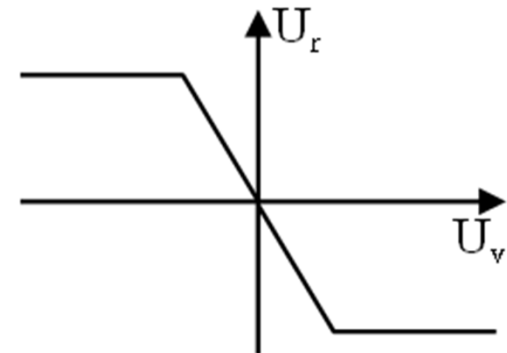
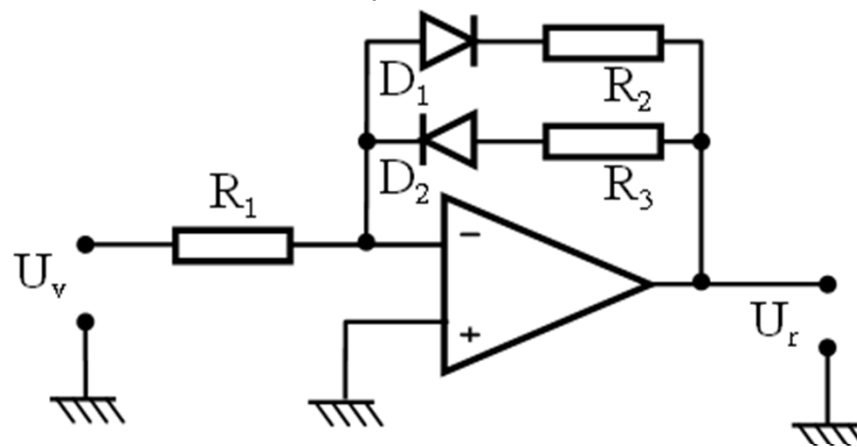
- Khi $U_v > 0 \Rightarrow D_1$ thông, D_2 khoá $\Rightarrow U_{r1} = 0$.
- Khi $U_{r2} < 0 \Rightarrow D$ thông.
- $U_v < 0$ D_1 khoá, D_2 thông $\Rightarrow U_{r1} > 0 \Rightarrow D$ thông.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_1}{R_2} = K$$



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

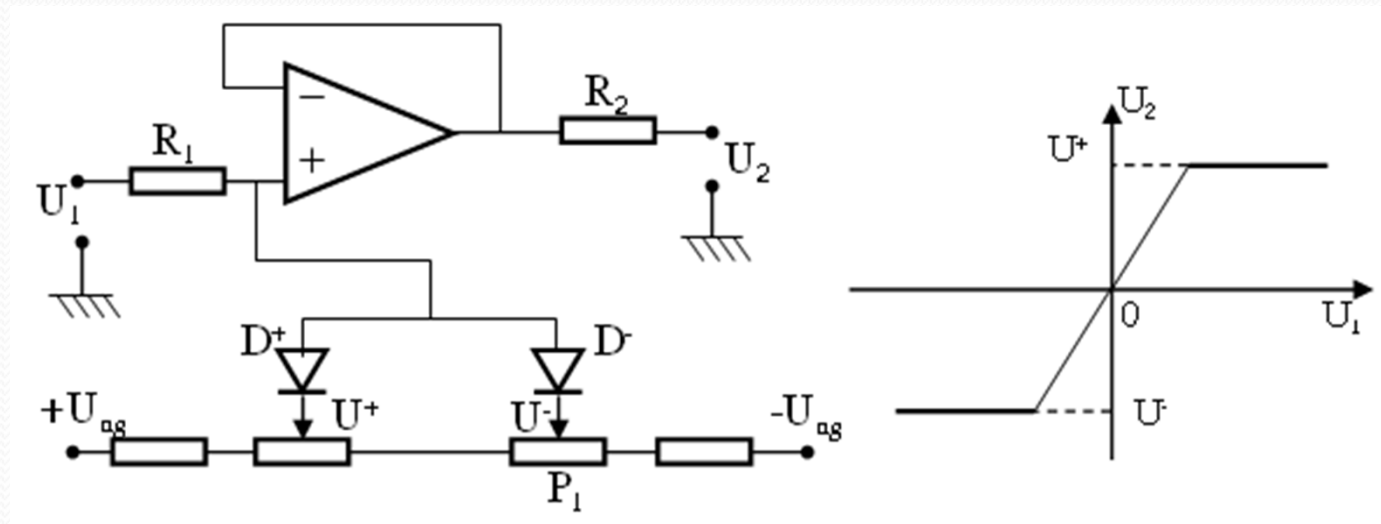
- Trong quá trình công nghệ khi làm việc ở 2 chiều khác nhau có thể yêu cầu tốc độ khác nhau (hành trình bàn máy bào giường) khi đó có thể thực hiện bằng cách tự động thay đổi các giá trị điện áp chủ đạo tuy nhiên khi đó thời gian thay đổi tự động tương đối dài. Do vậy, muốn thời gian thay đổi tự động ngắn ta có thể thay đổi đặc tính khuếch đại của IC



- Khi $U_v > 0 \Rightarrow D_1$ thông $\Rightarrow K_{KD} = \frac{R_2}{R_1}$.
- Khi $U_v < 0 \Rightarrow D_2$ thông $\Rightarrow K_{KD} = \frac{R_3}{R_1}$.

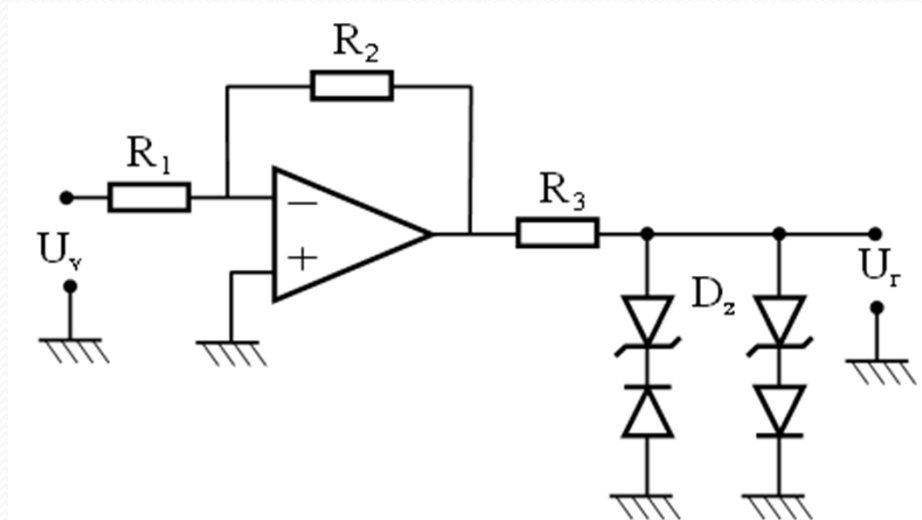
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

f/- *Mạch hạn chế*: mạch hạn chế trong điều khiển truyền động điện thường được bố trí để hạn chế lượng đặt dòng điện hoặc mômen và hạn chế tín hiệu điều khiển.



- Khi $U_1 > 0$ nếu $U_1 > U^+ \Rightarrow D^+ \Rightarrow U_2 \approx U^+$.
- Khi $U_1 < 0$ nếu $|U_1| > |U^-| \Rightarrow D^- \Rightarrow U_2 \approx U^-$.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan



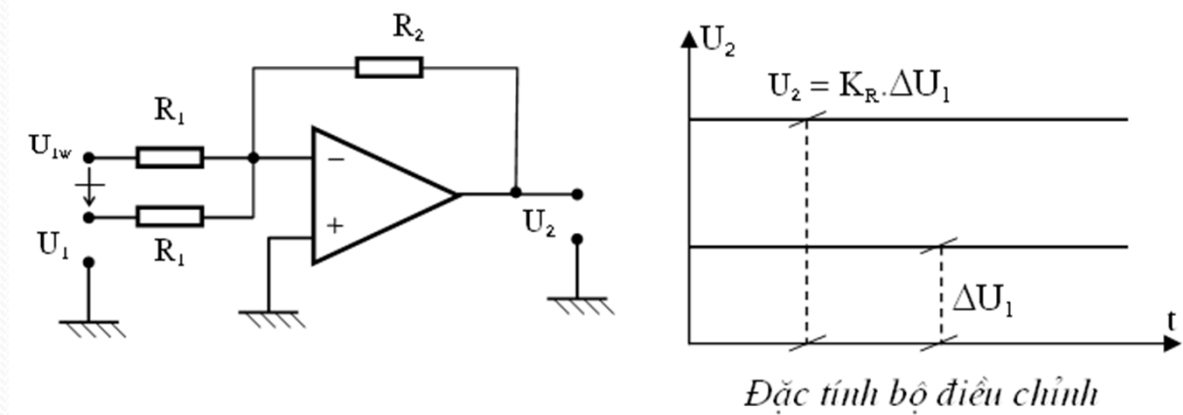
- Giá trị hạn chế được chỉnh định bởi triết áp P_1 và P_2
- ❖ Trong trường hợp muốn điện áp bão hoà ở 2 chiều khác nhau ta kết hợp mạch khuếch đại với mạch hạn chế dùng D ổn áp hoặc điện áp ngưỡng và diode thường.
- ❖ Ngưỡng của D_z có thể thay đổi được và khi thông điện trở trên nó bằng 0 vì thế phải có thêm R_3 để gánh cho diode khỏi bị hỏng.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

g/- Mạch tỷ lệ (P) dùng khuếch đại thuật toán: (bộ điều chỉnh)

Bộ điều chỉnh là một trong các phần tử quan trọng nhất trong hệ điều chỉnh tự động truyền động điện vì nó đảm bảo chất lượng động và tĩnh của hệ. Bộ điều chỉnh có 2 nhiệm vụ:

- Khuếch đại tín hiệu với sai lệch nhỏ của hệ.
- Tạo hàm điều khiển đảm bảo chất lượng động và tĩnh của hệ.



Với: U_{1w} : Tín hiệu đặt; U_1 : Tín hiệu đo lường

Ta có hàm truyền của bộ điều chỉnh tỷ lệ: $F_R(p) = \frac{U_2}{\Sigma U_1} = -\frac{R_2}{R_1} = K_R$

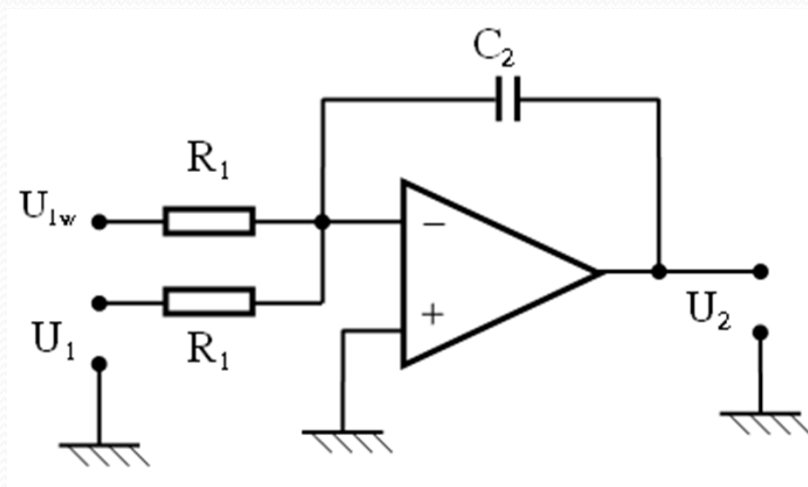
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

h/- Bộ điều chỉnh tích phân (I):

Hàm truyền của bộ điều chỉnh là:

$$F_R(p) = \frac{1}{p \cdot C_2 \cdot R_1} = \frac{1}{p \cdot \tau_I}$$

Với: $\tau_I = C_2 \cdot R_1$ là hằng số (t) tích phân



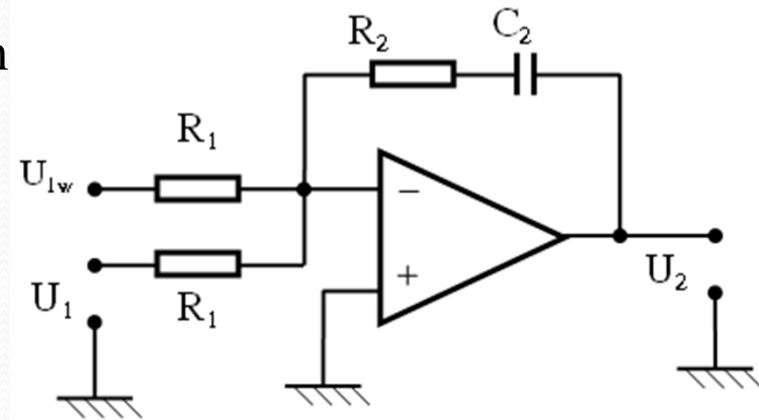
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

i/- Bộ điều chỉnh tích phân tỷ lệ (PI):

Hàm truyền của bộ điều chỉnh

$$F_R(p) = K_R + \frac{1}{\tau_I \cdot p}$$

$$\text{với } K_R = -\frac{R_2}{R_1}; \quad \tau_I = R_1 \cdot C_2$$



- Với mạch khuếch đại có ưu điểm là độ nhạy cao nhưng nhược điểm là khi đại lượng vật lý đầu ra cần điều khiển đạt được đúng bằng yêu cầu thờ $U_{uv} = U_d - U_{\text{phản hồi}} = 0 \Rightarrow U_r = 0 \Rightarrow$ Hệ mất điều khiển. Vỡ vậy, khi sử dụng mạch khuếch đại tỷ lệ ta phải chấp nhận tồn tại sai số giữa giá trị đặt và giá trị thực để đảm bảo: $U_v \neq 0 \Rightarrow U_{dk} \neq 0$.

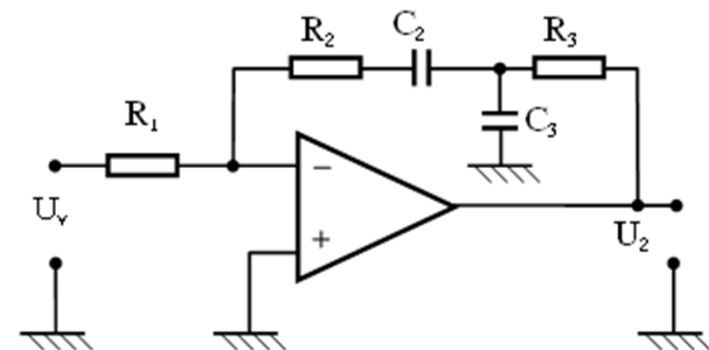
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

- Trong các công nghệ yêu cầu sai lệch tĩnh nhỏ nếu dùng khuếch đại tỷ lệ thì phải có hệ số khuếch đại rất lớn khi đó chất lượng động của hệ thống rất kém (dễ mất ổn định, không chống được nhiễu) muốn đảm bảo chất lượng tĩnh và động ta mong muốn khi $U_v = 0 \Rightarrow U_{đk} \neq 0$. Muốn vậy ta phải dùng mạch PI.
- Tuy nhiên, mạch PI có nhược điểm: khi sai lệch đầu vào biến động thì muốn có $U_{đk}$ thay đổi theo ta phải mất một khoảng thời gian nạp hoặc phóng cho tụ. Tức là, độ nhạy kém $\Rightarrow$ Dùng mạch vi tích phân PID.

$$F_R(p) = K_R \cdot \frac{\tau_I \cdot \tau_D \cdot p^2 + \tau_I \cdot p + 1}{\tau_I \cdot p}$$

$$\text{với: } K_R = \frac{R_2 + R_3 + R_2 \cdot \frac{C_3}{C_2}}{R_1};$$

$$\tau_I = R_1 \cdot C_c; \quad \tau_D = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} \cdot C_3$$



§1.4. THIẾT BỊ NGẮT DÒNG

1.4.1- KHÁI NIỆM:

- TRONG QUÁ TRÌNH LÀM VIỆC CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN PHẢI DIỄN RA CÁC QUÁ TRÌNH: KHỞI ĐỘNG, TĂNG TỐC, GIẢM TỐC, HĂM DỪNG, ĐẢO CHIỀU, THAY ĐỔI TẢI,... MUỐN THỜI GIAN CHUYỂN ĐỔI NGẮN THỞ DÒNG KHỞI ĐỘNG, HĂM PHẢI LỚN VÀ MUỐN NÂNG CAO NĂNG SUẤT TỨC LÀ TẢI LỚN THỞ SẼ SINH RA DÒNG LỚN.

ĐỂ ĐẢM BẢO TUỔI THỌ CHO HỆ THỐNG TA PHẢI CÓ BIỆN PHÁP KHI DÒNG ĐIỆN NHỎ HƠN 1 GIÁ TRỊ CHO PHÉP TĂNG DÒNG ĐỂ TĂNG NĂNG SUẤT VÀ RÚT NGẮN (T) CÒN KHI DÒNG ĐIỆN VƯỢT QUÁ GIÁ TRỊ CHO PHÉP TĂNG DÒNG CHO DÙ NGƯỜI VẬN HÀNH CỐ TỒNH TĂNG DÒNG HOẶC NGẪU NHIÊN CÓ SỰ THAY ĐỔI CỦA TẢI.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

- ❑ Vấn đề hạn chế dòng điện chỉ được đặt ra với các hệ truyền động kiểu vòng kín vì khi thiết kế, tính toán các hệ này có dùng các mạch phản hồi để giảm sai số tốc độ tức là tăng độ cứng đặc tính cơ, đồng thời làm tăng giá trị dòng ngắn mạch và mô men ngắn mạch. Kết quả là sẽ gây nguy hiểm cho động cơ khi bị quá tải lớn và gây hỏng hóc các bộ phận truyền lực bởi gia tốc quá lớn khi khởi động và hãm.
- ❑ Để giải quyết vấn đề mâu thuẫn giữa yêu cầu về ổn định tốc độ làm việc và yêu cầu về hạn chế dòng điện thường dùng phương pháp phân vùng tác dụng: Trong vùng biến thiên cho phép của mô men và dòng điện phản ứng đặc tính cơ cần có độ cứng cao để đảm bảo sai số tốc độ là nhỏ, còn khi dòng điện và mô men vượt quá phạm vi này thì phải giảm mạnh độ cứng đặc tính cơ để hạn chế dòng điện.

⇒ *Thiết bị làm nhiệm vụ trên được gọi là thiết bị ngắt dòng.*

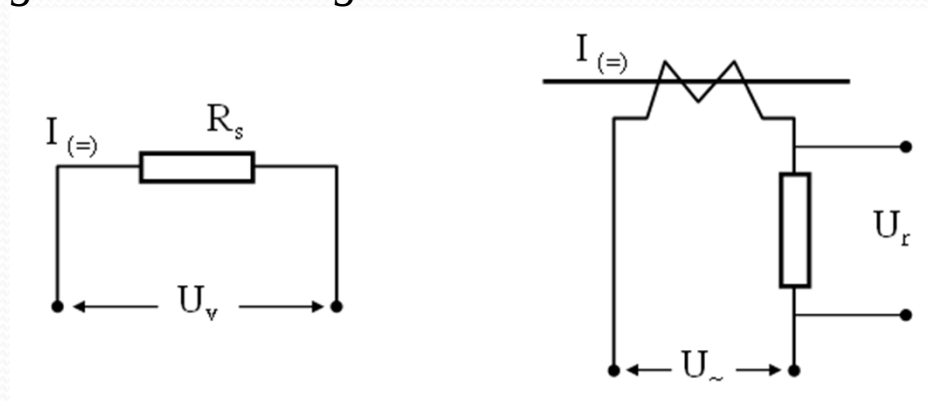
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

*** Để tạo ra một thiết bị ngắt dòng ta cần quan tâm đến các vấn đề sau:**

- Đo dòng điện: Với dòng một chiều đo bằng điện trở shunt hoặc máy biến dòng nối theo kiểu khởi động từ, nếu dòng xoay chiều thì dùng máy biến dòng (điểm đo phải đúng có dòng xoay chiều) hoặc dùng sensor dòng.

⇒ Dùng R_s trong mạch phân ứng sẽ gây tổn thất phụ và có liên hệ về điện giữa mạch lực và mạch điều khiển.

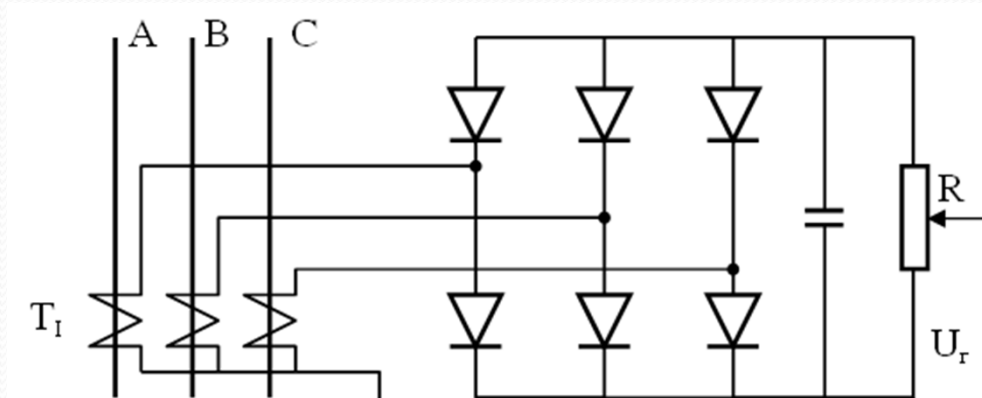
⇒ Dùng máy biến dòng mắc trong mạch xoay chiều của bộ biến đổi hoặc dùng các sensor dòng.



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Chú ý:

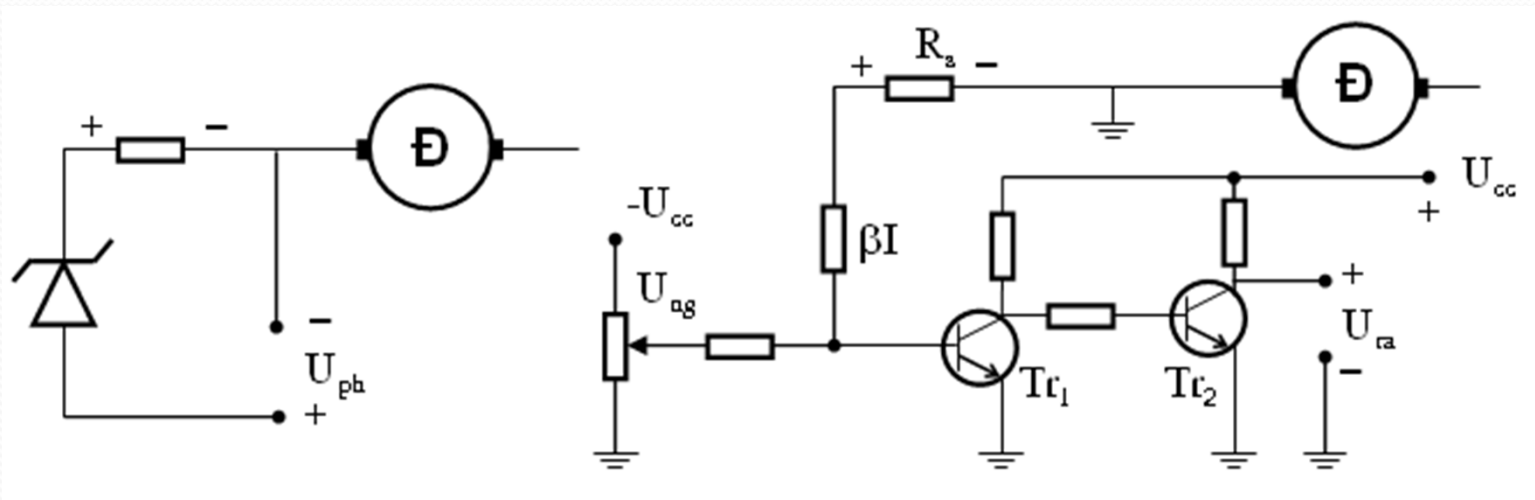
Đo dòng điện i_2 xoay chiều (i_w) đo phía sơ cấp (nếu biến dòng đặt ở phía thứ cấp thì không đo được vì đó là dòng điện một chiều, Φ không biến đổi và chỉ đo được thành phần sóng hài bậc cao 2, 4,...)



- Máy biến dòng T_1 nhằm cách ly giữa mạch động lực và mạch điều khiển. Điện áp ra của T_1 được chỉnh lưu nhờ cầu chỉnh lưu 3 pha (để đảm bảo cho dòng điện trong cuộn thứ cấp T_1 là dòng xoay chiều). Tín hiệu phản hồi dòng điện được lấy ra từ 1 phần của biến trở R .

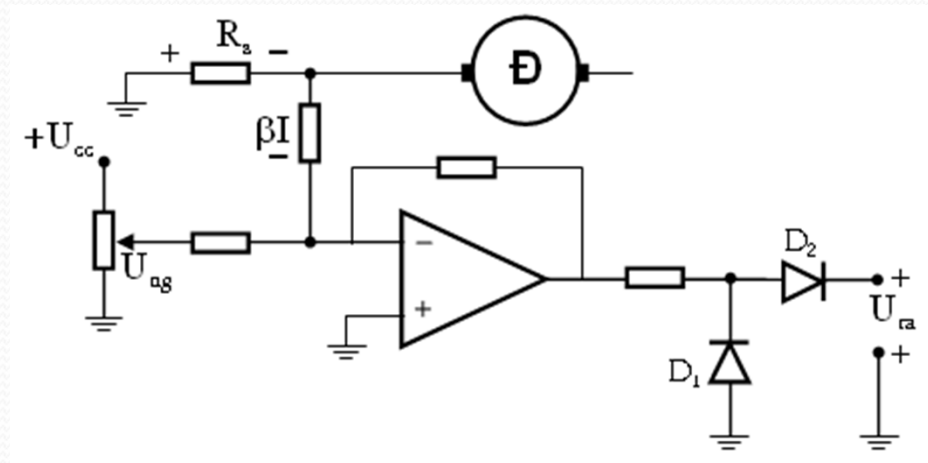
Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Thiết bị ngắt dòng phải tạo ra được điểm ngưỡng, tại điểm này có sự chuyển giao tín hiệu dòng, tín hiệu đó có được đưa vào hay không để khống chế hệ. Dòng điện ngưỡng này có thể là cố định hoặc điều chỉnh được. Muốn vậy, ta phải dùng các linh kiện có ngưỡng như diode ổn áp, diode thường, Tranzitor, IC kết hợp với tín hiệu ngưỡng.



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Dùng IC kết hợp với điện áp đặt ngưỡng :



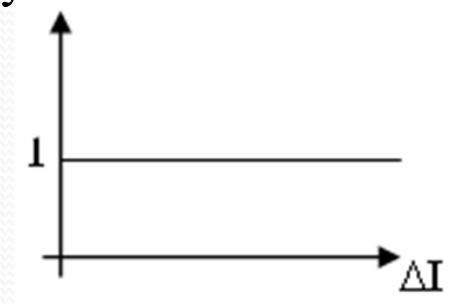
$\Rightarrow$ Tín hiệu đầu ra của thiết bị ngắt dòng được gửi vào hệ thống có thể làm suy giảm $U_{cđ}$, làm tăng $U_{đh} \Rightarrow$ Tăng góc mở $\Rightarrow$ Tất cả đều nhằm mục đích giảm tốc độ.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

1.4.2- Mô tả toán học:

- Với thiết bị này có sự đột biến tại điểm dòng ngắt vì vậy để biểu diễn giải tích ta phải sử dụng hàm bước nhảy đơn vị.

$$1(I - I_{ng}) \square 1(\Delta I) = \begin{cases} 0 & I < I_{ng} \\ 1 & I \geq I_{ng} \end{cases}$$



- Vì vậy, tín hiệu phản hồi được biểu diễn:

$$U_{ph} = \beta \cdot I \cdot 1(\Delta I)$$

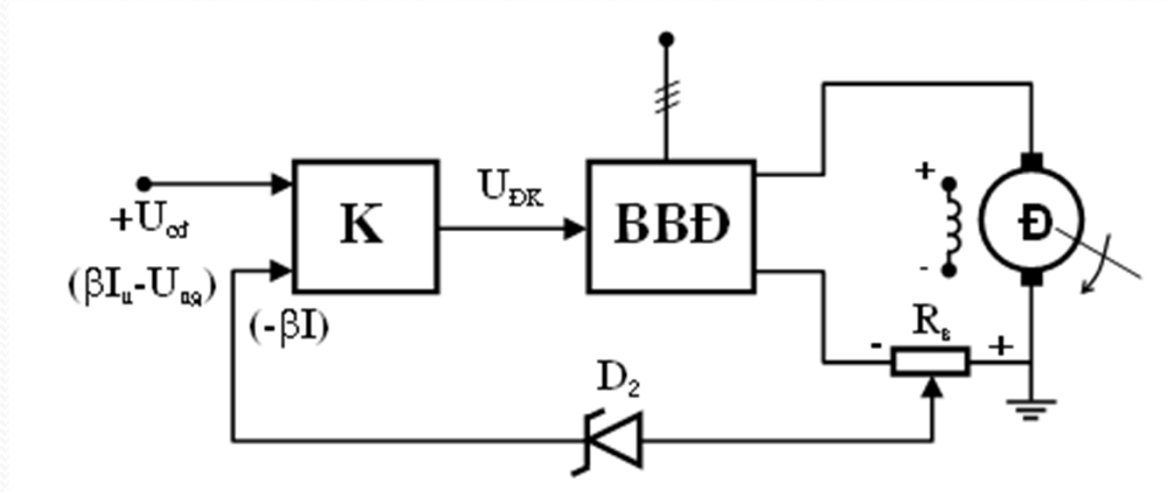
- Nếu dùng thiết bị ổn áp thì:

$$U_{ph} = (\beta I - U_{ng}) \cdot 1(\Delta I) = \beta (I - I_{ng}) \cdot 1(\Delta I) = \beta \cdot \Delta I \cdot 1(\Delta I)$$

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

1.4.3- Hạn chế dòng điện bằng các thiết bị ngắt dòng:

- Biện pháp phân vùng bằng các mạch ngắt dòng thường dùng cho các truyền động điện hay bị quá trình tắt ngẫu nhiên trong thời gian ngắn. khi bị quá tải hệ vẫn làm việc tiếp nhưng tốc độ phải giảm để tránh va đập trong các cơ cấu truyền lực, tốc độ giảm nhiều hay ít tùy thuộc vào mức độ quá tải lớn hay nhỏ.
- Để phát hiện ra điểm chuyển vùng và để giảm độ cứng đặc tính đến mức cần thiết thường dùng mạch phản hồi âm dòng có ngắt:



Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

- ❖ Trong vùng dòng tải cho phép $I < I_{ng}$ thì điện áp trên điện trở sun là $I.R_s$ còn nhỏ hơn ngưỡng thông của diode ổn áp D_z tín hiệu phản hồi:

$(\beta I_u - U_{ng}) = 0$, hệ làm việc với phản hồi tăng độ cứng.

- ❖ Khi $U_n \geq I_{ng}$ ($1\Delta I = 1$) điện áp $R_s.I$ lớn làm D_z thông $\Rightarrow$ xuất hiện tín hiệu phản hồi dòng.

Lúc này ta có :

$$U_v = U_{cd} - (\beta I_u - U_{ng})$$

$$E_{BB\mathcal{D}} = U_{\mathcal{D}K} \cdot K_{BB\mathcal{D}}$$

$$U_u = E_{BB\mathcal{D}} - (R_{BB\mathcal{D}} + R_s) I_u \quad (\text{Mạch nguồn})$$

$$U_u = E_{BB\mathcal{D}} - (R_{BB\mathcal{D}} + R_s) I_u \quad (\text{Mạch phản ứng})$$

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

$$\left[U_{cd} - (\beta I_u - U_{ng}) \right] \cdot K \cdot K_{BBĐ} - (R_{BBĐ} + R_s) I_u = K_e \cdot n + I_u R_u$$

$$n = \left\{ \left[U_{cd} - (\beta I_u - U_{ng}) \right] \cdot K \cdot K_{BBĐ} \right\} \cdot K_{Đ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot K_{Đ} \cdot I_u$$

$$n = (U_{cd} + U_{ng}) \cdot K \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u + \beta \cdot K \cdot K_{BBĐ}) \cdot K_{Đ} \cdot I_u$$

$$n = n_{0ng}$$

$$n_k = U_{cd} \cdot K \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot K_{Đ} \cdot I_u$$

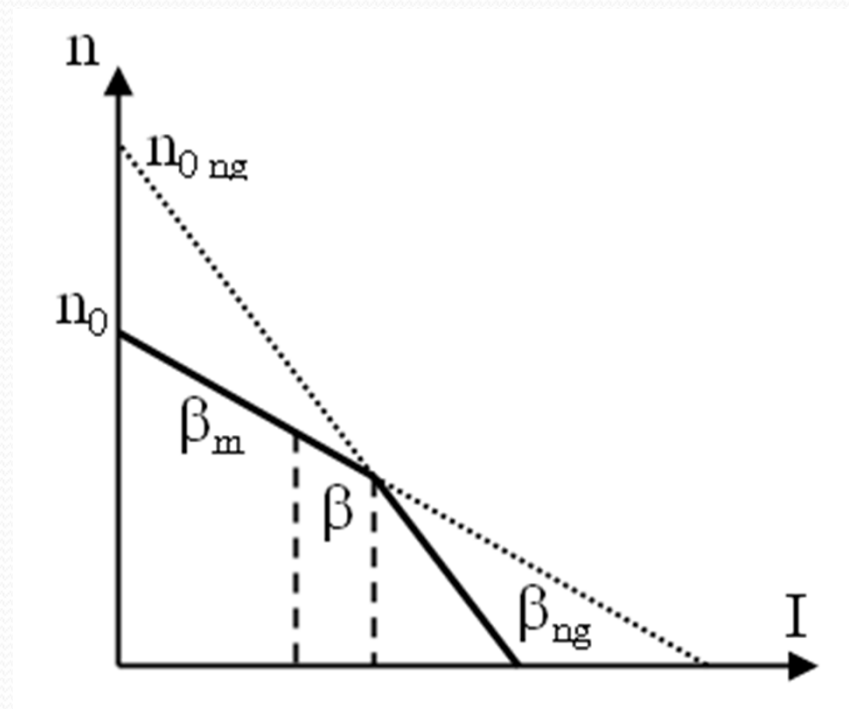
$$n_k = n_{0k} - \Delta n_k(I_u)$$

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan

Nhận xét :

- ✓ Với hệ phản hồi âm dòng có ngắt có tốc độ không tải lý tưởng lớn hơn hệ hở nhưng tốc độ này thực tế không xảy ra vì khi đó $I_n = 0 \Rightarrow$ Như vậy, $I_n < I_{ng}$ mà khi không tải thực thì hệ tự động chuyển sang tốc độ không tải hệ hở nhỏ hơn. Nhưng đây là một điểm nằm trên đặc tính ngắt dòng $\Rightarrow$ nếu tăng U_{ng} ngoài việc tăng I_{ng} còn làm tăng thêm tốc độ không tải.
- ✓ Khi có phản hồi âm dòng có ngắt với cùng dòng phụ tải I_n thì độ sụt tốc độ của hệ kín cao hơn của hệ hở (đặc tính mềm đi) Nếu tăng β thì ngoài việc làm giảm I_{ng} còn làm đặc tính mềm đi.

