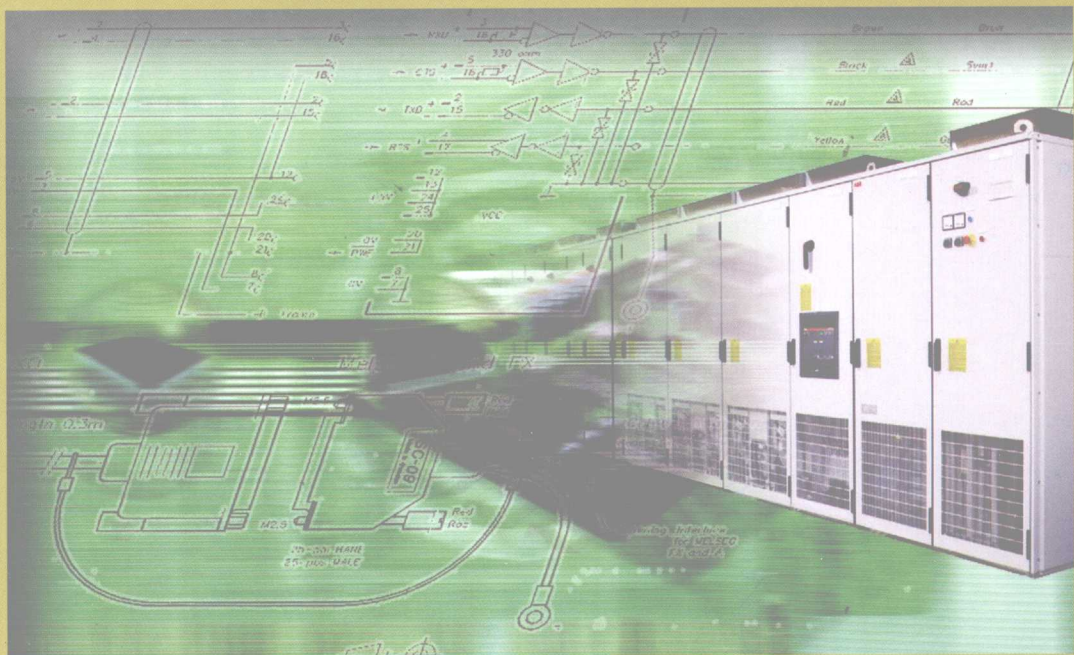


教育部推荐教材 ● 21世纪高职高专系列规划教材 ● 高职高专“工学结合”试点教材



变频器应用技术

主 编 郭艳萍

副主编 罗 枚

JIAOYUBU TUIJIAN JIAOCAI

BIANPINQI
YINGYONG JISHU



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

高职高专“工学结合”试点教材

变频器应用技术

主 编 郭艳萍

副主编 罗 枚



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

变频器应用技术 / 郭艳萍主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2008.12

(21世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-303-09749-4

I. 变… II. 郭… III. 变频器—高等学校:技术学校—教材 IV. TN733

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 194279 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 唐山市润丰印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170 mm × 230 mm

印 张: 14.75

字 数: 234 千字

版 次: 2009 年 2 月第 1 版

印 次: 2009 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 23.00 元

责任编辑: 周光明

装帧设计: 李葆芬

责任校对: 李 茵

责任印制: 马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

随着我国经济建设的发展，社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫，这也促进了我国职业教育的迅猛发展，我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展，教育部对职业教育进行了卓有成效的改革，职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录，为职业院校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理为紧缺人才培养专业，选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位，拨出专款进行扶持，力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展，也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务，必须体现新的理念、新的要求，进行必要的改革。为此，在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下，北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”，集全国各地上百位专家、教授于一体，对中等高等职业院校的文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入的研究与指导。2004年8月，“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”，来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材，与会代表进行了热烈的研讨，为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种，包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。2005年~2006年期间，“全国职业教育教材改革与出版领导小组”先后在昆明、

哈尔滨、天津召开高职高专教材研讨会，对当前高职高专教材的改革与发展、高职院校教学、师资培养等进行了深入的探讨，同时推出了一批公共素质教育、商贸、财会、旅游类高职教材。这些教材的特点如下。

1. 紧紧围绕教育改革，适应新的教学要求。过渡时期具有新的教学要求，这批教材是在教育部的指导下，针对过渡时期教学的特点，以3年制为基础，兼顾2年制，以“实用、够用”为度，淡化理论，注重实践，消减过时、用不上的知识，内容体系更趋合理。

