

21世纪 高职高专教育统编教材

电气控制与 PLC 实用教程

吴 丽 主编



黄河水利出版社

21 世纪高职高专教育统编教材

电气控制与 PLC 实用教程

吴 丽 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

全书共分十二章,主要内容有常用低压电器,电气控制线路的基本控制环节,机床电气控制系统,桥式起重机电气控制,可编程序控制器(PLC)的基本组成、工作原理、逻辑元件、指令系统、编程方法、应用设计技术以及特殊模块和网络的有关知识。

本书尽可能地做到语言简洁、通俗易懂、内容丰富、实用性强、理论联系实际,除了介绍传统的控制技术以外,还详细叙述了可编程控制器的应用技术,并通过一些实例介绍 PLC 的设计方法和技巧,以突出实践技能和应用能力的培养。

本书适用于高职高专院校电气自动化、自动化、机电一体化、机械制造及其自动化与其相关专业的教材用书,也可作为电气技术人员的参考书和培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 实用教程/吴丽主编. — 郑州:
黄河水利出版社, 2005. 2

21 世纪高职高专教育统编教材

ISBN 7-80621-888-2

I. 电… II. 吴… III. ①电气控制—高等学校—教材
②可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TM571

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 007811 号

策划组稿:王路平 电话:0371-6022212 E-mail:wlp@yrcp.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787mm×1 092mm 1/16

印张:19.25

字数:445 千字

印数:1—2 100

版次:2005 年 2 月第 1 版

印次:2005 年 2 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-888-2/TM·9

定 价:25.00 元

前 言

本书是根据高等职业教育研究学会制定的《电气控制与 PLC 实用教程》教材大纲编写的。根据高等职业教育的特点及培养目标,为了加强技术应用能力的培养,本书主要采用淡化理论、突出应用的手法,同时也尽可能地体现出一个“新”字,介绍目前国内外电气控制技术领域的新技术、新产品。

本书在编写过程中力求内容全面、语言简洁、通俗易懂、重点突出、实例丰富、图文并茂、实用性强。

全书共有两篇十二章:

第一篇为电气控制技术部分(由第一章至第四章组成),主要包括常用低压电器的结构、原理及使用的有关知识、继电—接触器控制电路的基本控制环节、工厂常用机床电气控制的原理分析和故障诊断方法、典型电气设备——桥式起重机运输设备的电气控制原理及分析方法。

第二篇为可编程序控制器应用技术部分(由第五章至第十二章组成),主要以日本三菱电机公司的 FX2 系列可编程序控制器为蓝本,介绍小型可编程序控制器的特点、结构组成、工作原理、内部逻辑元件、指令系统、编程规则与技巧、应用技术、模块应用与网络技术。

本书为高职高专院校工业自动化、电气技术、电气工程及其自动化、自动化、应用电子技术、机电一体化、机电技术应用、机械制造及其自动化和计算机应用技术专业的教学用书,也可以作为电大、职大相同或相近专业的教学用书,同时也可作为电气技术人员的技术参考书或培训教材。

本书由吴丽担任主编,并编写绪论、第九章及附录部分,何瑞编写第一章和第十章,杜广朝编写第二章,万书栋编写第三章和第四章,李小雄编写第五章、第六章和第十二章,段红旗编写第七章、第八章和第十一章。

本书由孔昭平担任主审。在本书的编写过程中得到胡健的热情支持和大力帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现不妥与错误之处,恳请广大读者批评和指教。

编 者

2004 年 6 月

目 录

前 言

绪 论	(1)
-----	-----

第一篇 电气控制技术

第一章 常用低压电器	(3)
第一节 低压电器的基本知识	(3)
第二节 开关电器	(7)
第三节 接触器	(11)
第四节 继电器	(15)
第五节 熔断器	(23)
第六节 主令电器	(26)
小 结	(28)
习 题	(33)
第二章 电气控制线路的基本控制环节	(34)
第一节 电气控制系统图的基本知识	(34)
第二节 三相异步电动机全压启动控制线路	(38)
第三节 三相异步电动机降压启动控制	(46)
第四节 三相绕线式异步电动机启动控制	(52)
第五节 感应式双速异步电动机变速控制线路	(57)
第六节 三相异步电动机电气制动控制	(59)
第七节 直流电动机控制	(63)
小 结	(68)
习 题	(71)
第三章 机床电气控制系统	(74)
第一节 电气控制系统分析基础	(74)
第二节 M7120 型平面磨床的电气控制线路分析	(75)
第三节 Z3040 型摇臂钻床的电气控制	(80)
第四节 X62W 型万能铣床的电气控制	(84)
第五节 T68 型卧式镗床的电气控制	(92)
第六节 机床电气控制系统故障分析	(97)
小 结	(98)
习 题	(99)

