

---

# 第1章常用低压控制电器

## 习题与思考题

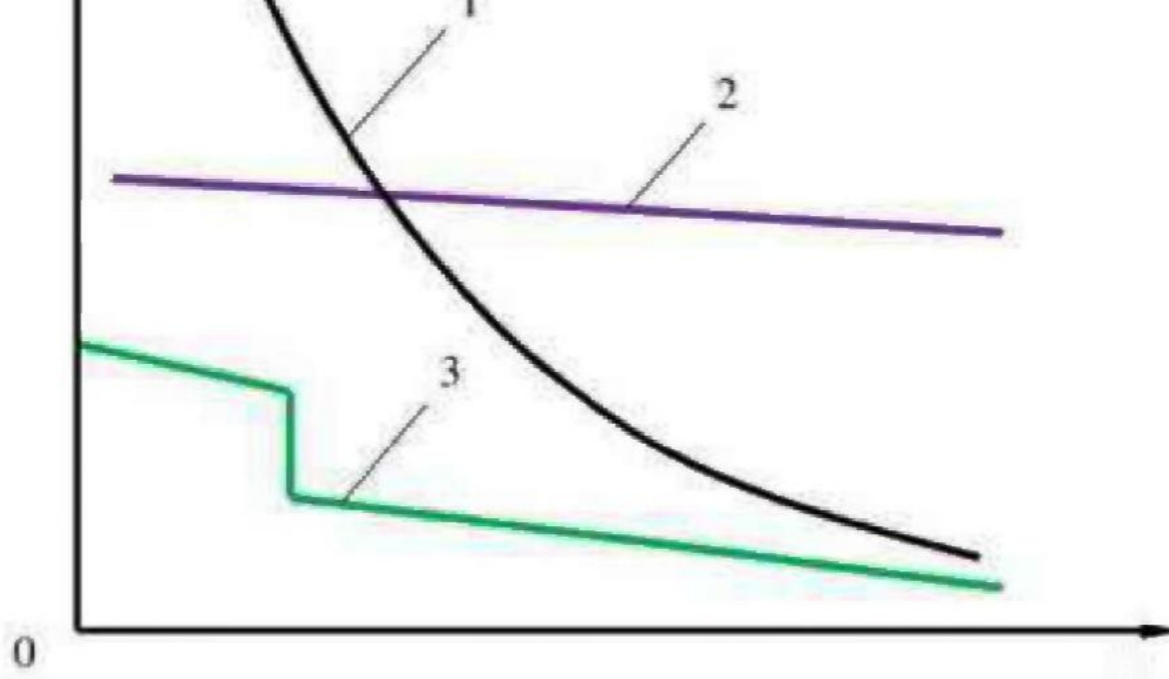
1. 何谓电磁式电器的吸力特性与反力特性?吸力特性与反力特性之间应满足怎样的配合关系?

答: 不同的电磁机构, 有不同的吸力特性。电磁机构动作时, 其气隙  $\delta$  是变化的,  $F \propto B^2 c \varphi^2$ 。

. 对于直流电磁机构: 其励磁电流的大小与气隙无关, 衔铁动作过程中为恒磁动势工作, 根据磁路定律  $D=(IN/R_{\delta})\alpha(1/R_{\delta})$ , 式中  $R_{\delta}$  为气隙磁阻, 则  $F \propto \alpha^2 (1/R_{\delta})^2 \times (1/\delta)$ , 电磁吸力随气隙的减少而增加, 所以吸力特性比较陡峭。

对于交流电磁机构: 设线圈外加电压  $U$  不变, 交流电磁线圈的阻抗主要决定于线圈的电抗, 若电阻忽略不计, 则  $U \approx E = 4.44 f D N \Phi$ , 则 ①  $\Phi = U / (4.44 f N)$ , 当电压频率  $f$ 、线圈匝数  $N$ 、外加电压  $U$  为常数时, 气隙磁通  $\Phi$  也为常数, 即励磁电流与气隙成正比, 衔铁动作过程中为恒磁通工作, 但考虑到漏磁通的影响, 其电磁吸力随气隙的减少略有增加, 所以吸力特性比较平坦。

为了保证衔铁能牢固吸合, 反作用力特性必须与吸力特性配合好。在整个吸合过程中, 吸力都必须大于反作用力, 即吸力特性高于反力特性, 但不能过大或过小, 吸力过大时, 动、



