

一、填空题 (15 分)

1. 电源与负载。

电源 U 和 I 的实际方向相反, 电流从+端流出, 发出功率;

负载 U 和 I 的实际方向相同, 电流从+端流入, 取用功率。

2. 串联谐振。(曲线结论)

在 RLC 串联电路中, 当 $X_L = X_C$, 则电源电压 u 与电路中的电流 i 同相。

特征: ①阻抗模最小, 电流最大 ②电路对电源呈现电阻性, 能量互换只发生在电感线圈和电容器之间, 不发生在电源与电路间 ③ $U_L = U_C$ $U = U_R$

R 值越小, Q 值越大, 则谐振曲线越尖锐, 选择性越强。

3. 中线的作用。

使星型连接的不对称负载的相电压对称。

4. 变压器的功能。(功能补充)

①变电压 ②变电流 ③变阻抗

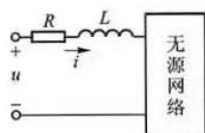
5. 已知某交流二端网络的端口电压和端子电流, 判断它的性质。(根据 ψ 角
感性 电压超前电流; 容性 电流超前电压; 阻性 同相。

6. 已知 u_1, u_2 , 求 u_1 与 u_2 的相位差。

$\psi_1 - \psi_2$

二、模型分析题 (20 分)

1. 在一无源线性二端网络外串联一个电阻 R 和一个电感 L 后, 在整个串联电路上加一幅值工频交流电 U , 测得端口电流为 I , 与总电压同相。试求此无源二端网络的等效电路及参数, 并求整个电路的功率因数、有功功率和无功功率。(戴维宁定律)



在图 4.07 所示电路中, 已知 $u = 100\sqrt{2} \sin 314t$ V, $i = 5\sqrt{2} \sin 314t$ A, $R = 10 \Omega$, $L = 0.032$ H。试求无源网络内等效串联电路的元件参数值, 并求整个电路的功率因数、有功功率和无功功率。

解: 由于 u, i 同相位 (相位差 $\varphi = 0$), 因此串联电路处于纯电阻状态, 无源网络内等效串联电路应为一电容元件 C , 且 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

$$\text{则} \quad C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{314^2 \times 0.032} \text{ F} = 317 \mu\text{F}$$

整个电路的功率因数 $\cos \varphi = 1$

$$\text{有功功率} \quad P = UI \cos \varphi = 100 \times 5 \text{ W} = 500 \text{ W}$$

$$\text{无功功率} \quad Q = UI \sin \varphi = 0$$

2. 用三表法测得一个无源线性二端网络的 U, I, P 。在其端口处并联电容 C 后电流表读数减小，其它两表读数不变。试确定该二端网络的性质、等效参数 Z 及功率因数，画出该电路的相量图。

4.8.2 用图 4.25 的电路测得无源线性二端网络 N 的数据如下： $U = 220 \text{ V}, I = 5 \text{ A}, P = 500 \text{ W}$ 。又知当与 N 并联一个适当数值的电容 C 后，电流 I 减小，而其他读数不变。试确定该网络的性质（电阻性、电感性或电容性）、等效参数及功率因数。 $f = 50 \text{ Hz}$ 。

解： 由于 N 两端并联适当数值 C 后线路电流 I 减小，而其他读数不变，则可判断该网络为一电感性网络。

由于 $P = UI \cos \varphi = 500 \text{ W}$ ，且 $U = 220 \text{ V}, I = 5 \text{ A}$

故功率因数 $\cos \varphi = \frac{P}{UI} = \frac{500}{220 \times 5} = 0.454$

网络 N 的阻抗模为

$$|Z| = \frac{U}{I} = \frac{220}{5} \Omega = 44 \Omega$$

故 $Z = |Z| \angle \varphi = R + jX_L = 44 \angle \arccos 0.454 \Omega = 44 \angle 63^\circ \Omega = (20 + j39.2) \Omega$

所以 $R = 20 \Omega, X_L = 39.2 \Omega$

则 $L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{39.2}{314} \text{ H} = 0.125 \text{ H}$

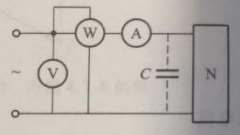
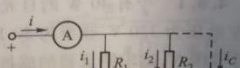


