

东南大学电工电子实验中心

实 验 报 告

课程名称: 电路实验

第 8 次实验

实验名称: 交流控制电路设计

院（系）： 电子科学与工程

专 业： 电子信息大类（无锡）

姓 名: 孙寒石 学 号: D2219117

实 验 室: 202 实验组别: 17

同组人员： 张扬 实验时间： 2020 年 9 月 24 日

评定成绩: 审阅教师:

一、实验目的：

- (1) 掌握判断三相电源相序方法；
- (2) 三相照明电路设计与实现；
- (3) 三相异步电机控制电路设计。

二、实验原理

1、预习相序判断的方法，并简述原理。

2、预习三相异步电动机控制电路相关知识：

(1) 三相异步电机

当三相异步电机定子绕组中通入三相电流后，它们共同产生的合成磁场是随电流的交变而在空间不断地旋转着，这就是旋转磁场。其磁力线切割转子导条，导条中就感应出电动势，在电动势作用下，闭合的导条中就有电流。这电流与旋转磁场相互作用，而使转子导条收到电磁力。由于电磁力产生电磁转矩，转子就转动起来。

三相异步电动机定子绕组的出线端一般如图 1-a 所示。其联结方法有 Y 形和△形两种。分别如图 1-b、c 所示。

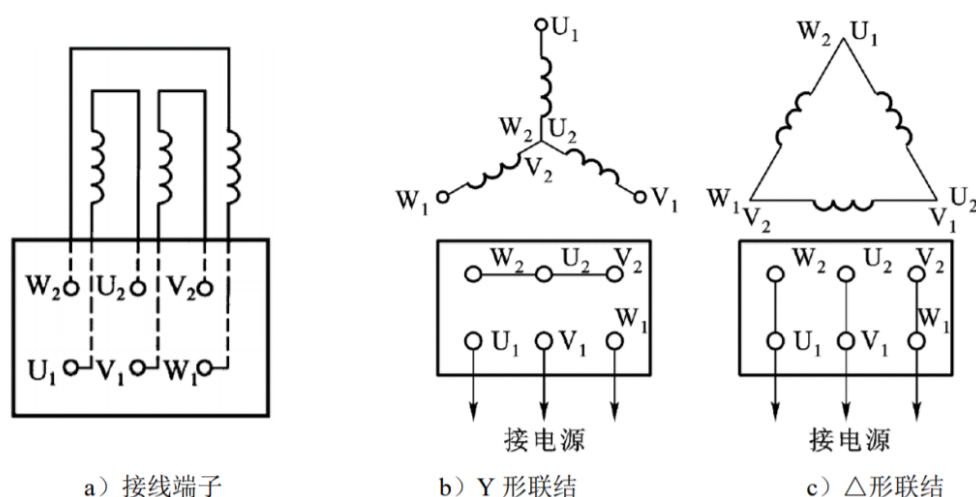


图 1 定子绕组的 Y 形联结和△形联结

(2) 继电器接触器控制

由继电器、接触器、按钮等控制电器对电动机的启动、停止、正反转等的控制称为继电器接触器控制。利用继电器接触器控制可以使生产机械按规定的要求进行运作，同时又能对电动机和生产机械进行保护。

1) 交流接触器

利用电磁吸力来工作。由一个铁心线圈吸引衔铁动作，还有 3 个主触点和若干个辅助触点。主触点串接在主电路中，利用接触器线圈的通、断电，使电动机接通或断开电源。也就是利用接触器线圈的小电流的通断来控制电动机主电路大电流的通断，实现了电动机自动控制。

线圈和辅助触点接在控制电路中，可按自锁和互锁的要求来联接。也可起接通或断开控制电路某分支的作用。接触器还可以起欠电压保护作用。选用时应注意其额定电流、线圈电压及触点数量。线圈接通电源（线圈得电），接触器全部常闭触点均断开，全部常开触点均接通；线圈断电（失电），常闭触点恢复闭