1-直流电磁铁吸力特性；2-交流电磁铁吸力特性；3-反力特性

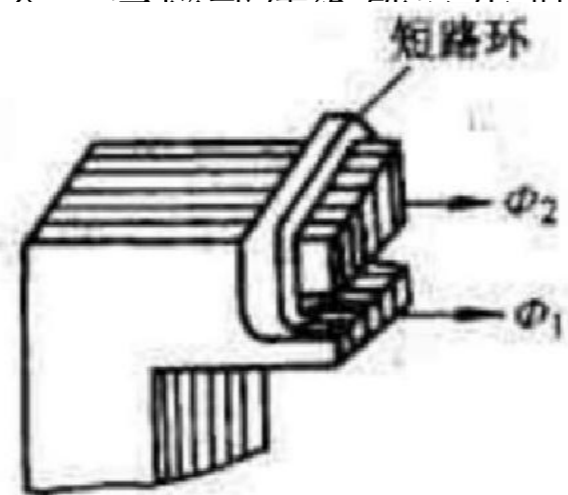
答案图1.1

静触头接触时以及衔铁与铁心接触时的冲击力也大，会使触头和衔铁发生弹跳，导致触头的

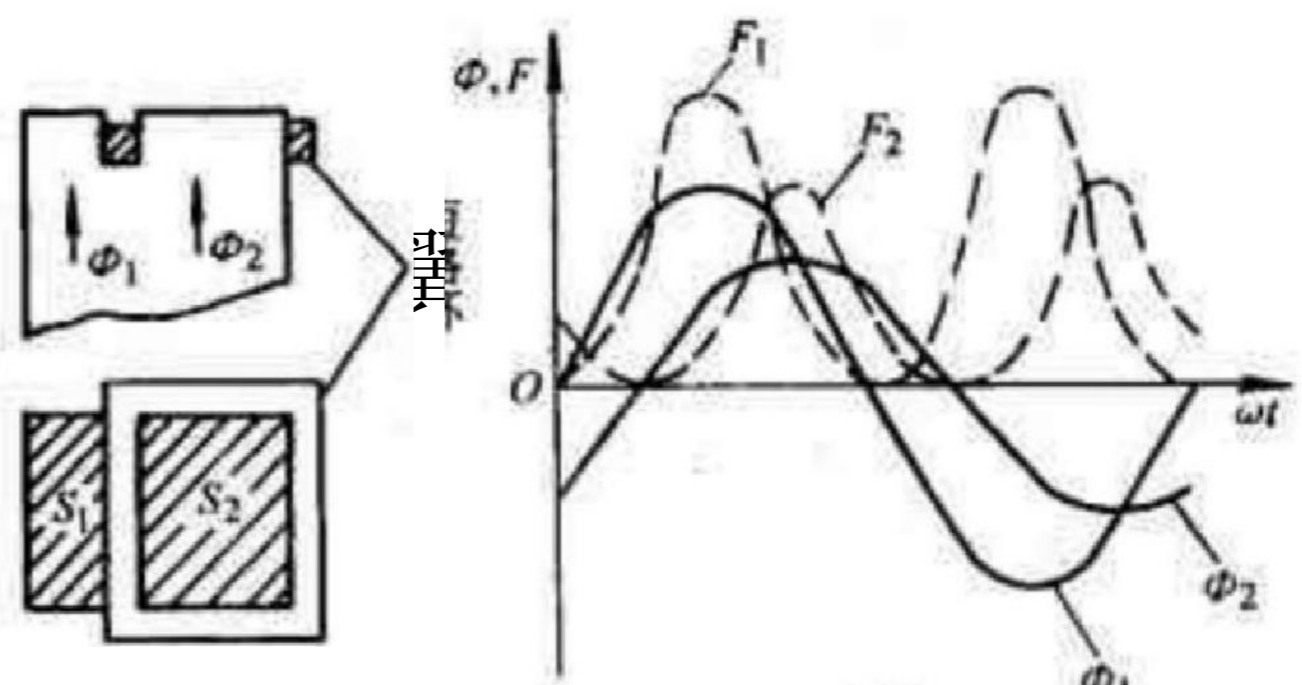
熔焊或烧毁，影响电器的机械寿命；吸力过小时，会使衔铁运动速度降低，难以满足高操作频率的要求。因此，吸力特性与反力特性必须配合得当，才有助于电器性能的改善。在实际应用中，可调整反力弹簧或触头初压力以改变反力特性，使之与吸力特性有良好配合，参见答案图1.1所示。

2. 单相交流电磁机构为什么要设置短路环?它的作用是什么?三相交流电磁铁要不要装设短路环?

答：由于单相交流接触器铁心的磁通是交变的，故当磁通过零时，电磁吸力也为零，吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下将被拉开，磁通过零后电磁吸力又增大，当吸力大于反力时，衔铁又被吸合。这样就会产生强烈的振动和噪声，甚至使铁心松散。因此，交流接触器铁心端面上



短路环将铁心端面分隔成两部分，当交变磁通穿过短



a)

b)

答案图1.2

路环所包围的截面积 $S$ ，在短路环中产生涡流时，根据电磁感应定律，此涡流产生的磁通 $\phi_1$ ，在相位上落后于短路环外铁心截面 $S$ 中的磁通 $\phi_2$ ，由 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 产生的电磁吸力为 $F+F_2$ ，作用在衔铁上的合成电磁吸力是 $F+F_2$ ，只要此合力始终大于其反力，衔铁就不会产生振动和噪声。参见答案图1.2所示。

对于三相交流电而言，因为三相不可能同时为零。就相当于整个电磁铁磁通没有过零点，磁场不会消失，衔铁就不会振动。故无须加装短路环。

3. 从结构特征上如何区分交流、直流电磁机构?

答: 交流接触器的线圈通以交流电, 将产生涡流和磁滞损耗, 使铁心发热。为减少铁损, 铁心用硅钢片冲压而成。为便于散热, 线圈做成短而粗的筒状绕在骨架上。

直流接触器的线圈通以直流电, 铁心中不会产生涡流和磁滞损耗, 所以不会发热。为方

便加工，铁心用整块钢块制成。为使线圈散热良好，通常将线圈绕制成长而薄的筒状。

4. 交流电磁线圈通电后，衔铁长时间被卡不能吸合，会产生什么后果？

答：衔铁在吸合过程中，交流励磁线圈的电流与气隙成正比，当线圈通电瞬间，衔铁尚未吸合时，气隙较大，电流将达到吸合后额定电流的5~15倍，如果衔铁长时间被卡不能吸合，容易烧毁线圈。

5. 交流电磁线圈误接入直流电源，直流电磁线圈误接入交流电源，会发生什么问题？为什么？

答：交流电磁线圈接入直流电源时会通过很大的电流，很快会烧毁。因为交流线圈对交流电有感抗，而对直流电没有感抗，交流线圈只有很小的直流电阻，所以会通过很大的电流。若将直流电磁线圈误接入交流电源上，接触器将不能正常工作。因阻抗增大，电流减小，吸力不足，不能吸合，线圈电流降不下去。此外，直流电磁铁铁心采用整块钢制成，交流电磁场会导致铁心中产生较大的涡流，导致铁心和线圈发热。

6. 线圈电压为220V的交流接触器，误接入380V交流电源会发生什么问题？为什么？

答：接入380V的电压远远超过它的额定电压220V，线圈电流将大大增加，线圈迅速发热最终导致烧毁。

7. 接触器是怎样选择的？主要考虑哪些因素？

答：首先，根据电路中负载电流的种类选择接触器的类型。交流负载应选用交流接触器，直流负载应选用直流接触器，如果控制系统中主要是交流负载，而直流电动机或直流负载的容量较小，也可都选用交流接触器来控制，但触点的额定电流应选得大一些。主要考虑因素有：接触器的额定电压、接触器的额定电流、电磁线圈的额定电压、触头数目、额定操作频率。

8. 两个相同的交流线圈能否串联使用?为什么?

