

电力拖动自动控制系统习题答案

1. 某调速系统的转速降为 10r/min，试求转速在 1000 r/min、100 r/min、10 r/min 所占的百分比，并说明电机的工作状态。

$\frac{10\text{r/min}}{1000\text{r/min}} = 0.01$	只占 1%	高速转动
$\frac{10\text{r/min}}{100\text{r/min}} = 0.1$	只占 10%	中速运转
$\frac{10\text{r/min}}{10\text{r/min}} = 1$	100%	电动机停转

2. 某调速系统额定转速 $n_{ed}=1430\text{r/min}$ ，额定速降为 $\Delta n_{ed}=115\text{r/min}$ 。当要求静差率 $s < 30\%$ 、 $s < 20\%$ 时，试求允许的调速范围。

解：若要求 $s < 30\%$ ，则调速范围

$$D = \frac{1430}{115} \frac{1}{1-0.3} = 5.3$$

若要求 $s < 20\%$ ，则调速范围

$$D \gg \frac{1430}{115} \frac{1}{1-0.2} = 3.1$$

3. 某龙门刨床工作台拖动采用直流电动机： $P_{ed}=60\text{KW}$ ， $U_{ed}=220\text{V}$ ， $I_{ed}=305\text{A}$ ， $n_{ed}=1000\text{r/min}$ ，要求 $D=20$ ，

$s < 5\%$ 。采用晶闸管电动机系统，已知主回路总电阻 $R=0.18\Omega$ 电动机 $C_e=0.2\text{V}\cdot\text{min/r}$ 。试问：

- ① 当电流连续时，在额定负载下的转速降为多少？
- ② 开环系统机械特性连续段在额定转速时的静差率为多少？
- ③ 如果满足 $D=20$ ， $s < 5\%$ 的要求，额定转速时的静差率应该时多少？

解：

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

$$s = \frac{\Delta n_{ed}}{n_{ed}} = \frac{275}{1000} = 0.275 = 27.5\%$$

说明大大超过了 5% 的要求。

系统要求的

$$\Delta n_{ed} = \frac{n_{ed} s}{D-1} = \frac{1000 \times 0.05}{20-1} = 2.63\text{r/min}$$

4. 已知条件如上题，再增加两个条件：晶闸管整流装置的放大系数 $K_s=30$ ，转速反馈系数 $\beta=0.015\text{V}\cdot\text{min/r}$ 。

试求满足闭环系统指标 $D=20$ ， $s < 5\%$ ， $n_{cr} \geq 2.63\text{r/min}$ 所要求的放大倍数 K 。

解：

因为 $K = \frac{1}{\beta \Delta n_{ci}} - 1 = 103.6$

所以 $K_p = \frac{103.6}{K_s \beta C_e} = \frac{103.6}{30 \times 0.015 \times 0.2} = 46$ ，放大器的放大系数要大于等于 46

5. 已知单闭环转速负反馈系统， $R=1.0\Omega$ $K_s=44$ ， $C_e=0.1925\text{V}\cdot\text{min/r}$ ，根据稳态性能指标 $D=10$ ， $s < 5\%$ 计算，

系统的开环放大倍数 $K > 53.3$ 。试分析系统能否稳定。

电力拖动自动控制系统习题答案

$$L = 0.693 \frac{E_2}{L} = 0.693 \frac{132.8}{10\% \times 55} = 16.73 \text{mH}, \text{ 取 } L = 17 \text{mH} = 0.017 \text{H}$$

计算系统各时间常数:

解: 已知系统运动部分的飞轮力矩 $GD^2 = 10 \text{ N} \cdot \text{m}^2$, 按保证电流 $I_{d \min} = 10\% I_{d \text{mon}}$ 时电流连续的条件

计算电枢回路电感量, 由于 $E_2 = E_{21} / \sqrt{3} = 230 / \sqrt{3} = 132.8 \text{V}$, 则

$$T_l = \frac{L}{R} = \frac{0.017}{1.0} = 0.017 \text{s}, \quad T_s = 0.00167 \text{s} \quad (\text{三相桥式})$$

为保证系统稳定, 开环放大系数应满足

$$K : \frac{T_m T_l T_s}{T_l T_s} = A' \frac{0.075 \cdot 0.017 \cdot 0.00167}{0.017 \times 0.00167} = 49.4 \text{ 不稳定}$$

6. 有一晶闸管直流电动机系统, 电动机参数为 $P_{ed} = 2.5 \text{KW}$, $U_{ed} = 220 \text{V}$, $I_{ed} = 15 \text{A}$, $n_{ed} = 1500 \text{ r/min}$, $R_a = \dots$