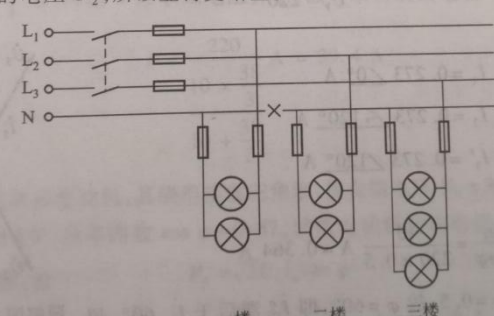
图 4.25 习题 4.8.2 的图



P182 5.2.6(中线故障)

5.2.6 有一次某楼电灯发生故障，第二层和第三层楼的所有电灯突然都暗淡下来，而第一层楼的电灯亮度未变，试问这是什么原因？这楼的电灯是如何连接的？同时又发现第三层楼的电灯比第二层楼的还要暗些，这又是什么原因？画出电路图。

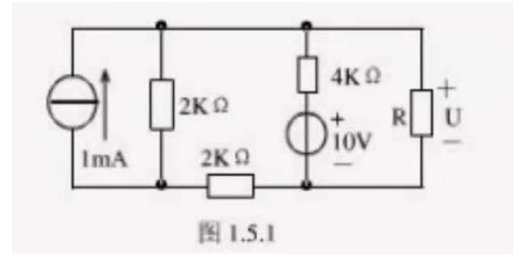
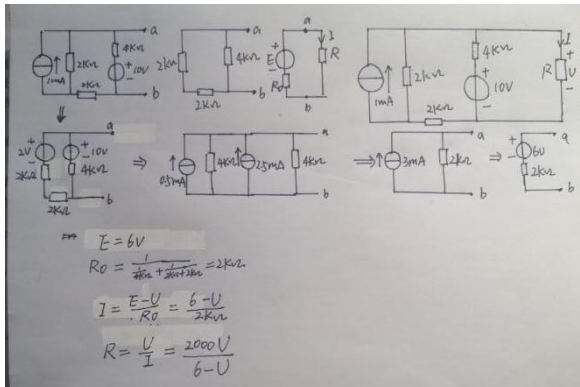
解： 该楼的电灯连接如题解图 5.06 所示。当图中“ \times ”处的中性线断掉时，第一层楼电灯的工作电压未发生变化；而第二层和第三层楼的电灯相当于串联后接在 L_2 相与 L_3 相之间承受线电压 U_{23} 上，每相电灯上的电压都不到 220 V ，因此都暗淡下来；而第三层楼的灯比第二层楼更暗些是因为第三层楼开的灯比第二层楼多些，总电阻 $R_3 < R_2$ ，故第三层楼电灯上的实际电压 U'_3 要小于第二层楼电灯上的电压 U'_2 ，所以显得更暗些。



题解图 5.06 习题 5.2.6 的解

三、电路计算题（20 分）

1. 所示电路中，用电压表测得负载电阻两端的电压 U ，求负载电阻。（方法不限（戴维宁定律））



P236 例 7.5.1

【例 7.5.1】 有一 Y225M-4 型三相异步电动机，其额定数据见表 7.5.1。试求：(1) 额定电流 I_N ；(2) 额定转差率 s_N ；(3) 额定转矩 T_N 、最大转矩 T_{max} 、起动转矩 T_{st} 。

表 7.5.1 Y225M-4 型三相异步电动机额定数据

功率 P_N	转速 n	电压 U_N	效率 η	功率因数 $\cos\varphi$	I_{st}/I_N	T_{st}/T_N	T_{max}/T_N
45 kW	1 480 r/min	380 V	92.3%	0.88	7.0	1.9	2.2

【解】 (1) 4 ~ 100 kW 的电动机通常都是 380 V， Δ 形联结。

$$I_N = \frac{P_2 \times 10^3}{\sqrt{3} U \cos\varphi \eta} = \frac{45 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.88 \times 0.923} \text{ A} = 84.2 \text{ A}$$