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教材，所出版的教材都配有电子教案，部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3. 教材编写力求语言通俗简练，讲解深入浅出，使学生在理解的基础上学习，不囫圇吞枣，死记硬背。

4. 教材配有大量的例题、习题、实训，通过例题讲解、习题练习、实验实训，加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5. 反映行业新的发展，教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一，有着近20年的职业教材出版历史，具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材的编写得到了教育部相关部门的大力支持，部分教材通过教育部审核，被列入职业教育与成人教育司高职推荐教材，并有25种教材列为“十一五”国家级规划教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机、工商管理等专业教材，希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作，需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来，北京师范大学出版社职业教育与教师教育分社全体人员也将备加努力，为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组
北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院

山东劳动职业技术学院

济宁职业技术学院

辽宁省交通高等专科学校

浙江机电职业技术学院

杭州职业技术学院

西安科技大学电子信息学院

西安科技大学通信学院

西安科技大学机械学院

天津渤海职业技术学院

天津渤海集团公司教育中心

连云港职业技术学院

景德镇高等专科学校

徐州工业职业技术学院

广州科技贸易职业学院

江西信息应用职业技术学院

浙江商业职业技术学院

内蒙古电子信息职业技术学院

济源职业技术学院

河南科技学院

苏州经贸职业技术学院

苏州技师学院

苏州工业园区职业技术学院

苏州江南赛特数控设备有限公司

苏州机械技工学校

浙江工商职业技术学院

温州大学

四川工商职业技术学院

常州轻工职业技术学院

河北工业职业技术学院

陕西纺织服装职业技术学院

唐山学院

江西现代职业技术学院

江西生物科技职业学院

黄冈高级技工学校

深圳高级技工学校

徐州技师学院

天津理工大学中环信息学院

天津机械职工技术学院

西安工程大学

青岛船舶学院

河北中信联信息技术有限公司

张家港职教中心

太原理工大学轻纺学院

浙江交通职业技术学院

保定职业技术学院

绵阳职业技术学院

北岳职业技术学院

天津职业大学

石家庄信息工程职业学院

襄樊职业技术学院

九江职业技术学院

青岛远洋船员学院
无锡科技职业学院
广东白云职业技术学院
三峡大学职业技术学院
西安欧亚学院实验中心
天津机电职业技术学院
中华女子学院山东分院
漯河职业技术学院
济南市高级技工学校
沈阳职业技术学院
江西新余高等专科学校
赣南师范学院
江西交通职业技术学院
河北农业大学城建学院
华北电力大学
北京工业职业技术学院
湖北职业技术学院
河北化工医药职业技术学院
天津电子信息职业技术学院
广东松山职业技术学院
北京师范大学
山西大学工程学院
平顶山工学院
黄石理工学院
广东岭南职业技术学院
青岛港湾职业技术学院
郑州铁路职业技术学院
北京电子科技职业学院
北京农业职业技术学院
宁波职业技术学院
宁波工程学院
北京化工大学成教学院

天津交通职业技术学院
济南电子机械工程学院
山东职业技术学院
济南职业技术学院
山东省经济管理干部学院
鲁东大学
山东财政学院
山东省农业管理干部学院
浙江工贸职业技术学院
天津中德职业技术学院
天津现代职业技术学院
天津青年职业技术学院
无锡南洋学院
北京城市学院
北京经济技术职业学院
北京联合大学
北京信息职业技术学院
北京财贸职业学院
华北科技学院
青岛科技大学技术专修学院
山东大王职业学院
大红鹰职业技术学院
广东华立学院
广西工贸职业技术学院
贵州商业高等专科学校
桂林旅游职业技术学院
河北司法警官职业学院
黑龙江省教科院
湖北财经高等专科学校
华东师范大学职成教所
淮南职业技术学院
淮阴工学院

