

模块一

电气控制基本认识

模块导读

电气控制广泛用于工业生产和民用建筑领域中，如机械传动、自动化生产线、风机、水泵控制等。电气控制所涉及的内容主要包括器件和控制电路，本模块主要针对电气控制的基本知识进行入门教学，使学生对电气控制有初步的认识和了解，为后续课程做铺垫。



图文
机械传动



图文
自动化生产线

学习单元一 常用低压电器简介

引言

常用低压电器主要用于电能的产生、输送、分配和控制。在电气控制系统中,低压电器主要包括配电电器、控制电器、保护电器、执行电器、主令电器等。通过学习本学习单元,学生应能掌握相关器件的主要用途和典型应用。



图文
电气设备



图文
刀开关



图文
断路器



图文
漏电保护器



图文
熔断器



图文
转换开关



图文
接触器



图文
继电器



图文
起动器



图文
主令电器

一、低压电器的概念、用途、组成和分类简介

低压电器是指额定电压交流不高于 1 200 V、直流不高于 1 500 V 的在电路中起通断、控制、保护、检测和调节作用的电气设备。低压电器主要是用于电能的产生、输送、分配和控制,它被广泛地应用于工业电气控制和建筑电气控制系统中,是实现继电逻辑控制的主要核心元件。

低压电器主要由刀开关、断路器、漏电保护器、熔断器、转换开关、接触器、继电器、起动器、控制器、主令电器、电阻器、变阻器、电磁铁等组成。

低压电器可分为手动低压电器和自动低压电器。随着电子技术、计算机技术、电气控制技术的快速发展,低压电器产品也在传统结构模式下有所突破,电子化和智能化的低压电器产品逐步走向了前台。低压电器产品已成为控制系统中不可缺少的元素之一,即使在当今以计算机控制为核心主流的高级自动化控制系统中,传统的继电-接触器控制技术仍占有一席之地。

在我国,低压电器目前有国产产品、合资产品、进口产品。相比之下进口和合资的产品价格偏高,在设计和使用过程中,不一定非要追求品牌,现在国产品牌大多都经过了 ISO9002 的质量认证,质量过关,具有很高的性能价格比。

二、低压电器主要分类

低压电器品种繁多,其规格和工作原理也各不相同。目前分类主要是以电压类型(交流、直流)、电压控制等级(12 V、24 V、36 V、48 V、110 V、220 V、380 V)、用途(配电、控制)、动作性质(自动切换、手动切换)等划分。低压电器按用途可分为以下几类。

(1) 配电电器。配电电器是在低压供配电系统中使用,主要用来实现电能的分配和传输。对这类产品要求其分断能力强、动稳定性和热稳定性明显、限流效果好。配电电器主要包括隔离开关、低压断路器、负荷转换开关等。

(2) 控制电器。控制电器是用于各种电气控制电路和电气控制系统的电器。对这类产品要求其分断能力强、操作频率高、触头机械寿命长、触头灭弧效果好。控制电器主要包括接触器、中间继电器、时间继电器、起动器、控制器、电阻器、变阻器

等,用来实现电路的接通和断开(实现被控对象的运行和停止)。

(3)保护电器。保护电器是对线路或用电设备实施保护的电器。对这类产品要求其动作可靠、反应速度快。保护电器主要包括低压断路器、熔断器、过载保护继电器、漏电保护器、电流继电器、电压继电器等,用来实现对电气系统的短路、过载、欠压、漏电等保护。

(4)执行电器。执行电器是用于完成某种动作和传动功能的电器。对这类产品要求其有一定的机械驱动能力。执行电器主要包括电磁铁、电磁离合器等,用来实现位置及开度的控制(如阀门、风门)。

(5)主令电器。主令电器是用于发送控制信号的电器。对这类产品要求其操作频率高、抗冲击性强、电器的机械寿命长。主令电器主要包括按钮、主令开关、行程开关、万能转换开关、凸轮控制器等,用来实现对电气系统的控制和联锁操作。

电气控制系统中常用的低压电器分类如图 1-1 所示。

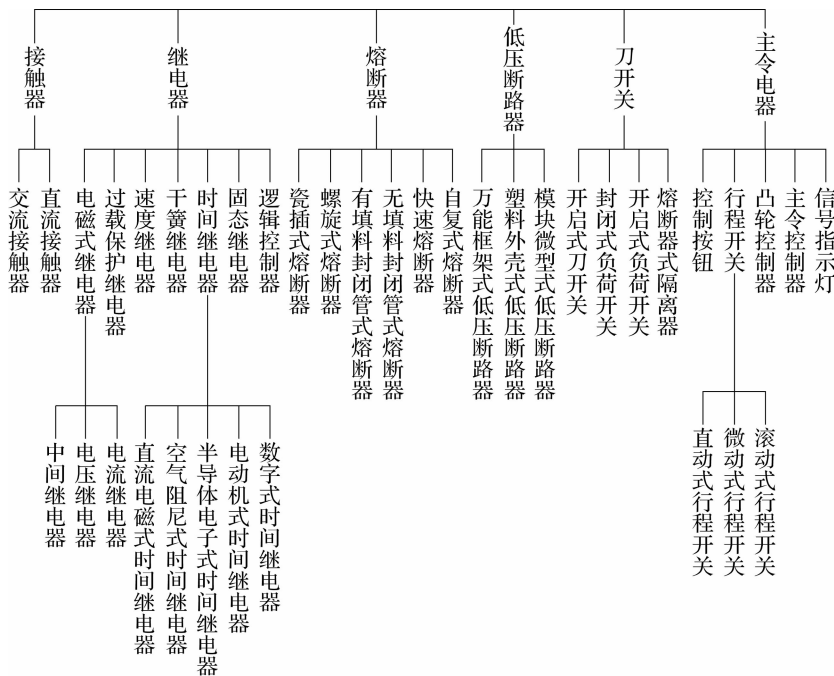


图 1-1 常用的低压电器分类

三、常用低压电器产品

常用低压电器产品的外形如图 1-2 所示。



图文
电阻器



图文
变阻器



图文
电磁铁



图文
控制器



图文
电子技术



图文
计算机技术



图 1-2 常用低压电器产品的外形

四、低压电器典型应用

低压电器被广泛地用于工业电气控制和建筑电气控制系统中,如低压电气配电柜、低压电气控制柜、自动生产线的电气控制等,分别如图 1-3、图 1-4 和图 1-5 所示。



图 1-3 低压电气配电柜



图 1-4 低压电气控制柜



图文
可编程控制器



图文
变频器

(1)图 1-3 为某企业的低压电气配电柜,用来给大型电气控制设备供电,包含配电柜、框架式低压断路器、塑壳式自动空气开关、测量仪表、启动按钮等。

(2)图 1-4 为用来控制高层恒压供水的电气控制柜。它包含电气控制柜、微型断路器、接触器、电动机软起动器、变频调速器、控制按钮、信号指示灯、接线端子等。



(3)图 1-5 为自动生产线,用来加工和传送工件产品。在电气控制系统中,它包含了低压控制电器、执行电器、保护电器、主令电器以及可编程序控制器、变频器、电动执行器等产品。自动生产线在工业企业中有着广泛的应用。



图 1-5 自动生产线设备

总之,低压电器产品在各个领域中应用都很广泛,在电气控制系统中,主要用来对自动化生产线、机床加工设备、电气控制系统、机电控制系统、运动控制系统等进行电气控制。同时,在建筑电气控制系统中,也用来实现消防联动设备、大楼公共区域照明、大楼内电梯设备、给排水系统的电气控制。相关内容将在后续课程中陆续学习。

问题与思考

问题 1 低压电器的主要分类有哪些? 它的主要用途是什么?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

问题 2 在电气控制系统中,为什么要实施电气保护?

思考并回答:

.....

.....

.....

学习单元二 低压电器电磁控制原理

引言

低压电器的核心部件是触头、线圈和执行机构,其控制结构绝大部分采用电磁控制。所谓电磁控制就是通过对线圈供电使其产生磁力,控制相关器件产生机械位移或旋转,从而驱动负载完成工艺动作。本学习单元主要是让学生掌握低压电器的基本控制结构和原理。

一、电磁机构的结构和工作原理

1. 电磁机构的结构

低压电器的电磁机构是电磁能向机械能转换的核心部件。电磁的作用就是驱动电器部件(触头、衔铁、铁心、线圈)产生动作,完成对电气电路的通断处理。电磁机构按铁心的结构形式可分为 U 形和 E 形,动作形式一般有直动式和拍合式,其结构分别如图 1-6 和图 1-7 所示。

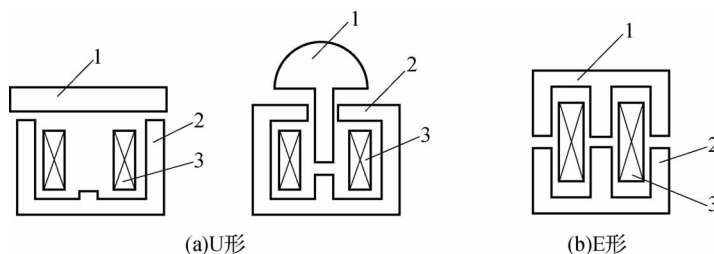


图 1-6 直动式电磁机构

1—衔铁; 2—铁心; 3—吸引线圈

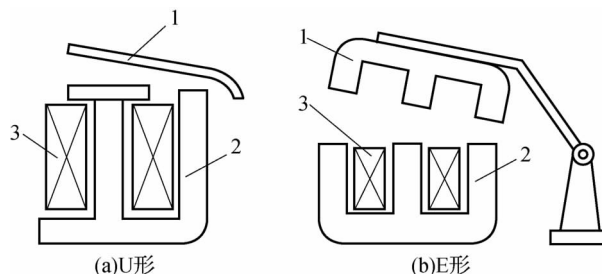


图 1-7 拍合式电磁机构

1—衔铁; 2—铁心; 3—吸引线圈

2. 电磁机构的工作原理

当电磁机构中的线圈两端接通电源(交流或直流)后产生磁通 Φ , 磁通经过铁心、气隙和

衔铁产生电磁吸力并完成衔铁吸合(直动或转动),带动触头系统动作。

3. 电磁机构的工作特性

电磁机构的工作特性包含吸力特性和反力特性两种,它们决定着电磁机构能否正常工作。

(1)吸力特性。吸力特性主要是指磁力 F 与气隙 δ (铁心和衔铁间)的关系。在电磁机构物理结构参数相对固定时,磁力 F 与气隙 δ 的平方成反比(气隙 δ 与磁阻 R 成正比),即气隙 δ 的微小变化都会导致磁力 F 发生较大的变化。电磁机构的吸力特性在不同程度上还与线圈通入电流的种类(交流、直流)、线圈连接方式(串联、并联)等因素有关。

(2)反力特性。反力特性是指电磁机构转动部分的反作用力与气隙的关系。反作用力包括触头弹簧所产生的力、运动部分的重力、摩擦力等。

为了保证电磁机构正常工作,衔铁在吸合的过程中,电磁吸力必须始终大于反力,即吸力特性始终要大于反力特性;衔铁释放时,电磁吸力必须始终小于反力,即吸力特性必须始终小于反力特性。

老师

磁通 Φ 的大小直接影响衔铁和铁心的相互吸力,磁通的不足可能会使衔铁和铁心之间产生噪声或振动,磁通不足可能是由衔铁和铁心之间接触面有污物、气隙过大、线圈电压不足、短路环断裂等原因造成的。同样,弹簧力的下降、机械运动部分的阻力也可导致电磁机构在断电复位时动作缓慢或不能复位。

4. 短路环的原理

短路环一般安装在铁心上,它的作用是避免由于磁通交变(过零点)而产生的铁心和衔铁之间的振动。短路环的安装结构如图 1-8 所示。

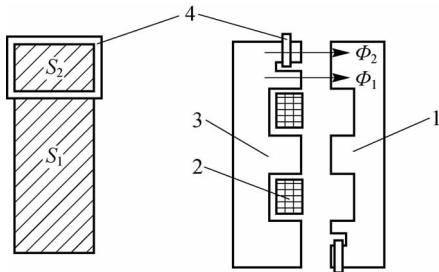


图 1-8 短路环的安装结构

1—衔铁; 2—线圈; 3—铁心; 4—短路环

在没有短路环的情况下,线圈通入单相交流电时,磁通也会相应产生交变过程,致使磁通过零点时吸力为零,衔铁在弹簧反作用力的影响下拉开,但磁通过零点后吸力会继续增加(磁通增加)。当磁力大于反力时,衔铁会再次与铁心吸合。因此,线圈通入单相交流电时,衔铁与铁心之间会产生振动,发出噪声。

当磁通不为零时,短路环上会产生一个二次感应磁通,二次感应磁通在相位上与一次磁通存在一定的滞后现象,在一次磁通过零点时,由于二次磁通的存在而使合成磁通不为零,从而避免了电磁机构的振动和噪声。

二、触头系统

触头也称为触点,是电磁机构产生磁力后拉动的执行机构。触头一般分为主触头和辅助触头,特别是主触头,在闭合和断开操作(控制感性负载)时会有感应高电压产生,这部分能量会以弧光放电的方式进行释放。另外,主触头通过的电流比较大,因而,对触头的接触形式要求很高。触头的接触形式如图 1-9 所示。

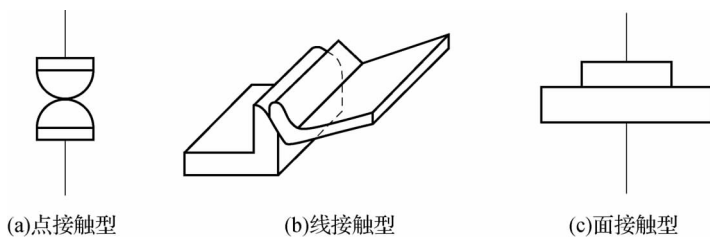


图 1-9 触头的接触形式

(1)图 1-9(a)为点接触型触头,它由两个半球形触头或由一个半球形与一个平面形触头接触而成,相比之下其接触面积小,适合在电流比较小的电器中使用,如继电器的触头或接触器的辅助触头。

(2)图 1-9(b)为线接触型触头,它由两个圆柱面接触而成,在通断过程中通过滚动或滑动实现触头的接触,接触面积比点接触型触头大。同时,在接触过程中还可以自动清除触头表面的氧化膜,保证触头的良好电接触。所以其适合在中等容量的触头系统中使用,如中间继电器的触头或中小型接触器的触头。

(3)图 1-9(c)为面接触型触头,它由两个平面触头接触而成,接触面积较大,触头接触的压力也大。因此,可以通过较大的电流,常用在容量较大的接触器中做主触头使用。

触头都是由合金制作而成,为了避免触头的表面形成氧化膜而影响电流的通过,有些触头表面还会镀一层银,以减小触头之间的接触电阻。触头经过长时间使用或过载运行,表面会变得凹凸不平,造成接触电阻的增加,影响连接负载的运行。因此,要经常对其接触面进行修复处理,特别是大容量的触头系统。

三、电弧的产生与危害

1. 电弧的产生

电弧是电气能量在空气中释放的一种形式,在触头系统中,当连接的负载具有电感特性时,就会在触头通断的瞬间(触头两个点之间)产生电弧。这是由于动、静触头之间距离较小时(闭合时或断开时),剩余电源(电压为 $10 \sim 20$ V, 电流为 $80 \sim 100$ mA)对动、静触头之间的气体实现了击穿放电,从而形成了弧光。所谓气体放电现象,就是气体中大量的带电粒子做定向运动。

2. 电弧的危害

电弧的释放会产生大量的热能,会在触头之间形成高温,致使触头烧灼,严重时还会形成触头的熔焊,降低电器的寿命和工作的可靠性。因此,为了避免触头受电



弧的损害,一般在容量相对较大的触头上会加装灭弧装置。

四、常用的灭弧方法

灭弧装置的作用就是在电弧产生的瞬间将电弧熄灭,保证触头系统不受电弧的伤害和影响。

1. 磁吹灭弧

磁吹灭弧的工作原理是利用磁吹线圈、铁心、导磁夹板在触头周围形成磁场,使动、静触头之间的电弧拉长变形后沿着引弧角(引弧角与静触头相连)向上移动进入灭弧罩中。其作用是瞬间减弱电弧的能量,加快温度下降,促使电弧迅速熄灭。磁吹灭弧原理如图 1-10 所示。

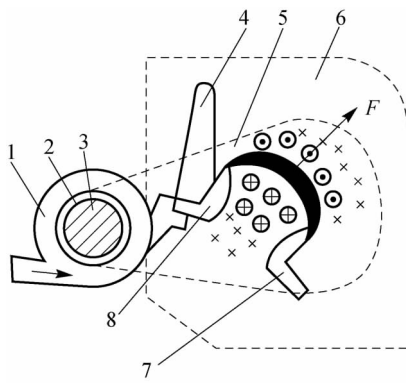


图 1-10 磁吹灭弧原理

1—磁吹线圈；2—绝缘套；3—铁心；4—引弧角；5—导磁夹板；
6—灭弧罩；7—动触头；8—静触头

老师

磁吹灭弧装置是利用电弧电流自身来灭弧(电弧电流越大,磁吹线圈产生的磁场越强),所以电弧电流越大,磁吹的能力也就越强。磁吹灭弧通常用在直流接触器中。

2. 电动力灭弧

电动力灭弧常用在交流接触器中,在交流控制回路中,触头系统常用桥式触头系统结构,动、静触头均由两个触头组成,在触头断开的瞬间,动、静触头之间的断口处将产生电弧和磁场。电动力灭弧原理如图 1-11 所示。

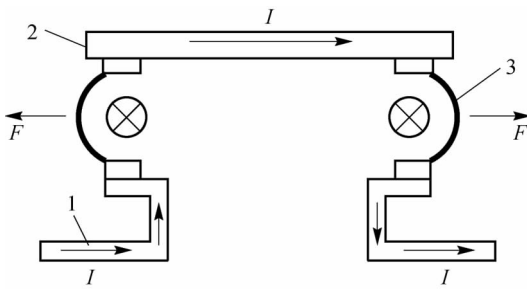


图 1-11 电动力灭弧原理

1—静触头；2—动触头；3—电弧

在图 1-11 中,根据动、静触头上的(断开瞬间)电流方向及左手定则可知,电弧电流受到指向外侧电磁力 F 的作用,其电弧产生拉长变形并使能量减弱,电弧变薄,温度降低,使灭弧更容易实现。

