

1. 实验分析题

(1) 双闭环调速系统调试原则:

- ①先部件, 后系统。即先将各单元的特性调好, 然后才能组成系统。
- ②先开环, 后闭环, 即使系统能正常开环运行, 然后在确定电流和转速均为负反馈时组成闭环系统。
- ③先内环, 后外环。即先调试电流环, 然后调试转速环。

(2) 未上主电源之前, 检查晶闸管的脉冲是否正常。

- ①用示波器观察双脉冲观察孔, 应有间隔均匀, 幅度相同的双脉冲
- ②检查相序, 用示波器观察“1”, “2”脉冲观察孔, “1”脉冲超前 (选填: “超前”、“滞后”) “2”脉冲 60° (选填: “60°”、“120°”、“180°”), 则相序正确, 否则, 应调整输入电源。调整方法: 三相电源的任意两相对换。

2. 实验分析题

(1) 双闭环调速系统调试原则:

- ①先部件, 后系统。即先将各单元的特性调好, 然后才能组成系统。
- ②先开环, 后闭环, 即使系统能正常开环运行, 然后在确定电流和转速均为 负反馈 时组成闭环系统。(选填: “负反馈”、“正反馈”)
- ③先内环, 后外环。即先调试电流环, 然后调 转速环。

(2) 移相触发电路的调试 (主电路未通电)

(a) 用示波器观察 NMCL—33 的双脉冲观察孔, 应有双脉冲, 且间隔均匀, 幅值相同; 观察每个晶闸管的控制极、阴极电压波形, 应有幅值为 1V~2V 的双脉冲。

(b) 触发电路输出脉冲应在 30°~90°范围内可调。可通过对偏移电压调节单位器及 ASR 输出电压的调整实现。例如: 使 ASR 输出为 0V, 调节 偏移电压, (选填: “偏移电压”、“控制电压”) 实现 $\alpha =$ 90°; 再保持偏移电压不变, 调节 ASR 的限幅电位器 RP1, 使 $\alpha =$ 30°。(选填: “30°”、“60°”、“90°”)

3. 实验分析题

- (1) 系统开环连接时, 如果突加给定信号 U_g 启动电机。会出现 过流 报警 (选填: “过压”、“过流”)。
- (2) 双踪示波器的两个探头地线通过示波器外壳短接, 故在使用时, 必须使两探头的地线电位 相同 (选填: “相同”、“不同”), 以免造成短路事故。
- (3) 实验时, 须注意电动机主电路电流不许超过电机的额定值 1A (选填: “0.5A”、“1A”、“2A”)。
- (4) 接入 ASR 构成转速 负 (选填: “正”、“负”) 反馈时, 为了防止振荡, 可预先把 ASR 的 RP3 电位器 逆时针 (选填: “顺时针”、“逆时针”) 旋到底, 使调节器放大倍数最小, 同时, ASR 的 “5”、“6” 端接入可调电容 (预置 7 μ F)。

4. 实验分析题

(1) 电流调节器 (ACR) 的调试实验:

- ①调整输出正、负限幅值
“9”、“10”端 接可调电容, 使调节器为 PI 调节器, 加入一定的输入电压, 调整正、负限幅电位器, 使输出正负最大值大于 $\pm 6V$ 。(选填: “P”、“PI”、“PID”)
- ②测定输入输出特性
将反馈网络中的电容短接 (“9”、“10”端短接), 使调节器为 P 调节器, 向调节器输入端逐渐加入正负电压, 测出相应的输出电压, 直至输出限幅值, 并画出曲线。(选填: “P”、“PI”、“PID”)
- ③观察 PI 特性
拆除 “9”、“10”端短接线, 突加给定电压, 用示波器观察输出电压的变化规律, 扫描频率可选 1 Hz。改变调节器的

放大倍数及反馈电容，观察输出电压的变化。反馈电容由外接电容箱改变数值。（选填：“1”、“100”、“10000”）

（2）直流开环调速系统静特性的研究实验：

改变接线时，必须先按下主控制屏总电源开关的 红色 按钮（选填：“黄色”、“红色”、“绿色”），同时使系统的给定为 零。

5、实验分析题

（1）直流开环调速系统静特性的研究实验：

改变接线时，必须先按下主控制屏总电源开关的 红色 按钮（选填：“黄色”、“红色”、“绿色”），同时使系统的给定为 零。

（2）实验时，须注意电动机主电路电流不许超过电机的额定值 1A（选填：“0.5A”、“1A”、“2A”）。

（3）速度变换器的调试

电动机加 额定励磁，短接限流电阻 R_D 。（选填：“30%额定励磁”、“50%额定励磁”、“额定励磁”）

（a）系统开环，即给定电压 U_g 直接接至 U_d ， U_g 作为输入给定，逐渐加正给定，当转速 $n=1500\text{r/min}$ 时，调节 FBS（速度变换器）中速度反馈电位器 RP，使速度反馈电压为 +5V 左右，计算速度反馈系数。（选填：“+20v”、“+15v”、“+5v”）