第四章 桥式起重机电气控制	(101)
第一节 概 述.....	(101)
第二节 起重机电机的工作状态.....	(103)
第三节 凸轮控制器控制原理.....	(105)
第四节 主令控制器工作原理.....	(108)
第五节 15/3t(重级)桥式起重机电气控制电路	(112)
小 结.....	(116)
习 题.....	(116)

第二篇 可编程控制器

第五章 可编程控制器概述	(118)
第一节 可编程控制器的产生和定义.....	(118)
第二节 可编程控制器的特点.....	(119)
第三节 可编程控制器的应用和发展.....	(121)
习 题.....	(123)
第六章 可编程控制器的基本原理及组成	(124)
第一节 可编程控制器的基本原理.....	(124)
第二节 可编程控制器的组成.....	(125)
第三节 可编程控制器的结构特点.....	(140)
第四节 可编程控制器的性能指标.....	(143)
小 结.....	(147)
习 题.....	(147)
第七章 基本逻辑指令	(148)
第一节 FX ₂ 系列基本逻辑指令.....	(148)
第二节 编程的基本规则和技巧.....	(159)
第三节 基本逻辑指令应用实例.....	(163)
小 结.....	(166)
习 题.....	(169)
第八章 步进指令	(172)
第一节 状态转移图.....	(172)
第二节 步进指令和步进梯形图.....	(173)
第三节 状态转移图的主要类型.....	(174)
第四节 步进指令的应用.....	(177)
小 结.....	(182)
习 题.....	(182)
第九章 功能指令	(183)
第一节 功能指令的基本格式.....	(183)
第二节 程序流控制指令(FNC00~FNC09).....	(186)

第三节	传送指令和比较指令(FNC10~FNC19)·····	(189)
第四节	算术运算和逻辑运算指令(FNC20~FNC29)·····	(194)
第五节	循环移位指令(FNC30~FNC39)·····	(196)
第六节	数据处理功能指令(FNC40~FNC48)·····	(201)
第七节	高速处理指令(FNC50~FNC58)·····	(204)
第八节	方便功能指令(FNC60~FNC69)·····	(209)
第九节	外部 I/O 设备功能指令(FNC70~FNC79) ·····	(216)
第十节	外部设备指令(FNC80~FNC88)·····	(223)
第十一节	F ₂ 外部设备功能指令(FNC90~FNC99) ·····	(227)
小 结	·····	(231)
习 题	·····	(234)
第十章	可编程控制器的应用·····	(237)
第一节	PLC 控制系统设计的内容与步骤 ·····	(237)
第二节	PLC 的硬件设置 ·····	(238)
第三节	PLC 的软件设计 ·····	(240)
第四节	PLC 在机床控制中的应用 ·····	(242)
第五节	PLC 在工业机械手控制中的应用 ·····	(247)
第六节	PLC 在电梯控制中的应用 ·····	(255)
小 结	·····	(259)
习 题	·····	(259)
第十一章	PLC 用于模拟量控制和位置控制 ·····	(261)
第一节	模拟量控制·····	(261)
第二节	位置控制·····	(274)
第十二章	PLC 网络与通信 ·····	(284)
第一节	PLC 与计算机通信 ·····	(284)
第二节	可编程控制器网络·····	(290)
附 录	常用特殊辅助继电器功能编号一览表·····	(295)
参考文献	·····	(301)

绪 论

一、电气控制技术与 PLC 的发展

随着科学技术的不断发展,对生产工艺的要求不断提高,电气控制技术经历了从手动到自动、从简单到复杂、从单一到多功能、从硬件控制到软件控制的不断变革。

19 世纪末到 20 世纪初为生产机械电力拖动的初期,常以一台电动机拖动多台设备,或使一台机床的多个运动部件由一台电动机拖动,称为集中拖动。此拖动系统传动机构较为复杂,不能满足生产机械自动控制的需要。随后出现了单机拖动,至 20 世纪 30 年代发展成为分散拖动,即各运动部件分别用不同的电动机拖动,不仅简化了机械传动机构,提高了传动效率,也为生产机械各部分能够选择最合理的运行速度和自动控制创造了良好条件。因此,目前绝大多数生产机械都采用分散控制。

