

电气控制与可编程控制器

陈立定 吴玉香 苏开才 编

华南理工大学出版社

电气控制 与可编程控制器

陈立定 吴玉香 苏开才 编

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书从实际工程应用和便于教学出发,主要介绍了电气控制技术及系统设计、可编程控制器原理及应用,系统地阐述了电气控制的分析与设计的一般方法。全书共分两篇,15章,包括常用电磁式低压电器、常用其他低压电器、电子电器、电气控制的安全等级和安全继电器、继电器接触器控制系统、典型生产机械的电气控制线路、可编程控制器的构造及工作原理、一体化可编程控制器、可编程控制器的基本指令系统和功能指令、可编程控制器应用、其他类型的可编程控制器介绍、可编程控制器网络及通信、可编程控制器的安装与维护。每章的末尾都附有适量的复习思考题。

本书可作为大专院校、电大和业余大学自动化、电气技术、机电一体化及相近专业的“电气控制与可编程控制器”及类似课程的选用教材,也可供电气工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与可编程控制器 陈立定,吴玉香,苏开才编 广州:华南理工大学出版社,

2004.10

陈立定,吴玉香,苏开才编

I 电...

II ①陈...②吴...③苏...

III ①电气控制—基本知识②可编程控制器—基本知识

IV ① ②

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510640)

责任编辑 詹志青

各地新华书店经销

印装

*

2004年 01月第 1版 2004年 01月第 1次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.5 字数: 250千字

印数: 1-1000册

定价: 18.00元

前 言

本书是根据目前高等学校已普遍将“工厂电气控制设备(技术)”和“可编程控制器”两门课程合并为“电气控制与可编程控制器”一门课程的实际情况,并充分考虑到电气控制技术的实际应用和发展情况而编写的。

在编写过程中力求做到:以实际应用和便于教学为目标,与当前流行的先进技术产品相结合。着重介绍常用低压电器、电气控制基本线路、典型生产机械电气控制线路、可编程控制器原理及实际应用线路,系统地阐述了电气控制的分析与设计的一般方法。

本书在内容编排上注意循序渐进,由浅入深,便于读者掌握基本控制原理和控制方法。保留了传统电器及继电控制系统内容,删除了应用范围越来越窄的电机扩大机、磁放大器和顺序控制器的内容,大幅度增加应用越来越广的电子电器和专用的安全继电器。可编程控制器的内容以当今流行的西门子一体化小型机 S7-300 系列为重点,对三菱的 FX 系列和德国西门子的安全系列可编程安全系统的基本特性和功能作了简单的介绍。

全书共两篇,15 章。第一篇共 12 章,主要介绍常用低压电器、电子电器、安全继电器的结构、原理、用途及选用原则、电气控制的安全等级、继电接触式控制系统的基本环节与线路设计的一般原则与方法、典型生产机械的电气控制线路。第二篇共 3 章,主要阐述可编程控制器的结构、工作过程、S7-300 系列可编程控制器的指令系统和编程举例、功能指令及应用、PLC 控制系统的设计方法和应用实例(所有实例均给出在 S7-300 系列 PLC 机上运行通过的指令程序)、可编程控制器网络及其通信、以及其他类型的可编程控制器。每章的末尾都附有适量的复习思考题。

本书可作为大专院校、电大和业余大学自动化、电气技术、机电一体化及相近专业的《电气控制与可编程控制器》及类似课程的选用教材,也可供电气工程技术人员参考。

本书前言、绪论、第一篇的第 1~12 章及第二篇的第 13 章,由华南理工大学陈立定编写,第二篇的第 14~15 章由华南理工大学吴玉香编写,第 13 章由陈立定、吴玉香合作编写;本书由陈立定任主编,负责全书的组织和统稿。华南理工大学苏开才对该书的编写大纲和全书进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵意见。书中部分章节的编写参照了有关文献,在此无法一一列举,谨对所列主要参考文献的作者,一并表示衷心的感谢!

