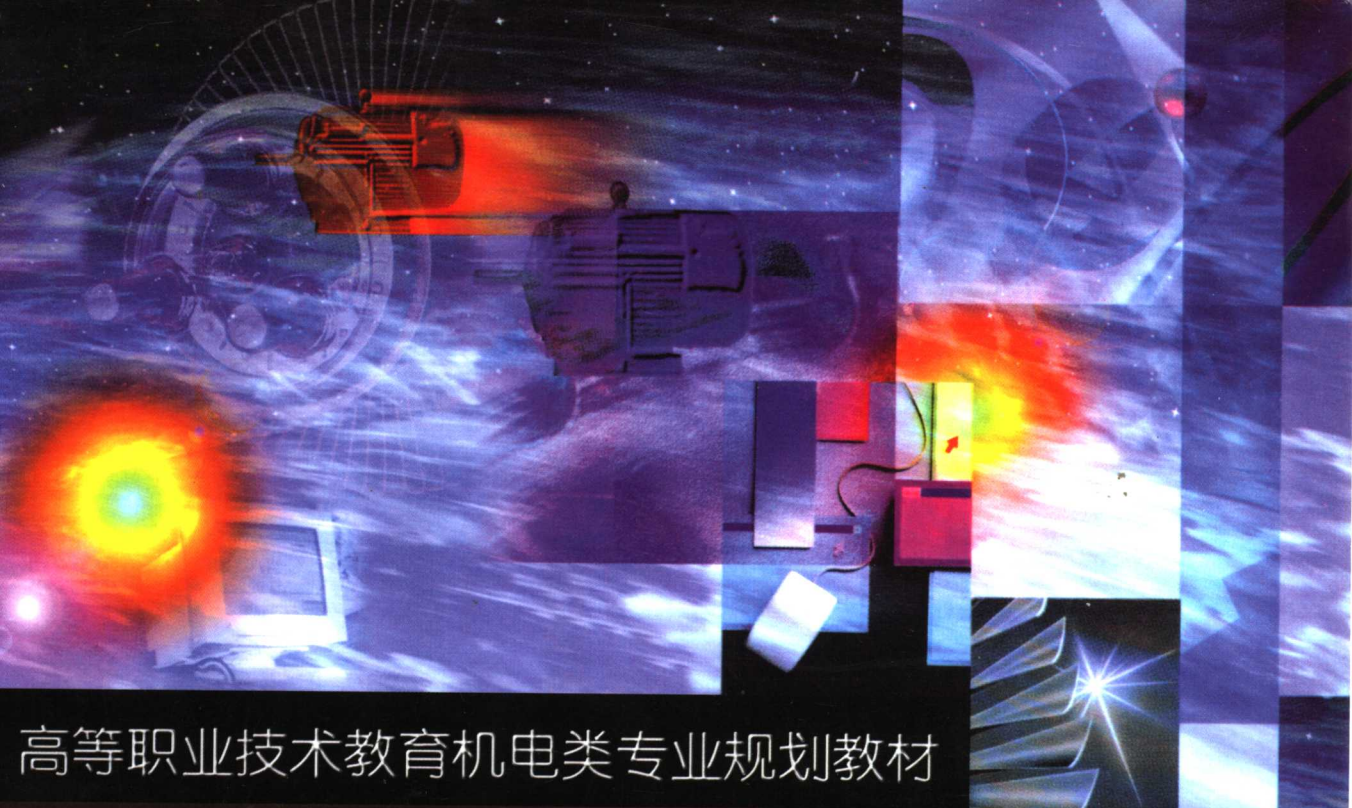
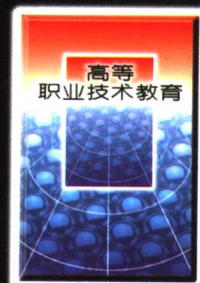




高等职业技术教育机电类专业规划教材



电 器

(低压·高压·电子)

高等职业技术教育机电类专业教材编委会 组编

朱 平 主 编



高等职业技术教育机电类专业规划教材

电 器

(低压·高压·电子)

高等职业技术教育机电类专业教材编委会 组编

主 编 朱 平

副主编 张金龙 赵天苍

参 编 俞秀金 史若凡 秦培林

主 审 姚福荣



机 械 工 业 出 版 社

本书系统地介绍了各类低压电器、电子电器和高压电器的基本结构、工作原理、主要性能、技术参数、选用维修方法以及接触器的设计实例等内容。层次清楚,内容丰富,具有系统性、实用性和先进性,且通俗易懂,便于自学。

该书的读者对象为高等职业院校电器、电机及电气技术专业师生以及从事电器生产和电气技术工作的工程技术人员。

图书在版编目(CIP)数据

电器(低压·高压·电子)/朱平主编. —北京:机械工业出版社, 2000. 11

高等职业技术教育机电类专业规划教材

ISBN 7-111-07910-8

I. 电… II. 朱… III. 电器-高等教育:技术教育-教材 IV. TM5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 63341 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:贡克勤 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:付方敏

