



转速、电流双闭环直流调速系统 转速超调量的计算

主讲人：张敬南 副教授

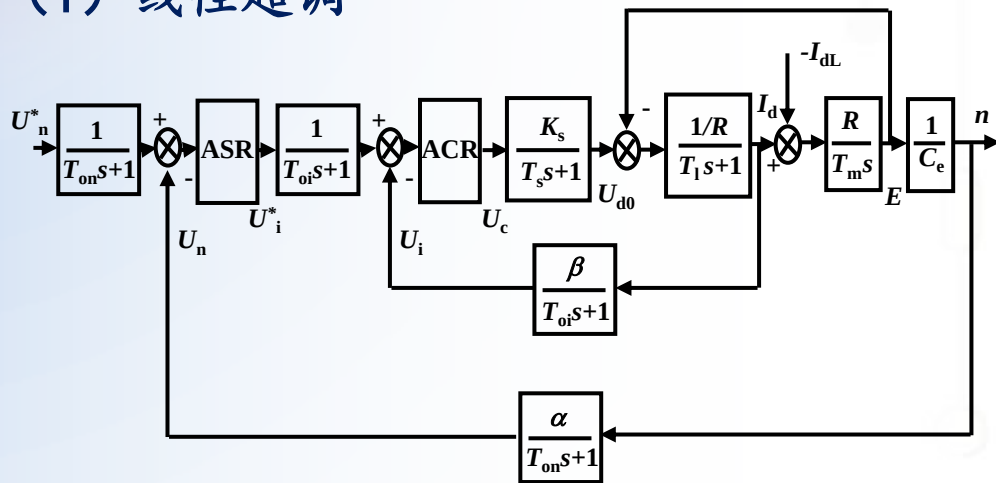
主要内容

01 转速的线性超调与退饱和超调

02 转速的退饱和超调计算表达式

(一) 转速的线性超调与退饱和超调

(1) 线性超调



双闭环调速系统的动态结构图

- 电流环被设计成典型I型系统；
- 转速环被设计成典型II型系统。

(一) 转速的线性超调与退饱和超调

(1) 线性超调

典型II型系统阶跃输入跟随性能指标

h	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma(\%)$	52.6	43.6	37.6	33.2	29.8	27.2	25.0	23.3

