



国防特色教材·职业教育

电气控制与PLC技术

DIAN QI KONG ZHI YU PLC JI SHU

薛 岩 主 编
杜润宏 张 玲 杨轶霞 副主编

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社 哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·职业教育

电气控制与 PLC 技术

薛 岩 主 编

杜润宏 张 玲 杨轶霞 副主编



北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社 哈尔滨工业大学出版社

哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书是高等教育“十一五”国防特色规划教材,书中详细介绍了国防技能型高等电气与机电工程技术人员所必须熟知的电气控制和可编程控制器的知识。全书以继电器接触式电气控制系统与可编程控制器为主线,以培养电气控制工程实践能力为核心,系统地介绍了继电器接触控制技术和可编程控制器控制技术,在突出基础知识、基本分析设计方法以及基本编程能力的基础上,更注重强化工程应用能力和技能的培养。

全书分“继电器接触控制系统”、“可编程控制器应用”和“实训与提高”三篇,内容有常用低压电器,电气控制基本电路,典型设备电气控制线路分析,电气控制系统设计与安装,可编程控制器及其工作原理,S7-200系列可编程控制器的编程、设计和应用,可编程控制器的通信与网络,实训指导。

本书可作为各类高职高专学院、高级技师和职业技能培训教育院校的电气、自动化、机电一体化及相关专业的教材。由于该书内容详细,系统性强,通俗易懂,故也可作为成人教育或电气工程人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 技术 / 薛岩主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2010.7

ISBN 978-7-81124-825-8

I. 电… II. 薛… III. ①电气控制—高等学校:技术学校—教材②可编程控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TM571.2 TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 114562 号

电气控制与 PLC 技术

主 编 薛 岩

副主编 杜润宏 张 玲 杨轶霞

责任编辑 王慕冰 王平豪 朱胜军

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpess@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本: 787×960 1/16 印张: 36.25 字数: 812 千字

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷 印数: 4 000 册

ISBN 978-7-81124-825-8 定价: 59.00 元

前 言

电气控制技术是以电力拖动系统或生产过程为控制对象,以实现生产过程自动化为目的的控制技术,作为现代工业的基础,现已广泛应用于工业、农业、国防、科学技术各领域和人们的日常生活中,并随着科学技术的发展得到迅猛的发展。现代电气控制技术在原有的继电接触控制技术的基础上,又集合应用了计算机技术、微电子技术、检测技术、自动控制技术、智能技术、通信技术、网络技术等先进的科学技术成果。作为现代电气控制技术的一个分支,PLC 技术一问世即以强大的生命力迅速占领了传统的控制领域,在工业自动化、机电一体化及传统产业技术改造等方面得到了广泛的应用。这使得“电气控制与 PLC 技术”成为高职高专电气、自动化、机电类专业中十分重要的专业课。

本书根据高职高专“电气控制与 PLC 应用”课程教学大纲,结合国防工业高职教育特点,本着“重视基础知识,理论够用为度,突出技能培训,重在工程应用”的原则编写而成。继电接触式电气控制系统与可编程控制器是电气控制技术发展过程中的不同阶段,源于同一体系,一脉相承,因此,在编写过程中,吸取了各种同类教材的优点和各校教改经验,兼顾继电接触式电气控制技术及可编程控制器应用技术的教学重点,使其前后承接,相互呼应,并力求做到知识系统,概念清晰,重点突出,通俗易懂,便于自学。

全书分上、中、下三篇。上篇由第 1~4 章组成,介绍了常用低压电器、电气控制基本电路、典型设备电气控制线路分析和电气控制系统设计与安装等知识。中篇由第 5~10 章组成,以西门子公司 S7-200 型 PLC 为重点,介绍了可编程控制器及其工作原理,西门子 S7 系列可编程控制器结构原理、指令系统、编程设计方法及其应用,可编程控制器的通信与网络等知识。下篇为实训与提高环节,由八个实训项目组成,重点培养学生的实训技能。

本书在教学使用过程中,并非全部内容都要讲解,可根据不同专业、课时多少进行删减,有些内容和实例可安排在电气实训、课程设计、毕业设计中进行。由于继电接触式电气控制与可编程控制器两部分内容既相互联系,又相互独立,故也可供分别开设“电气控制技术”及“可编程控制器应用技术”两门课程的院校选用。

