

电气控制与可编程 控制器应用

DIANQI KONGZHI

YU

KE BIANCHENG

KONGZHIQI

YINGYONG

● 吴晓君 杨向明 主编

中国建材工业出版社

电气控制与可编程控制器应用

吴晓君 杨向明 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与可编程控制器应用/吴晓君,杨向明主编.
北京:中国建材工业出版社,2004.2

ISBN 7-80159-572-6

I.电… II.①吴…②杨… III.①电气控制系统
②可编程序控制器 IV.①TM921.5②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 005071 号

内 容 简 介

为了培养学生电气控制线路分析和设计的能力,本书系统地介绍了传统继电接触器控制线路分析与设计的基本方法,同时介绍了以西门子 S7-200 为主的可编程控制器的原理和应用技术,并有较多举例。全书分为八章,包括常用电磁式低压电器、电气控制的基本线路、电气控制线路的逻辑设计方法、可编程控制器的结构原理、可编程控制器的基本指令、功能指令及其应用等。本书从教育规律和实际工程应用需要出发,循序渐进地介绍了电气控制的设计方法和可编程控制器的原理及其应用技术。

本书可作为普通高等工科院校电气工程及自动化相关专业的教材,也可作为从事机械设备电气控制的工程技术人员的参考书和培训教材。

电气控制与可编程控制器应用

吴晓君 杨向明 主编

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街6号院

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12.75

字 数:304千字

版 次:2004年2月第1版

印 次:2004年2月第1次

印 数:1~3000册

书 号:ISBN 7-80159-572-6/TU·302

定 价:19.00元

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010) 68345931

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应用两门课程合并讲授的实际情况而编写的,同时充分考虑了电气控制技术的实际应用和发展状况,力求在本书的编写中体现实用性和先进性。

本书分为传统继电器接触器控制线路分析与设计和可编程控制器原理与应用两部分。为培养学生电气控制线路分析和设计能力,第一部分系统地介绍了传统继电器接触器控制线路分析与设计的基本方法;第二部分以西门子公司 S7-200 系列可编程控制器为主,详细介绍了可编程控制器的原理和应用技术。目前世界上的可编程控制器生产厂商有百家之多,本书选用西门子女公司的可编程控制器为讲述内容,可为希望了解西门子可编程控制器的读者提供帮助。各厂家的编程语言和支持软件不一定兼容,但对于具有类似功能的可编程控制器而言,硬件的构成原理和基本指令类型大同小异。在掌握了基本原理和应用技能的基础上,相信读者可以较快地掌握其他型号的可编程控制器的使用方法。

全书分为八章,第一章介绍常用电磁式低压电器和电子电器,第二章介绍电气控制的基本线路和典型应用,第三章介绍电气控制线路的逻辑设计方法,第四章介绍可编程控制器的结构原理,第五章详细讲述可编程控制器的基本指令,第六章介绍功能指令及应用,第七章叙述可编程控制器的系统设计与应用,第八章介绍可编程控制器的通讯指令和应用实例。本书从教育规律和实际工程应用的需要出发,循序渐进地介绍电气控制的原理、设计方法和可编程控制器的应用技术。

本书由西安建筑科技大学吴晓君、杨向明主编。杨向明编写了第一章、第二章,佟威编写了第六章、第七章,董建园参加了第四章的编写,其余部分由吴晓君编写、组织和统稿。本书承蒙西安交通大学罗先觉教授、西安建筑科技大学任庆昌教授审阅。两位教授为本书提出不少宝贵意见,我们对他们严谨、认真的态度表示由衷的敬意。在编写过程中,我们得到了西门子女公司的协助。西门子培训中心提供了大量的原始资料,技术人员也提供了具体指导。在讲义的使用期间,有关教学、生产、科研单位技术人员给与了大力支持,并提出了有益的意见,在此我们表示深深的谢意。本书部分章节的编写参考了相关文献,在此,谨对主要参考文献的作者,表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者予以批评指正。

