

2.2 异步电机的继电器控制电路

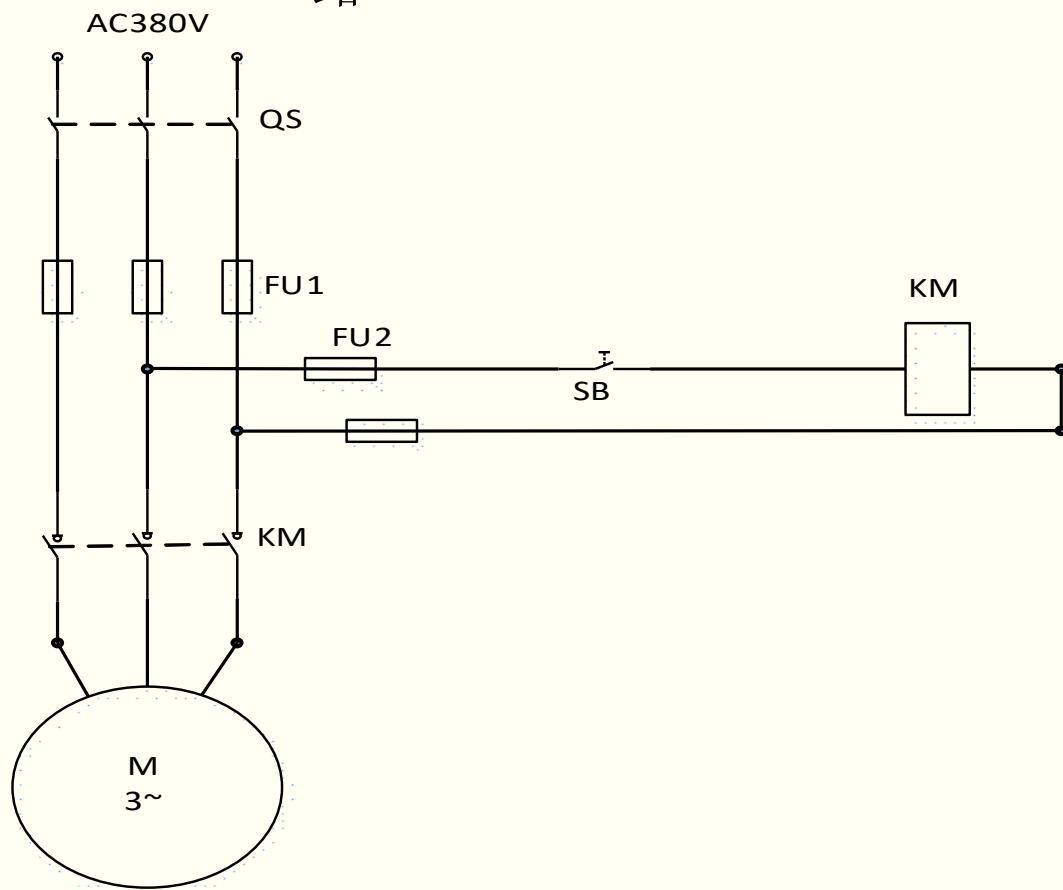
2.2.1 基本控制电路

1) 点动控制电路

点动是指电动机短时间的转动。一般来说，额定功率 $P_N \leq 7.5\text{kW}$ 的小型电动机启动时可以直接使用闸刀开关即可，然而电动机较大时，不但操作不便，灭弧困难，而且往往因为闸刀开关不能同时动作而使熔丝烧熔。为了解决这一问题，可以使用接触器，利用接触器的主触头控制电动机主回路，这样对电动机的控制也就转换为对接触器线圈的控制了。图 2.4 为电动机点动控制电路。

继电器控制电路设计

图 2.4 电动机点动控制电路



动作过程为：合上电源开关 Q_s ，按下 $SB \rightarrow KM$ 得电 $\rightarrow$ 主触头吸合 $\rightarrow$ 接通主电路 $\rightarrow$ 电动机 M 运转； SB 松开 $\rightarrow KM$ 失电 $\rightarrow$ 主触头复位 $\rightarrow$ 断开主电路 $\rightarrow$ 电动机 M 停转，实现点动控制。

$FU1$ 和 $FU2$ 为熔断器，它们分别实现对主电路和控制电路的短路保护。点动控制电路常用于短时工作的电气设备或精确定位的设备中，如门窗的启动控制或吊钩移动控制等。

继电器控制电路设计

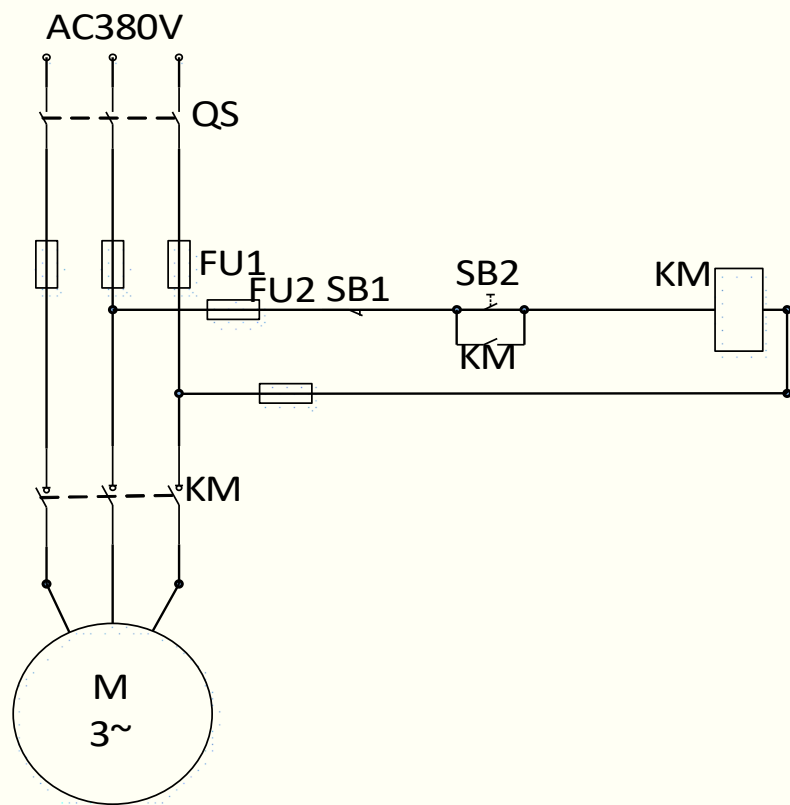


图 2.5 电动机自锁控制电路

(2) 自锁控制电路

自锁控制电路又称长动控制电路，是在点动控制电路的基础上增加自锁结点转化而来的，控制电路如图 2.5 所示。

其动作过程为：合上电源开关 Q_s ，按下 $SB_2 \rightarrow KM$ 得电 $\rightarrow$ 主触头吸合 $\rightarrow$ 接通主电路 $\rightarrow$ 电动机 M 运转；
(辅助触头闭合 $\rightarrow$ 实现自锁控制)

按下 $SB_1 \rightarrow KM$ 失电 $\rightarrow$ 主触头复位分断 $\rightarrow$ 断开主电路 $\rightarrow$ 电动机 M 停转；
(辅助触头复位分断 $\rightarrow$ 解除自锁控制)

