

第5章 继电器—接触器基本控制电路

通常把通过开关、按钮、继电器、接触器等电器触头的接通或断开来实现各种控制的电路称为继电器—接触器控制电路,其控制方法一般有手动和自动两种,操作者以简单的控制电器(如闸刀开关、转换开关等)来实现电力拖动的控制,称为手动控制;操作者以自动电器(如继电器、限位开关等)来实现电力拖动的控制,称为自动控制。尽管电力拖动自动控制已向无触头、连续控制、弱电化和微机控制方向发展,但由于继电器—接触器控制系统所用的控制电器结构简单、价格便宜,能够满足机械生产的一般要求,因而其仍然获得广泛的应用。

5.1 电气控制电路的基本知识

继电器—接触器控制电路的基本组成元件是低压电器,通常把额定电压等级在交流1 200 V、直流1 500 V以下的电器称为低压电器。由于低压电器种类繁多,功能多样,构造各异,用途广泛,工作原理各不相同,因而常用低压电器的分类方法也很多。

1. 按用途或控制对象分

常用低压电器按用途或控制对象可分为配电电器和控制电器。

1) 配电电器

配电电器主要用于低压配电系统中。要求该系统在发生故障时能保证准确动作、可靠工作,在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性,使电器不会被损坏。常用的配电电器有刀开关、转换开关、熔断器和断路器等。

2) 控制电器

控制电器主要用于电气传动系统中。要求该系统具有寿命长,体积小,重量轻且动作迅速、准确、可靠的特点。常用的控制电器有接触器、继电器、启动器、主令电器和电磁铁等。

2. 按动作方式分

常用低压电器按动作方式可分为自动电器和手动电器。

1) 自动电器

自动电器可依靠自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,如接触器和继电器等。

2) 手动电器

手动电器是指用手动操作来进行切换的电器,如刀开关、转换开关和按钮等。

3. 按触头类型分

常用低压电器按触头类型可分为有触头的电器和无触头的电器。

1) 有触头的电器

有触头的电器可利用触头的接通和分断来切换电路,如接触器、刀开关和按钮等。

2) 无触头的电器

无触头的电器无可分离的触头。它主要利用电子元件的开关效应,即导通和截止来实现电路的通断控制,如接近开关、电子式时间继电器和固态继电器等。

4. 按工作原理分

常用低压电器按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器。

1) 电磁式电器

电磁式电器是根据电磁感应原理动作的电器,如接触器、继电器和电磁铁等。

2) 非电量控制电器

非电量控制电器是指依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器,如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

5.1.1 电气控制图纸

电气控制图纸可分为电气控制原理图、电气设备位置图和电气设备接线图。

1. 电气控制原理图

电气控制原理图是指用各种电气符号连接起来描绘全部或部分电气设备的工作原理图。如图 5-1 所示为普通机床的电气控制原理图。

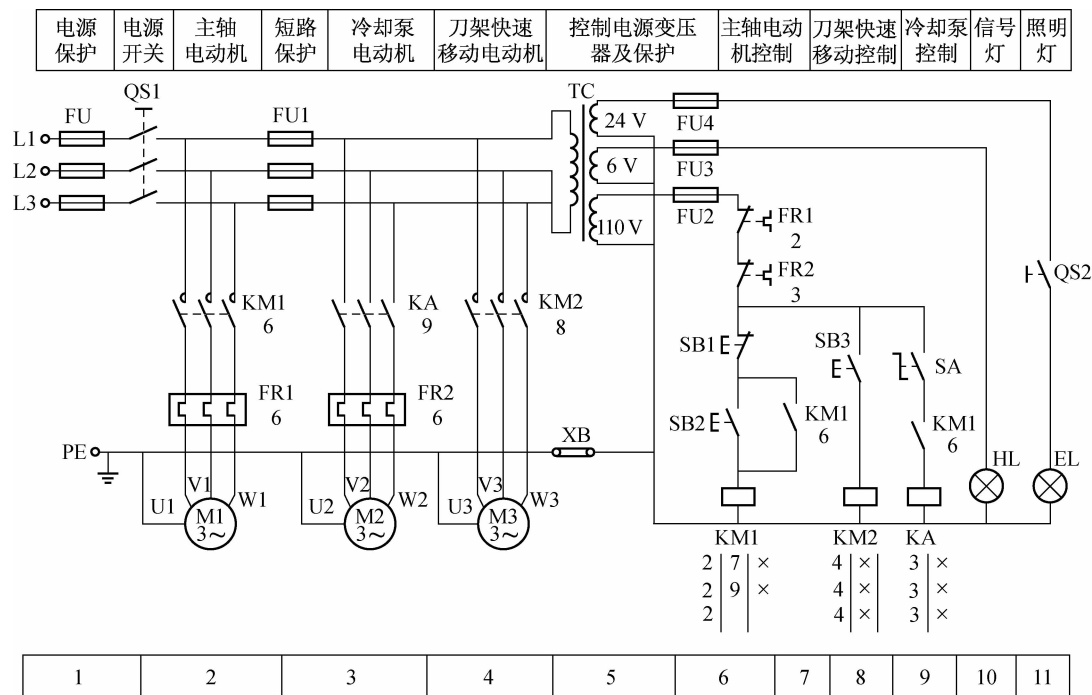


图 5-1 普通机床的电气控制原理图

图 5-1 中用不同的电气符号来表示各种电器组件,用不同的文字符号表示各电气项目的种类代号。为了达到通用性,这些电气符号及文字符号必须采用国家颁布的标准。

电气控制原理图的绘制原则包含以下几点:

(1)电气控制原理图中应将电源电路、主电路、控制电路和信号电路分开绘制。电源电路绘成水平线,电源相线 L1、L2、L3 由上而下排列,中性线 N 和保护地线 PE 放在相线下面;主电路应垂直于电源电路画出;控制电路和信号电路应位于主电路右侧。

(2)电气控制原理图中,同一电器组件的各个零部件的电气符号可以不画在一起,但代表同一电器组件的文字符号必须相同。

(3)电器的线圈、信号灯等耗能组件应直接与下水平电源线连接,而控制触头应连接在上水平电源线与耗能组件之间。

(4)所有电器触头均按没有通电或没有外力作用的状态绘制,行程开关均按挡块碰撞前的状态绘制。

(5)为便于检修线路和方便阅读,电气控制原理图可分为若干个图区并用阿拉伯数字编号,并处于电气控制原理图的下部。电气控制原理图中每个电路的功能用文字标明在上部的用途栏中。

(6)每个接触器线圈的文字符号下面有两条竖直线分成左、中、右 3 栏,栏中写有受其控制而动作的触头所处的图区数字。左栏为主触头所处的图区号,中栏为辅助常开触头所处的图区号,右栏为辅助常闭触头所处的图区号。每个继电器线圈的文字符号下有一条竖直线,其左、右分别为常开触头和常闭触头所在图中的位置号。对于备用触头用记号“×”标出。

2. 电气设备位置图

电气设备位置图表示各种电气设备在机械设备和电气控制柜中的实际安装位置,以便机电设备的制造、安装及维修。各电器组件的安装位置是由机械设备的结构和工作要求所决定的,如电动机要和被拖动的机械零部件在一起,行程开关应放在要取得信号的地方,操纵组件应放在操纵方便的地方,一般电器组件应放在电气控制柜中。

3. 电气设备接线图

电气设备接线图表示各电器组件之间的实际接线情况,它可用于安装接线、检查维修和施工。

5.1.2 常用低压电器

1. 接触器

接触器可用来频繁地接通和分断交、直流主回路和大容量控制电路。它主要用于控制电动机、电热设备、电焊机、电容器组等,能实现远距离自动控制。它具有低电压释放保护的功能,在电力拖动自动控制线路中被广泛应用。

1) 接触器的组成

接触器主要由电磁系统、触头系统和灭弧装置组成,其结构简图如图 5-2 所示。

(1)电磁系统。电磁系统包括动铁芯(衔铁)、静铁芯及电磁线圈 3 部分,其作用是将电磁能转换成机械能,产生电磁吸力带动触头动作。

(2)触头系统。触头又称为触点,是接触器的执行元件,用于接通或断开控制电路。触头的结构形式很多,按其控制的电路可分为主触头和辅助触头。主触头用于接通或断开主电路,允许通过较大的电流;辅助触头用于接通或断开控制电路,只能通过较小的电流。辅助触头按其原始状态(线圈未通电)又可分为常开触头(动合触头)和常闭触头(动断触头)。原始状态断开,线圈通电后闭合的触头称为常开触头;原始状态闭合,线圈通电后断开的触

头称为常闭触头。线圈断电后所有触头复位,即恢复到原始状态。

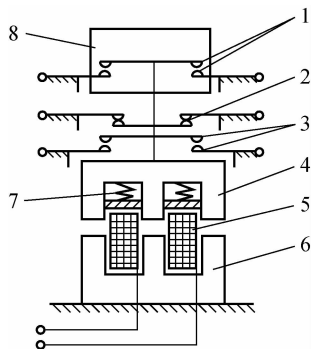


图 5-2 接触器的结构简图

- 1—主触头；2—常闭辅助触头；3—常开辅助触头；4—动铁芯；
5—电磁线圈；6—静铁芯；7—弹簧；8—灭弧罩

(3)灭弧装置。触头在分断电流的瞬间,在触头间的气隙中会产生电弧,电弧的高温能将触头烧伤或可能造成其他不安全事故,因此,应采用适当措施迅速熄灭电弧。常采用灭弧罩、灭弧栅及磁吹灭弧装置。

2) 接触器的分类

接触器按其主触头所控制主电路电流的种类可分为交流接触器和直流接触器。

(1)交流接触器。交流接触器的线圈通以交流电,主触头接通或分断交流主电路。当交变磁通穿过铁芯时,将产生涡流和磁滞损耗,使铁芯发热。为减少铁损耗,铁芯可由硅钢片冲压而成。为便于散热,线圈应做成短而粗的圆筒状绕在骨架上。为防止交变磁通使衔铁产生强烈振动和噪声,交流接触器铁芯端面上应安装一个铜制的短路环。交流接触器的灭弧装置通常采用灭弧罩和灭弧栅。

(2)直流接触器。直流接触器的线圈通以直流电,主触头接通或分断直流主电路。直流接触器铁芯中不产生涡流和磁滞损耗,所以铁芯不发热。铁芯可用整块钢制成。为便于散热,通常将线圈绕制成长而薄的圆筒状。250 A 以上的直流接触器采用串联双绕组线圈。由于直流接触器灭弧较难,因而应采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