Chương I- Các khái niệm và kiến thức liên quan



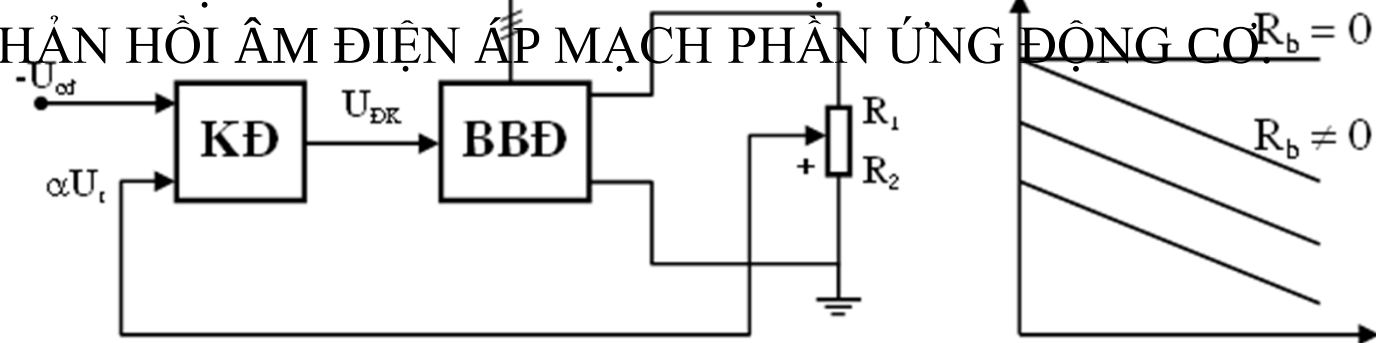
Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

§2.1. BỘ BIẾN ĐỔI TẠO NGUỒN ÁP

ĐỂ BIẾN BỘ BIẾN ĐỔI THỰC TẾ NHƯ BỘ BIẾN ĐỔI BÁN DẪN, BỘ BIẾN ĐỔI CÓ ĐIỆN TRỞ TRONG KHÁC 0 VÀ NHỎ HƠN ∞ VỀ THÀNH NGUỒN ÁP THÌ TA PHẢI LAM SUY GIẢM ĐIỆN TRỞ TRONG CỦA NÓ. NẾU ĐIỆN TRỞ TRONG GIẢM VỀ 0 THÌ TA CÓ NGUỒN ĐIỆN ÁP LÝ TƯỞNG $\Rightarrow$ MUỐN VẬY THÌ TA PHẢI DÙNG HỆ TỰ ĐỘNG (CÓ PHẢN HỒI).

2.1.1- PHẢN HỒI ÂM ĐIỆN ÁP PHẦN ỨNG ĐỘNG CƠ

- CÓ THỂ BÙ ĐƯỢC LƯỢNG SỤT TỐC ĐỘ DO SỤT ÁP RƠI TRÊN ĐIỆN TRỞ TRONG CỦA BỘ BIẾN ĐỔI BẰNG MẠCH PHẢN HỒI ÂM ĐIỆN ÁP MẠCH PHẦN ỨNG ĐỘNG CƠ.



Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

- **Nguyên lý làm việc:**

Giả sử đặt $U_{cd} \Rightarrow$ sẽ được U_r tương ứng (hở mạch)

Nếu đóng tải thì dòng điện qua bộ biến đổi là I_t tạo nên sụt áp:

$$\Delta U = R_{BBD} \cdot I_t \Rightarrow \Delta U = R_{BBD} \cdot I_t \text{ giảm}$$

Khi đó qua R_1, R_2 làm αU_r giảm $\Rightarrow U_v = (U_{cd} - \alpha U_r)$ tăng $\Rightarrow U_{DK}$ và E_{BBD} tăng $\Rightarrow U_r$ tăng kéo về giá trị điện áp ban đầu.

$$U_r = (U_{cd} - \alpha U_r) \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD} - R_{BBD} \cdot I_t$$

$$U_r = \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} - \frac{R_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} \cdot I_t \Rightarrow U_r = U_{y.c} - \Delta U(I_t)$$

$$U_{r\ h\phi} = U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD} - R_{BBD} \cdot I_t = U_{y.c\ h} - \Delta U_h(I_t)$$

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

Nhận xét:

- Nếu hệ dùng phản hồi âm điện áp mạch phản ứng có cùng dòng tải với hệ hở thì độ sụt điện áp ΔU nhỏ hơn hệ hở.
- Nếu tăng α (điều chỉnh con trượt trên biến trở) thì ΔU giảm hay R_{td} giảm.

$$R_{t^{\circ}} = \frac{R_{BBS}}{1 + \alpha \cdot K_{KS} \cdot K_{BBS}}$$

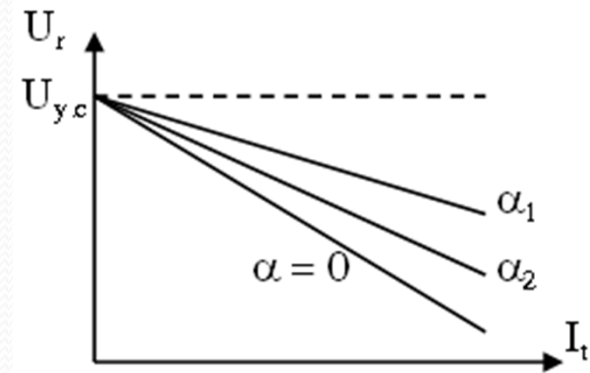
- Nếu $\alpha \cdot K_{KS} \cdot K_{BBS} \rightarrow \infty \Leftrightarrow R_{td} = 0$ thì $U_r = U_{y.c} = \text{const}$, điều này không thực tế vì khi đó $U_{yc} = 0 \Rightarrow$ chế độ này là chế độ giới hạn.
- Khi tải thay đổi, α sẽ thay đổi, độ cứng đặc tính đồng thời sẽ thay đổi cả giá trị của $U_{y.c}$, muốn $U_{y.c}$ là cố định thì ta phải điều chỉnh lại U_{cd} .

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

Để tính toán, thiết kế theo yêu cầu một nguồn áp gồm U_{yc} , I_{dm} , $[S_t]$ muốn vậy thì ta xác định 2 thông số. K_{KD} và α trên cơ sở bộ biến đổi đã chọn tức là đã biết K_{BBD} , R_{BBD} ứng với I_{dm} bằng cách giải hệ 2 phương trình:

$$(1). \quad \frac{U_{BBD} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} = U_{y.c}$$

$$(2). \quad \frac{R_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} \cdot I_{dm} = [S_t] \cdot U_{y.c}$$



Trong đó, U_{cd} chọn trước tùy ý, nó phụ thuộc vào thiết bị khuếch đại.

- Khi có K_{KD} ta thiết kế mạch khuếch đại.
- Khi có α ta điều chỉnh biến trở với:

$$\alpha = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{R_{BT}}$$

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

2.1.2- Phản hồi dương dòng

- *Nguyên lý làm việc:*

Giả sử hệ đang làm việc với tải nào đó, nếu cắt tải thì I_t sẽ giảm $\Rightarrow$ sụt áp trong bộ biến đổi giảm làm βI_t giảm $\Rightarrow U_v = (U_{cd} + \beta I_t)$ giảm $U_{ĐK}$ giảm và $E_{BĐĐ}$ giảm $\Rightarrow U_r$ giảm để khử lượng điện áp tăng do tải giảm.

Ta có:

$$U_v = U_{cd} + \beta I_t$$

$$U_{ĐK} = K_{ĐK} \cdot U_v$$

$$E_{BĐĐ} = U_{ĐK} \cdot K_{BĐĐ}$$

$$U_{ra} = E_{BĐĐ} - (R_{BĐĐ} + R_s) I_t$$

$$U_r = (U_{cd} + \beta I_t) \cdot K_{ĐK} \cdot K_{BĐĐ} - (R_{BĐĐ} + R_s) \cdot I_t$$

$$\Rightarrow U_r = U_{cd} \cdot K_{ĐK} \cdot K_{BĐĐ} - (R_{BĐĐ} + R_s - \beta \cdot K_{ĐK} \cdot K_{BĐĐ}) \cdot I_t$$

$$\Rightarrow U_r = U_{y,c} - \Delta U(I_t)$$

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

Nhận xét:

- Nếu hệ dùng phản hồi dương dòng có cùng dòng tải với hệ hở thì hệ sẽ có độ sụt điện áp nhỏ hơn so với hệ hở tức là có tác dụng giữ ổn định điện áp đầu ra $\Rightarrow$ Nâng cao độ cứng đặc tính ngoài.
- Nếu tăng β hoặc K_{KD} thì ΔU sẽ giảm $\Rightarrow$ Chất lượng của hệ sẽ tăng lên, nếu chọn $\beta \cdot K_{KS} \cdot K_{BBS} = R_{BBS} + R_s \Rightarrow \Delta U = 0$ với mọi dòng tải $\Rightarrow$ Ta có hệ là nguồn áp lý tưởng thực tế.

$$U_{ra} = U_{y.c}; R_{tr\ t@} = R_{BBS} + R_s - \beta \cdot K_{KS} \cdot K_{BBS} = 0 \quad (\text{R tương đương})$$

$$\beta \cdot K_{KS} \cdot K_{BBS} > R_{BBS} + R_s$$

- Nếu chọn $\beta > \frac{R_{BBS} + R_s}{K_{KS} \cdot K_{BBS}}$ thì khi tải tăng $\Rightarrow \Delta U$ đảo dấu $\Rightarrow$ điện áp ra tăng dần theo tải, hệ nhanh chóng bị phá hỏng $\Rightarrow$ chỉ cho phép sử dụng phản hồi dương dòng yếu.

$$\beta > \frac{R_{BBS} + R_s}{K_{KS} \cdot K_{BBS}}$$

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

- Tính toán thiết kế 1 nguồn áp, gồm U_{uyc} , I_{dm} , $[S_t]$ ta phải xác định 2 thông số β và K_{KD} trên cơ sở bộ biến đổi đã chọn (đã biết trong R_{BBD} và K_{BBD}) ứng với I_{dm} bằng cách giải hệ 2 phương trình:

$$U_{cd} \cdot K_D \cdot K_{BBD} = U_{y.c}$$

$$(R_{BBD} + R_s - \beta \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}) \cdot I_{dm} = [S_t] U_{y.c}$$

- Nếu β tìm được lớn hơn R_s ta phải đưa thêm vào đường phản hồi bộ khuếch đại có hệ số:

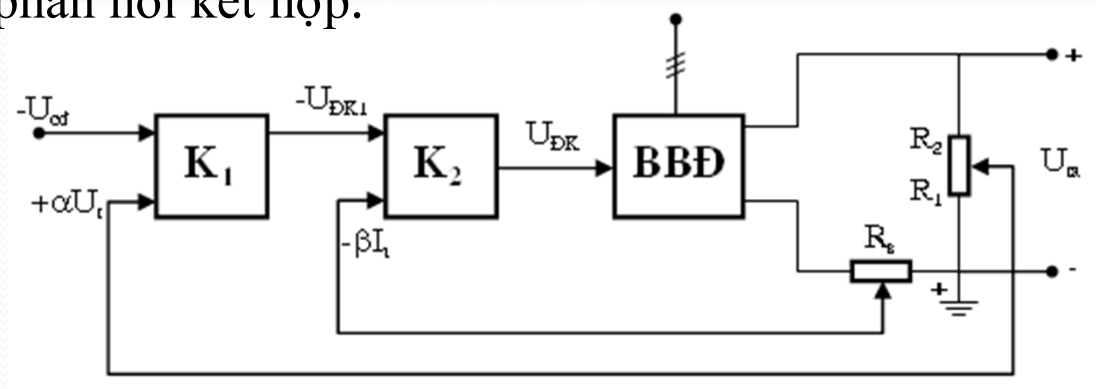
$$K_f = \frac{\beta}{R_s}$$

- **Chú ý:** âm áp là chính vì đây là phản hồi âm, còn phản hồi dương dòng là phụ. Trong các bộ biến đổi tạo nguồn áp thực tế (hệ thống truyền động ổn định điện áp đầu ra MF hoặc hệ truyền động ổn định điện áp đầu ra bộ chỉnh lưu tạo nguồn 1 chiều đều sử dụng phản hồi kiểu âm áp dương dòng).

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

2.1.3- Phản hồi âm áp dương dòng

Để phát huy ưu điểm và khắc phục nhược điểm của hai phản hồi trên ta dùng phản hồi kết hợp.



$$U_r = \left[(U_{cd} - \alpha U_r) \cdot K_1 + \beta I_t \right] \cdot K_2 \cdot K_{BBD} - (R_{BBD} + R_s) \cdot I_t$$

$$U_r = \frac{U_{cd} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD}} - \frac{(R_{BBD} + R_s - \alpha \cdot K_2 \cdot K_{BBD})}{1 + \alpha \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD}} I_t$$

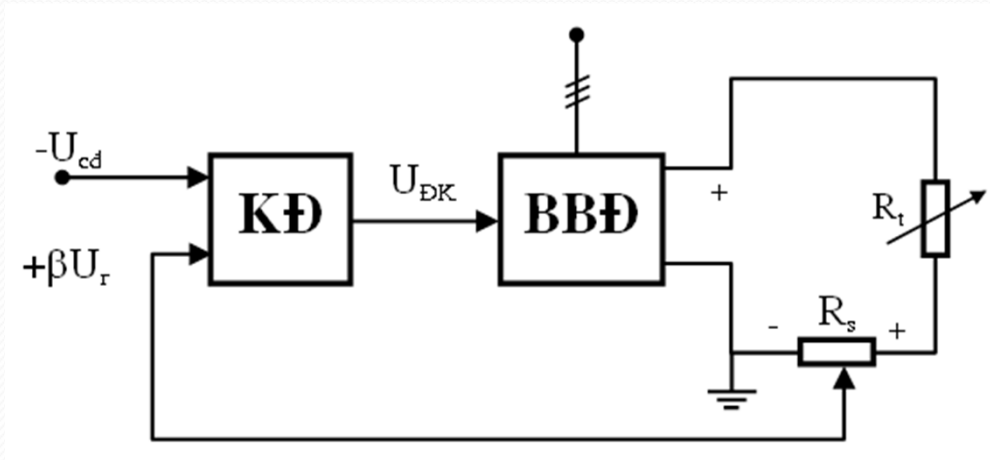
Chú ý: các hệ thống tạo nguồn áp có chất lượng càng cao (S_t càng nhỏ) thì khi xảy ra ngắn mạch càng nguy hiểm. Chính vì vậy, để đảm bảo an toàn hệ thống phải kèm với mạch bảo vệ đảm bảo đủ độ nhạy.

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

§2.3. BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN DÒNG

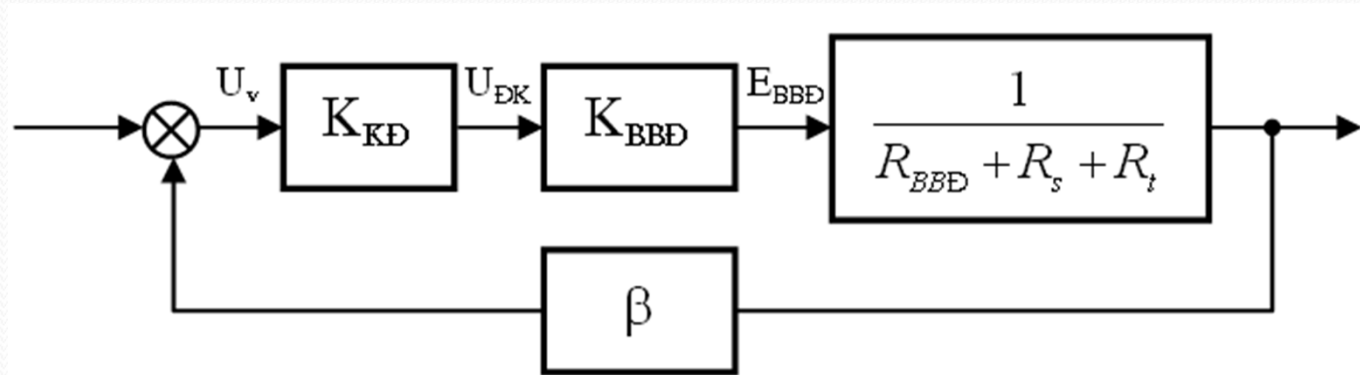
2.3.1- DÒNG PHẢN HỒI ÂM DÒNG:

- **NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC:** GIẢ SỬ HỆ ĐANG LÀM VIỆC VỚI U_{CD} , NẾU R_T TĂNG THÌ DÒNG I SẼ GIẢM KHI ĐÓ QUA R_S LÀM βI GIẢM $\Rightarrow U_V = -\frac{E_{BBS}}{R_{CD}} - \beta I$ TĂNG $\Rightarrow U_{DK}$ VÀ E_{BBD} TĂNG $\Rightarrow$ TĂNG $\Rightarrow$ KÉO DÒNG ĐIỆN LÊN GIÁ TRỊ CŨ.



Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

- Sơ đồ cấu trúc:



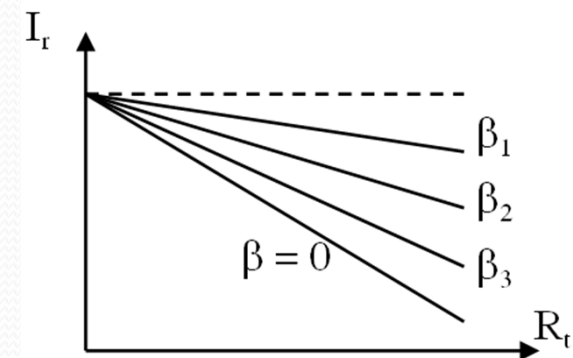
$$I_t = (U_{cd} - \beta \cdot I_t) \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} \cdot \frac{1}{R_{BBĐ} + R_s + R_t}$$

$$I_t = \frac{U_{cd} \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ}}{(R_{BBĐ} + R_s + R_t + \beta \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ})} = \frac{U_{cd} \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ}}{(R_{td} + R_t)}$$

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

- **Nhận xét:** Với hệ kín phản hồi âm dòng cùng dạng biến đổi của tải R_t thì kết quả dòng điện thay đổi ít hơn hệ hở (hệ kín dùng phản hồi âm dòng có tác dụng nâng cao tổng trở trong của nguồn tương đương).
- ❖ Nếu tăng $\beta \Rightarrow R_{otđ}$ sẽ tăng $\Rightarrow$ chất lượng giữ ổn định dòng điện tốt nếu $\beta \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ} \Rightarrow \infty$ (nội trở tương đương của nguồn $\Rightarrow \infty$) $\Rightarrow I_t = \text{const}$, khi R_t thay đổi $\Rightarrow$ ta được nguồn dòng lý tưởng nhưng khi đó $I_t = 0 \Rightarrow$ đây là đặc tính giới hạn.
- ❖ Để thiết kế bộ biến đổi nguồn dòng theo yêu cầu: I_{yc} , $S_t\%$, điện trở tải $R_t \div R_{tc}$ muốn vậy ta phải xác định K_{KD} và β bằng cách giải hệ 2 phương trình:

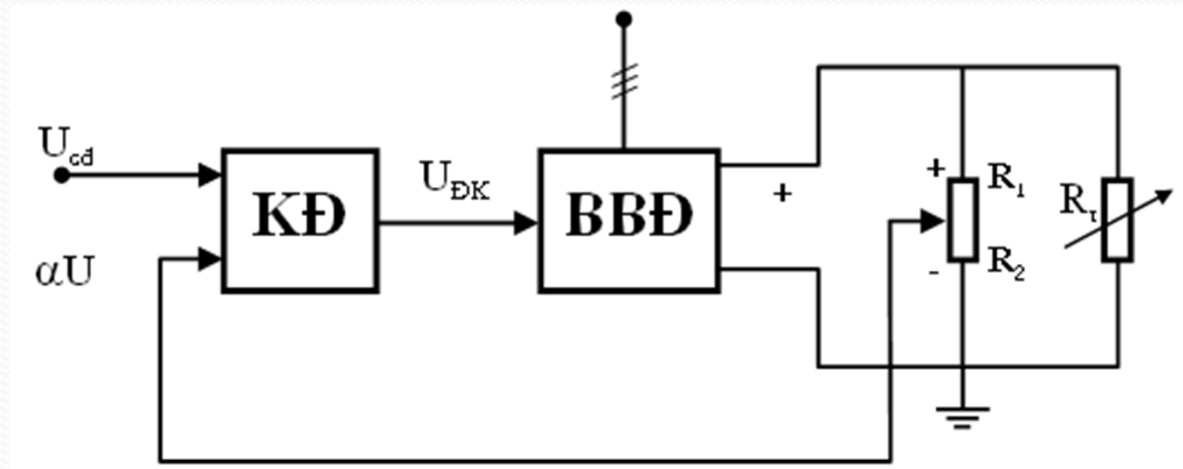
$$\begin{cases} \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ}}{(R_{BBĐ} + R_s + R_{td} + \beta \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ})} = I_{y.c} & (I_{đm}) \\ I_{y.c} - \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ}}{(R_{BBĐ} + R_s + R_{tc} + \beta \cdot K_{KD} \cdot K_{BBĐ})} = S_t \cdot I_{y.c} \end{cases}$$



Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

2.3.2- Dừng phản hồi dương áp:

- **Nguyên lý làm việc:** giả sử hệ đang làm việc nếu R_t tăng $\Rightarrow I$ giảm $\Rightarrow$ điện áp trên R_t tăng, ($U = R_t \cdot I_t$ tăng bởi I_t tăng nhưng không bằng sự tăng của R_t) $\Rightarrow \alpha U$ tăng $\Rightarrow U_v$ tăng $\Rightarrow U_{ĐK}, E_{BBĐ}$ tăng $\Rightarrow I$ tăng về giá trị trước.



Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

$$U = E_{BBD} - I_t \cdot R_{BBD} \Rightarrow U = (U_{cd} + \alpha U) \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD} - I_t \cdot R_{BBD}$$

$$U = \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD} - I_t \cdot R_{BBD}}{(1 - \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD})}$$

$$I_t = \frac{U}{R_f} = \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD} - I_t \cdot R_{BBD}}{R_{td} + R_t (1 - \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD})}$$

$$I_t = \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{R_{BBD} + R_t (1 - \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD})}$$

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

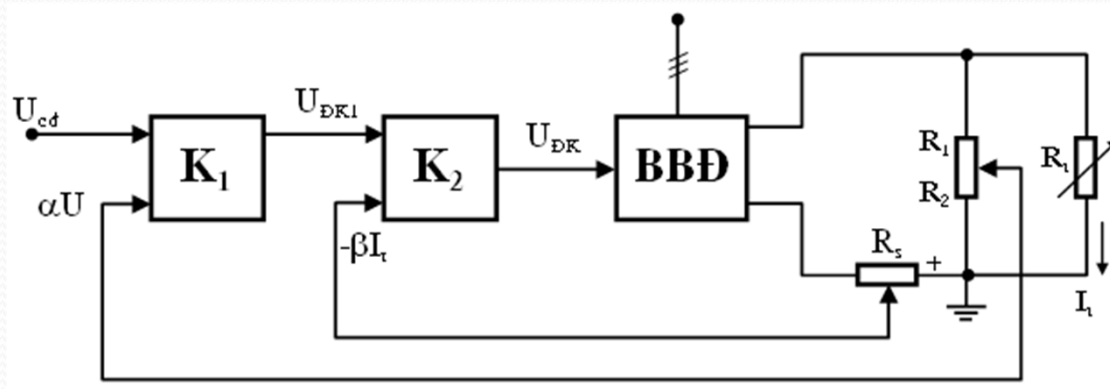
■ Nhận xét:

- ❖ Khi đưa phản hồi dương áp làm suy giảm giá trị R_t tức là làm suy giảm ảnh hưởng của R_t tức là làm suy giảm ảnh hưởng của R_t đến $I_t \Rightarrow$ giữ ổn định hơn so với hệ hở.
- ❖ Nếu tăng α (hoặc K_{KD}) $\Rightarrow R_t$ suy giảm càng nhiều nên chất lượng giữ ổn định dòng càng tốt. Nếu chọn $\alpha \cdot K_{KS} = \frac{1}{R_{BBS}}$ xem như $R_t = 0$
 $\Rightarrow I_t = \frac{U_{c0} \cdot K_{KS} \cdot K_{BBS}}{R_{BBS}} = const$ với mọi R_t ta được nguồn dòng lý tưởng thực tế.
- ❖ Nếu tăng tiếp $\alpha \cdot K_{KD} \Rightarrow I_t$ bắt đầu tăng (mẫu số giảm) khi R_t tăng $\Rightarrow$ công suất đầu ra của hệ thống tăng $\Rightarrow$ có thể phá hỏng hệ $\Rightarrow$ không được phép dùng phản hồi dòng dương áp mạnh.
 $\Rightarrow$ Điều kiện phản hồi trong hệ là: $\alpha \cdot K_{KS} \leq \frac{1}{R_{BBS}}$
- ❖ Để thiết kế bộ biến đổi nguồn dòng ta phải dùng hệ 2 phương trình:

$$\begin{cases} \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{[R_{BBD} + R_{td}(1 - \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD})]} = I_{y,c} \\ I_{y,c} - \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{[R_{BBD} + R_{tc}(1 - \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD})]} = S_t \cdot I_{y,c} \end{cases}$$

Chương II- Bộ biến đổi tạo nguồn

2.3.3- Phản hồi âm dòng dương áp:



$$U = [(U_{cd} + \alpha U) K_1 - \beta I_t] \cdot K_2 \cdot K_{BBD} - (R_{BBD} + R_s) \cdot I_t$$

$$U = \frac{U_{cd} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD} - (R_{BBD} + R_s + \beta \cdot K_2 \cdot K_{BBD}) \cdot I_t}{1 - \alpha \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD}}$$

$$I_t = \frac{U}{R_t} = \frac{U_{cd} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD} - (R_{BBD} + R_s + \beta \cdot K_2 \cdot K_{BBD}) \cdot I_t}{R_t \cdot (1 - \alpha \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD})}$$

$$I_t [(R_{BBD} + R_s + \beta \cdot K_2 \cdot K_{BBD})] + R_t \cdot (1 - \alpha \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD}) = U_{cd} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD}$$

$$I_t = \frac{U_{cd} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD}}{(R_{BBD} + R_s + \beta \cdot K_2 \cdot K_{BBD}) + R_t \cdot (1 - \alpha \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{BBD})}$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

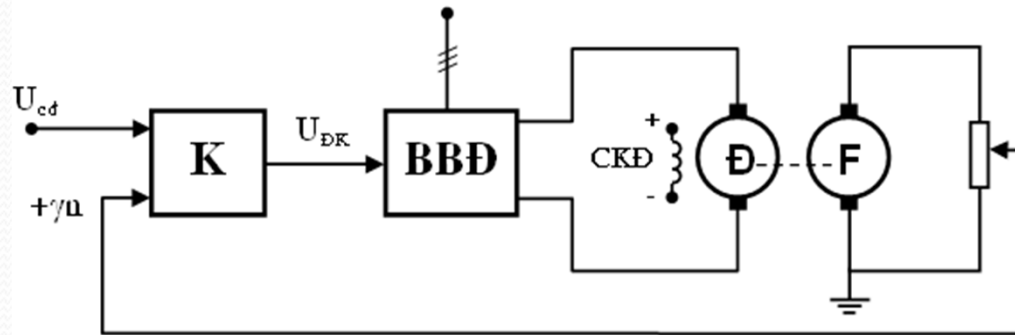
§3.1. KHÁI NIỆM

- VỚI ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU CÓ NHIỀU ƯU ĐIỂM NỔI BẬT NHƯ :
 - ❖ ĐẶC TÍNH CƠ CỨNG.
 - ❖ MÔ MEN KHỞI ĐỘNG TỐT.
 - ❖ DỄ KHÔNG CHẾ CÁC QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ.
 - ❖ ĐIỀU CHỈNH DỄ DÀNG. TRONG THỰC TẾ THƯỜNG DÙNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH PHẦN ỨNG CÒN PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH TỪ THÔNG CHỈ DÙNG CHO CÁC CÔNG NGHỆ ĐẶC BIỆT, CÒN PHƯƠNG PHÁP R_F CHỈ DÙNG ĐỂ KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ CÔNG SUẤT LỚN, NGUỒN MỘT CHIỀU CỐ ĐỊNH.
 - ❖ KHI SỬ DỤNG ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU TA MONG MUỐN TỐC ĐỘ QUAY TRÊN TRỤC PHẢI GIỮ ỔN ĐỊNH KHI PHỤ TẢI THAY ĐỔI $\Rightarrow$ TRONG HỆ THỐNG PHẢI CÓ CÁC PHẦN TỬ GIỮ ỔN ĐỊNH TỐC ĐỘ.
 - ❖ KHI KHỞI ĐỘNG, DÒNG KHỞI ĐỘNG DAO ĐỘNG TRONG KHOẢNG $(2 \div 2,5)I_{DM}$ VÀ KHI XẢY RA QUÁ TẢI CÔNG SUẤT

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

§3.2. HỆ TĐĐ MỘT MẠCH VÒNG PHẢN HỒI

3.2.1- DÙNG PHẢN HỒI ÂM TỐC ĐỘ:



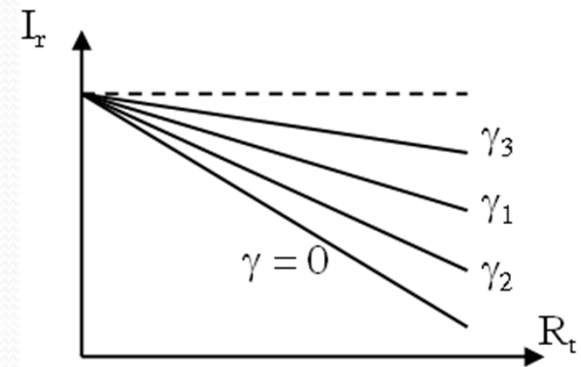
■ NHẬN XÉT:

- ❖ VỚI HỆ TRUYỀN ĐỘNG DÙNG PHẢN HỒI ÂM TỐC ĐỘ ($\gamma \neq 0$) THÌ ĐỘ SỤT TỐC ĐỘ ΔN CÙNG VỚI DÒNG PHỤ TẢI SẼ NHỎ HƠN HỆ HỞ ($\gamma = 0$) $\Rightarrow$ ĐẶC TÍNH HỆ KÍN CỨNG HƠN ĐẶC TÍNH HỆ HỞ.
- ❖ NẾU TĂNG γ HOẶC $K_{KD} \Rightarrow \Delta N$ CÀNG GIẢM
 $\Rightarrow$ CHẤT LƯỢNG ỔN ĐỊNH TĂNG LÊN (S_T GIẢM).
- ❖ NẾU TĂNG $\gamma \cdot K_{KD} \Rightarrow \Delta N = 0$ VỚI MỌI DÒNG TẢI NHƯNG KHI ĐÓ $N_{YC} = 0$
 $\Rightarrow$ THỰC TẾ KHÔNG XẢY RA (ĐẶC TÍNH GIỚI HẠN).

