



建筑电气专业系列教材

建筑电气控制技术




郭福雁 黄民德 乔 蕾◎主编

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

建筑电气专业系列教材

建筑电气控制技术

郭福雁 黄民德 乔 蕾 主编

 哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书从实际工程应用和便于教学的需要出发,在阐述继电器接触器控制系统和可编程控制器控制系统的工作原理、设计方法及其实际应用。全书分为三部分,第一部分主要介绍常用控制电器的基本结构、工作原理及使用方法和选型问题;继电器、接触器控制的基本环节及设计和调试,软启动器和变频器的使用等内容。第二部分为建筑内各系统主要设备的电气控制线路分析。第三部分为 PLC 控制系统,包括可编程控制器基础知识、可编程控制器程序设计方法、常用的可编程控制器及其指令,触摸屏的基础知识及其应用,并配合了大量的实例分析。

本书既可作为大专院校和职业技术学院建筑电气与智能化、电气工程及自动化专业、建筑电气技术专业及其他相关专业的教材,也可作为成人教育和技术培训用教材或工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气控制技术/郭福雁,黄民德,乔蕾主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2014.2

ISBN 978 - 7 - 5661 - 0737 - 4

I. 建… II. ①郭… ②黄… ③乔… III. 房屋建筑设备
- 电气控制 - 高等学校 - 教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 006902 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
地 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 24.5
字 数 607 千字
版 次 2014 年 2 月第 1 版
印 次 2014 年 2 月第 1 次印刷
定 价 45.00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

随着科学技术的发展,电气控制技术已经发展到一个相当的高度。传统的电气控制技术的内容发生了很大变化,有些产品和技术已经被淘汰。可编程序控制是基于继电器逻辑控制系统的原理而设计,逐步取代了继电-接触逻辑控制系统,称为电气自动化领域中不可替代的中心控制器件。

目前,电气控制技术在工业与民用建筑中得到越来越广泛的应用,已渗透到建筑设备的设计、运行、制造、管理等部门。随着建筑设备自动化程度的日益提高及对建筑节能的迫切要求,需要每一位建筑电气的从业者具有对建筑电气控制线路解读和运行分析的能力,因此本书从实际工程应用和便于教学的需要出发,系统地介绍了控制系统的分析、设计开发及应用的全过程。精选内容,突出应用,着重阐释基本概念,充分体现建筑电气控制技术的理论性、工程的实用性和技术的现代性。本书分三大部分,共9章和3个附录。

第一部分为传统的基础部分(1~3章),主要介绍常用控制电器的基本结构、工作原理及使用方法和选型问题;继电器、接触器控制的基本环节及设计和调试内容。重点讲解新型电气控制装置——软启动器和变频器的使用。根据电气应用技术的发展,对现代电气控制回路的设计方法进行详细的讲解。

第二部分为建筑内各系统主要设备的电气控制线路分析(4~6章),主要介绍水暖与消防设备、空调与制冷设备、锅炉、电梯等设备的电气控制系统。针对电气技术专业的特点和学生就业的需要,将水、暖、电三大专业有机地结合在一起。

第三部分为可编程序控制器(7~9章),主要介绍可编程序控制器基础知识、可编程序控制器程序设计方法、常用的可编程序控制器及其指令,触摸屏的基础知识及其应用,并配合了大量的实例分析。

本书具有以下特点:

(1)既适应建筑行业电气控制现状的实际需要,又反映电气控制技术的新发展;

(2)内容精炼,结合工程实际,突出应用,着重于生产机械或设备控制回路的工作原理和分析方法,通俗易懂,便于自学;

(3)深入浅出地阐述了建筑电气控制技术研究的主要内容、发展方向及在建筑中的应用,将水暖电专业的知识有机结合;

(4)充分体现建筑电气控制技术的理论性、工程的实用性和技术的现代性。

本书由天津城市建设学院郭福雁、黄民德和乔蕾合作完成。其中第1~5章由郭福雁编写;第6~7章及附录由黄民德编写;第8~9章由乔蕾编写。全书由

黄民德负责统稿。

感谢天津宝利集团有限公司张哲同志、天津城建大学杨国庆同志、天津市华汇工程设计有限公司张月洁同志、天津博风建筑设计有限公司王佃瑞同志,以及天津城建大学刘学、闫洪锦和耿志江三位同志对本书编写提供的大力帮助。同时,本书编写过程中也参考了大量已出版的参考文献和网上资料,这些文献已在书后的参考文献中一一列举,在此谨向这些文献的作者表示衷心的感谢!