编者

2004.1

目 录

绪论	1
一、电气控制技术的发展概况	1
二、电气控制技术与可编程控制应用课程的内容、性质和任务	2
第一章 常用电磁式低压电器	4
第一节 低压电器的分类	4
第二节 电磁式低压电器的基本知识	5
一、电磁机构	5
二、电磁吸力	5
三、触头系统	6
四、电弧与灭弧方法	7
第三节 电磁式接触器	8
一、接触器的作用与分类	8
二、接触器的结构与工作原理	9
三、接触器的主要技术数据	9
四、接触器的选用	10
第四节 电磁式继电器	12
一、继电器的结构、作用、分类和特性	12
二、电磁式电压继电器和电流继电器	13
三、时间继电器	15
第五节 热继电器	17
一、热继电器的作用和分类	17
二、热继电器的保护特性和工作原理	17
第六节 熔断器	20
一、熔断器的用途、分类和结构原理	20
二、熔断器的保护特性	20
三、熔断器的主要参数和选用	21
第七节 低压开关和低压断路器	22
一、低压刀开关和组合开关	22
二、低压断路器	23
第八节 主令电器	25
一、控制按钮	26
二、行程开关	26
三、万能转换开关	27
第九节 电子电器	28

一、电子电器的特点、组成及主要技术参数	28
二、接近开关	30
三、电子时间继电器	32
四、温度继电器	33
五、固体继电器	34
六、软起动器	35
七、智能断路器	36
思考题与习题	37
第二章 电气控制的基本线路及生产中的典型应用	39
第一节 电气控制线路的基本知识	39
一、电气控制系统图中的图形及文字符号	39
二、电气原理图	39
第二节 三相异步电动机直接起动的控制电路	43
一、三相异步电动机直接起动控制电路	43
二、点动控制线路	44
三、正反转控制线路	45
第三节 三相异步电动机降压起动的控制电路	45
一、定子电路串电阻降压起动的控制电路	45
二、自耦变压器降压起动的控制电路	46
三、星/三角形转换起动控制电路	47
第四节 三相感应电动机电气制动及调速控制电路	48
一、反接制动控制电路	48
二、能耗制动控制电路	50
三、变更电动机极对数调速的控制电路	51
第五节 摇臂钻床的电气控制	52
一、电气拖动特点及控制要求	53
二、摇臂钻床的电气控制	53
第六节 万能铣床的电气控制	56
一、电气拖动特点及控制要求	56
二、铣床的主拖动及其电气控制	57
三、铣床进给拖动及其电气控制	59
思考题与习题	62
第三章 电气控制线路的设计方法	64
第一节 电气控制线路的一般设计方法	64
一、一般设计的方法原则	64
二、一般设计方法实例分析	66
第二节 逻辑代数与电气控制的逻辑表示	68
一、基本逻辑关系	68
二、逻辑函数的简化	70
第三节 信号在状态图上的表示方法	70

一、基本控制回路·····	70
二、元件动作状态表·····	70
三、信号元件在状态图上的逻辑组合·····	71
第四节 继电器控制的自动控制电路设计·····	72
一、简单电路的设计·····	72
二、中间继电元件的设计·····	72
三、延时元件的设计·····	73
四、逻辑代数法设计应用·····	75
思考题与习题·····	77
第四章 可编程控制器概论·····	79
第一节 可编程控制器概述·····	79
一、可编程控制器的历史·····	79
二、可编程控制器的特点·····	79
三、可编程控制器的应用领域·····	81
四、可编程控制器与其他控制系统的比较·····	81
第二节 可编程控制器的结构和工作过程·····	83
一、系统基本组成·····	83
二、扫描工作原理·····	85
第三节 S7-200 可编程控制器的硬件和软件基础·····	86
一、基本单元·····	87
二、S7-200 接口模块·····	87
三、软件·····	89
思考题与习题·····	90
第五章 可编程控制器的基本指令与程序设计基础·····	91
第一节 S7-200 的数据类型与寻址方式·····	91
一、S7-200 的数据类型·····	91
二、S7-200 的寻址方式·····	93
第二节 基本逻辑指令·····	94
一、编程语言·····	94
二、基本逻辑指令·····	95
第三节 定时器与计数器指令·····	97
一、定时器指令·····	97
二、计数器指令·····	100
第四节 数据运算和传递指令·····	102
一、算术运算指令·····	102
二、逻辑运算指令·····	103
三、传输、交换、充填及位移指令·····	103
四、增减指令·····	104
五、译码及数据转换指令·····	104
第五节 程序控制指令·····	105