整流装置内阻 $R_s = \dots$, 放大系数 $K_s = 30$, 要求 $D = 20$, $s = 10\%$ 。试求

- ① 计算开环系统稳态速降和调速要求所允许的稳态速降。
- ② 采用转速负反馈组成闭环系统, 试画出系统的稳态结构图。
- ③ 调整该系统, 使 $U_n = 20 \text{V}$ 时转速 $n = 1000 \text{ r/min}$ 。-此时转速负反馈系数应该为多少?
- ④ 计算所需的放大器放大系数。

解:

① 先计算电动机的 C_e , 然后在计算稳态速降。

$$U_{ed} = I_{ed} R_a + C_e n_{ed}$$

$$C_e = \frac{U_{ed} - I_{ed} R_a}{n_{ed}} = \frac{220 - 15 \times \dots}{1500} = 0.127 \text{V} \cdot \text{min/r}$$

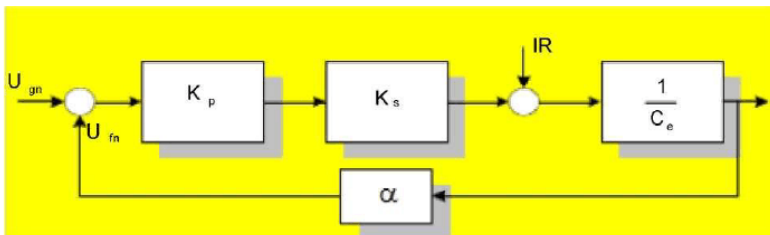
开环系统的稳态速降为

$$\Delta n_{op} = \frac{R_{ed} R_a R_s}{C_e^2} = \frac{\dots}{0.127^2} = 354 \text{ r/min}$$

满足调速要求所允许的稳态速降为

$$\Delta n_{ed} = \frac{n_{ed} s}{D} = \frac{1500 \times 0.1}{20} = 7.5 \text{ r/min}$$

② 采用转速负反馈的稳态结构图如图所示



③ 当 $U_{gn} = 20 \text{V}$ 时, $n = 1000 \text{ r/min}$, 则转速反馈系数为

电力拖动自动控制系统习题答案

$$\alpha = \frac{U_{fn}}{U_{gn}} \approx \frac{0.02V \cdot \text{min}/r}{r}$$

④ 闭环系统的开环放大系数为

$$K = K_p K_s / C_e P - 1$$

n_p	354.33
A_{ncl}	8.33

$1 = 41.54$, 则所需放大器的放大系数为

K_p KCJ 3040 0; f 79

& 有一可控硅直流调速系统, 已知:

$P_{ed} = 2.8KW$, $U_{ed} = 220V$, $I_{ed} = 15.6A$, $n_{ed} = 1500rpm$, $R_s = 1.5 \Omega$, $R_a = 1 \Omega$, $K_s = 37$, 给定电源为 $0 \sim 24V$

求: 1. 计算系统开环工作时在 $D = 30$ 时, $S = ?$

2. 计算 $D = 30$ 、 $S = 0.1$ 时允许的静态速降

3. 设用转速负反馈环节实现 2. 的调速指标, 计算出当 $U_{gd} = 24V$ 时调整电机在额定点工作所需的放大

器放大倍数 K_p 与反馈系数: α

解: 1. $C_e = \frac{U_{ed} \cdot I_{ed} R_s}{n_{ed}} = 0.131$, $\Delta n_k = \frac{C_e}{C_e} = 297.7$

$$\frac{D \cdot E_{ed}}{n_{ed} \cdot D \cdot n_{ed}} = 0.8562 : 86\%$$

2. 由上式公式可得: $\Delta n_{ed} = 5.5$

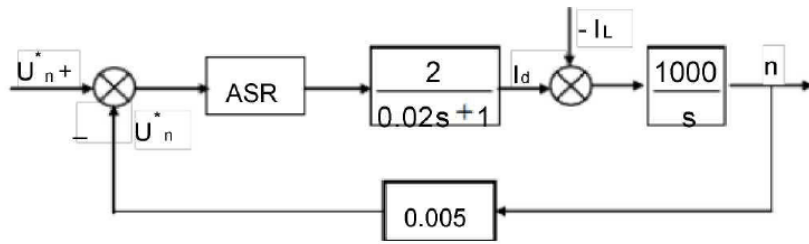
3. $K = \frac{U_{gd}}{C_e} \cdot \frac{R}{A n_{ed}} = 53.13$, $\alpha = \frac{U_{gd}}{n_{ed}} = 0.013$

$$K_p = \frac{K \cdot C_e}{K_s \cdot \alpha} = 12.54$$

电力拖动自动控制系统习题答案

9. 流调速系统的电流环 ACR 已经设计完成，转速环的动态结构图如图所示，试选典型 II 型系统设计转速环 ASR。

某双闭环直
h = 5, 按



解:结构图可以进一步简化,如下所示:

典型 II 型系统的传递函数为:



电力拖动自动控制系统习题答案

$$W_{\Pi}(s) = \frac{k(T_1s + 1)}{s^2(T_2s + 1)}, \quad W_{ASR} = \frac{k_p(\tau_i s + 1)}{\tau_i s} \quad \text{为 PI 调节器}$$

且 $\tau_1 = h T_2 = 5'$: $0.02 = 0.1$, $K' = 10 = 2$; $\tau_2 = 2.5^2 \cdot 0.02 = 0.25$, $k_p = 3$.

