

项目 1 三相异步电动机基本控制 电路的接线与调试

项目描述

本项目主要介绍三相异步电动机基本控制电路的接线与调试，通过 5 个基本任务来掌握低压电器的控制原理、使用方法及简单的故障维修，学会根据电气控制原理图连接实物电路的方法和技巧，最终使学生能够通过技能操作独立分析控制原理，能够掌握电气控制电路的设计思想。

知识目标

- (1) 掌握常用低压电器元件的工作原理和应用。
- (2) 掌握异步电动机电气控制原理图的识图方法，能够熟练识读电路图。
- (3) 会设计异步电动机启动、停止、正反转、降压启动、制动等控制电路。

技能目标

- (1) 能熟练识别常用低压电器，并能对其拆装与检验。
- (2) 能根据电气控制原理图熟练连接异步电动机启动、停止、正反转、降压启动、制动、调速等电路。
- (3) 能够在通电试车中排除电路故障。

任务 1 三相异步电动机启动控制电路的接线与调试

任务描述

使用刀开关控制三相异步电动机的直接启动，使用接触器、热继电器控制三相异步电动机的直接启动，通过手动按钮操作来实现异步电动机的点动/连续控制。

任务目标

- (1) 熟悉按钮、刀开关、熔断器、接触器、热继电器等低压电器的作用及工作原理。
- (2) 能够识别三相异步电动机启动控制的电气原理图，并根据电气控制原理图进行实物电路的连接。
- (3) 掌握三相异步电动机直接启动、点动、连接控制电路的接线与调试及故障处理。

知识储备

一、相关低压电器

低压电器是指工作在交流电压小于 1200V，直流电压小于 1500V 的电路中起通断、保护、控制或调节作用的各种电气设备。

1. 刀开关

刀开关在电路中的作用是：隔离电源，以确保电路和设备维修的安全检查；分断负载，如不频繁地接通和分断容量不大的低压电路或直接启动小容量电动机。

(1) 开启式负荷开关

开启式负荷开关由操作手柄、熔丝、触刀、触头座和底座组成，结构示意图如图 1.1 所示，其文字符号为 QS。此种刀开关装有熔丝，可起短路保护作用。

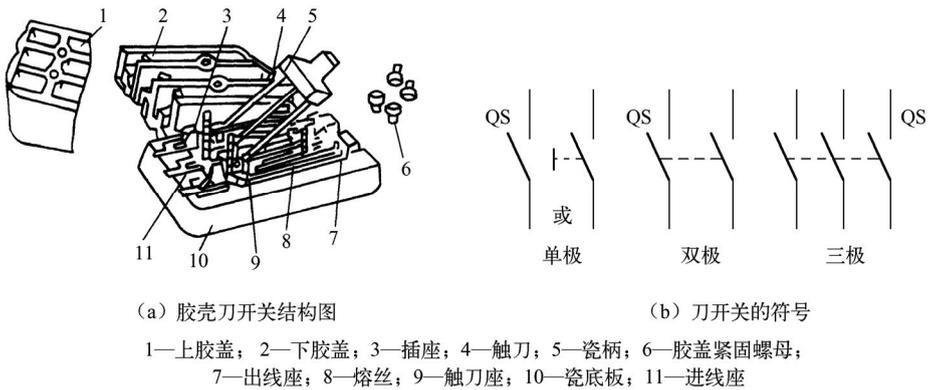


图 1.1 开启式负荷开关外形结构及符号

开启式负荷开关俗称胶盖瓷底刀开关。刀开关是带有动触头——闸刀，并通过它与底座上的静触头——刀夹座相楔合（或分离），以接通（或分断）电路的一种开关。

(2) 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关又称为铁壳开关，一般用于电力排灌、电热器、电气照明线路的配电设备中，用来不频繁地接通与分断电路，也可以直接用于异步电动机的非频繁全压启动控制。

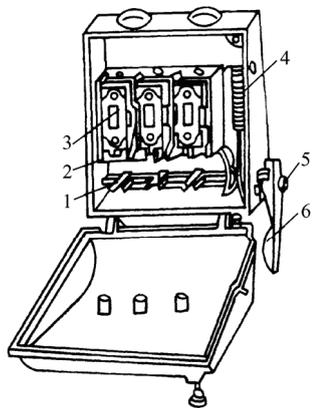
铁壳开关主要由钢板外壳、触刀、操作机构、熔丝等组成，如图 1.2 所示。

铁壳开关的操作结构有两个特点：一是采用储能合闸方式，即利用一根弹簧执行合闸分闸功能，使开关的闭合和分断时的速度与操作速度无关，它既有助于改善开关的动作性能和灭弧性能，又能防止触头停滞在中间位置；二是设有联锁装置，以保证开关合闸后便不能打开箱盖，而在箱盖打开后，不能再合开关。

2. 刀开关的主要技术参数及型号

刀开关的主要技术参数有：额定电流（长期通过的最大允许电流）、额定电压（长期工作所承受的最大电压）以及分断能力等。选择刀开关时，刀开关的额定电压应大于或等于线

路的额定电压，额定电流应大于或等于线路的额定电流。刀开关有 HD（单投）、HS（双投）、HK（开启式）、HR（熔断器式）和 HH（封闭式负荷）等系列，它们都适用于交流 50Hz、额定电压至 500V，直流额定电压至 400V、额定电流至 1500A 的成套配电装置中，在非频繁地手动接通和分断电路中使用，或作为隔离开关使用，其型号含义如图 1.3 所示。



1—触刀；2—夹座；3—熔断器；
4—速断弹簧；5—转轴；6—手柄

图 1.2 铁壳开关结构图

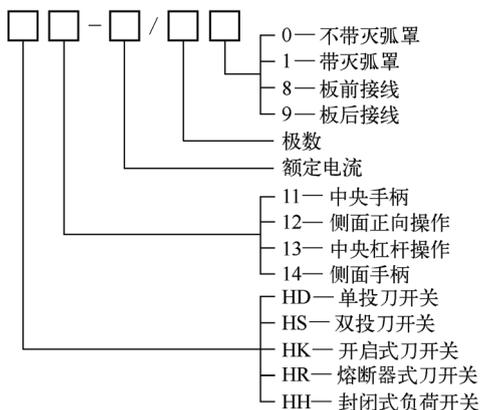


图 1.3 刀开关型号的含义

3. 刀开关安装和使用的注意事项

刀开关在安装时，手柄要向上，不得倒装或平装，避免由于重力自动下落，引起误动合闸。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在下端，这样拉闸后刀开关的刀片与电源隔离，既便于更换熔丝，又可防止可能发生的意外事故。拉闸和合闸操作时，动作要迅速，一次拉合到位，使电弧尽快熄灭。

