

三相异步电动机的直接起动控制

学习目标

1. 熟悉低压开关、按钮、熔断器、交流接触器、热继电器等常用低压电器的一般结构、原理、符号和作用。
2. 熟悉安全用电常识,熟悉急救知识。
3. 通过对三相异步电动机起动控制线路的实际接线,掌握电气原理图、电气安装接线图的绘制,熟悉调试方法和常见故障的排除。

1.1 常用低压电器

1. 定义

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械称为电器。电器按其工作电压等级可分为高压电器和低压电器。用于交流 50 Hz 或 60 Hz 额定电压 1200 V 以下,直流额定电压 1500 V 以下的电路内起接通、断开、保护、控制或调节作用的电器称为低压电器。

低压电器是电力拖动与自动控制系统的基本组成元件,控制系统的优劣与所用的低压电器的性能有直接关系。作为电气工程技术人員,必須掌握常用低压电器的结构与工作原理,掌握其使用与维护等方面的知识和技能。

2. 分类

1) 按低压电器的用途和所控制的对象分

(1) 低压配电电器 主要用于低压配电系统中。对这类电器的要求是系统发生故障时,动作准确、工作可靠,在规定的時間,通过允許的短路电流时,其电动力和热效应不会损坏电器,如刀开关、断路器等。

(2) 低压控制电器 主要用于电气传动系统中。对这类电器的要求是有相应的转换能力,操作频率高,电寿命和机械寿命长,工作可靠,如接触器、继电器、主令电器等。

2) 按低压电器的动作方式分

(1) 自动切换电器 依靠电器本身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分断等动作的电器,如接触器、继电器等。

(2) 非自动切换电器 主要依靠外力(如手控)直接操作来进行切换的电器,如按钮、低压开关等。

3) 按低压电器的执行机构分

(1) 有触点电器 具有可分离的动触点和静触点,利用触点的接触和分离以实现电路的接通和断开控制,如接触器、继电器等。

(2) 无触点电器 没有可分离的触点,主要利用半导体元器件的开关效应来实现电路的通断控制,如接近开关、固态继电器等。

3. 电磁式电器

电磁式电器在低压电器中占有十分重要的地位,在电气控制系统中应用最为普遍,如接触器、自动空气开关(断路器)、电磁式继电器等。

电磁式电器主要由电磁机构和执行机构组成。电磁机构按其电源种类可分为交流和直流两种,执行机构则可分为触头系统和灭弧装置两部分。

1) 电磁机构

电磁机构由线圈、铁芯(静铁芯)和衔铁(动铁芯)等几部分组成。从常用铁芯的衔铁运动形式上看,其结构形式大致可分为拍合式和直动式两大类,如图 1-1 所示。

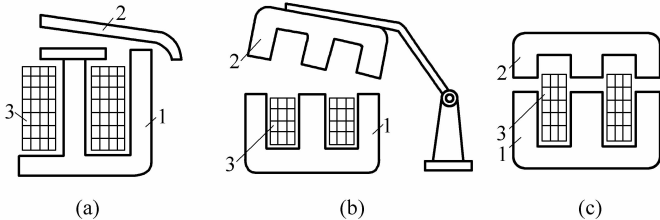


图 1-1 电磁机构几种结构形式
1—铁芯; 2—衔铁; 3—吸引线圈

当线圈中有工作电流通过时,电磁吸力克服弹簧的反作用力,使得衔铁与铁芯闭合,由连接机构带动相应的触头动作。

2) 触头系统

在工作过程中可以分开与闭合的电接触称为可分合接触,又称为触头。触头是成对的,一为动触头,一为静触头。触头有时又包含主触头、副触头(辅助触头)。

触头的作用是接通或分断电路,因此要求触头要具有良好的接触性能,电流容量较小的电器(如接触器、继电器)常采用银质材料作触头,这是因为银的氧化膜电阻率与纯银相似,可以避免表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。

触头的结构有桥式和指式两类。图 1-2(a)所示为两个点接触的桥式触头,图 1-2(b)为两个面接触的桥式触头,图 1-2(c)所示为指式触头。

3) 灭弧装置

触头在分断电流的瞬间,在触头间的气隙中就会产生电弧,电弧的温度很高,能将触头烧损,并可能造成其他事故,因此,应采用适当措施迅速熄灭电弧。

熄灭电弧的主要措施有:

(1) 迅速增加电弧长度(拉长电弧),使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而使电弧熄灭。

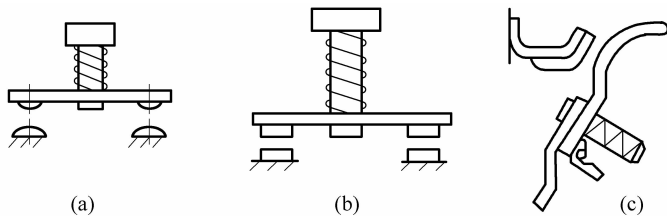


图 1-2 触头的结构形式

(2) 使电弧与流体介质或固体介质相接触,加强冷却和去游离作用,使电弧加快熄灭。

4. 主要参数

主要参数按 GB 2455—1985 执行。

(1) 额定工作电压 是指在规定条件下,能保证电器正常工作的电压值,通常是指触点的额定电压值。有电磁机构的控制电器还规定了电磁线圈的额定工作电压。

(2) 额定工作电流 是指根据电器的具体使用条件确定的电流值,它和额定电压、电网频率、额定工作制、使用类别、触点寿命及防护等级等因素有关,同一开关电器可以对应不同使用条件以规定不同的工作电流值。

(3) 接通能力 是指开关闭合时不会造成触点熔焊的能力。

(4) 断开能力 是指开关断开时能可靠灭弧的能力。

1.2 常用的低压控制电器

1.2.1 低压开关

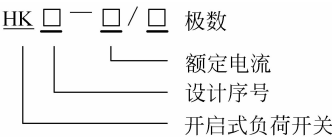
低压开关主要作隔离、转换及接通和分断电路用,多数用作机床电路的电源开关和局部照明电路的开关,有时也可用来直接控制小容量电动机的起动、停止和正反转。低压开关一般为非自动切换电器,常用的有开启式负荷开关、封闭式负荷开关、组合开关和低压断路器。

1. 开启式负荷开关

1) 结构和符号

HK 系列开启式负荷开关的结构和符号如图 1-3 所示。

2) 开启式负荷开关的型号及含义



3) 选用

(1) 用于照明和电热负载时,选用额定电压 220 V 或 250 V,额定电流不小于电路所有负载额定电流之和的两极开关。

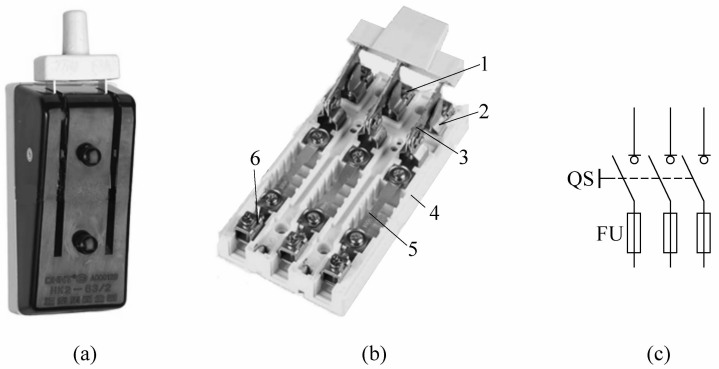


图 1-3 HK 系列开启式负荷开关

(a) 外形；(b) 结构；(c) 符号

1—进线座；2—静触头；3—动触头；4—瓷底座；5—熔体；6—出线座

(2) 用于控制电动机的直接起动和停止时,选用额定电压 380 V 或 500 V,额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