本书由甘肃工业职业技术学院薛岩任主编,陕西航空职业技术学院杜润宏、

甘肃工业职业技术学院张玲、杨轶霞任副主编。具体编写分工如下：薛岩编写第 1、2 章和实训一、二、三；张玲编写第 3、4 章和实训四、五；杨轶霞编写第 5、6、7 章、实训六、七、八；杜润宏编写第 8、9、10 章。万鑫绘制了部分插图。全书最后由薛岩统稿、定稿。

本书由兰州交通大学董海鹰教授主审，审阅过程中提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。在编写过程中，编者参考了国内外许多专家及同行的教材、著作和论文，对此，谨致诚挚的谢意！

由于本书编者水平有限，编写时间仓促，书中难免存在一些疏漏和不妥之处，恳请各教学单位和读者在使用本教材时多提一些宝贵的意见和建议，以便下次修订时改进。

编 者

2010 年 1 月

目 录

上 篇 继电接触控制系统

第 1 章 常用低压电器	3
1.1 电器的作用和分类	3
1.1.1 电器的定义	3
1.1.2 低压电器的分类	4
1.1.3 电气控制系统中常用的低压电器	5
1.2 电磁式低压电器的基础知识	6
1.2.1 电磁机构	6
1.2.2 触点系统	15
1.2.3 电弧的产生和灭弧方法	17
1.3 低压开关和低压断路器	20
1.3.1 低压开关	20
1.3.2 低压断路器	25
1.3.3 漏电保护器	30
1.4 熔断器	32
1.4.1 熔断器的结构和保护特性	33
1.4.2 熔断器的主要技术参数	34
1.4.3 常用的低压熔断器简介	34
1.4.4 熔断器的选择与维护	37
1.5 接触器	39
1.5.1 接触器的结构与工作原理	40
1.5.2 接触器的主要技术参数	42
1.5.3 常用接触器介绍	43
1.5.4 接触器的选用与维护	45
1.6 继电器	47
1.6.1 电磁式继电器	47
1.6.2 时间继电器	52
1.6.3 热继电器	57

1.6.4	速度继电器	63
1.6.5	干簧继电器	65
1.7	主令电器	66
1.7.1	控制按钮	66
1.7.2	位置开关	68
1.7.3	凸轮控制器与主令控制器	69
1.7.4	万能转换开关	72
1.8	电子式电器	73
1.8.1	电子式时间继电器	73
1.8.2	固态继电器	78
1.8.3	接近开关	81
1.8.4	光电开关	83
1.9	本章小结	84
1.10	练习题	86
第2章	电气控制基本线路	89
2.1	电气控制系统图及其绘制规则	89
2.1.1	电气控制系统图的特点和分类	89
2.1.2	电气控制图常用的图形符号、文字符号和接线端子标记	92
2.1.3	电气原理图的绘制规则	95
2.2	三相异步电动机基本电气控制线路	98
2.2.1	电动机单向运行控制线路	98
2.2.2	电动机正反转控制线路	103
2.2.3	电动机顺序工作联锁控制线路	107
2.2.4	电动机多地控制的联锁控制线路	109
2.2.5	行程控制线路	110
2.3	三相异步电动机启动控制线路	114
2.3.1	异步电动机的启动	114
2.3.2	笼型异步电动机降压启动控制线路	119
2.3.3	三相绕线型异步电动机启动控制线路	134
2.4	三相异步电动机制动控制线路	141
2.4.1	三相异步电动机能耗制动控制线路	141
2.4.2	三相异步电动机反接制动控制线路	146
2.5	三相异步电动机调速控制线路	152

2.5.1	异步电动机的调速方法	152
2.5.2	异步电动机调速控制线路	157
2.6	直流电动机控制线路	167
2.6.1	直流电动机启动控制线路	167
2.6.2	直流电动机正反转控制线路	168
2.6.3	直流电动机的制动控制	169
2.6.4	直流电动机的调速控制	173
2.7	电气控制线路中的保护措施	173
2.7.1	短路保护	174
2.7.2	过载保护	174
2.7.3	过流保护	174
2.7.4	失压、欠压、过压保护	175
2.7.5	弱磁和失磁保护	175
2.7.6	其他保护	176
2.8	本章小结	176
2.9	练习题	177
第3章	典型设备电气控制线路分析	180
3.1	电气控制线路的分析方法	180
3.1.1	电气控制线路分析的一般方法和步骤	180
3.1.2	分析举例	181
3.2	M7130 平面磨床电气控制线路	185
3.2.1	平面磨床的主要结构及运动形式	185
3.2.2	平面磨床的电力拖动特点及控制要求	186
3.2.3	平面磨床的电气控制线路	186
3.3	Z3040 型摇臂钻床电气控制线路	188
3.3.1	摇臂钻床的主要结构及运动形式	189
3.3.2	摇臂钻床的电力拖动特点及控制要求	189
3.3.3	摇臂钻床的电气控制线路	190
3.4	桥式起重机的电气控制	193
3.4.1	桥式起重机概述	193
3.4.2	凸轮控制器及其控制线路	198
3.4.3	主钩提升机构磁力控制器控制线路	202
3.4.4	桥式起重机的电气保护设备	207