4. 低压断路器

低压断路器俗称自动空气开关，是一种既有手动开关作用，又能对欠电压、过载和短路等故障进行自动保护的开关电器，它是低压配电网中一种重要的保护电器。低压断路器具有多种保护功能、动作值可调、分断能力高、操作方便、安全等优点，得到了广泛的应用。

(1) 低压断路器的外形结构及符号

低压断路器由操作机构、触点、保护装置（各种脱扣器）、灭弧系统等组成。低压断路器的符号如图 1.4 所示。

(2) 低压断路器的工作原理

低压断路器的工作原理示意图如图 1.5 所示。

开关的主触点是靠操作机构手动或电动合闸的，由自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。当主电路发生过载时，热元件 12 产生的热量增加，使双金属片 13 弯曲变形，推动杠杆 8 向上运动，使搭钩 3 与锁扣 5 脱离，在反作用弹簧 4 的作用下断路器主触点断开，切断电路，实现过载保护；当主电路发生短路故障时，短路电流超过过电流脱扣器的瞬时脱扣整定电流，脱扣器产生足够大的吸力将衔铁 14 吸合，通过杠杆推动搭钩与锁扣脱离，切断电路，

使用电设备不会因短路而烧毁；当电路电压正常时，失压或欠压脱扣器的衔铁 10 被吸合，断路器的主触点能够闭合；当电路出现失压或电压下降到某一值时，铁芯磁力消失，衔铁被释放，在拉力弹簧 9 的作用下，衔铁撞击杠杆使搭钩与锁扣分开，主触点断开，起到失压或欠压保护。

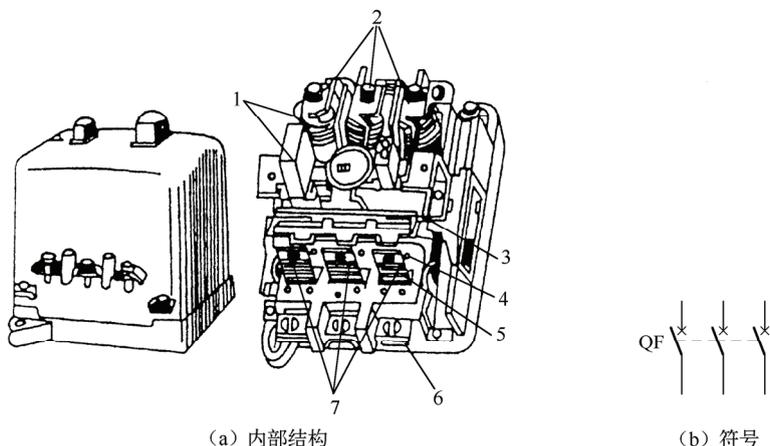
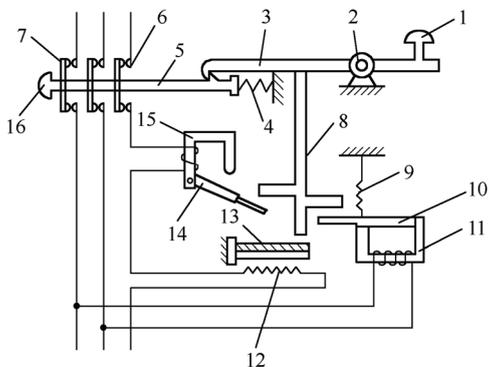


图 1.4 低压断路器的内部结构和符号



- 1—分断按钮；2—转轴座；3—搭钩；4—反作用弹簧；5—锁扣；
 6—静触头；7—动触头；8—杠杆；9—拉力弹簧；10—欠压脱扣器衔铁；
 11—欠压脱扣器；12—热元件；13—双金属片；14—电磁脱扣器衔铁；
 15—电磁脱扣器；16—接通按钮

图 1.5 低压断路器的工作原理示意图

(3) 低压断路器的主要技术参数及型号

低压断路器的主要技术参数有：额定工作电压、壳架额定电流等级、极数、脱扣器类型及额定电流、短路分断能力等。低压断路器的主要型号有 DW10、DW15、DZ5、DZ10、DZ20 等系列，其型号含义如图 1.6 所示。

5. 熔断器

熔断器是根据电流超过规定值一定时间后，以其自身产生的热量使熔体熔化，从而使电路断开的原理制成的一种电流保护器。熔断器广泛应用于低压配电系统和控制系统及用电设

备中，作为短路和过电流保护，使用时将它串联在被保护电路中。

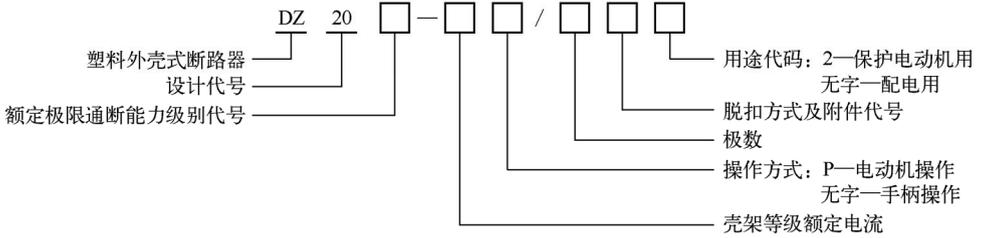


图 1.6 DZ20 系列低压断路器的型号含义

(1) 熔断器外形结构及符号

熔断器常见的类型有插入式、螺旋式、卡装式、有填料封闭管式、无填料封闭管式等，品种规格很多。瓷插式熔断器、螺旋式熔断器、有填料封闭管式外形及符号如图 1.7 所示。