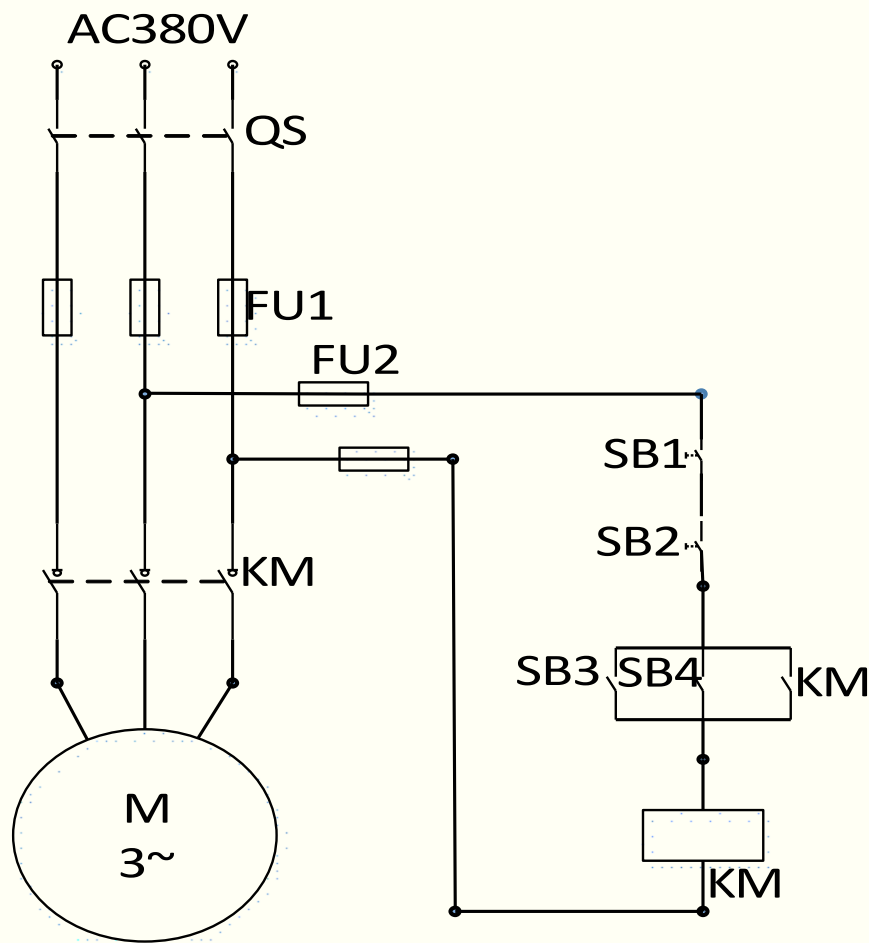


图 2.6 两地控制电路

3) 多地控制电路

电气控制中有时需要从多个地方控制一台设备，并且多个地方都能控制其启动和停止，电路特点是：多个停止按钮串联，多个启动按钮并联。

图 2.6 所示为两地控制电路，SB1 和 SB3 为甲地的启动和停止按钮，SB2 和 SB4 为乙地的启动和停止按钮，SB3 和 SB4 为

2.2.2 正反转控制电路

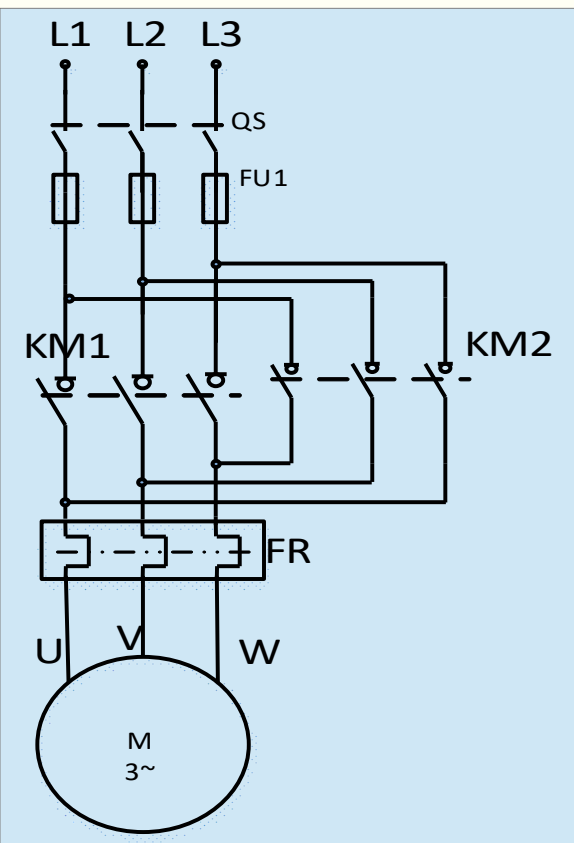
生产机械的运动部件往往要求正反两个方向的运动，这就要求拖动电动机能作正反向旋转。由电机原理可知，任意改变电动机三相电源其中两项相序即可改变电动机旋转方向，电动机正反转控制电路常用的有以下二类。

1. 按钮控制的正反转电路

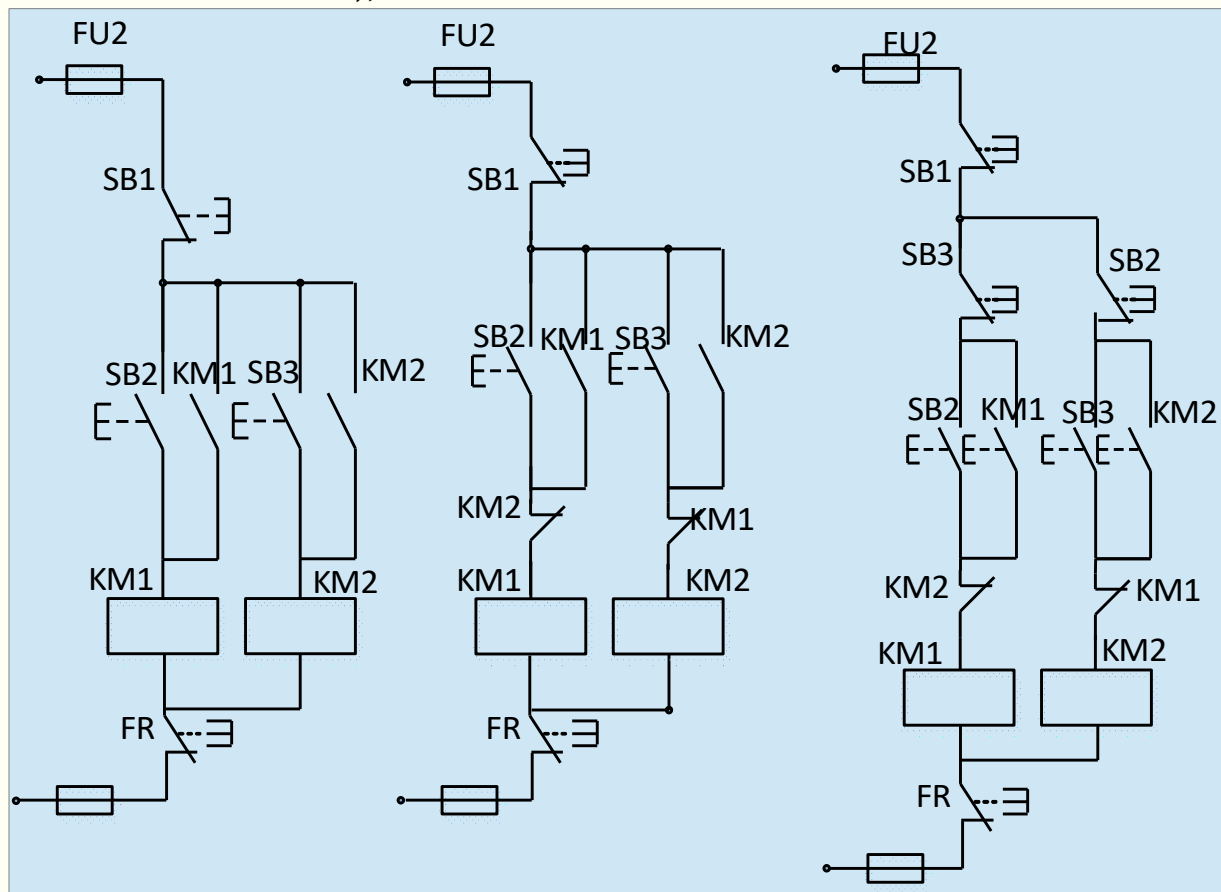
图 2.7 为按钮控制电动机正反转控制电路。其中图 2.7(b) 是由两组单向旋转控制电路组合而成，主电路由正反转接触器 KM1、KM2 的主触头来改变电动机相序，实现电动机的可逆旋转，但在正转时若误操作按下反转启动按钮，两个接触器的主触头都闭合，将发生电源两相短路，电动机无法工作。

为此，将接触器 KM1，KM2 的常闭辅助触头串接在对方线圈电路中，形成相互制约的控制，即图 2.7(c) 所示电路，从而避免发生上述误操作时造成短路，这种相互制约的关系称为互锁电路。为了实现电动机直接由正转变为反转或由反转变为正转，可采用图 2.7 (d) 所示电路。即在图 2.7(c) 基础上增设了启动按钮 SB2、SB3 的常闭触头构成的按钮互锁电路，从而构成具有电气、按钮双重互锁的控制电路。

图 2.7 按钮控制的可逆控制电路



a



b

c

d

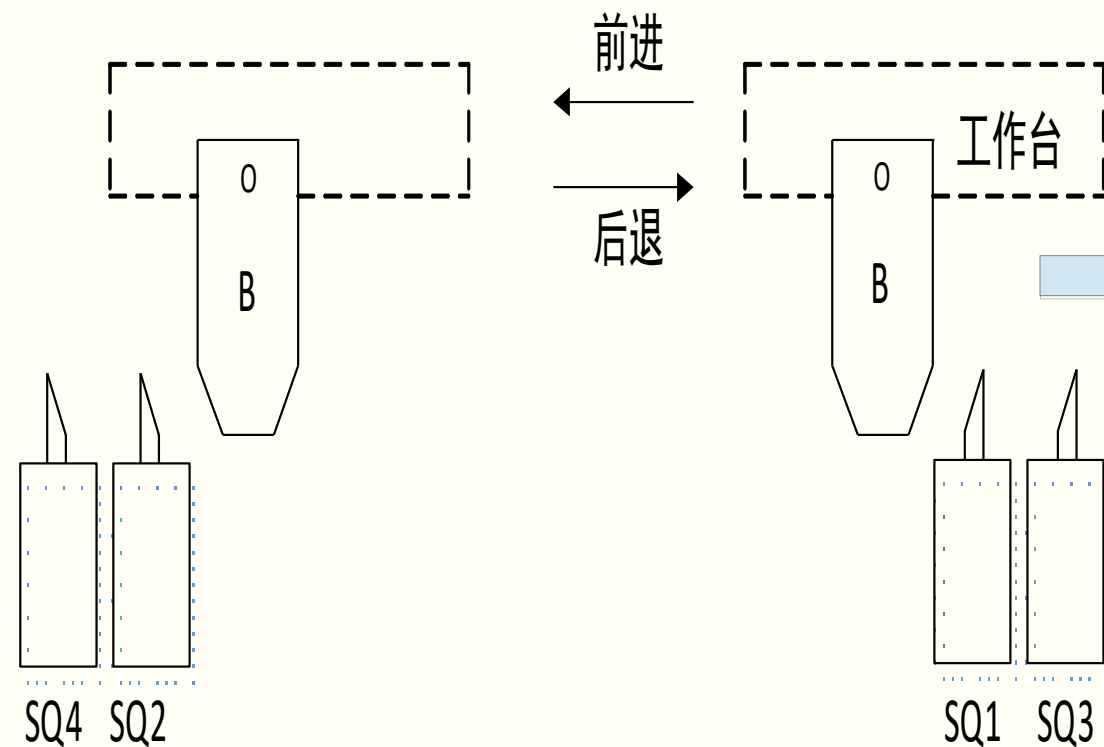


图 2.8 工作台往复运动的示意图

2. 行程开关控制的往复运转电路

图 2.8 为机床工作台往复运动的示意图。行程开关 SQ1 和 SQ2 分别固定在床身上，反映加工终点与原位。撞块 A 和 B 固定在上工作台上，随着运动部件的移动分别压下行程开关 SQ1、SQ2，往返运动，SQ3、SQ4 为限位保护。

图 2.9 为机床往复循环控制电路。图中 SQ1 为反向转正向行程开关，SQ2 为正向转反向行程开关，SQ3、SQ4 为正反向极限保护用行程开关。合上电源开关 QS，按下正向启动按钮 SB2，KM1 通电并自锁，电动机正向旋转，拖动运动部件前进。当前进加工到位，撞块 B 压下 SQ2，其常闭触点断开，KM1 断电，电动机停转。但 SQ2 常开触点闭合，又使 KM2 通电，电动机反向启动运转，拖动运动部件后退。当后退到位时，撞块 A 压下 SQ1，使 KM2 断电，KM1 通电，电动机由反转变为正转，拖动运动部件变后退为前进，如此周而复始地自动往复工作。按下停止按钮 SB1 时，电动机停止，运动部件停下。若换向因行程开关 SQ1、SQ2 失灵，则由极限保护行程开关 SQ3、SQ4 实现保护。

