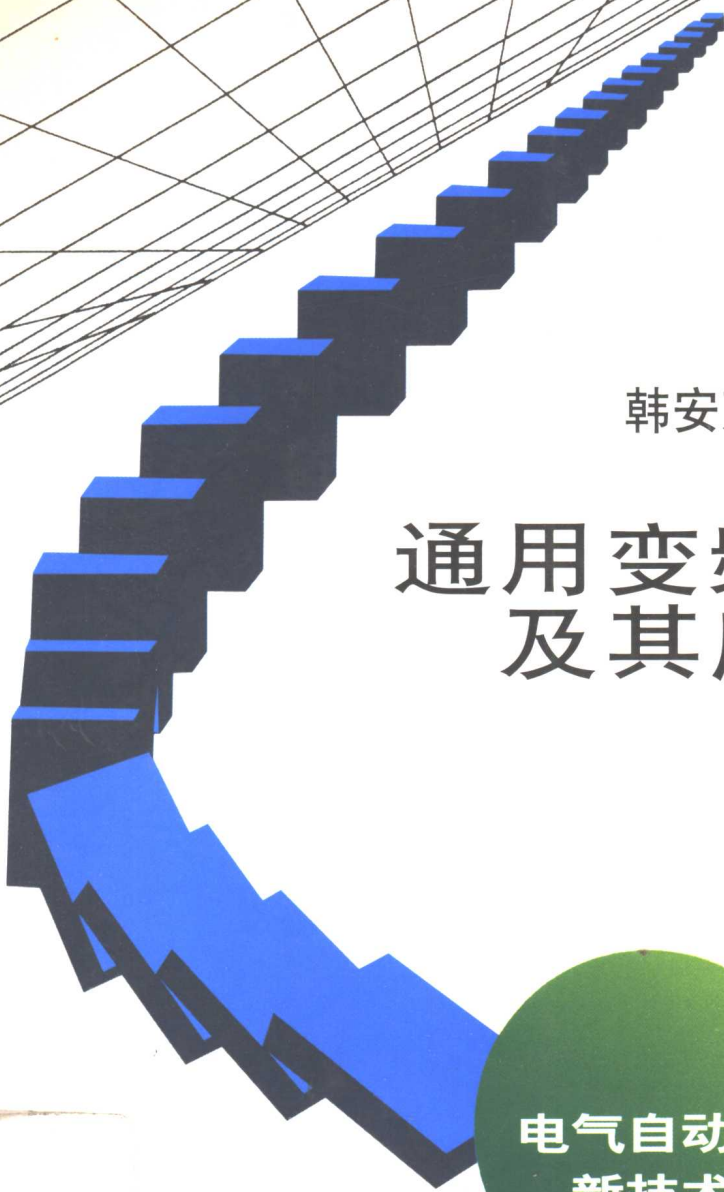




韩安荣 主编

通用变频器 及其应用

第2版

电气自动化
新技术
丛书



机械工业出版社
China Machine Press

1=2 电气自动化新技术丛书

通用变频器及其应用

第 2 版

韩安荣 主编



机械工业出版社

本书针对电气工程技术人员在使用通用变频器中遇到的理论与实践方面的实际问题,阐述了变频器的原理,论述了结合生产工艺选用变频器及其外围设备和电动机的方法,并以最新型变频器为例子就变频器的使用、维护及应用实例等方面进行了详细的介绍。

本书自1995年出版发行以来,深受读者欢迎,已多次重印。但由于变频器技术发展很快,原书内容已不能反映这种发展变化,为此对全书进行修订。除对原有各章内容进行充实和更新外,还增加了目前人们最为关注的高压变频器和基于现场总线的高性能变频器两章内容,以满足读者需要。

本书可作为电气传动自动化专业的工程技术人员、大专院校师生的参考书,也可供变频器用户等作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

通用变频器及其应用(第2版)/韩安荣主编. —北京:机械工业出版社,2000

(电气自动化新技术丛书)

ISBN 7-111-04766-4

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:孙流芳 版式设计:张世琴 责任校对:张媛

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年1月第2版第1次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·16.375印张·423千字

15 051—20 050册

定价:28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

《电气自动化新技术丛书》

序 言

科学技术的发展，对于改变社会的生产面貌，推动人类文明向前发展，具有极其重要的意义。电气自动化技术是多种学科的交叉综合，特别在电力电子、微电子及计算机技术迅速发展的今天，电气自动化技术更是日新月异。毫无疑问，电气自动化技术必将在建设“四化”、提高国民经济水平中发挥重要的作用。