结论：

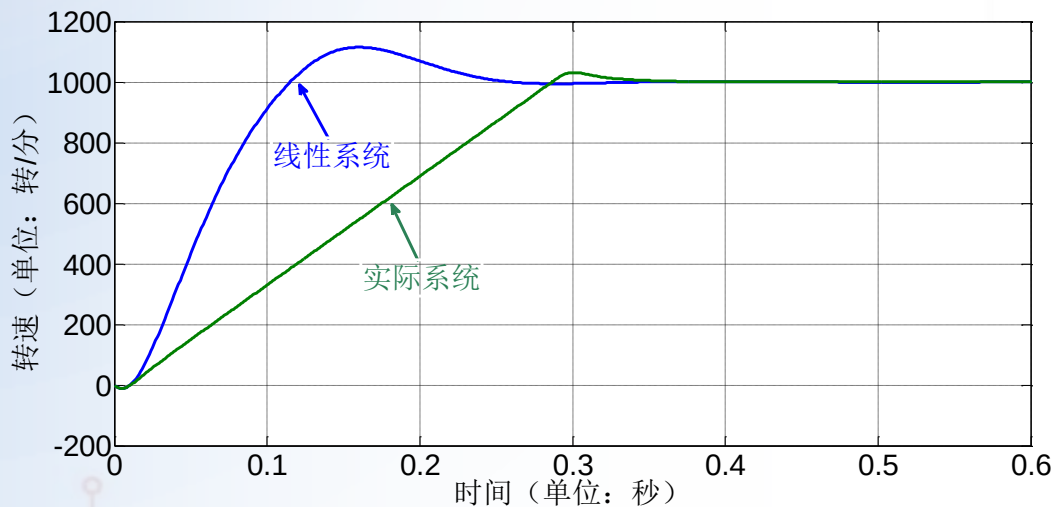
按照线性系统计算的超调称之为线性超调，典型II型系统的线性超调很大。

但是，目前系统不是线性系统，超调为退饱和超调。

所以，双闭环调速系统中转速超调量的考核不适合采用表中数据。

(一) 转速的线性超调与退饱和超调

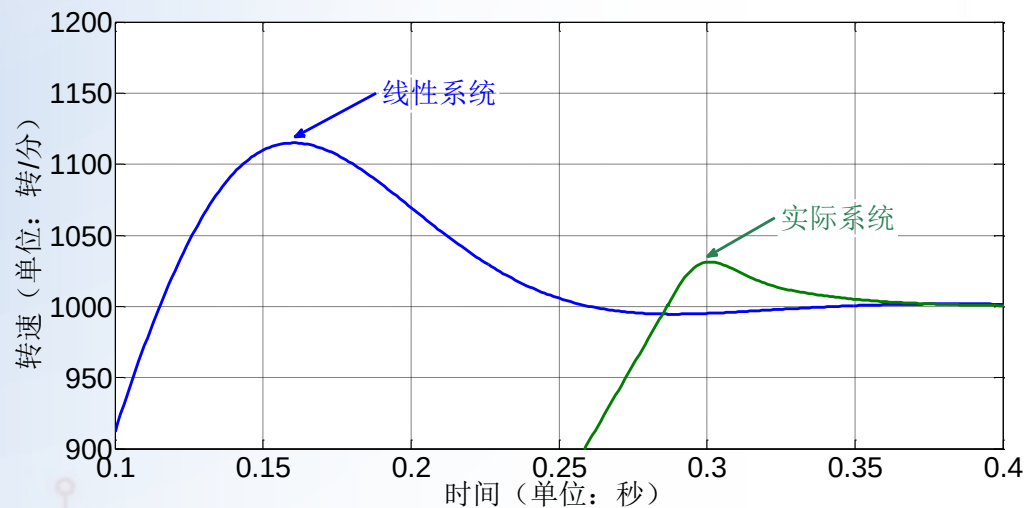
(1) 线性超调



线性系统与实际系统转速的比较

(一) 转速的线性超调与退饱和超调

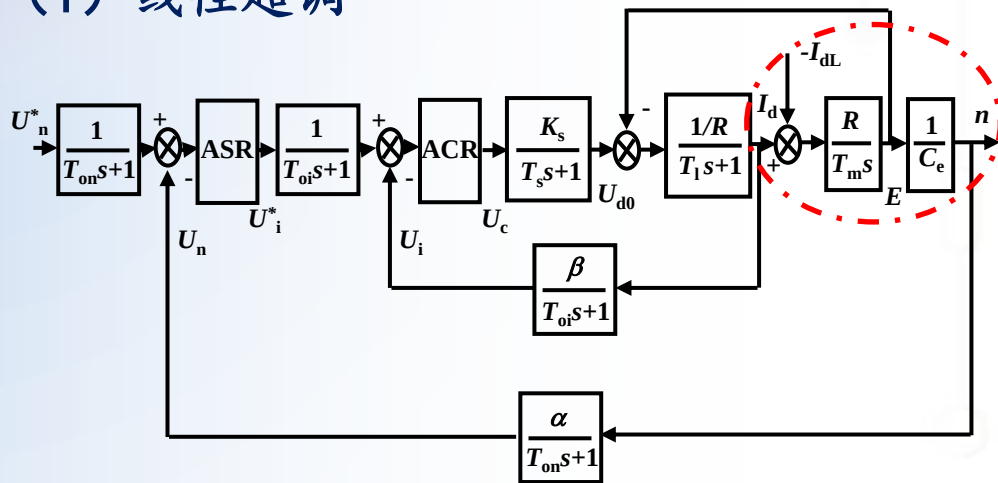
(1) 线性超调



线性系统与实际系统转速的比较
(局部放大图)

