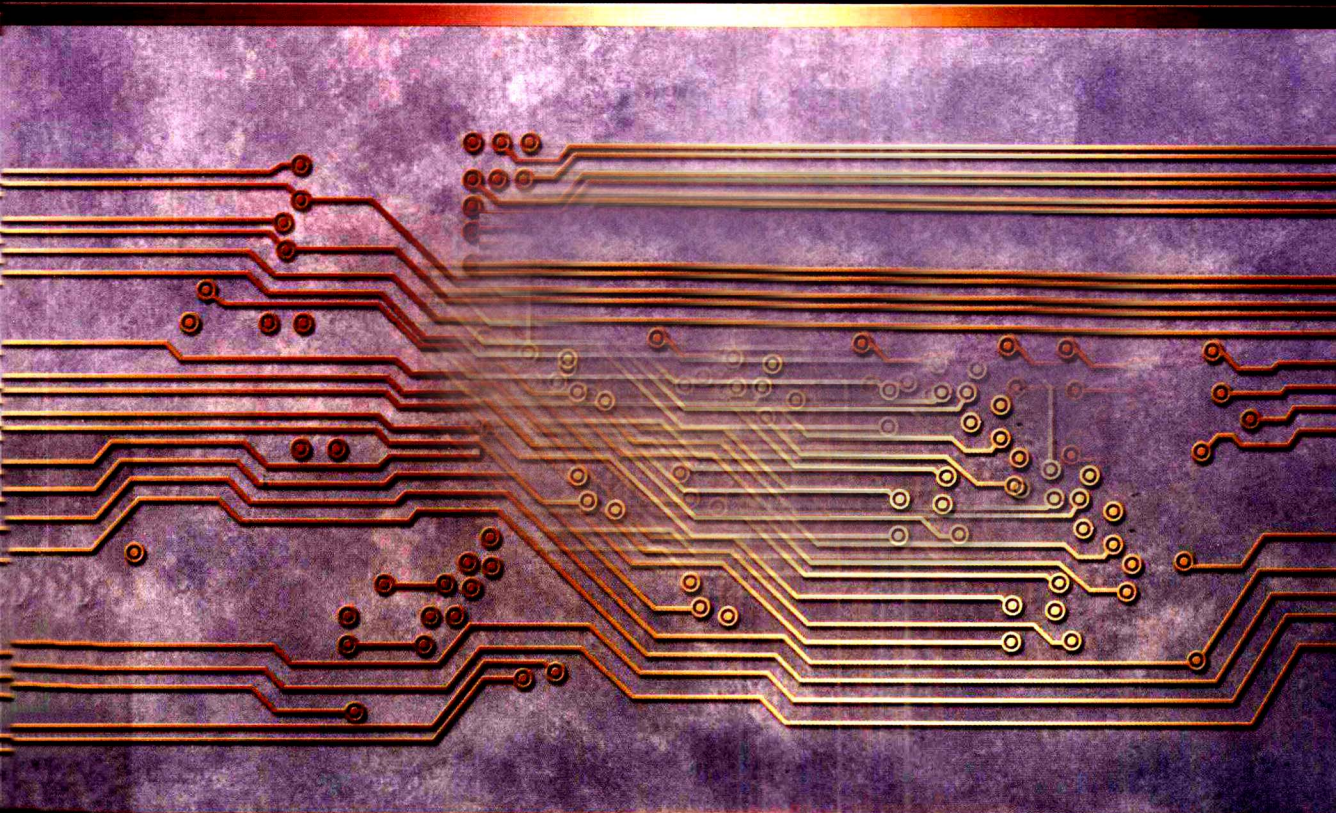


新编电气与电子信息类本科规划教材

电气控制与PLC

应用技术

黄宋魏 邹金慧 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编电气与电子信息类本科规划教材

电气控制与 PLC 应用技术

黄宋魏 邹金慧 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从实际应用的角度,系统介绍控制系统的分析与设计开发过程。全书共 11 章,内容包括:常用低压电器的原理、结构及选用,各种电气图的设计规范及方法,电机及电气控制,PLC 的基础知识,顺序功能图(SFC)和步进梯形图的编程方法及实际应用,PLC 常用的各种功能指令,中断功能及常用特殊功能模块,PLC 通信与上位监控软件,三菱 PLC 的编程软件及调试,PLC 的应用开发基础,PLC 的应用实例。本书语言通畅、叙述清楚,各章均附有习题与思考题。