为了帮助在经济建设第一线工作的工程技术人员能够及时熟悉和掌握电气自动化领域中的新技术，中国自动化学会电气自动化专业委员会和中国电工技术学会电控系统与装置专业委员会联合成立了《电气自动化新技术丛书》编辑委员会，负责组织编辑《电气自动化新技术丛书》。丛书将由机械工业出版社出版。

本丛书有如下特色：

一、本丛书是专题论著，选题内容新颖，反映电气自动化新技术的成就和应用经验，适应我国经济建设急需。

二、理论联系实际，重点在于指导如何正确运用理论解决实际问题。

三、内容深入浅出，条理清晰，语言通俗，文笔流畅，便于自学。

本丛书以工程技术人员为主要读者，也可供科研人员及大专院校师生参考。

编写出版《电气自动化新技术丛书》，对于我们是一种尝试，难免存在不少问题和缺点，希广大读者给予支持和帮助，并欢迎大家批评指正。

《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会

《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会成员

主 任：黄席樾

副主任：王兆安 王志良 赵相宾

委 员：王 炎 王正元 王兆安 王志良

刘宗富 孙武贞 孙流芳 许广锡

许宏纲 朱稚清 陈伯时 陈敏逊

李永东 李序葆 赵光宙 张 浩

张敬民 周国兴 徐殿国 涂 健

夏德铃 蒋静坪 黄席樾 舒迪前

彭鸿才 霍勇进 戴先中 赵相宾

秘 书：刘风英

《电气自动化新技术丛书》

出版基金资助单位

机械工业部天津电气传动设计研究所

深圳华能电子有限公司

北京电力电子新技术研究开发中心

天津普辰电子工程有限公司

中国电工技术学会

第2版 前言

自1995年《通用变频器及其应用》出版以来,该书在普及交流调速技术、指导通用变频器应用方面起到了应有的作用,受到了广大读者的普遍欢迎。由于变频技术的迅速发展,原书的某些内容已无法适应目前的需要。经《电气自动化新技术丛书》编委会研究,决定编写第2版。其目的仍是为广大科技人员提供一本适应变频调速技术发展的技术参考书。着重解决应用方面的问题,是本书的特点。

与第1版相比较,全书的格局有较大的更动,但仍包括电力电子器件、通用变频器原理、通用变频器构成的调速系统、通用变频器运行及维护和应用实例等方面的内容。本着侧重应用的宗旨,第4~7章完全结合市场最新型号变频器重新撰稿。第2版新增加的第5、6章展示了变频调速的最新技术。

第1章,着重介绍了电力电子器件的发展及其应用技术,与第1版相比较,加强了IPM的内容;第2章、第3章未作大的改动,为适应变频技术的发展介绍了“多控制方式”变频器的功能和“工程型”变频器的基本情况;第4章,结合较新的具体机型,介绍通用变频器的一般应用技术;第5章以“工程型”高性能通用变频器(6SE7系列)为背景,展示了通用变频器的最新发展动向,介绍了这类变频器灵活的“系统组态”方式及其实现;第6章重点介绍现场迫切需要的“高压变频器”,着重分析了交-直-交多点式PWM高压变频器和单元串联式高压变频器的原理及性能;第7章选择了有代表性的几类成功应用的具体实例,展示了通用变频器应用的现状及效益。

本书由韩安荣主编,第1章由韩安荣根据满永奎的原稿改写;第2、3章由韩安荣编写;第4、5章及第7章7.1节由闫士杰编

写；第6章由竺伟编写；第7章7.2节由张洪举编写；7.3节由黄升觉编写；第7章7.4~7.9节节录自王占奎等编的《变频调速应用百例》，这部分的执笔者为迟桂友、陈德芳、李长江、尚小平、郑经文、胡建忠、陈滨岛、胡建非、杨波和许海虹。

全书由东北大学刘宗富教授主审。

第2版的编写过程中，受到了陈伯时教授的指导，彭鸿才教授提出了一些宝贵的建议。

编写过程中，《电气自动化新技术丛书》编委会和机械工业出版社电工电子编辑室给予了极大的关心和支持。还受到东北大学信息科学与工程学院电气工程系、东北大学变频器研究与应用中心、罗宾康公司上海办事处等单位的全体同志的大力协助。