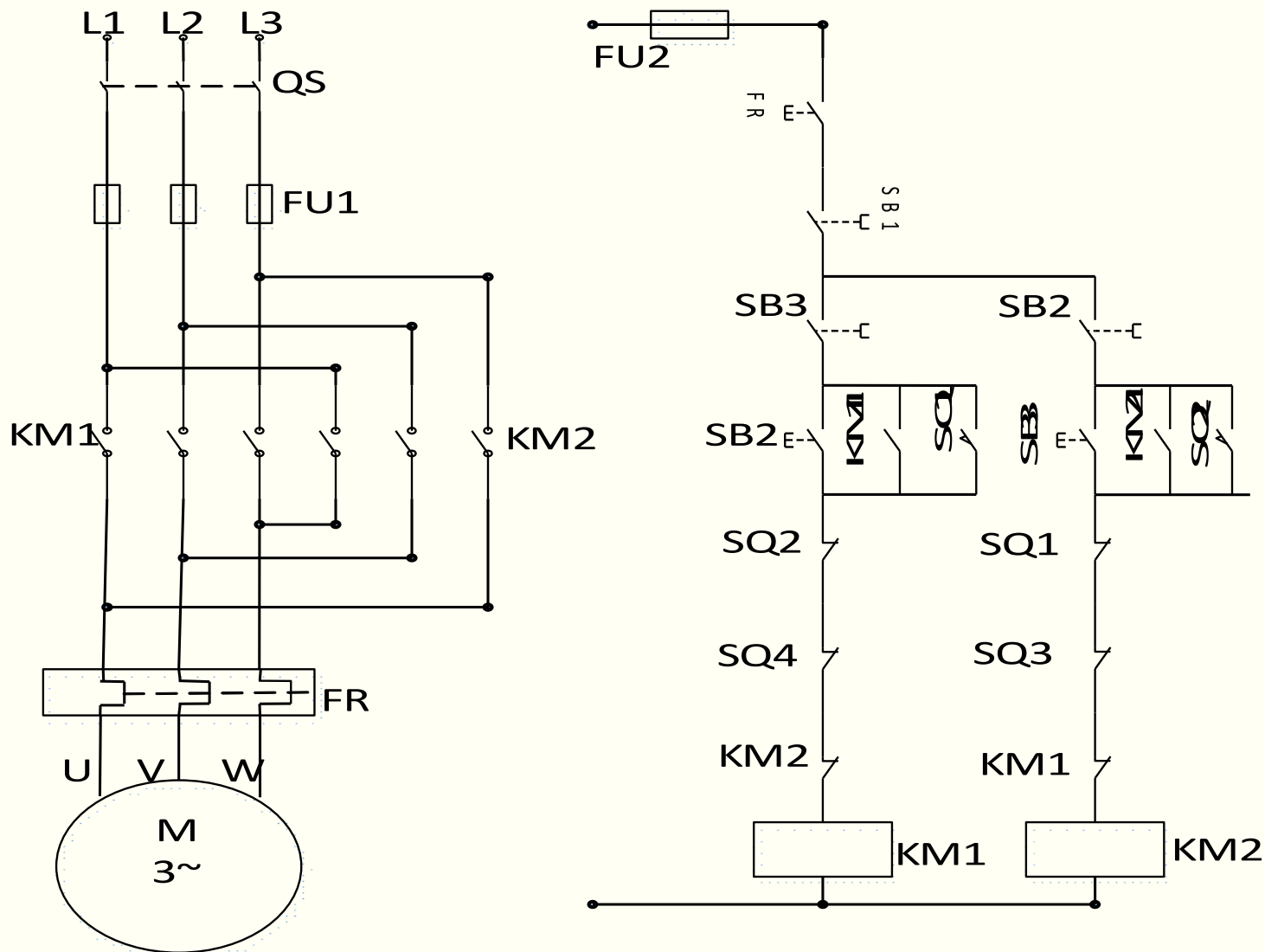


图 2.9 往复自动循环控制电路

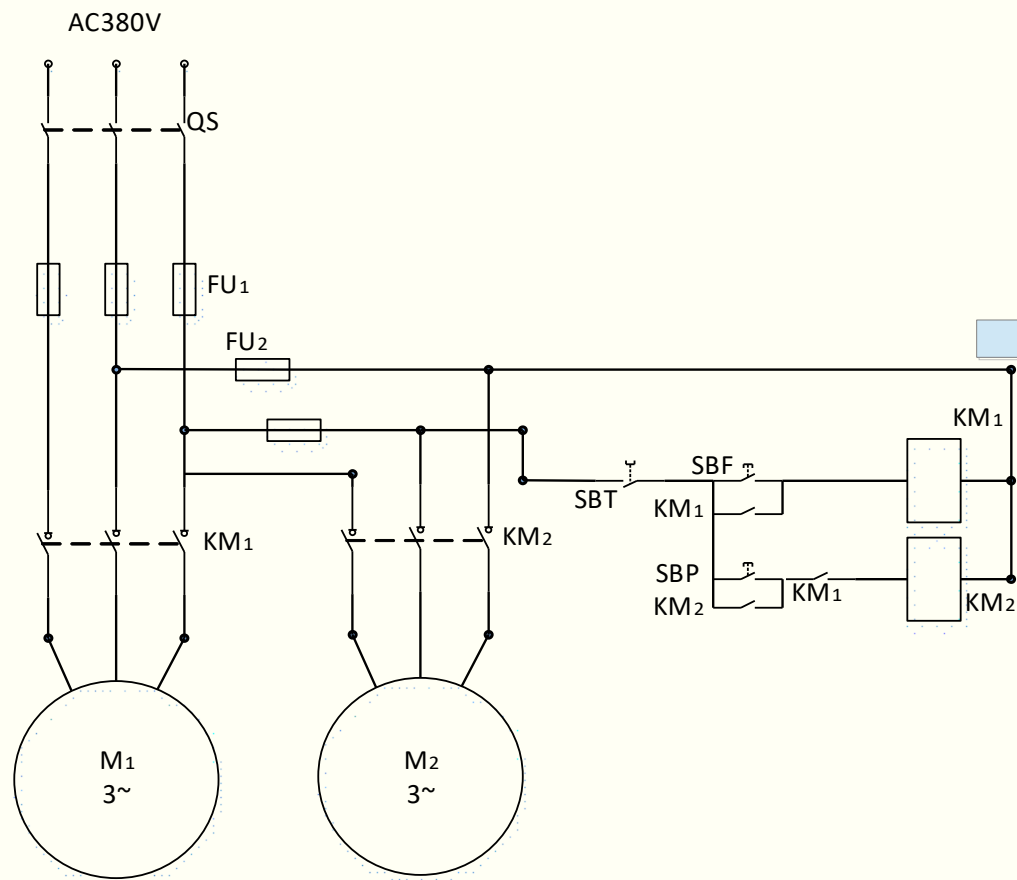


图 2.10 两台电动机顺序启动电路图

2.2.3 顺序控制电路

顺序启动控制电路也即对操作顺序有严格要求的电路，常用于多台生产设备控制中。一般地，这类电路靠接触器的动合触头来实现。

如两合电动机顺序启动，M1 先启动，M2 才能启动。实现这一功能的电路如图 2.10 所示。

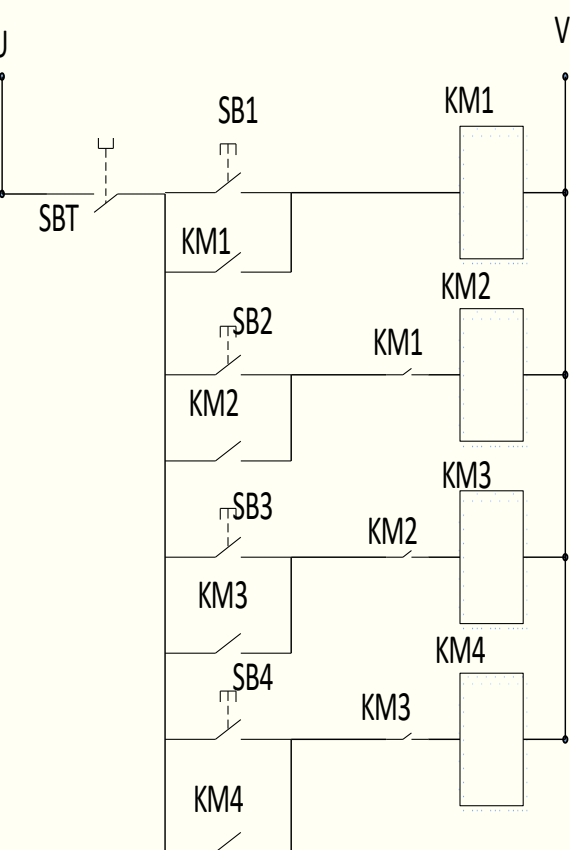
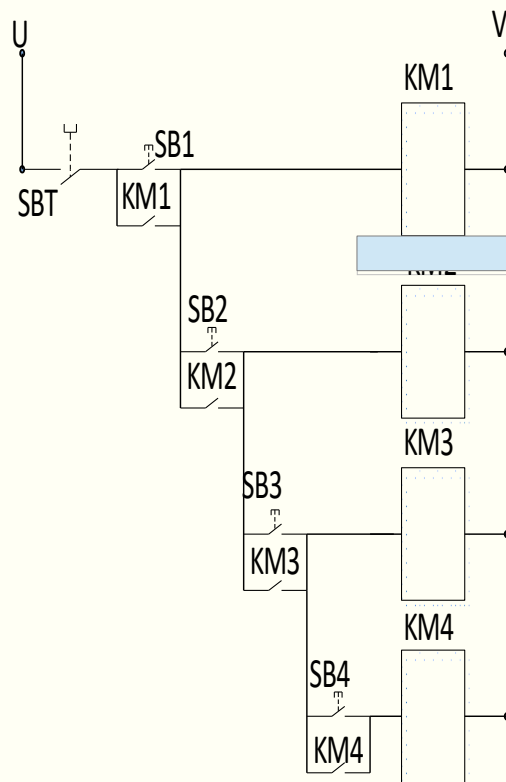