另外,编者还要特别感谢的是:在本书的编写过程中还得到了德国西门子公司广州办事处的帮助和支持,并为本书部分内容的编写提供了大量的资料。有关西门子的安全电气产品的资料,可查询 www.siemens.com。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 9 月于广州华南理工大学

目 录

绪论.....	员
---------	---

第一篇 电气控制

员 常用电磁式低压电器	缘
员缘 概述	缘
员圆 电磁机构原理	远
员猿 电接触及灭弧工作原理	愿
员源 电磁式接触器.....	员园
员缘 电磁式继电器.....	员源
复习思考题 员	员园
圆 常用其他低压电器.....	圆园
圆缘 热继电器.....	圆园
圆圆 信号继电器.....	圆苑
圆猿 主令电器.....	猿
圆源 熔断器.....	猿缘
圆缘 低压开关和低压断路器.....	猿怨
圆远 漏电保护开关.....	源源
复习思考题 圆	源
猿 电子电器.....	源
猿缘 电子电器的特点和主要技术参数.....	源
猿圆 晶体管时间继电器.....	缘
猿猿 固态保护继电器.....	缘
猿源 晶闸管自动开关.....	远
猿缘 无触点行程开关.....	苑
复习思考题 猿	苑
源 电气控制安全等级及安全继电器.....	苑
源缘 安全电器的重要性及其等级评定.....	苑
源圆 电气控制安全等级标准及应用分析.....	苑
源猿 安全继电器的结构、特性及其工作原理	愿
源源 几种典型的安全继电器.....	愿
复习思考题 源	愿
缘 继电器接触式控制系统.....	怨
缘缘 电气控制线路的绘制原则、图形及文字符号	怨
缘圆 组成电气控制线路的基本规律	员

缘	电气控制线路的一般设计方法	员
缘	电气控制线路的逻辑设计方法	员
缘	电气线路中的保护措施	员
缘	常用典型控制线路	员
缘	复习思考题 缘	员
远	电气控制在生产中的应用	员
远	磨床的电气控制系统	员
远	桥式起重机的电气控制	员
远	电气控制在制造业自动化安全生产中的应用	员
远	复习思考题 远	员

第二篇 可编程控制器

苑	可编程控制器的概念及工作原理	员
苑	可编程控制器的产生和发展	员
苑	可编程控制器的定义和特点	员
苑	可编程控制器的分类及应用	员
苑	可编程控制器的组成及各组成部分的作用	员
苑	可编程控制器的工作原理	员
苑	可编程控制器的编程语言	员
苑	可编程控制器与微机、继电器控制等的区别	员
苑	复习思考题 苑	员
愿	一体化可编程控制器	员
愿	概述	员
愿	系列可编程控制器内的元器件	员
愿	复习思考题 愿	员
怨	可编程控制器的基本指令	员
怨	可编程控制器的逻辑指令简介	员
怨	程序控制指令	员
怨	可编程控制器梯形图编程规则	员
怨	可编程控制器逻辑指令应用实例	员
怨	复习思考题 怨	员
员	功能图及步进控制指令	员
员	功能图及步进控制指令简介	员
员	功能图主要类型	员
员	功能图及步进控制指令应用实例	员
员	复习思考题 员	员
员	功能指令	员
员	功能指令的基本形式	员
员	四则运算及加 减 乘 除 指令	员

绪 论

课程性质与任务

本课程是一门实用性很强的专业课,主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍继电器接触器控制系统和可编程序控制系统的工作原理、典型机械的电气控制线路以及电气控制系统的设计方法。当前可编程序控制系统应用十分普遍,已经成为实现工业自动化的主要手段,是教学的重点所在。但是,一方面根据我国当前情况,继电器接触器控制系统仍然是机械设备最常用的电气控制方式,而且低压电器正在向小型化、长寿命发展,出现了功能多样的电子式电器,使继电器接触器控制系统性能不断提高,因此它在今后的电气控制技术中仍然占有相当重要的地位;另一方面,可编程序是计算机技术与继电器接触器控制技术相结合的产物,而且可编程序的输入、输出仍然与低压电器密切相关,因此掌握继电器接触器控制技术也是学习和掌握可编程序应用技术所必需的基础。

