

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

可编程控制器 技术与应用

陈 艳 主 编
黄 晓 黄 英 鲁艳旻 副主编

清华大学出版社

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

可编程控制器技术与应用

陈 艳 主 编
黄 晓 黄 英 鲁艳旻 副主编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书以在国内使用较广泛的日本三菱公司 FX 系列 PLC 为背景,介绍了 PLC 的基本结构与工作原理,详细介绍了 FX 系列 PLC 的指令系统及应用,PLC 程序设计的方法,PLC 控制系统设计中应注意的问题。为了适应新的发展需要,本书还介绍了 PLC 网络通信、现场总线等新技术。为了便于学习,本书第 1 章中增加了电气控制的基础知识,第 8 章中给出了大量的应用实例。

本书可作为高等学校自动化、电气工程、机电一体化等相关专业的教材,也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器技术与应用/陈艳主编. —北京:清华大学出版社,2013

普通高等教育机电工程类应用型人才规划教材

ISBN 978-7-302-33756-6

I. ①可… II. ①陈… III. ①可编程控制器—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 211409 号



责任编辑:孙 坚 洪 英

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16.5

字 数:400 千字

版 次:2013 年 12 月第 1 版

印 次:2013 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00 元

产品编号:047946-01

前言

可编程序控制器(PLC)是以微处理器为核心的通用自动控制装置。它具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展、通用性强等优点,不仅可以取代继电器控制,还可以进行复杂的生产过程控制和应用于工厂自动化网络,被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。

本书编写时力求由浅入深、通俗易懂、理论联系实际。本书以在国内使用较广泛的日本三菱公司 FX 系列 PLC 为使用背景,介绍了 PLC 的基本结构与工作原理,详细介绍了 FX 系列 PLC 的指令系统及应用,PLC 程序设计的方法,PLC 控制系统设计中应注意的问题。为了适应新的发展需要,本书还介绍了 PLC 网络通信、现场总线等新技术。为了便于学习和应用,本书的第 1 章增加了电气控制的基础知识,第 8 章给出了大量的应用实例,第 1~7 章配有习题。

本书可作为高等学校自动化、电气工程、机电一体化等相关专业的教材,也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用。

本书由华中科技大学文华学院陈艳主编。参加编写的有华中科技大学文华学院鲁艳旻(绪论、第 1 章、第 7 章)、江汉大学文理学院黄晓(第 2 章、第 3 章、第 8 章)、武汉理工大学华夏学院黄英(第 4 章、附录 A、附录 B)、华中科技大学文华学院陈艳(第 5 章、第 6 章、附录 C),全书由陈艳统稿、修改和定稿。

本书在编写过程中得到了华中科技大学文华学院的领导以及机电学部实验实训中心的大力支持与帮助,华中科技大学的李元科教授、孙亲锡教授对本书提出了许多宝贵的意见,在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的水平,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 10 月

绪论	1
第 1 章 电气控制基础	4
1.1 常用的低压电器	4
1.1.1 低压电器概述	4
1.1.2 隔离器	5
1.1.3 断路器	6
1.1.4 熔断器	7
1.1.5 接触器	10
1.1.6 继电器	12
1.1.7 主令电器	16
1.2 电气控制电路图的基本知识	21
1.2.1 电气原理图	21
1.2.2 电气布置图	23
1.2.3 电气安装接线图	23
1.3 三相异步电机典型控制电路	24
1.3.1 基本控制电路	24
1.3.2 三相异步电动机的复杂控制电路	26
1.3.3 三相异步电动机电气控制系统中的保护环节	30
习题	32
第 2 章 可编程控制器基础知识	33
2.1 可编程控制器的基本组成	33
2.1.1 可编程控制器的硬件系统	33
2.1.2 可编程控制器的软件系统	37
2.1.3 可编程控制器的技术性能指标	38
2.2 PLC 的工作原理	41
2.2.1 PLC 扫描工作原理	41

