

服务热线: 400-615-1233

★ 配套精品教学资料包

www.huatengedu.com.cn

JIANZHU DIANQI KONGZHI JISHU

建筑 电气控制技术

建筑
电气控制技术

主编 张海燕 汤 洁

北京邮电大学出版社



ISBN 978-7-5635-7725-5



9 787563 577255 >

定价: 58.00元

策划编辑: 刘子嘉

责任编辑: 高 宇

封面设计: 黄燕美

甘肃省“十四五”首批职业教育省级规划教材立项教材
甘肃省职业教育在线精品课程配套教材

建 筑 电气控制技术

主编 张海燕 汤 洁

主审 李维敦



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

甘肃省“十四五”首批职业教育省级规划教材立项教材
甘肃省职业教育在线精品课程配套教材

建筑 电气控制技术

主编 张海燕 汤 洁
主审 李维敦



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书深入探讨了建筑电气控制技术核心理论与实际应用,重点围绕现代建筑电气系统的智能化设计与控制技术展开。主要内容包括常用低压电器的认知与检修、继电-接触器基本控制电路的安装与调试、常用建筑施工设备电气控制电路的识读与调试、楼宇常用设备电气控制电路的识读与安装及电气控制系统的设计与调试五个项目。

本书既可作为高等职业院校电气自动化技术、建筑智能化技术、机电一体化技术等相关专业的教材,也可作为从事建筑电气设计、施工、维护与管理等领域工作的工程技术人员的工作书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气控制技术 / 张海燕, 汤洁主编. -- 北京:
北京邮电大学出版社, 2025. -- ISBN 978-7-5635-7725

-5

I. TU85

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025GP2072 号

策划编辑: 刘子嘉 责任编辑: 高 宇 封面设计: 黄燕美

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市龙大印装有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 18

字 数: 372 千字

版 次: 2025 年 12 月第 1 版

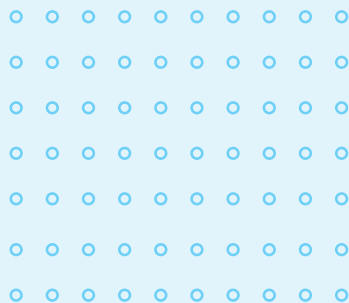
印 次: 2025 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-7725-5

定 价: 58.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话: 400-615-1233



前言

党的二十大报告提出要“深化教育领域综合改革,加强教材建设和管理”。对于高等职业院校而言,教学改革突破点是建设新的教学模式相配套的特色教材。鉴于建筑电气控制技术在建筑行业中所占地位日益重要,以及国家、市场对相关技术人才的高标准要求,编者编写了《建筑电气控制技术》,旨在解决建筑电气控制技术教学中理论与实践脱节、知识点更新不及时等问题,为培养具有扎实理论基础和卓越实践能力的建筑电气控制技术人才提供有力支持。

编者基于国内外建筑电气控制技术的最新研究成果与实践经验,同时结合当前建筑行业的发展趋势和市场需求,遵循“理论够用、实践为重”的原则编写了本书。本书以项目为体系结构,以任务驱动为核心,将理论知识与实践操作紧密结合,学生通过案例分析、技术解析、实践操作等多种形式的学习能够深入理解建筑电气控制技术的精髓,掌握解决实际问题的能力。

本书具有以下编写特色。

(1)紧跟建筑电气控制技术的发展趋势,及时引入对新技术、新工艺和新设备的介绍。

(2)理论与实践并重,既注重理论知识的讲解,又强调实践能力的培养。

(3)图文并茂,以大量表格、图片等直观形式帮助学生更好地理解和记忆知识点。

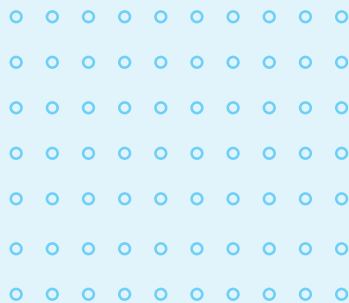
(4)实用性强,注重解决问题能力的培养。

本书由甘肃建筑职业技术学院张海燕、汤洁担任主编;甘肃建筑职业技术学院邵莹、白一秀、马耀华参与编写;甘肃建筑职业技术学院李维敦担任主审,并提出了宝贵的修改意见。



由于编者水平有限,书中难免存在不足之处。我们衷心希望广大读者能够不吝赐教,提出宝贵的意见与建议。

编 者



目录

项目一 常用低压电器的认知与检修

1

任务一	低压电器的基础知识与检修	1
任务二	熔断器的认知与检修	18
任务三	低压开关的认知与检修	30
任务四	低压断路器的认知与检修	46
任务五	接触器的认知与检修	58
任务六	继电器的认知与检修	70
任务七	主令电器的认知与检修	93

项目二 继电-接触器基本控制电路的安装与调试

113

任务一	电气控制系统图的绘制与识读	113
任务二	三相异步电动机单向直接启动控制电路的安装与 调试	124
任务三	三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试	131
任务四	三相异步电动机顺序控制和异地控制电路的安装与 调试	137
任务五	三相异步电动机自动往返运行控制电路的安装与 调试	142
任务六	三相笼型异步电动机降压启动控制电路的安装与 调试	147
任务七	三相绕线式异步电动机启动控制电路的安装与调试	155
任务八	三相异步电动机制动控制电路的安装与调试	161
任务九	三相异步电动机控制电路的故障判断与检修	172



项目三 常用建筑施工设备电气控制电路的识读与调试 185

- 任务一 混凝土设备及散装水泥装置电气控制电路的
识读与调试 185
- 任务二 起重设备电气控制电路的识读与调试 195

项目四 楼宇常用设备电气控制电路的识读与安装 207

- 任务一 建筑给水排水系统设备电气控制电路的识读与
安装 207
- 任务二 消防系统设备电气控制电路的识读与安装 220
- 任务三 空调系统设备电气控制电路的识读与安装 237
- 任务四 锅炉房设备电气控制电路的识读与安装 249

项目五 电气控制系统的设计与调试 263

参考文献 281

常用低压电器的认知与检修

在经济建设和人民生活中,电能的应用越来越广泛。为了安全、可靠地使用电能,电路中就必须装有各种起调节、分配、控制及保护作用的电气设备,这些电气设备统称为电器。随着科学技术和生产的发展,电器的种类不断增多,用量不断增大,用途也极为广泛。电力用户的各种生产机械设备,大部分是采用低压供电的。在庞大的低压配电系统和低压用电系统中,需要大量的起控制、保护作用的电器,这些电器统称为低压电器。低压电器是电气设备控制系统中的基本组成元件,控制系统的优劣与所用的低压电器直接相关。电气技术人员只有掌握低压电器的基础知识和常用低压电器的结构及工作原理,并能准确选用、检测和调整常用低压电器,才能分析电气设备控制系统的工作原理,处理及检修一般故障。本项目主要介绍低压电器的分类和作用,常用低压电器的结构、工作原理、功能、选用、安装及维修。

项目目标

- 了解低压电器的定义、分类和作用;
- 掌握常用低压电器的工作原理、图形符号和文字符号,熟悉常用低压电器的用途;
- 了解常用低压电器的基本结构和主要技术参数;
- 能够根据控制要求选用低压电器并能正确安装和检修。

任务一

低压电器的基础知识与检修



任务要求

低压电器在运行过程中,由于使用不当或长期投入运行、元器件老化等原因,均会出现故障。在学习了电磁式低压电器的基础知识后,能够对触点及电磁机构的常见故障进行分析处理和检修。



