

电气控制与PLC 应用项目教程

主编 廖恩红 毛 源



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

电气控制与 PLC 应用项目教程

主 编 廖恩红 毛 源
副主编 王晓蓉 席 川
魏 娜 刘悦婷



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用项目教程/廖恩红,毛源主编. —武汉:武汉大学出版社, 2016.4

ISBN 978-7-307-17776-5

I. 电… II. ①廖… ②毛… III. ①电气控制—高等学校—教材 ②plc 技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 080278 号

责任编辑:杨赛君 王亚明

责任校对:杜筱娜

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:虎彩印艺股份有限公司 经销:全国新华书店

开本:787×1092 1/16 印张:15 字数:354 千字

版次:2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-17776-5 定价:34.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

本书为高等教育“十三五”应用型规划教材。PLC作为一种面向工业生产的应用型技术,在工业企业自动化中有着广泛的应用,已成为从事自动控制及机电一体化工作人员必须具备的一项技能。它具有结构简单、编程方便、可靠性高等优点,逐渐取代了传统的继电器电气控制系统,并广泛应用于各行业。通过参考现有教材和应用论文,结合工程应用和教学要求,并融入编者的教学经验和科研成果,本书以三菱FX系列的可编程控制器作为目标机型,介绍了电气控制和PLC在项目中的具体应用实例,突出了理论结合实际和通俗易懂的特点。

本书内容力求将理论和实践紧密结合,突出实训教学环节,力图做到便于教学,便于自学。书中用较多的例子让读者尽快入门,并能完成简单的编程工作。在编写过程中,编者将一些生动的操作实例融入书中,以提高读者的学习兴趣。

本书具有以下特点:

- (1) 用实例项目引导读者学习,大部分项目精选了典型实例。
- (2) 重点的例子都配有软硬件的配置方案图、接线图和程序。为确保程序的正确性,程序均已经实践通过。
- (3) 引导学生加强设计的规范意识,掌握设计方法。
- (4) 内容实用,实例丰富,初学者可借鉴、模仿应用。

本书着重于PLC的实际应用技术,实用性强,可作为普通高等工科院校电气工程及其自动化、机电一体化、计算机应用、工业自动化、机械工程及其自动化等与控制相关专业的教材,也可供高职高专相关专业学生选用,还可作为电气技术人员的培训教材和参考书。

本书由广东工程职业技术学院廖恩红、四川电力职业技术学院毛源担任主编,内蒙古机电职业技术学院王晓蓉,四川电力职业技术学院席川、魏娜,兰州文理学院刘悦婷担任副主编。具体编写分工如下:项目四、项目六由廖恩红编写;项目三由毛源编写;项目一任务一、项目五任务五由王晓蓉编写;项目一任务二、任务三,项目五任务二由席川编写;项目五任务一、任务三、任务四及参考文献由魏娜编写;项目二由刘悦婷编写。全书由廖恩红、毛源统编定稿。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者批评、指正。

编 者

2016年1月

目 录

项目一 电气控制基本原理	(1)
任务一 常用的低压电器	(1)
任务二 电气控制线路的绘制原则、图形符号及文字符号	(28)
任务三 三相鼠笼式电动机典型的电气控制线路	(38)
项目小结	(46)
拓展阅读 典型电气控制系统	(46)
项目二 可编程控制器	(50)
任务一 可编程控制器概述	(50)
任务二 PLC 的基本组成	(57)
任务三 PLC 的基本工作原理	(72)
项目小结	(76)
拓展阅读 PLC 的内部软元件及其编号	(77)
项目三 PLC 的编程语言与指令系统	(79)
任务一 PLC 的编程语言	(79)
任务二 基本逻辑指令及其编程应用	(83)
任务三 步进指令及其编程应用	(98)
任务四 功能指令及其编程应用	(109)
项目小结	(131)
拓展阅读 十字路口交通信号灯的控制编程实例	(131)
项目四 三菱 PLC 的编程器及其编程软件	(133)
任务一 便携式编程器	(133)
任务二 三菱公司的各种编程软件	(137)
任务三 组态软件与组态王软件	(154)
项目小结	(159)
拓展阅读 组态王与 PLC 软件通信方法	(160)
项目五 电气控制系统设计	(170)
任务一 电气控制系统设计概述	(170)
任务二 电气保护类型及选型	(184)
任务三 电气接线图的设计	(194)
任务四 PLC 控制系统的设计及典型应用设计	(196)