(2) 由已知 $n = 1480 \text{ r/min}$ 可知，电动机是四极的，即 $p = 2$ ， $n_0 = 1500 \text{ r/min}$ 。

$$s_N = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{1500 - 1480}{1500} = 0.013$$

(3) $T_N = 9550 \frac{P_2}{n} = 9550 \times \frac{45}{1480} \text{ N} \cdot \text{m} = 290.4 \text{ N} \cdot \text{m}$

$$T_{max} = \left(\frac{T_{max}}{T_N} \right) T_N = 2.2 \times 290.4 \text{ N} \cdot \text{m} = 638.9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{st} = \left(\frac{T_{st}}{T_N} \right) T_N = 1.9 \times 290.4 \text{ N} \cdot \text{m} = 551.8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

P236 例 7.5.2

【例 7.5.2】 在上题中：(1) 如果负载转矩为 $510.2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，试问在 $U = U_N$ 和 $U' = 0.9 U_N$ 两种情况下电动机能否起动？(2) 采用 Y- Δ 换接起动时，求起动电流和起动转矩。又当负载转矩为额定转矩 T_N 的 80% 和 50% 时，电动机能否起动？

【解】 (1) 在 $U = U_N$ 时， $T_{st} = 551.8 \text{ N} \cdot \text{m} > 510.2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，所以能起动。

在 $U' = 0.9 U_N$ 时， $T'_{st} = 0.9^2 \times 551.8 \text{ N} \cdot \text{m} = 447 \text{ N} \cdot \text{m} < 510.2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，所以不能起动。

(2) $I_{st\Delta} = 7 I_N = 7 \times 84.2 \text{ A} = 589.4 \text{ A}$

$$I_{stY} = \frac{1}{3} I_{st\Delta} = \frac{1}{3} \times 589.4 \text{ A} = 196.5 \text{ A}$$

$$T_{stY} = \frac{1}{3} T_{st\Delta} = \frac{1}{3} \times 551.8 \text{ N} \cdot \text{m} = 183.9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

在 80% 额定转矩时

$$\frac{T_{stY}}{T_{N80\%}} = \frac{183.9}{290.4 \times 80\%} = \frac{183.9}{232.3} < 1, \text{ 不能起动};$$

在 50% 额定转矩时

$$\frac{T_{stY}}{T_{N50\%}} = \frac{183.9}{290.4 \times 50\%} = \frac{183.9}{145.2} > 1, \text{ 可以起动}.$$

P183 5.4.3

5.4.3 在图 5.07 中, 对称负载接成三角形, 已知电源电压 $U_L = 220 \text{ V}$, 电流表读数 $I_L = 17.3 \text{ A}$, 三相功率 $P = 4.5 \text{ kW}$, 试求: (1) 每相负载的电阻和感抗; (2) 当 $L_1 L_2$ 相断开时, 图中各电流表的读数和总功率 P ; (3) 当 L_1 线断开时, 图中各电流表的读数和总功率 P 。

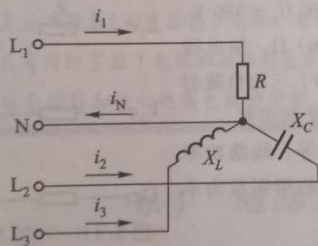


图 5.06 习题 5.4.2 的图

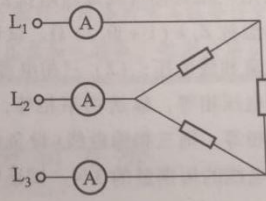


图 5.07 习题 5.4.3 的图

∵ 由于负载对称
故 $P = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$
则 $\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} U_L I_L} = \frac{4.5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220 \times 17.3} = 0.683$

每相阻抗的模

$$|Z| = \frac{U_P}{I_P} = \frac{U_L}{I_L / \sqrt{3}} = \frac{220}{17.3 / \sqrt{3}} \Omega = 22 \Omega$$

故 $R = |Z| \cos \varphi = (22 \times 0.683) \Omega = 15 \Omega$

$$X_L = |Z| \sin \varphi = 22 \times \sin(\arccos 0.683) \Omega = 16.1 \Omega$$

(2) 当 $L_1 L_2$ 相断开时, Z_{23} 和 Z_{31} 分别承受线电压 \dot{U}_{23} 和 \dot{U}_{31} , 则

$$I_1 = I_2 = \frac{U_L}{|Z|} = \frac{220}{22} \text{ A} = 10 \text{ A}, \quad I_3 = 17.3 \text{ A}$$