一、低压电器的定义与分类

电器是指能够根据外界的要求或所施加的信号,自动或手动地接通或断开电路,从而连续或断续改变电路的参数或状态,以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节的电气设备。简单地说,电器就是接通或断开电路,调节、控制、保护电路和设备的电工器具或装置,如同自来水管的阀门可以开、关和调节水流一样。电器按工作电压高低可分为高压电器和低压电器两大类。

低压电器通常是指用于交流额定电压为 1 000 V 及以下、直流额定电压为 1 500 V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。

低压电器种类繁多,功能多样,构造各异,用途广泛,工作原理各不相同,常用低压电器的分类方法也很多。

1. 按用途或控制对象分类

(1) 配电电器。配电电器主要用于低压配电系统中。它能在低压配电系统发生故障时准确动作、可靠工作,在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性,使其他电器不会被损坏。常用的配电电器有刀开关、转换开关、断路器、熔断器等。

(2) 控制电器。控制电器主要用于电气传动系统中。它要求寿命长、体积小、质量轻且动作迅速、准确、可靠。常用的控制电器有接触器、继电器、启动器、主令电器、电磁铁等。

2. 按动作方式分类

(1) 自动电器。自动电器依靠自身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分断等动作,如接触器、继电器等。

(2) 手动电器。手动电器是通过手动操作进行切换的电器,如刀开关、转换开关、按钮等。

3. 按触点类型分类

(1) 有触点电器。有触点电器利用触点的接通和分断来切换电路,如接触器、刀开关、按钮等。

(2) 无触点电器。无触点电器无可分离的触点,主要利用电子元件的开关效应,即导通和截止来实现电路的通、断控制,如接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器、固态继电器等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器。电磁式电器是根据电磁感应原理动作的电器,如接触器、继电器、电磁铁等。

(2) 非电量控制电器。非电量控制电器是依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器,如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、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、调节等。它的工作过程是将一些非电量信号或电量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。低压电器的作用如下。

(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、环境以及人身实行自动保护,如电机的过热保护、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、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整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5)指示作用:利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护掉牌指示等。

(6)转换作用:在用电设备之间转换或使低压电器、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,常见低压电器的主要种类及用途见表 1-1。

表 1-1 低压电器的主要种类及用途

电器名称	主要种类	用 途
配 电 电 器	刀开关	熔断器式刀开关
		开启式负荷开关
		封闭式负荷开关
	转换开关	组合开关
		换向开关
	断路器	万能式断路器
		塑料外壳式断路器
		限流式断路器
		漏电保护断路器
	熔断器	半封闭插入式熔断器
		无填料熔断器
		有填料熔断器
		快速熔断器
		自复熔断器
控 制 电 器	接触器	交流接触器
		直流接触器
	继电器	电流继电器
		电压继电器
		时间继电器
		中间继电器
		热继电器
	启动器	磁力启动器
		减压启动器



续表

电器名称	主要种类	用途
控制电器	控制器	主要用于电气控制设备中转换主回路或励磁回路的接法,以达到电动机启动、换向和调速的目的
	主令电器	主要用于接通和分断控制电路
	电阻器	用于改变电路的电压、电流等参数或变电能为热能
	变阻器	主要用于发电机调压及电动机的减压启动和调速
	电磁铁	用于起重、操纵或牵引机械装置

低压电器是构成控制电路的最基本元件,它们性能的优劣、状态的好坏将直接影响控制电路的正常工作。配电电器的基本要求是灭弧能力强,分断能力好,热稳定性能好,限流准确等。控制电器的基本要求是动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力。

三、低压电器的型号表示方法

低压电器产品有各种各样的结构和用途,不同类型的产品有不同的型号表示方法。低压电器的型号一般由类组代号、设计代号、基本规格代号和辅助规格代号等部分组成,其表示形式和含义如图 1-1 所示。

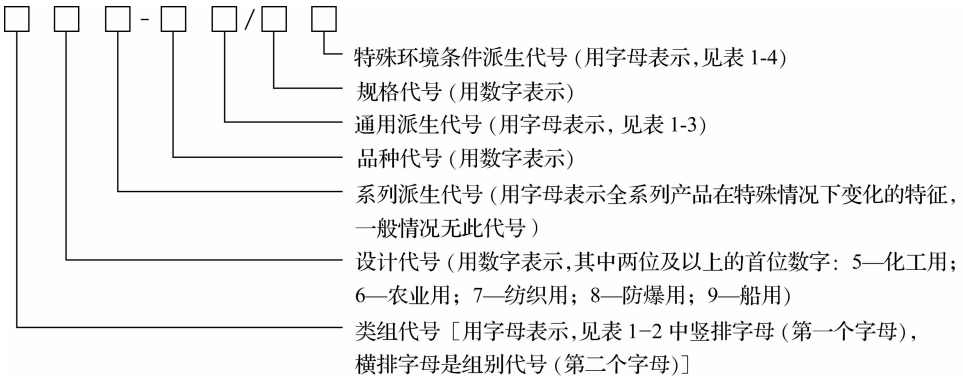


图 1-1 低压电器型号的表示形式及含义

低压电器型号类组代号、通用派生代号和特殊环境条件派生代号见表 1-2~表 1-4。

表 1-2 低压电器型号类组代号

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	
H	刀开关和转换开关				刀开关		封闭式 负荷开关		开启式 负荷开关			
R	熔断器			插入式			汇流排式			螺旋式	密闭 管式	
D	断路器									照明	灭磁	
K	控制器					鼓形						
C	接触器					高压		交流				
Q	启动器	按钮式		磁力				减压				
J	继电器									电流		
L	主令 电器	控制 按钮						接近开关	主令 控制器			
Z	电阻器		板形 元件	冲片 元件	铁铬铝带 形元件	管形 元件						
B	变阻器			旋臂式						励磁		
T	调整器				电压							
M	电磁铁				单相							
A	其他		触电 保护器	插销	信号灯		接线盒			电铃		
代号	名称	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
H	刀开关和转换开关			熔断器式 刀开关	刀形转 换开关					其他	组合 开关	
R	熔断器				快速	有填料 管式				其他	自复	
D	断路器				快速			万能式		其他	塑料 外壳式	
K	控制器	平面				凸轮				其他		
C	接触器	中频				通用				其他	直流	
Q	启动器				手动		油浸		星三角	其他	综合	
J	继电器			热	时间	通用		温度		其他	中间	
L	主令电器				主令 开关	足踏 开关	旋钮	万能转 换开关	行程 开关	其他		
Z	电阻器				烧结 元件	铸铁 元件			电阻器	其他		
B	变阻器	频敏	启动		石墨	启动 调速	油浸 启动	液体 启动	滑线式	其他		
T	调整器											
M	电磁铁		牵引		三相			起重		液压	制动	
A	其他											



表 1-3 低压电器型号的通用派生代号

派生字母	代表意义
A、B、C、D	结构设计稍有改进或变化
J	交流、防溅型、较高通断能力型、节电型
Z	直流、自动复位、防震、重任务、正向、组合式、中性接线柱式
W	无灭弧装置、无极性、失压、外销用
N	可逆、逆向
S	有锁住机构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈、保持式、塑料熔管式
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压的、电动机操作
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	密封式、灭磁、母线式
Q	防尘式、手车式、柜式
L	电流的、折板式、漏电保护、单独安装式
F	高返回、带分励脱扣、多纵缝灭弧结构式、防护盖式
X	限流

