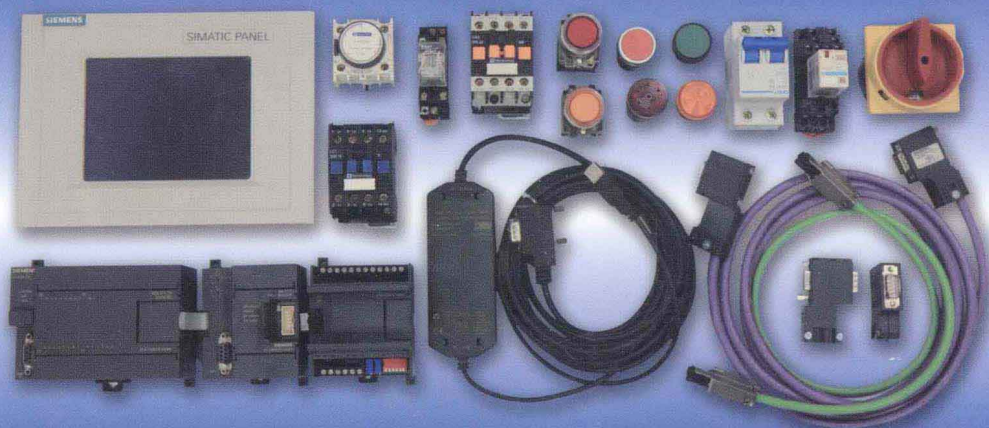


第六届全国高校出版社优秀畅销书一等奖

现代电气控制及 PLC应用技术

(第3版)

王永华 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

第六届全国高校出版社优秀畅销书一等奖

现代电气控制及 PLC 应用技术

(第 3 版)

王永华 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书从实际工程应用和便于教学需要出发,介绍和讲解了继电器控制系统和可编程序控制器控制系统的工作原理、设计方法和实际应用。和其他同类的教材相比,本书主要有以下特点:(1)除最基本的常用低压电器外,还介绍了和电气控制技术有关的其他器件和一些新型器件,讲解了软启动器和变频器的使用;(2)对传统的电气控制系统的内容进行了较大幅度的删减,简明扼要地讲解了其中最基础的知识,给出并讲解了电气控制线路和可编程序控制器程序的“简单设计法”;(3)详细讲解了软启动器、变频器和人机界面 HMI 的基本原理和使用;(4)全面使用新的电气控制系统图形符号和文字符号国家标准;(5)以最新版本的 SIEMENS S7-200 PLC 为对象,详细讲解了其系统组成、寻址方式和各种新模块的特点;(6)结合大量实例讲解了 S7-200 PLC 基本指令、功能指令的用法和功能图(SFC)的编程;(7)对 PLC 控制系统的网络通信技术以及 S7-200 PLC 的通信功能进行了详细的讲解,并给出了大量实例;(8)有数个工程设计案例,并附有相应程序和详细讲解;(9)全面讲解了工业控制标准编程语言 IEC61131-3;(10)附有思考题、练习题、实验指导书和课程设计、毕业设计素材指导书;(11)介绍了最新的编程软件的使用;(12)附有作者精心挑选并修订过的 S7-200 PLC 资料速查表。

本书是作者在前两版畅销书的基础上精心修订和编写而成的,相信它会是一本值得大家使用的教材和学习参考书。

本书可作为大专院校、高职高专和中职技师院校的自动控制、电气技术、机电一体化及相关专业的“电气控制及可编程序控制器”或类似课程的教材,也可供有关工程技术人员参考使用,同时它也是广大从事和电气控制技术专业有关的电工和技术人员的一本很好的自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

现代电气控制及 PLC 应用技术 / 王永华编著. --3 版.

-- 北京 : 北京航空航天大学出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-5124-1198-2

I. ①现… II. ①王… III. ①电气控制②plc 技术

IV. ①TM571.2②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 156577 号

郑重声明:未经作者同意和授权,任何人不得抄袭、摘录、借用本书各章节(含附录)中的编排结构、文字内容、图、表、例题、思考题和习题、实验、设计指导书等;否则,将追究侵权者相应的责任。

现代电气控制及 PLC 应用技术(第 3 版)

王永华 编著

责任编辑 金友泉

*

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:goodtextbook@126.com 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 mm×1 092 mm 1/16 印张:30 字数:768 千字

2013 年 8 月第 3 版 2013 年 8 月第 1 次印刷 印数:10 000 册

ISBN 978-7-5124-1198-2 定价:49.00 元

前 言

“电气控制及可编程序控制器”是各高等院校电类专业最重要的专业基础课程之一,它包含过去的“工厂电气控制技术”和“可编程序控制器原理及应用”两门课程的内容。随着科学技术的发展,电气控制技术已发展到了一个相当的高度。传统电气控制技术的内容发生了很大变化,有些已被淘汰,但其最基础的部分对任何先进的控制系统来说仍是必不可少的。可编程序控制器基于继电器逻辑控制系统的原理而设计,它的出现取代了继电器接触器逻辑控制系统,它是当今电气自动化领域中不可替代的中心控制器件。作为重要的专业基础课,“电气控制及可编程序控制器”课程中必须包括传统继电器接触器控制系统的内容,只不过要精心组织、合理删节,而对于可编程序控制器的原理及应用则要重点讲解。