随着拖动方式的不断演变,电力拖动的控制方式也经历了不断的变革,从手动控制逐步向自动控制方向发展。继电器接触器控制产生于 20 世纪 20~30 年代,最初是采用一些手动控制电器,通过人力操作实现电动机的启动、停止和正反转控制。这种控制方式只能适合容量小、不频繁启动的场合。后来发展为采用继电器、接触器、位置开关和保护电器组成的自动控制方式,这种控制方式由操作者发出信号,通过主令电器接通继电器和接触器电路,实现电动机的启动、停止、正反转、制动、调速和各种保护控制。由于继电器控制系统逐步成熟完善,并且具有控制方法简单、工作稳定、成本低等优点,使其至今仍然广泛应用于工矿企业。但是由于继电器控制系统的接线固定、使用单一,无法满足生产工艺的不断改变和控制程序不断改变的需要,人们把目标转向计算机控制系统。计算机控制使系统灵活性和通用性提高,控制功能和控制精度大大提高,同时也带来了系统复杂、抗干扰能力差、成本高等缺陷。20 世纪 60 年代出现了顺序控制器,这种以逻辑元件插接方式组成的控制系统,编程简单,成本也大大降低,然而却仍然属于硬件手段,并且体积较大。

20 世纪 70 年代,一种新型工业控制器——可编程控制器(PLC)问世。它以微处理技术为核心,综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术,以软件手段实现各种控制功能,具有极高的抗干扰能力,适宜各种恶劣的生产环境,兼备了计算机和继电器两种控制方式的优点,形成一套以继电器梯形图为基础的形象编程语言和模块化的软件结构,使用户程序的编制清晰直观,方便易学,调试和查错容易,其本身结构简单、性能优越、体积小、重量轻、耗电省,同时价格便宜,使其在电气控制领域异军突起并迅速发展起来。目前,PLC 已作为一种标准化通用设备应用于机械加工、自动机床、木材加工、冶金工业、建筑施工、交通运输、纺织、造纸、化工等各行各业,对传统的控制系统进行技术改造,使工厂自动控制技术产生了很大的飞跃。因此,作为一个电气技术人员必须掌握可编程控制器的基本原理、编程方法和应用技术,才能适应目前自动控制技术领域的飞速发展。

自动控制技术发展的另一分支为数控技术,也在 20 世纪 50 年代研制成功,并随着计算机技术的发展而不断走向完善。它是一种具有广泛通用性的高效率、高精度且能适应小批量复杂零件加工的自动化机床,综合应用了计算机技术、电子技术、检测技术、自动控制技术等各个领域的最新技术成就。

将来,可编程控制器、数控技术和工业机器人将成为自动控制领域的三大支柱。

二、《电气控制与 PLC 实用教程》课程的性质和任务

《电气控制与 PLC 实用教程》是实践性较强的主要专业课之一。本课程是在学习《电机原理》和《电力拖动基础》课程之后进行授课的。

本课程的主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍电气控制的基本原理、控制线路及设计方法,同时着重介绍可编程控制器(PLC)的功能、指令系统、编程方法和应用技术。

电气控制技术涉及面很广,本课程从应用角度出发,以培养对电气控制系统具有分析能力和设计能力为主要目的,讲授电气控制技术领域内的新技术。PLC 是近一二十年来发展起来的一种新型工业控制器,它集计算机控制系统与继电器控制系统的优越性于一体,同时避开了两者的弊端,因而在工业生产过程控制中得到了极其广泛的应用。

本课程的任务是:

(1)熟悉常用低压电器的基本结构、工作原理、用途和型号,达到能正确使用和选用的目的。

(2)熟练掌握常用电气控制电路的基本控制环节,具有对一般电气控制电路的独立分析能力。

(3)熟悉典型生产设备电气控制电路的工作原理、分析方法,具有处理一般故障的初步能力。

(4)掌握可编程控制器的基本原理、指令系统和编程方法。

(5)能正确使用和选用可编程控制器,具有一般程序设计能力和调试修改能力,对传统继电器控制系统进行技术改造的能力,并具有初步技术开发能力。

本课程除理论教学外,还有试验、现场教学、课程设计、生产实习和毕业设计等实践性教学环节,让学生在学习中能理论和实践相结合,除掌握电气技术人员所必须的理论知识外,同时还应具有较强的实践能力。

第一篇 电气控制技术

第一章 常用低压电器

本章主要介绍国家标准规定的常用低压电器的结构、工作原理、规格、型号、用途、使用方法及各种电器的图形符号和文字符号,为合理使用和正确选择低压电器打基础。

第一节 低压电器的基本知识

低压电器是指用于交流、直流电压为 1 200V 及以下电路中起通断、控制、保护与调节等作用的电器。

一、低压电器的分类

电器的种类繁多,结构各异,用途不同。其具体分类如下所述。

(一)按电器的动作性质分

按电器的动作性质分手动电器和自动电器两大类。手动电器是由人手操纵的电器,如闸刀开关、按钮、手动 Y- Δ 启动器等。自动电器是按指令信号或某个物理量(如电压、电流、时间、速度、位移等)的变化而自动工作的电器,如各种接触器、继电器、行程开关等。