表 1-4 低压电器型号的特殊环境条件派生代号

派生字母	代表意义	派生字母	代表意义
T	按临时措施制造	G	高原、高电感、高通断能力
TH	湿热带	H	船用
TA	干热带	F	化工防腐用

注：特殊环境条件派生代号加注在全型号之后。

四、电磁式低压电器

在继电-接触器控制系统中,使用量最大的电气元件是电磁式低压电器。电磁式低压电器的共性是利用电磁原理完成对被控电路的切换、控制、检测、保护和调节,连续或断续地自动改变电路的参数。

电磁式低压电器的种类很多,但其结构及工作原理基本相同。电磁式低压电器主要由作为感测元件的电磁机构和作为执行元件的触点系统两部分组成。感测元件接收外界输入的电压、电流等电量信号,并通过转换、放大、判断做出有规律的反应,使执行元件动作,输出相应的指令,接通或分断电路,实现控制的目的。

1. 电磁机构

电磁机构主要由吸引线圈和铁芯两部分组成。吸引线圈的作用是在电压或电流的作用下产生磁场,使衔铁(动铁芯)在电磁吸力的作用下产生机械位移动作而使铁芯吸合,从而带动触点动作,以实现触点的闭合和断开。静铁芯又称为磁轭,有时简称为铁芯,属于静止部件;衔铁可以相对运动,属于运动部件。电磁机构的主要作用是将电能转换成磁能,从而通

过吸力变化带动触点动作,实现对电路或非电对象的保护和控制等功能。

1) 电磁机构的分类

(1)按动铁芯运动方式的不同,电磁机构可分为直动式电磁机构和拍合式电磁机构两类。其常用的结构形式如图 1-2 所示,分为如下几类。

①衔铁绕棱角转动。如图 1-2(a)所示,衔铁绕铁轭的棱角转动,磨损较小。铁芯采用软铁,适用于直流接触器、继电器。

②衔铁绕轴转动。如图 1-2(b)所示,衔铁绕轴转动,用于交流接触器。铁芯用硅钢片叠压制成。

③衔铁直线运动。如图 1-2(c)所示,衔铁在线圈内做直线运动,多用于交流接触器中。

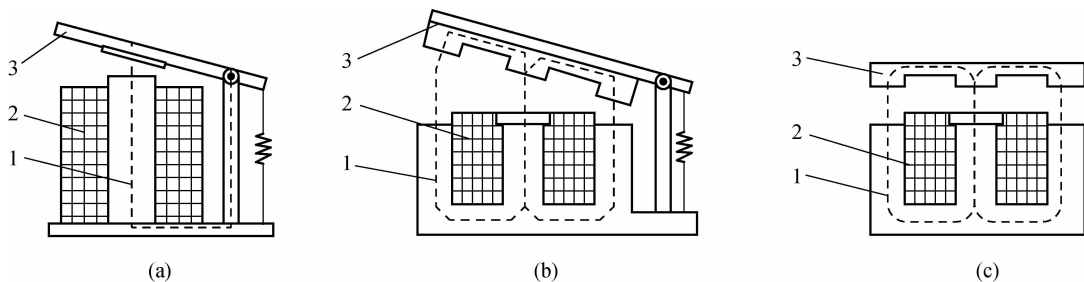


图 1-2 直动式电磁机构和拍合式电磁机构常用的结构形式

1—铁芯; 2—线圈; 3—衔铁

(2)按线圈接入电路的种类不同,电磁机构可分为直流电磁机构和交流电磁机构。

①直流电磁机构。电磁机构的线圈接入直流电路,因为直流电产生的磁场为恒定不变的直流磁场,其铁芯不会发热,所以直流电磁机构的铁芯是由整块软钢制成的。当直流电磁机构接入交流电路时,将会因交流电的交变磁场在铁芯中引起大量磁滞损耗及涡流损耗,从而导致铁芯严重发热而烧毁。因此,具有直流电磁机构的控制线圈必须接入直流电路。

②交流电磁机构。电磁机构的线圈接入交流电路,因为交流电产生的磁场为随时间变化的交流磁场,故其铁芯存在磁滞损耗及涡流损耗,导致铁芯发热。为了减少铁芯发热,交流电磁机构的铁芯由硅钢片叠压制成。

(3)按线圈接入电路的方式不同,电磁机构可分为串联电磁机构和并联电磁机构两种,如图 1-3 所示。

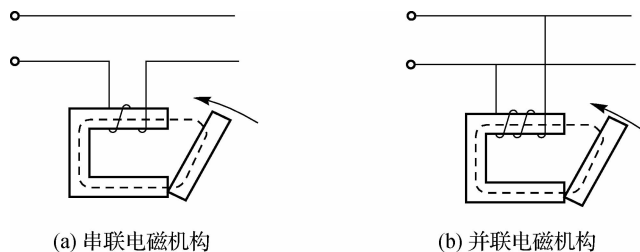


图 1-3 串联电磁机构和并联电磁机构

①串联电磁机构。电磁线圈串联接入电路,感测线路电流,电磁机构的衔铁动作与否取决于线圈中电流的大小。以串联方式接入电路的线圈又称为电流线圈,具有这种电磁机构的电



器都属于电流型电器,它一般只用于电流继电器或控制电器的电流线圈。在串联电磁机构中,为了不影响电路中负载的端电压和电流值,要求串联电磁机构的线圈内阻很小。因此,串联电磁机构的线圈导线的截面积均较大,线圈匝数少,常由扁铜条带或粗铜线绕制而成。

②并联电磁机构。电磁线圈并联接入电路,感测线路电压,电磁机构的衔铁动作与否取决于线圈两端电压的大小。以并联方式接入电路的线圈又称为电压线圈,具有这种电磁机构的电器都属于电压型电器。工程上使用的绝大部分继电器、接触器都是电压型电器。在并联电磁机构中,通常为减小其线圈的分流作用,降低对原电路的影响,需要增大阻抗。所以,并联电磁机构的线圈导线常选用绝缘性能良好的电磁线绕制,而且要求线径较小,匝数较多。

2) 电磁机构的特性

电磁机构工作时,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其拉回原位。因此,作用在衔铁上的力有两个: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点产生。铁芯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)。因此,电磁吸力是决定电磁机构能否可靠工作的一个重要参数。

当电磁机构的气隙较小、磁通分布比较均匀时,电磁吸力 F 可近似地由下式求得。

$$F = \frac{1}{2\mu_0} B^2 S$$

式中, F 为电磁吸力,单位为 N; μ_0 为真空磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$; B 为气隙磁感应强度,单位为 T; S 为气隙截面积,单位为 m^2 。

由上式可知,当 S 为常数时, F 与 B^2 成正比。因为 $\Phi = BS$,故有

$$F \propto \Phi^2$$

电磁机构的工作情况常用吸力特性与反力特性来表征。电磁机构的吸力与气隙的关系称为吸力特性,它随励磁电流种类(交流或直流)、线圈连接方式(串联或并联)的不同而有所差异。电磁机构运动部分的静阻力与气隙的关系称为反力特性,阻力的大小与作用弹簧、摩擦阻力及衔铁质量有关。下面分析吸力特性、反力特性及两者的配合关系。

(1) 直流电磁机构的吸力特性。对于具有电压线圈的直流电磁机构,因为外加电压和线圈电阻不变,故流过线圈的电流为常数,与磁路的气隙 δ 大小无关。根据磁路定律

$$\Phi = \frac{IN}{R_m} = \frac{IN}{\delta/(\mu_0 S)} = \frac{IN\mu_0 S}{\delta}$$

