

第二章

电力拖动实验项目

实验一 三相交流异步电动机点动和自锁控制

1. 实验目的

- (1) 通过对三相交流异步电动机点动和自锁控制电路实际安装接线，熟悉电动机的连接方法，掌握将原理图变换成实际控制电路的基本知识和基本技能。
- (2) 通过实验，加深理解点动控制和自锁控制的电路原理和特点。

2. 原理说明

(1) 生产实践中有很多场合需要用到点动控制电路，如机床调整刀架和试车；吊车在定点放落重物时，常常需要电动机短时断续工作，即按下按钮电动机就转动，松开按钮电动机就停转。该控制电路的主要电器是交流接触器。点动控制电路原理图如图 2-1 所示。

电动机点动控制电路动作原理如下。

启动：按下启动按钮 **SB**，控制电路通电，即接触器 **KM** 线圈通电，接触器主触头闭合，主电路接通，电动机 **M** 通电启动。

停止：松开启动按钮 **SB**，接触器线圈断电，接触器 **KM** 主触头断开，主电路分断，电动机 **M** 断电停转。

(2) 对于需要较长时间运行的电动机，用点动控制不方便，则需要采用接触器辅助触头来实现自锁控制。通常利用接触器自身的常开触头与启动按钮并联来实现自锁控制。自锁控制电路原理图如图 2-2 所示。

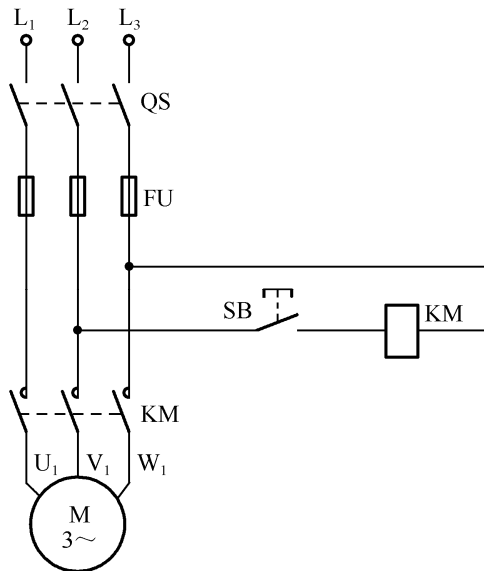


图 2-1 三相交流异步电动机点动控制电路原理图

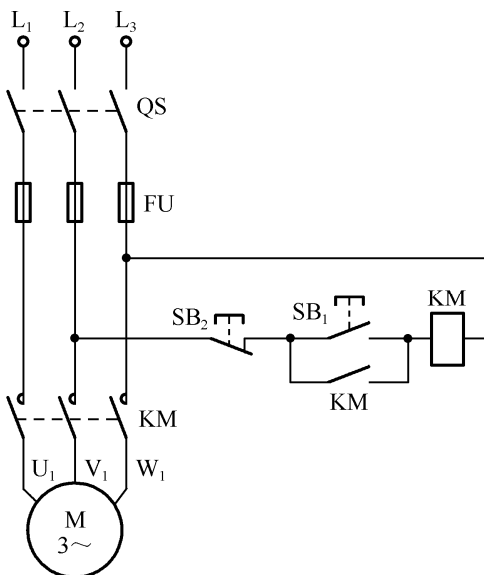


图 2-2 三相交流异步电动机自锁控制电路原理图

该控制电路的特点是按下启动按钮，在接触器主触头闭合的同时，接触器 KM 辅助常开触头也跟着闭合，这样松开启动按钮 SB₁ 时接触器线圈就不会断电，以达到电动机长期运行的目的。停机时，只要按下停止按钮 SB₂ 即可。

(3) 电动机运行过程中设置了短路保护，在电路中采用熔断器和自动开关做短路保护（正规实验台一般将保护元件装在实验台内部，省略外接线）。当电

动机或电器连线发生短路故障时，可及时熔断熔芯或断开自动开关，达到保护设备和电源的目的。由于更换熔芯不方便，实验台中一般将自动开关的瞬动电流值整定合理，短路时尽量让自动开关先动作。

3. 实验设备

实验设备见表 2-1。

表 2-1 实验设备

序 号	代 号	名称及规格	数 量
1		三相交流电源 380V	1
2	M	三相交流异步电动机 0.5~2.2kW	1
3	KM	交流接触器 10~20A/380V	1
4	SB ₁	启动按钮 LA18—22	1
5	SB ₂	停止按钮 LA18—22	1
6		万用表	1
7		电压表 0~450V	3

