

第6章 继电接触控制电路

常用控制电器

- 对电动机和生产机械实现控制和保护的电工设备叫做控制电器。控制电器的种类很多，按其动作方式可分为手动和自动两类。手动电器的动作是由工作人员手动操纵的，如刀开关、组合开关、按钮等。自动电器的动作是根据指令、信号或某个物理量的变化自动进行的，如各种继电器、接触器、行程开关等。

手动电器

1、刀开关

- 刀开关又叫闸刀开关，一般用于不频繁操作的低压电路中，用作接通和切断电源，或用来将电路与电源隔离，有时也用来控制小容量电动机的直接起动与停机。
- 刀开关由闸刀（动触点）、静插座（静触点）、手柄和绝缘底板等组成。
- 刀开关的种类很多。按极数（刀片数）分为单极、双极和三极；按结构分为平板式和条架式；按操作方式分为直接手柄操作式、杠杆操作机构式和电动操作机构式；按转换方向分为单投和双投等。
- 刀开关一般与熔断器串联使用，以便在短路或过负荷时熔断器熔断而自动切断电路。
- 刀开关的额定电压通常为250V和500V，额定电流在1500A以下。

- 安装刀开关时，电源线应接在静触点上，负荷线接在与闸刀相连的端子上。对有熔断丝的刀开关，负荷线应接在闸刀下侧熔断丝的另一端，以确保刀开关切断电源后闸刀和熔断丝不带电。在垂直安装时，手柄向上合为接通电源，向下拉为断开电源，不能反装，否则会因闸刀松动自然落下而误将电源接通。
- 刀开关的选用主要考虑回路额定电压、长期工作电流以及短路电流所产生的动热稳定性等因素。刀开关的额定电流应大于其所控制的最大负荷电流。用于直接起停3 kW及以下的三相异步电动机时，刀开关的额定电流必须大于电动机额定电流的3倍。

2、组合开关

- 组合开关又叫转换开关，是一种转动式的闸刀开关，主要用于接通或切断电路、换接电源、控制小型鼠笼式三相异步电动机的起动、停止、正反转或局部照明。
- 组合开关有若干个动触片和静触片，分别装于数层绝缘件内，静触片固定在绝缘垫板上，动触片装在转轴上，随转轴旋转而变更通、断位置。

3、按钮

- 按钮主要用于远距离操作继电器、接触器接通或断开控制电路，从而控制电动机或其他电气设备的运行。
- 按钮的触点分常闭触点（动断触点）和常开触点（动合触点）两种。常闭触点是按钮未按下时闭合、按下后断开的触点。常开触点是按钮未按下时断开、按下后闭合的触点。按钮按下时，常闭触点先断开，然后常开触点闭合；松开后，依靠复位弹簧使触点恢复到原来的位置。按钮内的触点对数及类型可根据需要组合，最少具有一对常闭触点或常开触点。

2 自动电器

1、熔断器

- 熔断器主要作短路或过载保护用，串联在被保护的线路中。线路正常工作时如同一根导线，起通路作用；当线路短路或过载时熔断器熔断，起到保护线路上其他电器设备的作用。
- 选择熔体额定电流的方法如下：
 - (1) 电灯支线的熔体：熔体额定电流 \geq 支线上所有电灯的工作电流之和。
 - (2) 一台电动机的熔体：熔体额定电流 \geq 电动机的起动电流 $\div 2.5$
如果电动机起动频繁，则为：熔体额定电流 \geq 电动机的起动电流 $\div (1.6\sim 2)$
 - (3) 几台电动机合用的总熔体：熔体额定电流 $= (1.5\sim 2.5) \times$ 容量最大的电动机的额定电流 $+ 其余电动机的额定电流之和$

2、断路器

- 断路器又叫自动空气开关或自动开关，它的主要特点是具有自动保护功能，当发生短路、过载、欠电压等故障时能自动切断电路，起到保护作用。
- 断路器主要由触点系统、操作机构和保护元件3部分组成。主触点靠操作机构（手动或电动）来闭合。开关的脱扣机构是一套连杆装置，有过流脱扣器和欠压脱扣器等，它们都是电磁铁。主触点闭合后就被锁钩锁住。在正常情况下，过流脱扣器的衔铁是释放着的，一旦发生严重过载或短路故障，线圈因流过大电流而产生较大的电磁吸力，把衔铁往下吸而顶开锁钩，使主触点断开，起到了过流保护作用。欠压脱扣器的工作情况与之相反，正常情况下吸住衔铁，主触点闭合，电压严重下降或断电时释放衔铁而使主触点断开，实现了欠压保护。电源电压正常时，必须重新合闸才能工作。

3、行程开关

行程开关也称为位置开关，主要用于将机械位移变为电信号，以实现机械运动的电气控制。当机械的运动部件撞击触杆时，触杆下移使常闭触点断开，常开触点闭合；当运动部件离开后，在复位弹簧的作用下，触杆回复到原来位置，各触点恢复常态。

4、交流接触器

线圈通电时产生电磁吸引力将衔铁吸下，使常开触点闭合，常闭触点断开。线圈断电后电磁吸引力消失，依靠弹簧使触点恢复到原来的状态。

根据用途不同，交流接触器的触点分主触点和辅助触点两种。主触点一般比较大，接触电阻较小，用于接通或分断较大的电流，常接在主电路中；辅助触点一般比较小，接触电阻较大，用于接通或分断较小的电流，常接在控制电路（或称辅助电路）中。有时为了接通和分断较大的电流，在主触点上装有灭弧装置，以熄灭由于主触点断开而产生的电弧，防止烧坏触点。

接触器是电力拖动中最主要的控制电器之一。在设计它的触点时已考虑到接通负荷时的起动电流问题，因此，选用接触器时主要应根据负荷的额定电流来确定。如一台Y112M-4三相异步电动机，额定功率4kW，额定电流为8.8A，选用主触点额定电流为10A的交流接触器即可。除电流之外，还应满足接触器的额定电压不小于主电路额定电压。