则

$$F \propto B^2 \propto \Phi^2 \propto \frac{1}{\delta^2}$$

即直流电磁机构的吸力与气隙的平方成反比,故吸力特性为二次曲线形状,如图 1-4 所示。它表明衔铁闭合前后吸力变化很大,气隙越小吸力越大。但衔铁吸合前后吸引线圈的励磁电流不变,故直流电磁机构适用于运动频繁的场合,且衔铁吸合后电磁吸力较大,工作可靠。

(2) 交流电磁机构的吸力特性。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。交流电磁机构多与电路并联使用,当外加电压 U 及频率 f 为常数时,交流电磁机构的线圈的阻抗主要决定于线圈的电抗,电阻可忽略,电阻压降也可忽略,则

$$U \approx E = 4.44 f \Phi N$$

即

$$\Phi = \frac{U}{4.44fN}$$

式中, U 为线圈电压, 单位为 V; E 为线圈感应电动势, 单位为 V; f 为线圈电压的频率, 单位为 Hz; N 为线圈匝数; Φ 为气隙磁通, 单位为 Wb。

当频率 f 、线圈匝数 N 和线圈电压 U 均为常数时, 磁通 Φ 为常数, 可知电磁吸力 F 亦为常数, 说明电磁吸力 F 与气隙 δ 的大小无关。实际上由于漏磁通的存在, F 随着 δ 的减小略有增加。当气隙 δ 变化时, 线圈的阻抗会跟着变化, 则线圈的电流 I 也会跟着变化。若忽略线圈电阻, 则可近似地认为 I 与 δ 呈线性关系。图 1-5 所示为 $F=f(\delta)$ 与 $I=f(\delta)$ 的关系曲线。

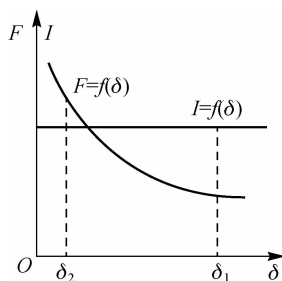


图 1-4 直流电磁机构的吸力特性

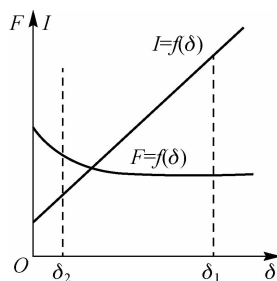


图 1-5 交流电磁机构的吸力特性

从上述结论还可以看出: 对于一般的交流电磁机构, 在线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间, 电流将达到吸合后额定电流的几倍甚至十几倍。如果衔铁卡住不能吸合, 或者频繁开合动作, 就可能烧毁线圈。这就是对于可靠性高或频繁动作的控制系统采用直流电磁机构, 而不采用交流电磁机构的原因。

(3) 吸力特性与反力特性的配合。图 1-6 中, 曲线 1 和曲线 2 分别表示直流与交流电磁机构的吸力特性, 曲线 3 为反力特性曲线, 由于弹簧的作用力与其长度呈线性关系, 因此反力特性曲线为直线段。在 $\delta_1 \sim \delta_2$ 的区域内, 反力随气隙减小略有增大, 如 ab 所示; 到达 δ_2 位置时, 动触点开始与静触点接触, 由于触点弹簧预先被压缩了一段, 因而当动、静触点刚刚接触时, 由触点弹簧产生一个压力, 称为初压力, 此时初压力作用到衔铁上, 反力骤增, 反力特性突变, 如 bc 所示, 这一段为触点弹簧的初压力; 其后在 $\delta_2 \sim O$ 的区域内, 气隙越小, 触点压得越紧, 反力越大, 线段较 $\delta_1 \sim \delta_2$ 段陡, 如 cd 所示。

为了使电磁机构能正常工作, 在整个吸合过程中, 吸力必须始终大于反力, 即吸力特性始终处于反力特性的上方。吸力不能过大或过小: 吸力过大, 动、静触点接触时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的配合。

(4) 短路环。对于单相交流电磁机构, 由于磁通是交变的, 当磁通过零时吸力也为零, 吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下被拉开。磁通过零后吸力增大, 当吸力大于反力时, 衔铁又吸合。所以电源电压变化一个周期, 衔铁吸合两次, 对于频率为 50 Hz 的交流电源来讲, 在 1



s 内衔铁可吸合 100 次,从而使动铁芯剧烈振动并产生噪声,又会使铁芯接触处产生磨损,缩短衔铁的使用寿命。因此,必须采取有效措施消除动铁芯的振动。解决的方法是在铁芯的端面上开一个小槽,在槽内嵌入铜质短路环(或称分磁环),如图 1-7 所示。

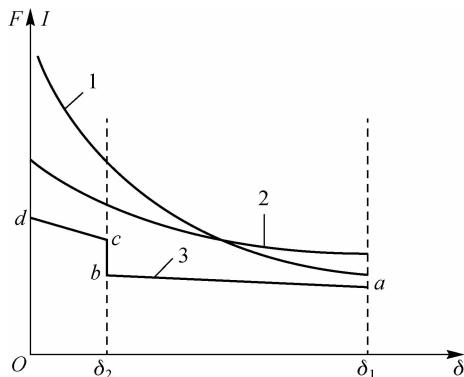


图 1-6 吸力特性和反力特性

1—直流电磁机构的吸力特性; 2—交流电磁机构的吸力特性; 3—反力特性

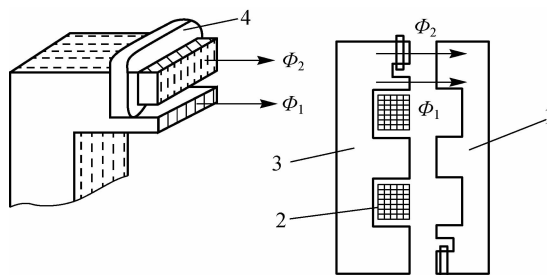


图 1-7 交流电磁机构的短路环

1—衔铁; 2—线圈; 3—铁芯; 4—短路环

加上短路环后,磁通被分为大小相近、相位相差约为 90° 电度角的两相磁通 Φ_1 和 Φ_2 。当磁极的主磁通发生变化时,短路环中产生感应电流和磁通 Φ_2 ,阻碍主磁通的变化,因而磁极各部分的磁力不会同时降为零。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较为平坦,电磁机构通电期间产生的电磁吸力会始终大于弹簧反力,使铁芯牢牢吸合,从而消除动铁芯的振动和噪声。一般短路环包围 $2/3$ 的铁芯端面。

2. 触点系统

触点系统是电磁式低压电器的执行元件,用于接通和分断被控制的电路。因此,触点能否正常工作,将直接影响整个低压电器的工作性能。

1) 触点的分类

触点的分类方法很多,其按是否动作可分为静触点和动触点。静触点固定不动,动触点可以滑动或移动,两者成对配置。

触点按初始状态可分为常开触点和常闭触点。常开触点指电磁机构未动作之前处于断开状态的触点,常闭触点指电磁机构未动作之前处于闭合状态的触点。

根据在线路中接入的位置及作用触点可分为主触点和辅助触点。主触点接在主电路中,通常为常开触点,一般用于接通或分断较大的电流,常接于电动机的启动、制动及调速主电路,电磁制动器、电热设备的主电路及供配电电源回路中;辅助触点接在控制电路中,有常开和常闭两种形式,用于通断较小的电流,实现控制电路中的各种联锁关系及通断信号回路。

2) 触点的接触形式

在闭合状态下,动、静触点完全接触,保证有工作电流通过时导体间的联系,这种接触称为电接触。电接触的状况将直接影响触点的工作可靠性和使用寿命。

触点的接触形式很多,常用的有点接触、线接触和面接触三种,如图 1-8 所示。其中,点接触指两个导体相互接触处为一个点状的电接触,它一般由一个半球形触点与另一个半球形触点或一个平面形触点构成,这种触点在单位面积上承受的压力较大,适用于小电流的低