3. 金属栅片灭弧

金属栅片灭弧的原理就是在电弧产生时,利用金属栅片之间小的气隙将电弧切割成若干个短弧,短弧相比大弧更容易熄灭。金属栅片灭弧原理如图 1-12 所示。

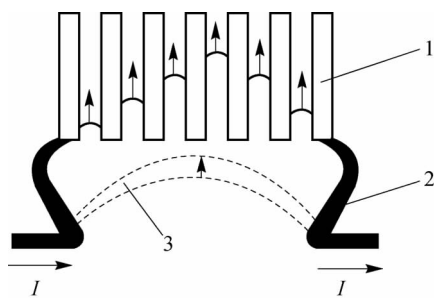


图 1-12 金属栅片灭弧原理

1—灭弧栅片；2—触头；3—电弧

金属栅片灭弧装置由许多镀铜薄钢片组成,栅片之间的距离为 $2\sim 3\text{ mm}$,每片上冲有三角形的缺口,安装在触头上方的灭弧罩内。电弧产生时,电弧电流所产生的磁场受到磁钢片的吸引进入灭弧罩内,电弧上升过程中,被栅片阻挡而被切割成若干短弧,灭弧过程迅速完成。

4. 灭弧罩灭弧

灭弧罩利用耐热材料(陶土、石棉、水泥、塑料)制成,它的形状很像一个罩杯,下面开口很大,上面比较狭窄。将灭弧罩套在触头上,当有电弧产生时,电弧在电动力 F 的作用下进入灭弧罩。由于电弧的直径远大于灭弧罩上端的纵缝直径,使电弧在灭弧室内停留的时间加长,电弧的温度被灭弧罩吸收而使电弧能量下降,从而达到灭弧效果。灭弧罩灭弧原理如图 1-13 所示。

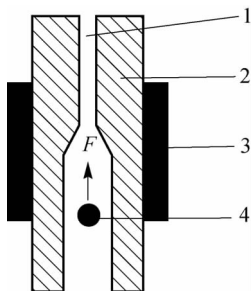


图 1-13 灭弧罩灭弧原理

1—纵缝；2—介质；3—磁性夹板；4—电弧



问题与思考

问题 1 电磁机构的基本组成是什么？它的控制原理是什么？

思考并回答：.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

问题 2 短路环的功能是什么？它主要起什么作用？

思考并回答：.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

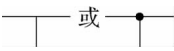
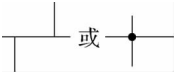
学习单元三 电气图例符号与标识

引言

掌握电气控制技术的关键是能够识读电气控制图纸。电气控制图纸是由电气图例符号和文字标识组成,本学习单元列举了部分常用的电气图例符号和文字标识,目的就是为了让学生掌握电气符号和文字标识的内涵,为后续的电气识图打下良好的基础。

表 1-1 列举了一些常用电气图例符号和文字标识。

表 1-1 常用电气图例符号和文字标识

名 称	图例符号	文字标识	名 称	图例符号	文字标识
导线的连接		—	接地		PE
导线的多线连接		—	插头		XP



视频
快速看懂电
路图



视频
认识电气符号
对应的电器元
件

续表

名 称	图例符号	文字标识	名 称	图例符号	文字标识
导线的不连接		—	插座		XS
鼠笼型三相异步电动机		M 3~	电阻器		R
绕线型三相异步电动机		M 3~	可变电阻器		R _t
单相变压器		T	滑动触头电位器		R _p
三相星型联结变压器		T	动合按钮		SB
三相星型联结自耦变压器		ZOB	动断按钮		SB
单相电流互感器		TA	转换开关		SA
熔断器		FU	行程开关常开触头		SQ
端子排		XT	行程开关常闭触头		SQ
单极刀开关		Q	速度继电器的常开触头		KS
三极刀开关		QS	速度继电器的常闭触头		KS
手动三极刀开关		Q	接近开关的常开触头		KB
三相断路器		QF	接近开关的常闭触头		KB
接触器的常开触头		KM	继电器、接触器电磁线圈		KM 或 KA

续表

名 称	图例符号	文字标识	名 称	图例符号	文字标识
接触器的常闭触头		KM	欠电压继电器线圈		KV
过载保护继电器的热元件		FR	过电流继电器线圈		KA
过载保护继电器的常闭触头		FR	通电延时线圈		KT
中间继电器的常开触头		KA	断电延时线圈		KT
中间继电器的常闭触头		KA	电磁阀		YV
通电延时闭合常开触头		KT	照明灯信号灯		EL HL
通电延时断开常闭触头		KT	电铃		HA
断电延时断开常开触头		KT	蜂鸣器		HA
断电延时闭合常闭触头		KT	电喇叭		HH

学习单元四 电气控制中的基本控制规律

引言

电气控制由多个典型控制单元组合而成,这些控制单元对不同的电气控制电路起着不同的控制作用。本学习单元是以电气控制中的典型控制环节为例进行讲解,学生通过学习可以掌握电气控制的基本控制规律,给电气识图的学习打下良好的基础。

一、点动控制

点动控制通常由操作者直接操作控制信号(启动按钮)实现电动机的运转。当启动按钮被按下时,电动机运行;当启动按钮被释放时,电动机停止运行。点动控制一般不能成为连续运行的控制方式,主要用来实现对生产设备的手动调整、定位、检修处理等。点动控制如图 1-14 所示。



视频
点动控制

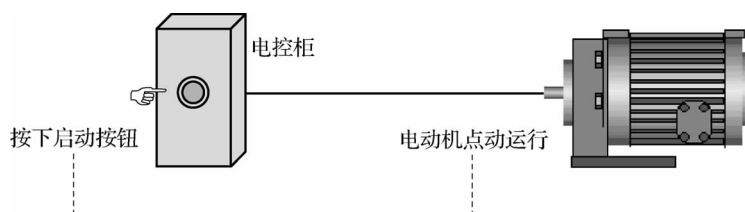


图 1-14 点动控制



视频
长动控制

二、长动控制

长动控制是通过控制启动信号(操作者或其他联锁信号)实现电动机的运转。当启动信号接通时,电动机运行;当启动信号释放时,由于电路存在自锁功能,所以电动机仍继续运行,只有按下停止按钮,电动机才停止运行。长动控制可以实现电动机的连续运行。长动控制如图 1-15 所示。

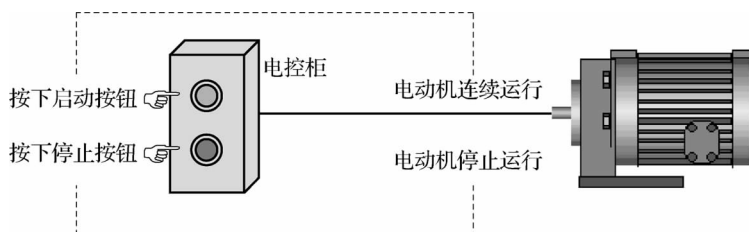


图 1-15 长动控制

老师

启动按钮与接触器的辅助常开触头并联,释放启动按钮后,由接触器的辅助常开触头继续为其线圈供电,此控制方式称为自锁,它是电动机连续运转的基本控制方式。

三、多点控制

多点控制是操作者可以在不同的地点对电动机实施起动、停止操作。如操作者甲在电控柜上通过按下启动、停止按钮实现电动机的运行和停止,操作者乙在生产现场通过按下启动、停止按钮也可以实现电动机的运行和停止。多点控制一般用来控制比较庞大的现场设备或设备工位比较多的生产现场。多点控制如图 1-16 所示。

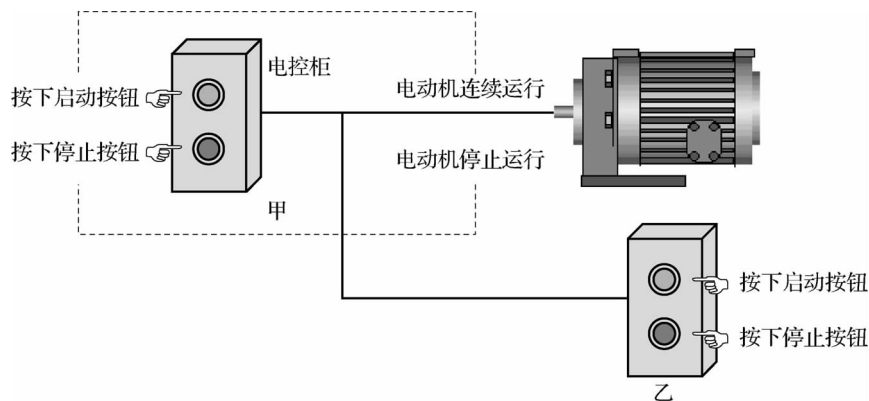


图 1-16 多点控制

四、顺序控制

顺序控制是指多台电动机按照一定的顺序实施起动或停止操作。如图 1-17 所示,第一台电动机可以直接起动,第一台电动机起动后允许第二台电动机起动,第二台电动机起动后允许第三台电动机起动。反过来,第三台电动机可以直接停止,第二台电动机在第三台电动机停止后允许停止,第一台电动机在第二台电动机停止后允许停止。

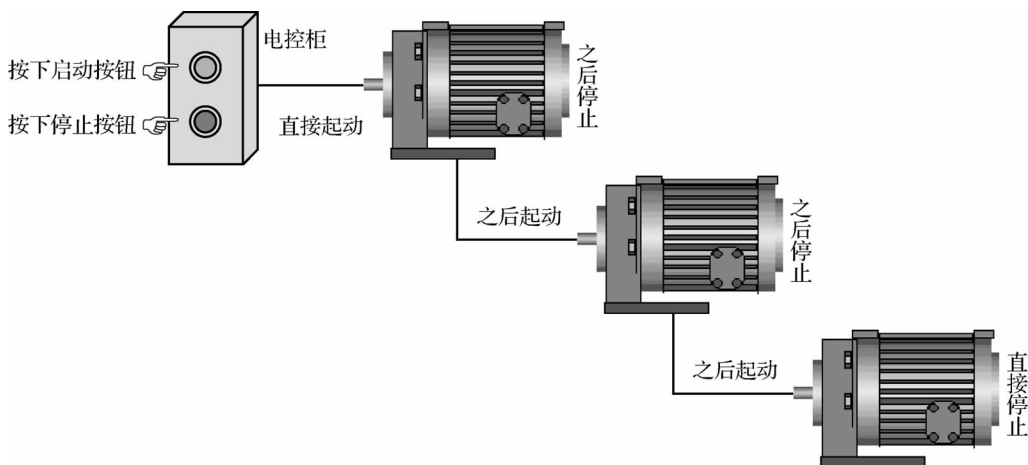


图 1-17 多台电动机顺序起动、停止运行

五、互锁控制

电动机的正、反转需要实施电源换向。为了防止电源短路,应禁止电动机同时处于正、反向供电,这种防护措施就是互锁。当按下正向启动按钮时,电动机处于正向运行状态,此时反向控制应被屏蔽;反之同理。当需要反向启动时,应先使电动机停止运行,然后再启动反向运行。

六、联锁控制

联锁控制是多个控制信号之间建立的逻辑控制关系,如两个按钮(常开、常闭)分别控制电动机的正、反转起停,则需要对两个按钮(常开、常闭)的触头进行交叉使用。联锁控制还体现在一组信号对另一组信号的连带关系。目前,使用较多的是按钮联锁控制。

七、行程控制

行程控制是对生产机械某一运动部件的行程和位置变化情况进行控制。其控制对象是行程开关,它是靠机械外力对行程开关实施碰撞来发出信号的(接近开关是通过与外部设备之间的非接触发讯)。如图 1-18 所示,送料小车实现左右行驶,在左右两端设有行程限位开关,所以小车在左右行驶过程中均会受行程开关的位置限制,即碰上行程开关后小车终止运行。



视频
顺序控制



视频
联锁控制



视频
行程控制



图 1-18 带限位的电动机正、反转运行

八、时间控制

时间控制是利用时间继电器对生产机械设备实现定时控制。如图 1-19 所示,送料小车在行进过程中碰到行程开关后停止运行,经过某段工艺处理后(延时一段时间)继续向左行驶,直至碰到左侧限位开关后停止运行。时间控制分为通电延时和断电延时,可根据不同的工艺要求分别处理。

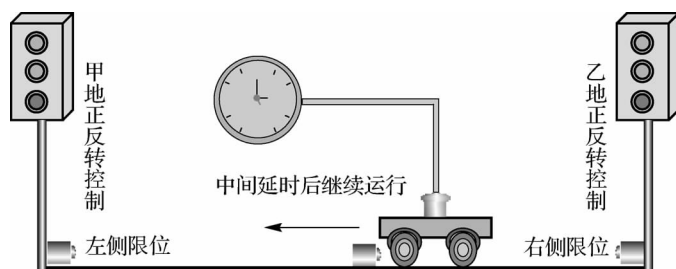


图 1-19 送料小车延时控制运行

九、条件控制

条件控制是指电气控制系统满足某个条件后实施的控制,控制条件一般为温度、压力、流量、液位、位移等。条件控制一般用于自动化生产线、过程控制系统。如对某一房间实施恒温控制,当室内温度低于设定值时,开启室内空调并送出热风;当室内温度高于设定值时,空调系统送出冷风;当室内温度达到设定值时,空调系统停止运行。

问题与思考

问题 1 点动控制与长动控制的根本区别是什么?

思考并回答:



问题 2 电气控制方式有哪些？主要特点是什么？

思考并回答：

学习单元五 电气图的识读

一、电气图的基本分类

电气图是根据国家电气制图标准,使用电气图例符号和文字标识以及规定的画法绘制而成的技术图样,是表现电气设备及系统的构成、功能、原理,并为安装、维护提供必要的技术数据依据的工程图样。电气图主要有电气系统图、电气平面图、电气原理图、电气元件布置图、电气接线图等。



视频
电气图的识读

1. 电气系统图

电气系统图是用符号或带注释的框,概括表示系统或分系统的基本组成、相互关系及其主要特征的一种简图,如图 1-20 所示。

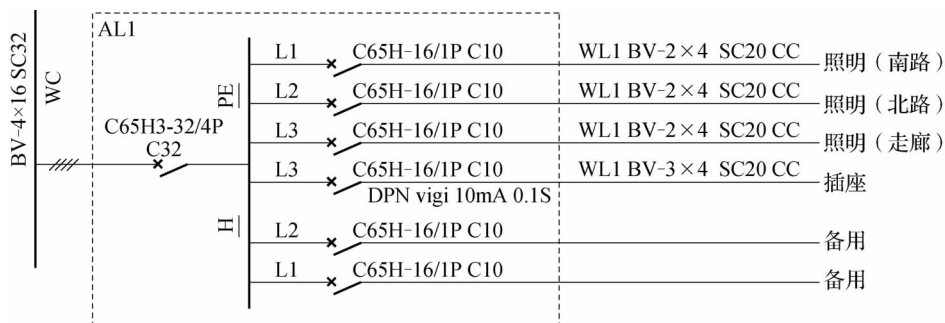


图 1-20 照明配电系统图

2. 电气平面图

电气平面图是以建筑平面图为依据,表示设备、装置与管线的安装位置、线路走向、敷设



视频
电气原理图

18



4. 电气元件布置图

电气元件布置图是描述器件的布局 and 位置安装的一种电气图样,如图 1-23 所示。它包括在电控柜和现场的分布,如电控柜中器件的分布、控制操作盘中器件的分布、器件的间隔和排放顺序、安装方式和定位等。在进行元器件布局时要注意整齐、美观、对称,应将外形尺寸与结构类型类似的电器安装在一起,以利于加工、安装和配线。在电气元件布置图中,一般标有各元件间距尺寸、安装孔距和进出线的方式。



视频
电气元件布置图

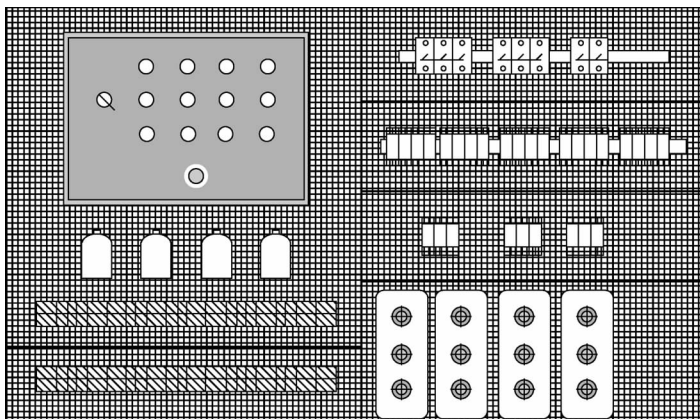


图 1-23 电气元件布置图

5. 电气接线图

电气接线图是表示电气设备及元件之间的连接关系(将分布在电控柜和现场的电气元件和设备进行线路连接),用以进行接线和检查的一种简图,如图 1-24 所示。绘制接线图时应把各电器的各个部分(如触头与线圈)画在一起,文字标识、元件连接顺序、线路号码编制必须与电气原理图一致,以安装接线为主,基本不涉及电气设备的整体结构和工作原理,着重表达接线过程。



视频
电气安装接线图

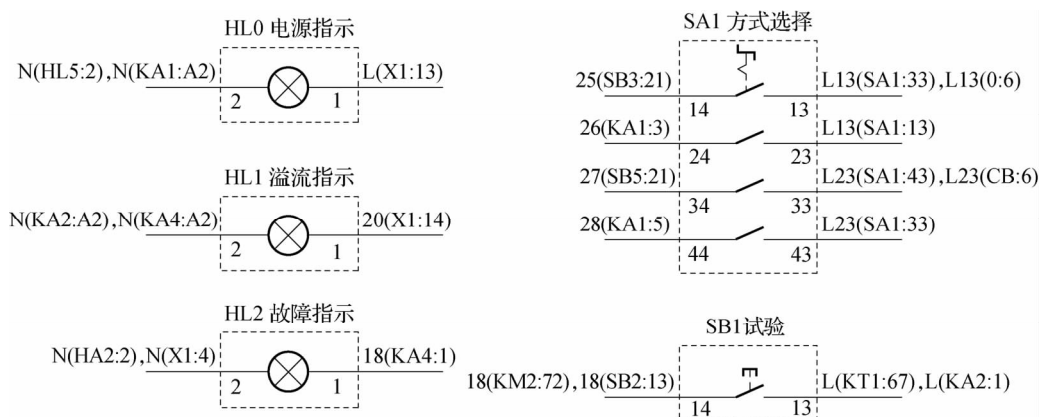


图 1-24 电气接线图

二、电气图的绘制方法

电气图在绘制的过程中,首先是绘图工具的使用。早期的电气图是人利用绘图工具在绘图纸上完成的。现在,随着计算机技术(绘图工作站)及计算机绘图软件的快速发展,很多电气工程图都是在计算机上完成的。不同类型的电气图其绘制格式及要求也略有不同。总之,电气图的绘制并不像机械图那样对形状和尺寸有着严格的要求,它更多地是体现了电气设备及元件之间的逻辑关系和连接方式。一般在绘制电气图过程中,不同内容分页绘制,利用图形、符号、标识等元素将它们有机地联系在一起。