本书既可作为自动化、电气自动化、机电一体化、测控技术与仪器等相关专业的教学用书,也可作为有关工程技术人员参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用技术 / 黄宋魏, 邹金慧主编. —北京: 电子工业出版社, 2010. 7

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 978-7-121-11226-3

I. ①电… II. ①黄… ②邹… III. ①电气控制—高等学校—教材②可编程序控制器—高等学校—教材
IV. ①TM571. 2②TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 124346 号

责任编辑: 凌 毅 特约编辑: 张 莉

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 19.5 字数: 500 千字

印 次: 2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 32.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

目前,很多高等院校已经将“电气控制技术”和“可编程控制器原理及应用”两门课程合并为“电气控制与可编程控制器”一门课程,并制定了相应的教学大纲,针对这种教学安排和电气控制与可编程控制器的最新发展,结合控制系统的应用开发流程,我们组织编写了此书。

以往的学生在学完本课程后,往往还是不会实际应用,没有系统的概念。本书从实际应用的角度,系统地介绍了一个控制系统的分析与设计开发过程。本书主要有以下特点:①介绍最新电气元件和电气图的设计;②介绍各种电机负载与变频器控制;③以目前三菱小型 PLC 中功能最强的 FX3U 机型为背景机,系统介绍 PLC 的工作原理及应用,通过大量实例详细讲解了其基本指令、步进指令及各种功能指令的用法和功能图(SFC)的编程;④介绍几种常用的上位监控组态软件的开发使用方法和三菱 PLC 的编程软件;⑤介绍多种中断控制功能,较全面地介绍 FX 系列各种特殊功能模块的使用和编程方法,着重介绍了最新的、可以直接指定到缓冲存储器的 FX3U-4AD 和 FX3U-4DA 特殊功能模块的用法;⑥详细介绍两个完整的工程应用实例;⑦各章附有习题与思考题;⑧书末附有作者精心挑选的 FX PLC 资料速查表。在编写过程中,编者力求做到语言通畅、叙述清楚、讲解细致,所有内容尽可能多地融入自己的工程经验和成果,其内容的编排基本按照工程的实际开发流程进行,做到循序渐进、层层深入,理论联系实际,使读者能够学有所用。

全书共 11 章,第 1 章主要介绍常用低压电器的原理、结构及选用,其中增加了许多新型器件的内容。第 2 章从工程的角度详细介绍各种电气图的设计规范及方法。第 3 章首先介绍几种电动机的原理结构及用途,接着介绍变频器的原理、选型及实际应用,然后用较大篇幅介绍常用控制线路基本环节的设计和工作原理。第 4 章首先叙述 PLC 的软硬件组成、工作原理、编程调试设备等基础知识,然后以功能强大的三菱 FX3U PLC 为背景机,介绍 PLC 的各种软元件及寻址方式、基本指令及典型应用实例等。第 5 章介绍顺序功能图(SFC)和步进梯形图的编程方法及实际应用。第 6 章详细介绍 PLC 常用的各种功能指令,并通过实例阐述其具体的编程实现方法。第 7 章系统地介绍 PLC 的各种中断功能及实现模拟量控制的常用特殊功能模块(如 A/D、D/A、温度控制等),详细介绍这些特殊功能模块的功能、接线方法及应用。第 8 章首先介绍各种通信方式、通信接口等基本概念,然后从系统的角度介绍 PLC 与上位计算机的通信方法,并简单介绍目前常用的上位监控组态软件的功能及使用方法。第 9 章通过实例介绍三菱 PLC 的编程软件的编程、监视及调试等方法。第 10 章介绍 PLC 控制系统的开发设计步骤、PLC 选型及系统配置、外部电路的设计及系统的抗干扰措施等。第 11 章介绍作者的两个 PLC 控制系统的应用实例。本书的附录还提供了常用电器的图文符号和 FX 系列 PLC 的性能规格、产品型号、功能指令及常用的特殊软元件。

本书既可作为自动化、电气自动化、机电一体化、测控技术与仪器等相关专业的教学用书,也可作为广大工程技术人员的参考用书。教学时,可根据各专业基础课程的开设情况、课时的多少,对某些章节进行选择。

本书由黄宋魏、邹金慧担任主编。黄宋魏编写第1章、第2章、3.1节、3.2节、3.3.3节、3.3.4节、第7章、10.3节、10.4节、第11章及附录,并负责全书的组织工作;邹金慧编写前言、第4章、第6章及各章习题,并负责全书的组织、统稿和改稿工作;第5章、第8章由邹金慧和刘永泰共同编写;第9章由刘永泰编写;3.3.1节、3.3.2节、3.4节、10.1节、10.2节由祝晓红编写。

在编写过程中,部分内容参考了三菱电机自动化(中国)有限公司的有关资料(见参考文献),在此,对参考文献的作者和单位表示衷心的感谢!