答：在交流控制线路中，不能串联接入两个电器线圈。因为每个线圈上所分配到的电压与线圈阻抗成正比，两个电器动作总有先后，先吸合的电器，磁路先闭合，其阻抗比没吸合的电器大，电感显著增加，线圈上的电压也相应增大，故没吸合电器的线圈的电压达不到吸

合值。同时电路电流将增加，有可能烧毁线圈。因此，两个电器需要同时动作时，线圈应并联连接。

9. 常用的灭弧方法有哪些？

答：当开关电器的触头分离时，触头间的距离很小，触头间电压即使很低，但电场强度很大 ( $E=U/d$ )，在触头表面由于强电场发射和热电子发射产生的自由电子，逐渐加速运动，并在间隙中不断与介质的中性质点产生碰撞游离，使自由电子的数量不断增加，导致介质被击穿，引起弧光放电，弧隙温度剧增，产生热游离，不断有大量自由电子产生，间隙由绝缘变成导电通道，电弧持续燃烧。为了加速电弧熄灭，常采用以下灭弧方法：①电动力灭弧；②灭弧栅灭弧；③磁吹灭弧等。

10. 熔断器的额定电流、熔体的额定电流和熔体的极限分断电流三者有何区别？

答：熔断器的额定电流是指所装熔体额定电流的最大值；熔断体的额定电流是在规定条件下，熔断体能够长期承载而不使性能降低的电流；熔断体的极限分断电流是指在规定的使用性能条件下，熔断体在规定电压下能够分断的预期电流的极限值，必须大于线路中可能出现的最大短路电流，否则就不能获得可靠的短路保护。

11. 如何调整电磁式继电器的返回系数？

答：继电器的释放值 $x_1$ 与吸合值 $x$ 之比 $k=x_1/x$ ，称为继电器的返回系数。 $k$ 值是可以调节的，可通过调节释放弹簧的松紧程度(拧紧时， $x_1$ 与 $x$ 同时增大， $k$ 增大；放松时， $k$ 减小)或调整铁心与衔铁间非磁性垫片的厚薄(增厚时 $x$ 增大， $k$ 增大；减薄时 $k$ 减小)来达到。

12. 电气控制线路中，既装设熔断器，又装设热继电器，各起什么作用？能否相互代用？

答：二者不能相互替换，热继电器和熔断器在电路中的保护作用是不相同的。热继电器只做长期的过载保护，而熔断器是做严重过载和短路保护，因此一个较完整的保护电路，特别是电动机控制电路，应该两种保护都具有

13. 热继电器在电路中的作用是什么?带断相保护和不带断相保护的三相式热继电器各用在什么场合?



答：热继电器 (FR) 主要用于电力拖动系统中电动机负载的过载保护。热继电器的选择主要根据电动机定子绕组的联结方式来确定热继电器的型号，在三相异步电动机电路中，对 Y 连接的电动机可选两相或三相结构的热继电器，一般采用两相结构的热继电器，即在两相主电路中串接热元件。对于三相感应电动机，定子绕组为 A 连接的电动机，必须采用带断相保护的热继电器。

14. 时间继电器和中间继电器在电路中各起什么作用？

答：时间继电器用来控制电器延时通断。中间继电器实质上是一种电压继电器，它的特点是触头数目较多，电流容量可增大，起到中间放大(触头数目和电流容量)的作用。

15. 什么是主令电器？常用的主令电器有哪些？

答：主令电器是在自动控制系统中发出指令或信号的电器，用来控制接触器、继电器或其他电器线圈，使电路接通或分断，从而达到控制生产机械的目的。主令电器应用广泛、种类繁多。按其作用可分为：按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关、主令控制器及其他主令电器(如脚踏开关、钮子开关、急停开关)等。

16. 试为一台交流380V、4kW( $\cos\varphi=0.88$ )、 $\Delta$  连接的三相笼型异步电动机选择接触器、热继电器和熔断器。

答：首先根据三相异步电动机的功率计算公式

$$P=\sqrt{3}UI\cos\varphi$$

式中，U 为三相电源的线电压 (V);I 为电动机的线电流 (A); $\cos\varphi$  为电动机的功率因数。

计算出电动机额定电流I 为

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos\varphi} = \frac{4000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.88} = 6.9 \text{ A}$$

接触器选择：交流接触器；额定电压380V；额定电流 10A； 电磁线圈额定电压  
110V/127V/220V/380V之中选一；参考型号为 CJ20-10。

热继电器选择：带断相保护的热继电器；热继电器的整定电流7.2A；热继电器的额定  
电流20A；参考型号为 JR36-20。

熔断器选择：有填料封闭管式熔断器；熔体额定电流  $I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5)$

$2.5 \approx 69 = 1725A$ ，选20A；熔体额定分断电流120kA；熔断器额定电流40A；熔断器  
额定电压380V；参考型号为RT16-40