黄河水利职业技术学院
南京工业职业技术学院
南京铁道职业技术学院
黔南民族职业技术学院
青岛职业技术学院
陕西财经职业技术学院
陕西职业技术学院
深圳信息职业技术学院
深圳职业技术学院
石家庄职业技术学院
四川建筑职业技术学院
四川职业技术学院
太原旅游职业技术学院
泰山职业技术学院
温州职业技术学院
无锡商业职业技术学院
武汉商业服务学院
杨凌职业技术学院
浙江工贸职业技术学院
郑州旅游职业技术学院
淄博职业技术学院
云南机电职业技术学院
山东省贸易职工大学
聊城职业技术学院
山东司法警官职业学院
河南质量工程职业学院
山东科技大学职业技术学院
云南林业职业技术学院
云南国防工业职业技术学院
云南文化艺术职业学院
云南农业职业技术学院
云南能源职业技术学院

云南交通职业技术学院
云南司法警官职业学院
云南热带作物职业技术学院
西双版纳职业技术学院
玉溪农业职业技术学院
云南科技信息职业学院
昆明艺术职业学院
云南经济管理职业学院
云南爱因森软件职业学院
云南农业大学
云南师范大学
昆明大学
陕西安康师范学院
云南水利水电学校
昆明工业职业技术学院
云南财税学院
云南大学高职学院
山西综合职业技术学院
温州科技职业技术学院
昆明广播电视大学
天津职教中心
天津工程职业技术学院
天狮职业技术学院
天津师范大学
天津管理干部学院
天津滨海职业技术学院
天津铁道职业技术学院
天津音乐学院
天津石油职业技术学院
渤海石油职业技术学院
天津冶金职业技术学院
天津城市职业学院

常州机电职业技术学院
天津公安警官职业技术学院
武警昆明指挥学院
天津工业大学
天津开发区职业技术学院
黑龙江大兴安岭职业学院
黑龙江农业经济职业技术学院
黑龙江农业工程职业技术学院
黑龙江农业职业技术学院
黑龙江生物科技职业技术学院
黑龙江旅游职业技术学院
中国民航飞行学院
四川信息职业技术学院
四川航天职业技术学院
四川成都纺织高等专科学校

四川科技职业学院
四川乐山职业技术学院
四川泸州职业技术学院
四川成都农业科技职业技术学院
四川宜宾职业技术学院
江西省委党校
齐齐哈尔职业学院
深圳安泰信电子有限公司
潍坊教育学院
德州科技职业技术学院
天一学院
成都烹饪高等专科学校
四川教育学院汽车应用技术学院
河南质量工程职业技术学院

前言

《变频器应用技术》是高职电气自动化、机电一体化、制冷及数控技术专业的核心课程,通过本课程的学习,能够使学生掌握变频调速技术、PLC 应用技术等多学科综合知识与基本技能,具备变频调速系统的设计、安装、调试、维护及设备改造的综合应用能力。

该教材以“加强应用、注重技能、培养能力”为宗旨,从技术应用、实操的角度分析讲解变频器的工作原理、变频器常用功能解析以及变频器的常见控制电路等,淡化了变频器的变频原理及控制方式等理论分析,重点培养学生使用、操作变频器,并通过对变频器常用参数的分析,使学生学会如何正确设置变频器的参数。同时,随着变频器的广泛应用,变频器与 PLC 相结合构成控制系统已经成为自动化领域中的典型代表,为此,该教材精心挑选了变频器与 PLC 相结合的典型控制案例,详细分析了系统组成、变频器参数设置以及 PLC 的编程等,有利于拓展学生的思路,培养他们的综合思维能力和工程应用能力,有利于学生由模仿到创新,循序渐进地提高技术应用能力。

本教材共 5 章。第 1 章介绍变频器的变频原理、构成及控制方式。第 2 章介绍三菱 FR-A540 变频器的面板、控制电路端子的分配和功能,重点介绍变频器的几种运行操作模式。第 3 章对变频器的频率给定、加减速功能、外接端子及控制功能、变频器内置 PID 控制、程序控制及工频运行切换功能、保护和显示功能等进行了详细分析。第 4 章对变频器常用继电器控制电路和 PLC 控制电路的组成、工作原理、程序设计、参数设置等进行了详细论述。第 5 章介绍了变频器的选择、安装、布线和抗干扰措施。

本书由漯河职业技术学院的郭艳萍任主编,编写了绪论、第 2 章、第 3 章、第 4 章及附录 A,并进行全书内容的精心设计及统稿工作。陕西纺织服装职业技术学院的罗枚编写了第 1 章、第 5 章及附录 B、附录 C 和附录 D。本教材参考了许多相关文献,在此向他们一并表示感谢!