2.2.2 PLC 执行程序的过程及特点	41
2.3 继电器控制系统和 PLC 控制系统的比较	42
习题	44
第 3 章 FX 系列可编程控制器简介	45
3.1 FX 系列 PLC 基本单元面板	45
3.2 FX 系列 PLC 硬件配置	46
3.2.1 FX 系列 PLC 硬件介绍	46
3.2.2 FX 系列 PLC 的性能指标比较	49
3.3 FX 系列可编程控制器的编程元件	50
3.3.1 可编程控制器的编程元件	50
3.3.2 FX2N 系列 PLC 编程元件	50
习题	61
第 4 章 FX 系列 PLC 的指令系统	63
4.1 基本逻辑指令	63
4.1.1 触点指令 LD/LDI/AND/ANI/OR/ORI	63
4.1.2 连接指令 ANB/ORB/MPS/MRD/MPP	65
4.1.3 输出指令 OUT/SET/RST/PLS/PLF/INV	69
4.1.4 主控指令 MC/MCR	72
4.1.5 取脉冲指令 LDP/LDF/ANDP/ANDF/ORP/ORF	75
4.1.6 其他指令 NOP/END	77
4.2 步进指令	78
4.3 应用指令	79
4.3.1 应用指令的基础知识	79
4.3.2 程序流控制指令	81
4.3.3 比较传送与数据变换指令	86
4.3.4 算术运算与字逻辑运算指令	90
4.3.5 循环移位与移位指令	93
4.3.6 数据处理指令	96
4.3.7 其他数据处理指令	100
4.3.8 高速处理指令	100
4.3.9 方便指令	105
4.3.10 外部 I/O 设备指令	108
4.3.11 外部设备指令	115
习题	118
第 5 章 可编程控制器的程序设计方法	121
5.1 梯形图的编程规则	121

5.2	PLC 程序的经验设计法	123
5.2.1	典型单元的梯形图程序	123
5.2.2	PLC 程序经验设计法概述	129
5.2.3	设计举例	129
5.3	PLC 程序的替代设计法	133
5.3.1	概述	133
5.3.2	设计举例	134
5.4	PLC 程序的顺序控制设计法	138
5.4.1	概述	138
5.4.2	顺序控制法设计步骤	138
5.4.3	绘制顺序功能图举例	142
5.4.4	顺序控制梯形图的编程方式	143
5.5	PLC 复杂程序设计及调试说明	158
	习题	160
第 6 章	PLC 控制系统的设计	163
6.1	PLC 控制系统设计的基本原则与设计步骤	163
6.1.1	PLC 控制系统设计的基本原则	163
6.1.2	PLC 控制系统的设计步骤	164
6.2	PLC 的选择	165
6.2.1	PLC 机型的选择	165
6.2.2	PLC 容量的选择	166
6.2.3	输入输出(I/O)模块的选择	167
6.2.4	电源模块及其他外设的选择	169
6.3	PLC 与输入输出设备的连接	170
6.3.1	PLC 与常用输入设备的连接	170
6.3.2	PLC 与常用输出设备的连接	172
6.4	减少 I/O 点数的措施	173
6.4.1	减少输入点的方法	174
6.4.2	减少输出点的方法	176
6.5	PLC 控制系统的设计举例	177
6.5.1	PLC 在机械手控制系统中的应用	177
6.5.2	PLC 在 HZC3Z 型轴承专用机床改造中的应用	183
	习题	195
第 7 章	可编程控制器通信与网络技术	196
7.1	PLC 通信基础	196
7.1.1	PLC 通信的基本内容	196
7.1.2	通信的基本类型	198