5、继电器

继电器是一种根据特定输入信号而动作的自动控制电器，其种类很多，有中间继电器、热继电器、时间继电器等类型。

(1) 中间继电器

中间继电器通常用来传递信号和同时控制多个电路，也可用来直接控制小容量电动机或其他电气执行元件。中间继电器的结构和工作原理与交流接触器基本相同，与交流接触器的主要区别是触点数目多些，且触点容量小，只允许通过小电流。在选用中间继电器时，主要是考虑电压等级和触点数目。

(2) 热继电器

下层金属膨胀系数大，上层的膨胀系数小。当主电路中电流超过容许值而使双金属片受热时，双金属片的自由端便向上弯曲超出扣板，扣板在弹簧的拉力下将常闭触点断开。触点是接在电动机的控制电路中的，控制电路断开便使接触器的线圈断电，从而断开电动机的主电路。

(3) 时间继电器

通电延时空气式时间继电器利用空气的阻尼作用达到动作延时的目的。吸引线圈通电后将衔铁吸下，使衔铁与活塞杆之间有一段距离。在释放弹簧作用下，活塞杆向下移动。在伞形活塞的表面固定有一层橡皮膜，活塞向下移动时，膜上面会造成空气稀薄的空间，活塞受到下面空气的压力，不能迅速下移。当空气由进气孔进入时，活塞才逐渐下移。移动到最后位置时，杠杆使微动开关动作。延时时间即为从电磁铁吸引线圈通电时刻起到微动开关动作时为止的这段时间。通过调节螺钉调节进气孔的大小就可调节延时时间。

吸引线圈断电后，依靠复位弹簧的作用而复原。空气经出气孔被迅速排出。此时间继电器有两个延时触点：一个是延时断开的常闭触点，一个是延时闭合的常开触点，此外还有两个瞬动触点。

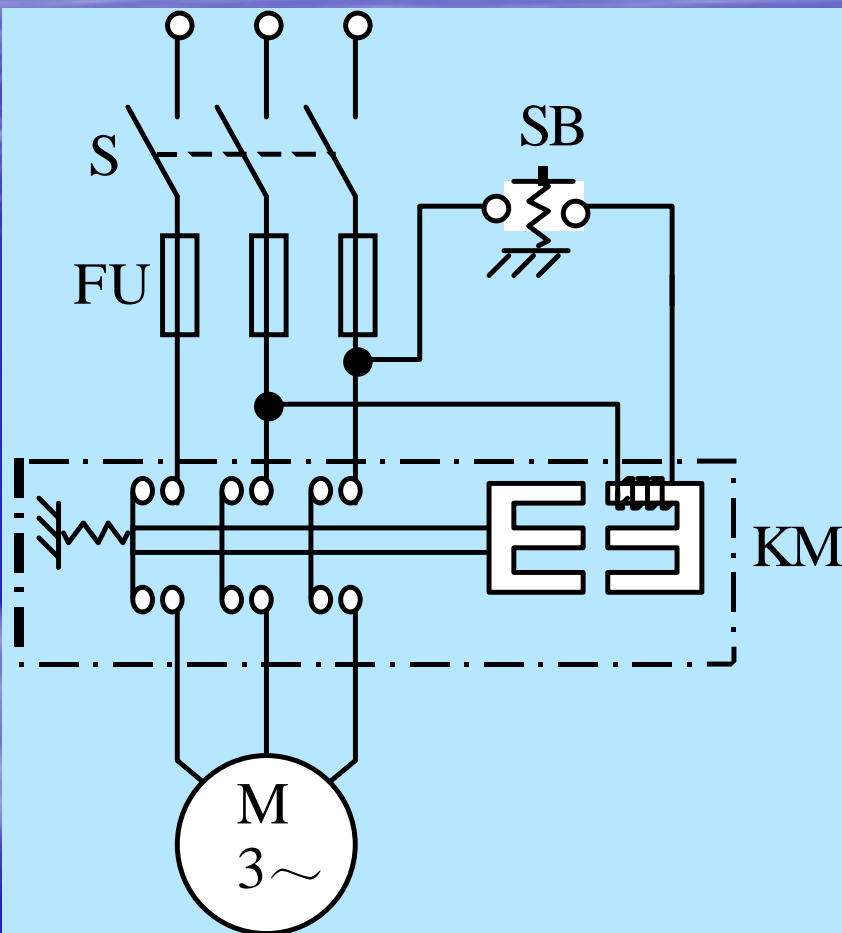
异步电动机的基本 控制电路

通过开关、按钮、继电器、接触器等电器触点的接通或断开来实现的各种控制叫做继电-接触器控制，这种方式构成的自动控制系统称为继电-接触器控制系统。典型的控制环节有点动控制、单向自锁运行控制、正反转控制、行程控制、时间控制等。