本书是最早选用 SIEMENS 公司 S7-200 PLC 为对象讲解可编程序控制器原理及应用的书籍之一。自从 2002 第一版至今,被 200 余所大专院校和培训机构采用作为教材,截止到 2013 年,共销售近 20 万册。2008 年本教材第 2 版出版后,我去多所学校做过学术报告,也为一些教师培训班讲课,更多情况下,通过电子邮件和近百位高校教师进行学术和教学业务上的交流,此外我还回答了许许多多的读者通过电子邮件和电话向我提出的问题,更让我感动的是有十多位读者为我指出了书中的错误之处,所有这一切都为本书成为精品教材提供了保证,也使其成为被许多任课教师及广大读者喜爱的好书。

在这几年时间里,和本课程有关的技术和知识有了很大程度上的发展和更新。虽然我目前的工作十分繁忙,但广大读者的厚爱和数十位同行的要求和鼓励,使我抑制不住发自内心的责任感和使命感,要把自己所掌握的该领域最新的知识和亲身工程实践经验真诚地奉献出来,以使广大的青年学生受益,这是我几年前编写第 2 版的初衷,同样也是今天编写第 3 版的动力来源。在这次编写过程中,我力求做到语言通畅、叙述清楚、讲解细致,所有的内容都为了便于实际应用和教学,并尽可能多地融入自己的经验和成果。

本版教材全面继承了第 2 版的精华。既包含全新的传统电气控制技术的内容,也包含对 PLC 精深透彻的讲解;既包含工业自动化常用设备,如变频器、软启动器、HMI 和工业组态软件的详细介绍,也深度讲解了 PLC 通信联网技术。第 3 版教材继续保留大量例题和课程设计、毕业设计课题素材。

第 3 版的主要修订和修改之处

- 完善、修订了第 2 版的全部内容,对很多地方进行了增补和删除;
- 根据一些学校老师的反馈意见,调整了第 6 章和第 7 章的前后顺序;
- 最大的变化是新增第 11 章“工业控制领域国际标准编程语言 IEC61131-3”。

作为本教材第 3 版最重要的新增内容,在学习完 S7-200 PLC 的编程语言后,了解和掌握工业控制领域的标准编程语言是非常合适的。作者把全部 IEC61131-3 浓缩成一章内容呈现给读者,可以使读者在相对较短的时间内学习和了解 IEC61131-3。它为提升教师的 PLC 教学水平和学生的 PLC 学习效果,以及掌控工业控制编程语言的发展前沿和趋势提供了帮助。

本书是国内第一本全面采用新的电气系统文字表示符号国家标准(GB/T 5094 和 GB/T 20939)的教材。新国标的采用和 IEC61131-3 国际标准编程语言的全面讲解,使本教材继续

保持了在电气控制及 PLC 应用技术教学方面的先进性。

本书具体结构

本书共分 4 大部分, 总共 11 章内容和 3 个附录。

第一部分: 电气控制技术基础知识

本部分包括绪论和 2 章内容。在绪论中简单介绍了电气控制技术的发展历程和最新情况, 介绍了学习本课程的主要任务; 第 1 章主要介绍常用低压电器的结构、工作原理以及使用方法等有关知识, 同时根据电器发展状况, 简单介绍一些新型电器元件。最后对一些常用的检测、执行器件进行简单的介绍; 第 2 章全面讲解了电气制图最新的图形符号和文字符号国际标准, 讲解了电气线路图的绘制原则, 然后主要介绍广泛应用的三相笼型异步电动机的启动、调速、制动的控制线路和一些典型控制线路, 其中重点讲解新型的电气控制装置软启动器和变频器的使用。根据电气应用技术的发展, 作者对现代电气控制线路的设计总结出一种方法——简单设计法, 本章对简单设计法进行了详细的讲解。

第二部分: 核心内容

本部分是本书的中心, 以西门子的 S7-200 PLC 为对象, 来讲解可编程序控制器的原理及其应用技术, 它包括 8 章内容。第 3 章主要介绍可编程序控制器的一般特性, 重点讲解它的一般结构、工作原理和工作方式; 第 4 章全面介绍 S7-200 PLC 的基础知识; 第 5 章用举例的形式讲解 S7-200 PLC 的基本逻辑指令系统及其使用方法, 然后介绍常用典型电路及环节的编程, 最后深入浅出地讲解 PLC 程序的简单设计法。本章是学习 PLC 的重点, 也是本书最重要的章节; 第 6 章详细讲解 S7-200 PLC 的功能指令, 重点讲解子程序、中断、高速计数和 PID 的应用, 本章给出了大量的例题; 第 7 章重点讲解顺序功能图的基本概念, 以及它在 S7-200 PLC 中的具体使用方法。把 SFC 放在单独的一章讲解是本书的特色之一; 第 8 章首先介绍一些工业通信网络基础知识, 然后主要介绍西门子 S7-200 PLC 的通信网络及其配置, 通过举例介绍其通信指令的使用; 第 9 章首先讲解如何设计一个 PLC 控制系统, 然后讲解了 PLC 控制系统中不可或缺的设备——人机界面和变频器, 以及工业自动化监控系统。本章提供了三个非常翔实的 PLC 控制系统的例子, 通过例子大家可以更进一步了解和深入学习 S7-200 PLC 控制系统的设计, 最后讲解了实际工程项目中必须注意和遵守的安装技术和规范。在第 10 章中, 我们重新组织编排, 讲解最新版 S7-200 PLC 编程软件的使用, 以便上机操作时参考。

