

# 机电传动控制答案

本资料由佳美提供

地址：升华一栋旁，交安驾校后面

电话：13787253038

4.5 元

## 机电传动习题与思考题

### 第二章 机电传动系统的动力学基础

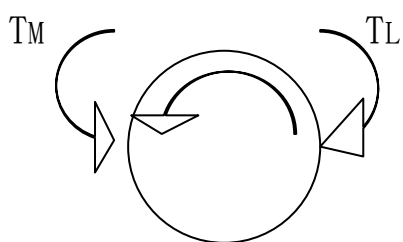
2.1 说明机电传动系统运动方程中的拖动转矩，静态转矩和动态转矩。

拖动转矩是有电动机产生用来克服负载转矩，以带动生产机械运动的。静态转矩就是由生产机械产生的负载转矩。动态转矩是拖动转矩减去静态转矩。

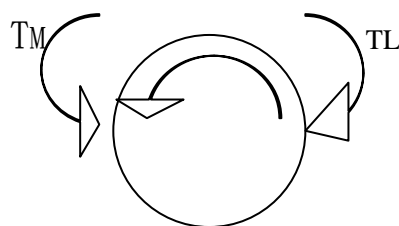
2.2 从运动方程式怎样看出系统是处于加速，减速，稳态的和静态的工作状态。

$T_M - T_L > 0$  说明系统处于加速， $T_M - T_L < 0$  说明系统处于减速， $T_M - T_L = 0$  说明系统处于稳态（即静态）的工作状态。

2.3 试列出以下几种情况下（见题 2.3 图）系统的运动方程式，并说明系统的运动状态是加速，减速，还是匀速？（图中箭头方向表示转矩的实际作用方向）



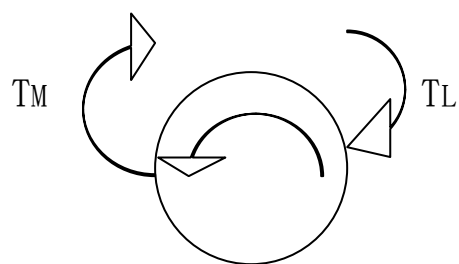
$$T_M = T_L$$



$$T_M < T_L$$

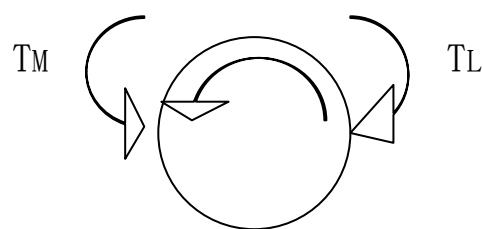
$T_M - T_L > 0$  说明系统处于加速。

$T_M - T_L < 0$  说明系统处于减速



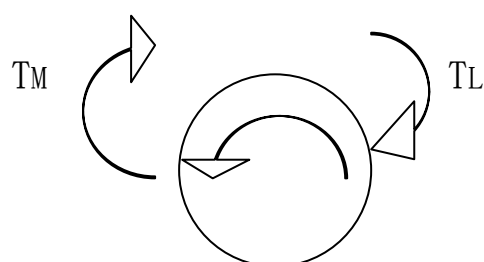
$$T_M > T_L$$

系统的运动状态是减速



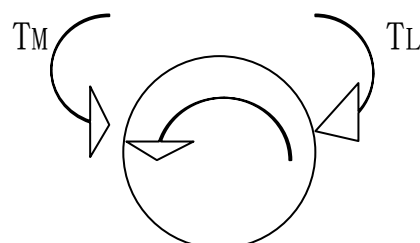
$$T_M > T_L$$

系统的运动状态是加速



$$T_M = T_L$$

系统的运动状态是减速



$$T_M = T_L$$

系统的运动状态是匀速

2.4 多轴拖动系统为什么要折算成单轴拖动系统？转矩折算为什么依据折算前后功率不变的原则？转动惯量折算为什么依据折算前后动能不变的原则？

因为许多生产机械要求低转速运行，而电动机一般具有较高的额定转速。这样，电动机与生产机械之间就得装设减速机构，如减速齿轮箱或蜗轮蜗杆，皮带等减速装置。所以为了列出系统运动方程，必须先将各转动部分的转矩和转动惯量或直线运动部分的质量这算到一根轴上。转矩折算前后功率不变的原则是  $P = T\omega$ ， $p$  不变。转动惯量折算前后动能不变原则是能量守恒  $MV = 0.5J\omega$

## 2.5 为什么低速轴转矩大，高速轴转矩小？

因为  $P = T\omega$ ,  $P$  不变  $\omega$  越小  $T$  越大,  $\omega$  越大  $T$  越小。

## 2.6 为什么机电传动系统中低速轴的 $GD^2$ 比高速轴的 $GD^2$ 大得多？

因为  $P = T\omega$ ,  $T = GD^2/375$ .  $P = \omega GD^2/375$ .  $P$  不变 转速越小  $GD^2$  越大, 转速越大  $GD^2$  越小。

**2.7** 如图 2.3 (a) 所示, 电动机轴上的转动惯量  $J_M = 2.5 \text{kgm}^2$ , 转速  $n_M = 900 \text{r/min}$ ; 中间传动轴的转动惯量  $J_L = 16 \text{kgm}^2$ , 转速  $n_L = 60 \text{ r/min}$ 。试求折算到电动机轴上的等效转动惯量。

折算到电动机轴上的等效转动惯量:  $j = N_m/N_1 = 900/300 = 3$ ,  $j_1 = N_m/N_1 = 15$

$$J = J_M + J_1/j^2 + J_L/j_1^2 = 2.5 + 2/9 + 16/225 = 2.79 \text{kgm}^2$$

**2.8** 如图 2.3 (b) 所示, 电动机转速  $n_M = 950 \text{ r/min}$ , 齿轮减速箱的传动比  $J_1 = J_2 = 4$ , 卷筒直径  $D = 0.24 \text{m}$ , 滑轮的减

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{99.43}{0.24} = 414.29 \text{ rad/s}$$

$$v = \omega r = 414.29 \times 0.24 = 99.43 \text{ m/s}$$

$$T_L = 9.55 FV / \eta = 9.55 \times 100 \times 99.43 / 0.83 = 11450 \text{ Nmm}$$

$$GD_Z^2 = \delta (GD_M^2 + GD_L^2)$$

$$= 1.25 \times (1.05 + 100 \times 0.24^2 / 32^2)$$

$$= 1.318 \text{ Nmm}^2$$

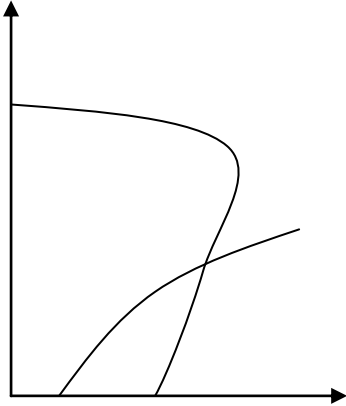
**2.9** 一般生产机械按其运动受阻力的性质来分可有哪几种类型的负载？

可分为 1 恒转矩型机械特性 2 离心式通风机型机械特性 3 直线型机械特性 4 恒功率型机械特性,4 种类型的负载.

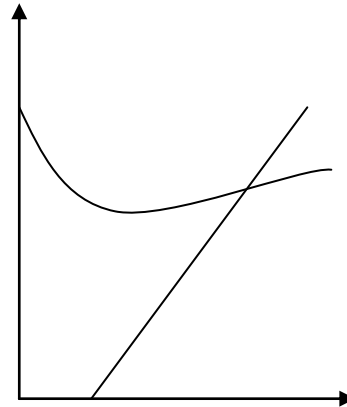
**2.10** 反抗静态转矩与位能静态转矩有何区别，各有什么特点？

反抗转矩的方向与运动方向相反,,方向发生改变时,负载转矩的方向也会随着改变,因而他总是阻碍运动的.位能转矩的作用方向恒定,与运动方向无关，它在某方向阻碍运动，而在相反方向便

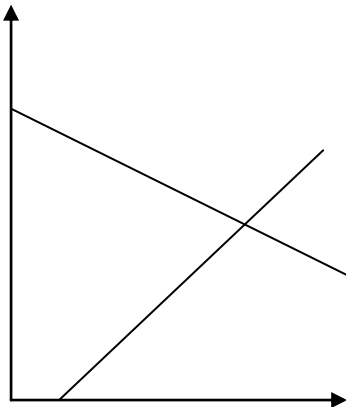
交点是系统的稳定平衡点.



交点是系统的平衡点



交点是系统的平衡



交点不是系统的平衡点

不能,因为反转起始励磁电流所产生的磁场的方向与剩  
与磁场方向相反,这样磁场被消除,所以不能自励.

**3.3** 一台他励直流电动机所拖动的负载转矩  $T_L$ =常数，当电  
枢电压附加电阻改变时，能否改变其运行其运行状态下  
电枢电流的大小？为什么？这是拖动系统中那些要发  
生变化？

$$T=K_t\phi I_a \quad u=E+I_aR_a$$

当电枢电压或电枢附加电阻改变时,电枢电流大小不变.  
转速  $n$  与电动机的电动势都发生改变.

**3.4** 一台他励直流电动机在稳态下运行时，电枢反电势  $E=E_1$ ，如负载转矩  $T_L$ =常数，外加电压和电枢电路中的电  
阻均不变，问减弱励磁使转速上升到新的稳态值后，电  
枢反电势将如何变化？是大于，小于还是等于  $E_1$ ？

$T=I_aK_t\phi$ ， $\phi$  减弱, $T$  是常数, $I_a$  增大.根据  $E_N=U_N-I_aR_a$  ,所  
以  $E_N$  减小.,小于  $E_1$ .

$$180\text{KW}=230 \cdot I_N$$

$$I_N=782.6\text{A}$$

该发电机的额定电流为 782.6A

$$P=I_N 100/\eta_N$$

$$P=87.4\text{KW}$$

3.6 已知某他励直流电动机的铭牌数据如下： $P_N=7.5\text{KW}$ ， $U_N=220\text{V}$ ， $n_N=1500\text{r/min}$ ， $\eta_N=88.5\%$ ，试求该电机的额定电流和转矩。