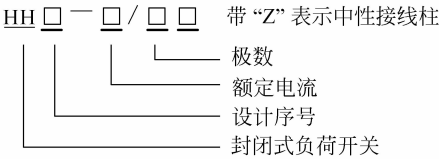
注意：HK 开启式负荷开关用于一般的照明电路和功率小于 5.5 kW 的电动机控制线路中。但这种开关没有专门的灭弧装置,其刀式动触头和静夹座易被电弧灼伤引起接触不良,因此不宜用于操作频繁的电路。在安装时,手柄要向上,不得倒装或平装。接线时,应将电源线接在上端,负载线接在下端。

2. 封闭式负荷开关

1) 结构和符号

HH3 系列封闭式负荷开关的结构和符号如图 1-4 所示。

2) 封闭式负荷开关的型号及含义



3) 动作原理

封闭式负荷开关的操作机构具有以下两个特点：

一是采用储能分合闸方式,这种储能操作机构是一端装在外壳上,另一端扣在操作手柄转轴上的弹簧。当转动操作手柄使开关合闸或分闸时,在开始阶段,闸刀不移动,只使弹簧被拉伸,从而储存一定的能量,一旦转轴转过了一定角度,弹簧力就使动触刀迅速地插入或离开静夹座,其分合速度与手柄操作速度无关。这样一来,大大提高了开关的合闸和分闸速度,缩短了开关的通断时间,因而也提高了开关的通断能力,降低了触头系统的电气磨损,延长了开关的使用寿命。

二是设有联锁装置,保证开关在合闸状态开关盖不能开启,而当开关盖开启时又不能合

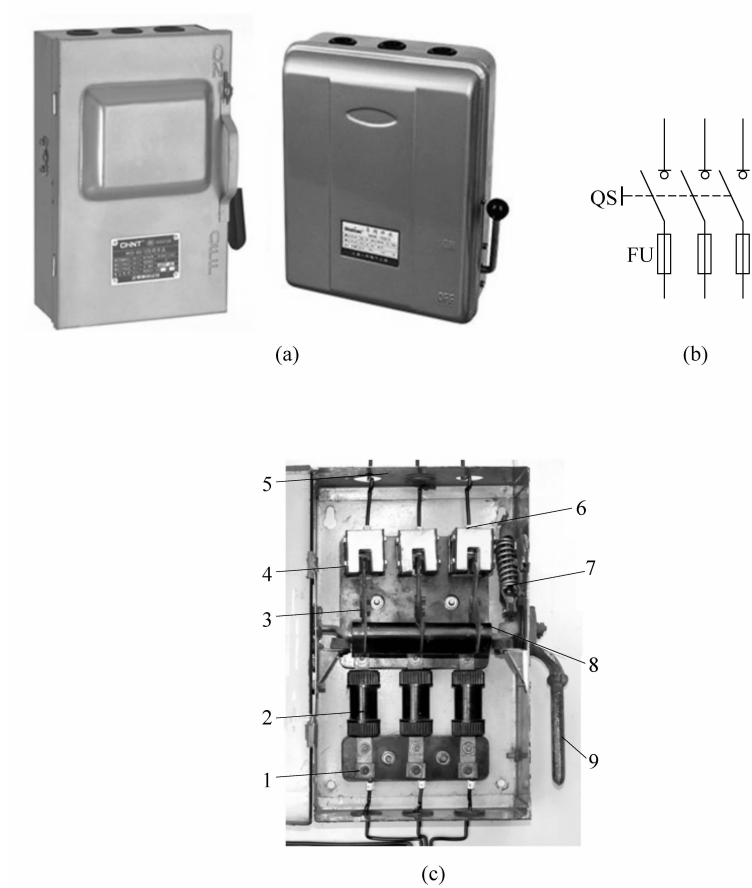


图 1-4 HH3 系列封闭式负荷开关

(a) 外形；(b) 符号；(c) 结构
1—出线孔；2—熔断器；3—动触刀；4—静夹座；5—进线孔；
6—灭弧罩；7—速断弹簧；8—转轴；9—手柄

闸。联锁装置的采用,既有助于充分发挥外壳的防护作用,又保证了更换熔丝等操作的安全。

4) 选用

封闭式负荷开关的额定电压应不小于工作电路的额定电压;额定电流应等于或稍大于电路的工作电流。用于控制电动机工作时,考虑到电动机的起动电流较大,应使开关的额定电流不小于电动机额定电流的 3 倍。

3. 组合开关

1) 结构和符号

HZ10-10/3 型组合开关的结构和符号如图 1-5 所示。

组合开关由动触头(动触点)、静触头(静触点)、转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组成。

转换开关又称组合开关,一般用于电气设备中不频繁通断电路、换接电源和负载,以及

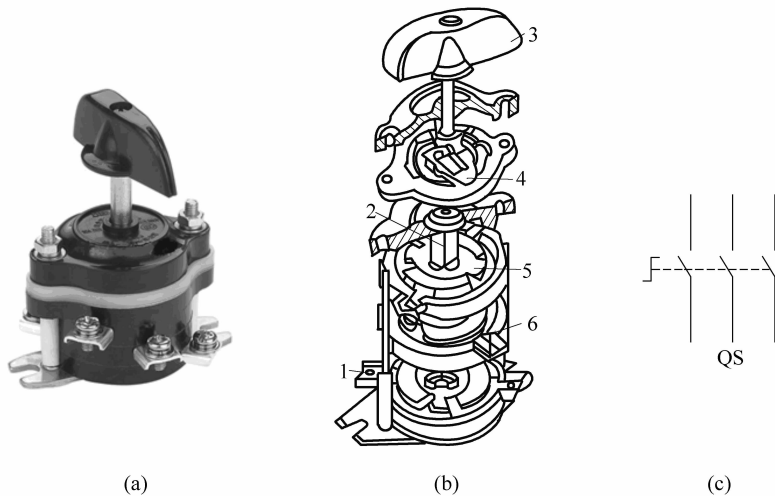


图 1-5 HZ10-10/3 型组合开关

(a) 外形；(b) 结构；(c) 符号

1—接线端；2—绝缘方轴；3—手柄；4—凸轮；5—动触头；6—静触头

小功率电动机不频繁的起停控制。

2) 选用

组合开关应根据电源种类、电压等级、所需触头数、接线方式和负载容量进行选用。用于控制小型异步电动机的运转时,开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