任务五 PLC 控制系统的安装注意事项	(210)
项目小结	(212)
拓展阅读 PLC 控制系统的调试	(212)
项目六 电气控制及 PLC 控制系统实验	(215)
任务一 三相异步电动机直接启动、停车及点动控制	(215)
任务二 三相异步电动机正反转控制	(217)
任务三 三相异步电动机的顺序控制	(220)
任务四 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	(222)
任务五 基于 PLC 的十字路口交通信号灯的控制系统设计	(224)
任务六 基于 PLC 的天塔之光控制系统设计	(226)
任务七 水塔水位控制设计	(228)
任务八 装配流水线控制设计	(230)
项目小结	(232)
拓展阅读 电气联锁(接触器互锁)正反转控制线路	(232)
参考文献	(234)

项目一 电气控制基本原理

本项目主要介绍电气控制领域中常用低压电器的工作原理、用途、型号、规格、符号等,以及电气控制线路的基本环节,并通过对典型电气控制系统的分析,使学生能正确选择和合理使用常用电器,掌握分析和设计电气控制线路的基本方法,为后继项目的学习打下基础。

【学习目标】

1. 掌握电器相关的基本概念;
2. 掌握几种常用低压电器;
3. 掌握电气控制线路的绘制原则、图形符号与文字符号;
4. 掌握三相鼠笼式电动机启动、停止控制线路,正、反转控制线路;
5. 理解三相鼠笼式电动机的顺序联锁控制线路、按位置原则的控制线路、按时间原则的控制线路和按速度原则的控制线路。

【知识重点】

1. 电器的概念与分类;
2. 常用低压电器结构及其工作原理;
3. 三相鼠笼式电动机典型的电气控制线路。

【知识难点】

1. 低压电器结构及其工作原理;
2. 如何检查三相鼠笼式电动机的控制线路。

任务一 常用的低压电器

【任务情景】

车间里秩序井然,小王正在电工组里整理器材,突然车间一下子变暗了,“哎呀,停电了!”不巧,师傅不在,小王只好硬着头皮跑到配电室查找原因。幸亏小王在学校学习了低压电器,他很快就找到了原因,并且恢复了供电系统。车间主任非常高兴,夸小王能干。

你想知道小王是如何修好车间配电室中的配电电器的吗?让我们一起学一学,做一做!



【任务分析】

城镇用电规模不断增长,用电需求也不断增加。为了保证生活与生产用电的需求,我们需要维护好供电设备,做好供电设备的故障处理工作,以保证供电设备的长期正常运行。熟练认识并且使用低压电器设备,以及掌握供电设备常见故障与维修方法至关重要。

【知识精讲】

根据我国电工专业范围的划分与分工及低压电器标准规定,低压电器通常是指交流电压在 1200 V 以下与直流电压在 1500 V 以下的电路中起通断、控制、保护和调节作用的电气设备,以及利用电能来控制、保护和调节非电过程和非电装置的用电装备。

对电动机或其他电气设备的接通或断开,目前较多采用继电器、接触器及按钮等来实现自动控制。本任务主要介绍在电力拖动和自动控制系统中应用广泛的低压电器的结构、原理、作用及其使用和选择。

【知识链接】

一、电器的基本知识

(一) 电器的分类

电器是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备用的电工器具。完全由控制电器组成的自动控制系统称为继电器-接触器控制系统,简称电气控制系统。