$$P_N=U_N I_N \eta_N$$

$$7500\text{W}=220\text{V} \cdot I_N \cdot 0.885$$

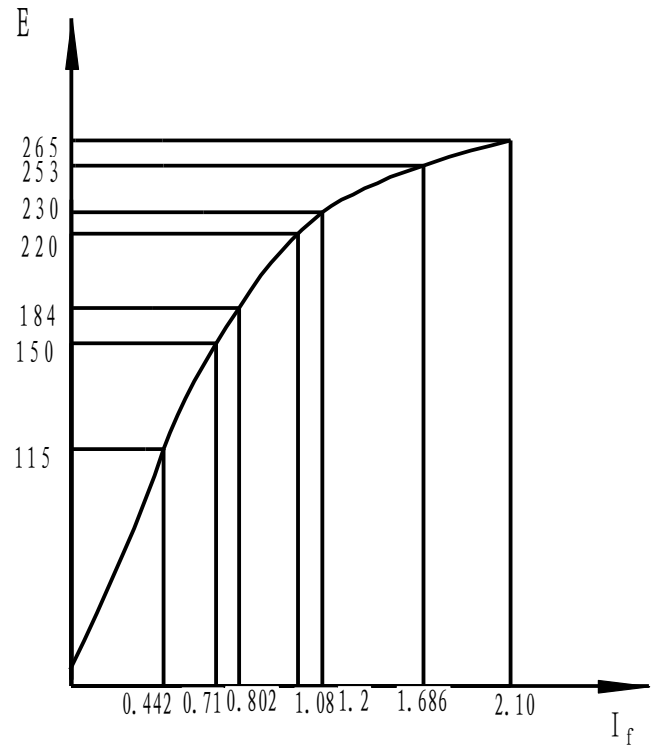
$$I_N=38.5\text{A}$$

$$T_N=9.55 P_N / n_N$$

$$=47.75\text{Nm}$$

3.7 一台他励直流电动机： $P_N=15\text{KW}$ ， $U_N=220\text{V}$ ， $I_N=63.5\text{A}$ ，



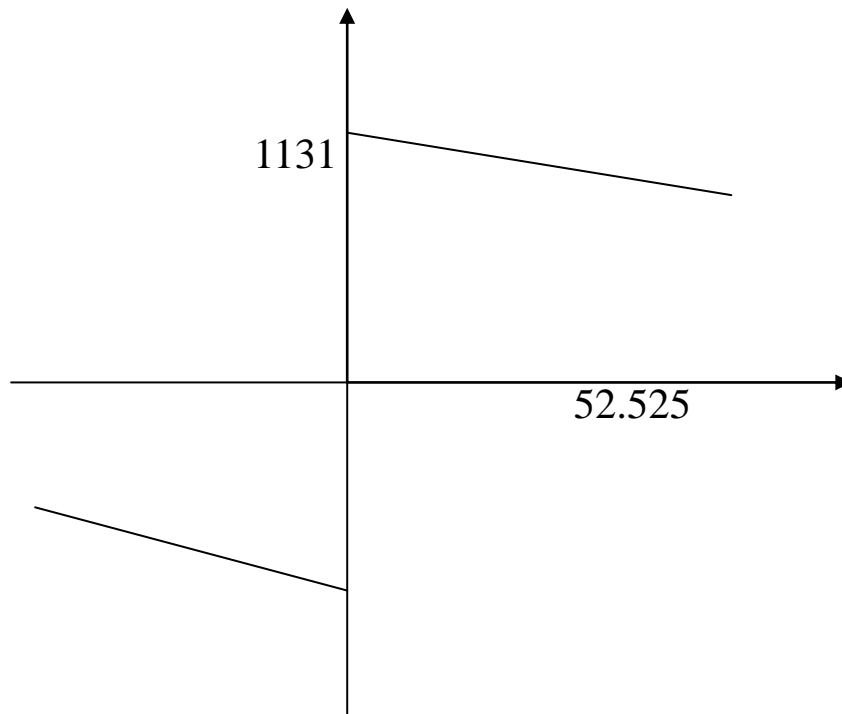


当  $U=150V$  时  $I_f=0.71A$

当  $U=220V$  时  $I_f=1.08A$

3.8 一台他励直流电动机的铭牌数据为：  $P_N=5.5KW$ ,  
 $U_N=110V$ ,  $I_N=62A$ ,  $n_N=1000r/min$ ,试绘出它的固有机  
械特性曲线。

$$R_a=(0.50\sim0.75)(1-P_N/U_N I_N)U_N/I_N$$



3.9 一台并励直流电动机的技术数据如下： $P_N=5.5\text{KW}$ ,  $U_N=110\text{V}$ ,  $I_N=61\text{A}$ , 额定励磁电流  $I_{fn}=2\text{A}$ ,  $n_N=1500\text{r/min}$ , 电枢电阻  $R_a=0.2\Omega$ , 若忽略机械磨损和转子的铜耗，铁损，认为额定运行状态下的电磁转矩近似等于额定输出转



3.10 一台他励直流电动机的技术数据如下： $P_N=6.5\text{KW}$ ,  $U_N=220\text{V}$ ,  $I_N=34.4\text{A}$ ,  $n_N=1500\text{r/min}$ ,  $R_a=0.242\Omega$ , 试计算出此电动机的如下特性：

- ①固有机机械特性；
- ②电枢服加电阻分别为  $3\Omega$  和  $5\Omega$  时的人为机械特性；
- ③电枢电压为  $U_N/2$  时的人为机械特性；
- ④磁通  $\varphi = 0.8\varphi_N$  时的人为机械特性；

并绘出上述特性的图形。

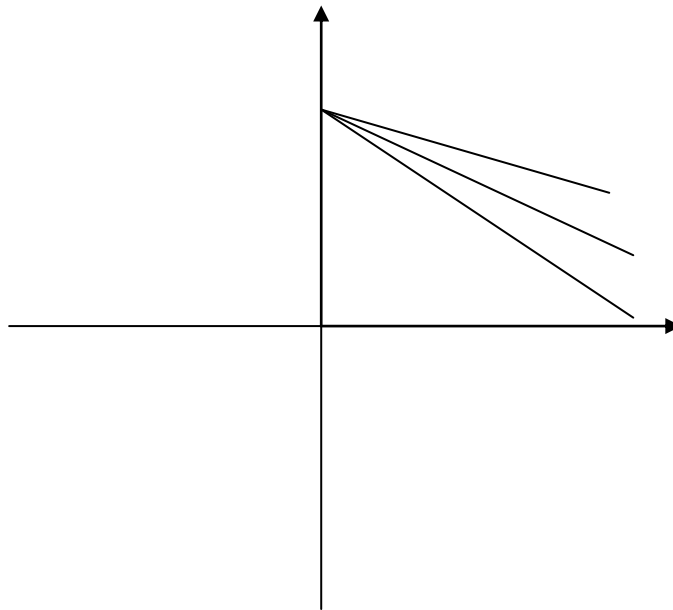
$$\begin{aligned} \text{① } n_0 &= U_N n_N / (U_N - I_N R_a) \\ &= 220 * 1500 / (220 - 34.4 * 0.242) \\ &= 1559 \text{r/min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_N &= 9.55 P_N / n_N \\ &= 9.55 * 6500 / 1500 \\ &= 41.38 \text{Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad n &= U/K_e \phi - (R_a + R_{ad})T/K_e K_t \phi^2 \\ &= U/K_e \phi - (R_a + R_{ad})T/9.55 K_e^2 \phi^2 \end{aligned}$$

$$\text{当 } 3\Omega \quad n = 854 \text{ r/min}$$

$$\text{当 } 5\Omega \quad n = 311 \text{ r/min}$$

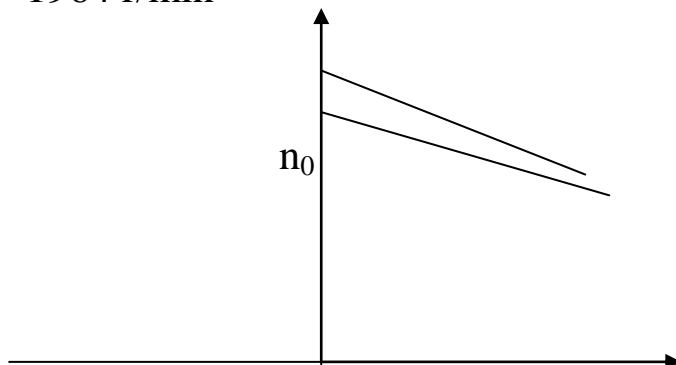


$$\textcircled{4} \quad n = U / 0.8 K_e \varphi - R_a T / 9.55 K_e^2 \varphi^2 0.8^2$$

$$\text{当 } \varphi = 0.8 \varphi \text{ 时 } n = 1517 \text{ r/min}$$

$$n_0 = U_N n_N / 0.8 K_e \varphi$$

$$= 1964 \text{ r/min}$$



### 3.12 他励直流电动机直接启动过程中有哪些要求? 如何实现?

他励直流电动机直接启动过程中的要求是 1 启动电流不要过大,2 不要有过大的转矩.可以通过两种方法来实现电动机的启动一 是降压启动 .二是在电枢回路内串接外加电阻启动.

### 3.13 直流他励电动机启动时,为什么一定要先把励磁电流加上? 若忘了先合励磁绕阻的电源开关就把电枢电源接通,这是会产生什么现象(试从 $T_L=0$ 和 $T_L=T_N$ 两种情况加以分析)? 当电动机运行在额定转速下,若突然将励磁绕阻断开,此时又将出现什么情况?

直流他励电动机启动时,一定要先把励磁电流加上使因为主磁极靠外电源产生磁场.如果忘了先合励磁绕阻的电源开关就把电枢电源接通,  $T_L=0$  时理论上电动机转速将趋近于无限大,引起飞车,  $T_L=T_N$  时将使电动机电流大

3.15 一台直流他励电动机，其额定数据如下：

$$P_N=2.2\text{KW}, U_N=U_f=110\text{V}, n_N=1500\text{r/min}, \eta_N=0.8, R_a=0.4$$

$$\Omega, R_f=82.7\Omega。试求：$$

- ① 额定电枢电流  $I_{aN}$ ；
- ② 额定励磁电流  $I_{fN}$ ；
- ③ 励磁功率  $P_f$ ；
- ④ 额定转矩  $T_N$ ；
- ⑤ 额定电流时的反电势；
- ⑥ 直接启动时的启动电流；
- ⑦ 如果要是启动电流不超过额定电流的 2 倍，求启动电阻为多少欧？此时启动转矩又为多少？

$$\textcircled{1} P_N=U_N I_{aN} \eta_N$$

$$2200=110 \cdot I_{aN} \cdot 0.8$$

$$I_{aN}=25\text{A}$$

$$\textcircled{2} U_f=R_f I_{fN}$$

$$=110\text{V}-0.4*25$$

$$=100\text{V}$$

⑥ 直接启动时的启动电流  $I_{\text{st}}=U_{\text{N}}/R_{\text{a}}$

$$=110/0.4$$

$$=275\text{A}$$

⑦ 启动电阻  $2I_{\text{N}} > U_{\text{N}}/(R_{\text{a}}+R_{\text{st}})$

$$R_{\text{st}} > 1.68\Omega$$

启动转矩

$$K_{\text{e}}\varphi = (U_{\text{N}} - I_{\text{N}}R_{\text{a}})/n_{\text{N}}$$

$$=0.066$$

$$I_{\text{a}} = U_{\text{N}}/(R_{\text{a}}+R_{\text{st}})$$

$$T = K_{\text{t}}I_{\text{a}}\varphi$$

$$=52.9\text{A}$$

$$=9.55*0.066*52.9$$

$$=33.34\text{Nm}$$

**3.16** 直流电动机用电枢电路串电阻的办法启动时，为什么要逐渐切除启动电阻？如切出太快，会带来什么后果？

如果启动电阻一下全部切除,,在切除瞬间,由于机械惯



速度调节则是某一特定的负载下,靠人为改变机械特性而得到的.

3.18 他励直流电动机有哪些方法进行调速？它们的特点是什么？

他励电动机的调速方法：

第一改变电枢电路外串接电阻  $R_{ad}$

特点在一定负载转矩下，串接不同的电阻可以得到不同的转速，机械特性较软，电阻越大则特性与如软，稳定型越低，载空或轻载时，调速范围不大，实现无级调速困难，在调速电阻上消耗大量电量。

第二改变电动机电枢供电电压

特点 当电压连续变化时转速可以平滑无级调速，一般只能自在额定转速以下调节，调速特性与固有特性相互平行，机械特性硬度不变，调速的稳定度较高，调速范围较大，调速时因电枢电流与电压无关，属于恒转矩调速，

### 3.19 直流电动机的电动与制动两种运转状态的根本区别何在?

电动机的电动状态特点是电动机所发出的转矩  $T$  的方向与转速  $n$  的方向相同.制动状态特点使电动机所发的转矩  $T$  的方向与转速  $n$  的方向相反

### 3.20 他励直流电动机有哪几种制动方法? 它们的机械特性如何? 试比较各种制动方法的优缺点。

#### 1 反馈制动

机械特性表达式: $n=U/K_e\phi -(R_a+R_{ad})T/k_eK_t\phi$

$T$  为负值,电动机正转时,反馈制动状态下的机械特性是第一象限电动状态下的机械特性第二象限内的延伸.

反馈制动状态下附加电阻越大电动机转速越高.为使重物降速度不至于过高,串接的附加电阻不宜过大.但即使不串任何电阻,重物下放过程中电机的转速仍过高.如果放下的件较重.则采用这种制动方式运行不太安全.