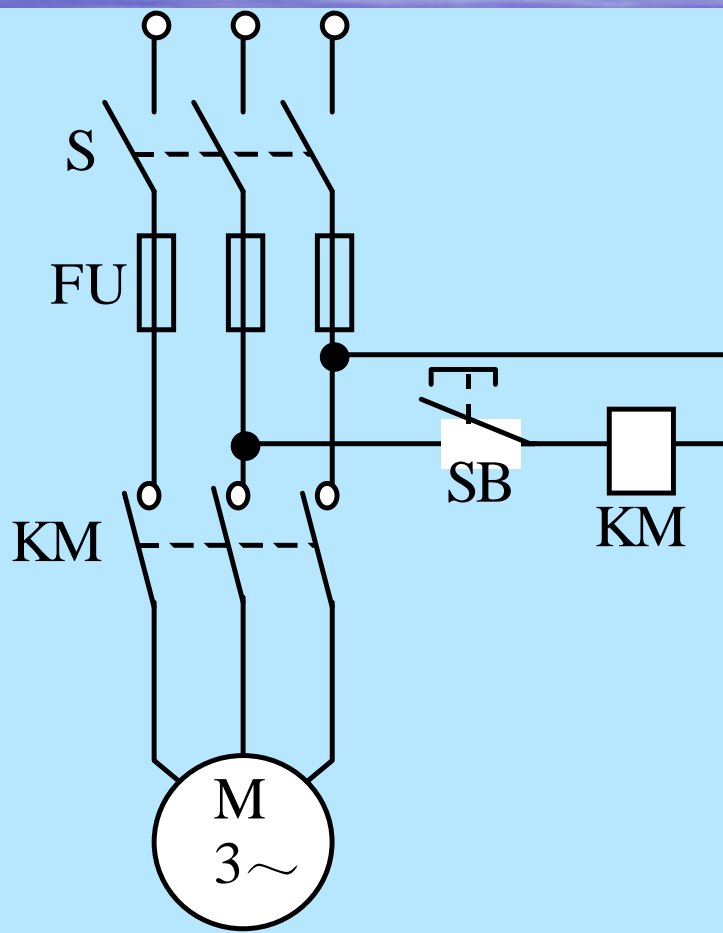
电动机在使用过程中由于各种原因可能会出现一些异常情况，如电源电压过低、电动机电流过大、电动机定子绕组相间短路或电动机绕组与外壳短路等等，如不及时切断电源则可能会对设备或人身带来危险，因此必须采取保护措施。常用的保护环节有短路保护、过载保护、零压保护和欠压保护等。

1 简单起停控制

1、点动控制

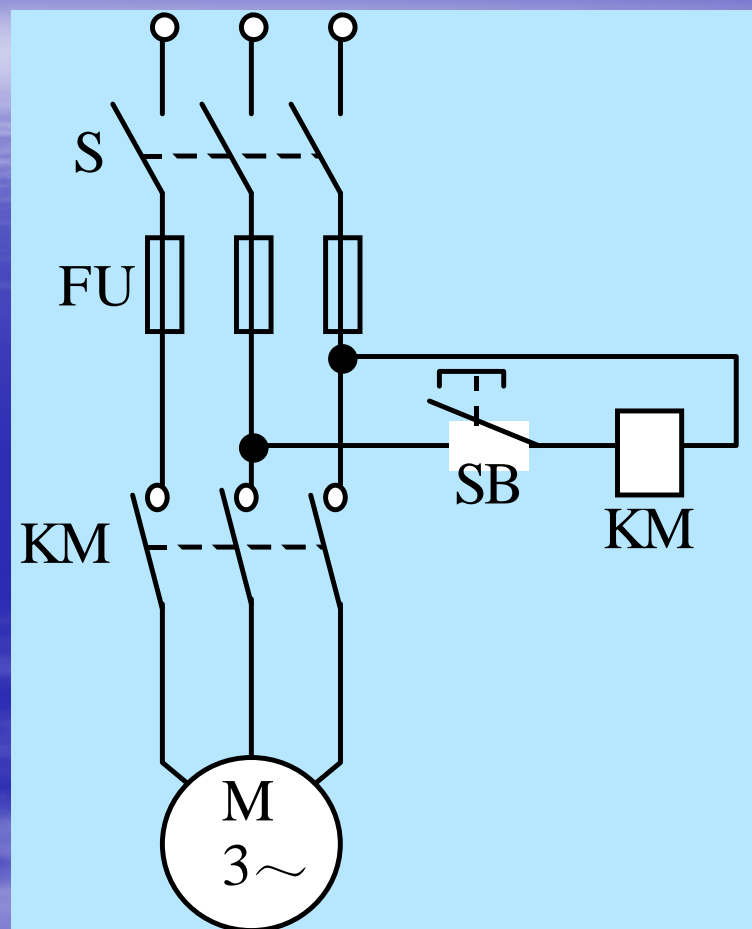


(a) 接线示意图



(b) 电气原理图

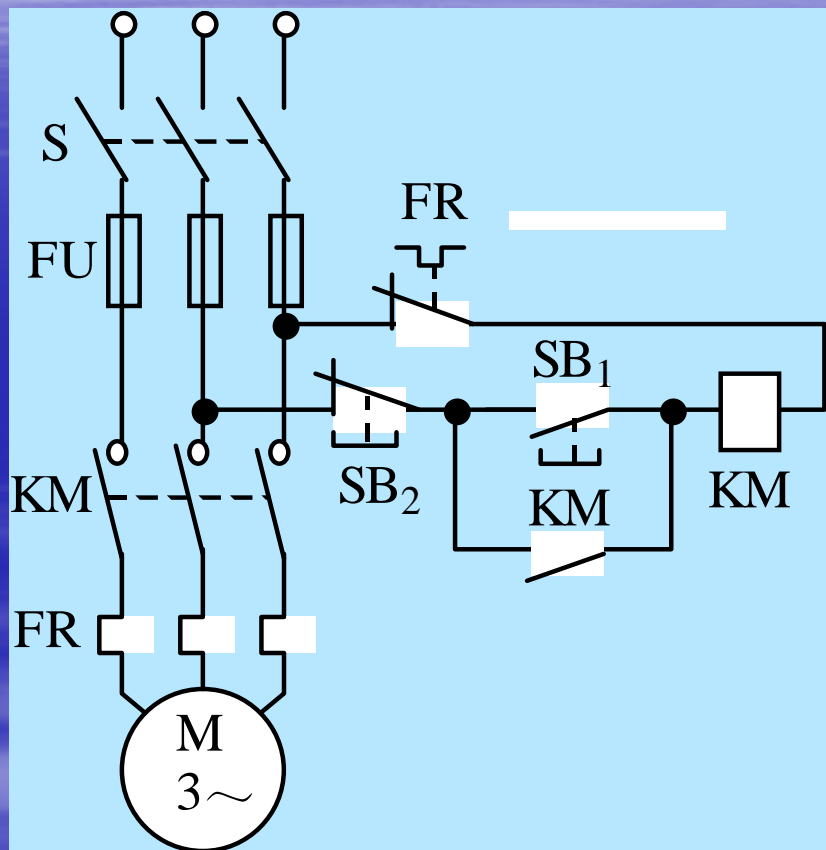
合上开关S，三相电源被引入控制电路，但电动机还不能起动。按下按钮SB，接触器KM线圈通电，衔铁吸合，常开主触点接通，电动机定子接入三相电源起动运转。松开按钮SB，接触器KM线圈断电，衔铁松开，常开主触点断开，电动机因断电而停转。