电器的用途广泛,功能多样,种类繁多,结构各异。下面介绍几种常用的电器分类。

1. 按工作电压等级分类

(1) 高压电器

高压电器是指用于交流电压为 1200 V、直流电压在 1500 V 及以上电路中的电器,如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器

低压电器是指用于交流电频率为 50 Hz(或 60 Hz),额定电压为 1200 V 以下,或直流额定电压在 1500 V 及以下的电路中的电器,如接触器、继电器等。

2. 按动作原理分类

(1) 手动电器

手动电器是指用手或依靠机械力进行操作的电器,如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。

(2) 自动电器

自动电器是指借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器,如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

3. 按用途分类

(1) 控制电器

控制电器是指用于各种控制电路和控制系统的电器,如接触器、继电器、电动机启动器等。

(2) 主令电器

主令电器是指用于自动控制系统中发送动作指令的电器,如按钮、行程开关、万能转换开关等。

(3) 保护电器

保护电器是指用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

(4) 执行电器

执行电器是指用于完成某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

(5) 配电电器

配电电器是指用于电能的输送和分配的电器,如高压断路器、隔离开关、刀开关、自动空气开关等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器

电磁式电器是指依据电磁感应原理来工作的电器,如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器

非电量控制电器是指依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

(二) 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用具体如下。

(1) 控制作用

低压电器的控制作用如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

(2) 保护作用

保护作用是指能根据设备的特点,对设备、环境及人身实行自动保护,如电动机的过热保护,电网的短路保护、漏电保护等。

(3) 测量作用

低压电器能利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4) 调节作用

低压电器可对一些电量和非电量进行调节,以满足用户的要求,如柴油机油门的调节、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5) 指示作用

指示作用是指利用低压电器的控制、保护等功能,检测设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护指示等。



(6) 转换作用

转换作用是指在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如励磁装置手动与自动的转换、供电的市电与自备电的切换等。

当然,低压电器的作用远不止这些。随着科学技术的发展,新功能、新设备会不断出现。常用低压电器的主要种类和用途如表 1-1 所示。

对低压配电电器,要求其灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好、限流准确等;对低压控制电器,则要求其动作可靠、操作频率高、寿命长,并具有一定的负载能力。

表 1-1 常用低压电器的主要种类和用途

序号	类别	主要品种	用途
1	断路器	塑料外壳式断路器 框架式断路器 限流式断路器 漏电保护式断路器 直流快速断路器	主要用于电路的过负荷保护,短路、欠电压、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
2	刀开关	开关板用刀开关 负荷开关 熔断器式刀开关	主要用于电路的隔离,有时也能分断负荷
3	转换开关	组合开关 换向开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路的切换
4	主令电器	按钮 限位开关 微动开关 接近开关 万能转换开关	主要用于发布命令或程序控制
5	接触器	交流接触器 直流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷,切断带负荷电路
6	启动器	磁力启动器 星三角启动器 自耦减压启动器	主要用于电动机的启动
7	控制器	凸轮控制器 平面控制器	主要用于控制回路的切换
8	继电器	电流继电器 电压继电器 时间继电器 中间继电器 温度继电器 热继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需的电量或开关信号

续表

序号	类别	主要品种	用途
9	熔断器	有填料熔断器 无填料熔断器 半封闭插入式熔断器 快速熔断器 自复熔断器	主要用于电路短路保护,也用于电路的过载保护
10	电磁铁	制动电磁铁 起重电磁铁 牵引电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等地方

二、常用低压电器

(一) 接触器

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器。它可以频繁地接通或分断交、直流电路,并可实现远距离控制,同时具有低电压释放保护功能。其主要控制对象是电动机,也可用于电热设备、电焊机、电容器组等其他负载。接触器具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点,是电力拖动自动控制线路中使用最广泛的电气元件。

