

高等院校

电子信息应用型

规划教材

变频器原理与实训

白霞 孙振龙 周振超 编著



清华大学出版社

高等院校
电子信息应用型
规划教材

变频器原理与实训

藏书章

白霞 孙振龙 周振超 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍了变频器原理和实训两大部分,主要内容有变频器技术应用及发展概况、变频器的工作原理及结构、变频器的基本功能、变频器运行方式、变频器的选择、变频器的可靠性、变频器的安装与故障处理、变频器应用举例、通用变频器操作实训及应用。

通过对本书的学习,读者可了解变频器的原理和基本功能,并通过实训指导可达到对变频器的熟练操作和使用。对想掌握变频器应用的学生和工作技术人员会有很大帮助。

本书可作为数控技术专业及机电类专业的本科和高职高专教学用书,也可作为有关行业的岗位培训教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

变频器原理与实训/白霞,孙振龙,周振超编著. —北京:清华大学出版社,2012.7

(高等院校电子信息应用型规划教材)

ISBN 978-7-302-28694-3

I. ①变… II. ①白… ②孙… ③周… III. ①变频器—高等学校—教材 IV. ①TN773

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第084698号

责任编辑:刘青

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁芳

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印装者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:11.25 字 数:256千字

版 次:2012年7月第1版 印 次:2012年7月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:24.00元

产品编号:038611-01

FOREWORD

前

言

在工业控制领域中，调速系统是研究电动机拖动控制的最基本系统，而调速系统中的节能问题是很重要的一部分。利用变频器进行调速是目前实现节能运行较好的手段。通过利用变频器进行交流调速，也使得交流调速系统具有调速范围宽、调速精度高、动态响应快、运行效率高、功率因数高等优点，而且变频器操作方便、外接端子多，容易与其他设备连接。变频器的发展与普及应用提高了现代化工业的自动化水平，提高了产品质量，降低了生产成本。变频器的应用已经遍及生产和生活的各个领域。

目前高等院校的数控、机电类专业都开设了变频器原理及应用这门课程。有关这方面的书有很多，但适合做教材的书相对较少，因此编写了这本教材。本书编写的原则是避开高深的理论和烦琐的数学推导，系统、简明地阐述了变频器的原理，并加强了实训内容。

本书主要内容包括变频器原理和实训两个部分，共分9章。第1章阐述了变频器技术应用及发展概况；第2章简明扼要地介绍了变频器的工作原理及结构；第3章介绍了通用变频器的基本功能及功能参数的应用（本书主要介绍的是富士变频器的基本功能和功能参数）；第4章是变频器运行方式的控制电路设计；第5章讲述了变频器的选择方法和选择原则；第6章研究了变频器可靠运行的问题；第7章介绍了变频器的安装与故障处理；第8章简单介绍了变频器在电梯、恒压供水、风机、塑料薄膜机械等领域中的应用；第9章安排了适合在实验室里完成的实训。

实训部分共十项内容，分别是通用变频器的基本知识；变频器的端子功能；变频器的键盘面板及功能参数的预置；变频器U/f线绘制；变频器的频率设定命令功能及操作方法功能；与工作频率有关的功能及频率给定预置；变频器控制电动机正反转调速；变频器多步速度操作；变频器程序运行模式；上升/下降控制。每个实训项目的步骤具体详细，图表清晰易懂，读者按照实训指导很容易得出结果。通过实训能更好地理解并掌握变频器的内容。