一、程序结构	105
二、程序控制类指令	106
第六节 程序设计基础	107
一、线性编程	108
二、结构编程	111
第七节 功能流程图程序设计	115
一、功能流程图概述	115
二、功能流程图与梯形图的转化	117
三、设计举例	119
思考题与习题	122
第六章 可编程控制器的功能指令	124
第一节 高速计数操作指令	124
一、高速计数器的工作模式	124
二、高速计数器的外部输入信号	125
三、高速计数器指令	126
四、高速计数器相关的特殊存储器	126
五、高速计数器编程举例	127
第二节 PID 操作指令	128
一、PID 数字化算法	128
二、输入、输出数值的归一化	130
三、PID 指令与 PID 参数表	131
四、PID 的编程步骤	132
第三节 脉冲输出指令	133
一、PWM 脉宽调制指令	134
二、PTO 脉冲序列指令	134
三、PWM/PTO 编程	136
第四节 中断程序与中断指令	139
一、中断程序	139
二、中断指令	140
思考题与习题	142
第七章 可编程控制器的系统设计与应用	143
第一节 系统设计的原则与步骤	143
一、系统设计原则	143
二、系统设计步骤	143
第二节 S7-200 在模拟量控制系统的应用	145
一、模拟量控制系统	145
二、模拟量控制系统设计举例	146
第三节 可编程控制器应用系统的可靠性措施	164
一、对电源的处理	164
二、安装与布线的注意事项	165

三、强烈干扰环境中的隔离措施	166
四、可编程控制器输出的可靠性措施	166
思考题与习题	167
第八章 可编程控制器的通讯与自动化网络	168
第一节 S7-200 的通信方式与通信参数设置	168
一、通信方式	168
二、通信参数设置	170
第二节 可编程控制器的通信指令	174
一、网络通信的读写指令	174
二、自由端口通信的发送与接收指令	176
第三节 自由端口模式下可编程控制器的串行通信	178
一、通信协议	178
二、程序执行过程	180
第四节 工厂自动化通信网络	186
一、工业以太网	186
二、现场总线 PROFIBUS	187
三、AS-i 接口和 EIB	188
思考题与习题	189
附录 A	190
主要参考文献	192

MAG31

绪 论

一、电气控制技术的发展概况

电气控制技术应用与国民经济的各行各业。电气控制技术的发展,是随着科学技术的不断发展、生产工艺的不断改进和电气控制装置的日新月异而迅速发展的。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上位机对下位机的监控控制系统,现代电气控制技术综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测试等许多先进的科学技术的成果。

作为工厂设备的电气控制,已由最初的一台电动机拖动多台设备或多个运动的集中式拖动,后来逐步改进为分散拖动形式,即各个运动机构由不同的电动机拖动。在生产实践中,由于大量存在一些开关量控制的过程复杂、控制信号相对简单的程序控制应用,于是,在 20 世纪的 60 年代,出现了一种能够根据生产需要,方便地改变控制程序的自动化控制装置——顺序控制器。它是通过组合逻辑元件,来实现继电接触器控制线路的功能。顺序控制器在原理上还是使用硬件的手段,所以在功能和应用推广上受到一定的限制。随着大规模集成电路和微处理器技术的发展,电气控制装置也有了巨大的变化。当前,在工业生产的自动化控制领域,无论从国外引进的自动化生产线,还是自行设计的自动控制系统,无论是新建项目,还是旧设备的技术改造,大多用到了一种新型的控制器件——可编程控制器。