1.2.2 按钮

按钮是用人力操作,具有储能(弹簧)复位的主令电器。

按钮的一般结构示意图及图形、文字符号如图 1-6 所示。

按钮的颜色有红、绿、黑、黄、篮以及白、灰等多种,供不同场合选用。“停止”和“急停”按钮必须是红色;“起动”按钮的颜色是绿色。

1.2.3 低压熔断器

1. 结构和符号

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成,如图 1-7 所示。

2. 作用

低压熔断器是低压配电系统和电力拖动系统中的保护电器。在使用时,熔断器串接在所保护的电路中,当该电路发生过载或短路故障时,通过熔断器的电流达到或超过了某一规定值,以其自身产生的热量使熔体熔断而自动切断电路,起到保护作用。电气设备的电流保护有过载延时保护和短路瞬时保护两种主要形式。

熔断器广泛用于低压配电线路和电气设备中,主要起短路保护和严重过载保护的作用。

3. 熔体的选用

(1) 对照明和电热等电流较平稳、无冲击电流的负载的短路保护,熔体的额定电流应等

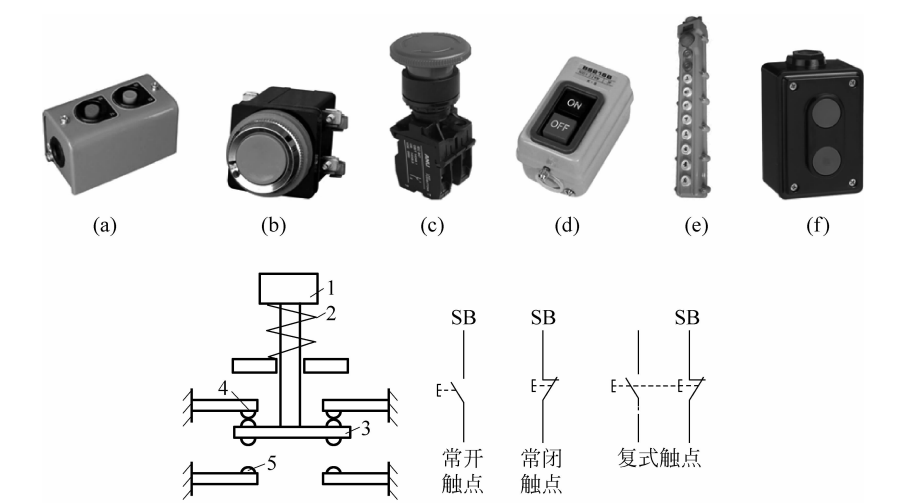


图 1-6 按钮外形、结构示意图及图形、文字符号

(a) LA10 系列；(b) LA19 系列；(c) LA13 系列；(d) BS 系列；(e) COB 系列；(f) LA4 系列
1—按钮帽；2—复位弹簧；3—动触点；4—常闭静触点；5—常开静触点

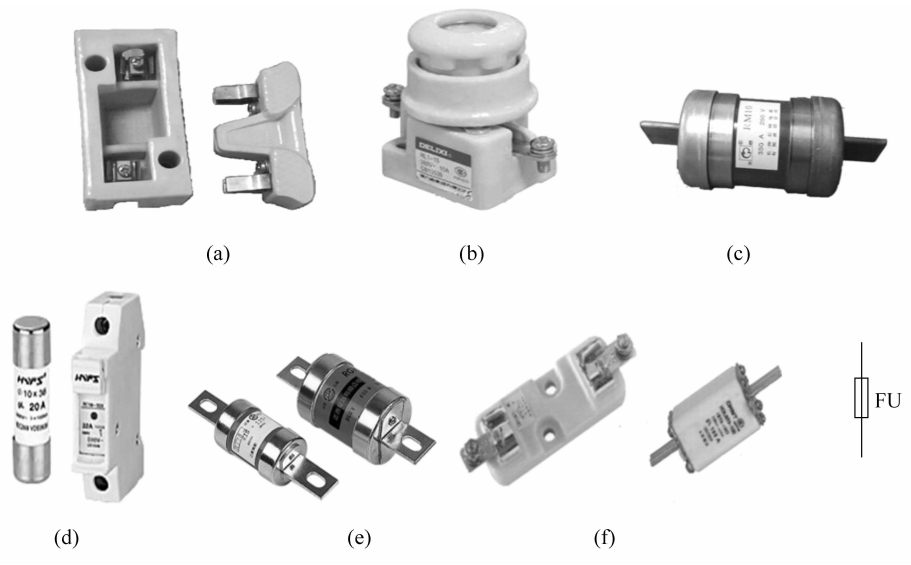


图 1-7 几种低压熔断器的外形和符号

(a) 瓷插式；(b) RL1、RLS 系列螺旋式；(c) RM10 系列无填料封闭管式；(d) RT18 系列圆筒帽形；
(e) RT15 系列螺栓连接；(f) RT0 系列有填料封闭管式

于或稍大于负载的额定电流。

(2) 对一台不经常起动且起动时间不长的电动机的短路保护,熔体的额定电流 I_{RN} 应大于或等于电动机额定电流 I_N 的 1.5~2.5 倍,即

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$$

(3) 对一台起动频繁且连续运行的电动机的短路保护,熔体的额定电流 I_{RN} 应大于或等于电动机额定电流 I_N 的 3~3.5 倍,即

$$I_{RN} \geq (3 \sim 3.5) I_N$$

(4) 对多台电动机的短路保护,熔体的额定电流应大于或等于其中最大容量电动机的额定电流 $I_{N_{\max}}$ 的 1.5~2.5 倍,加上其余电动机额定电流的总和 $\sum I_N$,即

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{\max}} + \sum I_N$$

1.3 安全用电常识

1.3.1 触电的原因和危害

电流流过人体就会导致触电。一般对于 50 Hz 的工频交流电而言,当流过人体电流大于 0.05 A 时,就可能导致触电死亡,这与电流流过人体的途径、部位有关。通过人体电流的大小决定于人体电阻以及所触及的电压高低。人体的电阻不是固定的,一般为 600~100 000 Ω 。

由于人体最小电阻约为 600 Ω ,如果接触到的电压为 60 V 时,通过人体的电流就可能达到 0.1 A。这就说明只要碰到 60 V 电压的线路上,就可能发生触电死亡事故。所以,一般规定 36 V 以下为安全电压。

1.3.2 触电的种类和形式

1. 触电的种类

- (1) 电伤 电伤是指电流通过人体外部表皮造成局部伤害。
- (2) 电击 电击是指电流流过人体内部器官,对人体心脏及神经系统造成破坏甚至死亡。

2. 触电的形式

- (1) 单线触电 指人站在地上或其他接地体上,而人的某一部位触及带电体,称为单线触电。单线触电的电压为 220 V。
- (2) 两线触电 指人体两处同时触及三相 380/220 V 系统的两相带电体,加于人体的电压达 380 V。
- (3) 跨步电压触电 带电体着地时,电流流过周围土壤,产生电压降,人接近着地点时,两脚之间形成跨步电压,其大小决定于离着地点的远近及两脚正对着地点的跨步距离,跨步电压在一定程度上也会引起触电事故。

