

DIANQI KONGZHI
YU JIEDIAN XITONG SHEJI



最新版

电气控制 与节电系统设计

刘利军 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANQI KONGZHI
YU JIEDIAN XITONG SHEJI

电气控制 与节电系统设计

刘利军 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书作为《节电技术及其工程应用》的姊妹篇，较为系统全面地介绍了现代节电控制技术中所关联的先进技术基础和基本理论概念，进一步拓宽了节电控制技术的设计思路和应用领域，内容丰富、涉及面广、实用性和可读性强。

本书共分八章，主要内容包括低压电器基本知识、自动控制基本知识、PLC技术基础、集散控制系统（DCS）技术基础、嵌入式一体化触摸屏、节电控制系统研发步骤及方法、节电控制系统设计、抗干扰和电磁兼容技术等。

本书可供从事节电工作的工程技术人员、管理人员及电子产品、节电产品研发设计人员学习使用，也可作为各类高等院校、职业学院和技师学院工业自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、机电一体化、机械电子工程等相关专业学生的教学用书或参考书，以及中、高级电工和技师的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

电气控制与节电系统设计 / 刘利军编著. —北京：中国电力出版社，2012.3

ISBN 978—7—5123—2848—8

I. ①电… II. ①刘… III. ①电气控制②节电—系统设计
IV. ①TM571.2②TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 052148 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26.125 印张 614 千字

印数 0001—3000 册 定价 55.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

电气控制与节电系统设计

降低能源消耗是我国的基本国策。“十二五”期间，中国仍处于工业化加速发展阶段，能源资源和环境约束更趋强化，工业转型升级和绿色发展的任务繁重，各行业节能的任务比“十一五”更重。为此，深入贯彻落实科学发展观，坚持降低能源消耗强度、推动技术进步、强化工程措施、大幅度提高能源利用效率，推进节能减排工作，确保实现“十二五”节能减排约束性目标，加快建设资源节约型、环境友好型社会是我国政府对“十二五”期间提出的节能减排总体要求。在《国务院节能减排综合性工作方案》中做出了“十二五”期间能耗下降的主要目标“到2015年，全国万元国内生产总值能耗下降到0.869t标准煤（按2005年价格计算），比2010年的1.034t标准煤下降16%，比2005年的1.276t标准煤下降32%；‘十二五’期间，实现节约能源6.7亿t标准煤。2015年，全国化学需氧量和二氧化硫排放总量分别控制在2347.6万、2086.4万t，比2010年的2551.7万、2267.8万t分别下降8%；全国氨氮和氮氧化物排放总量分别控制在238.0万、2046.2万t，比2010年的264.4万、2273.6万t分别下降10%。”由此可见，“十二五”时期节能减排形势仍然十分严峻，任务十分艰巨。

电力是国民经济发展的基础资源，节能减排的重要内容之一就是节约电力资源，也就是节电。我国的电力生产主要靠火力发电，而火力发电的原料主要是煤，它是一种不可再生的能源。因此，节约电力资源就意味着节约大量的煤炭，降低二氧化碳的排放量，减轻对生态环境的损害。

为响应国家号召，加快建设资源节约型、环境友好型社会，节能减排发展绿色低碳经济，进一步提高节电工程人员、设计人员以及相关专业人员的节电控制技术和设计水平，提升应用现代先进技术的技能，作者在《节电技术及其工程应用》一书的基础上，进一步扩展了节电控制技术的知识面，供广大读者深入学习和参考。

节电技术不是一门独立的学科，它是集强电、弱电、微电并整合过去和现在的先进技术为一体的控制技术。因此，全面系统地学习了解和掌握这些技术基础知识，奠定良好的理论基础，对于节电技术的应用和设计者及其他电气工程技术人员都是十分必要的。

本书从实用出发，深入浅出、图文并茂、通俗易懂，凭借作者多年的教学经验和长期从事科研管理、产品的研发设计经验，较为全面系统地阐述了与节电控制技术相关联的常用电器、自动控制、可编程序控制器 PLC、集散控制系统 DCS、触摸屏组态软件、抗干扰和电磁兼容技术的基本概念、工作原理、基本结构。简要介绍了控制系统的研发步骤和方法以及系统的应用实例，讲述了一个完整的节电控制系统的全部设计过程等内容。