(二)按电器的性能和用途分

按电器的性能和用途分控制电器和保护电器两大类。控制电器用来控制电路接通和断开及控制电动机的各种运行状态,如刀开关、按钮、接触器等。保护电器用于保护电源、线路和电动机,如熔断器、热继电器等。

(三)按有无触点分

按有无触点分有触点电器和无触点电器。以上叙述的电器均为有触点电器,由这些有触点电器组成继电器-接触器控制系统。这种系统不仅可以实现生产过程自动控制,还可以实现集中控制和远距离控制,且具有结构简单、成本低、抗干扰能力强、调整维护容易等优点。因此,目前大部分工矿企业仍使用这种有触点电器。

无触点电器是指现代化的电力拖动系统中的晶体管无触点逻辑元件、电子程序控制器件、数字控制系统以及计算机控制系统等。

(四)按工作原理分

按工作原理分电磁式电器和非电量控制电器。电磁式电器根据电磁感应原理来工

作,如交流接触器、各种电磁式继电器。非电量电器根据非电量(压力、温度、时间、速度等)的变化而工作的电器,如按钮、行程开关、压力继电器、时间继电器、热继电器、速度继电器等。

二、电磁式电器

电磁式电器类型很多,从结构上看大都由两个基本部分组成,即感测部分和执行部分。感测部分接受外界输入信号并作出一定的反应。执行部分根据感测部分作出的反应而动作,执行电路接通、断开等控制。对于有触点的电磁式电器,感测部分指电磁机构,执行部分指触头系统。

(一)电磁机构

电磁机构通常采用电磁铁的形式,由吸引线圈、铁心和衔铁组成。吸引线圈绕在铁心柱上,它是静止不动的,故铁心又称为静铁心;而衔铁是可以动作的,称为动铁心。

电磁机构又称为磁路系统,其主要作用是将电磁能转换为机械能并带动触头动作,从而接通或断开电路。其工作原理为:当线圈中通入电流后,产生磁场,磁场的磁通经铁心、衔铁和工作气隙形成闭合回路,产生电磁吸力,将衔铁吸向铁心。但衔铁的运动还受到反作用弹簧拉力的作用,只有当电磁吸力大于反作用弹簧的拉力,衔铁才可被铁心可靠地吸住。但是电磁吸力过大,又会使衔铁与铁心发生严重的碰击。

电磁机构根据磁路和衔铁的动作方式有各种类型。如图 1-1 所示,铁心有 E 形、双 E 形、U 形、甲壳螺管形,衔铁动作方式分为直动式和转动式。

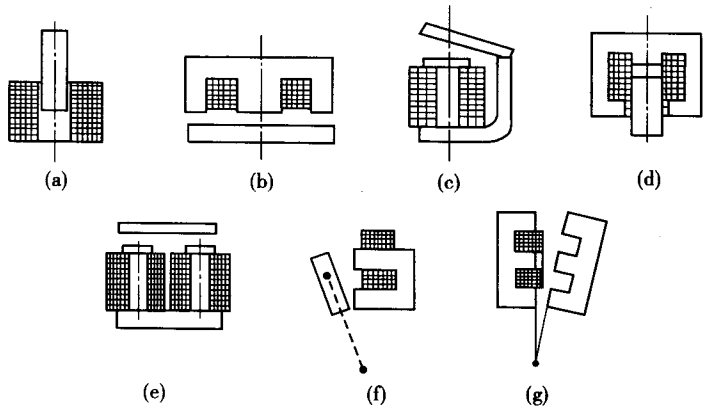


图 1-1 电磁机构的类型

(a)、(d)螺管式;(c)、(f)、(g)转动式;(b)、(e)直动式

电磁机构可分为三种类型:

(1)衔铁沿直线运动的双 E 形直动式铁心,如图 1-1(b)、图 1-1(e)所示。一般用于交流接触器、继电器。

(2)衔铁沿轴转动的拍合式铁心,如图 1-1(f)、图 1-1(g)所示。多用于触点容量较大的交流电器中。

(3)衔铁沿棱角转动的拍合式铁心,如图 1-1(c)所示。一般用于直流电器中。

(二)吸引线圈

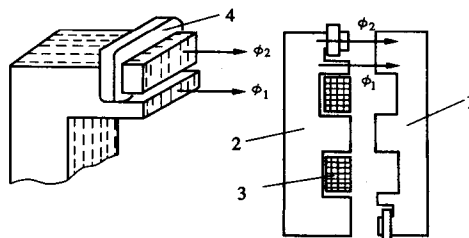
吸引线圈的作用是将电能转化为磁场能。按线圈的接线形式分为电压线圈和电流线圈。电压线圈并接在电源两端,电流大小由电源电压和线圈本身的阻抗决定,其匝数多、导线细、阻抗大、电流小,一般用绝缘性能好的漆包线绕成。电流线圈串接于电路中,反映电路中的电流,其匝数少、导线粗,一般用扁铜带或粗铜线绕成。