因其他两相中电压、电流未发生变化, 故

$$P = \frac{2}{3} \times 4.5 \text{ kW} = 3 \text{ kW}$$

(3) 当 L_1 线断开时, Z_{12} 与 Z_{31} 串联, 承受线电压 \dot{U}_{23} , 流过二者的电流为 $\frac{U_L}{2|Z|} = \frac{220}{2 \times 22} \text{ A} = 5 \text{ A}$, 且相位与 Z_{23} 中电流 (10 A) 相位相同, 故各电流表读数为

$$I_1 = 0, \quad I_2 = I_3 = (5 + 10) \text{ A} = 15 \text{ A}$$

$$\text{总功率 } P = I_P^2 R + \left(\frac{1}{2} I_P\right)^2 2R = (10^2 \times 15 + 5^2 \times 2 \times 15) \text{ W} = 2250 \text{ W}$$

图 5.07 习题 5.4.3 的图

P191 例 6.1.1

【例 6.1.1】一个具有闭合的均匀铁心的线圈, 其匝数为 300, 铁心中的磁感应强度为 0.9 T, 磁路的平均长度为 45 cm, 试求: (1) 铁心材料为铸铁时线圈中的电流; (2) 铁心材料为硅钢片时线圈中的电流。

【解】先从图 6.1.5 中的磁化曲线查出磁场强度 H , 然后再根据式 (6.1.1) 算出电流。

$$(1) H_1 = 9000 \text{ A/m}, \quad I_1 = \frac{H_1 l}{N} = \frac{9000 \times 0.45}{300} \text{ A} = 13.5 \text{ A}$$

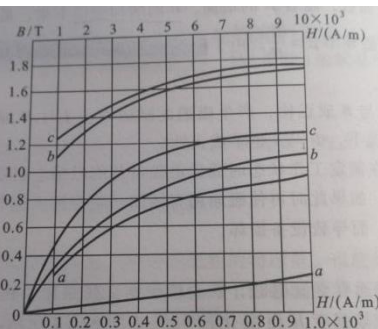


图 6.1.5 磁化曲线

a—铸铁; b—铸钢; c—硅钢片

$$(2) H_2 = 260 \text{ A/m}, I_2 = \frac{H_2 l}{N} = \frac{260 \times 0.45}{300} \text{ A} = 0.39 \text{ A}$$

可见由于所用铁心材料的不同,要得到同样的磁感应强度,则所需要的磁通势或励磁电流的大小相差就很悬殊。因此,采用磁导率高的铁心材料,可使线圈的用铜量大为降低。

如果在上面(1),(2)两种情况下,线圈中通有同样大小的电流 0.39 A ,则铁心中的磁场强度是相等的,都是 260 A/m 。但从图 6.1.5 的磁化曲线可查出的

$$B_1 = 0.05 \text{ T}, B_2 = 0.9 \text{ T}$$

两者相差 17 倍,磁通也相差 17 倍。在这种情况下,如果要得到相同的磁通,那么铸铁铁心的截面积就必须增加 17 倍。因此,采用磁导率高的铁心材料,可使铁心的用铁量大为降低。

P213 6.1.3

6.1.3 有一线圈,其匝数 $N = 1\,000$,绕在由铸钢制成的闭合铁心上,铁心的截面积 $A_{Fe} = 20 \text{ cm}^2$,铁心的平均长度 $l_{Fe} = 50 \text{ cm}$ 。如要在铁心中产生磁通 $\Phi = 0.002 \text{ Wb}$,试问线圈中应通入多大直流电流?

