

Electric Motors and Control Systems

电动机应用技术

原理、器件、维护、控制线路



[美] Frank D. Petruzella 著
陶国彬 译

Electric Motors and Control Systems

电动机应用技术

——原理·器件·维护·控制线路

〔美〕Frank D. Petruzella 著

陶国彬 译

科学出版社

北 京

图字：01-2010-0668 号

内 容 简 介

本书旨在向读者介绍各种类型电动机及其控制系统,内容涵盖了电动机的工作原理、选型、安装、控制和维护等大量内容。

本书的主要内容包括用电安全、理解电气图纸、电动机变压器与配电系统、电动机控制设备、电动机、接触器和电动机启动器、继电器、电动机控制电路、电动机控制电子学、调速驱动器和 PLC 设备。

本书各章自成体系,电路原理讲解透彻,配有丰富的图表和实物图片,并配有引导读者深入思考的练习题。

本书适合作为工科院校电子、电气及相关专业师生参考阅读,也适合作为电子、电气领域从业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电动机应用技术:原理、器件、维护、控制线路/(美)Frank D. Petruzella 著;
陶国彬译. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-028789-2

I. 电… II. ①F…②陶… III. 电动机-基本知识 IV. TM32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 166610 号

责任编辑:孙力维 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:YOLEN'S

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达版艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 9 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 9 月第一次印刷 印张: 28 1/4

印数: 1—5 000 字数: 546 000

定 价: 42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

致谢

在这里,我要感谢为撰写和完善本书做出贡献的人们。首先感谢本书的评审和编写顾问,他们指出了本书编写过程中存在的值得注意的问题和需要重点强调的地方,并提出修改意见。另外下列人员在本书的编写过程中提供了大量的反馈意见,为本书的编写提供了巨大支持和帮助,提出了宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

Mark Bohnet
Northwest Iowa Community College

Keith Bunting
Randolph Community College

Deborah Carper
Owens Community College & Monroe County Community College

Bill Carruthers
eInstruction

James W. Cuccia
Ozarks Technical Community College

David Felin
Ozarks Technical Community College

Larry Hartsock
Southern State Community College

Karl Parr
Wake Technical College

Bill Lamprich
Louisiana Technical College—Northwest

Jim Ramming
Vatterott College

Ernie Schaffer
San Diego Electrical Training

Richard Vining
Orange County Electrical Training

Philip Weinsier
Bowling Green State University—Firelands

Freddie Williams
Lanier Technical College

作者简介

Frank D. Petruzella 在电动机控制领域具有丰富的实践经验,多年来一直从事实践教学和教材编写工作。在成为专业教师之前,他曾经做过负责电气安装和维护的电气工程师。他曾先后获得伊利县技术学院电力与电子技术专业毕业文凭、纽约州立大学布法罗学院学士学位和尼亚加拉大学硕士学位。

前言

本书作为学习教材将向读者全面介绍各种类型电动机及其控制系统,书中涵盖了电动机的工作原理、选型、安装、控制和维护等大量内容。作者在撰写本书时竭力向读者展示最新技术信息,同时反映工业现场时下的迫切需求。

本书基础广泛,适用面广,适合作为大学、职业院校和职业技术培训部门各类电动机和控制系统课程教材。对于初入电气领域的从业人员而言,该书可谓至宝,在本书中不但可以找到国家电气标准参考,同时也可以获得大量关于电动机维护和故障排除的知识。从事电动机检修和维修工作的技术人员将发现本书是一本十分有用的参考书。

本书内容全面周详,同时涵盖电动机如何实现与相应控制线路的结合及系统的运行原理,传统电动机控制技术和现代电动机控制技术在本书中皆有体现。书中探讨内容所涉及主题从电动机的类型和控制方法到常规控制器、电力电子驱动装置,以及可编程逻辑控制器的安装和维护,无所不有。

在电动机与控制类教材中,本书独具特色:

① 各章自成体系。每一章的内容结构完整,自成体系,可以单独学习。可以根据个人需要将本书拆解成若干部分,有选择地进行阅读,教师可以方便地挑选章节满足特定课程需要。

② 电路原理讲解透彻。书中的讲解思路清晰,能够使读者快速掌握电动机电路的工作原理和电动机控制操作的顺序步骤。

③ 集成图表和图片。当通过图表的方式给出电气设备部件的工作原理时,也同时给出设备的图片。这种设计可以有助于提高读者对电动机和控制系统相关设备的认知水平。

④ 故障排除训练。故障排除是电动机和控制系统类课程的重要教学环节,本书各章所设计的故障排除训练可以帮助学生在教师辅助下逐步掌握故障排除的系统方法。

⑤ 深入思考和探讨练习。设计这类开放式问题的目的在于引导学生挖掘章节内容。在多数情况下,这类问题可以引起学生广泛响应,使学生有机会分享不同观点,而不仅仅是问题的结论。