按通入线圈的电源种类分为直流线圈和交流线圈,因此又分为直流电磁铁和交流电磁铁。直流电磁铁只有线圈发热而铁心不发热,因此吸引线圈做成瘦高型,且不设骨架,线圈和铁心直接接触,以利于散热。交流电磁铁的铁心存在磁滞损耗和涡流损耗,线圈和铁心都发热,因此线圈做成短粗型,且设有骨架,使铁心和线圈隔离,以利于散热。

(三)单向交流电磁机构上短路环的作用

电磁机构在工作中,衔铁总受到反作用弹簧的拉力作用。当电磁吸力大于反作用弹簧拉力时,衔铁吸合。当电磁吸力小于反作用弹簧拉力时,衔铁释放。电磁机构通入交流电时,因产生的电磁吸力是脉动的,使电磁吸力时而大于反作用弹簧拉力,时而小于反作用弹簧拉力,使得衔铁产生振动。

消除衔铁振动的措施是在铁心中引用短路环。具体方法为:在交流电磁铁铁心柱距端面1/3处开一个槽,槽内嵌入铜环(又称短路环或称分磁环),如图1-2所示。当吸引线圈通入交流电时,由于短路环的作用,使铁心中的磁通分为两部分,即通过短路环的磁通和不通过短路环的磁通。两部分磁通存在相位差,二者不会同时为零,如果短路环设计得合理,使得合成电磁吸力总大于反作用弹簧拉力,衔铁吸合时不会产生振动和噪音。



1—衔铁;2—铁心;3—线圈;4—短路环

图 1-2 交流电磁铁的短路环

三、电器的触头系统

触头是有触点电器的执行部分,通过触头的闭合、断开控制电路的通、断。触头通常有以下几种形式。

1. 桥式触头

图1-3(a)为两个点接触的桥式触头,图1-3(b)是两个面接触的桥式触头。两个触头串接于同一电路,共同完成电路的通、断。点接触型适用于小电流、触头压力小的场合,面接触型适用于大电流的场合。

2. 指式触头

图1-3(c)为指式触头,其接触区为一直线,触头动作时产生滑动摩擦,以利于去掉氧化膜,适用于接通次数多、电流大的场合。

触头通常采用具有良好导电、导热性能的铜材料制成,但铜的表面易生成氧化膜,增

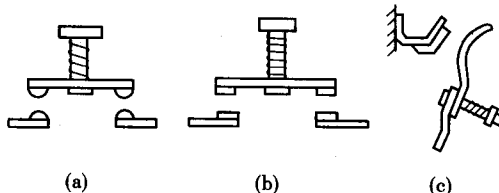


图 1-3 触头的结构形式

大触头表面的接触电阻,使损耗增大,温度升高。对于一些继电器或容量小的电器,触点常用银质材料制成,这样可以增加导电、导热性能,降低氧化膜电阻率(银质氧化膜的电阻率和纯银相似),且银质氧化膜只有在高温下才能形成,又容易被粉化。对于容量大的电器,触头采用滑动接触时,可将氧化膜去掉,也常用铜质触头。

触头上通常装有接触弹簧,在触头刚刚接触时产生初压力,随着触头的闭合压力增大,使接触电阻减小,触头接触更加紧密,并消除触头开始闭合时产生的振动。

四、电弧和灭弧方法

实践证明,电气设备的开关电器切断有电流的电路时,如果触头间电压大于 $10 \sim 20\text{V}$,电流超过 80mA 时,触头间会产生强烈而耀眼的光柱,即是电弧。电弧是电流流过空间气隙的现象,说明电路中仍有电流通过。当电弧持续不熄时,会产生很多危害:①延长了开关电器切断故障的时间;②由于电弧的温度很高(表面温度可达 $3\,000 \sim 4\,000^\circ\text{C}$,中心温度可达 $10\,000^\circ\text{C}$),如果电弧长时间燃烧,不仅将触头表面的金属熔化或蒸发,而且引起电弧附近电气绝缘材料烧坏,造成事故;③使油开关的内部温度和压力剧增引起爆炸;④形成飞弧造成电源短路事故。因此,应在开关电器中采用有效措施,使电弧迅速熄灭。

