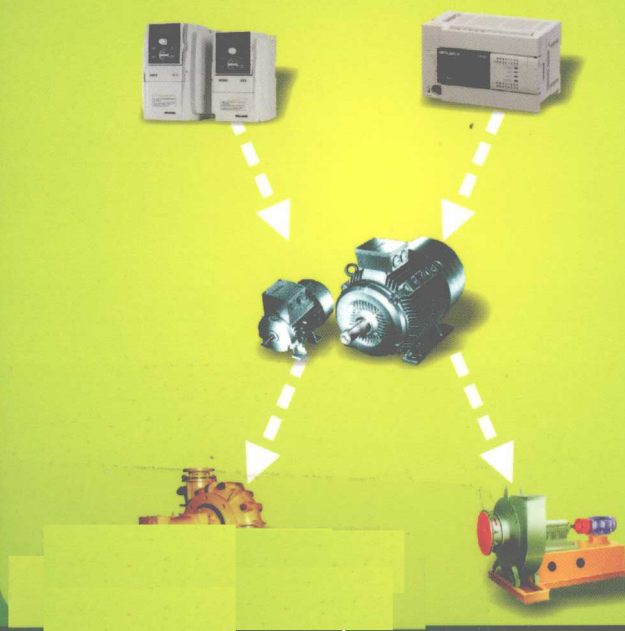


节 电 技 术 应 用 实 践 丛 书

● I E ●
● I A N ●
● I ● ●
S H U ●
Y I N G
Y O N G
S H I ●
I I A N
C O N G
S H U ●



电动机节能方法与 PLC 变频器应用实例

姚志松 吴军 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



节 电 技 术 应 用 实 践 丛 书

电动机节能方法与 PLC 变频器应用实例

姚志松 吴军 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书在阐述电动机现状、分类、型号、原理、结构、工作特性、起动特性、制动特性和调速方法的基础上,讲解了永磁电动机、高效电动机的各种实用节能技术。书中分析了7种交直流电动机的结构、特点和适用场合;介绍了节能所用的软起动、PLC和变频技术,包括其分类、功能、原理、结构、选型、编程、通信、安装、调试、保养、维修、改造、故障处理、抗干扰和应用实例。书中还介绍了电动机控制电路、晶体管、模块以及各品牌PLC、变频器的认知度和满意度调查比较。

本书可供电力、钢铁、冶金、建材、医药、机械、水利、物流、矿业、交通、纺织、制冷等行业相关技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

电动机节能方法与PLC、变频器应用实例 / 姚志松, 吴军编著. —北京: 中国电力出版社, 2009. 11

ISBN 978-7-5083-9446-6

I. 电… II. ①姚…②吴… III. 可程序控制器-应用-电动机-节能-研究 IV. TM32

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第167471号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010年3月第一版 2010年3月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 20.625印张 578千字

印数0001—3000册 定价39.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

2010 年是我国政府在“十一五”规划纲要中提出的“单位 GDP 能耗降低 20%”节能目标实施的第五年,是世界银行全球环境基金(GEF)中国节能促进项目引入“合同能源管理(EPC)”节能机制示范推广的第十二年,也是我国节能服务产业从零起步持续发展的第十二年。本年,节能产业延续了 2009 年度良好的态势,迈上一个新台阶。产业队伍迅速扩大,规模大幅增长,节能进入了快速、健康、可持续发展时期。

在经济快速增长的新时期,我国政府提出了建设资源节约型社会的方针,颁布和实施了多项政策法规,旨在推动节能技术进步,促进节能降耗和污染减排。因电动机耗电量占全国总消费电能的 60%~70%,因此抓好电动机节能刻不容缓。电动机节能有新老两种方法,老方法有星—三角转换、改接线、变极、磁楔、磁泥、永磁等;新方法有软起动、PLC(可编程序控制器)控制、变频调速等。这些内容篇幅大、知识广、内容多,而现有的书籍往往只涉及其中一部分且没有阐述基础知识,如文中有缩略语而无解释,使自学者概念模糊,费时费力。为此作者吸收国内外企业之经验,以亲身体会为主,理论与实际相结合,编写旨在全面深刻、简明精炼、实用新颖、图文并茂、详略得当、实例可靠、通俗易懂、好学好用,可操作性强,便于查询和自学提高且符合最新标准的书籍,使读者水平似乘高级电梯一样,在不知不觉中从底层快速直达高层。