4. 实验内容

熟悉各电器元件的结构、图形符号、接线方法，抄录电动机及各有关电器的铭牌数据，并用万用表欧姆挡检查各电器线圈、触头是否完好。电动机接成星形，实验电源接实验台上三相自耦调压器输出端 U、V、W，供电电压为 380V。合理选择连接导线，一般二次电路连接铜芯导线截面积不小于 1.5mm²。多数实验台采用插接软导线连接。如用继电器板安装元器件，接线必须符合布线工艺要求（见实验十二）。

1) 点动控制

按图 2-1 所示点动控制电路进行接线。接线时，先接主电路，即从 380V 三相交流电源的输出端 U、V、W 开始，经交流接触器 KM 的主触头，到电动机的三个接线端 U₁、V₁、W₁（或 A、B、C），用导线按顺序串联起来，注意导线相序色标为黄、绿、红。主电路接线完成以后再连接控制电路，即从 380V 三

相交流电源某输出端（如 V）开始，经过启动按钮 SB、接触器线圈连成回路。
注意：每个接线端子上不得多于两根连接导线。

接好线路，经指导教师检查后，方可进行通电操作。

操作顺序：

- （1）开启实验台电源开关，按启动按钮，调节调压器，使输出电压为 380V。
- （2）按启动按钮 SB，对电动机进行点动操作，比较按下和松开按钮 SB 时电动机和接触器的运行情况。
- （3）实验完毕，按下实验台停止按钮，切断实验电源。

2) 自锁控制

按图 2-2 所示自锁控制电路进行接线。它与图 2-1 所示电路的不同点在于控制电路中多串联了一个停止按钮 SB₂，同时在 SB₁ 启动按钮两端并联了一个接触器 KM 的常开触头，起自锁作用。

接好线路，经指导教师检查后，方可进行通电操作。

- （1）按实验台启动按钮，接通 380V 三相交流电源。
- （2）按启动按钮 SB₁，松手后观察电动机 M 是否继续运转。
- （3）按停止按钮 SB₂，松手后观察电动机 M 是否停转。
- （4）按实验台上的停止按钮，断开实验电源，拆除控制回路中的自锁触头 KM；再接通三相电源，启动电动机，观察电动机与接触器的运转情况，从而验证自锁触头的作用。

实验完毕，将自耦调压器调回零位，按实验台停止按钮，切断实验电源。

5. 实验注意事项

- （1）接线要求正确、牢靠、整齐，主电路相序 U、V、W 与黄、绿、红色标相对应。
- （2）操作时，要求胆大心细，注意安全，不可用手触及电器元件导电部分及电动机转动部分，以防触电和意外损伤。
- （3）通电之前，要求用万用表电阻挡测量二次线路是否有短路现象，确认无短路现象以后方可通电。

6. 思考与练习

- (1) 何谓自锁？自锁功能由什么部件完成？如误用接触器常闭触头做自锁触头，将出现什么现象？
- (2) 在实验台上测量二次线路是否短路时，要把二次线路断开一端，这是为什么？
- (3) 自锁功能失去作用，如何用万用表检查？

7. 实验成绩评定

项目类别	配分	评分细则			扣分	得分
电路连接	50	接线错误每处扣 5 分，一个接点超过 2 根线扣 2 分，主电路相序色标错误每处扣 1 分				
实验过程	20	实验台操作顺序不正确扣 5 分，电源电压调整误差超过 5% 扣 5 分，仪表使用方法不正确扣 5 分				
通电	30	一次通电不成功扣 10 分，以后每次通电不成功均扣 5 分				
安全文明操作		每违反一次扣 10 分				
实验配时	45min	每超过规定时间 5min 扣 10 分				
开始时间		结束时间		实际用时		成绩

实验二 具有过载保护功能的三相交流异步电动机单向运转控制

1. 实验目的

- (1) 通过具有过载保护功能的三相交流异步电动机单向运转控制实验，熟悉热继电器的结构、原理与接线方法。
- (2) 通过实验掌握热继电器的选用原则和整定方法。

2. 原理说明

三相交流异步电动机在运行过程中难免会遇到负载的增大和设备运行的阻卡，从而使电动机工作电流急剧上升，即出现过载故障。该故障如不及时排除

会使电动机烧毁，因此要对电动机进行过载保护。实现过载保护功能的常用电器是热继电器。热继电器的主要技术指标是电流整定值。当电流超过整定值时，其常闭触头能在一定时间内断开，切断控制回路，但动作完成后，必须由人工进行复位，常闭触头不能自动复位。热继电器的热元件串联在主电路中，电动机过载时，电流增大，发热量增大，使热继电器中的双金属片弯曲程度增大，其常闭触头会及时断开，切断控制电源，使电动机停转，起到保护作用。其控制电路如图 2-3 所示。