6、实验分析题

（1）双闭环晶闸管不可逆直流调速系统调试实验：

电流环调试：

电动机不加励磁

（a）系统开环，即控制电压 U_d 由给定器 U_g 直接接入，主回路接入电阻 R_D （ R_D 由 NMEL—03 的两只 900Ω 电阻并联）并调至 最大。（选填：“最小”、“最大”、“中间”）逐渐增加给定电压，用示波器观察晶闸管整流桥两端 电压 波形。在一个周期内，电压波形应有 6 个对称波头平滑变化。

（2）系统开环连接时，如果突加给定信号 U_g 起动机。会出现 过流 报警（选填：“过压”、“过流”）。

（3）双踪示波器的两个探头地线通过示波器外壳短接，故在使用时，必须使两探头的地线电位相同，以免造成 短路 事故（选填：“短路”、“断路”）。

7、实验分析题

在采用 PI 调节的双闭环直流晶闸管调速系统中，如果负载增加，转速急剧下降，分析出现这种现象的原因？

答：负载增加，转速急剧下降，可能的原因：

- （1）负载太重，电动机带不动；
 - （2）转速调节器出现饱和；
 - （3）转速正反馈；
 - （4）反馈断线；
 - （5）转速反馈系数整定不当。
- 等等。

8、实验分析题（4分）

在双闭环直流晶闸管调速系统实验中，机械特性很软，分析可能出现这种现象的原因？

答：机械特性很软，可能的原因：

- （1）转速调节器出现饱和；
 - （2）转速正反馈；
 - （3）反馈断线；
 - （4）转速反馈系数整定不当。
- 等等。

9、实验分析题

在双闭环直流调速系统实验中，如果直流电动机不转，分析有可能出现的故障原因？（至少列出 4 条）

- 解：（1）没有接励磁电压；
 （2）没有接电枢电压；
 （3）ACR 调节器没有输出；
 （4）整流装置没有输出；
 （5）没有加控制信号；
 （6）晶闸管没有加触发电流
 等

1. 有一 V-M 系统，电动机参数为：2.2KW，220V，12.5A，1500r/min，电枢电阻 $R_a=1.2\Omega$ ，整流装置的内阻 $R_{rec}=1.5\Omega$ ，触发整流环节的放大倍数 $K_s=35$ 。要求系统满足调节器 $D=20$ ，静差率 $s \leq 10\%$ 。

- （1） 计算开环系统的静态速降 Δn_{op} 和调速要求所允许的闭环静态速降 Δn_{cl} ？
 （2） 采用转速负反馈组成闭环系统，调整该系统参数，当给定电压 $U_n^*=15V$ 时， $I_d=I_N$ ， $n=n_N$ 。则转速负反馈系数 α 应该是多少？
 （3） 计算放大器所需的放大倍数？
 （4） 画出运算放大器的电路图，计算该运算放大器的反馈电阻 R_2 的阻值？（ $R_0=20k\Omega$ ）

解：（1）

$$C_e = \frac{U_N - I_N R_a}{n_N} = 0.1367 V \cdot \min / r$$

$$\Delta n_{op} = \frac{I_N R}{C_e} = 246.9 V \cdot \min / r$$

$$\Delta n_{cl} = \frac{n_N S}{D(1-S)} = 8.33 V \cdot \min / r$$

（2）

$$\begin{cases} \frac{k_p k_s \Delta u - I_d R}{C_e} = n_N \\ \Delta u = u_n^* - \alpha n_N \end{cases} \quad (\text{或者 } \alpha = \frac{u_n^*}{n_N} = 0.01)$$