解:(1) 这是一个均匀磁路,如题解图 6.03 所示,磁感应强度为

$$B = \frac{\Phi}{A_{Fe}} = \frac{0.002}{20 \times 10^{-4}} = 1 \text{ T}$$

(2) 查铸钢的磁化曲线,磁场强度为

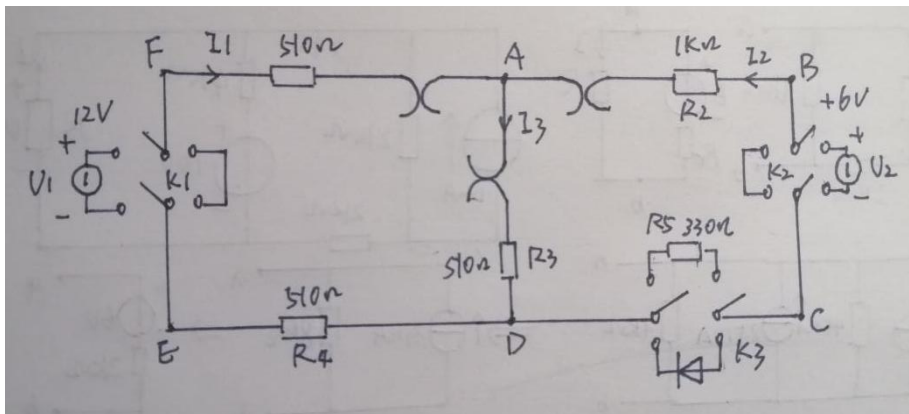
$$H \approx 0.7 \times 10^3 \text{ A/m}$$

(3) 励磁电流

$$I = \frac{H \cdot l_{Fe}}{N} = \frac{0.7 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-2}}{1\,000} \text{ A} = 0.35 \text{ A}$$

四、故障分析题 (20 分)

1. 实验线路如下图所示,其中开关 K3 投向 R5 侧。已知该电路一处故障,试根据测量出的数据判断出故障的位置和性质(短路或断路)。并将表格中未测的数据补齐。



2. 按照下图所示的三相鼠笼式异步电动机正反转控制电路做实验时,发现有下列现象,试分析故障可能存在的地方。

10.2.5 根据图 10.2.2 接线做实验时,将开关 Q 合上后按下起动按钮 SB_2 ,发现有下列现象,试分析和处理故障:(1) 接触器 KM 不动作;(2) 接触器 KM 动作,但电动机不转动;(3) 电动机转动,但一松手电动机就不转;(4) 接触器动作,但吸合不上;(5) 接触器触点有明显颤动,噪声较大;(6) 接触器线圈冒烟甚至烧坏;(7) 电动机不转动或者转得极慢,并有嗡嗡声。

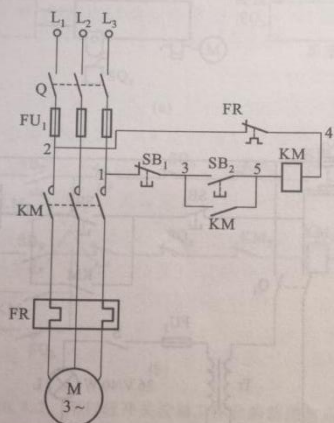


图 10.2.2 习题 10.2.5 的图

解: (1) 接触器 KM 不动作的故障原因可能有以下几种:

- ① 三相电源无电。
- ② 三相电路或控制电路中的熔断器已熔断导致控制电路不通电。 *熔断器熔断: 控制回路不通; 熔断器熔断: 回路不通*
- ③ 停车按钮 SB_1 、起动按钮 SB_2 接触不良导致控制电路不通电。
- ④ 控制电路中电气元件接线松动或接触不良导致控制电路不通电。
- ⑤ 热继电器 FR 动作后其动断触点未复位导致控制电路不通电。

(2) 接触器 KM 动作,但电动机不转动的故障原因可能有以下几种:

- ① 接触器主触点损坏,导致电动机定子绕组未通电。
- ② 接触器主触点至电动机定子绕组的接线松动、有断线或接触不良导致电动机主电路不通电。
- ③ 电动机本身已损坏。 *电机坏*
- (3) 电动机转动,但一松手电动机就不转,其原因自锁触点未接上(连接导线有断损或接触不良)。

- (4) 接触器动作,但吸合不上,可能接触器有机械障碍或线圈获得的电压过低。 *触点坏*
- (5) 接触器触点有明显颤动,噪声较大,主要由于电磁铁的铁心端面的短路环断裂或缺失所致,也可能由于线圈获得的电压过低,导致吸力不够。 *自锁线可接成常开*