由于本书编者水平有限,编写时间仓促,虽已尽心尽力,并多次修改,但书中难免仍有错误和不足之处,恳请读者批评指正。作者的电子邮箱:kmhsw@163.com 或 km.zjh@163.com。

编 者
2010年5月

目 录

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 概述	1
1.1.1 低压电器的分类	1
1.1.2 低压电器的型号表示法	2
1.1.3 低压电器的主要技术数据	4
1.2 电磁装置	5
1.2.1 电磁机构	5
1.2.2 触头系统	6
1.2.3 电弧的产生与熄灭	7
1.3 接触器	8
1.3.1 接触器的结构	8
1.3.2 接触器的工作原理	8
1.3.3 接触器的选型	9
1.4 继电器	10
1.4.1 热继电器	10
1.4.2 时间继电器	12
1.4.3 电磁式继电器	14
1.4.4 速度继电器	15
1.4.5 固态继电器	16
1.5 主令电器	18
1.5.1 控制按钮	19
1.5.2 行程开关	19
1.5.3 接近开关	20
1.5.4 万能转换开关	22
1.6 开关电器	23
1.6.1 刀开关	23
1.6.2 低压断路器	23
1.6.3 漏电保护断路器	25
1.7 熔断器	27
1.7.1 熔断器的用途和分类	27
1.7.2 熔断器的结构及工作原理	28
1.7.3 熔断器的选用	28
习题与思考题	28
第 2 章 电气图设计基础	30
2.1 电气图的种类及特点	30
2.1.1 电气图的种类	30

2.1.2 电气图的特点	31
2.2 电气图文符号的组成及使用说明	32
2.2.1 图形符号的组成	32
2.2.2 图形符号的使用说明	33
2.2.3 电气图中的文字符号	33
2.3 电气图设计规范及电气元件的基本表示方法	34
2.3.1 电气图中的项目代号	34
2.3.2 电气图的一般规则	35
2.3.3 图线、字体及其他	36
2.4 电气图的绘制方法	39
2.4.1 电气图的组成	39
2.4.2 电气图的布局	39
2.4.3 电气图上位置的表示方法	40
2.4.4 电气元件的表示方法	40
2.4.5 连接线的表示方法	43
2.4.6 电气原理图的绘制	44
2.4.7 电气元件布置图的绘制	45
2.4.8 接线图的绘制	45
习题与思考题	46
第3章 电机及电气控制	47
3.1 电机的结构、基本工作原理及用途	47
3.1.1 三相异步电机	47
3.1.2 三相同步电机	50
3.1.3 单相异步电动机	52
3.1.4 直流电机	53
3.2 通用变频器	56
3.2.1 通用变频器的发展趋势	56
3.2.2 变频器的基本原理	57
3.2.3 变频器的基本结构	58
3.2.4 逆变电路的基本工作原理	59
3.2.5 变频器的选型	59
3.2.6 变频器外形及应用接线	61
3.3 三相异步电机的启动控制线路	62
3.3.1 全压启动控制线路	62
3.3.2 降压启动控制线路	64
3.3.3 电子软启动器及其启动的控制线路	69
3.3.4 液阻软启动器及其启动的控制线路	70
3.4 其他典型控制线路	71
3.4.1 三相异步电机的正反转控制线路	71
3.4.2 多台电机顺序启停控制线路	73
习题与思考题	74
第4章 PLC 的基础知识	76
4.1 PLC 综述	76