本书在编写过程中，山东省节能办公室郑晓光主任给予了深切关心和支持，还得到了山东瑞斯高创股份有限公司刘黎明董事长、北京国电四维电力技术有限公司樊军董事长（教授）及多家生产厂商的鼎力支持和帮助。车伟等同志为全书的图、表绘制、排版又一次付出了辛勤的劳动，在此一并表示衷心的感谢。本书参考了国内外相关控制理论、节电技术领域的许多文献，在此谨向相关作者深表谢意。

限于作者水平和时间，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编 者



目录

电气控制与节电系统设计

前言

第一章 低压电器基本知识	1
第一节 概述	1
第二节 常用开关	2
第三节 熔断器	9
第四节 接触器	15
第五节 继电器	22
第六节 主令电器	38
第七节 常用电子电器	44
第八节 低压电器故障的排除	52
第二章 自动控制基本知识	59
第一节 概述	59
第二节 自动控制的基本概念	60
第三节 控制系统的质量指标	63
第四节 自动控制系统中常用术语和方块图	67
第五节 自动控制系统的类型	74
第六节 PID 控制的理论基础	76
第七节 自动控制系统应用简介	86
第三章 PLC 技术基础	110
第一节 概述	110
第二节 PLC 的基本结构	113
第三节 PLC 的工作原理及性能指标	118
第四节 PLC 与继电器的比较	122
第五节 S7-200 PLC 产品简介	124
第六节 PLC 的编程语言	137
第七节 S7-200 PLC 的指令及编程	142
第八节 PLC 的实际应用举例	164
第四章 集散控制系统 (DCS) 技术基础	168
第一节 概述	168
第二节 DCS 的基本组成及特点	173
第三节 DCS 的硬件系统	179

第四节 DCS 的软件系统	205
第五章 嵌入式一体化触摸屏	231
第一节 MCGS 嵌入版组态软件基本概念	231
第二节 MCGS 组态软件基础知识	234
第三节 组态开发画面的实现	238
第四节 让动画动起来	243
第五节 报警显示与报警数据	253
第六节 报表输出	261
第七节 曲线显示	266
第八节 安全机制	268
第九节 进一步了解 MCGS 组态软件的应用	274
第十节 TPC7062K 触摸屏的连接	287
第六章 节电控制系统研发步骤及方法	293
第一节 应用 PLC 控制器系统的设计原则与步骤	293
第二节 PLC 系统控制程序设计方法	299
第三节 触摸屏窗口组态设计	305
第四节 DCS 的工程设计步骤	308
第五节 DCS 在锅炉节能控制项目中的应用	314
第六节 DCS 接口与高压变频节电装置在风机节能改造中的应用	318
第七章 节电控制系统设计	329
第一节 电磁调压节电控制系统应用概况	329
第二节 电磁调压节电控制系统控制线路的设计	329
第三节 确定 PLC 的数据分配及梯形图程序的设计	332
第四节 电磁调压节电控制系统 MCGS 触摸屏组态设计	351
第八章 抗干扰和电磁兼容技术	374
第一节 电磁干扰的三要素	374
第二节 抑制干扰的措施和方法	380
第三节 光纤传输与传感抗干扰技术	390
第四节 接地与屏蔽抗干扰方法	395
第五节 电源的噪声抑制	400
第六节 电子电路的滤波	403
第七节 数字滤波与软件容错	408
参考文献	412

第一章

低压电器基本知识

第一节 概 述

低压电器是构成节电控制系统及节电控制电路中最常用的器件,了解它的分类、作用和用途,对设计、分析和维护节电控制系统,扩充和深入掌握节电技术都是十分必要的。

概括地说,凡是根据外界指定的信号或要求,自动或手动接通、断开电路,断续或连续地实现对电路或非电对象转换、控制、保护和调节的电工器械都属于电器的范围。

一、电器分类

电器的用途广泛,结构各异,工作原理也各有不同。一般按用途可分为以下5类:

(1) 配电电器。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) 控制电器。控制电器主要用于各种控制电路和控制系统。这类电器有接触器、继电器、转换开关、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。

(3) 主令电器。主令电器主要用于发送控制指令。这类电器有按钮、主令开关、位置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) 保护电器。保护电器主要用于对电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。

(5) 执行电器。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。

此外,电器按工作电压的等级可分为高压电器和低压电器;按动作原理可分为手动电器和自动电器;按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器。