图 2.11 四级顺序启动电路图



2.12 简化的四级顺序启动电路

图 2.11 是 4 台电动机顺序启动控制电路。控制线圈得电顺序为：
 $KM1 \rightarrow KM2 \rightarrow KM3 \rightarrow KM4$ 的顺序启动。

图 2.12 示为简化的控制电路。

2. 顺序停止控制电路

顺序停止控制电路是指多台设备工作后，必须按一定的顺序停止的控制电路。由于停止是依次进行的，故停止按钮不再共用，一般是利用接触器的动合触头来实现这一功能的。

图 2.13 为顺序停止电路，控制顺序为 M1 先停止，然后 M2 才能停止。例如空调机组停止时应先停压缩机，再停风机，以便使机组充分地与外界进行热交换，避免机组受损。如图 2.13 所示，M1 为压缩机电机，M2 为风机电机，风机停止按钮 SB22 上并接了一对压缩机接触器的动合触头 KM1，在压缩机运转时 KM1 吸合，从而将按钮 SB22 短路，即使其失去作用

所以压缩机运转时风机是无法停下来的

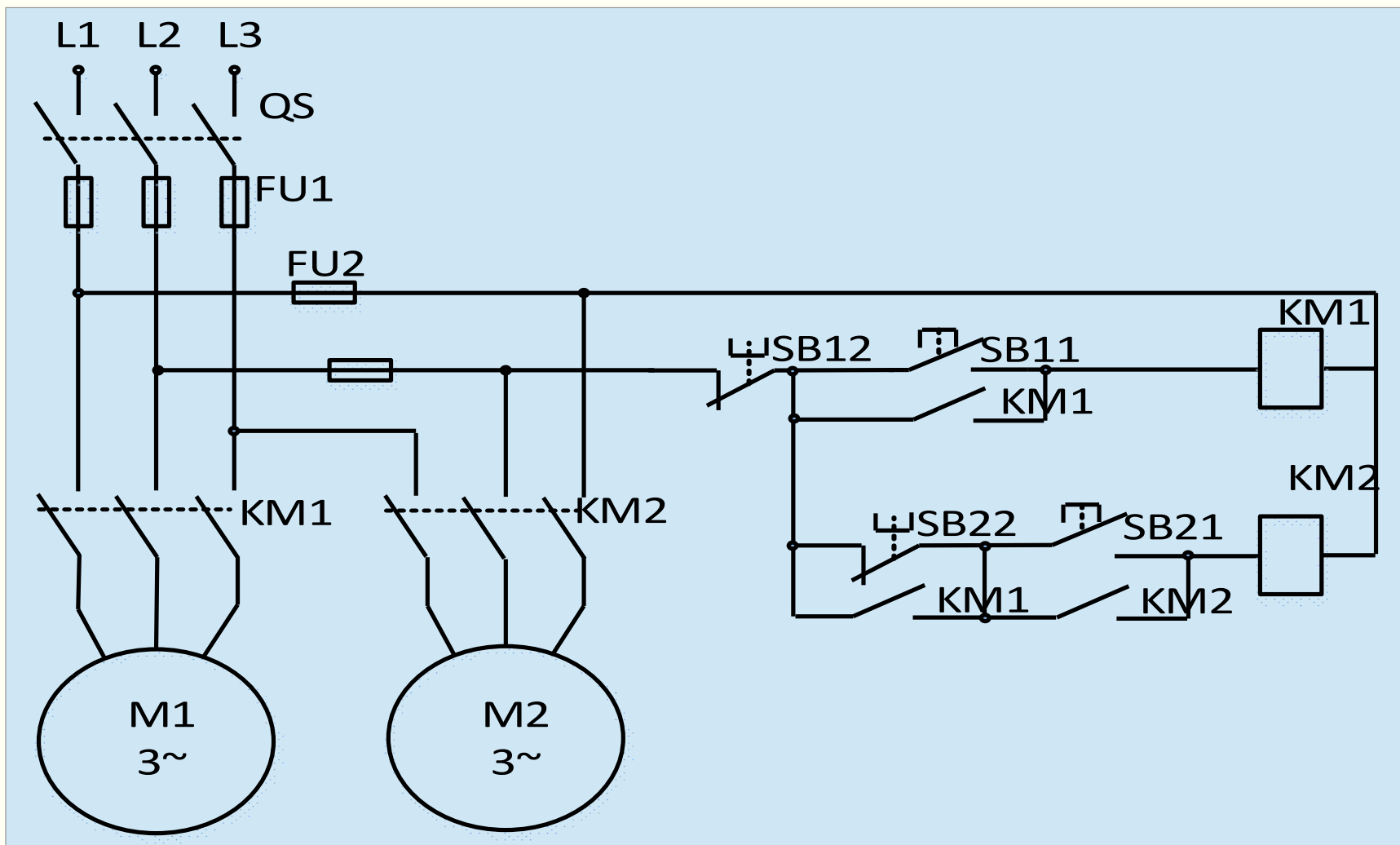


图 2.13 空调机组顺序停止电路

2.2.4 降压启动控制线路

三相笼型异步电动机降压启动的常用方法有：定子电路串电阻或电抗器降压启动、Y- Δ 降压启动、自耦变压器（补偿器）降压启动等几种。



1. 定子电路串电阻降压启动控制线路

电动机串电阻降压启动是电动机启动时，在三相定子绕组中串接电阻分压，使定子绕组上的电压降低，启动后再将电阻短接，电动机就可在全压下运行。图 2.14 所示为电动机定子电路串电阻降压启动控制线路。

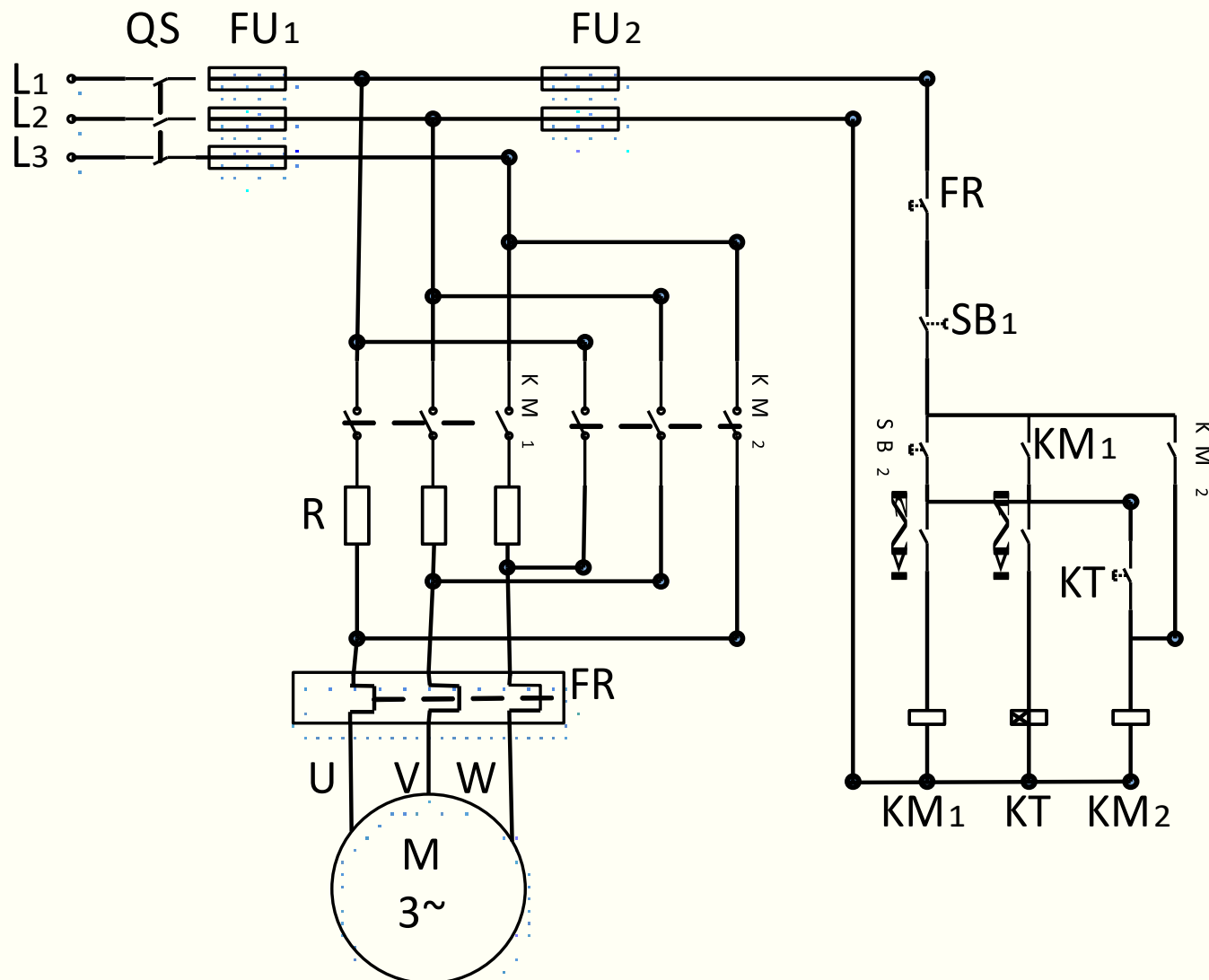
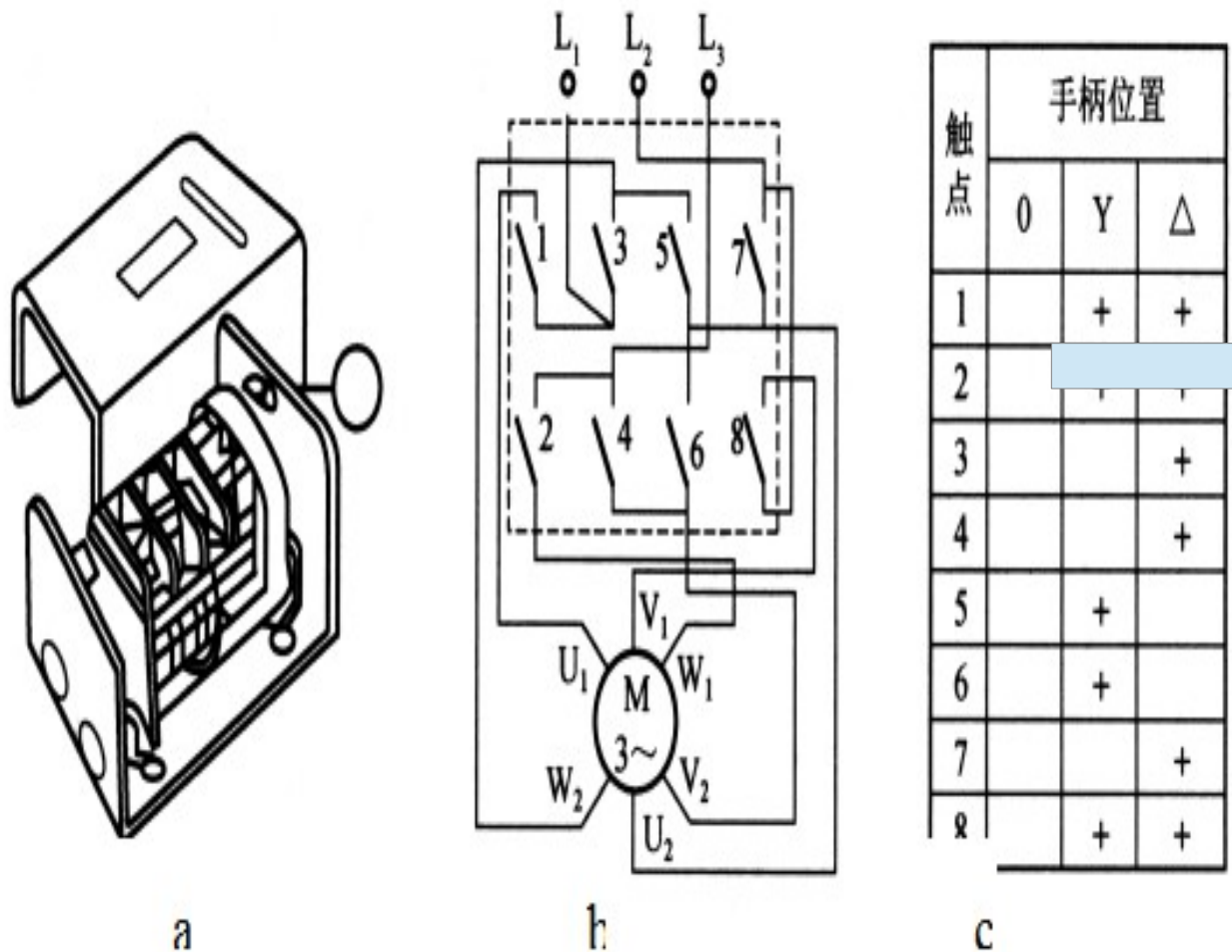