(一) 转速的线性超调与退饱和超调

(1) 线性超调

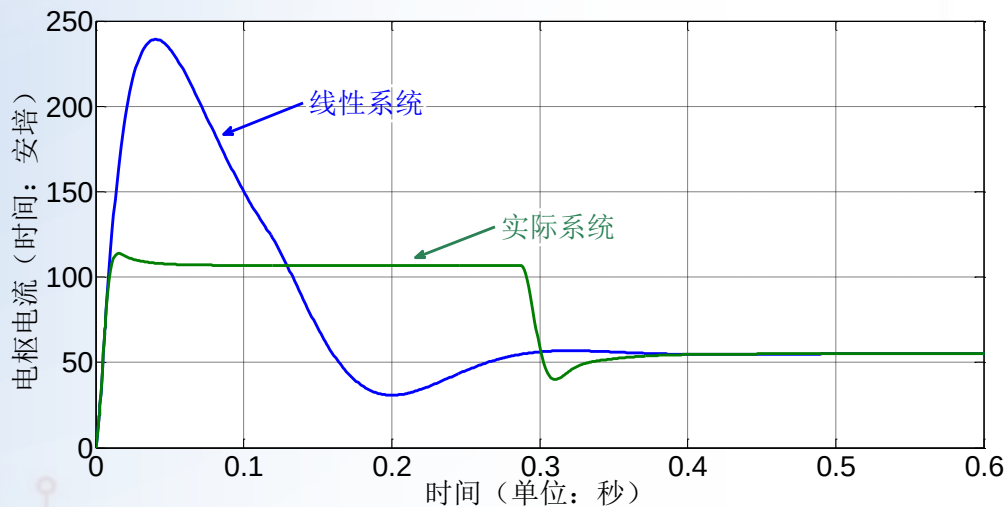


双闭环调速系统的动态结构图

起动时，如果转速达到给定转速之后，仍然存在 $I_d > I_{dL}$ ，则产生转速超调。

(一) 转速的线性超调与退饱和和超调

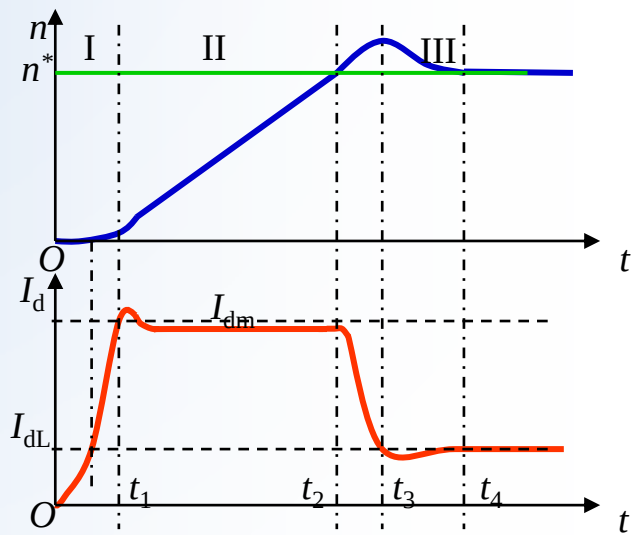
(1) 线性超调



线性系统与实际系统电枢电流的比较

(一) 转速的线性超调与退饱和超调

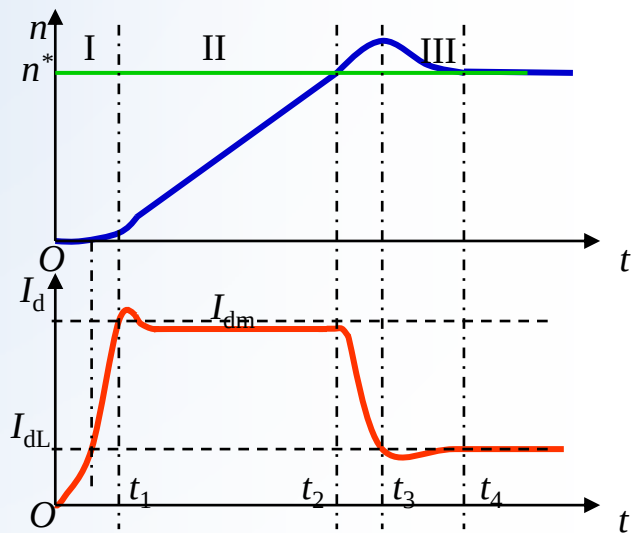
(2) 退饱和和超调



① 转速达到给定转速之前，ASR饱和，
电流被限制在 $I_d \approx I_{dm}$ 。

(一) 转速的线性超调与退饱和和超调

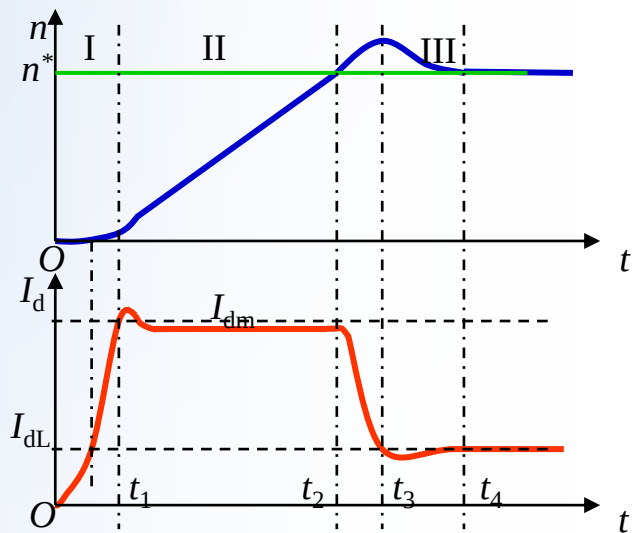