本书在编写过程中参考了一些国内外的文献资料，在此对所有的作者表示由衷的感谢。

本书由辽宁科技学院白霞、孙振龙、周振超共同编写，其中白霞编写了第1~5章并进行了统稿，周振超编写了第6~8章，孙振龙编写了第9章。

由于编者的水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者
2012年3月

第 1 章 变频器技术应用及发展概况	1
1.1 概述	1
1.1.1 变频技术的发展	1
1.1.2 变频器新技术的发展方向	1
1.1.3 国外变频调速技术现状	2
1.2 电力电子器件在变频器中的应用	3
1.2.1 变频器中常用的电力电子器件	3
1.2.2 其他电力电子器件	4
1.3 变频器调速控制系统的优势	6
小结	7
思考题与习题	8
第 2 章 变频器的工作原理及结构	9
2.1 变频器的基本工作原理	9
2.2 变频调速的控制方式	9
2.3 变频器的构成	11
2.3.1 变频器的结构图	11
2.3.2 变频器内部电路的基本功能	12
2.4 正弦波脉宽调制(SPWM)逆变器	13
2.4.1 SPWM 逆变器的基本原理	13
2.4.2 SPWM 逆变器的调制方式	14
2.4.3 SPWM 波的实现	17
2.5 变频器的控制方式	19
2.5.1 变频器的 U/f 控制	19
2.5.2 转差频率控制	20
2.5.3 矢量控制	21
2.5.4 直接转矩控制	22

2.6	变频器的分类	22
2.6.1	按主电路工作方式分类	22
2.6.2	按输出电压调节方式分类	23
2.6.3	按控制方式分类	24
2.6.4	按电压等级分类	24
2.6.5	按用途分类	25
	小结	25
	思考题与习题	25
第3章	变频器的基本功能	26
3.1	系统功能	26
3.1.1	全速度范围转矩补偿	26
3.1.2	防失速功能	27
3.1.3	过载限定运行	27
3.1.4	无速度传感器简易速度控制功能	28
3.1.5	带励磁释放型制动器电动机的变频运行	28
3.1.6	减少机械振动、降低冲击功能	28
3.1.7	运行状态的检测信号功能	28
3.2	频率设定功能	29
3.2.1	极限频率设定功能	29
3.2.2	加速、减速时间设定功能	30
3.2.3	加速、减速曲线设定功能	30
3.2.4	跳跃频率功能	31
3.2.5	指令丢失时的自动运行功能	32
3.2.6	段速频率设置功能	32
3.2.7	频率增益与频率偏置功能	33
3.3	变频器保护功能	34
	小结	35
	思考题与习题	35
第4章	变频器运行方式	36
4.1	变频器输入端子的控制方法	36
4.1.1	模拟控制端子信号输入方法	36
4.1.2	接点控制端子的控制方法	37
4.2	变频器与 PLC 的连接	37
4.2.1	PLC 与变频器的接口电路	38
4.2.2	变频器与 PLC 连接的注意事项	40
4.2.3	接地和电源系统	41

4.3	变频器的基本运行方式	42
4.3.1	变频器点动运行	42
4.3.2	变频器正/反转运行	43
4.3.3	变频器并联运行	44
4.3.4	变频器多段速运行	44
4.3.5	工频-变频切换运行	48
4.3.6	瞬时停电再启动运行	51
4.3.7	远距离操作运行	52
4.4	节能运行	52
4.4.1	节能运行分析	52
4.4.2	节能运行的具体应用	53
	小结	55
	思考题与习题	56
第5章	变频器的选择	57
5.1	常用变频器的品牌及主要参数	57
5.1.1	变频器常见品牌介绍	57
5.1.2	变频器常用参数	58
5.2	变频器的选择	60
5.2.1	负载特性	60
5.2.2	负载的机械特性	62
5.2.3	变频器类型选择	63
5.2.4	变频器容量的计算	68
	小结	70
	思考题与习题	70
第6章	变频器的可靠性	72
6.1	变频器谐波干扰	72
6.1.1	变频器谐波的产生	72
6.1.2	高次谐波干扰的途径及防止对策	73
6.1.3	高次谐波对电网及其他设备的干扰	74
6.1.4	高次谐波对电动机的危害	76
6.1.5	高次谐波对计算机控制板的危害	77
6.1.6	抑制谐波干扰实例	78
6.2	变频器常用电磁选件	79
6.2.1	变压器	79
6.2.2	交流输入电抗器	80