课程的目标是培养实际应用的能力,具体要求是:

- ① 熟悉常用控制电器的结构原理、用途,具有合理选择、使用主要控制电器的能力。
- ② 熟练掌握继电器接触器控制线路的基本环节,具有阅读和分析电气控制线路的工作原理的能力。
- ③ 熟悉典型设备的电气控制系统,具有从事电气设备安装、调试、维修和管理等知识。
- ④ 掌握可编程序的基本原理及编程方法,能够根据工艺过程和控制要求进行系统设计和编写应用程序。
- ⑤ 增强电气设计的安全观念,并能根据设备应用环境判断所需安全等级、给出解决方法。
- ⑥ 具有设计和改进一般安全机械设备电气控制线路的基本能力。

电气控制技术的发展概况

电气控制技术是随着科学技术的不断发展、生产工艺不断提出新的要求而得到迅速发展的。从最早的手动控制发展到自动控制,从简单的控制设备发展到复杂的控制系统,从有触点的硬接线继电器控制系统发展到以计算机为中心的软件控制系统。现代电气控制技术综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测量等许多先进的科学技术成果。

作为生产机械动力的电机拖动,已由最早的采用成组拖动方式→单独拖动方式→生产机械的不同运动部件分别由不同电机拖动的多电动机拖动方式,发展成今天无论是自动化功能还是生产安全性方面都相当完善的电气自动化系统。

继电器接触式控制系统主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等组成,其控制方式是断续的,所以又称为断续控制系统。由于这种系统具有结构简单、价格低廉、维护容易、抗干扰能力强等优点,至今仍是机床和其他许多机械设备广泛采用的基本电气控制形式,也是学习更先进电气控制系统的基础。这种控制系统的缺点是采用固定接线方式,灵活性差,工作频率

低,触点易损坏,可靠性差。

从 20 世纪 30 年代开始,机械加工企业为了提高生产效率,采用机械化流水作业的生产方式,对不同类型的零件分别组成自动生产线。随着产品机型的更新换代,生产线承担的加工对象也随之改变,这就需要改变控制程序,使生产线的机械设备按新的工艺过程运行,而继电器接触器控制系统是采用固定接线的,很难适应这个要求。大型自动生产线的控制系统使用的继电器数量很多,这种有触点的电器工作频率较低,在频繁动作情况下寿命较短,而造成系统故障,使生产线的运行可靠性降低。为了解决这个问题,20 世纪 50 年代初期利用电子技术研制出矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统来代替继电器接触器控制系统,对复杂的自动控制系统则采用电子计算机控制,由于这些控制装置本身存在某些不足,均未能获得广泛应用。1953 年美国最大的汽车制造商——通用汽车(别克)公司为适应汽车型号不断更新,提出把计算机的完备功能以及灵活性、通用性好等优点和继电器接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格低等优点结合起来,做成一种能适应工业环境的通用控制装置,并把编程方法和程序输入方式加以简化,使得不熟悉计算机的人员也能很快掌握它的使用技术。根据这一设想,美国数字设备公司(DEC)于 1959 年率先研制出第一台可编程控制器(简称 PLC),在通用汽车公司的自动装配线上试用获得成功。从此以后,许多国家的著名厂商竞相研制,各自形成系列,而且品种更新很快,功能不断增强,从最初的逻辑控制为主发展到能进行模拟量控制,具有数据运算、数据处理和通信联网等多种功能。PLC 另一个突出优点是可靠性很高,平均无故障运行时间可达 10 万小时以上,可以大大减少设备维修费用和停产造成的经济损失。当前 PLC 已经成为电气自动控制系统中应用最为广泛的核心装置。