第三部分: 工业控制国际标准编程语言——IEC61131-3

本部分作为最重要的课程补充内容, 可使学生全面了解工业控制领域国际标准编程语言的内容和发展情况, 为后续的工控事业打下基础。

第四部分: 重要附录

本部分包括 3 个主要的附录。附录 A 中设计了 12 个实验, 它们是这门应用性很强的课程所必须具备的内容, 每个实验都包括实验目的、使用设备及装置、实验内容和实验报告要求等, 该部分可为任课教师开设实验提供指导; 附录 B 提供了 7 个可用于课程设计和毕业设计课题的素材, 供任课教师选用。附录 C 是作者精心挑选并修订过的有关 S7-200 PLC 的常用信息速查表, 罗列出了几乎所有有用的信息。为降低读者的购书成本, 本书去掉了随书配带的光盘(CD), 读者可以从相关网站上下载所需要的软件和其他文档。

另外,在每一章的最后都有对本章内容进行回顾和总结的“本章小结”,以及丰富的“思考题和练习题”。

如何分配课时和授课内容

本书既可以作为相关专业本科生、高职高专和中职技师院校学生的教材,也可以作为电气工程师、电工等有关技术人员的参考资料和培训教材。层次不同,所需要的授课内容、课时进度和实验项目也会不同。本书既可以供少学时(如 46 学时)使用,也可以供多学时(如 100 学时)使用。两者的区别在于是对某些章节作简单介绍,还是详细讲解。另外实验的多少也有不同。下表给出一些指导性的建议,供授课教师参考。下表中一个课时为 50 分钟,每个实验所使用的课时数为 2 个,实验个数和实验内容请根据实际情况在附录 B 中选择,给学生布置的“思考题和练习题”也可进行适当选择。选用本教材的教师可根据自己学校的实际情况对课程设计和毕业设计的内容进行调整和安排。教师也可以根据自己的实际需要教材中的内容进行取舍,比如以普通知识为主,则多讲一些前 6 章的内容;以提高为主,则多讲一些第 7、8、9、10 章的内容,当然这只是一种建议。学习完 S7-200 PLC 的编程语言后,学习第 11 章就变得比较容易了。第 11 章的内容虽然和 S7-200 PLC 的编程语言不同,但作为 PLC 编程语言的国际标准,IEC61131-3 的应用范围早已超出 PLC 的范畴,成为工业控制领域的几乎所有软件平台的编程语言。建议各学校根据自身的情况把握本章的讲解。

范围	绪论	第 1 章	第 2 章	第 3 章	第 4 章	第 5 章	第 6 章	第 7 章	第 8 章	第 9 章	第 10 章	第 11 章	实验	总课时
本科院校教学	0.5	3.5	7	2	4	8	4	3	2	2	自学	2	8	46
高职高专教学	1	7	12	4	5	13	10	6	8	4	4	8	20	100
中职院校教学	1	9	14	5	6	16	14	6	10	6	3	10	20	120
技术人员培训		1	3	1	2	8	7	4	2	2	自学		16	46

致 谢

感谢 SIEMENS 公司的大力支持,经 SIEMENS 公司的允许,本书使用了其产品手册中的某些文字资料和图片资料。

感谢我的朋友曾庆普高级工程师和陈玉国副教授,他们为本书提供了具体的应用实例。感谢中国机械科学研究院的郭汀研究员,她及时给我提供了最新的国家标准(GB/T 20939),没有她的帮助,本书电气控制线路的文字符号不可能在第 2 版就使用新的国家标准。

衷心感谢我的工作助手江豪讲师和研究生黄玉彦,他们提出许多具体的修订意见,并参与了新版中某些增补内容的编写工作,还和我一起完成了全书的校对工作。

在写作时,本书部分章节个别段落的内容参考了一些已出版的文献,这些文献已在书后的参考文献中一一列出,在此我向这些文献的作者表示衷心的感谢!

最后我要真诚地感谢我的家人,他们所给予我的最无私的爱是我不断前行的精神力量,一想起这些,我就不敢有丝毫的懈怠,而只有更加刻苦勤奋地学习和工作。

江豪、施大发、孟昕元、李秀芳、李松峰、靳建森、安小宇、葛勋、孔汉、兑幸福、宋玉琴等同志参加了部分章节的编写工作。

本书作者编著的另一本书《现场总线技术及应用教程》(第 2 版)正在热销中。我相信,以自己深厚熟练的写作功底、对 PLC 应用及其发展前沿的深入理解和把握、以及全面的应用经验为基础而完成的新版《现代电气控制及 PLC 应用技术》(第 3 版),会是一本值得大家使用的教材和参考资料。本书还配有电子教案,限于时间和精力,该教案只向高等院校和培训机构中使用本教材的任课教师提供。