1. 接触器的种类

按照所控制电路的种类,接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

(1) 交流接触器

① 交流接触器的结构与工作原理。

如图 1-1 所示,交流接触器由电磁机构、触点系统、灭弧装置和其他部件四部分组成。

a. 电磁机构。

电磁机构由线圈、动铁芯(衔铁)和静铁芯组成,作用是将电磁能转换成机械能,产生电磁吸力带动触点动作。

b. 触点系统。

触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路,通常为三对常开触点。辅助触点用于控制电路,起电气联锁作用,故又称为联锁触点,一般有常开、常闭各两对。

c. 灭弧装置。

容量在 10 A 以上的接触器都有灭弧装置。对于小容量的接触器,常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器,采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

d. 其他部件。

其他部件包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

电磁式接触器的工作原理是线圈通电后在铁芯中产生磁通及电磁吸力,电磁吸力克

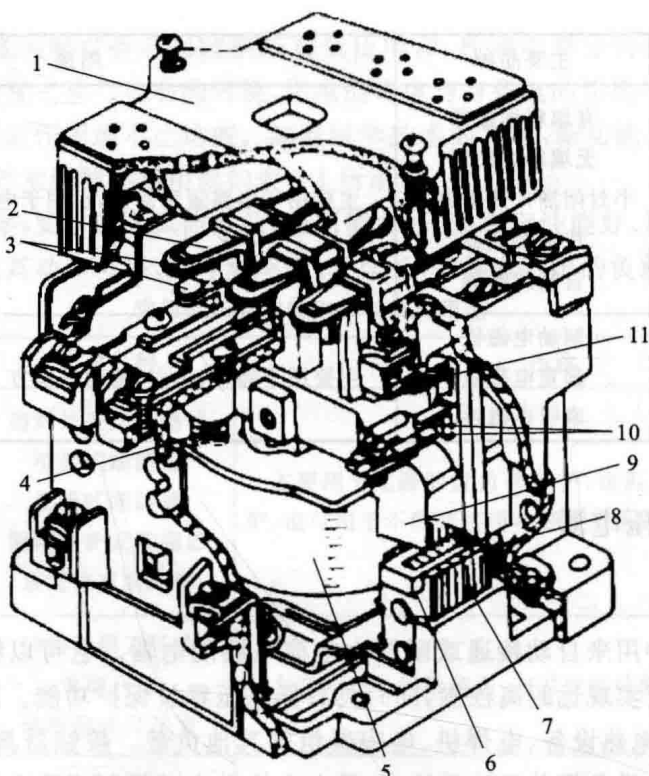


图 1-1 CJ10-20 型交流接触器

1—灭弧罩；2—触点压力弹簧片；3—主触点；4—反作用弹簧；5—线圈；
6—短路环；7—静铁芯；8—弹簧；9—动铁芯；10—辅助常开触点；11—辅助常闭触点

服弹簧反力使得衔铁吸合，带动触点机构动作，使常闭触点打开，常开触点闭合，互锁或接通线路；线圈失电或线圈两端电压显著降低时，电磁吸力小于弹簧反力，使得衔铁释放，触点机构复位，断开线路或解除互锁。

② 交流接触器的分类。

交流接触器的种类很多，其分类方法不尽相同，大致有以下几种。

a. 按主触点极数分。

交流接触器按主触点极数可分为单极、双极、三极、四极和五极交流接触器。单极交流接触器主要用于单相负荷，如照明负荷、焊机等，在电动机能耗制动中也可采用；双极交流接触器用于绕线式异步电动机的转子回路中，启动时用于短接启动绕组；三极交流接触器用于三相负荷，如在电动机的控制及其他场合使用最为广泛；四极交流接触器主要用于三相四线制的照明线路，也可用来控制双回路电动机负载；五极交流接触器用于组成自耦补偿启动器或控制双笼型电动机，以变换绕组接法。

b. 按灭弧介质分。

交流接触器按灭弧介质可分为空气式接触器、真空式接触器等。依靠空气绝缘的接触器用于一般负载，而采用真空绝缘的接触器常用于煤矿、石油、化工企业及电压在 660 V 和 1140 V 等一些特殊的场合。

c. 按有无触点分。

交流接触器按有无触点可分为有触点接触器和无触点接触器。常见的接触器多为有触点接触器,而无触点接触器属于电子技术应用的产物,一般采用晶闸管作为回路的通断元件。由于可控硅导通时所需的触发电压很小,而且回路通断时无火花产生,因此交流接触器可用于高操作频率的设备和易燃、易爆、无噪声的场合。