压电器,如继电器等;线接触指两个导体相互接触处为线状的电接触,这种电接触的触点常做成指形结构,适用于通断频繁、电流大的场合;面接触指两个导体互相接触处为面状的电接触,这种电接触的触点一般在接触表面镶有合金,以提高触点的耐磨性,适用于电流较大的场合。

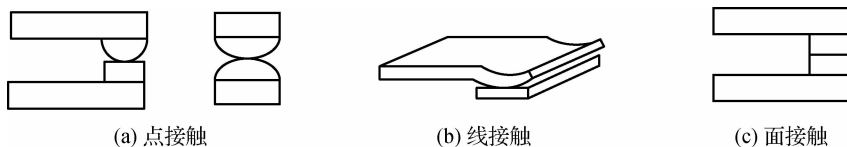


图 1-8 触点的接触形式

3) 接触电阻

众所周知,即使金属表面加工得十分光洁,在显微镜下仍可以观察到金属表面凹凸不平的现象。因此,当动、静触点闭合时,金属表面不可能完全紧密接触,而只是一些凸起点在有效接触,起着承载电流的作用,从而在接触部位形成了呈收缩状的电流线,使有效导电面积变得很小,触点接触处的电阻变得很大。这种主要由于电流收缩增加的电阻称为收缩电阻。另外,由于金属表面在空气中的氧化和硫化,触点表面形成一些导电性很差的金属膜或非金属覆盖层,这些覆盖层也增大了触点接触处的电阻,这种电阻称为膜电阻。这样,在动、静触点接触处就形成了由收缩电阻和膜电阻构成的电阻,它比金属本身的固有电阻大很多,称为接触电阻。接触电阻的产生,会使电流流过触点时产生一定的电压损失,还会使触点发热,严重时甚至会形成熔焊,甚至发生电气系统故障。所以,接触电阻是有害的,但也是无法消除的,应采取有效措施尽量减小接触电阻。

影响接触电阻的主要因素如下。

(1) 接触压力。金属触点受到压力后,会产生弹性或塑性变形。因此,增加接触压力,可使触点接触处的凸起点发生变形,结果会使接触面积增大,接触电阻减小。实际中多采用在动触点上加装弹簧的方法来增加接触压力。

(2) 接触形式。从表面看,似乎面接触的接触电阻比点接触的小,其实不然。因为采用面接触时如果接触压力很小,反而由于接触点较多,而使分配到每个接触点上的压力更小,以致接触电阻明显增大,影响触点系统的性能。因此,对于接触压力较小的继电器和小容量电器的触点多采用点接触形式,而对于容量较大电器的触点多采用线接触或面接触形式。

(3) 触点材料。触点材料是决定电器触点性能的重要因素,材料的电阻系数越小,接触电阻也越小。另外,材料的屈服强度越小,越容易产生塑性变形,接触电阻也越小。触点材料应具有耐磨和抗氧化等性能。所以,通常采用铜、银、镍及其合金材料来制造触点。其中银的电阻系数最小,但价格高。因此,对于特殊用途的低压电器(如微型继电器等),其触点常采用银质材料制作,而普通低压电器常在铜基触点上镀银或嵌银,以改善金属材料性能,减小接触电阻。

(4) 触点表面状况。由于触点表面越粗糙,越容易吸附尘垢和形成氧化膜,因此接触电阻越大,触点温度越高。而触点温度升高反过来又会加速金属表面的氧化,严重时还会使触点之间形成绝缘层甚至导致断路。因此,为了减小接触电阻,一般要求触点表面粗糙度很低,即 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$,其中 Ra 为算术平均粗糙度。对于大、中容量电器,可采用具有滑动作用的指形触点,以便在每次闭合过程中都可以磨去氧化膜,从而保证金属表面清洁,增强触点



的导电性。此外,由于银的氧化物的电阻系数仅略大于纯银,价格又低,因此小容量电器的触点材料表面宜镀银。应定期用无水乙醇或四氯化碳擦拭触点表面的尘埃和被电弧烧灼形成的烟熏物,切忌用砂纸或锉刀打磨,以免加快触点的磨损速度。

3. 灭弧系统

对于低压断路器、接触器等通断大电流的电磁式低压电器,由于产生电弧的问题突出,因此一般要配置灭弧系统。

1) 电弧的产生及危害

当带负载的电路被开关电器切断时,由于触点在分离瞬间间隙很小,电路电压几乎全部加在触点之间,从而在触点间形成很强的电场。此时,处在负极的自由电子会逸出到气隙中,并在电压的作用下高速向正极运动,在运动途中与空气分子相撞,使空气发生电离现象而产生新的电子和离子。这些新的电子和离子,又被加速去撞击其他空气分子,重新产生电离现象,这种连锁反应使气隙中自由电子的数量剧增,空气开始导电,在两触点间出现大量电子流并产生高温和强光,即产生了电弧。实践经验表明,当触点所切断的电路电压在 $10\sim 20\text{ V}$ 、电流在 $80\sim 100\text{ mA}$ 时,触点间即可产生电弧。

电弧是一种明亮的气体放电现象,弧柱温度可达 $4\ 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,这样的高温足以使任何金属触点在瞬间熔化蒸发,烧毁触点及附近的其他部件;若电弧长久不能熄灭,电流通过电弧继续流通,必然破坏开关设备,引起电气设备的损坏,如果长时间不能切除故障部分,还将危及整个系统的安全供电,造成生命财产的重大损失。因此,必须采取有效措施,迅速将电弧熄灭,以保证开关电器的正常工作。

2) 灭弧方法

触点在分断过程中,由于电离作用会产生电弧。而与此同时,在弧隙中游离的电子和离子在相遇时会结合,重新形成中性的气体分子,即出现消电离现象而减弱电离过程。因此,电离和消电离是同时存在的,当电离速度大于消电离速度时,电弧会持续燃烧;反之,电弧会熄灭。基于这一原理,常用的灭弧方法如下。

(1) 电动力灭弧。当触点打开时,在断口中产生两个彼此串联的电弧,根据左手定则,电弧电流要受到一个指向外侧的力 F 的作用,该力使其向外运动并拉长,在这个过程中电弧受到空气冷却而很快熄灭,如图 1-9 所示。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器等交流电器中。

(2) 栅片灭弧。灭弧栅由多个镀铜薄钢片组成,彼此之间互相绝缘,片间距离为 $2\sim 3\text{ mm}$,这些金属片称为栅片,安放在触点上方的灭弧罩内,如图 1-10 所示。当电弧进入栅片时被分割成一段段串联的短弧,而栅片就是这些短弧的电极,它能导出电弧的热量。由于电弧被分割成许多段,每个栅片相当于一个电极,有许多个阳极压降和阴极压降,有利于电弧的熄灭。此外,栅片还能吸收电弧热量,使电弧迅速冷却,因此电弧进入栅片后就会很快熄灭。