三、电气识图分析技巧

阅读电气原理图应掌握一定的方法和技巧,正确识读和分析电气控制电路,对电气控制逻辑的理解和电气故障的排除具有十分重要的意义。电气控制电路主要包括主电路、控制电路、辅助电路以及照明电路等几部分。在阅读、分析之前,应首先对被控对象的总体结构、运动形式、控制流程、控制要求、电动机拖动形式、传动方式(机械、电气、液压)、操作方法、电动机和电气元件的安装位置、工作状态及自动控制要求等技术资料进行搜集、整理、了解和分析。电气原理图的阅读方法与步骤如下。

1. 电路分析先主后辅

主电路能够直接反映出机械传动结构和执行动作的原理,先对电气原理图的主电路进行阅读,可以了解被控对象有哪些用电设备(电动机或电磁阀等),它们的主要作用,需要由哪些电器来控制,采用的保护措施有哪些等。而控制电路能够更加细化出被控对象的动作顺序和控制逻辑关系,通过对控制电路进行分析来确定被控对象的起动、转向、调速和制动等控制要求,最后分析辅助电路。

2. 电路结构分析化整为零

电气控制电路有时控制内容比较多,控制逻辑也比较烦琐,但无论多么复杂的控制电路都是由典型的控制环节组成的。对电气控制电路进行功能划分和逻辑控制关系的梳理,就是常说的化整为零。分析电路时,应从电源侧开始着手,从主令控制开关到接触器、继电器的线圈,由上至下、由左至右逐一进行分析,并注意各个局部控制电路之间的联锁和互锁关系,梳理控制顺序的流程,简洁明了地将控制电路的工作原理及过程表示出来。

辅助电路包括照明电路、电源显示电路、工作状态显示电路以及故障报警电路等。这部分电路只起到辅助作用,由于它们也都是由控制电路中的电气元件来控制的,因而在分析这部分电路时,还要结合整个电路一起进行分析。

3. 集零为整综合分析

经过化整为零的过程之后,初步对电气控制各个环节有了了解,但最终还需进行集零为整综合分析。从控制电路的整体角度去考虑,清楚各个控制环节之间的内在关系、互锁关系、联锁关系,清楚机械、电气、液压之间协调配合的情况以及各种保护环节的设置情况。能够对整个电气控制电路有一个总体的认识,对整个电气工作原理和加工过程的实现有进一步的理解和认识,从而理解和掌握电路中的每个电器及其触头所起的作用。



问题与思考

问题 1 请叙述不同性质的电气图各自用于什么场合。

思考并回答：

问题 2 在电气控制原理图分析过程中,应运用哪些技巧方法?

思考并回答：

电气控制课堂体验

1. 正确区分给定图样类别

本环节由教师组织学生进行,教师向学生提供几类图样,学生根据前面所学知识对图样进行分类,如电气系统图、电气平面图、电气原理图、电气元件布置图、电气接线图等。

2. 电气控制基本规律体验

教师可为学生提供多种能够反映电气控制原理的教学载体(电气控制板、多媒体教学软件、电气控制技术学习机),通过设置不同的电气控制基本操作,让学生体验基本电气控制规律的现象,加深对电气控制环节的理解。

模块小结

本模块主要介绍了电气控制中的一些基本知识,学习本模块内容后应掌握以下内容。

- (1)低压电器的主要功能和分类,低压电器在工业生产控制中的典型应用。
- (2)低压电器常用的电磁控制原理,线圈、铁心、触头、弹簧、传动机构之间的相互关系,电弧的产生和主要危害,消灭电弧的主要方法。
- (3)常用的电气符号和电气标识,电气图中电气线路有效连接画法。
- (4)电气控制系统中基本控制规律:点动控制、长动控制、多点控制、顺序控制、互锁控制、联锁控制、行程控制、时间控制、条件控制等。
- (5)电气图的主要分类和电气图的绘制原则,电气识图方法和分析技巧。

模块测试卷

一、填空题(每空 2 分,共 10 空,20 分)

1. 低压电器是指额定电压交流_____及以下,直流_____及以下,在电路中起通断、控制、保护、检测和调节作用的电气设备。
2. 低压电器以电压类型划分可分为_____ ;以使用用途划分可分为_____。
3. 电磁机构的工作特性包括_____和_____两种。
4. 电气控制原理图包括_____和_____两大部分。
5. 交流电动机起动时,将启动信号与其被控对象接触器的辅助_____实现并联,称此控制方式为_____。

二、判断题(每题 4 分,共 5 题,20 分)

1. 低压电器既可以实现对建筑物中的照明控制,也可以实现对水泵、风机的运行控制。 ()
2. 建筑物中的电能分配只能由低压电器实现。 ()
3. 低压电器主要由触头系统、灭弧装置、操作机构以及各种脱扣机构组成。 ()
4. 电气图例符号和标识是识读电气原理图的主要方法和手段。 ()
5. 通电延时与断电延时只是线圈控制形式不同,与触头的工作方式无关。 ()

三、单项选择题(每题 4 分,共 5 题,20 分)

1. 低压电器的主要用途是()。
 - A. 实现建筑物内的照度控制
 - B. 用于电能的产生、输送、分配和控制
 - C. 实现电气元件的线路连接
 - D. 用于交流电动机的速度转换
2. 三相交流异步电动机的点动控制主要用于()。
 - A. 实现对生产设备的条件控制



B. 实现对生产设备的自锁控制

C. 实现对生产设备的手动调整

D. 实现对生产设备的顺序控制

3. 灭弧罩由()材料制作而成。

A. 铜铝合金、银镀层

B. 陶土、石棉、水泥、塑料

C. 花岗岩、水泥、塑料

D. 沙土、水泥、玻璃纤维

4. ()不是灭弧的方法。

A. 电动力灭弧

B. 磁吹灭弧

C. 金属栅片灭弧

D. 绝缘罩灭弧

5. ()不属于电气图范畴。

A. 控制系统流程图

B. 电气系统平面图

C. 电气控制原理图

D. 电气系统接线图

四、问答题(每题 10 分,共 3 题,30 分)

1. 电磁机构的基本组成和工作原理是什么?

2. 电气灭弧的主要方法有哪些?它们是如何实现灭弧的?

3. 叙述电气图的主要组成和分类,说明各自的功能和作用。

五、完型设计题(共 10 分)

根据图 1-25 给出的电气原理图(顺序控制)进行完型设计。

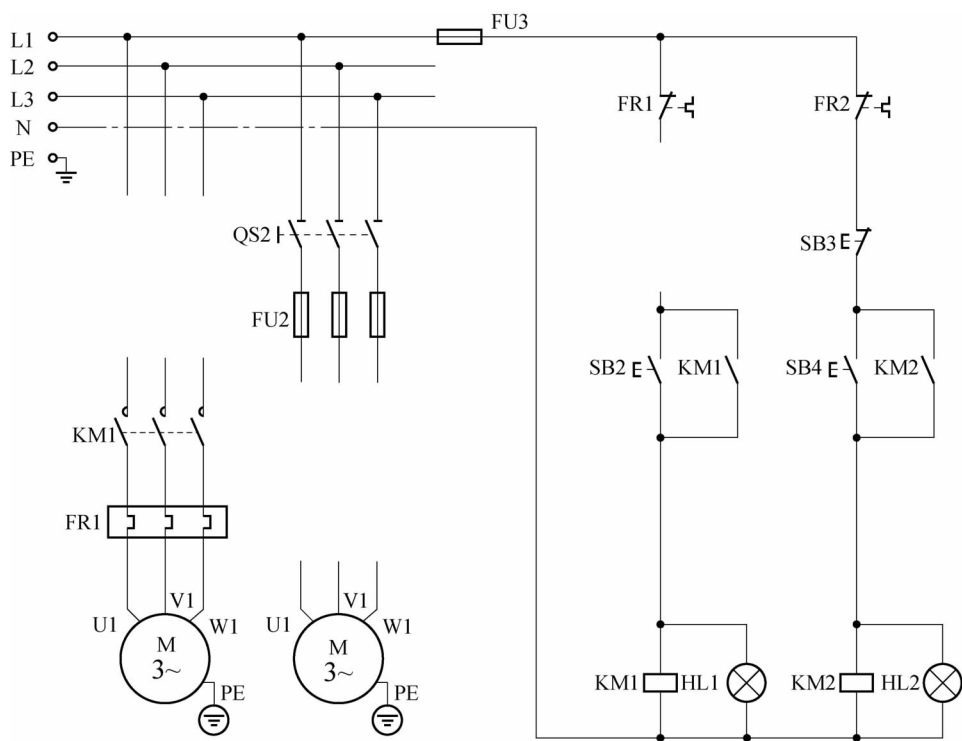


图 1-25 顺序控制电气原理图

模块二

三相异步电动机直接起动控制

模块导读

三相异步电动机直接起动控制是指电动机在起动时直接施加全电压进行起动的一种控制方式。电动机直接起动时起动电流较大，所以电动机直接起动时其容量会有一定的限制。本模块就是针对电动机直接起动所涉及的低压电器和控制电路进行学习，使学生对电动机直接起动控制有个全面的了解。

学习单元一 三相异步电动机直接起动控制基本概述

引言

三相异步电动机直接起动时起动电流比较大,对电网和机械设备会有一定的冲击,所以,三相异步电动机直接起动时会有一定的限制和要求。本学习单元将结合三相异步电动机直接起动特性进行分析。

一、三相异步电动机直接起动特性

三相异步电动机由于结构简单、维护方便、价格便宜,所以被广泛地作为电气传动的主要驱动力。但其直接起动时会因为起动电流较大而对电网和其他交流电动机产生一定的影响。所以,三相异步电动机直接起动会有限制条件。

对于某个用电单位,其电源容量与电源电压、电源电流的关系表达式为

$$S_N = U_N I_N \quad (1-1)$$

式中, S_N 为电源变压器的视在容量,kVA; U_N 为三相交流电源线电压,kV; I_N 为三相交流电源线电流,A。

由式 1-1 可知,三相变压器的容量分别与线电压和线电流成正比。正常情况下, S_N 、 U_N 、 I_N 均为额定值,而额定电压一般为 0.4 kV,额定电流的大小与三相电源变压器的容量有关。但三相电源变压器一经选定后其额定容量是固定常数,所以,电压和电流之间呈现反比关系。

电流的增加会直接导致电压的下降,通常,三相异步电动机的转矩与电压的平方成正比,电压的下降会使三相异步电动机的转矩急剧下降,造成三相异步电动机的过载,严重时还会烧毁电动机。

当达到额定容量时(容量不能升高),三相异步电动机直接起动时,其起动电流会达到其额定电流的 6~7 倍。所以,当功率较大的三相异步电动机直接起动或多台三相异步电动机同时直接起动时,会造成电源总电流的瞬间增大,从而导致电源电压的瞬时下降,电源电压的下降会使在网的其他三相异步电动机产生过载现象。

二、三相异步电动机直接起动功率限制

三相异步电动机多大功率可以直接起动,严格来说没有绝对的限制,它与电源的容量、被驱动机械负载的抗冲击力、电动机供电线缆承受电流的能力等诸多因素有关。三相异步电动机直接起动时,起动电流可高达额定电流的 6~7 倍,频繁起动还会造成电动机绕组因过热引起高温,从而加速绝缘老化。

大容量电动机直接起动,还会造成供电网络电压降过大,当电压小于等于额定电压的 85% 时,就会影响其他设备(电动机)的正常使用。大容量电动机直接起动,也会造成能量损失过大,机械冲击力加大会造成机械传动部件之间的非正常磨损,加速设备老化。

因此,对三相异步电动机直接起动有着一定的限制条件。

(1) 机械设备是否允许电动机直接起动,这是先决条件。

(2) 直接起动时,不允许电动机的容量大于主变压器容量的 10%~15%。



(3) 起动过程中电压降 ΔU 不大于 $15\%U_e$ 。

问题与思考

问题 1 三相异步电动机直接起动会造成哪些危害?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

问题 2 三相异步电动机直接起动应满足哪些条件?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

学习单元二 常用低压电器

引言

在本学习单元中主要介绍刀开关、低压熔断器、交流接触器、过载保护继电器、控制按钮、信号灯等,这些是对电气控制设备、建筑电气设备、机电控制设备等实现简单电气控制的主要器件,目的是让学生掌握电气控制中常用低压电器的原理和应用。

一、低压负荷开关

1. 刀开关

低压刀开关是具有明显分断点的常用电气元件,它可以对电路实施隔离、分断及切换。通常在不频繁操作的电气设备中用来接通和断开电源及对小功率负荷实施控制操作。

刀开关是一种结构最简单且应用最早的低压电器,其外形结构如图 2-1 所示。

刀开关是一种手动电器,按闸刀的极数可分为单极、双极和三极;按转换方向可分为单掷和双掷。因为刀开关是开放式结构,不具备灭弧功能,所以刀开关禁止带负荷操作。

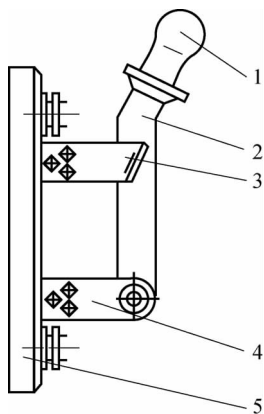


图 2-1 刀开关的外形结构

1—操作手柄；2—闸刀；3、4—静插座；5—绝缘底板

2. 开启式负荷开关

开启式负荷开关以瓷底胶盖为基本结构,电气连接为金属结构,俗称为闸刀开关或胶壳刀开关,操作方式为手动。HK 系列开启式负荷开关的外形结构如图 2-2 所示。

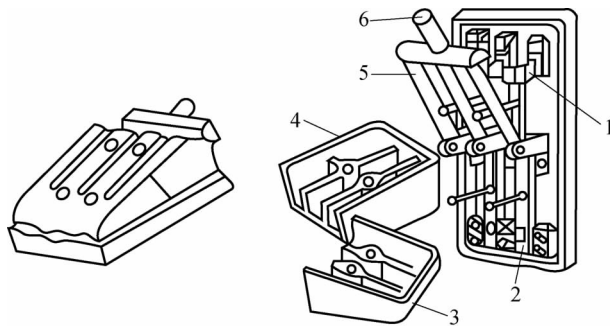


图 2-2 HK 系列开启式负荷开关的外形结构

1—静插座；2—出线端；3—下胶盖；4—上胶盖；5—闸刀；6—操作手柄

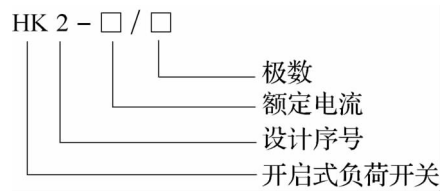
HK 系列开启式负荷开关由操作手柄、出线端、闸刀(动触头)和静插座(静触头)构成。它自身不带灭弧装置,仅利用胶盖的遮护来防止电弧对人手灼伤,因此,它不适合用来操作较大的负荷。其主要用作电气照明电路和电热电路、小容量电动机(5.5 kW 以下)电路的不频繁通断控制,也可用作分支电路的配电开关。

HK 系列开启式负荷开关结构简单、操作方便、价格便宜,所以被广泛使用。通常操作时动作应迅速,使电弧较快熄灭,既能避免灼伤人手,也能减少电弧对动触头和静插座的灼损。

老师

安装 HK 系列开启式负荷开关时,手柄要向上,不得倒装或平装。接线时进线和出线不能接反,电源线接在上端,负载接在熔丝下端,以免在更换熔丝时发生触电事故。

HK 系列开启式负荷开关型号的含义如下。



对于普通负载,可根据 HK 系列开启式负荷开关控制回路的额定电压、额定电流来选择。当 HK 系列开启式负荷开关作为电动机的全压启动开关时,其额定电流应为电动机额定电流的 3 倍。此外,还应注意 HK 系列开启式负荷开关极数的选择。

HK 系列开启式负荷开关的主要技术参数见表 2-1。

表 2-1 HK 系列开启式负荷开关的主要技术参数

型 号	额定电 压 U/V	极 数	额定电 流 I/A	额定控制 功率 P/kW	熔体规格	
					直径 d/mm	熔体材料
HK1	220	2	15	1.5	1.45~1.59	软铅丝
			30	3.0	2.30~2.52	
			60	4.5	3.36~4.00	
	380	3	15	2.2	1.45~1.59	
			30	4.0	2.30~2.52	
			60	5.5	3.36~4.00	
HK2	220	2	10	1.1	0.25	纯铜丝
			15	1.5	0.41	
			30	3.0	0.56	
	380	3	15	2.2	0.45	
			30	4.0	0.71	
			60	5.5	1.12	

3. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关因其外壳为铁制壳,故俗称为铁壳开关。HH 系列封闭式负荷开关的外形结构如图 2-3 所示。

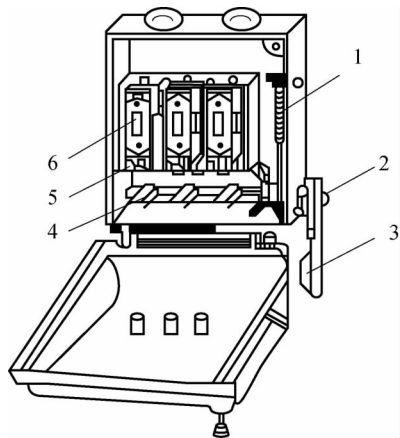


图 2-3 HH 系列封闭式负荷开关的外形结构

1—速断弹簧; 2—转轴; 3—操作手柄; 4—闸刀; 5—静插座; 6—熔断器



视频
熔断器介绍



视频
熔断器立体结构展示



视频
熔断器基础知识



视频
熔断器的结构



视频
低压熔断器 3D 演示



视频
带负荷更换分段跌落式熔断器



视频
高压跌落式熔断器工作过程动画



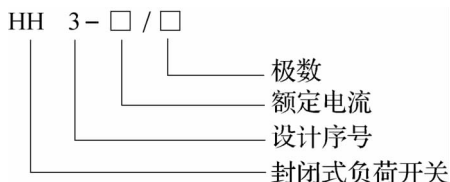
视频
更换跌落式熔断器



视频
更换跌落式熔断器上引线

HH 系列封闭式负荷开关的灭弧性能、操作及通断负载的能力和安全防护性能都优于 HK 系列开启式负荷开关,但其价格偏高。HH 系列封闭式负荷开关的操作机构具有两个特点:一是采用了弹簧储能分合闸方式,其分合闸的速度与手柄的操作速度无关,从而提高了开关通断负载的能力;二是设有联锁装置,保证开关在合闸状态下开关盖不能开启,开关盖开启时又不能合闸,充分发挥外壳的防护作用,并保证了更换熔丝等操作的安全。