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。

二、电器的作用

电器是构成节电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,自动或手动地改变系统的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。它将一些电量信号或非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。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,如电动机节电系统对速度的调节、柴油机油门的调整、房间温度和湿度的调节、光照度的节电自动调节等。
- (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电路工作情况。
- (6) 转换作用。在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如被控装置操作的手动与自动的转换、供电系统的市电与自备电源的切换、路灯节电系统中时间段节电挡位的转换等。

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。这里着重对控制电路的电压在交流 1000V 及以下、直流 1200V 及以下的低压电器作如下内容简述。



第二节 常用开关

开关设备中有刀开关、转换开关及低压断路器(或称自动空气开关)。

一、刀开关

刀开关又称闸刀开关,是低压电器中结构比较简单、应用较广的一类手动电器,主要用于隔离电源,也可用来非频繁地接通和分断容量较小的低压配电电器。刀开关的种类很多,这里介绍 2 种带有熔断器的刀开关。

1. 瓷底胶盖刀开关(又称开启式负荷开关)

HK 系列瓷底胶盖刀开关是由刀开关的熔断体组合而成的一种电器,瓷底板上装有进线座、静触头、熔丝、出线座及 3 个刀片式的动触头,上面覆有胶盖以保证用电安全,其结构和图形文字符号如图 1-1 所示。

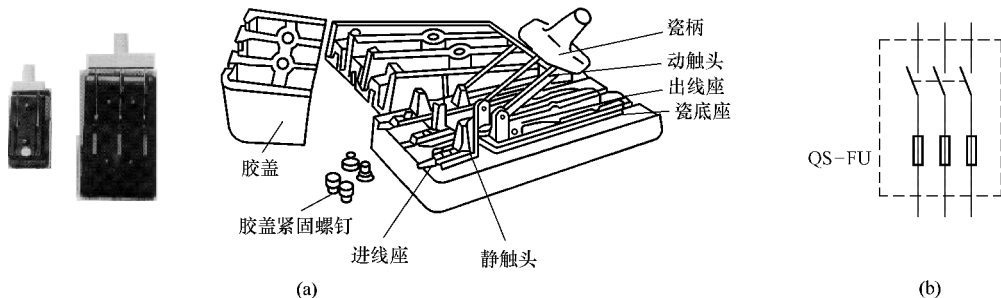


图 1-1 HK 系列瓷底胶盖刀开关

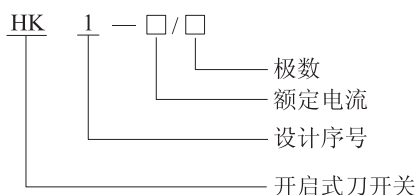
(a) 结构外形; (b) 符号

HK 系列瓷底胶盖刀开关没有专门的灭弧设备，用胶木盖来防止电弧灼伤人手，拉闸、合闸时应动作迅速，使电弧较快地熄灭，可以减轻电弧对刀片和触座的灼伤。

安装刀开关时，合上开关时手柄在上方，不得倒装或平装。倒装时手柄有可能因自重下滑而引起误合闸，造成安全事故。接线时，将电源线接在熔丝上端，负荷线接在熔丝下端，拉闸后刀开关与电源隔离，便于更换熔丝。

刀开关易被电弧烧坏，引起接触不良等故障，因此不宜用于经常分合的电路。但因其价格便宜，在一般的照明电路和功率小于 5.5kW 的电动机控制电路中仍常采用。用于照明电路时可选用额定电压为 250V、额定电流等于或大于电路最大工作电流的二极开关；用于电动机的直接启动时，可选用额定电压为 380V 或 500V、额定电流等于或大于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

型号意义如下：



HK1 系列瓷底胶盖刀开关基本技术参数见表 1-1。

表 1-1

HK1 系列瓷底胶盖刀开关基本技术参数

型号	极数	额定 电流值 (A)	额定 电压值 (V)	可控制电动机最大容量值 (kW)		配用熔丝规格			
						熔丝成分			熔丝线径 ϕ (mm)
				220V	380V	铅	锡	锑	
HK1-15/2	2	15	220	—	—	98%	1%	1%	1.45 ~ 1.59
HK1-30/2	2	30	220	—	—				2.30 ~ 2.52
HK1-60/2	2	60	220	—	—				3.36 ~ 4.00
HK1-15/3	3	15	380	1.5	2.2				1.45 ~ 1.59
HK1-30/3	3	30	380	3.0	4.0				2.30 ~ 2.52
HK1-60/3	3	60	380	4.5	5.5				3.36 ~ 4.00