(一)电弧的形成

当开关电器的触头分离时,触头间的距离很小,触头间电压即使很低,但由于电场强度很大($E = U/d$),因此在触头表面发生强电场发射和热电子发射,产生自由电子并逐渐加速运动,在间隙中不断与介质的中性质点产生碰撞游离,使自由电子的数量不断增加,导致介质被击穿,引起弧光放电。弧隙温度剧增,产生热游离,不断有大量自由电子产生,间隙由绝缘变成导电通道,电弧持续燃烧。

(二)电弧的熄灭

在电弧产生的同时,还伴随着一个相反的过程,即去游离,也就是异性带电质点相互中和成中性质点,它主要表现在正负离子的复合和离子向弧道周围的扩散。因此,电弧的产生和熄灭,是游离和去游离作用的结果。当游离作用大于去游离作用时,电弧电流越来越大,电弧持续燃烧;当游离作用小于去游离作用时,电弧电流越来越小,直至电弧熄灭。因此,为迅速灭弧,要人为增大去游离的作用。

(三)灭弧方法

为了加速电弧熄灭,常采用以下灭弧方法。

1. 吹弧

利用气体或液体介质吹动电弧,使之拉长、冷却。按照吹弧的方向,分纵吹和横吹。另外,还有两者兼有的纵横吹,大电流横吹,小电流纵吹。

2. 拉弧

加快触头的分离速度,使电弧迅速拉长,表面积增大,迅速冷却。如在开关电器中加装强力开断弹簧来实现此目的。

3. 长弧割短弧

如图 1-4 所示,当开关分断时触头间产生电弧,电弧在磁场力作用下进入灭弧栅内被

切割成几个串联的短弧。当外加电压不足以维持全部串联短电弧时,电弧迅速熄灭。交流低压开关多采用这种灭弧方法。

4. 多断口灭弧

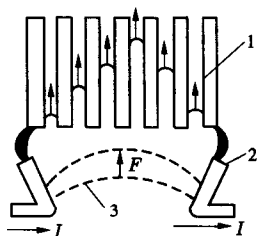
同一相采用两对或多对触头,使电弧分成几个串联的短弧,使每个断口的弧隙电压降低,触头的灭弧行程缩短,提高灭弧能力。

5. 利用介质灭弧

电弧中去游离的强度,在很大程度上决定于所在介质的特性(导热系数、介电强度、热游离温度和热容量等)。气体介质中氢气具有良好的灭弧性能和导热性能,其灭弧能力是空气的 7.5 倍;六氟化硫(SF_6)气体的灭弧能力更强,是空气的 100 倍,把电弧引入充满特殊气体介质的灭弧室中,使游离过程大大减弱,快速灭弧。

6. 改善触头表面材料

触头应采用高熔点、导电导热能力强和热容量大的金属材料,以减少热电子发射金属熔化和蒸发。目前,许多触头的端部镶有耐高温的银钨合金或铜钨合金。



1—灭弧栅片;2—触头;3—电弧

图 1-4 栅片灭弧示意图

五、主要技术参数

(一)额定电压

额定电压是指在规定的条件下,能保证电器正常工作的电压值,通常指触点的额定电压值。对于电磁式电器,还规定了电磁线圈的额定工作电压。

(二)额定电流

额定电流是指在额定电压、额定频率和额定工作制下所允许通过的电流。它与使用类别、触点寿命、防护等级等因素有关,同一开关可以对应不同使用条件下规定的不同工作电流。

(三)使用类别

有关操作条件的规定组合,通常用额定电压和额定电流的倍数及其相应的功率因数或时间常数等来表征电器额定通、断能力的类别。

(四)通断能力

通常包括接通能力和断开能力,以非正常负载时接通和断开的电流值来衡量。接通能力是指开关闭合时不会造成触点熔焊的能力;断开能力指断开时能可靠灭弧的能力。

(五)寿命

通常包括电寿命和机械寿命。电寿命是电器在所规定使用条件下不需修理或更换零件的操作次数;机械寿命是电器在无电流情况下能操作的次数。

第二节 开关电器

开关电器的作用主要是实现对电路进行通、断控制。它常用来作为电源的引入开关,也可以直接控制小容量电动机的启动和停止,局部照明线路也常用它来进行控制。低压开关有下列几种类型。