其控制电路动作原理如下。

启动：按下启动按钮 SB_1 ，接触器 KM 线圈通电， KM 主触头闭合，电动机正向启动。同时， KM 辅助常开触头闭合，实现自锁，使电动机维持连续运转。

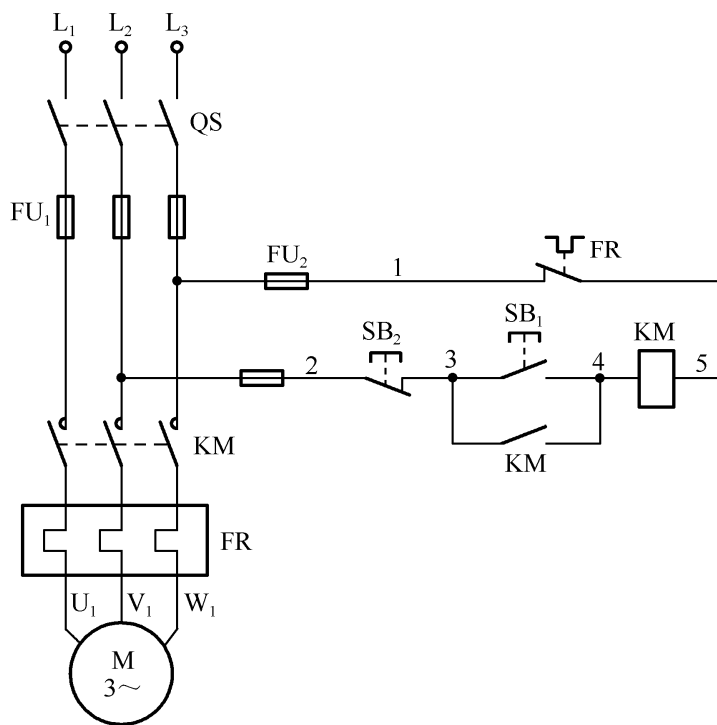


图 2-3 具有过载保护功能的电动机单向运转控制电路图

停止：按下停止按钮 SB_2 ，接触器 KM 线圈断电， KM 主触头断开，电动机停转。同时 KM 辅助常开触头也随之断开，自锁功能消失。再次启动电动机时必须重新按下启动按钮。因此，该继电器接触控制电路具有失压保护的功能。

3. 实验设备

实验设备见表 2-2。

表 2-2 实验设备

序 号	代 号	名称及规格	数 量
1		三相交流电源 380V	1
2	M	三相笼式异步电动机 0.5~2.2kW	1
3	KM	交流接触器 10~20A/380V	1
4	SB ₁ 、 SB ₂	按钮 LA18—22	2
5	FR	热继电器, 整定电流为 1.6~5A	1
6		万用表	1
7		电压表 0~450V	3

4. 实验内容

认识各电器元件的结构、图形符号、接线方法与特点, 抄录电动机和有关电器的铭牌数据; 用万用表检查各电器的线圈和触头是否完好; 电动机接成星形, 连接三相自耦调压器, 输出电源线电压为 380V。

按电路图接线。先接主电路, 即从三相电源输出端 U、V、W (L₁、L₂、L₃) 开始, 经交流接触器主触头、热继电器 FR 的热元件到电动机 M 的三个接线端子 U₁、V₁、W₁ (A、B、C), 用黄、绿、红色标的导线连接起来。主电路接线完成后, 再连接控制电路, 即从电源的一端 (如 V) 开始, 经过 FU₂ (如实验台上不引出可以跨接)、SB₂ 常闭触头、SB₁ 常开触头、KM 线圈、FR 常闭触头到三相电源的另一端 (如 W)。最后把 KM 常开触头并联到 SB₁ 常开触头两端。

接好线路, 经指导教师检查后, 方可进行通电操作。

操作顺序:

- (1) 开启实验台电源开关, 按启动按钮, 调节调压器, 使输出线电压为 380V。
- (2) 按启动按钮 SB₁, 松开按钮时, 观察电动机是否能维持正常运转, 即检查自锁功能是否正常。

(3) 按停止按钮 SB_2 ，切断控制电源，观察电动机是否及时停转。

(4) 松开热继电器 FR 常闭触头的一端连线，再按启动按钮，观察电动机是否还能继续运转，以检验过载保护环节的接线是否正确。

实验完毕，将自耦调压器调回零位，按实验台停止按钮，切断三相交流电源。

5. 实验注意事项

(1) 控制台上连线必须插接牢靠，操作时切不可用手触及电器元件的带电部分，以免触电。

(2) 热继电器整定值需要根据负载电流的大小合理整定，如整定值过小，会造成误动作。若出现此现象，必须重新调整热继电器的整定值。整定值一般取电动机额定电流的 1.05~1.15 倍。