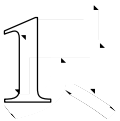
数控技术在电气自动控制中占有十分重要的地位。1952 年美国研制成第一台三坐标数控铣床,它综合应用了当时电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成就,成为一种新型的通用性很强的高效自动化机床,它标志着机械制造技术进入了一个新阶段。随着微电子技术的发展,由小型或微型计算机再加上通用或专用大规模集成电路组成的计算机数控装置(数控)性能更为完善,几乎所有的机床品种都实现了数控化,出现了具有自动更换刀具功能的数控加工中心机床(加工中心),工件在一次装夹中可以完成多种工序的加工。数控技术还在绘图机械、坐标测量机、激光加工机、火焰切割机等设备上得到了广泛的应用,取得了良好的效果。

自 20 世纪 70 年代以来,电气控制相继出现了直接数字控制(DDC)系统、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS),综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、智能机器人、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统等多项高技术,形成了从产品设计与制造和生产管理的智能化生产的完整体系,将自动制造技术推进到更高的水平。

综上所述,电气控制技术的发展始终是伴随着社会生产规模的扩大、生产水平的提高而前进的。电气控制技术的进步反过来又促进了社会生产力的进一步提高,同时,电气控制技术又是与微电子技术、电力电子技术、检测传感技术、机械制造技术等紧密联系在一起。当前科学技术继续在突飞猛进,向前发展,21 世纪的今天,电气控制技术必将达到更高的水平。

科技以人为本,电气控制技术的发展应建立在人身和设备的安全之上,离开了可靠的安全,任何新技术的应用都将没有效益可言。随着我国加入 WTO,安全问题应该引起广大科技工作者的足够重视。

第一篇 电气控制



常用电磁式低压电器

1.1 概述

在工业、农业、交通、国防以及人们生活等一切用电部门中,大多数采用低压供电。低压供电的输送、分配和保护是依靠刀开关、自动开关以及熔断器等低压电器来实现的,电器元件的质量将直接影响到低压供电系统的可靠性。而低压电力的使用则是将电能转换为其他能量,其过程中的控制、调节和保护都是依靠各类接触器和继电器等低压电器来完成的,即无论是低压供电系统还是控制生产过程的电力拖动控制系统均是由用途不同的各类低压电器所组成的。

低压电器就是根据外界施加的信号和要求,能自动或手动合额定交、直流电压在~~1000V~~以下的电路,断续或连续地改变电路参数,以实现~~对~~对电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电工器械,采用电磁现象完成上述作用的低压电器称为电磁式低压电器。

1.2 低压电器的分类

由于低压电器的职能、品种和规格的多样化,工作原理也各异,因而有不同的分类方法。根据其~~与~~使用系统间的关系,习惯上按用途可分为以下几类:

① 低压配电电器。主要用于低压供电系统。这类低压电器有刀开关、自动开关、隔离开关、转换开关以及熔断器等。对这类电器的主要技术要求是分断能力强,限流效果好,动稳定及热稳定性能好。

② 低压控制电器。主要用于电力拖动控制系统。这类低压电器有接触器、继电器、控制器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,操作频率要高,电器和机械寿命要长。

③ 低压主令电器。主要用于发送控制指令的电器。这类电器有按钮、主令开关、行程开关和万能转换开关等。对这类电器的主要技术要求是操作频率要高,抗冲击,电器和机械寿命要长。

④ 低压保护电器。主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器。这类低压电器有熔断器、热继电器、安全继电器、电压继电器、电流继电器和避雷器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力,反应要灵敏,可靠性要高。

⑤ 低压执行电器。主要用于执行某种动作和传动功能的电器。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