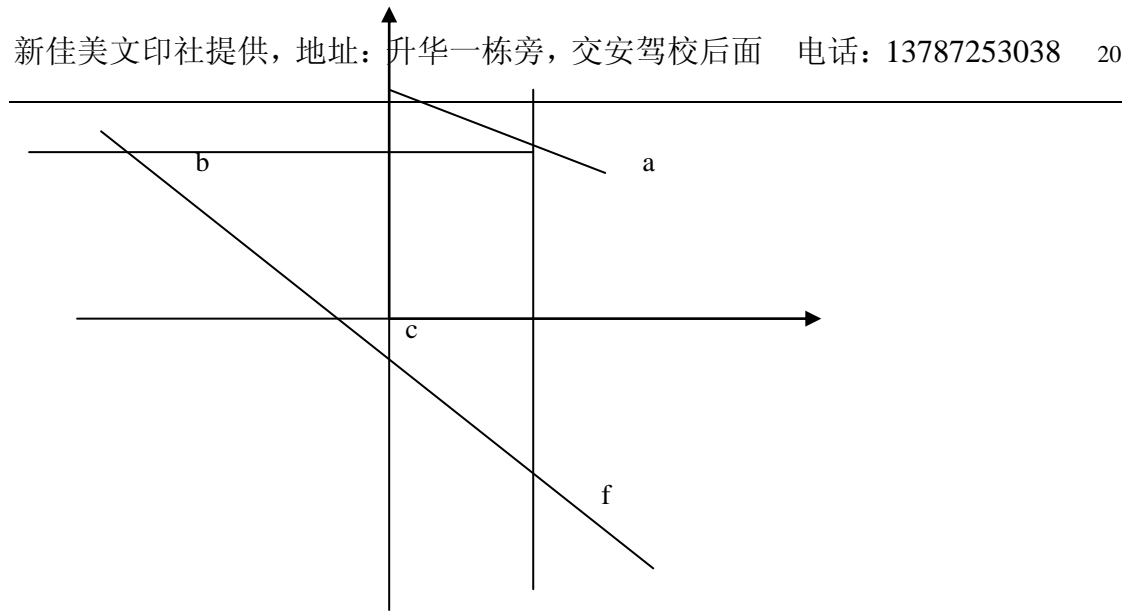
反向转在电动状态,则倒拉反接制动状态下的机械特性曲线就是第三象限中电动状态下的机械特性曲线在第二象限延伸..它可以积低的下降速度,保证生产的安全,缺点是若转矩大小估计不准,则本应下降的重物可能向上升,机械硬度小,速度稳定性差.

### 3 能耗制动

机械特性曲线是通过原点,且位于第二象限和第四象限的一条直线,优点是不会出现像倒拉制动那样因为对  $T_L$  的大小估计错误而引起重物上升的事故.运动速度也较反接制动时稳定.

3.21 一台直流他励电动机拖动一台卷扬机构,在电动机拖动重物匀速上升时讲电枢电源突然反接,试利用机械特性从机电过程上说明:

①从反接开始到系统新的稳定平衡状态之间,电动机经历了几种运行状态? 最后在什么状态下建立系统新的



电动机正向电动状态由 a 到 b 特性曲线转变；反接制动状态  
转速逐渐降低,到达 c 时速度为零, 反向电动状态由 c 到  
f 速度逐渐增加. 稳定平衡状态,反向到达 f 稳定平衡点,  
转速不再变化.

## 第五章

**5.1** 有一台四极三相异步电动机, 电源电压的频率为  $50\text{Hz}$ , 满载时电  
动机的转差率为  $0.02$  求电动机的同步转速、转子转速和转子电  
流频率。

$$n_0 = 60f/p$$

$$S = (n_0 - n) / n_0$$

将 B,C 两根线对调,即使 B 相遇 C 相绕组中电流的相位对调,此时 A 相绕组内的电流超前于 C 相绕组的电流  $2\pi/3$  因此旋转方向也将变为 A-C-B 向逆时针方向旋转,与未对调的旋转方向相反.

**5.3** 有一台三相异步电动机, 其  $n_N=1470\text{r/min}$ , 电源频率为  $50\text{Hz}$ 。设在额定负载下运行, 试求:

① 定子旋转磁场对定子的转速;

**1500 r/min**

② 定子旋转磁场对转子的转速;

**30 r/min**

③ 转子旋转磁场对转子的转速;

**30 r/min**

④ 转子旋转磁场对定子的转速;

**1500 r/min**

⑤ 转子旋转磁场对定子旋转磁场的转速。

**0 r/min**

时电动机的转矩、电流及转速有无变化？如何变化？

若电源电压降低，电动机的转矩减小，电流也减小，转速不变。

**5.6** 有一台三相异步电动机，其技术数据如下表所示。

型号	$P_N/\text{kW}$	$U_N/\text{V}$	满载时				$I_{st}/I_N$	$T_{st}/T_N$	$T_{max}/T_N$
			$n_N/\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	$I_N/\text{A}$	$\eta_N \times 100$	$\cos\varphi$			
Y132S-6	3	220/380	960	12.8/7.2	83	0.75	6.5	2.0	2.0

试求：①线电压为 380V 时，三相定子绕组应如何接法？

②求  $n_0, p, S_N, T_N, T_{st}, T_{max}$  和  $I_{st}$ ；

③额定负载时电动机的输入功率是多少？

① 线电压为 380V 时，三相定子绕组应为 Y 型接法。

②  $T_N=9.55P_N/n_N=9.55*3000/960=29.8\text{Nm}$

$T_{st}/T_N=2$        $T_{st}=2*29.8=59.6\text{ Nm}$

$T_{max}/T_N=2.0$        $T_{max}=59.6\text{ Nm}$

$I_{st}/I_N=6.5$        $I_{st}=46.8\text{A}$

一般  $n_N=(0.94-0.98)n_0$        $n_0=n_N/0.96=1000\text{ r/min}$

$S_N=(n_0-n_N)/n_0=(1000-960)/1000=0.04$

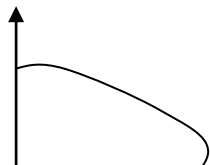
行时断了一线，为什么仍能继续转动？这两种情况对电动机将产生什么影响？

三相异步电动机断了一根电源线后，转子的两个旋转磁场分别作用于转子而产生两个方向相反的转矩，而且转矩大小相等。故其作用相互抵消，合转矩为零，因而转子不能自行启动，而在运行中断了一线，仍能继续转动转动方向的转矩大于反向转矩，这两种情况都会使电动机的电流增加。

**5.9** 三相异步电动机在相同电源电压下，满载和空载启动时，启动电流是否相同？启动转矩是否相同？

三相异步电动机在相同电源电压下，满载和空载启动时，启动电流和启动转矩都相同。 $T_{st}=KR_2u^2/(R_2^2+X_{20}^2)$   $I=4.44f_1N_2/R$   
与  $U$ ， $R_2$ ， $X_{20}$  有关

**5.10** 三相异步电动机为什么不运行在  $T_{max}$  或接近  $T_{max}$  的情况下？



- ① 当负载转矩为  $250\text{N} \cdot \text{m}$  时，试问在  $U=U_N$  和  $U=0.8U_N$  两种情况下电动机能否启动？

$$\begin{aligned}T_N &= 9.55 P_N / n_N \\&= 9.55 * 40000 / 1470 \\&= 260\text{Nm}\end{aligned}$$

$$T_{st}/T_N = 1.2$$

$$T_{st} = 312\text{Nm}$$

$$\begin{aligned}T_{st} &= K R_2 U^2 / (R_2^2 + X_{20}^2) \\&= 312\text{ Nm}\end{aligned}$$

$312\text{ Nm} > 250\text{ Nm}$  所以  $U=U_N$  时 电动机能启动。

$$\begin{aligned}\text{当 } U=0.8U \text{ 时} \quad T_{st} &= (0.8^2) K R_2 U^2 / (R_2^2 + X_{20}^2) \\&= 0.64 * 312 \\&= 199\text{ Nm}\end{aligned}$$

$T_{st} < T_L$  所以电动机不能启动。

- ② 欲采用 Y- $\Delta$  换接启动,当负载转矩为  $0.45 T_N$  和  $0.35 T_N$  两种情



中通过的启动电流和电动机的启动转矩。

$$\begin{aligned} I_N &= P_N / U_N \eta_N \cos \varphi_N \sqrt{3} \\ &= 40000 / 1.732 * 380 * 0.9 * 0.9 \\ &= 75 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I_{st} / I_N = 6.5$$

$$I_{st} = 487.5 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{降压比为 } 0.64 \text{ 时电流} &= K^2 I_{st} \\ &= 0.64^2 * 487.5 = 200 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{电动机的启动转矩 } T = K^2 T_{st} = 0.64^2 * 312 = 127.8 \text{ Nm}$$

**5.12** 双鼠笼式、深槽式异步电动机为什么可以改善启动性能？高转差率鼠笼式异步电动机又是如何改善启动性能的？

因为双鼠笼式电动机的转子有两个鼠笼绕组，外层绕组的电阻系数大于内层绕组系数，在启动时  $S=1$ ， $f_2=f$ ，转子内外两层绕组的电抗都大大超过他们的电阻，因此，这时转子电流主要决定于转子电抗，此外外层的绕组的漏电抗小于内层绕组的漏电抗，

转矩增加。

高转差率鼠笼式异步电动机转子导体电阻增大，即可以限制启动电流，又可以增大启动转矩，转子的电阻率高，使转子绕组电阻加大。

**5.13** 线绕式异步电动机采用转子串电阻启动时，所串电阻愈大，启动转矩是否也愈大？

线绕式异步电动机采用转子串电阻启动时，所串电阻愈大，启动转矩愈大

**5.14** 为什么线绕式异步电动机在转子串电阻启动时，启动电流减小而启动转矩反而增大？

$T_{st}=K R_2 U^2 / (R_2^2 + X_{20}^2)$  当转子的电阻适当增加时，启动转矩会增加。

**5.15** 异步电动机有哪几种调速方法？各种调速方法有何优缺点？

① **调压调速** 这种方法能够无级调速，但调速范围不大

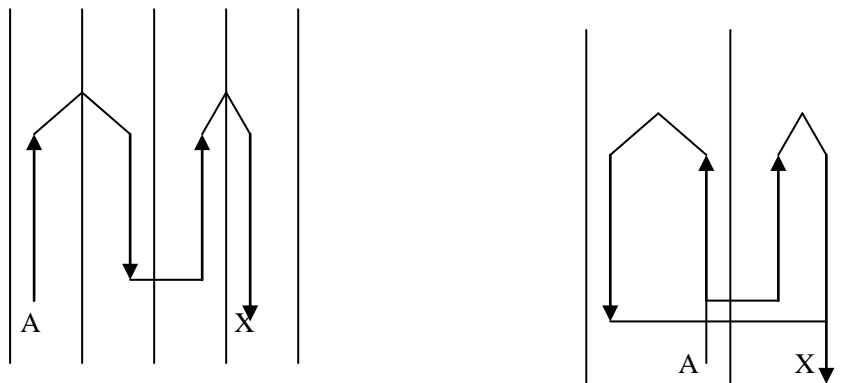
② **转子电路串电阻调速** 这种方法简单可靠，但它是有机调速，

### 5.16 什么叫恒功率调速？什么叫恒转矩调速？

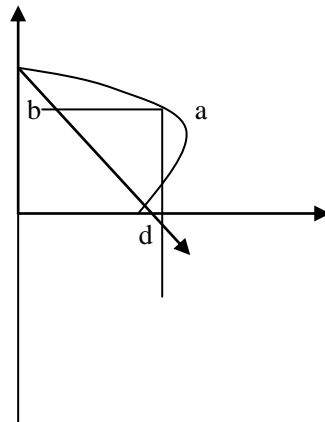
恒功率调速是人为机械特性改变的条件下，功率不变。恒转矩调速是人为机械特性改变的条件下转矩不变。

### 5.17 异步电动机变极调速的可能性和原理是什么？其接线图是怎样的？

假设将一个线圈组集中起来用一个线圈表示，但绕组双速电动机的定子每组绕组由两各项等闲圈的半绕组组成。半绕组串联电流相同，当两个半绕组并联时电流相反。他们分别代表两中极对数。可见改变极对数的关键在于 使每相定子绕组中一般绕组内的电流改变方向。即改变定子绕组的接线方式来实现。



**反接制动** 电源反接改变电动机的三相电源的相序,这就改变了旋转磁场的方向,电磁转矩由正变到负,这种方法容易造成反转..  
**倒拉制动**出现在位能负载转矩超过电磁转矩时候,例如起重机放下重物时,机械特性曲线如下图,特性曲线由 a 到 b,在降速最后电动机反转当到达 d 时, $T=T_L$  系统到达稳定状态,



**能耗制动** 首先将三项交流电源断开,接着立即将一个低压直流电圆通入定子绕组.直流通过定子绕组后,在电动机内部建立了一个固定的磁场,由于旋转的转子导体内就产生感应电势和电流,该电流域恒定磁场相互作用产生作用方向与转子实际旋转方向相反的转矩,所以电动机转速迅速下降,此时运动系统储存的机械能被

1

2

c

异步电动机定子相序突然改变,就改变了旋转磁场的方向,电动机状态下的机械特性曲线就由第一象限的曲线 1 变成了第三象限的曲线 2 但由于机械惯性的原因,转速不能突变,系统运行点 a 只能平移到曲线 2 的 b 点,电磁转矩由正变到负,则转子将在电磁转矩和负载转矩的共同作用下迅速减速,在从点 b 到点 c 的整个第二象限内,电磁转矩和转速 方向相反,.