6. 思考与练习

(1) 三相负载不平衡的电路应采用几个热元件的热继电器来做过载保护？

(2) 如果电动机接成三角形，则热继电器选什么型号的比较合适？

7. 实验成绩评定

项目类别	配分	评分细则				扣分	得分
电路连接	40	接线错误每处扣 5 分，一个接点超过 2 根线扣 2 分，主电路相序色标错误每处扣 1 分					
实验过程	30	实验台操作顺序不正确扣 5 分，电源电压调整误差超过 5%扣 5 分，热继电器整定值调整错误扣 5 分，过载保护功能未验证扣 5 分					
通电	30	一次通电不成功扣 10 分，以后每次通电不成功均扣 5 分					
安全文明操作		每违反一次扣 10 分					
实验配时	45min	每超过规定时间 5min 扣 10 分					
开始时间		结束时间		实际用时		成绩	

实验三 三相交流异步电动机正反转控制

1. 实验目的

(1) 通过实验, 进一步了解正反转电路在生产实践中应用的广泛性, 掌握将电气原理图转换成实际操作电路的方法与技巧。

(2) 加深理解电动机换向的原理, 学习分析与排除继电接触控制线路故障的方法。

2. 原理说明

三相鼠笼式异步电动机改变旋转方向是靠变换电源相序来实现的。其主电路采用了两个交流接触器 KM_1 和 KM_2 , 利用其交替运行来改变电动机的电源相序, 从而实现正反转控制。基本的正反转控制电路图如图 2-4 所示。

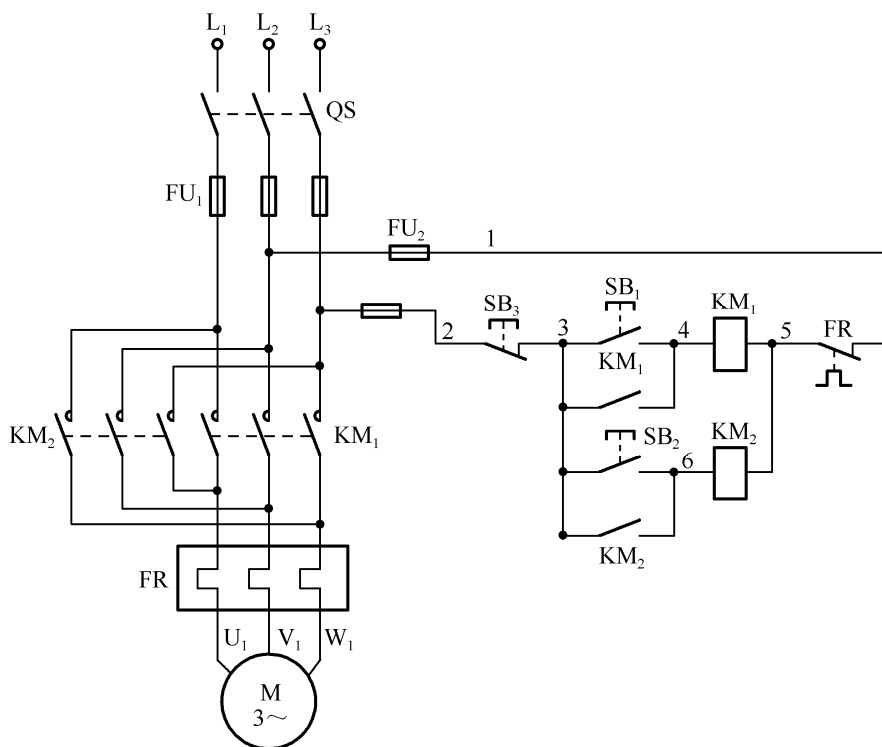


图 2-4 三相交流异步电动机正反转控制电路图

在图 2-4 所示的电路中, KM_1 主触头闭合, 电动机接通电源, 相序为 U-V-W, 电动机正转; 当 KM_2 主触头闭合, 而 KM_1 主触头断开时, U、W 两相交换, 电源相序变成了 W-V-U, 电动机由于换相而反转。电路的控制原理如下。