可编程控制器,是从早期的继电器逻辑控制系统发展而来,它不断吸收微计算机技术而使其功能不断增强,逐渐适合复杂的控制任务。可编程控制器是一种无触点的控制装置,它的输入输出端更接近现场设备,使用时不需添加太多的中间部件。在开发应用时,不需进行太多的计算机方面的专门培训,就能对可编程控制器进行操作及编程,用来完成各种各样的复杂程度不同的工业控制任务。可编程控制器以其高可靠性和一系列独特的优点,在自动化领域形成了一种工业控制的趋势。这种控制器件,无论是自动化功能还是生产安全性能,都相当完善,兼备了计算机控制和继电器控制系统两方面的优点。现代的可编程控制器产品朝小型和超小型化方面进行了一次飞跃,使最初的逻辑控制、顺序控制,发展成为具有逻辑判断、定时、计数、记忆和算术运算、数据处理、联网通信及 PID 回路调节等功能的现代可编程控制器。可编程控制器已成为普遍应用于工业生产控制的一种标准化的核心装置。

电气控制技术如今还呈现出相互融合、综合化、网络化和开放化的趋势。

低压电器涉及的技术领域广阔,对新技术发展比较敏感。现代的电气控制元件中,有很多电子电器和智能模块,如各种电量、非电量的信号检测电器、实现软起动和综合保护的电机起停控制器等。有些电子电器和智能模块,能提供监视设备或过程所必需的信息,具有测量、控制、报警、数据记忆及通信等功能。现代可编程控制器大多数都采用了通信、网络技术,有 RS232 或 RS485 接口,可进行远程 I/O 控制。多台可编程控制器,可彼此间联网、通信,外部器件与一台或多台可编程控制器的信号处理单元之间,实现程序和数据交换,如程序转移、数据文档转移、监视和诊断。

现场总线的兴起,促进了电气产品的智能化和可通信化,使电气控制系统从控制结构和控制功能上都发生了根本变化,它引发了底层通讯技术的一次数字化革命。现场总线技术要求现场设备(传感器、驱动器、执行机构等设备)是带有串行通信接口的智能化、可编程、可参数化设备。一些主要的可编程控制器的厂家调整产品结构和策略,将现场总线作为可编程控制器系统中的底层网络 and 控制器之间及与上位机的通信网络。可编程控制器与上位机的结合,可以组成价格便宜、功能强大的多级分布式控制系统。可编程控制器通过现场总线与上位机通信,将各个回路的控制信息向上传递,同时接收来自上位机的监控信息。总线连接控制器和包括智能电动机保护器、智能电动机控制器、软起动器、各种检测装置等现场设备。现场总线中的智能设备能充分发挥其智能产品的优势,实现高度的信息集成。

现场总线能够很好地满足工厂自动化、CIMS 系统的信息集成要求,实现办公自动化与工业自动化的无缝结合,形成新型的管控一体化的全开放工业控制网络。

可编程控制器与计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络,以实现信息的交换,并可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,以便完成较大规模的复杂控制。以西门子公司的 SIMATIC NET 为例,在其提出的全集成自动化(TIA)的系统概念中,核心内容包括组态和编程的集成、数据管理的集成以及通信的集成。通信网络是这个系统重要的、关键的组件,它为部件和网络间信息传递提供了完善的通信渠道。

由于控制系统的可靠性日益受到人们的重视,一些公司已将自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛应用到现有电气控制产品中,推出了高可靠性的冗余系统,并采用热备用或并行工作、多数表决的工作方式。科学技术的不断发展,必定会使工业生产自动化控制系统发生巨大变化。