建筑电气控制技术是一门涉及知识面广、技术性强、实用性强的学科,并仍在不断发展中,本书不可能涵盖所有内容,希望能起到抛砖引玉的作用。该书虽然经过认真仔细的修改和校对,但由于作者在学术水平上的局限性和编写过程中的疏漏,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者和同仁给予批评指正,以便再次印刷时改正,也欢迎大家进行交流和探讨。另外,本书还配有电子教案,限于时间和精力,该教案只向高等院校、职业技术学院和技术培训机构中使用本教材的任课教师提供。

编 者

2013年11月

目 录

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 概述	1
1.2 电磁式电器结构及工作原理	4
1.3 接触器.....	10
1.4 继电器.....	14
1.5 热继电器.....	19
1.6 信号继电器.....	24
1.7 主令电器.....	28
1.8 熔断器.....	32
1.9 低压开关和低压断路器.....	35
1.10 常用电子电器	44
思考题与习题	47
第 2 章 继电 - 接触器控制系统的基本控制环节	49
2.1 电气控制回路图的图形、文字符号及绘制原则	49
2.2 电气控制的基本环节及规律.....	53
2.3 三相异步电动机的基本电气控制回路.....	61
2.4 变频器与变频调速控制.....	74
2.5 保护环节.....	81
2.6 实例分析.....	86
思考题与习题	88
第 3 章 电气控制系统的设计	90
3.1 电气控制系统设计的基本原则.....	90
3.2 电气控制系统的基本要求.....	90
3.3 电气控制系统设计的基本内容.....	95
3.4 电气控制系统的设计步骤.....	96
3.5 电气控制系统的设计方法.....	97
思考题与习题.....	105
第 4 章 建筑给水排水主要系统及电气控制	108
4.1 建筑给水系统	108
4.2 给水系统的电气控制	114
4.3 建筑排水系统及其电气控制	127
4.4 室内消防给水系统及其电气控制	131
思考题与习题.....	144
第 5 章 暖通空调系统及电气控制	147
5.1 供暖系统	147

5.2	空调系统	170
5.3	空调水系统	188
5.4	空调与制冷设备的电气控制	195
5.5	通风系统及其电气控制	202
	思考题与习题	216
第6章	电梯系统设备及电气控制	218
6.1	电梯系统介绍	218
6.2	电梯的电气控制系统	219
6.3	电梯的各种控制要求	222
6.4	电梯电力拖动	224
6.5	电梯选择与设置的基本原则及步骤	239
6.6	电梯交通计算	241
6.7	电梯选择设置的校验	244
6.8	电梯供电设计	245
	思考题与习题	248
第7章	可编程序控制器基础知识	249
7.1	概述	249
7.2	编程语言和程序结构	255
7.3	可编程序控制器的基本结构及工作原理	259
	思考题与习题	269
第8章	西门子 S7-200 系列可编程序控制器	270
8.1	S7-200 系列 PLC 系统的构成及特点	270
8.2	指令系统	284
8.3	触摸屏及其工作原理	322
8.4	触摸屏、PLC、变频器组成的变频恒压供水系统	327
	思考题与习题	346
第9章	欧姆龙 C 系列可编程序控制器	347
9.1	欧姆龙 C 系列机的基本结构	347
9.2	欧姆龙 C 系列 P 型机的指令系统	351
9.3	编程中应注意的基本原则	362
9.4	应用举例	365
	思考题与习题	371
附录1	常用电气图形、文字符号表	373
附录2	《民用建筑电气设计规范》相关内容	375
附录3	S7-200 系列 CPU22X 主要技术指标	377
附录4	欧姆龙 C 系列机的技术指标	379
	参考文献	382

第1章 常用低压电器

低压电器是电力拖动控制系统、低压供电系统的基本组成单元,其性能的优劣直接影响着系统的可靠性、先进性和经济性,是电气控制技术的基础。因此,必须熟练掌握低压电器的结构、工作原理并能正确使用。本章主要介绍用于常用低压电器的分类、结构、工作原理以及使用方法等,以利进行控制系统的设计、分析和维护等。

1.1 概 述

1.1.1 电器的分类

电器用途广泛、功能多样、种类繁多、结构各异,工作原理也各有不同,因而有多种分类方法。

1. 按工作电压等级分类

(1) 高压电器 工作在交流电压 1 200 V、直流电压 1 500 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 工作在交流 50 Hz(或 60 Hz)、额定电压 1 200 V 以下或直流额定电压 1 500 V 以下的电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器,如接触器、继电器等。生产机械上大多使用低压电器。

