

稳态调速性能指标和开环直流调速系统

主讲人：张敬南 副教授

主要内容

01 调速的稳态性能指标

02 开环直流调速系统存在的问题

(一) 调速的稳态性能指标

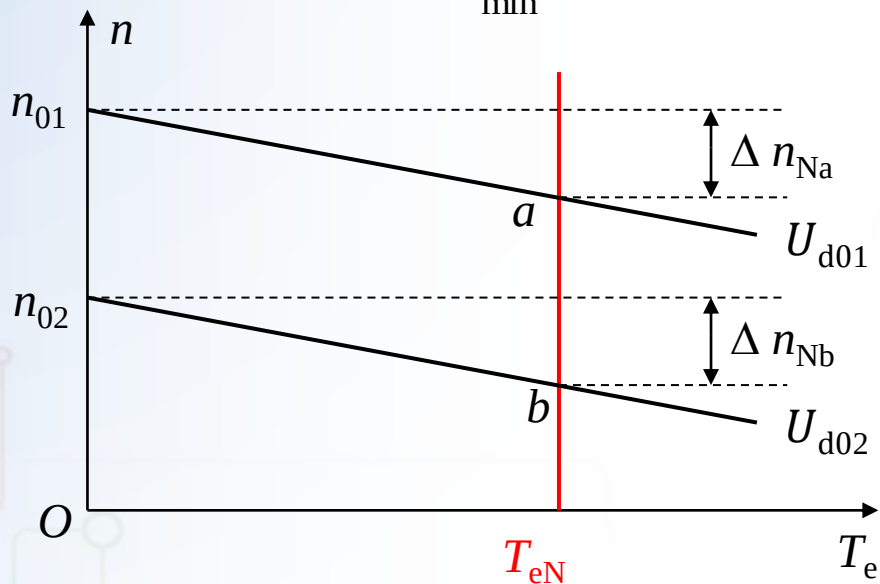
(1) 调速范围

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

(一) 调速的稳态性能指标

(1) 调速范围

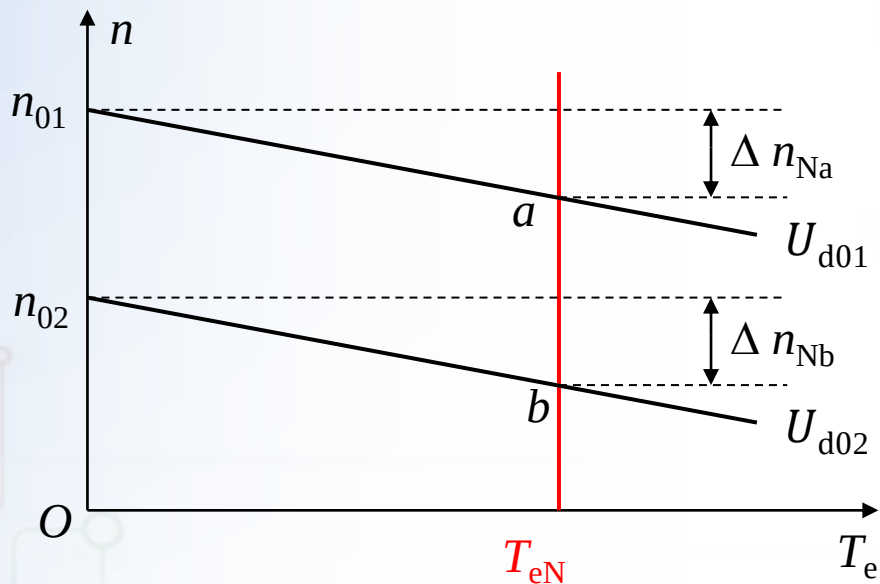
$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$$



(一) 调速的稳态性能指标

(2) 静差率

$$S = \frac{\Delta n_N}{n_0} \quad \Delta n_N = n_0 - \Delta n_N$$



(一) 调速的稳态性能指标

(3) 指标之间的关系

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{n_N}{n_{\min}}$$

$$s = \frac{\Delta n_N}{n_{0\min}} = \frac{\Delta n_N}{n_{\min} + \Delta n_N}$$

$$n_{\min} = \frac{\Delta n_N}{s} - \Delta n_N = \frac{(1-s)\Delta n_N}{s}$$

$$D = \frac{n_N s}{\Delta n_N (1-s)}$$

(一) 调速的稳态性能指标

(3) 指标之间的关系

$$D = \frac{n_N s}{\Delta n_N (1 - s)}$$

结论：

一个调速系统的**调速范围**，是指在**最低速时**还能满足所需**静差率**的转速可调范围。

(一) 调速的稳态性能指标

例题：

某直流调速系统电动机额定转速

为1430rpm，额定速降 $\Delta n_N = 115\text{r/min}$ ，

①当要求静差率30%时，允许多大的调速范围？

②如果要求静差率20%，则调速范围是多少？

③如果希望调速范围达到10，所能满足的静差率是多少？

(一) 调速的稳态性能指标

例题：

某直流调速系统电动机额定转速
为1430rpm，额定速降 $\Delta n_N = 115\text{r/min}$ ，

①当要求静差率30%时，允许多大的
调速范围？

解：①要求30%时，调速范围为

$$D = \frac{n_N s}{\Delta n_N (1-s)} = \frac{1430 \times 0.3}{115 \times (1-0.3)} = 5.3$$