## 第2章常用低压控制电器

---

### 习题与思考题

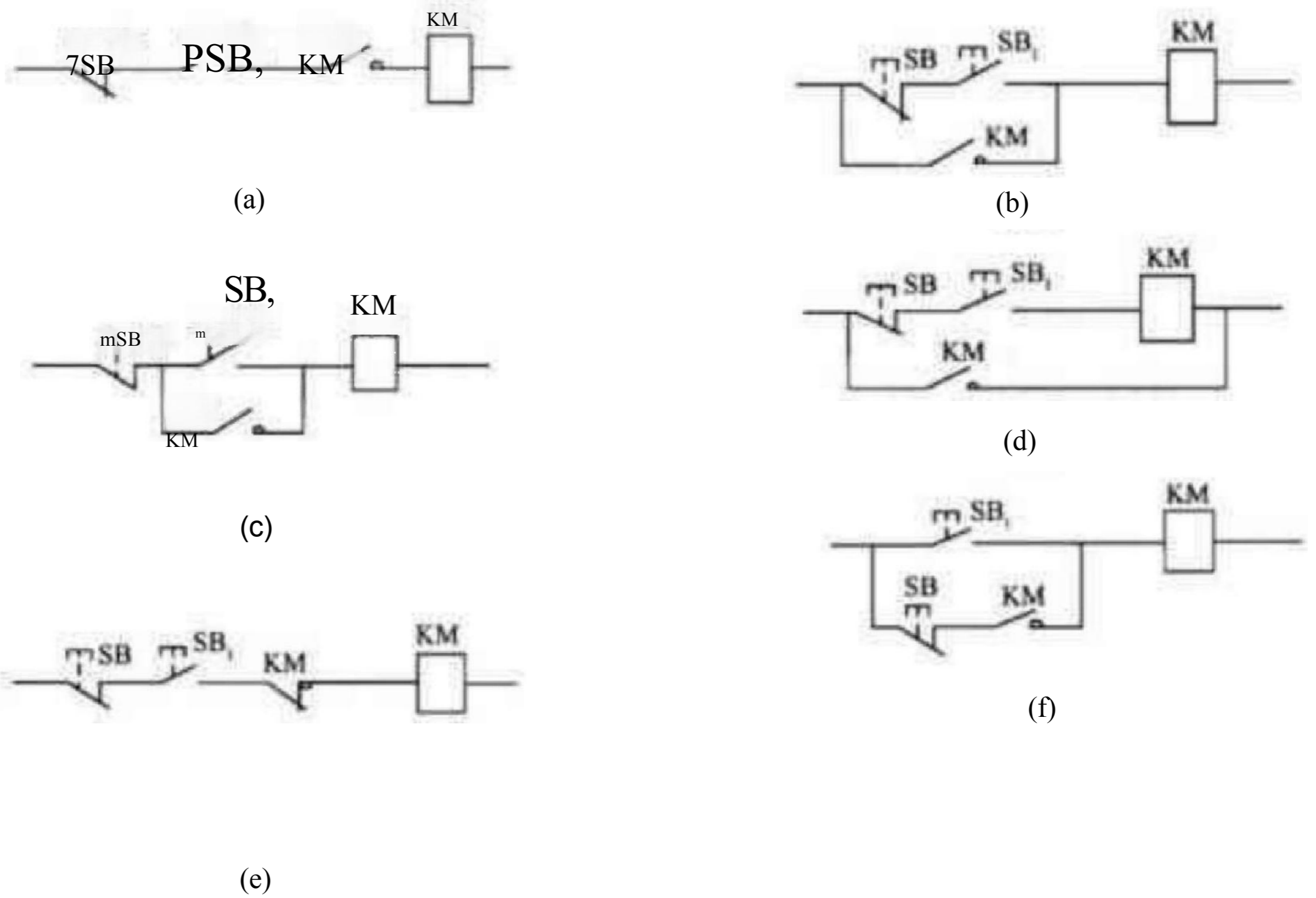
1. 自锁环节怎样组成?它起什么作用?并具有什么功能?

答: 在连续控制中, 将接触器的常开辅助触头 $KM_x$ 与自复位启动按钮  $SB_x$ 并联, 即可形成自锁环节。当启动按钮  $SB_x$ 松开后, 接触器  $KM_x$ 的线圈通过其辅助常开触头的闭合仍继续保持通电, 从而保证电动机的连续运行。这种依靠接触器自身辅助常开触头而使线圈保持通电的控制方式, 称自锁或自保。起到自锁作用的辅助常开触头称自锁触头。所以自锁环节的功能就是在启动按钮松开后, 能够保持接触器线圈一直通电, 使电动机连续运行。

2. 什么是互锁环节?它起到什么作用?

答: 控制线路要求  $KM_1$ 与  $KM_2$ 不能同时通电时, 为此要求线路设置必要的联锁环节。将其中一个接触器的常闭触头串入另一个接触器线圈电路中, 则任何一个接触器先通电后, 即使按下相反方向的启动按钮, 另一个接触器也无法通电, 这种利用两个接触器的辅助常闭触头互相控制的方式, 叫电气互锁, 或叫电气联锁。起互锁作用的常闭触头叫互锁触头。复合按钮的常闭触头同样也可起到互锁的作用, 这样的互锁叫机械互锁。利用成对使用的机械联锁接触器, 加上电气互锁, 可形成机械、电气双重互锁。互锁环节的作用就是防止  $KM_1$ 与  $KM_2$ 同时通电造成电源短路等危险。