2. 铁壳开关（又称封闭式负荷开关）

常用 HH 系列铁壳开关的外形及结构如图 1-2 所示，图形文字符号与图 1-1 (b) 相同，这种刀开关装有速断弹簧。容量较大的刀开关在断开电路时，闸刀与夹座之间的电压很高，将产生很大的电弧，如不将电弧迅速熄灭，将烧坏刀刃。因此，在铁壳开关的手柄转轴与底座之间装有 1 个速断弹簧，用钩子扣在转轴上，当扳动手柄分闸或合闸时，开始阶段 U 形双刀片并不移动，只拉伸弹簧存储能量，当转轴转到一定角度时，弹簧力使

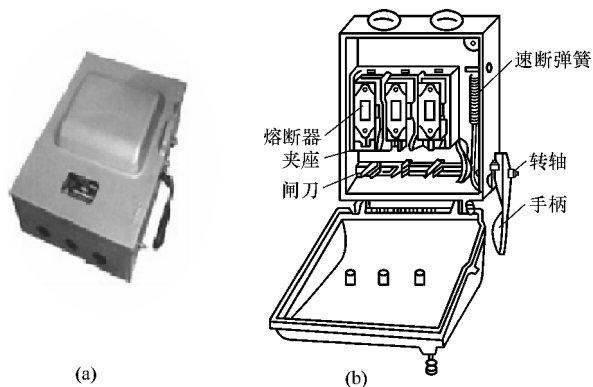
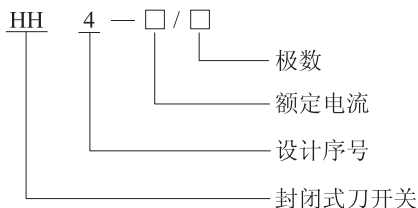


图 1-2 HH 系列铁壳开关
(a) 外形; (b) 结构

型号意义如下:



二、转换开关（又称组合开关）

HZ 系列转换开关有 HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ10 等系列产品，其中 HZ10 系列转换开关具有寿命长、使用可靠、结构简单等优点，适用于 50Hz、交流 380V 及以下及直流 220V 及以下的电源引入，5kW 以下小容量电动机的直接启动，电动机的正、反转控制及机床照明控制电路中，但每小时的转接次数不宜超过 15~20 次。

HZ10-10/3 型转换开关外形、内部结构及符号如图 1-3 所示。它由多节触头组合而成，故又称组合开关。图中所示的转换开关有 3 对静触头，分别装在 3 层绝缘垫板上，并附有接线柱伸出盒外，以便和电源、用电设备相接，3 个动触头是由 2 个磷铜片或硬紫铜片和消弧性能良好的绝缘钢纸板铆合而成的，和绝缘垫板一起套在附有手柄的绝缘杆上，手柄每次转动 90°角，带动 3 个动触头分别与 3 对静触头接通和断开，顶盖部分由凸轮、弹簧及手柄等零件构成操动机构，这个机构采用了弹簧储能使开关快速闭合及分断。

在控制电动机正反转时，一定要使电动机先经过完全停止的位置，然后才能接通反向旋转电路。

HZ10 系列转换开关根据电源种类、电压等级、所需触头数、电动机的容量进行选用。开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

HZ10 系列转换开关额定电压及额定电流见表 1-2。

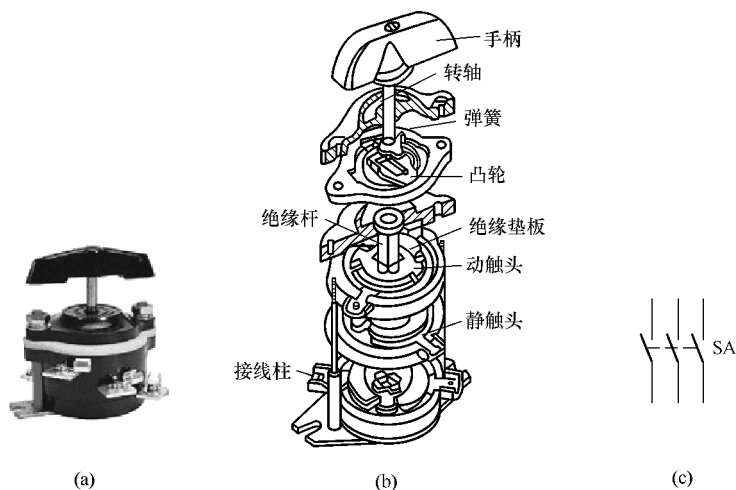
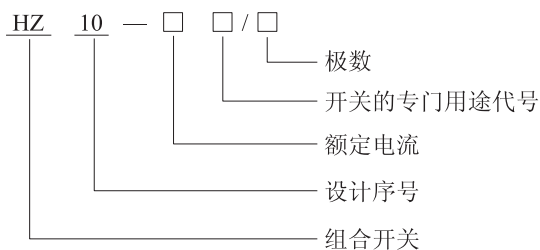