**5.21** 如图 5.51 所示: 为什么改变 QB 的接通方向即可改变单相异步电动机的旋转方向?

定子上有两个绕组 AX,BY,一个是启动绕组,另一个是运行绕组,BY 上串有电容.他们都镶嵌在定子铁心中,两个绕组的轴线在空间上垂直,绕组 BY 电路中串接有电容 C,当选择合适的参数使该

异步电动机的转子没有直流电流励磁,它所需要的全部磁动势均由定子电流产生,所以一部电动机必须从三相交流电源吸取滞后电流来建立电动机运行时所需要的旋转磁场,它的功率因数总是小于 1 的,同步电动机所需要的磁动势由定子和转子共同产生的当外加三相交流电源的电压一定时总的磁通不变,在转子励磁绕组中通以直流电流后,同一空气隙中,又出现一个大小和极性固定,极对数与电枢旋转磁场相同的直流励磁磁场,这两个磁场的相互作用,使转子北电枢旋转磁场拖动着一同步转速一起转动.

#### **5.24** 一般情况下, 同步电动机为什么要采用异步启动法?

因为转子尚未转动时,加以直流励磁,产生了旋转磁场,并以同步转速转动,两者相吸,定子旋转磁场欲吸转子转动,但由于转子的惯性,它还没有来得及转动时旋转又到了极性相反的方向,两者又相斥,所以平均转矩为零,不能启动.

#### **5.25** 为什么可以利用同步电动机来提高电网的功率因数?

当直流励磁电流大于正常励磁电流时,电流励磁过剩,在交流方面

小,线圈也比较小,交流电磁铁的铁心是用硅钢片叠柳而成的.线圈做成有支架式,形式较扁.因为直流电磁铁不存在电涡流的现象.

## 8.2 为什么交流电弧比直流电弧容易熄灭?

因为交流是成正旋变化的,当触点断开时总会有某一时刻电流为零,此时电流熄灭.而直流电一直存在,所以与交流电相比电弧不易熄灭.

## 8.3 若交流电器的线圈误接入同电压的直流电源,或直流电

器的线圈误接入同电压的交流电源,会发生什么问题?

若交流电器的线圈误接入同电压的直流电源,会因为交流线圈的电阻太小儿流过很大的电流使线圈损坏. 直流电器的线圈误接入同电压的交流电源,触点会频繁的通短,造成设备的不能正常运行.

## 8.4 交流接触器动作太频繁时为什么会过热?

因为交流接触启动的瞬间,由于铁心气隙大,电抗小,电流

和噪声,因此要安装短路环.

8.6 两个相同的 110V 交流接触器线圈能否串联接于 220V 的交流电源上运行? 为什么? 若是直流接触器情况又如何? 为什么?

两个相同的 110V 交流接触器线圈不能串联接于 220V 的交流电源上运行,因为在接通电路的瞬间,两各衔铁不能同时工作,先吸合的线圈电感就增大,感抗大线圈的端电压就大,另一个端电压就小,时间长了,有可能把线圈烧毁.若是直流接触器,则可以.

8.7 电磁继电器与接触器的区别主要是什么?

接触器是在外界输入信号下能够自动接通断开负载主回路.继电器主要是传递信号,根据输入的信号到达不同的控制目的.

8.8 电动机中的短路保护、过电流保护和长期过载(热)保护有何区别?



动机的最高绝缘温度.

### 8.9 过电流继电器与热继电器有何区别? 各有什么用途?

过电流继电器是电流过大就断开电源,它用于防止电动机短路或严重过载. 热继电器是温度升高到一定值才动作. 用于过载时间不常的场合.

### 8.10 为什么热继电器不能做短路保护而只能作长期过载保护? 而熔断器则相反, 为什么?

因为热继电器的发热元件达到一定温度时才动作,如果短路热继电器不能马上动作,这样就会造成电动机的损坏.而熔断器,电源一旦短路立即动作,切断电源.

### 8.11 自动空气断路器有什么功能和特点?

功能和特点是具有熔断器能直接断开主回路的特点,又具有过电流继电器动作准确性高,容易复位,不会造成单相运行等优点.可以做过电流脱扣器,也可以作长期过载保护的热脱扣器.



得电延时闭合的动合触点



得电延时断开的动断触点



失电延时闭合的动断触点



失电延时断开的动合触点

8.13 机电传动装置的电器控制线路有哪几种？各有何用途？

电器控制线路原理图的绘制原则主要有哪些？

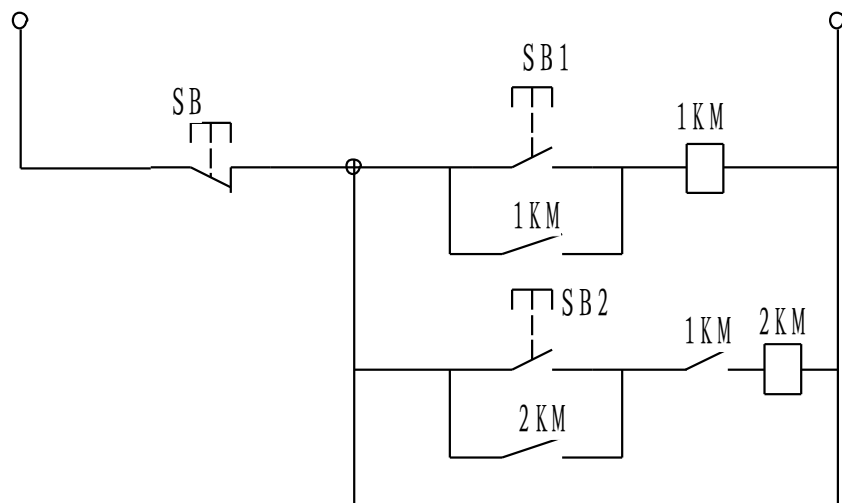
电器控制线路有 1:启动控制线路及保护装置.2 正反转控制线路.3:多电动机的连锁控制线路.4:电动控制线路.5:多点控制线路.6:顺序控制线路.7:多速异步电动机的基本控制线路.8:电磁铁.电磁离合器的基本控制线路.

零电压和欠电压保护的作用是防止当电源暂时供电或电压降低时而可能发生的不容许的故障.,

8.15 在装有电器控制的机床上，电动机由于过载而自动停车后，若立即按钮则不能开车，这可能是什么原因？

有可能熔断器烧毁,使电路断电.或者是热继电器的感应部分还未降温,热继电器的触点还处于断开状态.

8.16 要求三台电动机 1M、2M、3M 按一定顺序启动：即 1M 启动后，2M 才能启动；2M 启动后 3M 才能启动；停车时则同时停。试设计此控制线路。

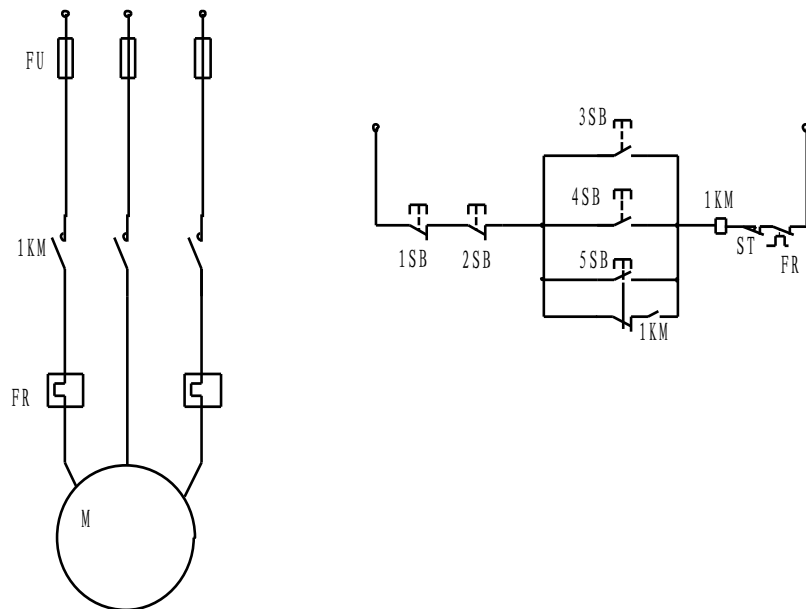


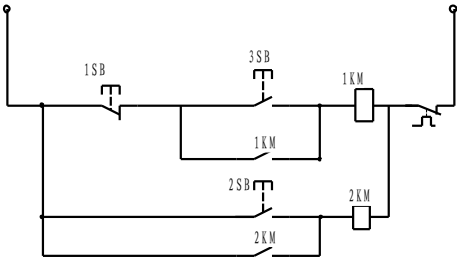
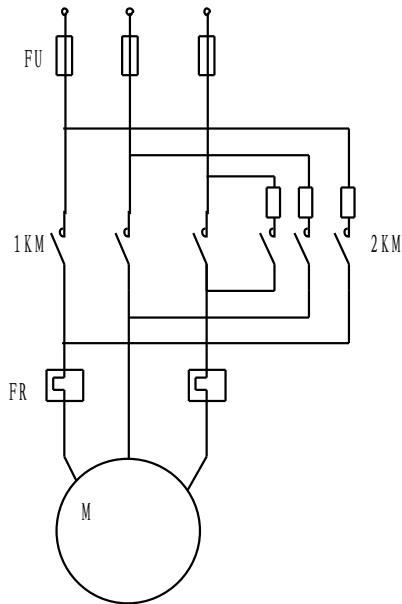
(c)电路容易造成故障,不安全.

(d)停止按钮没有在主会路上,停止控制不安全.