限于编者的水平,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2008 年 9 月于漯河

绪 论

一、交流变频调速的优势

近 20 年来,随着电力电子技术、计算机技术、自动控制技术的迅速发展,电气传动技术面临着一场历史革命,即交流变频调速取代直流调速和计算机数字控制技术取代模拟控制技术已成为发展趋势。

交流变频调速技术的原理是把工频 50Hz 的交流电转换成频率和电压可调的交流电,通过改变交流电动机定子绕组的供电频率,在改变频率的同时也改变电压,从而达到调节电动机转速的目的(即 VVVF 技术)。目前的变频调速系统还采用微机控制技术,它可根据电动机负载的变化实现自动、平滑地增速或减速。

交流变频调速系统一般由三相交流异步电动机、变频器及控制器组成,它与直流调速系统相比具有以下显著优点:

(1)交流调速装置的大容量化。异步电动机比直流电动机结构简单,重量轻,价格低,具有较高的容量和转速。直流电动机由于受换向器限制,单机容量、最高转速以及使用环境都受到限制。其电枢电压最高只能做到一千多伏,而交流电动机可做到 6~10kV。直流电动机的转速一般仅为每分钟数百转到一千多转,而交流电动机的速度可以达到每分钟数千转,以满足高速机械的运行要求。

(2)变频调速系统调速范围宽,能平滑调速,其调速静态精度及动态品质好。

(3)变频调速系统可以直接在线启动,启动转矩大,启动电流小,减小了对电网和设备的冲击,并具有转矩提升功能,节省软启动装置。

(4)变频器内置功能多,可满足不同工艺要求;保护功能完善,能自诊断显示故障所在,维护简便;具有通用的外部接口端子,可同计算机、PLC 联机,便于实现自动控制。

(5)交流变频调速系统在节约能源方面有着很大的优势,是目前世界公认的交流电动机的最理想、最有前途的调速技术。一方面,在过去大量应用的所谓不变速传动系统中,有相当一部分是风机、水泵的传动系统,这类负载约占工业电力传动总量的一半。其中有些并不是真的不需要调速,只是过去交流电动机都不调速,因而它们不得不依赖挡板和阀门来调节流量,同时也消耗掉大量电能。这类负载若采用变频调速,可以获得十分可观的节电效益;另一方面,许

多变负载电动机一般按最大需求来选择电动机的容量,故设计裕量偏大。而在实际运行中,轻载运行的时间所占比例却非常高。如采用变频调速,可大大提高轻载运行时的工作效率。以风机为例,根据流体力学原理,轴功率与转速的三次方成正比。当所需风量减少,风机转速降低时,其功率按转速的三次方下降。因此,精确调速的节电效果非常可观,节约电力达70%以上。

二、变频调速技术的发展

由异步电动机的转速公式 $n = \frac{60f}{p}(1-s)$ 可知,只要改变定子侧的电源频率,就可以改变异步电动机的转速,这是由异步电动机的原理所决定的,也是和异步电动机“与生俱来”的。然而,异步电动机诞生于19世纪80年代,而变频调速技术发展迅速普及的实用阶段,却是在20世纪80年代,整整经历了一个世纪。从目前迅速普及的“交一直一交”变频器的基本结构来看,“交→直”(由交流变直流)的技术很早就解决了,而“直→交”的逆变过程实际是不同组合的开关交替地接通和关断的过程,它必须依赖于满足一定条件的开关器件,而逆变器对开关器件的依赖性制约了变频器的发展。因此变频技术的发展主要取决于以下两个方面的技术。

1. 功率器件

变频技术是建立在电力电子技术基础之上的。在变频器中,功率器件必须要满足一定的条件,这些条件是:

- (1)能承受足够大的电压和电流。
- (2)允许长时间频繁地接通和关断。
- (3)接通和关断的控制十分方便。

20世纪50年代出现了晶闸管(SCR),60年代出现了门极可关断晶闸管(GTO),直到20世纪70年代,电力晶体管(GTR)的开发成功,才比较满意地满足了上述条件,从而为变频技术的开发、发展和普及奠定了物质基础。