合，常开触点恢复断开。



图 2 交流接触器

2) 热继电器

主要由发热元件、感受元件和触头组成。利用电流的热效应而动作的自动电器。发热元件串接在主电路中，常闭触头接在控制电路中。当电动机长期过载时，主电路中的发热元件通过感受元件使接在控制电路中的常闭（动断）触头断开，使接触器线圈失电，电动机主电路断开，起过载保护作用。注意由于热惯性，热继电器不能起短路保护作用。（用熔断器对电动机进行短路保护）。选用热继电器时，应使用额定电流与电动机的额定电流基本一致。

3) 时间继电器

是按照所整定的时间间隔长短进行动作的继电器，常用的有空气式时间继电器。它是利用空气阻尼的原理制成。空气式时间继电器结构简单、延时范围大，得到广泛应用。时间继电器有瞬时触头和延时触头。注意不要接错。

在控制线路原理图中，所有控制电器的触头都处于静态时位置，即电器没有通电时所处的状态。按钮处于不受外力作用时的位置。

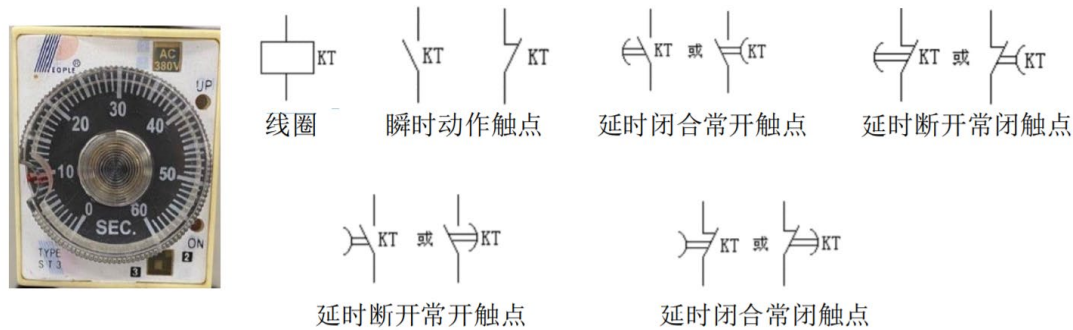
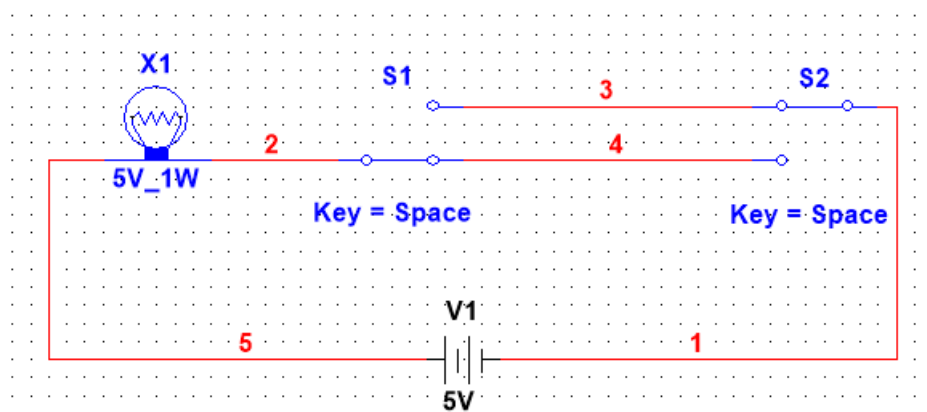


图 3 时间继电器

(3) 三相异步电动机的继电器接触器控制

- 1) 在电动机继电器接触器控制中，有时要求某电器加信号后能自动保持其动作后状态，即具有自锁作用。这种自锁作用是实现电动机连续运转的基本环节。
- 2) 三相异步电动机的定子绕组通入三相交流电便会产生旋转磁场。磁场旋转方向取决于三相交流电的相序，改变相序，即可改变磁场旋转方向，从而改变电动机的转动方向。
- 3) 大容量的异步电动机起动时要降压，用以降低启动电流，减少对供电系统的影响。常用 Y- Δ 启动方法。对于正常运行时定子绕组三角形联结的电动机，启动时先将定子绕组接成星形，等转速增加到一定要求时，再改为三角形。其启动电流可降为直接启动时的 $1/3$ ，但启动转矩也减小到直接启动时的 $1/3$ 。