1.3.3 安全措施

1. 保护接地

把电动机、变压器等电气设备的金属外壳用电阻很小的导线与埋在地中的接地装置可靠地连接起来,叫保护接地。

2. 保护接零

把电气设备的金属外壳接到电线路系统的中性点上叫做保护接零(或叫保护接中线)。

3. 安全用电

在工作中必须注意以下几点:

- (1) 无论何时何地,不能用手来判断接线端或裸导体是否带电。
- (2) 换接熔丝时,首先要切断电源,切勿带电操作。如确实有必要带电操作,则应采取安全措施。
- (3) 常用的电气设备的金属外壳必须接有专用的接零导线。
- (4) 在特殊情况下,使用安全电压。
- (5) 处理好导线的带电接头的绝缘。
- (6) 操作电器开关、按钮等,手应保持干燥。
- (7) 若遇有人触电时,应立即切断电源。不可用手直接拉触电者使之脱离电源。
- (8) 严格遵守电气设备的安全操作规程。

1.3.4 触电的急救

发生触电时,应该迅速切断总电源,首先让触电者脱离电源,尽快进行现场抢救。若发现触电者停止呼吸或心脏停止跳动,绝不可认为触电者已死亡而不去抢救,应立即在现场进行人工呼吸和人工胸外心脏挤压,并尽快通知医院。

1. 口对口人工呼吸

这是人工呼吸法中最有效的一种,在施行前,应迅速将触电者身上妨碍呼吸的衣领、大衣、裙带等解开,并取出触电者口腔内脱落的假牙、血块、呕吐物等,使呼吸道畅通。然后使触电者仰卧,头部充分后仰,使鼻也朝上。具体操作步骤如下:

(1) 一手捏紧触电者鼻孔,另一手将其下颌拉向前下方(或托住其颈后),救护人深吸一口气后紧贴触电者的口向内吹气,同时观察胸部是否隆起,以确保吹气有效,为时约 2 s。

(2) 吹气完毕,立即离开触电者的口,并放松捏紧的鼻子,让他自动呼气,注意胸部的复原情况,为时约 3 s。

按照上述步骤连续不断地进行操作,直到触电者开始呼吸为止。触电者如是儿童,只可小口吹气或不捏紧鼻子,任其自然漏气,以免肺泡破裂;如发现触电者胃部充分膨胀,可一面用手轻轻加压于其上腹部,一面继续吹气和换气,如无法使触电者的嘴张开,可改口对鼻人工呼吸。

2. 胸外心脏挤压法

胸外心脏挤压法是触电者心脏停止跳动后的急救方法,其目的是强迫心脏恢复自主跳动。胸外心脏挤压法施救时,应该使触电者卧在比较坚实、平整、稳固的地方,保持呼吸道畅通(具体要求同口对口人工呼吸法),抢救者跪在病人腰旁,动作如下:

(1) 一只手用中指指尖对准病人颈部凹陷的下缘,手掌按在胸部,另一只手压在该手的手背上,掌根用力向下压,使胸骨下段与相连的肋骨下陷 3~4 cm,压出心脏里面的血液。

(2) 挤压后突然放松,掌根不必离开胸膛,依靠胸廓弹性,使胸骨复位,此时心脏舒张,大静脉的血液回流心脏。

按照上述步骤,连续有节奏地进行,每秒一次,一直到触电者的嘴唇及身上皮肤的颜色转为红润,以及摸到动脉搏动为止。

进行胸外心脏挤压时,靠救护者的体重和肩肌适度用力,要有一定的冲击力量,而不是缓慢用力,但也不要用力过猛。如触电者是儿童,可以用一只手挤压,以免损伤胸骨,而且以

每分钟挤压 100 次左右为宜。

1.4 接触器

接触器是用来频繁接通和切断电动机或其他负载电路的一种自动切换电器。它由触头系统、电磁机构、弹簧、灭弧装置和支架底座等组成。

1.4.1 定义及组成

接触器是一种用来接通或切断交、直流主电路和控制电路,并且能够实现远距离控制的电器。大多数情况下其控制对象是电动机,也可以用于其他电力负载,如电阻炉、电焊机等,接触器不仅能自动地接通和断开电路,还具有控制容量大、欠电压释放保护、零压保护、频繁操作、工作可靠、寿命长等优点。接触器实际上是一种自动的电磁式开关。触头的通断不是由手来控制,而是电动操作,属于自动切换电器。接触器按主触头通过电流的种类,分为交流接触器和直流接触器两类。

交流接触器是用于远距离控制电压至 380 V、电流至 600 A 的交流电路,以及频繁起动和控制交流电动机的控制电器,其结构及符号如图 1-8 所示。

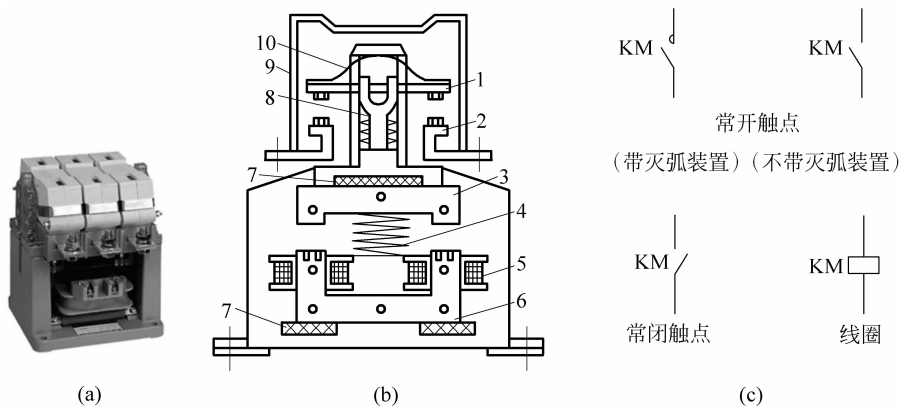


图 1-8 CJ20 系列交流接触器示意图和图形文字符号

1—动触桥；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲弹簧；5—电磁线圈；6—铁芯静触点；
7—垫毡；8—触点弹簧；9—灭弧罩；10—触点压力弹簧

其中电磁机构由铁芯、线圈衔铁等组成,其作用是产生电磁力,通过传动机构来通断主、辅触头。当操作线圈断电或电压显著下降时,衔铁在重力和弹簧力作用下跳闸,主触点切断主电路;当其线圈通电时动作,衔铁吸合,主触头及常开辅助触点闭合。交流接触器的电磁铁常采用单 U 形转动式、双 E 形直动式和双 U 形直动式等。