3. 分析如图2-20 所示线路中，哪种线路能实现电动机正常连续运行和停止?哪种不



答案图2-20 习题 3 图

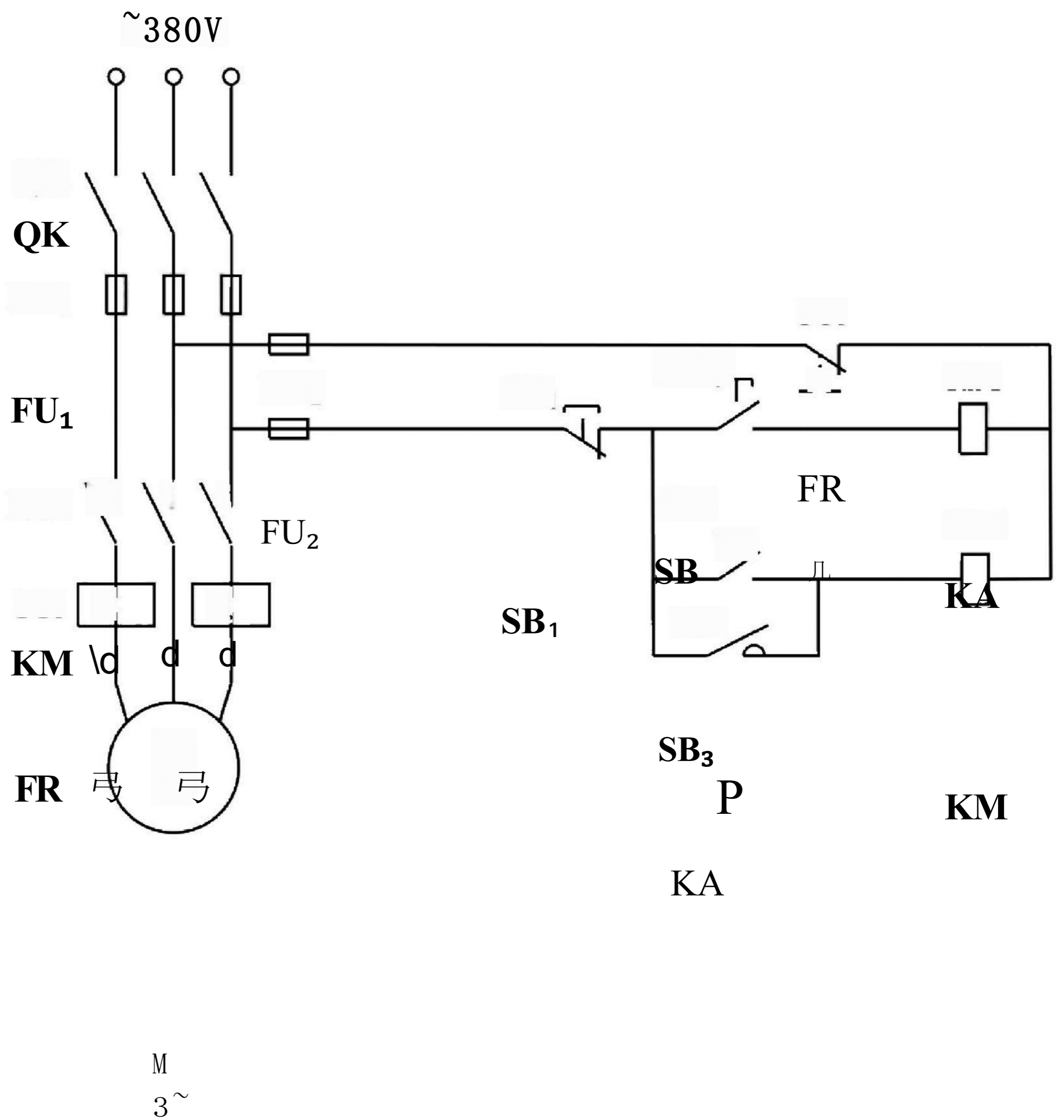
能?为什么?

答: (c) 和 (f) 能实现电动机正常连续运行和停止, 因为按下  $SB_1$  接触器  $KM$  线圈通电并自锁, 电动机连续运行; 按下  $SB_2$ ,  $KM$  线圈断电, 电动机停止。

其他则不能实现电动机正常连续运行和停止, 因为图 (a) 接触器  $KM$  线圈不能得电, 故不能启动; 图 (b) 能启动连续运行, 但不能切断接触器线圈供电, 即不能停止; 图 (d) 会引起电源短路; 图 (e) 线圈不能保持连续通电。(图中,  $SB_1$  为启动按钮,  $SB_2$  为停止按钮。)