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 11 月第 1 版·第 2 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·15 印张·368 千字

3 001—5 000 册

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677—2527

封面无防伪标均为盗版

高等职业技术教育机电类专业教材编委会

名誉主任委员	严雪怡 刘际远		
主任委员	上海电机技术高等专科学校	孙兴旺	副校长
副主任委员	福建高级工业专门学校	黄森彬	副校长
	南京机械高等专科学校	左健民	副校长
	陕西工业职业技术学院	翟 轰	校 长
	湘潭机电高等专科学校	曾家驹	副校长
	包头职业技术学院	李俊梅	副校长
	无锡职业技术学院	韩亚平	调研员
	浙江机电职业技术学院	管 平	副校长
	机械工业出版社教材编辑室	林 松	主 任
	(排名不分先后)		
委员单位	邢台职业技术学院		
	湖南工业职业技术学院		
	(等 26 所院校)		

序

职业教育指受教育者获得某种职业或生产劳动的职业道德、知识和技能的教育。机电行业的职业技术教育是培养在生产一线的技术、管理和运行人员，他们主要从事成熟的技术和管理规范的应用与运作。随着社会经济的发展和科学技术的进步，生产领域的技术含量在不断提高。用人单位要求生产一线的技术、管理和运行人员的知识与能力结构与之适应。行业发展的要求促使职业技术教育的高层次——高等职业教育蓬勃成长。

高职教育与高等工程专科、中专教育培养的人才属同一类型，都是技术型人才，毕业生将就业于技术含量不同的用人单位。高等职业教育的专业设置必须适应地区经济与行业的需求。高等职业教育是能力本位教育，应以职业分析入手，按岗位群职业能力来确定课程设置与各种活动。

机械工业出版社出版了大量的本科、高工专、中专教材，其中有相当一批教材符合高等职业教育的需求，具有很强的职业教育特色，在此基础上这次又推出了机械类、电气类、数控类三个高职专业的高职教材。

专门课程的开发应遵循适当综合化与适当实施化。综合化有利于破除原来各种课程的学科化倾向，删除与岗位群职业能力关系不大的内容，有利于删除一些陈旧的内容，增添与岗位群能力所需要的新技术、新知识，如微电子技术、计算机技术等。实施化是课程内容要按培养工艺实施与运行人员的职业能力来阐述，将必要的知识支撑点溶于能力培养的过程中，注重实践性教学，注重探索教学模式以达到满意的教学效果。

本教材倾注了众多编写人员的心血，他们为探索我国机电行业高职教育作出可贵的尝试。今后还要依靠广大教师在实践中不断改进，不断完善，为创建我国的职业技术教育体系而奋斗。

赵克松

前 言

本书是在机械工业机电类高等职业技术教育教材建设协作组会议精神指导下,根据高职电器电机类专业教学计划以及“低压电器”、“电子电器”、“高压电器”等课程教学大纲编写而成的,可作为高等职业技术教育电器、电机及电气技术等专业的教材。还可供从事电器生产和电气技术工作的工程技术人员参考。

本书系统地介绍了各类低压电器、电子电器和高压电器的基本结构、工作原理、主要性能、选用维修方法以及接触器设计的实例等内容。本书的最大特点是重视实践技能的培养和专业应用,并特别注意新技术、新产品的介绍,尽可能地反映了我国电器工业迅速发展的先进水平。

本书由朱平任主编,张金龙、赵天苍任副主编。全书编写分工为:朱平编写绪论、第一、三、四、七章;俞秀金编写第二、五章;史若凡编写第六章;张金龙编写第八、九、十一章;秦培林编写第十章;赵天苍编写第十二、十三章。

本书由上海电机技术高等专科学校姚福荣老师任主审。姚老师对书稿进行了严谨、认真的审阅,并提出了许多宝贵意见。参加讨论和审稿的有徐余法、胡幸鸣、段刚、李梅等同志。编者根据审稿意见作了修改。对于上述同志的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2000年7月

目 录

序
前言
绪论

第一篇 低压电器

第一章 低压熔断器	6	第三节 低压断路器的选用	46
第一节 概述	6	第四节 低压断路器的安装维修	48
第二节 熔断器的工作原理和特性	7	思考题与习题	50
第三节 熔体材料与形状	9	第五章 继电器	51
第四节 典型产品介绍	10	第一节 概述	51
第五节 熔断器的选用与维护	14	第二节 中间继电器	54
思考题与习题	16	第三节 时间继电器	56
第二章 刀开关	17	第四节 电流继电器	61
第一节 刀开关与刀形转换开关	17	第五节 热继电器	63
第二节 开启式负荷开关	19	思考题与习题	71
第三节 封闭式负荷开关	20	第六章 接触器	72
第四节 熔断器式刀开关与组合开关	22	第一节 概述	72
思考题与习题	24	第二节 直流接触器	75
第三章 控制电路电器	25	第三节 交流接触器	76
第一节 按钮	25	第四节 接触器的结构分析	79
第二节 位置开关	26	第五节 接触器的选用、安装与维护	84
第三节 万能转换开关和主令控制器	29	第六节 交流接触器的设计	88
思考题与习题	30	思考题与习题	100
第四章 低压断路器	31	第七章 电磁铁	101
第一节 概述	31	第一节 概述	101
第二节 典型产品分析	34	第二节 几种常用电磁铁	101
		思考题与习题	107