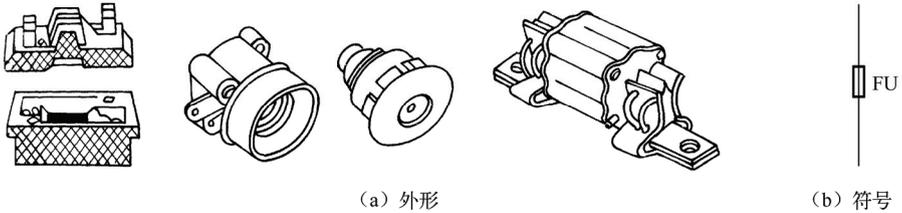


图 1.7 熔断器外形及图形符号

瓷插式熔断器的电源线和负载连接线分别接在瓷底座两端静触点的接线柱上，瓷盖中间凸起部分的作用是将熔体熔断产生的电弧隔开，使其迅速熄灭。较大容量熔断器的灭弧室中还垫有熄灭电弧用的石棉织物。

螺旋式熔断器电源线应当接在瓷底座的下接线端，负载线接到金属螺纹壳的上接线端。

熔体一般由熔点低、易于熔断、导电性能良好的合金材料制成：在小电流的电路中，常用铅合金或锌做成的熔体（熔丝）；对大电流的电路，常用铜或银做成片状的熔体。

(2) 熔断器的主要技术参数及型号

① 额定电压：指熔断器长期工作时间和分断后能够承受的电压，其值一般等于或大于电气设备的额定电压。

② 额定电流：指熔断器长期工作时，各部件温升不超过规定值时所能承受的电流。厂家为了减少熔断器额定电流的规格，熔断器的额定电流等级比较少，而熔体的额定电流等级比较多，也即在一个额定电流等级的熔断器内可以分装几个额定电流系统的熔体，但熔体的额定电流最大不超过熔断器的额定电流。

③ 极限分断能力：指熔断器在规定的额定电压和功率因数（或时间常数）的条件下能分断的最大电流值，在电路中出现的最大电流值一般是指短路电流值。所以，极限分断能力也反映了熔断器分断短路电流的能力。

常见的型号有 RC1A、RM10、RL6、RL7、RT12、RT14、RT15、RT17 等系列，熔断器型号含义如图 1.8 所示。

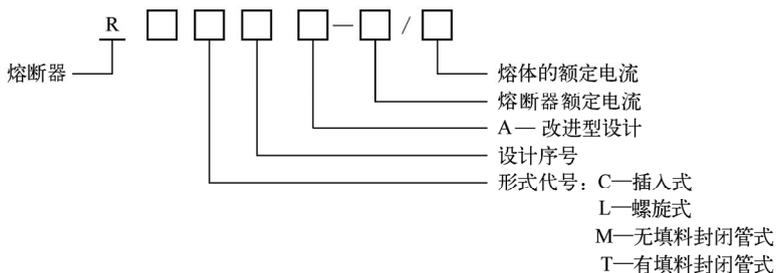


图 1.8 熔断器的型号含义

(3) 熔断器的选择

熔断器的选择主要是选择熔断器的种类、额定电压、熔断器额定电流和熔体额定电流等。

熔断器的种类通常在电控系统整体设计时确定，熔断器的额定电压应大于或等于实际电路的工作电压，因此确定熔体电流是选择熔断器的主要任务，具体来说有下列几条原则：

① 电路上、下两级都装设熔断器时，为使两级保护相互配合良好，两级熔体额定电流的比值不小于 1.6 : 1。

② 对于照明线路或电阻炉等没有冲击性电流的负载，熔体的额定电流应大于或等于电路的工作电流，即

$$I_{\text{IN}} \geq I_e$$

式中， I_{IN} 为熔体的额定电流；

I_e 为电路的工作电流。

③ 保护一台异步电动机时，考虑电动机冲击电流的影响，熔体的额定电流按下式计算：

$$I_{\text{IN}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{N}}$$

式中， I_{N} 为电动机的额定电流。

④ 保护多台异步电动机时，若各台电动机不同时启动，则应按下式计算：

$$I_{\text{IN}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{Nmax}} + \sum I_{\text{N}}$$

式中， I_{Nmax} 为容量最大的一台电动机的额定电流；

$\sum I_{\text{N}}$ 为其余电动机额定电流的总和。

特别注意：线路中各级熔断器熔体额定电流要相应配合，保持前一级熔体额定电流必须大于下一级熔体额定电流。

6. 控制按钮

控制按钮是一种结构简单、应用广泛的主令电器。它用来手动控制小电流的控制电路，从而实现远距离控制主电路通断的目的。

(1) 控制按钮的外形结构及符号

按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成。触点额定电流 5A 以下，其外形结构如图 1.9 (a)、(b)、(c) 所示，图形符号如图 1.9 (d) 所示。

按钮在结构上有按钮式、紧急式、钥匙式、旋钮式和保护式五种，可根据使用场合和具体用途来选用。

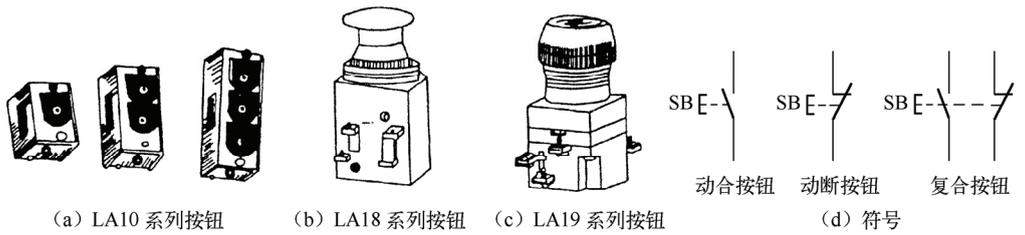


图 1.9 控制按钮的外形和图形符号

启动按钮带有常开触点，手指按下按钮，常开触点闭合；手指松开，常开触点复位。停止按钮带有常闭触点，手指按下按钮，常闭触点断开；手指松开，常闭触点复位。复合按钮有常开触点和常闭触点，手指按下按钮，常闭触点先断开，常开触点后闭合；手指松开时，常开触点先复位，常闭触点后复位。

控制按钮可做成单式（一个按钮）、复式（两个按钮）和三联式（三个按钮）的形式。为便于识别各个按钮的作用，避免误操作，通常在按钮上做出不同标志或涂以不同颜色，一般红色按钮表示停止按钮，绿色按钮表示启动按钮。