2. 按动作原理

(1) 手动电器 人手操作发出动作指令的电器,如刀开关、按钮等。

(2) 自动电器 产生电磁吸力而自动完成动作指令的电器,如接触器、继电器、电磁阀等。

3. 按工作原理

(1) 电磁式电器 根据电磁感应原理进行工作的电器,如交直流接触器、电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器 以非电物理量作为控制量进行工作的电器,如按钮开关、行程开关、刀开关、热继电器、速度继电器等。

4. 按用途分类

(1) 控制电器 主要用于各种控制回路和控制系统。这类电器有接触器、继电器、控制器和电磁阀等。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。

(2) 保护电器 主要用于对回路和电气设备进行安全保护。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。

(3) 主令电器 主要用于发送控制指令。这类电器有控制按钮、主令控制器、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) 执行电器 主要用于执行某种动作和传动功能。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

(5) 配电电器 主要用于供、配电系统中,进行电能输送和分配。这类电器有刀开关、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,在系统发生故障时保护动作准确、工作可靠;动稳定及热稳定性能好。

随着电子技术和计算机技术的进步,近几年又出现了利用集成电路或电子元件构成的电子式电器、利用单片机构成的智能化电器以及可直接与现场总线连接的具有通信功能的电器。

1.1.2 电器的作用

电器是构成控制系统的最基本元件,它的性能将直接影响控制系统能否正常工作。电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动的改变系统的状态、参数,实现对回路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。它的工作过程是将一些电量信号或非电信号转变为非通即断的开关信号或随信号变化的模拟量信号,实现对被控对象的控制。

电器的主要作用如下。

(1) 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 能根据设备的特点,对设备、环境以及人身安全实行自动保护,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 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、压力等。

(4) 调节作用 低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如电动机速度的调节、柴油机油门的调整、房间温度和湿度的调节、光照度的自动调节等。

(5) 指示作用 利用电器的控制、保护等功能,显示检测出的设备运行状况与电气回路工作情况。

(6) 转换作用 在用电设备之间转换或使低压电器、控制回路分时投入运行,以实现功能切换,如被控装置操作的手动控制与自动控制的转换、供电系统的市电与自备电源的切换等。

当然,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及用途见表 1-1。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途表

序号	类别	主要品种	主要用途
1	断路器	框架式断路器	主要用于回路的过载、短路、欠电压、漏电保护,也可用于不需要频繁接通和断开的回路
		塑料外壳式断路器	
		快速直流断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	

表 1-1(续一)

序号	类别	主要品种	主要用途
2	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负载,切断带负荷回路
		直流接触器	
3	继电器	中间继电器	主要用于控制回路中,将被控量转换成控制回路所需电量或开关信号
		时间继电器	
		热继电器	
		电流继电器	
		电压继电器	
		温度继电器	
		速度继电器	
4	熔断器	瓷插式熔断器	主要用于回路短路保护,也用于回路的过载保护
		螺旋式熔断器	
		有填料封闭管式熔断器	
		无填料封闭管式熔断器	
		快速熔断器	
		自复式熔断器	
5	主令电器	控制按钮	主要用于发布控制命令,改变控制系统的工作状态
		行程开关	
		万能转换开关	
		主令控制器	
6	刀开关	胶盖闸刀开关	主要用于不频繁地接通和分断回路
		封闭式负荷开关	
		熔断器式刀开关	
7	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或回路切换
		换向开关	
8	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
9	启动器	电磁启动器	主要用于电动机的启动
		星/三角启动器	
		自耦降压启动器	
		软启动器	

表 1-1(续二)

序号	类别	主要品种	主要用途
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等场合
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

1.2 电磁式电器结构及工作原理

电磁式电器是低压电器中最典型也是应用最广泛的一种电器。控制系统中的接触器和继电器就是两种最常用的电磁式电器。虽然电磁式电器的类型很多,但它的工作原理和构造基本相同。其结构大都由两个部分组成,即感应部分(电磁机构)和执行部分(触点系统)。

1.2.1 电磁机构原理

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式低压电器的关键部分,由线圈、铁芯和衔铁组成,主要作用是通过电磁感应原理将电能转换成机械能,带动触点动作,完成接通或分断回路的功能。根据衔铁相对铁芯的运动方式,电磁机构可分为直动式和拍合式两种,如图 1-1 及图 1-2 所示。在图 1-2 中,拍合式又分为衔铁沿棱角转动和衔铁沿轴转动两种。