1) 正转控制

启动: 按下正转启动按钮 SB_1 , KM_1 线圈通电, KM_1 主触头闭合, 电动机正向启动运转, 同时 KM_1 辅助常开触头闭合, 实现自锁。

停转: 按下停止按钮 SB_3 , KM_1 线圈断电, KM_1 主触头断开, 电动机停转, 同时 KM_1 辅助常开触头复位, 自锁消失。

2) 反转控制

启动: 按下反转启动按钮 SB_2 , KM_2 线圈通电, KM_2 主触头闭合, 电动机反向启动, 同时 KM_2 辅助常开触头闭合, 实现自锁。

停转: 按下停止按钮 SB_3 即可。

3. 实验设备

实验设备见表 2-3。

表 2-3 实验设备

序 号	代 号	名称及规格	数 量
1		三相交流电源 380V	1
2	M	三相交流异步电动机 0.5~2.2kW	1
3	KM_1 、 KM_2	交流接触器 10~20A/380V	2
4	SB_1 、 SB_2 、 SB_3	按钮 LA18—22	3
5	FR	热继电器, 整定电流为 1.6~5A	1
6		万用表	1
7		电压表 0~450V	3

4. 实验内容

熟悉各电器的结构、图形符号、接线方法及电动机铭牌数据。用万用表电阻挡检查各电器的线圈和触头是否完好。电动机按星形接法连接。

按电路图接线。先接主电路，正反转主电路有两组接触器的主触头，一般是进线端同相序并联。出线端 U、W 二相交换，即 KM_1 的 U 相接 KM_2 的 W 相，这样 KM_1 断开， KM_2 吸合，电动机就会因电源相序交换而反转。控制回路接线时，公共点最容易漏线，一般要求接到某一公共点时要把该公共点的所有连线全部接完，再接后面的电路。触点的对应位置切不可搞错，一般按图纸的位置与实物对应。

接好连线，经指导教师检查后方可通电操作。由于二次线路连接线增多，必须先用万用表电阻挡检测是否有短路现象，然后才能正式通电。

操作顺序：

- (1) 开启实验台电源开关，按启动按钮，调节调压器，使输出线电压为 380V。
- (2) 按正向启动按钮 SB_1 ，观察电动机和接触器的运行情况。
- (3) 按停止按钮 SB_3 ，观察电动机和接触器的运行情况。注：由于该电路还没有设置联锁功能，所以在停机前不能直接按反转按钮，否则会造成短路。
- (4) 待电动机停稳后，再按反向启动按钮 SB_2 ，观察电动机的转向和接触器的运行情况。
- (5) 按停止按钮 SB_3 ，观察电动机和接触器的运行情况。
- (6) 由指导教师人为设置一故障点，让学生用万用表对照电路图进行分析、检查和排除。
- (7) 实验完毕，按控制台停止按钮，切断三相电源。

5. 实验注意事项

- (1) 此电路未设联锁装置，不能违反操作程序，避免短路故障发生。
- (2) 公共点连线不可遗漏，但每个接线点不可有两个以上接线头。
- (3) 谨慎操作，不可用手触及带电部位，以防触电。
- (4) 排除故障时要避免带电操作，用万用表电阻挡检查正确后才能通电。

6. 思考与练习

- (1) 按启动按钮，电动机转动缓慢，而且有“嗡嗡”声，是由什么原因造成的？
- (2) 正转电动机未停止，直接按反转按钮，为什么会造成短路？采用什么

方法可以防止误操作而造成短路故障？

7. 实验成绩评定

项目类别	配分	评分细则			扣分	得分
电路连接	40	接线错误每处扣 5 分，一个接点超过 2 根线扣 2 分，主电路相序色标错误每处扣 1 分				
实验过程	30	电源电压调整误差超过 5% 扣 5 分，误操作出现短路扣 5 分，设置的故障不能排除扣 5 分				
通电	30	一次通电不成功扣 10 分，以后每次通电不成功均扣 5 分				
安全文明操作		每违反一次扣 10 分				
实验配时	90min	每超过规定时间 5min 扣 10 分				
开始时间		结束时间		实际用时		成绩

实验四 具有联锁功能的三相交流异步电动机正反转控制

1. 实验目的

(1) 通过实验，进一步理解联锁功能在继电控制电路中的重要性，掌握实现联锁功能的方法与特点。

(2) 掌握将原理图转换成实际操作电路的方法，学会分析和排除控制线路故障的方法与技巧。

2. 原理说明

具有联锁功能的三相交流异步电动机正反转控制电路，与前面介绍的普通正反转控制电路的区别在于增设了由接触器辅助常闭触头和按钮常闭触头组成的联锁装置。目的是防止误操作而造成短路故障的发生。联锁的原理是将正转接触器 KM_1 的常闭触头（或按钮的常闭触头）串联在反转接触器 KM_2 的线圈回路里，只要 KM_1 接触器通电，其常闭触头必然断开。此时，即使误操作，没