HH 系列封闭式负荷开关型号的含义如下。



HH 系列封闭式负荷开关在使用时应注意以下两点。

(1)对于照明和电热电路负载,可根据其额定电压、额定电流来选择 HH 系列封闭式负荷开关;而对于电动机负载,应按电动机额定电流的 1.5 倍来选择 HH 系列封闭式负荷开关。

(2)HH 系列封闭式负荷开关的外壳应可靠接地,避免因漏电而造成触电事故。

二、低压熔断器

低压熔断器主要用于配电线路和电动机的快速过载和短路保护。它以结构简单、价格便宜、使用方便等优点广泛用于电气控制系统中。低压熔断器主要由熔断管、熔体和底座三部分组成。保护动作时间也是遵循反时限特性。当瞬时电流超过规定值并经过足够时间后,熔体熔化。低压熔断器一般串接在电气回路中,熔体熔断后,回路开路,电气设备从电源中分离出来,从而起到保护作用。

1. 低压熔断器的分类

低压熔断器的种类很多,目前常用的有插入式熔断器、螺旋式熔断器、封闭式熔断器、快速熔断器等。

(1)插入式熔断器。插入式熔断器的瓷座可以固定在电气控制板上,两端固定着接线螺钉和插接静触头,中间为空腔凹槽。瓷盖中含有熔丝固定螺钉,中间有一突起部分(熔丝线槽),突起部分与瓷座的空腔凹槽相互吻合并共同形成灭弧室,容量较大的熔断器在空腔中还垫有熄弧用的石棉编织带。插入式熔断器的外形结构如图 2-4 所示。使用时电源线与负载线分别接于瓷座的接线座上,瓷盖上装有熔丝,将瓷盖插于瓷座上,依靠熔丝将线路接通。目前在低压(380 V 及以下)配电线路末端作为电力、照明负荷的短路保护。由于受灭弧效果的限制,插入式熔断器不适合用在较大的负载中,一般只用于 100 A 以下的电路中。

(2)螺旋式熔断器。螺旋式熔断器主要由熔断管、瓷帽、瓷座三部分组成,如图 2-5 所示。熔断管是一个装有熔丝的瓷管,里面填充着石英砂,用来熄灭电弧。熔丝焊在瓷管两端

的金属盖上,其中一个金属盖中间凹处带有一个色点指示器,色点指示器与熔丝相连,熔丝熔断时,色点指示器自动脱落,显示熔丝已熔断。使用时将熔断管有色点指示器的一端插入瓷帽中,再将瓷帽连同熔断管一起旋入瓷座内,使熔丝通过瓷管上端金属盖与上接线座连通,瓷管下端金属盖与下接线座连通。在装接使用时,电源线应接在下接线座(常称为上口),负载线应接在上接线座(常称为下口),这样在更换熔断管时(旋出瓷帽),金属螺纹壳的上接线座便不会带电,保证维修者安全。

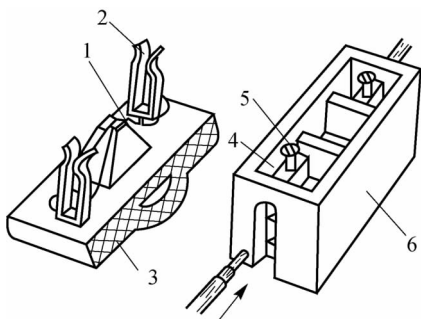


图 2-4 插入式熔断器的外形结构

1—熔丝；2—动触头；3—瓷盖；
4—空腔；5—静触头；6—瓷座

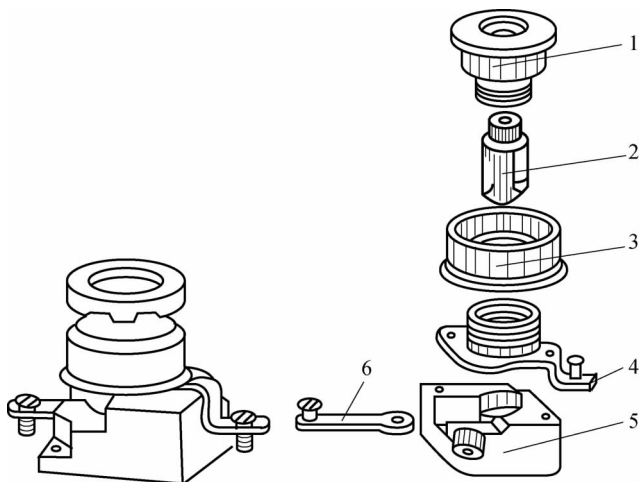


图 2-5 螺旋式熔断器的外形结构

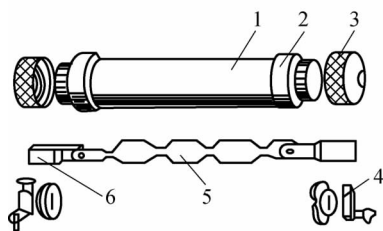
1—瓷帽；2—熔断管；3—瓷套；4—上接线座；
5—瓷座；6—下接线座

螺旋式熔断器因具有结构紧凑、体积小、更换熔体方便等优点,而被广泛应用于电气控制(机床控制线路)、配电屏等场所作为短路保护器件。

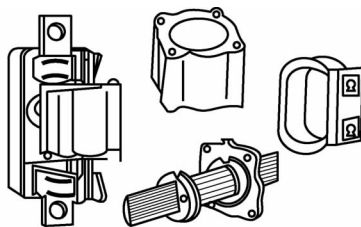
(3)封闭式熔断器。封闭式熔断器主要用于负载电流较大的电力网络或配电系统中,熔体采用密封式结构,可防止电弧的飞出和熔化金属的滴出。封闭式熔断器有无填料式和有填料式两种,常用的型号为 RM10 系列、RTO 系列,其外形结构分别如图 2-6(a)、(b)所示。



视频
熔断器安装



(a)RM10 系列



(b)RTO 系列

图 2-6 封闭式熔断器

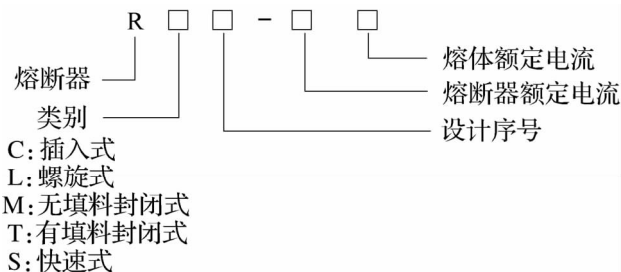
1—钢纸管；2—黄铜套管；3—黄铜帽；4—开口夹座；5—熔体；6—夹头

(4)快速熔断器。快速熔断器是用来保护硅半导体元件而设计的电器产品。常用的型号有 RLS 系列、RSO 系列等。RLS 系列主要用于小容量硅元件及其成套装置的短路保护，RSO 系列主要用于大容量晶闸管元件的短路保护。在电气控制系统中，快速熔断器主要用

来保护变频器、软起动器设备。

2. 低压熔断器的选择

选择低压熔断器可依据负载的保护特性、短路电流的大小和使用场合。一般按电网电压选用相应电压等级的熔断器,按配电系统中可能出现的最大短路电流选择有相应分断能力的熔断器,根据被保护负载的性质和容量选择熔体的额定电流。熔断器的型号意义如下。



3. 低压熔断器的容量选择

(1) 照明回路冲击电流很小,所以熔断器的选用系数应尽量小些,即

$$I_{RN} \geq I \text{ 或 } I_{RN} = (1.1 \sim 1.5) I$$

式中, I_{RN} 为熔体的额定电流, A; I 为电器的实际工作电流, A。

(2) 单台电动机负载电气回路中有冲击电流,熔断器的选用系数应尽量大些,即

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

(3) 多台电动机负载电气回路中,应考虑电动机有同时起动的可能性,所以熔断器的选用应按下列原则选用

$$I_{RN} = (1.5 \sim 2.5) I_{Nm} + \sum I_N$$

式中, I_{Nm} 为设备中最大一台电动机的额定电流, A; I_N 为设备中去除最大一台电动机后其他电动机的额定电流之和, A。

低压熔断器在选用时应严格注意级间的保护原则,切忌发生越级保护的现象,选用中除了依据供电回路短路电阻外,还应适当地考虑上下级的级差,一般为 1~2 个级差。

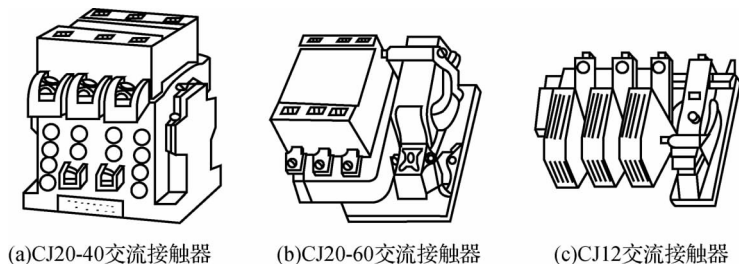
三、交流接触器

交流接触器可以完成对电气设备的频繁操作(远程操作)控制,如图 2-7 所示。它采用的是电磁控制结构,主要用于控制电动机、电焊机、电容器组等设备,是电力拖动自动控制系统中使用最广泛的电气元件。

1. 交流接触器的结构和工作原理

交流接触器由电磁机构、触头系统、灭弧装置和其他辅助部件四大部分组成。交流接触器电磁操作机构原理图如图 2-8 所示。在电磁操作机构中,动铁心连接着主触头,励磁线圈没有得电时,反力弹簧推动动铁心并使主触头和辅助触头中的常开触头处于断开位置;当励磁线圈得电后,电磁力克服弹簧力后拉动动铁心下移,吸

向静铁心,同时动铁心带动主触头和辅助触头中的常开触头闭合,辅助触头中的常闭触头断开。交流接触器衔铁运动方式如图 2-9 所示。



视频
交流接触器上
面的,M5;M7;
Q7 代表什么?

图 2-7 交流接触器的外形结构

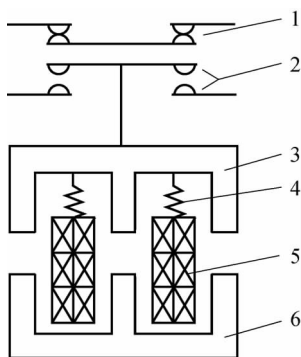


图 2-8 交流接触器电磁操作机构原理图

1—常闭触头;2—常开触头;3—动铁心;4—反力弹簧;5—线圈;6—静铁心

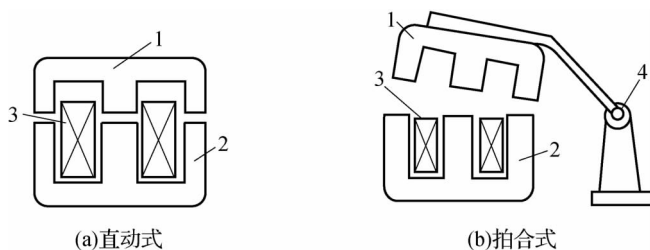


图 2-9 交流接触器衔铁运动方式

1—衔铁;2—铁心;3—线圈;4—轴

学 生

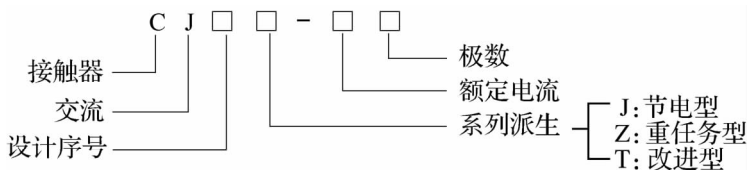
老师,交流接触器的触头和线圈应如何使用?

老 师

交流接触器的主触头用来接通和断开电气控制主电路。辅助触头通常连接在控制电路中,完成相应的自锁、互锁、联锁等控制。线圈也在控制电路中,它是拉动触头实现机械位移的核心部件(线圈得电,产生电磁力)。

2. 交流接触器的技术参数

目前,我国常用的交流接触器主要有 CJ20、CJX1、CJX2 和 CJ12 等系列,引进产品应用较多的有德国 BBC 公司的 B 系列、西门子公司的 3TB 和 3TF 系列、法国 TE 公司的 LC1 和 LC2 系列等。交流接触器的型号意义如下。



(1)额定电压。额定电压是指交流接触器主触头允许的额定电压。交流接触器常用的额定电压等级有 110 V、220 V、380 V、500 V 等。

(2)额定电流。额定电流是指交流接触器主触头的额定电流,即允许长期通过的最大电流。交流接触器常用的额定电流等级有 10 A、16 A、25 A、40 A、63 A、100 A、160 A、250 A、400 A 和 630 A。

(3)线圈额定电压。线圈额定电压是指交流接触器线圈上所加的额定电压,交流接触器线圈额定电压等级有 36 V、110 V、220 V 和 380 V。

(4)额定功率。额定功率是指交流接触器所能带载的电动机或电气设备的功率。

(5)额定操作频率。额定操作频率是指每小时的操作次数(次/小时),交流接触器最高为 600 次/小时。操作频率直接影响接触器的电寿命和灭弧罩的工作条件,对于交流接触器还影响线圈的温升。

(6)接通和分断能力。接通和分断能力是指主触头在规定条件下能可靠地接通和分断的电流。在此电流值下,接通时主触头不应发生熔焊;分断时主触头不应发生长时间燃弧。电路中超出此电流值的分断任务则由熔断器、自动开关等保护电器承担。

(7)交流接触器的使用类别。交流接触器的使用类别可根据 GB 14048.4—2010《低压开关设备和控制设备 第 4-1 部分:接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器(含电动机保护器)》中提供的类别等级选用。其中,AC-1 表示用接触器控制无感或微感负载、电阻炉,AC-2 表示用接触器控制绕线式感应电动机的起动、分断,AC-3 表示用接触器控制鼠笼型感应电动机的起动、运转中分断,AC-4 表示用接触器控制鼠笼型感应电动机的起动、反接制动或反向运转、点动。

(8)交流接触器选用原则。选用交流接触器时通常负载的额定电流应为接触器额定电流的 70%~80%,同时应注意交流接触器的安装形式、主路参数、控制参数、辅助参数。控制频繁起动或反接制动时交流接触器额定电流应降低一级,要根据电动机的不同工作制(长期、短时、反复短时)确定其参数和型号。

3. 交流接触器的选用

交流接触器选用时要考虑其所带负载的容量,其主触头一般要留有一定的余量。表 2-2 为 CJ20 系列交流接触器的技术数据。



视频
接触器互锁和
自锁什么区别
NO 和 NC 哪
个用于自锁?
哪个用于互锁?



视频
接触器自锁电
路,按钮开关
盒怎么接线?



视频
如何根据电机
功率,选择合
适的接触器?



视频
一个按钮可以
实现接触器自
锁吗?



表 2-2 CJ20 系列交流接触器的技术数据

型 号	极数	额定工 作电压 U_N/V	主触头	额定工作 电流 I_N/A	额定操作 频率单位(AC3) /(次·小时 ⁻¹)	机械寿命 /万次	辅助触头	
			约定发热 电流 I/A				触头 组合	
CJ20-10	3	220	10	10	1 200	1 000	10	2 常开 2 常闭
		380		10	1 200			
		660		5.8	600			
CJ20-16		220	16	16	1 200			
		380		16	1 200			
		660		13	600			
CJ20-25		220	32	25	1 200			
		380		25	1 200			
		660		16	600			
CJ20-40		220	55	40	1 200			
		380		40	1 200			
		660		25	600			
CJ20-63		220	80	63	1 200			
		380		63	1 200			
		660		40	600			
CJ20-100		220	125	100	1 200			
		380		100	1 200			
		660		63	600			
CJ20-160		220	200	160	1 200			
		380		160	1 200			
		660		100	600			
CJ20-160/11	1 140	200	80	300				
CJ20-250	220	315	250	600	600	16	4 常开 2 常闭 或 3 常开 3 常闭 或 2 常开 4 常闭	
	380		250	600				
	CJ20-250/06		660	200				300
CJ20-400	220	400	400	600				
	380		400	600				
	CJ20-400/06		660	250				300
CJ20-630	220	630	630	600				
	380		630	600				
	CJ20-630/06		660	400				300
CJ20-630/11	1 140	400	400	300				

四、过载保护继电器

过载保护继电器(也称为热继电器)主要用于对连续运行的电气设备和电动机实施过载及断相保护。电气设备在运行过程中,由于多种因素常会发生过载现象,过载的允许时间与过载的严重性成一定的比例关系,即过载越严重动作的时间应越快。



视频

过载保护继电器工作原理

1. 过载保护继电器工作原理

运行中的电动机,流过定子绕组的电流瞬时值会经过过载保护继电器的加热元件而产生热量,该热量决定着双金属片的弯曲变形。当电动机没有过载时,加热元件产生的热量不足以使过载保护继电器的触头动作(即双金属片的弯曲变形量不够);电动机过载时,加热元件产生的热量致使双金属片弯曲位移增大,推动导板使常闭触头断开,从而切断电动机控制电路以起保护作用。过载保护继电器原理结构如图 2-10 所示。

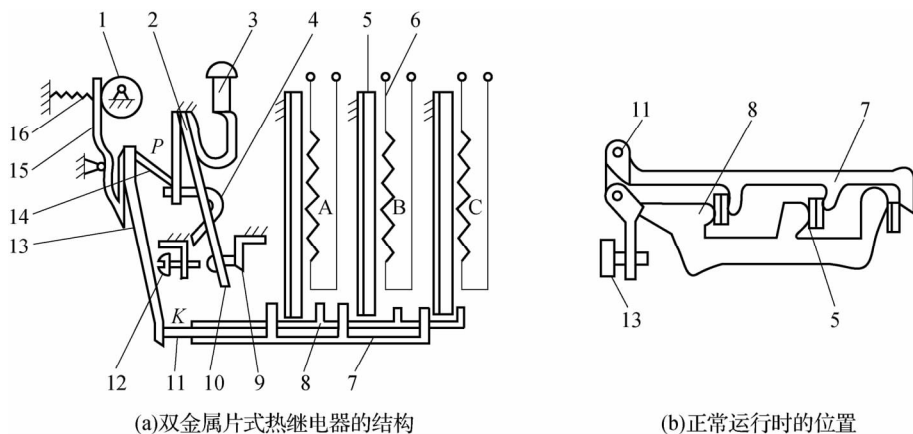


图 2-10 过载保护继电器原理结构

- 1—电流调节凸轮; 2—簧片; 3—手动复位按钮; 4—弓簧; 5—双金属片; 6—热元件; 7—内导板;
8—外导板; 9—常闭静触头; 10—动触头; 11—杠杆; 12—复位调节螺钉;
13—补偿双金属片; 14—推杆; 15—连杆; 16—压簧