7.1.3	通信的基本要求	201
7.1.4	PLC 与外设的通信连接形式	207
7.2	PLC 网络基础	208
7.2.1	网络技术的产生与发展	208
7.2.2	网络的结构与组成	209
7.2.3	网络的访问协议	213
7.2.4	PLC 网络系统	215
7.3	PLC 通信与网络技术的应用	217
7.3.1	系统构成	217
7.3.2	三菱 FR-A500 系列变频器	218
7.3.3	通信程序设计	219
	习题	222
第 8 章	PLC 应用实例	223
8.1	水塔水位自动控制	223
8.2	交通灯控制	224
8.2.1	十字路口交通灯控制	224
8.2.2	按钮人行道交通灯控制	225
8.3	送料车自动循环控制	227
8.4	圆盘旋转控制	228
8.5	自助洗车控制系统	229
8.6	组合机床控制	230
8.7	传送机械手控制	232
8.8	台车的呼车控制	233
8.9	机械手控制	236
附录 A	FX 系列 PLC 功能指令一览表	239
附录 B	FX 系列 PLC 错误代码一览表	244
附录 C	三菱 GX Developer 编程软件的使用	249
	参考文献	255

绪 论

1. 可编程控制器的由来及在工业自动化中的地位

可编程控制器是随着继电器控制技术和计算机控制技术的发展而迅速发展起来的工业控制器。

早期的可编程控制器主要用来代替继电器,实现逻辑运算、定时等处理。它以开关量的形式输出,控制各种类型的生产机械或生产过程。

随着大规模集成电路和计算机技术的迅速发展,可编程控制器的功能不仅限于开关量的逻辑控制,还增加了算术运算、数据处理、通信与联网等各种强大的功能。

1969年,美国数字设备公司(DEC)研制出了第一台可编程控制器 PDP-14,并在美国通用汽车公司(GM)生产线上首次应用成功。这种新型的工业控制装置以其简单易懂、操作方便、可靠性高、通用灵活、体积小和使用寿命长等一系列优点,很快在美国其他工业领域得到推广应用。

自美国研制出世界上第一台可编程控制器以后,日本、德国、英国、法国也相继开发出了各类可编程控制器,并广泛应用。

20世纪70年代末和80年代初,可编程控制器已成为工业控制领域内占主导地位的基础自动化设备。

在美国,可编程控制器的销售额的年增长率大于20%,在石油化工、冶金、机械等行业中的应用也相当广泛。

日本自1971年研制出第一台 DCS-8 型可编程控制器,几十年以来发展非常迅速,并主要发展中小型的可编程控制器。日本的小型可编程控制器的产品性能先进、结构紧凑、价格便宜,因而在世界市场上占有重要地位。

我国从20世纪80年代开始,也引进了可编程控制器,并逐步开始自行研制各种可编程控制器产品。

目前这种以微处理器为核心,集自动化技术、计算机技术、通信技术为一体的控制器已被广泛应用于钢铁、冶金、机械加工、汽车制造、石油化工、轻工食品、能源交通等几乎所有的工业领域。

2. 可编程控制器的定义及特点

为了使可编程控制器的生产和发展标准化,1987年国际电工委员会(IEC)通过了对它的定义:

可编程控制器是一种数字运算操作的电子装置或系统。它采用可编程的存储器,在其内部存储程序,执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令,并通过数字式或模拟式输入输出来控制各种机械或生产过程。

可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)具有下列特点:

1) 可靠性

与继电器逻辑控制系统相比较, PLC 的可靠性大幅度提高, 主要表现在:

(1) PLC 不需要大量的活动部件和电子元件, 它的接线也大大减少。系统的维修简单、维修时间缩短, 因此可靠性得到提高。

(2) PLC 采用了一系列可靠性设计的方法进行设计, 例如冗余设计、掉电保护、故障诊断和信息保护及恢复等, 使可靠性也得到了提高。

(3) PLC 的编程简单、操作方便、维修容易, 因此对操作和维修人员的技能要求降低, 容易学习和掌握, 不容易发生操作的失误, 可靠性高。

与通用的计算机控制系统相比较, PLC 的可靠性提高, 主要表现在:

(1) PLC 是为工业生产过程控制而专门设计的控制装置, 它具有比通用计算机控制系统更简单的编程语言和更可靠的硬件。

(2) 在 PLC 的硬件设计方面, 采用了一系列提高可靠性的措施。

(3) 在 PLC 的软件设计方面, 也采取了一系列提高系统可靠性的措施。

2) 易操作性

PLC 的易操作性表现在:

(1) 操作方便, 对 PLC 的操作包括程序输入的操作和程序更改的操作。

(2) 编程方便, PLC 有多种程序设计语言可供使用。

(3) 维修方便, PLC 所具有的自诊断功能对维修人员维修技能的要求降低了。

3) 灵活性

PLC 的灵活性表现在:

(1) 编程的灵活性。PLC 采用的编程语言有梯形图、布尔助记符、功能表图、功能模块图和语句描述编程语言, 只要掌握其中一种语言就可以进行编程。

(2) 扩展的灵活性。各个模块都有扩展的端口, 可以灵活地使用。

(3) 操作的灵活性。操作的灵活性是指设计的工作量大大减少, 编程的工作量和安装施工的工作量大大减少, 操作十分灵活方便, 监视和控制变得容易。

3. 可编程控制器的发展趋势

目前, 根据现在的 PLC 应用, 其发展趋势有下列几种:

1) 大型 PLC 向高速度、多级分布控制方向发展

大型的 PLC 采用多微处理器系统, 有的还采用 32 位微处理器, 可同时进行多任务操作, 如由一个 CPU 分管逻辑运算及专用的功能指令, 另一个 CPU 专与输入输出模块通信, 还可单独用一个 CPU 作故障处理及诊断等, 这增加了可编程控制器的工作速度及功能。

采用多种多功能编程语言和先进指令系统, 增加了过程控制和数据处理的功能, 如多 PID 回路和用户组态模拟、报警编程、数据文件传送、浮点运算等。

采用多种多功能编程语言和先进指令系统, 提高了联网通信能力, 实现 PLC 与 PLC 之间、PLC 与计算机之间的通信网络, 构成由计算机集中管理, 用 PLC 进行分散控制的集散控制管理系统。

2) 小型 PLC 向高度集成化、高可靠性方向发展

小型、微型的 PLC(I/O 总数小于 128 点) 具有更高集成化的微处理器, 除应具有开关

型逻辑控制、定时器、计数器、逻辑运算功能外,还应具有处理模拟量 I/O,增加字运算的功能。

单片可编程控制器同时也需增加通信功能,能与其他 PLC、调速装置、智能现场设备和各种网络连接,并和个人计算机连接,构成分布式控制系统。

3) 向高开放性方向发展

PLC 的软、硬件体系结构通常是封闭的而不是开放的,绝大多数的 PLC 是专用总线、专用通信网络及协议,编程虽多为梯形图,但各公司的组态、寻址、语句结构不一致,使各种 PLC 互不兼容。

国际电工协会(IEC)在 1992 年颁布了《可编程控制器的编程软件标准》(IEC 1131—3),为各 PLC 厂家编程的标准化铺平了道路。

4) 向智能化、网络化方向发展

为满足各种控制系统的要求,出现了许多智能功能模块,如高速计数模块、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。计算机与 PLC 之间,以及各个 PLC 之间的联网和通信能力也不断增加,使工业网络可以有效节省资源、降低成本、提高系统的可靠性和灵活性。

而且工业控制中普遍采用金字塔结构的多级工业网络,适用于 PLC 硬件技术。并随着工业软件的迅速发展,已经可以通过 PLC 本身的软硬件实现内部故障的检测、处理。众多厂家均开始致力于研制、发展用于检测外部故障的专用功能模块,以进一步提高系统的可靠性。

电气控制基础

随着自动控制技术的发展,传统的以高低压电器为主的控制方式,虽然已经逐渐被集散控制系统(DCS)、可编程控制系统(PLC)、嵌入式控制系统(ECS)等所替代,但是,掌握低压电器的知识和继电器控制技术也是有效运用 DCS、PLC、ECS 等先进控制设备所必需的。本章介绍了常用低压电器的结构、工作原理、用途、型号及符号等知识,分析了三相异步电机典型控制线路,帮助读者学会分析和设计电气控制线路的基本方法,为后续章节的学习打下基础。