4.1.1	PLC 的产生及定义	76
4.1.2	PLC 的特点及分类	77
4.1.3	PLC 的应用及发展趋势	80
4.1.4	PLC 控制与继电器控制的区别	82
4.1.5	国内外 PLC 产品介绍	83
4.2	PLC 的硬件组成	85
4.2.1	中央处理器(CPU)	85
4.2.2	存储器	86
4.2.3	输入接口	87
4.2.4	输出接口	88
4.2.5	其他接口及电源	90
4.3	PLC 的软件组成	90
4.4	PLC 的工作原理	91
4.4.1	PLC 的等效工作电路	91
4.4.2	PLC 的工作特点及工作过程	93
4.4.3	PLC 的输入/输出响应滞后现象	95
4.5	编程调试设备	96
4.6	PLC 的编程语言及编程规则	97
4.6.1	PLC 的编程语言	98
4.6.2	编程规则	100
4.7	PLC 的软元件	101
4.7.1	输入/输出继电器	103
4.7.2	辅助继电器	104
4.7.3	状态继电器	106
4.7.4	定时器	107
4.7.5	计数器	108
4.7.6	数据寄存器	112
4.7.7	指针	114
4.8	指令常数及软元件的使用方法	115
4.8.1	常数及字符串	115
4.8.2	位的数据表示与字软元件的位指定	116
4.8.3	缓冲存储器的直接指定	116
4.9	FX3U/FX3UC 系列 PLC 的基本逻辑指令	116
4.9.1	操作开始指令(LD/LDI)	116
4.9.2	触点串联连接指令(AND/ANI)	117
4.9.3	触点并联连接指令(OR/ORI)	117
4.9.4	支路(电路块)连接指令(ANB/ORB)	118
4.9.5	输出指令(OUT)	118
4.9.6	边沿检测指令(LDP/LDF、ANDP/ANDF、ORP/ORF)	119
4.9.7	置位与复位指令(SET/RST)	120
4.9.8	脉冲微分输出指令(PLS/PLF)	121
4.9.9	栈操作指令(MPS/MRD/MPP)	122
4.9.10	主控指令(MC/MCR)	123
4.9.11	运算结果取反指令(INV)	125

4.9.12	运算结果脉冲化指令(MEP/MEF)	125
4.9.13	空操作与用户程序结束指令(NOP/END)	126
4.10	基本指令编程举例	126
4.10.1	定时器与计数器的编程	126
4.10.2	定时范围与计数范围的扩展	128
4.10.3	脉冲发生器(振荡器)	130
4.10.4	通风机监视	131
4.10.5	顺序控制	132
	习题与思考题	134
第5章	顺序功能图(SFC)及步进梯形图(STL)	138
5.1	顺序功能图(SFC)	138
5.1.1	SFC 概述	138
5.1.2	SFC 程序的创建步骤及方法	139
5.2	步进梯形图(STL)	141
5.3	SFC 及 STL 的编程规则	142
5.4	多流程顺序控制	144
5.4.1	选择分支与汇合	144
5.4.2	并行分支与汇合	145
5.4.3	跳步与循环	145
5.5	SFC 及 STL 的应用举例	146
	习题与思考题	151
第6章	FX 系列 PLC 的常用应用指令	153
6.1	应用指令概述	153
6.1.1	应用指令的表示方式	153
6.1.2	数据长度与数据格式	154
6.1.3	指令的执行方式	154
6.2	程序流程指令	155
6.2.1	主程序与子程序	155
6.2.2	条件跳转	156
6.2.3	中断与循环	158
6.3	比较与传送指令	159
6.3.1	数据比较指令	159
6.3.2	触点式比较指令	160
6.3.3	传送类指令	161
6.3.4	数据交换指令(XCH)	162
6.3.5	BCD 与 BIN 之间的相互转换	162
6.4	算术与逻辑运算指令	164
6.4.1	二进制算术运算指令	164
6.4.2	字逻辑运算指令	166
6.5	移位指令	167
6.5.1	循环右移/左移指令(ROR/ROL)	167
6.5.2	位右移/位左移指令(SFTR/SFTL)	168
6.5.3	移位写入与移位读出指令(SFWR/ SFRD)	168