触头系统是接触器的执行元件,起分断和闭合电路的作用。

1.4.2 工作原理

当线圈通电后,线圈流过电流产生磁场,使静铁芯产生足够的吸力,克服反作用弹簧与动触点压力弹簧片的反作用力,将动铁芯吸合,同时带动传动杠杆使动、静触点的状态发生

改变,其中三对常开主触点闭合。主触点两侧的两对常闭的辅助触点断开,两对常开的辅助触点闭合。当电磁线圈断电后,由于铁芯电磁吸力消失,动铁芯在反作用弹簧力的作用下释放,各触点也随之恢复原始状态。

直流接触器用于控制直流供电负载和各种直流电动机,额定电压直流 400 V 及以下,额定电流 40~600 A,分为六个电流等级。

1.5 热继电器

1.5.1 定义及组成

热继电器是利用电流的热效应来切断电路的保护电器,主要对电动机或其他负载进行过载保护以及三相电动机的断相保护。

双金属片式热继电器的基本结构由加热元件、主双金属片、触点系统、动作机构、复位按钮、电流整定装置和温升补偿装置等部分组成。两相结构的热继电器如图 1-9 所示。

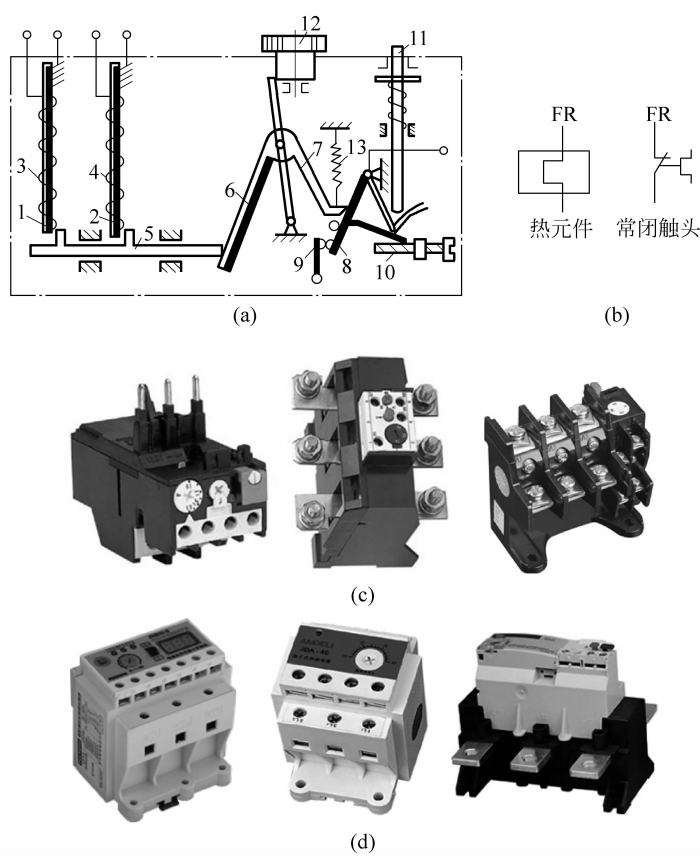


图 1-9 两相结构的热继电器结构和图形文字符号

(a) 结构示意图; (b) 图形文字符号; (c) 常见双金属片式热继电器; (d) 新型电子热继电器外形
1,2—主双金属片; 3,4—热元件; 5—导板; 6—温度补偿双金属片; 7—推杆; 8—动触点;
9—静触点; 10—螺钉; 11—复位按钮; 12—调节凸轮; 13—弹簧

1.5.2 工作原理

双金属片是用两种不同线膨胀系数的金属片,通过机械辗压在一起制成的。两个金属片一端固定,另一端为自由端。当双金属片的温度升高时,由于两种金属的线膨胀系数不同,所以它将弯曲。热元件串接在电动机定子绕组中,电动机绕组电流即为流过热元件的电流。当电动机正常运行时,热元件产生的热量虽能使双金属片弯曲,但不足以使继电器动作;当电动机过载时,热元件产生的热量增大,使双金属片弯曲位移量增大,经过一段时间后,双金属片弯曲推动导板,并通过补偿双金属片与推杆将触点分开。触点为热继电器串于接触器线圈回路的动断触点,断开后使接触器失电,接触器的动合触点断开电动机等负载回路,保护了电动机等负载。

1.5.3 选用原则

选择热继电器时,主要根据所保护电动机的额定电流来确定热继电器的规格和热元件的电流等级。

1. 根据电动机的额定电流选择热继电器的规格

一般应使热继电器的额定电流略大于电动机的额定电流。

2. 根据需要的整定电流值选择热元件的编号和电流等级

一般情况下,热元件的整定电流为电动机额定电流的 0.95~1.05 倍。

3. 根据电动机定子绕组的连接方式选择

即定子绕组作Y连接的电动机选用普通三相结构的热继电器,而作△连接的电动机应选用三相结构带断相保护装置的热继电器。

1.6 电气控制系统图基本知识

电气控制系统图一般有三种:电路图(又称电气原理图)、电气元件布置图、电气安装接线图。

1.6.1 电气图中的图形符号

1. 电气图定义

电气图是用电气图形符号、带注释的围框或简化外形表示电气系统或设备中组成部分之间相互关系及其连接关系的一种图。广义地说:表明两个或两个以上变量之间关系的曲线,用以说明系统、成套装置或设备中各组成部分的相互关系或连接关系,或者用以提供工作参数的表格、文字等,也属于电气图之列。

2. 电气图的分类及其作用

在电气控制系统中,首先是由配电器将电能分配给不同的用电设备,再由控制电器使电动机按设定的规律运转,实现由电能到机械能的转换,以满足不同生产机械的要求。电工领域的安装、维修都要依靠电气控制原理图和施工图,施工图又包括电气元件布置图和电气接线图。电工用图的分类及作用见表 1-1。

表 1-1 电工用图的分类及作用

电工用图		概 念	作 用	图 中 内 容
电 气 控 制 图	原理图	用国家统一规定的图形符号、文字符号和线条联接来表明各个电器的连接关系和电路工作原理的示意图	是分析电气控制原理、绘制及识读电气控制接线图和电气元件位置图的主要依据	电气控制线路中所包含的电气元件、设备、线路的组成及连接关系
	平面布置图	根据电气元件在控制板上的实际安装位置,采用简化的外形符号(如方形等)而绘制的一种简图	主要用于电气元件的布置和安装	项目代号、端子号、导线号、导线类型、导线截面等
	接线图	用来表明电气设备或线路连接关系的简图	是安装接线、线路检查和线路维修的主要依据	电气线路中所含元器件及其排列位置,各元器件之间的接线关系

电气控制图是电气工程技术的通用语言。为了便于信息交流与沟通,在电气控制线路中,各种电气元件的图形符号和文字符号必须统一,即符合国家强制执行的国家标准。我国颁布了《电气图用图形符号》(GB 4728—1984)、《电气制图》(GB 6988—1987)及《电气技术中的文字符号制订通则》(GB 7159—1987),《机床电气设备通用技术条件》(GB 5226—1985),《电气技术用文件的编制》(GB/T 6988—1997)等。