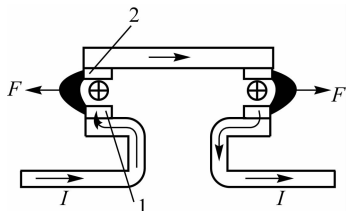


图 1-9 电动力灭弧

1—静触点; 2—动触点

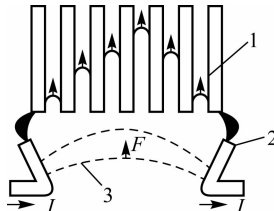


图 1-10 栅片灭弧

1—灭弧栅片; 2—触点; 3—电弧

(3)磁吹灭弧。如图 1-11 所示,在触点电路中串入一个具有铁芯的吹弧线圈 1,当电流通过吹弧线圈时,它产生的磁通通过导磁夹板 5 引向周围,其方向如图中“ $\times$ ”所示。产生的电弧可看成一个载流导体,电流由静触点流向动触点。触点间电弧所产生的磁场,在上下两侧的磁通方向如图中“ $\odot$ ”和“ $\oplus$ ”所示。这两个磁场在弧柱下侧方向相同,即是相加的;而在弧柱上侧方向相反,是彼此消减的。所以,弧柱下侧的磁场强于上侧的磁场,这就产生了一个向上运动的作用力 F ,电弧在 F 的作用下被吹离触点,经引弧角进入灭弧罩,电弧因被拉长和冷却而很快熄灭。

磁吹灭弧装置由于是利用电弧电流本身灭弧,电弧电流越大,吹弧能力越强,因而被广泛用于交直流接触器等灭弧装置中。其缺点是不适用于小容量低压电器的灭弧系统。

(4)窄缝灭弧。这种灭弧方法是利用灭弧罩的窄缝来实现的。灭弧罩内有一个或数个纵缝,缝的下部宽上部窄,如图 1-12 所示。当触点断开时,电弧在电动力的作用下进入缝内,窄缝将电弧分成若干小的电弧;同时可将电弧直径压缩,使电弧与缝紧密接触,加强冷却作用,使电弧熄灭加快。灭弧罩通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。

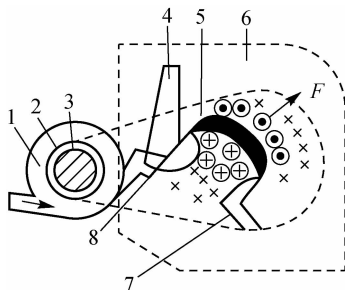


图 1-11 磁吹灭弧

1—吹弧线圈；2—绝缘套；3—铁芯；4—引弧角；5—导磁夹板；
6—灭弧罩；7—动触点；8—静触点

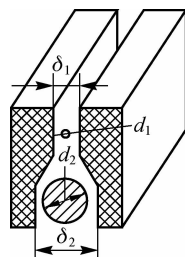


图 1-12 窄缝灭弧

以上介绍了四种灭弧方式,实际中为加强灭弧效果,往往同时采用两种或多种灭弧方法。



任务实施

电磁式低压电器触点和电磁机构的常见故障及维修。

一、所需的工具、材料

- (1)工具:尖嘴钳、螺钉旋具。
- (2)仪表:数字万用表 1 只。
- (3)器材:带故障的交流接触器 1 个。
- (4)导线若干。

二、实训内容和步骤

1. 故障判断及解决方法

通过万用表检测或带电运行交流接触器,根据下述内容判断交流接触器的故障部位及



故障类型,并给出解决方法。

1) 触点的故障判断及解决方法

触点是电磁式低压电器的主要部件,其常见故障有触点过热、触点磨损和触点烧毛或熔焊等。

(1) 触点过热。触点过热是指工作触点的发热量使其超过了额定温度,触点过热的原因及处理方法如下。

① 由触点压力不足造成的过热要调整触点压力,一般需要更换弹簧压力机构。

② 由触点接触不良、触点表面有油污、不平或触点表面氧化造成的过热,应对触点进行清理,可使用汽油或刀具清除。

③ 由操作频率过高或工作电流过大造成的过热,首先检查电源电压是否在规定电压范围,负荷是否过载,再根据需要调换容量较大的电器。

④ 由环境温度或使用于密闭环境中造成的过热,要更换容量大的电器或降容使用。

(2) 触点磨损。触点在使用过程中,其厚度越用越薄,这就是触点磨损。触点磨损有两种:一种是电磨损,其是由于触点间电弧或电火花的高温使触点金属汽化和蒸发;另一种是机械磨损,其是由于触点闭合时的撞击及触点接触面的相对滑动摩擦。当触点磨损到一定程度时应更换。造成过度磨损的原因及排除方法如下。

① 由三相触点不同步造成的过度磨损,可通过调整使之同步并更换触点。

② 由负载侧短路造成的过度磨损,需要排除短路故障。

③ 由设备选用时超程太小、容量时有不足造成的过度磨损,设备要更换成容量大的。

(3) 触点烧毛或熔焊。触点在分断时产生电弧,在电弧的作用下,在触点表面形成许多凸出的小点,而后小点面积扩大,这就是烧毛。对于触点烧毛,应用整形锉整修。

动、静触点接触面熔化后被焊在一起而断不开的现象,称为触点熔焊。发生触点熔焊的原因及排除方法如下。

① 由操作频率过高或过负荷使用造成的,要按使用条件重新选用设备。

② 由触点压力过小造成的,要调整弹簧压力或更换新的压力机构。

③ 由触点表面有金属异物造成的,要更换新的触点。

④ 由操作回路电压过低或触点被卡阻在刚接触位置上造成的,要提高操作电压,排除卡阻现象。

2) 电磁机构的故障判断及解决方法

电磁机构是低压电器的重要组成部分,起能量转换和操作运动的作用,常见的故障有噪声较大、衔铁吸不上或吸力不足、衔铁不释放或释放缓慢、线圈过热或烧损等。

(1) 噪声较大。造成噪声较大的原因及解决方法如下。

① 电源电压低造成的,要提高电源电压。

② 衔铁与铁芯接触而粘有油污、灰尘或铁芯生锈造成的,要清理接触面。

③ 铁芯接触面磨损过度不平造成的,要更换铁芯。

④ 零件歪斜或发生机械卡阻造成的,要调整或重新整理、安排有关零件。

⑤ 触点压力过大造成的,要调整触点弹簧压力机构。

⑥ 短路环损坏引起的,应更换铁芯或短路环。

(2) 衔铁吸不上或吸力不足。电源接通后,出现衔铁吸不上或吸力不足的原因及解决方法如下。

① 操作回路电源电压过低,或发生断线,线圈进出线脱落及接线错误等造成的,要增大电源电压,整理线路。

② 电源电压过低或波动过大,或可动部分有卡阻现象,或转轴生锈、歪斜等造成的,要调整电源电压、清除可动部件的故障。

③ 触点压力过大或超程过大造成的,要调整或更换压力机构。

(3) 衔铁不释放或释放缓慢。电源断开后衔铁不释放或释放缓慢的原因及解决方法如下。

① 触点弹簧压力过小造成的,要调整或更换压力机构。

② 触点被熔焊造成的,要查找熔焊原因并更换触点。

③ 可动部件被卡阻或转轴生锈、歪斜造成的,要调整有关部件或更换转轴。

④ 铁芯端面有油污或端面之间的气隙消失造成的,要清洗端面或更换、修理铁芯。

⑤ 反力弹簧损坏造成的,要更换弹簧或整个反力机构。

(4) 线圈过热或烧损。线圈在运行过程中出现过热或烧损的原因及故障排除方法如下。

① 线圈电压过高或过低造成的,要调整电源电压或线圈电压。

② 操作频率过高或线圈参数不符合要求造成的,须更换线圈或按使用条件选用设备。

③ 铁芯端面不平使铁和铁芯吸合时有间隙造成的,要修理或更换铁芯。

④ 线圈绝缘老化出现匝间短路或局部对地短路造成的,要更换新的线圈。

2. 故障检修

根据上述检修方法对查出的故障进行排除。

3. 校验

对检修后的交流接触器通电运行,确保其运转正常。

三、注意事项

(1) 拆卸时,应备有盛放零件的容器,以防零件丢失。

(2) 拆卸过程中,不允许硬撬,以防损坏电器。

(3) 耐心、认真地检查故障。

(4) 带电运行交流接触器时应注意用电安全。

四、评分标准

序 号	评价指标	分 值	评分标准	扣 分	得 分
1	故障判断	20	(1) 每少判断一个故障点,扣 5 分; (2) 故障类型判断错误,扣 5 分		
2	拆卸与装配	15	(1) 拆卸步骤及方法不正确,扣 3 分; (2) 丢失零部件,每个扣 5 分; (3) 拆卸后不能装配好,扣 5 分; (4) 损坏零部件,扣 5 分		