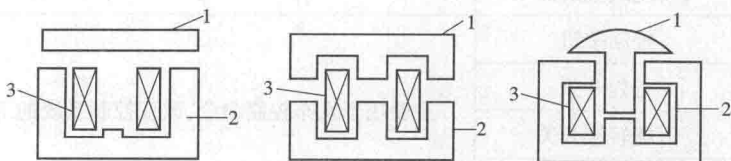


图 1-1 直动式电磁机构

1—衔铁;2—铁芯;3—吸引线圈

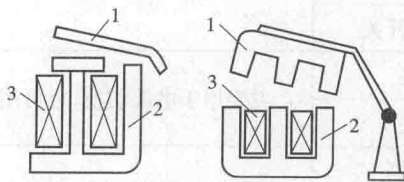


图 1-2 拍合式电磁机构

1—衔铁;2—铁芯;3—吸引线圈

直动式电磁机构多用于交流接触器、继电器中。衔铁沿棱角转动的拍合式电磁机构广泛应用于直流电器中。衔铁沿轴转动的拍合式电磁机构的铁芯形状有 E 形和 U 形两种,多用于触点容量大的交流电器中。

电磁式电器分为直流和交流两类,都是利用电磁铁的原理而制成。通常,直流电磁铁的铁

芯是用整块钢材或工程纯铁制成,而交流电磁铁的铁芯则是用硅钢片叠铆而成。

2. 吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能。按通入电流种类不同可分为直流电磁线圈和交流电磁线圈。直流电磁线圈一般做成无骨架、高而薄的瘦高型,使线圈与铁芯直接接触,易于散热;交流电磁线圈由于铁芯存在磁滞和涡流损耗,铁芯也会发热。为了改善线圈和铁芯的散热情况,线圈设有骨架,使铁芯与线圈隔离,并将线圈制成短而厚的矮胖型。另外,根据线圈在回路中的连接形式;可将线圈分为串联线圈和并联线圈。电磁线圈串联接入回路,用来感测线路电流,电磁机构的衔铁吸合与否取决于线圈中流过的电流的大小。这种接入方式的线圈又称为电流线圈,一般用于电流继电器或控制电器的电流线圈。电磁线圈并联接入回路,用来感测线路电压,电磁机构的衔铁吸合与否取决于线圈两端电压的大小。这种接入方式的线圈又称为电压线圈,大多数电磁式电器线圈都按照并联接入方式设计。为减少对回路电压分配的影响,串联型线圈采用粗导线制造,匝数少,线圈的阻抗较小。并联型线圈为减少回路的分流作用,需要较大的阻抗,一般线圈的导线细,匝数多。

1.2.2 电磁吸力及其特性

电磁线圈通电以后,铁芯吸引衔铁带动触点改变原来状态进而接通或断开回路的力称为电磁吸力,如图 1-3 所示。电磁式低压电器在吸合或释放过程中,气隙是变化的,电磁吸力也将随气隙的变化而变化,这种特性称为吸力特性。当电磁线圈断电时使触点恢复常态的力称为反力。电磁机构使衔铁释放(复位)的力与气隙长度的关系曲线称为反力特性。电磁式电器中反力由复位弹簧和触点产生,衔铁吸合时要求电磁吸力大于反力,衔铁复位时要求反力大于电磁吸力(此时是剩磁产生的电磁吸力)。

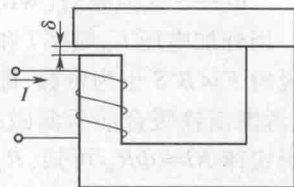


图 1-3 电磁机构

电磁式电器是根据电磁铁的基本原理设计的,电磁吸力是决定其能否可靠工作的一个重要参数。电磁吸力 $F \propto B^2 S$ (B 为气隙磁感应强度),可由式(1-1)表示。

$$F = \frac{\mu_0 S}{2\delta^2} I^2 N^2 \quad (1-1)$$

式中 I ——线圈中通过的电流(A);

N ——线圈的匝数(匝);

S ——气隙截面积(m^2);

δ ——气隙宽度(m);

F ——电磁吸力(N);

μ_0 ——真空磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。

1. 直流电磁机构的电磁吸力特性

从式(1-1)可以看出,对于固定线圈通以恒定直流电流时,其电磁力, F 仅与 δ^2 成反比。吸力特性曲线如图 1-4 所示。由此看出,衔铁闭合前后吸力很大,气隙越小,吸力越大。但衔铁吸合前后吸引线圈励磁电流不变,故直流电磁机构适用于运动频繁的场所,且衔铁吸合后电磁吸力大,工作可靠。