1.1 常用的低压电器

1.1.1 低压电器概述

低压电器,通常指工作在交流 1200V 以下、直流 1500V 以下电路中的电器。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、指示与调节。

低压电器用途广泛,功能多样,种类繁多。下面是几种常用的低压电器分类。

1. 低压电器按用途或控制对象划分

(1) 低压配电电器 主要用于低压配电系统中,要求系统发生故障时准确动作、可靠工作,使电器不会被损坏。如刀开关、转换开关、熔断器、断路器等。

(2) 低压控制电器 主要用于电气传动系统中。要求寿命长、体积小、质量轻且动作迅速、准确、可靠。如接触器、继电器、启动器、主令电器等。

2. 低压电器按动作方式划分

(1) 自动切换电器 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) 非自动切换电器 主要是用外力(如人力)直接操作来进行切换的电器。如刀开关、转换开关、按钮等。

3. 低压电器按执行功能划分

(1) 有触点电器 有可分离的动触点、静触点,并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、电子式时间继电器等。

4. 低压电器按工作原理划分

(1) 电磁式电器 根据电磁感应原理来动作的电器。如交流、直流接触器,各种电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器 依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

常用的低压电器主要有:接触器、继电器、刀开关、断路器(空气自动开关)、转换开关、行程开关、按钮、熔断器等。

1.1.2 隔离器(刀开关)

低压隔离器是一种最常见的手动电器,又称闸刀,主要用于低压配电设备中隔离电源和小容量负载非频繁启动的操作开关。

低压刀开关结构图如图 1.1(a)所示,图形符号如 1.1(b)所示。带有熔断的刀开关称为熔断器式刀开关。刀开关按极数分为单极、双极和三极;按转换方式分为单投方式和双投方式。

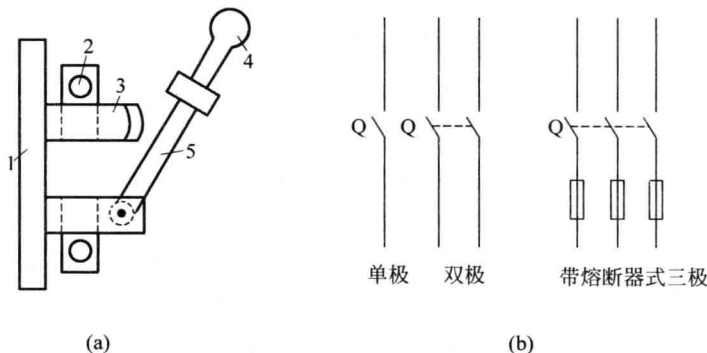


图 1.1 低压刀开关的结构与图形符号

1—绝缘底板; 2,3—触刀插座; 4—操作手柄; 5—触刀

(a) 一般刀开关结构; (b) 刀开关的图形符号

刀开关型号及其含义如图 1.2 所示。主要技术参数包括:

- (1) 额定电流 长期通过的最大允许电流。
- (2) 额定电压 长期工作所承受的最大电压。
- (3) 机械寿命 刀开关在不带电的情况下所能承受的操作次数。
- (4) 电寿命 刀开关在额定电压下能可靠地分断额定电流的工作次数。
- (5) 短时耐受电流 当发生短路时,刀开关在指定时间内通以某一短路电流而未发生熔焊现象,则称该短路电流为短时耐受电流,通常为 1s。
- (6) 动态稳定电流峰值 当发生短路时,刀开关不产生变形、破坏或触刀自动弹出现象时的最大短路电流峰值。