续表

序 号	评价指标	分 值	评分标准	扣 分	得 分
3	检修	20	(1)未进行检修或检修无效果,扣 20 分; (2)检修步骤、方法不正确,每处扣 5 分; (3)扩大故障(能修复),扣 10 分; (4)扩大故障(不能修复),扣 20 分		
4	校验	15	(1)不能进行通电校验,扣 15 分; (2)校验方法不正确,扣 5~10 分; (3)校验结果不正确,扣 5~10 分		
5	团结协作	10	小组成员分工协作不明确、不能积极参与,扣 10 分		
6	安全操作	10	违反安全文明生产规程,扣 5~10 分		
7	回答问题	10	回答问题不正确,扣 10 分		

任务拓展

触点电磨损

由于遭受机械、化学、热和电等一系列的破坏作用,触点变形或烧损的现象,称为触点磨损。触点磨损分为机械磨损、化学磨损(侵蚀)和电磨损(烧伤和喷溅)三种类型,此处主要介绍触点电磨损。

1. 触点电磨损的概念

触点材料在工作中的转移或损失称为触点电磨损。触点在分断过程中,由于存在触点间金属的转移、液态金属的溅射及金属蒸气的扩散等现象,其表面逐步损坏,接触面变得凹凸不平或出现深坑、凸起、变形、龟裂等触点材料转移或损失现象。

触点电磨损发展到一定程度,触点的工作性能将得不到保证,因此触点电磨损将直接导致触点和整个电器的使用期限缩短。

2. 触点电磨损的形式

触点电磨损有桥磨损和电弧磨损两种形式。

1) 桥磨损

当分断触点时,最后分断点的电流密度可高达 $10^7 \sim 10^{12} \text{ A/m}^2$ 。此时,该点及其附近的触点表面金属材料将熔化,并在动触点继续分离时形成液态金属桥,如图 1-13(a)所示。

若触点继续分开,金属桥就被拉细直至断裂。结果是在一边触点的表面形成一根针刺,而在另一边触点表面形成一个凹坑,如图 1-13(b)所示。

液态金属桥断裂使触点材料从一极向另一极转移的现象称为桥磨损或桥转移。一些高灵敏继电器的触点在工作时常常被桥磨损形成的针刺和凹坑“卡住”而影响其可靠性。

由于卡住现象主要取决于针刺的高度,因此可以采取以下方法阻止针刺的生长。

(1)在触点回路中附加电流回路使触点工作在零转移电流下。

(2)触点采用高温时易氧化的金属或合金材料制作,当桥折断后残桩氧化,触点下次闭合时残桩绝缘,迫使电流由其他接触点通过。

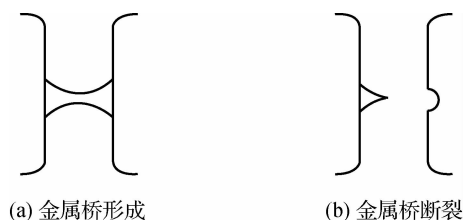


图 1-13 金属桥磨损

(3)在触点基底金属表面镀一层金属,以限制针刺的高度。

(4)用两种金属的触点组成“补偿触点对”,使桥液温度分布接近对称,减小桥体积。

2) 电弧磨损

触点电弧磨损有两种不同的机理。

(1)触点在断开瞬间,作用于触点间的电压较高(如大于 300 V),但通过的电流小于维持电弧放电的最小电流,则触点间不会出现电弧而会产生火花放电,这时带电粒子在电场的作用下轰击电极,使表面材料蒸发损失。

(2)触点断开一般先出现液态金属桥,若电路的电压和电流大于维持电弧的最小值,则当金属桥拉断后会出现电弧,电弧两极斑点的电流密度大且温度高,不仅使弧根附近的触点材料大量汽化,而且熔化的金属在电动力吹弧和强烈的金属蒸气热浪的冲击作用下,把液态金属从触点表面吹出,向周围飞溅造成触点材料的损失。

为了减少电弧磨损,触点一般选择熔点和液化点高的材料,如钨、钼及其合金。

各种磨损使触点接触面变形和材料质量转移,从而引起触点参数发生变化,严重地破坏了电器的正常工作状态。合理地选用触点材料和采用先进的触点制造工艺,可以提高触点的抗磨损性能,并增强其工作的可靠性。

问题与思考

问题一 电磁式低压电器由哪几部分组成? 说明各部分的作用。

思考并回答:

问题二 单向交流电磁机构短路环断裂或脱落后,工作中会出现什么故障? 为什么?

思考并回答:



任务二

熔断器的认知与检修



任务要求

根据所给的熔断器实物,能正确识别其种类及型号,并对其进行拆卸、组装练习,掌握其结构和检修方法,同时能正确地更换熔体。



知识储备

熔断器是一种当电流超过规定值一定时间后,以它本身产生的热量使熔体熔化而分断电路的电器,广泛应用于低压配电系统和控制系统及用电设备中作短路与过电流保护。

熔断器实际上是一种利用热效应工作的保护电器,它通常串联在被保护的电路中。当电路为正常负载电流时,熔体的温度较低;而当电路中发生短路或严重过电流时,通过熔体的电流随之增大,熔体开始发热。当电流达到或超过某一定值时,熔体的温度将升高到熔点,熔体便自行熔断,分断故障电路,从而确保了整个电路和设备的安全。熔断器互相配合或与其他开关电器配合,在一定短路电流范围内可满足选择性保护要求。熔断器与其他开关电器组合可构成各种熔断器式组合电器,如熔断器式隔离器、熔断器式刀开关、隔离器熔断器组和负荷开关等。

电气设备的电流保护有两种形式:过载延时保护和短路瞬时保护。过载一般是指 10 倍额定电流以下的过电流,短路则是指 10 倍额定电流以上的过电流。熔断器对过载反应是很不灵敏的,当系统的电气设备发生轻度过载时,熔断器持续很长时间才熔断,有时甚至不熔断。因此,熔断器一般不宜用作过载保护,而主要用作短路保护。

一、熔断器的结构及分类

熔断器一般由熔断管(或座)、熔体、填料及导电部件等部分组成。其中,熔断管一般由硬质纤维或瓷质绝缘材料制成封闭或半封闭式管状外壳,熔体装于其内,有利于熔体熔断时熄灭电弧;熔体由金属材料制成不同的丝状、带状、片状或笼状,其材料分为低熔点材料和高熔点材料两大类。目前,常用的低熔点材料有锡铅合金、锡铅合金、锌等,高熔点材料有铜、银和铝等。铝比银的熔点低,而比铅、锌的熔点高。铜的熔点最高为 $1\ 083\ ^\circ\text{C}$,而锡的熔点最低为 $232\ ^\circ\text{C}$ 。填料是熔断器中的关键材料,目前广泛应用的填料是石英砂,它主要有两个作用,即作为灭弧介质和帮助熔体散热,从而有助于提高熔断器的限流能力和分断能力。