(2) 控制按钮的主要技术参数及型号

控制按钮的主要技术参数有额定电压（380V AC/220V DC）和额定电流（5A）。选择按钮时主要考虑按钮的结构形式、操作方式、触点对数、按钮颜色以及是否需要指示灯等要求。LA25 系列是全国统一设计的按钮新型号，其常用的型号有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 等系列。国外的有德国 BBC 公司的 LAZ 系列。控制按钮型号含义如图 1.10 所示。

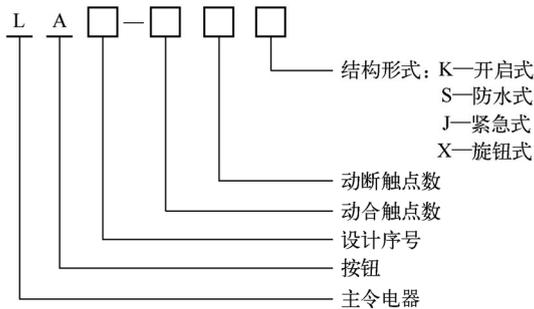


图 1.10 控制按钮型号含义

5. 接触器

接触器在机床电路及自动控制电路中作为自动切换电路，用来远距离频繁地接通和断开交直流主回路和大容量控制电路，同时具有欠电压、零电压释放保护的功能。接触器按其主触点通过电流的种类不同可分为直流接触器和交流接触器两种，目前在控制电路中多采用交流接触器。

(1) 交流接触器的外形结构和符号

交流接触器常用于远距离接通和分断电压至 1140V、电流至 630A 的交流电路。其结构和符号如图 1.11 所示，它由电磁机构、触头系统、灭弧装置及其他部件等四部分组成。

① 电磁机构。电磁系统包括电磁线圈、铁芯和衔铁，是接触器的重要组成部分，依靠它带动触点的闭合与断开。

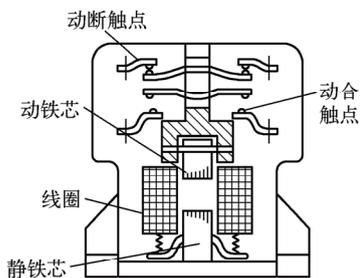
② 触头系统。触头是接触器的执行部分，它包括主触点和辅助触点。主触点的作用是接通和分断主回路，控制较大的电流；而辅助触点在控制回路中，用以满足各种控制方式的要求。

③ 灭弧装置。灭弧装置用来保证在触点断开电路时，产生的电弧能可靠地熄灭，减少电弧对触点的损伤。为使接触器可靠工作，必须使电弧迅速熄灭，故要采用灭弧装置。容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置。

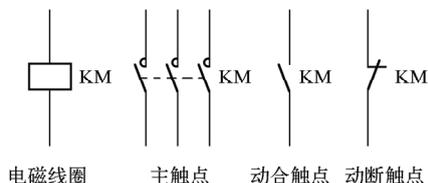
④ 其他部件。包括反作用弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。



(a) 外形



(b) 结构示意图



(c) 符号

图 1.11 交流接触器的结构示意图、外形和符号

(2) 交流接触器的工作原理

当接触器线圈通电后，线圈电流产生磁场，静铁芯产生电磁吸力将衔铁吸合。衔铁带动触点系统动作，使常闭触点断开，常开触点闭合，两者是联动的。当线圈断电时，电磁吸力消失，衔铁在反作用弹簧力的作用下释放，使触点系统随之复位。

(3) 直流接触器

直流接触器主要用来远距离接通与分断额定电压至 440V、额定电流至 630A 的直流电路，它可频繁地操作和控制直流电动机启动、停止、反转及反接制动。

直流接触器的结构与工作原理基本上与交流接触器相同，即由线圈、铁芯、衔铁、触头、灭弧装置组成，所不同的是除触头电流和线圈电压为直流外，其触头大都采用滚动接触的指形触头，辅助触头则采用点接触的桥形触头。铁芯由整块钢或铸铁制成，线圈则制成长而薄的圆筒形。为保证衔铁可靠地释放，常在铁芯与衔铁之间垫有非磁性垫片。

由于直流电弧不像交流电弧那样有自然过零点，更难熄灭，因此，直流接触器常采用磁吹式灭弧装置。

(4) 接触器的主要技术参数及型号

接触器的主要技术参数有额定电压、额定电流、寿命、操作频率等。

① 额定电压。是指接触器主触头的额定电压。一般情况下，交流有 220V、380V、660V，在特殊场合额定电压可高达 1140V；直流主要有 110V、220V、440V 等。

② 额定电流。是指接触器主触头的额定工作电流。它是在一定的条件（额定电压、使用类别和操作频率等）下规定的，目前常用的电流等级 10~800A。

③ 吸引线圈的额定电压。交流有 36V、127V、220V 和 380V，直流有 24V、48 V、220V 和 440V。

④ 机械寿命和电气寿命。接触器的机械寿命可达数百万次以至一千万次；电气寿命一般是机械寿命的 5%~20%。

⑤ 线圈消耗功率。可分为启动功率和吸持功率。对于直流接触器两者相等；对于交流接触器，一般启动功率约为吸持功率的 5~8 倍。

⑥ 额定操作频率。接触器的额定操作频率是指每小时允许的操作次数，一般有 300 次/h、600 次/h、1200 次/h。

⑦ 动作值。是指接触器的吸合电压和释放电压。规定接触器的吸合电压大于线圈额定电压的 85%时应可靠吸合，释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

交流接触器的型号含义如图 1.12 所示。

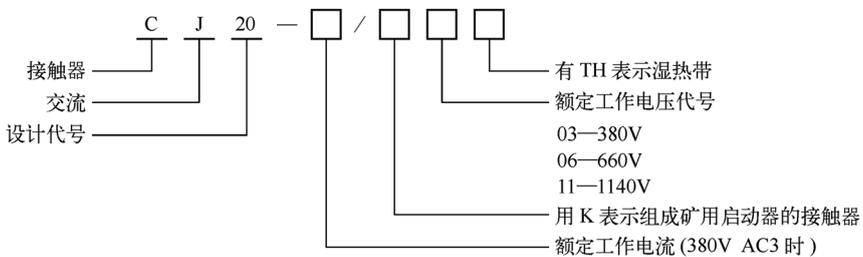


图 1.12 交流接触器的型号含义

(5) 接触器的选用

选择接触器时应从其工作条件出发，主要考虑下列因素：

① 控制交流负载应选用交流接触器；控制直流负载应选用直流接触器。

② 接触器的使用类别应与负载性质相一致。

③ 主触头的额定工作电压应大于或等于负载电路的电压。

④ 主触头的额定工作电流应大于或等于负载电路的电流。还要注意的，接触器的主触头的额定工作电流是在规定条件下（额定工作电压、使用类别、操作频率等）能够正常工作的电流值，当实际使用条件不同时，这个电流值也将随之改变。