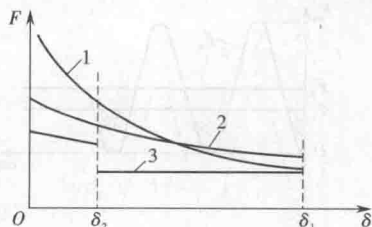


图 1-4 电磁吸力特性

1—直流电磁机构;2—交流电磁机构;3—反力特性

但是对于依靠弹簧复位的电磁铁来说,在线圈断电时,由于剩磁产生吸力,使复位比较困难,会造成一些保护用继电器的性能不能满足要求。在吸力较小的直流电压型电器中,衔铁上都装有一片 0.1 mm 厚非磁性磷钢片,增加在吸合时的空气间隙,使衔铁易于复位。在吸力较大的直流电压型电器中,如直流接触器,铁芯的端面上加有极靴,减小在闭合状态下的吸力,使衔铁复位自如。

2. 交流电磁机构的电磁吸力特性

与直流电磁机构相比,交流电磁机构的吸力特性有较大的不同。交流电磁机构多与回路并联使用,当外加电压 U 及频率 f 为常数时,忽略线圈电阻压降。外加电压

$$U \approx E = 4.44f\Phi N \quad (1-2)$$

式中 U ——线圈电压(V);

E ——线圈感应电动势(V);

f ——线圈电压的频率(Hz);

N ——线圈匝数;

Φ ——气隙磁通(Wb)。

当外加电压 U 、频率 f 和线圈匝数 N 为常数时,则气隙磁通 Φ 也为常数,由式(1-1)可知电磁吸力 $F \propto B^2 S$ 也为常数,即交流电磁机构的吸力特性为一条与气隙长度无关的直线。实际上,考虑衔铁吸合前后漏磁的变化时, F 随 δ 的减小而略有增加。对于并联电磁机构,由磁路欧姆定律 $NI \approx \Phi R_m$ 可知(R_m 为气隙磁阻,随 δ 的变化成正比变化),在线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间,吸合电流随 δ 的变化成正比变化,衔铁吸合后的额定电流的很多倍,U形电磁机构可达 5~6 倍,E形电磁机构可达 10~15 倍。若衔铁卡住不能吸合,或衔铁频繁动作,交流励磁线圈很可能因电流过大而烧毁。所以,在可靠性要求较高或要求频繁动作的控制系统中,一般采用直流电磁机构而不采用交流电磁机构。

电磁机构的复位是依靠弹簧的弹力实现的,因此在吸合过程中,电磁吸力必须克服弹簧的弹力 F_r 。电磁吸力 F 与弹力 F_r 相比应大一些,但不宜相差太大。对于交流电磁机构,由于电流是交变的,吸力也是脉动的,电流为 0 时,吸力也为 0,所以 50 Hz 的电源加在线圈上时,吸力为 100 Hz 的脉动吸力。当脉动的吸力 F 小于弹力 F_r 时,衔铁将在弹簧的作用下移动,而当吸力 F 大于弹力 F_r 时,衔铁将克服弹簧力而吸合。如此周而复始,使衔铁产生振动,发出噪声,不能正常工作。实际吸力曲线如图 1-5 所示。解决该问题的具体办法是在铁芯端部开一个槽,槽内嵌入称为短路环(或称分磁环)的铜环,如图 1-6 所示。当励磁线圈通入交流电后,在短路环中就有感应电流产生,该感应电流又会产生一个磁通。短路环把铁芯中的磁通分为两部分,即不穿过短路环的 Φ_1 和穿过短路环中的 Φ_2 ,由于短路的作用,使 Φ_1 与 Φ_2 产生相移,即不同时为零,使合成吸力始终大于反作用力,从而消除了振动和噪声。