该书的修订和改版工作花费了半年多时间,虽然经过认真仔细的修改、校对,但由于作者工作繁忙,以及在学术水平上的局限性和写作过程中的疏漏,书中肯定还会有不正确、不准确的地方出现,不管是大错还是小错,我都希望广大的读者能给我指出来,以便再次印刷时改正。也欢迎大家来 Email 就高校电气控制技术、PLC 应用和现场总线技术(工业控制网络技术)实验室建设问题,以及相关课程的教学问题进行交流和探讨。

本教材的信息资源:

- 作者电子信箱:wyh@zzuli.edu.cn
- 本教材有关的最新消息,以及工业控制网络工程中心网站:www.zzictec.com
- 本课程教改成果网站:http://jiaogai.zzuli.edu.cn/
- 本教材精品课程网站:http://dqkz.zzuli.edu.cn

王永华
2013 年 5 月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第 1 章 电气控制系统常用器件

4

1.1 电器的基本知识	4
1.1.1 电器的定义和分类	4
1.1.2 电磁式低压电器的基本结构和工作原理	5
1.2 接触器	11
1.2.1 接触器的用途及分类	11
1.2.2 接触器的结构及工作原理	12
1.2.3 接触器的技术参数	13
1.2.4 接触器的选择	14
1.3 继电器	14
1.3.1 电磁式继电器	15
1.3.2 热继电器	16
1.3.3 时间继电器	19
1.3.4 速度继电器	20
1.3.5 温度继电器	21
1.3.6 液位继电器	22
1.3.7 压力继电器	23
1.3.8 固态继电器	23
1.4 低压断路器	25
1.5 熔断器	27
1.5.1 熔断器的结构和分类	27
1.5.2 熔断器的保护特性	29
1.5.3 熔断器的技术参数	29
1.5.4 熔断器的选择	29
1.6 主令电器	30
1.6.1 控制按钮	30
1.6.2 转换开关	32
1.6.3 行程开关	33

1.6.4 接近开关	34
1.6.5 光电开关	34
1.7 信号电器	36
1.8 常用执行器件	37
1.8.1 电磁执行器件	37
1.8.2 常用驱动设备	38
1.9 常用检测仪表	39
1.10 常用电气安装附件	41
本章小结	42
思考题与练习题	43

第 2 章 电气控制线路基础

44

2.1 电气控制线路图的图形、文字符号及绘制原则	44
2.1.1 常用电气图形符号和文字符号	45
2.1.2 电气控制线路图的绘制原则	56
2.2 三相笼型异步电动机基本控制线路	59
2.2.1 全压启动控制线路	59
2.2.2 正反转控制线路	60
2.2.3 点动控制线路	61
2.2.4 多点控制系统	62
2.2.5 顺序控制线路	62
2.2.6 自动循环控制线路	63
2.3 三相笼型异步电动机降压启动控制线路	64
2.3.1 星形—三角形降压启动控制线路	64
2.3.2 软启动器及其使用	65
2.4 三相笼型异步电动机制动控制线路	70
2.4.1 反接制动控制线路	70
2.4.2 能耗制动控制线路	73

2.5 三相笼型异步电动机速度控制 线路.....	76	3.3 PLC 的应用领域	104
2.5.1 基本概念.....	76	3.4 PLC 的特点	105
2.5.2 变极调速控制线路.....	76	3.5 PLC 与其他典型控制系统的 区别	107
2.6 变频调速与变频器的使用	78	3.5.1 与继电器控制系统的区别	107
2.6.1 变频调速的基本概念	78	3.5.2 与 IPC 控制系统的区别	108
2.6.2 变频器的类型.....	78	3.5.3 与单片机控制系统的区别	108
2.6.3 变频器的组成.....	80	3.5.4 与 DCS、FCS 控制系统 的区别	109
2.6.4 变频器的主要技术参数	82	3.6 PLC 的分类	110
2.6.5 变频器的选择.....	82	3.6.1 按 I/O 点数容量分类	111
2.6.6 变频器的主要功能.....	83	3.6.2 按结构形式分类	111
2.6.7 变频器的操作方式.....	84	3.7 PLC 的系统组成	112
2.6.8 变频器应用举例.....	85	3.8 PLC 的工作原理	116
2.7 电气控制线路的简单设计法	86	3.8.1 PLC 的工作方式	116
2.7.1 概 述.....	86	3.8.2 PLC 工作过程的中心 内容	118
2.7.2 简单设计法介绍.....	86	3.8.3 PLC 对输入/输出的处理 原则	119
2.7.3 简单设计法应用举例	88	本章小结.....	119
2.8 典型生产机械电气控制线路 分析.....	90	思考题与练习题.....	120
2.8.1 电气控制线路分析基础	90	第 4 章 S7-200 PLC 基础知识	121
2.8.2 C650 卧式车床电气控制 线路分析.....	91	4.1 概 述	121
本章小结	95	4.2 硬件系统	122
思考题与练习题	96	4.2.1 硬件系统基本构成	122
第 3 章 可编程序控制器概述	98	4.2.2 主机结构及性能特点	123
3.1 PLC 的产生和定义	98	4.2.3 I/O 的扩展及功能的扩展	125
3.1.1 PLC 的产生	98	4.3 内部资源	127
3.1.2 PLC 的定义	99	4.3.1 软元件(软继电器)	127
3.2 PLC 的发展	100	4.3.2 软元件介绍	128
3.2.1 PLC 的发展历史	100	4.4 寻址方式	131
3.2.2 PLC 的发展趋势	101		