低压电器还可以按操作方式分为自动电器和手动电器。此外,还可按使用场合分为一般工业用电器、特殊工矿用电器、安全电器、农用电器及牵引电器等。

图 1-1-1 常用的低压控制电器

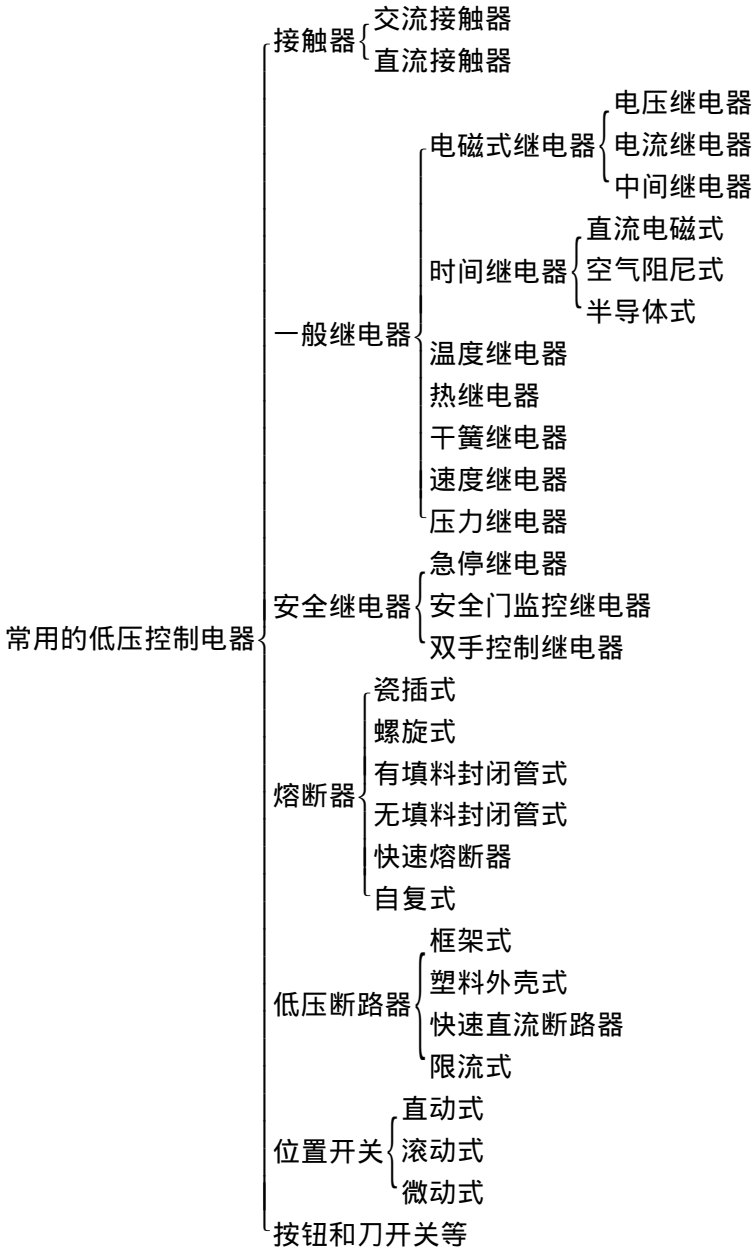


图 1-1-2 电磁机构原理

图 1-1-3 电磁机构

各类电磁式电器的工作原理和构造基本相同,由检测部分(电磁机构)和执行部分(触点)系统组成。

电磁机构由吸引线圈、铁心和衔铁组成,其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式。图 员-员和图 员-圆是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

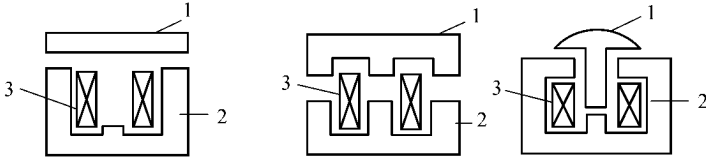


图 员-员 直动式电磁机构
员-衔铁 圆-铁心 猿-吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能,即产生磁通,衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁心吸合。通入直流电的线圈称直流线圈,通入交流电的线圈称交流线圈。

对于直流线圈,铁心不发热,只有线圈发热,因此线圈与铁心接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁心和衔铁由软钢或工程纯铁制成。