3) 交、直流接触器的工作原理

交流接触器的控制原理很简单,当交流接触器的线圈通电时,产生电磁力克服弹簧反力,吸引动铁芯向下运动,动铁芯带动绝缘连杆和动触头向下运动使常开触头闭合,常闭触头断开;当交流接触器的线圈断电或电压低于释放电压时,电磁力小于弹簧反力,使常开触头断开,常闭触头闭合。常用的有 CJ10、CJ12、CJ10X、CJ20、CJX1、CJX2、3TB 和 3TD 等系列交流接触器。

直流接触器的工作原理:当直流接触器的线圈通电时,线圈中电流产生磁场,使静铁芯产生电磁力吸引动铁芯,并带动触头动作,使常开触头闭合,常闭触头断开;当直流接触器的线圈断电时,电磁力消失,衔铁在弹簧的作用下释放,使常开触头断开,常闭触头闭合。直流接触器工作原理与交流接触器工作原理的不同之处在于,交流接触器的线圈是由交流电源供电的,而直流接触器的线圈是由直流电源供电的。

4) 接触器的选择

从接触器的工作条件出发,对其进行选择时应考虑以下因素:

(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一致。

(3)接触器主触头的额定工作电压应大于或等于负载电路的电压。

(4)接触器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,接触器主触头的额定工作电流是在规定条件(额定工作电压、使用类别、操作频率等)下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电路电压相一致,接触器在大于或等于吸引线圈额定电压的85%时能可靠地吸合。

(6)接触器主触头和辅助触头的数量应能满足控制系统的需要。

5)接触器的维护

对接触器进行维护时要注意以下几点:

(1)应定期检查接触器的各零部件,要求可动部分不卡住,紧固无松脱,零部件如损坏应及时检修。

(2)触头表面应经常保持清洁。

对接触器进行维护的具体措施如下:

(1)及时铲除触头表面因电弧作用而形成金属小球。

(2)触头严重磨损后,超程应及时调整,当厚度只剩下1/3时,应及时调换触头。

(3)银合金触头表面因电弧而生成黑色氧化膜时,不会造成接触不良现象,因此,不必锉修,否则将会大大缩短触头的寿命。

(4)原本有灭弧罩的接触器在使用时一定要带着灭弧罩,以免发生短路事故。

2. 继电器

继电器在控制电路中作信号转换用。它具有输入电路(又称为感应元件)和输出电路(又称为执行元件),当感应元件中的输入量(如电流、电压、温度、压力等)变化到某一定值时继电器动作,执行元件便接通或断开控制电路。控制继电器的种类繁多,常用的有电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器、热继电器、速度继电器、温度继电器、压力继电器、计数继电器和频率继电器等。其中电流继电器、电压继电器和中间继电器属于电磁式继电器,其组成和工作原理与接触器相似,是由电磁系统、触头系统和释放弹簧等组成的。由于继电器用于控制电路,流过其触头的电流小,因而不需要灭弧装置。

1)电流继电器

电流继电器的线圈串接于电路中,工作时可根据通入线圈电流的大小而自动接通或断开电路。这种继电器的线圈匝数少、导线粗、阻抗小。电流继电器可分为过电流继电器和欠电流继电器。

(1)过电流继电器。通常交流过电流继电器的吸合电流 $I_0 = (1.1 \sim 3.5)I_N$,直流过电流继电器的吸合电流 $I_0 = (0.75 \sim 3)I_N$ 。由于过电流继电器在出现过电流时其衔铁吸合,故过电流继电器无释放电流值。

(2)欠电流继电器。正常工作时,欠电流继电器线圈流过负载额定电流,衔铁吸合。当负载电流降低至继电器释放电流时,衔铁释放,带动触头动作。欠电流继电器在电路中起欠电流保护作用。

JL18系列电流继电器的技术参数见表5-1。

表 5-1 JL18 系列电流继电器的技术参数

型 号	线圈额定值	
	工作电压/V	工作电流/A
JL18-1.0	交流 220、380	1.0
JL18-1.6		1.6
JL18-2.5		2.5
JL18-4.0		4.0
JL18-6.3		6.3
JL18-10		10
JL18-16		16
JL18-25		25
JL18-40		40
JL18-63		63
JL18-100		100
JL18-160		160

2) 电压继电器

电压继电器可反映电路中电压的变化,其线圈工作时并联在回路中,可根据线圈两端电压的大小接通或断开电路。电压继电器线圈匝数多、导线细,和电流继电器一样可分为过电压继电器和欠电压继电器。

3) 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,其外形如图 5-3 所示。与交流接触器的主要区别是触头数目多些,且触头容量小,只允许通过小电流。从控制角度考虑,中间继电器实质上是一种电压继电器,起到中间放大(触头数量和容量)的作用。它是将一个输入信号变成多个输出信号或将信号放大的继电器。常用的有 JZ7、JZ18、MA、K、HH5 等系列中间继电器,以 JZ7-62 为例,JZ 为中间继电器的代号,7 为设计序号,6 为有 6 对常开触头,2 为有两对常闭触头。



图 5-3 中间继电器的外形

JZ7 系列中间继电器的技术参数见表 5-2。

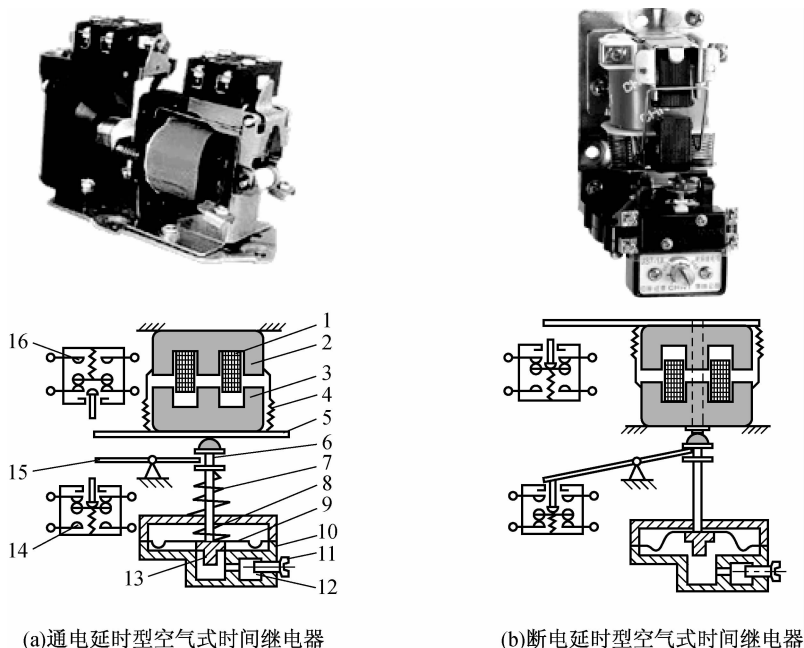
表 5-2 JZ7 系列中间继电器的技术参数

型 号	触头额定电压/V	触头额定电流/A	触头对数		线圈电压/V
			常开	常闭	
JZ7-44	500	5	4	4	交流 12、36、127、 220、380
JZ7-62			6	2	
JZ7-80			8	0	

4) 时间继电器

时间继电器是一种按照时间原则进行控制的继电器。它可分为空气式时间继电器、电动式时间继电器和电子式时间继电器等。下面以空气式时间继电器为例进行介绍。

空气式时间继电器是由电磁机构、工作触头和气室 3 部分组成的,它的延时是靠空气的阻尼作用来实现的。常用的有 JS7-A 系列空气式时间继电器。如图 5-4 所示为 JS7-A 系列空气式时间继电器的外形图和结构原理图。



(a) 通电延时型空气式时间继电器

(b) 断电延时型空气式时间继电器

图 5-4 JS7-A 系列空气式时间继电器外形图和结构原理图

- 1—线圈；2—铁芯；3—衔铁；4—反力弹簧；5—推板；6—活塞杆；7—塔形弹簧；
8—弱弹簧；9—橡皮膜；10—空气室壁；11—调节螺钉；12—进气孔；
13—活塞；14、16—触头；15—杠杆

空气式时间继电器按其控制原理可分为以下几种类型：

(1) 通电延时型空气式时间继电器。通电延时型空气式时间继电器可利用空气的阻尼作用达到动作延时的目的。线圈 1 通电后将衔铁 3 吸住,使衔铁 3 与活塞杆 6 之间有一段距离。在塔形弹簧 7 的作用下,活塞杆 6 向下移动。在活塞 13 的表面固定有一层橡皮膜 9,活塞 13 向下移动时,橡皮膜 9 上面会形成空气稀薄的空间,活塞 13 受到下面空气的压力,不能迅速下移。当空气由进气孔 12 排出时,活塞 13 才逐渐下移。移动到最后一位置时,杠杆 15 使微动开关动作。

(2) 断电延时型空气式时间继电器。断电延时型空气式时间继电器与通电延时型空气式时间继电器的原理与结构均相同,只是将其电磁机构翻转 180° 安装。

空气式时间继电器延时时间有 $0.4\sim 60\text{ s}$ 和 $0.4\sim 180\text{ s}$ 两种规格,具有延时范围较宽、结构简单、工作可靠、价格低廉、寿命长等优点,是机床交流控制电路中常用的时间继电器。JS7-A 系列空气式时间继电器的技术参数见表 5-3。

表 5-3 JS7-A 系列空气式时间继电器的技术参数

型 号	触头额定容量		延时触头对数				瞬时动作触头对数		线圈电压/V	延时范围/s
	电压/V	电流/A	通电延时型		断电延时型		常开	常闭		
			常开	常闭	常开	常闭				
JS7-1A	380	5	1	1					交流 36、 127、220、380	0.4 ~ 60 和 0.4 ~ 180
JS7-2A			1	1			1	1		
JS7-3A					1	1				
JS7-4A			1	1	1	1				

5) 热继电器

热继电器是一种保护电器,专门用来对过载或断相进行保护,以防止电动机因上述故障而损坏。它一般由加热元件、动作机构和复位机构 3 部分组成。在工作时将加热元件与双金属片串联在接触器负载的主电路中,由于热继电器双金属片的双层金属膨胀系数不同,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开始弯曲超出导板,导板在弹簧的拉力下将常闭触头断开。触头是接在电动机的控制电路中的,控制电路断开便使接触器线圈断电,从而断开电动机的主电路。若电路故障已经排除,热继电器可通过手动或自动复位。双金属片式热继电器的结构原理图如图 5-5 所示。

