

项

目 5

电气控制电路的设计与安装

总体学习目标

- 了解三相异步电动机结构和工作原理
- 了解常用低压电器的结构、工作原理及图形符号
- 读懂三相异步电动机控制电路原理图
- 掌握三相异步电动机控制电路的设计与安装

项目描述

在实际生产过程中,常常需要电机实现点动、连续运转或正反转,在各控制场合中,同时需要配备各种低压电器进行工作。

本项目由三个子项目组成,其中包含三相异步电动机点动控制电路安装与检修、三相异步电动机单项连续运行控制电路安装与检修和三相异步电动机双重互锁正反转控制电路安装与检修。

任务 1 三相异步电动机点动控制电路

学习目标

- 掌握三相异步电动机的结构及原理
- 掌握低压断路器、熔断器和交流接触器的结构及工作原理
- 掌握三相异步电动机点动控制电路的工作原理图
- 能完成三相异步电动机点动控制线路的设计、安装与调试任务

子任务 1 元器件清单的制定

要求: 根据三相异步电动机点动控制电路原理图 5.22,在电路接线前正确无误地填写完成元件清单表 5.1。

表 5.1 三相异步电动机点动控制电路元件清单

[illegible]

子任务2 元器件的检测

要求: 根据元件清单表,按照电气元器件检验标准,正确检测元器件,把检测结果填入表 5.2。

表 5.2 元器件检测明细表

元 器 件		识别及检测内容			配 分	评分标准	得分
低压断路器		合上开关检测断路器各相是否导通			每支 1 分 共计 3 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	第一相						
	第二相						
	第三相						
熔断器		检测熔断器是否导通			每支 1 分 共计 2 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	FU1						
	FU2						
交流接触器		检测各相是否导通		常闭常开触头是否正常	每支 1 分 共计 5 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	第一相		常开触头				
	第二相		常闭触头				
	第三相						
开关		检测常开触头是否正常			每支 1 分 共计 1 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	SB1						
电机		各相电阻 (R/ Ω)		两相之间的电阻(R/ Ω)	每支 1 分 共计 6 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	L1		L1 与 L2				
	L2		L2 与 L3				
	L3		L1 与 L3				
子任务 2 得分							

子任务 3 点动控制电路的设计、安装与调试

根据三相异步电动机点动控制电路原理图 5.22 进行电路接线,完成点动控制电路的设计、安装与调试。接线完成后,仔细检查电路的接线情况,确保各端子接线牢固。对照表 5.3 任务内容、考核要求进行检查。

表 5.3 点动控制电路任务评价表

内容	考核要求	配分	评分标准	得分
安全操作	是否遵守安全操作规程,团队合作融洽	10 分	一处不合格扣 2 分	
安装电路	电路的布线符合工艺标准	10 分	一处不合格扣 2 分	
	根据电路图能完整正确的安装	20 分		
调试	根据电路的故障现象能够正确分析判断出故障点并排除故障	20 分	一处不合格扣 2 分	
操作演示	能够正确操作演示实现点动控制,电路分析正确	10 分	一处不合格扣 2 分	
子任务 3 得分				

知识链接

1. 内容提示

为保证人身安全,在通电试运转时,要认真执行安全操作规程的有关规定,一人监护,另一人操作。试运转前,应检查与通电试运转有关的电气设备是否有不安全的因素存在,若查出应立即整改后,方能试运转。

通电试运转前,必须征得指导老师的同意,并由指导老师接通三相电源 L1、L2、L3,同时在现场监护。学生合上电源开关 QS 后,用测电笔检查熔断器或开关出线端,氖管亮说明电源接通。观察电气元件的动作是否灵活,有无卡阻及噪声过大等现象,电动机运行情况是否正常等;但不得对线路接线是否正确接线带电检查。观察过程中,若发现有异常现象,应立即停机。当电动机运转平稳后,用钳形电流表测量实训电流是否平衡。

试运转次数自通电后第一次合上开关起计算。

出现故障后,学生应独立进行检修。若需要带电检查,指导老师必须在现场监护。检修完毕后,如需要再次试运转,指导老师也应该在现场监护,并做好时间记录。

通电试运转完毕后,停转并切断电源。先拆除三相电源线,再拆除电动机线。

2. 电气故障检修的一般步骤和方法

1) 检修步骤

(1) 检修前的故障调查。当电气设备发生故障后,切忌盲目动手检修。在检修前,通过问、看、听、摸、闻来了解故障前后的操作情况和故障发生后出现的异常现象,以便根据故障现象判断出故障发生的部位,进而准确地排除故障。

(2) 确定故障范围。对于简单的线路。可采取每个电气元件、每根连接导线逐一检查的方法找到故障点;对于复杂的线路,应根据电气设备的工作原理和故障现象,采用逻辑分

析法结合外观检查法、通电实验法等来确定故障可能发生的范围。

(3) 查找故障点。选择合适的检修方法查找故障点。常用的检修方法有直观法、电压测量法、电阻测量法、短接法、试灯法、波形测试法等。查找故障必须在确定的故障范围内,顺着检修思路逐点检查,直到找出故障点。

(4) 排除故障。针对不同的故障情况和部位采取正确的方法修复故障。更换新元件时要注意尽量使用相同规格、型号,并进行性能检测,确认性能完好后方可替换。在故障排除中还要注意周围的元件、导线等,不可再扩大故障。

(5) 通电试车。故障修复后,应重新通电试车检查生产机械的各项操作,检查是否符合各项技术要求。

2) 查找故障点的常用方法

检修过程的重点是判断故障范围和确定故障点。测量法是维修电工在工作中用来准确确定故障点的一种行之有效的检查方法。常用的测量工具和仪表有校验灯、测电笔、万用表、钳形电流表、兆欧表等,通过对电路进行带电或断电时的有关参数如电压、电阻、电流等的测量,来判断电器元件的好坏、设备的绝缘情况及线路的通断情况等。详见表 5.4。

表 5.4 点动正转控制线路常见故障及维修方法

常见故障	故障原因	维修方法
电动机不能启动	熔断器熔体熔断	查明原因排除后更换熔体
电动机缺相	组合开关或断路器操作失控、负荷开关或组合开关动、静触头接触不良	拆装组合开关或断路器并修复;对触头进行修整
按下 SB, KM 不吸合	触头接触不良	检查 KM、QF 的触头或更换

3. 三相异步电动机

三相异步电动机是指供电为三相交流电源,转子转速与旋转磁场转速不相等的电动机。其特点是结构简单、制造方便、价格低廉、运行可靠,因而在工农业生产及交通运输中得到了广泛的应用,在各种电力拖动装置中,三相异步电动机占 90% 左右。

1) 三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机是由定子和转子两个主要部分组成。定子为固定不动的部分,转子为转动的部分,如图 5.1 所示。

(1) 定子。定子主要由定子铁芯、定子绕组和机座等组成。

定子铁芯是电动机主磁路的一部分,因此要有良好的导磁性能。为了减小交变磁场在铁芯中引起的铁芯损耗,一般采用 0.5mm 厚且两面涂有绝缘漆的硅钢冲片叠成圆筒形,并压装在机座内。在定子铁芯内圆上冲有均匀分布的槽,用于嵌放三相定子绕组。

定子绕组是电动机的定子电路部分,将通过三相交流电流建立旋转磁场。定子绕组由绝缘漆包铜线制作,且按照一定的规律嵌放在定子槽内,组成一个在空间依次相差 120° 电角度的三相对称绕组,其首端分别为 U_1 、 V_1 、 W_1 ,末端分别为 U_2 、 V_2 、 W_2 ,并从接线盒内引出,根据需要它们可接成星形或三角形,如图 5.2 所示。

机座主要用于固定和支撑定子铁芯及固定端盖,并通过两侧端盖和轴承支撑转轴。一

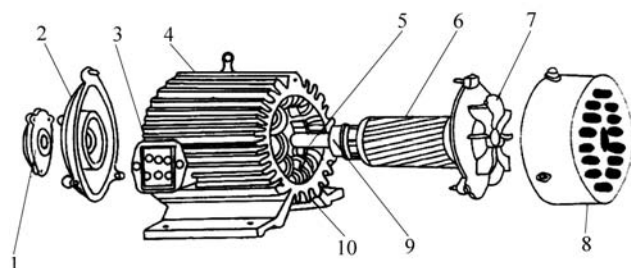


图 5.1 三相笼型异步电动机

1—轴承盖；2—端盖；3—接线盒；4—散热筋；5—转轴；
6—转子；7—风扇；8—罩壳；9—轴承；10—机座

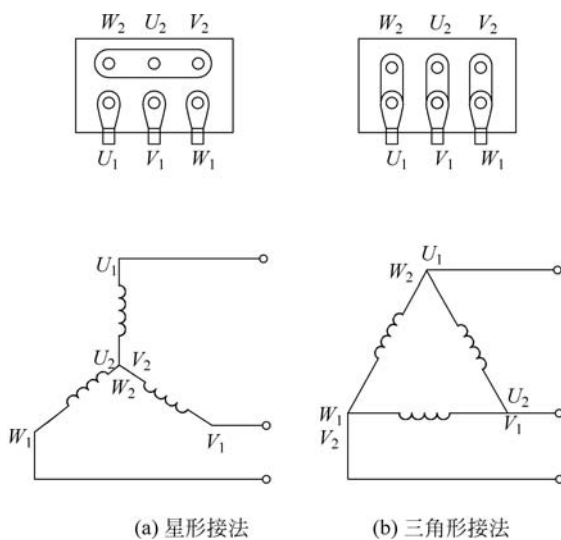


图 5.2 三相定子绕组的接法

般由铸铁或铸钢板焊制而成。它的外表面有散热筋,以增加散热面积。

(2) 转子。转子主要由转子铁芯、转子绕组和转轴等部分组成。

转子铁芯也是电动机主磁路的一部分,也用 0.5mm 厚且相互绝缘的硅钢片叠压成圆柱体,中间压装转轴,外圆上冲有均匀分布的槽孔,用以放置转子绕组。

转轴用来支撑转子铁芯和输出电动机的机械转矩。

转子绕组是电动机的转子电路部分,其作用是感应电动势、流过电流并产生电磁转矩。按其结构形式的不同可分为笼型转子和绕线转子。

笼型转子是在转子铁芯的每个槽内放入一根导体,并在伸出铁芯的两端分别用两个导电环把所有导体短接起来,形成一个自行闭合的短路绕组。若去掉铁芯,剩下的绕组形状就像一个松鼠笼子,所以称之为笼型转子。中小型三相异步电动机的笼型转子一般采用铸铝,将导条、端环和风叶一次铸出。