图 2.14 电动机定子电路串电阻降压启动控制电路

2. Y - Δ 降压启动控制线路

Y - Δ 降压启动是指电动机启动时，将定子绕组接成 Y 形联结降压启动，当转速上升至接近额定转速时再将其换接成 Δ 形联结全压运行。Y - Δ 降压启动适用于正常工作时定子绕组作 Δ 形联结的电动机，这种启动方式简便、经济，使用较为普通，但启动转矩只有全压启动的 $1/3$ ，故只适用于空载或轻载启动。



如图 2.15 为所示
QX1 系列手动。

图 2.15 a) 外形图 b) 线路图 c) 触点断合表

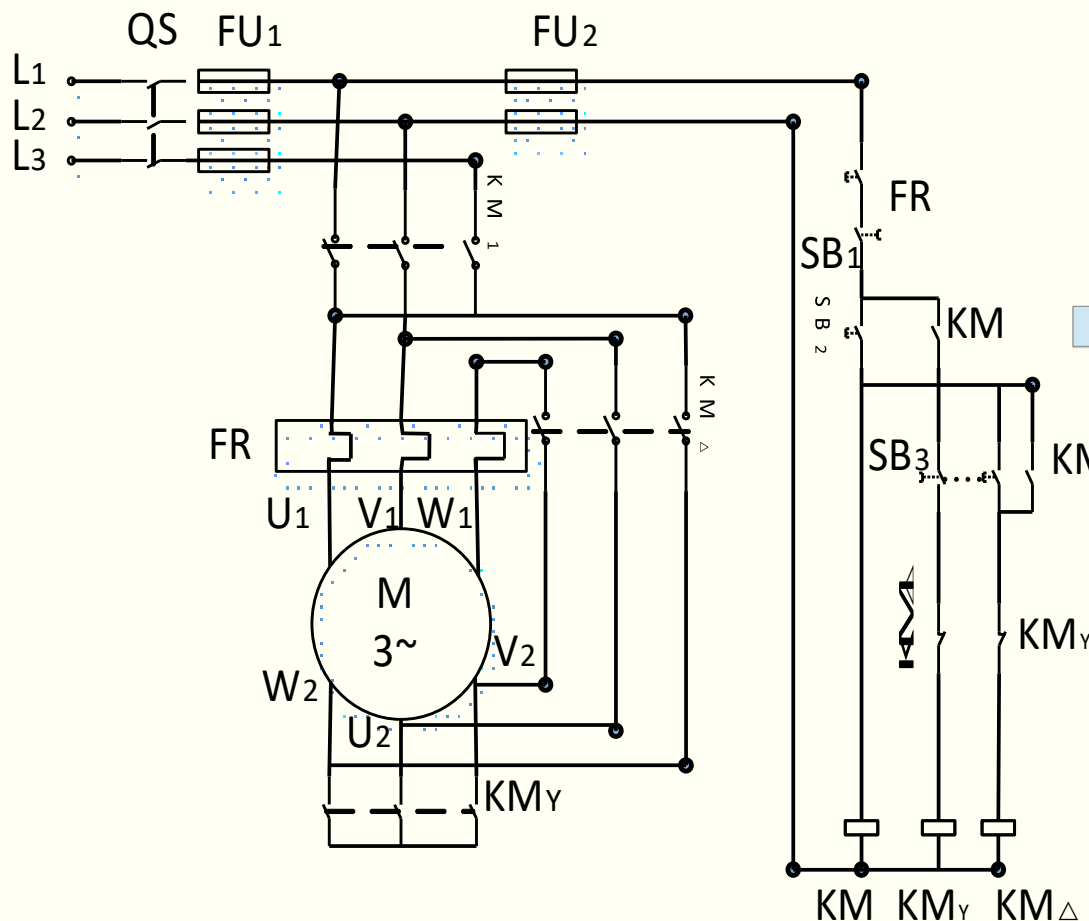
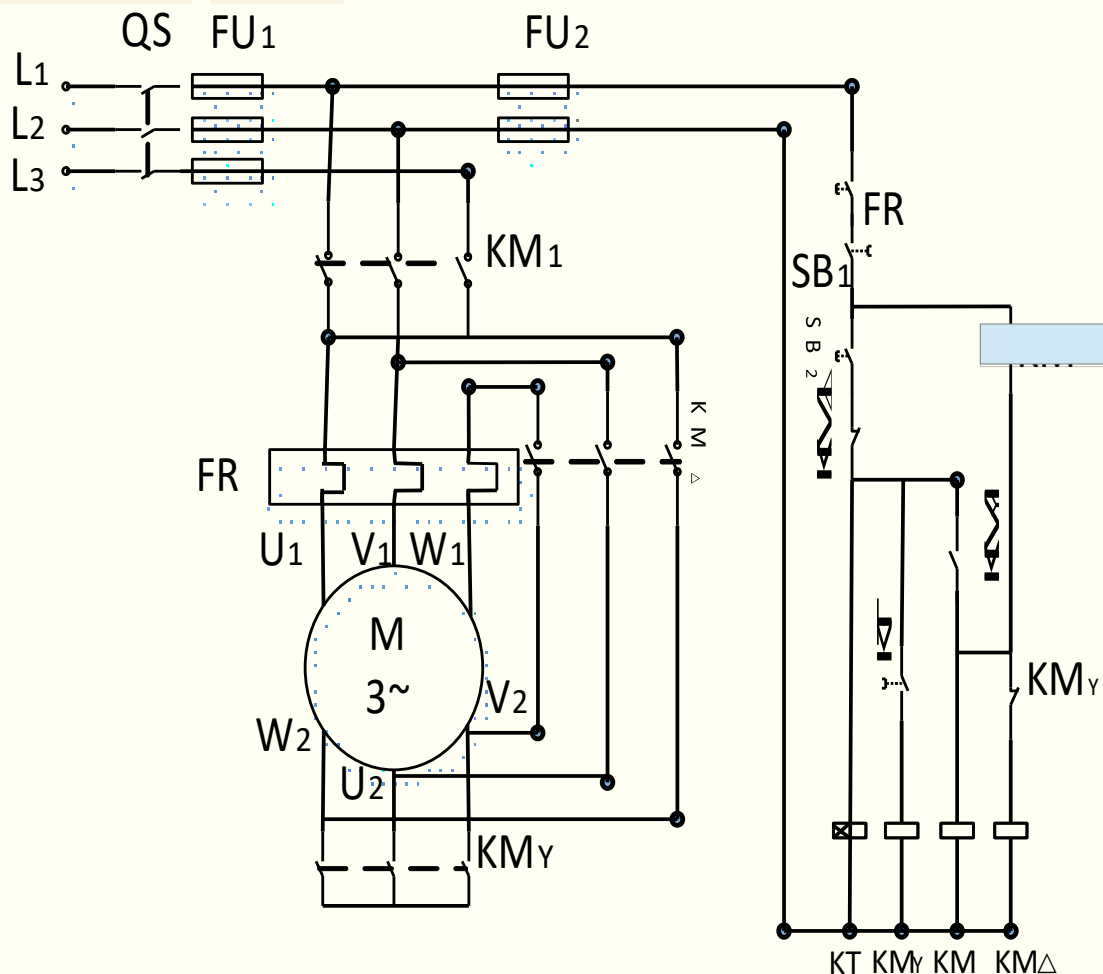