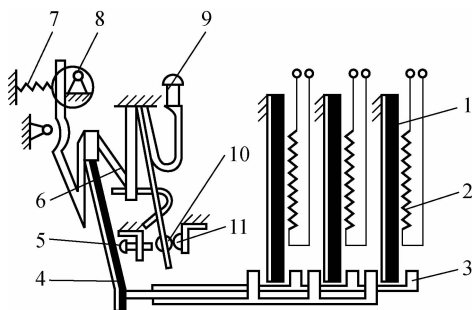


图 5-5 双金属片式热继电器的结构原理图

- 1—主双金属片；2—电阻丝；3—导板；4—补偿双金属片；5—螺钉；6—推杆；
7—弹簧；8—调节凸轮；9—复位按钮；10—动触头；11—静触头

热继电器的常闭触头串联在控制电路中,当三相交流异步电动机的一相接线松开或一相熔丝熔断时,造成其断相运行。断相后若外加负载不变,绕组中的电流就会增大,将使三相交流异步电动机烧坏。如果需要断相保护,可选用带熔丝的保护热继电器。

热继电器的选择应满足

$$I_{eR} \geq I_N \quad (5-1)$$

式中, I_{eR} 为热继电器热元件的额定电流(A); I_N 为电动机的额定电流(A)。

6) 速度继电器

速度继电器以速度的大小为信号与接触器配合,完成笼型电动机的反接制动控制,故也称为反接制动继电器。其结构原理图如图 5-6 所示。

速度继电器是根据电磁感应原理制成的,主要用于进行转速的检测,如用来在三相交流异步电动机反接制动转速过零时,自动切除反相序电源。速度继电器常用于铣床和刨床的控制电路中。

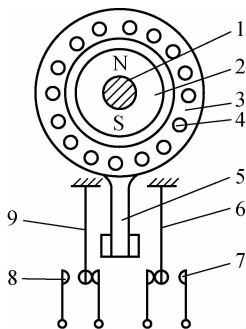


图 5-6 速度继电器的结构原理图

1—转轴；2—转子；3—定子；4—绕组；5—摆锤；
6、9—弹簧片；7、8—静触头

速度继电器主要由转子(磁铁)、圆环(笼型空心绕组)和触头 3 部分组成。转子由一块永久磁铁制成,与电动机同轴相联用以接收转动信号。当转子旋转时,圆环切割转子磁场产生感应电动势,形成环内电流,此电流与磁铁磁场作用,产生电磁转矩,圆环在此力矩的作用下带动摆锤,克服弹簧力而沿转子转动的方向摆动,并拨动触头改变其通断状态。当电动机的转速低于某一值时,定子产生的转矩减小,触头在弹簧作用下复位。

3. 熔断器

熔断器是一种结构简单、使用方便、价格低廉的保护电器,可广泛用于供电线路和对电气设备的短路保护中。

1) 熔断器组成及特性

熔断器由熔体和安装熔体的外壳两部分组成。熔体是熔断器的核心,通常用低熔点的铅锡合金、锌、铜和银的丝状或片状材料制成,新型的熔体通常设计成灭弧栅状和具有变截面的片状结构。当通过熔断器的电流超过一定数值并经过一定的时间后,电流在熔体上产生的热量使熔体某处熔化而分断电路,从而保护了电路和设备。使熔断器熔体熔断的电流值与熔断时间的关系称为熔断器的保护特性曲线,也称为熔断器的安—秒特性,如图 5-7 所示。

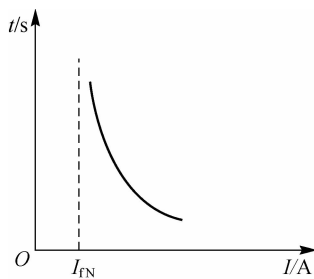


图 5-7 熔断器的保护特性曲线

由熔断器的保护特性曲线可知,流过熔体的电流越大,熔断所需的时间越短。熔体的额定电流 I_{FN} 是指熔体长期工作而不致熔断的电流。熔断器熔断电流与熔断时间的数值关系见表 5-4。

表 5-4 熔断器熔断电流与熔断时间的数值关系

熔断电流/A	$(1.2 \sim 1.3) I_{FN}$	$1.6 I_{FN}$	$2 I_{FN}$	$2.5 I_{FN}$	$3 I_{FN}$	$4 I_{FN}$
熔断时间/s	∞	60	40	8	4.5	2.5

2) 常用熔断器的种类

熔断器按其结构形式可分为插入式熔断器、螺旋式熔断器、有填料密封管式熔断器和无填料密封管式熔断器等。在电气控制系统中经常选用螺旋式熔断器,它具有明显的分断

指示和不用任何工具就可取下或更换熔体等优点。最近推出的有 RL6 和 RL7 系列熔断器,可以取代 RL1 和 RL2 系列熔断器。此外,RLS2 系列熔断器是快速熔断器,用以保护半导体硅整流元件及晶闸管,可取代 RLS1 系列熔断器。RT12、RT15 和 NGT 等系列熔断器是有填料密封管式熔断器,瓷管两端铜帽上焊有连接板。RT12 和 RT15 系列熔断器带有熔断指示器,熔断时红色指示器弹出。RT14 系列熔断器带有撞击器,熔断时撞击器弹出,既可作熔断信号指示,又可触动微动开关以切断接触器线圈电路,使接触器断电,实现三相交流异步电动机的断相保护。

3) 熔断器的选用

熔断器选用时应注意以下几点:

(1) 选择熔断器的类型主要根据使用场合。例如,作电网配电用,应选择一般工业用熔断器;作硅元件保护用,应选择保护半导体元件熔断器;供家庭使用,宜选用螺旋式或半封闭插入式熔断器。

(2) 熔断器的额定电压必须大于或等于其安装处的电路额定电压。

(3) 电路保护用熔断器熔体的额定电流基本上可按电路的额定负载电流来选择,但其极限分断能力必须大于电路中可能出现的最大故障电流。

(4) 在电动机回路中作短路保护时,应考虑以下电动机的启动条件,按电动机启动时间的长短选择熔体的额定电流。

① 对启动时间不长的场合,可按下式决定熔体的额定电流

$$I_{\text{FN}} = \frac{I_{\text{st}}}{(2.5 \sim 3)} = (1.5 \sim 2.5) I_{\text{N}} \quad (5-2)$$

式中, I_{st} 为电动机的启动电流(A)。

② 对启动时间长或启动较频繁的场合,可按下式决定熔体的额定电流

$$I_{\text{FN}} = \frac{I_{\text{st}}}{(1.6 \sim 2)} \quad (5-3)$$

③ 对于多台电动机并联的电路,考虑到电动机一般不同时启动,故熔体的额定电流为

$$I_{\text{FN}} = \frac{I_{\text{stmax}}}{(2.5 \sim 3) + \sum I_{\text{N}}} \quad (5-4)$$

式中, I_{stmax} 为启动电流最大的那台电动机的电流(A); $\sum I_{\text{N}}$ 为其他电动机额定电流之和(A)。

(5) 为了防止越级熔断和控制停电事故范围,各级熔断器间应有良好的协调配合,使下一级熔断器比上一级熔断器先熔断,从而满足选择性保护要求。上、下级熔断器应根据其保护特性曲线上的数据及实际误差来选择。一般老产品的选择比为 2 : 1,新型熔断器的选择比为 1.6 : 1。例如,对新型熔断器进行选择时,下级熔断器额定电流为 100 A,上级熔断器的额定电流最小也要为 160 A,才能达到 1.6 : 1 的要求,若熔断器电流的选择比大于 1.6 : 1,能更可靠地实现选择性保护。值得注意的是,这样将会牺牲选择性保护的快速性,因此,实际应用中应综合考虑。

4) 熔断器的安装和维护

在对熔断器进行安装和维护时应注意以下几点:

(1) 安装熔断器除保证足够的电气距离外,还应保持足够的间距,以使拆卸、更换熔体

方便。

(2)安装前应检查熔断器的型号、额定电压、额定电流、额定分断能力等参数是否符合要求。

(3)安装熔体必须保证接触良好,不能有机机械损伤。

(4)安装引线要有足够的截面积,而且必须拧紧接线螺钉,避免接触不良。

(5)在运行中应经常注意熔断器的指示器,以便及时发现熔体熔断的情况,防止断相运行。如果发现熔体已经腐蚀、损伤或熔断,应更换同一型号规格的熔断器,不允许用其他型号的熔断器代替(除非已通过验证)。

(6)熔断器插入与拔出要用规定的把手,不要直接用手拔熔体(熔断后外壳温度很高,以免烫伤),也不可用不合适的工具插入与拔出。更换必须在不带电的情况下进行。

(7)应经常清除熔断器上及导电插座上的灰尘和污垢。

4. 开关电器

开关电器是用于接通和分断电路的电器。在使用者对其施加外力或电器感应到了外界变化时会接通或分断。常见开关电器的外形如图 5-8 所示。



图 5-8 常见开关电器的外形

1) 控制按钮

控制按钮是一种简单的开关电器,它不能直接控制主电路,只能在控制电路中发出手动控制信号。它由按钮帽、复位弹簧、桥式触头和外壳组成。其结构原理如图 5-9 所示。

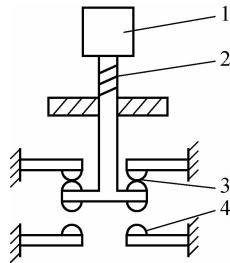


图 5-9 控制按钮的结构原理图

1—按钮帽; 2—复位弹簧; 3—常闭触头; 4—常开触头

控制按钮按其结构可分为开启式控制按钮 K、保护式控制按钮 H、防水式控制按钮 S、防腐式控制按钮 F、紧急式控制按钮 J、钥匙式控制按钮 Y、旋钮式控制按钮 X 和带指示灯式控制按钮 D 等。常用的有 LA-2、LA-18、LA-19、LA-20 和 LA-25 等系列控制按钮。其中,

LA-2 系列控制按钮有一对常开触头和一对常闭触头,具有结构简单、动作可靠、坚固耐用的优点。LA-18 系列控制按钮采用积木式结构,其触头对数可按需要进行拼装。LA-19 系列控制按钮为按钮开关与信号灯的组合,可兼作信号灯灯罩,用透明塑料制成。LA-25 系列控制按钮的技术参数见表 5-5。