征得深圳华能电子有限公司王占奎总经理、上海大学陈国呈老师的同意，本书的1.5节、7.4~7.9节引用了他们著作中的有关内容。各变频器厂商也为我们提供了相关资料和有益的支持。

在此，作者向上述公司、单位、专家、同行致以由衷的谢意。

本书第1版的编者满永奎和吴成东先生因故未参加第2版的编写工作，我们不会忘记他们对本书所做的贡献。

本书第1版发行以来，作者接到大量信件和电话，感受到广大读者对本书和作者的关爱，在此一并致谢。

新版中如有疏漏、谬误之处，敬请读者不吝指教。来信请寄：沈阳市东北大学134信箱（110006），电话（024）—23914784。

韩安荣

1999年7月

第1版 前言

目前,交流调速传动已经上升为电气调速传动的主流。中、小容量范围内,采用自关断器件的全数字控制 PWM 变频器已经实现了通用化。全数字控制方式的软件功能不但考虑到通用变频器自身的内在性能,而且还融入了大量的使用经验和技巧,使得通用变频器的 RAS 三性 (Reliability、Availability、Serviceability,即可靠性、可使用性、可维修性) 功能得以充实。由于通用变频器具有调速范围宽、调速精度高、动态响应快、运行效率高、功率因数高、操作方便且便于同其他设备接口等一系列优点,所以应用越来越广泛,社会经济效益十分显著。

由于通用变频器知识含量高、技术复杂且资料不甚完善,所以,如何用好通用变频器,目前尚存在着大量的理论问题和实际问题需要解决。作者根据多年来研制变频器和协助工厂消化、安装、维护变频器的经验,加上收集到的最新资料,经系统化而编写成本书,试图为广大读者提供一本技术参考书。

本书第1章介绍电力电子器件的最新发展、原理及应用知识,着重介绍通用变频器中应用最多的 BJT 和 IGBT;第2章介绍通用变频器的一般原理,包括普通功能型 U/f 控制通用变频器、具有转矩控制功能的高功能型 U/f 控制通用变频器和高动态性能型矢量控制通用变频器;第3章介绍通用变频器构成的调速系统,包括通用变频器的功能、应用优势、变频器及其外围设备的选择等内容;第4章以一具体机种为例,介绍具体使用方法、维护要点及注意事项等;第5章通过一些具体的成功应用实例,介绍变频器的应用现状及其效益。

第1、4章由满永奎副教授编写,第2、3章由韩安荣副教授编写,第5章由吴成东副教授编写。

全书由刘宗富教授主审并定稿。

在本书编写过程中受到电气自动化新技术丛书编委会的关心与支持，还受到东北大学电机拖动教研室、东北大学变频器研究及应用中心和沈阳建筑工程学院自动化教研室全体同志的大力协助。富士公司、三肯公司、安川公司和西门子公司无偿提供了变频器和有关设备的技术资料，在此谨致谢意。

由于时间仓促，资料分散，加之作者水平有限，疏漏甚至谬误在所难免，敬请读者不吝指教。

作 者

1994 年 11 月

常用缩写符号

- AC——交流 (Alternating Current)
- ARS——可靠性, 可使用性, 可维修性 (Reliability, Availability, Serviceability)
- BJT——双极晶体管 (Bipolar Junction Transistor)
- CPU——中央处理器 (Central Processor Unit)
- DC——直流 (Direct Current)
- DSP——数字信号处理器 (Digital Signal Processor)
- GTO——可关断晶闸管 (Gate Turn Off Thyristor)
- IGBT——绝缘栅双极型晶体管 (Insulated Gate Bipolar Transistor)
- IPM——智能型电力模块 (Intelligent Power Module)
- MCT——场控晶闸管 (MOS Control Thyristor)
- MOSFET——MOS 场效应晶体管 (MOS Field-Effect Transistor)
- PWM——脉冲宽度调制 (Pulse Width Modulation)
- SPIC——智能型电力集成电路 (Smart Power Integrated Circuit)
- SPWM——正弦脉冲宽度调制 (Sinusoidal Pulse Width Modulation)
- VVVF——变压变频 (Variable Voltage Variable Frequency)