3、设计实验内容（1）。

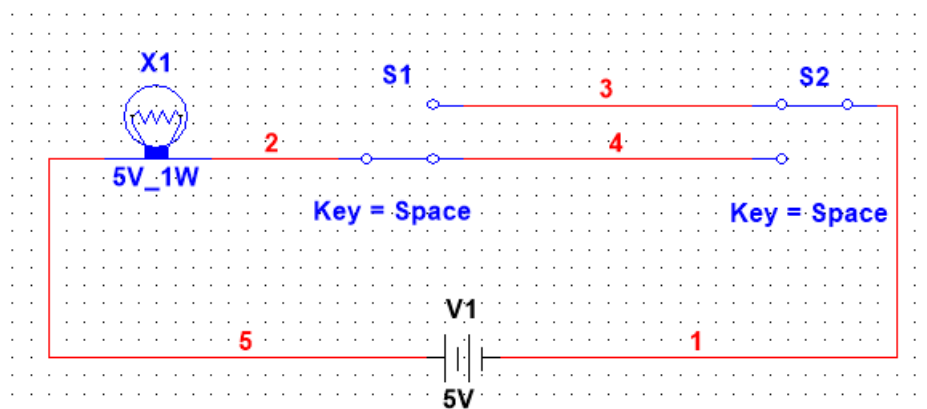


4、分析图 9（a）原理。

按下 SB_F 时， KM_F 线圈通电， KM_F 主触点、并联在 SB_F 两端的辅助触点 KM_F 闭合，使得 KM_F 线圈持续通电，工作电路接通，电机正转；同时， KM_F 线圈通电时， KM_F 常闭辅助触点断开，使得 KM_R 线圈所在的支路无法通电，即无法使 KM_R 主触点闭合，从而电机在控制电路未全部断电时，只会正转，不会反转。同理可知，当先按下 SB_R 时，控制电路也只能使电机反转，不全部断电不能正转。从而实现了互锁。

三、实验内容

（1）用 Multisim 设计仿真双联双控开关电路。要求两只单刀双掷开关控制一只电灯，任何一只开关的状态改变一次，电灯亮灭状态都要改变一次。



设计电路如上图所示，当切换 S1 或 S2 时，我们可以发现都能实现灯泡的亮灭切换，符合设计要求。

（2）三相电源相序判断，按图 4 所示电路判定三相电源的相序。

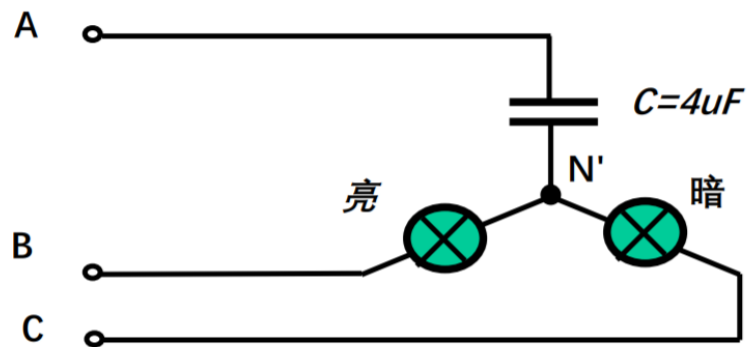


图 4 相序指示器

实验现象：连接电路后发现，B 相的灯泡亮于 C 相的灯泡，B 的相序超前 C 的相序。

理论解释：由于三项负载不均匀，A 相由于接电容复杂，所以之路中的相电流超前相电压 90° ，导致矢量合成后的 A-B 电流大于 A-C 电流，所以 B 相灯泡更亮。