绕线转子绕组与定子绕组一样,也是一个三相对称绕组。它嵌放在转子铁芯槽内,并接成星形,其三个引出端分别接到固定在转轴上的三个铜制集电环上,再通过压在集电环上的三个电刷与外电路接通。绕线转子可通过集电环与电刷在转子回路外串附加电阻或其他

控制装置,以便改善三相异步电动机的启动性能和调速性能。

2) 三相异步电动机的工作原理

三相异步电动机是依靠定子绕组所产生的旋转磁场来工作的,因此先讨论旋转磁场是怎样产生的。

图 5.3(a)为三相异步电动机两极定子绕组示意图,三相绕组 U_1U_2 、 V_1V_2 、 W_1W_2 在定子中空间位置上依次相差 120° ,若接成星形接法,即首端 U_1 、 V_1 、 W_1 与三相电源相连,末端 U_2 、 V_2 、 W_2 接在一起,如图 5.3(b)所示,则在三相定子绕组中有三相对称交流电流 i_U 、 i_V 、 i_W 流过,其波形如图 5.4 所示。

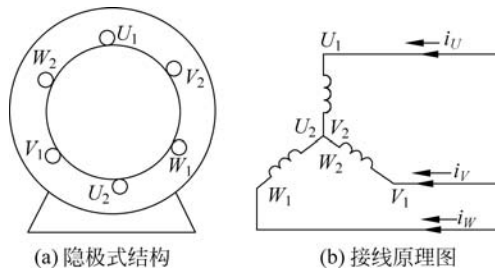


图 5.3 定子三相绕组结构示意图

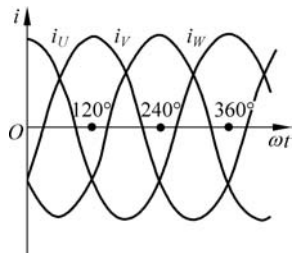


图 5.4 三相电流波形

4. 三相电流波形

现规定: 电流为正时, 电流从线圈首端流进, 末端流出; 电流为负时, 电流从线圈末端流进, 首端流出。在表示线圈导线的小圆圈内, 用“ $\times$ ”表示电流流入, 用“ $\cdot$ ”表示电流流出。

下面通过几个特定时刻来分析定子绕组所产生的合成磁场是怎样变化的。

当 $\omega t = 0^\circ$ 时, $i_U = I_m$, 电流从 U_1 流进, 以“ $\times$ ”表示, 从 U_2 流出, 以“ $\cdot$ ”表示; $i_V = i_W = -I_m/2$, 电流分别从 V_2 、 W_2 流进, 以“ $\times$ ”表示, 从 V_1 、 W_1 流出, 以“ $\cdot$ ”表示。根据右手螺旋定则, 可判断出该时刻的合成磁场如图 5.5(a) 所示。

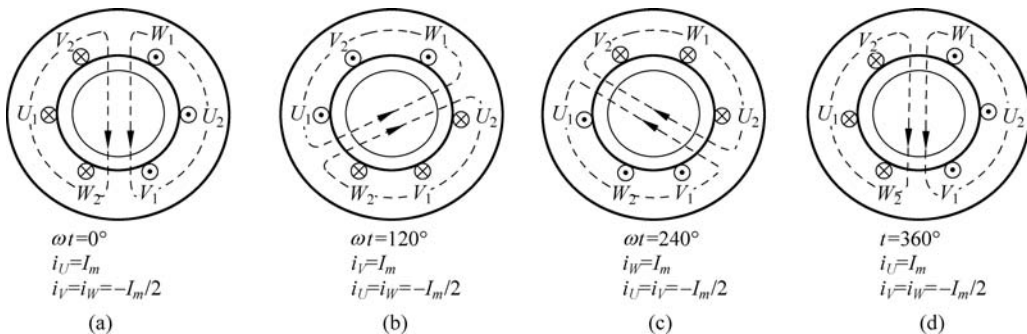


图 5.5 两极旋转磁场示意图

用同样的方法可判断出 $\omega t = 120^\circ$ 、 $\omega t = 240^\circ$ 、 $\omega t = 360^\circ$ 几个时刻的三相合成磁场方向分别如图 5.5(b)(c)(d) 所示。

比较图 5.5 中的四个时刻, 可以看出三相合成磁场具有以下特点:

(1) 定子三相绕组的合成磁场为旋转磁场。

(2) 合成磁场的方向总是与电流达到最大值的那一相绕组的轴线方向一致。因此,在三相绕组空间排序不变的条件下,旋转磁场的转向决定于三相电流的相序。若要改变旋转磁场转向,只需将三相电源进线中的任意两相对调即可。

(3) 对于两极(即磁极对数 $p=1$)电动机,交流电变化一周期,旋转磁场恰好在空间转过 360° (即一转),若交流电每秒钟变化 f_1 周期,则旋转磁场每秒钟 f_1 转,每分钟 $60f_1$ 转,即旋转磁场转速

$$n_1 = 60f_1$$

对于四极($p=2$)电动机,当给三相绕组通入三相对称电流时,通过同样的分析方法可得旋转磁场的转速将减小一半,即

$$n_1 = \frac{60f_1}{2}$$

由此推断,对于 p 对磁极电动机,旋转磁场的转速

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}$$

式中, n_1 是旋转磁场转速,亦称同步转速(r/min); f_1 是电源频率(Hz); p 是磁极对数。

由此可知,旋转磁场的转速与交流电的频率成正比,与磁极对数成反比。

5. 旋转原理

当定子绕组接通三相电源后,则在定子、转子及其气隙间产生转速为 n_1 的旋转磁场(假设按顺时针方向旋转)。这时,旋转磁场与转子导体间就有了相对运动,使得转子导体能够切割磁力线,从而在转子导体中产生感应电动势。其方向可根据右手定则判断出,如图 5.6 所示。由于转子导体自成闭合回路,因此在感应电动势的作用下,转子导体内便有了感应电流。感应电流又与旋转磁场相互作用而产生电磁力,其方向可根据左手定则判断,如图 5.6 所示,这些电磁力对转子形成电磁转矩。从图 5.6 可以看出,电磁转矩方向与旋转磁场的转向一致,这样转子就会顺着旋转磁场的转向旋转起来。由此看来,转子的转向总是和旋转磁场的转向一致。若改变旋转磁场的转向,则可改变转子的转向。

旋转磁场的同步转速 n_1 与转子转速 n 之差称为转差。转差与同步转速 n_1 之比称为转差率,用 s 表示,即

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

转差率 s 是三相异步电动机的重要参数,它对电动机的运行有着极大的影响,其大小也能反映转子转速,即

$$n_1 = n(1 - s)$$

电动机启动瞬间,转子转速 $n=0$,转差率 $s=1$;理想空载时,转子转速 $n=n_1$,转差率 $s=0$ 。因此,电动机在电动状态下运行时,转差率 $s=0\sim 1$ 。

通常电动机在额定状态下运行时,其额定转速接近同步转速 n_1 ,额定转差率 $s_N=0.02\sim 0.07$ 。

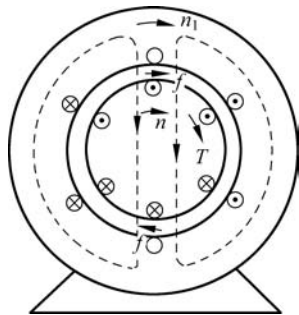


图 5.6 三相异步电动机旋转原理图

6. 三相电动机铭牌数据

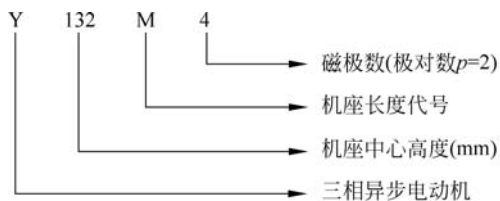
在三相异步电动机的机座上均装有一块铭牌(图 5.7),铭牌上标出了该电动机的主要技术数据,供正确使用电动机时参考。

三相异步电动机					
型 号	Y132M-4	功 率	7.5kW	频 率	50Hz
电 压	380V	电 流	15.4A	接 法	△
转 速	1440 r/min	效 率	87%	功率因数	0.85
绝缘等级	B	工作方式	连续	重 量	kg
年 月		编 号		××电机厂	

