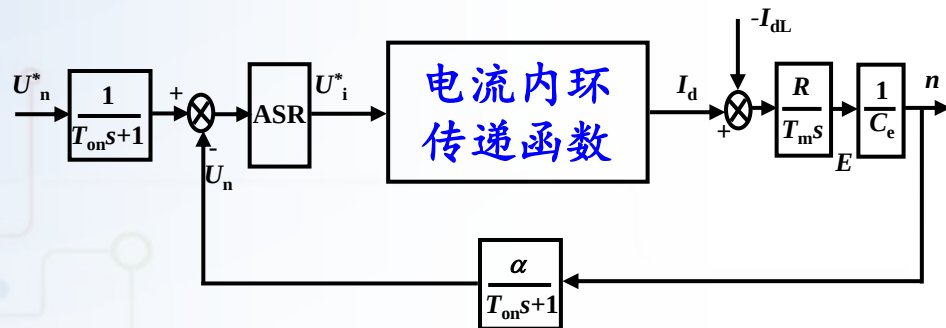
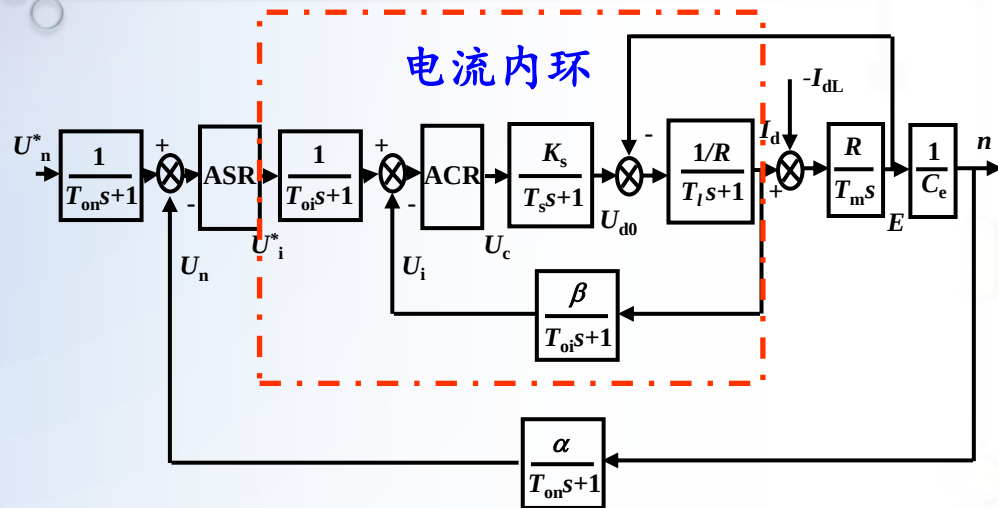