按典型 II 型系统设计的 PI 调节器 ASR 的传递函数为: $W_{ASR} = \frac{30 \cdot 0.1s + 1}{s}$

10. 有一 V-M 调速系统, 电动机为: $P_{ed} = 2.5KW$, $U_{ed} = 220V$, $I_{ed} = 15A$, $n_{ed} = 1500rpm$, $R_s = 2 \Omega$, 整流

装置内阻 $R_n = 1 \Omega$, $K_s = 30$, 要求系统调速范围 $D = 20$, 静差率 $s = 10\%$ 。

1. 计算开环系统的静态速降和调速要求所允许的静态速降。
2. 采用转速负反馈构成闭环系统, 试画出系统的静态结构图。
3. 调整该系统, 使当 $U_{gd} = 20V$ 时, 转速 $n = 1000rpm$, 则转速反馈系数应为多少?
4. 计算所需的放大器放大倍数。

解: 1. 写 $U_{ed} = I_{ed}R_s + C_e n_{ed}$ $I_{ed} = 15A$ $C_e = 0.127$ (rpm)

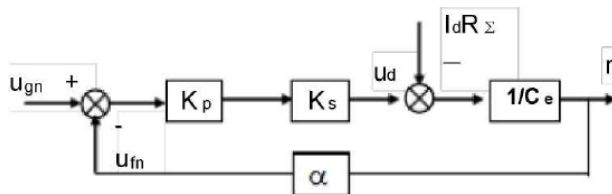
开环系统的静态速降为:

$$\Delta n = \frac{I_{ed} R_s}{C_e} = \frac{15 \times 2}{0.127} = 236.2 \text{ rpm}$$

调速系统所允许的静态速降为:

$$\Delta n_{\text{允许}} = \frac{n_{ed} s}{D} = \frac{1500 \times 0.1}{20} = 7.5 \text{ rpm}$$

2. 采用转速负反馈的静态结构图如下图所示:



3. 当 $U_{ed} = 20V$, $n = 1000rpm$, 则转速负反馈系数为:

$$\alpha = \frac{U_{ed}}{n} = \frac{20}{1000} = 0.02 \text{ (rpm)}$$

4. 闭环系统的开环放大倍数为:

$$K = \frac{K_p K_s}{C_e} = \frac{30 \times 30}{0.127} = 7165.35$$

$$\text{所需放大器放大倍数为: } \frac{K_p}{K_s} = \frac{41.6 \cdot 0.127}{30 \cdot 0.02} = 8.8$$

11. 某系统的传递函数 $W_d(s) = \frac{3}{s^3(0.25s + 1)(0.02s + 1)(0.005s + 1)}$, 用串联校正使之成为典型 I 型系统, 试确定调

节器及其参数并画出幅频特性, 要求校正后 $\zeta = 10.5$ 。

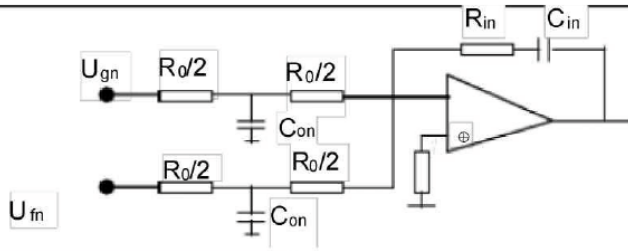
解: 对高频小惯性环节做合并处理, 原系统变为:

$$W_d(s) = \frac{3}{s^3(0.25s + 1)(0.025s + 1)}$$

当采用 PI 调节器时, PI 调节器的传递函数为

$W_{PI}(s) = K_p \frac{s + \lambda}{s}$, 且 $\lambda = 0.25$, 则校正后系统的开环传递函数为:

电力拖动自动控制系统习题答案



3. 电流环截止频率 $\omega_{ci} = K_i = \frac{0.5}{T_7} = \frac{0.5}{0.00367} = 136s^{-1}$

转速环截止频率 (4)切=----- =----- 6----- = 22S', 怕 cn 22(4)ci, 外环截止频率远远小于

$2hT_2 5 0.02734$

内环截止频率, 设计是合理的。

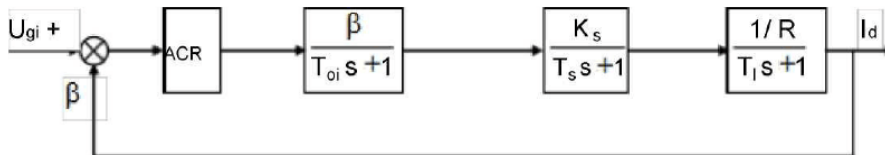
13. 如图所示直流调速系统方框图, ACR 为电流调节器。已知电枢电路时间常数