6.6 浮点数运算指令	170
6.6.1 浮点数传送	170
6.6.2 浮点数比较	171
6.6.3 二进制整数与二进制浮点数的相互转换(FLT/INT)	171
6.6.4 浮点数算术运算指令	172
6.6.5 二进制浮点数与十进制浮点数的相互转换(DEBIN/DEBCD)	174
6.7 其他常用指令	175
6.7.1 缓冲存储器的读出与写入指令(FROM/TO)	175
6.7.2 PID 运算指令	177
6.7.3 ON 位判断与 ON 位数求和指令(BON/SUM)	178
6.7.4 开方运算指令(SQR)	179
6.7.5 交替输出指令(ALT)	180
6.7.6 七段译码指令(SEGD)	180
习题与思考题	181
第 7 章 中断功能及特殊功能模块	188
7.1 中断功能	188
7.1.1 概述	188
7.1.2 中断编程的通用事项	188
7.1.3 输入中断	189
7.1.4 脉冲捕捉功能中断	189
7.2 二通道 A/D 转换模块(FX2N-2AD)	190
7.2.1 性能规格	190
7.2.2 模块连接	191
7.2.3 缓冲存储器的定义	191
7.2.4 应用编程	192
7.3 四通道 A/D 转换模块(FX2N-4AD)	192
7.3.1 性能规格	192
7.3.2 模块连接	193
7.3.3 编程与控制	193
7.3.4 应用编程	194
7.4 四通道 A/D 转换模块(FX3U-4AD)	195
7.4.1 性能规格	195
7.4.2 模块连接	195
7.4.3 编程与控制	195
7.4.4 编程实例	197
7.5 四通道铂电阻温度测量模块(FX2N-4AD-PT)	197
7.5.1 功能及性能规格	197
7.5.2 模块连接	198
7.5.3 编程与控制	198
7.5.4 编程实例	199
7.6 二通道模拟量输出模块(FX2N-2DA)	199
7.6.1 性能规格	199
7.6.2 模块连接	200

7.6.3	编程与控制	200
7.6.4	编程实例	201
7.7	四通道 D/A 转换模块(FX2N-4DA)	201
7.7.1	性能规格	201
7.7.2	模块连接	202
7.7.3	编程与控制	202
7.7.4	编程实例	203
7.8	四通道 D/A 转换模块(FX3U-4DA)	203
7.8.1	性能规格	203
7.8.2	模块连接	204
7.8.3	编程与控制	205
7.8.4	编程实例	205
	习题与思考题	206
第 8 章	PLC 通信与上位监控软件	207
8.1	数据通信基本概念	207
8.1.1	并行通信与串行通信	207
8.1.2	异步通信与同步通信	207
8.1.3	单工通信与双工通信	208
8.2	常用通信接口	209
8.2.1	RS-232C	209
8.2.2	RS-422	209
8.2.3	RS-485	210
8.2.4	USB 接口	210
8.3	PLC 与上位机的通信	211
8.3.1	硬件连接	211
8.3.2	FX 系列 PLC 的通信协议	212
8.3.3	FX 系列 PLC 与上位机通信程序	215
8.4	常用上位监控组态软件介绍	216
8.4.1	KingView 组态软件	217
8.4.2	Citect 组态软件	221
8.4.3	iFIX 组态软件	226
	习题与思考题	226
第 9 章	三菱 PLC 的编程软件及调试	228
9.1	GX Developer 的功能特点及基本操作	228
9.2	PLC 程序的标准化开发	229
9.3	工程文件的处理方法	231
9.4	梯形图的创建与编辑	233
9.5	模拟监视与调试	234
9.6	在线监视与调试	235
	习题与思考题	237
第 10 章	PLC 的应用开发基础	238
10.1	PLC 控制系统设计的基本原则与步骤	238
10.1.1	PLC 控制系统设计的基本原则	238

10.1.2 PLC 控制系统设计的一般步骤	238
10.2 PLC 的选型及硬件配置	240
10.2.1 PLC 机型的选择	240
10.2.2 PLC 容量的确定	241
10.2.3 PLC 模块的选择	242
10.2.4 PLC 的扩展及 I/O 地址	244
10.3 PLC 外部电路的设计	246
10.3.1 I/O 连接设计	246
10.3.2 可靠性设计	250
10.3.3 安装与接线设计	253
10.4 PLC 系统的抗干扰措施	255
10.4.1 屏蔽措施	255
10.4.2 接地措施	256
10.4.3 布线注意事项	259
习题与思考题	260
第 11 章 PLC 的应用实例	261
11.1 PLC 在数控加药系统中的应用	261
11.1.1 概述	261
11.1.2 控制原理	261
11.1.3 测控参数的确定	262
11.1.4 控制系统的硬件配置	262
11.1.5 控制系统上位软件开发	263
11.1.6 数据打包技术方法介绍	265
11.1.7 控制编程	266
11.1.8 加药控制系统监控画面	271
11.2 PLC 在分布式电子皮带秤中的应用	272
11.2.1 电子皮带秤的组成	272
11.2.2 电子皮带秤控制系统的硬件配置	273
11.2.3 检测原理	273
11.2.4 计算编程	275
11.2.5 监控画面	277
附录 A 常用电气图形符号与文字符号	278
表 A.1 常用电气图形符号	278
表 A.2 电气设备常用文字符号新旧对照表	280
表 A.3 常用的辅助文字符号及线路、引出线标号	281
附录 B FX 系列 PLC 性能规格	282
表 B.1 FX1S、FX1N、FX1NC 型 PLC 性能规格	282
表 B.2 FX2N 和 FX2NC 型 PLC 性能规格	283
表 B.3 FX3U 和 FX3UC 型 PLC 性能规格	285
附录 C FX 系列 PLC 产品型号	288
附录 D FX 系列 PLC 基本指令及应用指令	291
附录 E FX 系列 PLC 的常用特殊软元件	297
参考文献	298