目 录

《电气自动化新技术丛书》序言

第2版前言

第1版前言

常用缩写符号

第1章 电力电子器件及其应用	1
1.1 概述	1
1.2 双极晶体管 (BJT)	3
1.2.1 BJT 的发展	3
1.2.2 BJT 的主要参数	4
1.2.3 BJT 的安全工作区	7
1.2.4 BJT 的驱动	9
1.2.5 BJT 的保护	12
1.2.6 BJT 的并联运行	15
1.2.7 BJT 的选择	20
1.2.8 散热器的设计	22
1.3 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)	25
1.3.1 IGBT 产品介绍	26
1.3.2 IGBT 的构造说明	26
1.3.3 IGBT 的主要参数与基本特性	28
1.3.4 使用 IGBT 时注意事项	30
1.3.5 IGBT 的驱动	31
1.4 其他电力半导体器件	34
1.4.1 电力 MOS 场效应晶体管 (MOSFET)	34
1.4.2 门极关断 (GTO) 晶闸管	38
1.4.3 场控晶闸管 (MCT)	41
1.5 智能电力模块 (IPM)	42
1.5.1 IPM 的结构	43

1.5.2	IPM 的特点	45
1.5.3	IPM 的应用举例	46
	参考文献	53
第 2 章	通用变频器的原理	55
2.1	概述	55
2.1.1	变频调速概况	55
2.1.2	通用变频器概况	60
2.2	变频器的简单原理	66
2.2.1	变频调速的基本控制方式	66
2.2.2	变频器的基本构成	69
2.3	变频器的分类	70
2.3.1	按直流电源的性质分类	71
2.3.2	按输出电压调节方式分类	72
2.3.3	按控制方式分类	74
2.3.4	按主开关器件分类	77
2.4	通用变频器中的逆变器及其 PWM 控制	79
2.4.1	6 脉波方波逆变器	79
2.4.2	PWM 逆变器	80
2.4.3	SPWM 控制	81
2.4.4	同步调制与异步调制	84
2.4.5	谐波分析与输出电压调节	86
2.4.6	谐波消去法	88
2.4.7	瞬时电流跟踪控制	90
2.5	通用变频器中的整流器	91
2.5.1	二极管整流器	91
2.5.2	斩控式整流器	95
2.6	变频器传动中的制动状态	105
2.6.1	动力制动	107
2.6.2	回馈制动	108
2.6.3	采用共用直流母线的多逆变器传动	111
2.6.4	直流制动	113
2.7	异步电动机变频调速时的转矩特性	115
2.7.1	以气隙磁链为参变量的转矩特性	116

2.7.2 以转子全磁链为参变量的转矩特性	120
2.8 通用变频器的 U/f 控制	121
2.8.1 普通功能型 U/f 控制通用变频器	122
2.8.2 高功能型 U/f 控制通用变频器	124
2.9 高动态性能型矢量控制通用变频器	133
2.9.1 矢量控制的概念	133
2.9.2 采用 PWM 变频器的矢量控制框图	137
2.9.3 矢量控制通用变频器实际装置例	139
参考文献	144
第 3 章 通用变频器构成的调速系统	146
3.1 使用通用变频器的目的与效益	146
3.1.1 节能应用	148
3.1.2 提高生产率	153
3.1.3 提高产品质量	156
3.1.4 设备的合理化	158
3.1.5 适应或改善环境	160
3.2 使用通用变频器的技术优势	160
3.3 通用变频器的功能	165
3.3.1 概述	165
3.3.2 变频器功能的类型	169
3.3.3 功能设定概述	176
3.3.4 主要功能的说明	179
3.4 生产机械的驱动	198
3.4.1 生产机械的转矩特性	200
3.4.2 生产机械的启动与制动	204
3.5 异步电动机的选择	208
3.5.1 异步电动机形式与容量的选择	208
3.5.2 负载功率的计算	213
3.5.3 选用异步电动机时的注意事项	217
3.6 变频器及其外围设备的选择	220
3.6.1 通用变频器的标准规格	221
3.6.2 变频器类型的选择	237
3.6.3 变频器容量的计算	237