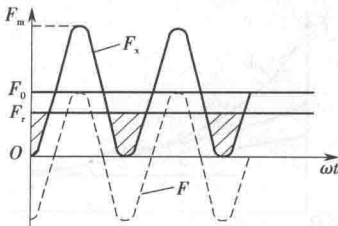


图 1-5 交流电磁机构实际吸力曲线

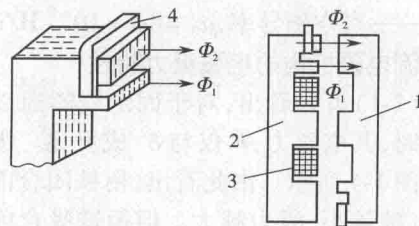


图 1-6 交流电磁铁的短路环

1—衔铁;2—铁芯;3—线圈;4—短路环

3. 反力特性

电磁系统的反作用力与气隙的关系曲线称为反力特性。反作用力包括弹簧力、衔铁自身重力、摩擦阻力等。图 1-4 中曲线 3 即为反力特性曲线。

为了保证使衔铁能牢牢吸合,反作用力特性必须与吸力特性正确配合,如图 1-4 所示。在整个吸合过程中,吸力都必须大于反作用力,但不能过大或过小。吸力过大,动、静触点接触时以及衔铁与铁芯接触时的冲击力也大,会使触点和衔铁发生弹跳,导致触点熔焊或烧毁,影响电器的机械寿命;吸力过小,会使衔铁运动速度降低,难以满足高操作频率的要求。因此吸力特性与反力特性必须配合得当。在实际应用中,可调整反力弹簧或触点初压力以改变反力特性,使之与吸力特性有良好配合。

1.2.3 电器的触头系统

触点是电磁式电器的执行部分,起接通或断开回路的作用。触点的结构形式很多,按其控制的回路可分为主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主回路,允许通过较大的电流;辅助触点用于接通或断开控制回路,只能通过较小的电流。

电磁式电器触点在线圈未通电状态时有常开(动合)和常闭(动断)两种状态,分别称为常开(动合)触点和常闭(动断)触点。当电磁线圈有电流通过,电磁机构动作时,触点改变原来的状态,常开(动合)触点将闭合,使与其相连的回路接通,常闭(动断)触点将断开,使与其相连的回路断开。能与机械联动的触点称动触点,固定不动的触点称静触点。

1. 触点的接触形式

在闭合状态下,动、静触点完全接触,称为电接触。电接触时触点的接触电阻大小将影响工作情况。接触电阻大时触点易发热,温度升高,从而使触点易产生熔焊现象,既影响工作的可靠性,又降低了触点的寿命。触点接触电阻的大小主要与触点的接触形式、接触压力、触点材料及触点的表面状况有关。

触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种,如图 1-7 所示。图(a)所示为点接触,由两个半球形触点或一个半球形与一个平面形触点构成。这种结构有利于提高单位面积上的压力和减小触点表面电阻,常用于小电流电器中,如接触器的辅助触点和继电器触点。图(b)所示为线接触,通常做成指形触点结构,接触区是一条直线。触点通、断过程是滚动接触并产生滚动摩擦,利于去掉氧化膜。开始接触时,静、动触点在 A 点接触,靠弹簧压力滚动到 B 点,并在 B 点保持接通状态。断开时作相反运动,这样可以在通断过程中自动清除触点表面的氧化膜。同时,长时期工作的位置不是在易烧灼的 A 点而是在 B 点,保证了触点的良好接触。这种滚动线接触适用于通电次数多、电流大的场合,多用于中等容量的电器,如接触器的主触点。图(c)所示为面接触,这种触点一般在接触表面上镶有合金,以减小触点的接触电阻,提高触点的抗熔焊、抗磨损能力,允许通过较大的电流,多用于较大容量接触器的触点。

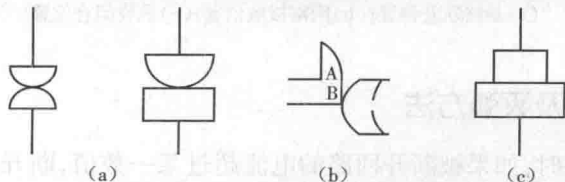


图 1-7 触点的接触形式

(a) 点接触; (b) 线接触; (c) 面接触

2. 触点的结构

触点的结构主要有图 1-8 所示的几种类型。

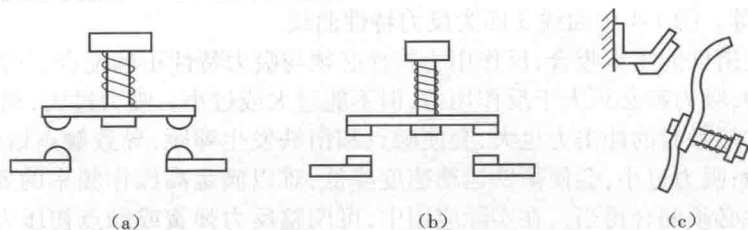


图 1-8 触点的结构形式

(a) 桥式触点(点接触);(b) 桥式触点(面接触);(c) 指形触点(线接触)

(1) 桥式触点 电磁式电器通常同时具有常开和常闭两种触点。桥式常闭触点与常开触点结构及动作对称,一般在常开触点闭合时,常闭触点断开。图 1-8 中静触点的两个触点串接于同一条回路中。当衔铁被吸向铁芯时,与衔铁固连在一起的动触点也随着移动。当与静触点接触时,便使同静触点相连的回路接通。回路的接通与断开由两个触点共同完成。