4. 试采用按钮、刀开关、接触器和中间继电器, 画出异步电动机点动、连续运行的混合控制电路。

答: 设计的控制电路图见答案图2.1 所示。其中,  $SB_1$  为连续运行启动按钮,  $SB_2$  为停止按钮,  $SB_3$  为点动按钮。

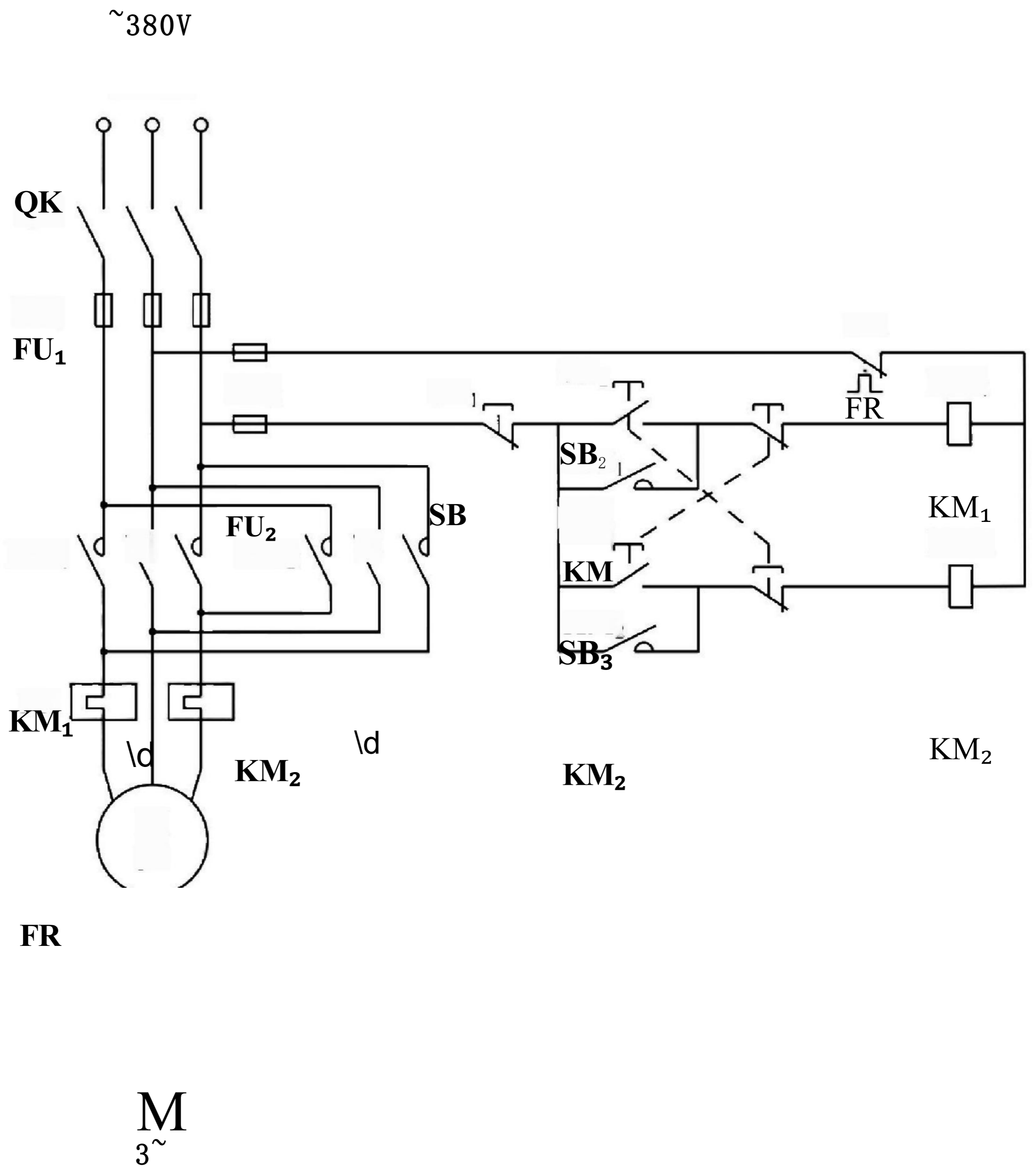


答案图2.1

5. 试设计用按钮和接触器控制异步电动机的启动、停止，用组合开关选择电动机旋转方向的控制线路(包括主电路、控制回路和必要的保护环节)。

答：设计的控制电路图见答案图2.2 所示。图中， $SB_2$  为正转启动组合按钮开关； $SB_3$  为反转启动组合按钮开关； $SB$  为停止按钮开关。(需要注意的是，组合按钮开关  $SB_2$  和  $SB_3$ ，

必须选择“先断后合”型，否则会引发短路故障)



答案图2.2

6. 电器控制线路常用的保护环节有哪些?各采用什么电器元件?

答: 电气控制线路常用的保护环节有以下几种。

短路保护: 采用熔断器或断路器。短路时熔断器的熔体熔断或断路器脱扣, 切断电路起保护作用。



(1) 电动机长期过载保护：采用热继电器或断路器。由于热继电器或断路器的双金属片的热惯性较大，即使发热元件流过几倍于额定值的电流，热继电器或断路器也不会立即动作。因此在电动机启动时间不太长的情况下，热继电器或断路器不会动作，只有在电动机长期过载时，热继电器才会动作，用它的常闭触头使控制电路断电。

(2) 过流保护：过电流一般比短路电流要小。采用过电流继电器或断路器和接触器配合使用。

(3) 欠电压、失电压保护：通过接触器的自锁环节来实现。当电源电压由于某种原因

而严重欠电压或失电压(如停电)时,接触器断电释放,电动机停止转动。当电源电压恢复正常时,接触器线圈不会自行通电,电动机也不会自行启动,只有在操作人员重新按下启动按钮后,电动机才能启动。

(4)互锁保护:将其中一个接触器的常闭触头串入另一个接触器线圈电路中,则任何一个接触器先通电后,即使按下相反方向的启动按钮,另一个接触器也无法通电。

(5)断相保护(采用带断相保护的热继电器或其它断相保护装置)、漏电保护(采用剩余电流动作保护器或剩余电流动作断路器等)、人身安全保护(如电机外壳接地,红外接近开关等)等

等。

#### 7. 为什么电动机要设零电压和欠电压保护?

答:零电压保护的目的是防止电气设备意外失电后因来电而导致电动机意外自行启动。设置了零电压保护环节,则电气设备意外失电再上电后,必须通过再次启动,电动机才能运行。欠电压保护的目的是防止当电源电压降低时而导致电动机产生故障。当电源电压下降到电动机额定电压的80%以下后,将导致电动机因转矩不足而转速下降,以致被迫停转,使电动机因堵转而烧毁。

8. 在有自动控制的机床上,电动机由于过载而自动停车后,有人立即按启动按钮,但不能开车,试说明可能是什么原因?

答:电动机的控制电路中,一般将热继电器的常闭触头串联在控制回路中而起到过载保护的作用。电动机长期过载时,热继电器动作,常闭触头断开切断控制回路供电。由于双金属片热惯性的原因,热继电器要经过一段时间的冷却后,常闭触头才可恢复常闭。因此,若在此前按下启动按钮,由于热继电器的常闭触头还未恢复常闭,控制回路仍然处于断开状态,所以电动机不能动作。