4.4.1 数据类型	131	程序设计	167
4.4.2 直接寻址	132	5.4.1 延时脉冲产生电路 ...	167
4.4.3 间接寻址	135	5.4.2 瞬时接通/延时断开电路	168
4.5 指令系统	136	168
4.5.1 编程语言	136	5.4.3 延时接通/延时断开电路	168
4.5.2 几个基本概念	138	168
4.6 程序结构	139	5.4.4 计数器的扩展	170
4.7 S7-200 PLC 的几个特性	140	5.4.5 长定时电路	170
.....	140	5.4.6 闪烁电路	171
本章小结	141	5.4.7 报警电路	172
思考题与练习题	141	5.5 PLC 程序的简单设计法及应	
第 5 章 PLC 基本指令及程序		用举例	174
设计	142	5.5.1 PLC 程序的简单设计法	174
.....	142	174
5.1 PLC 的基本逻辑指令	142	5.5.2 应用举例	175
5.1.1 逻辑取及线圈驱动指令	142	本章小结	179
.....	142	思考题与练习题	179
5.1.2 触点串联指令	143	第 6 章 S7-200 PLC 功能指令及	
5.1.3 触点并联指令	143	应用	182
5.1.4 置位、复位指令	144	6.1 传送、移位和填充指令	183
5.1.5 RS 触发器指令	145	6.1.1 传送类指令	183
5.1.6 立即指令	145	6.1.2 移位与循环指令	185
5.1.7 边沿脉冲指令	147	6.1.3 字节交换指令	187
5.1.8 逻辑堆栈操作指令 ...	148	6.1.4 填充指令	188
5.1.9 比较指令	151	6.2 运算和数学指令	188
5.1.10 定时器	153	6.2.1 加法指令	188
5.1.11 计数器	158	6.2.2 减法指令	188
5.2 程序控制指令	161	6.2.3 乘法指令	189
5.2.1 结束及暂停指令	161	6.2.4 除法指令	189
5.2.2 看门狗复位指令	161	6.2.5 数学函数指令	190
5.2.3 跳转及标号指令	162	6.2.6 增/减指令	193
5.2.4 循环指令	163	6.2.7 逻辑运算指令	194
5.2.5 诊断 LED 指令	164	6.3 表功能指令	196
5.3 PLC 初步编程指导	165	6.4 转换指令	199
5.3.1 梯形图编程的基本规则	165	6.4.1 数据类型转换指令 ...	200
.....	165	6.4.2 编码和译码指令	202
5.3.2 LAD 和 STL 编程语言	167	6.4.3 段码指令	203
之间的转换	167	6.4.4 ASCII 码转换指令 ...	204
5.4 典型简单电路和环节的 PLC			

6.4.5	字符串转换指令	207
6.5	字符串指令	209
6.6	子程序	211
6.6.1	建立子程序	211
6.6.2	子程序的调用	211
6.6.3	带参数的子程序调用	212
6.7	时钟指令	214
6.8	中断	216
6.8.1	几个基本概念	217
6.8.2	中断指令	219
6.8.3	中断程序	221
6.9	高速计数器指令	221
6.9.1	高速计数器基本概念	221
6.9.2	高速计数器指令	223
6.9.3	高速计数器的使用方法	224
6.10	高速脉冲输出指令	229
6.10.1	几个基本概念	229
6.10.2	高速脉冲指令及特殊寄存器	230
6.10.3	PTO 的使用	231
6.10.4	PWM 的使用	235
6.11	PID 回路指令	238
6.11.1	PID 算法	238
6.11.2	PID 回路指令及使用	240
	本章小结	244
	思考题与练习题	245

第 7 章 S7-200 PLC 顺序控制指令及应用

7.1	功能图的产生及基本概念	246
7.1.1	功能图的产生	246
7.1.2	功能图的基本概念	246
7.1.3	功能图的构成规则	247
7.2	顺序控制指令	248

7.2.1	顺序控制指令介绍	248
7.2.2	举例说明	249
7.2.3	使用说明	250
7.3	功能图的主要类型	250
7.3.1	单流程	250
7.3.2	可选择的分支和连接	251
7.3.3	并行分支和连接	251
7.3.4	跳转和循环	253
7.4	顺序控制指令应用举例	255
7.4.1	选择和循环电路举例	255
7.4.2	并行分支和连接电路举例	258
7.4.3	选择和跳转电路举例	261
	本章小结	264
	思考题与练习题	264

第 8 章 S7-200 PLC 网络通信技术及应用

8.1	工业网络结构	265
8.2	工业通信网络基础知识	266
8.2.1	数据编码	267
8.2.2	数据通信方式(数据流动方向)	267
8.2.3	数据传输方式	268
8.2.4	差错控制	269
8.2.5	传送介质	270
8.2.6	主要拓扑结构	271
8.2.7	串行通信接口	271
8.2.8	通信协议	272
8.3	S7-200 PLC 通信网络概述	273
8.3.1	西门子工业网络结构	273
8.3.2	S7-200 PLC 支持的通信协议	274
8.3.3	S7-200 PLC 的通信接口	