20世纪80年代中期,又进一步开发成功了绝缘栅双极性晶体管(IGBT),其工作频率比GTR提高了一个数量级,90年代出现了智能功率模块IPM(Intelligent Power Module)。器件的更新促使电力电子变流技术不断发展,只要电力电子器件有了新的飞跃,变频器就一定有一个新的飞跃,从而使变频调速技术又向前迈进了一步。目前,变频器上应用最多的开关功率器件有GTO、GTR、IGBT以及智能模块IPM。后面两种集GTR的低饱和电压特性和MOSFET的高频开关特性于一体,是目前通用变频器中最广泛使用的主流功率器件。IGBT的发展经历了四代,1992年前后开始在通用变频器中得到广泛应用。而IPM的投入应用比IGBT约晚两年,由于IPM包含了IGBT芯片及外围的驱动和保护电路,甚至有的还把光耦也集成于一体,因此是一种更为好

用的集成功率器件,目前,在模块额定电流 10~600A 范围内,通用变频器均有采用 IPM 的趋向,其优点是:

(1)开关速度快,驱动电流小,控制驱动更为简单。

(2)内含电流传感器,可以高效迅速地检测出过电流和短路电流,能对功率芯片给予足够的保护,故障率大大降低。

(3)由于在器件内部电源电路和驱动电路的配线设计上做到优化,所以浪涌电压、门极振荡、噪声引起的干扰等问题能有效地得到控制。

(4)保护功能较为丰富,如电流保护、电压保护、温度保护一应俱全,随着技术的进步,保护功能将日臻完善。

(5)IPM 的售价已逐渐接近 IGBT。采用 IPM 后,变频器的开关电源容量、驱动功率容量的减小和器件的节省以及综合性能提高等因素使得在许多场合其性价比已超过 IGBT,有很好的经济性。

2. 控制方式

早期通用变频器大多数为开环恒压频比(U/f =常数)的控制方式。最大优点是系统结构简单,成本低,可以满足一般平滑调速的要求。缺点是系统的静态及动态性能不高。对变频器 U/f 控制系统的改造主要经历了三个阶段。

第一阶段:20 世纪 80 年代初日本学者提出了基本磁通轨迹的电压空间矢量(或称磁通轨迹法),这种方法被称为电压空间矢量控制。典型机种如 1989 年前后进入中国市场的 FUJI(富士)FRN5000G5/P5、SANKEN(三垦)MF 系列等。三菱、日立、东芝也都有类似的产品。然而,由于未引入转矩调节,系统性能没有得到根本性的改善。

第二阶段:矢量控制。它是 20 世纪 70 年代初由西德 F. Blasschke 等人首先提出的。其原理是仿照直流电动机的控制方式,利用坐标变换的手段,把交流电动机定子电流分解为磁场分量电流(相当于励磁电流)和转矩分量电流(相当于负载电流)分别加以控制,并同时控制两分量间的幅值和相位,即控制定子电流矢量。由此开创了交流电动机等效直流电动机控制的先河。它使人们看到交流电动机尽管控制复杂,但同样可以实现转矩、磁场独立控制的内在本质。矢量控制技术在努力融入通用型变频器中,从 1992 年开始,德国西门子开发了 6SE70 通用型系列,通过 FC、VC、SC 板可以分别实现频率控制、矢量控制、伺服控制。1994 年将该系列扩展至 315kW 以上。目前,6SE70 系列除了 200kW 以下价格较高,在 200kW 以上有很高的性价比。

第三阶段:1985 年德国鲁尔大学 Depenbrock 教授首先提出直接转矩控制理论(Direct Torque Control 简称 DTC)。直接转矩控制与矢量控制不同,它不是通过控制电流、磁链等量来间接控制转矩,而是把转矩直接作为被控量来控

制。这种系统可以实现很快的转矩响应速度和很高的速度、转矩控制精度。1995年ABB公司首先推出的ACS600直接转矩控制系列变频器在带PG时的静态速度精度可以达到 $\pm 0.01\%$ 。

控制技术的发展完全得益于微处理机技术的发展,自从1991年Intel公司推出8X196MC系列以来,专门用于电动机控制的芯片在品种、速度、功能、性价比等方面都有很大的发展。如日本三菱电机开发用于电动机控制的M37705、M7906单片机和美国德州仪器的TMS320C240DSP等都是颇具代表性的产品。