⑤ 吸引线圈的额定电压应与控制回路电压相一致，接触器在线圈额定电压 85%及以上时应能可靠地吸合。

⑥ 主触头和辅助触头的数量应能满足控制系统的需要。

6. 热继电器

热继电器是利用电流的热效应来切断电路的保护电器，主要用于三相异步电动机的过载、缺相及三相电流不平衡的保护。电动机工作时如果长时间严重过载，绕组温升超过允许值，将会加剧绕组绝缘老化，甚至会烧坏绕组，缩短电动机的使用寿命。

(1) 热继电器的结构和符号

热继电器的结构如图 1.13 (a) 所示，图 1.13 (b) 为热继电器的符号。

热继电器的形式有多种，其中以双金属片式最多。双金属片式热继电器主要由双金属片

热元件、动作机构、触点系统、整定装置及复位按钮等组成。复位按钮是热继电器动作后进行手动复位的按钮，可以防止热继电器动作后，因故障未被排除而电动机又启动而造成更大的事故。

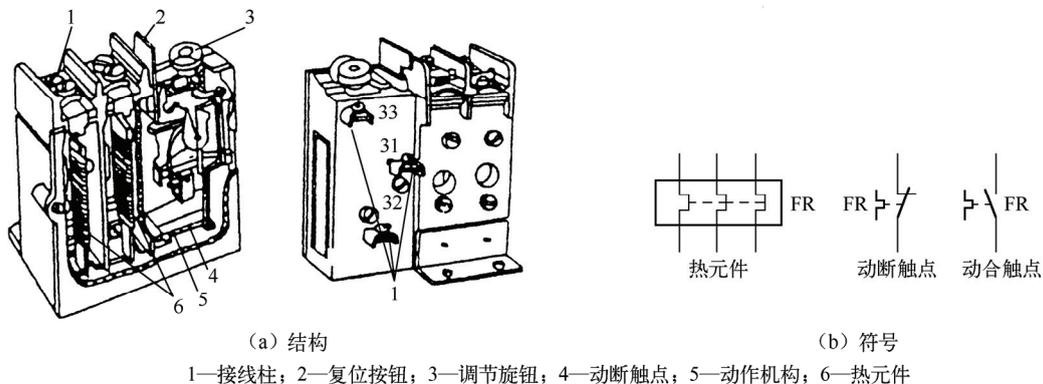


图 1.13 热继电器的结构和符号

(2) 热继电器的工作原理

热继电器的动作原理示意图如图 1.14 所示。热继电器正常工作时，热元件感知电流，将热量传到主双金属片 14 上，主双金属片受热发生弯曲变形不足以使继电器动作；过载时，热元件上电流过大，主双金属片弯曲变形加剧，向右推动导板 16，使常闭触点动作切断控制电路（保护主电路）；热继电器动作后，经过一段时间的冷却自动复位，也可按复位按钮 13 手动复位（根据使用要求通过复位调节螺钉 9 来自由选择复位方式）。旋转凸轮 6 置于不同位置可以调节热继电器的整定电流。

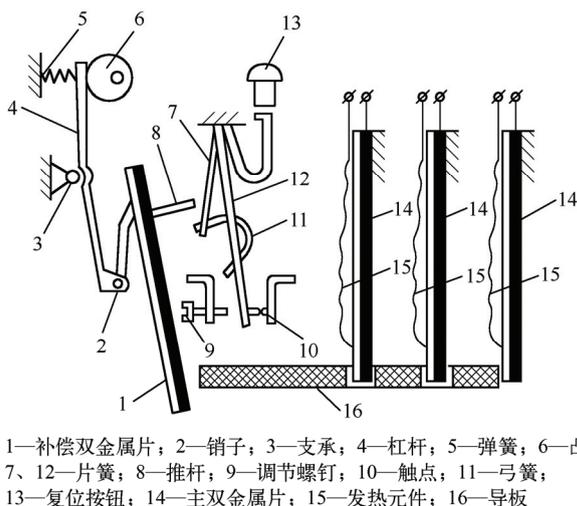


图 1.14 热继电器的动作原理示意图

(3) 热继电器主要技术参数及型号含义

热继电器主要技术参数有：热继电器额定电流、相数、热元件额定电流、整定电流及调

节范围等。常用的热继电器有 JR16、JR16D、JR20 等系列。热继电器的型号含义如图 1.15 所示。

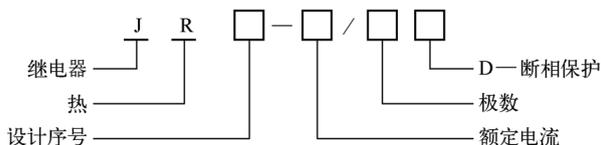


图 1.15 热继电器的型号含义

二、直接启动控制电路分析

1. 手动控制电路分析

手动控制就是通过刀开关把电动机直接接入电网，加上额定电压。手动控制主要用来不频繁地接通与分断小型电动机，它是三相异步电动机最简单的控制方法。对于大中容量的电动机，一般需要用接触器、继电器来控制。如图 1.16 所示。

合上刀开关 QS（引入三相电源），三相异步电动机经熔断器 FU、热继电器 FR 得电启动，断开 QS，电动机失电停转。

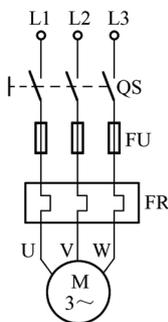


图 1.16 三相异步电动机的手动控制电路

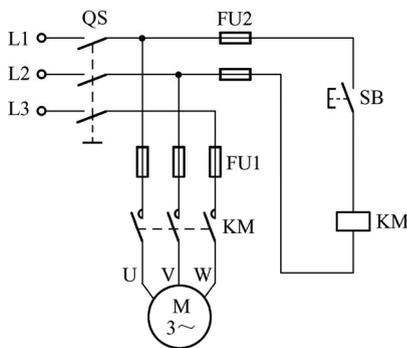


图 1.17 三相异步电动机的点动控制电路

2. 点动控制电路分析

点动控制就是按下启动按钮时，电动机得电启动，松开按钮时，电动机失电停转。点动控制多用于机床刀架、横梁、立柱等快速移动和机床对刀等场合，是机床中常用的电路。电路原理图如图 1.17 所示。