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- Tính toán thiết kế khâu phản hồi:
Theo yêu cầu gồm n_{yc} , I_{dm} , $[S_t]$ ta giải hệ 2 phương trình:

$$\begin{cases} \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_D \cdot K_{BBĐ}}{1 + \gamma \cdot K_{KD} \cdot K_D \cdot K_{BBĐ}} = n_{y.c} \\ \frac{(R_{BBĐ} + R_u) \cdot K_D \cdot I_{dm}}{1 + \gamma \cdot K_{KD} \cdot K_D \cdot K_{BBĐ}} = S_t \cdot n_{y.c} \end{cases}$$



- Nhược điểm của máy phát tốc một chiều: Do tiếp xúc của chổi than $\Rightarrow$ ảnh hưởng đến tín hiệu điều khiển $\Rightarrow$ ảnh hưởng đến hệ thống.
- ❖ Máy phát tốc xoay chiều: điện áp ra của máy phát tốc xoay chiều là điện áp xoay chiều $\Rightarrow$ do đó phải chỉnh lưu $\Rightarrow$ phải sử dụng các dụng cụ bán dẫn $\Rightarrow$ với các hệ truyền động có dải điều chỉnh hẹp thường xuyên làm việc ở tốc độ thấp thì sử dụng máy phát tốc xoay chiều.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Nguyên lý làm việc:

- ❖ Giả sử đặt $U_{cd} \Rightarrow$ Tốc độ trên trục động cơ có giá trị tương ứng.
- ❖ Nếu tải tăng $\Rightarrow$ Tốc độ động cơ giảm vì hai lý do:

- Tải tăng $\Rightarrow M_c$ tăng $\Rightarrow M_{dt}$ của động cơ tăng để kéo tải.

$$M_{dt} = C_e \cdot \phi \cdot I_u \text{ tải tăng} \Leftrightarrow I_u \text{ tăng} \Rightarrow U_u = E_{BBD} - R_{BBD} \cdot I_u \Rightarrow U_u \text{ giảm} \Rightarrow$$

$$\text{tốc độ động cơ giảm} \Rightarrow n = \frac{E_{BBD} - (R_{BBD} + R_u) \cdot I_u}{K_e} \text{ giảm. Khi đó điện áp}$$

phát ra của máy phát tốc giảm $\Rightarrow U_v = U_{cd} - \gamma n$ sẽ tăng $\Rightarrow U_{DK}$ và $E_{BBD} \Rightarrow$ tốc độ tăng.

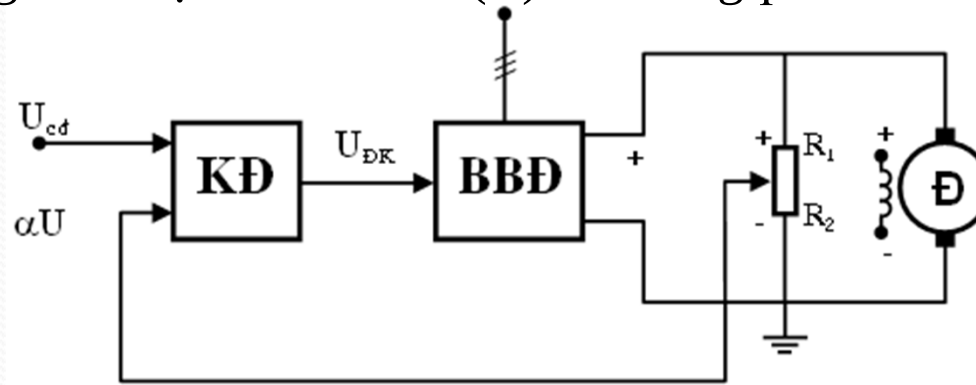
- **Chú ý:** Để đảm bảo chất lượng ta nên chọn điểm đo tốc độ tốt nhất ở trục của máy sản xuất.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

3.2.2- Phản hồi âm điện áp:

- **Sơ đồ nguyên lý:**

Ta thấy máy phát tốc là thiết bị đắt tiền phải thực hiện ghép nối cơ khí trong quá trình làm việc nó là thiết bị quay nên quá trình bảo dưỡng khi vận hành vất vả. Nếu ta muốn tạo nên hệ truyền động điện giữ ổn định tốc độ dùng thiết bị tĩnh rẻ tiền. (R) $\Rightarrow$ Dùng phản hồi âm điện áp phản ứng.



- **Nguyên lý làm việc:**

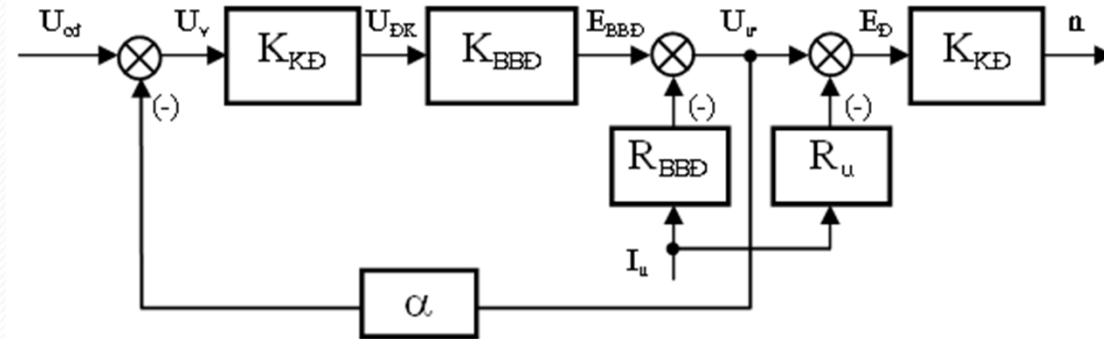
Giả sử hệ đang làm việc, nếu tải giảm $\Rightarrow I_n$ giảm $\Rightarrow$ sụt áp trên điện trở trong của bộ biến đổi giảm $\Rightarrow$ n động cơ tăng $\Rightarrow$ điện áp U_n tăng $\Rightarrow \alpha U_n$ tăng $\Rightarrow U_v = U_{cd} - \alpha U_u$ giảm $\Rightarrow E_{BBĐ}$, U_u giảm $\Rightarrow$ n giảm.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Chú ý:

Phần tử đo R: biến trở đo điện áp phải đảm bảo tổn hao năng lượng rất nhỏ $\Rightarrow$ điện trở có giá trị lớn để dòng điện chạy qua biến trở bỏ qua.

■ Sơ đồ cấu trúc:



Từ sơ đồ cấu trúc ta có: $U_r = (U_{cd} - \alpha U) \cdot K_D \cdot K_{BBĐ} - R_{BBĐ} \cdot I_u$

$$U_r = \frac{U_{cd} \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ}}{1 + \alpha \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ}} - \frac{R_{BBĐ}}{1 + \alpha \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ}} \cdot I_u$$

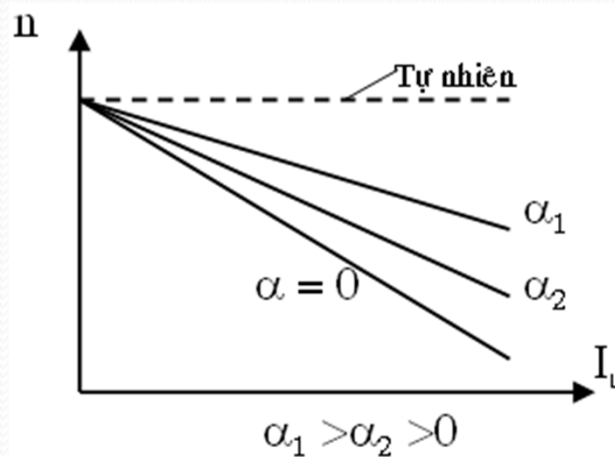
Ta có: $n = (U_r - R_u \cdot I_u) \cdot K_D$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_D \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ}}{1 + \alpha \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ}} - \left(\frac{R_{BBĐ}}{1 + \alpha \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ}} + R_u \right) \cdot K_{KĐ} \cdot I_u = n_{y.c} - \Delta n(I_r)$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ **Kết luận:**

- ❖ Hệ kín dùng phản hồi âm điện áp có Δn nhỏ hơn hệ hở với cùng dòng điện phụ tải $\Rightarrow$ Có tác dụng giữ ổn định tốc độ làm đặc tính cơ cứng hơn.
- ❖ Khi tăng α hoặc $K_{KD} \Rightarrow \Delta n$ giảm $\Rightarrow$ Tăng độ cứng đặc tính và làm giảm sai lệch tĩnh S_t , nếu tăng $\alpha \cdot K_{KD} \Rightarrow \infty$. Khi đó $\Delta n = R_u \cdot K_D \cdot I_u \Rightarrow$ Đây là độ sụt tốc độ đặc tính tự nhiên, nhưng khi đó $n_{yc} = 0 \Rightarrow$ Thông số này là tới hạn.

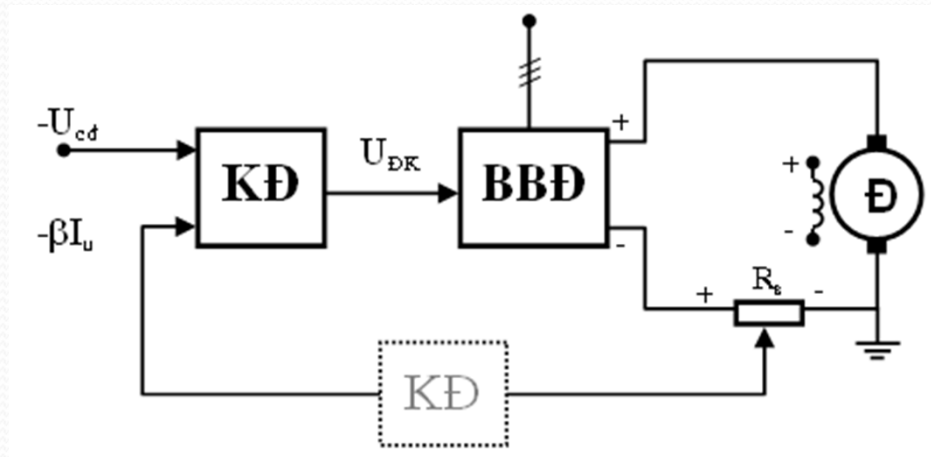


$\Rightarrow$ Do đặc điểm như trên nên nay thường dùng cho các hệ truyền động chất lượng thấp (S_t lớn) nhưng đơn giản, chắc chắn và rẻ tiền.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

3.2.3- Phản hồi dương dòng điện:

- Sơ đồ nguyên lý:



Yêu cầu giá trị của R_s nhỏ (tổn hao nhỏ). Đồng thời vì I_u nhỏ nên đưa vào mạch khuếch đại ($U_{cd} \gg \beta I_u$) nên phải có khuếch đại đem βI_u vào để có ý nghĩa điều khiển.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- **Biểu thức:** $E_{BĐ} = U_{ĐK} \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BĐ}$

$$U_{ĐK} = U_{cd} + \beta I_u$$

$$U_u = E_{BĐ} - (R_s + R_{BĐ}) \cdot I_u = K_e n + I_u \cdot R_u$$

$$\Leftrightarrow (U_{cd} + \beta I_u) \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BĐ} - (R_s + R_{BĐ}) I_u = K_e n + I_u \cdot R_u$$

$$\Leftrightarrow n = U_{cd} \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BĐ} - (R_s + R_{BĐ} + R_u - \beta \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BĐ}) \cdot K_{Đ} I_u$$

$$\Leftrightarrow n = n_{y.c} - \Delta n(I_u)$$

- **Kết luận:**

- ❖ Hệ truyền động dùng phản hồi dương dòng có Δn nhỏ hơn so với hệ hở cùng dòng phụ tải $\Rightarrow$ Hệ truyền động dùng phản hồi dương dòng có tác dụng giữ ổn định tốc độ động cơ.
- ❖ Nếu tăng β hoặc $K_{KĐ} \Rightarrow \Delta n$ giảm $\Rightarrow$ Chất lượng tĩnh của hệ thống tăng lên $\Rightarrow S_t$ giảm đi.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

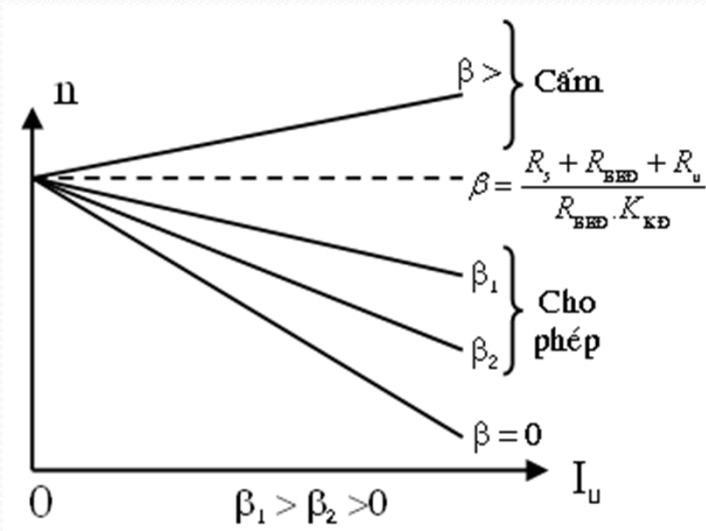
❖ Nếu chọn:
$$\beta \cdot K_{KS} = \frac{R_s + R_{BBS} + R_u}{R_{BBS}} \Rightarrow \Delta n = 0$$

với mọi loại phụ tải ta được $n = n_{y.c} = U_{c0} \cdot K_{KS} \cdot K_{BBS} \cdot K_s$

$\Rightarrow$ Hệ truyền động lý tưởng thực tế.

❖ Nếu chọn hoặc khi làm việc mà
$$\beta = \frac{R_s + R_{BBS} + R_u}{R_{BBS} \cdot K_{KS}}$$

thì khi tải tăng $\Rightarrow$ Tốc độ tăng do Δn đảo dấu $\Rightarrow$ Hệ nhanh chóng bị phá hỏng. Nên chỉ được phép dùng phản hồi dương dòng yếu.



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

3.2.4- Phản hồi kết hợp:

- Để đảm bảo chất lượng động và tĩnh cho hệ thực tế thường sử dụng phản hồi kết hợp như: âm áp dương dòng, âm tốc độ dương dòng điện, âm tốc độ âm điện áp... Khi đó ngoài việc nâng cao chất lượng tĩnh giảm S_t còn thực hiện nâng cao được chất lượng động vì: Các đại lượng vật lý trong hệ truyền động được xuất hiện có thứ tự theo (t) và cách nhau những khoảng (t) tương ứng với thông số và cấu trúc của hệ.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

§3.3. HỆ TĐĐ TỰ ĐỘNG DÙNG PHẢN HỒI ÂM TỐC ĐỘ, ÂM DÒNG CÓ NGẮT

3.3.1- ĐẶT VẤN ĐỀ:

- ❖ ĐỂ ĐẢM BẢO HỆ TRUYỀN ĐỘNG VỚI DẢI ĐIỀU CHỈNH RỘNG S_T NHỎ TA PHẢI TÌM CÁCH NÂNG CAO ĐỘ CỨNG ĐẶC TÍNH, NHƯNG KHI ĐỘ CỨNG CÀNG NÂNG LÊN THÌ KHỞI ĐỘNG CÀNG KHÓ KHĂN (DÒNG KHỞI ĐỘNG LỚN). VÌ VẬY, CẦN HẠN CHẾ VÀ DUY TRÌ DÒNG ĐIỆN LÚC KHỞI ĐỘNG, NẾU DÒNG KHỞI ĐỘNG $I_{KD} = CONST$, $M_C = CONST$ THÌ GIA TỐC $DN/DT = CONST \Rightarrow$ TỐC ĐỘ KHỞI ĐỘNG TĂNG DẦN ĐỀU, QUÁ TRÌNH KHỞI ĐỘNG ÊM, KHÔNG RUNG GIẬT.
- **CHÚ Ý:** VỚI CÁC CÔNG NGHỆ THƯỜNG XUYỀN XẢY RA QUÁ TẢI THÌ KHÔNG ĐẢM BẢO VÌ NẾU TẢI TĂNG LỚN HƠN DÒNG KHỞI ĐỘNG $\Rightarrow N = 0 \Rightarrow$ VÌ VẬY, ĐỂ ĐẢM BẢO MỌI CÔNG

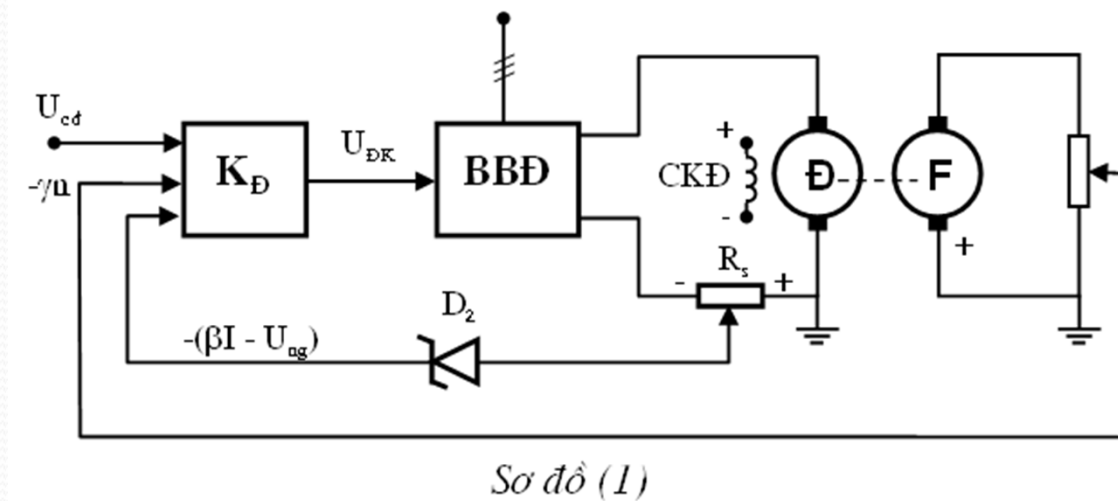
Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

§3.3. HỆ TĐĐ TỰ ĐỘNG DÙNG PHẢN HỒI ÂM TỐC ĐỘ, ÂM DÒNG CÓ NGẮT

3.3.2- SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ:

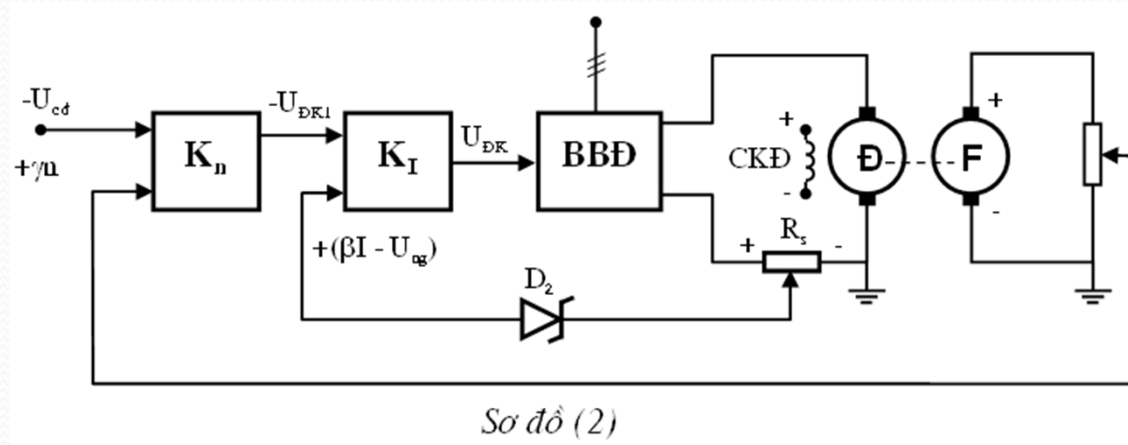
- ❖ VỀ NGUYÊN TẮC MẠCH NGẮT DÒNG DÙNG BẤT CỨ SƠ ĐỒ NÀO (DIODE ỔN ÁP, IC, TRANZITOR) VÀ CÓ THỂ LÀM VIỆC THEO 1 HOẶC CẢ 2 CHIỀU QUAY. TÍN HIỆU DÒNG ĐIỆN CÓ THỂ ĐO BẰNG BẤT KỲ MẠCH NÀO.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều



- ❖ **SƠ ĐỒ 1:** DÙNG MỘT BỘ KHUẾCH ĐẠI TỔNG HỢP CẢ 3 TÍN HIỆU VÌ VẬY TRONG SUỐT QUÁ TRÌNH LÀM VIỆC BỘ KHUẾCH ĐẠI KHÔNG ĐƯỢC PHÉP BẢO HOÀ (VÌ LÚC ĐÓ SẼ MẤT HẾT TÍN HIỆU) VÀ THƯỜNG PHÙ HỢP VỚI CÁC BỘ TỔNG HỢP KHUẾCH ĐẠI BẰNG MÁY ĐIỆN. KHI ĐÓ GIÁ THÀNH HỆ SẼ RẺ VÀ THƯỜNG DÙNG VỚI CÁC HỆ TRUYỀN ĐỘNG KIỂU CŨ (MÁY DOA, MÁY BÀO GIỜNG MÁY XÚC)

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều



- ❖ **SƠ ĐỒ 2:** BỘ KHUẾCH ĐẠI DÙNG BÁN DẪN CÓ ĐẶC TÍNH BẢO HOÀ RÕ RÀNG, VÌ VẬY MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐƯỢC TÁCH THÀNH 2 BỘ RIÊNG.
- K_N : TỔNG HỢP VÀ KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU CHỦ ĐẠO VÀ TỐC ĐỘ, KHI LÀM VIỆC CÓ THỂ BẢO HOÀ.
- K_I : TỔNG HỢP TÍN HIỆU RA CỦA K_N VÀ TÍN HIỆU DÒNG ĐIỆN KHI LÀM VIỆC KHÔNG ĐƯỢC PHÉP BẢO HOÀ, THƯỜNG PHÙ HỢP VỚI HỆ TĐĐ HIỆN ĐẠI.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

3.3.3- Nguyên lý làm việc:

■ Sơ đồ 1:

Khởi động: Để khởi động ta đóng hệ vào lưới điện. Đặt U_{cd} và ấn nút khởi động, khi đó $n = 0$, $I_u = 0$ tại thời điểm đầu tiên vì vậy $U_v = U_{cd} \Rightarrow U_{DK}, E_{BBD}, I_u$ có xu hướng lớn, qua R_s làm βI_u có xu hướng lớn $\Rightarrow D_z$ thông $\Rightarrow$ phản hồi âm dòng bắt đầu được đưa vào ($n = 0$).

$$U_v = U_{c0} - (\beta I_u - U_{ng})$$

$\Rightarrow U_{DK}, E_{BBD}, I_u$ có xu hướng giảm, quá trình tiếp diễn đến khi kết thúc quá trình quá độ điện từ của mạch vòng dòng điện và mạch vòng phản ứng ta được dòng khởi động $I_{KD} = I_{dừng}$ ($n = 0$), $I_{KD} = I_d \gg I_c$ nên mômen động của hệ thống.

$$M_{dg} = K_M (I_u - I_c) = \frac{GD^2}{37,5} \cdot \frac{dn}{dt} \gg 0 \Leftrightarrow \frac{dn}{dt} \gg 0$$

$\Rightarrow$ Tốc độ bắt đầu tăng từ 0. Khi tốc độ tăng thì I_u giảm: $I_u = \frac{E_{BBS} - K_e \cdot n}{R_{u\Sigma}}$

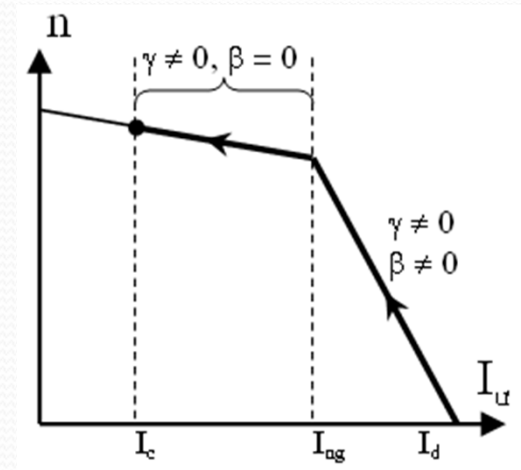
Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ⇒ Tác dụng của phản hồi âm dòng giảm và tác dụng của phản hồi âm tốc độ bắt đầu có

$$U_v = U_{c\text{®}} - \gamma n - (\beta I_u - U_{ng})$$

Quá trình trên cứ tiếp diễn tức là tốc độ tăng thì I_n giảm $\Rightarrow$ hệ được gia tốc trên đặc tính cả 2 phản hồi cùng tham gia, đến khi dòng điện giảm tới giá trị $I_u \ll I_{u\text{ ngắt}} \Rightarrow$ Diode D_z khoá $\Rightarrow$ phản hồi âm dòng có ngắt mất $\Rightarrow$ Lúc này, $U_v = U_{c\text{®}} - \gamma n$ ($\beta I_u - U_{ng} = 0$ thì D_z khoá $\Rightarrow$ không bị đột biến). Lúc này hệ chuyển sang đặc tính chỉ có phản hồi âm tốc độ tham gia.

Mặt khác khi tốc độ tăng cao dòng điện giảm rất nhanh. Đến khi $I_u \cdot I_c$ thì gia tốc của hệ bằng không. $\Rightarrow$ Hệ làm việc ổn định ở tốc độ ứng với tải I_c trên trục.



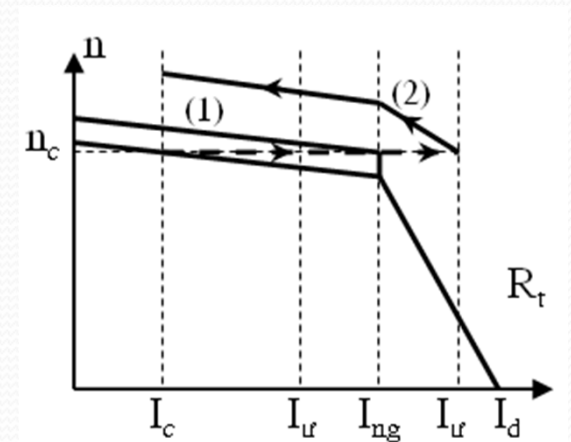
Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Điều chỉnh tốc độ:

- ❖ Tăng tốc: Để tăng tốc độ ta tăng U_{cd} khi đó U_v tăng làm U_{DK} , E_{BBD} tăng $\Rightarrow I_u$ tăng $\Rightarrow dn/dt > 0 \Rightarrow$ tốc độ tăng, tại điểm làm việc đầu tiên tốc độ chưa kịp tăng mà I_u đã tăng ứng với U_u tăng $\Rightarrow$ chuyển sang đường đặc tính song song với đặc tính trước cao hơn (1).

Nếu $I_u > I_{ng} \Rightarrow$ chuyển sang đặc tính song song cao hơn với cả hai phản hồi cùng tham gia (2).

Khi tốc độ tăng thì I_u giảm nên nếu $I_u < I_{ng} \Rightarrow I_u$ giảm và tốc độ tăng theo đường đặc tính chỉ có phản hồi âm tốc độ, đến khi $I_u = I_c$ thì mới làm việc ở tốc độ cao hơn. Khi $I_u > I_{ng} \Rightarrow$ dòng giảm, tốc độ tăng trên đặc tính (2) phản hồi đến $I_u \leq I_{ng}$ phản hồi âm dòng mất, chuyển sang tăng tốc giảm dòng trên đặc tính chỉ có phản hồi âm tốc độ và làm việc ổn định khi I_u giảm về $I_u = I_c$.



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

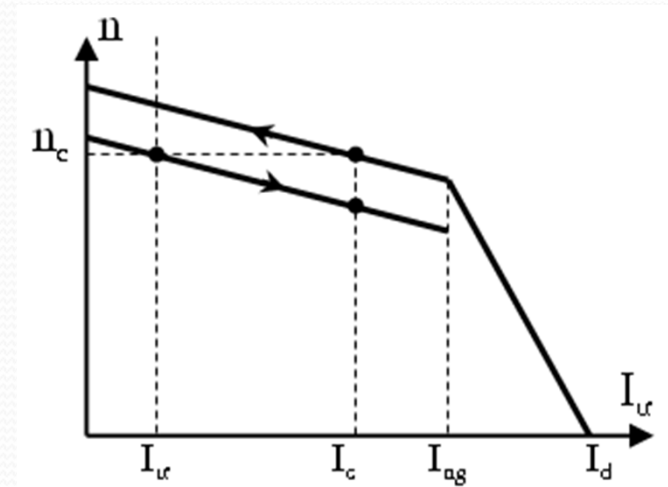
❖ Giảm tốc :

Để giảm n ta giảm $U_{cđ}$ khi đó $U_v = U_{cđ} - \gamma n$ giảm, nếu giảm lượng nhỏ $U_{cđ}$ để U_v khi đảo cực tính

$\Rightarrow U_{DK}, E_{BBĐ}$ giảm cực tính giữ nguyên

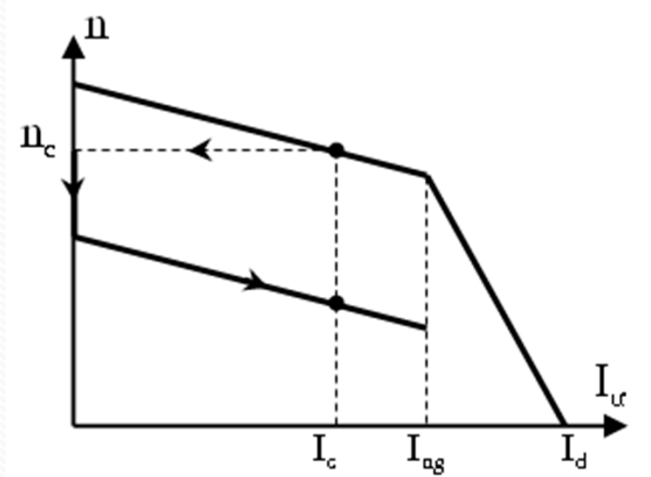
$$\Rightarrow I_u = \frac{E_{BBS} - K_e \cdot n}{R_{u\Sigma}} \text{ sẽ giảm.}$$

- ❑ **Trường hợp 1:** Nếu $K_{BBĐ} > K_e \cdot n \Rightarrow I_u$ không đảo chiều, $I_u < I_c \Rightarrow$ hệ chuyển sang làm việc trên đặc tính thấp hơn với gia tốc âm $\Rightarrow$ tốc độ giảm dần, dòng điện lại tăng đến $I_u = I_c$ hệ làm việc ở tốc độ thấp.



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ❑ **Trường hợp 2:** Nếu E_{BBD} giảm, mà I_{ur} sẽ đảo dấu. Vì vậy :
- ✓ Nếu bộ biến đổi không cho phép đảo chiều dòng (bộ biến đổi bán dẫn đơn hoặc bộ biến đổi kép không chế độc lập chuyển đổi chậm) thì $I_{ur} = 0$ nên hệ được giảm tốc dọc theo trục tung với hãm tự do (năng lượng được tiêu tán dưới dạng nhiệt) do ma sát trong hệ tốc độ giảm, đến khi thì dòng điện bắt đầu tăng theo chiều cũ từ 0, tốc độ giảm dòng lại tăng theo đường đặc tính có phản hồi âm tốc độ cho tới khi $I_{ur} = I_c$ hệ làm việc ổn định.
- ✓ Nếu bộ biến đổi cho phép đảo chiều dòng (bộ biến đổi máy phát - động cơ, bộ biến đổi bán dẫn song song ngược không chế độc lập chuyển đổi nhanh hoặc không chế phối hợp) khi đó I_{ur} đảo chiều $\Rightarrow$ mô men động cơ đảo chiều: $M_D = C_e \cdot \Phi \cdot I_{ur}$, mà khi đó tốc độ vẫn quay theo chiều cũ nên động cơ làm việc ở trạng thái hãm.

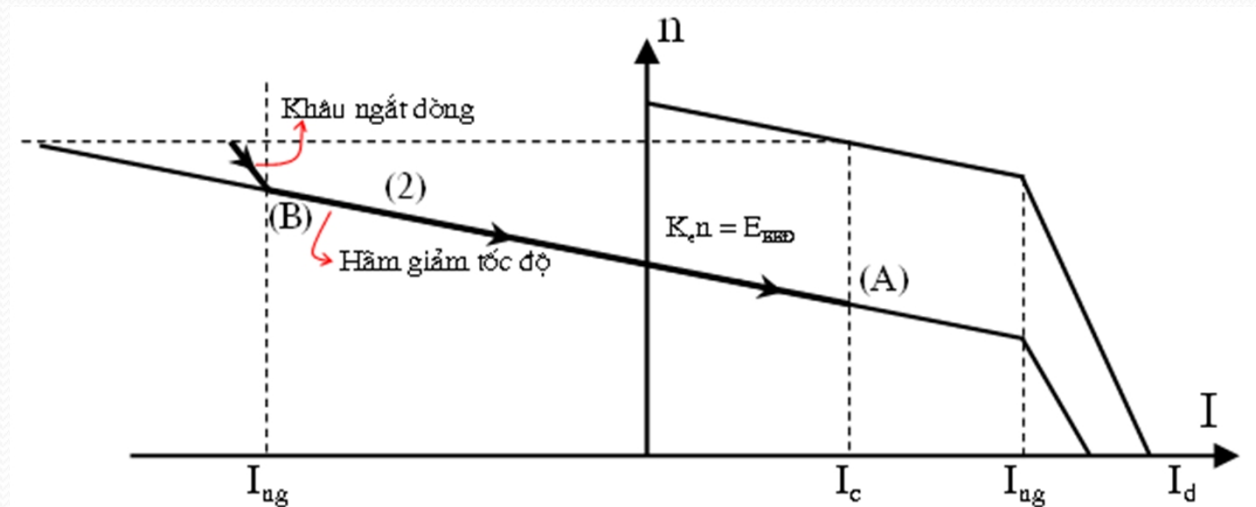


Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- **Để kết luận động cơ làm việc ở chế độ hãm gì ta phải khảo sát:**
- ❖ Nếu bộ biến đổi là máy phát thì điện áp phát ra của máy phát không đảo dấu, giá trị khác 0, đó là hãm tái sinh.
 - * Nếu $E_{MF} = 0 \Rightarrow$ Hãm động năng.
 - * Nếu E_{MF} đảo dấu $\Rightarrow$ Hãm ngược.
- ❖ Nếu bộ biến đổi là bán dẫn:
 - * Nếu $\alpha < 90^\circ \Rightarrow$ Hãm ngược.
 - * Nếu $\alpha = 90^\circ \Rightarrow$ Hãm động năng.
 - * Nếu $\alpha > 90^\circ \Rightarrow$ Hãm tái sinh.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

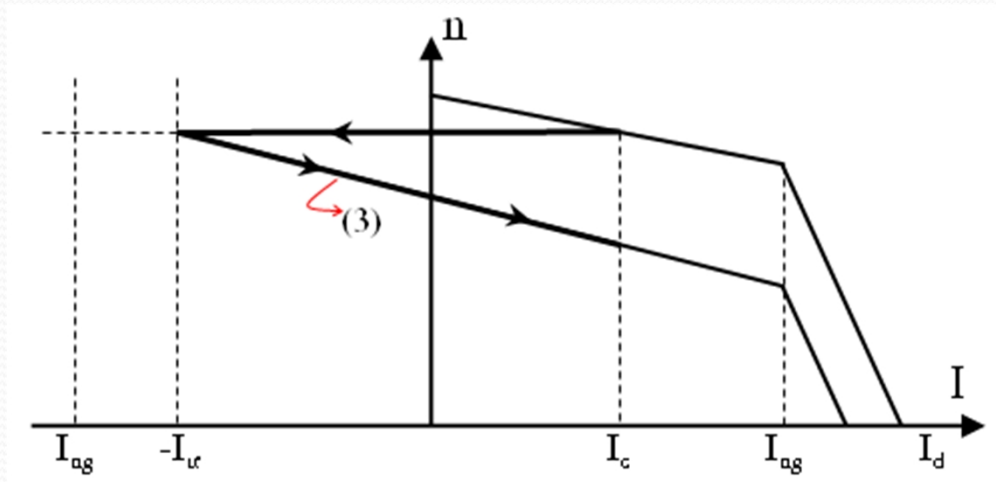
⇒ Lúc này tốc độ giảm rất nhanh làm dòng hãm giảm theo. Đến khi và tốc độ có xu hướng giảm tiếp thì dòng điện I_u bắt đầu tăng theo chiều cũ từ 0, trên đường đặc tính song song với đặc tính cũ và thấp hơn cho tới khi $I_u = I_c$ hệ làm việc ổn định ở tốc độ thấp.