(3) 三相照明电路设计与实现，Y/ Δ 负载连接（定性观察）。

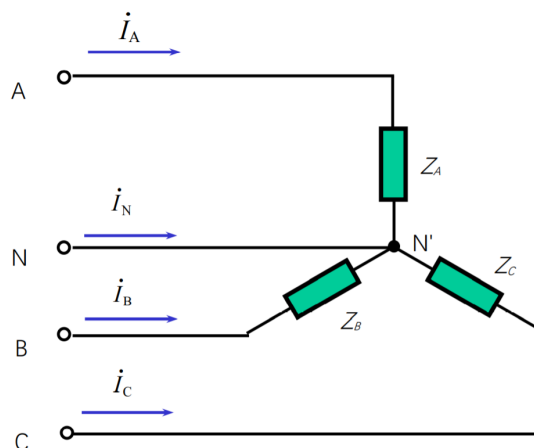


图 5 负载星形联结的电路

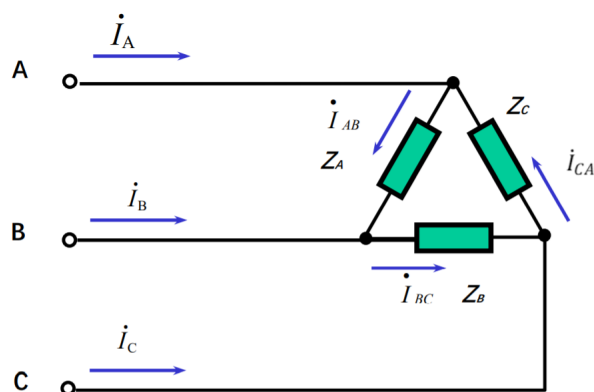


图 6 负载三角形联结电路

实验现象：三角形连接的灯泡比星形连接的灯泡更亮。

原理分析：在对称三相电路中，三角形负载的相电压等于线电压，而星形负

载的相电压等于线电压的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ，导致星形负载的电压比三角形负载的电压小，电流也小，所以导致星形连接灯泡的亮度暗于三角形连接的灯泡。

(4) 三相异步电动机控制电路设计：点动电路设计，启动、停止电路设计
1) 异步电动机的点动按图 7 所示接好主电路和控制电路，合上三相交流电源开关 Q，按起动按钮 SB_2 ，观察电动机的点动控制情况。

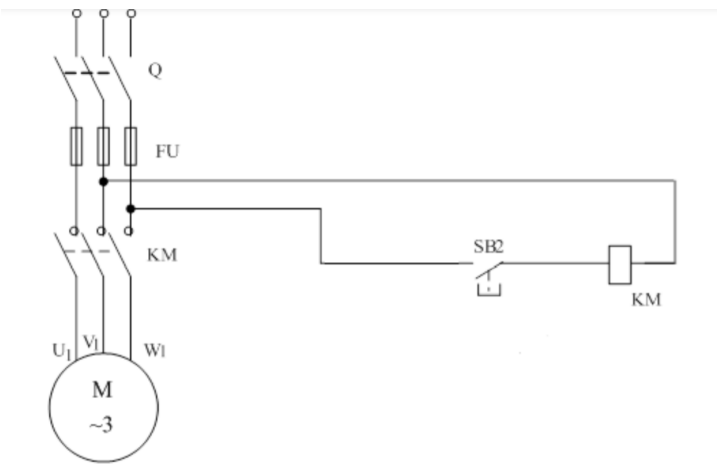


图 7 三相异步电动机的点动控制电路

实验现象：按下起动按钮 SB_2 电机转动，松开起动按钮 SB_2 转动停止。
原理分析：起动按钮 SB_2 闭合时，KM 线圈通电，KM 主触点闭合，工作电路接通，电机工作；当起动按钮 SB_2 断开时，KM 线圈不通电，KM 主触点断开，工作电路断开，电机停止工作。

2) 异步电动机的启动、停止控制断开电源开关 Q，将交流接触器常开辅助触头并联在 SB_2 两端，如图 8 所示的虚线部分。
重新合上电源开关 Q，按下起动按钮 SB_2 ，松开按钮 SB_2 观察电动机的运行，了解自锁功能，运行正常时，按下停止按钮 SB_1 ，电动机停转，然后断开电源。