(2) 退饱和和超调



② 转速达到给定转速之后，ASR退饱和，电流 I_d 从 I_{dm} 开始下降，但仍然有 $I_d > I_{dL}$ ，出现退饱和和超调。

(一) 转速的线性超调与退饱和超调

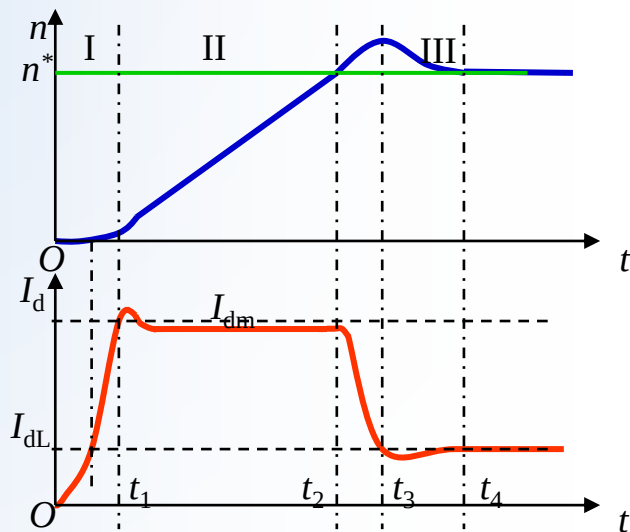
(2) 退饱和和超调



显然，产生退饱和和超调与产生线性超调的区别在于：转速达到给定转速之前，电流值是不同的。

(一) 转速的线性超调与退饱和超调

(2) 退饱和和超调



$$I_{dm} \big|_{\text{饱和值}} < I_{dm} \big|_{\text{线性系统}}$$

$$\sigma \big|_{\text{饱和值}} < \sigma \big|_{\text{线性系统}}$$

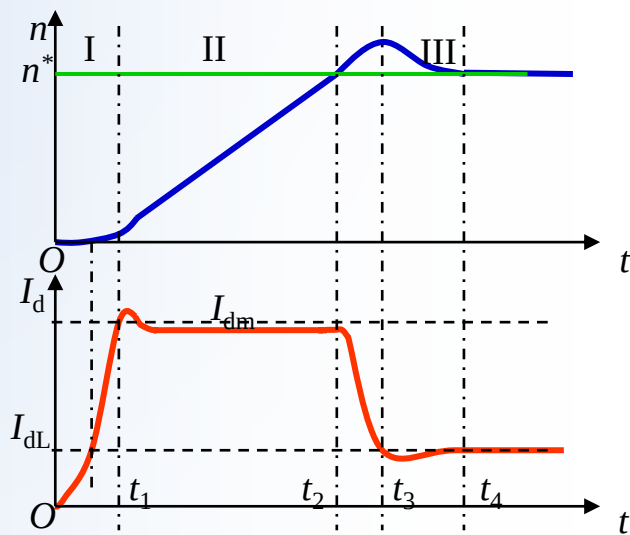