有按停止按钮而直接按反转启动按钮 SB_2 ，也不会造成短路。反之，将 KM_2 的常闭触头串联在 KM_1 的线圈回路里，效果也是一样的。

接触器联锁的正反转控制电路图如图 2-5 所示。

电路控制原理如下。

1) 正转控制

启动：按下启动按钮 SB_1 ， KM_1 线圈通电， KM_1 主触头闭合，电动机 M 正向运转。 KM_1 常闭触头断开，实现联锁。 KM_1 常开触头闭合，实现自锁。

停转：按下停止按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 断电，电动机停转。

2) 反转控制

启动：按下反转启动按钮 SB_2 ， KM_2 线圈通电， KM_2 主触头闭合，电动机反转。同时 KM_2 常闭触头断开，实现联锁； KM_2 常开触头闭合，实现自锁。

停转：按下停止按钮 SB_3 ， KM_2 断电，电动机停转。

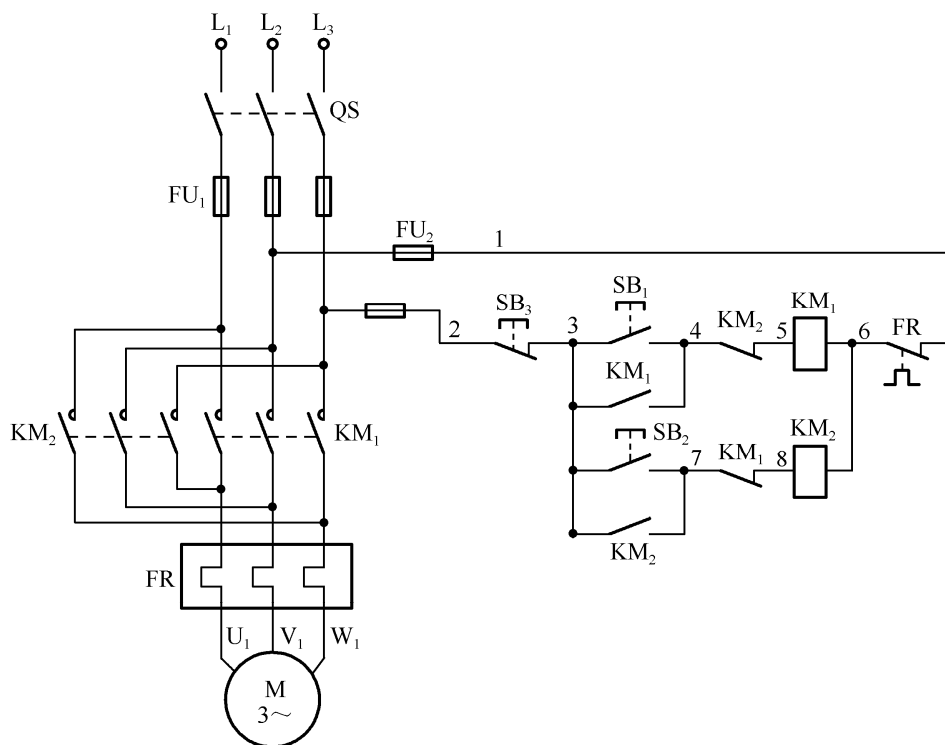


图 2-5 接触器联锁的正反转控制电路图

3. 实验设备

实验设备见表 2-4。

表 2-4 实验设备

序 号	代 号	名称及规格	数 量
1		三相交流电源 380V	1
2	M	三相交流异步电动机 0.5~2.2kW	1
3	KM ₁ 、KM ₂	交流接触器 10~20A/380V	2
4	SB ₁ 、SB ₂ 、SB ₃	按钮 LA18—22	3
5	FR	热继电器，整定电流为 1.6~5A	1
6		万用表	1
7		电压表 0~450V	3

4. 实验内容

了解各电器元件的结构、图形符号和接线方法，抄录电动机及主要电器的铭牌参数，并用万用表欧姆挡检查各电器的线圈和触头是否完好。电动机接成星形，实验线路电源端接实验台三相自耦调压器输出端的 U、V、W。