本书重点讲解了最新的节能技术和方法,如矢量控制、液体软起动、自动批次软起动、LOGO 超小型 PLC、单元串联多电平变频器及对国内外各品牌变频器的应用、计划采购、认知度、优缺点、满意度的比较和评价。PLC 的编程方法介绍有梯形图、指令系统、

顺序功能图、高级语言等；对常用的绝缘栅双极晶体管等电子器件，从原子结构讲起，介绍其原理结构。书中还介绍了大量来自生产一线的软起动器、PLC、变频器应用实例，便于读者实践操作，书末附有缩略语一览。

本书编者长期从事生产一线的设计、制造、试验、运行、安装、管理、修理、改造工作，有丰富的生产实践经验。本书在编写过程中也参考了大量的文献和论文，在此对相关作者表示诚挚的感谢。参加本书编写工作的还有陈希明、张一军、赵寿生、高山、章寿源、顾克拉、王吉庆、何勇、刘洪鑫、李宏雯、潘巍巍、刘义华、周锡忠、金祖荣等高工和姚磊、刘东江、金敏锋、潘林凤、吴学林、胡美华、吴勇、廖凤香等，全书由姚志松负责统稿和校订。限于编者的水平，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 电动机现状和节能技术	1
第一节 电动机现状和高效电动机	1
一、我国节能工作的紧迫性	1
二、电动机系统节能工程	2
三、电动机行业现状	4
第二节 高效和永磁电动机制造	9
一、制造高效电动机采取的措施	9
二、清华大学研制的高效电动机	12
三、永磁电动机	13
四、直配电动机	16
第三节 电动机节能技术	16
一、星—三角转换和改接线使轻载节电	16
二、减少轻载或空载运行	23
三、应用磁性槽楔或槽泥改造电动机	25
四、电动机节能改造	31
五、合理选择电动机的形式和容量	34
六、优选厂用母线电压,降低电动机能耗	40
七、改造和更新水泵、风机类设备	44
八、主泵电动机采用功率因数就地补偿	46
九、润滑齿轮及部件	47
十、提高电动机检修质量	48
十一、异步电动机同步化运行	48

十二、同步电动机进相运行	51
十三、全集成自动化和能源管理	52
第二章 电动机型号、结构和特性	53
第一节 电机的分类、型号及铭牌	53
一、电机的分类	53
二、电机的产品型号	55
三、电机的铭牌	58
第二节 电动机的工作原理、结构和工作特性	63
一、三相异步电动机工作原理	63
二、异步电动机的基本结构	64
三、电动机的工作特性	65
四、电动机的效率和工作性能	69
五、用变频器驱动时电动机的特性	73
第三节 电动机的起动特性	75
一、概述	75
二、异步电动机的起动过程和稳定性	76
三、起动方法	77
四、起动设备的结构和控制	80
第三章 电动机调速方法和选择	86
第一节 概述	86
一、调速的意义	86
二、调速方式	87
第二节 用于调速的各种电动机	88
一、直流电动机	88
二、同步电动机	93
三、绕线转子异步电动机	94
四、笼型异步电动机	95
五、交流电磁调速异步电动机	95
六、无换向器电动机	96
七、无刷双馈电动机	97