2、直接起停控制

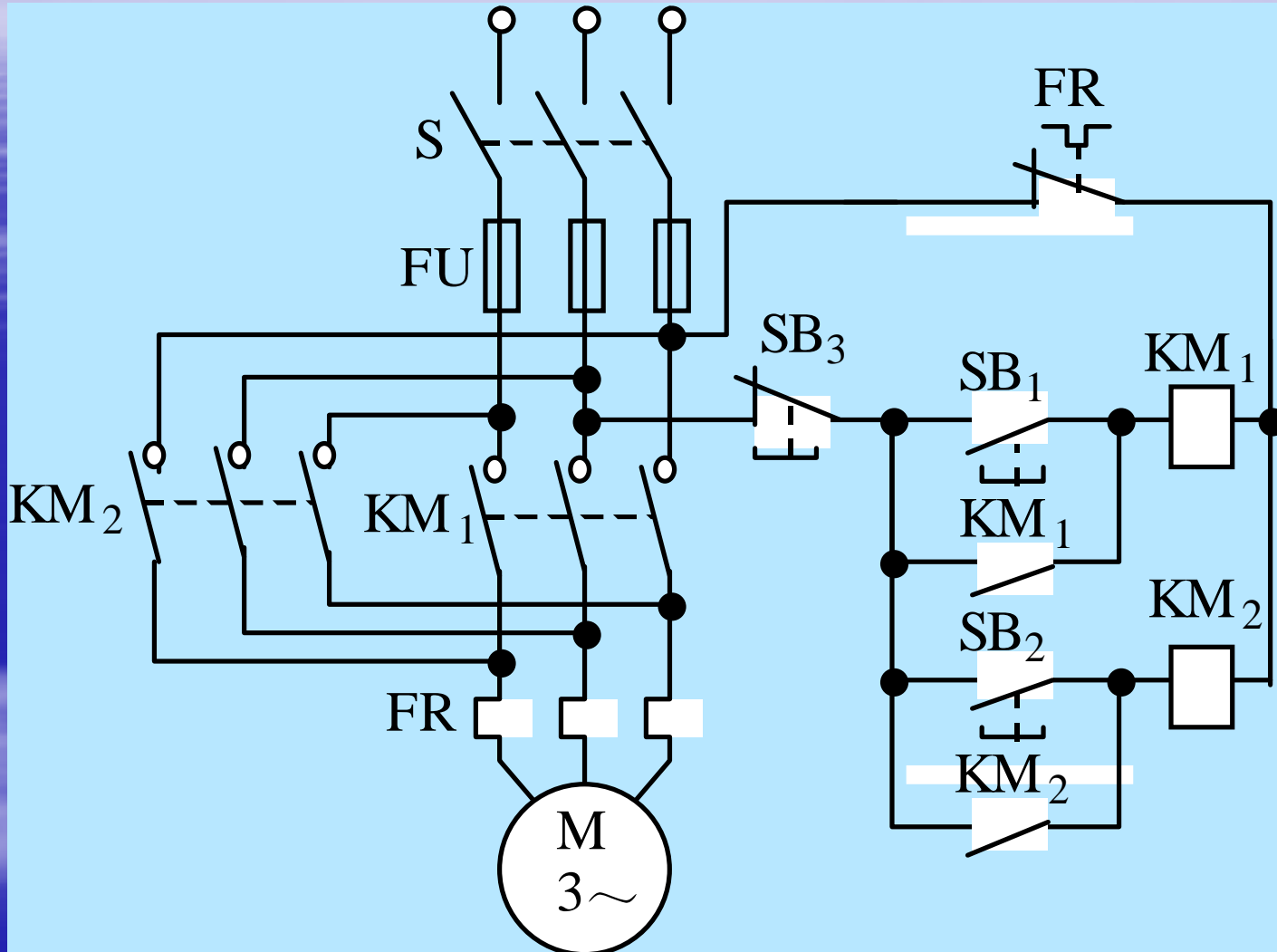
(1) 起动过程。按下起动按钮 SB_1 ，接触器 KM 线圈通电，与 SB_1 并联的 KM 的辅助常开触点闭合，以保证松开按钮 SB_1 后 KM 线圈持续通电，串联在电动机回路中的 KM 的主触点持续闭合，电动机连续运转，从而实现连续运转控制。

(2) 停止过程。按下停止按钮 SB_2 ，接触器 KM 线圈断电，与 SB_1 并联的 KM 的辅助常开触点断开，以保证松开按钮 SB_2 后 KM 线圈持续失电，串联在电动机回路中的 KM 的主触点持续断开，电动机停转。



与SB₁并联的KM的辅助常开触点的这种作用称为自锁。图示控制电路还可实现短路保护、过载保护和零压保护。起短路保护的是串接在主电路中的熔断器FU。一旦电路发生短路故障，熔体立即熔断，电动机立即停转。起过载保护的是热继电器FR。当过载时，热继电器的发热元件发热，将其常闭触点断开，使接触器KM线圈断电，串联在电动机回路中的KM的主触点断开，电动机停转。同时KM辅助触点也断开，解除自锁。故障排除后若要重新起动，需按下FR的复位按钮，使FR的常闭触点复位（闭合）即可。起零压（或欠压）保护的是接触器KM本身。当电源暂时断电或电压严重下降时，接触器KM线圈的电磁吸力不足，衔铁自行释放，使主、辅触点自行复位，切断电源，电动机停转，同时解除自锁。