合上刀开关 QS（引入三相电源），按下按钮 SB，接触器 KM 线圈得电，接触器 KM 主触点闭合，电动机接通电源启动运行。

松开按钮 SB，接触器 KM 线圈失电，接触器 KM 主触点恢复断开，电动机断电停转。

注意：当控制电路停止使用时，必须断开 QS。

3. 连续控制电路分析

连续控制就是按下启动按钮时电动机转动工作，松开启动按钮时电动机不会停止转动。

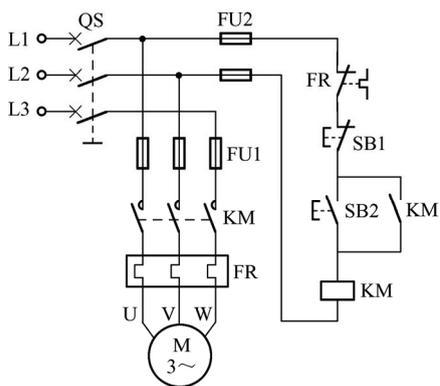


图 1.18 连续运转控制电路

连续控制多用于控制电动机长期连续运行，适用于需要长时间单向运行的机械设备等场合。电路原理图如图 1.18 所示。

启动控制：合上断路器 QF（引入三相电源），按下启动按钮 SB2，接触器 KM 线圈得电，KM 主触点闭合（同时与 SB2 并联的 KM 动合辅助触点闭合），电动机 M 通电运转。当松开按钮 SB2 时，KM 线圈仍可通过与 SB2 并联的 KM 动合辅助触点保持通电，从而使电动机连续运转。

自锁触点：通常利用接触器自身的辅助触点保持线圈通电的现象称为自锁。起到自锁作用的动合辅助触点称为自锁触点。

停机控制：按下停止按钮 SB1，接触器 KM 线圈失电，KM 主触点、辅助触点断开，电动机断电停止运转。

注意：当控制电路停止使用时，必须断开 QS。

技能操作

1. 操作目的

- (1) 掌握三相异步电动机直接启动、点动、连续控制电路的工作原理。
- (2) 进一步熟悉异步电动机控制电路的接线方法。
- (3) 学会直接启动、点动、连续控制电路的故障分析及排除故障的方法。

2. 操作器材

按照表 1.1 所示配齐所有工具、仪表及电气元件，并进行质量检验。

表 1.1 工具、仪表及器材

工具	验电笔、一字螺丝刀、十字螺丝刀、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、电工刀
仪表	万用表
器材	三相异步电动机 1 台
	三极刀开关 1 个，三极低压断路器 1 个
	螺旋式熔断器 5 个
	常开按钮 1 个，常闭按钮 1 个
	热继电器 1 个
	交流接触器 1 个
	端子板 1 组
	控制板 1 块
	导线若干（主电路所用导线的颜色规格应与辅助电路相区别）
	紧固体若干
	编码套管若干

3. 操作步骤

① 在控制板上合理布置电气元件。

② 按控制原理图 1.16、图 1.17、图 1.18 接好线路（电动机 Δ 形连接）。注意接线时，先接负载端再接电源端，先接主电路，后接辅助电路，接线顺序从上到下。

③ 通电之前，必须征得指导老师同意，并由指导老师接通三相电源，同时在场监护。

④ 学生闭合电源开关 QF 后，用验电笔检查熔断器出线端，氛管亮说明电源接通。

⑤ 直接启动控制时，合上电源刀开关 QS，观察电动机是否正常运行。

⑥ 点动控制时，按下启动按钮 SB，观察电动机是否正常运行。

⑦ 连续控制时，按下启动按钮 SB2，观察电动机是否正常运行，有无自锁，比较按下与松开 SB2 电动机和接触器的运行情况有无变化。

⑧ 实践完毕切断实践线路电源。

4. 注意事项

① 电动机使用的电源电压和绕组接法必须与铭牌上规定的相一致。

② 不要随意更改线路和带电触摸电气元件。

③ 电动机、刀开关及按钮的金属外壳必须可靠接地。

④ 电源进线应接在螺旋式熔断器的下接线柱，出线则应接在上接线柱。

⑤ 按钮内接线时，用力不可过猛，以防螺钉滑扣。

⑥ 电动机过载热继电器动作后，如需再次启动电动机，必须待热元件冷却后，才能使热继电器复位，一般自动复位时间不大于 5min，手动复位时间不大于 2min。

⑦ 用验电笔检查故障时，必须检查验电笔是否符合使用要求。

⑧ 通电试验时，注意观察电动机、各电气元件及线路各部分工作是否正常，如发现异常情况，必须立即切断电源开关。

5. 故障分析

(1) 按下启动按钮，电动机不能启动的故障原因是什么？

(2) 画出实践中出现故障的电路图，分析故障原因并写出排除故障的过程。

6. 思考题

(1) 三相异步电动机连续控制线路接好后，发现只能点动控制，不能连续控制，为什么？

(2) 什么是自锁触点？

知识拓展 复杂点动与多地控制电路分析

1. 中间继电器

中间继电器可以将一个输入信号变成多个输出信号，用来增加控制回路或放大信号，因为其在控制电路中起中间控制作用，故称为中间继电器。中间继电器体积小，动作灵敏度高，并在 10A 以下电路中可代替接触器起控制作用。

根据负载电源类型不同，中间继电器分为交流和直流两大类，交流中间继电器多用于机床电气控制系统，直流中间继电器多用于电子电路和计算机控制电路。

(1) 中间继电器的外形结构和符号

中间继电器的外形结构如图 1.19 (a) 所示，图 1.19 (b) 所示为中间继电器的符号。



图 1.19 中间继电器的外形结构和符号

中间继电器实质上是一种电压继电器，它由电磁机构和触头系统组成。中间继电器仅用于控制电路，基本结构与接触器类似，触点数量较多。触点一般有 8 动合、6 动合 2 动断、4 动合 4 动断三种组合形式；无主触点和灭弧装置，起中间放大作用。