第二篇 电子电器

第八章 电子电器的组成及一般技术 参数	108	第五节 电子电器的抗干扰	119
第一节 电子电器的定义及在自动化技术 中的作用	108	思考题与习题	123
第二节 电子电器的组成	111	第九章 电子式时间继电器	125
第三节 电子电器的主要技术参数	114	第一节 电子式时间继电器的特点与分类	125
第四节 电子电器的动作值及其误差	116	第二节 阻容式晶体管时间继电器	125
		第三节 数字式时间继电器	134
		第四节 电子式时间继电器的选用	142

思考题与习题	142	第十一章 电子保护电器	162
第十章 无触点开关	143	第一节 漏电保护电器	162
第一节 接近开关	143	第二节 过载和短路保护继电器	171
第二节 光电开关	150	第三节 断相保护继电器	178
第三节 晶闸管开关	155	第四节 温度保护继电器	184
思考题与习题	160	第五节 电子式脱扣器	187
		思考题与习题	193

第三篇 高压电器

第十二章 高压断路器	195	第一节 高压熔断器	221
第一节 概述	195	第二节 隔离开关与接地开关	222
第二节 少油断路器	197	第三节 负荷开关	224
第三节 SF ₆ 断路器	205	第四节 避雷器	225
第四节 真空断路器	212	第五节 SF ₆ 全封闭组合电器	227
第五节 高压断路器的操动机构	217	思考题与习题	230
思考题与习题	220	参考文献	231
第十三章 其它高压电器	221		

绪 论

一、电器的定义和分类

什么是电器？广义地说，所有用电的器具均称为电器。电器主要包括用于对电路进行接通、分断，对电路参数进行变换，以实现电路或用电设备的控制、调节、切换、检测和保护等作用的电工装置、设备和元件。按我国电工行业的习惯，电机（包括变压器）属生产和变换电能的机械，不包括在电器之列。

电器的用途广泛，职能多样，因而品种规格繁多，原理结构各异，有各种分类方法。

（一）按电器的功能分

1. 用于接通和分断电路的电器 如刀开关、接触器、负荷开关、隔离开关、断路器等。
2. 用于控制电路的电器 如电磁起动器、星—三角起动器、自耦减压起动器、变阻器、控制继电器等。
3. 用于保护电路的电器 如熔断器、断路器、保护继电器、避雷器、限流电抗器等。
4. 用于切换电路的电器 如转换开关、主令电器等。
5. 用于测量、放大与变换的电器 如传感器、磁放大器、互感器等。
6. 用于稳压与调压的电器 如自动调压器、自动稳压器等。
7. 用于牵引与传动的电器 如电磁铁、电磁离合器等。

（二）按电器的工作电压、结构和工艺特点分

1. 高压电器 如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器、高压负荷开关、接地短路器、电抗器、避雷器、电压互感器、电流互感器等。
2. 低压电器 如低压熔断器、刀开关、转换开关、控制器、低压断路器、继电器、接触器、电磁铁、电阻器等。
3. 自动电磁元件 如阀用电磁铁、电磁离合器、磁放大器等。
4. 成套电器和自动化装置 如高压开关柜、低压开关柜、电力用自动化继电保护屏、可编程控制器等。
5. 电子电器 如电子式时间继电器、接近开关、晶闸管自动开关等。

（三）按电器的执行机械的特点分

1. 有触点电器 电器通断的功能由触点来实现，如接触器、断路器等。
2. 无触点电器 电器通断的执行功能根据开关元件输出信号的高低电平来实现。如接近开关、晶闸管接触器等。
3. 混合电器 有触点电器和无触点电器相结合的电器。如温度继电器、智能断路器等。

（四）按电器的使用场合及工作条件分

1. 一般用途电器 适用于大部分工业企业等环境，无特殊要求，在正常工作条件下工作。
2. 化工用电器 适用于有腐蚀性气体和粉尘的场所。
3. 矿用电器 其特点是能防爆，适用于含煤尘及甲烷等爆炸性气体的环境。

4. 船用电器 其特点是耐振动和冲击，能在很大的倾斜条件下工作，而且耐潮湿，能抵抗盐雾和霉菌的侵蚀。

5. 牵引电器 通常用于电力机车，其工作环境温度较高，耐倾斜、振动和冲击。

6. 航空电器 能在任何位置上可靠地工作，耐冲击和振动，而且体积小，重量轻。

7. 热带用和高原用电器 适用于热带、亚热带地区及高原山区而派生的电器。

8. 农用电气 适合农村环境而专门生产的电器。

二、电器在电力系统中的地位和作用

随着科学技术的不断发展，社会生产、生活等各方面对电能的消耗越来越多。但目前还未能实现电能工业规模储存，因此电能的生产与消费几乎是在同一瞬间内完成，随发随用。发电、变电、输电、配电、用电组成了始终处于连续工作且不可分割的整体——电力系统。而在这电力系统中，对电网、电机及其它设备进行转换、控制、保护和调节都要依靠各种电器来完成。