- Nếu trong quá trình hãm mà $I_u > I_{ng}$ khâu ngắt dòng theo chiều ngược sẽ tham gia.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ❖ **Chú ý:** Để biết xem khâu ngắt dòng có tham gia hay không ta kẻ đường song song với trục hoành kéo dài đường (2) cắt nhau ở đâu là I_u nếu $I_u > I_{ng}$ thì khâu ngắt dòng tham gia, từ B kẻ đường thẳng song song với đặc tính có khâu ngắt dòng theo chiều thuận. (hãm tốc độ giảm đến $I_u = 0$, tốc độ giảm $\Rightarrow I_n$ tăng làm việc ổn định tại điểm A).
- $I_n < I_{ng} \Rightarrow$ Không có khâu ngắt dòng theo chiều ngược không tham gia $\Rightarrow$ Đi vào đặc tính hãm luôn (3).

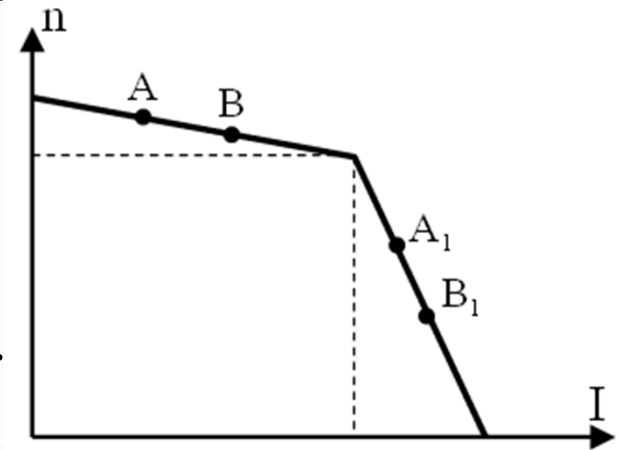


Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ❖ Thay đổi phụ tải: trong quá trình làm việc khi đặt U_{cd} cố định do tải trên máy sản xuất thay đổi thì hệ thống tự động thay đổi góc mở α để thay đổi điểm làm việc trên đặc tính thực hiện duy trì ổn định tốc độ.
- Nếu phụ tải tăng quá mức làm $I_u > I_{ng}$ thì hệ tự động thay đổi góc mở α để suy giảm nhanh tốc độ $\Rightarrow$ Đặc tính chuyển sang các đường làm việc trên đặc tính phản hồi âm tốc độ, âm dòng điện tham gia và quá trình này tự động thay đổi theo tải (để duy trì tốc độ động cơ để đảm bảo sai lệch tĩnh)

* $A \Rightarrow B$: tự động ổn định tốc độ.

* $A_1 \Rightarrow B_1$: tự động suy giảm tốc độ.

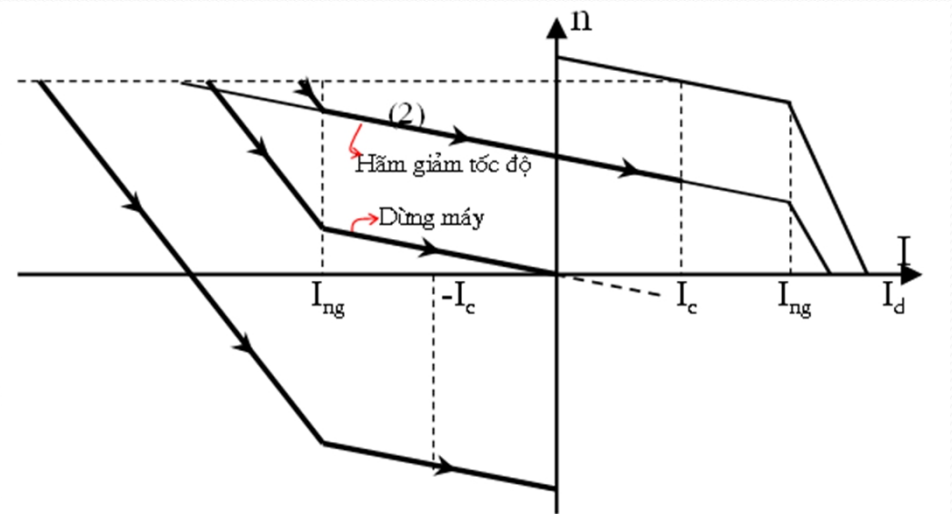


Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

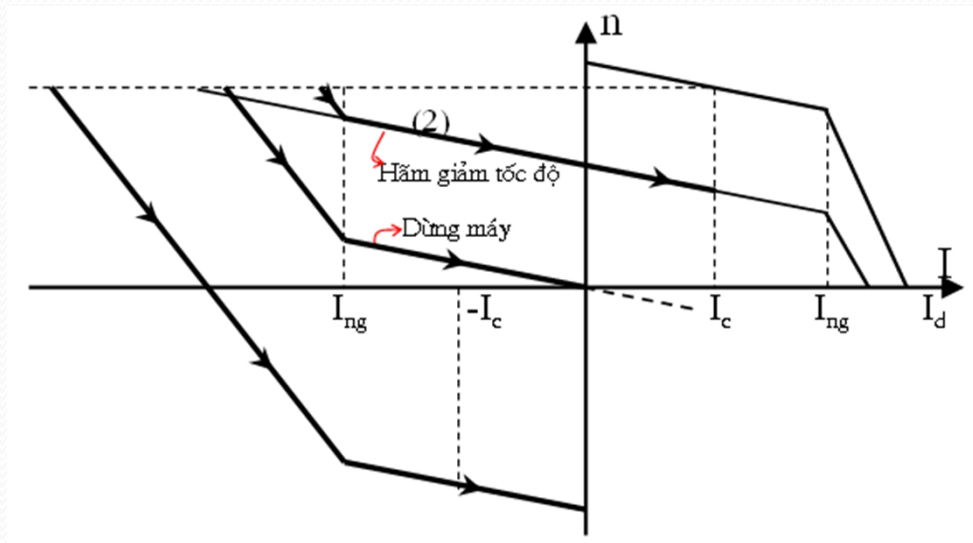
- ❖ Đảo chiều: Để đảo chiều ta đảo cực tính U_{cd} (khi đó với các bộ biến đổi điều khiển độc lập thì xung được đưa sang bộ biến đổi ngược. Còn với các bộ biến đổi điều khiển phối hợp góc α của bộ biến đổi tự động điều chỉnh góc α cho nhau) khi đó dòng điện sẽ đảo chiều và động cơ chuyển sang trạng thái hãm giảm tốc độ thuận.

Hệ hãm trên đặc tính cả 2 phản hồi cùng tham gia, đến khi tốc độ giảm về 0 thì bắt đầu khuếch đại ngược tương tự khuếch đại thuận:

$$I_u = \frac{-E_{BBS} + K_e \cdot n}{R_u}$$



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều



Dừng máy: Để dừng máy ta cắt U_{cd} và giảm về 0 khi đó quá trình xảy ra hoàn toàn như giảm tốc độ (giảm nhiều U_{cd}) và điểm đích là gốc toạ độ. (Tải phản kháng thì dừng lại ở 0, tải thế năng thì kéo dài nếu không tải sẽ rơi).

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Sơ đồ 2:

Do sơ đồ 2 có 2 bộ khuếch đại mà K_n cho phép bão hoà nên số tình huống xảy ra trong hệ nhiều hơn sơ đồ 1.

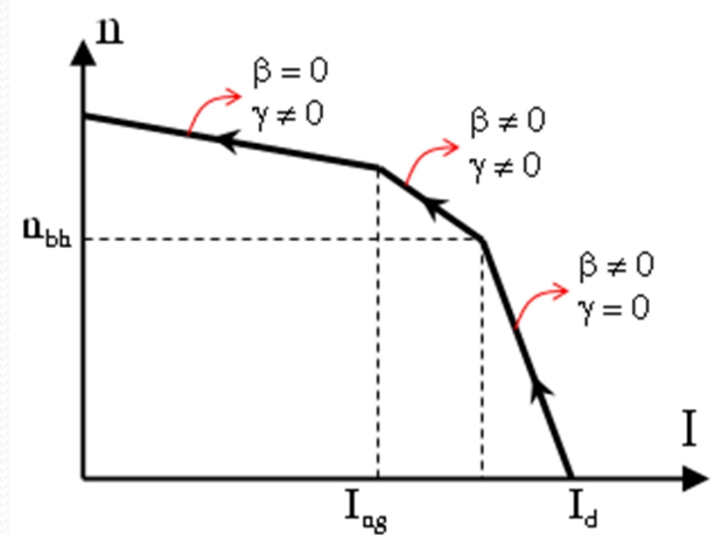
- ❖ **Khởi động:** Tương tự như sơ đồ 1, tại điểm đầu khởi động khi đã kết thúc quá trình quá độ điện từ $I_u = I_d \gg I_c$ hệ bắt đầu tăng tốc từ 0, nhưng khi đó: $U_{v Kn} = U_{cd} \gg U_{v bh}$ vì vậy hệ được tăng tốc trên đặc tính chỉ có phản hồi âm dòng.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

Trường hợp 1: Nếu tốc độ tăng nhanh hơn lượng dòng điện giảm thì:

$$U_{cd} - \gamma n < U_{bh} \text{ và } I_u > I_{ng}$$

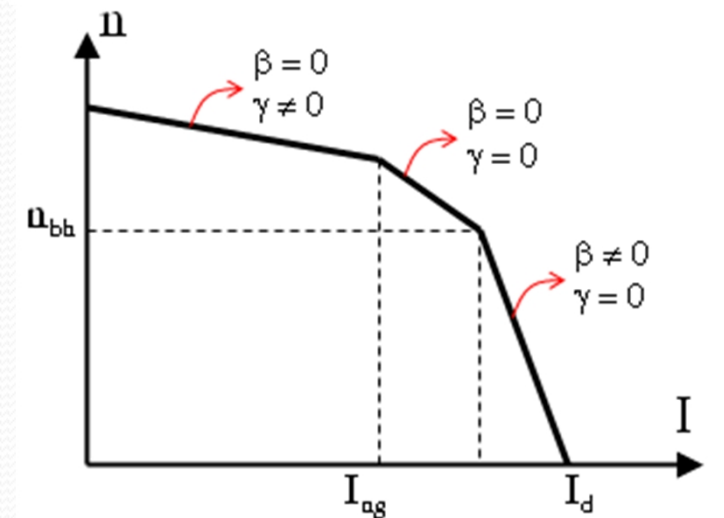
$\Rightarrow$ Hệ chuyển sang khởi động trên đặc tính cả hai phản hồi.



Trường hợp 2: Nếu tốc độ tăng nhỏ hơn sự giảm của dòng điện thì:

$$U_{cd} - \gamma n > U_{bh} \text{ và } I_u < I_{ng}$$

$\Rightarrow$ Hệ chuyển sang khởi động trên đặc tính hệ hở.



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

⇒ Cả hai quá trình trên đều làm tăng tốc độ và dòng điện giảm tiếp đến khi K_n không bảo hoà $I_u < I_{ng}$ thì chuyển sang khởi động trên đặc tính chỉ có khâu phản hồi âm tốc độ tham gia, đến khi $I_u \div I_c$ kết thúc quá trình khởi động.

■ **Chú ý:** $K = \frac{U_{r\text{ bh}}}{U_{v\text{ bh}}} = \left(\frac{U_r}{U_v} \right)$ Cách dựng như sau:

Viết phương trình từng đoạn phụ thuộc β, γ , xác định 2 điểm nối kéo dài cắt nhau ở đâu là I_{ng} , kiểm tra I_{ng} , với $I_{ng} = (1,1 \div 1,3)I_{dm}$.

✓ Các nguyên lý khác: Tương tự như sơ đồ 1 chỉ lưu ý đến khả năng có đoạn đặc tính trung gian.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ❖ $I_u < I_{ng} \Rightarrow$ đầu ra bộ cộng (1) âm $\rightarrow 0$,
 $\Rightarrow \beta = 0$ (âm dòng không tham gia), $-\gamma \neq 0$ (âm tốc độ tham gia).

$$n = \left[(U_{cd} - \gamma n) \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u \right] \cdot K_{Đ}$$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ}}{1 + \gamma \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ}} - \frac{(R_{BBĐ} + R_s + R_u)}{1 + \gamma \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ}} I_u \cdot K_{Đ} \quad (1)$$

- ❖ $I_u > I_{ng} \Rightarrow \beta \neq 0; \gamma \neq 0$

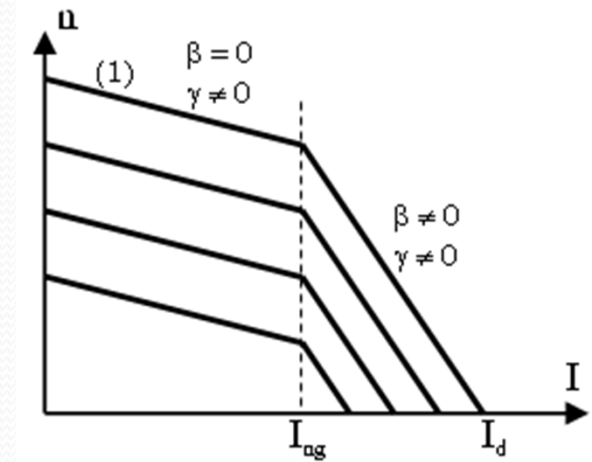
$$n = \left[U_{cd} - \gamma n - (\beta I_u - U_{ng}) \right] \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} - \left[(R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u \right] \cdot K_{Đ}$$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ}}{1 + \gamma \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ}} - \frac{(R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u + (\beta I_u - U_{ng}) \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ}}{1 + \gamma \cdot K_{KĐ} \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ}} \quad (2)$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

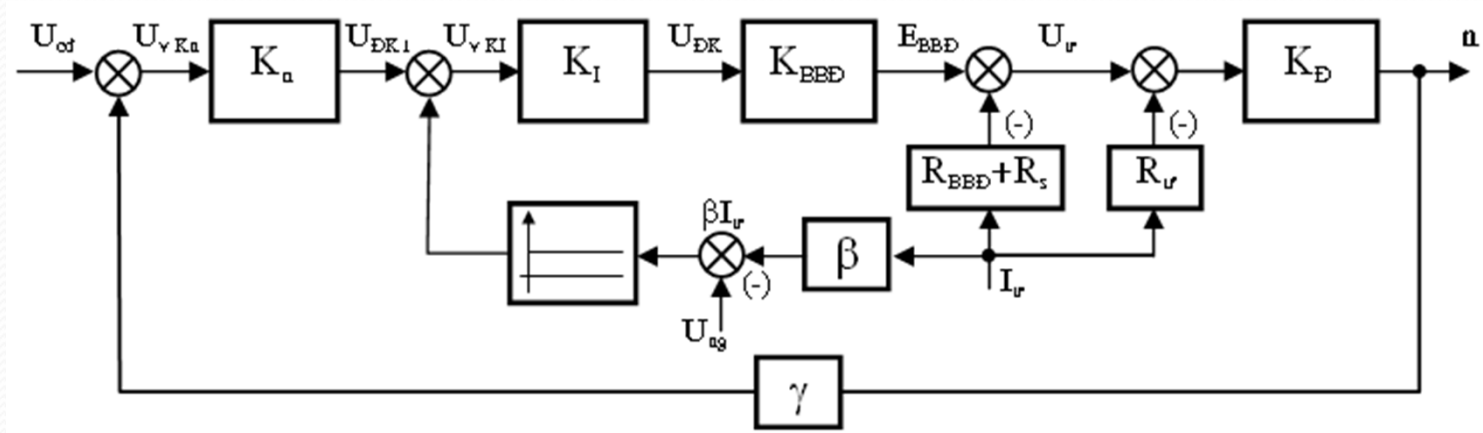
Kết luận:

- ✓ Hai phương trình (1), (2) có Δn phương trình (2) > Δn phương trình (1)
 $\Rightarrow$ đặc tính biểu diễn phương trình (2) mềm hơn phương trình (1).
Khi thay đổi U_{cd} làm thay đổi n_0 của cả 2 phương trình còn độ cứng cố định, vì vậy tạo ra họ đặc tính song song với nhau tương ứng nên điểm đặc tính cắt trục hoành (dòng điện khởi động) sẽ phụ thuộc vào U_{cd} (U_{cd} nhỏ dòng khởi động sẽ nhỏ).
- ✓ Khi thay đổi β chỉ làm ảnh hưởng độ cứng của phương trình (2), nếu tăng β đặc tính sẽ mềm đi (phương trình (1) không thay đổi).
- ✓ Còn khi thay đổi γ độ cứng của cả hai phương trình thay đổi theo, khi thay đổi U_{cd} độ cứng cố định.
- ❖ Để tính toán thiết kế ta áp công nghệ vào 1 trong 2 phương trình trên tùy theo đặc điểm công nghệ xác định như n_0 , I_d , I_{ng} , n_{dm} .



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Sơ đồ 2:



❖ **Trường hợp 1:** $I_u < I_{ng}$, K_n chưa bão hoà; $\beta = 0$; $\gamma \neq 0$.

$$n = \left[(U_{cd} - \gamma n) \cdot K_n \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u \right] \cdot K_D$$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_n \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D}{1 + \gamma \cdot K_n \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D} - \frac{(R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u \cdot K_D}{1 + \gamma \cdot K_n \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D} \quad (1)$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ❖ **Trường hợp 2:** $I_u \geq I_{ng}$, K_n chưa bão hoà; $\beta \neq 0$; $\gamma \neq 0$.

$$n = \left\{ \left[(U_{cd} - \gamma n) \cdot K_n - (\beta I_u - U_{ng}) \right] \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u \right\} \cdot K_D$$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_n \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D}{1 + \gamma \cdot K_n \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D} - \frac{(R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u + (\beta \cdot I_u - U_{ng}) \cdot K_I \cdot K_{BBĐ}}{1 + \gamma \cdot K_n \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D} \cdot K_D \quad (2)$$

- ❖ **Trường hợp 3:** $I_u < I_{ng}$, K_n bão hoà; $\beta = 0$; $\gamma = 0 \Rightarrow$ Hệ hở.
Do K_n bão hoà $\Rightarrow U_{DK1} = U_{rbh} = \text{const.}$

$$n = \left[U_{rbh} \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u \right] \cdot K_D$$

$$n = U_{rbh} \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u \cdot K_D$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

❖ **Trường hợp 4:** $I_u \geq I_{ng}$, K_n bão hoà; $\beta \neq 0$; $\gamma = 0$

$$n = \left\{ \left[U_{rbh} - (\beta \cdot I_u - U_{ng}) \right] \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) I_u \right\} \cdot K_D$$
$$n = U_{rbh} \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D - \left[(R_{BBĐ} + R_s + R_u) + (\beta \cdot I_u - U_{ng}) \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \right] K_D \quad (4)$$

Chú ý: Nếu xét về độ cứng đặc tính thì:

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| * (1) cứng nhất | * (3) không thay đổi được. |
| * (2) thay đổi được | * (4) mềm nhất |

Nên khi khởi động muốn dòng khởi động nhỏ nhất ta sử dụng (4).

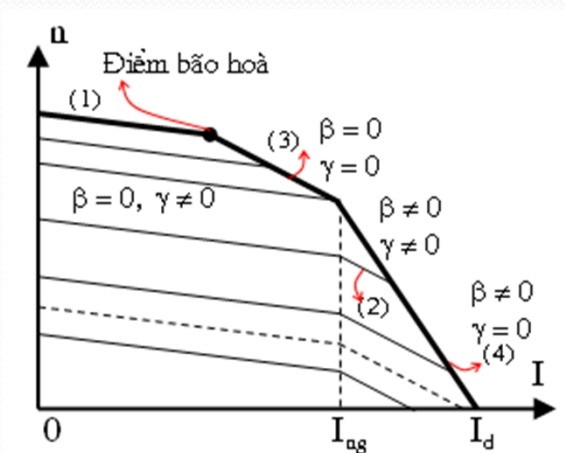
Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ❖ **Kết luận:**
- ✓ So sánh (4) phương trình trên ta thấy (1) có độ cứng đặc tính là lớn nhất, phương trình (4) mềm nhất, phương trình (2) & (3) độ cứng trung gian nhưng độ cứng phương trình (3) không thay đổi được (được quyết định bởi thông số mạch động lực) còn phương trình (2) thay đổi được bởi β , γ , K_I , K_n .
- ✓ Khi thay đổi U_{cd} chỉ làm thay đổi n_0 của phương trình (1) & (2) còn độ cứng không thay đổi trong đó phương trình (3) & (4) không phụ thuộc vào U_{cd} , nếu thông số mạch cố định thì với mọi U_{cd} phương trình (3) & (4) suy biến thành (1).
- ✓ Khi thay đổi β làm thay đổi độ cứng phương trình (2) & (4) theo hướng tăng $\beta \Rightarrow$ đặc tính mềm đi đồng thời I_{ng} sẽ giảm, muốn giữ I_{ng} ta phải tăng U_{ng} tương ứng.
- ✓ Do khi khởi động với mọi U_{cd} phần đa rơi vào phương trình (4) $\Rightarrow$ Dòng điện khởi động cố định.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Vẽ họ đặc tính:

- ✓ Dựng đường (3) $\gamma = 0; \beta = 0 \Rightarrow$ Hệ hở.
- ✓ Dựng đường (4) $\gamma \neq 0; \beta = 0 \Rightarrow$ Điểm cắt nhau của (3) & (4): $I_r = I_{ng}$.
- ✓ Khi đã có (3) $\Rightarrow$ cả vùng còn lại là (1) giả sử có (1), (1) giao với (3) tại điểm bão hoà (khi thay đổi U_{cd} có họ đặc tính song song (sẽ có 1 đường đi qua I_d (4)).
- ✓ Để tính toán thiết kế ta phải xác định dạng đặc tính từ đó có các phương trình tương ứng với các đoạn và dựa vào các điểm cơ bản như điểm không tải, điểm dừng, điểm ngắt, điểm bão hoà, điểm định mức để lập ra các phương trình hoặc có thể chọn gần đúng các thông số sau đó phải biện luận để khẳng định dạng đặc tính của hệ từ đó dựa vào các phương trình tương ứng để xây dựng ra đặc tính sẽ tìm được I_{ng} , I_d , S_t , D .

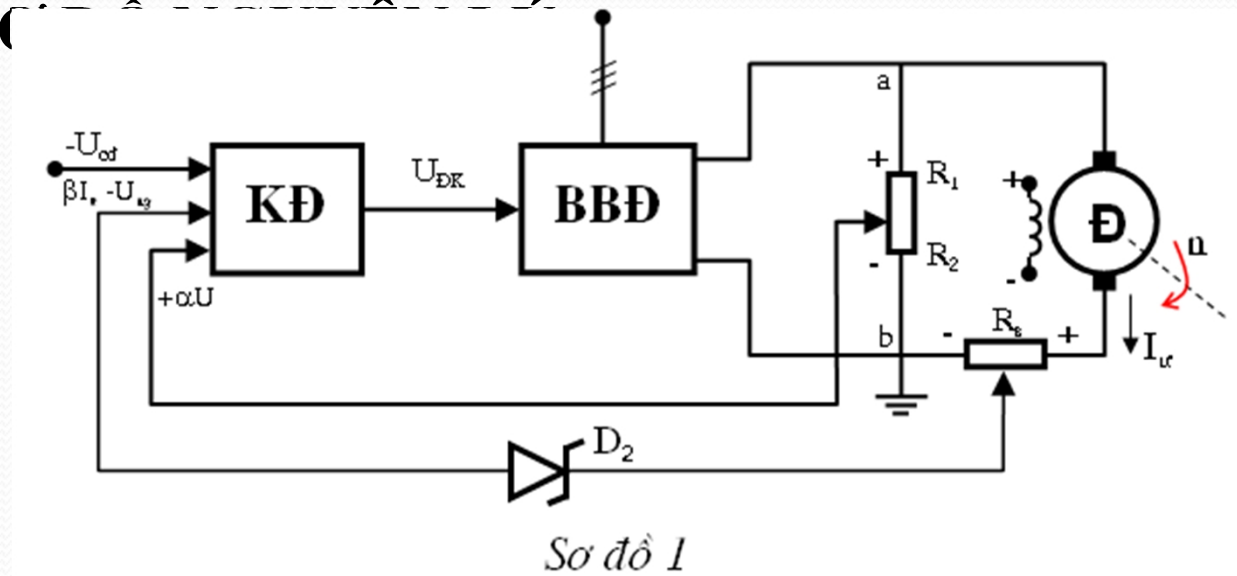


Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

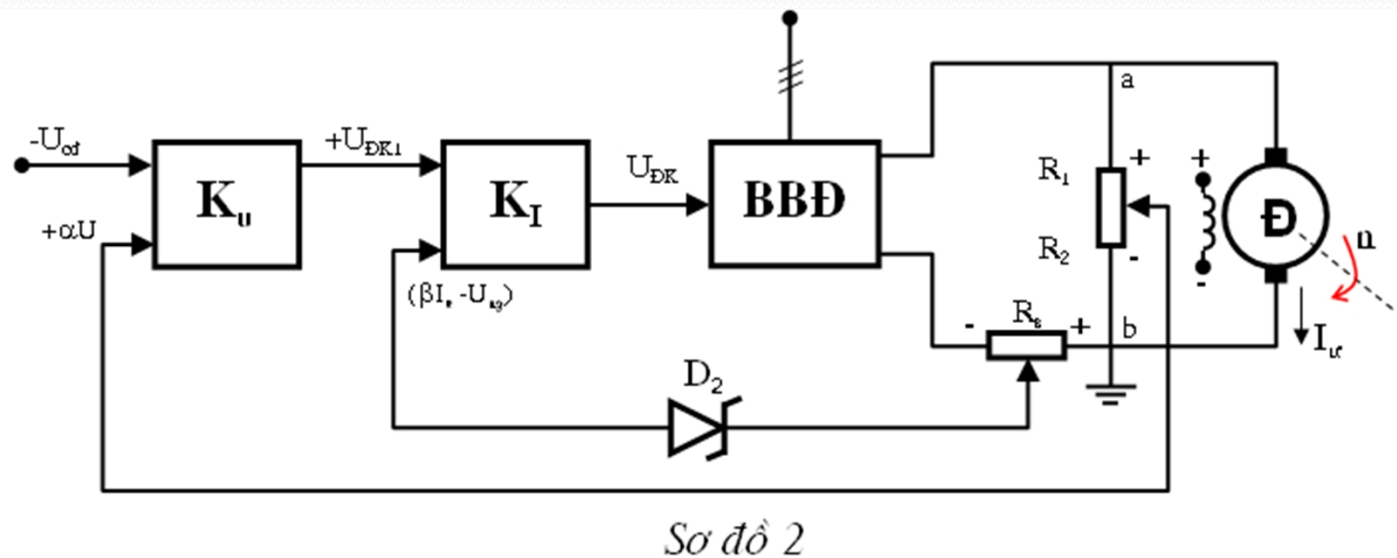
§3.4. HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỰ ĐỘNG DÙNG PHẢN HỒI ÂM ÁP, ÂM DÒNG CÓ NGẮT

- ❖ DO SỬ DỤNG PHẢN HỒI ÂM ÁP CÓ ĐỘ CỨNG VẪN CAO $\Rightarrow$ DÒNG KHỞI ĐỘNG LỚN $\Rightarrow$ SỬ DỤNG THÊM PHẢN HỒI ÂM DÒNG CÓ NGẮT.

3.4.1- Sơ đồ



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều



Chất lượng điện áp ở sơ đồ [2] tốt hơn so với [1] vì ở sơ đồ [2] bỏ qua sụt áp trên R_s .

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

3.4.2- Nguyên lý làm việc:

Tương tự hệ phản hồi âm tốc độ, âm dòng có ngắt chỉ khác ở việc tổng hợp tín hiệu bộ khuếch đại.