表 5-5 LA-25 系列控制按钮的技术参数

型 号	触头组合	型 号	触头组合
LA-25-10	1 对常开触头	LA-25-33	3 对常开触头 3 对常闭触头
LA-25-01	1 对常闭触头	LA-25-40	4 对常开触头
LA-25-11	1 对常开触头 1 对常闭触头	LA-25-04	4 对常闭触头
LA-25-20	2 对常开触头	LA-25-41	4 对常开触头 1 对常闭触头
LA-25-02	2 对常闭触头	LA-25-14	1 对常开触头 4 对常闭触头
LA-25-21	2 对常开触头 1 对常闭触头	LA-25-42	4 对常开触头 2 对常闭触头
LA-25-12	1 对常开触头 2 对常闭触头	LA-25-24	2 对常开触头 4 对常闭触头
LA-25-22	2 对常开触头 2 对常闭触头	LA-25-50	5 对常开触头
LA-25-30	3 对常开触头	LA-25-05	5 对常闭触头
LA-25-03	3 对常闭触头	LA-25-51	5 对常开触头 1 对常闭触头
LA-25-31	3 对常开触头 1 对常闭触头	LA-25-15	1 对常开触头 5 对常闭触头
LA-25-13	1 对常开触头 3 对常闭触头	LA-25-60	6 对常开触头
LA-25-32	3 对常开触头 2 对常闭触头	LA-25-06	6 对常闭触头
LA-25-23	2 对常开触头 3 对常闭触头		

为标明控制按钮的作用,避免误操作,通常将按钮做成白、绿、黄、蓝、橙、黑、红等颜色。国标中对控制按钮的颜色作了如下规定:停止按钮和急停按钮必须是红色,当按下红色按钮时,必须使设备停止工作或断电;启动按钮必须是绿色;启动与停止交替动作的按钮必须是黑白色、白色或灰色,不得用红色和绿色;点动按钮必须是黑色;复位按钮(如保护继电器的复位按钮)必须是蓝色,当复位按钮还具有停止的作用时,则必须是红色。

控制按钮的选择原则包含以下几点:

- (1) 根据使用场合,选择控制按钮的种类,如开启式、防水式和防腐式等。
- (2) 根据用途,选择合适的形式,如钥匙式、紧急式和带灯式等。
- (3) 按控制电路的需要,确定不同的按钮数,如单钮、双钮、三钮和多钮等。
- (4) 按工作状态指示和工作情况的要求,选择按钮及指示灯的颜色。

2) 转换开关

转换开关一般用于电气设备的非频繁操作,切换电源和负载以及控制小容量感应电动机和小型电器。转换开关由动触头、静触头、绝缘连杆转轴、手柄、定位机构及外壳等部分组

成。其动触头和静触头分别叠装于数层绝缘壳内,当转动手柄时,每层的动触头随转轴一起转动。转换开关的结构示意图如图 5-10 所示。

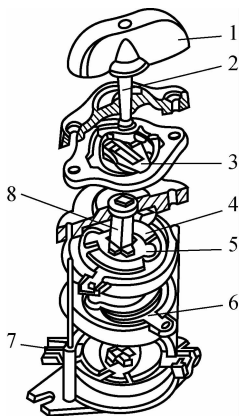


图 5-10 转换开关的结构示意图

1—手柄；2—绝缘连杆转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘垫片；
6—动触头；7—静触头；8—接线柱

转换开关的主要参数包括形式、手柄类型、触头通断状态表、工作电压、触头对数及触头的电流容量,这些在产品说明书中都有详细说明。常用的有 LW2、LW5、LW6、LW8、LW9、LW12、LW16、VK、3LB 和 HZ 等系列转换开关,其中, LW2 系列转换开关多用于高压断路器操作电路的控制, LW5 和 LW6 系列转换开关多用于在电力拖动系统中对电路或电动机实行控制, LW6 系列转换开关还可装成双列形式,列与列之间用齿轮啮合,并由同一手柄操作,此种开关最多可装 60 对触头。

3)行程开关

行程开关又称为限位开关,它的种类很多,按运动形式可分为直动式行程开关、转动式行程开关和微动式行程开关等,如图 5-11 所示。



(a)直动式行程开关的外形

(b)转动式行程开关的外形

(c)微动式行程开关的外形

图 5-11 行程开关的外形

行程开关接触头的性质可分为以下几类:

(1)有触头行程开关。有触头行程开关简称为行程开关。它的工作原理和控制按钮相同,区别在于它不是手动操作,而是利用机械运动部件的碰压使其触头动作来发出控制指

令的。

行程开关主要用于检测工作机械的位置,发出命令以控制其运动方向或行程长短,因而行程开关也称为位置开关。它的作用是将机械位移转换为电信号,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,从而控制机械运动或实现安全保护。如图5-12所示为几种操作类型的行程开关动作原理示意图。

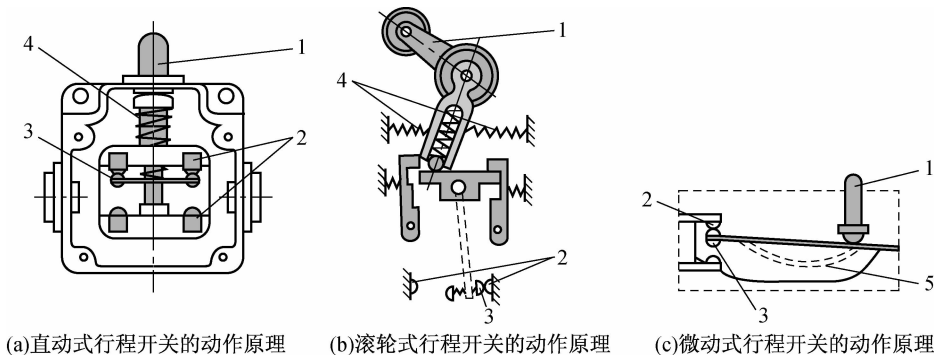


图5-12 几种操作类型的行程开关动作原理示意图

1—推杆; 2—静触头; 3—动触头; 4—复位弹簧; 5—塔形弹簧

行程开关的主要参数包括形式、动作行程、工作电压及触头的电流容量。目前国内生产的行程开关有JLXK1、LXK3、3SE3、LX19、LXW和LX等系列。常用JLXK1系列行程开关的技术参数见表5-6。

表5-6 常用JLXK1系列行程开关的技术参数

型 号	额定电压/V		额定电流/A	触头对数		结构形式
	交流	直流		常开	常闭	
JLXK1-111	500	440	5	1	1	单轮防护式
JLXK1-111M	500	440	5	1	1	单轮密封式
JLXK1-211	500	440	5	1	1	双轮防护式
JLXK1-211M	500	440	5	1	1	双轮密封式
JLXK1-311	500	440	5	1	1	直动防护式
JLXK1-311M	500	440	5	1	1	直动密封式
JLXK1-411	500	440	5	1	1	直动滚轮防护式
JLXK1-411M	500	440	5	1	1	直动滚轮密封式

行程开关的优点是结构简单、抗干扰能力很强、价格低廉,缺点是如果待测物体移动较慢,则动静触头间会长时间拉弧,从而烧坏触头。行程开关多用于机床限位和恶劣环境下的限位场合。

(2)无触头行程开关。无触头行程开关又称为接近开关。当某种物体与它接近到一定距离时,它就会发出动作信号,而不须施以机械力。接近开关的用途已经远远超出一般的行程开关的行程和限位保护。其外形如图5-13所示。

接近开关按工作原理可分为高频振荡型接近开关(检测各种金属)、永磁型及磁敏元件型接近开关、电磁感应型接近开关、电容型接近开关、光电型接近开关和超生波型接近开关等。常用的是高频振荡型接近开关,它是由振荡电路、检测电路、晶闸管等组成的。常用的有 LJ 系列接近开关、SQ 系列接近开关、CWY 系列接近开关和 3SG 系列接近开关。其中,3SG 系列接近开关为德国西门子公司生产的新型产品。



图 5-13 接近开关的外形

接近开关的优点是非接触测量、无触头、精度高和对被测物的速度无要求,缺点是只能测量铁磁性物质,抗强电磁场干扰能力差。因此,接近开关多用于检测长度、速度、金属材质和计数。

4) 刀开关

刀开关用于不频繁接通或分断的低压电路。它是由静触头、动触头、铰链支座、刀柄和底座组成的。在安装时应将刀柄朝上,连接电源的进线在上方,连接负载的出线在下方,这种安装方式既便于明确电流方向,又便于接通瞬间电弧向远离操作者的上方走,从而迅速带走热量而熄灭电弧。此外,要注意不能平装刀开关,以免让使用者混淆接通和分断的方向;不能倒装刀开关,以免刀柄因自身重量下落误动作,也防止人工操作时电弧击伤操作者。

5) 低压断路器

低压断路器又称为自动开关或空气开关,用于低压配电电路中不频繁的通断控制。在电路发生短路、过载或欠电压等故障时能自动分断故障电路,是一种控制兼保护电器。如图 5-14 所示为低压断路器的外形。



图 5-14 低压断路器的外形

低压断路器的种类繁多,按其用途和结构特点可分为 DW 型框架式低压断路器, DZ 型塑料外壳式低压断路器, DS 型直流快速式低压断路器和 DWX 型、DWZ 型限流式低压断路器等。其中, DW 型框架式低压断路器主要用作配电线路的保护开关,而 DZ 型塑料外壳式低压断路器除可用作配电线路的保护开关外,还可用作电动机、照明电路及电热电路的控制开关。下面以 DZ 型塑料外壳式低压断路器为例简单介绍低压断路器的结构和工作原理。

DZ 型塑料外壳式低压断路器主要由触头、灭弧系统和各种脱扣器 3 个基本部分组成。其中,脱扣器可分为过流脱扣器、失压(欠电压)脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。

如图 5-15 所示为 DZ 型塑料外壳式低压断路器的工作原理图。该低压断路器的开关是

靠操作机构手动或电动合闸的,主触头 2 闭合后,自由脱扣机构 3 将主触头 2 锁在合闸位置上。当电路发生上述故障时,通过各自的脱扣器使自由脱扣机构 3 动作,自动跳闸以实现保护作用。