第三节	直流电动机的调速方法	97
第四节	异步电动机变频调速方法	100
第五节	绕线转子异步电动机调速方法	104
一、	转子回路串电阻调速	104
二、	改变定子电压调速	105
三、	串级调速	107
第六节	大中容量电动机调速方案的选择	108
一、	调速方案的分类和内容	108
二、	调速方案的选择比较	111
第四章	调速和制动技术应用实例	113
第一节	数控励磁调速技术的应用	113
一、	数控励磁调速技术的节能方式	113
二、	与变频及内反馈调速系统比较	115
第二节	全数字串级调速的应用	116
一、	串级调速基本原理和系统构成	116
二、	全数字串级调速控制系统的特点和构成	118
三、	全数字串级调速控制系统效益分析	120
第三节	电动机转子变频调速	121
一、	转子变频调速原理	121
二、	DFC 型交流电动机转子侧变频调速装置	124
三、	DFC 型交流电动机转子侧变频调速装置应用	125
第四节	液力耦合器及其与变频调速对比	127
一、	液力耦合器在风机上的应用	127
二、	液力耦合器调速系统效率	129
三、	风机、泵类负载变频调速和液力耦合器 调速的耗能比较	131
四、	变频调速和液力耦合器调速的投资比较	132
第五节	电动机制动和电磁制动实例	133
一、	能耗制动	133
二、	回馈制动	134

三、反接制动	134
四、正接反转制动	135
五、电磁制动实例	135
第六节 电动机使用变频器的制动方式	138
一、概述	138
二、电阻能耗制动的工作方式	140
三、共用直流母线方式的回馈制动	143
四、回馈到交流电网的制动方式	145
第五章 电动机的硬起动和软起动	148
第一节 起动方法和全电压起动	148
一、起动方法	148
二、直接接入电网起动	150
三、全电压直接起动应满足的条件	151
四、电动机直接起动设备的选择	153
第二节 降压起动	155
一、降压起动方式的适用场合和性能	155
二、降压起动的种类、特点和设备	157
三、降压起动控制	160
第三节 软起动器起动	162
一、工作原理	162
二、应用型号和带多台电动机举例	167
三、软起动器与变频器比较	171
第四节 软起动器的分类和选型	173
一、软起动器的技术优势	173
二、按电压变动形式分类	173
三、按运行方式分类	181
四、按结构组成分类	183
五、软起动器的选型	185
第五节 矿用安全型软起动装置特点	186
一、结构原理	186

二、主要功能	187
三、主电路与控制电路之间的电气隔离措施	190
第六节 单片机软起动器	190
一、起动器工作原理	190
二、设计方案	191
第六章 软起动器应用实例和特征软起动器	195
第一节 软起动器应用实例	195
一、软起动器在水厂的应用实例	195
二、软起动器在水电站的应用实例	197
三、软起动器在火电厂的应用实例	201
四、软起动器在煤矿的应用实例	207
五、开关变压器式软起动器在石化厂的应用实例	208
六、软起动器在重工业中的应用实例	212
第二节 液态软起动技术	215
一、起动方案的论证	215
二、液态软起动装置构成、工作原理及性能	216
三、运行效果分析	218
四、液态电阻的计算和控制方式	219
五、某炼铁厂实例应用介绍	219
第三节 磁控软起动技术	220
一、自励式磁控电抗器	220
二、磁控控制器的设计和选择	222
三、应用情况	223
第四节 电动机自动批次起动控制柜	223
一、电动机联络控制柜	223
二、石化工业采用联络控制柜的必要性	226
三、实际案例	227
第七章 电动机节能控制电路与保护器应用	229
第一节 节能控制电路	229
一、电动机惯性逆行程节能电路	229

二、节能可靠的空压机控制回路	230
第二节 电动机保护器	234
一、电动机保护器简介	234
二、保护器在桥式起重机中的应用	235
三、保护器在单相电动机中的应用	238
第八章 PLC 基础知识	241
第一节 PLC 概述	241
一、PLC 的产生和应用	241
二、PLC 在我国的多领域应用	243
三、PLC 品牌的选用	243
四、PLC 的选型	244
五、PLC 的硬件及其应用	248
第二节 PLC 的分类和功能	251
一、分类	251
二、功能	253
第三节 PLC 的工作原理和结构	255
一、PLC 的工作过程	255
二、PLC 执行程序过程	257
三、PLC 的输入与输出响应时间	259
四、PLC 的结构	260
五、PLC 各单元的组成	262
六、LOGO! 0BA6 超小型 PLC 特点	273
第四节 PLC 的编程方法	280
一、编程方法	280
二、编程指令	294
三、PLC 的编程技巧	298
四、S7-300 PLC 编程方法	301
第五节 PLC 抗干扰措施和注意事项	304
一、PLC 抗干扰措施实例	304
二、PLC 输出注意事项	308