1.6.2 认识电气图

电路和电气设备的设计、安装、调试与维修都要有相应的电气线路图作为依据或参考。电气线路图是根据国家标准的图形符号和文字符号,按照规定的画法绘制出的图纸。

1. 电气线路图中常用的图形符号和文字符号

要识读电气线路图,必须明确电气线路图中常用的图形符号和文字符号所代表的含义,这是看懂电气线路图的前提和基础。

(1) 基本文字符号 基本文字符号又分单字母文字符号和双字母文字符号两种。单字母符号是按拉丁字母顺序将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 类,每一大类电器用一个专用单字母符号表示,如“K”表示继电器、接触器类,“R”表示电阻器类。当单字母符号不能满足要求而需要将大类进一步划分,以便更为详尽地表述某一种电气设备、装置和元器件时采用双字母符号。双字母符号由一个表示种类的单字母符号与另一个字母组成,组合形式为单字母符号在前、另一个字母在后,如“F”表示保护器件类,“FU”表示熔断器,“FR”表示热继电器。

(2) 辅助文字符号 辅助文字符号用来表示电气设备、装置、元器件及线路的功能、状态和特征,如“DC”表示直流,“AC”表示交流。辅助文字符号也可放在表示类别的单字母符号后面组成双字母符号,如“KT”表示时间继电器等。辅助文字符号也可单独使用,如“ON”表示接通,“N”表示中性线等。

2. 电气原理图的绘制和阅读方法

电气原理图是用于描述电气控制线路的工作原理以及各电气元件的作用和相互关系,而不考虑各电路元件实际的位置和实际连线情况的图纸。绘制和阅读电气原理图,一般遵

循下面的规则。

(1) 原理图一般由主电路、控制电路和辅助电路三部分组成。主电路就是从电源到电动机绕组的大电流通过的路径;控制电路是指控制主电路工作状态的电路;辅助电路包括照明电路、信号电路及保护电路等。信号电路是指显示主电路工作状态的电路;照明电路是指实现机械设备局部照明的电路;保护电路是实现了对电动机的各种保护。控制电路和辅助电路一般由继电器的线圈和触点、接触器的线圈和触点、按钮、照明灯、信号灯、控制变压器等电气元件组成。这些电路通过的电流都较小。一般主电路用粗实线表示,画在左边(或上部),电源电路画成水平线,三相交流电源相序 L1、L2、L3 由上而下依次排列画出,经电源开关后用 U、V、W 或 U、V、W 后加数字标志。中线 N 和保护地线 PE 画在相线之下,直流电源则正端在上、负端在下画出;辅助电路用细实线表示,画在右边(或下部)。

(2) 原理图中,所有的电气元件都采用国家标准规定的图形符号和文字符号来表示。属于同一电器的线圈和触点,都要用同一文字符号表示。当使用相同类型电器时,可在文字符号后加注阿拉伯数字序号来区分,例如两个接触器用 KM1、KM2 表示,或用 KMF、KMR 表示。

(3) 原理图中,同一电器的不同部件,常常不绘在一起,而是绘在它们各自完成作用的地方。例如接触器的主触点通常绘在主电路中,而吸引线圈和辅助触点则绘在控制电路中,但它们都用 KM 表示。

(4) 原理图中,所有电器触点都按没有通电或没有外力作用时的常态绘出。如继电器、接触器的触点,按线圈未通电时的状态画;按钮、行程开关的触点按不受外力作用时的状态画等。

(5) 原理图中,在表达清楚的前提下,尽量减少线条,尽量避免交叉线的出现。两线需要交叉连接时需画黑色实心圆点表示,两线交叉不连接时不需加任何标点。

(6) 原理图中,无论是主电路还是辅助电路,各电气元件一般应按动作顺序从上到下,从左到右依次排列,可水平或垂直布置。

(7) 为了查线方便,在原理图中两条以上导线的电气连接处要打一圆点,且每个接点要标一个编号,编号的原则是:靠近左边电源线的用单数标注,靠近右边电源线的用双数标注,通常都是以电器的线圈或电阻作为单、双数的分界线,故电器的线圈或电阻应尽量放在各行的一边(左边或右边)。

在阅读电气原理图以前,必须对控制对象有所了解,尤其对于机、液(或气)、电配合比较密切的生产机械,单凭电气线路图往往不能完全看懂其控制原理,只有了解了有关的机械传动和液(气)压传动后,才能搞清全部控制过程。

阅读电气原理图的步骤:一般先看主电路,再看控制电路,最后看信号及照明等辅助电路。先看主电路有几台电动机,各有什么特点,例如是否有正、反转,采用什么方法起动,有无制动等;看控制电路时,一般从主电路的接触器入手,按动作的先后次序(通常自上而下)一个一个分析,搞清楚它们的动作条件和作用。控制电路一般都由一些基本环节组成,阅读时可把它们分解出来,便于分析,此外还要看有哪些保护环节。

1.6.3 电气控制线路的安装

1. 要求

- (1) 安装前应检查各元件是否良好。
- (2) 安装元件不能超出规定范围。

(3) 导线连接可用单股线(硬线)或多股线(软线)连接。用单股线连接时,要求连线横平竖直,沿安装板走线,尽量少出现交叉线,拐角处应为直角。布线要美观、整洁、便于检查。用多股线连接时,安装板上应搭配有行线槽,所有连线沿线槽内走线。

(4) 导线线头裸露部分不能超过 2 mm。

(5) 每个接线柱不允许超过两根导线,导线与元件连接要接触良好,以减小接触电阻。

(6) 导线与元件连接处是螺丝的,导线线头要沿顺时针方向绕线。

2. 安装电气控制线路的方法和步骤

安装电动机控制线路时,必须按照有关技术文件执行。电动机控制线路安装步骤和方法如下。

(1) 阅读原理图。明确原理图中的各种元器件的名称、符号、作用,理清电路图的工作原理及其控制过程。

(2) 选择元器件。根据电路原理图选择组件并进行检验,包括组件的型号、容量、尺寸、规格、数量等。

(3) 配齐需要的工具、仪表和合适的导线。按控制电路的要求配齐工具、仪表,按照控制对象选择合适的导线,包括类型、颜色、截面积等。电路 U、V、W 三相分别用黄色、绿色、红色导线,中性线(N)用黑色导线,保护接地线(PE)必须采用黄绿双色导线。

(4) 安装电气控制线路。根据电路原理图、接线图和平面布置图,对所选组件(包括接线端子)进行安装接线。要注意组件上的相关触点的选择,区分常开、常闭、主触点、辅助触点。控制板的尺寸应根据电器的安排情况决定。导线线号的标志应与原理图和接线图相符合。在每一根连接导线的线头上必须套上标有线号的套管,位置应接近端子处。线号编制方法如下。

① 主电路。三相电源按相序自上而下编号为 L1、L2、L3;经过电源开关后,在出线端子上按相序依次编号为 U11、V11、W11。主电路中各支路的,应从上至下、从左至右,每经过一个电气元件的线桩后,编号要递增,如 U11、V11、W11, U12、V12、W12、…。单台三相交流电动机(或设备)的三根引出线按相序依次编号为 U、V、W(或用 U1、V1、W1 表示),多台电动机引出线的编号,为了不致引起误解和混淆,可在字母前冠以数字来区别,如 1U、1V、1W, 2U、2V、2W、…