过载保护继电器动作后一般不能自动复位,要等双金属片冷却后按下复位键复位。过载保护继电器动作电流的调节可以借助旋转凸轮于不同位置来实现。

利用过载保护继电器可防止因过热而损坏电动机的绝缘材料。由于过载保护继电器中发热元件有热惯性,在电路中不能起到瞬时过载保护效果,更不能做短路保护,因而它不同于过电流继电器和熔断器。

过载保护继电器按相数来分,有两相和三相两种类型。每种类型按发热元件的额定电流又有不同的规格和型号。三相式过载保护继电器常用于三相异步电动机的过载保护和断相保护。

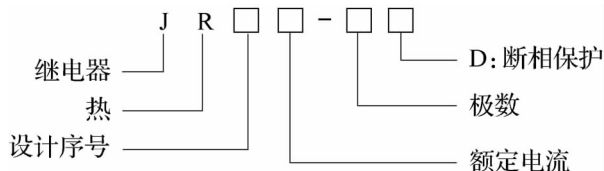
老师

无论过载保护继电器是否处于过载,其主触头始终导通。而真正产生动作信号的是辅助触头,辅助触头(常闭触头)一般串联在控制电路中,当过载保护继电器动作时,由于其断开而使控制电路失去控制电压,应切断电动机控制电路以起到保护作用。



2. 过载保护继电器技术参数及选型

过载保护继电器的主要技术参数是额定电流和整定电流,以及是否带有断相保护。我国常用的 JR16 和 JR20 系列过载保护继电器均为带有断相保护的过载保护继电器,它有差动式断相保护机构。过载保护继电器的型号意义如下。



过载保护继电器的主要技术参数见表 2-3。

表 2-3 过载保护继电器的主要技术参数

型 号	热元件号	整定电流范围 I/A	型 号	热元件号	整定电流范围 I/A
JR20-10 配 CJ20-10	1R	0.1~0.13~0.15	JR20-10 配 CJ20-10	9R	2.6~3.2~3.8
	2R	0.15~0.19~0.23		10R	3.8~4~6
	3R	0.23~0.29~0.35		11R	4~5~6
	4R	0.35~0.44~0.53		12R	5~6~7
	5R	0.53~0.67~0.8		13R	6~7.2~8.4
	6R	0.8~1~1.2		14R	7~8.6~10
	7R	1.2~1.5~1.8		15R	8.6~10~11.6
	8R	1.8~2.2~2.6			

过载保护继电器的选择主要根据电动机定子绕组的联结方式确定,在三相电动机电路中,对星形联结的电动机可选二相或三相结构的过载保护继电器,而对于定子绕组为三角形联结的电动机必须采用带断相保护的过载保护继电器。

五、控制按钮和信号灯

1. 控制按钮

控制按钮一般和接触器或继电器配合使用,实现对电动机的远程操作、控制电路的电气联锁等。它是一种结构简单、使用广泛的手动主令电器。控制按钮根据其使用要求、安装形式、操作方式的不同,具有多种形式,常见的控制按钮外形如图 2-11 所示。



视频
常开常闭 4 种
按钮开关的
讲解

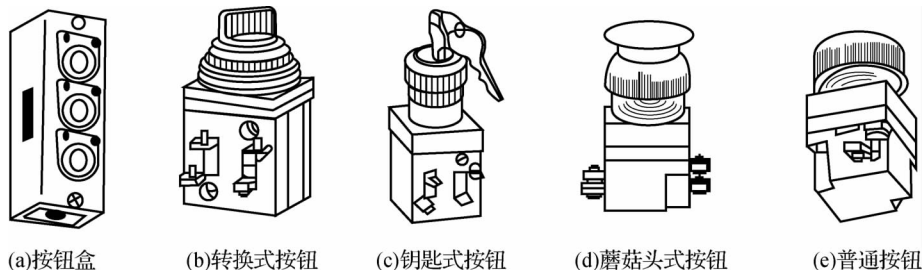


图 2-11 常见的控制按钮外形

控制按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式动触头 and 外壳等组成,按静态时的触头分合状态可分为动断按钮(常闭按钮)、动合按钮(常开按钮)和复合按钮(常开按钮+常闭按钮),它们的原理结构及图例符号如图 2-12 所示。

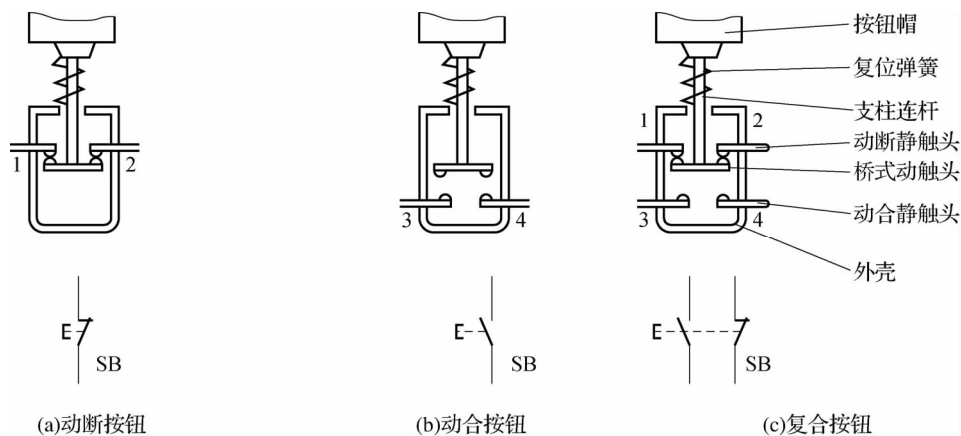


图 2-12 控制按钮的原理结构及图例符号

控制按钮通常配备一个常开触头和一个常闭触头,也可以进行多组触头的扩展,当控制按钮被按下时,桥式动触头将常闭静触头断开,常开静触头闭合。释放后,弹簧将桥式动触头拉回原位,相应的触头也复位。

(1)常开按钮。常开按钮是用来控制电动机和控制电路的起动。使用时一般只对其常开触头进行接线,常开按钮通常为绿色,安装时布局在上方或是左侧。

(2)常闭按钮。常闭按钮是用来控制电动机和控制电路的停止。使用时一般只对其常闭触头进行接线,常闭按钮通常为红色,安装时布局在下方或是右侧。

2. 信号灯

信号灯是用来指示电气运行状态、生产节拍、机械位置、控制命令等的电气器件。其发光源有白炽灯、氖管、LED 发光元件等,通常在低电压中用白炽灯和 LED 发光元件,而在高电压中用氖管。可以单独使用,也可以和按钮组合使用。

问题与思考

问题 1 熔断器和过载保护继电器的区别是什么? 在电路保护中各起什么作用?

思考并回答:



问题 2 交流接触器的类别有哪些？鼠笼式感应电动机应使用哪种类别？

思考并回答：.....

.....

.....

.....

.....

问题 3 三相异步电机起动时电流很大，为什么过载保护继电器不会动作？

思考并回答：.....

.....

.....

.....

.....

学习单元三 电气控制电路原理分析

一、三相异步电动机点动控制电路原理分析

1. 三相异步电动机点动控制电气原理图及时序图

三相异步电动机点动控制电气原理图如图 2-13 所示，其时序图如图 2-14 所示。

2. 三相异步电动机点动控制电路电气符号

三相异步电动机点动控制电路电气符号见表 2-4。

表 2-4 三相异步电动机点动控制电路电气符号

序 号	电气符号	功能说明	序 号	电气符号	功能说明
1	QS1	3 极负荷开关	4	SB1	点动按钮
2	FU1	熔断器(主电路)	5	KM1	交流接触器
3	FU2	熔断器(控制电路)	6	HL1	信号指示灯

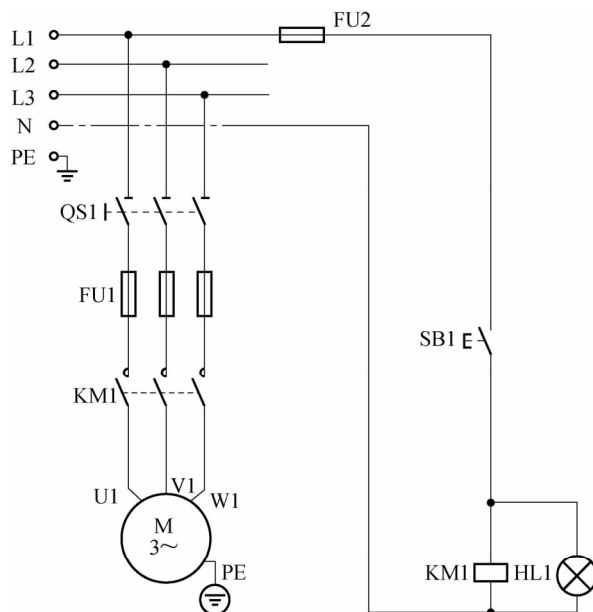


图 2-13 三相异步电动机点动控制电气原理图

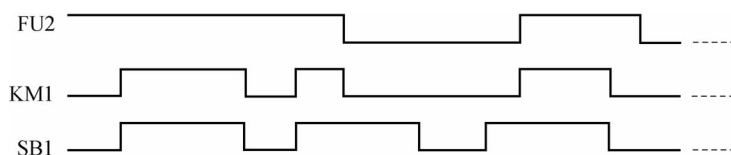


图 2-14 三相异步电动机点动控制时序图

3. 三相异步电动机点动控制原理

1) 主电路部分

- (1) 合上 QS1, 主电路接通供电电源。
- (2) FU1 正常, KM1 主触头闭合, 电动机运行。
- (3) 断开 QS1, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。
- (4) 主电路发生短路时, FU1 熔断, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。

2) 控制电路部分

- (1) 按下 SB1, KM1 线圈得电(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL1 亮。
- (2) 释放 SB1, KM1 线圈断电(常开触头断开, 常闭触头闭合), HL1 灭。
- (3) FU2 熔断, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。

老师

点动控制一般不用来做连续运行操作, 主要用来实现对生产设备的手动调整、定位、检修处理等。

二、三相异步电动机长动控制电路原理分析

1. 三相异步电动机长动控制电气原理图及时序图

三相异步电动机长动控制电气原理图如图 2-15 所示, 其时序图如图 2-16 所示。

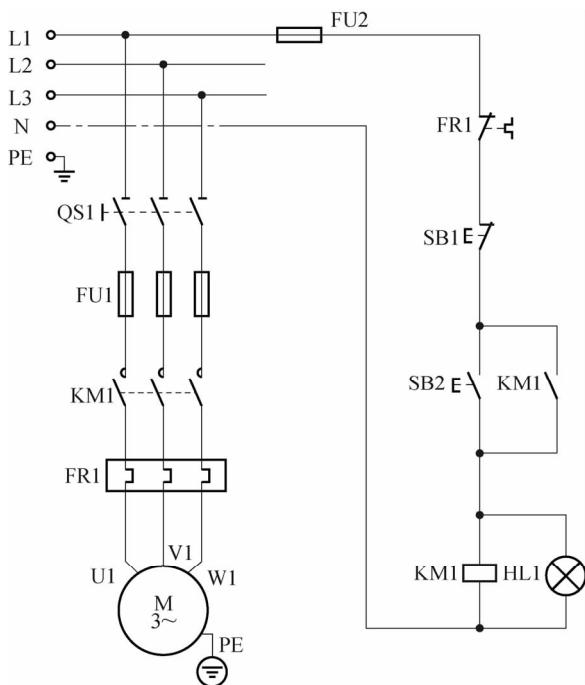


图 2-15 三相异步电动机长动控制电气原理图

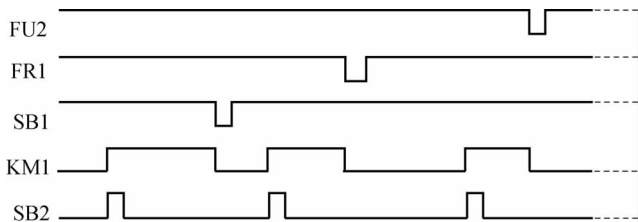


图 2-16 三相异步电动机长动控制时序图

2. 三相异步电动机长动控制电路电气符号

三相异步电动机长动控制电路电气符号见表 2-5。

表 2-5 三相异步电动机长动控制电路电气符号

序 号	电气符号	功能说明	序 号	电气符号	功能说明
1	QS1	3 极负荷开关	5	SB1	停止按钮
2	FU1	熔断器(主电路)	6	SB2	启动按钮
3	FU2	熔断器(控制电路)	7	KM1	交流接触器
4	FR1	过载保护继电器	8	HL1	信号指示灯

3. 三相异步电动机长动控制原理

1) 主电路部分

- (1)合上 QS1,主电路接通供电电源。
- (2)FU1 正常,KM1 主触头闭合,电动机运行。

- (3) 断开 QS1, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。
- (4) 主电路发生短路时, FU1 熔断, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。

2) 控制电路部分

- (1) 按下 SB2, KM1 线圈得电并自锁(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL1 亮。
- (2) 按下 SB1, KM1 线圈断电(常开触头断开, 常闭触头闭合), HL1 灭。
- (3) FR1 断开, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。
- (4) FU2 熔断, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。

老师

启动按钮 SB2 与 KM1 辅助常开触头并联, SB2 释放后, 由 KM1 辅助常开触头继续为其线圈供电, 称此控制方式为自锁, 它是电动机连续运转的基本控制方式。

三、三相异步电动机多点控制电路原理分析

1. 三相异步电动机多点控制电气原理图及时序图

三相异步电动机多点控制电气原理图如图 2-17 所示, 其时序图如图 2-18 所示。

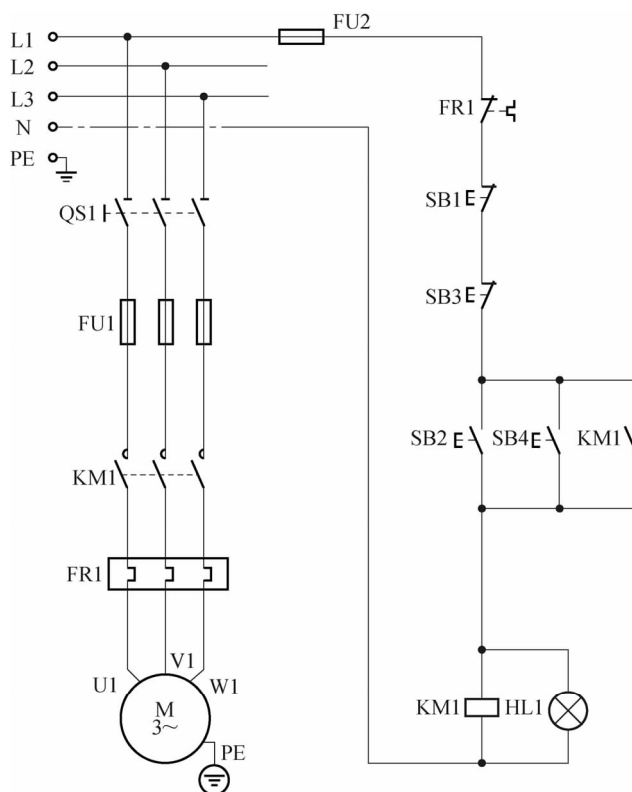


图 2-17 三相异步电动机多点控制电气原理图

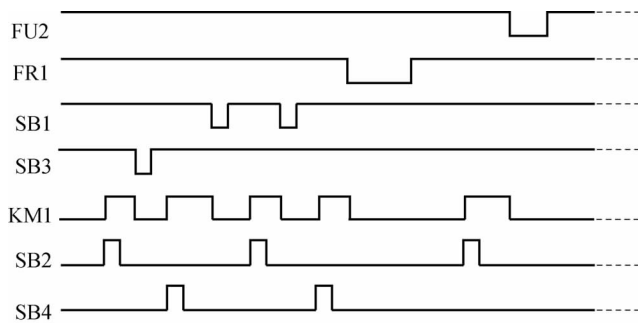


图 2-18 三相异步电动机多点控制时序图

2. 三相异步电动机多点控制电路电气符号

三相异步电动机多点控制电路电气符号见表 2-6。

表 2-6 三相异步电动机多点控制电路电气符号

序 号	电气符号	功能说明	序 号	电气符号	功能说明
1	QS1	3 极负荷开关	5	SB1、SB3	停止按钮
2	FU1	熔断器(主电路)	6	SB2、SB4	启动按钮
3	FU2	熔断器(控制电路)	7	KM1	交流接触器
4	FR1	过载保护继电器	8	HL1	信号指示灯

3. 三相异步电动机多点控制原理

1) 主电路部分

- (1) 合上 QS1, 主电路接通供电电源。
- (2) FU1 正常, KM1 主触头闭合, 电动机运行。
- (3) 断开 QS1, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。
- (4) 主电路发生短路时, FU1 熔断, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。

2) 控制电路部分

- (1) 按下 SB2(或 SB4), KM1 线圈得电并自锁(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL1 亮。
- (2) 按下 SB1(或 SB3), KM1 线圈断电(常开触头断开, 常闭触头闭合), HL1 灭。
- (3) FR1 断开, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。
- (4) FU2 熔断, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。