(2) 指形触点 这种触点接通或分断时产生滚动摩擦,以利于去掉触点表面的氧化膜。指形触点适用于接电次数多、电流大的场合。

3. 减小触点接触电阻的方法

增加接触压力可使触点的接触面积增加,从而减小接触电阻。

在触点接触时,为了使触点接触得更加紧密,并消除开始接触时产生的振动,一般在触点上都装有接触弹簧。当动触点刚与静触点接触时,由于安装时弹簧预先压缩了一段,因此产生一个初压力 F_1 ,如图 1-9(b)所示,并且随着触点闭合,逐渐增大触点间的压力。触点闭合后由于弹簧在超行程内继续变形而产生一个终压力 F_2 ,如图 1-9(c)所示。弹簧被压缩的距离称为触点的超行程,即从静、动触点开始接触到触点压紧,整个触点系统向前压紧的距离。有了超行程,在触点磨损情况下,仍具有一定压力,但磨损严重时超行程将失败。

另一间小接触电阻的方法是选择电阻系数小的材料,如在触点上镀银或嵌银等。

另外,改善触点的表面状况,尽量避免或减少触点表面氧化物形成,注意保持触点表面清洁,避免聚集尘埃,也是较好的方法。

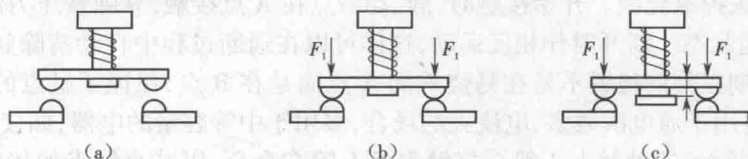


图 1-9 桥式触点闭合过程位置示意图

(a) 最终断开位置;(b) 刚刚接触位置;(c) 最终闭合位置

1.2.4 电弧的产生及灭弧方法

在大气中断开回路时,如果被断开回路的电流超过某一数值,断开后加在触点间隙(或称弧隙)两端电压超过某一数值时,触点间隙中就会产生电弧。电弧实际上是触点间气体在强电场作用下产生的放电现象,会产生高温并发出强光,将触点烧损,并使电路的切断时间延长,严重时会引起火灾或其他事故,因此必须采取适当且有效的措施,以保护触点系统,减小对它

的损伤,提高它的分断能力,从而保证整个电器的工作安全可靠。常用的灭弧方法有以下几种。

(1) 电动力灭弧 图 1-10 是一种桥式结构双断口触点,流过触点两端的电流方向相反,将产生互相排斥的电动力。当触点打开时,在断口中产生电弧,电弧电流在两电弧之间产生图中以“ \oplus ”表示的磁场。根据左手定则,电弧电流要受到一个指向外侧的电动力 F 的作用,使电弧向外运动并拉长,并迅速穿越冷却介质,从而加快电弧冷却并熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器等交流电器中。

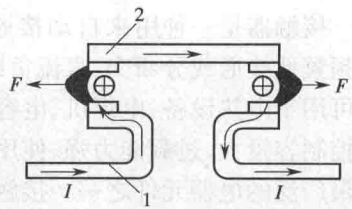


图 1-10 电动力灭弧示意图
1—静触点;2—动触点

(2) 磁吹灭弧 磁吹灭弧方法是利用电弧在磁场中受力,将电弧拉长,并使电弧在冷却的灭弧罩窄缝隙中运动,产生强烈的消电离作用,从而将电弧熄灭。其原理如图 1-11 所示。

图 1-11 中,在触点电路中串入吹弧线圈,该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围,其方向由右手螺旋定则确定(为图 1-11 中 \times 所示),触点间的电弧所产生的磁场的方向为 \oplus 和 \ominus 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 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。这种灭弧装置利用电弧电流本身灭弧,电弧电流越大,吹弧能力也越强。它广泛应用于直流灭弧装置中,如直流接触器。

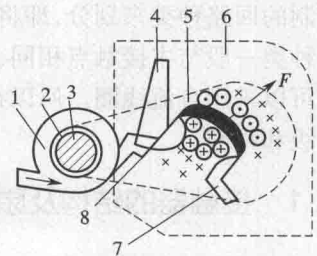


图 1-11 磁吹灭弧示意图
1—磁吹线圈;2—绝缘套;3—铁芯;
4—引弧角;5—磁导夹板;6—灭弧罩;
7—动触点;8—静触点

(3) 栅片灭弧 灭弧栅一般是由镀铜薄钢片(称为栅片)和石棉绝缘板组成,它们通常在电器触点上方的灭弧室内,彼此间互相绝缘,如图 1-12 所示。电弧进入栅片时被分割成一段一段串联的短弧,而栅片就是这些短弧的电极,这样就使每段短弧上的电压达不到燃弧电压。同时每两片灭弧片之间都有 150~250 V 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电流为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。