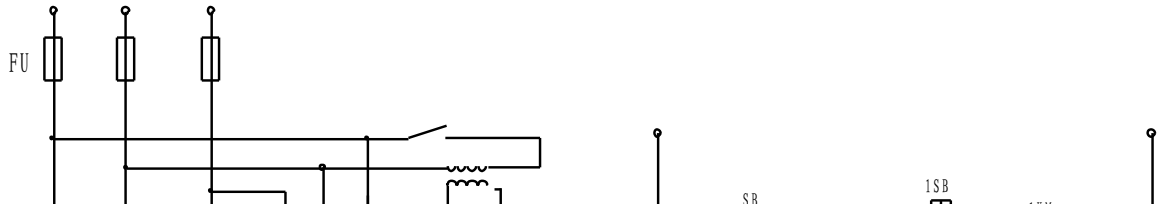
8.18 试设计一台异步电动机的控制线路。要求：

- ①能实现启停的两地控制；
- ②能实现点动调整；
- ③能实现单方向的行程保护；
- ④要有短路和长期过载保护。

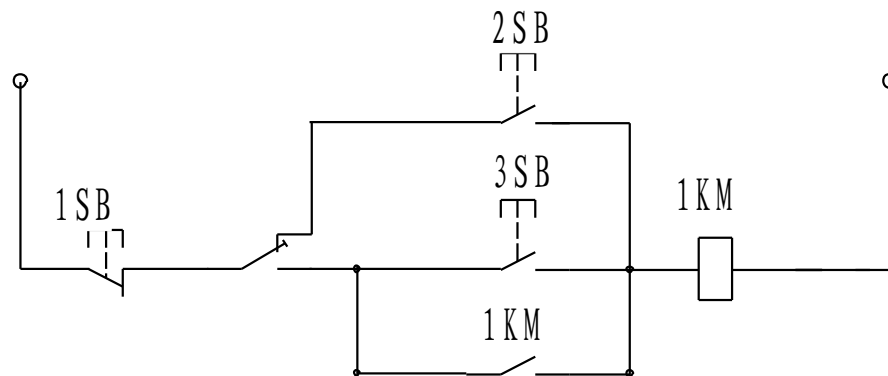




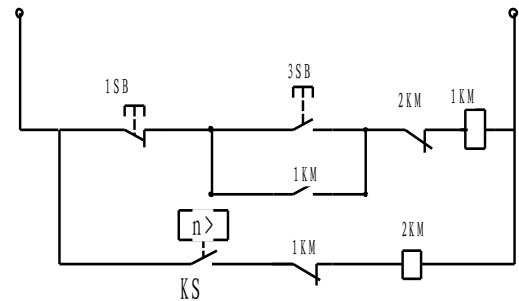
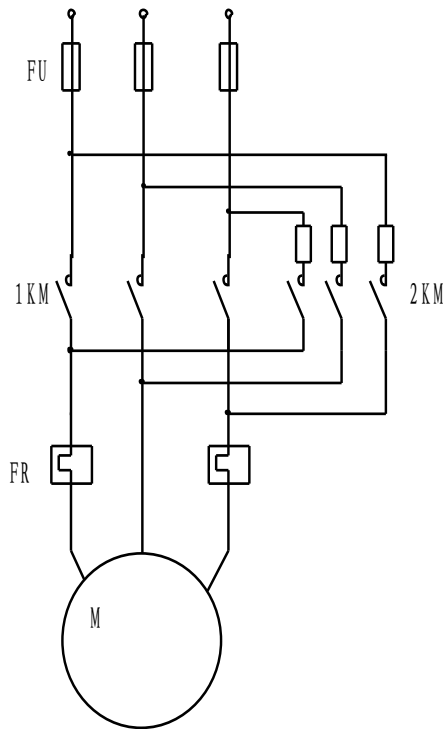
8.20 试设计一台电动机的控制线路。要求能正反转并能实现能耗制动。



8.21 冲压机床的冲头，有时用按钮控制，又实用脚踏开关操作，试设计用转换开关选择工作方式的控制线路。



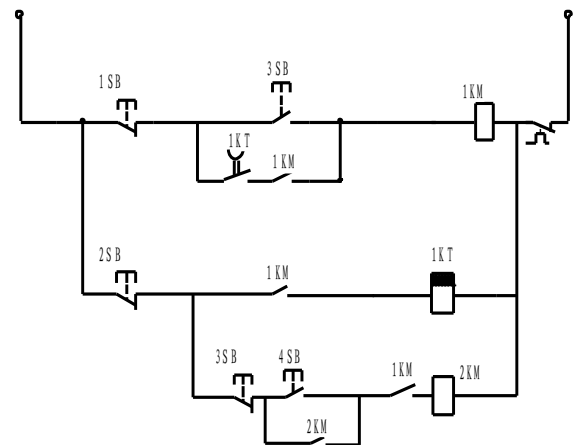
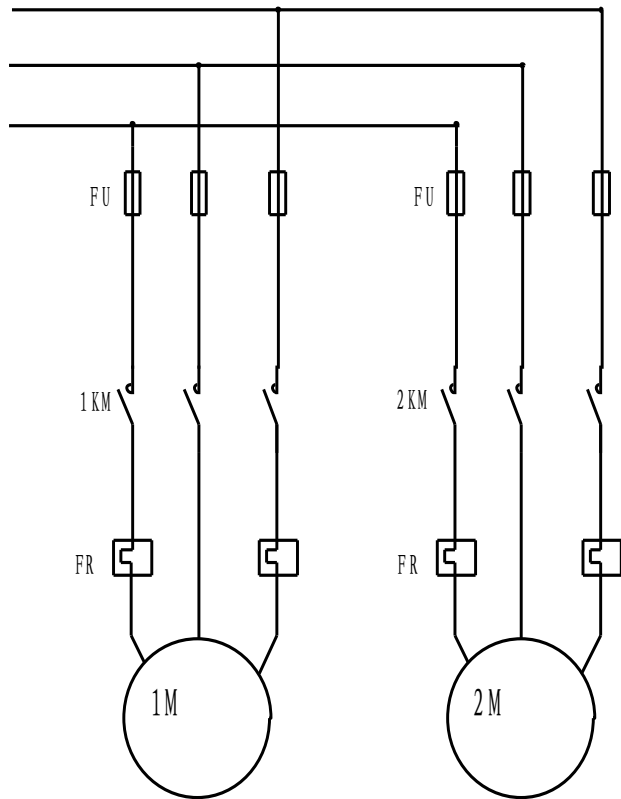
8.22 容量较大的鼠笼式异步电动机反接制动时电流较大，应在反接制动时在定子回路中串入电阻，试按转速原则设计其控制线路。



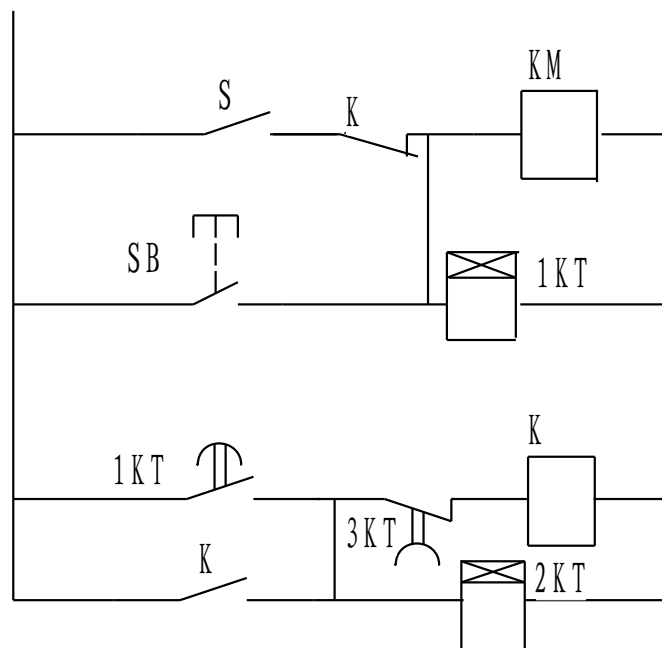
### 8.23 平面磨床中的电磁吸盘能否采用交流的？为什么？

平面磨床中的电磁吸盘不能采用交流的,因为交流电是成正旋波变化的,某一时刻电流会为零,,此时工件受力会甩出,造成事故.

- ①1M 先启动后，才允许 2M 启动；
- ②2M 先停止，经一段时间后 1M 蔡自动停止，且 2M 可以单独停止；
- ③两台电动机均有短路、长期过载保护。





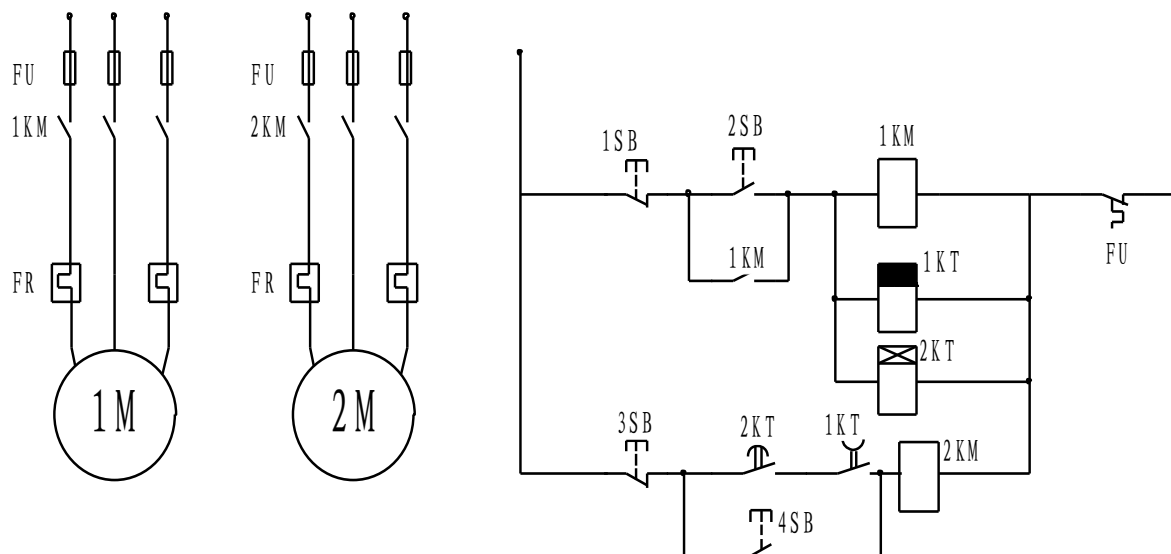


**SB** 按钮为人工的点动控制.

**S** 自动的间歇润滑,按下后 **KM** 得电,电动机工作,**1KT** 得电,经过一段时间后,动合触点闭合 **K** 得电,同时 **KM** 失电,电动机停止工作,**2KT** 得电一段时间后,动断触点断开,**K** 闭合电动机重新工作.

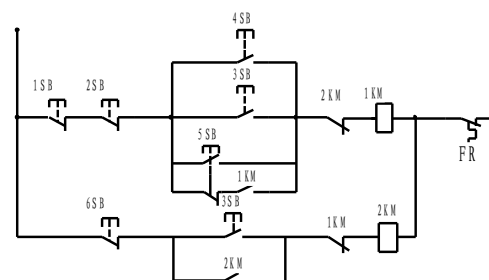
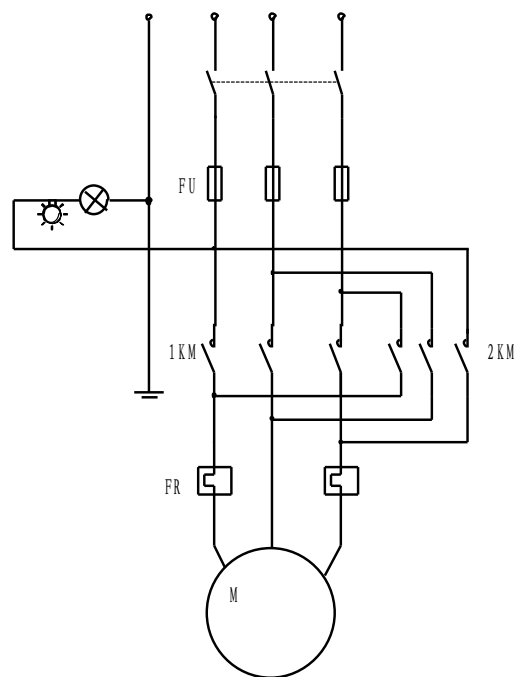
8.27 试设计 1M 和 2M 两台电动机顺序启, 停的控制线路。

要求:



8.28 试设计某机床主轴电动机控制线路图。要求：

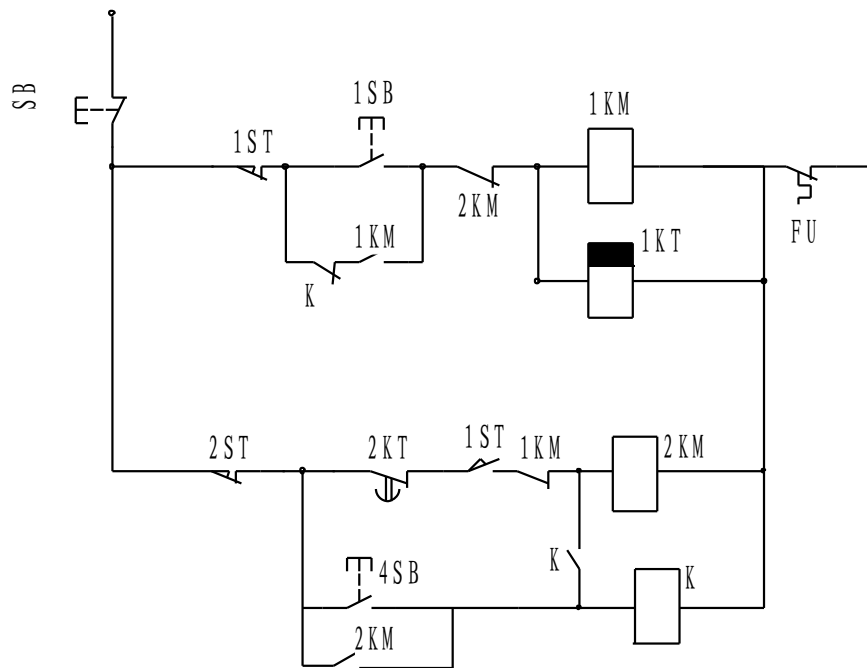
- ①可正反转，且可反接制动；
- ②正转可点动，可在两处控制启，停；
- ③有短路和长期过载保护；



8.29 试设计一个工作台前进——退回的控制线路。工作台有电动机 **M** 拖动，行程开关 **1ST,2ST** 分别装在工作台的原位和终点。要求：

① 能自动实现前进——后退——停止到原位；

② 工作台前进到达终点后停一下在后退；



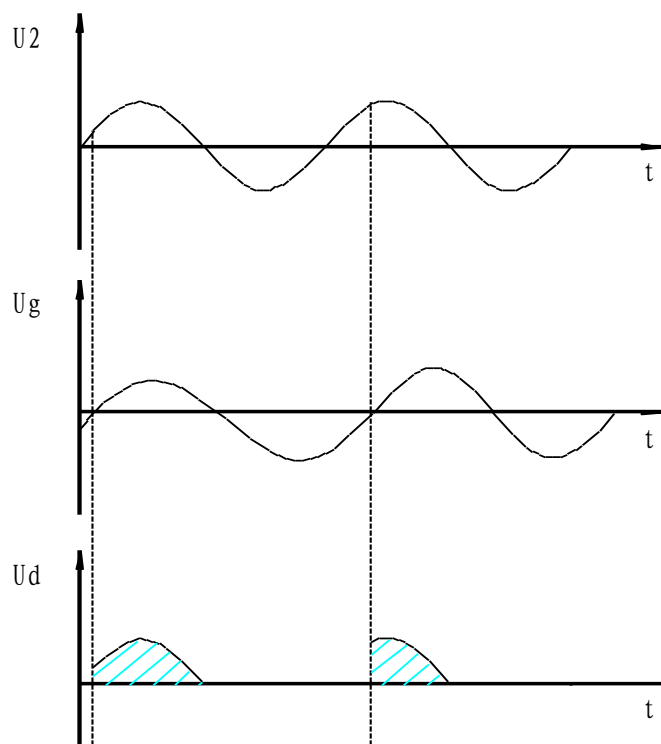
10.1 晶闸管的导通条件是什么？导通后流过晶闸管的电流决定于什么？晶闸管由导通转变为阻断的条件是什么？阻断后它所承受的电压决定于什么？

晶闸管的导通条件是:(1) 晶闸管的阳极和阴极之间加正向电压。(2) 晶闸管的阳极和控制极通时加正相电压市晶闸管才能导通.

## 10.2 晶闸管能否和晶体管一样构成放大器？为什么？

晶闸管不能和晶体管一样构成放大器,因为晶闸管只是控制导通的元件,晶闸管的放大效应是在中间的 PN 节上.整个晶闸管不会有放大作用.

10.3 试画出题 10.3 图中负载电阻  $R$  上的电压波形和晶闸管上的电压波形。



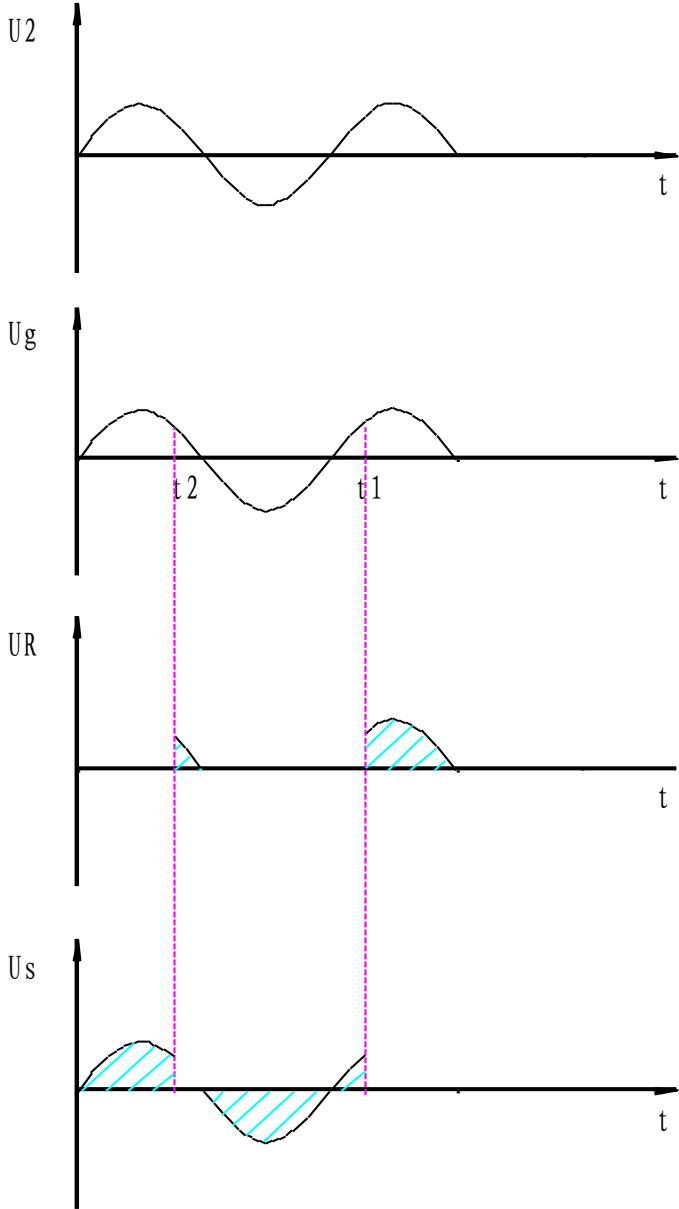
③ 再把开关  $S$  断开后灯泡亮不亮? 为什么?

① 在开关  $S$  闭合前灯泡不亮, 因为晶闸管没有导通.

② 在开关  $S$  闭合后灯泡亮, 因为晶闸管得控制极接正电, 导通.

③ 再把开关  $S$  断开后灯泡亮, 因为晶闸管导通后控制极就不起作用了.

10.5 如题 10.5 图所示, 若在  $t_1$  时刻合上开关  $S$ , 在  $t_2$  时刻断开  $S$ , 试画出负载电阻  $R$  上的电压波形和晶闸管上的电压波形。



⑦ 维持电流  $I_H$ : 在规定的环境温度和控制极断路时, 维持元件导通的最小电流.

### 10.7 如何用万用表粗测晶闸管的好坏?

良好的晶闸管, 其阳极 A 与阴极 K 之间应为高阻态. 所以, 当万用表测试 A-K 间的电阻时, 无论电表如何接都会为高阻态, 而 G-K 间的逆向电阻比顺向电阻大. 表明晶闸管性能良好.

### 10.8 晶闸管的控制角和导通角是何含义?

晶闸管的控制角是晶闸管元件承受正向电压起始到触发脉冲的作用点之间的点角度.

导通角是晶闸管在一周期时间内导通得电角度.

10.9 有一单相半波可控整流电路, 其交流电源电压  $U_2=220V$ , 负载电阻  $R_L=10 \Omega$ , 试求输出电压平均值  $U_d$  的调节范围, 当  $\alpha = \pi/3$ , 输出电压平均值  $U_d$  和电流平均值  $I_d$  为多少? 并选晶闸管.

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} \sin \omega t d(\omega t) = 0.45 U_2 (1 + \cos \alpha) / 2$$



电流平均值  $I_d = U_d / R_L$

$= 92.4 / 10$

$= 9.24 \text{ A}$

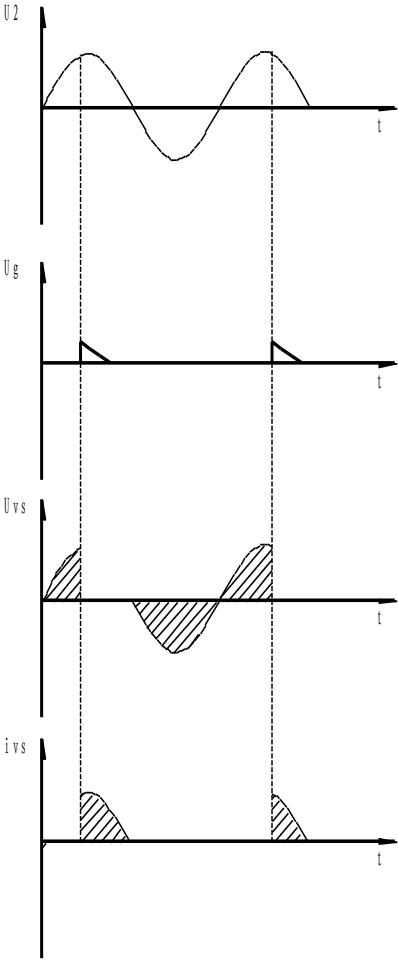
10.10 续流二极管有何作用？为什么？若不注意把它的极性接反了会产生什么后果？

续流二极管作用是提高电感负载时的单相半波电路整流输出的平均电压。导通时，晶闸管承受反向电压自行关断，没有电流流回电源去，负载两端电压仅为二极管管压降，接近于零，所以由电感发出的能量消耗在电阻上。