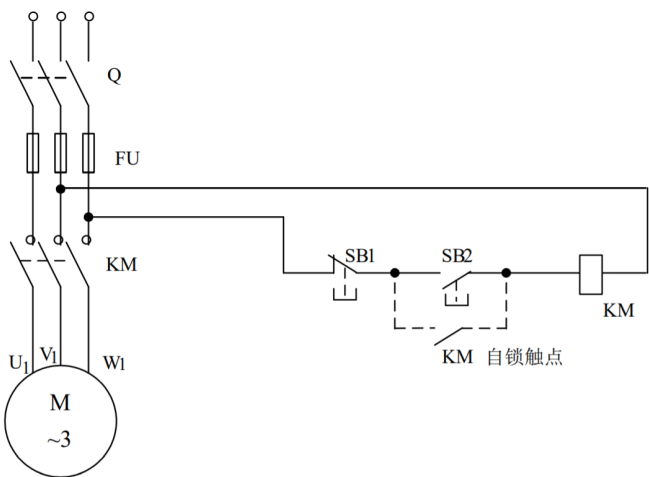


图 8 三相异步电动机的启动、停止控制

实验现象：按下起动按钮 SB_2 电机转动，松开起动按钮 SB_2 电机继续转动，按下 SB_1 电机停止转动。
原理分析：起动按钮 SB_2 闭合时，KM 线圈通电，KM 主触点闭合，KM 辅助触

点也闭合，工作电路接通，电机工作；当起动按钮 SB_2 断开时，由于 KM 辅助触点闭合，KM 线圈持续通电，KM 主触点保持闭合，电机继续工作；按下 SB_1 ，控制电路断开，KM 主触点断开，电机停止工作。

（5）三相异步电动机控制电路设计：正反转控制电路设计

1) 按图 9-a 接好主电路与控制电路。合上电源开关 Q，按下正转按钮 SB_F ，观察电动机转向，然后按停机按钮 SB_1 ，停机，再按反转按钮 SB_R 。观察电动机转向，应反转。

按 SB_F 正转按钮，使电动机正转，然后再按下 SB_R 反转按钮，各电器并不动作，电动机继续正向转动。辅助常闭触头（ KMF 、 KMR ）实现互锁的作用，试分析原理。

实验现象：按下 SB_F 电机正转，此时按下 SB_R 电机依旧正转；按下 SB_1 电机停止转动；此时按下 SB_R 电机反转，此时按下 SB_F 电机依旧反转。

原理分析：首先我们明确，由于 KM_F 主触点的工作电路接正序三相电路，所以接通后电机正转；而 KM_R 主触点的工作电路接逆序三相电路，所以接通后电机反转。下对控制电路进行分析：

按下 SB_F 时， KM_F 线圈通电， KM_F 主触点、并联在 SB_F 两端的辅助触点 KM_F 闭合，使得 KM_F 线圈持续通电，工作电路接通，电机正转；同时， KM_F 线圈通电时， KM_F 常闭辅助触点断开，使得 KM_R 线圈所在的支路无法通电，即无法使 KM_R 主触点闭合，从而电机在控制电路未全部断电时，只会正转，不会反转。同理可知，当先按下 SB_R 时，控制电路也只能使电机反转，不全部断电不能正转。从而实现了互锁。

而由于 SB_1 在控制电路的干路上，控制整个控制电路是否工作，所以不受互锁的影响，所以可以通过断开 SB_1 ，从而实现正转反转的切换。

2) 按图 9-b 所示控制电路接线，采用由复式按钮组成互锁保护的电路，当正转向反转切换时，可不必先按停止按钮 SB_1 ，而可直接按下 SB_R 使电动机反向转动起来。试分析控制原理。（选做）