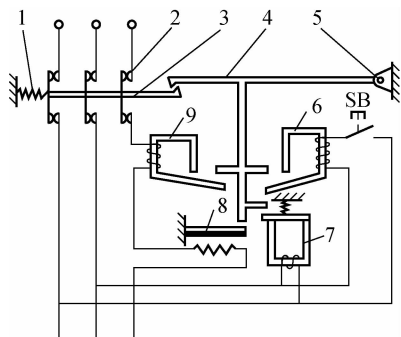


图 5-15 DZ 型塑料外壳式低压断路器的工作原理图

1—塔形弹簧; 2—主触头; 3—自由脱扣机构; 4—活动杠杆; 5—铰链连接点;
6—分励脱扣器; 7—失压脱扣器; 8—热脱扣器; 9—过流脱扣器

过流脱扣器用于线路的短路和过流保护,当线路的电流大于额定的电流值时,过流脱扣器所产生的电磁力使挂钩脱扣,动触头在塔形弹簧的拉力下迅速断开,实现 DZ 型塑料外壳式低压断路器的跳闸功能。失压脱扣器用于失压保护,它的线圈可直接接在电源上,且处于吸合状态,使 DZ 型塑料外壳式低压断路器可以正常合闸;当停电或电压很低时,失压脱扣器的吸力小于弹簧的反力,弹簧使动铁芯向上运力使挂钩脱扣,实现 DZ 型塑料外壳式低压断路器的跳闸功能。热脱扣器用于线路的过负荷保护,工作原理和热继电器相同。分励脱扣器用于远方跳闸,当在远方按下按钮时,分励脱扣器得电产生电磁力,实现 DZ 型塑料外壳式低压断路器的跳闸功能。

DZ 型塑料外壳式低压断路器使用多种脱扣器可实现以下几种保护:

(1)过流保护。电路中电流过大时,过流脱扣器的衔铁逆时针转动,推动自由脱扣机构顺时针转动,电路主触头被弹簧拉开,从而分断电路。

(2)过载保护。如果电路长时间过载,热脱扣器的双金属片向上弯曲,推动自由脱扣机构顺时针转动,电路主触头被弹簧拉开,从而分断电路。

(3)失压保护。电路中电压过低时,失压脱扣器因电压过低对衔铁吸力减弱,衔铁在弹簧的作用下上移,推动自由脱扣机构顺时针转动,电路主触头被弹簧拉开,从而分断电路。

(4)远距离保护。如果需要切断电路,在远离 DZ 型塑料外壳式低压断路器的地方按下按钮,分励脱扣器产生吸力,吸引衔铁顺时针转动,推动自由脱扣机构顺时针转动,电路主触头被弹簧拉开,从而分断电路。

选择低压断路器时应遵循以下原则:

(1)低压断路器类型的选择。应根据使用场合和保护要求来选择低压断路器的类型。如一般选用 DZ 型塑料外壳式低压断路器,短路电流很大时,选用 DWX 型、DWZ 型限流式低压断路器,额定电流比较大或有选择性保护要求时,选用 DW 型框架式低压断路器,控制和保护含有半导体元件的直流电路时,选用 DS 型直流快速式低压断路器等。

(2)低压断路器额定电压、额定电流应大于或等于线路和设备的正常工作电压和工作电流。

- (3) 低压断路器极限通断能力应大于或等于电路最大短路电流。
- (4) 失压脱扣器的额定电压应等于线路额定电压。
- (5) 过流脱扣器的额定电流应大于或等于线路的最大负载电流。

5.1.3 电气控制电路的设计基础

1. 电气控制电路设计的原则及基本内容

电气控制电路设计工作的首要问题是树立正确的设计思想和工程实践观点,它是高质量完成电气控制电路设计任务的基本保证。

1) 电气控制电路设计的原则

电气控制电路设计的原则包括以下几点:

- (1) 最大限度地满足生产机械和生产工艺对电气控制电路的要求。
- (2) 在满足控制要求的前提下,设计方案应力求简单、经济、便于操作和维修。
- (3) 机械设计与电气设计应相互配合。许多生产机械采用机电结合的控制方式来实现控制要求,因此,要从工艺要求、制造成本、结构复杂性和使用维护方便等方面协调处理好机械和电气的关系。

(4) 确保控制电路安全可靠地工作。

2) 电气控制电路设计的基本内容

电气控制电路的设计包括两个基本内容:一个是原理设计,即要满足生产机械和工艺的各种控制要求。原理设计决定了生产机械设备的合理性与先进性。另一个是工艺设计,即要满足电气控制装置本身的制造、使用和维修的需要。工艺设计的好坏决定了电气控制电路是否具有生产可行性、经济性、美观、使用维修方便等特点。

(1) 原理设计。电气控制电路原理设计的主要内容包括以下几点:

- ① 拟订电气控制电路设计任务书。
- ② 确定电力拖动方案,选择电动机。
- ③ 设计电气控制原理图,计算主要技术参数。
- ④ 选择电器元件,制订电器元件明细表。
- ⑤ 编写设计说明书。

(2) 工艺设计。进行工艺设计主要是为了便于组织电气控制电路的制造,从而实现原理设计提出的各项技术指标,并为设备的调试、维护与使用提供相关的图样资料。电气控制电路工艺设计的主要内容包括以下几点:

- ① 设计电气总布置图、总安装图与总接线图。
- ② 设计组件布置图、安装图和接线图。
- ③ 设计电气箱、操作台及非标准元件。
- ④ 列出元件清单。
- ⑤ 编写使用维护说明书。

2. 电气控制电路设计的方法与步骤

电气控制电路设计是原理设计的核心内容,各项设计指标都是根据它来实现的,此外,它还是工艺设计和各种技术资料依据。

1) 电气控制电路设计的基本方法

电气控制电路设计的基本方法主要分为分析设计法和逻辑设计法两种。

(1) 分析设计法。分析设计法是根据生产工艺的要求选择适当的基本控制环节(单元电路)或将比较成熟的电路按其联锁条件组合起来,经补充和修改,将其综合成满足控制要求的完整电路。当没有现成的典型环节时,可根据控制要求边分析边设计。

分析设计法的优点是设计方法简单,无固定的设计程序,它是在熟练掌握各种电气控制电路的基本环节和具备一定的阅读分析电气控制电路能力的基础上进行的,容易被初学者所掌握,对于具备一定工作经验的电气技术人员来说,能较快地完成设计任务,因此,在电气控制电路设计中被普遍采用。其缺点是设计出的方案不一定是最佳方案,当经验不足或考虑不周全时会影响电路工作的可靠性,为此,应反复审核电路的工作情况,有条件时还应进行模拟试验,发现问题及时修改,直到电路动作准确无误并满足生产工艺要求为止。

(2) 逻辑设计法。逻辑设计法是利用逻辑代数来进行电路设计,从生产机械的拖动要求和工艺要求出发,将控制电路中的接触器、继电器线圈的通电与断电、触头的闭合与断开、主令电器的接通与断开看成逻辑变量,根据控制要求将它们之间的关系用逻辑关系式来表达,然后再化简做出相应的电路图。

逻辑设计法的优点是能获得理想、经济的方案,但这种方法设计难度较大,整个设计过程较复杂,还要涉及一些新概念,因此,在一般常规设计中很少单独采用。其具体设计过程可参阅专门资料,这里不再作进一步介绍。

2) 电气控制电路设计的基本步骤

电气控制电路设计的基本步骤包括以下几点:

(1) 根据确定的拖动方案和控制方式设计系统的原理框图。

(2) 设计出系统原理框图中各个部分的具体电路。设计时按主电路、控制电路、辅助电路等的先后顺序进行。

(3) 绘制总的电气控制原理图。

(4) 恰当选择电器元件,并制订电器元件明细表。

设计过程中可根据电气控制电路的简易程度适当地选用上述步骤。

5.1.4 电气控制电路的基本保护方法

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。常用的保护措施有短路保护、过载保护、零压保护和欠压保护以及过电流保护等。

1. 短路保护

由于电动机短路会损坏电器设备,因此,在产生短路时,必须迅速地切断电源。常用的短路保护电器有熔断器和自动开关。

(1) 熔断器保护。熔断器比较适合用于对动作准确度和自动化程度要求较低的系统。在发生短路时,很可能发生一相熔断器熔断,造成电动机单相运行,最终导致电动机损毁。

(2) 自动开关保护。自动开关在发生短路时可将三相电路同时切断。由于自动开关结构复杂,操作频率低,因而可广泛用于控制要求较高的场合。

2. 过载保护

电动机长期过载运行时,绕组温升将超过其允许值,电动机的绝缘材料会变脆,寿命降低,严重时将使电动机损坏。过载电流越大,达到允许温升的时间就越短。常用的过载保护电器为热继电器。当电动机为额定电流时,电动机额定温升,热继电器不动作;而在过载电流较大时,经过较短时间热继电器就会动作。由于热惯性的原因,热继电器不会受电动机短时过载冲击电流或短路电流的影响而瞬时动作,因而在用热继电器作过载保护的同时,还必须设有短路保护,并且选作短路保护的熔断器的额定电流不应超过热继电器发热元件额定电流的4倍。

3. 零压保护和欠压保护

当电动机正常运行时,如果电源电压因某种原因消失,那么在电源电压恢复时,电动机就自行启动,这就可能造成生产设备的损坏,甚至造成人身事故。对电网来说,同时有许多电动机及其他用电设备自行启动也会引起不允许的过电流,造成网络电压的瞬时下降。为防止电压恢复时电动机自动启动的保护称为零压保护。当电动机正常运行时,电源电压降低过多将会引起一些电器释放,造成控制电路不能正常工作,严重时可能发生事故。此外,电源电压降低过多也会引起电动机转速下降甚至停转。因此,在电源电压下降到一定值以下时,必须将电源切断,这种保护称为欠压保护。一般常用电磁式电压继电器来实现欠压保护,而如果采用控制按钮的自动恢复功能和接触器的自锁功能,则可不必要另加设零压保护继电器。

4. 过电流保护

过电流保护可广泛应用于直流电动机或绕组型交流异步电动机,对于三相笼型交流异步电动机,一般不采用过电流保护,而采用短路保护。

5.2 三相交流异步电动机的基本控制电路

三相交流异步电动机具有结构简单、可靠性强、维修方便和价格便宜等优点,所以在工矿企业得到了广泛应用,其中三相笼型交流异步电动机就有超过80%的市场占有率。本节以三相笼型交流异步电动机为例介绍基本控制电路。