❖ *Sơ đồ 1:*

- Khi $I_u \leq I_{ng} \Rightarrow$ Phản hồi âm dòng có ngắt chưa tham gia chỉ có phản hồi âm áp. $U_v = (U_{cđ} - \alpha U) = U_{cđ} - \alpha [K_e \cdot n + (R_u + R_s) \cdot I_u]$
- Khi $I_u \geq I_{ng} \Rightarrow$ Cả hai phản hồi cùng tham gia.
$$U_v = U_{cđ} - \alpha U - \beta (I_u - I_{ng}) = U_{cđ} - \alpha [K_e \cdot n + (R_u + R_s) \cdot I_u] - \beta (I_u - I_{ng})$$

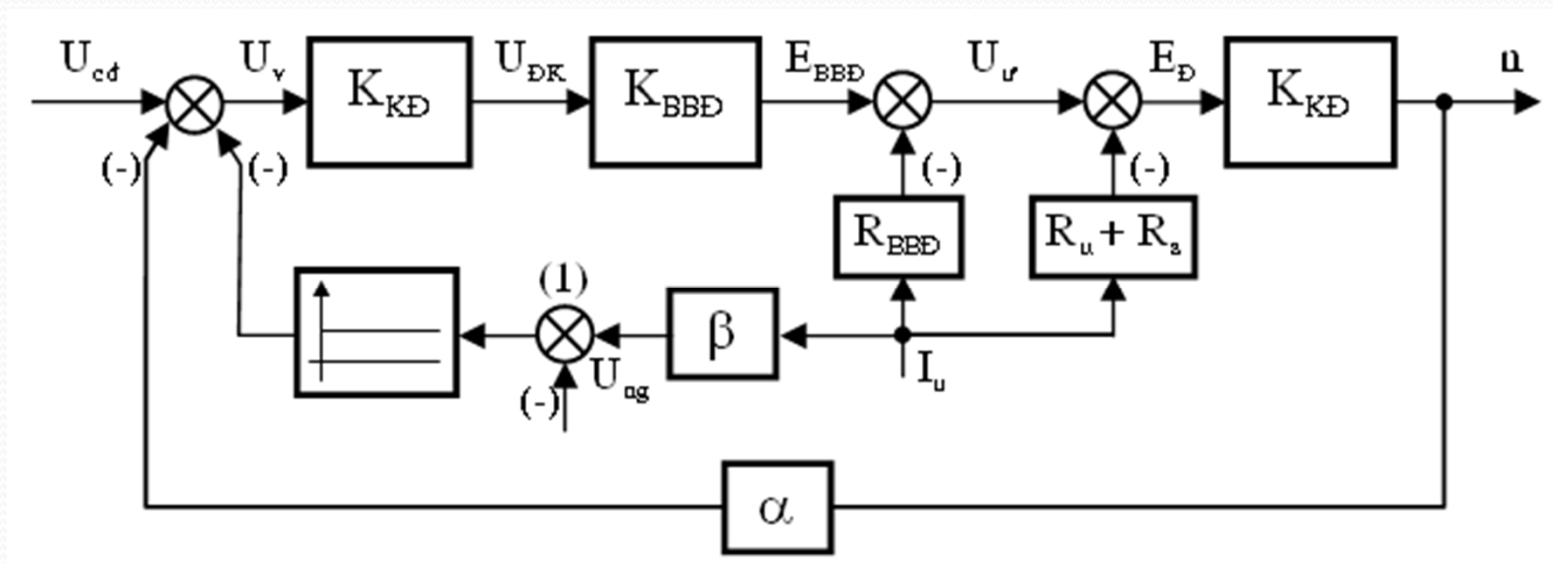
❖ *Sơ đồ 2:*

$$U_{v \text{ Ku}} = U_{cđ} - \alpha (K_e \cdot n + R_u \cdot I_u)$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

3.4.3- Biểu thức tính toán:

- **Sơ đồ 1:** Từ sơ đồ nguyên lý ta có sơ đồ cấu trúc tĩnh:



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

❖ Khi $I_u < I_{ng}$: $\alpha \neq 0$; $\beta = 0$ (1)

$$U = (U_{cd} - \alpha U) \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD} - R_{BBD} \cdot I_u$$

$$U = \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} - \frac{R_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} I_u$$

$$n = [U - (R_u - R_s) I_u] \cdot K_D$$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD} \cdot K_D}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} - \left(\frac{R_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} + R_u + R_s \right) I_u \cdot K_D$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

❖ Khi $I_u \geq I_{ng}$: $\alpha \neq 0$; $\beta \neq 0$. (2)

$$U = \left[U_{cd} - \alpha U - (\beta I_u - U_{ng}) \right] K_{KD} K_{BBD} - R_{BBD} I_u$$

$$U = \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} - \frac{R_{BBD} \cdot I_u + (\beta I_u - U_{ng}) \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}$$

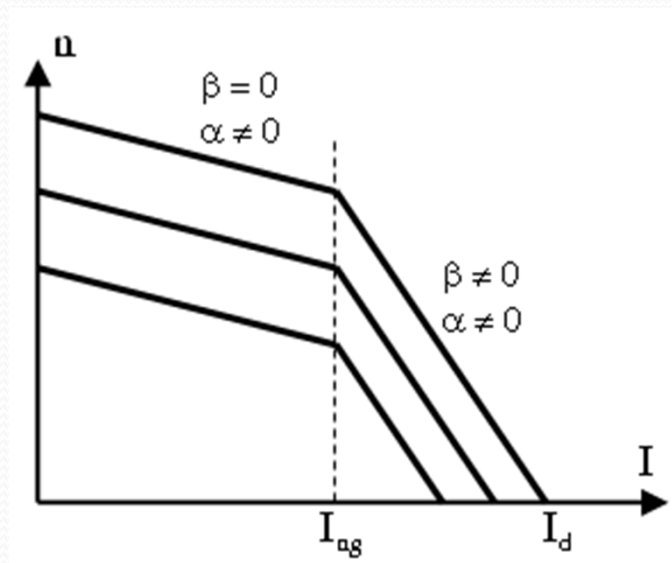
$$n = \left[U - (R_u + R_s) I_u \right] \cdot K_D$$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD} \cdot K_D}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} - \left[\frac{R_{BBD} \cdot I_u + (\beta I_u - U_{ng}) \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_{KD} \cdot K_{BBD}} + (R_u + R_s) I_u \right] \cdot K_D$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

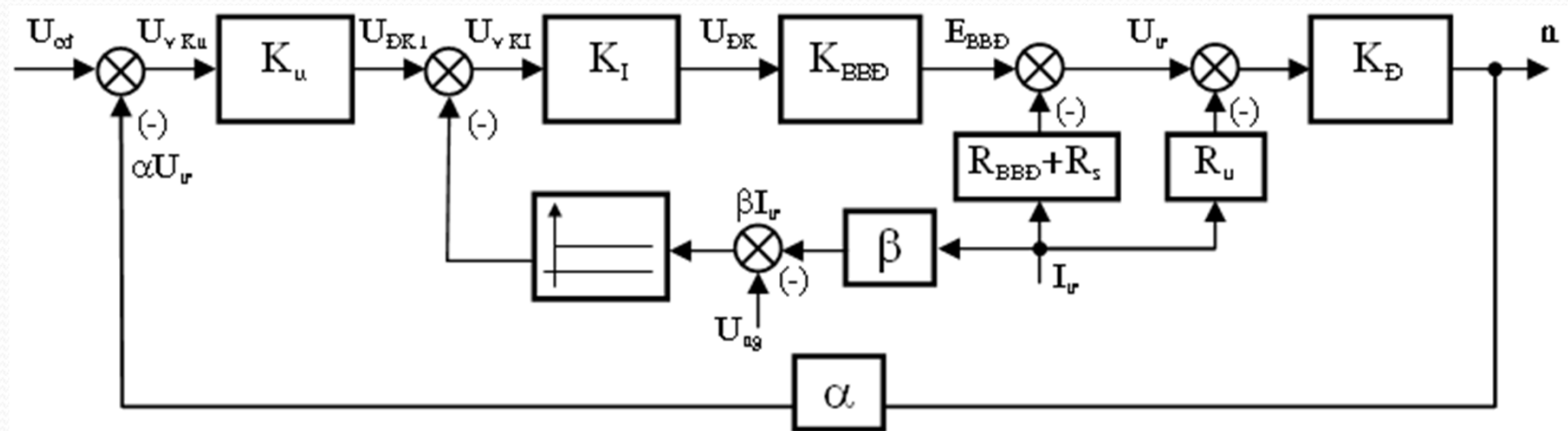
⇒ Ta thấy phương trình (2) có Δn lớn hơn phương trình (1) nên đặc tính mềm hơn.

- Khi thay đổi $U_{cđ}$ làm thay đổi n_0 ở hai phương trình còn độ cứng cố định nên tạo ra họ đặc tính song song từng vùng. Do đó, khi khởi động với các $U_{cđ}$ khác nhau dòng điện khởi động ban đầu khác nhau
⇒ Khi điều chỉnh $U_{cđ}$ sẽ được họ đặc tính song song từng vùng.



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- Sơ đồ 2: Từ sơ đồ nguyên lý ta có sơ đồ cấu trúc tĩnh:



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Trường hợp 1:

- ❖ Khi $I_u < I_{ng}$: K_u chưa bão hoà $\alpha \neq 0$; $\beta = 0$

$$U_u = (U_{cd} - \alpha U_u) \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD} - (R_{BBD} + R_s) \cdot I_u$$

$$U_u = \frac{U_{cd} \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}} - \frac{(R_{BBD} + R_s)}{1 + \alpha \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}} \cdot I_u$$

$$n = [U_u - I_u \cdot R_u] \cdot K_D$$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD} \cdot K_D}{1 + \alpha \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}} - \left(\frac{R_{BBD} + R_s}{1 + \alpha \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}} + R_u \right) \cdot I_u \cdot K_D$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Trường hợp 2:

- ❖ Khi $I_u \geq I_{ng}$: K_u chưa bão hoà $\alpha \neq 0$; $\beta \neq 0$

$$U_u = \left[(U_{cd} - \alpha U_u) \cdot K_u - (\beta I_u - U_{ng}) \right] \cdot K_I \cdot K_{BBD} - (R_{BBD} + R_s) \cdot I_u$$

$$U_u = \frac{U_{cd} \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD} \cdot K_D}{1 + \alpha \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}} - \left[\frac{(R_{BBD} + R_s) I_u + (\beta I_u - U_{ng}) \cdot K_I \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}} + R_u I_u \right] \cdot K_D$$

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD} \cdot K_D}{1 + \alpha \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}} - \left[\frac{(R_{BBD} + R_s) I_u + (\beta I_u - U_{ng}) \cdot K_I \cdot K_{BBD}}{1 + \alpha \cdot K_u \cdot K_I \cdot K_{BBD}} + R_u I_u \right] \cdot K_D$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

■ Trường hợp 3:

- ❖ Khi $I_u < I_{ng}$, K_n bão hoà; $\beta = 0$; $\gamma = 0 \Rightarrow$ Hệ hở.

Do K_n bão hoà $\Rightarrow U_{ĐK1} = U_{r\ bh} = \text{const.}$

$$n = U_{r\ bh} \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ} - (R_{BBĐ} + R_s + R_u) I_u \cdot K_{Đ}$$

■ Trường hợp 4:

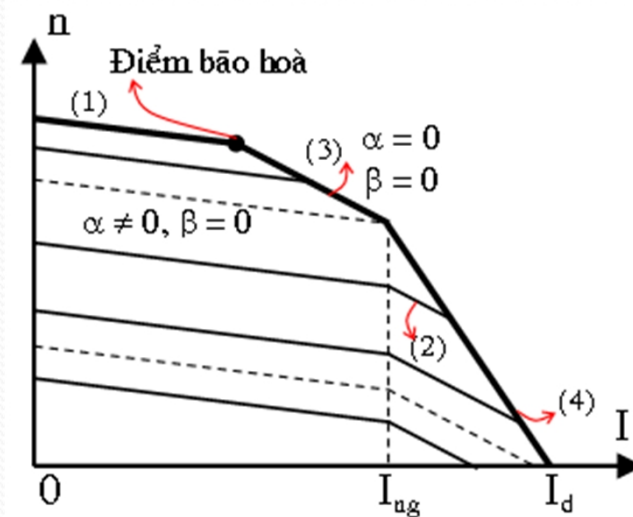
- ❖ Khi $I_u \geq I_{ng}$: K_u bão hoà $\alpha = 0$; $\beta \neq 0$

$$n = U_{r\ bh} \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \cdot K_{Đ} - \left[(R_{BBĐ} + R_s + R_u) \cdot I_u + (\beta \cdot I_u - U_{ng}) \cdot K_I \cdot K_{BBĐ} \right] \cdot K_{Đ}$$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

Kết luận:

- ❖ Từ các phương trình trên ta thấy phương trình (1) đặc tính cứng nhất, phương trình (4) đặc tính mềm nhất; phương trình (2) & (3) độ cứng trung gian, trong đó phương trình (3) độ cứng cố định.



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

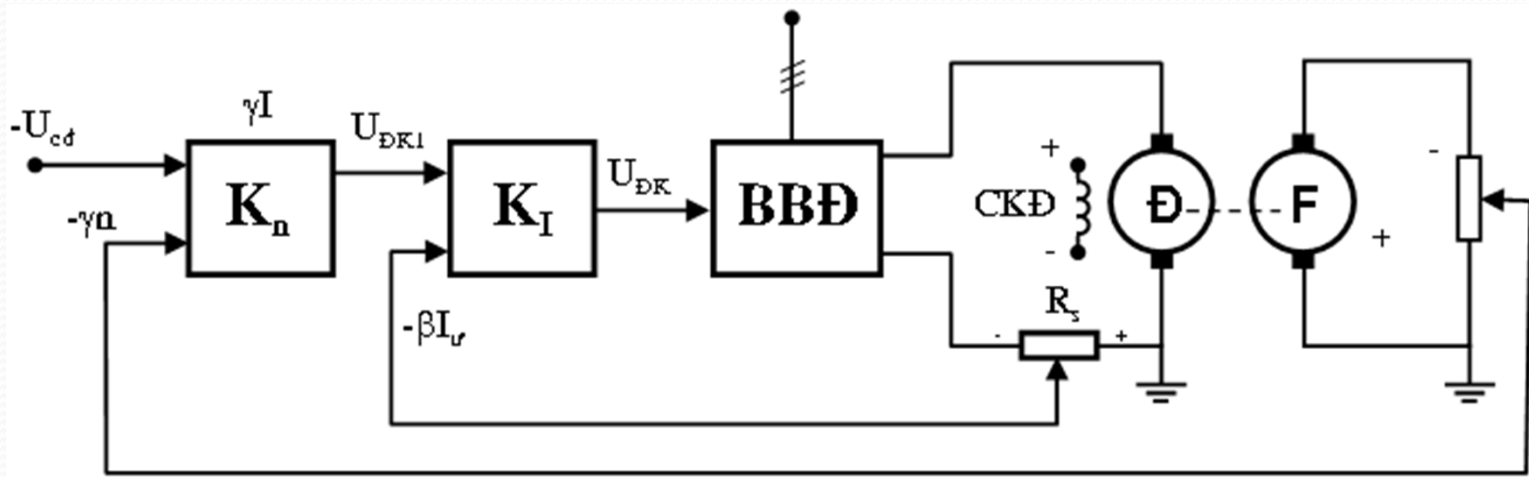
§3.5. HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TỰ ĐỘNG DÙNG PHẢN HỒI ÂM TỐC ĐỘ, ÂM DÒNG ĐIỆN

3.5.1- SƠ ĐỒ:

- ❖ TA THẤY VỚI HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN, KHI KHỞI ĐỘNG $U_V = U_{CD}$, ĐÂY LÀ ĐIỆN ÁP ĐẦU VÀO BỘ TỔNG HỢP KHUẾCH ĐẠI, TỐC ĐỘ CÓ GIÁ TRỊ LỚN TẠO NÊN CHẾ ĐỘ BẢO HOÀ. NẾU LẤY TÍN HIỆU NÀY ĐƯA VÀO BỘ KHUẾCH ĐẠI DÒNG ĐIỆN THÌ ĐÂY CHÍNH LÀ CHẾ ĐỘ ĐẶT DÒNG ĐIỆN.
- ❖ MẶT KHÁC MUỐN HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN KHỞI ĐỘNG ÊM, TỨC TỐC ĐỘ TĂNG DẦN ĐỀU (GIA TỐC KHÔNG ĐỔI), MUỐN VẬY $I_U = \text{CONST}$. KHI KHỞI ĐỘNG ĐỂ THỰC HIỆN TA PHẢI DÙNG MẠCH ĐẢM BẢO SAI LỆCH DÒNG ĐIỆN BẰNG 0 $\Rightarrow$ BỘ TỔNG HỢP K_D, K_I CÓ QUY LUẬT PI.

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ❖ Ngoài ra, khi khởi động xong ta mong muốn tốc độ khi tải thay đổi trong dải cho phép phải cố định. Muốn vậy, bộ tổng hợp K_D , K_n cũng phải có quy luật PI và khi làm việc có chế độ bão hoà. Vì vậy ta có sơ đồ nguyên lý hệ thống như sau:



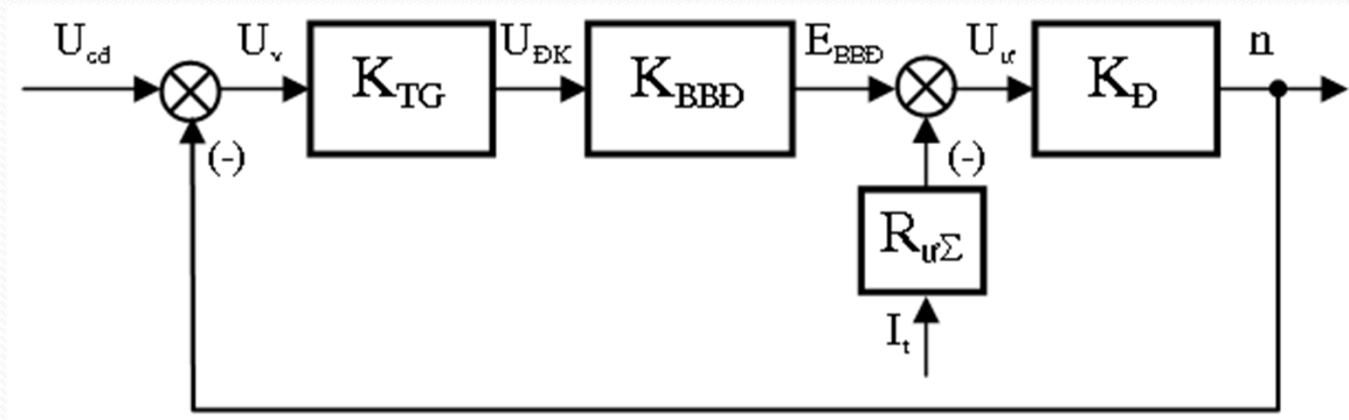
Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

3.5.2- Khởi động:

- ❖ Để khởi động, ta đặt U_{cd} và đưa hệ thống vào lưới điện, khi đó $U_{v Kn} = U_{cd}$ có giá trị lớn, làm K_n bão hoà $\Rightarrow U_{DK1} = U_{r bh} = \text{const}$. Đây chính là giá trị đặt của dòng điện I_r . (Tại thời điểm đầu $I_r = 0$) nên xu hướng U_{DK} , $E_{BBĐ}$, I_r lớn làm phản hồi âm dòng ($\beta \cdot I_r$) tham gia mãnh liệt để kéo dòng điện I_r giảm xuống, đến khi kết thúc quá trình quá độ điện từ trong mạch vòng dòng điện và mạch vòng phản ứng thì ta được dòng điện ổn định đúng bằng giá trị đặt $U_{DK1} = U_{r bh}$ đó chính là dòng dừng I_d (chưa có tốc độ do chưa kể đến quá trình quá độ cơ) với dòng điện này ta phải thiết kế $> I_c$ ($> I_{dm}$) làm gia tốc của hệ dương và tốc độ bắt đầu tăng, khi đó K_n vẫn đang bão hoà $U_{DK1} = U_{r bh} = \text{const} \Rightarrow$ Duy trì dòng điện khi tốc độ tăng $\neq 0$ thì dòng điện vẫn là I_d , quá trình cứ tiếp diễn như vậy cho đến khi tốc độ đạt được đúng bằng tốc độ đặt $U_{cd} = \gamma n$ thì $U_{v Kn} = 0$ và xu hướng tăng tiếp (do gia tốc vẫn đang dương, $I_r = I_d$).

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- ❖ Khi $\gamma_n > U_{cd}$ thì U_v K_n đảo dấu, vớ vậy tụ điện trong mạch PI của K_n phóng điện và U_{DK1} bắt đầu giảm làm cho dòng điện I_u giảm theo. Do I_u giảm làm gia tốc của hệ cũng giảm theo, quá trình gia tốc chậm lại đến khi kết thúc quá trình quá độ thì I_u giảm về bằng I_c và khi đó: $n = n_{y.c}$; $(dn/dt = 0) \Rightarrow$ Kết thúc quá trình khởi động.
- **Hệ truyền động phản hồi âm tốc độ, âm dòng có ngắt:**
 - **Đoạn 1:** Chỉ có khâu phản hồi âm tốc độ.



Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

$$n = \frac{U_{cd} \cdot K - I_u \cdot R_{\Sigma} \cdot K_D}{1 + \gamma K}$$

$$K = K_{KD} \cdot K_{BBĐ} \cdot K_D$$

$$K_D = \frac{1}{K_e};$$

$$K_e = \frac{U_{dm} - R_{\Sigma} \cdot I_{dm}}{n_{dm}}$$

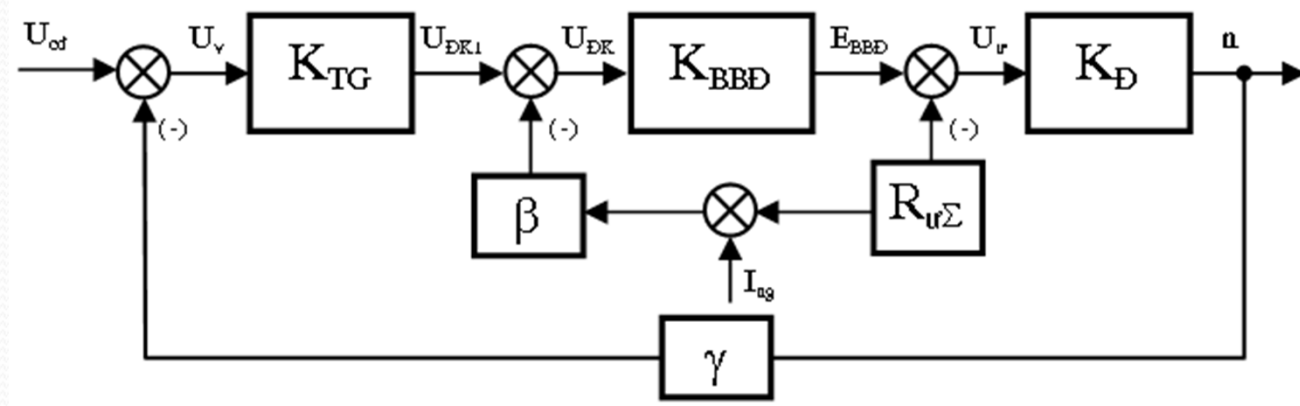
Với $n = n_{dm}$; U_{cd} , I_{dm} , $\gamma \Rightarrow$ tính được $K \Rightarrow$ Tính được K_{KD} .

* Điểm không tải: ($I_u = 0$) $\Rightarrow n_0 = \frac{U_{cd} \cdot K}{1 + \gamma K}$

* Điểm ngắt: $I_{ng} = 1,2 \cdot I_{dm}$ $n_{ng} = \frac{U_{cd} \cdot K - I_{ng} \cdot R_{\Sigma} \cdot K_D}{1 + \gamma K}$

Chương III- Hệ truyền động điện tự động dùng động cơ một chiều

- **Đoạn 2:** Cả hai khâu cùng tham gia.



$$n_{ng} = \frac{U_{cd} \cdot K - \beta \cdot \Delta I - I_u \cdot R_{\Sigma} \cdot K_D}{1 + \gamma K}$$

Điểm bão hoà:

$$U_{bh} = (U_{cd} - \gamma \cdot n_{bh}) \cdot K_{KD} = 13V$$

⇒ Tính ra n_{bh} .

$$U_{bh} = \frac{U_{cd} \cdot K - (\beta \cdot I_{bh} - U_{ng})}{1 + \gamma K} = I_{bh} \cdot R_{\Sigma} \cdot K_D$$

⇒ Tính ra I_{bh} .

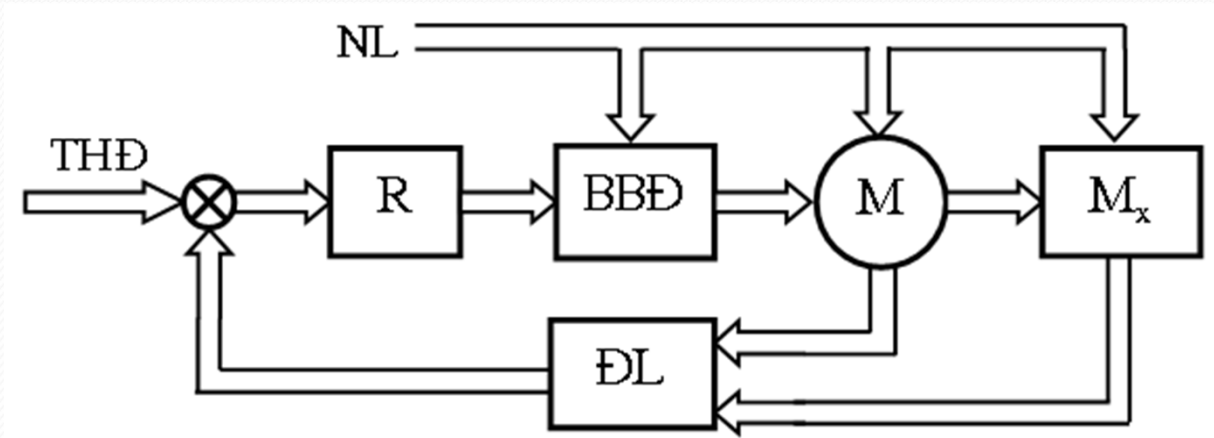
$$I_d = 2,5 \cdot I_{dm}$$

§ 4.1. KHÁI NIỆM CHUNG VÀ PHÂN LOẠI

4.1.1- KHÁI NIỆM CHUNG

- ❖ HỆ ĐIỆN CƠ LÀ CÁC HỆ THỐNG DÙNG ĐỂ CHUYỂN ĐỔI ĐIỆN NĂNG THÀNH CƠ NĂNG VÀ KHỐNG CHẾ CƠ NĂNG ĐÓ. PHẦN CƠ BẢN CỦA HỆ ĐIỆN CƠ LÀ HỆ TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN.
- ❖ MỤC TIÊU CƠ BẢN CỦA HỆ TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN LÀ PHẢI BẢO ĐẢM GIẢM GIÁ TRỊ YÊU CẦU CỦA CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỀU CHỈNH MÀ KHÔNG PHỤ THUỘC VÀO CÁC TÁC ĐỘNG CỦA NHIỀU LOẠI LÊN HỆ.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ



Trong đó:

- ✓ **Phân lực của hệ:** (BBĐ): Bộ biến đổi; (M): Động cơ điện.
(MX): Máy sản xuất.
- ✓ **Phần điều khiển:** (R): Bộ điều chỉnh; (ĐL): Khâu đo lường.
(THĐ): Tín hiệu đặt; (NL): Nhiễu loạn.
- ✓ Động cơ truyền động M có thể là động cơ một chiều, xoay chiều không đồng bộ hoặc đồng bộ nhận điện năng từ bộ biến đổi.
- ✓ (BBĐ): Bộ biến đổi biến đổi điện năng này thành cơ năng truyền cho máy sản xuất.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Bộ biến đổi có thể là sơ đồ chỉnh lưu, bộ biến đổi tần số... Các bộ biến đổi trong hệ điện cơ thực hiện quá trình biến đổi năng lượng điện của nguồn điện thành dạng năng lượng điện thích ứng với động cơ truyền động, ngoài ra nó còn có chức năng khác là mang thông tin điều khiển để điều khiển các tham số đầu ra của bộ biến đổi (điện áp, dòng điện, công suất). Tín hiệu đầu ra của bộ điều chỉnh R trong hệ thống bộ điều chỉnh nhận tín hiệu về thông báo về sai lệch, trạng thái làm việc của hệ thống truyền động bằng việc so sánh 2 tín hiệu gọi là tín hiệu đặt và tín hiệu đầu ra của khâu đo lường nó thực hiện việc khuếch đại và tạo ra hàm điều chỉnh để đưa ra tín hiệu không chế bộ biến đổi bảo đảm cho hệ đạt chất lượng yêu cầu. Khâu đo lường (khâu lấy tín hiệu phản hồi) thực hiện việc biến đổi các đại lượng đầu ra của hệ thống thành các tín hiệu điện phục vụ cho quá trình điều chỉnh.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

4.1.2- Phân loại

- Có nhiều cách phân loại các hệ thống điều chỉnh tự động truyền động điện:
- ❖ ***Phân loại theo động cơ truyền động***
 - * Truyền động điện một chiều
 - * Truyền động xoay chiều
- ❖ ***Phân loại theo tín hiệu của bộ điều chỉnh***
 - * Bộ điều chỉnh tương tự.
 - * Bộ điều chỉnh số.
 - * Bộ điều chỉnh lai tương tự – số.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

❖ **Phân loại theo nhiệm vụ chung**

- Hệ thống điều chỉnh tự động duy trì đại lượng điều chỉnh theo các giá trị đặt trước không đổi.
- Hệ tự động (hệ bám) đây là hệ điều chỉnh tự động truyền động điện thực hiện đo vị trí mà tín hiệu đặt biến thiên một cách tùy ý.
- Hệ điều khiển chương trình: thực chất cũng là hệ điều khiển vị trí nhưng tín hiệu đặt biến thiên theo một quy luật biết trước và mã hoá thành chương trình điều khiển, hệ điều khiển chương trình là hệ điều chỉnh tự động truyền động điện có cấu trúc phức tạp nhất và hiện nay thường được thực hiện bằng điều khiển số có sự giúp đỡ của máy tính (CNC).

§ 4.2. CÁC BÀI TOÀN VỀ TỔNG HỢP HỆ ĐIỆN CƠ

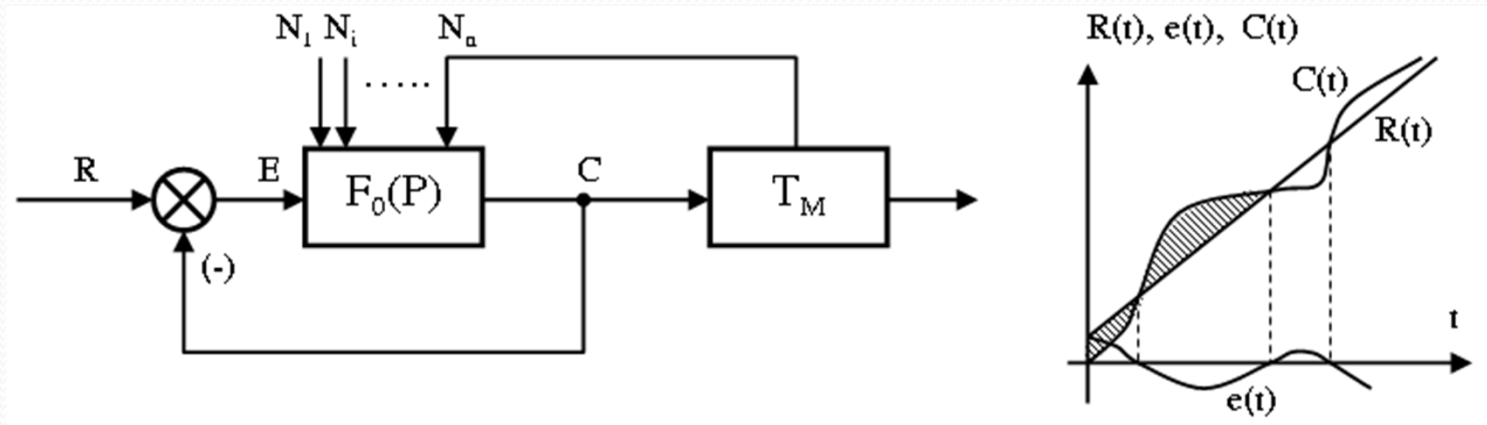
- ❖ KHI THIẾT KẾ CÁC HỆ ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN CHÚNG TA PHẢI ĐẢM BẢO HỆ PHẢI THỰC HIỆN ĐƯỢC TẤT CẢ CÁC YÊU CẦU ĐẶT RA: YÊU CẦU CÔNG NGHỆ, YÊU CẦU VỀ KỸ THUẬT KINH TẾ.
- ❖ VỀ MẶT KỸ THUẬT THÌ ỔN ĐỊNH VÀ CHÍNH XÁC LÀ 2 YÊU CẦU QUAN TRỌNG BẬC NHẤT ĐỂ ĐẢM BẢO ĐƯỢC CÁC YÊU CẦU NHƯ ĐÃ NÊU THÌ CẤU TRÚC CỦA MẠCH ĐIỀU KHIỂN, LUẬT ĐIỀU KHIỂN, VÀ CÁC THAM SỐ CỦA BỘ ĐIỀU CHỈNH, PHẢI ĐẢM BẢO ĐƯỢC YÊU CẦU THÔNG THƯỜNG TRONG QUÁ TRÌNH TỔNG HỢP HỆ ĐIỆN CƠ.

§ 4.3. ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA HỆ ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN TRONG CHẾ ĐỘ XÁC LẬP VÀ TỰA XÁC LẬP

- ❖ VỚI CÁC HỆ ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG NÓI CHUNG CŨNG NHƯ ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN NÓI RIÊNG LUÔN ĐẶT RA YÊU CẦU LÀ ĐẠI LƯỢNG ĐIỀU CHỈNH PHẢI BẮM THEO TÍN HIỆU ĐẶT VỚI MỘT ĐỘ CHÍNH XÁC NÀO ĐÓ TRONG CHẾ ĐỘ XÁC LẬP VÀ TỰA XÁC LẬP, ĐỘ CHÍNH XÁC LÀ MỘT TRONG HAI CHỈ TIÊU KỸ THUẬT QUAN TRỌNG NHẤT CỦA CÁC HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG NÓI CHUNG VÀ HỆ TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN NÓI RIÊNG ĐƯỢC ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG. NGƯỜI TA DỰA TRÊN CƠ SỞ PHÂN TÍCH CÁC SAI LỆCH ĐIỀU CHỈNH VÀ

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

4.3.1- Các hệ số sai lệch:



$$e(t) = R(t) - C(t)$$

- Ta xét hệ tự động điều chỉnh truyền động điện có sơ đồ cấu trúc tối giản như hình vẽ trên.

Với $F_0(P)$: là hàm truyền hệ hở, hệ có phản hồi -1.

* Tín hiệu vào $R(P), R(t)$;

* Tín hiệu ra $C(P), C(t)$.

* Sai lệch $E(P), e(t)$.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

* N_i là các tín hiệu nhiễu tác động lên hệ.

* T_M - Thiết bị công nghệ, máy sản xuất.

$$C(P) = F(P).R(P) + \sum F_i(P).N_i(P) \quad (1)$$

$$F(P) = \frac{F_0(P)}{1 + F_0(P)} \quad (2) \text{ - Là hàm truyền kín của hệ đối với}$$

tín hiệu vào.

* $F_i(P)$ là hàm truyền của hệ đối với tín hiệu nhiễu thứ i .

- **Nhận xét:** Các thành phần quá độ của $C(t)$ phụ thuộc vào đặc tính của mạch vòng điều chỉnh và tín hiệu điều khiển (vào) nó là nghiệm của phương trình vi phân không thuần nhất, thành phần nghiệm riêng của $C(t)$ theo $R(t)$ sẽ chép lại $R(t)$ với một độ chính xác nào đó. Các thành phần của $C(t)$ theo các $N_i(t)$ phải càng nhỏ càng tốt. Khi giả thiết các tín hiệu $R(t)$ cũng như $N_i(t)$ thoả mãn Mailoranh thì sai lệch điều chỉnh $e(t)$: $e(t) = R(t) - C(t)$. Có thể biểu diễn ở dạng hàm chuỗi.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

$$\begin{aligned} e(t) = R(t) - C(t) = & C_0 \cdot R(t) + C_0 \cdot \frac{dR(t)}{dt} + \dots + C_i \cdot \frac{d^i R(t)}{dt} \\ & + C_{0 N_1} \cdot N_1(t) + C_{1 N_1} \frac{dN_1(t)}{dt} + C_{i N_1} \frac{d^i N_1(t)}{dt} \\ & + \dots \\ & + C_{0 N_n} \cdot N_n(t) + C_{1 N_n} \cdot N_n(t) \frac{dN_1(t)}{dt} + C_{i N_n} \frac{d^i N_1(t)}{dt} \\ & + S(t) \end{aligned}$$

Với: C_0, C_1 : Là hằng số và được gọi là các hệ số sai lệch.

$S(t)$: thăng dư.

- ❖ Trong kỹ thuật tự động người ta thường quan tâm đến 3 hệ số sai lệch đầu tiên là C_0, C_1, C_2 và các hệ số này được đặt tên:

C_0 : Hệ số sai lệch vị trí;

C_1 : Hệ số sai lệch tốc độ.