图 5.7 某电动机铭牌

1) 型号

例如:



2) 额定值

(1) 额定功率 P_N (kW): 指电动机在额定工作状态下运行时,轴上输出的机械功率。

(2) 额定电压 U_N (kV 或 V): 指电动机在额定状态下运行时,定子绕组所加的线电压。

(3) 额定电流 I_N (A): 指电动机在加额定电压、输出额定功率时,流入定子绕组的线电流。

(4) 额定功率与其他额定值之间的关系

$$P_N = \sqrt{3} P U_N I_N \eta_N \cos \varphi_N$$

式中, η_N 为额定效率; $\cos \varphi_N$ 为额定功率因数。

(5) 额定转速 n (r/min): 指电动机在额定状态下运行时的转速。

(6) 额定频率大(Hz): 指电动机所接交流电源的频率。我国电网的频率规定为 50Hz。

接法(△)表示在额定电压下,定子绕组应采用的联结方法。Y 系列电动机,4kW 以上者均采用三角形接法。

(7) 工作方式有三种工作方式。

S1 表示连续工作方式;

S2 表示短时间工作方式;

S3 表示断续工作方式。

(8) 绝缘等级根据绝缘材料允许的最高温度,绝缘等级分为 Y、A、E、B、F、H、C 级,见表 5.5,Y 系列电动机多采用 E、B 级绝缘。

表 5.5 绝热材料耐热等级

等级	Y	A	E	B	F	H	C
最高允许温度/℃	90	105	120	130	135	180	>180

7. 常见低压电器

1) 低压开关

低压开关主要用于电路的隔离、转换、接通和断开,有时也用来控制小容量电动机的启动、停止和反转。低压电器一般为非自动切换电器,常用的有刀开关、转换开关和低压断路器。

2) 刀开关(QS)

刀开关俗称刀闸开关或刀闸,是一种最常用的手动电器,其结构如图 5.8 所示,由安装在瓷质底板上的刀片(动触头)、刀座(静触头)和胶木盖构成。刀开关可分为单极、双极和三极几种,并且双极和三极均配有熔断器。

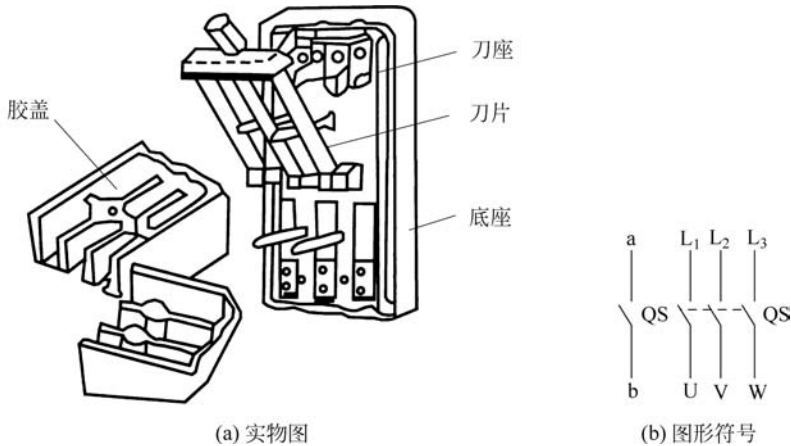


图 5.8 刀开关及图形符号

刀开关主要用于不频繁地接通与断开的交直流电源电路,通常只作隔离开关用,也可用于小容量三相异步电动机的直接启动。使用刀开关切断电流时,在刀片与刀座分开时会产生电弧,特别是切断较大电流时,电弧持续不易熄灭。因此,选用刀开关时,一定要根据电源的负载情况确定其额定电压和额定电流。

3) 低压断路器

(1) 低压断路器的作用。低压断路器又称为自动空气开关或自动空气断路器,简称断路器。它集控制和多种保护功能于一体,在线路工作正常时,它作为电源开关接通和分断电路;当电路发生短路、过载和失压等故障时,它能自动跳闸切断故障电路,从而保护线路和电气设备。

低压断路器具有操作安全、安装使用方便、工作可靠、动作值可调、分断能力较高、兼作多种保护、动作后不需要更换元件等优点,因此得到了广泛应用。

(2) 低压断路器的分类。低压断路器按结构形式可分为塑壳式(又称装置式)、万能式(又称框架式)、限流式、直流快速式、灭磁式和漏电保护式等六类;按操作方式可分为人力

操作式、动力操作式和储能操作式；按极数可分为单极、二极、三极和四极式；按安装方式又可分为固定式、插入式和抽屉式；按断路器在电路中的用途可分为配电用断路器、电动机保护用断路器和其他负载(如照明)用断路器等。

通常按结构型式分类,几种塑壳式和万能式低压断路器的外形如图 5.9 所示。在电力系统中常用的是 DZ 系列塑壳式低压断路器,下面以 DZ5-20 型低压断路器为例介绍。

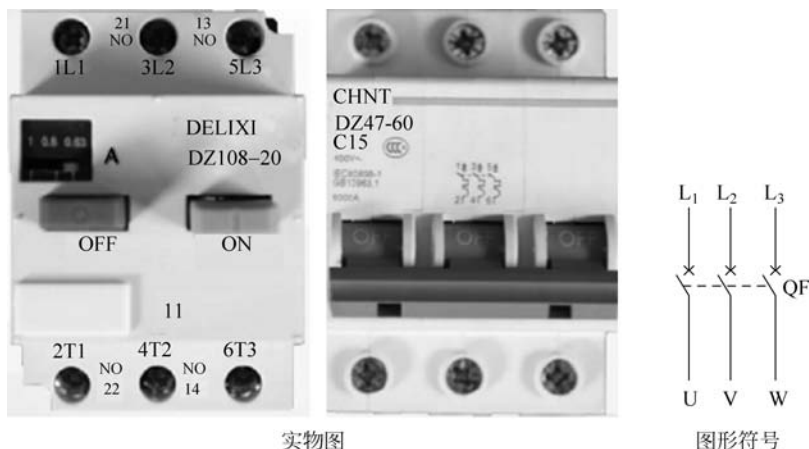


图 5.9 低压断路器

(3) 低压断路器的结构及原理。DZ5 系列低压断路器的结构如图 5.10 所示,它由触头系统、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器及绝缘外壳等部分组成。

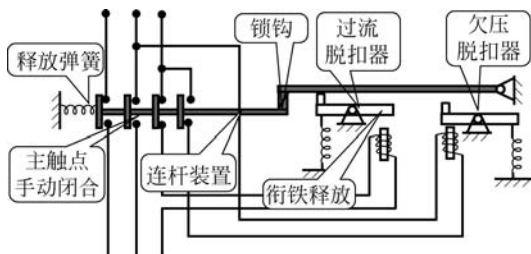


图 5.10 低压断路器的结构

DZ5 系列低压断路器有三对主触头、一对常开辅助触头和一对常闭辅助触头。使用时三对主触头串联在被控制的三相电路中,用以接通和分断主回路的大电流。按下绿色“合”按钮时接通电路;按下红色“分”按钮时切断电路。当电路出现短路、过载等故障时,断路器会自动跳闸切断电路。

断路器的热脱扣器用于过载保护,整定电流的大小由电流调节装置调节。

电磁脱扣器用作短路保护,瞬时脱扣整定电流的大小由电流调节装置调节。出厂时,电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流一般整定为 $10I_N$ (I_N 为断路器的额定电流)。

欠压脱扣器用作零压和欠压保护。具有欠压脱扣器的断路器,在欠压脱扣器两端无电压或电压过低时不能接通电路。

DZ5 系列低压断路器适用于交流频率为 50Hz、额定电压为 380V、额定电流为 50A 的电路。保护电动机用断路器用于电动机的短路和过载保护;配电用断路器在配电网中用

来分配电能和对线路及电源设备的短路和过载保护之用。在使用不频繁的情况下,两者也可分别用于电动机的启动和线路的转换。

(4) 低压断路器的选用。低压断路器的选用原则如下:

① 低压断路器的额定电压和额定电流应不小于线路、设备的正常工作电压和工作电流。

② 热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。

③ 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的峰值电流,用于控制电动机的断路器,其瞬时脱扣整定电流可按下式选取:

$$I_Z \geq KI_{st}$$

式中, K 为安全系数,可取值 $1.5 \sim 1.7$ 。

I_{st} 为电动机的启动电流。

④ 欠压脱扣器的额定电压应等于线路的额定电压。

⑤ 断路器的极限通断能力应不小于电路的最大短路电流。

(5) 低压断路器的安装与使用。

① 低压断路器应垂直安装,电源线接在上端,负载线接在下端。

② 低压断路器用作电源总开关或电动机的控制开关时,在电源进线侧必须加装刀开关或熔断器等,以形成明显的断开点。

③ 低压断路器使用前应将脱扣器工作面上的防锈油脂擦净,以免影响其正常工作。同时应定期检修,清除断路器上的积尘,给操作机构添加润滑剂。

④ 各脱扣器的动作值调整好后,不允许随意变动,并应定期检查各脱扣器的动作值是否满足要求。

⑤ 断路器的触头使用一定次数或分断短路电流后,应及时检查触头系统,如果触头表面有毛刺、颗粒等,应及时维修或更换。

4) 主令电器

主令电器包括按钮和行程开关,是自动控制系统中发出指令或信号的操纵电器。

(1) 按钮。按钮是一种手动主令电器,按钮内的动合(常开)触头用来接通控制电路,发出“启动”指令;动断(常闭)触头用来断开控制电路,发出“停止”指令。但它触点面积小,不能用来控制大电流的主电路,其额定电流不能超过 $5A$,只能短时接通和分断小电流的控制电路。