$T_l = 0.09s, T_s = 0.0017s, K_s = 30, T_{oi} = 0.003s$, 电枢电阻 $\wedge 0.4 b - -0.06V/A$, 无静差, 电机在启动过程

中, 使电流无超调。试求:

1. 选择 ACR 调节器结构。2. 求调节器参数。3. 求开环放大倍数。

4. 若将调节器本身的放大倍数提高一倍, 其超调量为多大?



解: 1. 要稳态无静差, 应选用 PI 调节器; 要使启动无超调, 应按典型 I 型系统设计, 并取 $E = 1.0, KT = 0.25$, 由以上理由, 选 LT 为:

$\cdot iS$

2. 调节器系数: $i = T_l = 0.09s$

$T_T = T_{oi} T_s = 0.003 \times 0.0017 = 0.0047s$

$K_i = \frac{0.25 \wedge R \cdot 0.25 \times 0.09 \times 0.4}{K_s P r \text{ 實 } 30 \times 0.06 \times 0.0047} = 1.064, K_i \frac{-s}{石 R} = \frac{1.064 \times 30 \times 0.06}{0.09 \times 0.4} = 53.2$

$\% \sigma = K \left[\frac{1}{3 T_{oi} T_s} - \frac{1}{3} \right] = 53.2s, \frac{1}{3} \frac{1}{(0.003 \times 0.0017)} = 147.6s$

$\therefore \omega_c < \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{T_{oi} \cdot T_s}}$

3. $K_i = 53.2$

4.

若将调节器本身的放大倍数提高一倍, 则 $K_i T_{oi} = 0.5$, 超调量为

4.3%。

14. 一个由三相零式可控硅装置供电的转速、电流双闭环调速系统, 基本数据如下:

直流电机: $P_{ed} = 60KW, U_{ed} = 220V, I_{ed} = 305A, n_{ed} = 1000rpm, C_e = 0.2V/rpm, \lambda = 1.5$

电枢回路总电阻: $R_s = 0.18 \Omega, K_s = 30$, 控制对象时间常数:

$T_l = 0.012s, T_m = 0.12s$, 反馈滤波时间常数:

$T_{oi} = 0.0025s, T_{on} = 0.0141s$, 额定转速时的给定电压: $(U_{gn})_{ed} = 15V$, 调节器饱和输出电压: $12V$, 调速范围: $D = 10$ 。

—— A : 确定电流反馈系数 / 采口转速反馈系数 P ———— $i_{dm} = 300A$ ————

电力拖动自动控制系统习题答案

cn%

B :系统的静、动态指标为: 无静差; 电流超调量 $\sigma\% \leq 5\%$, 空载启动到额定转速时的转速超调量 $< 10\%$, 试设计电流调节器, 画出电路图并计算 R、C 参数; 调节器输入电阻 $R_0 = 40K \Omega$

C :设计转速调节器并计算参数;

D :在额定负载下, 启动到额定转速时的超调量

解: A :由于调节器的饱和输出电压为 $12V$, 即电流环最大给定电压 $U_{gim}=12V$, 又最大启动电流为 $300A$,

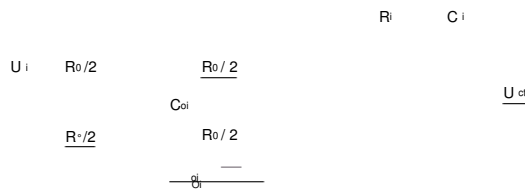
所以电流反馈系数为: $\beta = \frac{U_r}{I_{dm}} = \frac{U}{I_{dm}} = \frac{12}{300} = 0.04V/A$, 额定转速时的给定电压 (U_{gn}) $U_{ed} = 15V$, 所以转

速反馈系数 $a = \frac{U_n}{n} = \frac{15}{1000} = 0.015V/rpm$

B :为保证电流超调量 $\sigma\% < 5\%$, 其电 应将电流环校正成典型-型系统, 因此电流调节器应采用 PI 调节器, 路如图所示:

其传递函数为:

$$W_{LT}(s) = \frac{K_i(s+1)}{s \cdot T_i}$$



根据要求将电流环校正成典型 型系统

且超调量 $\sigma\% < 5\%$, 调节器的参数为:

$$K_i = \frac{U_{dm}}{I_{dm}} = \frac{12}{300} = 0.04V/A$$

$$T_i = 0.012s, K_i = 0.04V/A, T_s = 0.0033s$$

$$T_T = 0.0025 \cdot 0.0033 = 0.000825s, K_i = 0.155$$

$$R = K_i R_0 = 0.155 \cdot 40K = 6.2K \Omega, C_i = \frac{4T_{oi}}{R_0} = \frac{4 \cdot 0.0033}{40 \cdot 10^3} = 0.25 \mu F$$