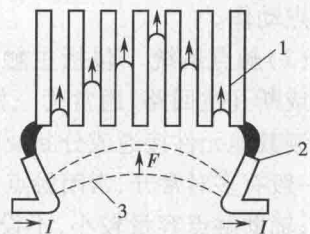


图 1-12 栅片灭弧示意图
1—灭弧栅片;2—触点;3—电弧

(4) 窄缝灭弧 这种灭弧方法是利用灭弧罩的窄缝实现的。灭弧罩内有一个或数个纵缝,缝的下部宽,上部窄,如图 1-13 所示,当触点断开时,电弧在电动力的作用下进入缝内,窄缝可将电弧柱分成若干直径较小的电弧,同时可将电弧直径压缩,使电弧同缝紧密接触,加强冷却和去游离作用,使电弧熄灭速度加快。灭弧罩通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。

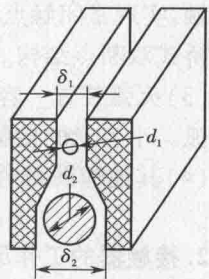


图 1-13 窄缝灭弧罩的断面

1.3 接触器

接触器是一种用来自动接通或断开大电流回路的电器。它可以频繁地接通或分断交、直流负载回路,并可实现中远距离控制。其主要控制对象是电动机,也可用于电热设备、电焊机、电容器组等其他设备。它还具有低电压释放保护功能。接触器具有控制容量大、过载能力强、使用寿命长、设备简单经济等特点,是电力拖动自动控制回路中使用最广泛的电器元件之一。接触器有比工作电流大数倍甚至十几倍的接通和分断能力,但接触器不能用于分断短路电流。

按操作方式不同接触器可分为电磁接触器、气动接触器和电磁气动接触器;按灭弧介质不同可分为空气电磁接触器、油浸式接触器和真空接触器等。最常用的分类是按照接触器主触点控制的回路种类来划分,即将接触器分为交流接触器和直流接触器两大类。接触器线圈电流的种类一般与主触点相同,但在重要场合或需要频繁通断的操作场所,交流接触器的控制线圈可以采用直流线圈。所以在工程设计中,除表明接触器的型号外,还需要表明其线圈的电压等级和种类。

1.3.1 接触器的结构及原理

1. 交流接触器的结构

图 1-14 为交流接触器结构示意图。交流接触器由以下四部分组成。

(1) 电磁机构 电磁机构由线圈、动铁芯(衔铁)和静铁芯组成,其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。

(2) 触点系统 包括主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主回路,通常为三极。辅助触点用于控制回路,起控制其他元件接通或分断及电气连锁作用,故又称连锁触点,一般有多对常开、常闭触点。主触点容量较大,带有灭弧装置;辅助触点容量较小,不设灭弧装置。辅助触点结构通常是常开和常闭成对出现。当线圈得电后,衔铁在电磁吸力的作用下吸向铁芯,同时带动动触点移动,使其与常闭触点的静触点分开,与常开触点的静触点接触,实现常闭触点断开,常开触点闭合。辅助触点不能用来断开主回路。主、辅触点一般采用桥式双断点结构。

(3) 灭弧装置 容量较大的接触器都有灭弧装置。大容量的接触器常采用窄缝灭弧及栅片灭弧。小容量的接触器,常采用电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。

(4) 其他辅助部件 包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构、支架及底座等。

2. 接触器的工作原理

当交流接触器线圈得电后,在铁芯中产生磁通及电磁吸力,衔铁在电磁吸力的作用下吸向铁芯,同时带动触点动作。触点动作时,常闭触点断开,常开触点后闭合。当线圈中的电压值

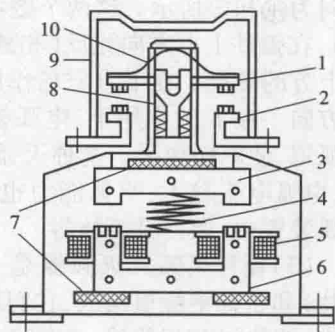


图 1-14 交流接触器结构

- 1—动触点;2—静触点;3—衔铁;
4—弹簧;5—线圈;6—铁芯;
7—垫毡;8—触点弹簧;9—灭弧罩;
10—触点压力弹簧