三、我国变频调速技术的发展概况

我国从1965年就开始研究可控硅变频器,20世纪80年代初,当天津电气传动所(电压型)、西安电力电子技术所(电流型)还在专心研制SCR变频器并探求市场时,日本东芝已把GTR变频器的生产技术卖给了大连电机厂,接着,1986年我国传统电机厂开始引进日本的变频设计和制造技术,1988年日本三菱公司的第一台低压变频器进入中国,使我国的电动机调速打破了直流调速的垄断局面,进入了交流电动机变频调速时代。

变频器作为一种新兴的高技术产品,从一开始国外品牌就占据了绝大部分市场,就在国外变频器产品占据我国变频器市场的同时,国内变频器的研制和生产也在艰难中向前发展。1996年年底到1997年年初,国家四部委对全国所有的变频器生产厂家进行调研,最后推荐了江苏的耐特、康豪、山东的惠丰、陕西西普、成都佳灵、北京比莱恩、深圳华为等29个厂家生产的33种规格的变频器。“适者生存”,20世纪90年代,只有深圳华为、成都佳灵、烟台惠丰等为数不多的几家发展了,而更多企业却选择了转产。华为电气更是投入巨资,专门研究矢量控制技术,并率先开发出高性能矢量变频器,为国产变频器提升产品竞争力做出了巨大贡献。

进入21世纪,国产变频器得到了前所未有的发展。象征高性能技术的无速度控制技术已广泛应用在国产主流变频器中,深圳市汇川技术有限公司的电梯控制驱动一体化技术,代表了未来电梯发展方向,目前只有少数世界品牌电梯(三菱、OTIS等)拥有这项技术。深圳市蓝海华腾技术有限公司拥有与国际最领先技术水准同步的矢量控制技术和转矩控制技术,而实现开环转矩控制(无编码器反馈)更是开中国之先河。被称为“高门槛”的高压变频器也取得了突破性进展。例如,上海艾帕电力电子公司开发出无速度传感器控制的高性能级联式高压变频器,合康亿盛研发了我国矢量控制四象限能量反馈型高压变频器等。2001年,世界首创的电压源型IGBT直接串联高压变频器,在成都佳灵电气制造有限公司问世,解决了IGBT直接串联的难题,代表了高压变频器的

一个发展方向。

1. 国外交流变频调速技术发展的特点

(1)市场的大量需求。随着工业自动化程度的不断提高和能源全球性短缺,变频器越来越广泛地应用在机械、纺织、化工、造纸、冶金、食品等各个行业以及风机、水泵等节能场合,并取得显著的经济效益。

(2)功率器件的发展。近年来高电压、大电流的 SCR、GTO、IGBT、IGCT 等器件的生产以及并联、串联技术的发展应用,使高低压、大功率变频器产品的生产及应用成为现实。

(3)控制理论和微电子技术的发展。矢量控制、磁通控制、转矩控制、模糊控制等新的控制理论为高性能的变频器提供了理论基础;16位、32位高速微处理器以及信号处理器(DSP)和专用集成电路(ASIC)技术的快速发展,为实现变频器高精度、多功能提供了硬件手段。

(4)基础工业和各种制造业的高速发展促使变频器相关配套产品社会化、专业化生产。

2. 国内交流变频调速技术发展的状况

我国变频技术虽然取得了一定进步,但和国外相比还存在一定差距,从总体上看我国变频调速技术的技术水平较国际先进水平差距10~15年。在大功率交-交、无换向器电机等变频技术方面,国内只有少数科研单位有能力制造,但在数字化及系统可靠性方面与国外还有相当差距。而这方面产品在诸如抽水蓄能电站机组启动及运行、大容量风机、压缩机和轧机传动、矿井卷扬方面有很大需求。在中小功率变频技术方面,国内几乎所有的产品都是普通的 U/f 控制,仅有少量的样机采用矢量控制,品种与质量还不能满足市场需要,每年需要大量进口。

(1)变频器的整机技术落后,国内虽有很多单位投入了一定的人力、物力,但由于力量分散,并没有形成一定的技术和生产规模。

(2)变频器产品所用半导体功率器件的制造业几乎是空白。

(3)相关配套产业及行业落后。

(4)产销量少,可靠性及工艺水平不高。

3. 国内变频器的格局

变频器行业在我国已有近20年的历史,市场规模逐年扩大。从市场份额看,内资品牌的市场份额已从2005年的15%迅速扩大到2006年的20%左右,但仍有80%被外资品牌占据。其中日本品牌(主要是富士、三菱、安川、欧姆龙、松下以及日立)占30%左右的市场份额,欧美品牌(主要是西门子、ABB、施耐德)占40%左右,中国台湾地区(主要是台达)和韩国品牌约占10%。从国内