第 1 章 常用低压电器

1.1 概 述

低压电器是用于交流额定电压 1000V 及以下和直流额定电压 1200V 及以下电路中,起通断、保护、控制或调节作用的电器。低压电器又分为低压配电电器和低压控制电器两大类。低压配电电器主要用于低压配电电路,对线路和设备进行保护,以及通断、转换电源或负载。低压配电电器主要有刀开关、转换开关、熔断器和低压断路器等。

过载和短路是电路中常见的故障,过载是指线路或设备的负载电流大于额定电流,但负载阻抗仍存在,过载电流一般是指 10 倍额定电流以下的情况,所以,当发生过载时,一般并不需要立即断开电路,因为设备均有一定的过载能力,但以不超过其极限允许温升为限度。短路是指交流电路不同相之间、或相与地之间或直流电路的正负极之间,不经负载阻抗而连接;此时,电路总阻抗大为减小,短路电流常为额定电流的几十倍,甚至几百倍,对设备及线路均有很大危害,因此,离短路故障点最近的保护电器应立即动作,自动断开故障电路,而电路其他部分仍应正常运行,称为选择性保护,能满足这一要求的电器称为具有选择性保护的电器。

在配电电路中,由于短路故障或大电机启动等原因,可能出现电路电压大幅度降低,称为欠电压,此时也可能损坏设备,如电动机的电流加大,速度降低,甚至堵转。因此,当电路电压降低到规定值以下时,保护电器应动作,自动断开电路,称为欠电压保护。当电路电压消失时,设备将停止运转,在电压复原的瞬间,大量用电设备(例如电动机)将同时启动,数倍于额定电流的启动电流,导致电路电压重新下降,这是不允许的;此外,为了操作人员的安全,有一些生产工艺也不允许电力设备自行启动。因此,当电路电压消失时,保护电器应自动断开电路,称为失压保护。