老师

多点控制就是将多个启动控制信号并联起来, 将多个停止信号串联在控制主路中(特别是急停按钮的多位置串联), 以便完成远程多点控制操作。

四、三相异步电动机顺序控制电路原理分析

1. 三相异步电动机顺序控制电气原理图及时序图

三相异步电动机顺序控制电气原理图如图 2-19 所示, 其时序图如图 2-20 所示。

2. 三相异步电动机顺序控制电路电气符号

三相异步电动机顺序控制电路电气符号见表 2-7。

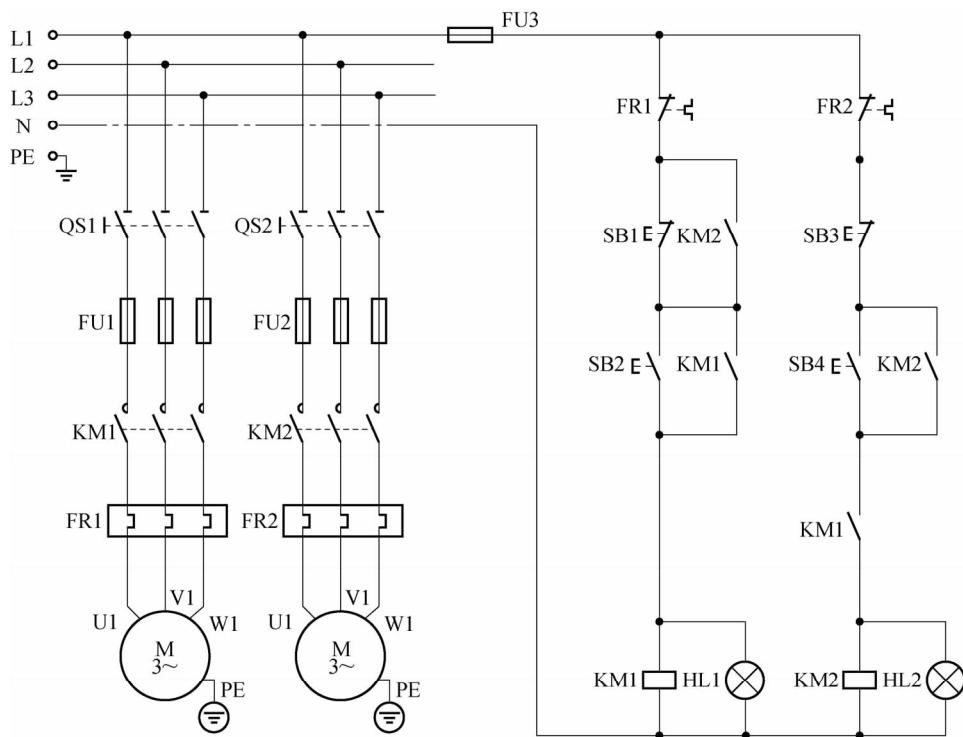


图 2-19 三相异步电动机顺序控制电气原理图



视频
按钮控制两台
电机顺序启动
电路,接触器
不吸合的原因



视频
按钮控制两台
电机顺序启动
电路,接触器
不自锁的原因



视频
两台电机顺序
启动逆序停止
工作原理

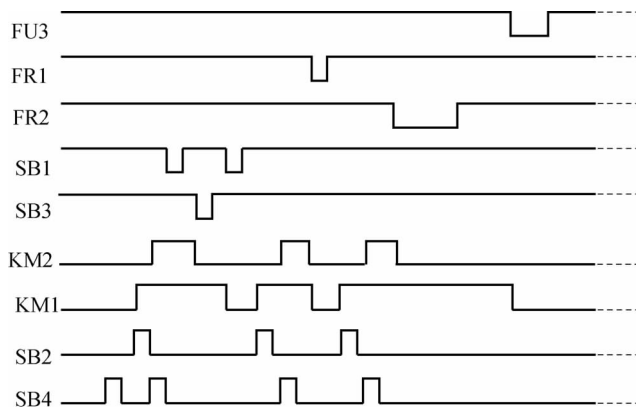


图 2-20 三相异步电动机顺序控制时序图

表 2-7 三相异步电动机顺序控制电路电气符号

序 号	电气符号	功能说明	序 号	电气符号	功能说明
1	QS1、QS2	3 极负荷开关	6	SB1、SB3	停止按钮
2	FU1	熔断器(主电路)	7	SB2、SB4	启动按钮
3	FU2	熔断器(主电路)	8	KM1	交流接触器
4	FR1	过载保护继电器	9	KM2	交流接触器
5	FR2	过载保护继电器	10	HL1、HL2	信号指示灯



3. 三相异步电动机顺序控制原理

1) 主电路部分

- (1) 合上 QS1、QS2, 主电路接通供电电源。
- (2) FU1 正常, KM1 主触头闭合, 1 号电动机运行。
- (3) FU2 正常, KM2 主触头闭合, 2 号电动机运行。
- (4) 断开 QS1, 主电路断开供电电源, 1 号电动机停止运行。
- (5) 断开 QS2, 主电路断开供电电源, 2 号电动机停止运行。
- (6) 主电路发生短路时, FU1 或 FU2 熔断, 主电路断开供电电源, 1 号或 2 号电动机停止运行。

2) 控制电路部分

- (1) 按下 SB2, KM1 线圈得电并自锁(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL1 亮。
- (2) 按下 SB4(KM1 得电有效), KM2 线圈得电并自锁(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL2 亮。
- (3) 按下 SB1(KM2 断电有效), KM1 线圈断电(常开触头断开, 常闭触头闭合), HL1 灭。
- (4) 按下 SB3, KM2 线圈断电(常开触头断开, 常闭触头闭合), HL2 灭。
- (5) FR1 断开, 1 号电动机控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。
- (6) FR2 断开, 2 号电动机控制电路断电, KM2 线圈断电, HL2 灭。
- (7) FU3 熔断, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。



视频

两台电机顺序启动一键停止接线步骤



视频

三台电机顺序启动, 逆序停止, 工作原理, 接线技巧



视频

顺序启动逆序停止, KM2 不吸合的原因有哪些

老师

电动机顺序控制主要是生产工艺所致。例如, 钻床的主轴在起动之前, 必须先运行冷却泵电动机; 而主轴电动机未关闭时, 冷却泵电动机不能停止。

问题与思考

问题 1 顺序控制电路中, 如果第一台电动机过载, 第二台电动机会停止吗?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

问题 2 图 2-15 中要想停止电动机运行必须按停止按钮而不能直接断开 QS1 开关, 为什么?

思考并回答:

.....

问题 3 低压熔断器可以起到哪些保护作用?

思考并回答:

电气控制课堂体验

利用电气控制技术学习机(如图 2-21 所示)进行电气控制的课堂体验。

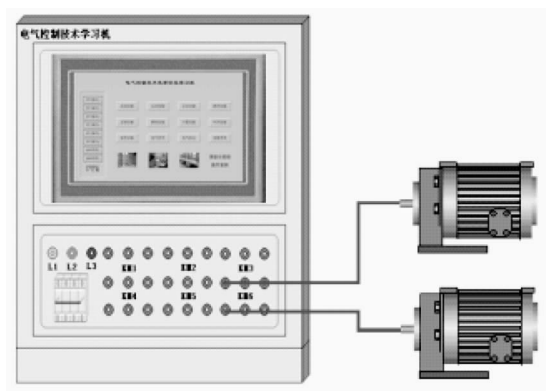


图 2-21 电气控制技术学习机

(1)将三相异步电动机与电气控制技术学习机进行线路连接,然后合上总电源开关,将运行开关拨到 ON 上,此时,触摸屏亮并进入主界面。

(2)在触摸屏上选择点动控制实验,实施点动控制操作,观察三相异步电动机的工作状态。

(3)在触摸屏上选择长动控制实验,实施长动控制操作,观察三相异步电动机的工作状态。



(4)在触摸屏上选择多点控制实验,实施多点控制操作,观察三相异步电动机的工作状态。

(5)在触摸屏上选择顺序控制实验,实施顺序控制操作,观察三相异步电动机的工作状态。

模块小结

三相异步电动机直接起动时,起动电流一般可达额定电流的 $6\sim 7$ 倍,对机械设备和电网均会造成相应的影响和危害。本模块对三相异步电动机直接起动的条件进行了分析,介绍了常用低压电器中刀开关、熔断器、接触器、过载保护继电器、按钮、信号灯等产品的主要结构、技术参数、选取原则、典型应用。结合三相异步电动机点动、长动、多点、顺序控制电路的电气原理图、控制时序图、控制原理说明等进行了重点讲解。

模块测试卷

一、填空题(每空2分,共10空,20分)

1. 三相变压器的容量分别与_____和_____之间成正比。
2. 三相异步电动机直接起动时的起动电流可达其额定电流的_____倍。
3. 三相异步电动机直接起动时,不允许电动机的容量大于_____主变压器的容量。
4. 低压刀开关可以对电路实施_____,通常在不频繁操作的电气设备中使用。
5. 低压熔断器目前常用的有_____,_____,封闭式熔断器、快速熔断器等。
6. 交流接触器的接通和分断能力是指_____在规定条件下能可靠地接通和分断的电流。
7. 自锁电路是利用_____来保持输出动作,又称“自保持电路”。
8. _____是交流接触器主触头、辅助触头的文字标识。

二、判断题(每题4分,共5题,20分)

1. 三相异步电动机只有鼠笼型才可以采用直接起动控制。()
2. 低压刀开关通常可以控制不频繁操作电源或小功率负荷设备的接通和断开。()
3. AC-3表示用接触器控制鼠笼型感应电动机的起动、运转中分断。()
4. 三相异步电动机多点控制原理就是将多个启动信号实施并联,多个停止信号实施串联。()
5. 三相异步电动机的顺序起动只能由控制电路实现。()

三、单项选择题(每题4分,共5题,20分)

1. 三相异步电动机直接起动应满足()。
A. 功率在50 kW以下
B. 电动机必须处于空载
C. 电动机容量不大于 $10\%\sim 15\%$ 主变压器容量
D. 起动时间不超过10 s
2. 交流接触器不可以完成对电气设备的()。
A. 频繁操作控制
B. 远程操作控制
C. 手动操作控制
D. 隔离操作控制

3. 过载保护继电器对运行中的电动机具有()保护功能。

- A. 短路
- B. 过载
- C. 欠压
- D. 漏电

4. ()不属于主令电器范畴。

- A. 按钮
- B. 行程开关
- C. 转换开关
- D. 信号灯

5. 电气控制中的点动控制不用于()。

- A. 手动控制
- B. 位置调整
- C. 顺序控制
- D. 设备维修

四、问答题(每题 10 分,共 3 题,30 分)

1. HK 系列开启式负荷开关一般可以控制多大功率的电动机?为什么?

2. 接触器的工作原理是什么?主要作用是什么?

3. 什么是自锁控制?为什么说接触器的自锁控制线路具有欠压和失压保护?



五、完型设计题(共 10 分)

现有一台交流异步电动机,型号为 Y132S1-2,功率为 5.5 kW,额定电压为 380 V,额定电流为 11.1 A,额定转速为 2 900 r/min,联结方式为三角形联结。请正确选择低压电器的型号,将表 2-7 补充完整。

表 2-7 低压电器的型号选择

序 号	名 称	型 号	电气符号	数 量
1	熔断器		FU2	1
2	低压刀开关		QS1	1
3	交流接触器		KM1	1
4	过载保护继电器		FR1	1
5	启动按钮		SB2	1
6	停止按钮		SB1	1

模块三

三相异步电动机 正、反转控制

模块导读

三相异步电动机正、反转控制在生产机械加工中经常用到，了解它的控制原理和一些低压电器是很重要的。常用的正、反转控制电路包括非直接换向、可直接换向、按钮联锁、行程限位等多种控制方式。本模块就是针对三相异步电动机正、反转控制所涉及的低压电器和控制电路进行学习。

学习单元一 三相异步电动机正、反转控制基本概述

引言 三相异步电动机实施正、反转控制需要对其供电电源进行换相操作,换相过程通过两个接触器进行,所以两个接触器之间要有严格的保护措施,避免同时得电而导致电源的短路。

一、三相异步电动机正、反转控制换相处理

三相异步电动机的定子线圈通入三相正弦交流电可以产生旋转磁场,如图 3-1、图 3-2 所示。

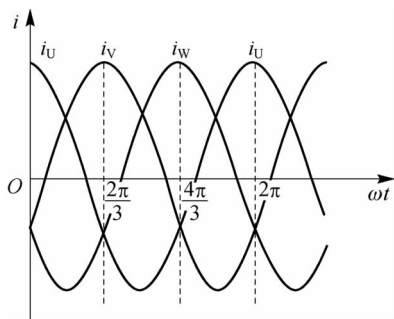


图 3-1 三相正弦交流电的电流波形

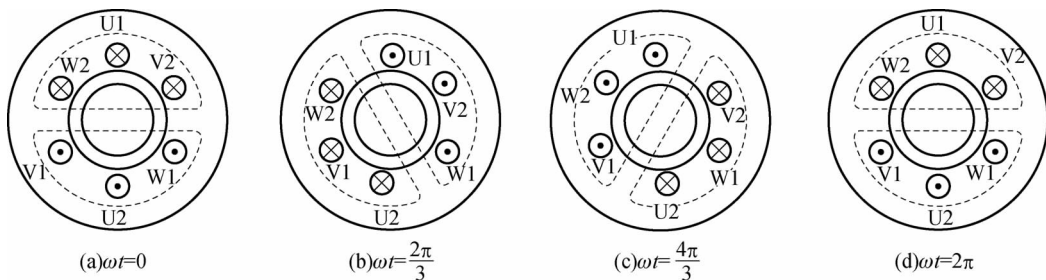


图 3-2 三相异步电动机定子线圈产生的旋转磁场

由图 3-1、图 3-2 可见,三相电流通过定子线圈的电流强度、时间都是动态变化的,由此产生的磁场也是变化的,其形态就是在定子线圈周围产生了能够旋转的磁势,称为旋转磁场。三相交流电流具有一定的相序,如 A—B—C、B—C—A、C—A—B 属于同一个相序,也称为正相序;而 C—B—A、B—A—C、A—C—B 也同属于一个相序,称为反相序。三相异步电动机的相序不同,产生的旋转磁场方向也不同,所以要改变电动机的转向,必须先改变旋转磁场的旋转方向,也就是需要改变其相序。

改变三相异步电动机的相序很简单,只要任意交换两组电源,就可以改变其相序。例如, A—B—C 为正相序,那么 A—C—B、C—B—A 就为反相序。因此,三相异步电动机正、反转控制主要是实现对电动机供电相序的改变,改变的方法就是利用两个接触器实现对电动机的不同相序供电,两个接触器上口接线并联,下口接线有两组进行了交换,如图 3-3 所示。

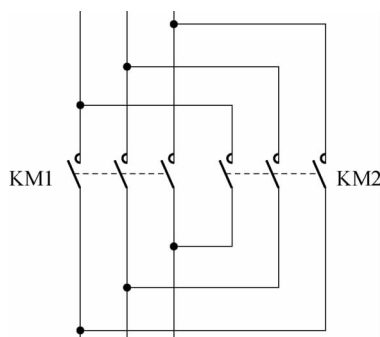


图 3-3 三相异步电动机主电路换相原理

二、三相异步电动机正、反转控制互锁保护

三相异步电动机实施正、反转控制的方法就是利用两个接触器实施对电动机供电相序的改变。如果两个接触器同时通电，则会出现三相交流电源短路现象。为了避免两个接触器同时通电，必须对其进行电气互锁保护。在前面的学习单元中，已对电气互锁的控制原理进行了介绍。电气互锁的特点就是将接触器自身的常闭触头相互串接在对方线圈控制电路中。当运行的接触器常闭触头没有完全回到位，被锁接触器的线圈就不能被控制得电，其原理如图 3-4 所示。

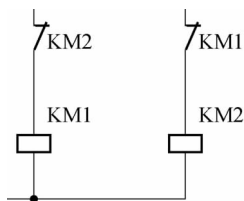


图 3-4 三相异步电动机控制电路互锁原理

互锁可以有效地避免电气事故的发生，特别是某个接触器发生触头熔焊时，如果没有互锁保护，另一个接触器通电后就会发生电源短路。

三、三相异步电动机正、反转控制联锁保护

三相异步电动机正、反转联锁保护是利用按钮实现的联锁控制。按钮联锁是将按钮的常开触头用来控制起动；常闭触头分别串接在实施正、反转控制电路中，用来停止对方运行，其原理如图 3-5 所示。

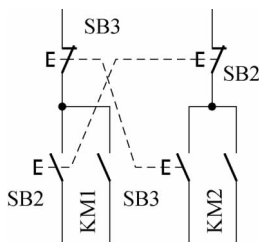


图 3-5 三相异步电动机控制电路联锁原理

视频

电动机双重互锁正反转控制不启动如何排查故障

视频

接触器自保、互锁正反转电路接线和实战演练

视频

三相电机正反转零线互锁电路图

视频

三相异步电动机双重互锁正反转工作原理



由图 3-5 可见,每个按钮在实施起动控制时,都会将另外一路断开,特别是当两组按钮同时按下时,两路同时处于断开状态,有效地实施了电气保护。

问题与思考

问题 1 三相异步电动机的转向与什么有关?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

问题 2 三相异步电动机在换向操作时为什么要实施电气互锁?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

学习单元二 常用低压电器

引言

本学习单元中主要介绍低压断路器、组合开关、万能转换开关、行程开关、接线端子。这些器件增加了电气控制的功能,在电气工程中经常要用到。本学习单元的学习目的是让学生掌握更多的低压电气元件。

一、低压断路器

低压断路器是用来保护电气线路和电气设备的电器产品。它除了具有对电路的分断能力外,还具有短路、过载、欠压等保护功能。低压断路器通常可以用来保护配电线路、电动机、照明负载等。低压断路器按其结构分为框架式低压断路器和装置式低压断路器。

1. 低压断路器的组成

低压断路器主要由触头系统、灭弧装置、操作机构以及各种脱扣机构组成。低压断路器

电磁驱动控制原理图如图 3-6 所示。



视频
断路器工作
原理

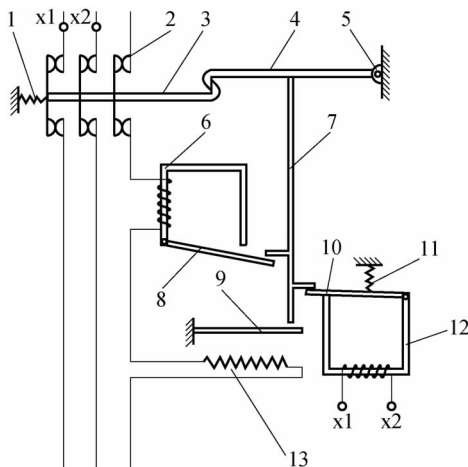


图 3-6 低压断路器电磁驱动控制原理图

1—弹簧；2—主触头；3、4、5—自由脱扣机构；6、8—电磁脱扣器；

7—主杠杆；9、13—过载脱扣器；10、11、12—欠压脱扣器

(1)触头系统和灭弧装置。触头系统和灭弧装置是低压断路器的执行机构,主触头用于实现主电路的接通和断开,其配套的辅助触头用于控制电路中的连锁。灭弧装置用于主触头的熄弧。

(2)操作机构和自由脱扣机构。操作机构和自由脱扣机构是低压断路器的机械传动部分,主要实现低压断路器主触头和辅助触头的接通和断开,其操作形式有手柄操作、杠杆操作、电磁铁操作和电动机操作。低压断路器的自由脱扣装置由短路、过载、欠压等三种保护装置实施联动控制,当电路产生故障时,相应的脱扣装置动作。

(3)电磁脱扣器。电磁脱扣器是由开口铁心和励磁线圈组成,低压断路器合闸后,主触头闭合,工作电流流过主触头和电磁脱扣器的励磁线圈。电路正常工作(工作电流不大于电磁脱扣器整定的电流值)时,电磁脱扣器的衔铁不吸合;电路发生短路故障时,电路中的短路电流会剧增(一般短路电流是工作电流的 5~7 倍为线路保护,10~14 倍为电动机保护),短路电流产生强大的电磁力,使电磁脱扣器的衔铁吸合并推动主杠杆上移,主杠杆驱动自由脱扣机构使低压断路器分断。由于短路时其动作是靠电磁力的影响,所以动作时间很快,分断应在 0.02 s(一个工频供电周期)内完成。

学 生

老师,什么是电磁脱扣电流?它和工作电流是什么关系?