及网络部件	277	9.1.8 文档编制	320
8.4 S7-200 PLC 的通信与网络		9.2 HMI 及其使用	320
配置	280	9.2.1 HMI 概述	320
8.4.1 PPI 通信	280	9.2.2 HMI 在 S7-200 PLC 控制 系统中的使用	322
8.4.2 自由口模式通信	282	9.2.3 文本显示单元 TD400C 的使用	324
8.4.3 MPI 通信	283	9.2.4 TP177 系列触摸屏的使用	326
8.4.4 PROFIBUS 总线	284	9.3 变频器和 PLC 之间的配合	330
8.4.5 AS-i 总线	285	9.3.1 变频器和 PLC 的关系	330
8.4.6 工业以太网	285	9.3.2 MM440 变频器	330
8.4.7 Modbus 网络	287	9.3.3 MM440 变频器的功能 方框图	331
8.4.8 电话线通信	287	9.3.4 变频器和 PLC 典型应用 举例	333
8.4.9 USS 协议	288	9.4 工业自动化监控系统及应用	335
8.4.10 OPC	290	9.4.1 概 述	335
8.4.11 SINAUT MICRO 无线 通信	291	9.4.2 WinCC 和 PC Access 的 应用举例	336
8.5 S7-200 PLC 的通信指令及 应用举例	292	9.5 双恒压无塔供水控制系统设计	340
8.5.1 网络读/网络写指令及 应用	293	9.5.1 工艺过程	340
8.5.2 发送与接收指令及应用	294	9.5.2 系统控制要求	340
8.5.3 USS 通信指令	307	9.5.3 控制系统的 I/O 点及 地址分配	341
8.5.4 Modbus 指令及应用	308	9.5.4 PLC 系统选型	341
8.6 通信网络设计注意事项	312	9.5.5 电气控制系统原理图	342
本章小结	314	9.5.6 系统程序设计	345
思考题与练习题	314	9.6 薄刀式分切压痕机控制系统 设计	351
第 9 章 PLC 控制系统综合设计	316	9.6.1 工艺过程	351
9.1 PLC 控制系统设计步骤及 内容	316	9.6.2 系统控制要求	351
9.1.1 分析评估控制任务	316	9.6.3 控制系统的 I/O 点及地址 分配	352
9.1.2 PLC 的选型	317		
9.1.3 I/O 地址分配	318		
9.1.4 分解控制任务	318		
9.1.5 系统设计	318		
9.1.6 安全电路设计	319		
9.1.7 系统调试	319		

9.6.4 PLC 系统选型	352	377
9.6.5 电气控制系统原理图	352	10.3 编程	379
9.6.6 系统程序设计	352	10.3.1 程序编辑器中使用的惯例	380
9.7 电热锅炉供热控制系统设计	358	10.3.2 建立程序	380
9.7.1 工艺过程	358	10.4 调试及运行监控	383
9.7.2 系统控制要求	359	10.4.1 S7-200 PLC 操作模式的选择	384
9.7.3 PLC 选型	360	10.4.2 选择扫描次数	384
9.7.4 控制系统的 I/O 点及地址分配	360	10.4.3 状态表监控和趋势图监控	384
9.7.5 电气控制系统原理图	360	10.4.4 运行模式下编辑应用程序	386
9.8 PLC 在实际工程应用中的安装技术	363	10.4.5 程序监控	386
9.8.1 PLC 的安装	363		
9.8.2 电源的设计	364		
9.8.3 系统的接地	365		
9.8.4 电缆设计与铺设	366		
9.8.5 PLC 输入信号的处理	366		
9.8.6 PLC 输出端的处理	368		
本章小结	369		
思考题与练习题	369		

第 10 章 编程软件及其使用

.....	370
10.1 编程软件的初步使用	370
10.1.1 软件安装注意事项	370
10.1.2 连接 S7-200 CPU	371
10.2 编程软件功能	372
10.2.1 基本功能	372
10.2.2 界面及各部分的功能	372
10.2.3 工具栏	374
10.2.4 浏览条中各部分的功能	374

第 11 章 标准工业控制编程语言 IEC61131-3

11.1 IEC61131-3 概述	388
11.1.1 IEC61131 产生的原因和发展历程	388
11.1.2 IEC61131-3 简介	391
11.1.3 IEC61131-3 的突出特点	392
11.2 IEC61131-3 基础	393
11.2.1 程序组织单元 POU	393
11.2.2 简单语言元素	394
11.2.3 数据类型	396
11.2.4 变量	400
11.2.5 系统配置	403
11.3 标准函数及功能块	405
11.3.1 标准函数	406
11.3.2 标准功能块	410
11.4 编程语言及使用举例	412
11.4.1 梯形图(LD)	412
11.4.2 结构化文本(ST)	415
11.4.3 指令表 IL	422
11.4.4 顺序功能图 SFC	425