三、PLC 应用中的问题和解决措施	311
第六节 PLC 与变频器同步控制和连接问题	314
一、PLC 与变频器同步控制实例	314
二、PLC 与变频器的连接问题	317
第七节 PLC 的安装	320
一、安装方法和安装环境要求	320
二、接线和布线的注意事项	321
三、调试和运行	321
第八节 PLC 的维护	322
一、PLC 故障的诊断	322
二、PLC 的维护	325
第九章 PLC 应用实例	327
第一节 PLC 在发电厂的应用实例	327
一、PLC 在水电站的应用	327
二、PLC 在火电厂配煤系统中的应用	330
三、PLC 在油处理中的应用	334
四、PLC 在烟气挡板改造中的应用	337
第二节 PLC 在变电站的应用	341
一、变电站 PLC 的远程监控	341
二、PLC 应用在变电站母联备自投	344
第三节 PLC 在钢铁行业的应用	348
一、LOGO! PLC 在高炉的应用	348
二、PLC 在上料小车的应用	352
第四节 PLC 在冶金、锻造系统的应用	356
一、PLC 在锻造打磨中的应用	356
二、PLC 在冶炼压样机的应用	360
第五节 PLC 在水系统的应用	362
一、PLC 实现水资源监控与调度	362
二、PLC 在污水处理厂的应用	367
三、用 LOGO! PLC 实现热水温度的控制	370

第六节 PLC 在土木系统的应用	376
一、PLC 自控混凝土速凝剂	376
二、PLC 在刨花板随动控制中的应用	380
第七节 PLC 在机床等系统中的应用	382
一、PLC 在机床中的应用	382
二、LOGO! PLC 在压缩机中的应用	385
三、用 LOGO! PLC 的低电压延时再起动	389
第十章 各种晶体管结构和变频器原理	391
第一节 二极管、三极管和晶闸管	391
一、半导体材料及其特性	391
二、PN 结及其单向导电性	393
三、晶体二极管的结构	394
四、晶体三极管的结构	394
五、晶闸管的结构及工作原理	395
第二节 场效应管	397
一、结型场效应管	397
二、绝缘栅型场效应管的结构	399
三、MOS 管、CMOS 管	401
四、绝缘栅双极晶体管 (IGBT)	401
第三节 变频器用电子器件	404
一、各种常用晶体管概况	404
二、常用模块	408
第四节 变频器的构成和功能	409
一、变频调速原理	409
二、变频器类别	410
三、变频器的额定值及频率指标	411
四、变频器的构成	412
第五节 变频器的工作原理	417
一、单相逆变桥工作原理	417
二、三相逆变桥工作原理	418

三、单元串联多电平 PWM 高压变频器结构原理	423
第六节 变频器的控制方式	427
一、概述	427
二、矢量控制变频调速	429
三、异步电动机的四象限运行	431
四、控制回路	432
五、变频器控制方式的合理选用	434
第十一章 变频器各品牌调查和有关技术分析	435
第一节 负载性质和变频器分类	435
一、恒转矩负载	435
二、恒功率负载	437
三、二次方律负载	438
四、其他类型负载	442
五、变频器分类	443
第二节 对各品牌变频器的调查	445
一、在用品牌情况	445
二、计划采购品牌情况	446
三、对高低压品牌的认知度	447
第三节 变频器节能新技术及发展趋势	449
一、高压变频器节能新技术	449
二、高压变频器发展趋势	451
三、市场产品和技术趋势	451
四、价格走势	453
第四节 电动机变频应用分析和切断变频器运行	453
一、电动机变频调速应用分析	453
二、电动机切断变频器运行	457
第五节 压频比 (U/f) 的选择处理	459
一、转矩提升意味着什么	459
二、二次方律负载的转矩提升选择	461