(一) 调速的稳态性能指标

例题：

某直流调速系统电动机额定转速
为1430rpm，额定速降 $\Delta n_N = 115\text{r/min}$ ，

②如果要求静差率20%，则调速范围
是多少？

解：②若要求20%，则调速范围只有

$$D = \frac{1430 \times 0.2}{115 \times (1 - 0.2)} = 3.1$$

(一) 调速的稳态性能指标

例题：

某直流调速系统电动机额定转速
为1430rpm，额定速降 $\Delta n_N = 115\text{r/min}$ ，
③如果希望调速范围达到10，所能满
足的静差率是多少？

解：③若调速范围达到10，则静差率
只能是

$$s = \frac{D\Delta n_N}{n_N + D\Delta n_N} = \frac{10 \times 115}{1430 + 10 \times 115} = 0.446 = 44.6\%$$

(一) 调速的稳态性能指标

解：①要求30%时，调速范围为

$$D = \frac{n_N s}{\Delta n_N (1-s)} = \frac{1430 \times 0.3}{115 \times (1-0.3)} = 5.3$$

②若要求20%，则调速范围只有

$$D = \frac{1430 \times 0.2}{115 \times (1-0.2)} = 3.1$$

③若调速范围达到10，则静差率只能是

$$s = \frac{D \Delta n_N}{n_N + D \Delta n_N} = \frac{10 \times 115}{1430 + 10 \times 115} = 0.446 = 44.6\%$$

(二) 开环直流调速系统存在的问题

实际系统往往对调速范围、静差率两方面都有要求。

➤ 龙门刨床：

调速范围：20~40；

静差率：5%。

➤ 热连轧机：

调速范围：10；

静差率：0.2%~0.5%。

(二) 开环直流调速系统存在的问题

例题：

某龙门刨床工作台拖动采用直流电动机，其额定数据如下：60kW、220V、305A、1000r/min，采用V-M系统，主电路总电阻 0.18Ω ，电动机电动势系数 0.2Vmin/r 。如果要求调速范围 $D = 20$ ，静差率5%，采用开环调速能否满足？若要满足这个要求，系统的额定速降最多能有多少？

$$D = \frac{n_N s}{\Delta n_N (1-s)}$$

$$\Delta n_N = \frac{n_N s}{D(1-s)}$$

(二) 开环直流调速系统存在的问题

解：

$$\Delta n_N = \frac{I_{dN} R}{C_e} = \frac{305 \times 0.18}{0.2} \text{ r/min} = 275 \text{ r/min}$$

$$D = \frac{n_N s}{\Delta n_N (1 - s)} = \frac{1000 \times 0.05}{275 \times (1 - 0.05)} = 0.191$$

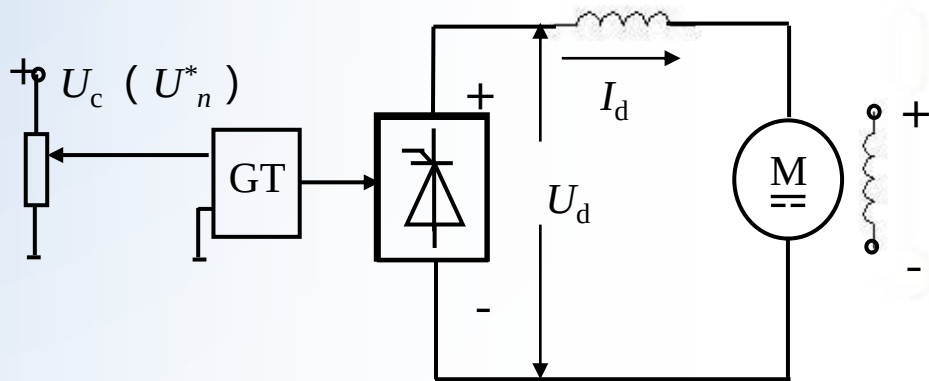
如果要求 $D = 20$ ， $s \leq 5\%$ ，则：

$$\begin{aligned} \Delta n_N &= \frac{n_N s}{D(1 - s)} \leq \frac{1000 \times 0.05}{20 \times (1 - 0.05)} \text{ r/min} \\ &= 2.63 \text{ r/min} \end{aligned}$$

如何将转速降到需要的值呢？

(二) 开环直流调速系统存在的问题

(1) 系统构成



开环调速系统结构原理图
(以V-M系统为例)