1) 接触器联锁的正反转控制

按图 2-5 接线，先接主电路，再接控制电路。接线时要求注意力集中，不可漏线和错接。线路接好经指导教师检查后方可通电操作。

操作顺序：

(1) 开启实验台电源总开关，按启动按钮，调节调压器，使输出线电压为 380V。

(2) 按正向启动按钮 SB₁，观察并记录电动机的转向和接触器的运行情况。

(3) 按反向启动按钮 SB₂，观察电动机的转动是否有变化。

(4) 按停止按钮 SB₃，观察电动机和接触器的运行情况。

(5) 再按反向启动按钮，观察并记录电动机和接触器的运行情况，此时电动机应反转。

(6) 按停止按钮 SB₃，电动机停转。

(7) 实验完毕，按实验台停止按钮，切断三相交流电源。

2) 按钮联锁的正反转控制

按钮联锁的正反转控制电路图如图 2-6 所示。

该电路原理与接触器联锁的控制电路基本相同，只是用按钮的常闭触头取代了接触器的常闭触头，接线方法也与图 2-5 基本相同。连接好电路，经指导教师检查后方可通电操作。

操作顺序：

(1) 开启实验台电源总开关，按启动按钮，调节调压器，使输出线电压为 380V。

(2) 按正向启动按钮 SB_1 ，观察电动机的转向和接触器的运行情况。

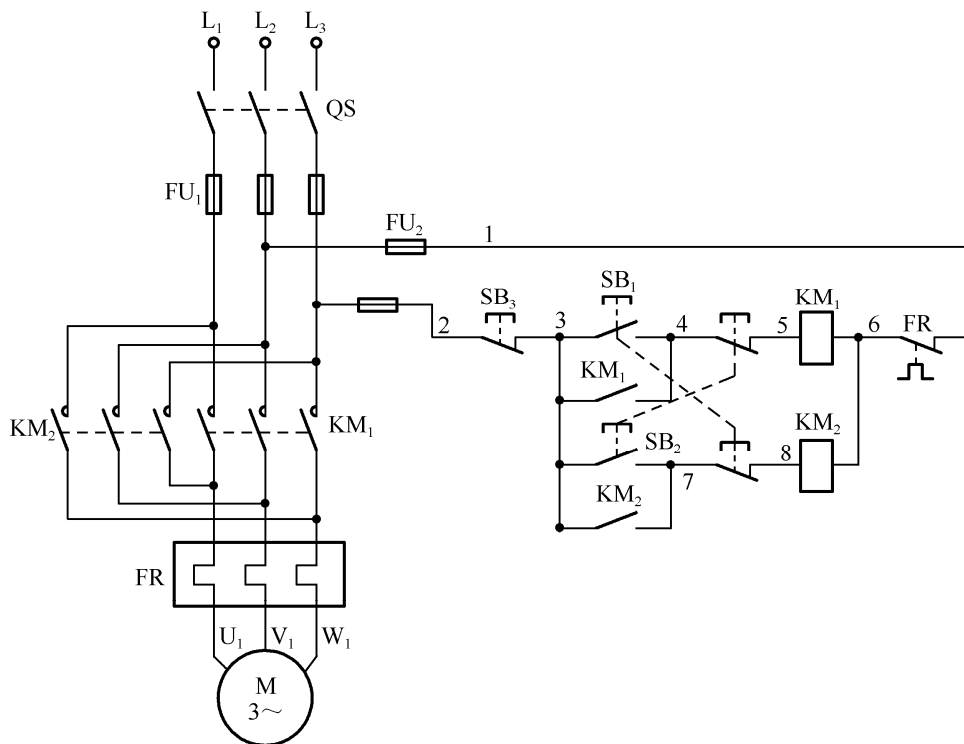


图 2-6 按钮联锁的正反转控制电路图

(3) 直接按反向启动按钮 SB_2 ，观察电动机的转向和接触器的运行情况。
注：此时电动机从正转直接转换为反转，冲击电流较大，电动机有振动现象属正常。

(4) 按停止按钮 SB₃，观察电动机和接触器的运行情况。

(5) 先按反转按钮 SB₂，观察电动机转向，稳定后再按正转按钮 SB₁，再观察电动机和接触器的运行情况。

(6) 按停止按钮 SB₃，电动机停转。

(7) 由指导教师设置一个故障，让学生分析、检查与排除。

(8) 实验完毕，按实验台停止按钮，切断三相交流电源。

5. 实验注意事项

(1) 联锁功能是防止正反转电路短路故障的有效方法，在接线时，一定要注意力集中，以防接错。接好控制电路以后，一定要用万用表检查联锁装置的可靠性。

(2) 通电操作须谨慎、细心，遵守实验程序，切不可用手触及带电体，以防触电。

6. 思考与练习

(1) 按钮联锁电路中，从正转到反转可直接按反转按钮，为什么不会造成短路？

(2) 对于频繁正反转的电动机，如果单一的联锁装置失灵，应怎样改进？

7. 实验成绩评定

项目类别	配分	评分细则				扣分	得分
电路连接	40	接线错误每处扣 5 分，一个接线点超过 2 根线每处扣 2 分，主电路设标错误每处扣 1 分					
实验过程	30	电源电压调整误差超过 5%扣 5 分，通电前未检查联锁装置可靠性扣 5 分，设置的故障未排除扣 5 分					
通电	30	一次通电不成功扣 10 分，以后每次通电不成功均扣 5 分					
安全文明操作		每违反一次扣 10 分					
实验配时	90min	每超过规定时间 5min 扣 10 分					
开始时间		结束时间		实际用时		成绩	