按工程设计方法设计双闭环系统的 转速调节器

主讲人：张敬南 副教授

双闭环直流调速系统的动态结构图



转速调节器的工程设计

01 电流环的等效闭环传递函数

02 转速环结构图的简化

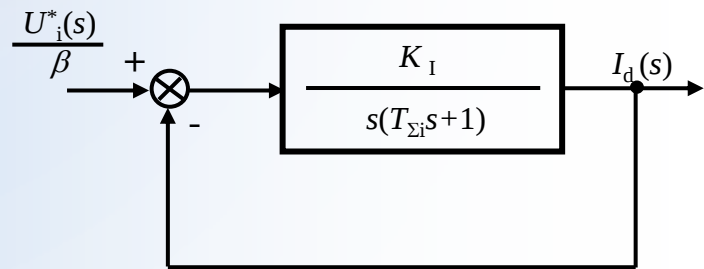
03 转速调节器结构的选择

04 转速调节器的参数设计

05 校验近似条件

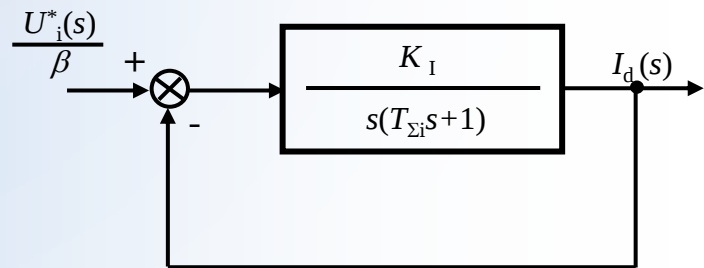
06 转速调节器的实现（略）

(一) 电流环的等效闭环传递函数



$$\begin{aligned} W_{\text{cli}}(s) &= \frac{I_d(s)}{U_i^*(s) / \beta} = \frac{\frac{K_I}{s(T_{\Sigma i}s + 1)}}{1 + \frac{K_I}{s(T_{\Sigma i}s + 1)}} \\ &= \frac{1}{\frac{T_{\Sigma i}}{K_I} s^2 + \frac{1}{K_I} s + 1} \end{aligned}$$

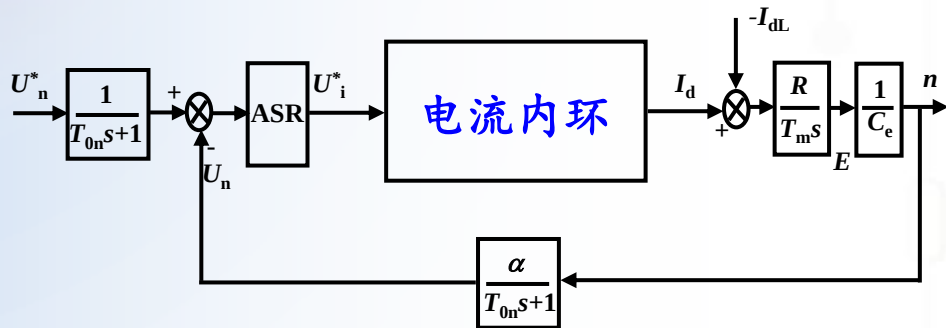
(一) 电流环的等效闭环传递函数



$$W_{cli}(s) = \frac{I_d(s)}{U_i^*(s) / \beta} = \frac{\frac{K_I}{s(T_{\Sigma i}s + 1)}}{1 + \frac{K_I}{s(T_{\Sigma i}s + 1)}}$$

$$= \frac{1}{\frac{T_{\Sigma i}}{K_I} s^2 + \frac{1}{K_I} s + 1}$$

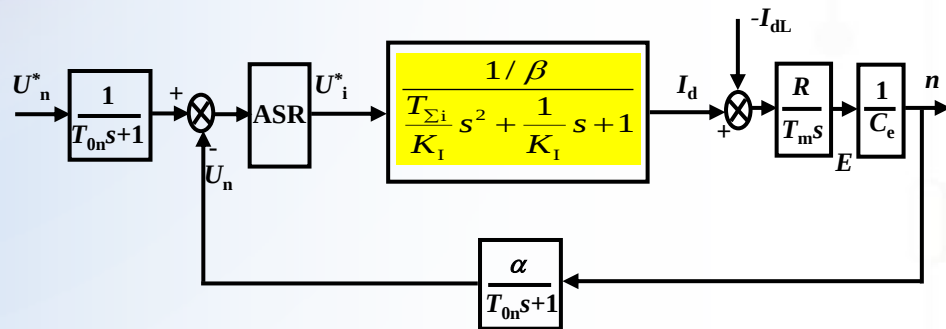
(一) 电流环的等效闭环传递函数



$$W_{cli}(s) = \frac{I_d(s)}{U_i^*(s) / \beta} = \frac{\frac{K_I}{s(T_{\Sigma i}s + 1)}}{1 + \frac{K_I}{s(T_{\Sigma i}s + 1)}}$$

$$= \frac{1}{\frac{T_{\Sigma i}}{K_I} s^2 + \frac{1}{K_I} s + 1}$$

(一) 电流环的等效闭环传递函数



$$\frac{I_d(s)}{U_i^*(s)} = \frac{W_{cli}(s)}{\beta} = \frac{1/\beta}{\frac{T_{\Sigma i}}{K_I} s^2 + \frac{1}{K_I} s + 1}$$