当用电设备或线路发生漏电现象,而且漏电电流超过规定值时,保护电器应在规定的时间内动作,自动断开电路,称为漏电保护,以免发生人身触电伤亡,或酿成火灾。

总之,对低压配电电器的要求是:通断能力大、具有多种保护方式、能作选择性保护、稳定性高等。

1.1.1 低压电器的分类

低压电器的种类繁多,构造原理各异,用途广泛,下面从其用途、动作方式和工作原理等几方面来介绍其分类方法。

1. 按用途分类

① 配电电器:主要用于低压配电系统中,进行电能输送和分配。要求在系统发生故障时既要动作准确,而且可靠工作。包括刀开关、隔离开关、自动开关等。

② 控制电器:主要用于各种电气传动系统中,对电路及系统进行控制。包括接触器、控制继电器、启动器、控制器等。

③ 保护电器:主要用于保护电路和用电设备。包括热继电器、熔断器和各种保护继电器、避雷器等。

④ 主令电器:在控制系统中发布控制命令,改变系统状态。包括行程开关、转换开关、主令开关等。

⑤ 执行电器:能够完成某种动作或传动功能的电器。包括电磁铁、电磁离合器等。

2. 按动作方式分类

① 手动切换电器:依靠人工直接操作完成切换动作来执行指令任务的电器。包括控制按钮、刀开关、转换开关等。

② 自动切换电器:依靠电或非电信号自动完成切换动作。包括自动开关、继电器、接触器等。

3. 按工作原理分类

① 电磁式电器:利用电磁感应原理来动作的电器等。

② 非电量控制电器:依靠外力或某种非电物理量的变化而工作的电器。如刀开关、按钮、行程开关、压力继电器、速度继电器等。

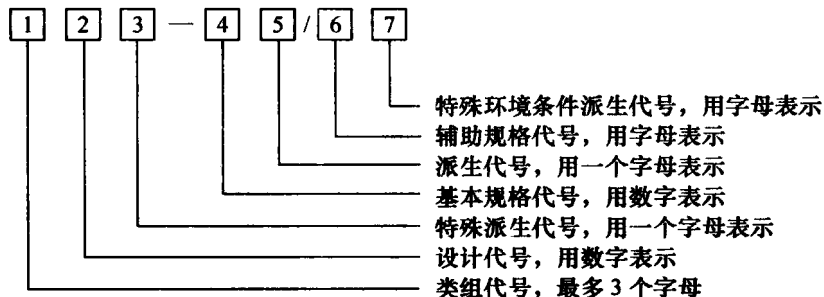
4. 按执行机能分类

① 有触点电器:利用触头的接触和分离来通断电路的电器。如刀开关、接触器、继电器等。

② 无触点电器:利用电子电路发出检测信号,达到执行指令并控制电路目的的电器。如电感式开关、电子接近开关、晶体管式时间继电器等。本章主要介绍有触点的低压电器。

1.1.2 低压电器的型号表示法

国产常用低压电器的型号组成形式如下:



低压电器型号各部分必须使用规定的符号或数字表示,其含义如下。

● 类组代号:包括类别代号和组别代号。用汉语拼音字母表示,代表低压电气元件所属的类别,以及在同一类电器中所属的组别。

● 设计代号:用数字表示,代表同类低压电气元件的不同设计序列。

● 基本规格代号:用数字表示,代表同一系列产品中不同的规格品种。

● 辅助规格代号:用字母表示,代表同一系列、同一规格产品中的有某种区别的不同产品。

低压电器型号中的类组代号与设计代号的组合代表产品的系列,一般称为电器的系列号。同一系列的电气元件的用途、工作原理和结构基本相同。而规格、容量则根据需要可以有多种。例如, JR16 是热继电器的系列号,同属这一系列的热继电器的结构、工作原理都相同,但其热元件的额定电流从几安培到几百安培,有十几种规格。其中辅助规格代号为 3D 的热继

电器,表示有三相热元件,装有差动式断相保护装置。因此能对三相异步电动机有过载和断相保护功能,低压电器类组代号及派生代号的含义见表 1.1 和表 1.2。

表 1.1 低压电器类组代号

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
	名 称												
	刀开关和 转换开关	熔断器	自动 开关	控制器	接触器	启动器	控制继 电器	主令 电器	电阻器	变阻器	电压调 整器	电磁铁	其他
A						按钮式		按钮					
B									板式 元件				触电保 护器
C		插入式				电磁			线状 元件	悬臂式			插销
D	刀开关								铁铬铝带 型元件		电压		灯具
E												阀用	
G				鼓形	高压				管型 元件				接线盒
H	封闭式负 荷开关	汇流 排式											
J					交流	减压		接近 开关					
K	开启式负 荷开关							主令控 制器					
L		螺旋式					电流			励磁			电铃
M		封闭式	灭弧										
P				平面	中频					频繁			
Q										启动		牵引	
R	熔断器式 刀开关						热						
S	转换开关	快速	快速		时间	手动	时间	主令 开关	烧结 元件	石墨			
T	启动	有填充 料管式		凸轮	通用		通用	脚踏 开关	铸铁 元件	启动 调速			

(续表)

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
	名 称												
	刀开关和 转换开关	熔断器	自动 开关	控制器	接触器	启动器	控制继 电器	主令 电器	电阻器	变阻器	电压调 整器	电磁铁	其他
U						油浸		旋钮		油浸 启动	启动		
W			框架式				湿度	万能转 换开关		液体 启动		启动	
X	启动	限流	限流			星三角		行程 开关	电阻器	滑线式			
Y	其他	其他	其他	其他	启动	其他	其他	启动	其他	其他		液压	
Z	组合开关		塑料外 壳式		直流	综合	中间					制动	