11.4.5 SFC 程序设计举例	434	设计	449
本章小结	435	B-2 PLC 高速脉冲计数系统设计	450
思考题与练习题	436	B-3 PPI 通信控制系统设计	450
附录 A 实验指导书	438	B-4 双恒压供水控制系统设计	451
A-1 异步电动机可逆运行实验	438	B-5 薄刀式分切压痕机控制系 统设计	452
A-2 S7-200 PLC 编程软件 使用实验	439	B-6 电热锅炉供热控制系统设计	453
A-3 标准工业报警电路实验	440	B-7 S7-200 PLC 在小规模工业 控制网络中的应用	453
A-4 使用简单设计法编制电动机 顺序启停控制程序实验	440	附录 C S7-200 PLC 快速参考 信息	455
A-5 抢答器程序设计实验	441	C-1 S7-200 PLC 的 CPU 规范	455
A-6 人行道按钮控制交通灯程序 设计实验	442	C-2 S7-200 PLC 的 CPU 输入 规范	456
A-7 使用顺序功能图编制电动机 顺序启停控制程序实验	444	C-3 S7-200 PLC 的 CPU 输出 规范	457
A-8 PID 程序设计实验	444	C-4 S7-200 PLC 的 CPU 存储器 范围和特性总汇	458
A-9 S7-200 PLC 网络通信实验	445	C-5 S7-200 PLC 指令系统速查表	460
A-10 HMI 简单应用实验	446	C-6 CPU224 外围典型接线图	462
A-11 IEC61131-3 编程实验 1	447	C-7 S7-200PLC 应用软件与操作 系统版本的兼容性	464
A-12 IEC61131-3 编程实验 2	447	参考文献	465
附录 B 课程设计和毕业设计课 题素材指导	449		
B-1 机械臂分拣装置控制系统			

绪 论

1. 电气控制技术的发展

电气控制技术是随着科学技术的不断发展及生产工艺不断提出新的要求而得到飞速发展的。在控制方法上,主要是从手动控制到自动控制;在控制功能上,是从简单的控制设备到复杂的控制系统;在操作方式上,由笨重到轻巧;在控制原理上,从有触点的继电器接触式控制系统到以计算机为核心的“软”控制系统。随着新的电器元件的不断出现和计算机技术的发展,电气控制技术也在持续发展。现代电气控制技术正是综合了计算机、自动控制、电子技术和精密测量等许多先进科学技术成果,并得到飞速发展。PLC、CAD/CAM 和 Robot 组成了当代工业自动化应用技术领域的三大支柱。

工业生产的各个领域,无论是过程控制系统还是电气控制系统,都有大量的开关量和模拟量信号。开关量又称为数字量,如电动机的启停、阀门的开闭、电子元件的置位与复位、按钮及位置检测开关的状态和定时器及计数器的状态等;模拟量又称为连续量,如温度、流量、压力和液位等。实现电气控制系统的各种控制功能就要按一定的逻辑规则对这些信号进行处理。

20 世纪 70 年代以前,电气自动控制的任務基本上都由继电器控制系统完成。该系统主要由继电器、接触器和按钮等组成,它取代了原来的手动控制方式。由于这种控制系统具有结构简单、价格低廉、抗干扰能力强等优点,所以当时使用得十分广泛,至今仍在许多简单的机械设备中应用。但这种控制系统的缺点也非常明显,它采用固定的硬接线方式来完成各种控制逻辑,实现系统的各种控制功能,所以灵活性差;另外,由于机械式的触点工作频率低,易损坏,因此可靠性低。

社会的发展和进步对各行各业提出了越来越高的要求。制造业企业为了提高生产效率和市场竞争力,采用了机械化流水线作业的生产方式,对不同的产品零件分别组成自动生产线。产品不断地更新换代,也同时要求相应的控制系统随之改变。在这种情况下,硬连接方式的继电器接触式控制系统就不能满足经常更新的要求了。这是因为其成本高,设计、施工周期长。后来出现的矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统取代过继电器接触式控制系统,由于这些控制装置仍是硬连接,装置体积大,功能少,本身存在某些不足,虽然提高了控制系统的通用性和灵活性,但均未得到广泛的应用。

随着大规模集成电路和微处理器的发展和应用,在 1969 年出现了世界上第一台以软件手段来实现各种控制功能的革命性控制装置——可编程序逻辑控制器(PLC)。它把计算机的功能完备、通用性和灵活性好等优点和继电器控制系统的操作方便、简单易懂、价格低廉等优点结合起来,因此它是一种适应于工业环境的通用控制装置。现在的可编程序控制器和原来的控制系统相比,增加了算术运算、数据转换、过程控制、数据通信等功能,已可以完成非常复杂的控制任务。可编程序控制器作为工业自动化的支柱技术之一,在工业自动控制领域占有十分重要的地位。

学习现代电气控制技术,还需要学习在工业自动化控制系统普遍使用的其他控制装置,如变频器和人机界面等。变频器在运动控制和调速系统中发挥着不可替代的作用,而人机界面

HMI 在 PLC 控制系统中的参数设定和实时显示方面也扮演着重要角色。

现在电气控制系统中也越来越多地融入了过程控制的内容,压力、流量、温度、物位等模拟量参数,以及 PID 控制等也经常出现,有的还占有相当大的比例,所以学习电气控制技术,还要结合一些过程控制的知识。

数控技术也是电气自动控制的一个重要分支。它综合了计算机、自动控制、伺服驱动系统、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成就。最近 20 多年来,机电一体化、机电光仪一体化等交叉学科的发展,使得数控技术也得到了飞速的发展。因此在机械制造、电气控制及自动控制领域内相继出现了直接数字(DDC)系统、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(SIMS)、综合运用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、集散控制系统(DCS)、智能机器人和智能制造等高新技术。这些高新技术把整个自动控制和自动制造技术推动到了更高的水平。