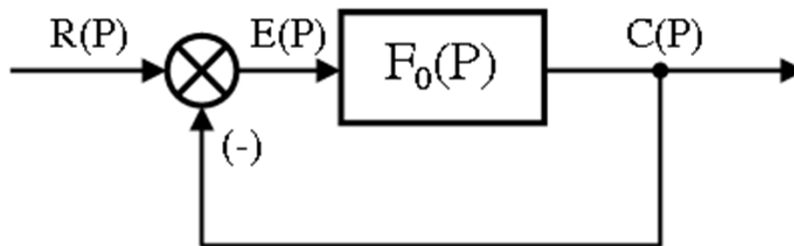
C_2 : Hệ số sai lệch gia tốc.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

- ❖ Một hệ mà có tất cả các hệ số sai lệch bằng 0 thì được gọi là hệ chính xác tuyệt đối.
- ❖ Với giả thiết bỏ qua tác động của nhiễu, lúc này sai lệch của hệ thống chỉ phụ thuộc vào tín hiệu vào.

Khi bỏ qua nhiễu thì: $C(P) = R(P) \cdot F(P)$

$$F_c(P) = \frac{F_0(P)}{1 + F_0(P)}$$



Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Hàm truyền sai lệch theo tín hiệu vào:

$$F_e(P) = \frac{E(P)}{R(P)}$$

$$E(P) = R(P) - C(P) = R(P) - R(P) \cdot \frac{F_0(P)}{1 + F_0(P)}$$

$$F_e(P) = 1 - \frac{F_0(P)}{1 + F_0(P)} = \frac{1}{1 + F_0(P)} \quad (3)$$

Mặt khác từ (3), khi bỏ qua nhiễu $N_i(t)$

$$\Rightarrow F_e(P) = C_0 + C_1(P) + C_2P^2 + \dots + C_iP^2$$

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Ta có:

$$\left. \begin{aligned} C_0 &= \lim_{p \rightarrow 0} F_e(P) \\ C_1 &= \lim_{p \rightarrow 0} \left\{ \frac{1}{p} [F_e(P) - C_0] \right\} \\ C_2 &= \lim_{p \rightarrow 0} \left\{ \frac{1}{p^2} [F_e(P) - (C_0 + C_1 p)] \right\} \\ &\dots \\ C_i &= \lim_{p \rightarrow 0} \left\{ \frac{1}{p^i} \left[F_e(P) - \sum_{j=0}^{i-1} C_j p^j \right] \right\} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Mặt khác chúng ta có thể dựa vào biểu thức hàm truyền hệ kín để xác định các hệ số sai lệch:

$$F_e(P) = \frac{R(P) - C(P)}{R(P)} = 1 - F(P) \quad (7)$$

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Dựa vào (6) và (7) nếu $F(P)$ có dạng:

$$F(P) = \frac{b_0 + b_1 P^1 + b_2 P^2 + \dots + b_m P^m}{1 + a_1 P^1 + a_2 P^2 + \dots + a_n P^n} \quad (m \leq n)$$

$$C_0 = 1 - b_0$$

$$C_1 = a_1 - C_0 a_1$$

$$C_2 = a_2 - (C_0 a_2 + C_1 a_1) - b_3$$

...

$$C_i = a_i - \left(\sum_{z=0}^{i-1} C_z \cdot a_{i-z} \right) - b_i$$

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

4.3.2- Các tiêu chuẩn sai lệch

- **Tiêu chuẩn tích phân bình phương sai lệch:**

$$I = \int_0^{\infty} e^2(t) dt \approx \int_0^T e^2(t) dt$$

Giá trị T được chọn sao cho mọi $t > T$ thì $e(t)$ đủ nhỏ có thể bỏ qua.

- **Tiêu chuẩn tích phân của thời gian với giá trị tuyệt đối của sai lệch (ITEA):**

$$I = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt = \int_0^T t |e(t)| dt$$

- **Tiêu chuẩn tích phân của thời gian với bình phương sai lệch:**

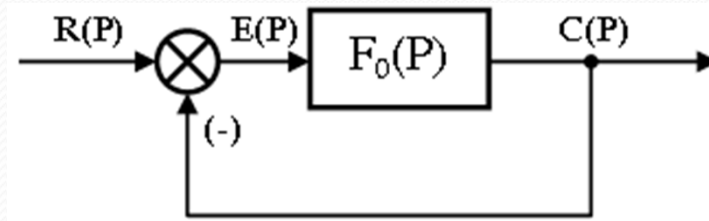
$$I = \int_0^{\infty} t e^2(t) dt \approx \int_0^T t e^2(t) dt$$

4.3.2- Hệ hữu sai và các hệ số vô sai cấp 1, 2:

- Hệ có $C_0 \neq 0$ được gọi là hệ hữu sai (hệ bậc 0).
- Hệ có $C = 0$, $C_1 \neq 0$ gọi là hệ vô sai cấp 1.
- Hệ có $C = 0$, $C_1 = 0$, $C_2 \neq 0$ gọi là hệ vô sai cấp 2.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Ví dụ 1: Hệ hữu sai.



Nếu $F_0(P) = \frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{\prod_{i=1}^n (T_i P + 1)}$

Hàm truyền hệ kín: $F(P) = \frac{F_0(P)}{1 + F_0(P)}$

$$F(P) = \frac{\frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{\prod_{i=1}^n (T_i P + 1)}}{\frac{\prod_{i=1}^n (T_i P + 1) + K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{\prod_{i=1}^n (T_i P + 1)}} = \frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{\prod_{i=1}^n (T_i P + 1) + K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}$$

Với $\prod_{i=1}^n (T_i P + 1) = 1 + \left(\sum T_i\right)P + \left(\sum_{i \neq j} T_i T_j\right)P^2$

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

$$F(P) = \frac{\frac{K}{K+1} + \frac{K}{K+1} \cdot \sum T_i' P + \dots}{1 + \frac{\sum T_i + \sum T_i' P + \dots}{K+1}}$$

$$C_0 = 1 + b_0 = 1 - \frac{K}{1+K} = \frac{1}{1+K}$$

Nếu $R(t) = K_1 = \text{const}$, ta có:

$$e(t) = C_0 \cdot R(t) + C_1 \cdot \frac{dR(t)}{dt} = \frac{K_1}{1+K} \neq 0$$

$\Rightarrow$ Sai lệch phụ thuộc vào giá trị của tín hiệu vào và hệ số khuếch đại hệ thống hở K .

Với:

$$R(t) = K_1 + K_2 t \Rightarrow e(t) = \frac{K_1 + K_2 t}{1+K+C_1 K_2}$$

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Ví dụ 2: Hệ vô sai cấp 1: $C_0 = 0, C_1 \neq 0$.

Nếu
$$F_0(P) = \frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{P \prod_{i=1}^n (T_i P + 1)}$$
 thì hệ là hệ vô sai cấp 1.

$$F(P) = \frac{K[1 + (\sum T_i')P + (\sum T_i' T_j')P^2 + \dots]}{K[1 + (\sum T_i')P + (\sum T_i' T_j')P^2 + \dots] + P[1 + (\sum T_i)P + (\sum T_i T_j)P^2 + \dots]}$$

$$F(P) = \frac{[1 + (\sum T_i')P + (\sum T_i' T_j')P^2 + \dots]}{1 + \frac{1 + K(\sum T_i')}{K}P + \frac{(\sum T_i) + (\sum T_i' T_j')}{K}P^2 + \dots}$$

$$b_0 = 1; b_1 = \sum T_i'$$

$$C_0 = 1 - b_0 = 1 - 1 = 0$$

$$a_1 = \frac{1 + K \sum T_i'}{K}$$

$$C_1 = a_1 - b_1 - C_0 \cdot a_1 = \frac{1 + K \sum T_i'}{K} - \sum T_i' - 0 = \frac{1}{K}$$

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Nếu $R(t) = K_1 = \text{const}$, ta có:

$$e(t) = 0.K_1 + \frac{1}{K} \cdot \frac{dK_1}{dt} + \dots = 0$$

Nếu $R(t) = K_1 + K_2 t$, ta có

$$e(t) = 0.K_1 + \frac{1}{K} \cdot \frac{d(K_1 + K_2 t)}{dt} = \frac{1}{K} \cdot K_2 = \frac{K_2}{K} = \text{const} \neq 0$$

Nếu $R(t) = K_1 + K_2 t + K_3 t^2$

Ta có: $R'(t) = K_2 + 2K_3 t$, $R''(t) = 2K_3$, $R'''(t) = 0$.

$$\begin{aligned} \Rightarrow e(t) &= C_0.R(t) + C_1.R'(t) + C_2.R''(t) \dots = \\ &= 0 + 1/K(K_2 + 2K_3 t) + C_2.2K_3 \dots \end{aligned}$$

Khi $t \rightarrow \infty \Rightarrow e(t) \rightarrow \infty$.

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Ví dụ 3: Hệ vô sai cấp 2

$$F_0(P) = \frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{P^2 \prod_{i=1}^n (T_i P + 1)}$$

$$F(P) = \frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{P^2 \prod_{i=1}^n (T_i P + 1) + K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}$$

$$F(P) = \frac{K \left[1 + \left(\sum T_i' \right) P + \left(\sum T_i' T_j' \right) P^2 + \dots \right]}{P^2 \left[1 + \left(\sum T_i \right) P + \left(\sum T_i T_j \right) P^2 + \dots \right] + K \left[1 + \left(\sum T_i' \right) P + \left(\sum T_i' T_j' \right) P^2 + \dots \right]}$$

$$F(P) = \frac{\left[1 + \left(\sum T_i' \right) P + \left(\sum T_i' T_j' \right) P^2 \right]}{\left[1 + \left(\sum T_i \right) P + \frac{1 + \left(\sum T_i' T_j' \right) P^2}{K} + \dots \right]}$$

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

$$b_0 = 1; b_1 = \sum T_i'; b_2 = \sum T_i T_j'$$

$$a_1 = \sum T_i'; a_2 = \frac{1 + K \sum T_i T_j'}{K} = \frac{1}{K} + \sum T_i T_j'$$

$$C_0 = 1 - b_0 = 1 - 1 = 0$$

$$C_1 = a_1 - C_0 a_1 - b_1 = \sum T_i' - 0 \cdot \sum T_i' - \sum T_i' = 0$$

$$C_1 = a_2 - C_0 a_1 - C_1 a_2 - b_2 = \frac{1}{K} + \sum T_i T_j' - 0 \cdot \sum T_i' - 0 \cdot \left(\frac{1}{K} + \sum T_i T_j' \right) - \sum T_i T_j' = \frac{1}{K}$$

Chương IV- Khái niệm chung về tổng hợp hệ điện cơ

Nếu $R(t) = K_1 = \text{const}$, ta có:

$$e(t) = C_0 R(t) + C_1 R'(t) + C_2 R''(t) = 0$$

Nếu $R(t) = K_1 + K_2 t$, ta có: $e(t) = 0$

Nếu $R(t) = K_1 + K_2 t + K_3 t^2$, ta có $R'(t) = K_2 + 2K_3 t$, $R''(t) = 2K_3$

$$\Rightarrow e(t) = \frac{1}{K} \cdot 2K_3$$

$\Rightarrow$ Nếu $R(t)$ có thành phần $K_4 t^3 \Rightarrow e(t) \rightarrow \infty$ khi $t \rightarrow \infty$

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

§ 5.1. TỔNG HỢP HỆ THEO CÁC TIÊU CHUẨN SAI LỆCH

5.1.1- TIÊU CHUẨN ISE

- ❖ HỆ LÀ TỐI ƯU NẾU:

$$I = \int_0^T e^2(t) dt \rightarrow \min$$

(PHẢI XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA HỆ ĐỂ $I \rightarrow \min$)

5.1.2- TIÊU CHUẨN ITSE:

- ❖ HỆ LÀ TỐI ƯU NẾU:

$$I = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt \approx \int_0^T t |e(t)| dt \rightarrow \min$$

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

$$I = \int_0^T te^2(t) dt \rightarrow \min$$

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

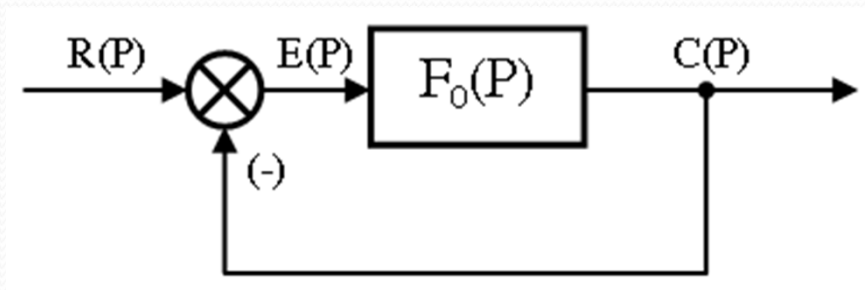
- ❖ Theo các tiêu chuẩn sai lệch ta thực hiện theo các bước sau:
- ✓ Ước lượng bậc của hàm truyền, tra bảng để chọn hàm truyền tối ưu theo tiêu chuẩn sai lệch đã chọn.
- ✓ Từ sơ đồ cấu trúc của hệ với các khâu đã biết ta sẽ tìm được hàm của bộ điều chỉnh cần thiết.
- ✓ Thiết kế mạch điện thực hiện bộ điều chỉnh theo hàm truyền đã tính toán được.

Hiện nay khi tổng hợp theo các tiêu chuẩn sai lệch người ta thường sử dụng phương pháp gần đúng thực hiện nhờ sự trợ giúp của máy tính.

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

§ 5.2. TỔNG HỢP HỆ THEO PHƯƠNG PHÁP BÙ SAI LỆCH

5.2.1- BÙ SAI LỆCH VỊ TRÍ CHO HỆ HỮU SAI (BÙ C_0)



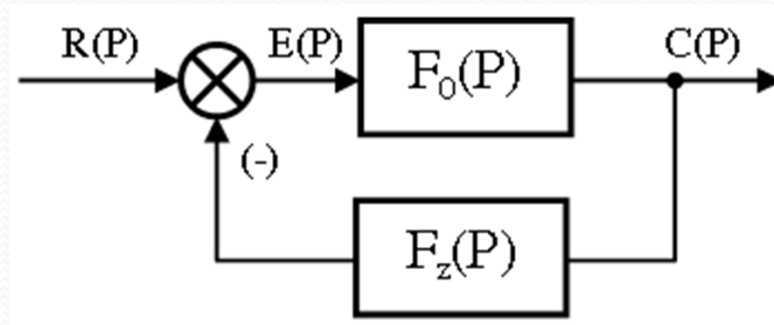
$$F_0(P) = \frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{\prod_{i=1}^n (T_i P + 1)}$$

⇒ HỆ LÀ HỆ HỮU SAI ($C_0 \neq 0$)

- ❖ YÊU CẦU ĐẶT RA LÀ THÊM VÀO HỆ MỘT KHÂU BÙ ĐỂ $C_0 = 0 \Rightarrow$ ĐƯA THÊM VÀO HỆ 1 KHÂU ĐIỀU CHỈNH DƯỚI DẠNG KHÂU PHẢN HỒI.

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

- ❖ Hệ sẽ có sơ đồ khối:



Tìm K_z để $C_0 = 0$.

Ta có hàm truyền hệ kín khi có khâu bù là:

$$F(P) = \frac{F_a(P) \cdot F_0(P)}{1 + F_a(P) \cdot F_0(P) \cdot F_z(P)}$$

$$F(P) = \frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{\prod_{i=1}^n (T_i + 1) + K_z \cdot K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}$$

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

$$F(P) = \frac{K[1 + (\sum T_i')P + (\sum T_i'T_j')P^2]}{[1 + (\sum T_i')P + (\sum T_i'T_j')P^2 + \dots] + K.K_z[1 + (\sum T_i')P + (\sum T_i'T_j')P^2 + \dots]}$$

$$F(P) = \frac{\frac{K}{1+K_z.K} + \left(\frac{K}{1+K_z.K} \cdot \sum T_i'\right)P + \left(\frac{K}{1+K_z.K} \cdot \sum T_i'T_j'\right)P^2 + \dots}{1 + \frac{\sum T_i' + K_z.K \sum T_i'}{1+K_z.K}P + \dots}$$

$$b_0 = \frac{K}{1+K_z.K}$$

$$C_0 = 1 - b_0 = 1 - \frac{K}{1+K_z.K} = \frac{1+K_z.K - K}{1+K_z.K}$$

Cho $C_0 = 0 \rightarrow 1 + K_z.K - K = 0 \rightarrow K_z = \frac{K-1}{K} = 1 - \frac{1}{K}$

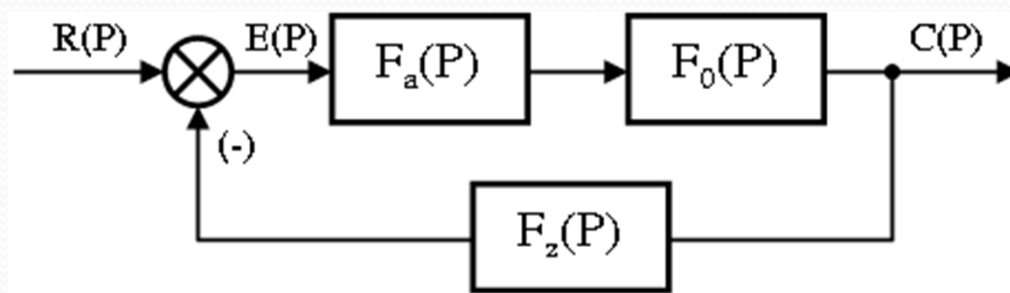
Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

- ❖ Từ biểu thức xác định hệ số phản hồi K_z , ta thấy hệ được bù C_0 tương đương với hệ có 2 khâu phản hồi.
 - Phản hồi âm với hệ số phản hồi bằng 1 (như hệ ban đầu).
 - Phản hồi dương với hệ số phản hồi $1/K \Rightarrow$ Thành phần dương này thực hiện bù sai lệch của hệ.
- ❖ **Chú ý:** Với hệ thống này tín hiệu vào của hệ hờ ở chế độ xác lập phụ thuộc vào độ lớn của tín hiệu đầu vào của hệ thống. Vì vậy, khi tín hiệu vào vượt quá một mức nào đó thì việc bù sai lệch có thể không thực hiện được. Vì thành phần $F_0(P)$ thường có các bộ khuếch đại mà các khâu này chỉ làm việc tuyến tính trong một giới hạn nhất định của tín hiệu vào.

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

5.2.2- Bù sai lệch tốc độ, gia tốc cho hệ vô sai cấp 1

- ❖ Để bù ta đưa vào hệ các khâu:



$$F_a(P) = \frac{T_a' P + 1}{T_a P + 1}; F_z(P) = \frac{T' P + 1}{T P + 1}$$

- Thường chọn $T' = 0$, T , T_a , T_a' chọn T_a' theo T_a . Khi lựa chọn T , T' , T_a , T_a' thì có thể đạt được: $C_0 = C_1 = C_2 = 0 \Rightarrow$ Tìm T , T' , T_a , T_a' .

Ta có:

$$F_0(P) = \frac{K \prod_{i=1}^m (T_i' P + 1)}{P \prod_{i=1}^n (T_i P + 1)} \quad (m \leq n)$$

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

- Hàm truyền của hệ kín khi có khâu bù là:

$$F(P) = \frac{F_a(P) \cdot F_0(P)}{1 + F_a(P) \cdot F_0(P) \cdot F_z(P)}$$

$$F(P) = \frac{\frac{(T_a'P+1) \left[K \prod_{i=1}^m (T_i'P+1) \right]}{(T_aP+1) \left[P \prod_{i=1}^n (T_iP+1) \right]}}{1 + \frac{(T_a'P+1) \left[K \prod_{i=1}^m (T_i'P+1) \right] (T'P+1)}{(T_aP+1) \left[P \prod_{i=1}^n (T_iP+1) \right] (TP+1)}}$$

$$F(P) = \frac{K(T_a'P+1)(T'P+1) \prod_{i=1}^m (T_i'P+1)}{P(T_aP+1)(TP+1) \left[\prod_{i=1}^n (T_iP+1) + (T_a'P+1) \cdot K \prod_{i=1}^m (T_i'P+1)(T'P+1) \right]}$$

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

- Chia tử và mẫu cho K để hằng số bằng 1.

$$F(P) = \frac{1 + (\sum T_i' + T + T_a')P + (\sum T_i T_j' + T \sum T_i' + T_a' \sum T_i' + T.T_a')P^2 + \dots}{1 + \left(\frac{1}{K} + \sum T_i' + T' + T_a'\right)P + \left[\frac{1}{K}(\sum T_i + T + T_a) + \sum T_i T_j' + T' \sum T_i' + T_a' \sum T_i' + T'.T_a'\right]P^2}$$

$$\text{Để } C_1 = 0 \Rightarrow T = T' + \frac{1}{K}$$

$$\text{Thường chọn } T' = 0 \text{ và } F_z = \frac{1}{\frac{1}{K}P + 1} \quad \text{Thì } T = \frac{1}{K} \rightarrow F_z(P) = \frac{1}{\frac{1}{K}P + 1}$$

$$C_2 = a_2 - C_0.a_1 - C_1.a_2 - b_2 = a_2 - b_2$$

$$C_2 = \frac{1}{K}(\sum T_i + T_a + T) - T \sum T_i' - T.T_a'$$

$$\text{Thay } T = \frac{1}{K} \rightarrow C_2 = \left(\frac{\sum T_i}{K} + \frac{T_a}{K} + \frac{1}{K^2}\right) - \frac{\sum T_i'}{K} - \frac{T_a'}{K}$$

$$C_2 = 0 \rightarrow \sum T_i + T_a + \frac{1}{K} - \sum T_i' - T_a' = 0$$

Từ biểu thức này ta sẽ cho một giá trị của $T_a \Rightarrow$ tìm T_a' .

Chương V- Tổng hợp hệ theo các tiêu chuẩn sai lệch, bù sai lệch

- ❖ Chú ý: Bằng cách thực hiện đưa thêm vào các khâu $F_a(P)$, $F_z(P)$ như đã nêu ta đã đưa các hệ số sai lệch C_1 , C_2 về bằng 0. Tuy nhiên, hệ thống có thể đạt được điều kiện trên khi tín hiệu đầu vào quá lớn có thể làm cho một số khâu trong hệ thống bị bão hoà.

§ 6.1. GIỚI THIỆU CHUNG

6.1.1- HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ

- ❖ HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ LÀ HỆ MÀ TRONG ĐÓ CÓ ÍT NHẤT MỘT KHÂU XỬ LÝ TÍN HIỆU DẠNG SỐ.

6.1.2- SỐ HOÁ TÍN HIỆU

- ❖ DO TRONG HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ NGOÀI CÁC KHÂU SỐ CÒN CÓ CÁC KHÂU TƯƠNG TỰ. BỞI VẬY, TRƯỚC KHI TRUYỀN TÍN HIỆU VÀO BỘ ĐIỀU CHỈNH NGƯỜI TA PHẢI THỰC HIỆN VIỆC CHUYỂN ĐỔI CÁC TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ THÀNH TÍN HIỆU SỐ $\Rightarrow$ QUÁ TRÌNH SỐ HOÁ TÍN HIỆU VÀ THƯỜNG BIỂU DIỄN QUA 3 BƯỚC.

- LẤY MẪU TÍN HIỆU.

- LƯU GIỮ TÍN HIỆU.

- CHUYỂN ĐỔI SANG TÍN HIỆU SỐ

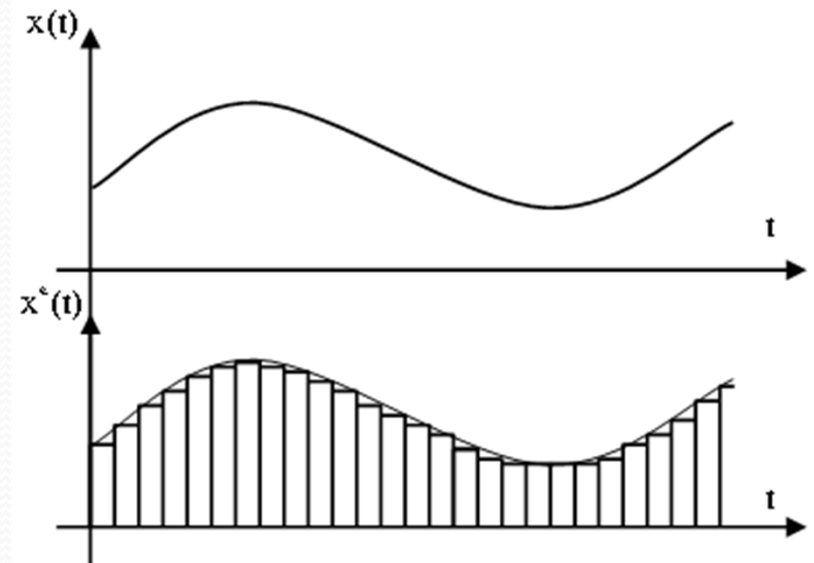
Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

6.1.2.1- Lấy mẫu tín hiệu

- ❖ Khâu lấy mẫu tín hiệu là một công tắc điện hoạt động theo nguyên tắc: tại thời điểm đầu của chu kỳ lấy mẫu công tắc điện đóng lại một khoảng thời gian vô cùng bé dẫn đến trên đầu ra xuất hiện một xung tín hiệu có giá trị bằng tín hiệu liên tục ở đầu vào, sau thời gian đóng vô cùng bé công tắc điện được cắt ra cho đến đầu chu kỳ tiếp theo.

- ❖ Đồ thị minh họa như hình vẽ:

- T : chu kỳ lấy mẫu tín hiệu.
- $x(t)$: tín hiệu liên tục.
- $x^*(t)$: chuỗi các xung.



Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

6.1.2.2- Lưu giữ tín hiệu:

- ❖ Để có tín hiệu tồn tại liên tục một khoảng thời gian cần thiết đảm bảo sự làm việc của mạch chuyển đổi tương tự - số thì tín hiệu $x^*(KT)$ thường được chuyển thành tín hiệu dạng bậc thang. Khâu thực hiện quá trình biến đổi này gọi là khâu lưu giữ tín hiệu.

6.1.2.3- Chuyển đổi tín hiệu số thành tín hiệu liên tục:

- ❖ Với những hệ thống sau bộ điều chỉnh số các khâu còn lại là khâu liên tục thì ta phải chuyển đổi tín hiệu số ở đầu ra của bộ điều chỉnh thành tín hiệu liên tục. Để thực hiện nhiệm vụ này người ta sử dụng bộ biến đổi số – tương tự D/A.

6.1.3- Biến đổi Z.

6.1.3.1- Biến đổi Z tương tự:

- ❖ Tín hiệu lấy mẫu (trích mẫu)

$$x^*(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta(t - Kt) x(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} x(KT) \delta(t - Kt)$$

Trong lý thuyết điều khiển tự động ta chỉ xét quá trình từ $t \geq 0$ còn $t < 0$ xem như tín hiệu bằng 0.

$$\Rightarrow x^*(t) = \sum_{K=0}^{+\infty} x(KT) \delta(t - Kt)$$

Biến đổi hàm Laplace hàm $x^*(t)$:

$$x^*(P) = \mathcal{L}\{x^*(t)\} = \sum_{K=0}^{\infty} x(KT) e^{-KTP} \quad (1)$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Toán tử Z:

$$Z = e^{TP} \rightarrow \ln Z = TP \rightarrow P = \frac{\ln Z}{T}$$

$$X(Z) = \sum_{K=0}^{\infty} x(KT) e^{-\frac{KT \ln Z}{T}} = \sum_{K=0}^{\infty} x(KT) Z^{-K}$$

Trong phép biến đổi Z ta chỉ xét các giá trị của tín hiệu tại những thời điểm lấy mẫu, vì vậy biến đổi Z của tín hiệu lấy mẫu $x^*(t)$ cũng bằng biến đổi Z của tín hiệu liên tục $x(t)$.

$$Z \{x^*(t)\} = Z \{x(t)\} = x(Z) = \sum_{K=0}^{\infty} x(KT) \cdot Z^{-K}$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Thông thường trong hệ thống Truyền động điện điều khiển số thường bao gồm một số khâu tương tự và một số khâu số. Đối với các khâu tương tự ta thường biết biến đổi Laplace của chúng, để nghiên cứu các hệ thống này ta cần phải chuyển đổi Laplace của các khâu tương tự thành biến đổi Z. Quá trình này có thể được thực hiện bằng công thức sau:

Giả sử

$$X(Z) = \sum_{i=1}^m \operatorname{Res} s \frac{X(P)}{1 - Z^{-1} e^{TP}} \Big|_{P=P_i}$$

Với P_i là các cực của $X(P)$.

Nếu P_i là

$$R_i(P) = \lim_{P \rightarrow P_i} \left\{ (P - P_i) \frac{X(P)}{1 - Z^{-1} e^{TP}} \right\}$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Ví dụ: $x(t) = 1$

$$\Rightarrow x^*(t) = \sum_{K=0}^{\infty} \delta(t - KT) \rightarrow x(Z) = \sum_0^{\infty} Z^{-K} = \frac{1}{1 - Z^{-1}} = \frac{Z}{Z - 1}$$

$$x(t) \rightarrow X(P) = \frac{1}{P} \text{ m cực } P_1 = 0$$

$$X(Z) = \lim_{P \rightarrow 0} (P - 0) \frac{\frac{1}{P}}{1 - Z^{-1} e^{TP}} = \frac{1}{1 - Z^{-1} e^0} = \frac{1}{1 - Z^{-1}}$$

Nếu P_i là cực đơn bội m:

$$R_i = \frac{1}{(m-1)!} \frac{d^{m-1}}{dP} \left[(P - P_i)^m \cdot \frac{X(P)}{1 - Z^{-1} e^{TP}} \right] \Big|_{P=P_i}$$

$$x(t) = 1(t) \rightarrow x^*(t) = \sum_0^{\infty} \delta(t - KT)$$

$$\rightarrow X(Z) = \sum_{K=0}^{\infty} Z^{-K} = 1 + Z^{-1} + \dots + Z^{-h} + \dots = \frac{1}{1 - Z^{-1}}$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

6.1.3.2- Biến đổi Z ngược.

- ❖ Khi biết $X(Z)$ muốn tìm $x(KT)$ ta thực hiện một phép biến đổi gọi là biến đổi Z ngược.

$$x(KT) = Z^{-1} \{X(Z)\} = \frac{1}{2\pi j} \oint Z^{K-1} X(Z) dZ$$

- ❖ Trong thực tế có thể thực hiện biến đổi Z ngược bằng các phương pháp sau:
 - **Tra bảng.**
 - **áp dụng công thức:**

$$x(KT) = \sum_{i=1}^n \operatorname{Res} \{Z^{K-1} X(Z)\}_{Z=Z_i}$$

Với Z_i là điểm cực thứ i của $X(Z).Z^{K-1}$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

- Nếu Z_i là điểm cực đơn:

$$R_i = \frac{Z(Z)}{D'(Z)} \Big|_{Z=Z_i} = \lim_{Z \rightarrow Z_i} \left[(Z - Z_i) \frac{N(Z)}{D(Z)} \right]$$

Với

$$\frac{N(Z)}{D(Z)} = Z^{K-1} X(Z)$$

- Nếu Z_i là điểm cực bội:

$$R_i = \frac{1}{(m-1)!} \frac{d(m-1)}{dZ^{(m-1)}} \left[(Z - Z_0)^m \frac{N(Z)}{D(Z)} \right]_{Z=Z_i}$$

$D'(Z)$ là đạo hàm bậc 1 với Z .

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Ví dụ:

$$XZ = \frac{TZ}{(Z-1)^2}$$

Cho tìm $x(KT) \rightarrow x(t)$

$$Z^{K-1} X(Z) = \frac{T.Z^K}{(Z-1)^2}$$

Điểm cực kép $Z = 1$

$$x(KT) = \frac{1}{(2-1)!} \frac{d}{dZ} \left[(Z-1)^2 \frac{TZ^K}{(Z-1)^2} \right]_{Z=1} \rightarrow x(t) = Z.$$

$\rightarrow x(t) = Z.$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

- *Phân tích $X(Z)$ thành tổng của các phân thức đơn giản mà mỗi phân thức có thể tra bảng hoặc sử dụng phương pháp đơn giản để tìm biến đổi Z ngược.*

$$X_1(Z) \rightleftharpoons x_1(KT)$$

$$X_2(Z) \rightleftharpoons x_2(KT)$$

...

$$X_n(Z) \rightleftharpoons x_n(KT)$$

$$X(Z) = \sum_{i=1}^n X_i(Z) \leftrightarrow x(KT) = \sum_{i=1}^n x_i(KT)$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Ví dụ:

$$X(Z) = \frac{Z^2}{(Z-1)(Z-e^{-\alpha})} = \left[\frac{Z}{Z-1} + \frac{B}{Z-e^{-\alpha}} \right] \cdot Z$$

$$= \frac{A(Z-e^{-\alpha}) + B(Z-1)}{(Z-1)(Z-e^{-\alpha})} \cdot Z = \frac{(A+B) \cdot Z - (A \cdot e^{-\alpha} + B)}{(Z-1)(Z-e^{-\alpha})} \cdot Z$$

$$\rightarrow A + B = 1 \rightarrow B = 1 - A.$$

$$A \cdot e^{-\alpha} + B = 0 \rightarrow A \cdot e^{-\alpha} + 1 - A = 0.$$

$$\rightarrow A = \frac{1}{1-e^{-\alpha}}; B = -\frac{e^{-\alpha}}{1-e^{-\alpha}}$$

$$\rightarrow X(Z) = -\frac{1}{1-e^{-\alpha}} \cdot \frac{Z}{Z-1} - \frac{e^{-\alpha}}{1-e^{-\alpha}} \cdot \frac{Z}{Z-e^{-\alpha}}$$

$$X_1(Z) = \frac{Z}{Z-1} \rightarrow x_1(KT) = 1 \rightarrow x_1(t) = 1(t)$$

$$X_2(Z) = \frac{Z}{Z-e^{-\alpha}} \rightarrow x_2(KT) = e^{-\alpha KT} \rightarrow x_2(t) = e^{-\alpha t}$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Vậy

$$X(Z) = \frac{Z^2}{(Z-1)(Z-e^{-\alpha})}$$

→

$$x(KT) = \frac{1}{1-e^{-\alpha}} \frac{e^{-\alpha}}{1-e^{-\alpha}} e^{-\alpha KT} \rightarrow x(t) = \left[\frac{1}{1-e^{-\alpha}} - \frac{e^{-\alpha}}{1-e^{-\alpha}} \right] e^{-\alpha t}$$

➤ **Các phương pháp số:**

✓ Phân tích $X(Z)$ thành chuỗi tăng dần của Z^{-1} .