(一) 转速的线性超调与退饱和和超调

(3) 线性超调与退饱和和超调比较结论

起动过程的恒流升速阶段，转速调节器处于饱和状态，转速调节器的饱和状态限制了系统获得的电枢电流值，使超调变小。

转速调节器饱和状态的存在使系统不再是线性的，“自动控制原理”针对典型 II 型系统所获得的超调量计算不再适用了。

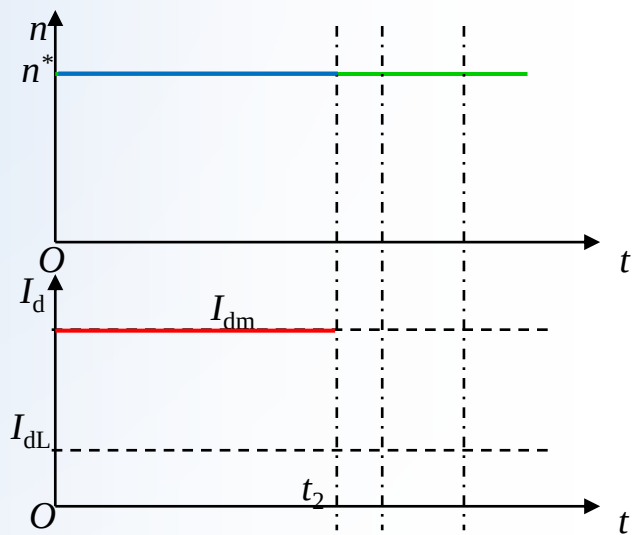
(二) 退饱和和超调计算



注意：

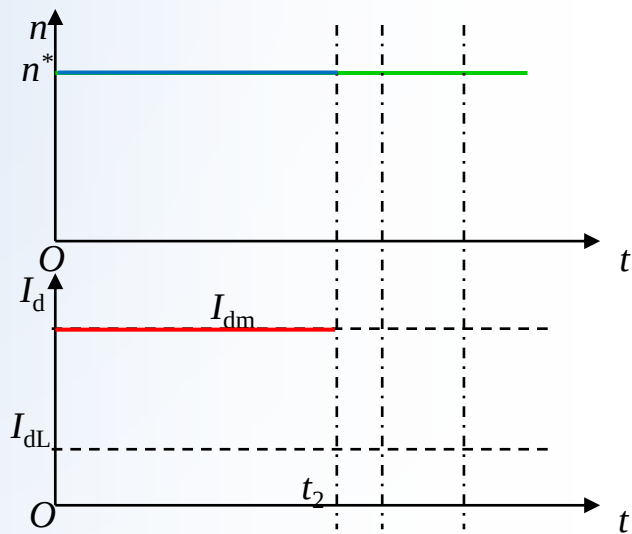
在ASR退饱和后的转速调节阶段内，
系统处于线性范围内运行。

(二) 退饱和和超调计算



① 显然，如果负载电流始终为最大电流不变，则转速不变。

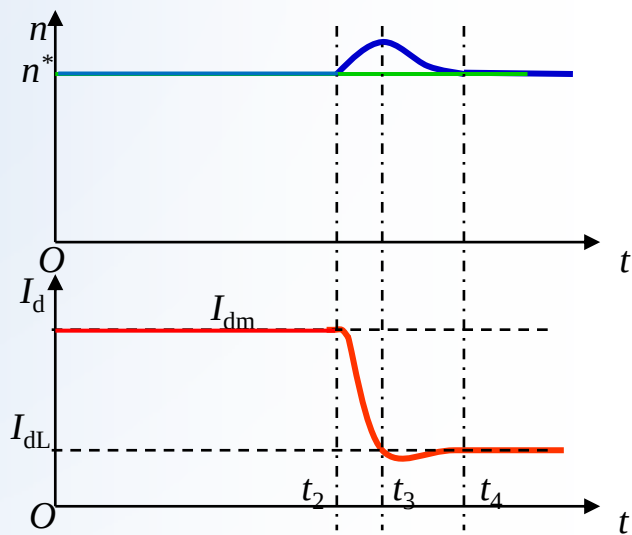
(二) 退饱和和超调计算



假设新的初始条件:

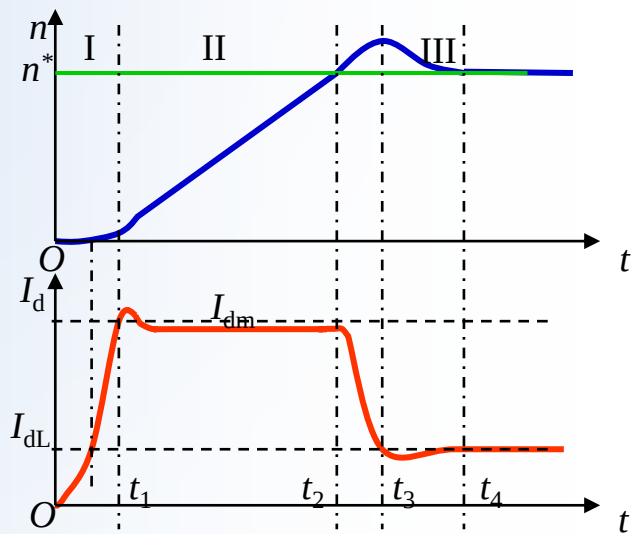
$$n(0) = n^* \quad I_d(0) \approx I_{dm}$$

(二) 退饱和和超调计算



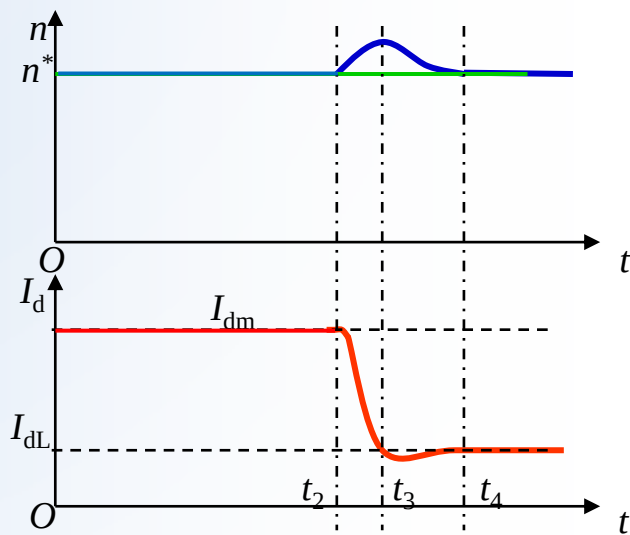
② 但是当负载改变了，转速就会发生对应的变化， t_2 时刻，负载从 I_{dm} 突变到 I_{dL} ，电流 I_d 随之改变，转速 n 出现动态升高。