5.2.1 启动控制电路

三相笼型交流异步电动机从静止状态一直加速到具有稳定转速的过程称为启动。最简单的启动方法是三相笼型交流异步电动机接到有额定电压的电网上使它转动起来,这种方法称为直接启动,如图5-16所示。首先合上刀开关QS,按下启动按钮SB2,接触器KM的线圈通电,接触器KM的辅助触头动作(常开闭合),接触器KM的主触头闭合,三相笼型交流异步电动机启动工作。这是一种简便的启动方法,不需要复杂的启动设备,但启动电流大,一般可达额定电流的4~7倍,所以只适用于小容量电动机的启动。

5.2.2 正反转控制电路

在生产实践中往往要求运动部件可以向正反两个方向运

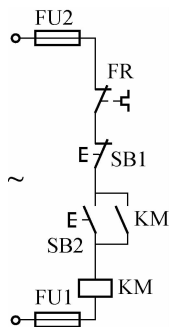


图 5-16 直接启动的控制电路

行,即要求三相笼型交流异步电动机实现正反转运动。正反转控制电路如图 5-17 所示。图中采用两个接触器,即正转用的接触器 KM1 和反转用的接触器 KM2。当接触器 KM1 的主触头接通时,三相电源的相序按 L1、L2、L3 接入三相笼型交流异步电动机,即三相笼型交流异步电动机正转;而当接触器 KM2 的主触头接通时,三相电源的相序按 L3、L2、L1 接入三相笼型交流异步电动机,即三相笼型交流异步电动机反转。由此可知,实现三相笼型交流异步电动机正反转的方法就是将接至三相笼型交流异步电动机三相电源进线中任意两相对调接线。

此外,实现正反转控制时,不能同时接通接触器 KM1 和接触器 KM2 的触头,否则会发生短路现象。一般采取将正转接触器和反转接触器的常闭触头串入对方电路的方法来避免短路现象,这种控制方法称为互锁。

对三相笼型交流异步电动机正反转工作过程的分析如下:

(1)正转过程。按下启动按钮 SB2,接触器 KM1 的线圈通电,接触器 KM1 的辅助触头动作(常开闭合、常闭断开),接触器 KM1 的主触头闭合,三相笼型交流异步电动机正转。

(2)停止过程。按下停止按钮 SB1,接触器 KM1 的线圈断电,接触器 KM1 的辅助触头复位,接触器 KM1 的主触头断开,三相笼型交流异步电动机停止运转。

(3)反转过程。按下启动按钮 SB3,接触器 KM2 的线圈通电,接触器 KM2 的辅助触头动作(常开闭合、常闭断开),接触器 KM2 的主触头闭合,三相笼型交流异步电动机反转。

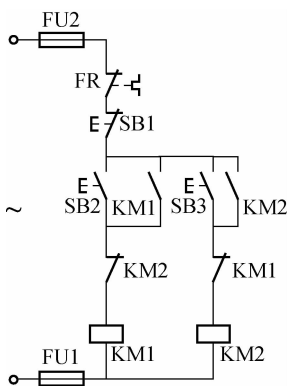
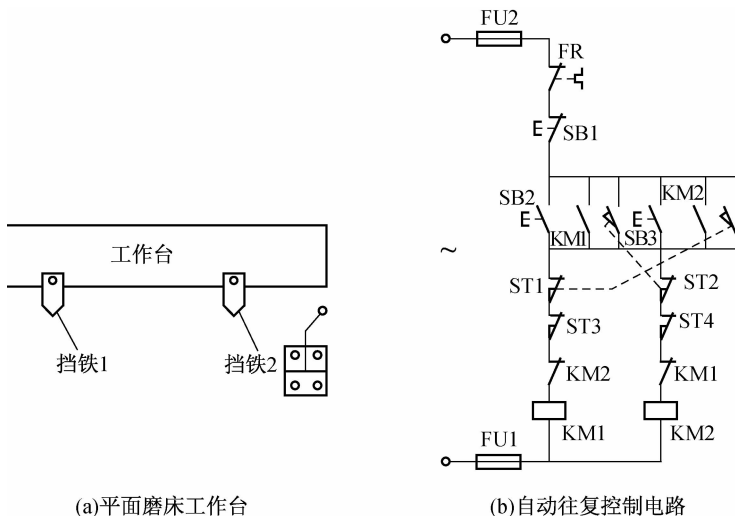


图 5-17 正反转控制电路

5.2.3 自动往复控制电路

自动往复控制就是对机械运动部件的位置或行程距离进行控制。生产中有很多的机械设备都是需要往复运动的。如图 5-18 所示为对平面磨床工作台往复运动的控制。



(a)平面磨床工作台

(b)自动往复控制电路

图 5-18 对平面磨床工作台往复运动的控制

对三相笼型交流异步电动机自动往复的工作过程的分析如下：

(1)合上开关 QS,按下启动按钮 SB2,接触器 KM1 的线圈通电,接触器 KM1 的自锁触头闭合自锁,接触器 KM1 的主触头闭合,同时接触器 KM1 的联锁触头断开对接触器 KM2 的联锁,三相笼型交流异步电动机启动连续正转,工作台向左移动,移至左侧限定位置时,挡铁 1 碰撞位置开关 ST1,位置开关 ST1 的常闭触头断开,接触器 KM1 的线圈断电,接触器 KM1 的自锁触头断开解除自锁,接触器 KM1 的主触头断开,接触器 KM1 的联锁触头恢复闭合,解除对接触器 KM2 的联锁,三相笼型交流异步电动机断电停转,工作台停止左移。

(2)此时,接触器 KM2 的线圈通电,使接触器 KM2 的自锁触头闭合自锁,接触器 KM2 的主触头闭合,同时接触器 KM2 的联锁触头断开对接触器 KM1 的联锁,三相笼型交流异步电动机启动连续反转,工作台向右移动(位置开关 ST1 的常闭触头复位),移至右侧限定位置时,挡铁 2 碰撞位置开关 ST2,位置开关 ST2 的常闭触头断开,接触器 KM2 的线圈断电,接触器 KM2 的自锁触头断开,解除自锁,接触器 KM2 的主触头断开,接触器 KM2 的联锁触头恢复闭合,解除对接触器 KM1 的联锁,三相笼型交流异步电动机断电停转,工作台停止右移。

(3)此时,接触器 KM1 的线圈通电,使接触器 KM1 的自锁触头闭合自锁,接触器 KM1 的主触头闭合,同时接触器 KM1 的联锁触头断开对接触器 KM2 的联锁,三相笼型交流异步电动机启动连续正转,工作台向左运动,如此循环动作使机床工作台实现自动往复运动。

5.2.4 顺序控制电路

在设备控制电路中,经常要求几个三相笼型交流异步电动机顺序启动,如某些机床主轴必须在油泵工作后才能工作;龙门刨床工作台移动时,导轨内必须有足够的润滑油;在铣床的主轴旋转后,工作台方可移动,这些控制电路都要求有联锁关系。如图 5-19 所示为顺序启动控制电路。

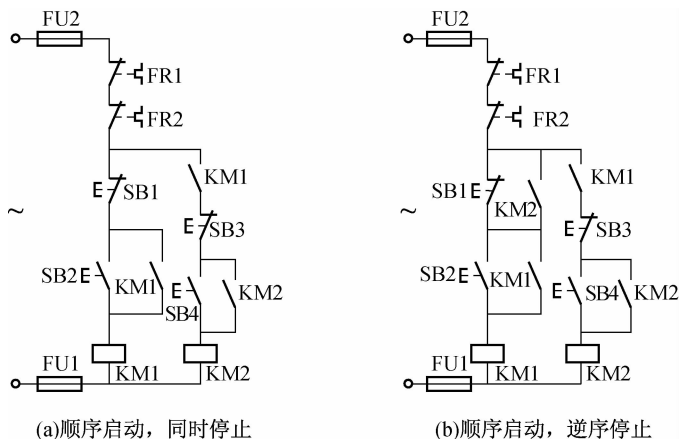


图 5-19 顺序启动控制电路

假设在图 5-19 中接触器 KM1、KM2 分别控制三相笼型交流异步电动机 M1 和 M2。对三相笼型交流异步电动机顺序启动控制电路工作过程的分析如下：

(1)顺序启动,同时停止。图 5-19(a)中,当先按下启动按钮 SB2 时,接触器 KM1 的线圈通电,接触器 KM1 的辅助常开触头闭合,接触器 KM1 的主触头闭合,三相笼型交流异步

电动机 M1 工作;再按下启动按钮 SB4,接触器 KM2 的线圈通电,接触器 KM2 的辅助常开触头闭合,接触器 KM2 的主触头闭合,三相笼型交流异步电动机 M2 工作。此时两台三相笼型交流异步电动机 M1、M2 已按顺序启动。当按下停止按钮 SB1 时,两台三相笼型交流异步电动机 M1、M2 同时停止。

(2)顺序启动,逆序停止。图 5-19(b)的顺序启动过程与图 5-19(a)的分析过程一样。所不同的是当逆序停止时,应先按下停止按钮 SB3,使接触器 KM2 的线圈断电,接触器 KM2 的辅助常开触头复位,接触器 KM2 的主触头断开,三相笼型交流异步电动机 M2 停止后,再按下停止按钮 SB1,使三相笼型交流异步电动机 M1 停止。

顺序动作的实质是前一台设备的启停状态是后一台设备启停状态的约束条件。在顺序控制时,则应将先通电电器的常开触头串接在后通电电器的线圈电路中,将先断电电器的常开触头并接到后断电电器的线圈电路中的停止按钮(或其他断电触头)上。

5.2.5 多地点控制电路

较大型的设备,为了操作方便,常要求能在多个地点进行启停控制。其方法是分散在设备周围的启动按钮引线并联,并将停止按钮引线串联即可。对于大型设备,为了保证操作安全,要求几个操作者同时按下启动按钮后才能启动。多地点控制电路如图 5-20 所示。该多地点控制电路工作时,按下 SB2、SB4、SB6 任意一个按钮即可启动,按下 SB1、SB3、SB5 任意一个按钮即可停止。

5.2.6 制动控制电路

三相笼型交流异步电动机停车时,采用切断接触器线圈供电的方法,三相笼型交流异步电动机不会立即停止,而是凭惯性继续转动直至停止,如小型砂轮机就是采用这种停止方式。由日常经验可知,砂轮机需要较长时间才能停止,如果需要提高生产效率,或者遇到紧急情况时需要在最短的时间内使三相笼型交流异步电动机停止转动,就不能再采用这种控制方式,而应采用制动装置使电动机制动,常见的有电磁抱闸制动和电磁离合器制动。由于这两种制动方式结构简单,因而不讲解它们的电路。下面介绍几种常见的电气制动方法。