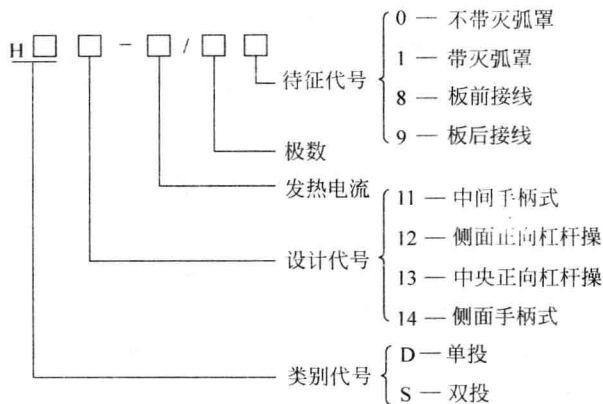


图 1.2 低压刀开关型号及其含义

1.1.3 断路器

低压断路器也称为自动空气开关,可用来接通和分断负载电路,也可用来控制不频繁启动的电动机。具有过载、短路、欠电压保护等多项保护功能,具有动作值可调、分断能力高、操作方便安全等优点。

低压断路器的功能相当于闸刀开关、过电流继电器、失压继电器、热继电器及漏电保护器等电器部分或全部的功能总和,是低压配电网中一种重要的保护电器。

1. 低压断路器的结构及工作原理

低压断路器结构如图 1.3 所示,由操作机构、触头系统、自由脱扣机构(由锁键、搭钩、杠杆等组成)、各种脱扣器、灭弧系统、辅助触头、框架及外壳等组成。

低压断路器的主触点是靠手动操作或电动合闸的。主触点闭合后,自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联,欠电压脱扣器的线圈和电源并联。当电路发生短路或严重过载时,过电流脱扣器的衔铁吸合,使自由脱扣机构动作,主触点断开主电路。当电路过载时,热脱扣器的热元件发热使双金属片向上弯曲,推动自由脱扣机构动作。当电路欠电压时,欠电压脱扣器的衔铁释放,使自由脱扣机构动作。分励脱扣器则作为远距离控制用,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,使线圈通电,衔铁带动自由脱扣机构动作,使主触点闭合。

低压断路器的主要参数包括:额定电压、额定绝缘电压、额定电流、极数、脱扣器类型及其额定电流、脱扣器的电流整定范围、辅助触头、额定分断能力等。其图形符号如图 1.4 所示。

2. 低压断路器的常用类型

(1) 万能式低压断路器 万能式低压断路器具有绝缘衬底的框架机构底座,各部件皆采用敞开式组装方式,便于安装维护。它主要适用于配电网,用来分配电能、保护线路和防止电源设备的过载、欠电压及短路。在正常条件下,它可作为线路的不频繁转换之用。

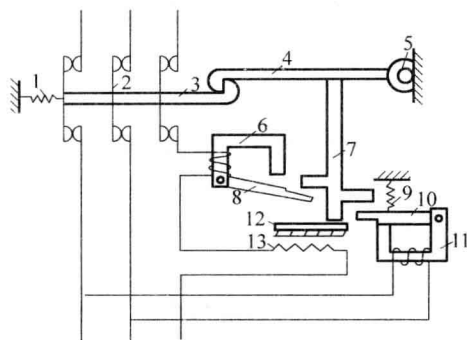


图 1.3 低压断路器结构示意图

1,9—弹簧；2—主触点；3—锁键；4—搭钩；5—轴；6—过电流脱扣器；
7—杠杆；8,10—衔铁；11—欠电压脱扣器；12—双金属片；13—热元件

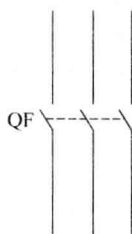


图 1.4 低压断路器图形符号

(2) 塑壳式低压断路器 塑壳式低压断路器的所有组件安装在绝缘材料制成的封闭型外壳内,可用于配电线路中接通或分断电路,作线路和电源设备的过载及短路保护之用;也可作电动机的不频繁启动和转换之用,作为电动机的启动及过载、短路、欠电压保护,如 DZ5、DZ10、DZ15 等型号的断路器。