3.4.5	桥式起重机的供电	212
3.4.6	桥式起重机总体控制线路	212
3.5	交流双速信号控制电梯的电路分析	215
3.5.1	电梯概述	215
3.5.2	交流双速信号控制电梯	217
3.6	本章小结	232
3.7	练习题	233
第 4 章	电气控制系统的设计与安装	235
4.1	电气控制系统设计的主要内容、一般程序及基本原则	235
4.1.1	电气控制系统设计的主要内容	235
4.1.2	电气控制系统设计的一般程序	236
4.1.3	电气控制系统设计的基本原则	241
4.2	电气原理线路的设计步骤和方法	244
4.2.1	经验设计法	244
4.2.2	逻辑设计法	247
4.3	电器元件布置图及电气安装接线图的设计	254
4.3.1	电器元件布置图的设计	254
4.3.2	电气安装接线图的设计	256
4.4	电气控制系统的安装与调试	257
4.4.1	安装与调试的基本要求	257
4.4.2	电气控制柜的安装配线	260
4.4.3	电气控制柜的调试	262
4.5	电气控制系统设计举例	263
4.6	本章小结	271
4.7	练习题	271

中 篇 可编程控制器应用

第 5 章	可编程控制器基础	275
5.1	可编程控制器概述	275
5.1.1	PLC 的产生和发展趋势	275
5.1.2	PLC 的定义和特点	278
5.1.3	PLC 的应用	279

5.1.4 PLC 的分类	280
5.2 可编程控制器的结构和工作原理	280
5.2.1 PLC 的基本结构	280
5.2.2 PLC 的工作原理	284
5.2.3 PLC 的性能指标	286
5.3 PLC 的编程语言	287
5.3.1 PLC 的编程语言	287
5.3.2 梯形图的编程规则	289
5.4 本章小结	290
5.5 练习题	291
第 6 章 S7-200 可编程控制器	292
6.1 S7-200 PLC 的硬件系统	292
6.1.1 系统基本构成	293
6.1.2 主机结构及性能指标	294
6.1.3 输入/输出扩展	297
6.1.4 CPU 模块 I/O 接线	300
6.1.5 工作模式及扫描周期	301
6.2 S7-200 PLC 的内部资源	302
6.2.1 概 述	302
6.2.2 常用软元件介绍	303
6.3 S7-200 存储器的数据类型与寻址方式	307
6.3.1 数据类型	307
6.3.2 直接寻址与间接寻址	308
6.4 S7-200 PLC 的编程语言和程序结构	312
6.4.1 S7-200 PLC 的编程语言	312
6.4.2 S7-200 PLC 的程序结构	314
6.5 本章小结	316
6.6 练习题	316
第 7 章 S7-200 系列 PLC 指令系统	317
7.1 基本逻辑指令	317
7.1.1 位逻辑指令	317
7.1.2 堆栈指令	320

7.1.3	置位/复位指令	321
7.1.4	立即指令 I	322
7.1.5	RS 触发器指令	322
7.1.6	微分指令 EU 和 ED	324
7.1.7	取反指令 NOT 和空操作指令 NOP	325
7.1.8	定时器指令	326
7.1.9	计数器指令	330
7.1.10	比较指令	333
7.2	程序控制指令	334
7.2.1	循环指令	334
7.2.2	跳转指令	336
7.2.3	停止指令 STOP	336
7.2.4	结束指令 END 和 MEND	337
7.2.5	看门狗复位指令 WDR	337
7.2.6	子程序指令	338
7.2.7	“与”ENO 指令	340
7.3	顺序控制指令	340
7.3.1	顺序控制指令介绍	340
7.3.2	功能图	341
7.4	数据处理指令	342
7.4.1	数据传送指令	342
7.4.2	移位指令	344
7.4.3	字节交换与填充指令	348
7.5	运算指令	349
7.5.1	算术运算指令	349
7.5.2	逻辑运算指令	356
7.6	表功能指令	359
7.6.1	填表指令 ATT	359
7.6.2	表中取数指令	361
7.6.3	查表指令	362
7.7	转换指令	363
7.7.1	数据类型转换指令	363
7.7.2	字符串转换指令	366
7.7.3	编码和译码指令	370