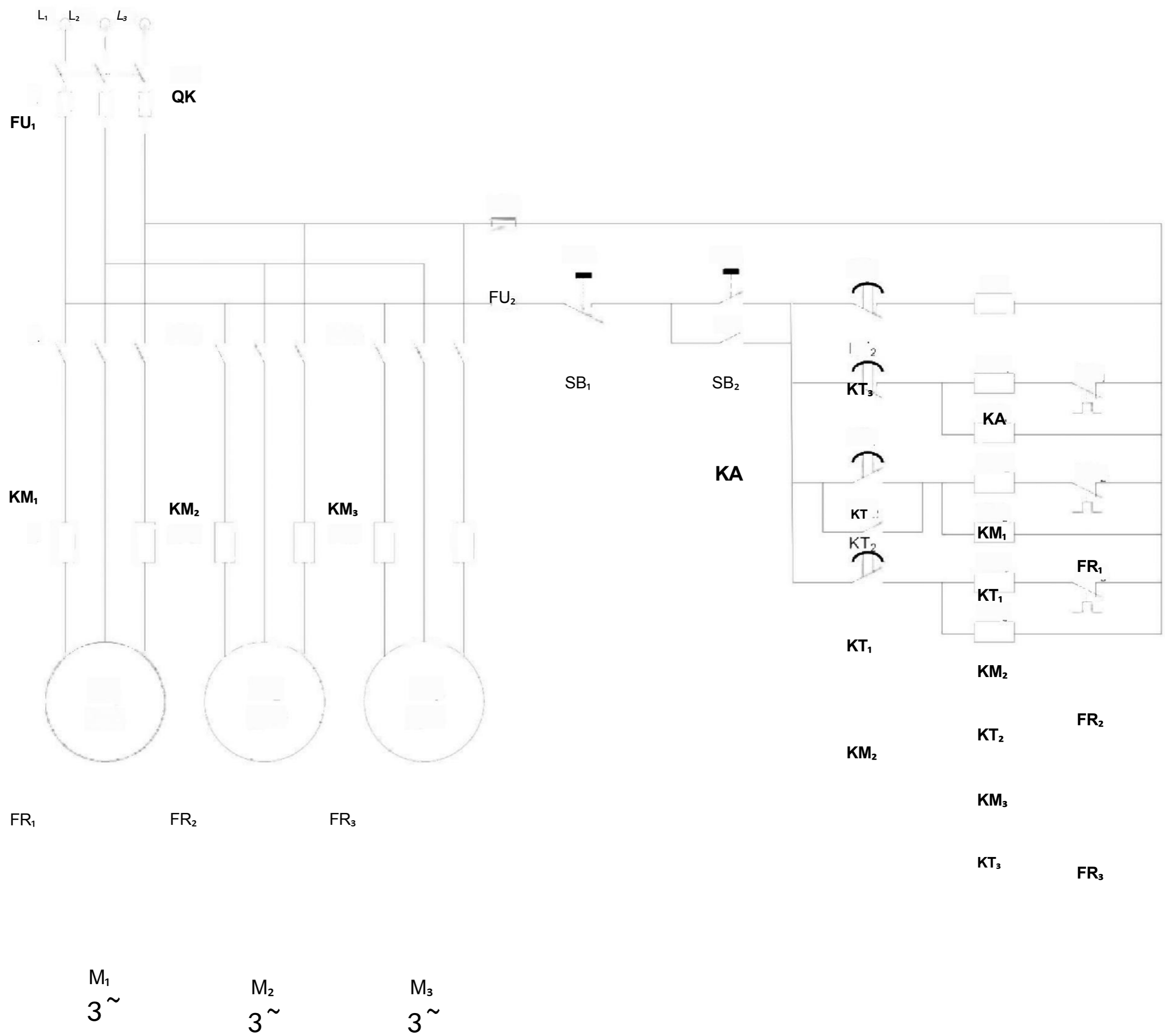
另外,如果热继电器设置在手动复位,即使双金属片冷却下来,也不能复位,只有按下手动复位按钮,热继电器才能复位。

如果使用了断路器作为电动机热过载保护装置，一旦断路器因热过载脱扣，断路器是不会自动复位的，必须等双金属片冷却后重新合闸。

9. 试设计电器控制线路，要求：第一台电动机启动10s 后，第二台电动机自动启动，

运行5s后，第一台电动机停止，同时第三台电动机自动启动，运行15s后，全部电动机停止。

答：设计控制电路图如答案图2.3所示。



答案图2.3

10. 供油泵向两处地方供油，油都达到规定油位时，供油泵停止供油，只要有一处油不足，则继续供油，试用逻辑设计法设计控制线路。

答：由2个液位开关  $BG_1$ 、 $BG_2$  分别检测2处油位，油泵的运转由接触器KM 控制，由2个液位开关控制接触器KM 的通断。设液位开关的触头在油位未达到时闭合，达到时断开，则根据题目要求，可列出接触器通电状态的真值表，如答案表2.1 所示。

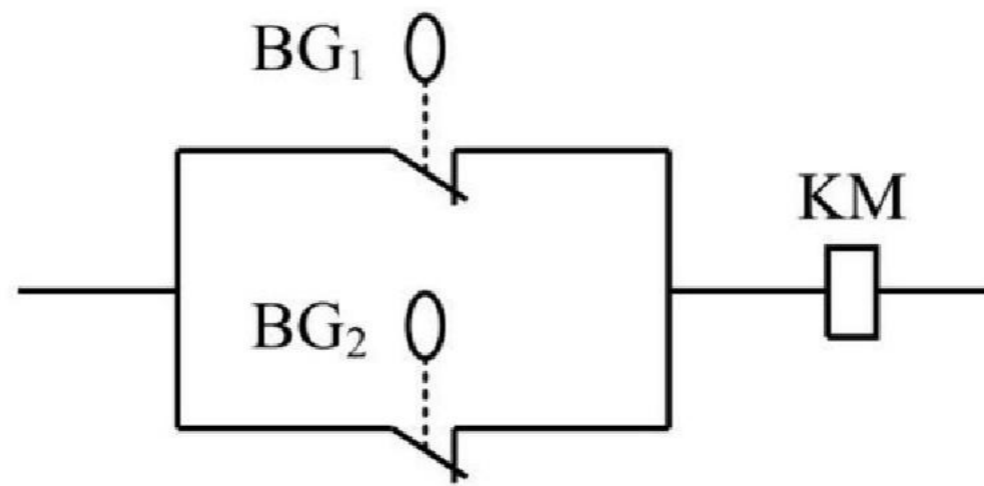
答案表2.1所示

BG <sub>1</sub>	BG <sub>2</sub>	KM
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

根据真值表可列出接触器KM通电的逻辑函数式为

$$\begin{aligned} KM &= BG \cdot BG_2 + \overline{BG} \cdot BG_2 + BG_1 \cdot BG_2 \\ &= BG \bullet BG_2 + BG \\ &= BG_1 + BG_2 \end{aligned}$$