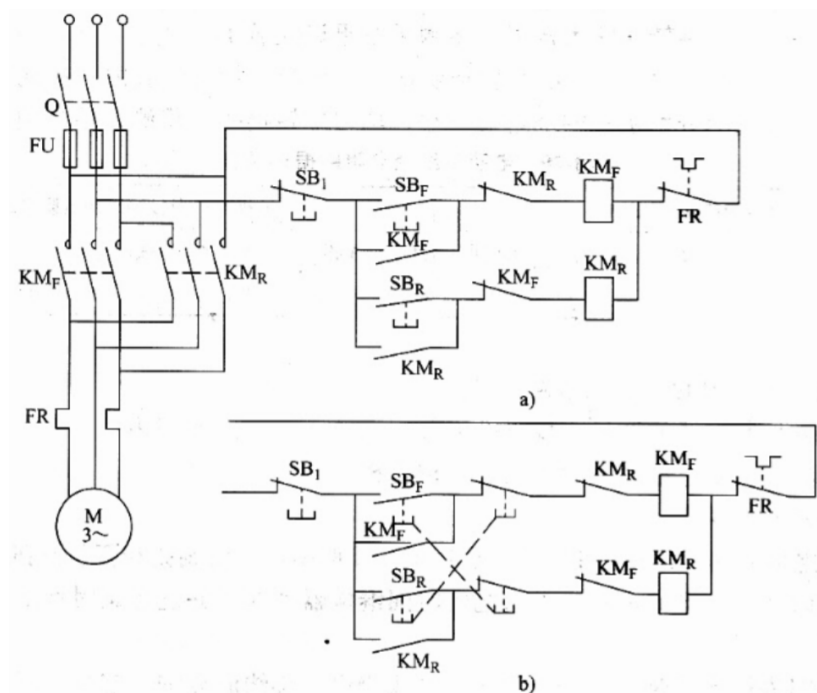


图 9 三相异步电动机的正反转控制电路

实验现象：按下 SB_F 电机正转，此时按下 SB_R 电机反转，按下 SB_F 电机重新正转，按下 SB_1 停止转动。

原理分析：首先我们明确，由于 KM_F 主触点的工作电路接正序三相电路，所以接通后电机正转；而 KM_R 主触点的工作电路接逆序三相电路，所以接通后电机反转。下对控制电路进行分析：

按下 SB_F 时， KM_F 线圈通电， KM_F 主触点、并联在 SB_F 两端的辅助触点 KM_F 闭合，使得 KM_F 线圈持续通电，工作电路接通，电机正转；当按下反转按钮 SB_R 时，接在 SB_F 支路中的 KM_R 的常闭辅助开关断开，此时 KM_F 线圈断电，从而正转 KM_F 辅助触点断开，从而电机停止正转，同时由于 SB_R 的闭合， KM_R 线圈通电， KM_R 主触点、并联在 SB_R 两端的辅助触点 KM_R 闭合，使得 KM_R 线圈持续通电，电机反转。