说到自动控制技术的最新发展,必须提及现场总线控制系统 FCS(Fieldbus Control System)。FCS 是在计算机网络技术、通信技术和微电子技术飞速发展的基础上,与自动控制技术相结合的产物。它是继集散控制系统(DCS)之后的新一代控制系统,也是现在工业自动化技术的研究开发和应用热点之一。现场总线是用于现场仪表、设备之间以及现场与控制系统之间的一种全数字、双向串行、多节点的通信系统。它把具有数字计算和通信能力的现场仪表和执行器件连接成网络系统,按公开、规范的通信协议,在现场与上位机或网络之间实现数据传输和信息交换。FCS 适应了工业自动控制系统向分散化、智能化和网络化发展的方向。它的出现导致了传统的自动化仪表和控制系统在结构和功能上的重大变革。电气控制系统作为 FCS 中底层网络的重要组成部分,这就要求新型的检测器件、执行器件和智能控制器(如 PLC)必须具备和现场总线通信的能力。FCS 的发展和越来越多的应用宣告了工业自动控制系统一个革命性时代的到来。

另外,还必须介绍在工业自动化技术发展历程中的另外两项最新成果,即 IEC61131-3/IEC61944 和 OPC(OLE for Process Control)。

不同公司的 PLC,甚至是同一家公司、不同系列的 PLC,它们的编程语言、编程方法和规定都存在着这样或那样的区别,这给广大技术人员和一般的操作者带来了极大的不便;同时也为 PLC 在使用上的开放性、互换性设置了障碍。IEC61131-3 标准最开始的目的就是为规范 PLC 的编程方法而制定的,但其作用和意义已远远超出了这个范围。PLC 全面地指导着其他的可编程工业控制设备,如回路调节器、DCS 和现场总线控制系统。PLCopen 国际组织负责 IEC61131-3 的推广等工作。

IEC61131-3 标准的目的在于使 PLC 编程标准化、简单化,减轻用户重复学习的负担,同时它也对更好地把 PLC 和 DCS 融合到一起起到了很大的作用。现场总线的程序设计和标准程序功能块都是用 IEC61131-3 来实现的。为了适应向网络化、分布式控制系统发展的编程需要,IEC 正在制定 IEC61499 标准作为 IEC61131-3 的补充。IEC61499 标准对系统分层的模型是“系统—设备—资源—应用—功能块”,它可以完成以图形方式显示程序的拓扑分布、程序的总体结构以及与分布式自动化项目中其他部分的互联等任务。

把 OLE(Object Linking and Embedding)对象链接嵌入技术应用于过程控制,即 OPC 技术,使得基于 Windows 的人机界面等应用和各控制应用客户间信息交换完全实现了标准化。OPC 技术由以微软和各大影响的工业控制公司所组成的 OPC 基金会负责开发推广。OPC

技术为工业管理控制中的系统集成与数据交换提供了有效的工具,同时也为不同的现场总线系统之间的互联,不同的工业以太网之间的互联提供了有效的途径。

关于现场总线技术及应用方面的知识,请参考作者的另外一本力作《现场总线技术及应用教程》(第2版)。

2. 本课程的性质、内容和任务

本课程是一门实用性很强的专业课。电气控制技术在生产过程、科学研究和其他各个领域的应用十分广泛。本课程的主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍和讲解继电器接触式控制系统和可编程序控制器控制系统的工作原理、设计方法和实际应用。其中可编程序控制器的飞速发展及其强大的功能使它已成为实现工业自动化的主要手段之一。所以,本课程的重点是可编程序控制器,但这并不意味着继电器接触式控制系统就不重要了。这是因为:首先,继电器接触式控制在小型电气系统中还普遍使用,而且它是组成电气控制系统的基础;其次,尽管可编程序控制器取代了继电器,但它所取代的主要是逻辑控制部分,而电气控制系统中的信号采集和驱动输出部分仍然要由电气元器件及控制电路来完成。所以对继电器接触式控制系统的学习是非常必要的。

该课程的目标是让学生掌握一门非常实用的技术,培养和提高学生的实际应用和动手能力。在国家日益重视“工程师”培养的今天,本课程显得更为重要。

电气控制技术是电类专业学生所必须掌握的最基础的实际应用课程,具体要求是:

- (1) 熟悉常用控制电器的工作原理和用途,达到正确使用和选用的目的,同时要了解一些新型元器件的用途。
- (2) 熟练掌握电气控制线路的基本环节,并具备阅读和分析电气控制线路的能力,使之能设计简单的电气控制线路,较好地掌握电气控制线路的简单设计法。熟悉电气设备及常用器件的图形符号和文字符号的最新国家标准。
- (3) 熟悉可编程序控制器的基本概况,深刻领会可编程序控制器的工作原理。
- (4) 熟练掌握可编程序控制器的基本指令系统和典型电路的编程,熟练掌握可编程序控制器的程序设计方法和功能图的编程方法。掌握和熟悉可编程序控制器功能指令的使用。
- (5) 掌握和了解可编程序控制器的网络和通信原理,会编制简单的通信程序。
- (6) 掌握 HMI、变频器和软启动器的使用。
- (7) 了解可编程序控制器实际应用程序的设计步骤和方法。