目录

第 1 章 用电安全	1
1.1 电击防护	3
1.1.1 电 击	3
1.1.2 个人防护设备	6
1.2 接地、锁定与规范	10
1.2.1 接地与搭接	10
1.2.2 锁定和标定	13
1.2.3 电气规范和电气标志	16
第 2 章 理解电气图纸	21
2.1 符号、缩写及梯形图	23
2.1.1 电动机符号	23
2.1.2 电动机术语缩写	25
2.1.3 电动机梯形图	25
2.2 接线图、单线图及结构框图	33
2.2.1 接线图	33
2.2.2 单线图	36
2.2.3 结构框图	38
2.3 电动机端接	39
2.3.1 电动机分类	39
2.3.2 直流电动机接线	40
2.3.3 交流电动机接线	42
2.4 电动机铭牌与术语	50
2.4.1 NEC 铭牌信息	50
2.4.2 可选铭牌信息	54
2.4.3 电动机术语指南	56
2.5 电动机手动启动器和电磁启动器	58

2.5.1 手动启动器	58
2.5.2 电磁启动器	59
第 3 章 电动机变压器与配电系统	65
3.1 电力配电系统	67
3.1.1 输电系统	67
3.1.2 单元变电站	68
3.1.3 配电系统	70
3.1.4 开关柜与配电柜	73
3.1.5 电动机控制中心	77
3.2 变压器原理	79
3.2.1 工作原理	79
3.2.2 变压器电压、电流、匝数比	81
3.2.3 变压器额定功率	84
3.3 变压器接线和系统	86
3.3.1 单相变压器	87
3.3.2 三相变压器	90
3.3.3 仪用变压器	94
第 4 章 电动机控制设备	99
4.1 手动开关	101
4.1.1 主控装置与操控装置	101
4.1.2 拨动开关	101
4.1.3 按钮开关	102
4.1.4 指示灯	106
4.1.5 切换开关	107
4.1.6 鼓形开关	108
4.2 机械开关	110
4.2.1 限位开关	110
4.2.2 温控设备	113
4.2.3 压力开关	115
4.2.4 浮控开关与流量开关	116
4.3 传感器	118
4.3.1 接近度传感器	119
4.3.2 光电传感器	123

4.3.3 霍尔效应传感器	126
4.3.4 超声波传感器	128
4.3.5 温度传感器	129
4.3.6 速度与位置传感器	131
4.3.7 流量测量	133
4.4 执行机构	136
4.4.1 继电器	136
4.4.2 螺线管	137
4.4.3 电磁阀	138
4.4.4 步进电动机	141
4.4.5 伺服电动机	141
第 5 章 电动机	145
5.1 电动机原理	147
5.1.1 磁 学	147
5.1.2 电磁学	147
5.1.3 电动机旋转	148
5.2 直流电动机	151
5.2.1 永磁式直流电动机	152
5.2.2 串励直流电动机	154
5.2.3 并励直流电动机	155
5.2.4 复励直流电动机	157
5.2.5 旋转方向	158
5.2.6 反电动势	160
5.2.7 电枢反应	161
5.2.8 转速调整率	162
5.2.9 直流电动机调速	162
5.2.10 直流电动机驱动器	164
5.3 三相交流电动机	167
5.3.1 旋转磁场	167
5.3.2 感应电动机	169
5.3.3 鼠笼式感应电动机	170
5.3.4 绕线式感应电动机	174
5.3.5 三相同步电动机	175
5.4 单相交流电动机	178

5.4.1 分相电动机	178
5.4.2 分相电容式电动机	181
5.4.3 罩极式电动机	184
5.4.4 交直流两用电动机	184
5.5 交流电动机驱动器	186
5.5.1 变频驱动器	186
5.5.2 变频器专用电动机	188
5.6 电动机的选择	189
5.6.1 额定机械功率	189
5.6.2 电 流	190
5.6.3 规范代号	190
5.6.4 设计代号	191
5.6.5 效 率	191
5.6.6 能效电动机	191
5.6.7 机座尺寸	191
5.6.8 频 率	192
5.6.9 满载转速	192
5.6.10 负载要求	192
5.6.11 电动机的额定温度	194
5.6.12 运行系数	194
5.6.13 转 矩	195
5.6.14 电动机外壳	196
5.6.15 公制电动机	197
5.7 安装电动机	199
5.7.1 底 座	199
5.7.2 安 装	199
5.7.3 电动机与负载对齐	200
5.7.4 电动机轴承	202
5.7.5 电气接线	203
5.7.6 接 地	204
5.7.7 导体尺寸	204
5.7.8 电压等级与电压平衡	205
5.7.9 内置热保护器	206
5.8 电动机维护与故障排除	207
5.8.1 电动机维护	207
5.8.2 电动机的故障排除	208