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触头、静触头、支柱连杆及外壳组成。最常见的按钮是复合式的,包括一个动合触头和一个动断触头,其外形、结构和符号如图 5.11 和图 5.12 所示。

常开按钮在常态下触头是断开的,当按下按钮帽时,触头闭合,松开后,按钮在复位弹簧的作用下自动复位。

常闭按钮在常态下触头是闭合的,当按下按钮帽时,触头断开,松开后,按钮在复位弹簧的作用下自动复位。

复合按钮是将常开和常闭按钮组合为一体,当按下复合按钮时,常闭触头先断,常开触头后闭合。松开按钮,在复位弹簧的作用下按钮复原,复原过程中常开触头先恢复断开,常闭触头后恢复闭合。

按钮帽上有颜色之分,规定红色的按钮帽做停止使用,绿色、黑色等做启动使用。



图 5.11 按钮外形图

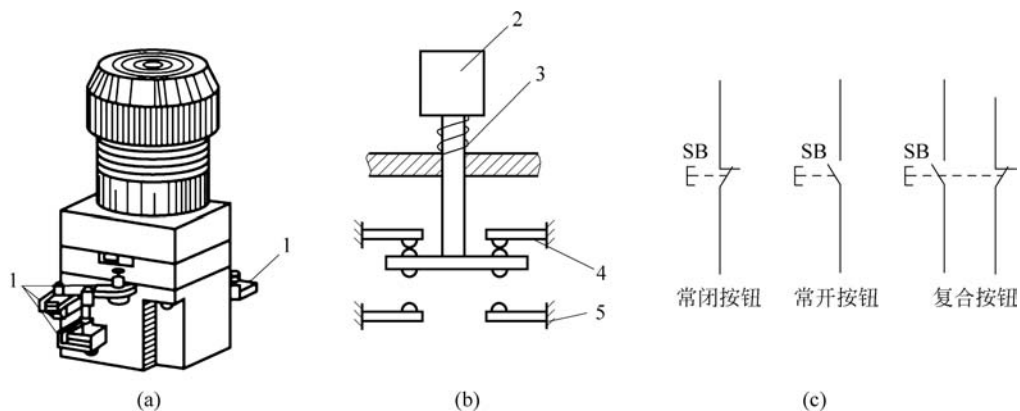


图 5.12 按钮的机构及符号

(1—接线柱；2—按钮帽；3—复位弹簧；4—常闭触头；5—常开触头)

(2) 行程开关(SQ)。行程开关也是主令开关的一种,通常行程开关用来限制机械运动的位置或行程,使运动机械按一定的位置或行程实现自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。图 5.13 所示为各类行程开关的外形图。

行程开关的结构及符号如图 5.14 所示,其工作原理如下:

当运动机械的挡铁压到滚轮上时,杠杆连同转轴一起转动,并推动撞块,当撞块被压到一定位置时,推动微动开关动作,使常开触头分断,常闭触头闭合,当运动机械的挡铁离开后,复位弹簧使行程开关各部位部件恢复常态。

5) 交流接触器(KM)

低压开关和按钮的触头动作都是通过手动操作的,属于非自动切换电器。而接触器是



图 5.13 系列行程开关外形图

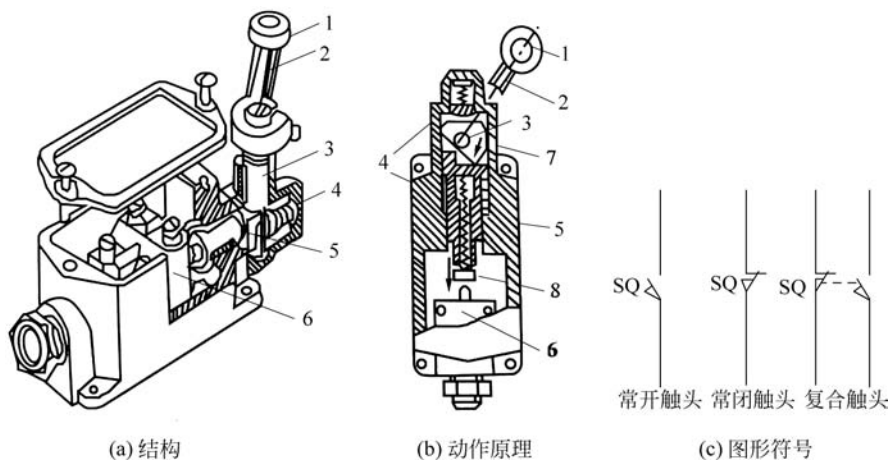


图 5.14 行程开关结构原理及图形符号

1—滚轮；2—杠杆；3—转轴；4—复位弹簧；5—撞块；6—微动开关；7—凸轮

通过电磁力作用下的吸合和反作用弹簧力作用下的释放,带动其触头闭合和分断,来实现电路的接通和断开控制,属于自动切换电器。图 5.15 所示为几款常用交流接触器的外形。

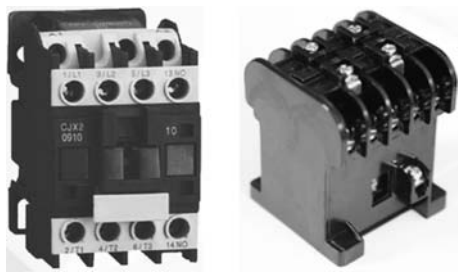


图 5.15 常用交流接触器

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。电动机通过接触器主触头接入电源,接触器线圈与启动按钮串接后接入电源。按下启动按钮,线圈得电使静铁芯被磁化,产生电磁吸力,吸引动铁芯带动主触头闭合接通电路;松开启动按钮,线圈失电,电磁吸力消失,动铁芯在反作用弹簧的作用下释放,带动主触头复位切断电路。交流接触结构及图形符号如图 5.16 所示。

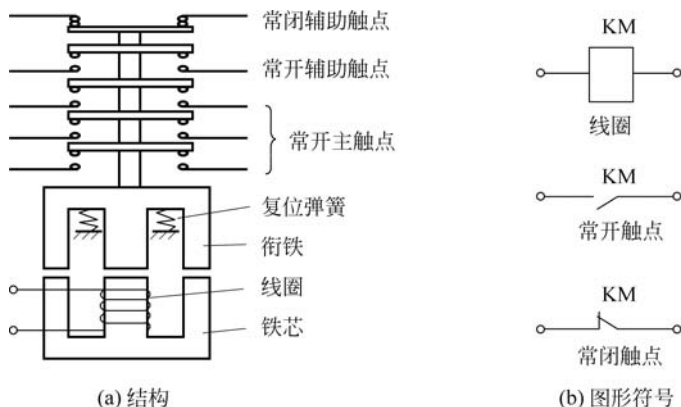


图 5.16 交流接触器结构及图形符号

接触器的优点是能够实现远距离自动操作,具有欠压和失压自动释放保护功能,工作可靠,操作频率高,使用寿命长,适用于远距离频繁地接通和断开交、直流主电路及大容量的控制电路,其主要控制对象是电动机,也可以用于控制电热设备、电焊机以及电容器组等其他负载,在电力拖动和自动控制系统中得到了广泛的应用。

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。

交流接触器的种类很多,空气电磁式交流接触器的应用最为广泛,其产品系列、品种最多,结构和工作原理基本相同。常用的有国产的 CJ10(CT1)、CJ20 和 CJ40 等系列,引进国外先进技术生产的 CJX1 (3TB 和 3TF) 系列、CJX8(B) 系列、CJX2 系列等。

(1) CJ10 系列交流接触器。该交流接触器主要有电磁系统、触头系统、灭弧装置和辅助部分等组成。

电磁系统主要由线圈、静铁芯和动铁芯(衔铁)三部分组成。静铁芯在下动铁芯在上,线圈装在静铁芯上。铁芯是交流接触器发热的主要部件,静、动铁芯一般用 E 形硅钢片叠压而成,以减少铁芯的磁滞和涡流损耗,避免铁芯过热。此外,在 E 形铁芯的中柱端面留有 0.1~0.2mm 的气隙,以减小剩磁影响,避免线圈断电后衔铁粘住不能释放。铁芯的两个端面上嵌有短路环,如图 5.17 所示,用以消除电磁系统的振动和噪声。线圈做成粗而短的圆筒形,且在线圈和铁芯之间留有空隙,以增强铁芯的散热效果。

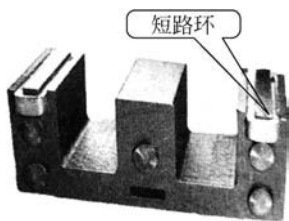


图 5.17 交流接触器铁芯的短路环

交流接触器利用电磁系统中线圈的通电或断电,使静铁芯吸合或释放衔铁,从而带动动触头与静触头闭合或分断,实现电路的接通或断开。

CJ10 系列交流接触器的衔铁运动方式有两种,对于额定电流为 40A 及以下的接触器,采用衔铁直线运动的螺管式,如图 5.18(a)所示;对于额定电流为 60A 及以上的接触器,采用衔铁绕轴转动的拍合式,如图 5.18(b)所示。