3、正反转控制



(1) 正向起动过程。按下起动按钮 SB_1 ，接触器 KM_1 线圈通电，与 SB_1 并联的 KM_1 的辅助常开触点闭合，以保证 KM_1 线圈持续通电，串联在电动机回路中的 KM_1 的主触点持续闭合，电动机连续正向运转。

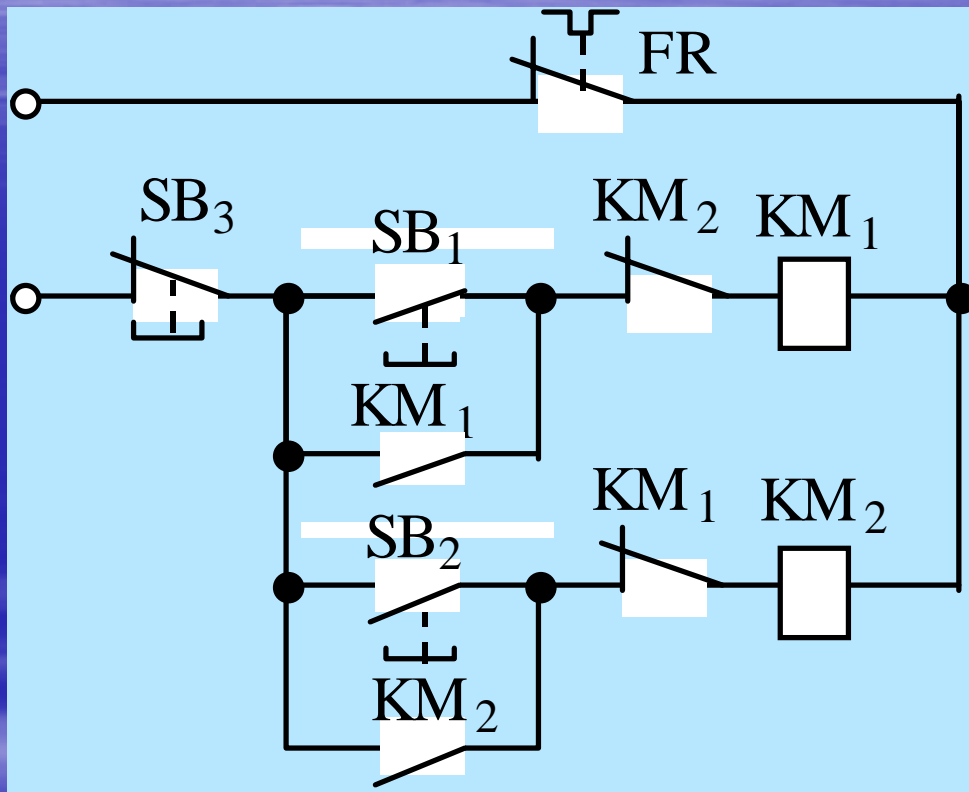
(2) 停止过程。按下停止按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 线圈断电，与 SB_1 并联的 KM_1 的辅助触点断开，以保证 KM_1 线圈持续失电，串联在电动机回路中的 KM_1 的主触点持续断开，切断电动机定子电源，电动机停转。

(3) 反向起动过程。按下起动按钮 SB_2 ，接触器 KM_2 线圈通电，与 SB_2 并联的 KM_2 的辅助常开触点闭合，以保证 KM_2 线圈持续通电，串联在电动机回路中的 KM_2 的主触点持续闭合，电动机连续反向运转。

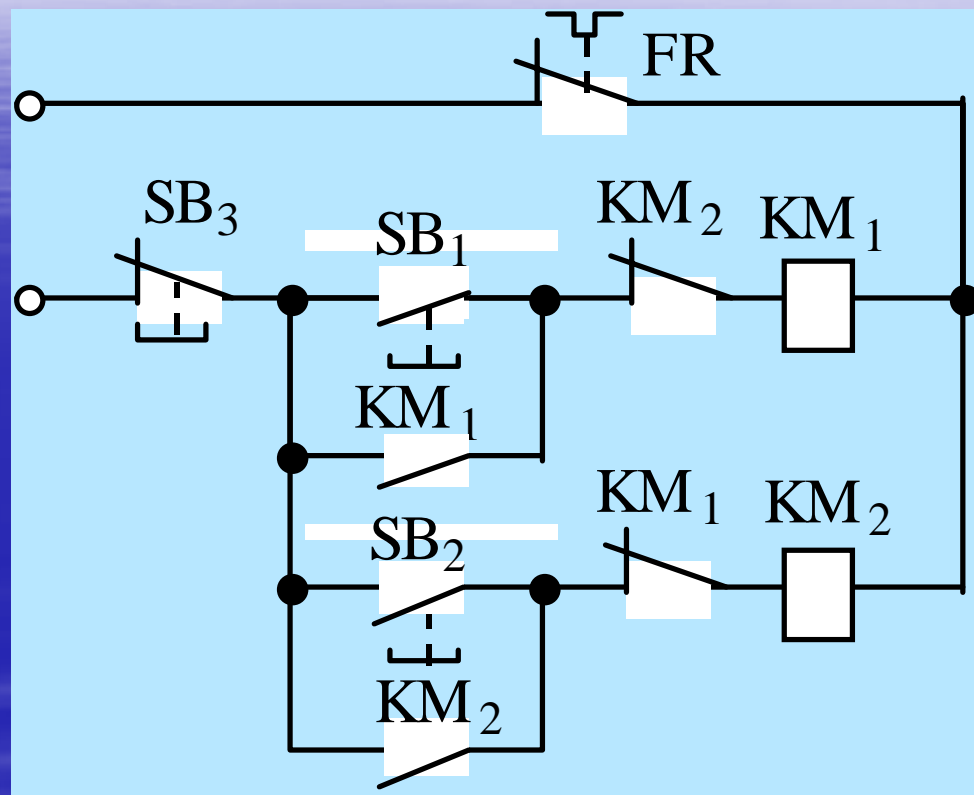
特别注意 KM_1 和 KM_2 线圈不能同时通电，因此不能同时按下 SB_1 和 SB_2 ，也不能在电动机正转时按下反转起动按钮，或在电动机反转时按下正转起动按钮。如果操作错误，将引起主回路电源短路。