二、电气控制技术与可编程控制应用课程的内容、性质和任务

电气控制技术的涉及面非常广泛,各种电气控制设备种类繁多,功能各异,但其控制原理、设计方法是类似的。本课程主要以电动机和其他执行电器为控制对象,介绍电气控制系统的基本原理、组成部分、基本设计方法以及由可编程控制器组成的应用控制系统设计的内容和步骤。电气控制技术与可编程控制器应用是一门实践性很强的专业课。本课程从应用角度出发,讲述传统继电器控制系统、典型机械设备的控制线路、可编程控制器的功能应用,以达到培养学生分析和设计电气控制系统的能力、适应当前社会需求的目的。

本书的主要内容有两方面:介绍以传统继电器接触器为主的电气控制线路的基本原理和设计方法;介绍以 S7-200 为主的可编程控制器的应用。这是根据目前工厂自动控制往往是传统与现代设备并存的现状,同时充分考虑了电气控制技术的实际应用和发展状况而编写的。虽然目前的可编程控制器的功能极为强大,既可实现数字量的控制,又可实现模拟量的控制,同时可以联网通讯,但可编程控制器当初是为了在数字量控制中取代继电器接触系统而产生的,两者的应用目的相似。自 1836 年继电器问世,人们就开始用导线将它同开关器件巧妙地连接,构成用途各异的逻辑控制或顺序控制。至今,在可编程控制器的编程语言——梯形图中还可以看到这些布线的影子。熟悉继电器接触器控制系统的元件和基本线路,有助于理解可编程控制器的基本应用,并在此基础上掌握可编程控制器的强大功能并应用于实践。实践中,不少控制不太复杂的场合仍然在使用继电器接触器,另外,电力设备和工业配电设备仍然以继电器接触器为主。继电器接触器与可编程控制器各有特点,并不因为可编程控制器的高性能而完全取代继电器、接触器等传统设备。作为一名电气技术人员,必须掌握硬接线和无触点的电气控制线

路,具有程序的阅读分析能力和电气控制系统与装置的设计能力,同时了解电气控制的发展方向。

这门课程应该在学习过电机学、数字电路、微机原理及应用等课程之后进行,并为以后相关课程的学习打下基础。

这门课程的具体要求是:

1. 熟悉常用控制电器的结构原理和用途,掌握合理选择、使用控制电器的方法。
2. 熟练掌握电气控制的基本线路和环节,对一般电气控制线路具有独立分析的能力。
3. 熟悉典型生产设备的电气控制系统,能举一反三,具有从事电气设备安装、调试、管理的能力。
4. 掌握复杂逻辑关系的自动控制系统的设计方法,在运用基本环节的基础上,独立设计功能完善的复杂逻辑关系的电气控制原理图。
5. 掌握可编程控制器的原理、编程和应用,能够根据工艺过程和控制的要求编制应用程序。
6. 能够在自动化程度较高的应用场合,合理选用可编程控制器,并进行系统设计。

第一章 常用电磁式低压电器

在工业、农业、交通、国防以及人们日常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。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。

按国家标准规定,低压电器就是在额定交、直流电压在 1200V 以下的电路中,根据外界施加的信号和要求,通过自动或手动方式,断续或连续地改变电路参数,以实现电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电器。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。

第一节 低压电器的分类

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

1. 低压配电电器

主要用于低压供配电系统。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,电气和机械寿命要长。

3. 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,电气和机械寿命要长。

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,还可按工作条件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。

第二节 电磁式低压电器的基本知识

在结构上,电器一般都具有两个基本组成结构,即检测部分和执行部分。检测部分接受外界输入的信号,通过转换、放大与判断做出一定的反应,使执行部分动作,输出相应的指令,实现控制的目的。对于有触点的电磁式电器,检测部分是电磁机构,执行部分是触头系统。