C :为保证系统无静差, 速度调节器也选 PI 调节器结构, 其传递函数为

$$W_{STs} = \frac{K_n}{s} \cdot \frac{1}{s}, \text{ 因此速度环中有两个积分环节, 速度环校正成典型 I 型系统, 且取 } h = 5, \text{ 速}$$

度调节器的参数为:

$$2T_g = 0.0141 \cdot 2 \cdot 0.0058 = 0.0257s$$

$$K_n = \frac{1}{h} \cdot \frac{1}{T_m C_e} = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{0.04 \cdot 0.12 \cdot 0.2} = 1.285, K_n = 1.285$$

$$R_{1n} = K_n R_0 = 8.34K \Omega, C_{1n} = \frac{2}{R_{1n} \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{C_e} = \frac{2}{8.34 \cdot 10^3 \cdot 0.4} \cdot \frac{1}{0.12} = 0.5 \mu F$$

D :在额定负载下启动到额定转速时的超调量为:

$$\sigma\% = 100 \cdot \frac{U_{dm}}{U_{gn}} = 100 \cdot \frac{12}{15} = 80\%$$

15 • 双闭环直流调速系统采用晶闸管三相桥式全控整流电路供电, 基本数据如下:
直流电机: $220V, 136A, 1460r/min$, 电枢电阻 $R^A 0.2\Omega$, 过载系数, -1.5 ;

晶闸管装置: 放大系数 $K_s=40$; 电枢回路总电阻: $R = 0.5\Omega$;

电枢回路总电感: $L = 15mH$; 电动机总飞轮力矩: $GD^2 = 22.5N \cdot m^2$;

电流反馈系数: $\beta = 0.05V/A$; 转速反馈系数: $-0.007V \cdot min/r$;

滤波时间常数: $T_{oi} = 0.002s, T_{on} = 0.01s$;

设计要求

电力拖动自动控制系统习题答案

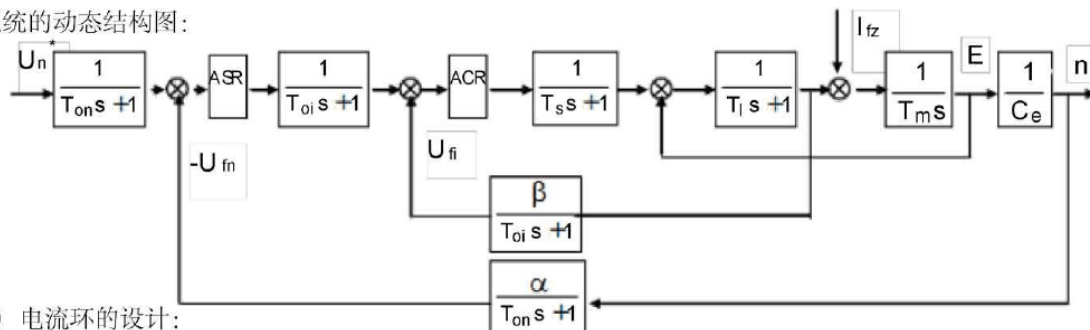
稳态指标： 转速无静差；

动态指标： 电流超调量 $\sigma_i \leq 5\%$ ； 空载启动到额定转速的转速超调量

$\sigma_n \leq 10\%$ 。

设计：

系统的动态结构图：



(1) 电流环的设计：

确定时间常数：

① 整流装置滞后时间常数

$$T_s = 0.00167$$

电流环小时间常数：

$$T_j T_{oi} = 0.00167s \cdot 0.002s = 0.00334s$$

电磁时间常数：

$$T = \frac{L}{R} = \frac{0.015}{0.5} = 0.03s$$

确定电流调节器结构和参数：

根据性能指标要求：

$\sigma_i \leq 5\%$ ，而且： $\sigma_n = 8.17\% < 10\%$

因此电流环按典型

I型系统设计，电流调节器选

PI调节器，其传递函数为

$$W_i(s) = K_i \frac{s+1}{s}$$

②参数计算

为了将电流环校正成典型 I 型系统，电流调节器的微分时间常数

T_d 应对消控制对象中的大惯性环节的时

间常数 T_l ，即取：

$$T_d = T_l = 0.03s$$

$$K_i T_y = 0.5,$$

$$0.00334 + 0.03 = 0.03334$$

是可以求得

ACR 的比例放大系数为

$$136.2s,$$

① 结构选择

$$\left| \frac{0.00334}{36.2} \right| \approx 0.0092 < 0.05$$

校验近似条件：

① 晶闸管整流装置传递函数近似条件：

$$T_s \ll 3T_s$$

电力拖动自动控制系统习题答案

$$\omega_{ci} = K_I = 136.2,$$

$$\frac{1}{3T_s} = \frac{1}{3 \times 0.00167} = 199.6 \text{ s}^{-1}, \text{ 所以满足近似条件。}$$