③ 交流接触器的基本参数。

a. 额定电压。

主触点的额定工作电压应等于负载的额定电压。一个接触器常规定几个额定电压,同时列出相应的额定电流或控制功率。通常,其最大工作电压即为额定电压,常用的额定电压为 220 V、380 V、660 V 等。

b. 额定电流。

接触器触点在额定工作条件下的电流值即为额定电流。在 380 V 三相电动机控制电路中,额定工作电流可近似等于控制功率的两倍。常用额定电流等级为 5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

c. 通断能力。

通断能力可分为最大接通电流和最大分断电流。最大接通电流是指触点闭合时不会造成触点熔焊的最大电流。最大分断电流是指触点断开时能可靠灭弧的最大电流。一般通断能力是额定电流的 5~10 倍。当然,这一数值与开断电路的电压等级有关,电压越高,通断能力越小。

d. 动作值。

动作值可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指接触器吸合前,缓慢增加吸合线圈两端的电压,直至接触器可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器吸合后,缓慢降低吸合线圈的电压,直至接触器释放时的最大电压。一般规定,吸合电压不小于线圈额定电压的 85%,释放电压不大于线圈额定电压的 70%。

e. 吸引线圈额定电压。

接触器正常工作时,吸引线圈上所加的电压就是吸引线圈的额定电压。一般地,该电压数值及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上,而不是标于接触器外壳铭牌上,使用时应加以注意。

f. 操作频率。

接触器在吸合瞬间,吸引线圈需消耗比额定电流大 5~7 倍的电流,如果操作频率过高,则会使线圈严重发热,直接影响接触器的正常使用。为此,我们规定了接触器的允许操作频率,一般为每小时允许操作次数的最大值。

g. 寿命。

寿命包括电气寿命和机械寿命。目前,接触器的机械寿命已达一千万次以上,电气寿命是机械寿命的 5%~20%。

(2) 直流接触器

直流接触器的结构和工作原理基本上与交流接触器相同,在结构上其由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成。由于直流电弧比交流电弧难以熄灭,因此直流接触器常采用磁吹式灭弧装置灭弧。