图 1-3 HZ10-10/3 型转换开关
(a) 外形; (b) 结构; (c) 符号

表 1-2 HZ10 系列转换开关额定电压及额定电流

型 号	极 数	额 定 电 流 (A)	额 定 电 压 (V)	
HZ10-10	2、3	6、10	直流 220	交流 380
HZ10-25	2、3	25		
HZ10-60	2、3	60		
HZ10-100	2、3	100		

HZ 系列转换开关型号意义如下:



三、低压断路器

低压断路器又称自动空气断路器或自动空气开关。在工厂中,额定电流在几百安培以下的断路器,常称为空开,额定电流在几百安培以上的断路器,常称为断路器。但一般都统称为断路器。

低压断路器是一种可以自动切断线路故障的保护电器。当电路发生短路、过负荷、失压等不正常现象时,能自动切断电路(俗称自动跳闸),或在正常情况下用于不太频繁的切换电路。



低压断路器的品种较多,常见的有塑壳式(又称装置式)和框架式(又称万能式)2种,其系列产品有 CDM1、CDM10、DW15、DW16、CW、DZ15、DZ20、DZ25 等。低压断路器按操作方式分为手动操作、电动操作和弹簧储能机械操作,按极数分为单极式、两极式、三级式和四级式,按安装方式分为固定式、插入式、抽屉式和嵌入式。它们的容量范围较大,额定电流一般在 $1 \sim 5000\text{A}$ 。

部分低压断路器产品外形如图 1-4 所示。

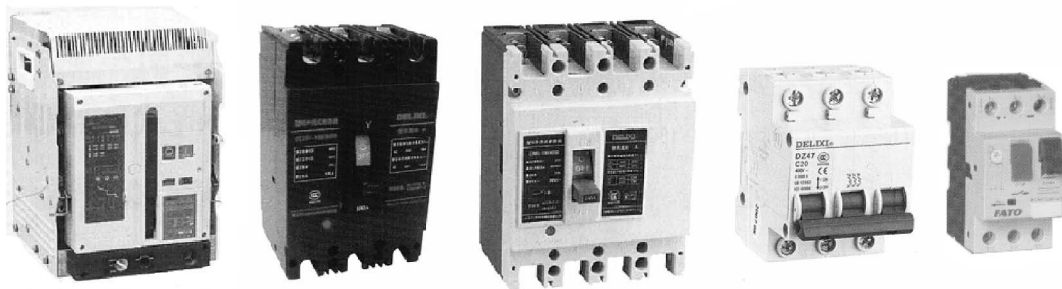


图 1-4 部分低压断路器产品外形

1. 低压断路器的基本结构及特点

低压断路器的主要部件除了动触头、静触头、灭弧室和操动机构外,还包括电磁脱扣器、热脱扣器、手动脱扣操动机构以及外壳等部分,有的还带有欠电压脱扣器。电磁脱扣器是一个电磁铁,它的电磁线圈串联在主电路中,当电路出现短路时,它就吸合衔铁,使操动机构动作,将主触头断开,可作短路保护用。电磁脱扣器带有调节螺钉,以便调节瞬时脱扣整定电流。热脱扣器是一个双金属片热继电器,发热元件串接在主电路中,当电路过负荷时,过负荷电流流过发热元件,使金属片受热弯曲,操动机构动作,断开主触头,可作过负荷保护用,其顶端也带有调节螺钉,用以调整各极的同步。手动脱扣器操动机构采用连杆机构,通过尼龙支架与接触系统的导电部分连接在一起,在操动机构上有过负荷脱扣电流调节盘,用以调节整定电流。如需手动脱扣,则按下红色按钮,使操动机构动作,断开主触头。