同理可知，当先按下 SB_R 再按下 SB_F 也就能实现先反转后正转的切换。

最后按下 SB_1 ，整个控制电路断开，从而电机停转。

(6) Y- Δ 延时切换电路实现，负载为三组两两串联的灯泡，分析原理（提高要求）。

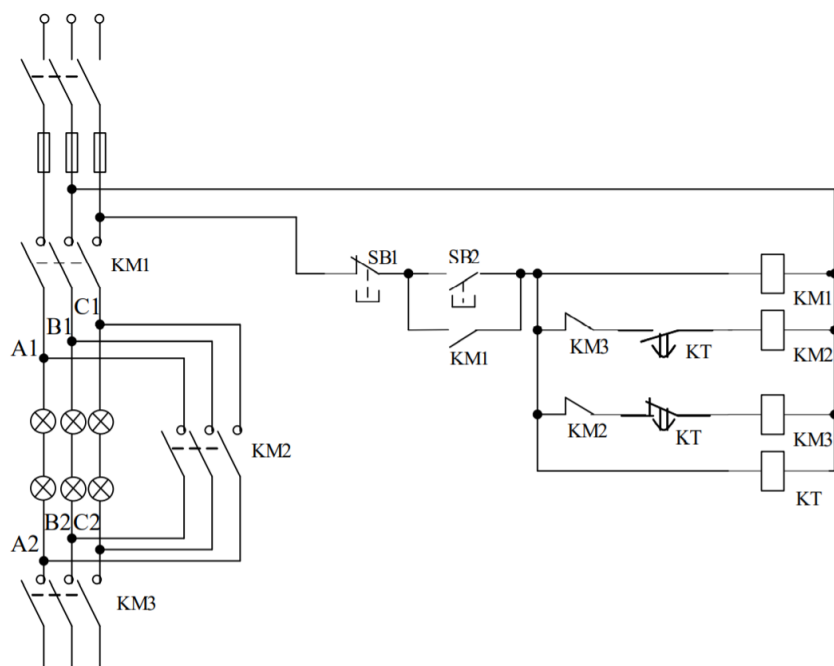


图 10 Y-Δ延时切换电路

实验现象：按下 SB_2 灯泡亮度较暗，十秒钟后灯泡突然变亮。按下 SB_1 灯泡熄灭。

原理分析：首先我们明确， KM_1 、 KM_3 主触点接通后为星形连接，灯泡亮度较暗； KM_1 、 KM_2 主触点接通后为三角形连接，灯泡亮度较亮。接下来我们分析控制电路：

按下 SB_2 时， KM_1 、KT 线圈通电， KM_1 主触点闭合， KM_1 常开的闭合，使得 KM_1 、KT 线圈持续通电；同时由于 KT 延时常开开关和 KT 延时常闭开关的作用，刚接通时， KM_3 线圈通电，从而 KM_3 主触点闭合，此时 KM_1 、 KM_3 主触点同时接通，构成星形连接，灯泡接通但亮度较暗；同时 KM_2 线圈所在支路的 KM_3 常闭辅助开关断开，避免了 KM_2 线圈通电。

当接通控制电路十秒钟后，KT 延时常开开关闭合，KT 延时常闭开关断开，从而 KM_3 线圈断电， KM_3 主触点断开， KM_2 线圈所在支路的 KM_2 常闭辅助开关闭合；此时由于 KT 延时常开开关也闭合，所以 KM_2 线圈通电， KM_2 主触点闭合，此时 KM_1 、 KM_2 主触点同时接通，构成三角形连接，灯泡亮度变亮。

最后按下 SB_1 ，整个控制电路断开，从而灯泡熄灭。

四、实验使用仪器设备

Multisim 软件：

版本：Multisim 13.0

强电实验实相关器材：

线电压 220V 三相交流电电源，保险丝，继电器接触器（交流接触器、时间继电器），

灯泡，电机

五、实验总结

（实验误差分析、实验出现的问题及解决方法、思考题（如有）、收获体会等）

实验误差分析：

由于本次实验多以定性实验为主，所以几乎不存在误差问题。故不作特别的误差分析。

出现的问题以及解决方法：

在做电机正反转控制电路设计时，原先在连接完工作电路和控制电路后启动电机并未转动。后经检查发现，电机三个端子并未相连，将 UVW 端连接后，构成星形连接从而电机可以正常工作。

在观察电机正反转时，由于电机转子转动较快，不易观察。后发现可以观察在电机启动的瞬间和停止的瞬间的转向得到电机的工作状态的转向。

在连接电机正反切换的电路时，由于教学计划上的字母表示更偏向现实意义，采用了 RF 进行标注，在接线时发现不利于接线。后重新绘制电路图，将 RF 改为 12 标识，使得接线方便快捷且准确率较高。

收获体会：

通过本次实验，深化了对于三相交流电的认识和体会，学习了三相交流电的实际接法。

认识到了实际电路的连接正确首先需要有适当合理准确的理论电路图，确保理论电路的合理才能连接出合乎要求的实物电路。同时在理论图设计时，也需要考虑接线的方便，可以在选择标识字符时，更加规范、明晰。

在接实物电路时，主要关注元件之间的拓扑关系，如果过于关注全局电路，很有可能接线时出现连接错误的问题，做到先设计理论图，后连接实物，才能实现高效的电路设计。

针对三相电的特性，可以结合需要的特性，设计合乎需求的电路。

同时，在设计需要经常开闭的强电电路时，可以采用工作电路与控制电路分离的方法，使用弱点控制强电，使得电路更加稳健安全。控制电路的设计可以通过巧妙的使用继电器接触器，利用互锁、自锁等接法，实现电路控制的合理便捷。