对于交流线圈,除线圈发热外,由于铁心中有涡流和磁滞损耗,铁心也会发热。为了改善线圈和铁心的散热情况,在铁心与线圈之间留有散热间隙,而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁心用硅钢片叠成,以减少涡流。

另外,根据线圈在电路中的联系方式可分为串联线圈(即电流线圈)和并联线圈(即电压线圈)。串联(电流)线圈串接在线路中,流过的电流大,为减少对电路的影响,线圈的导线粗,匝数少,线圈的阻抗较小。并联(电压)线圈并联在线路上,为减少分流作用,降低对原电路的影响,需要较大的阻抗,因此线圈的导线细且匝数多。

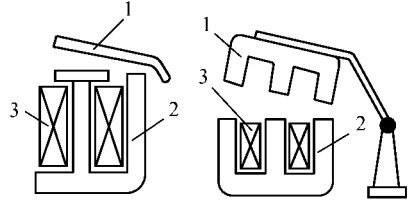


图 员-圆 拍合式电磁机构
员-衔铁;圆-铁心;猿-吸引线圈

员-圆 电磁吸力

电磁铁工作时,线圈产生的磁通作用于衔铁,产生电磁吸力,并使衔铁产生机械位移,衔铁复位时复位弹簧将衔铁拉回原位。因此作用在衔铁的力有两个:电磁吸力和反力。电磁吸力由电磁机构产生,反力由复位弹簧和触头产生。铁心吸合时要求电磁吸力大于反力,即衔铁位移的方向与电磁吸力方向相同,衔铁复位时情况则相反(此时线圈断电,只有剩磁产生的电磁吸力)。

电磁吸力

$$云越 \frac{愿}{月} 杂$$

(员 员)

式中:云为电磁吸力(晕);月为气隙磁感应强度(栽);杂为磁极截面积(皂^圆)。

当线圈中通过直流电时,云为恒值。当线圈中通过交流电时,磁感应强度为交变量,即

$$月越月_皂$$

(员 圆)

由式(员 员)和式(员 圆)可得:

员-猿-猿 影响接触电阻的因素和相应措施

(员)接触压力

增加接触压力,可使相接触的凸起点发生变形而增加接触面积,因而会减少接触电阻。因此在动触点安装一个触点弹簧,如图 员-缘所示。

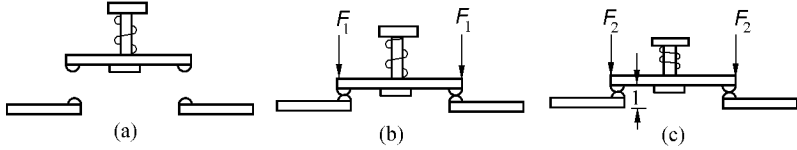


图 员-缘 双断点触点位置示意图

(a) 打开位置 ;(b) 刚接触位置 ;(c) 闭合后位置

(圆)触点材料

材料的电阻系数越小,接触电阻也越小。在金属中银的电阻系数最小,但价格高,实际中常在铜基触点上镀银或嵌银,以减少接触电阻。

(猿)触点表面状况

触点温度升高会加速金属表面的氧化速度,由于一般金属氧化物的电阻系数比金属本身大得多,因此一旦接触表面生成氧化物之后,会使接触电阻增大,严重的氧化将使触点之间形成绝缘而导致电路断路。但银的氧化物电阻系数比纯银大得不是太多,因此,在小容量电器中可采用银或镀银触点。在大容量电器中,可采用具有滑动作用的指形触点。这样,在每次闭合过程中都可以磨去氧化膜,从而保持金属表面清洁,以增强触点的导电性。此外,触点的尘埃也会影响其导电性,所以当触点聚集了尘埃后,应用无水乙醇或四氯化碳擦拭干净,如果触点表面被电弧烧灼而出现烟熏状,也需要这样处理。