7.7.4 七段显示码指令	370
7.8 特殊指令	371
7.8.1 时钟指令	371
7.8.2 中断指令	372
7.8.3 高速计数器指令	377
7.8.4 高速脉冲输出指令	383
7.8.5 PID 回路控制指令	390
7.9 本章小结	394
7.10 练习题	396
第 8 章 可编程控制器系统设计与应用	399
8.1 PLC 控制系统设计	399
8.1.1 系统设计的主要内容	399
8.1.2 系统设计的基本步骤	400
8.2 PLC 控制系统的硬件配置	402
8.2.1 PLC 的选型	402
8.2.2 I/O 地址分配	404
8.3 PLC 控制系统的软件设计	405
8.3.1 PLC 软件系统设计的方法	405
8.3.2 PLC 软件系统设计的步骤	413
8.4 可编程控制器应用实例	414
8.4.1 常用控制线路的 PLC 控制	414
8.4.2 机械手运动的 PLC 控制	419
8.4.3 十字路口交通信号灯的 PLC 控制	425
8.5 本章小结	432
8.6 练习题	433
第 9 章 STEP 7 - Micro/ WIN32 编程软件	434
9.1 编程软件的安装	434
9.2 编程软件的功能	436
9.2.1 基本功能	436
9.2.2 界 面	437
9.2.3 各部分功能	437
9.2.4 系统组态	440

9.3	软件的编程	440
9.3.1	程序文件操作	440
9.3.2	编辑程序	441
9.4	调试及运行监控	445
9.4.1	选择扫描次数	445
9.4.2	状态图表监控	446
9.4.3	运行模式下的编辑	447
9.4.4	程序监视	447
9.5	本章小结	449
9.6	练习题	449
第 10 章	可编程控制器的通信与网络	450
10.1	通信及网络基础	450
10.1.1	数据通信方式	450
10.1.2	网络概述	453
10.2	S7-200 的通信与网络	455
10.2.1	SIEMENS PLC 网络层次的结构	455
10.2.2	S7-200 PLC 通信类型及协议	456
10.2.3	通信设备	459
10.3	S7-200 PLC 的通信指令	461
10.3.1	网络读 NETR/网络写 NETW 指令	461
10.3.2	发送 XMT 与接收 RCV 指令	462
10.3.3	USS 通信指令	469
10.4	本章小结	469
10.5	练习题	470
 下 篇 实训与提高 		
第 11 章	实训与提高	473
11.1	实训一——低压电器实训	476
11.1.1	实训目的	476
11.1.2	实训内容	476
11.1.3	实训考核及成绩评定	484
11.1.4	实训报告要求	485

11.2 实训二——电气图的绘制	485
11.2.1 实训目的	485
11.2.2 实训内容	485
11.2.3 实训考核及成绩评定	486
11.2.4 实训报告要求	487
11.3 实训三——基本电气控制线路的安装与调试	487
11.3.1 实训基础	487
11.3.2 实训内容	492
11.4 实训四——典型机床控制线路的故障分析及故障排除	517
11.4.1 实训目的	517
11.4.2 实训理论基础	518
11.4.3 实训考核及成绩评定	530
11.4.4 实训报告要求	530
11.5 实训五——电气控制系统的设计	530
11.5.1 实训目的	530
11.5.2 实训内容	531
11.5.3 实训考核及成绩评定	532
11.5.4 实训报告要求	532
11.6 实训六——S7-200 PLC 的接线和编程软件的使用	533
11.6.1 实训目的	533
11.6.2 实训器材	533
11.6.3 实训预习	533
11.6.4 实训内容	533
11.6.5 实训报告要求	534
11.7 实训七——指令系统训练	535
11.8 实训八——程序设计训练	538
附录 A 常用电气图形、文字符号新旧对照表	548
附录 B 电气技术中常用基本文字符号	557
附录 C 电气技术中常用辅助文字符号	558
附录 D KTJ10-XH 型电梯电气原理图	559
附录 E S7-200 系列 PLC 指令表	563
参考文献	566

上 篇

继电接触控制系统