6.2.3	交流输出电抗器	81
6.2.4	直流电抗器	81
6.2.5	电磁滤波器	82
6.2.6	制动电阻	82
6.2.7	电源噪声滤波器	82
小结	.....	84
思考题与习题	.....	84
第 7 章	变频器的安装与故障处理	85
7.1	变频器的安装	85
7.1.1	变频器的安装环境	85
7.1.2	变频器安装方向与空间	86
7.1.3	主电路控制开关及导线线径选择	87
7.1.4	变频器的安装布线	88
7.1.5	变频器在多粉尘现场的安装	89
7.1.6	变频器的防尘	90
7.1.7	变频器的防雷	90
7.2	变频器的常见故障及处理	91
7.2.1	变频器的定期维护和保养	91
7.2.2	变频器常见故障诊断	92
7.2.3	变频器的事故处理	94
小结	.....	95
思考题与习题	.....	96
第 8 章	变频器应用举例	97
8.1	变频器在恒压供水系统中的应用	97
8.1.1	恒压供水概述	97
8.1.2	变频恒压供水的控制原理	98
8.1.3	恒压供水的变频应用方式	99
8.1.4	变频恒压供水的特点	99
8.1.5	变频恒压供水设备的系统组成	100
8.1.6	Altivar31 变频供水的参数设置	100
8.1.7	变频器的应用场合	101
8.2	变频器在中央空调中的应用	101
8.2.1	中央空调概述	101
8.2.2	中央空调的系统构成	101
8.2.3	中央空调的工作原理	102

8.2.4	中央空调的节能运行	103
8.2.5	中央空调变频控制的模式	104
8.2.6	综合效益预测	105
8.3	变频器在电梯中的应用	106
8.3.1	概述	106
8.3.2	安川 VS-616G5 通用变频器电梯调速系统	107
8.3.3	变频器功率及制动电阻的选择	109
8.3.4	变频器用在电梯中的功能	110
8.3.5	变频器在电梯系统中的预防措施	111
8.3.6	常见问题分析	112
8.4	变频器在造纸设备中的应用	113
8.4.1	概述	113
8.4.2	造纸机传动系统的构成	113
8.4.3	造纸系统中的变频控制	114
8.4.4	运行维护	117
8.5	变频器在塑料薄膜机械中的应用	117
8.5.1	概述	117
8.5.2	变频器在吹膜机中的应用	117
8.5.3	变频器在薄膜制袋机中的应用	119
8.5.4	变频器在塑料复合机中的应用	120
8.5.5	结束语	122
8.6	变频器在风机上的应用	122
8.6.1	风机变频调速驱动机理	122
8.6.2	风机变频调速系统的设计	123
8.6.3	变频器的参数预置	123
8.6.4	风机变频调速系统的电路原理图	124
8.6.5	高压变频器对电动机的影响及改善措施	126
8.6.6	节能计算	126
	小结	127
	思考题与习题	127
第 9 章	通用变频器操作实训及应用	128
实训一	通用变频器的基本知识	129
实训二	变频器的端子功能	133
实训三	变频器的键盘面板及功能参数的预置	136
实训四	变频器 U/f 线绘制	145
实训五	变频器的频率设定命令功能及操作方法功能	147

实训六	与工作频率有关的功能及频率给定预置.....	149
实训七	变频器控制电动机正反转调速.....	154
实训八	变频器多步速度操作.....	156
实训九	变频器程序运行模式.....	159
实训十	上升/下降控制	164
参考文献	.....	167

变频器技术应用及发展概况

1.1 概述

1.1.1 变频技术的发展

自 19 世纪诞生直流电动机拖动和交流电动机拖动以来,电力拖动就成为动力机械的主要控制系统。在很长一段时间内,不变速拖动系统采用的是交流电动机,需要进行调速控制的拖动系统采用的是直流电动机,其中不变速拖动系统占整个拖动系统的 80% 左右。直流电动机控制简单、调速平滑、性能良好,但直流电动机的电枢电流是由换向器和电刷引入的,电刷和换向器摩擦工作,决定了直流电动机的转速不能太高,功率不能太大,应用电压也不能太高。而且由于摩擦工作使电刷经常更换,维护和保养很困难,因此,人们设想让交流电动机能像直流电动机那样调速,这是因为交流电动机结构简单、工作可靠、价格低廉,可适应任何环境,可做成各种功率规格。但交流电动机的转速与电动机的磁极对数、转差率和频率参数有关,要想使交流电动机的速度能平滑改变,只有连续改变电源的频率。