交流接触器的触头按通断能力可分为主触头和辅助触头,主触头用于通断电流较大的主电路,一般由三对常开触头组成。辅助触头用于通断电流较小的控制电路,一般由两对常开触头和两对常闭触头组成。所谓触头的常开和常闭,是指电磁系统未通电动作前触头的状态。常开触头和常闭触头是联动的。当线圈通电时,常闭触头先断开,常开触头随后闭

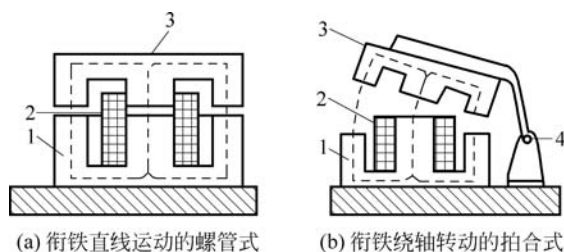


图 5.18 交流接触器电磁系统结构图

合,中间有一个很短的时间差。当线圈断电后,常开触头先恢复断开,随后常闭触头恢复闭合,中间也存在一个很短的时间差。这个时间差虽短,但对分析线路的控制原理却很重要。

交流接触器的触头按接触情况可分为点接触式、线接触式和面接触式三种;按触头的结构形式可分为桥式触头和指形触头两种。CJ10 系列交流接触器的触头一般采用双断点桥式触头,其动触头用紫铜片冲压而成,在触头桥的两端镶有银基合金制成的触头块,以避免接触点由于产生氧化铜而影响其导电性能。静触头一般用黄铜板冲压而成,一端镶焊触头块,另一端为接线柱。在触头上装有压力弹簧片,用于减小接触电阻,以及消除开始接触时产生的有害振动。

灭弧系统:交流接触器在断开大电流或高电压电路时,会在动、静触头之间产生很强的电弧。电弧是触头间气体在强电场作用下产生的放电现象,它一方面会灼伤触头,减少触头的使用寿命;另一方面会使电路切断时间延长,甚至造成弧光短路或引起火灾事故。因此触头间的电弧应尽快熄灭。

灭弧装置的作用是熄灭触头分断时产生的电弧,以减轻对触头的灼伤,保证可靠地分断电路。交流接触器常采用的灭弧装置有双断口结构的电动力灭弧装置、纵缝灭弧装置和栅片灭弧装置,如图 5.19 所示。对于容量较小的交流接触器,如 CJ10-10 型,一般采用双断口结构的电动力灭弧装置;CJ10 系列交流接触器额定电流在 20A 及以上,常采用纵缝灭弧装置;对于容量较大的交流接触器,多采用栅片灭弧装置。

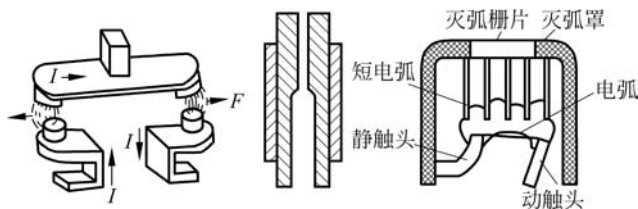


图 5.19 常用的灭弧装置

辅助部件:交流接触器的辅助部件有反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构及底座、接线柱等,反作用弹簧安装在衔铁和线圈之间,其作用是线圈断电后,推动衔铁释放,带动触头复位;缓冲弹簧安装在静铁芯和线圈之间,其作用是缓冲衔铁在吸合时对静铁芯和外壳的冲击力,保护外壳;触头压力弹簧安装在动触头上面,其作用是增加动、静触头间的压力,从而增大接触面积,以减少接触电阻,防止触头过热损伤;传动机构的作用是在衔铁或反作用弹簧的作用下,带动动触头实现与静触头的接通或分断。

(2) 交流接触器的工作原理。当接触器的线圈通电后,线圈中的电流产生磁场,使静铁

芯磁化产生足够大的电磁吸力,克服反作用弹簧的反作用力,将衔铁吸合,衔铁通过传动机构带动辅助常闭触头先分断、三对常开主触头和辅助常开触头后闭合;当接触器线圈断电或电压显著下降时,由于铁芯的电磁吸力消失或过小,衔铁在反作用弹簧力的作用下复位,并带动各触头恢复到原始状态。

6) 低压熔断器

熔断器在配电系统和用电设备中主要起短路保护作用。使用时,熔断器串接在被保护的电路中。因为熔断器具有结构简单、使用方便、价格低廉及可靠性高等优点,所以应用极为广泛。

熔断器按结构的不同可分为开启式熔断器、半封闭式熔断器和封闭式熔断器。封闭式熔断器又分为有填料封闭管式熔断器、无填料封闭管式熔断器和有填料螺旋式熔断器等。常用的熔断器有瓷插式熔断器、有填料螺旋式熔断器、无填料封闭管式熔断器和快速熔断器等。

(1) 熔断器的结构及工作原理。熔断器主要由熔体、熔管和绝缘底座组成。熔体是用低熔点的金属丝或金属薄片做成的。熔体基本上分为两类:一类由铅、锌、锡及锡铅合金等低熔点金属制成,主要用于小电流电路;另一类由银或铜等较高熔点的金属制成,用于大电流电路。

熔断器的工作原理是以自身产生的热量使熔体熔化而实现自动分断电路的目的。熔断器接入电路,实际上是将熔体串接在被测电路中,用来检测电路中电流的大小。在电路正常工作时,它相当于一根导线。当电路发生短路或过载时,流过熔体的电流大于规定值,熔体产生的热量使其自身熔化而切断电路。图 5.20(a)所示是 RL6 系列螺旋式低压熔断器的外形图,图 5.20(b)所示是熔断器在电路图中的符号。



图 5.20 低压熔断器

(2) 熔断器的主要技术参数。

额定电压:指熔断器长期工作所能承受的电压。如果熔断器的实际工作电压大于其额定电压,熔体熔断时可能会发生电弧不能熄灭的危险。

额定电流:指保证熔断器能长期正常工作的电流。它由熔断器各部分长期工作时允许的温升决定。

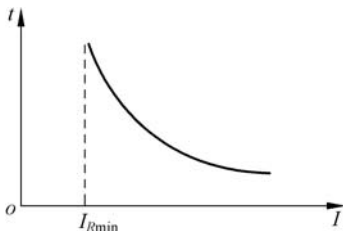


图 5.21 熔断器的时间-电流特性

分断能力:在规定的使用 and 性能条件及电压下,熔断器能分断的预期分断电流值。常用极限分断电流值来表示。

时间-电流特性:也称为安-秒特性或保护特性,是指在规定的条件下,表示流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系曲线,如图 5.21 所示。从特性上可以看出,熔断器的熔断时间随电流的增大而缩短,具有

反时限特性。

根据对熔断器的要求,熔体在额定电流 I_{NN} 下不应熔断,所以最小熔化电流 I_{Rmin} 必须大于额定电流 I_{NN} 。一般熔断器的熔断电流 I_S 与熔断时间 t 的关系见表 5.6。

表 5.6 熔断器的熔断电流与熔断时间 t 的关系

熔断电流 I_S (A)	$1.25I_N$	$1.6I_N$	$2.0I_N$	$2.5I_N$	$3.0I_N$	$4.0I_N$	$8.0I_N$	$10.0I_N$
熔断时间 t (s)	∞	3600	40	8	4.5	2.5	1	0.4

由表 5.6 可以看出,熔断器对过载的反应是很不灵敏的,当电气设备发生轻度过载时,熔断器将持续很长时间才能熔断,有时甚至不熔断。因此,除照明和电加热电路外,熔断器不宜用作过载保护电器,主要用于短路保护。

(3) 熔断器的选用。熔断器有不同的类型和规格。对熔断器的要求是:在电气设备正常运行时,熔断器应不熔断;在出现短路故障时,应立即熔断;在电流发生正常变动(如电动机启动过程)时,熔断器应不熔断;在用电设备持续过载时,应延时熔断。

熔断器的选用主要包括熔断器类型、熔断器额定电压、熔断器额定电流和熔体额定电流。

① 熔断器类型的选用。根据使用环境、负载性质和短路电流的大小选用适当类型的熔断器。例如,对于容量较小的照明电路,可选用 RT 系列圆筒帽形熔断器或 RCIA 系列瓷插式熔断器;对于短路电流相当大的电路或有易燃气体的环境,应选用 RT0 系列有填料封闭管式熔断器;在机床控制线路中,多选用 RL 系列螺旋式熔断器;用于半导体功率元件及晶闸管的保护时,应选用 RS 或 RLS 系列快速熔断器。

② 熔断器额定电压和额定电流的选用。

熔断器的额定电压必须等于或大于线路的额定电压;熔断器的额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流;熔断器的分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流。

③ 熔体额定电流的选用。对于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于或稍大于负载的额定电流。

对于一台不经常启动且启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 1.5~2.5 倍电动机额定电流 I_N ,即:

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

对于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_{NMAX} 的 1.5 ~ 2.5 倍,再加上其余电动机额定电流的总和 $\sum I_N$,即:

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

8. 三相异步电动机点动控制电路

用电动机来带动各种生产机械称为电力拖动。为保证生产过程的顺利进行,并达到预期的效果,电力拖动要求对电动机的运行加以各种控制。这些控制都可以通过相应的电路来自动完成。电动机的基本控制有启动控制、正反转控制、制动控制和调速控制等。