低压断路器的特点是:在相同容量下,与使用刀开关和熔断器相比,占空间小、安装方便、操作安全。电路短路时,电磁脱扣器自动脱扣进行短路保护,故障排除后可重复使用,不像熔断器短路保护要更换新的熔体。使用低压断路器来实现短路保护比熔断器要好,因为三相电路短路时,很可能只有一相熔断器熔断,造成缺相运行。对于低压断路器来说,只要造成短路就会使开关跳闸,将三相同时切断,因而可避免电动机的断相运行。所以低压断路器在机床、动力设备以及自动控制中被广泛应用。低压断路器还有其他自动保护作用,性能优越,但其结构复杂、操作频率低、价格高,因此适用于要求较高的场合。

2. 低压断路器的类型

(1) 万能式低压断路器又称开启式低压断路器,其容量较大,具有较高的短路分断能力和动稳定性,适合在交流 50Hz 、额定电压 380V 的配电网中作为配电干线的主保护用。

主要有 DW10 和 DW15 2 个系列。

(2) 装置式低压断路器又称塑料外壳式低压断路器, 内装触头系统、灭弧室及脱扣器等, 有手动和电动合闸, 适用于配电网的保护和作为电动机、照明电路及电热器等的控制开关。主要有 DZ5、DZ10、DZ20 等系列。

(3) 快速断路器具有快速电磁铁和强有力的灭弧装置, 最快动作时间可在 0.02s 以内, 用于半导体整流元件和整流装置的保护。主要有 DS 系列。

(4) 限流断路器利用短路电流产生的巨大吸力, 使触头迅速断开, 能在交流短路电流尚未达到峰值之前把故障电路切断, 用于短路电流较大 (高达 70kA) 的电路中。主要有 DWX15 和 DZX10 2 种系列。

(5) 智能化断路器。目前国产的智能化断路器有框架式和塑料外壳式 2 种。前者主要用作智能化自动配电系统中的主断路器, 后者主要用于配电网中分配电能和作为电路及电源设备的控制和保护用。智能化断路器的控制核心采用了微处理器或单片机技术, 不仅具有普通断路器的保护功能, 同时还具有实时显示电路中的电气参数 (电流、电压、功率、功率因数等)、对电路进行在线监视、自动调节、测量、试验、自诊断和通信等功能, 能够对各种保护功能的动作参数进行显示、设定和修改, 能够存储保护电路动作时的故障参数以便查询。

3. 低压断路器的工作原理

低压断路器的工作原理示意如图 1-5 (a) 所示, 在电气原理图中的图形符号如图 1-5 (b) 所示。

低压断路器的主触头 2 靠手动操作或自动合闸。主触头 2 闭合后, 自由脱扣机构 3、4、5 将主触头锁在合闸位置上。当线路正常工作时, 电磁脱扣器 6 的线圈所产生的吸力不能将它的衔铁 8 吸合, 如果线路发生短路和产生很大的过电流时, 电磁脱扣器的吸力增加, 将衔铁 8 吸合, 并撞击杠杆 7, 把搭钩 4 顶上去, 切断主触头 2 断开主电路。如果线路上电压下降或失去电压时, 欠电压脱扣器 11 的吸力减小或失去吸力, 衔铁 10 被弹簧 9 拉开, 撞击杠杆 7, 把搭钩 4 顶开, 切断触头 2 断开主电路。

线路发生过负荷时, 过负荷电流流过发热元件 13 使双金属片 12 受热弯曲, 将杠杆 7 顶开, 切断主触头 2 断开主电路。

另外, 有些断路器还安装有分励脱扣器, 可作为远距离控制用。在正常工作时, 其线圈是断电的; 在需要远距离控制时, 按下启动按钮, 使线

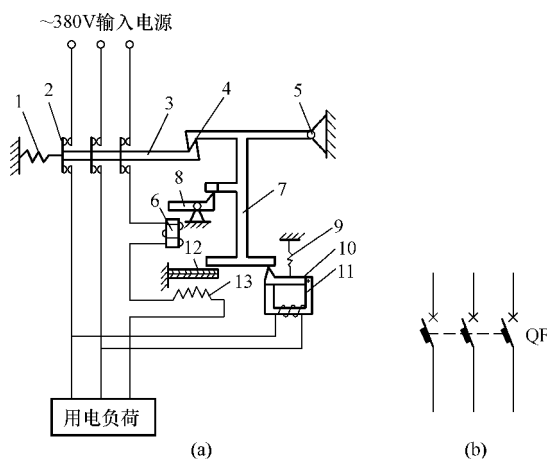


图 1-5 低压断路器动作原理图及符号

(a) 原理图; (b) 符号

- 1—主弹簧; 2—主触头 3 副; 3—锁链; 4—搭钩; 5—轴;
6—电磁脱扣器; 7—杠杆; 8—电磁脱扣器衔铁;
9—弹簧; 10—欠压脱扣器衔铁; 11—欠压
脱扣器; 12—双金属片; 13—热元件