② 控制电路与照明、指示电路。应从上至下、从左至右,逐行用数字来依次编号,每经过一个电气元件的接线端子,编号要依次递增。

(5) 连接电动机及保护接地线、电源线及控制电路板外部连接线。

(6) 线路静电检测。包括学生自测和互测,以及老师检查。

(7) 通电试车。

(8) 结果评价。

3. 电气控制线路安装时的注意事项

(1) 不触摸带电部件,严格遵守“先接线后通电,先接电路部分后接电源部分;先接主电路,后接控制电路,再接其他电路;先断电源后拆线”的操作程序。

(2) 接线时,必须先接负载端,后接电源端;先接接地端,后接三相电源相线。

- (3) 发现异常现象(如发响、发热、焦臭),应立即切断电源,保持现场,报告指导老师。
- (4) 注意仪器设备的规格、量程和操作程序,做到不了解性能和用法时不随意使用设备。

4. 通电前检查

控制线路安装好后,在接电前应进行如下项目的检查。

- (1) 各个元件的代号、标记是否与原理图上的一致和齐全。
- (2) 各种安全保护措施是否可靠。
- (3) 控制电路是否满足原理图所要求的各种功能。
- (4) 各个电气元件安装是否正确和牢靠。
- (5) 各个接线端子是否连接牢固。
- (6) 布线是否符合要求、整齐。
- (7) 各个按钮、信号灯罩和各种电路绝缘导线的颜色是否符合要求。
- (8) 电动机的安装是否符合要求。
- (9) 保护电路导线连接是否正确、牢固可靠。
- (10) 检查电气线路的绝缘电阻是否符合要求。其方法是:短接主电路、控制电路和信号电路,用 500 VMΩ 表测量与保护电路导线之间的绝缘电阻不得小于 0.5 MΩ。当控制电路或信号电路不与主电路连接时,应分别测量主电路与保护电路、主电路与控制电路和信号电路、控制电路和信号电路与保护电路之间的绝缘电阻。

任务 1 三相异步电动机的点动与连续运行 控制线路的安装与调试

任务目标

1. 掌握三相异步电动机点动与连续运行控制线路的实际接线。
2. 熟悉电气控制系统中各种图的常识,掌握电气安装接线图的绘制。
3. 熟悉调试的方法。

任务描述

本任务是三相笼型异步电动机既可以点动又可以连续运行的电气控制线路的安装。在该电路中,主电路刀开关 QS 起隔离作用,熔断器 FU 对主电路进行短路保护,接触器 KM 的主触点控制电动机的起动、运行和停车,热继电器 FR 用做过载保护,SB2 用做连续运行控制,SB3 复合按钮用做点动控制。

相关知识

见 1.4 节~1.6 节。

任务分析

1. 利用开关控制的点动与连续运行的控制线路

利用开关控制的既能点动又能连续运行的控制线路如图 1-10 所示。

图 1-10 中 SA 为选择开关,当 SA 打开,自锁回路断开,按下 SB2 实现点动;若需长期运行,合上开关 SA,将自锁触点接入,按下 SB2 实现连续运行控制。

2. 利用复合按钮控制的点动与连续运行的控制线路

利用复合按钮控制的点动与连续运行的控制线路如图 1-11 所示。

动作过程情况：闭合电源开关 QS,按下起动按钮 SB2,接触器 KM 线圈通电吸合并自锁,电动机起动运转;如按下起动按钮 SB3,它的常闭触点(动断触点)断开接触器 KM 的自锁回路,可实现电动机点动控制。

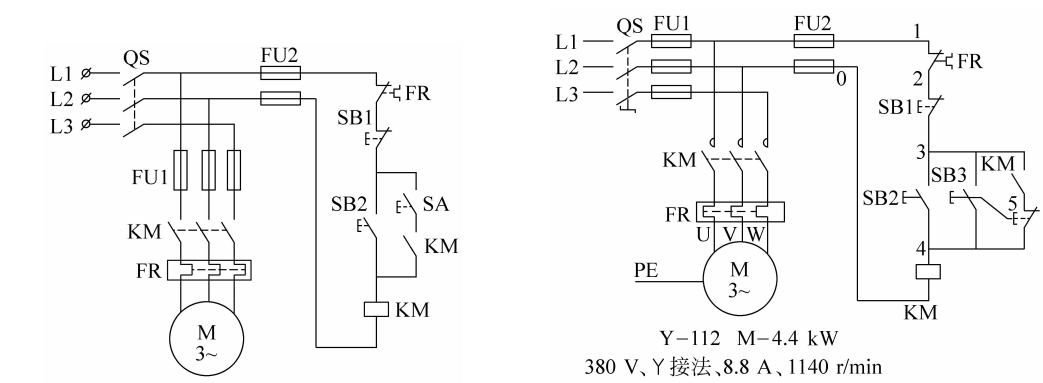


图 1-10 利用开关控制的点动与连续运行的控制线路

图 1-11 复合按钮控制的点动与连续运行的控制线路原理图

任务实施

1. 所需设备

所需实训设备和器件见表 1-2。

表 1-2 任务实施实训设备和器件明细表

代号	名 称	型号	规 格	数量
M	三相异步电动机	Y-112M-4	4 kW、380 V、△接法、8.8 A、1440 r/min	1
QS	组合开关	HZ10-25/3	三极、25 A	1
FU1	熔断器	RL1-60/25	500 V、60 A、配熔体 25 A	3
FU2	熔断器	RL1-15/2	500 V、15 A、配熔体 2 A	2
KM	交流接触器	CJ10-20	20 A、线圈电压 380 V	1
FR	热继电器	JR16-20/3	三极、20 A、整定电流 8.8 A	1
SB	按钮	LA4-3H	保护式、500 V、5 A、按钮数 3	3
XT	端子板	JX2-1015	10 A、15 节	1