2. 接触器的符号与型号说明

(1) 接触器的符号

接触器的图形符号如图 1-2 所示,文字符号为 KM。

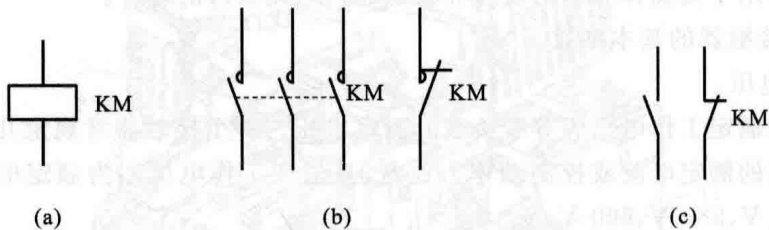


图 1-2 接触器的图形符号

(a) 线圈;(b) 常开、常闭主触点;(c) 常开、常闭辅助触点

(2) 接触器的型号说明

交流接触器型号的含义如图 1-3 所示。

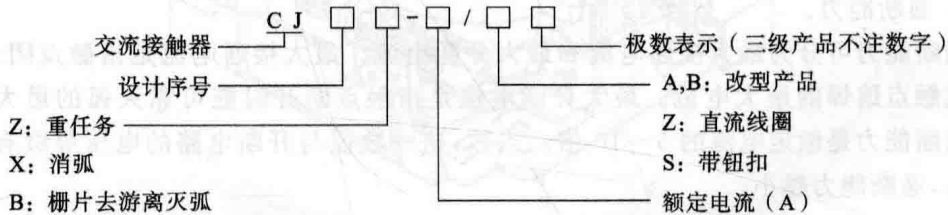


图 1-3 交流接触器型号的含义

直流接触器型号的含义如图 1-4 所示。

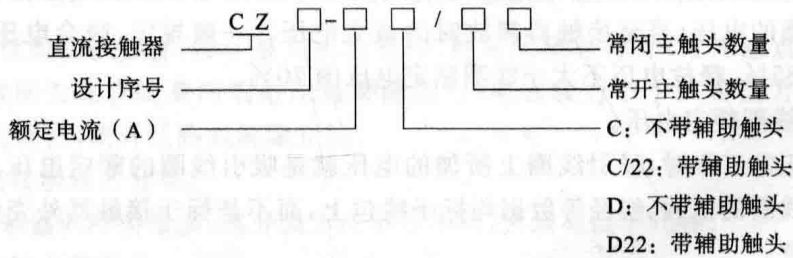


图 1-4 直流接触器型号的含义

例如,CJ10Z-40/3 表示交流接触器,设计序号为 10,重任务型,额定电流为 40 A,主触点为 3 极;CJ12T-250/3 表示改型后的交流接触器,设计序号为 12,额定电流为 250 A,3 个主触点。

我国生产的交流接触器常用的有 CJ10、CJ12、CJX1、CJ20 等系列及其派生系列产品,CJ0 系列及其改型产品已逐步被 CJ20、CJX 系列产品取代。该系列产品一般具有三对常开主触点,常开、常闭辅助触点各两对。直流接触器常用的有 CZ0 系列,分为单极和双极两大类,常开、常闭辅助触点各不超过两对。

除上述常用系列外,我国近年来还引进了一些生产线,生产了一些满足国际电工委员会(International Electrotechnical Commission,简称 IEC)标准的交流接触器,下面做简单介绍。

CJ12B-S 系列锁扣接触器用于交流电频率为 50 Hz, 电压为 380 V 及 380 V 以下, 电流为 600 A 及 600 A 以下的配电电路中, 供远距离接通和分断电路用, 并适宜不频繁地启动和停止交流电动机, 具有正常工作时吸引线圈不通电、无噪声等特点。其锁扣机构位于电磁系统的下方, 锁扣机构靠吸引线圈通电, 吸引线圈断电后靠锁扣机构保持在锁住位置。由于线圈不通电, 因此其不仅无电力损耗, 还消除了磁噪声。

从德国西门子股份公司引进的 3TB 系列、BBC 公司引进的 B 系列交流接触器等主要供远距离接通和分断电路用, 并适宜频繁地启动及控制交流电动机。3TB 系列产品具有结构紧凑、机械寿命和电气寿命长、安装方便、可靠性高等特点, 额定电压为 220~660 V, 额定电流为 9~630 A。

3. 接触器的选用

交流接触器应根据负荷的类型和工作参数合理选用, 具体步骤如下。

(1) 选择接触器的类型

交流接触器按负荷种类一般分为一类、二类、三类和四类, 分别记为 AC1、AC2、AC3 和 AC4。一类交流接触器对应的控制对象是无感或微感负荷, 如白炽灯、电阻炉等; 二类交流接触器用于绕线式异步电动机的启动和停止; 三类交流接触器的典型用途是鼠笼式异步电动机的运转和运行中分断; 四类交流接触器用于笼型异步电动机的启动、反接制动、反转和点动。

(2) 选择接触器的额定参数

根据被控对象和工作参数如电压、电流、功率、频率及工作制等确定接触器的额定参数。

① 接触器的线圈电压一般应以低一些为好, 这样对接触器的绝缘要求可以降低, 使用时较安全。但为了方便和减少设备, 常按实际电网电压选取其线圈电压。

② 若电动机的操作频率不高, 如压缩机、水泵、风机、空调、冲床等, 则接触器的额定电流应大于负荷额定电流。接触器类型可选用 CJ10、CJ20 等。

③ 对重任务型电动机, 如机床主电动机、升降设备、绞盘、破碎机等, 其平均操作频率超过 100 次/min, 运行于启动、点动、正反向制动、反接制动等状态, 可选用 CJ10Z、CJ12 型的接触器。为了保证电气寿命, 接触器可降容使用。选用时, 接触器额定电流应大于电动机额定电流。