1. 能耗制动控制电路

凭惯性转动的三相笼型交流异步电动机最终会停止是因为转动过程中的摩擦消耗了能量,如果人为地在制动过程中加大三相笼型交流异步电动机的能耗,就能实现快速制动,这种方式称为能耗制动。如图 5-21 所示为能耗制动控制电路。控制三相笼型交流异步电动机转动的接触器断开后,转动转矩消失,三相笼型交流异步电动机凭惯性转动,利用转子惯性给定子绕组施加一个直流电源,定子绕组会产生静止磁场,转子旋转切割磁场产生感应电流,在磁场和感应电流的作用下产生反转力矩,使三相笼型交流异步电动机迅速制动。

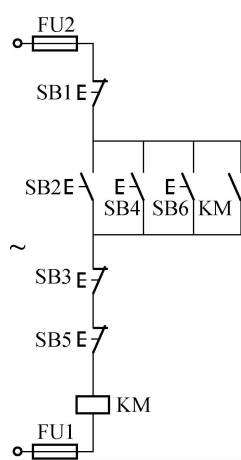


图 5-20 多地点控制电路

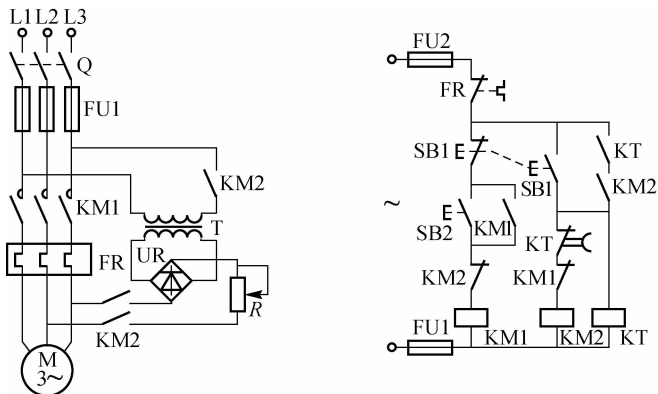


图 5-21 能耗制动控制电路

对三相笼型交流异步电动机能耗制动工作过程的分析如下：

当按下停止按钮 SB1 时，正转接触器 KM1 的线圈供电被切断，时间继电器 KT 的常开触头闭合，同时引入控制制动电源（直流）的接触器 KM2 的主触头通电产生恒定磁场，使得三相笼型交流异步电动机迅速减速，减速到一定数值时，时间继电器 KT 的常闭触头自动断开，切断引入直流的能流通路。这样三相笼型交流异步电动机可以很快停止。

2. 反接制动控制电路

在三相笼型交流异步电动机正反转控制电路中，由正转运行状态切换到反转运行状态时，凭惯性仍然正转的三相笼型交流异步电动机被施加反转力矩，因此，它会很快地减速。这种制动方式称为反接制动。如图 5-22 所示为反接制动控制电路。

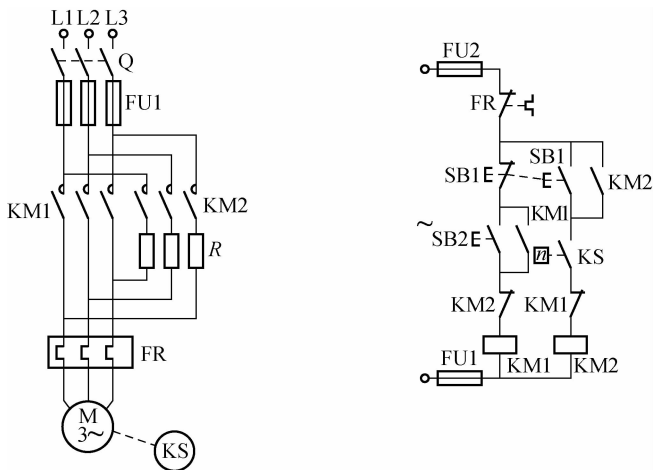


图 5-22 反接制动控制电路

对三相笼型交流异步电动机反接制动工作过程的分析如下：

(1) 按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 的线圈通电，接触器 KM1 的主触头吸合，三相笼型交流异步电动机正转，当三相笼型交流异步电动机转速升高到一定数值时，速度继电器 KS 的常开触头闭合，为反接制动作准备。

(2) 当按下停止按钮 SB1 时，使给正转接触器 KM1 的线圈供电的能流被切断，给反转接触器 KM2 的线圈供电的能流被接通，接触器 KM2 的主触头闭合，串入电阻 R 进行反接

制动,三相笼型交流异步电动机产生一个反向电磁转矩(即制动转矩),迫使其转速迅速下降,当转速降至 100 r/min 以下时,速度继电器 KS 的常开触头断开,接触器 KM2 的线圈断电释放,三相笼型交流异步电动机断电,从而防止了反向启动。

5.3 三相交流异步电动机降压启动

三相交流异步电动机直接启动瞬间,由于启动电流很大,不但对电网造成冲击,而且会使保护元件发生误动作,因此,在电动机开始启动时多采用降压启动。

降压启动的实质是分两次启动,所以需要两个接触器顺序动作,首先是低启动电压的接触器接通,避开启动电流的尖峰时刻以后切断接触器,然后接通额定电压接触器,即可完成三相交流异步电动机的降压启动。

常用的降压启动控制电路包括定子串入电阻降压启动控制电路、自耦变压器降压启动控制电路和 Y- Δ 降压启动控制电路。

5.3.1 定子串入电阻降压启动控制电路

通过电阻分压电路来降低三相交流异步电动机绕组上的压降的启动过程称为定子串入电阻降压启动控制。如图 5-23 所示为定子串入电阻降压启动控制电路。

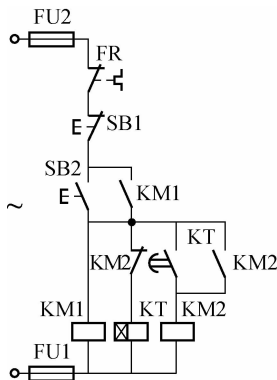


图 5-23 定子串入电阻降压启动控制电路

对三相交流异步电动机定子串入电阻降压启动的工作过程的分析如下:

(1) 降压运行阶段。工作时按下启动按钮 SB2,接触器 KM1 和时间继电器 KT 的线圈同时通电,接触器 KM1 的主触头闭合,三相交流异步电动机定子串入电阻降压启动。

(2) 额定运行阶段。当三相交流异步电动机运行一定时间后,时间继电器常开触头 KT 闭合,接触器 KM2 的线圈通电,接触器 KM2 的主触头闭合,三相交流异步电动机以额定电压运行。

定子串入电阻降压启动控制电路的优点是结构简单、性能可靠,缺点是启动时转矩下降太多,耗能太大。这种方法适用于对启动的平稳性要求较高的场合,不适合频繁启动的场合。

5.3.2 自耦变压器降压启动控制电路

自耦变压器降压启动控制电路常用于大容量三相笼型交流异步电动机的启动控制。三相笼型交流异步电动机启动时定子绕组得到的电压是自耦变压器的副边电压,一旦启动完

毕,切断自耦变压器电路,同时把额定电压直接加在三相笼型交流异步电动机的定子绕组上,使其进入全压正常运行。如图 5-24 所示为自耦变压器降压启动控制电路,是根据启动过程中的时间变化,利用时间继电器来控制自耦变压器的切除。

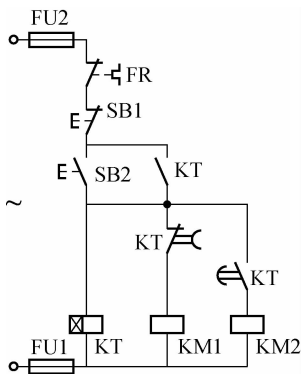


图 5-24 自耦变压器降压启动控制电路

三相笼型交流异步电动机自耦变压器降压启动的工作过程与定子串入电阻降压启动的工作过程相似,这里不再叙述。

5.3.3 Y-Δ降压启动控制电路

在利用三相笼型交流异步电动机进行全压启动时,其绕组间采用三角形联结,每相绕组上的线电压为 380 V。由于星形联结中相电压为 220 V,因而可以采用 Y-Δ互相转换实现降压启动。如图 5-25 所示为 Y-Δ降压启动控制电路。

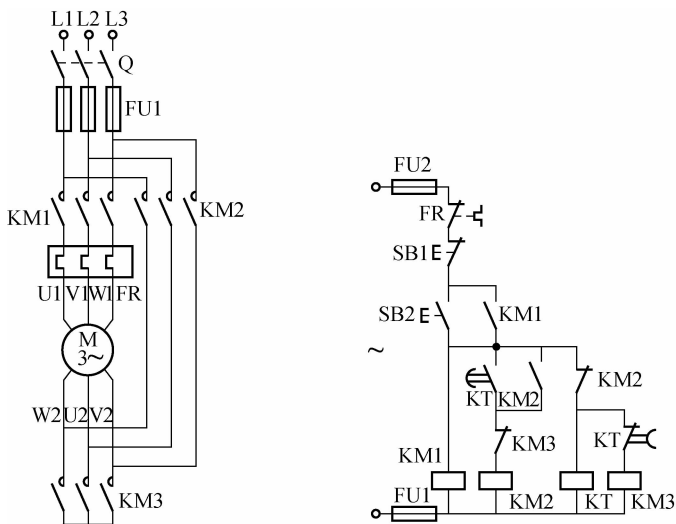


图 5-25 Y-Δ降压启动控制电路

对三相笼型交流异步电动机 Y-Δ降压启动工作过程的分析如下:

(1) 降压运行阶段。按下启动按钮 SB2,接触器 KM1、接触器 KM3、时间继电器 KT 的线圈同时通电。接触器 KM1、接触器 KM3 的主触头同时闭合,三相笼型交流异步电动机的定子绕组采用星形联结启动。

(2)额定运行阶段。当到达时间继电器 KT 的定时时间时,其常开触头闭合,常闭触头断开,导致接触器 KM3 的线圈断电、接触器 KM2 的线圈通电,接触器 KM3 的主触头断开,接触器 KM2 的主触头闭合。接触器 KM1、接触器 KM2 的主触头同时闭合,三相笼型交流异步电动机的定子绕组采用三角形联结,三相笼型交流异步电动机以额定电压运行。