3.6.4 变频器的外围设备及其选择	249
参考文献	255
第4章 通用变频器的运行与维护	256
4.1 通用变频器的铭牌与结构	256
4.1.1 通用变频器的铭牌	256
4.1.2 通用变频器结构	259
4.2 通用变频器的安装环境与空间	259
4.2.1 安装环境	259
4.2.2 安装空间	260
4.3 通用变频器标准接线与端子功能	263
4.3.1 基本原理接线图	263
4.3.2 主电路接线	263
4.3.3 控制电路	265
4.3.4 控制电源与辅助电源的连接	269
4.3.5 制动单元与制动电阻的连接	269
4.4 变频器功能单元操作	271
4.4.1 功能单元	271
4.4.2 变频器功能码	272
4.4.3 变频器功能设定与运行监视	283
4.5 变频器运行	283
4.5.1 通电前的检查	284
4.5.2 系统功能设定	284
4.5.3 试运行	287
4.5.4 控制端子外部信号操作运行	287
4.6 变频器的某些特殊功能	288
4.6.1 电动机转矩提升的设定	288
4.6.2 跳跃频率	289
4.6.3 瞬时停电再起动	289
4.6.4 第二电动机功能	290
4.7 变频器的维护与故障处理	290
4.7.1 日常维护与检查	291
4.7.2 变频器本身的保护功能	292
4.7.3 常见故障检查与处理	295

4.8 使用变频器时的注意事项	297
4.8.1 接线与防止噪声时的注意事项	297
4.8.2 关于输入与输出的注意事项	298
4.8.3 用于特殊电动机时的注意事项	301
4.9 变频器的测量与实验方法	302
4.9.1 目前常见的测量仪表	302
4.9.2 变频器的测量与仪表的选择	303
4.9.3 输入侧的测量	304
4.9.4 输出侧的测量	305
参考文献	306
第5章 高性能通用变频器的运行	307
5.1 高性能通用变频器的类型	307
5.1.1 高性能通用变频器结构	307
5.1.2 有速度传感器的矢量控制变频器	309
5.1.3 无速度传感器的矢量控制变频器	310
5.1.4 直接转矩控制变频器	311
5.2 高性能通用变频器的接线	312
5.2.1 主电路接线	312
5.2.2 控制电路接线	312
5.2.3 辅助控制端子接线	317
5.3 高性能通用变频器的系统组态	317
5.3.1 编程单元	317
5.3.2 输入输出端子功能的设定	319
5.3.3 变频器运行功能设定	325
5.3.4 变频器的功能数据组、功能单元块与控制系统结构	333
5.3.5 具有 U/f 控制模式的系统组态	335
5.3.6 矢量控制的系统组态	338
5.3.7 矢量控制模式变频器的运行	341
5.4 高性能通用变频器的功能模板	344
5.4.1 通信模板	345
5.4.2 输入输出接口模板	349
5.4.3 工艺模板	351
5.5 使用高性能变频器时的注意事项	353

5.5.1 变频器选型时的注意事项	353
5.5.2 变频器系统组态时的注意事项	355
5.5.3 使用变频器功能模板时的注意事项	357
5.6 ABB 公司 ACS600 系列变频器	357
5.7 三菱系列变频器	363
参考文献	365
第 6 章 高压变频器	366
6.1 电流源型变频器	367
6.1.1 晶闸管电流源型变频器	369
6.1.2 GTO-PWM 式电流源型变频器	373
6.2 三电平 PWM 电压源型变频器	375
6.2.1 三电平变频器原理	377
6.2.2 三电平电压空间矢量控制	381
6.2.3 PWM 整流器	390
6.2.4 三电平变频器的派生方案	392
6.3 单元串联多电平 PWM 电压源型变频器	395
6.3.1 单元串联多电平变频器原理	395
6.3.2 多重化整流电流	399
6.3.3 多电平移相式 PWM 控制	403
6.4 高压变频器对电网与电动机的影响	408
6.4.1 高压变频器对电网的影响	408
6.4.2 高压变频器对电动机的影响	414
参考文献	422
第 7 章 通用变频器的应用	424
7.1 通用变频器在泵类负载与风机中的应用	425
7.1.1 泵的特性分析与节能原理	425
7.1.2 变频器恒压供水系统	426
7.1.3 工业锅炉燃烧过程的变频调速系统	428
7.2 通用变频器在电梯中的应用	433
7.2.1 安川 616G5 通用变频器电梯调速系统	434
7.2.2 安川 616G5 通用变频器电梯调速系统电路原理	435
7.2.3 电梯变频调速系统现场调试中的几个问题	439
7.3 变频器在辊道传动中的应用	440