Ta có:

$$X(Z) = \sum_{K=0}^{\infty} x(KT) Z^{-K} = x_0 + x(1) \cdot Z^{-1} + x(2) Z^{-2} + \dots$$

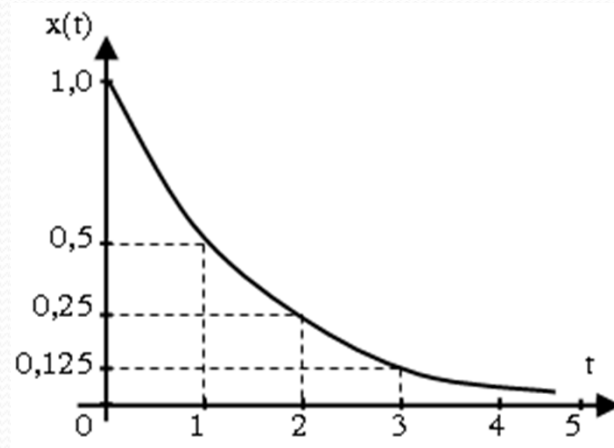
Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Ví dụ:

$$X(Z) = \frac{Z}{Z - 0,5}$$

$$\rightarrow X(Z) = 1 + 0,5Z^{-1} + 0,25Z^{-2} + 0,125Z^{-3} + 0,0625Z^{-4}$$

$$x(0) = 1; x(1) = 0,5; x(2) = 0,25; x(3) = 0,125; x(4) = 0,0625$$



Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

✓ Phương pháp Recevisive:

Nếu
$$X(Z) = \frac{b_0 + b_1 Z^{-1} + b_2 Z^{-2} + \dots + b_m Z^{-m}}{1 + a_1 Z^{-1} + a_2 Z^{-2} + \dots + a_n Z^{-n}}$$

Giả thiết

$$X(Z) = x(0) + x(1)Z^{-1} + x(2)Z^{-2} + \dots + x(K)Z^{-K} + \dots \quad (n \geq m)$$

$$b(0) + x(1)Z^{-1} + x(2)Z^{-2} + \dots + x(K)Z^{-K} + \dots \quad (n \geq m)$$

Cân bằng hệ số các thành phần Z^{-i} ở hai vế ta được:

$$x(0) = b_0$$

$$x(1) = b_1 - a_1 x(0)$$

$$x(2) = b_2 - (a_1 x(1) + a_2 x(0))$$

$$x(3) = b_3 - (a_1 x(2) + a_2 x(1) + a_3 x(0))$$

$$\begin{aligned} b_1 &= x(1) + a_1 x(0) \\ b_2 &= x(2) + (a_1 x(1) + a_2 x(0)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_K &= b_K - \sum_{i=1}^K a_i x(K-i) & b_k &= 0 \quad \forall \quad K > m \\ & & a_i &= 0 \quad \forall \quad i > n \end{aligned}$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Ví dụ:

$$X(Z) = \frac{Z}{Z - 0,5} \quad \begin{array}{l} m=1 \\ n=1 \end{array}$$

$$X(Z) = \frac{1}{1 - 0,5Z^{-1}} \quad \begin{array}{l} b_0 = 1 \\ b_1 = b_2 = 0 \\ a_1 = -0,5; a_2 = a_3 = 0 \end{array}$$

$$x_0 = b_0 = 1$$

$$x_1 = b_1 - a_1 \cdot x(0) = 0 - 0,5 = -0,5$$

$$x_2 = -a_1 \cdot x_1 = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$$

$$x_3 = -a_1 \cdot x_2 = 0,5 \cdot 0,25 = 0,125$$

$$x_4 = -a_1 \cdot x_3 = 0,5 \cdot 0,125 = 0,0625$$

Phương pháp này cũng như phương pháp trước nhưng cho ta tính đến một số hữu hạn các giá trị.

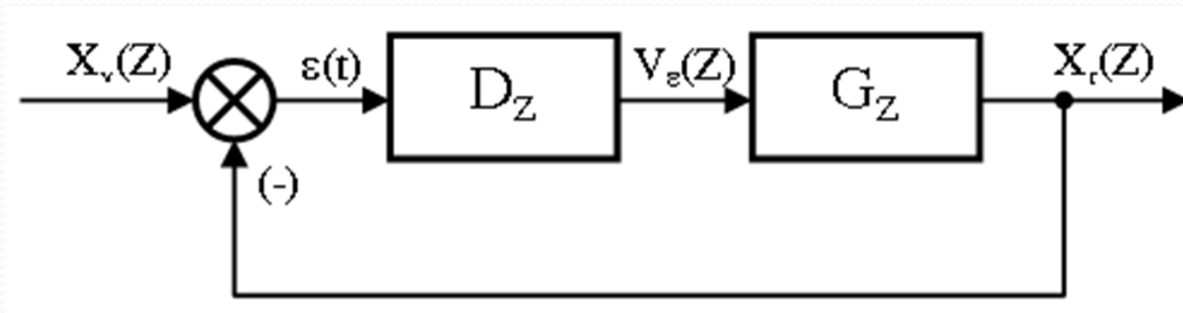
§ 6.2. TỔNG HỢP HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ

6.2.1- KHÁI NIỆM

- ❖ NHIỆM VỤ ĐẶT RA KHI TỔNG HỢP MỘT HỆ ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN CÓ DẠNG ĐIỀU KHIỂN SỐ GỒM:
 - XÁC ĐỊNH CHU KỲ LẤY MẪU T.
 - XÁC ĐỊNH HÀM TRUYỀN SỐ CỦA BỘ ĐIỀU CHỈNH $D(Z)$.
 - LẬP CHƯƠNG TRÌNH TÍNH ĐỂ THỰC HIỆN DZ .
- ❖ THÔNG THƯỜNG T ĐƯỢC CHO TRƯỚC NÊN NHIỆM VỤ CHỦ YẾU CỦA VIỆC TỔNG HỢP HỆ ĐIỀU KHIỂN SỐ LÀ XÁC ĐỊNH HÀM TRUYỀN BỘ ĐIỀU CHỈNH $D(Z)$.

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Để đơn giản ta xét hệ có sơ đồ khối dạng tối giản như sau:



$D(Z)$: Hàm truyền bộ điều chỉnh số;

$G(Z)$: Hàm truyền số của các khâu tương tự của hệ như bộ biến đổi, động cơ và các khâu khôi phục tín hiệu.

$X_v(Z)$: Tín hiệu vào;

$X_r(Z)$: Tín hiệu ra.

$V_\varepsilon(Z)$: Tín hiệu của $D(Z)$.

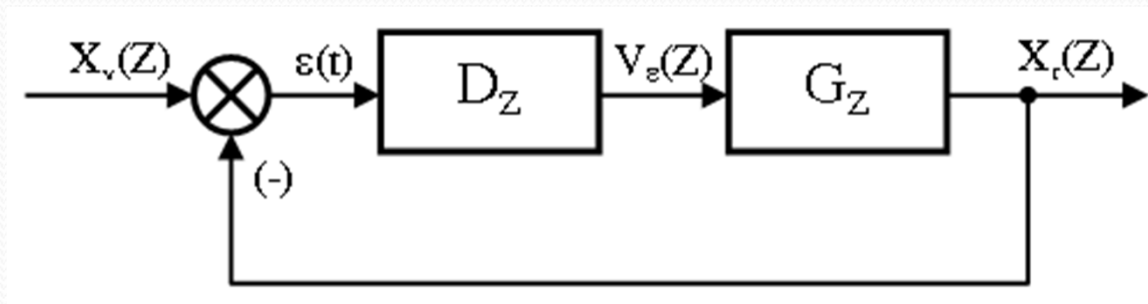
$\varepsilon(Z)$: Sai lệch.

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

- ✓ Thông thường ta phải tìm $D(Z)$ để hệ thoả mãn một hoặc một số chỉ tiêu sau:
 - V_ε nằm trong một giới hạn nào đó.
 - $\varepsilon(\infty)$ nhỏ hơn một giá trị nào đó (tốt nhất là $\rightarrow 0$)
 - Hệ tắt sau một số hữu hạn chu kỳ lấy mẫu.
- ✓ Hiện nay có nhiều phương pháp để tổng hợp các hệ điều khiển số tuy nhiên không có một phương pháp chung nào để có thể đạt được tất cả các chỉ tiêu. Vì vậy, tùy theo yêu cầu mà ta chọn phương pháp thích hợp. Ngoài ra cũng có thể sử dụng các phương pháp của hệ liên tục để tổng hợp các hệ điều khiển số khi thay biến Z thành một biến khác.
- ✓ Hệ ổn định khi tất cả các điểm cực Z_i của $F(Z)$ nằm trong vòng tròn đơn vị của mặt phẳng Z .

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

6.2.2- Một số quan hệ chung khi tổng hợp hệ điều khiển số.



❖ **Hàm truyền hệ hở:**

$$G_0(Z) = D(Z) \cdot G(Z) \quad (1)$$

❖ **Hàm truyền hệ kín:**

$$F(Z) = \frac{G_0(Z)}{1 + G_0(Z)} \quad (2)$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

$$F(Z) = \frac{X_r(Z)}{X_v(Z)}$$

$$\varepsilon(Z) = X_v(Z) - X_r(Z) = X_v(Z) - F(Z) \cdot X_v(Z) = X_v(Z) \{1 - F(Z)\}$$

$$\varepsilon(Z) = X_v(Z) \left(1 - \frac{G_0(Z)}{1 + G_0(Z)} \right) = X_v(Z) \frac{1}{1 + G_0(Z)} \quad (3)$$

Giả thiết rằng tín hiệu vào $X_v(t)$ có thể phân tích thành dạng chuỗi Taylor:

$$X_v(t) = e_0 + e_1 t + e_2 t^2 + \dots + e_l t^l \quad (4)$$

$$\rightarrow X_v(t) = (P_0 + P_1 Z^{-1} + P_2 Z^{-2} + \dots + P_l Z^{-l}) \frac{1}{\dots} \quad (5)$$

$$X_v(t) = \frac{1}{(1 - Z^{-1})^{l+1}} \quad (6) \quad \text{với: } P_l(Z) = \sum_{i=0}^l P_i \cdot Z^{-i}$$

6.2.3- Tổng hợp hệ bằng phương pháp đặt điểm cực

- ❖ Ta đã biết chất lượng của hệ phụ thuộc vào hàm truyền kín $F(Z)$, từ $F(Z)$ khi biết tín hiệu vào có thể tìm ra các tham số: thời gian quá độ, hiệu quả điều chỉnh...
- ❖ Từ yêu cầu chất lượng cũng có thể suy ra hàm truyền kín yêu cầu. Tức là có thể tìm ra các giá trị yêu cầu của hàm truyền $F(Z)$. Phương pháp tổng hợp này là từ yêu cầu chất lượng (độ ổn định, $\varepsilon(\infty)$) suy ra các điểm cực cần thiết. $\Rightarrow$ Tìm ra $F(Z)$ yêu cầu và từ $F(Z)$ sẽ tìm ra hàm truyền của bộ điều chỉnh $D(Z)$.

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Hàm truyền của bộ điều chỉnh $D(Z)$:

$$D(Z) = \frac{1}{G(Z)} \cdot \frac{F(Z)}{1 - F(Z)} \quad (7)$$

$$F(Z) = \frac{G_0(Z)}{1 + G_0(Z)} = \frac{D(Z).G(Z)}{1 + D(Z).G(Z)}$$

$$\Leftrightarrow F(Z) + F(Z).D(Z).G(Z) = D(Z).G(Z)$$

$$\rightarrow F(Z) = D(Z).G(Z)\{1 - F(Z)\}$$

6.2.4- Tổng hợp hệ tắt hữu hạn

- ❖ Với phương pháp này chúng ta đã tổng hợp hệ có quá trình tự do kết thúc (tắt) sau hữu hạn một số chu kỳ lấy mẫu.
- ❖ Giả thiết yêu cầu hệ không cần có sai lệch chế độ xác lập cần tổng hợp hệ để quá trình kết thúc sau $n_0 + 1$ chu kỳ lấy mẫu.

$$\varepsilon(Z) = \varepsilon_0 + \varepsilon_1.Z^{-1} + \dots + \varepsilon_{n_0}.Z^{-n_0} \quad (8)$$

Vì từ chu kỳ lấy mẫu $n_0 + 1$ trở đi thì:

$$\varepsilon(t) = [1 - F(Z)] \frac{P_l(Z)}{(1 - Z^{-1})^{l+1}} = P_l(Z).Y(Z) \quad (9)$$

$$Y(Z) = [1 - F(Z)](1 - Z^{-1})^{-(l+1)} = y_0 + y_1.Z^{-1} + \dots + y_r.Z^{-r} \quad (10)$$

$Y(Z)$ được gọi là đa thức thoả hiệp.

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Nếu có: $Y(Z) \rightarrow [1 - F(Z)] = Y(Z)(1 - Z^{-1})^{-(l+1)} \quad (11)$

Từ đó sẽ tìm được $F(Z)$

$\Rightarrow$ Tìm bậc của $F(Z)$: $l + r + 1 = ?$

Từ (8), (9), (10) $\rightarrow l + r = n_0 \Rightarrow$ Bậc của $F(Z)$ là $(n_0 + 1)$

$$\rightarrow F(Z) = f_0 + f_1.Z^{-1} + f_2.Z^{-2} + \dots + f_{n_0+1}.Z^{-(n_0+1)}$$

Xét ổn định:

$$F(Z) = \frac{f_0.Z^{n_0+1} + f_1.Z^{n_0} + f_2.Z^{n_0-1} + \dots + f_{n_0}.Z + f_{n_0+1}}{Z^{n_0+1}}$$

Có một điểm cực bội: $(n_0 + 1)$: $Z_1 = 0$; $|Z_1| < 1$: Hệ ổn định.

$\rightarrow$ Hệ tắt hữu hạn là hệ ổn định.

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

❖ **Kết luận:**

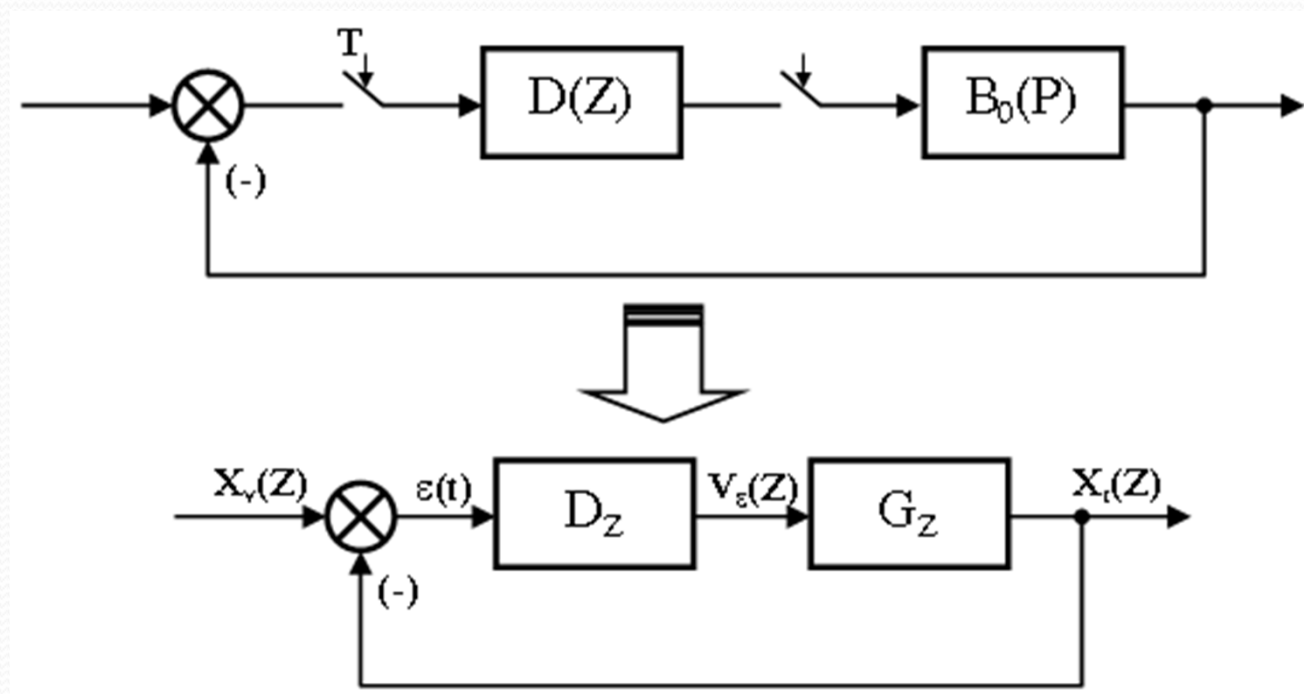
Với phương pháp tổng hợp này người ta tiến hành theo trình tự sau:

- Từ số chu kỳ tắt của quá trình tự do ta biết n_0 .
- Từ tín hiệu đầu vào tìm được l : $r = n_0 - l$ cho một đa thức $Y(Z)$ như biểu thức (10), từ (10) và (11) ta tìm ra $F(Z)$.
- Dựa theo các yêu cầu chất lượng ta xác định được các hệ số $y_0, y_1, \dots, y_r$ và tìm được $f_0, f_1, \dots, f_{n_0} + 1$.
- Khi đã tìm được $F(Z)$ thay vào (7) ta sẽ tìm được $D(Z)$. → Hệ tắt hữu hạn là hệ ổn định.

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

6.2.5- Một số ví dụ:

- Ví dụ 1:



Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

Có điểm cực:

$$P = 0; P = -\frac{1}{\tau}$$

$$r_1 = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{P(1 - e^{-TP})}{P(1 + \tau P)(1 - Z^{-1}e^{TP})};$$

$$r_2 = \lim_{P \rightarrow -\frac{1}{\tau}} \frac{\left(P + \frac{1}{\tau}\right)(1 - e^{-TP})}{P(1 + \tau P)(1 - Z^{-1}e^{TP})} = \frac{K_0 \left(1 - e^{\frac{T}{\tau}}\right)}{-1 \left(1 - Z^{-1}e^{-\frac{T}{\tau}}\right)} = \frac{K_0 (\beta^{-1} - 1)}{1 - \beta \cdot Z^{-1}}$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

- Ví dụ 2: Giả thiết $x_v(t) = 1(t)$
- Tìm $D(Z)$ để hệ có quá trình tự do kết thúc sau $(n_0 + 1)$ chu kỳ lấy mẫu

$$X_v(Z) = \frac{1}{1-Z^{-1}} \text{ vì } (1-Z^{-1})^{l+1} = 1-Z^{-1} \rightarrow l+1=1 \rightarrow l=0$$

- Tín hiệu đầu ra tăng dần cách đều (giả sử tín hiệu ra dạng bậc thang) $X_v(0) = 1$

$$X_v(1) = \frac{H(\infty)}{n_0 + 1}$$

$$X_v(2) = 2 \frac{H(\infty)}{n_0 + 1}$$

$$X_v(n_0 + 1) = H(\infty)$$

$$\varepsilon(Z) = X_v(Z)[1 - F(Z)]$$

Trườn $\varepsilon(t) = \frac{1}{1-Z^{-1}}[1 - F(Z)] \rightarrow 1 - F(Z) = \varepsilon(t)(1 - Z^{-1}) \rightarrow F(Z) = 1 - \varepsilon(t)(1 - Z^{-1})$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

- Ví dụ 2: Tổng hợp hệ tắt hữu hạn: Trường hợp $(n_0 + 1) = 2$.

$$\varepsilon(Z) = X_v(Z)[1 - F(Z)] \rightarrow F(Z) = 1 - \frac{\varepsilon(Z)}{X_v(Z)} \text{ với: } X_v(Z) = \frac{1}{1 - Z^{-1}}$$

Với điều kiện đầu bằng 0 $\rightarrow X_r(0) = 0$.

$$\rightarrow \varepsilon_0 = X_v(0) - X_r(0) = 1 - 0 = 1$$

Còn ε_1 có thể chọn tùy ý nếu không có yêu cầu khác.

Thay ε_0 vào $F(Z)$:

$$\Rightarrow F(Z) = (1 - \varepsilon_1)Z^{-1} + \varepsilon_2.Z^{-2}$$

Nếu yêu cầu tín hiệu ra cách đều:

$$x_r(0) = 0; x_r(1) = \frac{H(\infty)}{n_0 + 1} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$x_v(1) = 1 \rightarrow \varepsilon_1 = x_v(1) - x_r(1) = 1 - 0,5 = 0,5$$

Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

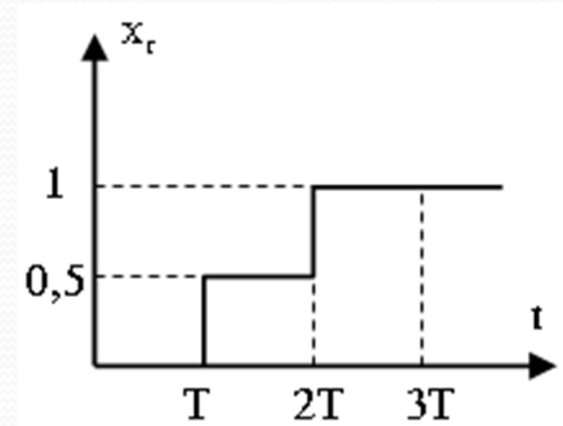
Thay $\epsilon_1 = 0,5$ vào $F(Z)$ ta có:

$$F(Z) = 0,5.Z^{-1} + 0,5.Z^{-2} = 0,5.(Z^{-1} + Z^{-2})$$

(Tắt sau 2 chu kỳ lấy mẫu và tìm $D(Z)$).

$$D(Z) = \frac{1}{G(Z)} \cdot \frac{F(Z)}{1 - F(Z)} \text{ vì } G(Z) = \frac{K_0(\beta^{-1} - 1)}{1 - \beta.Z^{-1}}$$

$$\rightarrow D(Z) = \frac{1 - \beta.Z^{-1}.0,5.(Z^{-1} + Z^{-2})}{K_0(\beta^{-1} - 1)\{1 - 0,5.(Z^{-1} + Z^{-2})\}}$$



Chương VI- Tổng hợp hệ truyền động điện điều khiển số

6.2.6- Tổng hợp hệ điều khiển số sử dụng hàm truyền biến vị

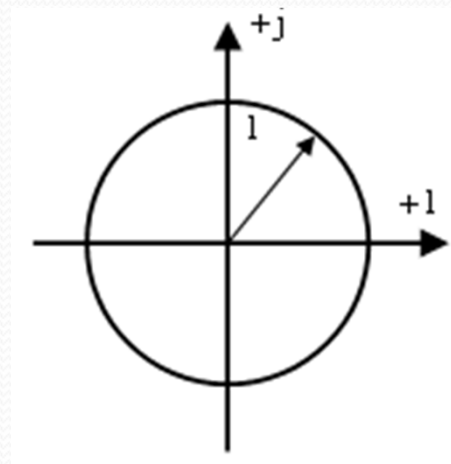
❖ Điều kiện $F(Z)$ ổn định: $|Z| < 1$

❖ Đặt $Z = \frac{r+1}{r-1}$

⇒ Trong vòng tròn đơn vị trên miền Z sẽ trở thành nửa bên trái của miền r .

⇒ Thay vào $F(Z) \rightarrow F(r)$

❖ Với $F(r)$ ta có thể áp dụng tất cả các phương pháp của hệ liên tục để tổng hợp $F(r)$ theo yêu cầu $\Rightarrow F(Z)$ yêu cầu $\Rightarrow$ Tìm $D(Z)$.



Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

§ 7.1. KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI CỦA HỆ ĐIỀU CHỈNH TỰ ĐỘNG

7.1.1- PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA HỆ MỘT ĐẦU VÀO, MỘT ĐẦU RA

7.1.1.1- PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI:

- ❖ VỚI HỆ THỐNG MỘT ĐẦU VÀO VÀ MỘT ĐẦU RA QUAN HỆ GIỮA TÍN HIỆU VÀO VÀ TÍN HIỆU RA ĐƯỢC MÔ TẢ BỞI PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CẤP N, TRONG ĐÓ THỜI GIAN LÀ MỘT BIẾN ĐỘC LẬP.

- ✓ TÍN HIỆU VÀO: $X(T) \Rightarrow Y(T) = F\{X(T)\}$.

- ✓ TÍN HIỆU RA: $Y(T)$. $y^{(n)} + y^{(n-1)} \cdot a_1(t) + \dots = x(t)$

- ❖ PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CẤP N CỦA T:

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Bằng cách biểu diễn ma trận chuyển vị phương trình vi phân cấp n thành một phương trình vi phân cấp 1 biểu diễn ma trận vector.
- ❖ Nếu coi n phần tử của của vector là một tập biến trạng thái thì phương trình vi phân ma trận vừa được nêu gọi là phương trình trạng thái.
- ❖ Hệ có một đầu vào và một đầu ra, quan hệ giữa đầu vào và đầu ra được thể hiện bằng một phương trình vi phân cấp n như sau:

Trong đó:

U : là tín hiệu vào (hàm kích thích không có đạo hàm theo (t)).

y : là tín hiệu ra (đáp ứng);

y_j : là đạo hàm cấp j của y theo t .

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Khi biết điều kiện đầu $y(0)$; $y'(0)$; $y_{n-1}(0)$ và $U(t)$ tại $t \geq 0$ ta giả phương trình (1) và tìm được y theo t .

- ❖ Để đơn giản cho việc giải phương trình (1) ta đã
$$\begin{cases} x_1 = y \\ x_2 = y' \\ x_3 = y'' \\ \dots \\ x_n = y^{n-1} \end{cases} \quad (2)$$

- ❖ Phương trình (1) được biểu diễn như sau
$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dots \\ \dot{x}_{n-1} = x_n \\ \dots \\ \dot{x}_n = y^{(n)} \end{cases}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{x}_n = -a_1 x_n - a_2 x_{n-1} - \dots - a_n x_1 + U \\ \dot{x}_2 = 0 + x_2 + 0 + 0 + \dots 0 \\ \dots \\ \dot{x}_n = -a_n x_1 - a_{n-1} x_2 - \dots - a_1 x_n + U \end{cases}$$

❖ Chuyển phương trình (3) về dạng ma trận ta có:

Trong đó: $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$ gọi là vector trạng thái.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_1 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ (ma trận B với n hàng)}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Phương trình nghiệm:

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

- ❖ Viết gọn lại: $y = C.x$;

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

7.1.1.2- Tính chất

- ❖ Trường hợp ma trận vuông A cấp n có n giá trị riêng tách biệt $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ để thực hiện phép biến đổi tuyến tính cho ta ma trận chéo ta chọn ma trận có dạng như sau:

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ \lambda_1 & \lambda_2 & \dots & \lambda_{n-1} & \lambda_n \\ \lambda_1^2 & \lambda_2^2 & \dots & \lambda_{n-1}^2 & \lambda_n^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \lambda_1^{n-1} & \lambda_2^{n-1} & \dots & \lambda_{n-1}^{n-1} & \lambda_n^{n-1} \end{bmatrix}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Biến đổi tuyến tính ma trận vuông thành ma trận chéo:

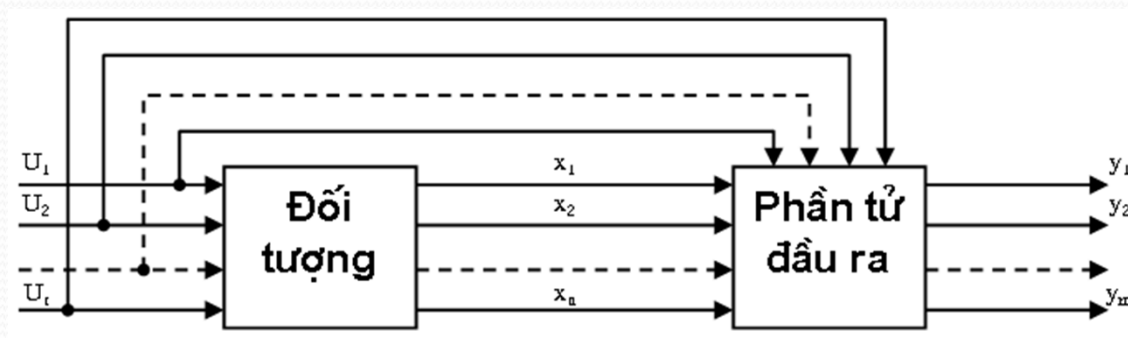
$$P^{-1}.A.P = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \lambda_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \lambda_n \end{bmatrix}$$

- ❖ Trường hợp ma trận vuông A có các giá trị riêng kép hoặc bội thì không thể thực hiện được phép biến đổi tuyến tính đối với trường hợp này, mà phải chọn một phép biến đổi khác $X = S.t$ với S là ma trận có dạng đặc biệt.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

7.1.2- Phương trình trạng thái của hệ nhiều chiều (MIMO)

- ❖ Giả thiết có một hệ điều chỉnh tự động như hình vẽ: có r đầu vào, m đầu ra và hệ được biểu diễn bởi m phương trình vi phân tuyến tính bậc n .



- Tín hiệu vào (kích thích): U_i ($i = 1 \div r$)
- Tín hiệu đầu ra (đáp ứng): y_l ($l = 1 \div m$)
- Các biến trạng thái: x_k ($k = 1 \div n$)

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Ta có hệ phương trình:

$$(1) \quad \begin{cases} \dot{x}_1 = a_{11}(t)x_1 + a_{12}(t)x_2 + \dots + a_{1n}(t)x_n + b_{11}(t)U_1 + \dots + b_{1r}(t)U_r \\ \dot{x}_2 = a_{21}(t)x_1 + a_{22}(t)x_2 + \dots + a_{2n}(t)x_n + b_{21}(t)U_1 + \dots + b_{2r}(t)U_r \\ \vdots \\ \dot{x}_n = a_{n1}(t)x_1 + a_{n2}(t)x_2 + \dots + a_{nn}(t)x_n + b_{n1}(t)U_1 + \dots + b_{nr}(t)U_r \end{cases}$$

Gọi vector tín hiệu vào:

$$U = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_r \end{bmatrix}$$

Vector tín hiệu ra:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{bmatrix};$$

Vector trạng thái:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Các ma trận hệ số:

$$A(t) = \begin{bmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) & \cdots & a_{1n}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) & \cdots & a_{2n}(t) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1}(t) & a_{n2}(t) & \cdots & a_{nn}(t) \end{bmatrix}$$

$$B(t) = \begin{bmatrix} b_{11}(t) & b_{12}(t) & \cdots & b_{1n}(t) \\ b_{21}(t) & b_{22}(t) & \cdots & b_{2n}(t) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m1}(t) & b_{m2}(t) & \cdots & b_{mn}(t) \end{bmatrix}$$

Hệ phương trình: (1) có vector ở dạng: $\dot{x} = A(t)x + B(t)U$ (2)

(2) là phương trình trạng thái của hệ nhiều chiều.

Về nguyên tắc tín hiệu đầu ra cũng có thể biểu diễn bằng hệ phương trình:

$$(3) \quad \begin{cases} y_1 = C_{11}(t)x_1 + C_{12}(t)x_2 + \dots + C_{1n}(t)x_n + d_{11}(t)U_1 + \dots + d_{1r}(t)U_r \\ \dots \\ y_m = C_{m1}(t)x_1 + C_{m2}(t)x_2 + \dots + C_{mn}(t)x_n + d_{m1}(t)U_1 + \dots + d_{mr}(t)U_r \end{cases}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Viết gọn: $y = C(t)x + D(t)u$ (4) → phương trình đầu ra.