(二) 退饱和和超调计算



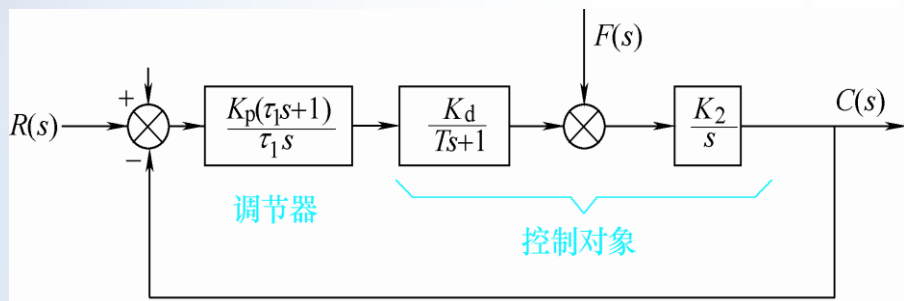
到底是什么因素会引起转速上升呢？

(二) 退饱和和超调计算

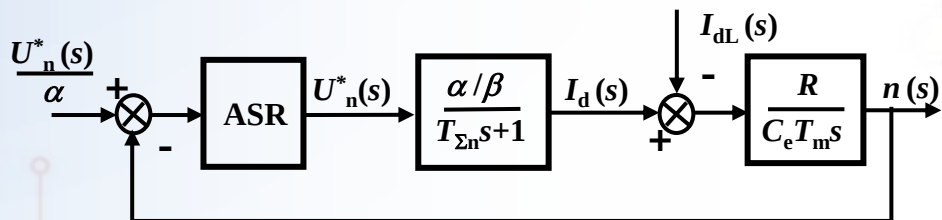


结论：将退饱和和超调的计算转变为负载扰动引起的转速动态升高的计算。直接参考典型II型的抗扰分析结论。

(二) 退饱和和超调计算

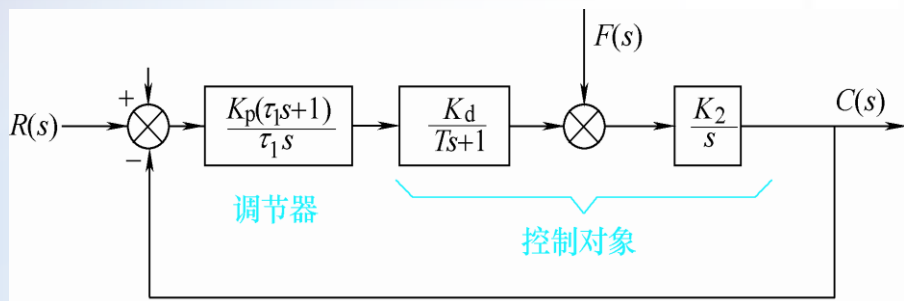


典型II型系统在某一扰动作用下的动态结构图



等效成转速单位负反馈的双闭环调速系统
动态结构图

(二) 退饱和和超调计算



典型II型系统在某一扰动作用下的动态结构图

典型II型系统最大动态偏差值与中频宽的关系

h	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_{\max}/C_b$ (%)	72.2	77.5	81.2	84.0	86.3	88.1	89.6	90.8

对于调速系统，最大动态偏差值就是最大转速动态变化值 $\Delta n_{\max}$ 。

(二) 退饱和超调计算

最大超调的计算：

$$\sigma\% = \frac{\Delta n_{\max}}{n^*}$$

典型II型系统最大动态偏差值与中频宽的关系

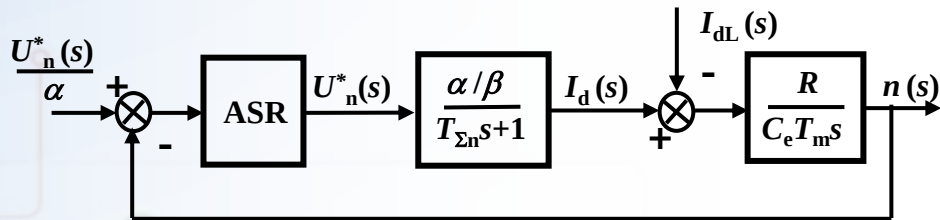
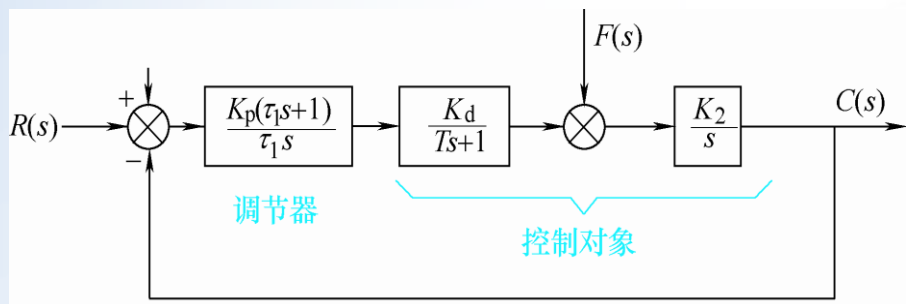
h	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_{\max}/C_b$ (%)	72.2	77.5	81.2	84.0	86.3	88.1	89.6	90.8