随着微电子技术和电力电子技术的不断发展,改变电源频率成为可能,采用电力电子器件可做成整流器和逆变器。整流器可将交流电变成直流电,逆变器可把直流电变成交流方波——脉宽调制 PWM 波形。通过整流和逆变技术,可给异步电动机提供一个频率可以改变的电能,这种技术大大减小了谐波分量,拓宽了异步电动机变频调速范围。这种技术就是目前发展起来的变频技术。

在 20 世纪 70 年代中期发生了一场石油危机,人们充分认识到节能工作的重要性。变频技术的出现大大解决了风机和泵类电动机调速控制拖动系统中的风速和流量问题,剔除了早期采用的靠挡板和阀门来调节风速和流量的做法,原来的这些做法不但增加了系统的复杂性,更主要的是造成能源的大量浪费。

变频器技术是一门综合性的技术,它是建立在控制技术、电力电子技术、微电子技术和计算机技术的基础上的。随着各种复杂控制技术在变频器技术中的应用,变频器的性能不断得到提高而且应用范围越来越广。

1.1.2 变频器新技术的发展方向

随着信息技术、电力电子技术、电动机驱动技术的不断发展,变频器的性能不断提高,

其应用范围也越来越广。目前变频驱动的应用已经非常广泛,新型变频器产品不断出现,变频器的性能和可靠性也在不断完善和提高。变频器已经从简单的整流逆变装置进化为集驱动控制、I/O 逻辑现场编程、通信及网络连接等为一体,可以适应不同应用场合的过程控制单元,并在工业自动化生产线和许多领域中广泛应用。

交流变频器是强、弱混合,机电一体化的综合性调速装置,它既要进行电能的转换,又要进行信息的收集、变换和传输。它不仅要解决与高压、大电流有关的技术问题,还要解决控制策略和控制理论等问题。根据变频器今后市场的需要,它主要将朝着以下几个方面发展。

1. 大容量和小体积化

随着电力电子器件和单片机技术的不断提高,变频器的容量越来越大,体积越来越小,在小功率段已经推出“迷你”型产品。

2. 高性能和多功能化

目前 DSP 和 AISC 在变频器中得到广泛应用,还有各种先进的控制算法的实现,从而提高了变频器的性能。人们希望变频器产品能够有更高的性能和更加丰富的功能。

3. 易用性和功率结构模块化

变频器在软件设计上已经加入初始启动指导工具,通过引导程序,可简化用户调试过程,易于使用。功率结构模块化,可为不同系列产品提供一致性,提高产品可靠性,给安装、调试、维护带来了方便。

4. 智能化与网络化

智能化就是增加功能参数的编程能力。为了加强智能化,很多变频器已将 PLC 的部分功能融入其中。例如 ABB 公司的 ACS800 系列变频器的自适应编程,可以在预先设定的 20 个功能的基础上进行编程,以适应运行需要。

尽管当前变频器单独使用的场合仍占多数,随着工业的发展,网络化将在生产过程中起主导作用,为满足网络的需要,变频器设计了通信接口,并支持多种协议。网络化也将一定程度上提高变频器的智能化。

1.1.3 国外变频调速技术现状

国外通用变频器技术有以下特点。

(1) 在通用变频器广泛应用的基础上,致力于使每台电动机都由变频器控制。

(2) 高电压、大电流功率器件 SCR、GTO、IGBT、IGCT、HVIGBT 的生产及其并联、串联技术发展迅速,促进了高低压、大中功率变频器产品的生产及应用。如在大功率交-交变频调速技术方面,法国阿尔斯通公司已能提供单机容量达 30MW 的电气传动设备用于船舶推进系统。在大功率无换向器电动机变频调速技术方面,ABB 公司已能提供单机容量为 60MW 的设备用于抽水蓄能电站。日本铁路新干线的机车大都采用日立公司生产的变频机车,最大功率为 6MW/25kV。德国西门子公司的 SIMOVERT S 系列已达到 100MW/23kV, SIMOVERT A 电流型晶闸管变频调速设备的单机容量可达

2.6MV·A, SIMOVERT P GTO PWM 变频器调速设备的单机容量可达 900kV·A, SIMOVERT MV 单机容量可达 7.2MV·A/6.3kV, 其控制系统已实现全数字化, 广泛应用于同步电动机和一般电动机控制, 如电力机车、风机、水泵传动控制。