图 2.16 所示为按钮切换 Y - Δ 降压启动控制线路。

图 2.16 按钮切换 Y - Δ 降压启动控制电
路



3. 时间继电器自动
切换 Y - Δ 降压启动控
制线路

图 2.17 所示为时
间继电器自动切换 Y -
Δ 降压启动控制线路

。

图 2.17 时间继电器自动切换 Y - Δ 降压启动控制电
路

继电器控制电路设计

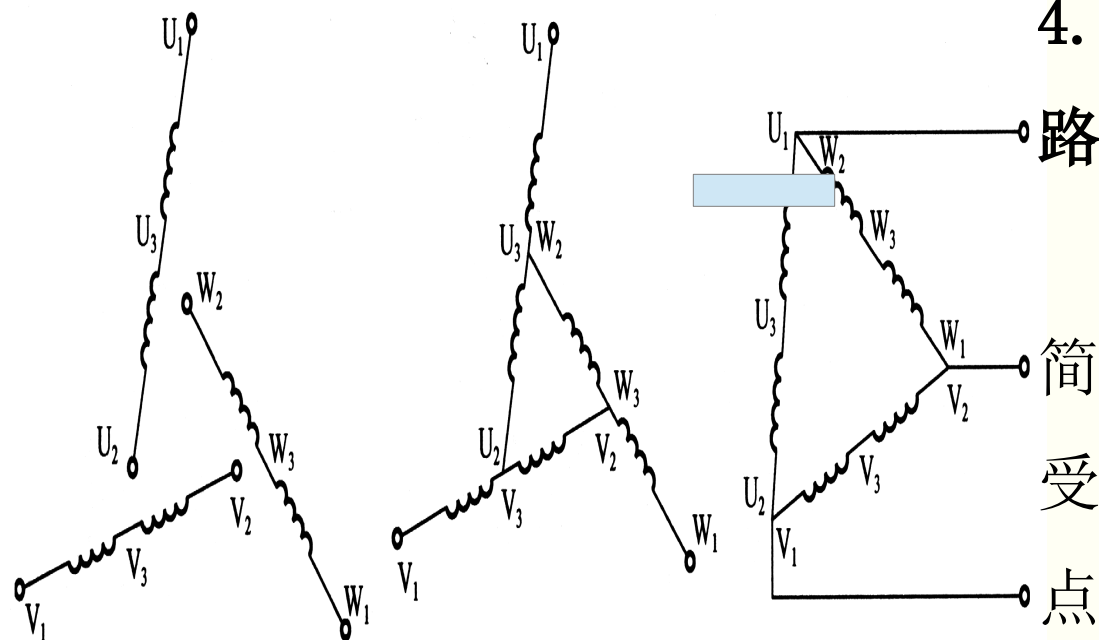


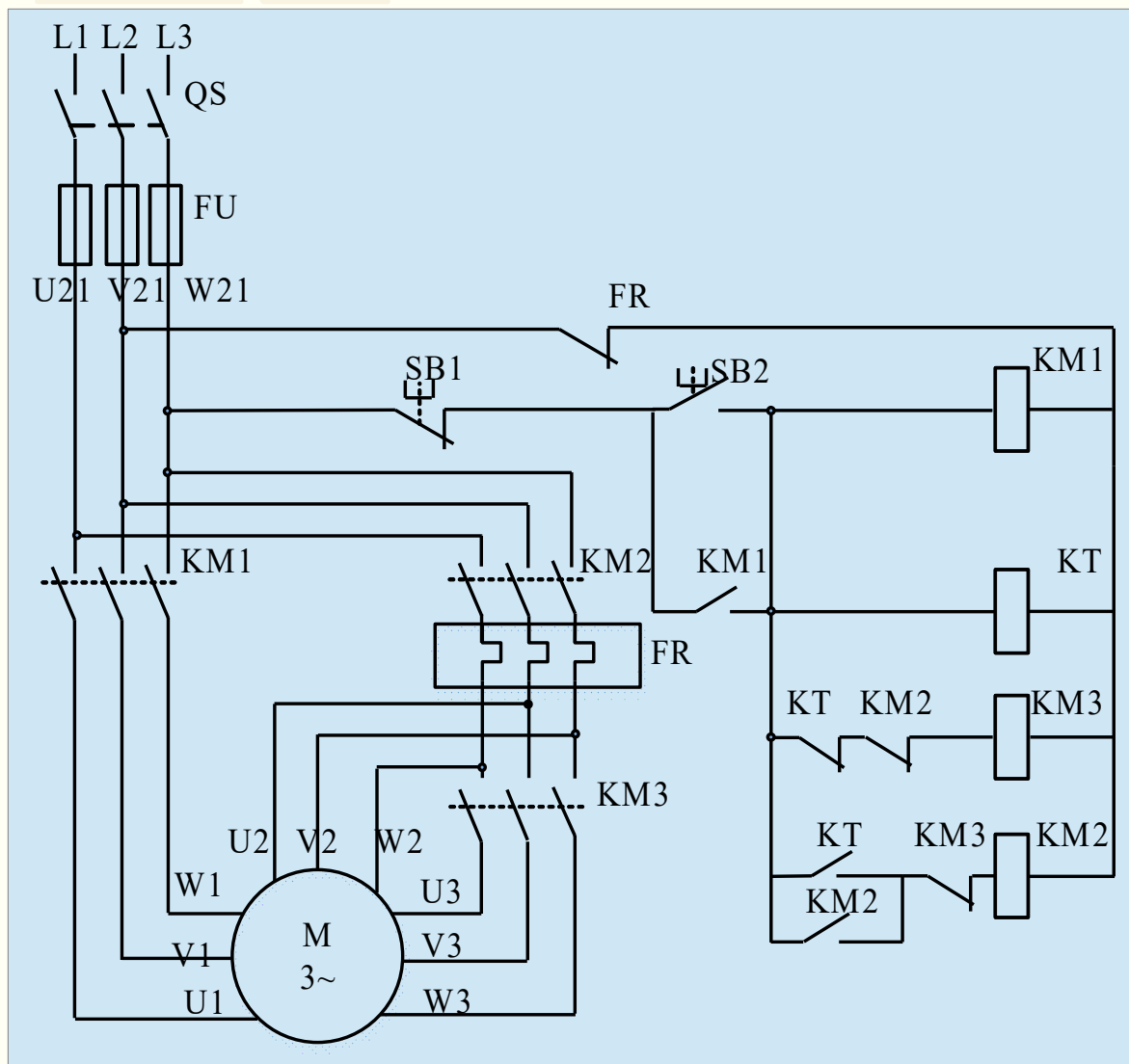
图 2.18 延边三角形启动绕组接线原理图

a) 原始状态 b) 启动时连接方法 c) 正常运行连接方法

4. 延边三角形降压启动控制线

路

Y - Δ 降压启动方法虽然简单，但是启动转矩太小，应用受到一定限制，为了克服这个缺点，可采用延边三角形降压启动，这种启动方法适用于定子绕组为特殊设计的异步电动机（如 J03 系列）。定子绕组有 9 个接线头，如图 2.18 所示。