一、刀开关

刀开关主要作用是隔离电源,或作不频繁接通和断开电路用。它是结构最简单、应用

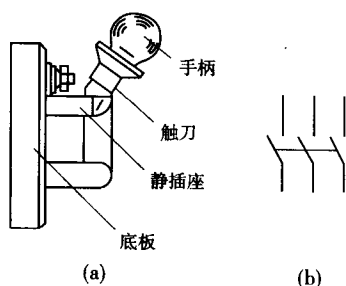


图 1-5 刀开关典型结构

(a)刀开关结构;(b)符号

最广泛的一种低压电器。刀开关的典型结构如图 1-5所示,主要由静插座、触刀、操作手柄、绝缘底板组成。静插座由导电材料和弹性材料制成,固定在绝缘材料制成的底板上,推动手柄带动触刀插入静插座中,电路便接通,否则电路便断开。

刀开关的种类很多:①按刀的级数分为单极、双极和三极;②按灭弧装置分为带灭弧装置和不带灭弧装置;③按刀的转换方向分为单掷和双掷;④按接线方式分为板前接线式和板后接线式;⑤按操作方式分为直接手柄操作和远距离联杆操作;⑥

按有无熔断器分为带熔断器式刀开关和不带熔断器式刀开关。

(一)带熔断器式刀开关

HR 系列带熔断器式刀开关是 RTO 填料式熔断器和刀开关组合的电器,具有填料式熔断器和刀开关的基本性能。用做电源开关、隔离开关和应急开关,并作电路保护用。

(二)开关板用刀开关(不带熔断器式刀开关)

主要有 HD 型单投刀开关和 HS 型双投刀开关两种类型。图 1-5 为 HD 型刀开关结构图和符号,作不频繁的手动接通、断开电路和隔离电源用。

(三)负荷开关

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关(HK 系列)又称闸刀开关,由刀开关和熔断器组合而成。用于额定电压为交流 380V、50Hz 电气照明装置中,在短路电流不大的线路中作不频繁带负荷操作和短路保护用。开关的瓷底板上装有进线座、静触头、熔丝、出线座及刀片式动触头,整个工作部分用胶木盖罩住,以防电弧灼伤人手。HK 系列闸刀开关分单相双极和三相三极两种,图 1-6 为电路图形符号。此系列闸刀开关不设专门灭弧装置,因此分闸和合闸时应动作迅速,使电弧较快地熄灭,可以减小电弧对刀片和触座的灼损。

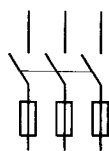


图 1-6 开启式负荷开关符号

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关(HH 系列)又称铁壳开关,具有铸铁或铸钢制成的全封闭外壳,防护能力较好,供手动不频繁的通、断电路,以及作为线路末端的短路保护之用。交流 380V、50Hz、60A 以下等级的开关,可作为交流电动机不频繁的直接启动与停机用。

图 1-7 所示为常用 HH 系列铁壳开关结构,由刀开关、熔断器和快速动作结构组成。为了迅速熄灭电弧,在开关上装有速断弹簧,用钩子扣在转轴上,当转动手柄开始分闸(或合闸)时,U 形动触刀并不移动,只拉伸了弹簧,积累了能量。当转轴转到某一角度时,弹簧力使动触刀迅速从静触座中拉开(或迅速嵌入静触座中),电弧迅速熄灭,具有较高的分

闸、合闸速度。为了保证用电安全,此开关的外壳上还装有机械连锁装置。开关合闸时,箱盖不能打开;而箱盖打开时,开关不能合闸。

刀开关和负荷开关在安装时要垂直安放,为了使分闸后刀片不带电,进线端在上端与电源相接,出线端在下端与负载相接。合闸时手柄朝上、拉闸时手柄朝下,以保证检修和装换熔丝时的安全。若水平或上下颠倒安放,拉闸后由于闸刀的自重或螺丝松动等原因,易造成误合闸,引起意外事故。

刀开关的主要技术参数:额定电压、额定电流、极数、通断能力、寿命。

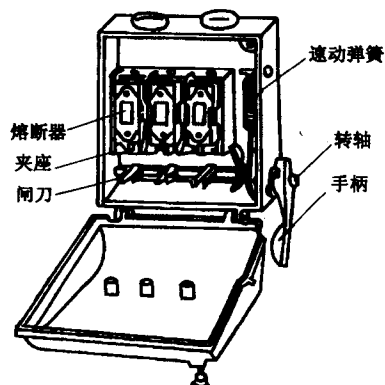


图 1-7 HH 系列铁壳开关

二、组合开关

组合开关又称转换开关。常用的组合开关有 HZ10 系列,其结构如图 1-8 所示。三极组合开关有 3 对静触头和 3 个动触片,分别装在 3 层绝缘底板上。静触头一端固定在胶木盒内,另一端伸出盒外,以便和电源或负载相连接。3 个动触片是两个磷铜片或硬紫铜片和消弧性能良好的绝缘钢纸板铆合而成,和绝缘垫板一起套在附有手柄的绝缘方杆上,可使绝缘方轴按正方向或反方向每次做 90° 的转动,带动 3 个动触片分别与 3 对静触头接通或断开,完成电路的通断动作。