(3) 控制理论和微电子技术的发展。矢量控制、直接转矩控制、模糊控制、自适应控制等新的控制理论为高性能变频器提供了理论基础。32 位高速处理器及数字处理器 (DSP) 和专用集成电路技术的快速发展, 为实现通用变频器高精度、高性能、多功能、智能化目标提供了硬件手段。

(4) 通用变频器相关配件社会化、专业化生产, 小功率通用变频器已实现全数字化, 采用 IGBT 的通用变频器已形成系列产品, 正向以软件化、网络化、智能化为基础的高动态性能方向发展。

1.2 电力电子器件在变频器中的应用

1.2.1 变频器中常用的电力电子器件

在变频器主电路的整流电路和逆变电路中, 都要用到电力电子器件。目前, 用于变频器的电力电子器件主要有晶闸管、门极可关断晶闸管、双极型功率晶闸管、功率场效应管、绝缘栅双极晶闸管以及集成功率模块和智能功率模块等。下面介绍几种变频器中经常用到的电力电子器件。

1. 晶闸管

晶闸管是一种不具有自我关断能力的电力电子器件。关断时要使正向阳极电流减小到维持电流以下, 或者在阳极与阴极之间加反向电压, 形成强迫电流促使晶闸管关断。晶闸管有较好的耐过流特性, 所以在大容量(10MV·A 以上)变频器中得到广泛应用。

2. 门极可关断晶闸管

门极可关断晶闸管(GTO)是通过门极信号进行开通和关断的晶闸管。它不需要外部的强迫电流回路, 但门极驱动回路较复杂, 设计时要注意缓冲回路和主回路的配线。目前大容量的变频器大量采用 GTO 代替晶闸管。

3. 双极型功率晶闸管

双极型功率晶闸管是一种内部采用达林顿连接的电力电子器件, 这种连接可以提高电流放大倍数, 减小基极驱动电流。与 GTO 类似, 它不需要强迫电流回路。利用双极型功率晶闸管组成的换流电路具有开关速度快、功耗小等特点, 这种晶闸管已经被广泛应用于中小容量、要求开关速度较高的 PWM 变频器中。

4. 功率场效应管

功率场效应管是根据门极电压的电场效应进行导通、关断的单极晶闸管。它具有开关速度快、功耗小、驱动电流小、耐过电流和抗干扰能力强、安全工作区宽、无二次击穿现

象等特点,近年来被应用于小容量变频器中。

5. 绝缘栅双极晶闸管

绝缘栅双极晶闸管(IGBT)的结构与功率场效应管的结构相似,但 IGBT 是利用电导调制来降低通态导通损耗的。它具有输入阻抗高、开关速度快、驱动电路简单和通态电压低、耐压高等特点,因此备受欢迎,并广泛应用于载频在 $10\sim 15\text{kHz}$ 的低噪声变频器中。

6. 智能功率模块

智能功率模块(IPM)是先进的混合集成功率器件,由高速、低功耗的 IGBT 芯片和优化的门极驱动及保护电路构成,而且内藏过电压、过电流和过热等故障检测电路,可靠性得到了很大的提高。

目前市场上出现的 IPM 有 4 种封装形式:单管封装、双管封装、六管封装和七管封装。随着电力电子技术的发展,大容量的 IPM 必将不断出现,并将被广泛应用到变频器中。

1.2.2 其他电力电子器件

1. MOS 控制晶闸管

MOS 控制晶闸管(MCT)属于单极型和双极型器件组合而成的复合器件,其输入侧为 MOSFET 结构,而输出侧为晶闸管结构,因此兼有 MOSFET 的高输入阻抗、低驱动功率、快速开关与晶闸管的高压、大电流的特性。同时,它又克服了晶闸管开关速度慢且不能自关断以及 MOSFET 通态压降大的缺点,具有耐高温等优点。