三相异步电动机控制电路由主电路和控制电路两部分组成。主电路是电机与电源连接的部分电路,其工作电流大,取决于电机容量;控制电路是控制电器组成的部分电路,其工作电流小。

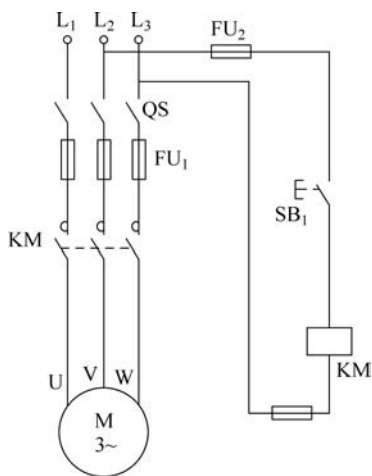


图 5.22 三相异步电动机
点动控制电路

图 5.22 为电动机点动控制电路的原理图,主电路中空气开关 QS 用于电路的通断控制;熔断器 FU_1 对主电路进行短路保护,主电路的接通与分断是由接触器 KM 的三对主触点完成的。控制电路中熔断器 FU_2 做短路保护;采用这种控制方式的电动机连续运行时间一般不长,因而也不需要过载保护。

电路的工作原理分析:合上空气开关 QS,按下按钮 SB1,交流接触器 KM 线圈得电,KM 三对主触点闭合,电动机启动运行;松开按钮 SB1,接触器 KM 线圈失电,KM 三对主触点断开,电动机停止运转。

由于采用了接触器控制,达到了以小电流控制大电流的效果,提高了安全性。显然,点动控制不适合电动机和时间连续运行。

任务 2 三相异步电动机单项连续运行控制电路

学习目标

- 掌握热继电器的结构及工作原理
- 掌握三相异步电动机单项连续运行控制电路的工作原理图
- 能完成三相异步电动机单项连续运行控制线路的设计、安装与调试任务

子任务 1 元器件清单的制定

要求:根据图 5.26 三相异步电动机单项连续运行控制电路原理图,在电路接线前正确无误地填写完成元件清单表 5.7。

表 5.7 三相异步电动机单项连续运行控制电路元件清单

序号	元件名称	规格或型号	编号或作用	数量	配分	评分标准	得分
1	低压断路器				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	
2	熔断器				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	
3	交流接触器				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	

续表

序号	元件名称	规格或型号	编号或作用	数量	配分	评分标准	得分
4	开关				3	填错规格扣 1 分， 填错编号扣 1.5 分， 填错数量扣 0.5 分	
5	电机				3	填错规格扣 1 分， 填错编号扣 1.5 分， 填错数量扣 0.5 分	
6	热继电器				3	填错规格扣 1 分， 填错编号扣 1.5 分， 填错数量扣 0.5 分	
子任务 1 得分							

子任务 2 元器件的检测

要求：根据元件清单表,按照电气元器件检验标准,正确检测元器件,把检测结果填入表 5.8 中。

表 5.8 元器件检测明细表

元 器 件		识别及检测内容			配 分	评 分 标 准	得 分
低压断路器		合上开关检测断路器各相是否导通			每支 1 分 共计 3 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	第一相						
	第二相						
	第三相						
熔断器		检测熔断器是否导通			每支 1 分 共计 2 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	FU1						
	FU2						
交流接触器		检测各相 是否导通		常闭常开触 头是否正常	每支 1 分 共计 5 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	第一相		常开触头				
	第二相		常闭触头				
	第三相						
开关		检测开关通断是否正常			每支 1 分 共计 2 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	SB1						
	SB2						
电机		各相阻值 (R/Ω)		两相之间的 电阻(R/Ω)	每支 1 分 共计 6 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	L1		L1 与 L2				
	L2		L2 与 L3				
	L3		L1 与 L3				

续表

元 器 件		识别及检测内容			配 分	评分标准	得 分
热继电器		检测各相是否导通		常闭常开触头是否正常	每支 1 分 共计 5 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	第一相		常开触头				
	第二相		常闭触头				
	第三相						
子任务 2 得分							

子任务 3 单项连续运行控制电路的设计、安装与调试

根据三相异步电动机单项连续运行控制电路原理图 5.26 进行电路接线,完成单项连续运行控制电路的设计、安装与调试。接线完成后,仔细检查电路的接线情况,确保各端子接线牢固。对照表 5.9 任务内容、考核要求进行检查。

表 5.9 单项连续运行控制电路任务评价表

内容	考核要求	配分	评分标准	得分
安全操作	是否遵守安全操作规程,团队合作融洽	10 分	一处不合格扣 2 分	
安装电路	电路的布线符合工艺标准	10 分	一处不合格扣 2 分	
	根据电路图能完整正确的安装	20 分		
调试	根据电路的故障现象能够正确分析判断出故障点并排除故障	20 分	一处不合格扣 2 分	
操作演示	能够正确操作演示实现点动控制,电路分析正确	10 分	一处不合格扣 2 分	
子任务 3 得分				

知识链接

1. 内容提示

(1) 为保证人身安全,在通电试运转时,要认真执行安全操作规程的有关规定,一人监护,另一人操作。试运转前,应检查与通电试运转有关的电气设备是否有不安全的因素存在,若查出应立即整改,方能试运转。

(2) 通电试运转前,必须征得指导教师的同意,并由指导教师接通三相电源 L1、L2、L3,同时在现场监护。学生合上电源开关 QS 后,用测电笔检查熔断器或开关出线端,氖管亮说明电源接通。观察电气元件的动作是否灵活,有无卡阻及噪声过大等现象,电动机运行情况是否正常等;但不得对线路接线是否正确接线带电检查。观察过程中,若发现有异常现象,应立即停机。当电动机运转平稳后,用钳形电流表测量实训电流是否平衡。

(3) 试运转次数自通电后第一次合上开关起计算。

(4) 出现故障后,学生应独立进行检修。若需要带电检查,指导教师必须到现场监护。检修完毕后,如需要再次试运转,指导教师也应该在现场监护,并做好时间记录。

(5) 通电试运转完毕后,停转并切断电源。先拆除三相电源线,再拆除电动机线。

2. 查找故障点的常用方法

检修过程的重点是判断故障范围和确定故障点。测量法是维修电工在工作中用来准确确定故障点的一种行之有效的检查方法。常用的测量工具和仪表有校验灯、测电笔、万用表、钳形电流表、兆欧表等,通过对电路进行带电或断电时的有关参数如电压、电阻、电流等的测量,来判断电器元件的好坏、设备的绝缘情况及线路的通断情况等。

利用电工工具和仪表对线路进行带电或断电测量,常用的方法有电阻测量法。

测量检查时,首先把万用表的转换开关置于倍率适当的电阻挡位上(一般选 $R \times 100$ 以上的挡位),然后按图 5.23 所示的方法进行测量。

接通电源,若按下启动按钮 SB_1 时,接触器 KM 不吸合,则说明控制电路有故障。

检测时,首先切断电路的电源(这点与电压测量法不同),用万用表依次测量出 1-2、1-3、0-4 各两点间的电阻值。根据测量结果即可找出故障点。

3. 热继电器

因为电动机在运行的过程中,如果长期负载过大,或启动操作频繁,或者缺相运行,都可能使电动机定子绕组的电流增大,超过其额定值。而在这种情况下,熔断器往往并不熔断,从而引起定子绕组过热,温度持续升高,就会造成绝缘损坏,缩短电动机的使用寿命,严重时甚至会烧毁电动机的定子绕组。因此,对电动机还必须采取过载保护措施,最常用的过载保护电器是热继电器。

1) 热继电器的功能及分类

热继电器是利用流过继电器的电流所产生的热效应而反时限动作的自动保护电器。所谓反时限动作,是指电器的延时动作时间随通过电路电流的增加而缩短。热继电器主要与接触器配合使用,用作电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。

热继电器的形式有多种,其中双金属片式应用最多。按极数划分有单极、二极和三极三种,其中三极的又包括带断相保护装置和不带断相保护装置两种;按复位方式分有自动复位式和手动复位式两种。

2) 热继电器的结构及工作原理

(1) 结构。

如图 5.24 所示为双金属片继电器的结构,主要由热元件、传动机构、常闭触头、电流整定装置和复位按钮组成。热继电器的热元件由双金属片和绕在外面的电阻丝组成。主双金属片由两种热膨胀系数不同的金属片复合而成。热继电器的图形符号如图 5.25 所示。

(2) 工作原理。双金属片由两种热膨胀系数不同的金属辗压而成,发热电阻丝绕在双金属片上,当双金属片受热时,就会出现弯曲变形。使用时,把热元件串接于电动机的主电路中,用于检测主电路电流的大小,而将热继电器的常闭触头串接于电动机的控制电路中。