下面通过举例来说明电器在电力系统中的地位和作用。

图 0-1 所示为三相笼型异步电动机直接起动的控制线路。三相交流电源经刀开关 Q、熔断器 FU、接触器 KM 的动合触点和热继电器 KR 的驱动元件（热元件）接到异步电动机 M 定子绕组的电路称为主电路。由停止按钮 SB₁（动断按钮）、起动按钮 SB₂（动合按钮）、接触器线圈 KM 和其动合辅助触点 KM，以及热继电器 KR 的动断触点组成的电路称为控制电路。

起动电动机时，先合上刀开关 Q，接通电源，再按下起动按钮 SB₂，接触器 KM 线圈得电，其三对主触头闭合，电动机 M 起动旋转，同时，并联在按钮 SB₂ 两端的接触器的动合辅助触点也闭合，即使手松开按钮 SB₂，接触器 KM 的线圈仍得电，此动合辅助触点 KM 称为自锁触点，使线路具有自锁功能。若该线路未接自锁触点，就只具有点动功能了。同时该线路还具有失压保护功能，即电动机运行时，如果停电后再恢复供电，则电动机不会自行起动。若要使运行中的电动机停止运转，可按下停止按钮 SB₁，接触器 KM 线圈失电，其三对主触头打开，电动机停止运转。

线路中熔断器 FU 是当线路发生短路时作保护用的，热继电器 KR 是作为电动机过载保护的。

由以上这个简单例子可见，电动机在运行中要进行通断、保护、控制，需要配备各类低压电器。据统计，发电厂生产的电能有 80% 以上是以低压电的形式付诸实用，而且每生产 1000kW 发电设备，就必须生产 10000 件以上的各类低压电器和它配套。目前，无论是工业和交通运输业，还是国防和科技部门，都需要使用大量低压电器元件。

高压电器在电力系统中的应用可以从图 0-2 得到说明。在图 0-2 中，有两台发电机 G₁、G₂，并联在 10kV 的母线上，通过升压变压器 TU₁、TU₂ 将 10kV 的电压升压后与 220kV 及

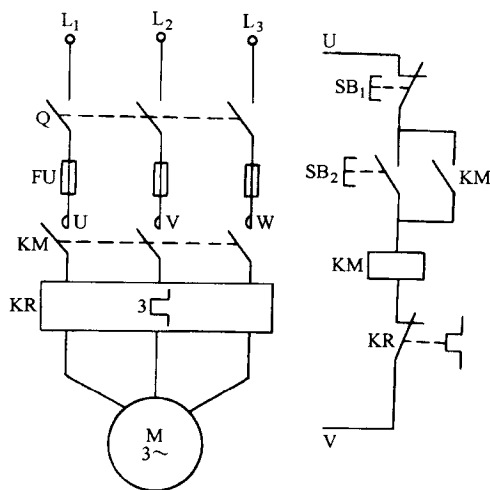


图 0-1 三相笼型异步电动机控制线路图

KM—接触器 KR—热继电器 SB—按钮
Q—刀开关 FU—熔断器 M—电动机

110kV 的高压母线联结，通过输电线（例如 L_3 ）向远方变电所输电；通过 L_1 、 L_2 及 L_4 直接用 10kV 向近区供电。 QF_1 、 QF_2 及 QF_3 为高压断路器，用来对线路进行接通及开断的控制，并且用它们来切除系统中发生的短路故障。为了限制短路电流，装有电抗器 L 。电流互感器 TA 及电压互感器 TV_1 、 TV_2 、 TV_3 用来对电力系统中的电流、电压进行监测，并用作继电保护装置动作的信号源，同时起到高低压隔离作用。电阻 R 用来限制电压互感器短路时的短路电流，然后由熔断器 FU 将短路电流开断。为了防止雷电波沿架空线侵入变电所，保护电力系统和电气设备的绝缘，使其不受过电压的损害，安装了避雷器 F_1 、 F_2 及 F_3 。为了检修方便、隔离电源，建立必要的绝缘间隙，在系统中还采用了隔离开关 QS_1 、 QS_2 及 QS_3 。此外，成套配电装置 CD 在电力系统中起开关、控制、监视、保护、隔离的作用，用于接收和分配电能。