2. 实施步骤

(1) 分析三相异步电动机点动与连续运行的控制电气原理图 1-11。

(2) 根据电气原理图 1-11 绘制三相异步电动机的点动与连续运行的控制电气元件布置图，如图 1-12 所示；电气安装接线图如图 1-13 所示。

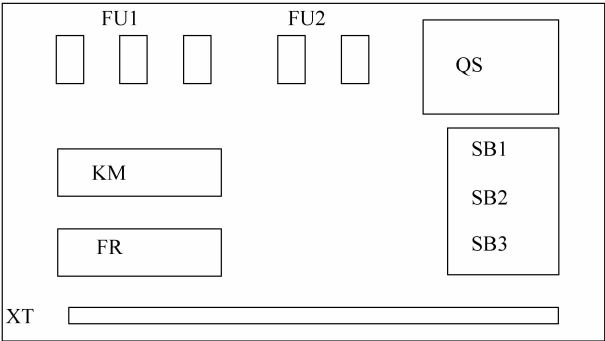


图 1-12 电动机的点动与连续运行的控制线路电气元件布置图

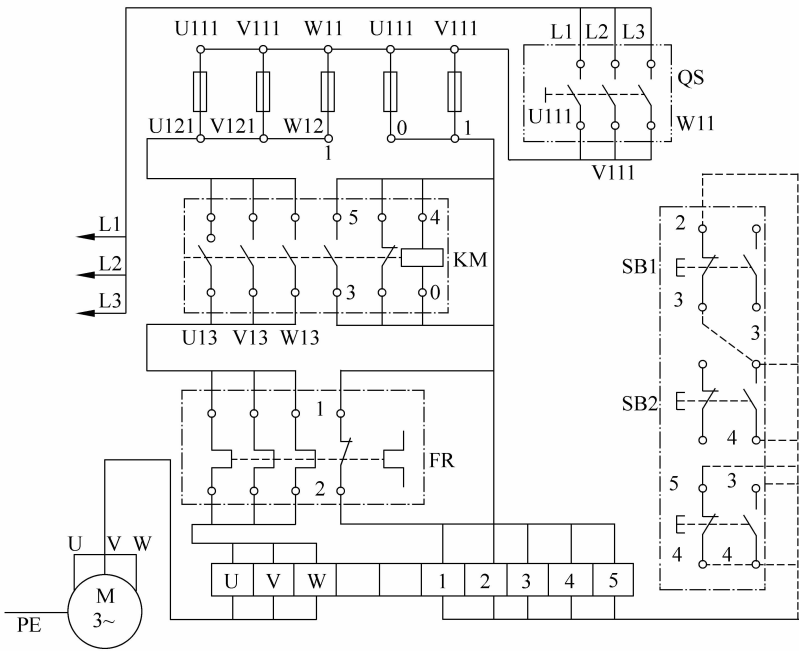


图 1-13 电动机的点动与连续运行的控制电气安装接线图

(3) 检查与调试。

① 检查控制电路，用万用表表笔分别搭在 U11、V11 线端上（也可搭在 0 与 1 两点处），这时万用表读数应在无穷大；按下 SB2、SB3 时表读数应为接触器线圈的直流电阻阻值。

② 检查主电路时，可以手动来代替受电线圈励磁吸合时的情况进行检查。

- ③ 合上 QS,按下按钮 SB3 和 SB2,观察点动控制与长动控制电动机动作情况。
- (4) 注意事项。
 - ① 电动机及按钮的金属外壳应可靠接地。
 - ② 控制板外部走线,必须穿在导线的保护通道内,或采用四芯橡皮线进行临时通电校验。
 - ③ 热继电器的整定电流应按图 1-11 中的电动机规格进行调整。
 - ④ 点动采用复合按钮,其常闭触点必须串联在电动机的自锁控制电路中。
 - ⑤ 通电试验车时,应先合上 QS,再按下按钮 SB2 或 SB3,并确保用电安全。

任务评价

针对完成的任务进行多方面的测评,评价内容见书后表 1-3,此表可单独撕下作为存档。

1.7 正反转控制线路

在实际应用中,常用倒顺开关改变电源相序和两个接触器改变电源相序来实现电动机正、反转控制。

注意：可逆运行控制线路实质上是两个方向相反的单向运行线路的组合。但为了避免误操作引起电源相间短路,必须在这两个相反方向的单向运行线路中加装联锁机构。

1.7.1 倒顺开关控制的可逆旋转控制电路

1. 结构

HZ3-132 型倒顺开关结构与符号如图 1-14 所示。

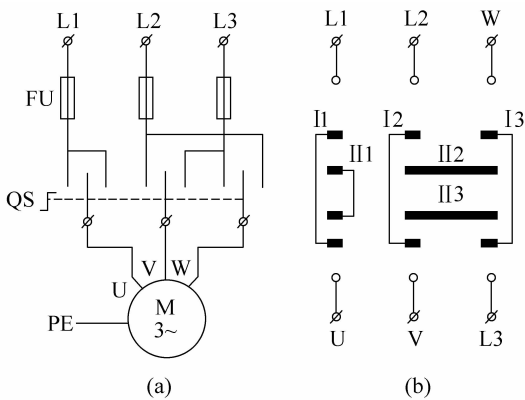


图 1-14 HZ3-132 型倒顺开关结构与符号

2. 工作方式

倒顺开关有六个固定触点,其中 L1、L2、W 为一组,而 U、V、L3 为另一组。当开关手柄置于“顺转”位置时,动触片 I1、I2、I3 分别将 U-L1、V-L2、L3-W 相连接,使电动机实现正转;当开关手柄置于“逆转”位置时,经动触片 II 1、II 2、II 3 分别将 U-L1、V-W、L3-L2 接通,使电动机实现反转;当开关手柄置于中间位置时,两组动触片均不与固定触点连接,电动机停止旋转。

3. 控制线路

倒顺开关实现电动机正反转的电路如图 1-15 所示。

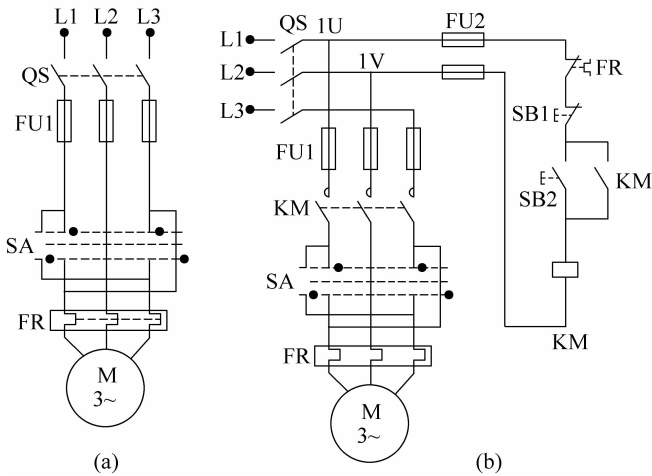


图 1-15 倒顺开关实现电动机正反转的电路

图 1-15(a)为直接操作倒顺开关实现电动机正反转的电路。图 1-15(b)是利用倒顺开关来改变电动机相序,预选电动机旋转方向,而由接触器 KM 来接通与断开电源,控制电动机起动与停止。由于采用接触器通断负载电路,则可实现过载保护和失压与欠压保护。

1.7.2 接触器联锁电气线路

1. 电路组成

KM1、KM2 分别为正、反转接触器,它们的主触点接线的相序不同,KM1 按 U-V-W 相序接线,KM2 按 W-V-U 相序接线,即将 U、W 两相对调,所以两个接触器分别工作时,电动机的旋转方向不一样,可实现电动机的可逆运行。

2. 电路的工作原理

- (1) 电动机正转 按下起动按钮 SB2→KM1 线圈得电→KM1 主触点和动合辅助触点闭合→电动机 M 正转运行。
- (2) 停止 按下停止按钮 SB1→KM1 线圈失电→KM1 主触点和动合辅助触点断开→电动机 M 断电停止正转。