5.4 继电器—接触器典型控制电路分析

分析设备电气控制的依据是设备本身的基本结构、运行情况、加工工艺要求和对电力拖动自动控制的要求,也就是首先要熟悉控制对象,掌握其控制要求,这样分析才有针对性。下面以 CA6140 普通车床典型控制电路为例加以说明。

普通车床是一种应用极为广泛的金属切削机床。它主要用来车削外圆、内圆、端面、螺纹和定型表面,并可以通过尾架进行钻孔、铰孔、攻螺纹等加工。CA6140 普通车床属于中型车床,其加工工件的最大回转半径可达 400 mm,最大长度可达 1 000 mm。其结构主要包括床身、主轴变速箱、进给箱、溜板箱、刀架、尾座、丝杠和光杠等部分,如图 5-26 所示。

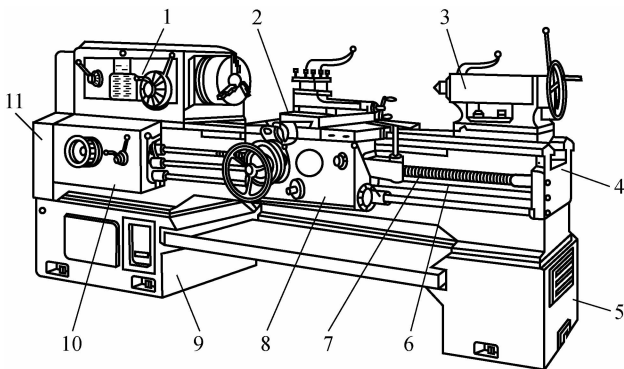


图 5-26 CA6140 普通车床的结构示意图

1—主轴变速箱；2—刀架；3—尾座；4—床身；5、9—床腿；6—光杠
7—丝杠；8—溜板箱；10—进给箱；11—挂轮变速机构

1. CA6140 普通车床的主要结构和运动情况

CA6140 普通车床的主运动为工件的旋转运动,它是由主轴通过卡盘带动工件旋转,根据切削加工性质,普通车床一般采用机械变速,车削加工时,一般不要求反转。

此外,为提高效率、减轻劳动强度,CA6140 普通车床的溜板箱还能实现快速移动。溜板箱的快速移动称为辅助运动。

2. CA6140 普通车床对电气控制的要求

CA6140 普通车床由 3 台三相笼型交流异步电动机拖动,即主轴电动机 M1、冷却泵电动机 M2 和刀架快速移动电动机 M3。

从车削加工工艺要求出发,对各电动机的控制要求是:

(1)主轴电动机。主轴电动机 M1 的功率为 7.5 kW,可采用全压下的空载直接启动。主轴电动机停车时,由于加工工件转动惯量较大,须采用反接制动。

(2)冷却泵电动机。车削加工时,冷却泵电动机 M2 可提供冷却液,其控制方式采用直

接启动、单向旋转、连续工作。

(3)刀架快速移动电动机。刀架快速移动电动机 M3 可实现单向点动、短时运转。

(4)电路应有必要的保护和联锁,有安全可靠的照明电路。

3. CA6140 普通车床的电气控制电路分析

1)主电路分析

如图 5-27 所示,带脱扣器的低压断路器 QS 将三相电源引入,FU1 为主轴电动机 M1 的短路保护熔断器,FR1 为主轴电动机 M1 的过载保护热继电器,R 为限流电阻,限制反接制动时的电流冲击,以防止在点动时由于连续启动电流而造成电动机的过载,通过电流互感器 TA 监视主轴电动机 M1 的线电流。接触器 KM1 和 KM2 为主轴电动机 M1 的正反转接触器,接触器 KM3 为制动限流接触器。

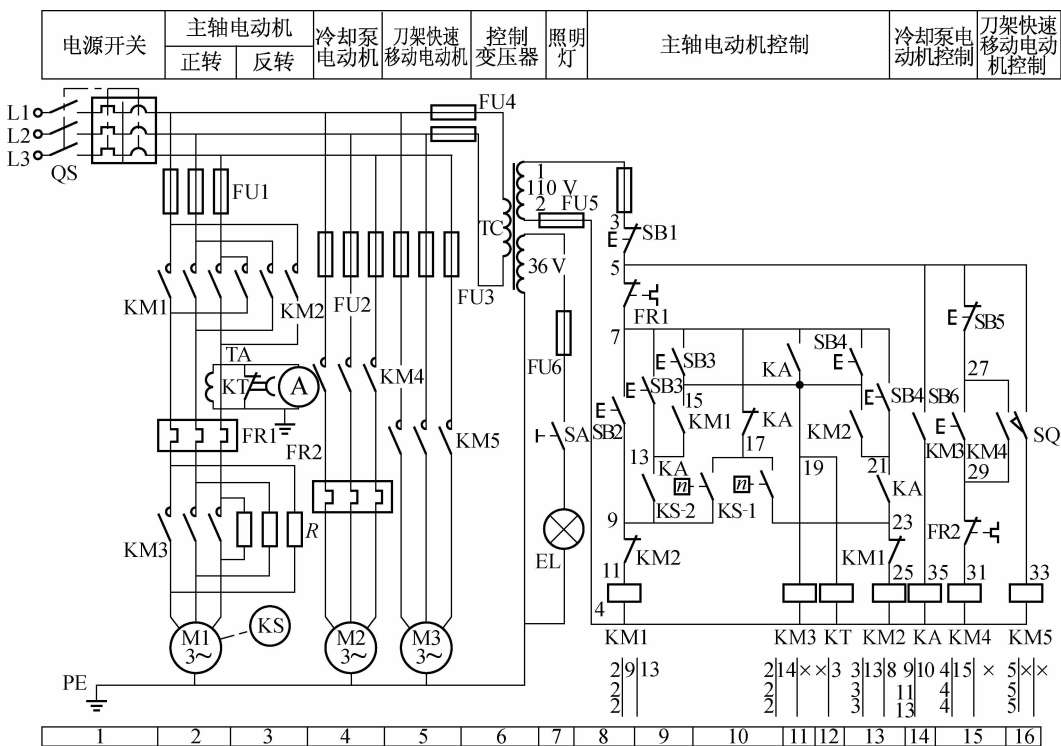


图 5-27 CA6140 普通车床的电气控制原理图

冷却泵电动机 M2 由接触器 KM4 控制单向连续运转,FU2 为冷却泵电动机 M2 的短路保护熔断器,FR2 为冷却泵电动机 M2 的过载保护热继电器。

刀架快速移动电动机 M3 由接触器 KM5 控制单向旋转点动控制,以获得短时工作,FU3 为刀架快速移动电动机 M3 的短路保护熔断器。

2)控制电路分析

电源由控制变压器 TC 供给控制电路交流电压 110 V,照明电路电压 36 V。FU5 为控制电路短路保护熔断器,FU6 为照明电路短路保护熔断器,局部照明灯 EL 由主令开关 SA 控制。对该控制电路具体工作过程的分析如下:

(1)主轴电动机的点动调整控制。按下点动按钮 SB2,接触器 KM1 的线圈通电,接触器 KM1 的常开辅助触头闭合,常闭辅助触头(23-25)断开互锁,接触器 KM1 的主触头闭合,主

轴电动机 M1 的定子绕组经限流电阻 R 与电源接通,其在低速下正向启动(定子串入电阻降压启动),当其转速达到速度继电器 KS 的动作值时,速度继电器 KS 的正转触头 KS-1 闭合,为点动停止反接制动作准备。松开点动按钮 SB2,接触器 KM1 的线圈断电,接触器 KM1 的常开辅助触头复位,速度继电器 KS 的正转触头 KS-1 仍闭合,使得接触器 KM2 的线圈通电,主轴电动机 M1 被串入电阻反接制动停车,当转速达到速度继电器 KS 的释放转速时,速度继电器 KS 的正转触头 KS-1 断开,反接制动结束。

(2) 主轴电动机的正反转控制。按下启动按钮 SB3,接触器 KM3 的线圈通电,接触器 KM3 的主触头闭合将限流电阻 R 短接,接触器 KM3 的常开辅助触头闭合,使中间继电器 KA 的线圈通电,其常开辅助触头 KA(9-13)闭合,接触器 KM1 的线圈通电,主轴电动机 M1 在全压下直接启动,由于接触器 KM1 的常开辅助触头 KM1(13-15)闭合,中间继电器 KA 的常开辅助触头 KA(7-15)闭合,将接触器 KM1、KM3 自锁,获得正向连续运转。主轴电动机 M1 的反转由反向启动按钮 SB4 控制,控制过程与正转控制类同。接触器 KM1、KM2 的常闭辅助触头串接在对方线圈电路中起互锁作用。

(3) 刀架的快速移动和冷却泵控制。刀架的快速移动是转动刀架手柄压动行程开关 SQ,使得接触器 KM5 的线圈通电,通过控制刀架快速移动电动机 M3 来实现的。冷却泵电动机 M2 的启动和停止通过按钮 SB6、SB5 控制。

(4) 辅助电路监视主回路负载的电流表是通过电流互感器 TA 接入的。为了防止三相笼型交流异步电动机启动、点动和制动电流对电流表的冲击,线路中接入一个时间继电器 KT,且时间继电器 KT 的线圈与接触器 KM3 的线圈并联。当时间继电器 KT 的线圈通电时,由于时间继电器 KT 延时断开的常闭触头尚未动作,因而将电流表短路。启动后,时间继电器 KT 延时断开的常闭触头才断开,电流表内才有电流流过。

本章小结

本章主要介绍了低压电器的分类、组成和工作原理,三相交流异步电动机的基本控制电路,三相交流异步电动机的降压启动控制,以及继电器—接触器典型控制电路的分析。

通过本章的学习应能根据控制任务完成简单的电气控制原理图的设计和绘制,能根据设计成熟的复杂电气控制原理图判断该控制电路的功能及工作过程。

习 题 5

- 5-1 简述电气控制原理图的绘制原则。
- 5-2 接触器线圈两端是否应加保护电路?为什么?
- 5-3 比较接触器和继电器的异同。
- 5-4 熔断器和热继电器在电动机保护领域起到的作用有何异同?
- 5-5 速度继电器用在何种场合?
- 5-6 以三相笼型交流异步电动机正反转电路为例,阐述互锁的概念。
- 5-7 以三相笼型交流异步电动机顺序控制电路为例,阐述联锁的概念。
- 5-8 简述三相交流异步电动机各种降压启动控制电路的共性。