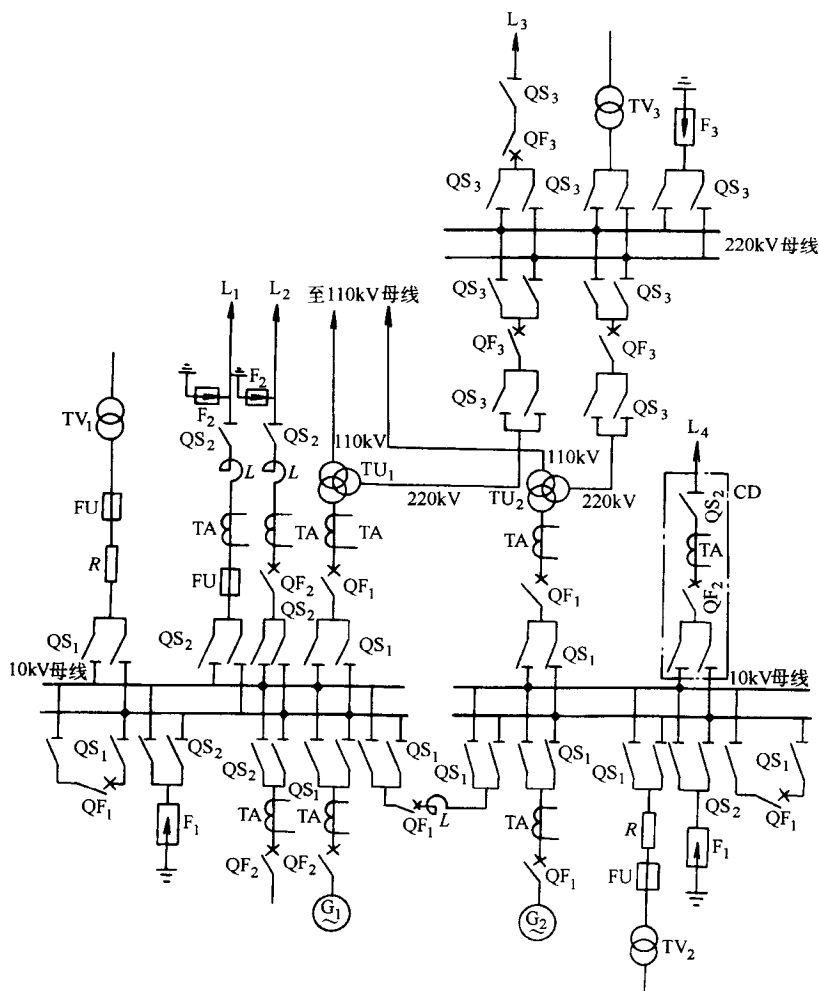


图 0-2 电力系统中各种高压电器

G_1 、 G_2 —发电机 TU_1 、 TU_2 —变压器 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 —线路 FU —熔断器
 R —电阻 QF_1 、 QF_2 、 QF_3 —断路器 QS_1 、 QS_2 、 QS_3 —隔离开关 F_1 、 F_2 、 F_3 —避雷器
 L —电抗器 TA —电流互感器 TV_1 、 TV_2 、 TV_3 —电压互感器 CD —成套配电装置

以上简单介绍了高、低压电器在电力系统中的地位和作用。随着科学技术的发展,电器的使用范围日益扩大,对电器的品种、质量、性能的要求日益提高。电器制造业已成为国民经济建设中的重要一环。

三、电器工业发展概况

电器的产生和发展是和电的发现和广泛使用分不开的。最早的电器是18世纪物理学家研究电与磁现象时使用的刀开关。19世纪后期,由于电能的应用陆续推向社会,各种电器也相继问世。在早期的电器产品中,起开关作用的是闸刀开关,起调节作用的是变阻器,起保护作用的是熔断器,它们基本上都是用手操作的手动电器。20世纪以来,由于电能的应用在社会生产和人类生活中显示出巨大的优越性,并迅速普及,适应各种不同要求的电器也不断出现。大的有电力系统中所用的二三层楼高的超高压断路器,小的有普通家用开关。近百年来,电器发展总趋势是容量增大,传输电压增高,自动化程度提高。

目前,世界各国都十分重视电器工业的发展,并注意将微电子等新技术以及新工艺、新材料应用于电器的改进与新产品开发。今后几年,低压电器的发展趋势是:电子化、智能化、组合化、模块化、高性能、高可靠性和小型化。高压电器的技术发展趋势向是:SF₆和真空技术继续发展,品种及规格迅速增加,可靠性、成套性要求不断提高,同时将加快研制不需检修的高压开关设备,加快电子技术在高压开关设备中的应用,积极发展高压直流电路的通断技术。

解放前,我国基本上没有专业的电器工厂。解放后,我国的电器工业得到了迅速发展。在低压电器方面,从1953年到1957年就试制成功了低压断路器、接触器等12大类几百种新产品。到了80年代初,我国研制成功CJ20系列接触器和DW15等系列万能式断路器,技术性能有了很大提高。在90年代,部分工厂通过引进技术与零件,生产出了具有当代水平的新型断路器,使我国断路器生产在某些方面达到新的水平。至1991年,全国低压电器生产企业已达1000多家,本行业获得正式型号的低压电器产品共406个系列、1257个品种。