圈得电, 衔铁带动自由脱扣机构动作, 使主触头断开。

4. 低压断路器的选择

选择低压断路器时可按以下条件选用:

(1) 低压断路器的额定电压和额定电流应大于或等于线路、设备的正常工作电压和工作电流。

(2) 低压断路器的极限分断能力应大于或等于电路最大短路电流。

(3) 欠电压脱扣器的额定电压等于线路的额定电压。

(4) 过电流脱扣器(热脱扣器)的整定电流应与所控制的电动机的额定电流或线路负荷额定电流相一致。

(5) 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负荷电路正常工作时的尖峰电流。对于电动机, 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流值 I_z 可按下式计算

$$I_z \geq KI_q \quad (1-1)$$

式中 K ——安全系数, 可取 1.7;

I_q ——电动机的启动电流。

【例 1-1】某机床的电动机额定功率为 5.5kW, 电压为 380V, 电流为 11.25A, 启动电流为额定电流的 7 倍, 试求: 低压断路器过电流脱扣器的额定电流及电磁脱扣器的瞬时动作整定电流。

解 (1) 确定过电流脱扣器的额定电流。

根据电动机的额定电流 11.25A, 选用过电流脱扣器额定电流为 15A、相应整定电流调节范围为 10~15A 的低压断路器, 以便满足要求。

(2) 电磁脱扣器的瞬时动作整定电流。

电磁脱扣器瞬时动作整定值一般为过电流脱扣器额定电流的 8~12 倍(出厂时整定于 10 倍)。

过电流脱扣器的额定电流是 15A, 取出厂时整定值的 10 倍, 则电磁脱扣器的瞬时动作整定电流为

$$10 \times 15 = 150 \text{ (A)}$$

根据式 (1-1), 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流值 I_z 应满足

$$I_z \geq 1.7I_q = 1.7 \times 7 \times 11.25 = 134 \text{ (A)}$$

上面的计算结果表明, 应选用的低压断路器电磁脱扣器的瞬时动作整定电流为 150A, 计算出的瞬时脱扣整定电流值 I_z 是 134A, 此值小于 150A, 可满足要求。

5. 使用低压断路器的注意事项

(1) 低压断路器投入使用时应先按照要求整定热脱扣器的动作电流, 以后就不应随意旋动相关的螺钉和弹簧。

(2) 在安装低压断路器时, 应注意把来自电源的母线接到低压断路器灭弧罩一侧的端子上, 来自电气设备(负荷)的母线接到另一侧的端子上。

(3) 在正常情况下, 每 6 个月应对低压断路器进行 1 次检修, 清除灰尘。

(4) 发生断路、短路事故的动作后, 应立即对低压断路器触头进行清理, 检查有无熔坏, 清除金属熔粒、粉尘, 特别要把散落在绝缘体上的金属粉尘清除掉。



第三节 熔断器

熔断器是低压配电线路及动力设备控制电路中用作过负荷和短路保护的电器，它串联在线路中，当电路或电气设备发生短路或过负荷时，熔断器中的熔体首先熔断，使线路或电气设备脱离电源，起到保护作用。它具有结构简单，价格便宜，使用、维护方便，体积小，质量轻等优点，故得到广泛的应用。

熔断器主要由熔体和安装熔体的熔管（或熔座）2部分组成。熔体是熔断器的主要部分，常做成片状或丝状；熔管是熔体的保护外壳，在熔体熔断时兼有灭弧作用。

熔体的材料有2种：一种是低熔点材料，如铅、锡等合金制成的不同直径的圆丝（俗称熔丝），由于熔点低、不易熄弧，对熔断器各部分的温度影响小，一般用在小电流电路中；另一种是高熔点材料，如银、铜等，用在大电流电路中，熄弧较容易，但会引起熔断器过热，对过负荷时的保护作用较差。