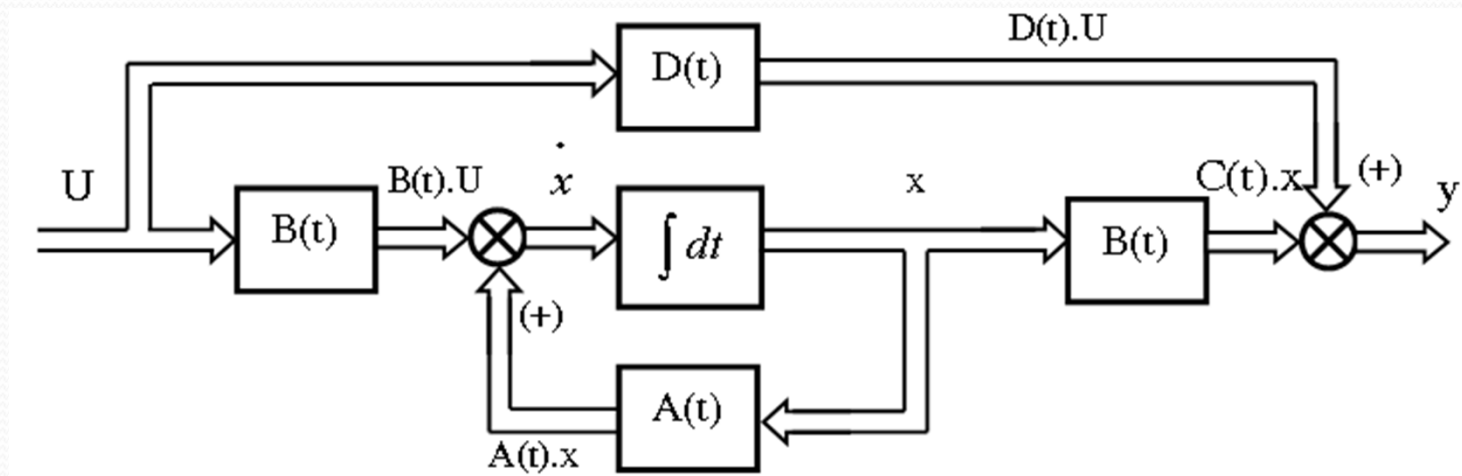
$$C(t) = \begin{bmatrix} C_{11}(t) & C_{12}(t) & \cdots & C_{1n}(t) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ C_{m1}(t) & C_{m2}(t) & \cdots & C_{mn}(t) \end{bmatrix};$$

$$D(t) = \begin{bmatrix} d_{11}(t) & d_{12}(t) & \cdots & d_{1r}(t) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{m1}(t) & d_{m2}(t) & \cdots & d_{mr}(t) \end{bmatrix}$$

- ❖ Các ma trận $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$, $D(t)$ hoàn toàn đặc trưng cho tính chất động học của hệ bằng cách biểu diễn phương trình trạng thái (không gian trạng thái), ta đã chuyển hệ phương trình vi phân cấp n về phương trình vi phân cấp 1 dạng ma trận $\Rightarrow$ Thuận lợi cho việc phân tích cũng như tổng hợp các hệ thống điều chỉnh tự động, đặc biệt là với hệ có nhiều đầu vào và nhiều đầu ra.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Phương trình (4) được biểu diễn như hình vẽ sau:



Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

7.1.3- Phương trình trạng thái của hệ điều chỉnh tốc độ khi về phải phương trình có thành phần đạo hàm của kích thích.

- ❖ Giả sử hệ có quan hệ giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra được mô tả bởi phương trình vi phân sau:

$$y^{(n)} + a_1^{(n-1)} \dot{y} + \dots + a_{n-1} y + a_n y = b \cdot u + b_1 \dot{u} + \dots + b_n u \quad (1)$$

- ❖ Ta đặt:

$$\begin{cases} x_1 = y \\ x_2 = \dot{y} \\ \vdots \\ x_n = y^{(n-1)} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \vdots \\ \dot{x}_n = a_n x_1 - x_{n-1} x_2 - \dots - a_1 x_n + b_0^{(n)} u + b_1^{(n-1)} \dot{u} + \dots + b_n u \end{cases} \quad (2)$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- Như đã biết phương trình (2) có thể có nhiều nghiệm khi cùng 1 giá trị tác dụng vào U, để khắc phục tính không duy nhất của nghiệm ta phải chọn các biến trạng thái sao cho ở vế phải của các phương trình không có các thành phần đạo hàm của U. Muốn vậy, chúng ta lập biến trạng thái khác.

$$\begin{cases} x_1 = y - \beta_0 u \\ x_1 = \dot{y} - \beta_0 \dot{u} - \beta_1 u = \dot{x}_1 - \beta_1 u \\ x_3 = \ddot{y} - \beta_0 \ddot{u} - \beta_1 \dot{u} - \beta_2 u = \dot{x}_2 - \beta_2 u \\ \vdots \\ x_n = y^{(n-1)} - \beta_0^{(n-1)} u - \beta_1^{(n-1)} \dot{u} - \dots - \beta_{n-1}^{(n-2)} \dot{u} = \dot{x}_{n-1} - \beta_{n-1} u \end{cases}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

$$\beta_0 = b_0$$

$$\beta_1 = b_1 - a_1\beta_0$$

$$\beta_2 = b_2 - a_2\beta_1 - a_2\beta_0$$

$$\vdots$$

$$\beta_{n-1} = b_{n-1} - a_1\beta_{n-2} - a_2\beta_{n-3} - \dots - a_{n-1}\beta_0$$

$$\beta_n = b_n - a_1\beta_{n-1} - \dots - a_n\beta_0$$

- ❖ Với cách đặt như vậy phương trình (1) được chuyển thành:

$$\begin{bmatrix} \cdot \\ x_1 \\ \cdot \\ x_2 \\ \vdots \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{n-1} \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} \cdot [U] \quad (5)$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Viết gọn lại:

$$\dot{x} = A.x + B.u \quad (5a)$$

Nghiệm:

$$y = x_1 + \beta_0.u \rightarrow y = C.x + D.u \quad (6)$$

Cho

$$C = [1 \quad 0 \quad \dots \quad 0]$$

$$D = \beta_0 = b_0$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

§ 7.2. QUAN HỆ GIỮA CÁC HỆ SỐ CỦA PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI VÀ HÀM TRUYỀN

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases}$$

- ❖ HÀM TRUYỀN CỦA MỘT HỆ LÀ TỶ SỐ GIỮA LƯỢNG RA TRÊN LƯỢNG VÀO Ở DẠNG BIẾN ĐỔI LAPLACE VỚI ĐIỀU KIỆN ĐẦU BẰNG KHÔNG. BIẾN ĐỔI PHƯƠNG TRÌNH $P.X(P) - x(0) = A.X(P) + B.U(P)$
 $Y(P) = C.X(P) + D.U(P)$

- ❖ VỚI $\begin{cases} P.X(P) = A.X(P) + B.U(P) \\ Y(P) = C.X(P) + D.U(P) \end{cases}$
 $(PI - A).X(P) = B.U(P)$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Nhân cả hai vế với:

$$(PI - A)^{-1} \rightarrow X(P) = (PI - A)^{-1} B.U(P)$$

Nếu một hệ có ma trận A:

$$\rightarrow Y(P) = C(PI - A)^{-1} B.U(P) + D.U(P) = [C(PI - A)^{-1} B + D].U(P)$$

$$W(P) = \frac{Y(P)}{U(P)} = C(PI - A)^{-1} B + D$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Giả sử có ma trận A , nghiệm của phương trình $A(P) = 0$ (Điểm cực của hàm truyền) thực chất là các giá trị riêng của ma trận A .

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \cdots & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}$$

→ Đa thức đặc tính của hàm truyền.

$$A(P) = P^n + a_1 P^{n-1} + \dots + a_{n-1} P + a_n$$

- ❖ Nghiệm của $A(P) = 0$ (điểm cực của hàm truyền) thực chất là các giá trị riêng của ma trận A .

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

❖ Ví dụ:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -a_3 & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}$$

$$A(P) = P^3 + a_1 P^2 + a_2 P + a_3 = 0$$

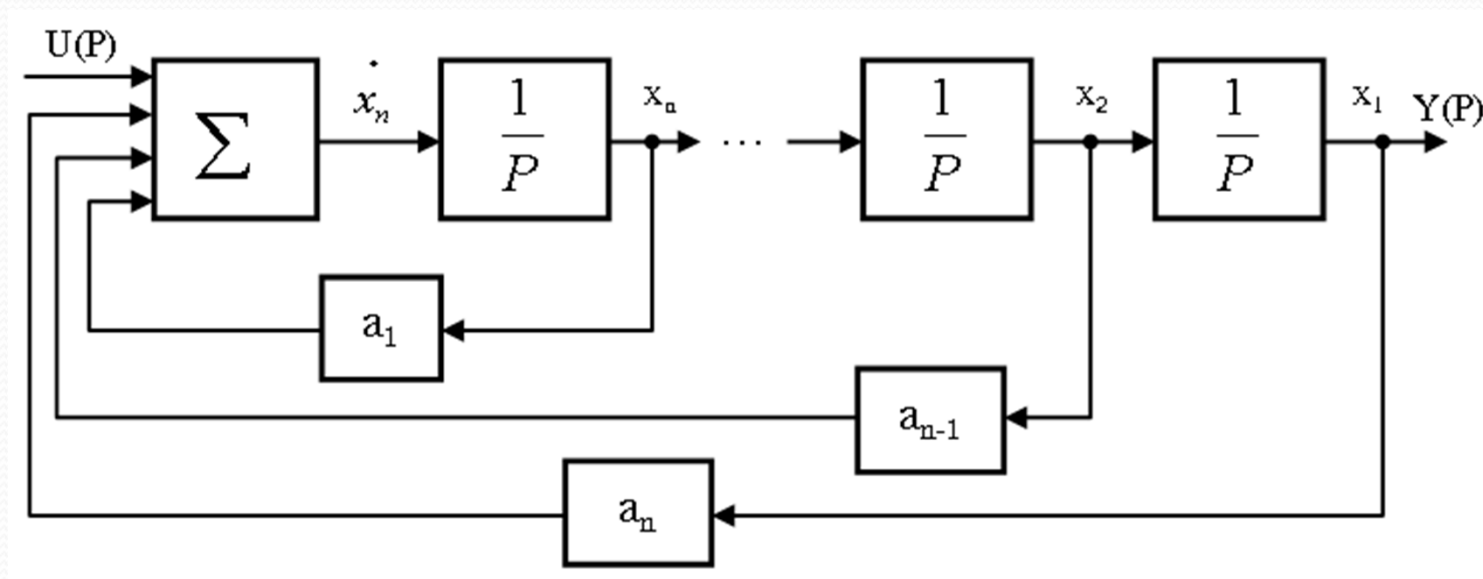
$$(PI - A) = \begin{bmatrix} P & -1 & 0 \\ 0 & P & -1 \\ a_3 & a_2 & P + a_1 \end{bmatrix} \text{ với } P = \begin{bmatrix} P & 0 & 0 \\ 0 & P & 0 \\ 0 & 0 & P \end{bmatrix}$$

$$\det(A_1) = P^2(P + a_1) + a_3 + a_2 P = P^3 + a_1 P^2 + a_2 P + a_3$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Biết hàm truyền kín của hệ, thành lập phương trình trạng thái và phương trình đầu ra.
- Giả thiết có hàm truyền kín:

$$n_k(P) = \frac{1}{P^n + a_1 P^{n-1} + \dots + a_{n-1} P + a_n}$$



Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \vdots \\ \dot{x}_n = -a_n x_1 - a_{n-1} x_2 - \dots - a_1 x_n + U \end{cases} \Rightarrow \dot{x} = Ax + BU$$

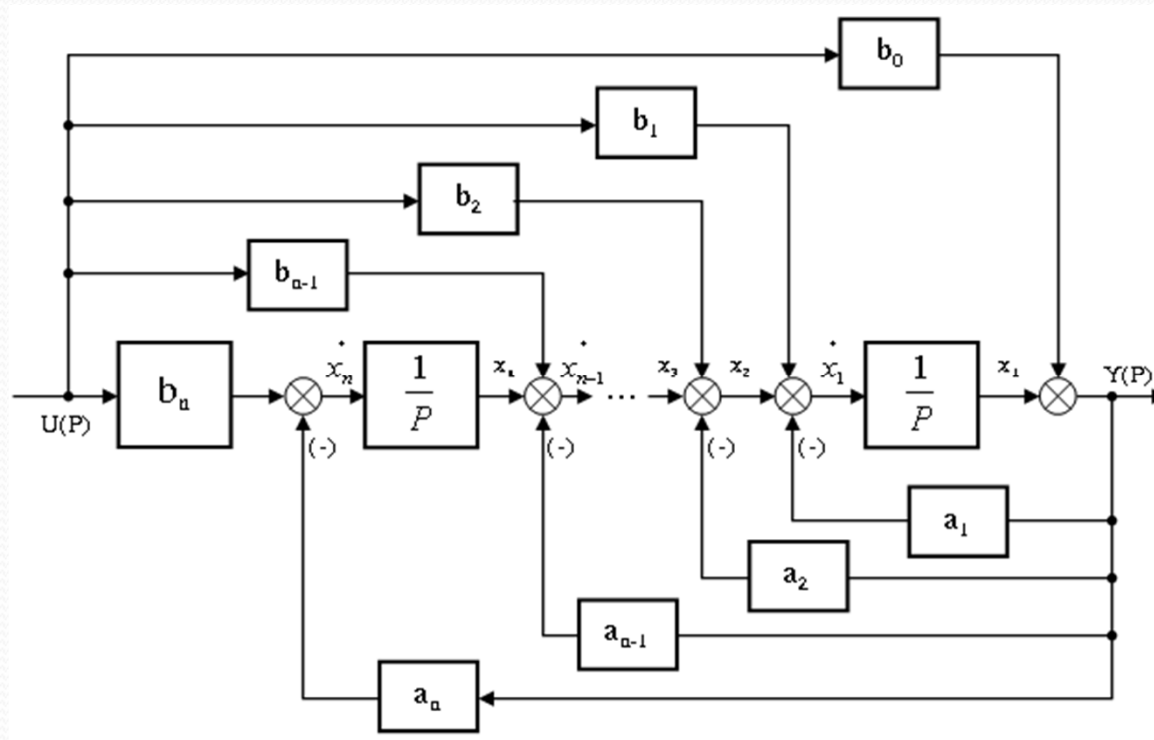
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- Giả thiết hệ có hàm truyền kín có dạng:

$$W_k(P) = \frac{b_0.P^m + b_1.P^{m-1} + \dots + b_{m-1}.P + b_m}{P^n + a_1.P^{n-1} + \dots + a_{n-1}.P + a_n}$$

Với ($m \leq n$) biểu diễn hệ bằng cách nối tiếp khâu tích phân: Giả thiết $n = m$.



Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

$$y = x_1 + b_0.U$$

$$\dot{x}_1 = x_2 + b_1.U - a_1.y = x_2 - a_1.x_1 + (b_1 - a_1.b_0)U$$

$$\dot{x}_2 = x_3 + b_2.U - a_2.y = x_3 - a_2.x_1 + (b_2 - a_2.b_0)U$$

$$\vdots$$

$$\dot{x}_{n-1} = x_n - b_{n-1}.U - a_{n-1}.y = x_n - a_{n-1}.x_1 + (b_{n-1} - a_{n-1}.b_0)U$$

$$\dot{x}_n = b_n - a_n.y = -a_n.x_1 + (b_n - a_n.b_0)U$$

Viết lại:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -a_1.x_1 + 1.x_2 + 0.x_3 + \dots + 0.x_n + (b_1 - a_1.b_0).U \\ \dot{x}_2 = -a_2.x_1 + 0.x_2 + 1.x_3 + \dots + 0.x_n + (b_2 - a_2.b_0).U \\ \vdots \\ \dot{x}_{n-1} = -a_{n-1}.x_1 + 0.x_2 + 0.x_3 + \dots + 1.x_n + (b_{n-1} - a_{n-1}.b_0).U \\ \dot{x}_n = -a_n.x_1 + 0.x_2 + 0.x_3 + \dots + 0.x_n + (b_n - a_n.b_0).U \end{cases}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Ma trận A và ma trận B được biểu diễn như sau:

$$A = \begin{bmatrix} -a_1 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ -a_2 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & & & & \\ -a_{n-1} & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ -a_n & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} b_1 - a_1.b_0 \\ b_2 - a_2.b_0 \\ \vdots \\ b_{n-1} - a_{n-1}.b_0 \\ b_n - a_n.b_0 \end{bmatrix}$$

Ta có phương trình trạng thái:

$$A(P) = P^n + a_1.P^{n-1} + \dots + a_n$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

§ 7.3. GIẢI PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI TUYẾN TÍNH DÙNG

7.3.1- GIẢI PHƯƠNG TRÌNH THUẦN NHẤT:

A- GIẢI PHƯƠNG TRÌNH VÔ HƯỚNG (VI PHÂN THƯỜNG)

$$\dot{x} = ax \text{ LÀ CÁC SỐ VÔ HƯỚNG) } \quad (1)$$

GIẢ THIẾT NGHIỆM CỦA PHƯƠNG TRÌNH CÓ DẠNG:

$$x(t) = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_K t^K + \dots \quad (2)$$

THAY (2) VÀO (1) TA ĐƯỢC:

$$b_1 + 2b_2 t + 3b_3 t^2 + \dots + K b_K t^{K-1} + \dots = a(b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_K t^K + \dots) \quad (3)$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Cân bằng hệ số trong biểu thức (3) ta có:

$$b_1 = a.b_0$$

$$b_2 = \frac{1}{2}.a.b_1 = \frac{1}{2}.a^2.b_0$$

$$b_3 = \frac{1}{3}.a.b_2 = \frac{1}{2.3}.a^3.b_0$$

$$\vdots$$

$$b_K = \frac{1}{K!}.a^K.b_0$$

$\Rightarrow$ Điều kiện đầu: $x(0) = b_0$

$$x(t) = x(0) \underbrace{\left\{ 1 + at + \frac{a^2}{2}t^2 + \frac{a^3}{6}t^3 + \dots + \frac{a^K}{K!}t^K + \dots \right\}}_{e^{at}}$$
$$x(t) = x_0.e^{at}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

b- Giải phương trình trạng thái thuần nhất:

$$\dot{x} = Ax \quad (5) \quad \text{vector; } A: \text{ ma trận vuông}$$

Giả thiết nghiệm của phương trình có dạng:

$$x(t) = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_K t^K + \dots$$

(với $b_0, b_1, \dots, b_K$: là các vector cột) (6)

Thay (6) vào (5) ta có:

$$b_1 + 2b_2 t + 3b_3 t^2 + \dots + Kb_K t^{K-1} + \dots = A(b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_K t^K + \dots) \quad (7)$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

$$\begin{cases} b_1 = A.b_0 \\ b_2 = \frac{1}{2}.A.b_1 = \frac{1}{2}.A^2.b_0 \\ b_3 = \frac{1}{3}.A.b_2 = \frac{1}{2.3}.A^3.b_0 \\ \vdots \\ b_K = \frac{1}{K!}.A^K.b_0 \end{cases}$$

$\Rightarrow$ Điều kiện đầu: $x(0) = b_0$

$$x(t) = x(0) \underbrace{\left\{ 1 + At + \frac{A^2}{2!}t^2 + \dots + \frac{A^K}{K!}t^K + \dots \right\}}_{e^{At}} \Rightarrow x(t) = x_0.e^{At}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

c- Một số tính chất của hàm mũ ma trận

- Hàm mũ ma trận e^{At} hội tụ tuyệt đối.
- Đạo hàm bậc nhất: $\frac{de^{At}}{dt} = Ae^{At} = e^{At}.A$
- $e^{A(t+s)} = e^{At}.e^{As}$
- $e^{At}.e^{-At} = I$ (ma trận đơn vị)
- $$e^{(A+B)t} = \begin{cases} e^{At}.e^{Bt} & \text{nếu } A.B = B.A \\ \text{khác } e^{At}.e^{Bt} & \text{nếu } A.B \neq B.A \end{cases}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

d- Ma trận chuyển trạng thái

Có thể biểu diễn nghiệm của phương trình: $\dot{x} = Ax$ ở dạng:

$$x(t) = \phi(t).x(0) \quad (10)$$

Trong đó: $\phi(t)$ là ma trận vuông cấp n và là nghiệm duy nhất của phương trình:

$$\dot{\phi}(t) = A\phi(t) \text{ với } \phi(t) = I \quad (11)$$

So sánh (9) và (10) ta rút ra: $\phi(t) = e^{At}$ ở dạng: (12)

$$\text{Ta có: } \phi(t) = e^{At} = \mathcal{L}^{-1} \left\{ (PI - A)^{-1} \right\} \quad (12)$$

$$P.\phi(P) - \phi(0) = A.\phi(P) \quad \rightarrow P.\phi(P) - A.\phi(P) = \phi(0)$$

$$\rightarrow (PI - A).\phi(P) = I \quad \rightarrow \phi(P) = (PI - A)^{-1}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Từ biểu thức (10) ta thấy rằng nghiệm của phương trình $\dot{x} = Ax$ chỉ đơn giản là biến đổi của điều kiện đầu. Vì vậy ma trận duy nhất $\Phi(t)$ được gọi là ma trận chuyển trạng thái, ma trận này mang đầy đủ các thông tin về nghiệm tự do của phương trình trạng thái.
- Nếu ma trận A có n giá trị riêng $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ thì ma trận chuyển trạng thái $\Phi(t)$ sẽ có các thành phần:
- Nếu A có các giá trị kép hoặc bội: $\lambda_1, \lambda_1, \lambda_1; \lambda_4, \lambda_5, \dots, \lambda_n$

Ví dụ: A có các giá trị riêng $\lambda_1, \lambda_1, \lambda_1; \lambda_4, \lambda_5, \dots, \lambda_n$

thì ma trận $\Phi(t)$ ngoài $t e^{\lambda_1 t}, \dots, t^2 e^{\lambda_1 t}$

còn có các thành phần

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Trường hợp ma trận A là ma trận chéo và có giá trị riêng tách biệt thì:

$$\phi(t) = \begin{bmatrix} e^{\lambda_1 t} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & e^{\lambda_2 t} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & & & & \\ 0 & 0 & \dots & e^{\lambda_{n-1} t} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & e^{\lambda_n t} \end{bmatrix} \quad \text{và} \quad \phi(t) = \mathcal{L}^{-1} \left\{ (PI - A)^{-1} \right\}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Xét ví dụ tìm $\Phi(t)$; Viết phương trình:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

$$\text{Có } A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix}; \quad Z(P) = PI - A$$

$$Z(P) = \begin{bmatrix} P & 0 \\ 0 & P \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P & -1 \\ 2 & P+3 \end{bmatrix}$$

(chú ý: $A^{-1} = \frac{P_A}{\det(A)}$ với P_A : là ma trận phù hợp)

Tìm P_A : $A_{ij} - (-1)^{i-j} |A_m|$, bỏ hàng i, bỏ cột j ta sẽ được:

$$B = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & & & \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Sau đó chuyển hàng thành cột và cột thành hàng: $P_A = B^T$.

$$\rightarrow Z_{11} = P + 3; Z_{12} = -2; Z_{21} = 1; Z_{22} = P$$

$$P_Z = \begin{bmatrix} P+3 & -2 \\ 1 & P \end{bmatrix}; P_Z^T = \begin{bmatrix} P+3 & 1 \\ -2 & P \end{bmatrix}$$

$$\det|Z| = \begin{vmatrix} P & -1 \\ 2 & P+3 \end{vmatrix} = P(P+3) + 2 = P^2 + 3P + 2 = (P+1)(P+2)$$

$$\phi(t) = \mathcal{L}^{-1} \left\{ \frac{1}{(P+1)(P+2)} \begin{bmatrix} P+3 & 1 \\ -2 & P \end{bmatrix} \right\} = \mathcal{L}^{-1} \left\{ \begin{bmatrix} \frac{P+3}{(P+1)(P+2)} & \frac{1}{(P+1)(P+2)} \\ \frac{-2}{(P+1)(P+2)} & \frac{P}{(P+1)(P+2)} \end{bmatrix} \right\}$$

$$\frac{P+3}{(P+1)(P+2)} = \frac{A}{(P+1)} + \frac{B}{(P+2)} \Rightarrow \begin{cases} A = 2 \\ B = -1 \end{cases}$$

$$\rightarrow \frac{2}{(P+1)} - \frac{1}{(P+2)} = 2.e^{-t} + e^{-2t}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

$$\rightarrow \phi(t) = \begin{bmatrix} 2e^{-t} + e^{-2t} & e^{-t} + e^{-2t} \\ -2e^{-t} + 2e^{-2t} & e^{-t} + 2e^{-2t} \end{bmatrix}$$

Chú ý: Với ma trận chéo: $Z = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_n \end{bmatrix}$

$$\rightarrow \phi(t) = \mathcal{L}^{-1} \left\{ \begin{bmatrix} \frac{1}{P - \lambda_1} & \dots \\ \dots & \frac{1}{P - \lambda_2} \end{bmatrix} \right\} \rightarrow \phi(t) = \begin{bmatrix} e^{a_1 t} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{a_2 t} & \dots & 0 \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & e^{a_n t} \end{bmatrix}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

7.3.2- Giải phương trình không thuần nhất:

A- Giải phương trình vi phân cấp vô hướng không thuần nhất: $\dot{x} = Ax + Bu$

$$\dot{x} = ax + bu \quad (a, b: \text{là các hệ số hằng})$$

$$\dot{x} = ax = bu \quad (13)$$

Nhân hai vế phương trình (13) với e^{-at} :

$$e^{-at} \left[\dot{x} - ax \right] = e^{-at} . bu$$

$$\Leftrightarrow e^{-at} . \dot{x} - a.e^{-at} . x = b.u.e^{-at}$$

$$\Leftrightarrow \left(e^{-at} . x(t) \right)' = -a.e^{-at} . x(t) + e^{-at} . x(t)$$

$$\Rightarrow \frac{d \left(e^{-at} . \dot{x} \right)}{dt} = b.u.e^{-at} \quad (14)$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Tích phân hai vế của phương trình (14) trong khoảng $0 \div t$:

$$\int_0^t d(e^{-a\tau} x) = \int_0^t b.u(\tau).e^{-a\tau} d\tau \Leftrightarrow e^{-a\tau} \Big|_0^t = \int_0^t b.u(\tau).e^{-a\tau} d\tau$$

$$\Leftrightarrow e^{-at} x - x(0) = \int_0^t b.u(\tau).e^{-a\tau} d\tau$$

$$x(t) = e^{at} x(0) + e^{at} \int_0^t b.u(\tau).e^{-a\tau} d\tau = e^{at} x(0) + \int_0^t e^{a(t-\tau)} b.u(\tau) d\tau \quad (15)$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

B- Giải phương trình: $\dot{x} = Ax + Bu$

(Với A, B là các ma trận vuông hệ số hằng)

→ $\dot{x} = Ax = Bu$ Nhân hai vế phương trình (13) với e^{-At}

$$e^{-At} [x'(t) - Ax(t)] = e^{-At} . BU(t)$$

$$\Rightarrow \frac{d(e^{-At} . x(t))}{dt} = e^{-At} . BU(t)$$

$$\Rightarrow d(e^{-At} . x(t)) = e^{-A\tau} . BU(\tau) d(\tau) \quad (17)$$

Tích phân hai vế của phương trình (17) trong khoảng $0 \div t$:

$$e^{-At} . x(t) - x(0) = \int_0^t e^{-A\tau} BU(\tau) . d\tau$$

**§ 7.4. TÍNH ĐIỀU KHIỂN ĐƯỢC
VÀ QUAN SÁT ĐƯỢC CỦA HỆ THỐNG LIÊN TỤC**
7.4.1- TÍNH ĐIỀU KHIỂN ĐƯỢC CỦA HỆ LIÊN TỤC

A- Ý NGHĨA:

MỘT NGUYÊN TẮC LUÔN PHẢI TUÂN THỦ KHI ĐI TÌM LỜI GIẢI CHO MỘT BÀI TOÁN TRONG BẤT KỲ LĨNH VỰC NÀO. LÀ TRƯỚC KHI THỰC HIỆN TÌM LỜI GIẢI TA PHẢI XEM CÓ THỰC SỰ TỒN TẠI HAY KHÔNG TỒN TẠI LỜI GIẢI CỦA BÀI TOÁN ĐÓ. Ở BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN CŨNG VẬY. TRONG BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN THƯỜNG CÓ HAI PHẦN:

- ❖ XÁC ĐỊNH NHỮNG TÍN HIỆU ĐIỀU KHIỂN $U(t)$ ĐỂ ĐƯA HỆ TỪ MỘT ĐIỂM TRẠNG THÁI BAN ĐẦU KHÔNG

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Tõm trong số những tín hiệu $U(t)$ đã xác định được, một (hoặc nhiều) tín hiệu mang đến cho quá trõnh chuyển đổi một chất lượng như đã yêu cầu, như vậy ta chỉ có thể thực sự điều khiển được hệ thống nếu như đã tõm được ít nhất một tín hiệu $U(t)$ đưa hệ từ điểm trạng thái đầu $x(0)$ về trạng thái đích $x(T)$ trong khoảng thời gian hữu hạn. Điều này phụ thuộc hoàn toàn vào bản chất động học của từng hệ thống. Không phải mọi hệ thống tồn tại trong tự nhiên đều có khả năng động học là đưa được về trạng thái mong muốn trong thời gian hữu hạn. Một hệ thống có khả năng đưa được từ điểm trạng thái $x(0)$ về điểm trạng thái $x(T)$ được gọi là hệ điều khiển được tại $x(0)$.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

B- Tiêu chuẩn điều khiển được

- ❖ Tiêu chuẩn Hautus:

Hệ điều khiển được khi hạng của ma trận: $\text{Rank}(SI - A, B) = n$

- ❖ Tiêu chuẩn Kalman:

Nếu $\text{Rank}(A, B; A^2B; \dots; A^{n-1}B) = n$;

Nếu khác n thì sẽ không điều khiển được.

Ma trận S: hạng của ma trận S (RCS) hoặc Rank (S)

Ma trận có $n \times m$. bỏ cột, hàng đi để tính định thức: $\rightarrow$ cấp n , nếu bằng 0 thì tiếp tục bỏ hàng và cột đi, nếu khác 0 $\rightarrow$ cấp $= n - 1$.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Ví dụ: Một hệ điều khiển được có:

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}; AB = \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} U \rightarrow \det \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & b \end{bmatrix} = 0$$

$$\rightarrow \text{Rank}(S) < 2 = n$$

$$\text{Rank}(S) = 1$$

$\Rightarrow$ Hệ không điều khiển được.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Ví dụ: Cho một hệ:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 & 0 & 0 \\ 0 & S_2 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} U$$

$$A.B = \begin{bmatrix} S_1 & 0 & 0 \\ 0 & S_2 & 0 \\ 0 & 0 & S_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_2 \\ S_1 b_2 \\ S_2 b_3 \end{bmatrix}$$

$$A^2.B = \begin{bmatrix} S_1 & 0 & 0 \\ 0 & S_2 & 0 \\ 0 & 0 & S_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_2 \\ S_1 b_2 \\ S_2 b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (S_1 + S_1) b_2 \\ S_1^2 b_2 \\ S_2^2 b_3 \end{bmatrix}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

$$F = \begin{bmatrix} 0 & b_2 & 2S_1.b_2 \\ b_2 & S_1.b_2 & S_1^2.b_2 \\ b_3 & S_2.b_3 & S_2^2.b_3 \end{bmatrix}; F = (A, A.B, A^2.B)$$

$$\begin{aligned} \det(F) &= S_1^2.b_2^2.b_3 + 2S_1.S_2.b_2^2.b_3 - 2S_1^2.b_2^2.b_3 - S_2^2.b_2^2.b_3 \\ &= b_2^2.b_3(2S_1.S_2 + S_1^2 - 2S_1^2 - S_2^2) \\ &= -b_2^2.b_3(S_1^2 - 2S_1.S_2 + S_2^2) \\ &= -b_2^2.b_3(S_1 - S_2)^2 \neq 0 \end{aligned}$$

$\Rightarrow$ Hệ điều khiển được.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

7.4.2- Tính quan sát được của hệ liên tục

A- ý nghĩa:

- ❖ Trong kỹ thuật điều khiển ta thường đề cập tới việc phản hồi các tín hiệu trạng thái hoặc phản hồi tín hiệu ra. Vấn đề được xem xét ở đây không phải là sự cần thiết của việc phản hồi mà làm thế nào để thực hiện được việc phản hồi những tín hiệu trạng thái hoặc tín hiệu ra tất nhiên để thực hiện được thì chúng ta phải đo, phải xác định được giá trị của các tín hiệu phản hồi.

Ví dụ: Gia tốc không thể đo trực tiếp mà phải chẩn đoán gián tiếp thông qua việc đo tốc độ trong một khoảng thời gian.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Công suất điện cũng được chẩn đoán gián tiếp nhờ việc đo dòng điện, điện áp,... Để thống nhất chung cho cả hai hình thức đo trực tiếp và chẩn đoán gián tiếp người ta đưa ra khái niệm quan sát, như vậy quan sát một tín hiệu là công việc xác định tín hiệu thông qua việc đo trực tiếp tín hiệu đó hoặc chẩn đoán gián tiếp qua việc đo các tín hiệu khác.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

B- Hệ quan sát được

- ❖ Một hệ thống có tín hiệu vào $u(t)$ và tín hiệu ra $y(t)$ được gọi là quan sát được tại thời điểm t_0 nếu tồn tại ít nhất một giá trị hữu hạn $T > t_0$ để điểm trạng thái $x(t_0)$ bằng $x(0)$ xác định một cách chính xác thông qua các vector tín hiệu vào ra $u(t)$, $y(t)$ trong khoảng thời gian $[t_0, T]$ quan sát được hoàn toàn tại thời điểm t_0 nếu với mọi $T > t_0$ điểm trạng thái $x(t_0) = x(0)$ hoàn toàn xác định được một cách chính xác, từ các vector tín hiệu vào và ra trong khoảng thời gian $[t_0, T]$.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

- ❖ Để xác định hệ quan sát được hay không quan sát được người ta đưa ra các tiêu chuẩn và có 2 tiêu chuẩn được phát biểu:

Một hệ thống liên tục gọi là quan sát được nếu:

- Tiêu chuẩn Hautus: nếu đảm bảo hạng của ma trận:

$$\text{Rank} \begin{bmatrix} SI - A \\ C \end{bmatrix} = n \quad \forall S$$

(Ma trận C : giữa biến trạng thái với quan hệ đầu ra)

- Tiêu chuẩn Kalman:

$$\text{Rank} \begin{bmatrix} C \\ C.A \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix} = n \quad \text{ta thường sử dụng tiêu chuẩn Kalman.}$$

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Ví dụ:

$$C = [1 \ 0 \ 0]$$

$$\mathbb{I}_{CA} = [1 \ 0 \ 1]$$

$$CA^2 = [0 \ 1 \ 1]$$

$$\Rightarrow \text{Rank} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} = n$$

$\Rightarrow$ Quan sát được.

Chương VII- Tổng hợp hệ dùng phương pháp không gian trạng thái

Ví dụ:

Cho phương trình trạng thái:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} U$$

Phương trình đầu ra:

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} x \quad (y = C.x; D = 0)$$

$$CA = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & -3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -7 \end{bmatrix}$$