在高压电器方面,1970年我国试制成功KW5—330型压缩空气断路器,使我国成为世界上能生产该电压等级断路器的第10个国家。之后不久,我国又试制了KW4—500型压缩空气断路器、ZN2—10型真空断路器和LN1—35型的SF₆断路器。到了90年代,我国完成了500kV全封闭组合电器(GIS)关键设备的研制,开关机械寿命达1万次。至1995年,63kV及以上电压等级的断路器中SF₆开关设备占绝对优势,10kV断路器中,真空断路器已占46.6%,少油断路器比率下降至34.4%。目前,我国高压电器制造业已具有自行开发、设计制造、成批生产和成套供应500kV及以下各种电压等级系列化产品的能力。

我国电器工业在深化改革、扩大开放的历史阶段中,在生产发展、技术进步、产品结构调整、出口创汇等方面有了新的发展。但从整体上看,我国电器产品质量水平与工业发达国家相比仍有较大差距。为此,应采取有效措施把产品质量问题真正解决好;切实加大科技投入,增强技术后劲。这样才能使中国电器工业立于不败之地,赶上世界先进水平。

四、本课程的任务

本课程是电器制造专业主要专业课之一,其任务是在学习有关基础课之后,学习低压电器、电子电器、高压电器的工作原理、结构性能分析、技术参数和使用方法等方面的基本知识。通过讲授、实验以及习题作业等教学环节,应达到以下要求:

- 1) 熟悉典型低压电器、电子电器、高压电器的工作原理、结构和性能特点,掌握典型

电器的选用方法。

- 2) 掌握低压电器、电子电器常见故障分析和处理方法。
- 3) 初步掌握低压电器的基本设计方法。
- 4) 通过实验课程，使学生具有测试常用电器技术参数及对电器进行操作的初步能力。

第一篇 低压电器

低压电器通常是指用于交流额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。

低压电器种类繁多，用途广泛，从应用场所提出的不同要求可以分为配电电器与控制电器两大类。配电电器主要用于低压配电系统中。配电系统对电器的要求是：在系统发生故障的情况下，动作准确，工作可靠，有足够的热稳定性和电动稳定性。主要电器有：刀开关、熔断器、断路器等。控制电器主要用于电力拖动控制系统和用电设备中，对控制电器的要求是：工作准确可靠，操作频率高，寿命长等。主要电器有：继电器、接触器、行程开关、主令电器、变阻器、控制器、电磁铁等。

通常低压电器产品包括以下 12 大类：刀开关和刀形转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、起动器、控制继电器、主令电器、电阻器及变阻器、调整器、电磁铁、其它低压电器（触电保护器、信号灯与接线盒等）。

第一章 低压熔断器

第一节 概 述

一、熔断器的用途

熔断器是一种利用金属导体作为熔体串联于电路中，当过载或短路电流通过熔体时，因其自身发热而熔断，从而分断电路的电器。

熔断器主要作短路保护之用，有时也可作过载保护之用。通过熔断器的熔化特性和熔断特性的配合以及熔断器与其它电器的配合，在一定的短路电流范围内可达到选择性保护。

由于熔断器的结构简单，具有分断能力高、使用方便、体积小、重量轻以及价格便宜等优点，因而在电力系统中使用极为广泛。熔断器的主要缺点是只能一次性使用，更换熔断器需要一定时间，因此恢复供电时间长。