带电气联锁的正反转控制电路

将接触器 KM_1 的辅助常闭触点串入 KM_2 的线圈回路中，从而保证在 KM_1 线圈通电时 KM_2 线圈回路总是断开的；将接触器 KM_2 的辅助常闭触点串入 KM_1 的线圈回路中，从而保证在 KM_2 线圈通电时 KM_1 线圈回路总是断开的。这样接触器的辅助常闭触点 KM_1 和 KM_2 保证了两个接触器线圈不能同时通电，这种控制方式称为联锁或者互锁，这两个辅助常开触点称为联锁或者互锁触点。

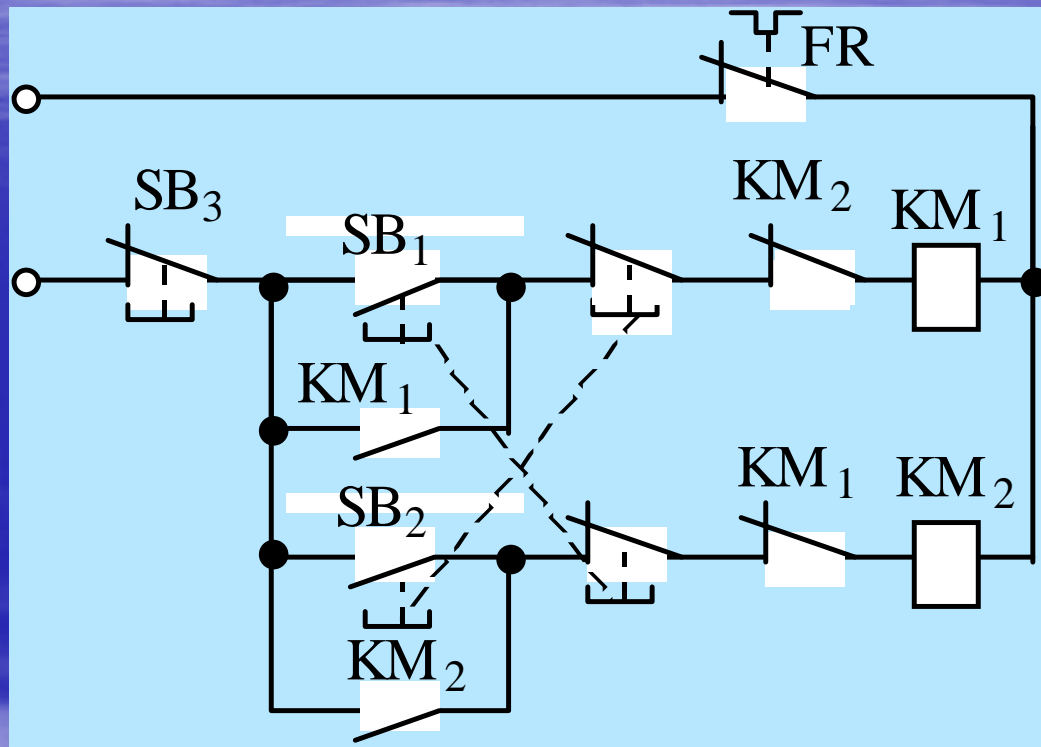


存在问题： 电路在具体操作时，若电动机处于正转状态要反转时必须先按停止按钮SB₃，使联锁触点KM₁闭合后按下反转起动按钮SB₂才能使电动机反转；若电动机处于反转状态要正转时必须先按停止按钮SB₃，使联锁触点KM₂闭合后按下正转起动按钮SB₁才能使电动机正转。



同时具有电气联锁和机械联锁的正反转控制电路

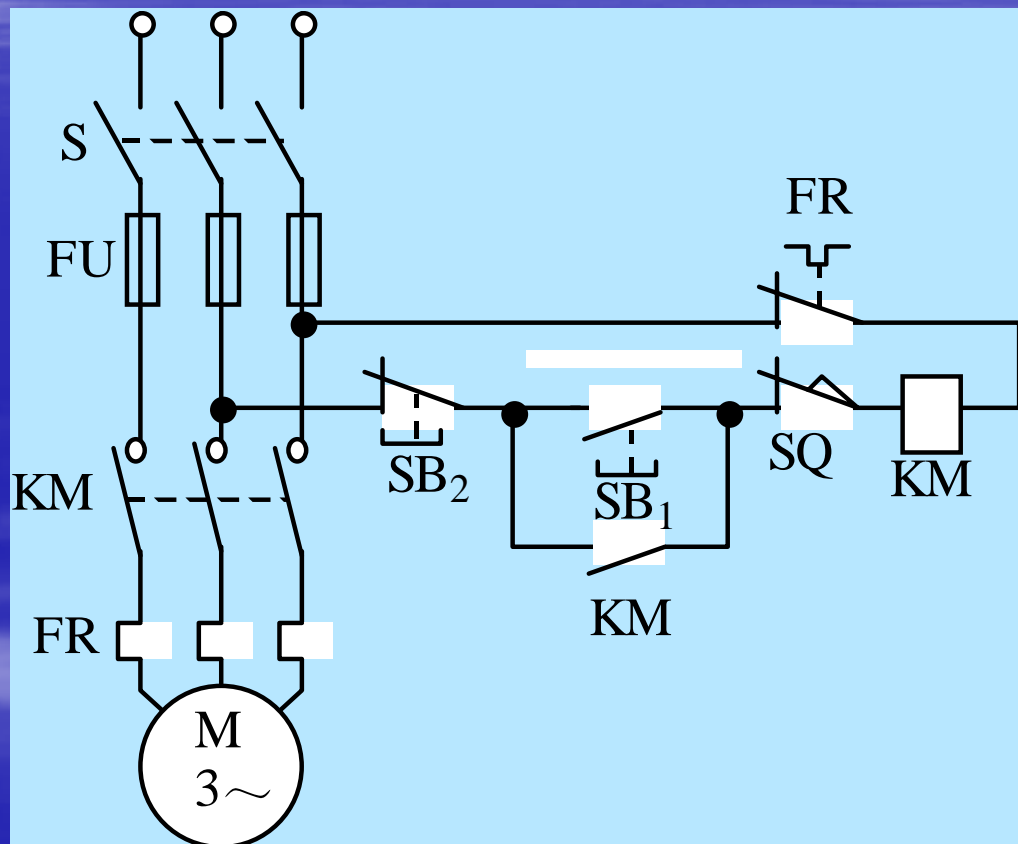
采用复式按钮，将SB₁按钮的常闭触点串接在KM₂的线圈电路中；将SB₂的常闭触点串接在KM₁的线圈电路中；这样，无论何时，只要按下反转起动按钮，在KM₂线圈通电之前就首先使KM₁断电，从而保证KM₁和KM₂不同时通电；从反转到正转的情况也是一样。这种由机械按钮实现的联锁也叫机械联锁或按钮联锁，