每一种规格的熔体都有额定电流和熔断电流2个参数。通过熔体（丝）的电流小于其额定电流时，熔体不会熔断，只有在超过其额定电流并达到熔断电流时，熔体才会发热熔断。通过熔体的电流越大，熔体熔断越快。一般规定：熔体通过的电流为额定电流的1.3倍时，应在1h以上熔断；通过额定电流的1.6倍时，应在1h内熔断；电流达到2倍额定电流时，熔丝在30~40s后熔断；达到8~10倍额定电流时，熔体应瞬间熔断。熔断器在过负荷时动作不灵敏，当设备轻度过负荷时，熔断时间延迟很长，甚至不熔断。因此，熔断器不宜作为过负荷保护用，它主要作为短路保护用。

熔断电流一般是熔体额定电流的2倍。

熔管有额定工作电压、额定电流和断流能力3个参数。

若熔管的工作电压大于其额定工作电压，则当熔体熔断时有可能出现电弧不能熄灭的危险，熔管内所装熔体的额定电流必须小于或等于熔管的额定电流；断流能力表示熔管断开线路故障时所能切断的最大电流。

一、熔断器常用系列产品

1. 瓷插式熔断器

瓷插式熔断器由瓷盖、瓷底、动触头、静触头及熔丝5部分组成，常用的RC1A系列瓷插式熔断器的外形及结构如图1-6所示。

瓷盖和瓷底均用电工瓷制成，电源线及负荷线可分别接在瓷底两端的静触头上。瓷底座中间有一空腔，与瓷盖突出部分构成灭弧室。容量较大的熔断器在灭弧室中还垫有熄弧用的编织石棉。

RC1A系列瓷插式熔断器的额定电压为380V，额定电流有5、10、15、30、60、100A及200A等。常用熔断器的型号和规格见表1-3。

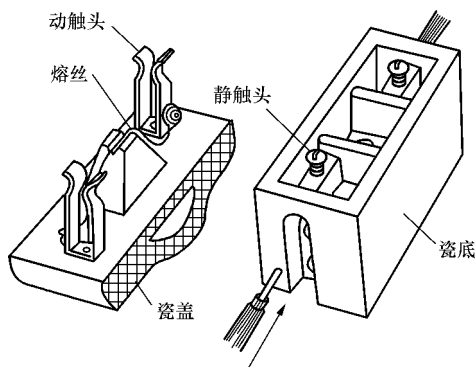


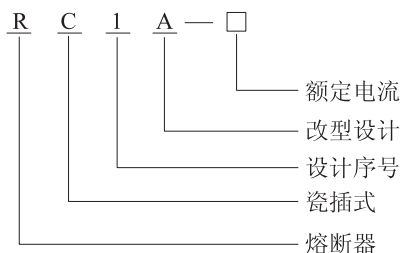
图1-6 瓷插式熔断器的外形及结构



表 1-3 常用低压熔断器的型号和规格

类 别	型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)
插入式熔断器	RC1A	380	5	2、4、5
			10	2、4、6、10
			15	6、10、15
			30	15、20、25、30
			60	30、40、50、60
			100	60、80、100
			200	100、120、150、200
螺旋式熔断器	RL1	500	15	2、4、5、6、10、15
			60	20、25、30、35、40、50、60
			100	60、80、100
			200	100、125、150、200
	RL2	500	25	2、4、6、10、15、20、25
			60	25、35、50、60
			100	80、100

型号意义如下：



RC1A 系列瓷插式熔断器价格便宜，更换方便，广泛用作照明和小容量电动机的短路保护。

2. 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器主要由瓷帽、熔断管（芯子）、瓷套、上接线端、下接线端及瓷座 6 部分组成。常用 RL1 系列螺旋式熔断器的外形及结构如图 1-7 所示。

RL1 系列螺旋式熔断器的熔断管内装有熔丝，在熔丝周围填满石英砂作为熄灭电弧用。熔断管的一端有一小红点，熔丝熔断后红点自动脱落，显示熔丝已熔断。使用时将熔断管有红点的一端插入瓷帽，瓷帽上有螺纹，将螺帽连同熔管一起拧进瓷底座，熔丝便接通电路。

在装接时，用电设备的连接线接到连接金属螺纹壳的上接线端，电源线接到瓷座的下