二、熔断器的分类

（一）按结构形式分

半封闭插入式熔断器；自复式熔断器；无填料密闭管式熔断器；有填料密闭管式熔断器。其中有填料密闭管式熔断器又可分为：

（1）专职人员使用的熔断器（亦称为一般工业用熔断器）

①刀形触头熔断器；②螺栓连接熔断器；③圆筒形帽熔断器。

（2）非熟练人员使用的熔断器

①螺旋式熔断器；②圆管式熔断器；③插入式熔断器。

(3) 半导体器件保护用熔断器

①带熔断指示器或熔断撞击器熔断器；②不带熔断指示器或熔断撞击器熔断器。

(二) 按分断范围分

1. “g”熔断体 全范围分断能力熔断体。它是在规定的条件下，能分断使熔体熔化的电流至额定分断能力之间的所有电流的一种限流熔断体。

2. “a”熔断体 部分范围分断能力熔断体。它是在规定的条件下，能分断示于熔断体熔断时间—电流特性曲线上的最小电流至额定分断能力之间的任何电流的一种熔断体。

(三) 按使用类别分

1. “G”熔断体 一般用途熔断体。

2. “M”熔断体 保护电动机回路的熔断体。

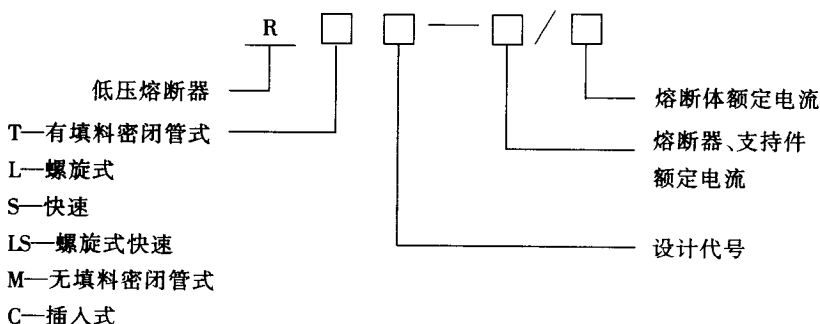
按以上分断能力范围和使用类别用代号字母组合，则有“gG”、“gM”、“aM”。

“gG”表示全范围分断的一般用途熔断体；

“gM”表示全范围分断的电动机回路中用的熔断体；

“aM”表示部分范围分断的电动机回路中用的熔断体。

三、熔断器型号说明



第二节 熔断器的工作原理和特性

一、熔断器的结构和工作原理

熔断器一般由熔断体和底座等组成（螺旋连接式则无底座）。熔断体主要包括熔体、填料（有的无填料）、熔管、触刀、盖板、熔断指示器等部件。熔断器结构如图 1-1 所示。

熔断器在使用时，串接在其所保护线路中。当该线路发生过载或短路，线路电流增大，熔体发热，当熔体温度升高到熔体的熔点时，熔体熔断并分断电路，以达到保护线路之目的。

二、熔断器工作的物理过程

熔断器工作的物理过程是指熔断器分断过

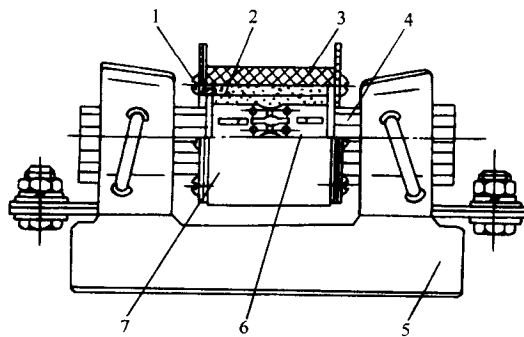


图 1-1 有填料封闭管式熔断器

1—熔断指示器 2—石英砂填料 3—熔管
4—触刀 5—底座 6—熔体 7—熔断体

载或短路电流时的物理过程，见图 1-2。这个过程可分为四个阶段：

1. 熔体升温阶段 熔体的温度因通过过载或短路电流而由正常工作时的温度 θ_0 升到其熔化温度 θ_r （即熔点），但熔体仍为固态，经过的时间为 t_1 。

2. 熔体熔化阶段 熔体中的部分金属开始由固态转化为液态。由于熔体熔化需吸收热量，故在 t_2 时间内，其温度始终保持为 θ_r 。

3. 熔体金属气化阶段 已熔化的熔体金属被继续加热，直至达到气化温度 θ_q 为止，所经过的时间为 t_3 。

4. 燃弧阶段 从熔体断裂出现间隙，继之产生电弧直到电路开断为止，所经过的时间为 t_4 。

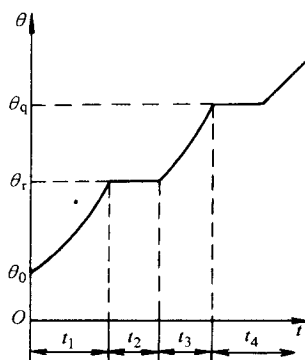


图 1-2 熔体熔断过程

上述四个阶段中，从电流超过临界值的瞬时起到熔体发生熔化和蒸发为止的这段时间称作弧前时间，即图 1-2 中 t_1 、 t_2 、 t_3 之和。此后，从产生电弧直到电弧完全熄灭的这段时间 t_4 ，称作燃弧时间。弧前时间与燃弧时间之和称为熔断时间。

三、熔断器的主要技术参数和特性

1. 额定电压 指熔断器长期工作时和熔断后所能承受的电压。应该注意，熔断器的额定电压是它的各个部件（熔断器支持件、熔断体）的额定电压的最低值。熔断器的交流额定电压（单位为 V）有：220，380，415，500，600，1140；直流额定电压（单位为 V）有：110，220，440，800，1000，1500。

2. 额定电流 熔断器在长期工作制下，各部件温升不超过极限允许温升所能承载的电流值。按照有关标准，熔断器额定电流包括熔断体的额定电流和熔断体支持件的额定电流。一般来说，熔断体支持件的额定电流应从熔断体的额定电流系列中选取，通常熔断体支持件的额定电流代表了与它一起使用的熔断体额定电流的最大值。习惯上，把熔断体支持件的额定电流简称为熔断器额定电流。

熔断体额定电流规定（单位为 A）有 2，4，6，8，10，12，16，20，25，32，(35)，40，50，63，80，100，125，160，200，250，315，400，500，630，800，1000，1250。