② 电流环小时间常数的近似条件:

$$\sqrt{\frac{1}{T_s T_{0i}}} \gg 3, 0.00167 \gg 0.002 \approx 82.4 \text{ s}^{-1}, \text{ 满足近似条件。}$$

忽略反电动势对电流环影响的条件

$$\omega_{ci} \gg 3 \sqrt{\frac{1}{T_m T_I}}, \text{ 而由于:}$$

$$C_e = \frac{U_{nom} - I_{nom} R_a}{n_{nom}} = \frac{220 - 136 \times 0.2}{1460} = 0.132 \text{ V/min} \cdot r. \text{ 所以}$$

$$GD^2 R = 22.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2, T_{2\sigma} = 0.18 \text{ s}, \text{ 因此:}$$

$$\sqrt{\frac{3J}{T_m T}} = 3 \sqrt{\frac{J}{0.187 \cdot 0.3}} = 40.82 \text{ s}^{-1} < \omega_{ci}, \text{ 满足近似条件。}$$

设计后电流环可以达到的动态指标为 $\sigma = 4.3\% \sim 5\%$ 满足设计要求。

转速环的设计 确定时间常数:

① 电流环等效时间常数: 因为电流环是按典型 I 型系统设计, 且参数选择为 $K_I T_i = 0.5$, 因此电

流环等效时间常数为: $2T_i = 2 \cdot 0.00367 = 0.00734 \text{ s}。$

② 转速环小时间常数

已知转速滤波时间常数为 $T_{on} = 0.01 \text{ s}$, 因此转速环小时间常数为:

$$T_n = 2T_i + T_{on} = 0.00734 + 0.01 = 0.1734 \text{ s}$$

确定转速调节器结构和参数: ① 结构选择

由于设计要求无静差, 因此转速调节器必须含有积分环节, 有考虑到动态要求, 转速调节器应采用 PI 调节器, 按典型 II 型系统设计 PI 转速环。转速调节器的传递函数为:

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

② 参数计算

考虑到动态抗扰性能和启动动态性能, 取中频宽度 $h = 5$ 较好, 则有:

$$\omega_n = hT_n = 5 \cdot 0.1734 = 0.867 \text{ s}^{-1}, \text{ 转速环开环放大系数:}$$

电力拖动自动控制系统习题答案

$KN = \frac{hJ}{2h^2T_n'} = \frac{6}{2 \times 25 \times 0.01734^2} \times 399.1s^2$ ，则 ASR 的比例放大系数：

$$K_n = \frac{(h-1)/C_e T_m}{2h} = \frac{6-1}{2 \times 5 \times 0.007} = 11.7$$

校验近似条件和性能指标：

① 电流环传递函数等效条件：

可知 $\tau_{cn} = K_N \cdot \tau_n = 399.1 \times 0.0867 = 34.6s$ ， $5T_i = 5 \times 0.00367 = 0.01835s$ ， $54.5s^{-1} \gg \tau_{cn}$ ，可知满足等效条件。

② 转速环小时间常数近似处理条件：

$$\tau_{cn} \gg 3(T_i + T_n) = 3 \times (0.00367 + 0.01734) = 0.063s$$

$38.9s \gg 0.063s$ ，'小'，满足近似条件。

③ 转速超调量 σ_n

$$\sigma_n = 81.2\% \cdot 2(1-z) = \frac{A_{nom} T_n}{T_m} \cdot 100\%$$

$$\sigma_n = \frac{0.5}{0.18} = 515.2r/min \rightarrow 0.132$$

所以： $\sigma_n = 81.2\%$ ， $\sigma_m = 8.3\%$

16. 某双闭环调速系统，其转速环按典型 II 型系统确定参数关系。一直系统的机电时间常数 $T_m = 0.15s$ ，

电机在额定负载时的稳态速降 $\Delta n_{cl} = 0.3n_{nm}$ ，转速环的小时间常数 $T_n = 0.015s$ ，电动机允许的过

载系数， $\lambda = 1.5$ ，直流电机：220V，136A，1460r/min， $C_e = 0.18$ 。求 1 电动机在理想空载下起动到额定转速时的超调量；2 电动机在额定负载下起动到额定转速时的超调量