老 师

低压断路器的电流分为额定电流和电磁脱扣电流,电磁脱扣电流一般小于或等于额定电流。正常时,工作电流应小于或等于电磁脱扣电流,当工作电流大于电磁脱扣电流时称其处于过载。

(4)过载脱扣器。过载脱扣器由加热元件和双金属片组成。主触头闭合后,工作电流流过加



热元件。电路工作正常(工作电流不大于过载整定的电流值)时,双金属片不发生变形,主杠杆不受任何外力影响;电路发生过载故障时,加热元件产生的热量增加致使双金属片发生较大的变形并推动主杠杆上移,主杠杆驱动自由脱扣机构使低压断路器分断。过载时,加热元件和双金属片的动作因受惯性的影响而不能瞬间动作,其动作时间和当前电流值呈现反时限特性。

(5)欠压脱扣器。欠压脱扣器由开口铁心和励磁线圈组成。当有外电压(电压应来自于主触头的上口)时,欠压脱扣器的励磁线圈有电流流过,衔铁吸合且不影响低压断路器的正常分断;外电压失压或电压偏低时,衔铁释放并推动主杠杆上移,主杠杆驱动自由脱扣机构使低压断路器分断,此时低压断路器不能接通。

2. 低压断路器的型号

低压断路器的结构和型号很多,目前我国常用的有低压框架式(DW 型)断路器和低压塑壳式(DZ 型)断路器,其产品代号含义如下,DZ15 系列断路器技术数据见表 3-1。

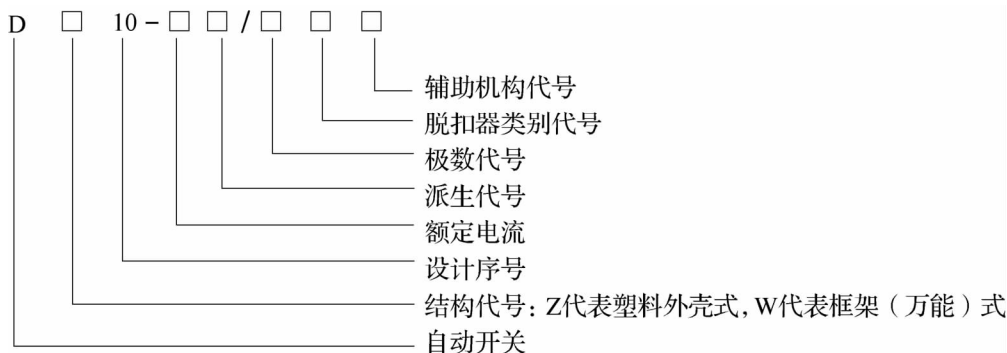


表 3-1 DZ15 系列断路器技术数据

型 号	额定电流/A	极 数	脱扣器额定电流/A	额定短路电流/A	电气寿命/次
DZ15-40/190	40	1、2、3、4	6、10、16、20、25、32、40	3 000	15 000
DZ15-40/290					
DZ15-40/390					
DZ15-40/490					
DZ15-63/190	63	1、2、3、4	6、10、16、20、25、32、40、50、63	5 000	10 000
DZ15-63/290					
DZ15-63/390					
DZ15-63/490					
DZ15-100/390	100	3、4	80、100	6 000	10 000
DZ15-100/490					

老 师

需要注意的是,不同型号的低压断路器具有不同的保护机构和参数的整定方法,使用时应根据电路的保护要求选择其型号并进行参数的整定。

二、组合开关

组合开关常在交流 50 Hz、电压不高于 380 V 的电气线路中使用,它由(多层绝缘壳内的)动触片、静触片、绝缘连杆、转轴、手柄等部分组成,如图 3-7 所示。



视频
组合开关线路
连接

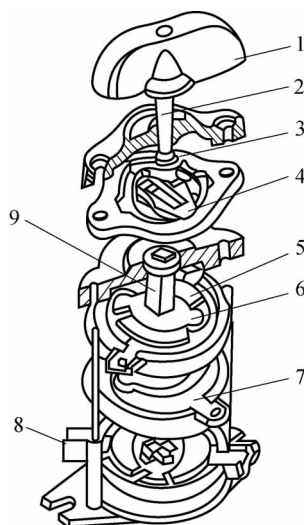


图 3-7 组合开关结构图

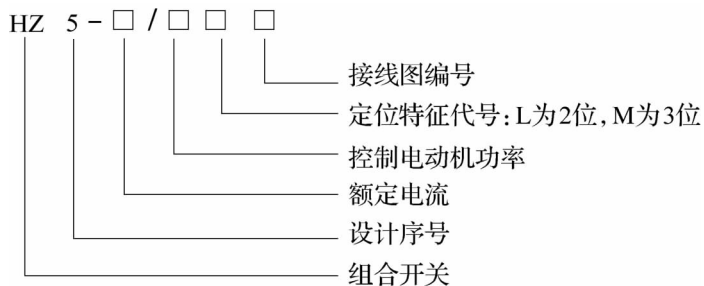
1—手柄; 2—转轴; 3—扭簧; 4—凸轮; 5—绝缘垫; 6—动触片; 7—静触片; 8—接线柱; 9—绝缘连杆

组合开关可作为电源开关,也可用于小功率三相异步电动机的起动、换向、变速等手动控制,并可用于实现系统的多条控制电路或多种控制方式的转换。

组合开关的操作机构由顶盖部分的转轴、凸轮、扭簧和手柄等部分组成。当转动手柄时,每层的动触片(动触片与手柄的绝缘连杆相连)随转轴一起转动,动触片轮流接通或分断。由于操作机构采用了扭簧储能机构,使开关能快速接通与分断,所以通断速度与手动操作无关。

组合开关有单极、双极和多极之分。常用的组合开关型号有 HZ5、HZ10、HZ15 和 HZW 系列,其中 HZW 系列不仅可以用于三相异步电动机的起动、换向控制,还可以用于主电路和辅助电路的控制。

组合开关型号的含义如下。



三、万能转换开关

万能转换开关属于主令电气元件,它由多组结构相同的触头组件叠装而成,具有多挡



位、多回路结构。万能转换开关主要用于各种电气控制电路和电气测量仪表的线路转换，也可用于小功率电动机的起动、制动、调速和换向控制以及配电设备的远距离控制等。

万能转换开关分为单层结构和多层结构两种。单层结构通常是由动触头与静触头通过分挡定位实现接触。多层结构是由手柄、凸轮、转轴、定位机构和多个触头座等部件组成，并用螺栓组装成一个整体，其每一层均装有 3 对触头，触头的接通与分断由凸轮来控制。由于各层凸轮的形状不同，所以当手柄转动到不同位置时，通过凸轮的作用可使各对触头有规律地接通或分断。万能转换开关单层结构如图 3-8 所示。

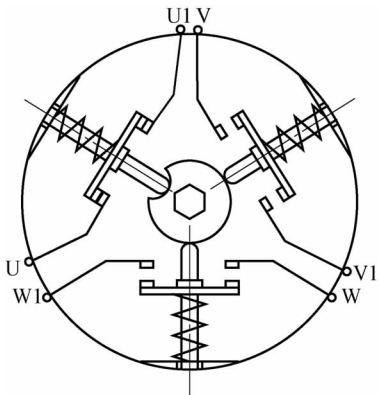


图 3-8 万能转换开关单层结构

万能转换开关的图形及文字符号如图 3-9 所示。

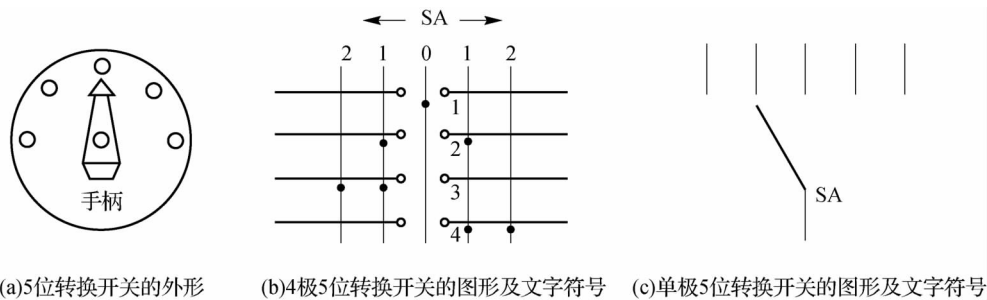


图 3-9 万能转换开关的图形及文字符号

4 极 5 位转换开关的触头通断状态见表 3-2。

表 3-2 4 极 5 位转换开关的触头通断状态

触头号	位置	←	↖	↑	↗	→
		90°	45°	0°	45°	90°
1				×		
2			×		×	
3		×	×			
4					×	×

注：×表示触头接通。

四、行程开关

行程开关是靠生产机械运动部件的撞击而发出控制信号的一种低压电器。行程开关也被称为限位开关,常用于生产机械设备的行程控制和限位保护。行程开关种类繁多,主要区别在于操作方式和操作机构的形状,行程开关有直动式、滚轮式、微动式等多种结构,但无论哪种结构,最终都是通过机械方式压接电气触头,行程开关一般提供一组常开和常闭触头。

1. 直动式行程开关

直动式行程开关的结构如图 3-10 所示。当外部运动部件压下推杆 3 时,常闭触头断开,常开触头闭合,从而实现了对其所在电路的控制。当按压推杆的外部运动部件离开推杆后,在弹簧的作用下,推杆向上移动复位,同时触头复位。



视频

如何区分行程开关常开与常闭? 如何辨别好坏?

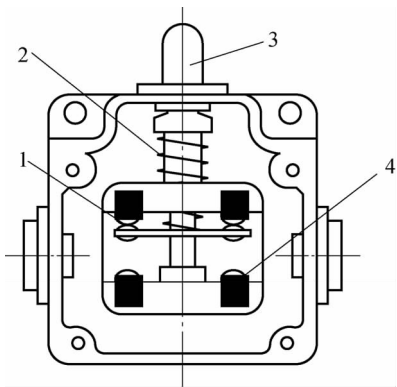


图 3-10 直动式行程开关的结构

1—常闭触头; 2—弹簧; 3—推杆; 4—常开触头

直动式行程开关以结构简单、价格低的优势被广泛使用。直动式行程开关触头的动作时间取决于机械部件撞击的速度,因此,撞块的移动速度不得低于 0.4 m/min 。否则,触头容易被电弧烧灼。

2. 滚轮式行程开关

滚轮式行程开关的结构如图 3-11 所示。当运动的撞块由左撞击带有滚轮 1 的上转臂 2 时,上转臂 2 转向右边,顶下推杆 4。滑轮 5 沿操纵件 6 快速向右移动,使弹簧 11 压缩受力。滑轮 5 移动超过中点时,受压弹簧使操纵件 6 迅速移动,使开关中的常闭触头很快断开,并使常开触头很快接通。当运动的撞块离开开关时,在复位弹簧的作用下,各动作部件复位。其触头的接通与断开和撞块移动的速度无关,而由弹簧的弹性决定。

滚轮式行程开关分为单滚轮式行程开关和双滚轮式行程开关,单滚轮式行程开关可自动复位,双滚轮式行程开关不能自动复位。单滚轮式行程开关又分为直轮式和斜轮式。直轮式可垂直压下,也可以左右(利用坡铁)碰撞;斜轮式一般只能沿着斜轮方向碰撞,方向不能反。双滚轮式行程开关只能实现左右碰撞。

3. 微动式行程开关

微动式行程开关的结构如图 3-12 所示。当运动的撞块压下推杆 1 时,开关的弓形片状弹簧 2 产生变形,使得动触头由下向上跳动,常闭触头 4 断开,常开触头 3 闭合。当运动的



撞块离开推杆 1 时,弓形片状弹簧 2 恢复弹性,使得动触头由上向下跳动,触头复位。

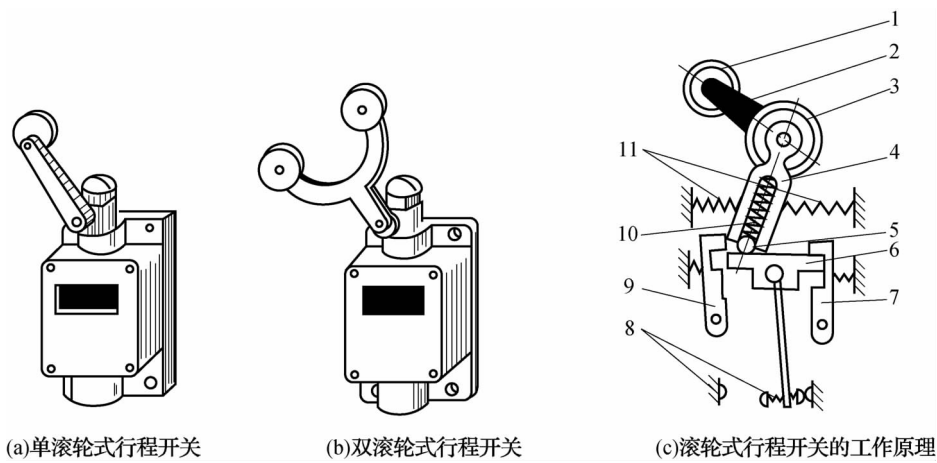


图 3-11 滚轮式行程开关的结构

1—滚轮; 2—上转臂; 3—转轮; 4—推杆; 5—滑轮; 6—操纵件; 7、9—压板; 8—触头; 10、11—弹簧

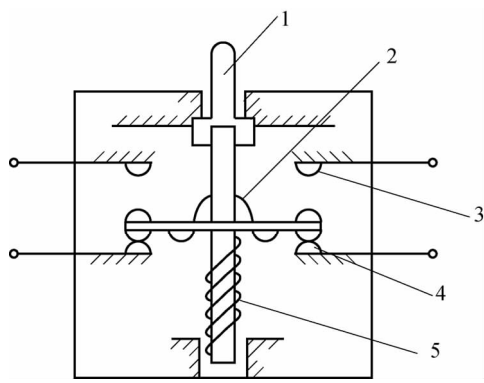


图 3-12 微动式行程开关的结构

1—推杆; 2—弓形片状弹簧; 3—常开触头; 4—常闭触头; 5—复位弹簧

行程开关的主要参数有型号、动作行程、工作电压、触头数量、电流容量等。JLXK1 系列行程开关技术参数见表 3-3。

表 3-3 JLXK1 系列行程开关技术参数

型 号	额定电压		额定电流/A	触头数量		结构形式
	交流/V	直流/V		常开触头	常闭触头	
JLXK1-111	500	400	5	1	1	单轮防护式
JLXK1-211						双轮防护式
JLXK1-111M						单轮密封式
JLXK1-211M						双轮密封式
JLXK1-311						直动防护式
JLXK1-311M						直动密封式
JLXK1-411						直动滚轮防护式
JLXK1-411M						直动滚轮密封式

五、接线端子

接线端子是用于实现电气连接的一种配件产品,接线端子的外形和结构如图 3-13 所示。工业上将接线端子划分为连接器的范畴。随着工业自动化程度越来越高和工业控制要求越来越严格、精确,接线端子的用量逐渐上涨。随着电子行业的发展,接线端子的使用范围和种类也越来越多。目前使用最广泛的除了 PCB 端子外,还有五金端子、螺帽端子、弹簧端子等。

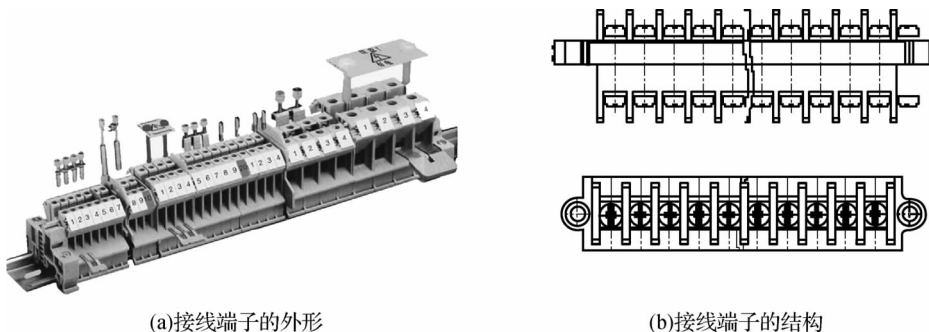


图 3-13 接线端子的外形和结构

接线端子的作用是方便导线的连接,它其实就是一段封在绝缘塑料里面的金属片,两端都有孔,可以插入导线,有螺纹用于紧固或松开。如两根导线有时需要连接,有时又需要断开,就可以用端子把它们连接起来,并且可以随时断开,而不必把它们焊接起来或缠绕在一起。接线端子的另一个作用就是适合大量的导线互联,如在自动生产线或建筑电气控制中就有专门的端子排、端子箱,里面全是接线端子,单层的、双层的、电流的、电压的、普通的、可断的等。

学 生

老师,接线端子的两个点在接线上有什么要求吗?

老 师

有的,接线端子主要是连接不同区域(通常不在一个平面或不在一个区域)的器件或线路,也可分别将同一个区域的电气元件连接在接线端子的同一侧。



问题与思考

问题 1 低压断路器的主要组成部分有哪些？主要功能是什么？

思考并回答：.....

问题 2 行程开关的主要分类有哪些？它主要起什么作用？

思考并回答：.....

问题 3 接线端子有哪些功能？在电气线路中主要起什么作用？

思考并回答：.....