(二) 开环直流调速系统存在的问题

(2) 机械特性

电力电子变换器的稳态关系：

$$U_{d0} = K_s U_c$$

直流电动机的稳态关系：

$$n = \frac{U_{d0} - I_d R}{C_e}$$

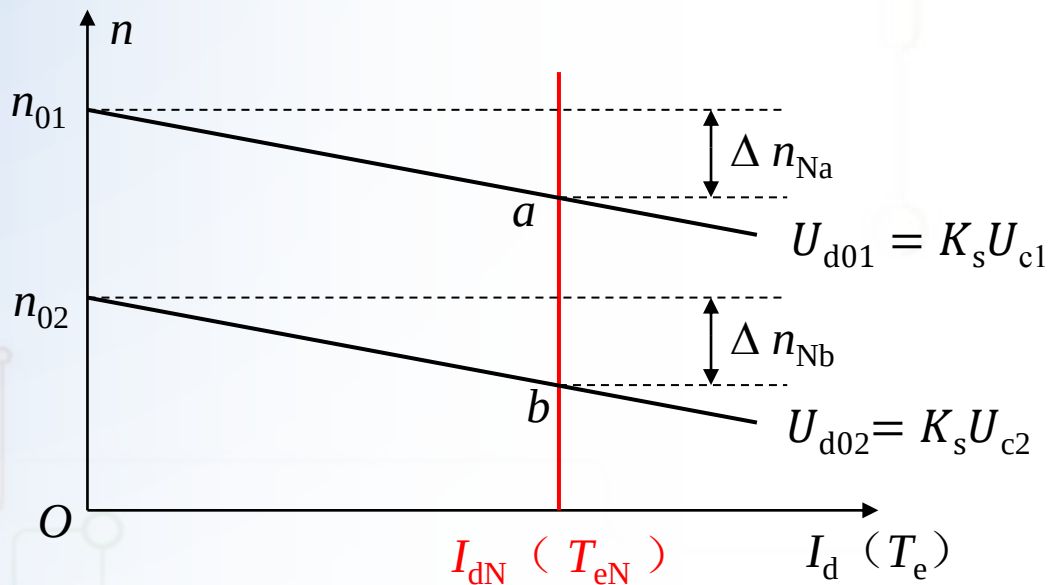
开环调速系统的机械（转速）特性为：

$$n = \frac{U_{d0} - R I_d}{C_e} = \frac{K_s U_c}{C_e} - \frac{R I_d}{C_e}$$

(二) 开环直流调速系统存在的问题

(2) 机械（转速）特性

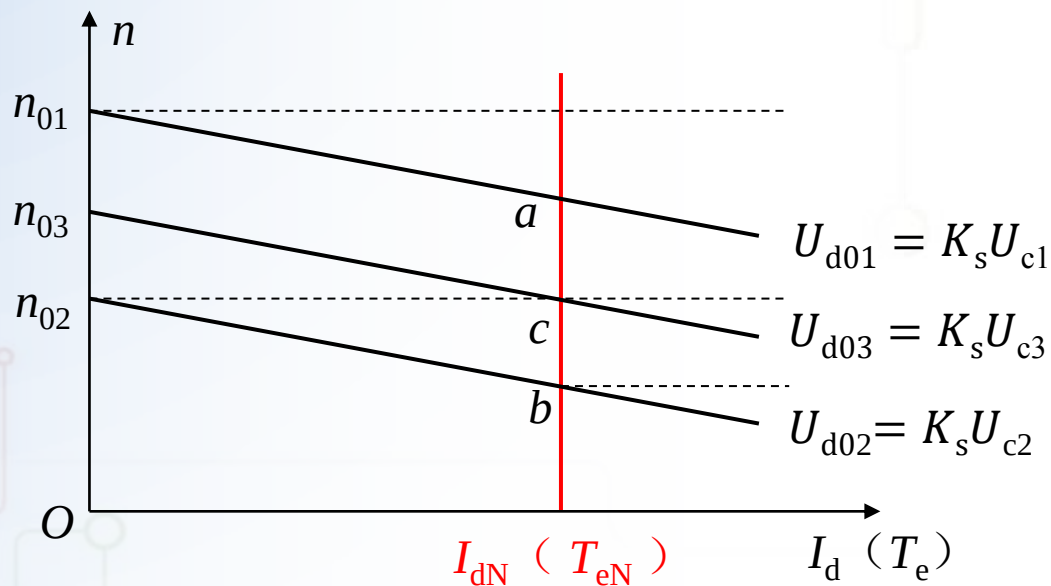
$$n = \frac{U_{d0} - RI_d}{C_e} = \frac{K_s U_c}{C_e} - \frac{RI_d}{C_e}$$



(二) 开环直流调速系统存在的问题

回顾例题结论：

$$\Delta n_N = 275 r / \min \Rightarrow \Delta n_N = 2.63 r / \min$$



(二) 开环直流调速系统存在的问题

根据“自动控制原理”所学：

反馈控制的闭环系统是按被调量的偏差进行控制的系统，只要被调量出现偏差，它就会自动产生纠正偏差的作用。

也就是说反馈闭环控制可以在一定范围内实现偏差的减小。

→ 转速反馈控制直流调速系统。

主要内容

01 调速的稳态性能指标

02 开环直流调速系统存在的问题

稳态调速性能指标和开环直流调速系统

主讲人：张敬南 副教授