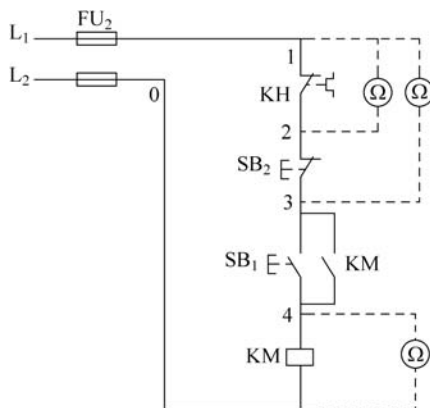


图 5.23 电阻测量法

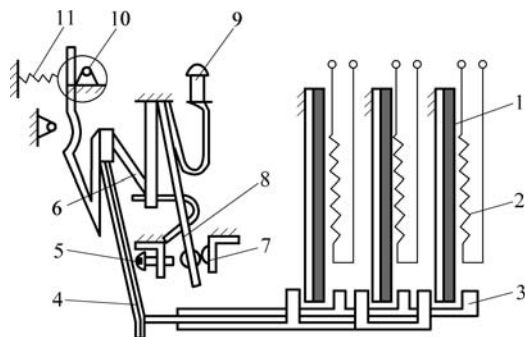


图 5.24 双金属片式热继电器的结构

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

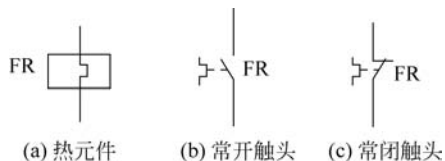


图 5.25 热继电器图形符号

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,但还不足以使热继电器的触头动作。当电动机过载,且负载电流超过整定电流值并经过一定时间后,热元件所产生的热量足以使双金属片受热弯曲而推动导板使动触头与静触头分断,热继电器的常闭触头断开,切断了电动机的控制电路,使串接于该电路中的控制电动机起停的接触器线圈失电,接触器的主触头断开电动机的电源,从而保护了电动机。

热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按钮才能使触头恢复到原来的位置。热继电器动作电流的调节可以借助旋转调节凸轮来实现,旋转调节凸轮可以改变温度补偿双金属片与导板间的距离,进而改变热继电器动作时主双金属片所需弯曲的程度,即改变了热继电器的动作电流。

由于热继电器主双金属片受热膨胀的热惯性及传动机构传递信号的惰性原因,热继电器从电动机过载到触头动作需要一定的时间,也就是说,即使电动机严重过载甚至短路,热继电器也不会瞬时动作,因此热继电器不能用作短路保护。但也正是这个热惯性,保证了热继电器在电动机启动或短时过载时不会动作,从而满足了电动机的运行要求。

3) 热继电器的选用

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和热继电器的结构型式,即定子绕组做 Y 形连接

的电动机选用普通三相结构的热继电器,而做 Δ 形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。

某机床电动机的型号为 Y132M1-6,定子绕组为 Δ 形接法,额定功率为 4kW,额定电流为 9.4A,额定电压为 380V,要对该电动机进行过载保护,试选用热继电器的型号、规格。

根据电动机的额定电流值 9.4A,查表可知应选择额定电流为 20A 的热继电器,其整定电流可取电动机的额定电流 9.4A,热元件的电流等级选用 11A,其调节范围为 6.8~11A;定子绕组采用 Δ 形接法,应选用带断相保护装置的热继电器。因此,应选用型号为 JR36-20 的热继电器,热元件的额定电流选用 11A。

4. 三相异步电动机连续运行控制电路

图 5.26 为三相异步电动机连续运行控制电路的原理图,它是在点动控制电路的基础上增加了停止按钮 SB_2 ,并且将接触器 KM 的一对辅助常开触点与启动按钮 SB_1 并联,还增加了热继电器作为过载保护。

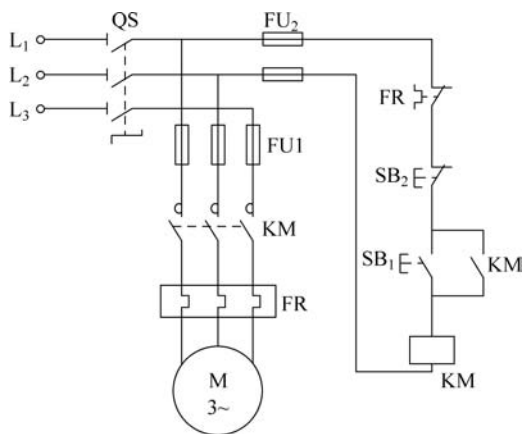


图 5.26 三相异步电动机连续运行控制电路

电路的工作原理分析:合上空气开关 QS,按下启动按钮 SB_1 ,交流接触器 KM 线圈得电,KM 三对主触点闭合,电动机接通电源直接启动运转;与此同时,与 SB_1 并联的接触器辅助常开触点也闭合。这样,即使松开按钮 SB_1 ,接触器 KM 线圈仍可通过 KM 触点通电,这就是所谓的自锁,从而保持电动机连续运行。

需要电动机停转时,按下停止按钮 SB_2 ,接触器 KM 线圈失电,KM 三对主触点断开,电动机停止运转。同时,自锁触点恢复为断开,解除自锁;松开停止按钮后控制电路仍维持断电,除非再次按下启动按钮,电动机是不会自行启动的。

自锁控制电路还具有以下几个方面的保护功能。

1) 欠压保护

欠电压是指电路电压低于电动机的额定电压。欠电压的后果是电动机的转矩、转速下降,严重时会导致生产事故和电动机的损坏;自锁控制电路当电源电压降低到一定值(一般为额定电压的 85%)时,接触器的动铁芯会由于电磁力减小而在弹簧反力的作用下释放,从而带动主触头切断电源使电动机停转,达到保护的效果。

2) 失压保护

失压保护是指电动机在正常运行中,由于某种原因引起突然断电时能自动切断电动机电源,当重新供电时保证电动机不能自行启动的一种保护,以保证人身和设备的安全。接触器可实现失压保护,因为接触器自锁触点和主触点在电源断电时已经断开,在电源恢复供电时,只要不按动按钮,电动机就不会自行启动。

3) 过载保护

过载是指电动机由于机械负载过重或操作频繁,或相断线等原因,使电动机的电流超过额定值,但又未达到熔断器的熔断电流。长时间地过载会导致电动机的绕组过热,损坏电动机的绝缘。采用热继电器可以起到过载保护的作用。它的热元件串联在主电路中,通过的电流就是电动机的电流。当电动机过载超过一定时间,热元件会受热弯曲使接在控制电路的常闭触点断开,使接触器 KM_2 线圈断电,串联在电动机回路中的 KM_3 的主触点断开,电动机停转,从而达到保护电动机的目的。

任务3 三相异步电动机双重互锁正反转控制电路

学习目标

- 掌握三相异步电动机双重互锁正反转控制电路的工作原理
- 能完成三相异步电动机双重互锁正反转控制电路的设计、安装与调试任务

子任务1 元器件清单的制定

要求: 根据图 5.27 三相异步电动机双重互锁正反转控制电路原理,在电路接线前正确无误地填充完成元件清单表 5.10。

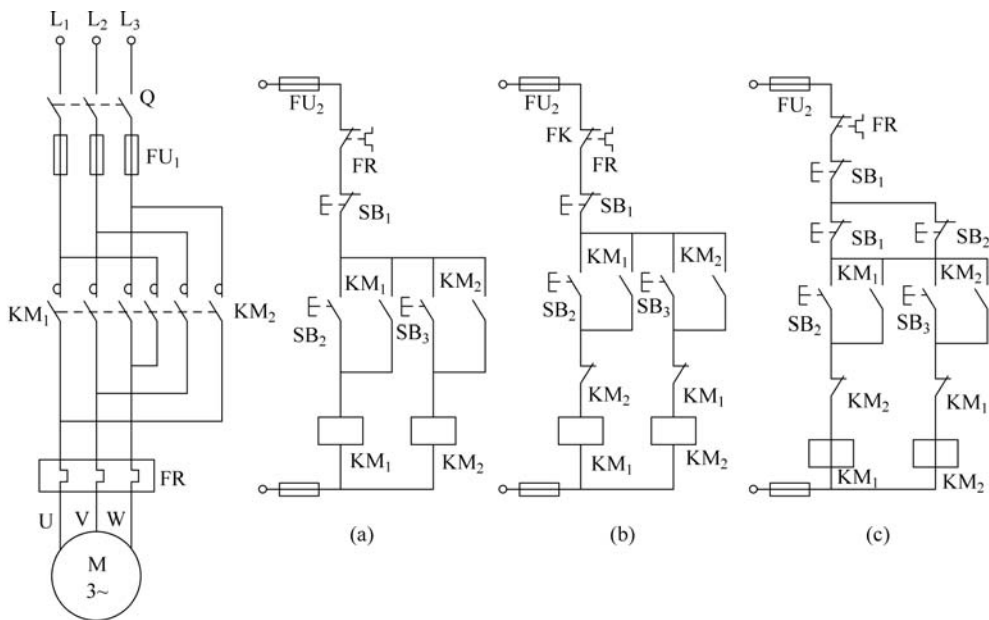


图 5.27 三相异步电动机正反转控制电路

表 5.10 三相异步电动机点动控制电路元件清单

序号	元件名称	规格或型号	编号或作用	数量	配分	评分标准	得分
1	低压断路器				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	
2	熔断器				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	
3	交流接触器				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	
4	开关				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	
5	电机				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	
6	热继电器				3	填错规格扣 1 分, 填错编号扣 1.5 分, 填错数量扣 0.5 分	
子任务 1 得分							

子任务 2 元器件的检测

要求: 根据元件清单表,按照电气元器件检验标准,正确检测元器件,把检测结果填入表 5.11 中。

表 5.11 元器件检测明细表

元器件		识别及检测内容			配分	评分标准	得分
低压断路器		合上开关检测断路器各相是否导通			每支 1 分 共计 3 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	第一相						
	第二相						
	第三相						
熔断器		检测熔断器是否导通			每支 1 分 共计 2 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	FU1						
	FU2						
交流接触器 KM1		检测各相是否导通		常闭常开触头是否正常	每支 1 分 共计 1 分	错 1 项,扣相应项的分数	
	第一相		常开触头				
	第二相		常闭触头				
	第三相						