(6) 接触器线圈冒烟甚至烧坏,其原因可能有:

- ① 接至线圈的电源电压过高超过线圈的额定电压。
- ② 接触器长时间吸合不上,导致线圈电流过大、过热而烧坏。 *热继电器未接*
- ③ 接触器线圈绝缘损坏导致匝间短路。
- (7) 电动机不转动或者转得极慢,并有嗡嗡声,其原因是 L_1 相熔断器熔断导致电动机单相运行。 *电压过低* *缺相*

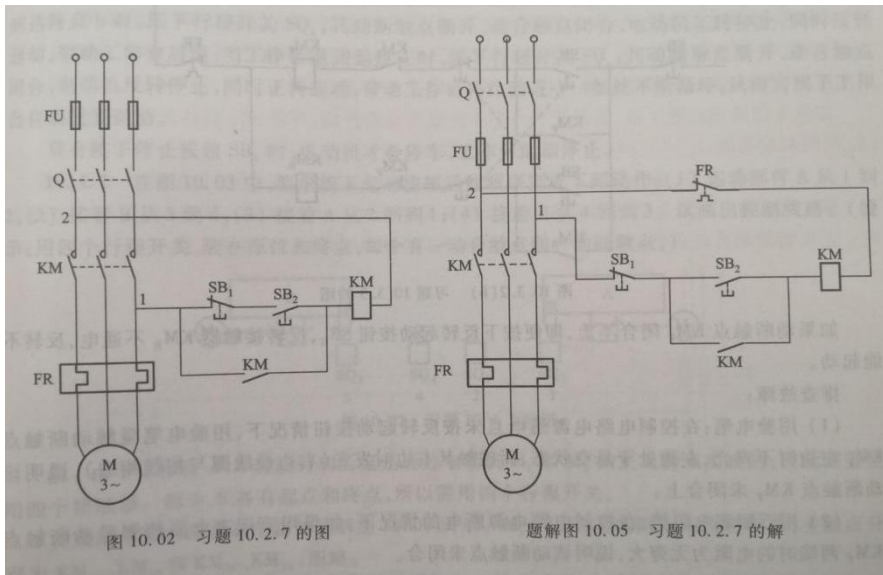
3. 如右图所示的三相鼠笼式异步电动机正反转控制电路存在哪些错误? 若按此图连接电路会发生什么故障?