得：

$$\alpha = 0.00961$$

（3）

$$K = \frac{\Delta n_{op}}{\Delta n_{cl}} - 1 = 28.64$$

$$k_p = \frac{k}{\alpha k_s / C_e} = 11.64$$

$$(4) R_2 = k_p R_0 = 232.8 \Omega$$

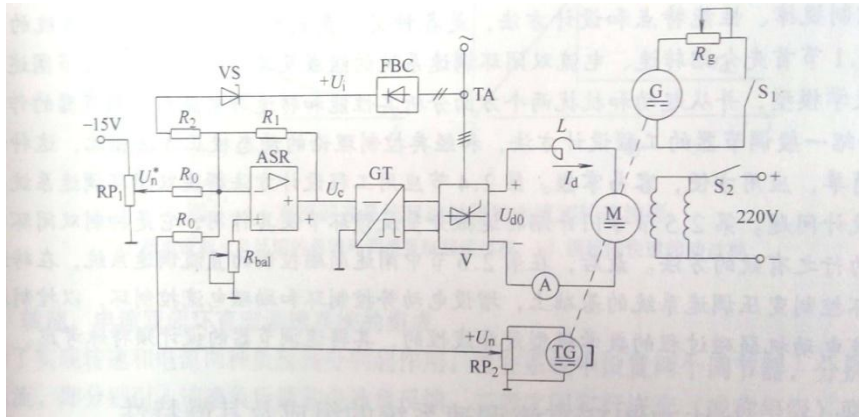
图省略

2 有一 V-M 系统, 电动机参数为: 18KW, 220V, 94A, 1000r/min, 电枢电阻 $R_a=0.15 \Omega$, 整流装置的内阻 $R_{rec}=0.3 \Omega$, 触发整流环节的放大倍数 $K_s=40$ 。最大当给定电压 $U_{nm}^*=15v$, 当主电路电流达到最大值时, 整定电流反馈电压 $U_{im}=10v$ 。

要求系统满足调节器 $D=20$, 静差率 $s \leq 10\%$ 。将该系统设计为带电流截止环节 (用稳压管作比较电压) 的转速单闭环有静差调速系统, 要求堵转电流 $I_{db1}=1.5I_N$, 临界截止电流 $I_{dcr}=1.1I_N$ 。

(1) 计算转速反馈系数 α 和调节器的放大系数 K_r ;

(2) 电流反馈截止负反馈环节增加了电流反馈放大器, 求电流反馈系数 β_1 和电流反馈放大器的放大系数 β_2 及稳压管的击穿电压值 U_{vs} 。



解: (1)

$$C_e = \frac{U_N - I_N R_a}{n_N} = 0.2059 V \cdot \text{min}/r$$

$$\Delta n_{op} = \frac{I_N R}{C_e} = 205.4 v \cdot \text{min}/r$$

$$\Delta n_{cl} = \frac{n_N S}{D(1-S)} = 5.56 v \cdot \text{min}/r$$

$$K = \frac{\Delta n_{op}}{\Delta n_{cl}} - 1 = 35.94$$

$$\begin{cases} \frac{k_p k_s \Delta u - I_d R}{C_e} = n_N \\ \Delta u = u_n^* - \alpha n_N \end{cases}$$

得:

$$\alpha = 0.0145$$

$$k_p = \frac{k}{\alpha k_s / C_e} = 12.8$$

(2)

$$\beta_1 I_{dcr} = u_{vs}$$

$$\beta_1 = \frac{u_{im}}{I_{dm}} = 0.0709$$

$$u_{vs} = 7.3v$$

静特性方程:

$$n = \frac{K_p K_s U_n^*}{C_e (1+K)} - \frac{R I_d}{C_e (1+K)} - \frac{K_p K_s \beta_2}{C_e (1+K)} (\beta_1 I_d - U_{vs})$$

$$I_{dbl} \approx \frac{u_n^* + \beta_2 u_{vs}}{\beta_2 \beta_1}$$

$$\beta_2 = 5.56$$

3 有一 V-M 系统,电动机参数为: 2.2KW, 220V, 12.5A, 1500r/min, 电枢电阻 $R_a=1.2\Omega$, 整流装置的内阻 $R_{rec}=1.5\Omega$, 触发整流环节的放大倍数 $K_s=35$ 。要求系统满足调节器 $D=20$, 静差率 $s \leq 10\%$ 。当给定电压 $U_n^*=15v$ 时, $I_d=I_N$, $n=n_N$ 。将该系统设计为带电流截止环节的转速单闭环有静差调速系统, 要求堵转电流 $I_{dbl} \leq 2I_N$, 临界截止电流 $I_{dcr} \geq 1.2I_N$ 。

(1) 应该选用多大的比较电压和电流反馈采样电阻?

(2) 要求电流反馈采样电阻不超过主电路总电阻的 1/3, 如果做不到, 需要增加电流反馈放大器, 画出系统的静态结构框图。

(3) 并计算电流反馈放大系数 β , 此时比较电压和电流反馈采样电阻各为多少?