三相笼型异步电动机定子绕组接成延边三角形降压启动的控制线路如图 2.19 所示。

图 2.19 延边三角形降压启动控制线路

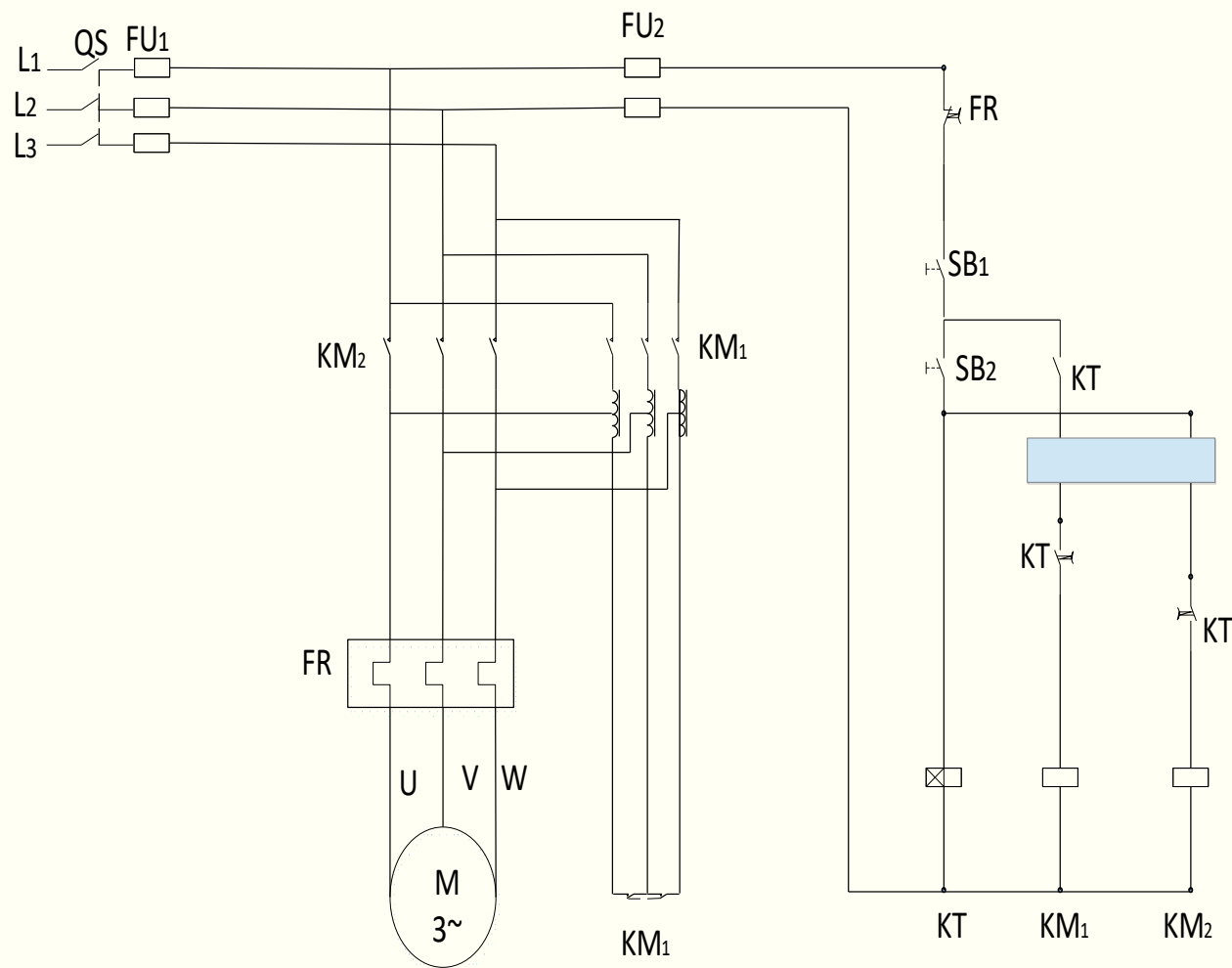


图 2.20 自耦变压器降压启动控制电路

5. 自耦变压器（补偿器）降压启动控制线路

补偿器降压启动利用自耦变压器来降低启动时的电压，达到限制启动电流的目的。图 2.20 所示为自耦变压器降压启动控制线路。

2.2.5 异步电动机的制动控制

三相异步电动机断电后，机械惯性使转子一定时间后才能够停转，这不利于频繁起停、频繁正反转或者有精确定位控制要求的场合，也影响生产效率，因此必须对电动机进行制动控制。制动控制分为机械制动和电气制动。机械制动是利用机械装置产生机械力来强迫电动机停下来；电气制动时利用电动机的电磁原理来制动力的。常用的电气制动方法有反接制动、能耗制动、电容制动和直流制动等。本节主要介绍反接制动和能耗制动。

1) 三相异步电动机的反接制动

所谓反接制动是利用改变电动机电源相序，使电动机定子绕组产生的旋转磁场方向与转子旋转方向相反，从而产生制动力，使电动机转速迅速下降。

假设电动机正向运转，若将电源反接，电动机转速将由正转急速降到零，此时如果反接电源不及时切除，则反向电压将使电动机反向运行，从而影响生产过程。因此，在电动机转速接近零时应将反接制动电路切除，通常在控制电路中采用速度继电器来检测电动机转速并控制及时切除反接电源。

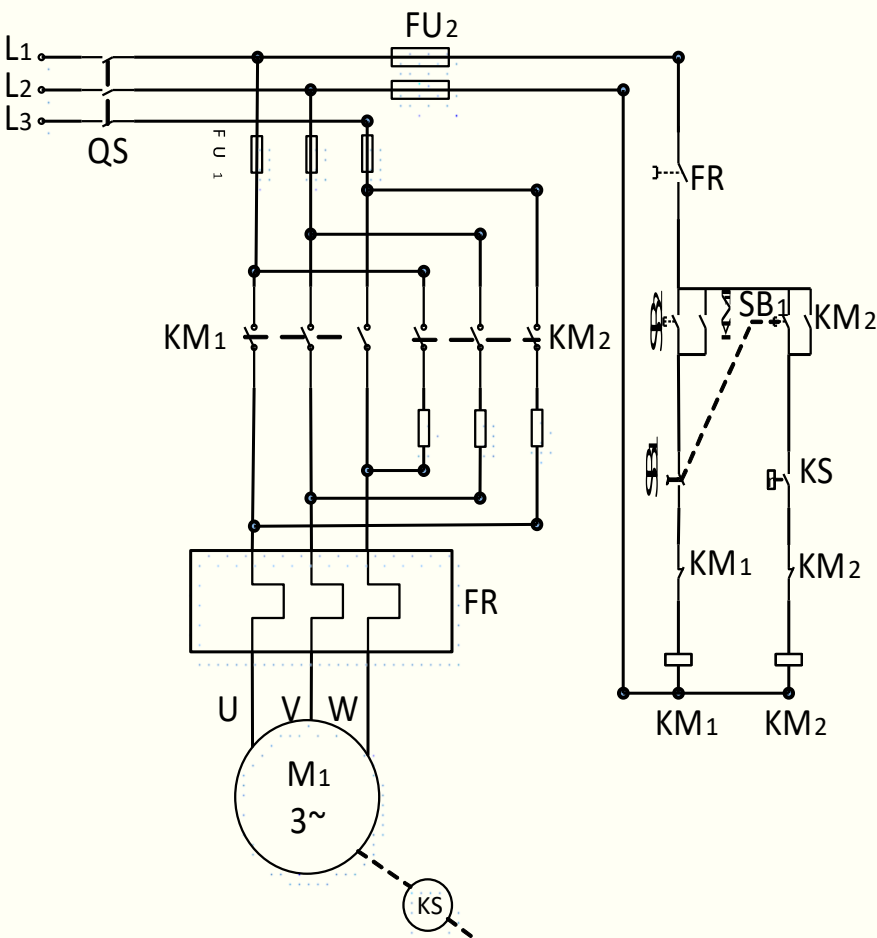


图 2.21 电动机单向反接制动

电路工作原理：如图所示，当电路电源接通后，按下按钮 SB2，接触器 KM1 通电并自锁，电动机全压起动。当电动机连接的速度继电器 KS 在转速超过其动作值时常开触头闭合。需要停止时按下 SB1，接触器 KM1 失电，电动机正向电源切除；当 SB1 按到底时，接通 KM2 线圈使其带电并自锁，电动机进入反接制动。当转速降到速度继电器 KS 的释放转速 100/min 时，KS 常开触头断开，KM2 线圈失电，从而断开反接制动电路，反接制动结束，电动机自然停车。

在图 2.21 的基础上，图 2.22 增加了接触器、中间继电器，通过电路的连接使其不但能够控制正向运行停止时的反接制动，还能够控制反向运行停止时的反接制动，因此是一种双向可逆的反接制动电路。图中 KM1、KM2 为电动机正、反转接触器，KM3 为短接制动电阻的接触器，KA1~KA4 为中间继电器，KS 为速度继电器，KS-1 为正转闭合触头，KS-2 为反转闭合触头。电阻 R 在电路中具有两个作用，即起动时的定子串电阻减压起动和反接制动时的反接制动电阻。

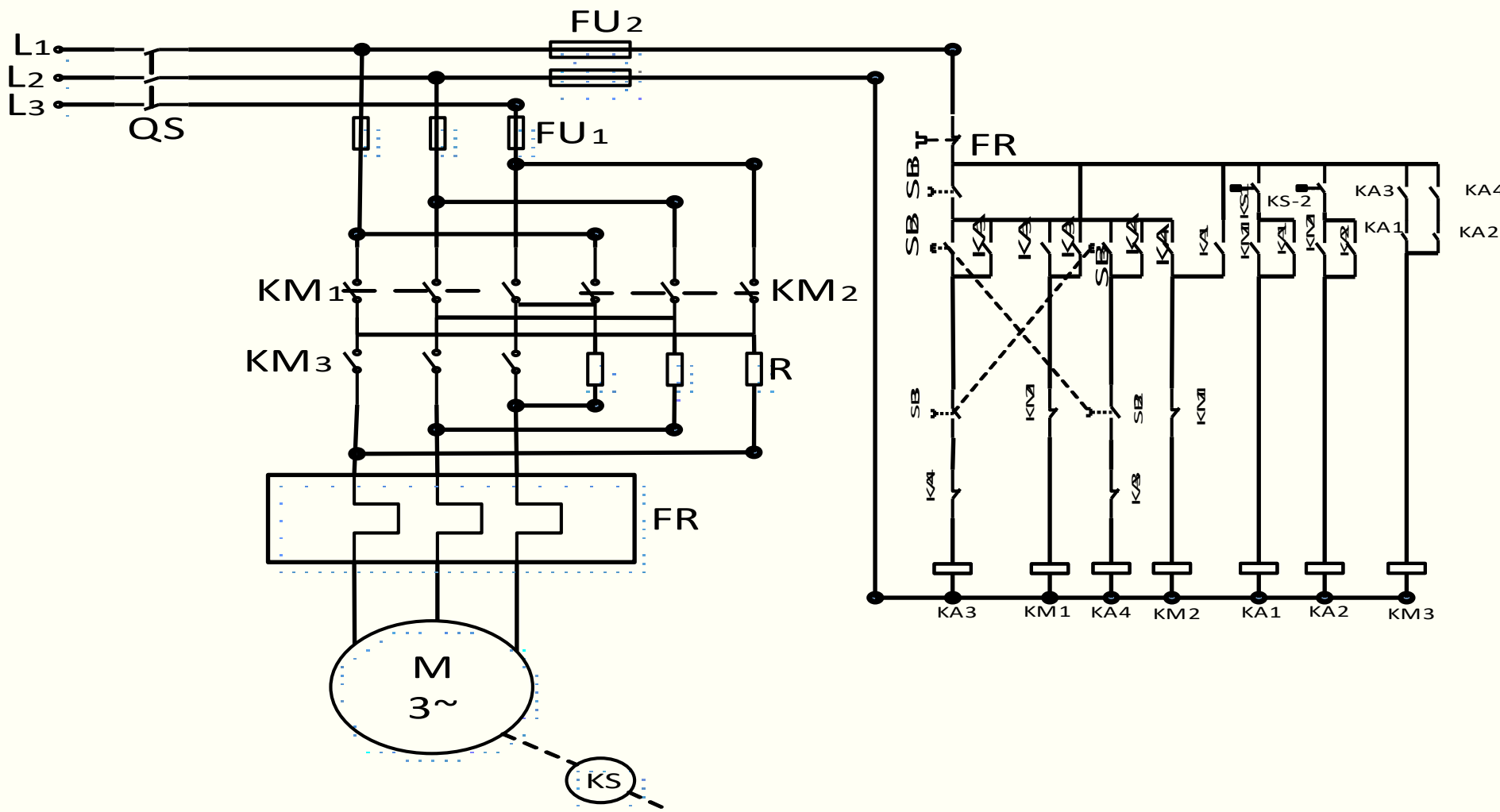


图 2.22 电动机双向反接制动

当合上电源开关 QS 后，按下 SB2，正转中间继电器 KA3 线圈通电并自锁，其常闭触头断开、常开触头闭合，接触器 KM1 线圈通电，电动机开始正转减压起动。当电动机转速升高到一定值时，速度继电器正转常开触头 KS-1 闭合，从而使中间继电器 KA1 通电并自锁。由于 KA1、KA3 都已接通，则 KM3 接触器接通，于是电阻 R 被 KM3 主触头短接，电动机进入全压运行状态。需要停车时，按下 SB1，则 KM1、KM3、KA3 线圈相继断电，其主触头及常开辅助触头断开、常闭辅助触头闭合，但此时电动机仍以高速旋转，使速度继电器的触头 KS-1 保持了闭合状态，因此中间继电器 KA1 并没有断电，其常开触头仍处于闭合状态，这样就使得 KM2 接触器线圈接通，KM2 主触头闭合，主电路进入反接制动过程，电动机转速迅速下降。当转速低于速度继电器释放值时，速度继电器常开触头 KS-1 断开，中间继电器 KA1、接触器 KM2 相继断电，反接制动过程结束。