一、电磁机构

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 1-1 和图 1-2 是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式。

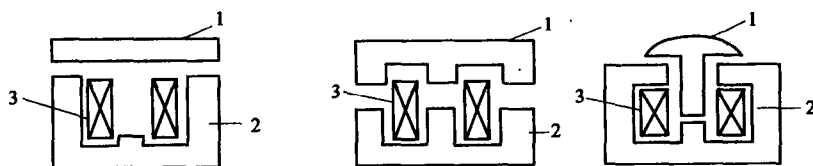


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁;2—铁心;3—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为直流线圈,通入交流电的线圈称为交流线圈。

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于散热。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,以减小涡流损耗。

另外,根据线圈在电路中的联接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。

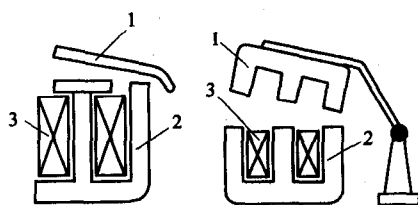


图 1-2 拍合式电磁机构

1—衔铁;2—铁心;3—吸引线圈

二、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

$$F = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S \quad (1-1)$$

式中: F 为电磁吸力(N); B 为气隙磁感应强度(T); S 为磁极截面积(m^2)。

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

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

由式(1-1)和式(1-2)可得:

$$F = \frac{10^7}{8\pi} S B_m^2 \sin^2 \omega t \quad (1-3)$$

电磁吸力按正弦函数平方的规律变化, 最大值为 F_m

$$F_m = \frac{10^7}{8\pi} S B_m^2 \quad (1-4)$$

电磁吸力的最小值为零。当电磁吸力的瞬时值大于反力时, 铁心吸合; 当电磁吸力的瞬时值小于反力时, 铁心释放。所以电源电压变化一个周期, 电磁铁吸合两次, 释放两次, 电磁机构产生剧烈的振动和噪音, 因而不能正常工作。解决的办法是在铁心端面开一槽, 在槽内嵌入铜质短路环, 如图 1-3 所示。

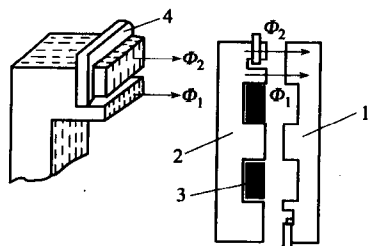


图 1-3 交流电磁铁的短路环
1—衔铁; 2—铁心; 3—线圈; 4—短路环

加上短路环后, 磁通被分为大小接近、相位相差约 90° 电度角的两相磁通, 因而两相磁通不会同时过零。由于电磁吸力与磁通的平方成正比, 故由两相磁通产生的合成电磁吸力变化较为平坦, 在电磁铁通电期间电磁吸力始终大于反力, 使铁心牢牢吸合, 这样就消除了振动和噪音, 一般短路环包围 $2/3$ 的铁心端面。

三、触头系统

触头是电磁式电器的执行部分, 电器就是通过触头的动作来分合被控制的电路。触头在闭合状态下动、静触点完全接触, 并有工作电流通过时, 称为电接触。电接触的情况将影响触头的工作可靠性和使用寿命。影响电接触工作情况的主要因素是触头的接触电阻, 因为接触电阻大时, 易使触头发热而温度升高, 从而易使触头产生熔焊现象, 这样既影响工作可靠性又降低了触头的寿命。触头的接触电阻不仅与触头的接触形式有关, 而且还与接触压力、触头材料及表面状况有关。