(3) 快速断路器 快速断路器具有快速动作和保护装置,用于半导体整流元件和装置的保护,如 DS 型的断路器。

(4) 限流断路器 限流断路器利用电动斥力使动、静触点迅速分离,其分断时间短到足以使电流在尚未达到预期峰值前即被分断。它主要用于短路电流相当大的电路中,如 DZX10、DWX15 等型号的断路器。

3. 低压断路器的选用

低压断路器的选用应考虑以下条件:

(1) 根据线路对保护的要求确定断路器的类型和保护形式,确定选用框架式、装置式或限流方式等。

(2) 断路器的额定电压应等于或大于被保护线路的额定电压。

(3) 断路器欠电压脱扣器额定电压应等于被保护线路的额定电压。

(4) 断路器的额定电流及过流脱扣器的额定电流应大于或等于被保护线路的计算电流。

(5) 断路器的极限分断能力应大于线路的最大短路电流的有效值。

(6) 配电线路的上、下级断路器的保护特性应协调配合,下级的保护特性应位于上级保护特性的下方且不相交,避免越级跳闸现象。

(7) 断路器的长延时脱扣电流应小于导线允许的持续电流。

1.1.4 熔断器

熔断器是低压配电系统和电力拖动系统中过载和短路保护作用的电器。使用时,熔体串接于被保护的电路中,当流过熔断器的电流大于规定值时,以其自身产生的热量使熔体熔断,从而自动切断电路,实现过载和短路保护。

熔断器具有结构简单、体积小、质量轻、使用维护方便、价格低廉、分断能力较强、限流能力良好等优点,因此在强电系统和弱电系统中都得到广泛应用。

1. 熔断器的结构原理及分类

熔断器由熔体和安装熔体的绝缘底座(或称熔管)组成。熔体由易熔金属材料铅、锌、锡、铜、银及其合金制成,形状常为丝状或网状。由铅锡合金和锌等低熔点金属制成的熔体,因不易灭弧,多用于小电流电路;由铜、银等高熔点金属制成的熔体,易于灭弧,多用于大电流电路。

熔断器串接于被保护电路中,电流通过熔体时产生的热量与电流大小和电流通过的时间成正比,电流越大,则熔体熔断时间越短,这种特性称为熔断器的保护特性或安秒特性。

熔断器按结构分为开启式、半封闭式和封闭式;按有无填料分为有填料式、无填料式;按用途分为工业用熔断器、保护半导体器件熔断器及自复式熔断器等。

2. 熔断器的主要技术参数

熔断器主要技术参数包括额定电压、熔体额定电流、熔断器额定电流、极限分断能力等,其值一般等于或大于电气设备的额定值。

(1) 额定电压 指保证熔断器能长期正常工作的电压。

(2) 熔体额定电流 指熔体长期通过而不会熔断的电流。

(3) 熔断器额定电流 指保证熔断器(指绝缘底座)能长期正常工作的电流。

应该注意的是使用过程中,熔断器的额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流。

(4) 极限分断能力 指熔断器在额定电压下所能开断的最大短路电流。在电路中出现最大电流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。

3. 常用的熔断器

(1) 插入式熔断器 插入式熔断器如图 1.5 所示,常用产品有 RC1A 系列,主要用于低压分支电路的短路保护,因其分断能力较小,多用于照明电路中。

(2) 螺旋式熔断器 螺旋式熔断器如图 1.6 所示,常用产品有 RL6、RL7、RLS2 等系列,该系列产品的熔管内装有石英砂,用于熄灭电弧,分断能力强。熔体上的上端盖有一熔断指示器,一旦熔体熔断,指示器马上弹出,可透过瓷帽上的玻璃孔观察到。其中 RL6、RL7 多用于机床配电电路中;RL8 为快速熔断器,主要用于保护半导体元件。