2. 门极换流晶闸管

门极换流晶闸管(IGCT)又称门极换向晶闸管,是一种由改进型 GTO 和集成门极驱动器组成的新型 GTO 组件,具有晶闸管高电压、大电流、低导通损耗和 IGBT 的关断均匀、开关速度快,以及无缓冲电路、可靠性好、紧凑、安全等特点。目前 IGCT 已经应用于电压等级为 2.3kV、3.3kV、4.16kV、6.9kV,功率范围为 $0.5\sim 100\text{MV}\cdot\text{A}$ 的装置中。

3. 静电感应晶闸管

静电感应晶闸管(SITH)的特点是:通态电阻小,正向压降低,允许电流密度大,耐压高;开关速度快,损耗小;工作频率可达 100kHz 以上,比 GTO 高出 $1\sim 2$ 个数量级;可控功率达 100kW 以上。但其制造工艺比 GTO 复杂得多,并且关断时需要较大的门极驱动电流,其关断电流增益也比 GTO 低。

各种电力电子器件的符号及等效电路见表 1-1。

表 1-2 是常用的全控电力电子器件的参数和各种性能的比较。从表中可以看出,电流控制型器件制造相对容易,但使用难度较大;而电压控制型器件制造较难,使用却比较方便。

表 1-1 各种电力电子器件的符号及等效电路

类型	双极型器件						单极型器件			复合器件		
	PN结整流二极管	电力晶体管	达林顿晶体管	普通晶闸管	可关断晶闸管	静电感应晶闸管	功率场效应管	功率场效应管	静电感应晶闸管	绝缘栅双极晶闸管	MOS控制晶闸管	
名称		GTR		SCR	GTO	SITH	MOSFET	SIT	IGBT	MCT		
代号												
等效电路与符号												

表 1-2 常用的全控电力电子器件的参数和各种性能的比较

器件名称	GTR	GTO	IGBT	VDMOS	SIT	SITH
控制方式	电流	电流	电压	电压	电压	电流
常态	阻断	阻断	阻断	阻断	导通/关断	导通/关断
反向电压阻断能力/V	<50	500~6500	200~2500	0	0	500~4500
正向电压阻断能力/V	100~1400	500~9000	200~2500	50~1500	50~1500	500~4500
正向电流范围/A	400	3500	400~1000	100~120	200	2200
正向导通电流密度/ (A/cm ²)	30	40	60	6	30	100~500
浪涌电流耐量	3 倍额定量	10 倍额定量	5 倍额定量	5 倍额定量	5 倍额定量	10 倍额定量
最大开关速度/kHz	5	10	50	20 000	200 000	100
门栅极驱动功耗	高	中等	很低	低	低	中等
du/dt	中等	低	高	高	高	高
di/dt	中等	低	高	高	高	中等
最高工作结温/℃	150	125	200	200	200	200
抗辐射能力	差	很差	中等	中等	好	好
制造工艺	复杂	复杂	很复杂	很复杂	很复杂	很复杂
典型线宽/ μm	20	50	10	5	5	5
使用难易程度	较难	难	中等	很容易	容易	容易

1.3 变频器调速控制系统的优势

与传统交流拖动系统相比,利用变频器对交流电动机进行调速控制有许多优点。

1. 节能

在许多情况下,使用变频器的目的是节能,尤其是对风机、泵类负载来说,通过变频器进行调速控制可以代替传统上利用挡板和阀门进行的风量、流量和扬程的控制,所以节能效果非常明显。

2. 调速范围宽

在采用变频器的交流拖动系统中,异步电动机的调速控制是通过改变变频器的输出频率实现的。在进行调速控制时,可以通过控制变频器的输出频率使电动机工作在转差较小的范围内,使电动机的调速范围变宽,可以达到提高运行效率的目的。一般来说,通用型变频器的调速范围可以达到 1:10 以上,高性能的矢量控制变频器的调速范围可以达到 1:1000。此外,当采用矢量控制方式的变频器对异步电动机进行调速控制时,还可以直接控制电动机的输出转矩。因此,高性能的矢量控制变频器与变频器专用电动机的组合在控制性能方面可以达到甚至超过高精度直流伺服电动机的控制性能。

3. 容易实现电动机的正反转切换

利用普通的电网电源运行的交流拖动系统,为了实现电动机的正反转切换,必须利用开闭器等装置对电源进行换相切换。利用变频器进行调速控制时,只需改变变频器内部