2 行程控制

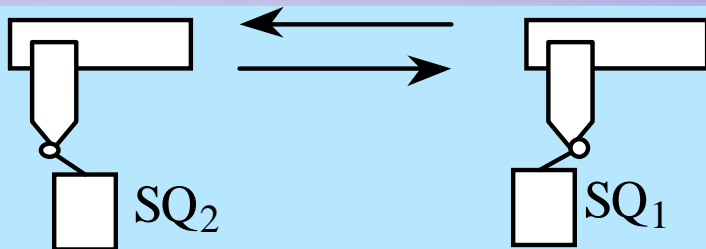
1、限位控制

当生产机械的运动部件到达预定的位置时压下行程开关的触杆，将常闭触点断开，接触器线圈断电，使电动机断电而停止运行。

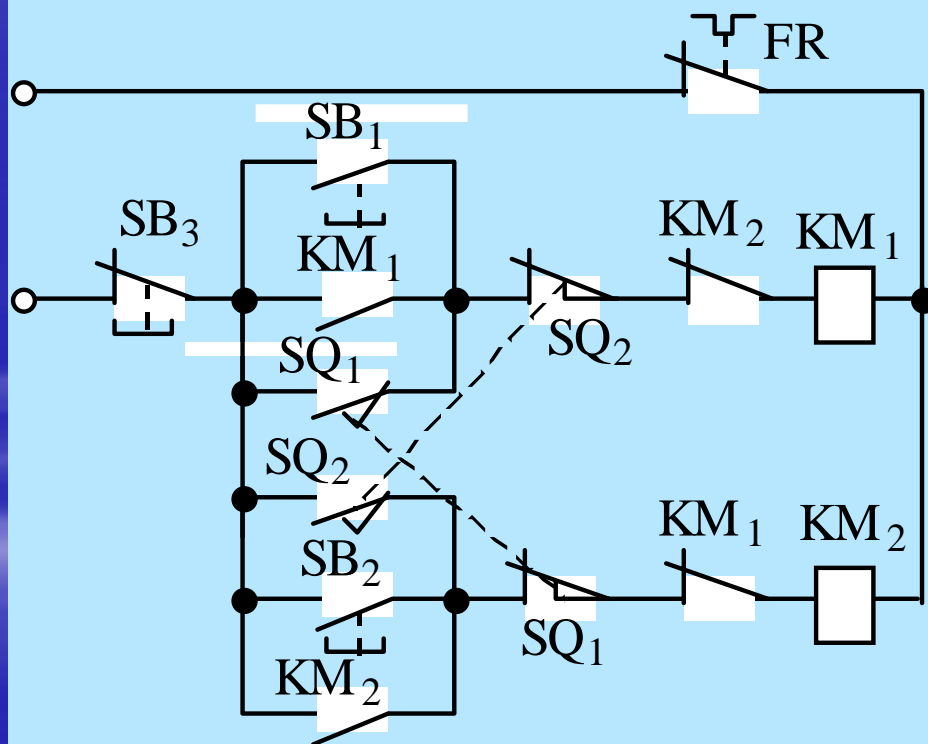


2、自动往返控制

按下正向起动按钮 SB_1 ，电动机正向起动运行，带动工作台向前运动。当运行到 SQ_2 位置时，挡块压下 SQ_2 ，接触器 KM_1 断电释放， KM_2 通电吸合，电动机反向起动运行，使工作台后退。工作台退到 SQ_1 位置时，挡块压下 SQ_1 ， KM_2 断电释放， KM_1 通电吸合，电动机又正向起动运行，工作台又向前进，如此一直循环下去，直到需要停止时按下 SB_3 ， KM_1 和 KM_2 线圈同时断电释放，电动机脱离电源停止转动。