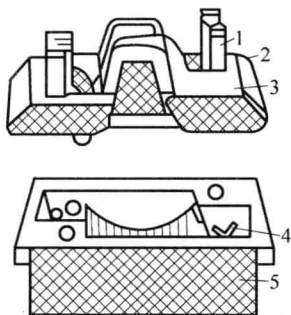


图 1.5 插入式熔断器

1—动触点; 2—熔体; 3—瓷插件; 4—静触点; 5—瓷座

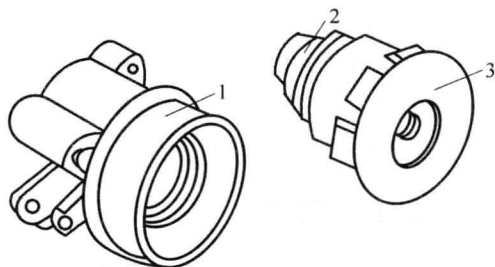


图 1.6 螺旋式熔断器

1—底座; 2—熔体; 3—瓷帽

(3) 封闭管式熔断器 该熔断器分为无填料管式(图 1.7)、有填料管式(图 1.8)和快速熔断器三种。常用产品有 RM10、RT12、RT14、RT15、RS3 等系列。其中, RM10 为无填料的, 常用于低压电力网或成套配电设备中; RT12、RT13、RT14 系列为有填料的熔断器, 填料为石英砂, 用来冷却和熄灭电弧, 常用于大容量电力网或配电设备中。RS2 系列为快速熔断器, 主要用于保护半导体元件。

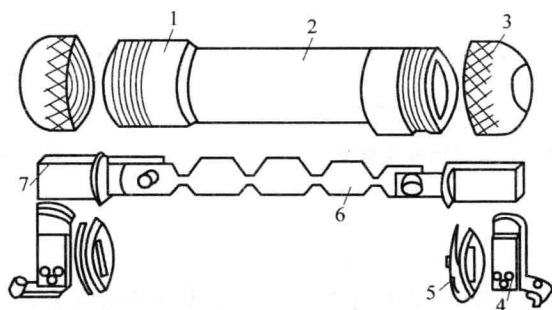


图 1.7 无填料封闭管式熔断器

1—钢圈；2—熔断管；3—管帽；4—插座；5—特殊垫圈；6—熔体；7—熔片

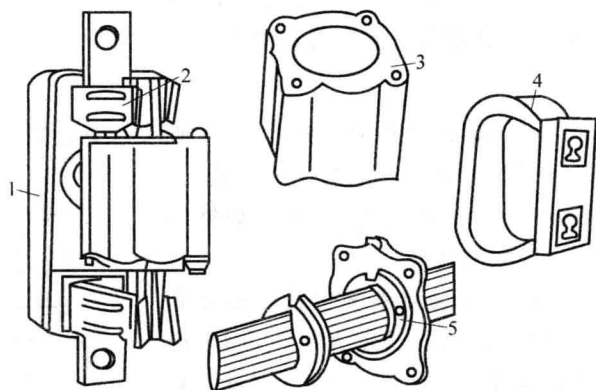


图 1.8 有填料封闭管式熔断器

1—瓷底座；2—弹簧片；3—管体；4—绝缘手柄；5—熔体

4. 其他类型的熔断器

(1) 自复式熔断器 利用金属钠作熔体, 在常温下具有高电导率, 允许通过正常工作电流。当电路发生短路故障时, 短路电流产生高温使金属钠迅速汽化、气态钠呈现高阻态, 从而限制了短路电流。当故障消除后, 温度下降, 金属钠重新固化, 恢复其良好的导电性。其优点是不必更换熔体, 能重复使用, 但由于只能限流而不能切断故障电路, 故一般与断路器配合使用。常用产品有 RZ1 系列。

(2) 高分断能力熔断器 根据德国 AGC 公司制造技术标准生产的 NT 型系列产品为低压高分断能力熔断器, 额定电压 660V, 额定电流 1000A, 分断能力可达 120kA, 适用于工业电气设备、配电装置的过载和短路保护。NGT 型熔断器可作为半导体器件保护。

5. 熔断器型号及电气符号

熔断器型号及含义如图 1.9 所示, 熔断器电气符号如图 1.10 所示。