第 6 章 接触器和电动机启动器	217
6.1 电磁接触器	219
6.1.1 负载通断	219
6.1.2 消 弧	228
6.2 接触器额定参数、外壳及固态接触器	232
6.2.1 NEMA 参数	232
6.2.2 IEC 额定参数	234
6.2.3 接触器外壳	235
6.2.4 固态接触器	236
6.3 电动机启动器	240
6.3.1 电磁式电动机启动器	240
6.3.2 电动机过流保护	241
6.3.3 电动机过载继电器	244
第 7 章 继电器	255
7.1 机电控制继电器	257
7.1.1 继电器工作原理	257
7.1.2 继电器应用	259
7.1.3 继电器类型和规格	260
7.2 固态继电器	263
7.2.1 工作原理	263
7.2.2 规 格	264
7.2.3 开关方式	266
7.3 时间继电器	268
7.3.1 电动机驱动定时器	268
7.3.2 阻尼定时器	269
7.3.3 固态时间继电器	269
7.3.4 定时功能	270
7.3.5 多功能定时器和 PLC 定时器	274
7.4 闭锁继电器	276
7.4.1 机械式闭锁继电器	276
7.4.2 电磁闭锁继电器	277
7.4.3 闭锁继电器的应用	278
7.4.4 交替继电器	279
7.5 继电器控制逻辑	282

7.5.1	控制电路输入和输出	282
7.5.2	与逻辑	283
7.5.3	或逻辑	283
7.5.4	组合逻辑	284
7.5.5	非逻辑	284
7.5.6	与非逻辑	285
7.5.7	或非逻辑	285
第 8 章	电动机控制电路	289
8.1	NEC 电动机安装要求	291
8.1.1	确定支路导线规格	291
8.1.2	支路电动机保护	292
8.1.3	电动机控制器的选择	295
8.1.4	电动机与控制器的断开方式	296
8.1.5	典型控制电路	298
8.2	电动机启动	300
8.2.1	交流感应电动机的全压启动	301
8.2.2	感应电动机的降压启动	305
8.2.3	直流电动机启动	315
8.3	电动机正反转和点动	318
8.3.1	交流感应电动机正反转	318
8.3.2	直流电动机正反转	324
8.3.3	点 动	325
8.4	电动机制动	327
8.4.1	反接制动与防止反转	328
8.4.2	能耗制动	330
8.4.3	直流注入制动	330
8.4.4	机电摩擦制动	331
8.5	电动机转速	333
8.5.1	多速电动机	333
8.5.2	绕线式电动机	334
第 9 章	电动机控制电子学	337
9.1	半导体二极管	339
9.1.1	二极管工作原理	339

9.1.2	整流二极管	340
9.1.3	稳压二极管	343
9.1.4	发光二极管	344
9.1.5	光电二极管	345
9.2	晶体管	347
9.2.1	双极型晶体管	347
9.2.2	场效应晶体管	351
9.2.3	金属氧化物型半导体场效应晶体管	352
9.2.4	绝缘栅双极型晶体管	355
9.3	晶闸管	357
9.3.1	可控硅整流器	358
9.3.2	双向可控硅	362
9.4	集成电路	366
9.4.1	制造工艺	366
9.4.2	集成运算放大器	366
9.4.3	555 定时器	369
9.4.4	微控制器	371
9.4.5	静电放电	372
9.4.6	数字逻辑	373
第 10 章	调速驱动器和 PLC 设备	379
10.1	交流电动机驱动基础	381
10.1.1	变频驱动器	381
10.1.2	恒压频比驱动器	387
10.1.3	磁通矢量驱动器	388
10.2	变频驱动器安装与编程参数	391
10.2.1	选择驱动器	391
10.2.2	线路与负载电抗器	391
10.2.3	位 置	392
10.2.4	外 壳	392
10.2.5	安装技术	393
10.2.6	操作面板	393
10.2.7	电磁干扰	394
10.2.8	接 地	395
10.2.9	旁路接触器	396

10.2.10	断路开关	397
10.2.11	电动机保护	397
10.2.12	制 动	398
10.2.13	斜 坡	399
10.2.14	控制输入与输出	400
10.2.15	电动机铭牌数据	402
10.2.16	减 额	403
10.2.17	VFD 的类型	403
10.2.18	PID 控制	405
10.2.19	参数设定	405
10.2.20	问题诊断与排除	407
10.3	直流电动机驱动器基本原理	409
10.3.1	应 用	409
10.3.2	直流驱动器的工作原理	410
10.3.3	单相输入——直流驱动器	412
10.3.4	三相输入——直流驱动器	414
10.3.5	励磁电压控制	415
10.3.6	非再生与再生直流驱动器	416
10.3.7	参数设定	418
10.4	可编程逻辑控制器	420
10.4.1	PLC 的组成与构造	420
10.4.2	梯形图逻辑编程	423
10.4.3	定时器编程	427
10.4.4	计数器编程	429

第

1

章

用电安全



本章目标

- ◆ 明确决定电击程度的电气参数。
- ◆ 了解电气安全的基本原理,熟悉如何穿戴正规的防护服,如何使用防护设施。
- ◆ 了解电动机安装中接地的安全性。
- ◆ 了解锁定程序的基本步骤。
- ◆ 了解负责各种电气规范和标准的组织的职能。