第十二章 变频器的选用、安装和在发供电中的应用	464
第一节 变频器的选用	464
一、变频器应符合环境条件	464
二、根据变频器特点选择	464
三、选择变频器容量	471
四、加大或减小变频器容量的场合	473
五、选型注意的问题	475
六、合理选用变频器电压等级	478
七、多台电动机共用一台变频器	479
第二节 变频器的安装和维护	482
一、变频器的发热与散热	482
二、安装变频器的要求和保养	483
第三节 变频器在发电厂的应用实例	485
一、变频器在电厂凝结水泵的应用	485
二、发电厂燃料重车调机变频技术	489
三、变频器在电厂锅炉流化床的应用	492
四、锅炉引风机应用高压变频器	494
第四节 变频器在坑口电厂和变电站的应用	497
一、变频器在坑口电厂的应用	497
二、变频器在变电站中的应用	500
第十三章 水泵、风机和压缩机的变频应用实例	503
第一节 水泵变频技术	503
一、变频改造锅炉循环水泵	503
二、工厂水泵系统的变频改造	506
三、高压变频在供水中的应用	507
四、高压变频在炼铁厂冲渣泵上的应用	511
五、离心脱水机双变频控制	512
六、盐水箱液位控制应用变频	515
第二节 变频恒压供水	518
一、台山市变频恒压供水	518
二、昆山市变频器控制的恒压供水系统	521

三、山东矿区变频恒压供水系统	524
四、氯碱行业变频恒压供水	526
五、回水系统变频恒压供水改造	528
六、变频水位控制器的应用	530
第三节 变频风机	531
一、PLC 与变频器在风机中的应用	531
二、尾气风机的变频改造	534
三、变频器在脱硫除尘风机上的应用	537
四、智能手动操作器在风机变频中的应用	539
五、鼓风机变频调节器 PID 控制	543
第四节 压缩机变频改造	545
一、中央空调的节能改造	545
二、螺杆压缩机变频改造	548
第十四章 冶金、化工等其他行业变频器应用实例	551
第一节 冶金钢铁业变频器应用实例	551
一、变频在转炉中的应用	551
二、变频器在钢铁轧机上的应用	554
第二节 制药、化工、建筑变频器应用实例	558
一、医药发酵罐变频应用	558
二、变频调速在树脂制造中的应用	560
三、电瓷泥浆搅拌机的变频改造	562
四、变频器在水泥回转窑中的应用	564
第三节 机床、电梯、钻机变频器应用实例	565
一、龙门刨床走刀的变频器改造	565
二、电梯运行速度的变频优化控制	568
三、钻机的变频调速改造	574
第四节 轮胎、橡胶、造纸行业变频器应用实例	576
一、变频在生产轮胎线拉丝机上的应用	576
二、变频改造橡胶后处理生产线	578
三、变频器的纸机张力控制	581
第五节 提升机、卷扬机、起重机变频器应用实例	584

一、变频器在矿用提升机上的应用	584
二、变频调速改造吊车	586
三、变频在桥式起重卷扬机中的应用	588
四、变频在电解铜起重机上的应用	590
第十五章 变频器的维修和谐波抑制	592
第一节 变频器常见故障和预防	592
一、变频器故障和预防措施	592
二、恒压供水变频器的故障维修	600
三、钢铁中板轧机交变频器故障分析	604
第二节 变频器故障处理实例	608
一、日本富士变频器故障维修实例	608
二、变频器故障处理实例	611
三、井下提升机变频柜故障原因分析	618
第三节 巧用变频器功能	619
一、变频器微调调节器 PID 的应用	619
二、巧用变频器功能实现变频器自动起动	623
第四节 变频电磁谐波及抑制措施	623
一、电磁谐波污染与抑制措施	623
二、变频器的干扰信号及预防	628
三、变频器系统的接地	633
附录 本书缩略语一览（按英文字母顺序）	637
参考文献	639