根据上式结果可画出控制电路如答案图2.4所示，图中液位开关状态为油位未达到时的状态。



答案图2.4

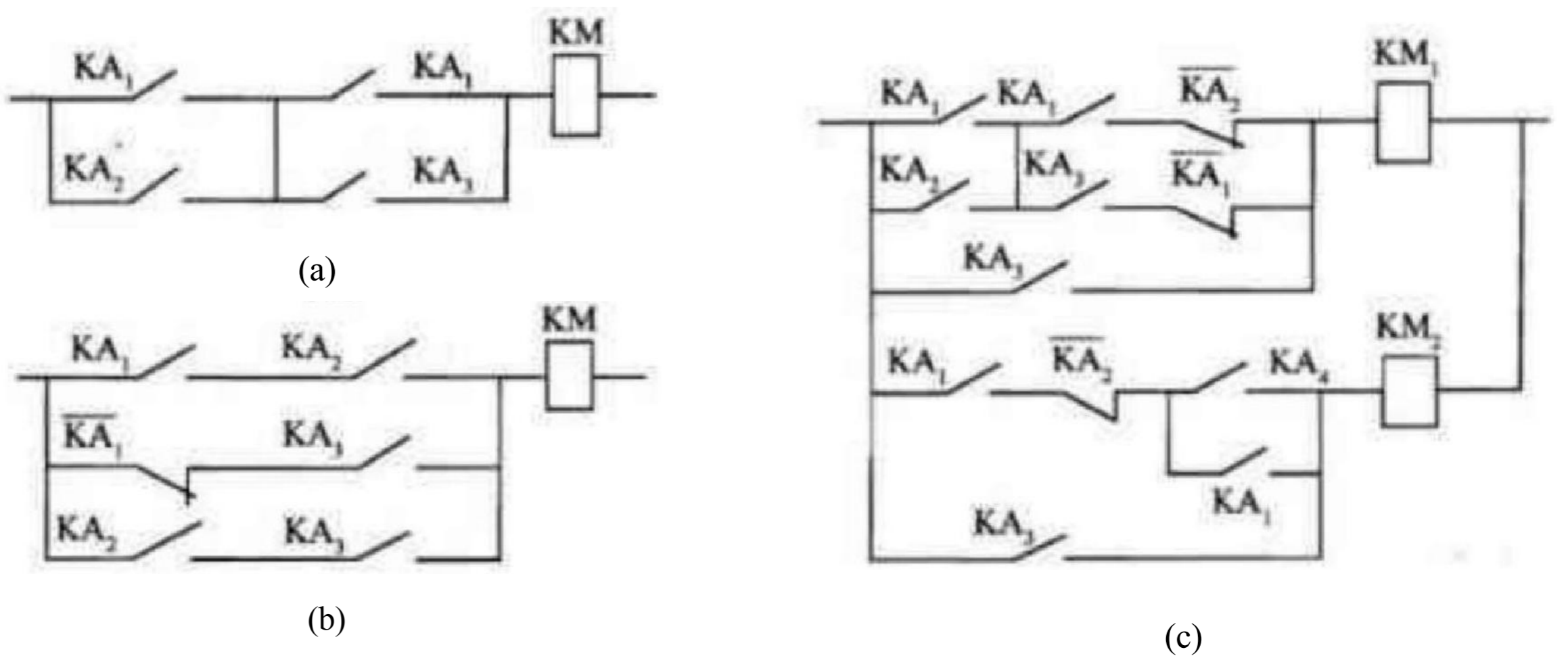


图2-21

习题2-11图

11. 简化图2-21 所示控制电路。

答：

(a) 逻辑表达式为

$$KM=(KA_1+KA_2) \cdot (KA_1+KA_3) \quad KM=(KA_1+KA_2)(KA_1+KA_3)$$



$$=KA \cdot KA_1 + KA_2 \cdot KA_1 + KA \cdot KA_3 + KA_2 \cdot KA$$

$$=KA_1 + KA_2 \cdot KA_1 + KA_1 \cdot KA_3 + KA_2 \cdot KA_3$$

$$=KA_1(1 + KA_2 + KA_3) + KA_2 \cdot KA_3$$

$$=KA_1 + KA_2 \cdot KA_3 = KA_1 + KA_2 \cdot KA_3$$

简化后的控制电路如答案图2.5所示。

(b) 逻辑表达式为

$$KM = KA_1 \cdot KA_2 + KA_1 \cdot KA_3 + KA_2 \cdot KA_3$$

$$=KA \cdot KA_2 + KA_1 \cdot KA_3$$

简化后的控制电路如答案图2.6所示。

(c) 逻辑表达式为

$$KM_1 = (KA_1 + KA_2) \cdot (KA_4 \cdot KA_2 + KA_3 \cdot KA_4) + KA_3$$

$$=KA_1 \cdot KA \cdot KA_2 + KA_2 \cdot KA_1 \cdot KA_2 + KA_1 \cdot KA_3 \cdot KA_1 + KA_2 \cdot KA_3 \cdot KA_1 + KA_3$$

$$=KA_1 \cdot KA_2 + 0 + 0 + KA_2 \cdot KA_3 \cdot KA_1 + KA$$

$$=KA \cdot KA_2 + KA_4 \cdot (KA_2 \cdot KA_4 + 1)$$

$$=KA_1 \cdot KA_2 + KA_3$$

$$KM_2 = (KA_4 \cdot KA_1) \cdot (KA_4 + KA_1) + KA_3$$

$$=KA_1 \cdot KA_2 \cdot KA_1 + KA_1 \cdot KA_2 \cdot KA_4 + KA_3$$

$$=KA_1 \cdot KA_2 + KA_1 \cdot KA_2 \cdot KA_4 + KA_3$$

$$=KA \cdot KA_2 \cdot (1 + KA_4) + KA_3$$

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/186240130122010113>