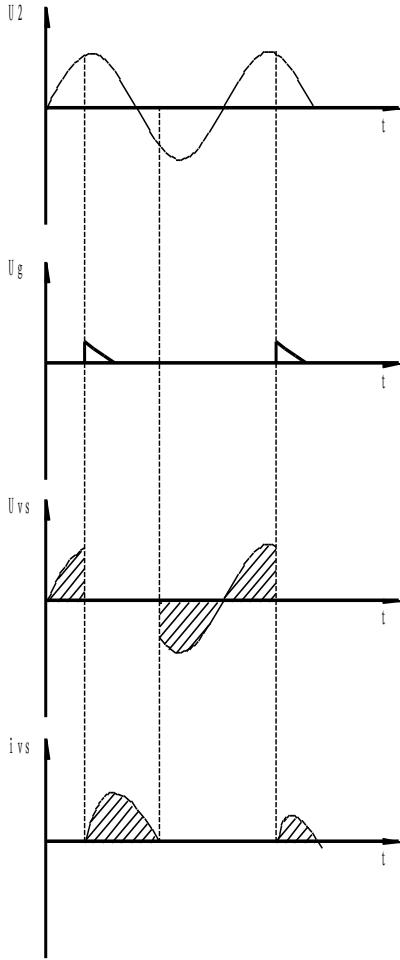
若不注意把它的极性接反会造成带电感性负载不会得电。

10.11 试画出单相半波可控整流电路带不同性质负荷时，晶闸管的电流波形与电压波形。

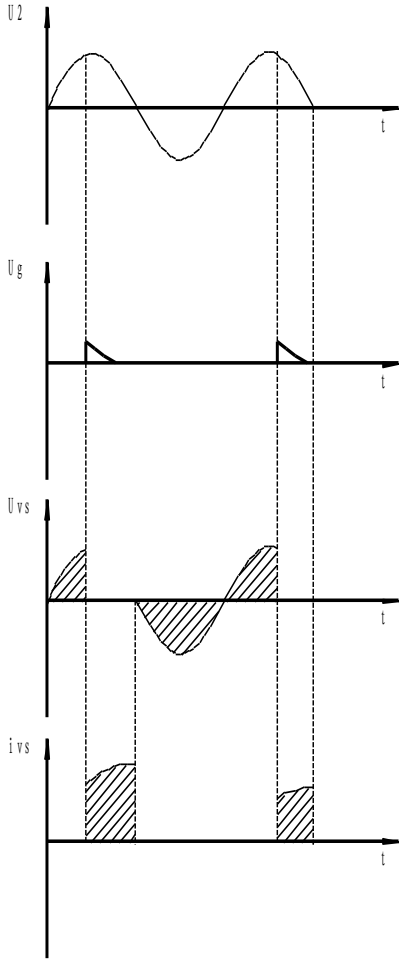
带电阻性负载的可控整流电路



带感性负载的可控整流电路



带感性负载有续流二极管的可控整流电路



$$\theta = 102.2$$

晶闸管的导通角 $\theta$

- 10.13 有一电阻负载需要可调直流电压  $U_d = 0V \sim 60V$ , 电流  $I_d = 0A \sim 10A$ , 现选用一单相半控桥式可控制流电路，试求电源变压器副边的电压和晶闸管与二极管的额定电压和电流。

$$U_d = 0.9U_2(1 + \cos\alpha)/2$$

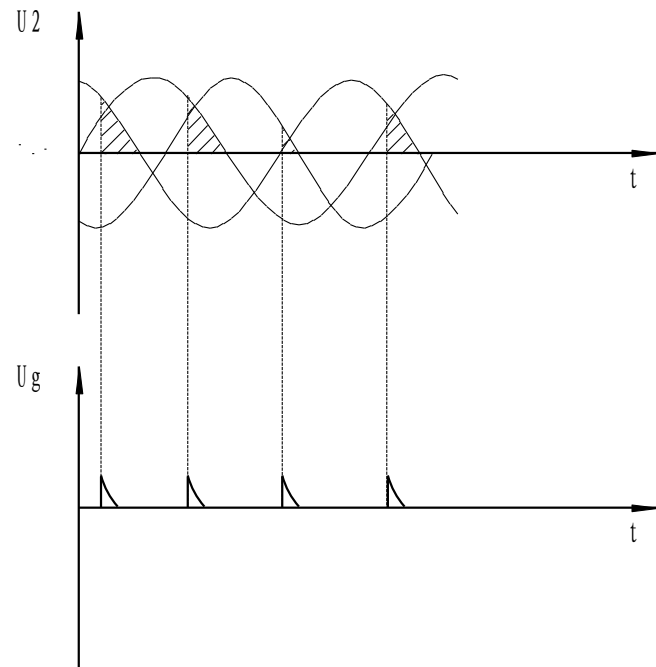
$$60 = 0.9 * U_2(1 + 1)/2$$

$$U_2 = 66.7V$$

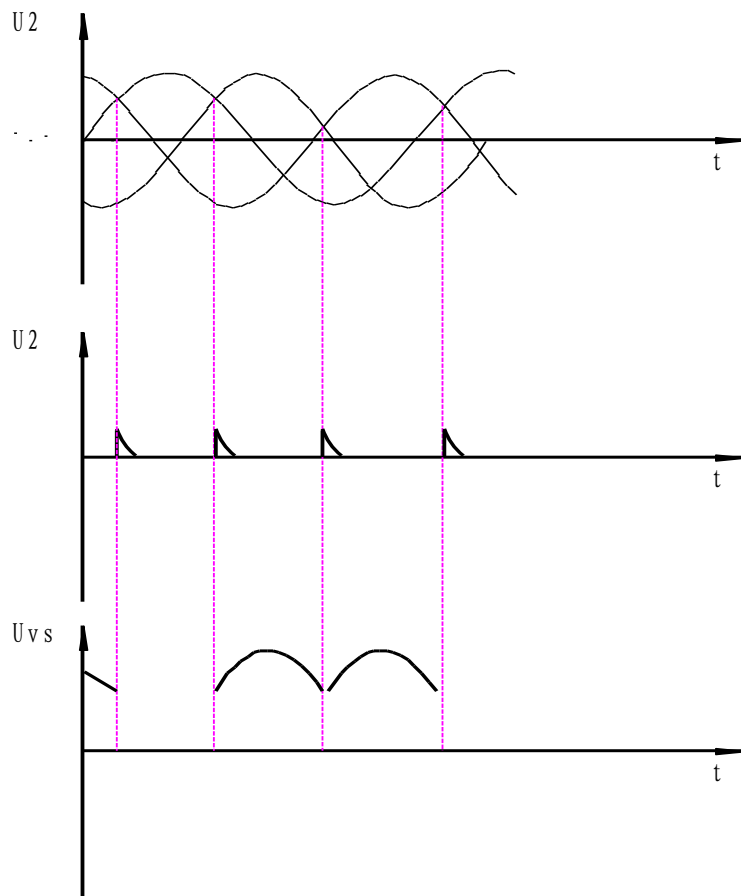
电源变压器副边的电压为 66.7V

- 10.14 三相半波可控整流电路，如在自然换相点之前加入触发脉冲会出现什么现象？画出这时负载侧的电压波形图。

三相半波可控整流电路，如在自然换相点之前加入触发脉冲  $U_a$  使  $VS_1$  上电压为正, 若  $t_1$  时刻向  $VS_1$  控制极加触



10.15 三相半波电阻负载的可控整流电路，如果由于控制系统故障，A 相的触发脉冲丢失，试画出控制角 $\alpha = 0$  时的整流电压波形。



10.16 三相桥式全控整流电路带电阻性负载，如果有一只晶闸管被击穿，其它晶闸管会受什么影响？

如果有一只晶闸管被击穿，其它晶闸管会受影响.造成三相桥式全控整流电路失控.

极上加一个 1V-2V 的负偏压.④触发脉冲的前沿要陡,前沿最好在 10 微秒以上.⑤在晶闸管整流等移相控制的触发电路中,触发脉冲应该和主回路同步.

10.18 单结晶体管自振荡电路的振荡频率是由什么决定的? 为获得较高的振荡频率, 减小充电电阻  $R$  与减小电容  $C$  效果是否一样?  $R$  的大小受哪些因素的限制? 为什么?

振荡周期  $T=RC\ln 1/(1-\eta)$ , 主要决定于放电时间常数  $RC$ . 减小充电电阻  $R$  与减小电容  $C$  效果不一样,  $R$  的大小受峰点电流和谷点电流的限制. 因为为确保单结晶体管由截止转为导通, 实际通过充电电阻流入单结晶体管的电流, 必须大于峰点电流. 当发射极电压等于谷点电压时, 为确保单结晶体管导通后恢复截止, 实际流过单结晶体管的电流必须小于谷点电流.

下一个正半周重新从零开始充电,只有这样才能确保每次正半周第一个触发脉冲出现的时间相同.

10.20 在单结晶体管触发电路中, 改变电阻  $R$  为什么能实现移相? 移相的目的是什么?

移相控制时只要改变  $R$ , 就可以改变电容电压  $u_c$  上升到  $U_p$  的时间, 亦即改变电容开始放电产生脉冲使晶闸管触发导通的时刻, 从而达到移向的目的.

10.21 试简述有源逆变器的的工作原理, 逆变得条件和特点是什么?

有源逆变器的工作原理在  $\omega t_1$  时刻触发  $VS_1$  使之导通,  $u_d = u_A$ , 在 1-2 区间,  $u_d > U_d$ ,  $i_d$  是增加的, 感应电势  $e_L$  的极性是左正右负, 电感存储能量, 到 2 点时,  $u_d < U_d$  此时感应电动势极性为左负右正, 将存储的能量释放,  $u_d < E$  时仍能维持  $VS_1$  继续导通直到  $\omega t_3$  时刻触发  $VS_2$  导通为止. 依次触发  $VS_2$   $VS_3$ . 由  $u_d$  波形可知在一个周期中波形的正面极大于负面积, 故  $U_d > 0$ , 要使电路工

导通时,B 点相对于负极 N 电位正,即  $U_{BN}=U_d$ .当  $VS_1$  关断而  $VS_2$  导通时,A 点电位为负,当关断  $VS_3$  而触发导通  $VS_4$  时,B 点电位为负,因此周期性得导通和关断  $VS_1$  和  $VS_2$  就会产生一系列正脉冲电压  $U_{AN}$ ,同样周期性的导通和关断  $VS_3$  和  $VS_4$ ,会产生同样的正脉冲电压.控制 $\alpha$  的导通时间就会实现电压的控制.

10.23 晶闸管元件串联时，应注意哪些问题？元件的均流，均压方法有那几种？

晶闸管元件串联时，应注意均压问题，元件的均压问题可采取在每个串联工作的元件两端并联点组合电容元件，或才采取用变压器次级线圈分组的方法。元件的均流措施有以下三种方法串联电阻均流，串电抗均流，变压器分组均流。

10.24 晶闸管元件的过电压、过电流保护有哪些方法？

晶闸管元件的过电压保护方法有阻容保护装置，可



和联系, 这称之为开环控制系统. 优点是结构简单能满足一般的生产需要. 缺点是不能满足高要求的生产机械的需要.

负反馈控制系统是按偏差控制原理建立的控制系统, 其特点是输入量与输出量之间既有正向的控制作用, 又有反向的反馈控制作用, 形成一个闭环控制系统或反馈控制系统. 缺点是结构复杂, 优点可以实现高要求的生产机械的需要.

**11.2** 什么叫调速范围、静差度? 它们之间有什么关系? 怎样才能扩大调速范围。

电动机所能达到的调速范围, 使电动机在额定负载下所许可的最高转速何在保证生产机械对转速变化率的要求前提下所能达到的最低转速之比(D). 转速变化率即调速系统的静差度电动机有理想空载到额定负载时转速降与理想空载转速的比值(S) 两者之间的关系时

$D = n_{\max} S_2 / \Delta n_N (1 - S_2)$ , 在保证一定静差度的前提下, 扩大系统调速范围的方法是提高电动机的机械特性的硬度以减小 $\Delta n_N$

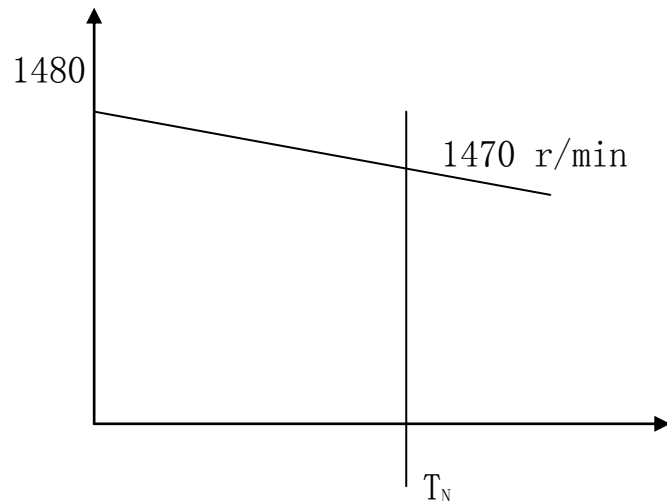
**11.3** 生产机械对调速系统提出的静态、动态技术的指标有哪些?