3. 额定分断能力 指熔断器在规定的使用条件下，能可靠分断的预期电流值。预期电流是指，当电器由一个阻抗可以忽略不计的导体代替时，电路内可能流过的电流。

4. 截断电流特性 指在规定的条件下，截断电流与预期电流的关系特性。截断电流是指熔断体分断期间电流到达的最大瞬时值。

5. 时间—电流特性 熔断器的时间—电流特性亦称保护特性，它是熔断器的基本特性，表示熔断器的弧前（或熔断）时间与流过熔体电流的关系，见图 1-3。熔断器的时间—电流特性是反时限特性，流过熔体的电流越大，熔化（或熔断）时间越短。因为熔体在熔化和气化过程中，所需热量是一定的。在一定的过载电流范围内，当电流恢复正常时，熔断器不会熔断，可继续使用。

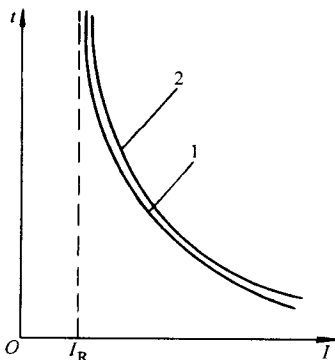


图 1-3 熔断器的保护特性曲线

1—熔化时间—电流特性
2—熔断时间—电流特性

由图 1-3 可知, 当流过熔体的电流值为 I_R 时, 熔化时间为无穷大, 此电流称为最小熔化电流或临界电流, 即当通过熔体的电流等于它时, 熔体能够达到其稳定温升并熔断; 如果通过熔体的电流小于此值, 熔体就不可能熔断。最小熔化电流 I_R 与熔体的额定电流 I_N 之比为熔化系数 K_R , 它是表征熔断器保护小倍数过载时的灵敏度的指标。一般低压熔断器的 K_R 值在 1.2~1.5 之间。

6. I^2t 特性 当分断电流甚大时, 以弧前时间—电流特性表征熔断器的性能已不够了, 因为此时燃弧时间在整个熔断时间内并不能忽略。通常, 当熔断器弧前时间小于 0.1s 时, 熔断器的保护特性用 I^2t 特性表示。 I^2t 特性在产品标准中有规定。

第三节 熔体材料与形状

一、熔体材料

熔体是熔断器的核心部分, 熔体材料直接影响到熔断器的性能。熔体材料有低熔点和高熔点金属两类。低熔点材料有锡、锌、铅及其合金。高熔点材料有铜、银, 近年来也采用铝来代替银。低熔点材料因熔点低, 最小熔化电流及熔化系数小, 有利于过载保护, 比较容易解决在小倍数过载工作下, 导电触刀温度过高的问题。但低熔点材料亦有不足之处, 即分断能力较小。因为在长度和电阻相同的条件下, 低熔点材料电阻率较大, 熔体的截面积势必较大, 熔断时产生的金属蒸气较多, 对熄灭电弧不利, 以致分断能力下降。反之, 高熔点材料电阻率小, 熔体截面积较小, 熔断后金属蒸气少, 易于熄灭电弧, 因而具有高分断能力。但高熔点材料熔点高, 小倍数过载时, 熔断器的导电零件温度过高, 熔化系数也较大。

二、冶金效应

由于低熔点材料和高熔点材料各具有其优缺点, 因而可利用它们各自的优点, 克服其缺点, 从而同时满足两种不同的要求。为达到这个目的, 通常采用“冶金效应”, 即在高熔点的金属熔体上焊纯锡 (或锡镉合金), 如图 1-4 所示。当熔体通过过载电流时, 首先锡溶剂熔化, 然后高熔点的金属原子溶解于锡溶剂中, 而成为合金, 其熔点比高熔点金属低, 同时它的电阻率也增大, 致使局部发热剧增而首先熔断, 缩短了熔化时间。这样, 熔化系数就大为减小, 过载保护性能大为改善。另一方面, 由于熔体本身仍为高熔点材料, 锡桥或锡珠体积又很小 (一般情况下, 锡溶剂的体积不应超过焊接处高熔点金属熔体体积的 5 倍), 因而固有的高分断能力依然得以保持。应该指出, 当通过短路电流时, 由于熔体熔化时间极短, “冶金效应”不起作用。

三、熔体形状

熔体的形状大体有两种: 丝状和片状。丝状熔体多用于小电流场合。片状的熔体是用薄金属片冲成, 有宽窄不等的变截面, 也有在带形薄片上冲出一些孔, 如图 1-5 所示, 不同的熔体形状可以改变熔断器的时间—电流特性。对变截面熔体而言, 其狭窄部分的段数取决于额定电流和电压, 熔断器额定电压高时, 要求狭窄部分的段数就多, 用石英砂作填料的变截

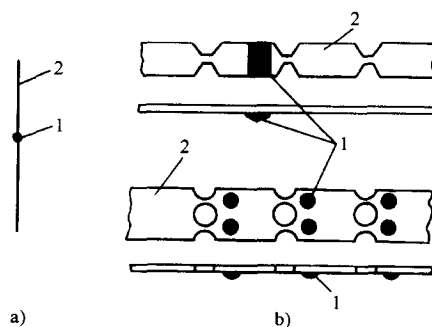


图 1-4 具有冶金效应的熔体

a) 丝状熔体 b) 片状熔体

1—低熔点金属球或块 2—高熔点熔体