显然，只要表中的基准值 C_b 确定出来就可以了确定最大动态偏差 $C_{\max}$ ，也就是最大转速动态偏差值 $\Delta n_{\max}$ 。

(二) 退饱和和超调计算

基准值的计算：

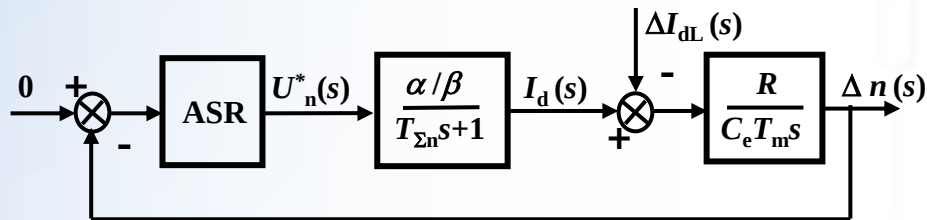
$$C_b = 2FK_2T$$



(二) 退饱和和超调计算

基准值的计算：

$$C_b = 2FK_2T$$



$$K_2 = \frac{R}{C_e T_m}$$

$$T = T_{\Sigma n}$$

$$F = I_{dm} - I_{dl} = (\lambda - z)I_{dN}$$

(二) 退饱和和超调计算

退饱和和超调计算步骤

①查表获得动态偏差的相对值 $C_{\max}/C_b$ 。

h	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_{\max}/C_b$ (%)	72.2	77.5	81.2	84.0	86.3	88.1	89.6	90.8

(二) 退饱和和超调计算

退饱和和超调计算步骤

①查表获得动态偏差的相对值 $C_{\max}/C_b$ 。

②计算输出偏差的基准值 C_b 。

$$C_b = 2FK_2T$$

$$K_2 = \frac{R}{C_e T_m}$$

$$T = T_{\Sigma n}$$

$$F = (\lambda - z)I_{dN}$$

(二) 退饱和和超调计算

退饱和和超调计算步骤

①查表获得动态偏差的相对值 $C_{\max}/C_b$ 。

②计算输出偏差的基准值 C_b 。

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{2RT_{\Sigma n}(\lambda - z)I_{dN}}{C_e T_m} \\ &= \frac{2T_{\Sigma n}(\lambda - z)}{T_m} \frac{RI_{dN}}{C_e} \\ &= 2(\lambda - z)\Delta n_N \frac{T_{\Sigma n}}{T_m} \end{aligned}$$

(二) 退饱和和超调计算

退饱和和超调计算步骤

- ①查表获得动态偏差的相对值 $C_{\max}/C_b$ 。
- ②计算输出偏差的基准值 C_b 。
- ③确定最大动态偏差值 $C_{\max}$ ，也就是最大转速偏差值 $\Delta n_{\max}$ 。

$$\Delta n_{\max} = C_{\max}$$

(二) 退饱和和超调计算

退饱和和超调计算表达式

$$\begin{aligned}\sigma\% &= \frac{\Delta n_{\max}}{n^*} \\ &= \frac{\Delta C_{\max}}{n^*} \\ &= \frac{\Delta C_{\max}}{C_b} \frac{C_b}{n^*} \\ &= \frac{\Delta C_{\max}}{C_b} \frac{2(\lambda - z)\Delta n_N \frac{T_{\Sigma n}}{T_m}}{n^*}\end{aligned}$$

$$\sigma\% = 2\left(\frac{\Delta C_{\max}}{C_b}\right) \cdot (\lambda - z) \cdot \frac{\Delta n_N}{n^*} \cdot \frac{T_{\Sigma n}}{T_m}$$

主要内容

01 转速的线性超调与退饱和超调

02 转速的退饱和超调计算表达式



转速、电流双闭环直流调速系统 转速超调量的计算

主讲人：张敬南 副教授