电动机在调速过程中, 在不同的转速下运行时, 实际输出转矩和输出功率能否达到且不超过其允许长期输出的最大转矩和最大功率, 并不决定于电动机本身, 而是决定于生产机械在调速过程中负载转矩及负载功率的大小和变化规律, 所以, 为了使电动机的负载能力得到最充分的利用, 在选择调速方案时, 必须注意电动机的调速性质与生产机械的负载特性要适合.

负载为恒转矩型的生产机械应尽可能选择恒转矩性质的调速方法, 且电动机的额定转矩应等于或略大于负载转矩, 负载为转矩恒功率型的生产机械应尽可能选用恒功率性质的调速方法, 且电动机的额定功率应等于或略大于生产机械的负载转矩.

**11.5** 有一直流调速系统, 其高速时理想的空载转速  $n_{01}=1480\text{r/min}$ , 低速时的理想空载转速  $n_{02}=157\text{r/min}$ , 额定负载时的转矩降  $\Delta T_N=10\text{r/min}$ , 试画出该系统的静特性. 求调速范围和静差度。

$$\begin{aligned}\text{调速范围 } D &= n_{01}/n_{02} \\ &= 1480/157\end{aligned}$$



**11.6** 为什么调速系统中加负载后转速会降低，闭环调速系统为什么可以减少转速降？

当负载增加时， $I_a$  加大，由于  $I_a R_\Sigma$  的作用，所以电动机转矩下降。闭环调速系统可以减小转速降是因为测速发电机的电压  $U_{BR}$  下降，是反馈电压  $U_f$  下降到  $U_f'$ ，但这时给定电压  $U_g$  并没有改变，于是偏差信号增加到  $\Delta U' = U_g - U_f'$ ，使放大器输出电压上升到  $U_k'$ ，它使晶闸管整流器的控制角  $\alpha$  减小整流电压上升到  $U_d'$ ，电动机转速又回升到近似等于  $n_0$ 。

电流正负反馈，是把反映电动机电枢电流大小的量  $I_a R_a$  取出，与电压负反馈一起加到放大器输入端，由于市政反馈，当反馈电流增加时，放大器输入信号也增加，使晶闸管整流输出电压  $U_d$  增加，以次来补偿电动机电枢电阻所产生的压降，由于这种反馈方式的转降落比仅有电压负反载时小了许多，因此扩大了调速范围。

如果反馈强度调得不适当会产生不能准确的反馈速度，静特性不理想。。

### 11.9 为什么由电压负反馈和电流正反馈一起可以组成转速反馈调速系统？

因为由于电压反馈调速系统对电动机电枢电阻压降引起的转速降落不能与以补偿，因而转速降落较大，静特性不够理想，使润许的调速范围减小。为了补偿电枢电阻压降  $I_a R_a$ ，就需要在电压反馈的基础上再增加一个电流正负反馈环节。

### 11.10 电流截止负反馈的作用是什么？转折点电流如何选？堵转电流如何选？比较电压如何选？

要求静差度  $S=2\%$ , 该系统允许的静态速降是多少? 如果开环系统的静态速降是  $100\text{r/min}$ , 则闭环系统的开环放大倍数应有多大?

$$S=\Delta n_N/n_0$$

$$0.02=\Delta n_N/1500$$

$$\Delta n_N=30$$

闭环系统的开环放大倍数为  $K=\gamma K_p K_s / C_e$

**11.12** 某一直流调速系统调速范围  $D=10$ , 最高额定转速  $n_{\max}=1000\text{r/min}$ , 开环系统的静态速降是  $100\text{r/min}$ 。试问该系统的静差度是多少? 若把该系统组成闭环系统, 保持  $n_{02}$  不变的情况下, 是新系统的静差度为  $5\%$ , 试问闭环系统的开环放大倍数为多少?

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

$$10=1000/n_{\min}$$

$$n_{\min}=100\text{ r/min}$$

$$D=n_{\max}S_2/\Delta n_N(1-S_2)$$

$$10=1000S_2/100(1-S_2)$$

去控制晶体管 1VT 的通断而实现得. 脉冲输出环节主要由晶闸管 4VT 和脉冲变压器 T 组成. 当  $u_{ic}$  刚大于控制电压  $U_{co1}$  时, 二极管 7V 和电阻 9R 充电, 4VT 导通, 在 2C 充电为饱和和或脉冲变压器铁心未饱和前, T 负边绕阻感应出平顶脉冲电压. 在 2C 充电完毕, T 负边绕阻感应平顶脉冲电压消失

**11.14** 积分调节器在调速系统中为什么能消除静态系统的静态偏差? 在系统稳定运行时, 积分调节器输入偏差电压  $\Delta U=0$ , 其输出电压决定于什么? 为什么?

因为在积分调节器系统中插入了 PI 调节器是一个典型的无差元件, 它在系统出现偏差时动作以消除偏差. 当偏差为零时停止动作. 可控整流电压  $U_d$  等于原晶态时的数值  $U_{d1}$  加上调节过程进行后的增量 ( $\Delta U_{d1} + \Delta U_{d2}$ ), 在调节过程结束时, 可控整流电压  $U_d$  稳定在一个大于  $U_{d1}$  的新的数值  $U_{d2}$  上. 增加的那一部分电压正好补偿由于负载增加引起的那部分主回路压降.

**11.15** 在无静差调速系统中, 为什么要引入 PI 调节器?

发电机转化为电压信号.

**11.17** 由 PI 调节器组成的单闭环无静差调速系统的调速性能以相当

理想, 为什么有的场合还要采用转速、电流双闭环调速系统呢?

因为采用 PI 调节器组成速度调节器 ASR 的单闭环调速范围, 既能得到无静差调节, 又能获得较快的动态相应, 速度调节系统基本满足要求. 但在生产机械经常处于正反转工作状态, 为了提高生产率, 要求尽量缩短启动, 制动和反转过渡过程的时间, 当然可用加大过渡中的电流即加大动态转矩来时间, 但电流不能超过晶闸管和电动机的许可值, 为了解决这个矛盾可以采用电流截止负反馈, 这样就要求由一个电流调节器.

**11.18** 双闭环调速系统稳态运行时, 两个调节器的输入偏差 (给定与

反馈之差) 是多少? 它们的输出电压是多少? 为什么?

来自速度给定电位器的信号  $U_{gn}$  与速度反馈信号  $U_{fn}$  比较后, 偏差  $\Delta U_n = U_{gn} - U_{fn}$ , 送到速度调节器 ASR 的输入端, 速度调节器的输入  $U_{gi}$  与速度反馈信号  $U_{fi}$  比较后, 偏差为  $\Delta U_i = U_{gi} - U_{fi}$ , 送到电流调节器 ACR

用是把速度调节器的输出作为电流调节器 ACR 的给定信号, 与电流反馈信号  $U_{fi}$  比较. 它的限副值按电流整定.

**11. 20** 欲改变双闭环调速系统的转速, 可调节什么参数? 改变转速反馈系数  $\gamma$  行不行? 为改变最大允许电流 (堵转电流), 则应调节什么参数?

欲改变双闭环调速系统的转速, 可调节电压参数和电流参数, 改变转速反馈系数  $\gamma$  行, 未改变最大许可电流, 则应调节  $U_{fi}$  .

**11. 21** 直流电动机的调速系统可以采取哪些办法组成可逆系统。

直流电动机的调速系统可以采取 1; 利用接触器进行切换的可逆线路, 2 利用晶闸管切换的可逆线路 3 采用两套晶闸管变流器的可逆线路.

**11. 22** 试论述三相半波反并联可逆线路逻辑控制无环流工作的基本工作原理。

电动机要正转时, 应控制供养机组的  $\alpha_1$  角由 90 度逐渐减小, 与此同时封锁供养机组的触发脉冲. 共阴极组输出直流电压  $U_{d\alpha_1}$  由零逐渐增加,



正,电动机启动并反转加速,电动机工作在反转电动状态.

### 11.23 试简述直流脉宽调速系统的基本工作原理和主要特点。

基本工作原理：三相交流电源经整流滤波变成电压恒定的直流电压， $VT_1 \sim VT_4$  为四只大功率晶体三极管，工作在开关状态，其中，处于对角线上的一对三极管的基极，因接受同一控制信号而同时导通或截止。若  $VT_1$  和  $VT_4$  导通，则电动机电枢上加正向电压；若  $VT_2$  和  $VT_3$  导通，则电动机电枢上加反向电压。

主要特点：（1）主电路所需的功率元件少。（2）控制电路简单。（3）晶体管脉宽调制（PWM）放大器的开关频率一般为  $1\text{KHZ} \sim 3\text{KHZ}$ ，有的甚至可达  $5\text{KHZ}$ 。它的动态响应速度和稳速精度等性能指标比较好。晶体管脉宽调制放大器的开关频率高，电动机电枢电流容易连续，且脉动分量小。因而，电枢电流脉动分量对电动机转速的影响以及由它引起的电动机的附加损耗都小。（4）晶体管脉宽调制放大器的电压放大系数不随输出电压的改变而变化，而晶闸管整流器的电压放大系数在输出电压低

流  $i_a$ 。这个电流一方面增大了电动机的空载损耗, 但另一方面它使电动机发生高频率微动, 可以减小静摩擦, 起着动力润滑的作用。

**11.25** 在直流脉宽调速系统中, 当电动机停止不动时, 电枢两端是否还有电压, 电枢电路中是否还有电流? 为什么?

电动机停止不动, 但电枢电压  $U$  的瞬时值不等于零, 而是正、负脉冲电压的宽度相等, 即电枢电路中流过一个交变的电流  $i_a$ 。这个电流一方面增大了电动机的空载损耗, 但另一方面它使电动机发生高频率微动, 可以减小静摩擦, 起着动力润滑的作用。

**11.26** 试论述脉宽调速系统中控制电路各部分的作用和工作原理。

控制电路由 (1) 速度调节器  $ASR$  和电流调节器  $ACR$  (2) 三角波发生器 由运算放大器  $N_1$  和  $N_2$  组成,  $N_1$  在开环状态下工作, 它的输出电压不是正饱和值就是负饱和值, 电阻  $R_3$  和稳压管  $VZ$  组成一个限幅电路, 限制  $N_1$  输出电压的幅值。 $N_2$  为一个积分器, 当输入电压  $U_1$  为正时, 其输出电压  $U_2$  向负方向变化;

## 分配器及功率放大

脉冲分配器其作用是把 BU 产生的矩形脉冲电压  $U_4$  (经光电隔离器和功率放大器) 分配到主电路被控三极管的基极。当  $U_4$  为高电平时, 门 1 输出低电平, 一方面它使门 5 的输出  $U_{C1, 4}$  为高电平,  $V_1$  截止, 光电管  $B_1$  也截止, 则  $U_{R1}=0$ , 经功率放大电路, 其输出  $U_{b1,4}$  为低电平, 使三极管  $VT_1$ 、 $VT_4$  截止; 另一方面门 2 输出高电平, 其后使门 6 的输出  $U_{C2, 3}$  为低电平,  $V_2$  导通发光, 使光电管  $B_2$  导通, 则  $U_{R2}$  为高电平, 经功率放大后, 其输出  $U_{b2, 3}$  为高电平, 使三极管  $VT_2$ 、 $VT_3$  可以导通。反之, 当  $U_4$  为高电平时,  $U_{C2, 3}$  为高电平,  $B_2$  截止,  $U_{b2, 3}$  为低电平, 使  $VT_2$ 、 $VT_3$  截止; 而  $U_{C1, 4}$  为低电平,  $B_1$  导通,  $U_{b1, 4}$  为高电平, 使  $VT_1$ 、 $VT_4$  可以导通。随着电压  $U_4$  的周期性变化, 电压  $U_{b1, 4}$  与  $U_{b2, 3}$  正、负交替变化, 从而控制三极管  $VT_1$ 、 $VT_4$  与  $VT_2$ 、 $VT_3$  的交替导通与截止。功率放大电路的作用是把控制信号放大, 使能驱动大功率晶体三极管。(5) 其他控制电路 过流失速保护

制规律或不同的性能要求。此外单片微机除了能实现系统的控制外，还具有系统的保护、诊断和自检等功能。