(二) 转速环结构图的简化

(1) 电流环传递函数的简化

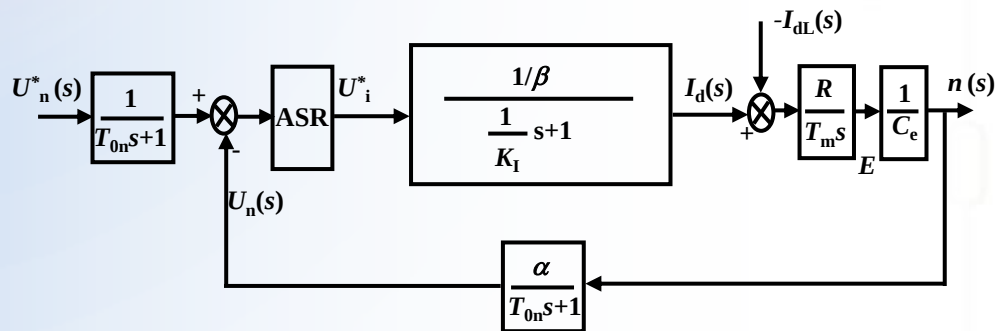
$$\begin{aligned}\frac{I_d(s)}{U_i^*(s)} &= \frac{1/\beta}{\frac{T_{\Sigma i}}{K_I} s^2 + \frac{1}{K_I} s + 1} \\ &\approx \frac{1/\beta}{\frac{1}{K_I} s + 1}\end{aligned}$$

近似条件： $\omega_{cn} \leq \frac{1}{3} \sqrt{\frac{K_I}{T_{\Sigma i}}}$

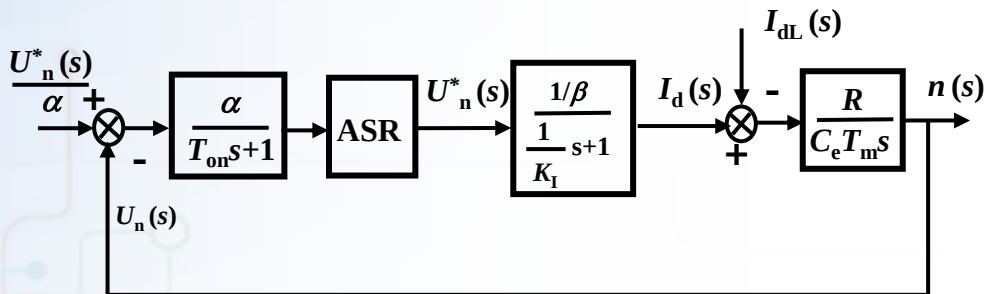
ω_{cn} ——转速环开环频率特性的截止频率。

(二) 转速环结构图的简化

(1) 电流环传递函数的简化

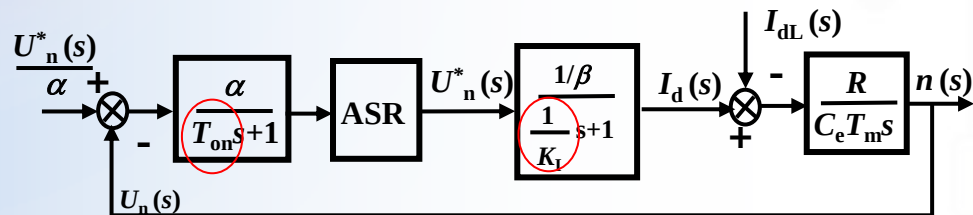


等效成单位负反馈系统:

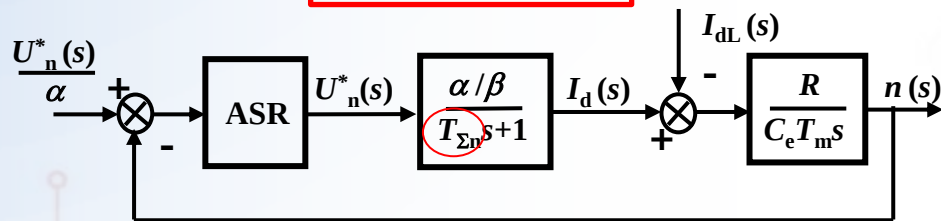


(二) 转速环结构图的简化

(2) 小惯性环节近似处理



$$T_{\Sigma n} = \frac{1}{K_I} + T_{on}$$



近似处理条件:

$$\omega_{cn} \leq \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{K_I} T_{on}}}$$

(三) 转速调节器的确定

(1) 典型系统的选择

- 从稳态要求上看，实现转速无静差；
- 从动态要求上看，转速环应以动态抗扰性能为主，选用典型II型系统。

$$W(s) = \frac{K_N(\tau_N s + 1)}{s^2(T_N s + 1)}$$

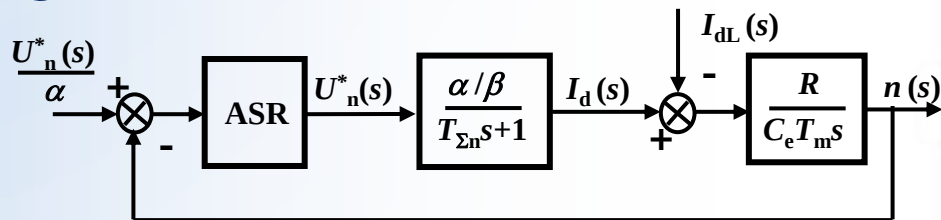
式中， K_N ——开环增益；

τ_N 、 T_N ——时间常数。

(三) 转速调节器的确定

(2) 转速调节器的形式

① 转速环：



② 典型II型系统：

$$W(s) = \frac{K_N(\tau_N s + 1)}{s^2(T_N s + 1)}$$

③ ASR：

$$W_{ASR}(s) = \frac{K_n(\tau_n s + 1)}{\tau_n s}$$

式中： K_n ——转速调节器的比例系数；

τ_n ——转速调节器的超前时间常数。

(四) 转速调节器的参数的确定

①引入PI调节器后的开环传递函数：

$$W(s) = \frac{K_n(\tau_n s + 1)}{\tau_n s} \frac{\alpha R}{\beta C_e T_m s (T_{\Sigma n} s + 1)}$$

$$W(s) = \frac{K_N(\tau_N s + 1)}{s^2 (T_N s + 1)}$$

②根据指标选择 h ，可以初选 $h=5$ 。

③参数关系

$$T_N = T_{\Sigma n} \quad \tau_n = \tau_N = h T_{\Sigma n}$$

$$K_N = \frac{h+1}{2h^2 T_{\Sigma n}^2} \quad K_n = \frac{K_N \tau_n \beta C_e T_m}{\alpha R}$$

(五) 近似处理条件的校验

确定电流环截止频率:

$$\omega_{cn} = K_N \tau_n$$

① 电流环降阶的近似处理

$$\omega_{cn} \leq \frac{1}{3} \sqrt{\frac{K_I}{T_{\Sigma i}}}$$

② 小惯性环节近似处理

$$\omega_{cn} \leq \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{K_I} T_{on}}}$$

转速调节器的工程设计流程

01

确定时间常数，是否存在小惯性群、是否有特殊的要求（初步确定近似的可能性）。

02

校正成典型II型系统，转速调节器为PI调节器。

03

转速调节器的参数计算。确定中频宽 h ，计算调节器参数和截止频率。

04

校验近似条件（2个），不满足则按设计步骤重新设计。

05

转速调节器的实现（略）。

按工程设计方法设计双闭环系统的 转速调节器

主讲人：张敬南 副教授