(4) 画出运算放大器的电路图, 计算该运算放大器的电流反馈输入电阻 R_2 的阻值? ($R_0=20k\Omega$)

解: (1)

$$\begin{cases} I_{dbl} \approx \frac{u_n^* + u_{com}}{R_S} \\ I_{dcr} = \frac{u_{com}}{R_S} \end{cases}$$

得: $u_{com} = 22.5v$

$$R_S \approx 1.5\Omega$$

(2) 图略

(3) 需要增加电流反馈放大器

$$R_S = 0.9\Omega$$

$$U_{com} = I_{dcr} R_S = 13.5V$$

$$C_e = \frac{U_N - I_N R_a}{n_N} = 0.1367 V \cdot \text{min}/r$$

$$\Delta n_{op} = \frac{I_N R}{C_e} = 246.9 v \cdot \text{min}/r$$

$$\Delta n_{cl} = \frac{n_N S}{D(1-S)} = 8.33 v \cdot \text{min}/r$$

$$K = \frac{\Delta n_{op}}{\Delta n_{cl}} - 1 = 28.64$$

静特性方程:

$$\text{得} \quad n = \frac{K_p K_s U_n^*}{C_e (1+K)} - \frac{R I_d}{C_e (1+K)} - \frac{K_p K_s \beta'}{C_e (1+K)} (R_s I_d - U_{com})$$

$$I_{dbl} = \frac{k_p k_s (u_n^* + \beta' u_{com})}{R + k_p k_s \beta' R_s} \approx \frac{u_n^* + \beta' u_{com}}{\beta' R_s}$$

$$\beta' = 1.64 (\approx 1.67)$$

$$(4) \text{ 若 } R_0 = 20 K\Omega \quad R_2 = 12 K\Omega$$

运算放大器的电路图 (省)

1、计算题见第二章作业

2、计算题见第二章作业

3、计算题

有一双闭环直流调速系统,电动机参数为: 3KW, 220V, 17.5A, 1500r/min, 电枢电阻 $R_a=1.25 \Omega$, $GD^2=3.53 N \cdot m^2$ 。采用三相桥式电路, 整流装置的内阻 $R_{rec}=1.3 \Omega$ 。平波电抗器电阻 $R_L=0.3 \Omega$ 。整流回路总电感 $L=200mH$ 。触发整流环节的放大倍数 $K_s=37.84$, $T_s=0.0017s$, $T_{oi}=0.002s$ 。这里暂不考虑稳定性问题, ASR 限幅输出 $U_{ia}^*=8v$, ACR 限幅输出 $U_{om}=8v$, 最大给定 $U_{im}^*=10v$ 。要求: 调速范围 $D=20$, 静差率 $s \leq 10\%$ 。堵转电流 $I_{dbl} \leq 2.1 I_N$, 临界截止电流 $I_{dcr} \geq 2 I_N$ 。设计指标为: 电流超调量 $< 5\%$, 空载起动到额定转速时的转速超调量 $< 10\%$ 。电流环已设计好, 其等效闭环传递函数

$$\frac{\frac{1}{\beta}}{\frac{1}{k_i} s + 1} = \frac{\frac{1}{0.218}}{\frac{1}{135 \cdot 14} s + 1}, \quad T_{on}=0.01s, \quad T_{\Sigma i} = 0.0037s。$$

(1) 计算 α, β, c_e, T_m 。

(2) 设计转速调节器。

解:

$$(1) \quad \alpha = \frac{u_n^*}{n_n} = 0.0067 v \cdot \text{min}/r$$

$$\beta = \frac{u_{im}^*}{2.1I_n} = 0.218 \text{ v} / A$$

$$Ce = \frac{u_n - RaI_n}{n_n} = 0.132 \text{ v} \cdot \text{min} / r$$

$$T_m = \frac{GD^2 R}{375 Ce C_m} = 0.162 s$$

(2) 转速环设计

$$2T_{\Sigma i} = \frac{1}{k_I} = 0.0074 s$$

$$T_{\Sigma n} = 2T_{\Sigma i} + T_{on} = 0.0174 s$$

转速环按典 2 系统设计，转速调节器选用 PI 型

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

选 $h=5$

$$\tau_n = hT_{\Sigma n} = 0.087 s$$

$$K_N = \frac{h+1}{2h^2 T_{\Sigma n}^2} = 396.4$$

$$K_n = \frac{(h+1)\beta ce T_m}{2h\alpha R T_{\Sigma n}} = 8.4$$

4、计算题（10 分）

有一双闭环直流调速系统，电动机参数为：3KW，220V，17.5A，1500r/min，电枢电阻 $R_a=1.25 \Omega$ ， $GD^2=3.53 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ 。采用三相桥式电路，整流装置的内阻 $R_{rec}=1.3 \Omega$ 。平波电抗器电阻 $R_L=0.3 \Omega$ 。整流回路总电感 $L=200 \text{ mH}$ 。触发整流环节的放大倍数 $K_s=37.84$ ， $T_s=0.0017 s$ ， $T_{oi}=0.002 s$ 。这里暂不考虑稳定性问题，ASR 限幅输出 $U_{im}^*=8 \text{ v}$ ，ACR 限幅输出 $U_{cn}=8 \text{ v}$ ，最大给定 $U_{im}^*=10 \text{ v}$ 。要求：调速范围 $D=20$ ，静差率 $s \leq 10\%$ 。堵转电流 $I_{db1} \leq 2.1 I_N$ ，临界截止电流 $I_{dcl} \geq 2 I_N$ 。设计指标为：电流超调量 $< 5\%$ ，空载启动到额定转速时的转速超调量 $< 10\%$ 。

(1) 计算 β, c_e, T_m, T_1

(2) 设计电流调节器。

解：

(1)

$$T_m = \frac{GD^2 R}{375 Ce C_m} = 0.162 s$$

$$Ce = \frac{U_N - RaIn}{n_n} = 0.132$$

$$\beta = \frac{U_{im}^*}{\lambda I_N} = 0.218$$

$$T_l = \frac{L}{R} = 0.07s$$

$$T_{\Sigma i} = T_s + T_{oi} = 0.0037s$$

(2) 设计电流调节器

电流环按典 I 系统设计，电流调节器选用 PI 型

$$W_{ACR}(S) = K_i \frac{\tau_i s + 1}{\tau_i s}$$

$$\tau_i = T_l = 0.07s$$

$$K_l = \frac{1}{2T_{\Sigma i}} = 135.14s^{-1}$$

$$K_i = K_l \frac{\tau_i R}{\beta K_s} = 3.27$$

5 计算题

有一双闭环直流调速系统，电动机参数为：3KW，220V,17.5A, 1500r/min,电枢电阻 $R_a=1.25\Omega$, $GD2=3.53N.m^2$ 。采用三相桥式电路，整流装置的内阻 $R_{rec}=1.3\Omega$ 。平波电抗器电阻 $R_L=0.3\Omega$ 。整流回路总电感 $L=200mH$ 。触发整流环节的放大倍数 $K_s=37.84$ ， $T_s=0.0017s$ ， $T_{oi}=0.002s$ 。这里暂不考虑稳定性问题，ASR 限幅输出 $U_{im}^*=8v$ ，ACR 限幅输出 $U_{cm}=8v$ ，最大给定 $U_{nm}^*=10v$ 。要求：调速范围 $D=20$ ，静差率 $s \leq 10\%$ 。堵转电流 $I_{dbl} \leq 2.1I_N$ ，临界截止电流 $I_{dcr} \geq 2I_N$ 。设计指标为：电流超调量 $<5\%$ ，空载起动到额定转速时的转速超调量 $<10\%$ 。 $T_m = 0.162s$ ， $Ce = 0.132$ ， $\beta = 0.218$ ，

$$T_l = 0.07s。$$

(1) 设计电流调节器。

(2) 设计转速调节器。

解：

(1) 电流环设计

$$T_{\Sigma i} = T_s + T_{oi} = 0.0037s$$

电流环按典 I 系统设计，电流调节器选用 PI 型

$$W_{ACR}(S) = K_i \frac{\tau_i s + 1}{\tau_i s}$$

$$\tau_i = T_l = 0.07s$$

$$K_I = \frac{1}{2T_{\Sigma i}} = 135.14s^{-1}$$

$$K_i = K_I \frac{\tau_i R}{\beta K_s} = 3.27$$

(2) 转速环设计

$$2T_{\Sigma i} = \frac{1}{k_I} = 0.0074s$$

$$T_{\Sigma n} = 2T_{\Sigma i} + T_{on} = 0.0174s$$

转速环按典 2 系统设计，转速调节器选用 PI 型

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

选 $h=5$

$$\tau_n = hT_{\Sigma n} = 0.087s$$

$$K_N = \frac{h+1}{2h^2 T_{\Sigma n}^2} = 396.4$$

$$K_n = \frac{(h+1)\beta ceT_m}{2h\alpha RT_{\Sigma n}} = 8.4$$