表 1.2 低压电器派生代号

派生代号	含 义	派生代号	含 义
A,B,C,D,...	结构设计稍有改进或变化	H	开启式
C	插入式	M	密封式,无磁,母线式
J	交流,防水式	Q	防尘式,手动式
Z	直流,自动复位,防震,重任务,正向	L	电流型
W	无灭弧装置,无极性	F	高返回,带分励脱扣
N	可逆,逆向	T	按(湿热带)临时措施制造(此项派 生代号加注在全型号之后)
S	有锁住机构,手动复位,防水式,三相,3 个电源,双线圈	TH	湿热带型(此项派生代号加注在全 型号之后)
P	电磁复位,防滴式,单相,两个电源	TA	干热带型
K	保护式,带缓冲装置		

1.1.3 低压电器的主要技术数据

为保证电器设备安全可靠工作,国家对低压电器的设计、制造制定了严格的标准。合格的电器产品必须具有国家标准规定的技术要求。我们在使用电气元件时,必须按照产品说明书中规定的技术条件选用,低压电器的技术指标主要有以下几项。

1. 额定电流

① 额定工作电流:在规定条件下,保证开关电器正常工作的电流值。

② 额定发热电流:在规定条件下,电器处于非封闭状态,开关电器在 8 小时工作制下,各部件温升不超过极限值时,所能承载的最大电流值。

③ 额定封闭发热电流:在规定条件下,电器处于封闭状态,在所规定的最小外壳内,开关电器在 8 小时工作制下,各部件的温升不超过极限值时,所能承载的最大电流值。

④ 额定持续电流:在规定的条件下,开关电器在长期工作制下,各部件的温升不超过规定极限值时所能承载的最大电流值。

2. 额定电压

① 额定工作电压:在规定条件下,保证电器正常工作的电压值。

② 额定绝缘电压:在规定条件下,用来度量电器及其部件的绝缘强度、电气间隙和漏电距离的标称电压值。除非另有规定,一般为电器最大额定工作电压。

③ 额定脉冲耐受电压:反映电器在其所在系统发生最大过电压时所能耐受的能力。额定绝缘电压和额定脉冲耐受电压共同决定绝缘水平。

3. 绝缘强度

指电气元件的触头处于分断状态时,动静触头之间耐受的电压值(无击穿现象)。

4. 耐潮湿性能

指保证电器可靠工作的允许环境潮湿条件。

5. 极限允许温升

电器的导电部件通过电流时将引起发热和温升。极限允许温升指为防止过度氧化和烧熔而规定的最高温升值(温升值=实测温度-环境温度)。

6. 操作频率及通电持续率

开关电器每小时内可以实现的最高操作次数,称为操作频率。通电持续率是电器工作于断续周期工作制时负载工作时间与工作周期之比,通常以百分数表示。

7. 机械寿命和电气寿命

机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无负载操作次数,称为机械寿命。在正常工作条件下,机械开关电器无须修理或更换零件的负载操作次数称为电气寿命。对于有触点的电器,其触头在工作中除机械磨损外,尚有比机械磨损更为严重的电磨损。因而,电器的电气寿命一般小于其机械寿命。

1.2 电磁装置

低压电器一般都有两个基本部分,即感受部分和执行部分。感受部分感受外界信号,并作出反应。自控电器的感受部分大多由电磁机构组成;手动电器的感受部分通常为电器的操作手柄。执行部分根据控制指令,执行接通或断开电路的任务。下面简单介绍电磁式低压电器的电磁机构和触头系统。

1.2.1 电磁机构

电磁机构一般由线圈、铁心及衔铁等几部分组成。按通过线圈的电流种类分为交流电磁机构和直流电磁机构;按电磁机构的形状分为 E 形和 U 形两种;按衔铁的运动形式分为拍合式和直动式两大类,如图 1.1 所示。图 1.1(a)为衔铁沿棱角转动的拍合式铁心,铁心材料为电工软铁,主要用于直流电器中。图 1.1(b)为衔铁沿轴转动的拍合式铁心,主要用于触头容量大的交流电器中。图 1.1(c)为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心,多用于中、小容量的交流电器中。

1. 铁心

交流电磁机构和直流电磁机构的铁心(衔铁)有所不同,直流电磁机构的铁心为整体结构,以增加磁导率和增强散热;交流电磁机构的铁心采用硅钢片叠制而成,目的是减少铁心中产生的涡流(涡流使铁心发热)。此外,交流电磁机构的铁心有短路环,以防止电流过零时电磁吸力不足使衔铁振动。