实验五 双重联锁三相交流异步电动机正反转控制

1. 实验目的

(1) 通过实验，加深对电气控制电路中各种保护、自锁、联锁环节的理解，认识双重联锁控制电路在生产实践中应用的重要性。

(2) 掌握将双重联锁控制原理图转换成实际操作电路的方法，学会较复杂控制电路的接线技巧。

2. 原理说明

双重联锁是将电气联锁和机械联锁整合在一起，以提高电路的保护效果。其中，电气联锁由接触器的常闭触头来完成，机械联锁由复合按钮的常闭触头来承担，一个元件失灵后，另一个元件还能工作，这样就可以保证正反转电路联锁功能的可靠性。其电路图如图 2-7 所示。

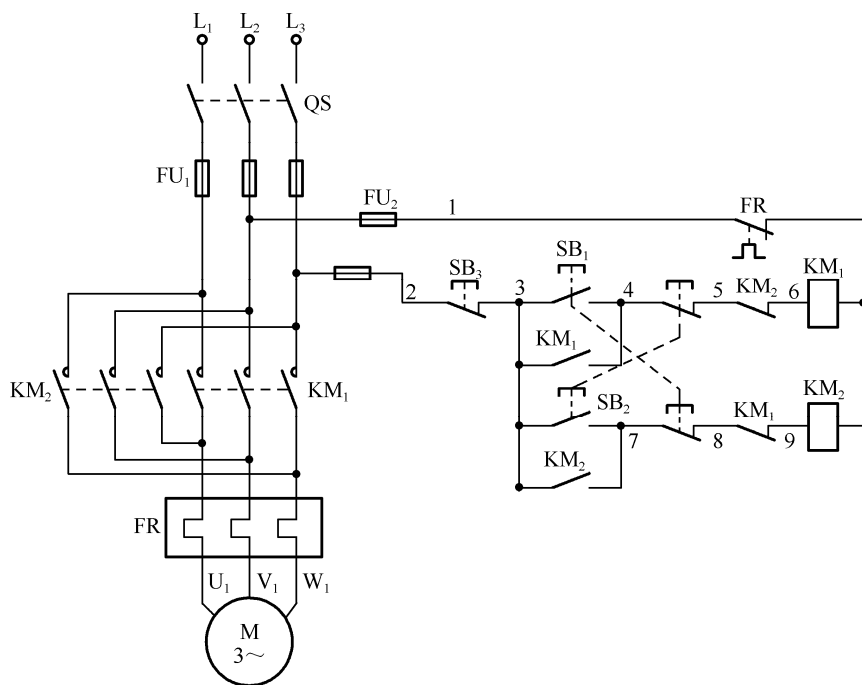


图 2-7 双重联锁电动机正反转控制电路图

该电路图的特点是将接触器辅助常闭触头与复合按钮的常闭触头串联在同一条支路上作为联锁装置。电路工作时，只要其中有一个常闭触头动作正常，就能起到联锁作用，从而提高保护功能的可靠性。

3. 实验设备

实验设备见表 2-5。

表 2-5 实验设备

序 号	代 号	名称及规格	数 量
1		三相交流电源 380V	1
2	M	三相交流异步电动机 0.5~2.2kW	1
3	KM	交流接触器 10~20A/380V	1
4	SB ₁ 、SB ₂ 、SB ₃	按钮 LA18—22	3
5	FR	热继电器，整定电流为 1.6~5A	1
6		万用表	1
7		电压表 0~450V	3

4. 实验内容

按图 2-7 接线，经指导教师检查后，按下述操作步骤进行通电实验。

操作步骤：

(1) 开启实验台电源总开关，按启动按钮，调节调压器，使输出线电压为 380V。

(2) 按正向启动按钮 SB₁，观察电动机的转向及接触器的动作情况。按停止按钮 SB₃，使电动机停转。

(3) 按反向启动按钮 SB₂，观察电动机的转向及接触器的动作情况。按停止按钮 SB₃，使电动机停转。

(4) 重新按正向（或反向）启动按钮，待电动机启动后，再直接按反向（或正向）启动按钮，观察有何情况发生。

(5) 当电动机停稳后，同时按正、反向启动按钮，观察有何情况发生。