10.2.7 在图 10.02 中,有几处错误? 请改正。

解: 图 10.02 中共有 4 处错误。

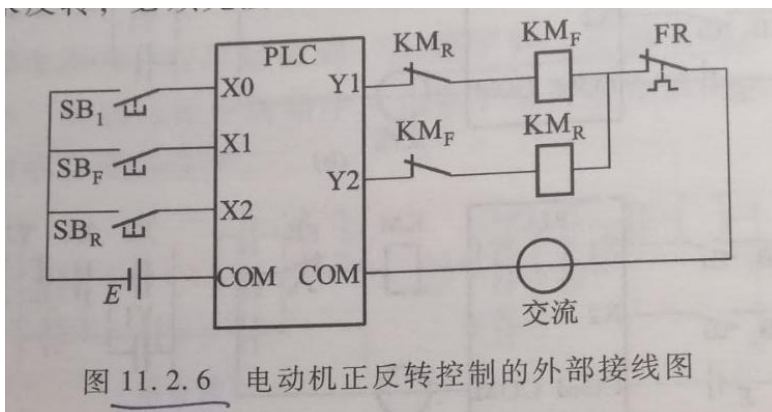
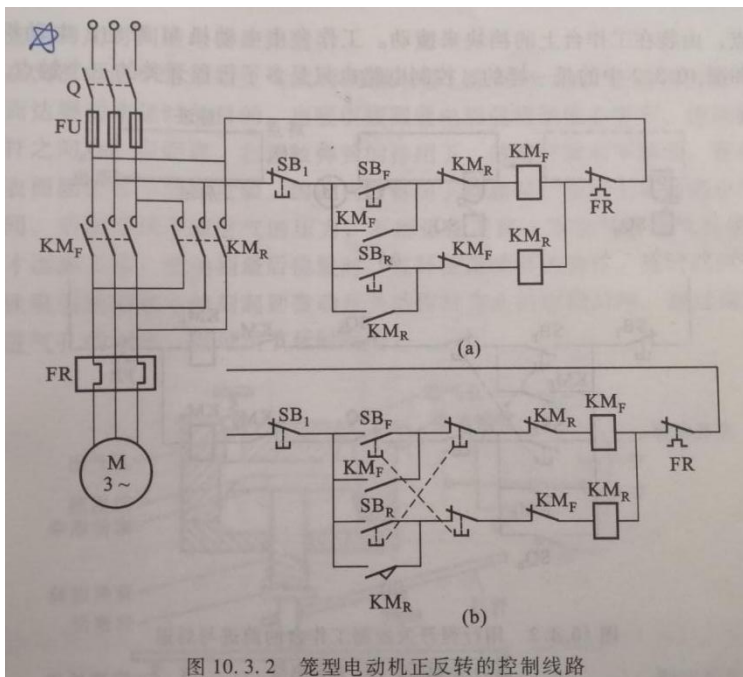
- (1) 熔断器 FU 与组合开关 Q 位置接反,应互换,否则无法在断电情况下更换熔断器。
- (2) 控制电路的一端 1 应接在主触点 KM 的上方(即主触点 KM 与熔断器 FU 之间),否则控制电路无法获得电源。
- (3) 控制电路中的自锁触点 KM 应并联在起动按钮 SB_2 的两端,否则停车按钮 SB_1 将失去停车控制作用。
- (4) 控制电路中缺少应串联于其中的热继电器的动断触点 FR,否则将无法实现过载保护。

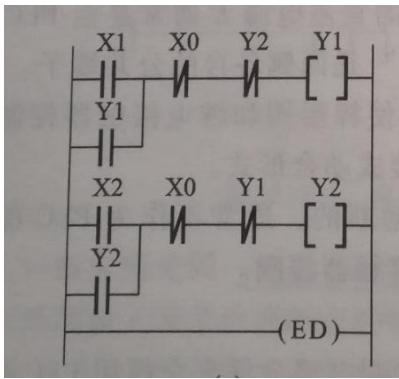
改正后的控制线路如题解图 10.05 所示。



五、电路设计题 (25 分)

1. 根据上图，补全下图所示的笼型异步电动机正反转控制的 PLC 外部接线图，并编制出与之对应的梯形图和指令语句表。





地址	指	令
0	ST	X1
1	OR	Y1
2	AN/	X0
3	AN/	Y2
4	OT	Y1
5	ST	X2
6	OR	Y2
7	AN/	X0
8	AN/	Y1
9	OT	Y2
10	ED	

(b)

11.2.6 试写出图 11.06 中两个梯形图的指令语句表,并画出 Y0 的动作时序图,然后说明各梯形图的功能。

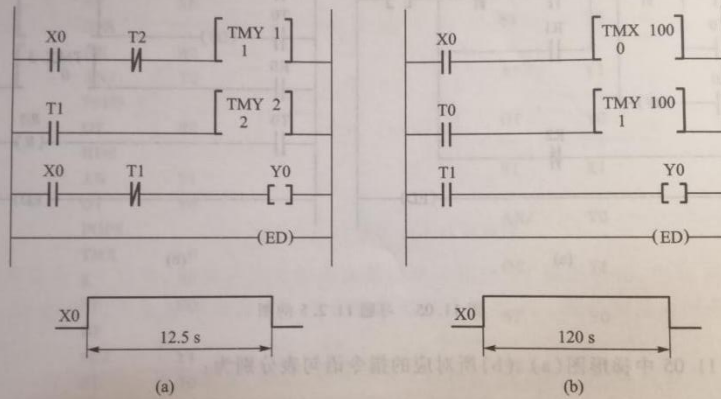


图 11.06 习题 11.2.6 的图

解: (1) 指令语句表

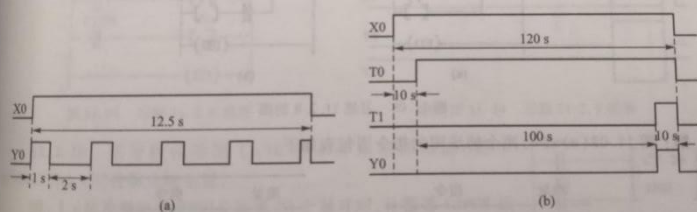
地址	指令
0	ST X0
1	AN/ T2
2	TMY 1
	K 1
6	ST T1
7	TMY 2
	K 2
11	ST X0
12	AN/ T1
13	OT Y0
14	ED