解：如果按 M_{min} 准则确定参数关系，并取中频宽度

$$h = 5 \frac{\omega_{max}}{C_b} = 81.2\%$$

所以： $1) \sigma_n = 81.2\%$ ， $2) \sigma_m = 8.3\%$

电力拖动自动控制系统习题答案

$$2 \quad \sigma_n = 81.2\% \quad Z = 81.2 \quad R_{nom} \wedge m C_e \quad dm \quad | \quad \alpha_i) = 81.2 \quad \frac{2 \circ \circ 15 \circ \cdot 5 \cdot 68}{1460 \cdot 0.15 \cdot 0.18}$$

= 2.1%

17. 有一 V-M 调速系统，如图所示，已知数据如下：

直流电动机：\$P_{nom} = 10kW\$，\$U_{nom} = 220V\$，\$I_{nom} = 55A\$，\$n_{nom} = 1000r/min\$，\$R_a = 0.5 \Omega\$

整流装置：触发整流环节的放大系数 \$K_s = 44\$，整流装置的内阻 \$R_{rec} = 0.5 \Omega\$

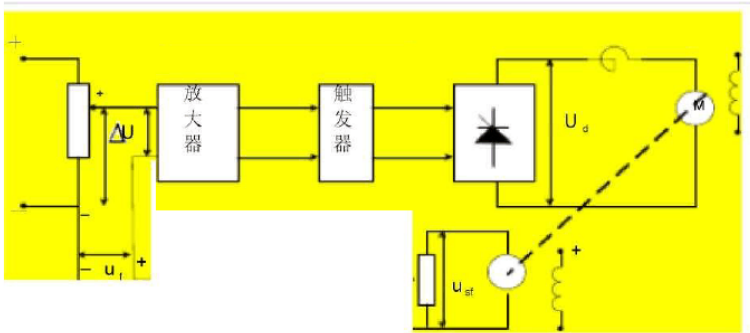
生产机械对调速系统的稳态指标为：\$D = 10\$，\$S = 5\%\$。

求：(1) 计算开环系统的稳态速降 \$\Delta n_{op}\$ 和调速指标所允许的稳态速降 \$\Delta n_{cl}\$；

(2) 画出该系统的静态结构图；

(3) 若当电动机运行于额定转速时的给定电压 \$U_i = 20V\$，计算此时的转速反馈系数；

(4) 计算满足稳态要求所需放大器的放大系数 \$K_p\$；



解：(1) 先计算电动机得电动势转速比 \$C_e\$

因为：\$U_{nom} = I_{nom} R_a + C_e n_{nom}\$

所以：\$C_e = \frac{U_{nom} - I_{nom} R_a}{n_{nom}} = \frac{220 - 55 \cdot 0.5}{1000} = 0.1925 V \cdot \min / r\$

开环系统的稳态速降为：

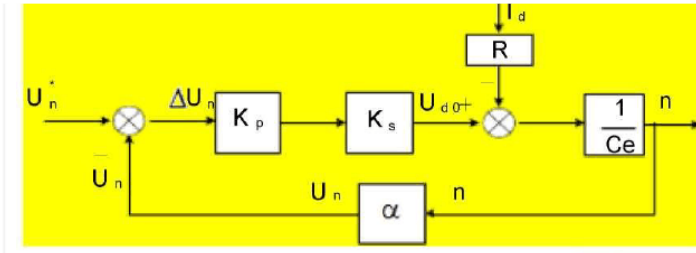
$$\Delta n_{op} = \frac{1}{C_e} \left(\frac{R_a + R_{rec}}{1} \right) I_{nom} = \frac{55(0.5 + 0.5)}{0.1925} = 285.71 r/min$$

闭环系统的稳态速降为：

$$\Delta n_{cl} = \frac{n_{nom}}{D(1-S)} = \frac{1000}{10(1-0.05)} = 105.26 r/min$$

(2) 该系统的静态结构图如下图所示：

电力拖动自动控制系统习题答案



(3) 若当电动机运行于额定转速时的给定电压 $U_n^* = 20V$ ，计算此时的转速反馈系数为：

$$a = \frac{U_n}{n_{nom}} \frac{U_n}{U_n}$$

(4) 闭环系统的开环放大倍数为：

$$K = K_p K_s \frac{1}{C_e} = 53.3$$

$$\frac{1}{C_e} = 5.26$$

则所需的放大器放大系数为：

$$K_1 = \frac{1}{44 \times 0.02} = 11.7$$

$$R_1 = K_p R_0 = 11.7 \times 40k = 468k$$

18. 如图所示，转速负反馈单闭环直流调速系统，已知数据为：
电动机：

$$P_{om} = 2.2kW, U_{nom} = 220V, I_{nom} = 12.5A, n_{nom} = 1500r/min, R_g = 1\Omega, GD = 1.5NLm^2$$