④ 对特重任务电动机, 如印刷机、镗床等, 操作频率很高, 可达 600~12000 次/h, 经常运行于启动、反接制动、反向等状态, 故其接触器大致可按电气寿命及启动电流选用, 接触器型号选用 CJ10Z、CJ12 等。

⑤ 交流回路中的电容器投入电网或从电网中切除时, 接触器选择时应考虑电容器的合闸冲击电流。一般地, 接触器的额定电流可按电容器额定电流的 1.5 倍选取, 型号选用 CJ10、CJ20 等。

⑥ 用接触器对变压器进行控制时, 应考虑浪涌电流的大小。例如, 对于交流电弧焊机、电阻焊机等, 一般可按变压器额定电流的 2 倍选取接触器, 型号选用 CJ10、CJ20 等。

⑦ 对于电热设备, 如电阻炉、电热器等, 负荷的冷态电阻较小, 因此启动电流相应要



大一些。选用接触器时可不用考虑启动电流,直接按负荷额定电流选取,型号可选用 CJ10、CJ20 等。

⑧ 由于气体放电灯启动电流大、启动时间长,为了保证对照明设备的控制,可按额定电流的 1.1~1.4 倍选取交流接触器,型号可选用 CJ10、CJ20 等。

⑨ 接触器额定电流是指接触器在长期工作下的最大允许电流,持续时间不大于 8 h,且安装于敞开的控制板上。如果冷却条件较差,选用接触器时,接触器的额定电流按负荷额定电流的 110%~120% 选取。对于长时间工作的电动机,由于其氧化膜没有机会得到清除,使接触电阻增大,导致触点发热超过允许温升。此时选用时,可将接触器的额定电流降低 30%。

(二) 继电器

继电器是根据某种输入信号的变化来接通或断开控制电路,以实现自动控制和保护电力装置的自动电器。

继电器的种类很多,按输入信号的性质可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器等;按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等;按输出形式可分为有触点继电器和无触点继电器两类;按用途可分为控制用继电器与保护用继电器等。

1. 电磁式继电器

(1) 电磁式继电器的结构与工作原理

电磁式继电器是应用得最早、最多的一种继电器形式。其结构及工作原理与接触器大体相同,由电磁系统、触点系统和释放弹簧等组成。电磁式继电器原理图如图 1-5 所示。由于继电器用于控制电路,流过触点的电流比较小(一般 5 A 以下),故不需要灭弧装置。

常用的电磁式继电器有电压继电器、中间继电器和电流继电器。电磁式继电器的图形、文字符号如图 1-6 所示。

(2) 电磁式继电器的特性

继电器的主要特性是输入-输出特性,又称为继电特性。继电特性曲线如图 1-7 所示。图 1-7 中, X_2 称为继电器吸合值,欲使继电器吸合,输入量必须大于或等于 X_2 ; X_1 称为继电器释放值,欲使继电器释放,输入量必须小于或等于 X_1 。当继电器输入量 X 由 0 增至 X_2 以前,继电器输出量 Y 为 0。当输入量 X 增加到 X_2 时,继电器吸合,输出量为 Y_1 ;若 X 继续增大, Y 保持不变。当其输入量 X 减小到 X_1 时,继电器释放,输出量由 Y_1 变为 0;若 X 继续减小, Y 值均为 0。