员-猿-圆 灭弧工作原理

触点在通电状态下动、静触点脱离接触时,由于电场的存在,使触点表面的自由电子大量溢出而产生电弧。电弧的存在既烧损触点金属表面,降低电器的寿命,又延长了电路的分断时间,所以必须迅速消除。

员-猿-圆 常用的灭弧方法

(员)迅速增大电弧长度

电弧长度增加,使触点间隙增加,电场强度降低,同时又使散热面积增大,降低电弧温度,使自由电子和空穴复合的运动加强,因而电荷容易熄灭。

(圆)冷却

使电弧与冷却介质接触,带走电弧热量,也可使复合运动得以加强,从而使电弧熄灭。

员-猿-圆 常用的灭弧装置

(员)电动力吹弧

电动力吹弧如图 员-远所示。桥式触点在分断时本身就具有电动力吹弧功能,不用任何附加装置,便可使电弧迅速熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接

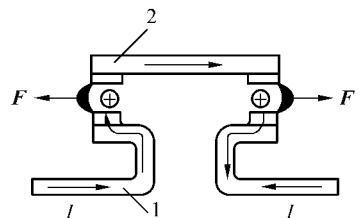


图 员-远 电动力灭弧示意图

员-静触点 ;圆-动触点

触器中。

(圆磁吹灭弧)

在触点电路中串入吹弧线圈,如图 1-7 苑所示。该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围,其方向由右手定则确定(为图中伊所示)。触点间的电弧所产生的磁场,其方向为 $\oplus\odot$ 所示。这两个磁场在电弧下方方向相同(叠加),在弧柱上方方向相反(相减),所以弧柱下方的磁场强于上方的磁场。在下方磁场作用下,电弧受力的方向为云所指的方向,在云的作用下,电弧被吹离触点,经引弧角引进灭弧罩,使电弧熄灭。

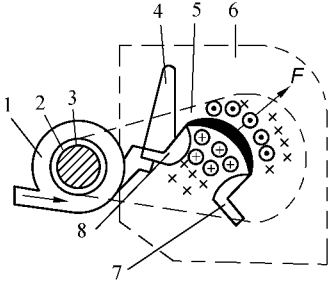


图 1-7 苑 磁吹灭弧示意图

1-磁吹线圈;2-绝缘套;猿-铁心;源-引弧角;
缘-导磁夹板;远-灭弧罩;苑-动触点;愿-静触点

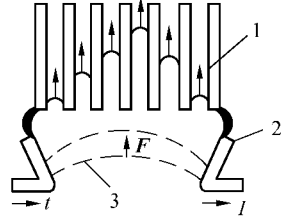


图 1-7 愿 栅片灭弧示意图

1-灭弧栅片;2-触点;猿-电弧

(猿栅片灭弧)

灭弧栅是一组薄铜片,它们彼此间相互绝缘,如图 1-7 愿所示。当电弧进入栅片被分割成一段段串联的短弧,而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧片之间都有 1-7 愿的绝缘强度,使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强,以致外加电压无法维持,电弧迅速熄灭。此外,栅片还能吸收电弧热量,使电弧迅速冷却。基于上述原因,电弧进入栅片后就会很快熄灭。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多,因此在交流电器中常采用栅片灭弧。

1-8 电磁式接触器

1-8-1 接触器的作用与分类

电磁式接触器是利用电磁吸力的作用使主触点闭合或分断电动机电路或其他负载电路的控制电器。用它可以实现频繁地远距离操作,它具有比工作电流大数倍乃至十几倍的接通和分断能力,但不能分断短路电流。由于它体积小,价格低和维护方便,因而用途十分广泛。接触器最主要的用途是控制电动机的启动、反转、制动和调速等,因此它是电力拖动控制系统中最重要也是最常用的控制电器。

接触器按其主触点控制的电路中电流种类分类,有直流接触器和交流接触器。它们的线圈电流种类既有与各自主触点电流相同的,但也有不同的,如对于重要场合使用的交流接触器,为了工作可靠,其线圈可采用直流励磁方式。按其主触点的极数(即主触点的个数)来