熔断器按结构形式可分为瓷插式熔断器、螺旋式熔断器、无填料封闭管式熔断器、有填料封闭管式熔断器、快速熔断器和自复式熔断器等。

二、熔断器的型号及主要参数

常用熔断器的型号含义如图 1-14(a)所示,其符号如图 1-14(b)所示。

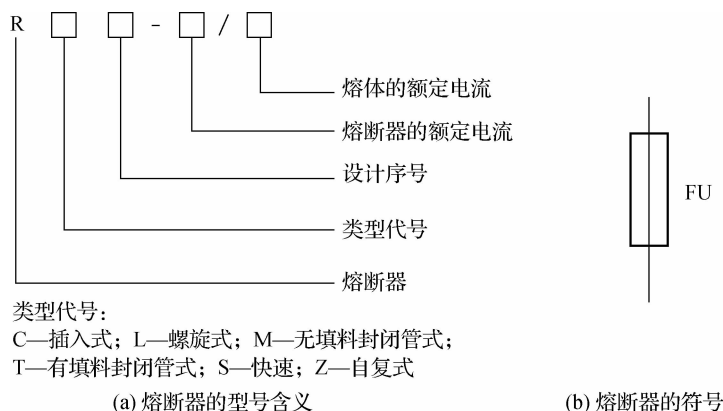


图 1-14 熔断器的型号含义及符号

熔断器的主要技术参数如下。

(1)额定电压。熔断器的额定电压是指熔断器长期工作时和分断后能够承受的电压,它取决于线路的额定电压,其值一般应等于或大于电气设备的额定电压。

(2)额定电流。熔断器的额定电流 I_{ge} 表示熔断器的规格,是指熔断器长期工作时各部件温升不超过规定值时所能承受的电流;熔体的额定电流 I_{Te} 表示熔体在正常工作时不熔断的工作电流。需要说明的是,熔断器的额定电流与熔体的额定电流不是一个概念。熔断器的额定电流等级比较少,而熔体的额定电流等级比较多,即在一个额定电流等级的熔断管内可以分装不同额定电流等级的熔体,但熔体的额定电流最大不超过熔断管的额定电流。

(3)极限分断能力。极限分断能力 I_d 是指熔断器在规定的额定电压和功率因数(或时间常数)的条件下,能分断的最大短路电流值。在电路中出现的最大电流值一般是指短路电流值。所以,极限分断能力也反映了熔断器分断短路电流的能力。

(4)保护特性。熔断器的保护特性(又称安秒特性)是指熔体的熔化电流与熔断时间的关系(熔断时间为熔化时间与燃弧时间之和),这一关系与熔体的材料和结构有关,其特性曲线是反时限的,即电流越大,熔断时间越短,如图 1-15 所示。

在保护特性曲线中,有一条熔断电流与不熔断电流的分界线,与其相对应的电流称为最小熔化电流,用 I_r 表示。当通过熔体的电流等于或大于这个电流值时,熔体就会熔断;而当通过熔体的电流小于 I_r 时,熔体则不会熔断。因此,根据对熔断器的要求,熔体在额定电流 I_{Te} 时绝对不应熔断。最小熔化电流 I_r 与熔体的额定电流 I_{Te} 之比称为熔断器的最小熔化系数,一般用 K_r 表示,它是表征熔断器保护小倍数过载时灵敏度的指标。从过载保

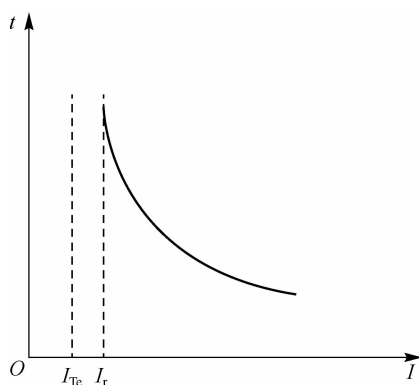


图 1-15 熔断器的保护特性曲线



护观点来看, K_r 越小, 对小倍数过载保护越有利。但 K_r 也不宜太小, 如果 K_r 接近 1, 不仅会使熔体在额定电流下的工作温度过高, 还有可能因为保护特性本身的误差而发生熔体在额定电流下熔断的现象, 最终会影响熔断器工作的可靠性。因此, 常用熔体的最小熔化系数 K_r 大于 1.25, 即额定电流为 10 A 的熔体在电流为 12.5 A 以下时不会熔断。熔化电流与熔断时间的关系见表 1-5。

表 1-5 熔化电流与熔断时间的关系

熔化电流 I_r/A	$1.25I_{Te}$	$1.6I_{Te}$	$2.0I_{Te}$	$2.5I_{Te}$	$3.0I_{Te}$	$4.0I_{Te}$	$8.0I_{Te}$	$10.0I_{Te}$
熔断时间 t/s	∞	3 600	40	8	4.5	2.5	1	0.4

三、常用熔断器

目前, 在供配电系统中常用的低压熔断器有如下几种。

1. 瓷插式熔断器

瓷插式熔断器又称插入式熔断器, 指熔体(熔丝)靠导电插件插入底座的熔断器。它具有结构简单、价格低廉、更换熔体方便等优点, 被广泛用于照明电路中和小容量电动机的短路保护场景中。

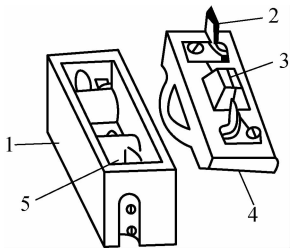


图 1-16 RC1A 系列插入式熔断器

1—瓷座; 2—动触点; 3—熔丝; 4—瓷盖; 5—静触点

常用的插入式熔断器主要是 RC1A 系列产品, 它由瓷盖、瓷座、动触点、静触点和熔丝等组成, 如图 1-16 所示。其中, 瓷盖和瓷座由电工陶瓷制成, 电源线和负载线分别接在瓷座两端的静触点上。瓷座中间有一个空腔, 它与瓷盖的凸起部分构成灭弧室。插入式熔断器的接触形式为面接触, 由于这种熔断器只有在瓷盖拔出后才能更换熔体, 而且对于额定电流为 60 A 及以上的熔断器, 在灭弧室中还垫有帮助灭弧的编织石棉, 因此比较安全。

RC1A 系列插入式熔断器主要用于交流频率 50 Hz、额定电压 380 V 及以下、额定电流 200 A 的线路末端, 在供配电系统中作为电缆、导线及电气设备(如电动机、负荷开关等)的短路保护设备。RC1A 系列插入式熔断器的分断能力较低, 一般在 3 000 A 以下, 保护特性较差, 但由于其价格低廉、操作简单、使用方便, 因此, 目前其仍在工矿企业及民用照明电路中广泛使用。

RC1A 系列熔断器的技术数据见表 1-6。

表 1-6 RC1A 系列熔断器的技术数据

熔断器的 额定电流 /A	熔体的额定 电流/A	交流 380 V 的 极限分断电流/A	熔断器的 额定电流/A	熔体的额定 电流/A	交流 380 V 的 极限分断电流/A
5	2,5	250	60	40,50,60	3 000
10	2,4,6,10	500	100	80,100	3 000
15	6,10,15	500	200	120,150,200	3 000
30	20,25,30	1 500			

2. 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器是指带熔体的载熔件借螺纹旋入底座而固定于底座的熔断器, 具有断流能