续表

元 器 件		识 别 及 检 测 内 容			配 分	评 分 标 准	得 分
交 流 接 触 器 KM2		检测各相 是否导通		常闭常开触 头是否正常	每支 1 分 共计 1 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	第一相		常开触头				
	第二相		常闭触头				
	第三相						
开 关		检测开关通断是否正常			每支 1 分 共计 2 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	SB ₁						
	SB ₂						
	SB ₃						
电 机		各相阻值 (R/Ω)		两相之间的 电阻(R/Ω)	每支 1 分 共计 2 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	L ₁		L ₁ 与 L ₂				
	L ₂		L ₂ 与 L ₃				
	L ₃		L ₁ 与 L ₃				
热继电器		检测各相 是否导通		常闭常开触 头是否正常	每支 1 分 共计 2 分	错 1 项,扣相应项的 分数	
	第一相		常开触头				
	第二相		常闭触头				
	第三相						
子任务 2 得分							

子任务 3 双重互锁正反转控制电路的设计、安装与调试

根据图 5.27 相异步电动机点动控制电路原理图进行电路接线,完成点动控制电路的设计、安装与调试。接线完成后,仔细检查电路的接线情况,确保各端子接线牢固。对照表 5.12 任务内容、考核要求进行检查。

表 5.12 点动控制电路任务评价表

内 容	考 核 要 求	配 分	评 分 标 准	得 分
安全操作	是否遵守安全操作规程,团队合作融洽	10 分	一处不合格扣 2 分	
安装电路	电路的布线符合工艺标准	10 分	一处不合格扣 2 分	
	根据电路图能完整正确的安装	20 分		
调试	根据电路的故障现象能够正确分析判断出故障点并排除故障	20 分	一处不合格扣 2 分	
操作演示	能够正确操作演示实现点动控制,电路分析正确	10 分	一处不合格扣 2 分	
子任务 3 得分				

知识链接

1. 内容提示

(1) 为保证人身安全,在通电试运转时,要认真执行安全操作规程的有关规定,一人监

护,另一人操作。试运转前,应检查与通电试运转有关的电气设备是否有不安全的因素存在,若查出应立即整改,方能试运转。

(2) 通电试运转前,必须征得指导教师的同意,并由指导教师接通三相电源 L_1 、 L_2 、 L_3 ,同时在现场监护。学生合上电源开关 QS 后,用测电笔检查熔断器或开关出线端,氖管亮说明电源接通。观察电气元件的动作是否灵活,有无卡阻及噪声过大等现象,电动机运行情况是否正常等;但不得对线路接线是否正确接线带电检查。观察过程中,若发现有异常现象,应立即停机。当电动机运转平稳后,用钳形电流表测量实训电流是否平衡。

(3) 试运转次数自通电后第一次合上开关起计算。

(4) 出现故障后,学生应独立进行检修。若需要带电检查,指导教师必须到现场监护。检修完毕后,如需要再次试运转,指导教师也应该在现场监护,并做好时间记录。

(5) 通电试运转完毕后,停转并切断电源。先拆除三相电源线,再拆除电动机线。

2. 故障检修步骤和方法

(1) 用试验法来观察故障现象。主要注意观察电动机的运行情况、接触器的动作情况和线路的工作情况等,如发现有异常情况,应马上断电检查。

(2) 用逻辑分析法缩小故障范围,并在电路图上用虚线标出故障部位的最小范围。

(3) 用测量法准确、迅速地找出故障点。

(4) 根据故障点的不同情况,采取正确的修复方法,迅速排除故障。

(5) 排除故障后通电试运转。

3. 三相异步电动机双重互锁的正反转控制电路

生产机械的运行部件往往要求实现正反两个方向的运动,如机床主轴正转和反转,起重机吊钩的上升与下降,机床工作台的前进与后退等,这就要求拖动电动机实现正反转。由电动机的原理可知,将接至三相异步电动机的三相交流电源进线中的任意两相对调,即可实现三相异步电动机的正反转。

此种电路实质上是一个电动机正转接触器控制电路与一个电动机反转接触器控制电路的组合,但为了避免误操作引起电源的相间短路,在两个单向运行控制电路中设置了必要的互锁。图 5.27 为接触器控制的三相异步电动机正反转控制电路。

图 5.27(a)所示电路是由两个单向旋转控制电路组合而成。主电路由正、反转接触器 KM_1 、 KM_2 的主触头来实现电动机两相电源的对调,进而实现电动机的正反转。但若发生在按下正转启动按钮 SB_2 ,电动机已进行正向旋转后,又按下反向启动按钮 SB_3 的情况时,由于正反转接触器 KM_1 、 KM_2 线圈均通电吸合,其主触头均闭合,将发生电源两相短路,致使熔断器 FU1 熔体烧断,电动机无法工作。

1) 电动机“正—停—反”控制电路

图 5.27(b)是利用正反转接触器的常闭辅助触头 KM_1 、 KM_2 实现互锁的,这种由接触器或继电器常闭触点构成的互锁为电气互锁。在这一电气互锁的电气控制电路中,要实现电动机由正转变反转或由反转变正转,都必须先按下停止按钮,然后再进行反转或正转的启动控制。这就构成了“正—停—反”或“反—停—正”的操作控制。

2) 电动机“正—反—停”控制电路

将正、反转启动按钮的常闭触头串接在反、正转接触器线圈电路中,起互锁作用,这种互锁称按钮互锁,也称机械互锁。图 5.27(c)是具有电气、按钮双重互锁的电动机正反转电路。这种电路,若电动机正转运行需直接转换为反转时,可按下反转启动按钮 SB_3 ,此时反转启动按钮的常闭触头先断开,于是切断了正转接触器线圈电路,正转接触器立即断电释放,使串接在反转接触器电路中的正向接触器常闭辅助触头 KM_1 恢复闭合;进一步按下反转启动按钮,方使其常开触头闭合,于是接通反转接触器线圈电路,反转接触器线圈通电吸合, KM_2 主触头闭合,电动机反向启动旋转,实现了电动机正反转的直接变换;直到电动机须停止时才按下停止按钮 SB_1 ,完成了“正—反—停”的操作控制。这种具有双重互锁的电动机正反转电路在电力拖动控制系统中广为应用。

习题

1. 填空题

- (1) 三相异步电机由定子和转子两部分组成,其中定子是电动机的静止部分,由机座、()、()等构成。
- (2) 按照电动机铭牌上的说明,可将定子绕组接成()或()。
- (3) 熔断器除照明和电加热电路外,熔断器一般不宜用作过载保护电器,主要用于()。
- (4) 低压断路器的电磁脱扣器用作短路保护,热脱扣器用于()。
- (5) 热继电器的热元件由()和()组成。
- (6) 交流接触器电磁系统主要有()、()和动铁芯三部分组成。

2. 选择题

- (1) 三相负载星形联接,每相负载承受电源的()。
 - A. 线电压
 - B. 相电压
 - C. 总电压
 - D. 相电压或线电压
- (2) 三相对称负载三角形联接时,线电流与相应相电流的相位关系是()。
 - A. 相位差为零
 - B. 线电流超前相电流 30°
 - C. 相电流超前相应线电流 30°
 - D. 同相位
- (3) 线电流是通过()。
 - A. 每相绕组的电流
 - B. 相线的电流
 - C. 每相负载的电流
 - D. 导线的电流
- (4) 下列电器中不能实现短路保护的是()。
 - A. 熔断器
 - B. 热继电器
 - C. 空气开关
 - D. 过电流继电器
- (5) 变压器的铁芯采用 $0.35 \sim 0.5\text{mm}$ 厚的硅钢片叠压制造,其主要的目的是为了降低()。
 - A. 铜耗
 - B. 磁滞损耗

- C. 涡流损耗 D. 磁滞和涡流损耗
- (6) 改变交流电动机的运转方向,调整电源采取的方法是()。
- A. 调整其中两相的相序 B. 调整三相的相序
- C. 定子串电阻 D. 转子串电阻
- (7) 热继电器中双金属片的弯曲作用是由于双金属片()。
- A. 温度效应不同 B. 强度不同
- C. 膨胀系数不同 D. 所受压力不同
- (8) 在机床电气控制电路中采用两地分别控制方式,其控制按钮连接的规律是()。
- A. 全为串联 B. 全为并联
- C. 启动按钮并联,停止按钮串联 D. 启动按钮串联,停止按钮并联
- (9) 某交流接触器在额定电压 380V 时的额定工作电流为 100A,故它能控制的电机功率约为()。
- A. 50kW B. 20kW C. 100kW D. 1000kW

3. 判断题(对的打“√”,错的打“×”)

- (1) 电气原理图设计中,应尽量减少通电器的数量。()
- (2) 低压断路器是开关电器,不具备过载、短路、失压保护。()
- (3) 检修电路时,电机不转而发出嗡嗡声,松开时,两相触点有火花,说明电机主电路一相断路。()
- (4) 继电器在任何电路中均可代替接触器使用。()
- (5) 正在运行的三相异步电动机突然一相断路,电动机会停下来。()

4. 解答题

- (1) 交流接触器的结构及工作原理。
- (2) 画出双重联锁正反转控制电路图,并分析其工作原理。