(2) 中间继电器的工作原理

中间继电器的工作原理与交流接触器相同，当电磁线圈得电时，铁芯被吸合，触点动作，即动合触点闭合，动断触点断开；电磁线圈断电后，铁芯释放，触点复位。

(3) 中间继电器的型号含义

常用的中间继电器有 JZ7、JZ15、JZ17 等系列，中间继电器的型号含义如图 1.20 所示。

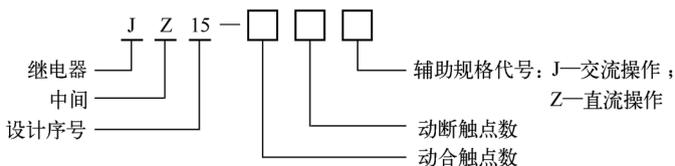


图 1.20 中间继电器的型号含义

2. 复杂的点动控制电路分析

图 1.21 (b) 所示是带手动开关 SA 的点动控制电路，打开 SA 将自锁触点断开，可实现点动控制；合上 SA 可实现连续控制。图 1.21 (c) 所示增加了一个点动用的复合按钮 SB3，点动时用其常闭触点断开接触器 KM 的自锁触点，实现点动控制；连续控制时，可按启动按钮 SB2。图 1.21 (d) 所示是用中间继电器实现点动的控制电路，点动时按 SB3，中间继电器 KA 线圈得电，中间继电器 KA 的常闭触点断开接触器 KM 的自锁触点，KA 的常开触点闭合，使接触器 KM 线圈通电，电动机点动运转；松开 SB3，中间继电器 KA 线圈失电，常开触头断开，使接触器 KM 线圈失电，电动机停机，实现点动控制；连续控制时，按下 SB2，接触器 KM 线圈得电并自锁，KM 主触点闭合，电动机 M 得电连续运转；需要停机时，按下 SB1 即可。

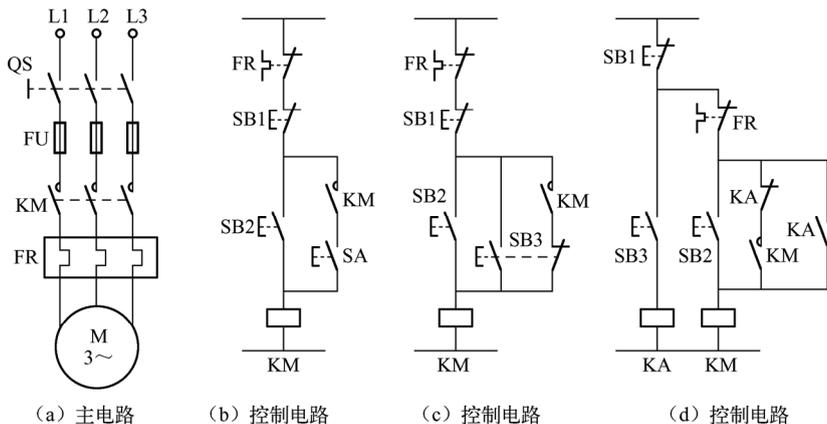


图 1.21 实现点动的几种控制电路

要求：能够识别三相异步电动机的几种点动控制电路原理图（见图 1.21），并根据电气原理图进行实物电路连接。

3. 多地控制电路分析

有些生产设备和机械，为了操作方便，需要在几个不同地方进行操作和控制，即实现多地控制。多地控制是用多组启动按钮、停止按钮来进行控制的，就是把各启动按钮的常开触头并联连接，各停止按钮的常闭触头串联连接，这样在任何地方按启动按钮，接触器线圈都能通电，电动机都能启动运行；在任何地方按停止按钮，接触器线圈都能断电释放，电动机都能停止运行。图 1.22 为三地控制电路图。

要求：能够识别三相异步电动机的三地控制电路原理图（见图 1.22），并根据电气原理图进行实物电路连接。

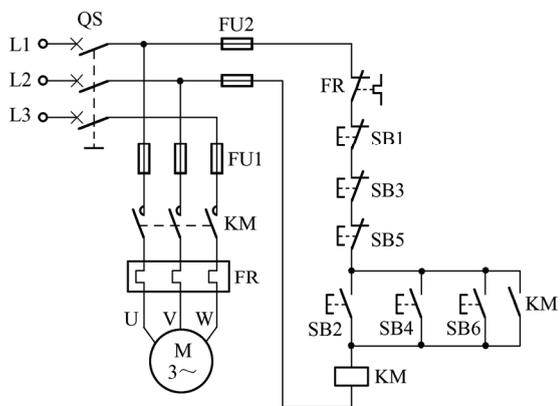


图 1.22 三相异步电动机三地控制电路图

任务 2 自动往返控制电路的接线与调试

任务描述

许多生产机械都需要正、反两个方向运动和控制生产机械运动部件在一定的行程范围内自动地往返循环，利用接触器、行程开关可控制三相异步电动机的正、反转和行程控制。它们的控制电路适用于机床主轴的正、反转、工作台的前进与后退、起重机的升降、组合机床的滑台。

任务目标

- (1) 熟悉复式控制按钮的作用和工作原理，掌握行程开关的工作原理。
- (2) 熟悉三相异步电动机改变转向的方法。
- (3) 能够识别三相异步电动机自动往返控制的电气原理图，并根据电气控制原理图进行实物电路的连接。
- (4) 掌握三相异步电动机自动往返控制的基本操作方法和故障处理。

知识储备

一、相关低压电器

1. 行程开关

行程开关又称位置开关或限位开关，其作用是将机械位移转换成电信号，使电动机运行状态发生改变，即按一定行程自动停车、反转、变速或循环，以此来控制机械运动或实现安全保护。行程开关按结构分为机械结构的接触式有触点行程开关和电气结构的非接触式接近开关。

(1) 有触点行程开关

机械结构的接触式行程开关是依靠移动机械上的撞块碰撞其可动部件，使常开触点闭合、常闭触点断开来实现对电路的控制。当工作机械上的撞块离开可动部件时，行程开关复位，触点恢复其原始状态。机械式行程开关分为直动式、滚动式和微动式三种，其外形结构和符号如图 1.23 所示。