采用三相桥式全控整流电路，电枢回路总电阻 $R_g = 1\Omega$ ，总电感 $L = 42mH$ ， $K_s = 40$ ；额定转速时

$$U_n = 15V$$

问：(1) 该系统能否稳定运行？为保证系统稳定运行的临界开环放大倍数为多大？

(2) 当开环放大倍数为满足稳态要求的数值时，若系统不能稳定运行，对系统进行动态校正，是系统的相角裕量。

18. 在转速电流双闭环直流调速系统中，ASR 和 ACR 均采用 PI 调节器，已知电动机额定参数为 $U_{nom}, I_{nom}, n_{nom}, R_g$ ，功率放大器放大系数 K_s 和内阻 R_{rec} ，电动机的允许过载倍数为 $\lambda = 1.5$ 。

(1) 若 ASR, ACR 的限幅输出分别为 U_i 和 U_{ctm} ，如何确定转速反馈系数 α 和电流反馈系数 β ？

(2) 设系统在额定情况下正常运行时，转速反馈线突然断线，系统的运行情况如何？写出此时系统中

U^*, U_{ct}, I_d, U_d 和 n 的表达式：

(3) 设系统拖动恒转矩负载在额定情况下正常运行，若因为某种原因励磁电流减小使磁通门下降一

电力拖动自动控制系统习题答案

半，系统工作情况如何变化？写出 U^* , U_{ct} , I_d , U_d 及 n 在稳定后的表达式；

系统在某一转速下带额定负载正常运行，电流反馈线突然断线，系统的运行情况如何变化？若系统最终仍

趋于稳定，则稳定后系统的 U^* , U_{ct} , U_d , I_d 及 n 比原来有何变化？

解：（1）按最大给定电压 U_m 对应电动机额定转速 n_{nom} 来确定转速反馈系数，因 ASR 采用 PI 调节器，稳态时 $U_n = U_n^* = an$,

因此有 $U_{nm} = an_{nom}$, 所以 $a = U_{nm} / n_{nom}$ 。

按电动机最大允许过载电流 I_{dm} 对应于 ASR 输出限幅值 U_m 来确定电流反馈系数 β ，而 ACR 又采

用 PI 调节器，则有 $U_m = U_{im} = I_m = I_{dm}$, 所以 $\beta = U_m / (1.5 I_{dm})$ 。

（2）若系统在额定情况下正常运行，则有 $U_n = U_n^*$, $U_{ct} = U_{ct}^*$, 且极性均相反。若转速反馈线断线，

则 $U_n = 0$, ASR 只有输入 U_n^* 而使其很快进入饱和，输出为限幅值 U_m ; 由于 U_{ct} 尚未变化使 ACR 输出 U_{ct} 上升而达到限幅值 U_{ctm} ,

功率放大器输出电压达到最大值 U_{dm} , I_d 上升，使电动机电磁转矩 T_e 大于负载转矩 T_L , 电动机加速, n 上升, 电动势 E 上

升。最后当系统稳定下来后, $I_d = I_{dL}$ (负载电流), $U_{ct} = U_{ctm}$, $U_d = U_{ctm}$, $n = (K_s U_{ctm} - I_{dL} R) / C_e$ (负载

电流) R) / C_e 。

（3）系统在额定情况下正常运行, $n = n_{nom}$, $I_d = I_{nom}$ 。若磁通门下降一半, 则 $E = Kn$ 下降,

I_d 和 U_i 将随之增加, 但因 U^* 未变, 在电流环调节作用下使 U_d, U_{ct} 下降以维持 $I_d = I_{nom}$ 暂时不变,

从而使 $T_e = K_m I_{dm}$ 下降为原来的一半。电动机拖动恒转矩负载, $T_e < T_L$, 所以 $T_e < T_L$, 电动机减速,

n 下降, U_n 随之下降, 因 U_n^* 未变, 而使 ASR 饱和, 输出为 U_m , 在电流环调节作用下, 电流上升达到

$I_{dm} = 1.5 I_{nom}$ 并维持不变, T_e 因电流变大而回升, 但也只能为原来转矩的 $0.5 \times 1.5 = 0.75$, 仍然小于负

载转矩 T_L , 电动机转速将继续下降, 直至 $n = 0$ 。这时, $U_{ct} = U_{ctm}$,

$$I_{dm} = 1.5 I_{nom}$$

$$U_{d=dm} R = (1.5 I_{nom} R, U_{ct=U_{ctm}} / K_s = 1.5 I_{nom} R / K_s)$$

（4）若电流反馈断线, 则因 $U_i = 0$, U^* 未变而使 ACR 饱和, $U_{ct} = U_{ctm}$, U_d 上升, I_d 上升, n 上升,

U_n 上升。但 U_n^* 未变, 因而使 U^* 下降。由于速度环的自动调整作用, 在系统最后稳定下来后, n 不变,

I_d 不变, 因而 U_d, U_{ct} 都不会变, 只有 U^* 下降为零, 即 $U^* = 0$ 。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/778006073035006071>