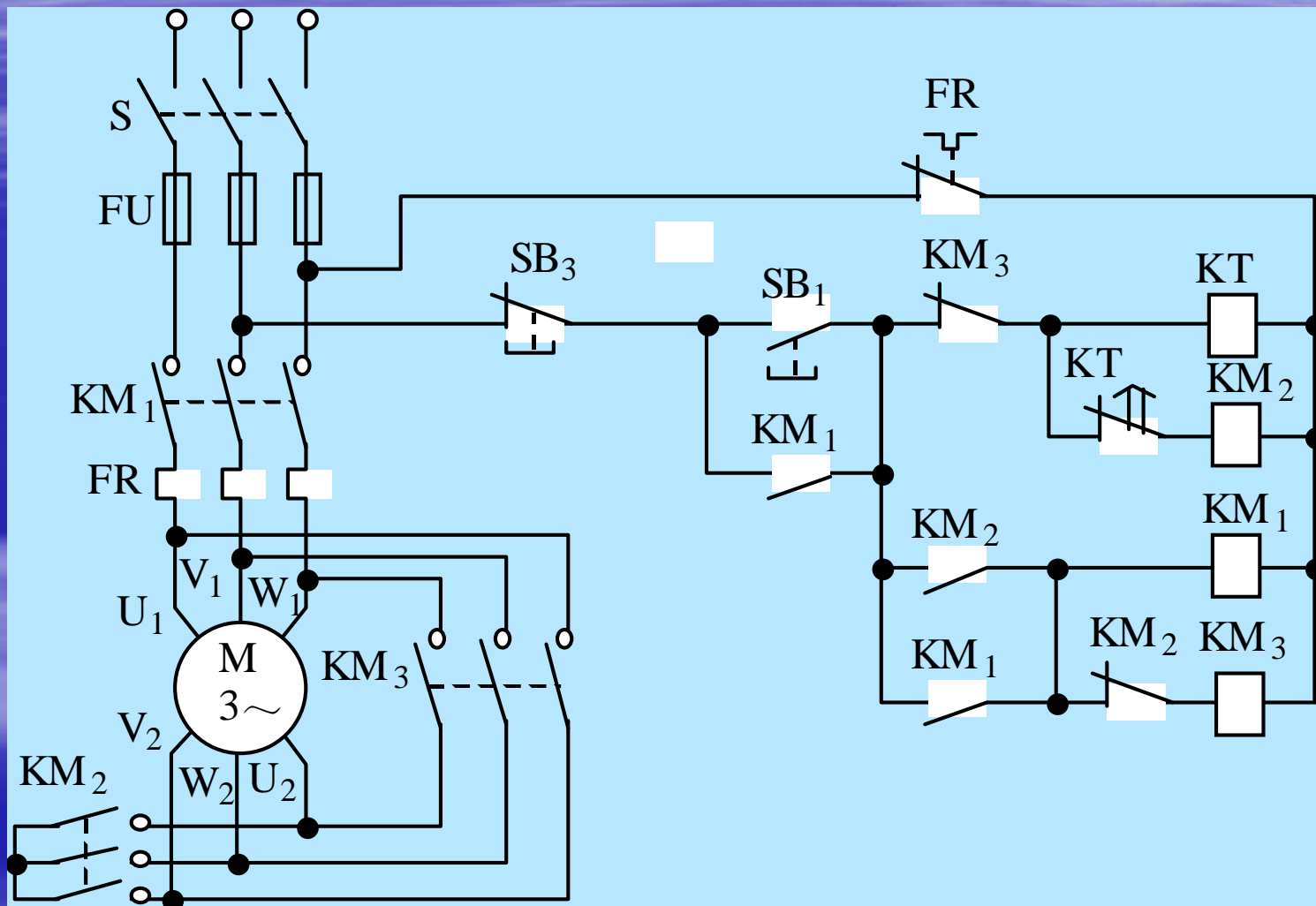
(a) 往返运动图



(b) 自动往返控制电路

3 时间控制

星形-三角形换接起动控制



按下起动按钮 SB_1 ，时间继电器 KT 和接触器 KM_2 同时通电吸合， KM_2 的常开主触点闭合，把定子绕组连接成星形，其常开辅助触点闭合，接通接触器 KM_1 。 KM_1 的常开主触点闭合，将定子接入电源，电动机在星形连接下起动。 KM_1 的一对常开辅助触点闭合，进行自锁。经一定延时， KT 的常闭触点断开， KM_2 断电复位，接触器 KM_3 通电吸合。 KM_3 的常开主触点将定子绕组接成三角形，使电动机在额定电压下正常运行。与按钮 SB_1 串联的 KM_3 的常闭辅助触点的作用是：当电动机正常运行时，该常闭触点断开，切断了 KT 、 KM_2 的通路，即使误按 SB_1 ， KT 和 KM_2 也不会通电，以免影响电路正常运行。若要停车，则按下停止按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 、 KM_2 同时断电释放，电动机脱离电源停止转动。

3 安全用电

1 触电方式

安全电压：36V和12V两种。一般情况下可采用36V的安全电压，在非常潮湿的场所或容易大面积触电的场所，如坑道内、锅炉内作业，应采用12V的安全电压。

1、直接接触电及其防护

直接接触电又可分为单相触电和两相触电。两相触电非常危险，单相触电在电源中性点接地的情况下也是很危险的。其防护方法主要是对带电导体加绝缘、变电所的带电设备加隔离栅栏或防护罩等设施。

2、间接触电及其防护

间接触电主要有跨步电压触电和接触电压触电。虽然危险程度不如直接接触电的情况，但也应尽量避免。防护的方法是将设备正常时不带电的外露可导电部分接地，并装设接地保护等。

2 接地与接零

电气设备的保护接地和保护接零是为了防止人体接触绝缘损坏的电气设备所引起的触电事故而采取的有效措施。

1. 保护接地

电气设备的金属外壳或构架与土壤之间作良好的电气连接称为接地。可分为工作接地和保护接地两种。

工作接地是为了保证电器设备在正常及事故情况下可靠工作而进行的接地，如三相四线制电源中性点的接地。

保护接地是为了防止电器设备正常运行时，不带电的金属外壳或框架因漏电使人体接触时发生触电事故而进行的接地。适用于中性点不接地的低压电网。

2. 保护接零

在中性点接地的电网中，由于单相对地电流较大，保护接地就不能完全避免人体触电的危险，而要采用保护接零。将电气设备的金属外壳或构架与电网的零线相连接的保护方式叫保护接零。