图 1.23 行程开关的外形结构及符号

① 行程开关的结构和符号

行程开关主要由操作机构、触头系统和外壳等组成。直动式行程开关的结构如图 1.23 (a) 所示，它的动作原理与按钮相同，但它的缺点是触点分合速度取决于生产机械的移动速度，当移动速度低于 0.4m/min 时，触点分断太慢，易受电弧烧蚀。为此，应采用盘形弹簧瞬时动作的滚轮式行程开关，如图 1.23 (b) 所示。当生产机械的行程比较小而作用力也很小时，可采用具有瞬时动作和微小行程的微动开关，如图 1.23 (c) 所示。行程开关的图形文字符号如图 1.23 (d) 所示。

② 行程开关的主要技术参数及型号

行程开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、触点换接时间、动作力、动作角度或工作行程、触点数量、结构形式和操作频率等。常用的行程开关有 LX19、LXW5、LXK3、LX32、LX33 等系列。新型 3SE3 系列行程开关额外负担工作电压为 500V，额定电流为 10A，其机械、电气寿命比常见行程开关更长。行程开关的型号含义如图 1.24 所示。

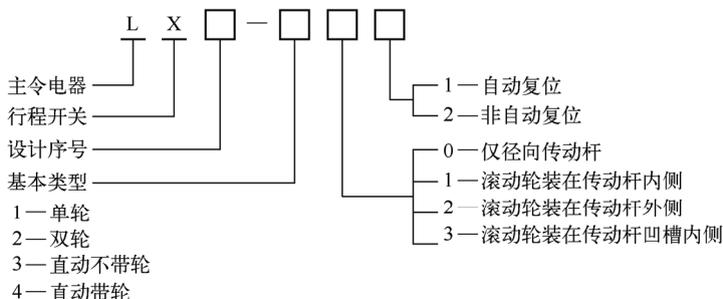


图 1.24 行程开关的型号含义

(2) 接近开关

在生产过程中完成对运动部件位置检测的常用器件就是电子接近开关，它可在物体与接近开关处于一定距离（不需接触）时输出电信号，自动控制系统则根据电子接近开关的输出来判断被检测物体是否到达指定的位置。

电子接近开关根据被检测物体种类的不同和检测原理的不同，可以分为许多种类。常用的有电感式接近开关、电容式接近开关、磁性接近开关、光电接近开关等。

接近开关外形及文字符号如图 1.25 所示。



图 1.25 接近开关外形及符号

几种接近开关的工作原理。

① 电感式接近开关的检测原理：电感式接近开关的内部有一个振荡器，振荡器的线圈组成了检测界面，当电感式接近开关通电工作时，在线圈的周围产生交变磁场，当有金属物体进入磁场时，其感生的涡流产生的附加磁场阻止了线圈周围磁场的交变，使振荡停止，从而使开关输出状态发生改变。

电感式接近开关的主要用于金属部件的位置检测，所以被检测的运动部件必须是金属材料才能被电感式接近开关检测到。

② 电容式接近开关的内部也有一个振荡器，振荡器的电容位于检测面上，当有介电常数大于 1 的物体（金属或非金属）接近检测面时，其耦合电容值发生了改变，电路开始振荡，从而使得开关的输出状态发生改变，达到检测的目的。

电容式接近开关不仅可以用于检测金属部件、非金属部件的运动位置，还可以检测液体、流体的液面，甚至可以检测颗粒状、粉状物的物料位置。

③ 磁性接近开关一般用于检测磁性物体的运动，但也可以检测贴有磁铁块的运动物体的位置，经常用于汽缸和活塞的位置检测，有时也作为限位开关使用。当磁性目标接近时，磁性接近开关输出开关信号，其检测距离随检测物体磁场强弱变化而变化。

④ 光电接近开关是通过把光强度的变化转换成电信号的变化来实现检测的。光电接近开关在一般情况下由发射器、接收器和检测电路三部分构成。发射器对准物体发射光束，发射的光束一般来源于发光二极管和激光二极管等半导体光源，光束不间断地发射，或者改变脉冲宽度。接收器由光电二极管或光电三极管组成，用于接收发射器发出的光线。检测电路用于滤出有效信号。常用的光电接近开关又可分为漫反射式、反射式、对射式等几种，它们中大多数的动作距离都可以调节。

光电接近开关具有灵敏度高、频率响应快、重复定位精度高、工作稳定可靠、使用寿命长等优点，在自动控制系统中已获得广泛应用。其主要系列型号有 LJ2、LJ6、LXJ6、LXJ18 和 3 SC、LXT3 等。

二、自动往返控制电路分析

1. 接触器互锁的正、反转控制电路分析

在生产过程中，往往要求电动机能实现正、反两个方向的转动。由三相异步电动机的工作原理可知，改变电动机定子绕组的电源相序，就可使电动机转动方向改变。为此，只要用两只交流接触器就能实现这一要求。如果这两个接触器同时工作，这两根电源线将通过它们的主触点引起电源短路，所以在正、反转控制电路中，对实现正、反转的两个接触器之间要互相联锁，保证它们不能同时工作。电动机的正、反转控制电路，实际上由互相联锁的两个相反方向的单向运行电路组成。接触器互锁正、反转控制电路如图 1.26 所示。

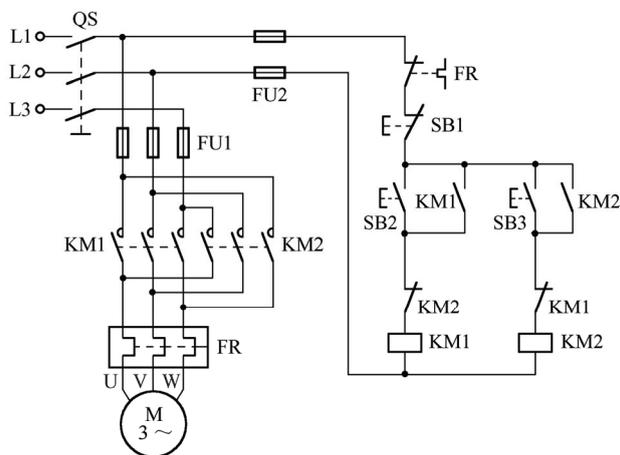


图 1.26 接触器互锁正、反转控制电路