组合开关结构紧凑,安装面积小,操作方便,故广泛用于机床上作电源的引入开关,也可用来接通和分断小电流电路。用于控制 5kW 以下电动机,其额定电流一般选择为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。组合开关通断能力较低,不可用来分断故障电流。

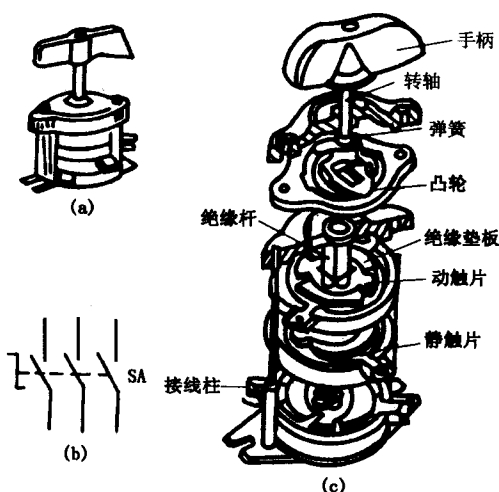


图 1-8 HZ10 系列转换开关

三、低压断路器

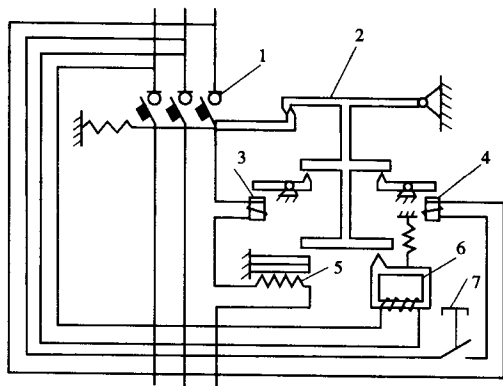
(一)低压断路器的用途

低压断路器又称自动空气开关,分为框架式 DW 系列(又称万能式)和塑壳式 DZ 系列(又称装置式)两大类。它主要在电路正常工作条件下作为线路的不频繁接通和分断用,并在电路发生过载、短路及失压时能自动分断电路,具有操作安全、分断能力较高、兼有多种保护功能、动作值可调整等优点,且一旦发生短路故障,故障排除一般不需要更换部件,因此应用较为广泛。

目前,各厂家不断推出各种新型断路器。如智能型断路器,具有串行接口,可实现遥控、遥调、遥测、通讯等功能,各种附件可组合出不同功能,且外形美观大方,安全可靠。

(二)DZ 系列断路器的结构和工作原理

断路器由触头系统、灭弧室、传动机构和脱扣机构几部分组成。如图 1-9 所示。



1—主触头;2—自由脱扣器;3—过电流脱扣器;4—分励脱扣器;
5—热脱扣器;6—失压脱扣器;7—按钮

图 1-9 DZ 系列断路器结构图

1. 触头系统

由镶有银基合金的 3 对动、静触头串于主电路为主触头,另有常开、常闭辅助触头各 1 对。触头采用直动式双断口桥式触头。

2. 灭弧结构

开关内装有灭弧罩,罩内由相互绝缘的镀铜钢片组成灭弧栅片,便于在切断短路电流时,加速灭弧和提高断流能力。

3. 传动机构

传动机构有合闸、维持和分闸三部分,在外壳上有分、合两个按钮,有手动控制和自动控制两种。

4. 脱扣机构

1) 过电流脱扣器(电磁脱扣器)

过电流脱扣器 3 上的线圈串联于主电路内,线路正常工作时,线圈通过正常电流产生的电磁吸力不足以使衔铁吸合,自由脱扣器 2 的上下搭钩钩住,使 3 对主触头闭合。当线路发生短路或严重过载时,电磁脱扣器的电磁吸力增大,将衔铁吸合,向上撞击杠杆,使上下搭钩脱离,弹簧力把 3 对主触头 1 的动触头拉开,实现自动跳闸,达到切断电路之目的。

2) 失压脱扣器

当线路电压下降或失去时,失压脱扣器 6 的线圈产生的电磁吸力减小或消失,衔铁被弹簧拉开,撞击杠杆,搭钩脱离,断开主触头,实现自动跳闸。它用于电动机的失压保护。

3) 热脱扣器

热脱扣器 5 的热元件串联在主电路中,当线路过载时,过载电流流过发热元件,双金