(a)

地址	指令
0	ST X0
1	TMX 0
	K 100
4	ST T0
5	TMY 1
	K 100
9	ST T1
10	OT Y0
11	ED

(b)

(2) Y0 的动作时序图 (如题解图 11.11 所示)



题解图 11.11 习题 11.2.6 的解

(3) 梯形图的功能说明

梯形图(a)中的定时器 T1 和 T2 分别控制 Y0 的接通时间和断开时间。

梯形图(a)中的定时器 T1 和 T2 组合完成长延时定时。

2. 已知某电源变压器一次绕组及二次绕组的参数。试问要获得多少 V 的输出, 二次绕组应做怎样的连接?

6.3.12 图 6.04 所示是一个有三个二次绕组的电源变压器,试问能得出多少种输出电压?

解: 将三个绕组单独使用或按不同极性予以串联,可获得多种输出电压(因为三个二次绕组电压大小不同,所以不能并联输出)。

(1) 三个二次绕组单独使用,可输出三种电压:1 V、3 V 和 9 V。

(2) 两个二次绕组顺向串联,可输出三种电压:

$(1+3)V=4V$ $(1+9)V=10V$ $(3+9)V=12V$

(3) 两个二次绕组反向串联,可输出三种电压:

$(3-1)V=2V$ $(9-1)V=8V$ $(9-3)V=6V$

(4) 两个二次绕组顺向串联后,再和余下的一个二次绕组反向串联,可输出三种电压:

$(9+3-1)V=11V$ $(9+1-3)V=7V$ $(9-(1+3))V=5V$

(5) 三个二次绕组顺向串联,可输出一种电压:

$(1+3+9)V=13V$

综上所述,由三个二次绕组可获得从 1 V 至 13 V 共 13 种输出电压。

6.3.13 某电源变压器各绕组的极性以及额定电压和额定电流如图 6.05 所示,二次绕组应如何连接能获得以下各种输出?

(1) 24 V/1 A; (2) 12 V/2 A; (3) 32 V/0.5 A; (4) 8 V/0.5 A

解: 为获得上述各种输出,变压器二次绕组的连接方法如下。将图 6.05 所示变压器二次绕组的每对接线端分别标以 1 和 2,3 和 4,5 和 6。

(1) 输出 24 V/1 A

将两个 12 V/1 A 绕组根据“·”标顺向串联(1-2-3-4)。

(2) 输出 12 V/2 A

将两个 12 V/1 A 绕组根据“·”标对应并联(1-3 相连并延长引线,2-4 相连并延长引线)。

(3) 输出 32 V/0.5 A

将 12 V/1 A 和 20 V/0.5 A 两个绕组根据“·”标顺向串联(3-4-5-6)。

(4) 输出 8 V/0.5 A

将 12 V/1 A 和 20 V/0.5 A 两个绕组根据“·”标反向串联(3-4-6-5)。

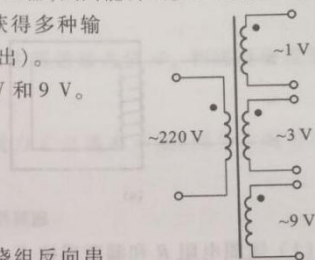


图 6.04 习题 6.3.12 的图

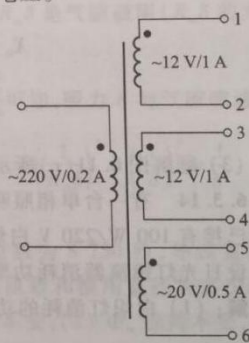


图 6.05 习题 6.3.13 的图