2) 三相异步电动机的能耗制动

所谓能耗制动是在三相异步电动机脱离三相交流电源后，在定子绕组中通入一个直流电源，建立恒定的静止磁场，惯性旋转的转子绕组切割定子恒定磁场，产生与惯性运动方向相反的电磁转矩，从而达到制动的目的。当电动机转速降到零时，应及时切断直流电源，因此需要对制动过程的参数加以控制，可任选电流、转速和时间一人参数作为控制信号。图 2.23 和图 2.24 分别介绍了以时间和转速作为控制信号的两种能耗制动电路。

图 2.23 是一种以时间作为控制信号的单向运转能耗制动电路。接触器 KM1 为正转接触器，KM2 为能耗制动电路控制接触器，KT 为时间继电器。此外，主回路中的交直流转换装置作为直流电源

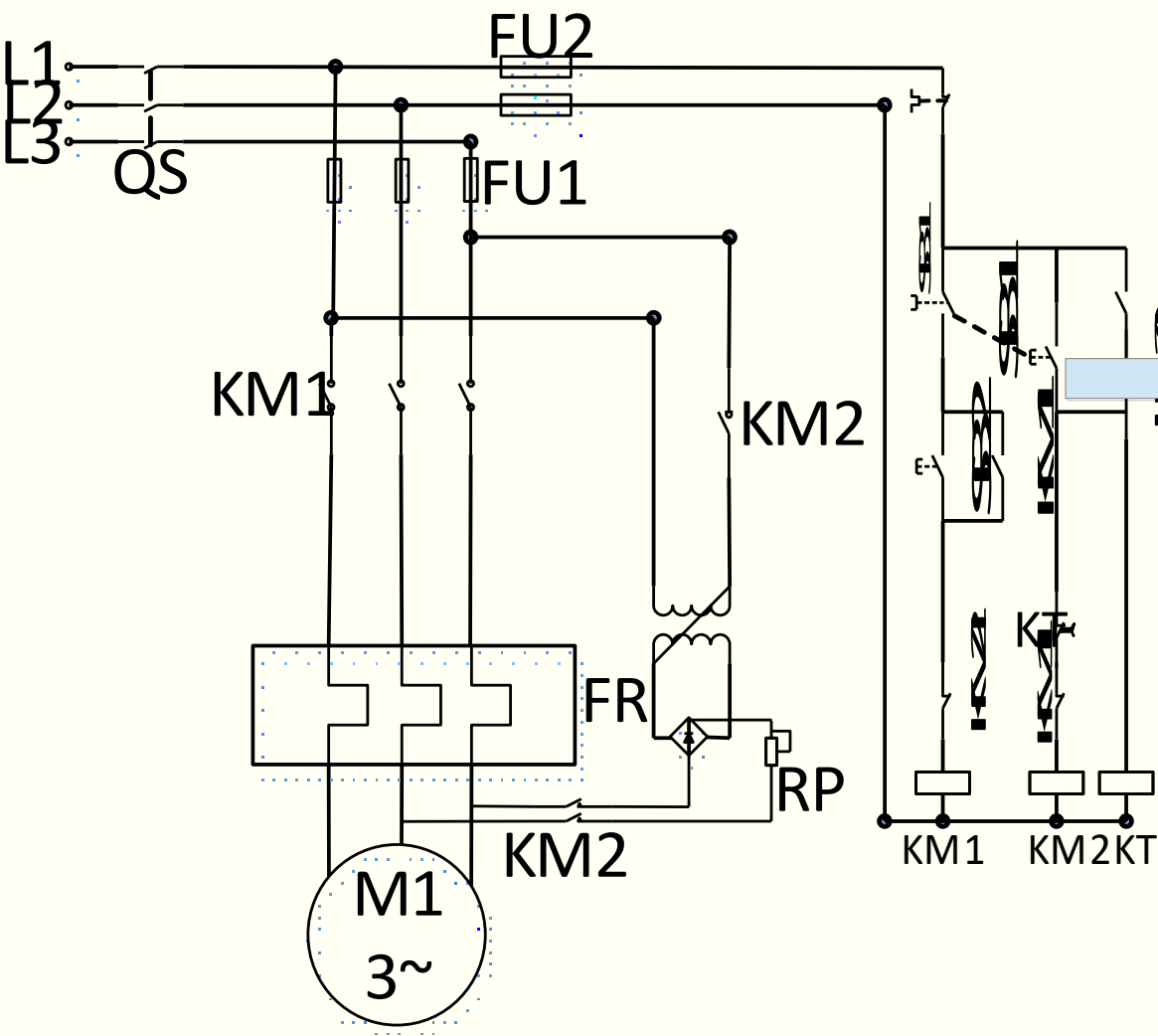


图 2.23 是一种以时间作为控制信号的单向运转能耗制动电路。接触器 KM1 为正转接触器，KM2 为能耗制动电路控制接触器，KT 为时间继电器。此外，主电路中的交直流转换装置作为直流电源。

图 2.23 以时间为控制参数的单向能耗制动电路

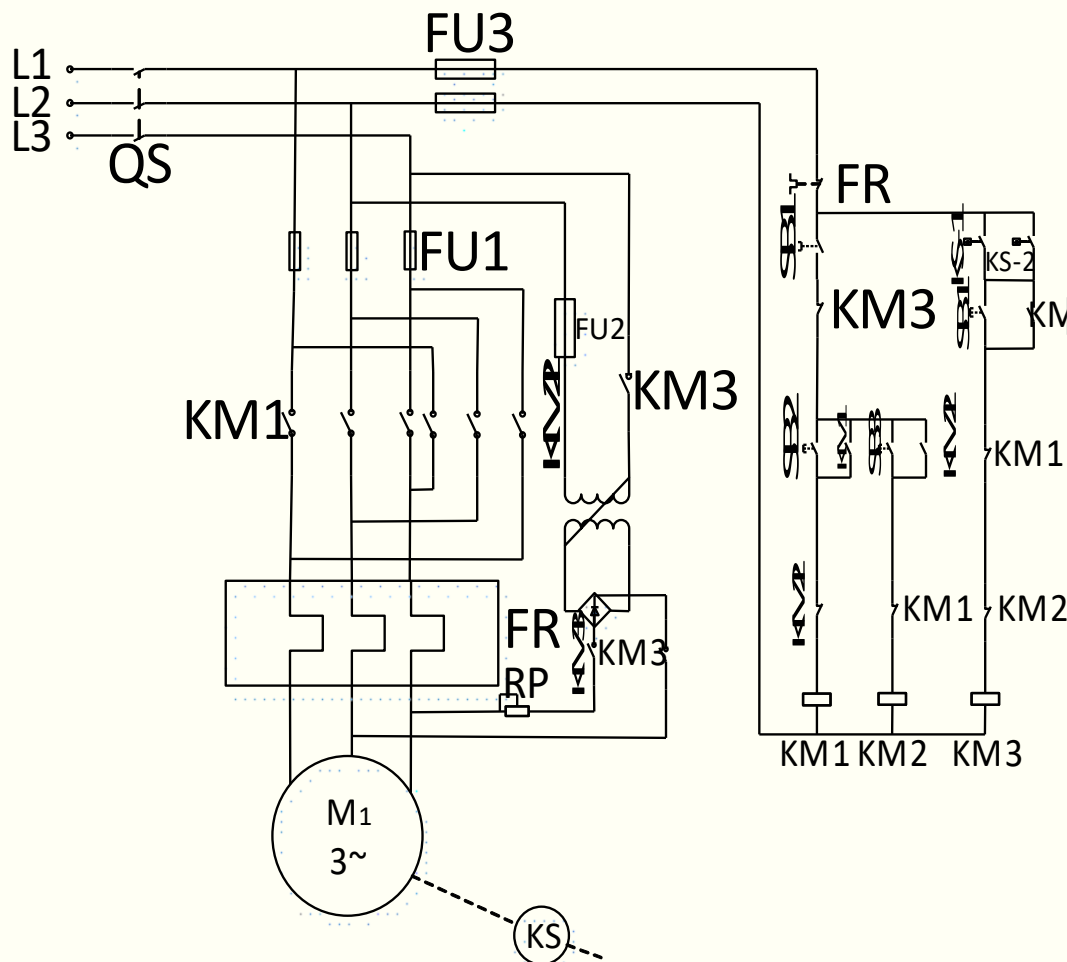


图 2.24 以速度为控制参数的双向能耗制动

图 2.24 是一种以速度作为控制参数的双向可逆能耗制动电路。电路中 KM1、KM2 分别为电动机的正、反转接触器，KM3 为能耗制动接触器，KS 为速度继电器，KS-1 和 KS-2 分别为速度继电器的正转闭合触头和反转闭合触

谢谢聆听