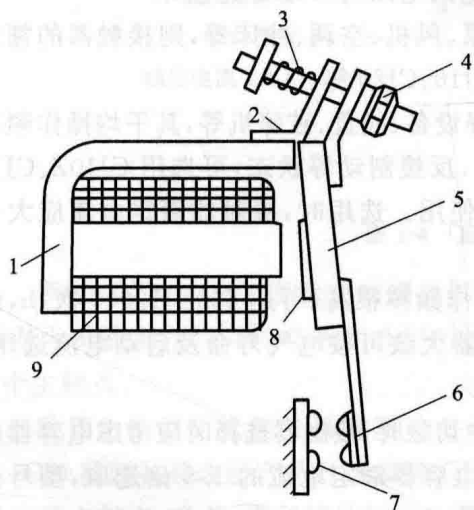


图 1-5 电磁式继电器原理图

- 1—铁芯;2—旋转棱角;3—释放弹簧;
4—调节螺母;5—衔铁;6—动触点;
7—静触点;8—非磁性垫片;9—线圈

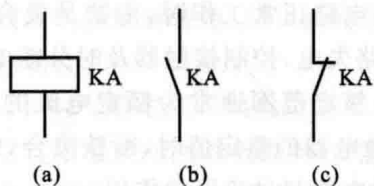


图 1-6 电磁式继电器的图形、文字符号

(a) 线圈; (b) 常开触点; (c) 常闭触点

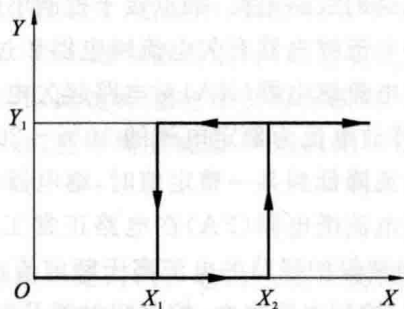


图 1-7 继电器特性曲线

$K_f = X_1/X_2$, 称为继电器的返回系数, 它是继电器的重要参数之一。 K_f 值是可以调节的。

例如, 一般继电器要求小的返回系数, K_f 值应为 $0.1 \sim 0.4$, 这样当继电器吸合后, 输入量波动较大时不致引起误动作; 欠电压继电器则要求大的返回系数, K_f 值在 0.6 以上。设某继电器 $K_f = 0.66$, 吸合电压为额定电压的 90% , 则电压低于额定电压的 50% 时, 继电器释放, 起到欠电压保护作用。

继电器另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指从线圈接受信号到衔铁完全吸合所需的时间。释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为 $0.05 \sim 0.15$ s, 快速继电器为 $0.005 \sim 0.05$ s, 其大小影响继电器的操作频率。

(3) 电压继电器和电流继电器

① 电压继电器。

电压继电器用于电力拖动系统的电压保护和控制。其线圈并联接入主电路, 感测主电路的线路电压; 触点接于控制电路, 为执行元件。

按吸合电压的大小, 电压继电器可分为过电压继电器和欠电压继电器。

过电压继电器(FV)用于线路的过电压保护, 其吸合整定值为被保护线路额定电压的 $1.05 \sim 1.2$ 倍。当被保护的线路电压正常时, 衔铁不动作; 当被保护线路的电压高于额定值, 达到过电压继电器的整定值时, 衔铁吸合, 触点机构动作, 控制电路失电, 控制接触器及时分断被保护线路。

欠电压继电器(KV)用于线路的欠电压保护, 其释放整定值为被保护线路额定电压的 $10\% \sim 60\%$ 倍。当被保护线路电压正常时, 衔铁可靠吸合; 当被保护线路电压降至欠电压继电器的释放整定值时, 衔铁释放, 触点机构复位, 控制接触器及时分断被保护线路。

零电压继电器是当电路电压降低到 $5\% \sim 25\%$ 的 U_N (即额定电压) 时释放, 对电路实现零电压保护, 用于线路的失压保护。

中间继电器实质上是一种电压继电器。其特点是触点数目较多, 电流容量可增大, 起到中间放大(增加触点数目和增大电流容量)的作用。

② 电流继电器。

电流继电器用于电力拖动系统的电流保护和控制。其线圈串联接入主电路, 用来感