学习单元三 电气控制电路原理分析

一、三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制电路原理分析

1. 三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制电气原理图及时序图

三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制电气原理图如图 3-14 所示,其时序图如图 3-15 所示。

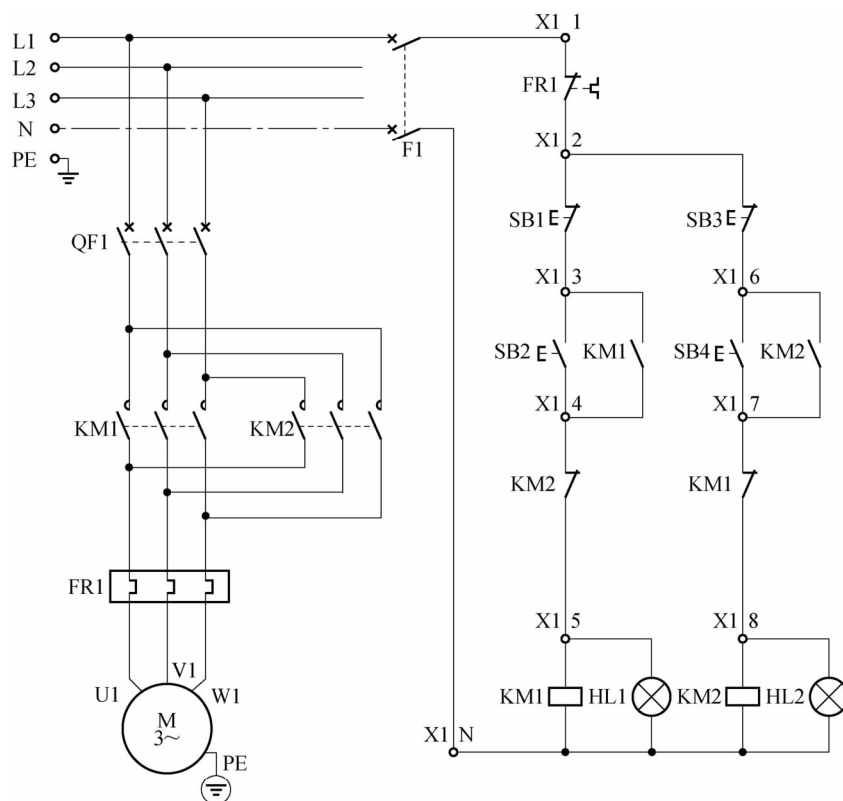


图 3-14 三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制电气原理图

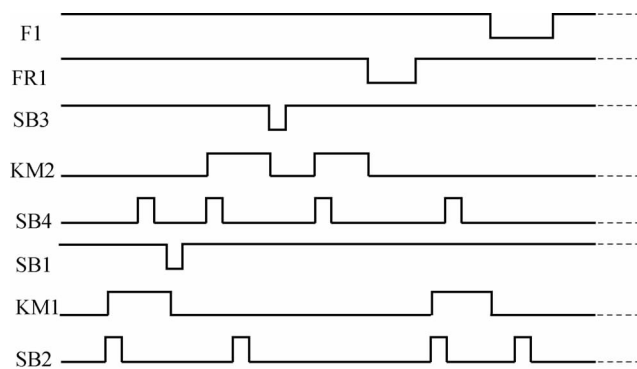


图 3-15 三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制时序图



动画
电动机正反转
控制电气原理



2. 三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制电路电气符号

三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制电路电气符号见表 3-4。

表 3-4 三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制电路电气符号

序 号	电气符号	功能说明
1	QF1	3 极自动空气开关
2	F1	2 极自动控制开关
3	FR1	过载保护继电器
4	KM1	交流接触器(正向)
5	KM2	交流接触器(反向)
6	SB1	停止按钮(正向)
7	SB2	启动按钮(正向)
8	SB3	停止按钮(反向)
9	SB4	启动按钮(反向)
10	HL1	信号指示灯(正向)
11	HL2	信号指示灯(反向)
12	X1	电气接线端子

3. 三相异步电动机正、反转(非直接换向)控制原理

1)主电路部分

- (1)合上 QF1,主电路接通供电电源。
- (2)KM1 主触头闭合(KM2 主触头断开),电动机正向运行。
- (3)KM2 主触头闭合(KM1 主触头断开),电动机反向运行。
- (4)断开 QF1,主电路断开供电电源,电动机停止运行。
- (5)主电路发生短路时,QF1 自动分断,主电路断开供电电源,电动机停止运行。

2)控制电路部分

- (1)按下 SB2,KM1 线圈得电并自锁(常开触头闭合,常闭触头断开),HL1 亮。
- (2)按下 SB4,KM2 线圈得电并自锁(常开触头闭合,常闭触头断开),HL2 亮。
- (3)KM1 线圈控制电路与 KM2 线圈控制电路实施互锁控制。
- (4)按下 SB1,KM1 线圈断电(常开触头断开,常闭触头闭合),HL1 灭。
- (5)按下 SB3,KM2 线圈断电(常开触头断开,常闭触头闭合),HL2 灭。
- (6)FR1 断开,控制电路断电,控制电路下所有电气元件释放。
- (7)F1 断开,控制电路断电,控制电路下所有电气元件释放。

二、三相异步电动机正、反转(直接换向)控制电路原理分析

1. 三相异步电动机正、反转(直接换向)控制电气原理图及时序图

三相异步电动机正、反转(直接换向)控制电气原理图如图 3-16 所示,其时序图如图 3-17 所示。



三相异步电动机正、反转(直接换向)控制电路电气符号见表 3-5。



表 3-5 三相异步电动机正、反转(直接换向)控制电路电气符号

序 号	电气符号	功能说明	序 号	电气符号	功能说明
1	QF1	3 极自动空气开关	7	SB1	启动按钮(正向)
2	F1	2 极自动控制开关	8	SB2	启动按钮(反向)
3	FR1	过载保护继电器	9	HL1	信号指示灯(正向)
4	KM1	交流接触器(正向)	10	HL2	信号指示灯(反向)
5	KM2	交流接触器(反向)	11	X1	电气接线端子
6	SB0	停止按钮			

3. 三相异步电动机正、反转(直接换向)控制原理

1) 主电路部分

- (1)合上 QF1,主电路接通供电电源。
- (2)KM1 主触头闭合(KM2 主触头断开),电动机正向运行。
- (3)KM2 主触头闭合(KM1 主触头断开),电动机反向运行。
- (4)断开 QF1,主电路断开供电电源,电动机停止运行。
- (5)主电路发生短路时,QF1 自动分断,主电路断开供电电源,电动机停止运行。

2) 控制电路部分

- (1)按下 SB1,KM1 线圈得电并自锁(常开触头闭合,常闭触头断开),HL1 亮。
- (2)按下 SB1,KM2 线圈断电(常开触头断开,常闭触头闭合),HL2 灭。
- (3)按下 SB2,KM2 线圈得电并自锁(常开触头闭合,常闭触头断开),HL2 亮。
- (4)按下 SB2,KM1 线圈断电(常开触头断开,常闭触头闭合),HL1 灭。
- (5)KM1 线圈控制电路与 KM2 线圈控制电路实施互锁控制。
- (6)按下 SB0,控制电路断电,控制电路下所有电气元件释放。
- (7)FR1 断开,控制电路断电,控制电路下所有电气元件释放。
- (8)F1 断开,控制电路断电,控制电路下所有电气元件释放。

老师

为避免正、反向控制接触器同时得电,除了线路连接中实施互锁外,有时还需要进行按钮之间的电气联锁。

三、三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制电路原理分析

1. 三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制电气原理图及时序图

三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制电气原理图如图 3-18 所示,其时序图如图 3-19 所示。

2. 三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制电路电气符号

三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制电路电气符号见表 3-6。

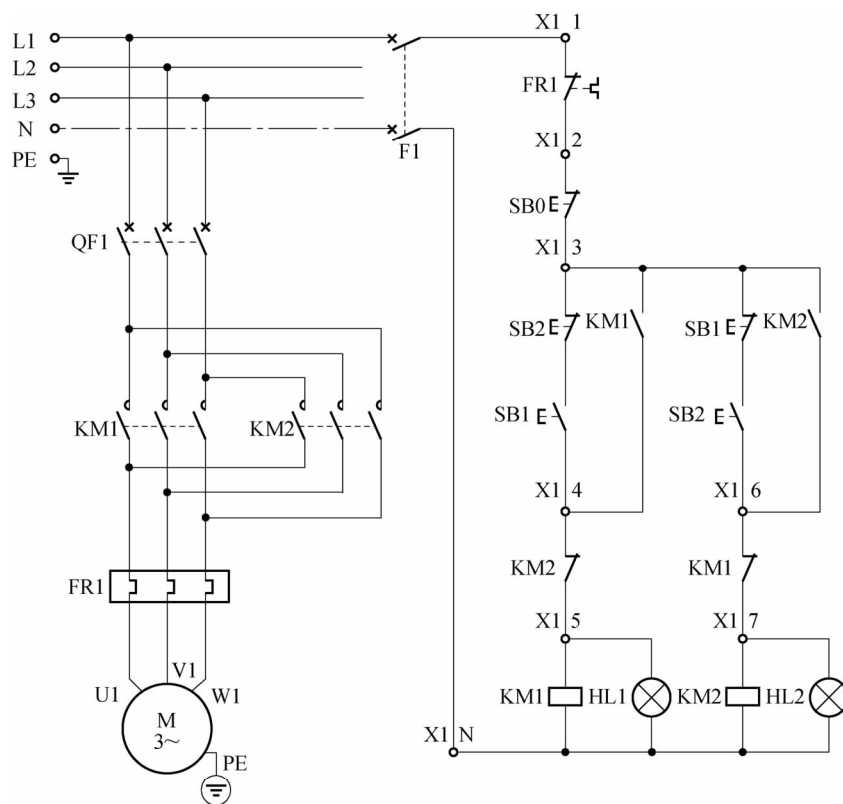


图 3-18 三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制电气原理图

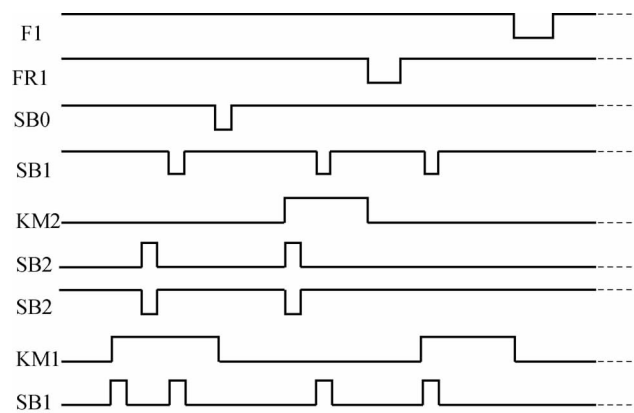


图 3-19 三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制时序图



表 3-6 三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制电路电气符号

序 号	电气符号	功能说明	序 号	电气符号	功能说明
1	QF1	3 极自动空气开关	7	SB1	启动按钮(正向)
2	F1	2 极自动控制开关	8	SB2	启动按钮(反向)
3	FR1	过载保护继电器	9	HL1	信号指示灯(正向)
4	KM1	交流接触器(正向)	10	HL2	信号指示灯(反向)
5	KM2	交流接触器(反向)	11	X1	电气接线端子
6	SB0	停止按钮			

3. 三相异步电动机正、反转(按钮联锁)控制原理

1) 主电路部分

- (1) 合上 QF1, 主电路接通供电电源。
- (2) KM1 主触头闭合(KM2 主触头断开), 电动机正向运行。
- (3) KM2 主触头闭合(KM1 主触头断开), 电动机反向运行。
- (4) 断开 QF1, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。
- (5) 主电路发生短路时, QF1 自动分断, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。

2) 控制电路部分

- (1) 按下 SB1, KM1 线圈得电并自锁(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL1 亮。
- (2) 按下 SB2, KM2 线圈得电并自锁(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL2 亮。
- (3) 同时按下 SB1、SB2, KM1 线圈和 KM2 线圈均不得电(按钮联锁)。
- (4) KM1 线圈控制电路与 KM2 线圈控制电路实施互锁控制。
- (5) 按下 SB0, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。
- (6) FR1 断开, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。
- (7) F1 断开, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。

四、三相异步电动机正、反转(带限位)控制电路原理分析

1. 三相异步电动机正、反转(带限位)控制电气原理图及时序图

三相异步电动机正、反转(带限位)控制电气原理图如图 3-20 所示, 其时序图如图 3-21 所示。

2. 三相异步电动机正、反转(带限位)控制电路电气符号

三相异步电动机正、反转(带限位)控制电路电气符号见表 3-7。

表 3-7 三相异步电动机正、反转(带限位)控制电路电气符号

序 号	电气符号	功能说明	序 号	电气符号	功能说明
1	QF1	3 极自动空气开关	8	SB3	启动按钮(反向)
2	F1	2 极自动控制开关	9	SQ4	左限位行程开关
3	FR1	过载保护继电器	10	SQ5	右限位行程开关
4	KM1	交流接触器(正向)	11	HL1	信号指示灯(正向)
5	KM2	交流接触器(反向)	12	HL2	信号指示灯(反向)
6	SB1	停止按钮	13	X1	电气接线端子
7	SB2	启动按钮(正向)			



1)主电路部分

(2) KM1 主触头闭合(KM2 主触头断开),电动机正向运行。

■ 68



- (4) 断开 QF1, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。
- (5) 主电路发生短路时, QF1 自动分断, 主电路断开供电电源, 电动机停止运行。
- 2) 控制电路部分
- (1) 按下 SB2, KM1 线圈得电并自锁(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL1 亮。
- (2) 碰上右限位 SQ5, KM1 线圈断电(常开触头断开, 常闭触头闭合), HL1 灭。
- (3) 按下 SB3, KM2 线圈得电并自锁(常开触头闭合, 常闭触头断开), HL2 亮。
- (4) 碰上左限位 SQ4, KM2 线圈断电(常开触头断开, 常闭触头闭合), HL2 灭。
- (5) KM1 线圈控制电路与 KM2 线圈控制电路实现互锁控制。
- (6) 按下 SB1, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。
- (7) FR1 断开, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。
- (8) F1 断开, 控制电路断电, 控制电路下所有电气元件释放。

问题与思考

问题 1 三相异步电动机在什么情况下不能进行直接换向操作?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

问题 2 为什么三相异步电动机在进行换向操作时必须使用两个接触器?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

电气控制课堂体验

利用电气控制技术学习机(见图 2-21)进行电气控制的课堂体验。

- (1) 将三相异步电动机与电气控制技术学习机进行线路连接, 然后合上总电源开关, 将

运行开关拨到 ON 上,此时,触摸屏亮并进入主界面。

(2)在触摸屏上选择可逆(非直接换向)控制实验,实施正、反向控制操作,观察三相异步电动机的工作状态。

(3)在触摸屏上选择可逆(直接换向)控制实验,实施正、反向控制操作,观察三相异步电动机的工作状态。

(4)在触摸屏上选择可逆(按钮联锁)控制实验,实施正、反向控制操作,观察三相异步电动机的工作状态。

(5)在触摸屏上选择可逆(带限位)控制实验,实施正、反向控制操作,观察三相异步电动机的工作状态。

模块小结

三相异步电动机正、反转控制根据生产控制工艺的不同有多种控制方式,如带有终点限位控制、直接换向控制、非直接换向控制、带按钮联锁控制等。三相异步电动机正、反转控制主要是通过改变电动机的供电相序实现,因此,主电路需由两个接触器给电动机实现供电。由于两个接触器之间的线路连接存在着电源换向,接触器同时得电会造成电源短路,所以在控制电路中对两个接触器应采用电气互锁,从而防止两个接触器同时得电。三相异步电动机正、反转控制的保护措施还可通过按钮联锁控制方案实现电气保护。在对模块二中刀开关、熔断器、接触器、过载保护继电器、按钮、信号灯等低压电气元件的学习基础上,本模块又增加了低压断路器、组合开关、万能转换开关、行程开关、接线端子等低压电器内容的学习,使学生对电气控制电路有了更深的理解。

模块测试卷

一、填空题(每空 2 分,共 10 空,20 分)

1. 低压断路器的保护功能通常包含短路、_____、_____等保护措施。
2. 低压断路器实施短路保护时的动作时间应不大于_____秒。
3. 组合开关的操作机构由顶盖部分的转轴、_____、扭簧和手柄等部分组成。
4. 行程开关有直动式、_____、微动式多种结构,其触头动作方式都是通过外力撞击实现。
5. 行程开关的主要参数有型号、动作行程、工作电压、_____、电流容量等。
6. 万能转换开关属于_____元件之一,它由多组触头组件叠装而成。
7. 三相异步电动机正、反转控制电路中通常包含_____和_____等保护措施。
8. 三相异步电动机正、反转控制主电路中有两个接触器,其作用是实现_____。

二、判断题(每题 4 分,共 5 题,20 分)

1. 三相异步电动机正、反转控制在任何情况下都不允许直接换向(先停止,再换转)。()
2. 低压断路器的额定电流即电磁脱扣器的整定电流。()



3. 低压断路器可用于三相异步电动机的短路保护,不需要再使用熔断器。 ()
4. 接线端子的作用就是实现对不同区域的电气器件或电气线路的电气连接。 ()
5. 三相异步电动机通常功率在 5 kW 以上时,不允许直接进行正、反转换向。 ()

三、单项选择题(每题 4 分,共 5 题,20 分)

1. ()不是低压断路器的应用范畴。
- A. 实现电气控制系统的短路保护 B. 实现电气控制系统的过载保护
- C. 实现电气控制系统的欠压保护 D. 实现电气控制系统的绝缘保护
2. 万能转换开关属于()。
- A. 主令电器 B. 保护电器
- C. 控制电器 D. 配电电器
3. 三相异步电动机正、反转控制电路中不含有()控制。
- A. 自锁 B. 互锁
- C. 联锁 D. 解锁
4. 电气控制系统在()情况下不会使用接线端子。
- A. 电气元件不在同一平面或距离较远 B. 使用不同类型的电气元件
- C. 电气线路比较复杂,接线比较多 D. 电气元件电流比较大
5. 三相异步电动机正、反转控制中通常使用()常闭触头进行限位控制。
- A. 转换开关 B. 行程开关
- C. 过载保护开关 D. 压力开关

四、问答题(每题 10 分,共 3 题,30 分)

1. 低压断路器的主要工作原理是什么? 如何进行参数设定?
2. 三相异步电动机正、反转控制电路中的电气联锁所起的作用是什么?
3. 什么是三相异步电动机相序? 它与电动机的转向有什么关系?