(一) 触点的接触形式

触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种, 如图 1-4 所示。

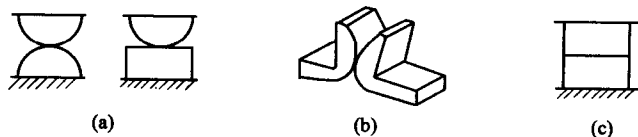


图 1-4 触点的接触形式
(a)点接触; (b)线接触; (c)面接触

(二) 接触电阻

当动、静触点闭合后, 不可能是全部紧密地接触, 从微观来看, 只是在一些突出的凸起点存

在有效接触,从而造成了从一个导体到另外一个导体的过渡区域。在过渡区域里,电流只通过一些相接触的凸起点,因而使这个区域的电流密度大大增加。另外,由于只是一些凸起点相接触,使有效导电面积减少,因此该区域的电阻远远大于金属导体的电阻。这种由于动、静触点闭合时在过渡区域所形成的电阻,称为接触电阻。由于接触电阻的存在,不仅会造成一定的电压损失,还会使铜耗增加,造成触点温升超过允许值。这样,触点在较高的温度下很容易产生熔焊现象而使触点工作不可靠,因此,在实际中,应采取相应措施来减少接触电阻,限制触头的温升。

(三)影响接触电阻的因素和相应措施

1. 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。因此在此在动触点安装一个触点弹簧,如图 1-5 所示, $F_2 > F_1$ 。

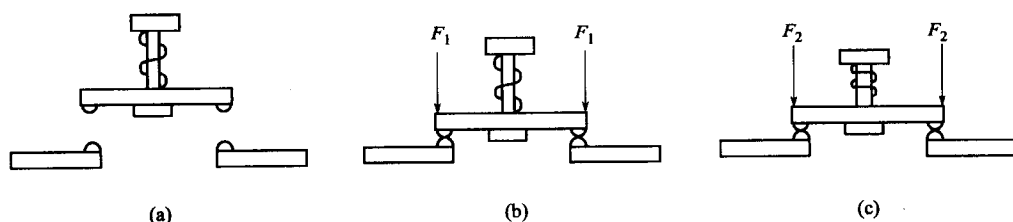


图 1-5 双断点触点位置示意图
(a)打开位置;(b)刚接触位置;(c)闭合后位置

2. 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。

3. 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,严重的氧化将使接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式触点。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。

四、电弧与灭弧方法

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。

常用的灭弧方法有增大电弧长度、冷却弧柱、把电弧分成若干短弧等。灭弧装置就是根据这些原理设计的。

(一)电动力吹弧

电动力吹弧如图 1-6 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触器中。

(二)磁吹灭弧

在触点电路中串入吹弧线圈,如图 1-7 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 $\times$ 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 F 所指的方向,在 F 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。

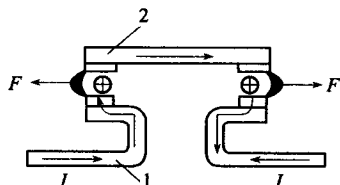


图 1-6 电动力灭弧示意图

1—静触点;2—动触点

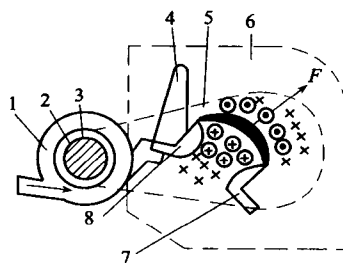


图 1-7 磁吹灭弧示意图

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—动触点;8—静触点

(三)栅片灭弧

灭弧栅是一组薄铜片,它们彼此间相互绝缘,如图 1-8 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 150~250V 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。

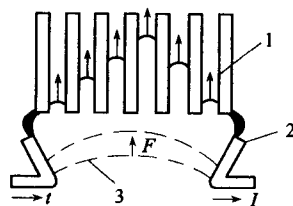


图 1-8 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片;2—触点;3—电弧

第三节 电磁式接触器

一、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、结构简单和维护方便,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。

接触器按其主触点在控制电路中通过电流的种类(直流、交流),分为直流接触器和交流接触器。它们的线圈电流种类既有与自主触点电流相同的,但也有不同的。如对于重要场合