中、低压变频器市场的品牌数量看,内资品牌数量最多,约占70%。目前内资品牌中市场份额最大的如深圳英威腾、成都希望森兰、烟台惠丰等企业2006年的销售额都突破1亿元。虽然它们的整体实力尚不足以和国际顶级品牌即德国西门子、瑞士ABB两大巨头相抗衡,但是深圳英威腾、成都希望森兰都推出了矢量产品,其中深圳英威腾不但低压矢量产品的功率规格已经比较丰富,还拥有成熟的中压矢量产品,其综合产品齐全程度逐步接近国际顶级品牌。这说明我们在技术水平、资本实力、生产管理等方面正在逐渐缩小与外资品牌的差距。

四、变频器未来的发展方向

交流变频调速技术是强弱电混合、机电一体的综合性技术,既要处理巨大电能的转换(整流、逆变),又要处理信息的收集、变换和传输,因此它的共性技术必定分成功率和控制两大部分。前者要解决与高压大电流有关的技术问题和新型电力电子器件的应用技术问题,后者要解决基于现代控制理论的控制策略和智能控制策略的硬、软件开发问题。

其主要发展方向是:

1. 主控一体化

(1)主控一体化的主要措施是把功率元件、保护元件、驱动元件、检测元件进行大规模的集成,变为一个IPM的智能电力模块,其体积小、可靠性高、价格低。

日本三菱公司将功率芯片和控制电路集成在一块芯片上的DIIPM(即双列直插式封装)的研制已经完成并推向市场。

(2)高频化主要是开发高性能的IGBT产品,提高其开关频率。目前开关频率已提高到10~15kHz。基本上消除了电动机运行时的噪声。

(3)提高效率的主要办法是减少开关元件的发热损耗,通过降低IGBT的集电极-射极间的饱和电压来实现,其次,用不控二极管整流采取各种措施设法使功率因数增加到1。

2. 数字化

微处理器的进步使数字控制成为现代控制器的发展方向。运动控制系统是快速系统,特别是交流电动机高性能的控制需要存储多种数据和快速实时处理大量信息。近几年来,国外各大公司纷纷推出以DSP(数字信号处理器)为基础的内核,配以电动机控制所需的外围功能电路,集成在单一芯片内的称为DSP单片电机控制器,价格大大降低,体积缩小,结构紧凑,使用便捷,可靠性提高。DSP和普通的单片机相比,处理数字运算能力增强10~15倍,可确保系统有更优越的控制性能。数字控制使硬件简化,柔性的控制算法使控制具有很大的灵活性,可实现复杂控制规律,使现代控制理论在运动控制系统中应用成为

现实,易于与上层系统连接进行数据传输,便于故障诊断、加强保护和监视功能,使系统智能化(如有些变频器具有自调整功能)。

3. 多功能化和高性能化

多功能化和高性能化电力电子器件和控制技术的不断进步,使变频器向多功能化和高性能化方向发展。特别是微机的应用,以其简单的硬件结构和丰富的软件功能,为变频器多功能化和高性能化提供了可靠的保证。

人们总结了交流调速电气传动控制的大量实践经验,并不断融入软件功能,日益丰富的软件功能使通用变频器的适应性不断增强,如瞬时停电、短时过载情况下的平稳恢复功能防止了不必要的跳闸,保证了运行的连续性,这对某些不允许停车的生产工艺十分有意义;控制指令和控制参数的设定,可由触摸式面板实现,不但灵活方便,而且实现了模拟控制方式所无法实现的功能,比如多段速设定、S形加减速和自动加减速控制等;故障显示和记忆功能,使故障的分析和设备的维修变得既准确又快速;灵活的通信功能,方便了与 PLC 或上位计算机的接口,很容易实现闭环控制等。可以这样说,通用变频器的多功能化和高性能化为用户提供了一种可能,即可以把原有生产机械的工艺水平“升级”,达到以往无法达到的境界,使其变成一种具有高度软件控制功能的新机种。

8 位 CPU、16 位 CPU 奠定了通用变频器全数字控制的基础。32 位数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)的应用将通用变频器的性能提高了一大步,实现了转矩控制,推出了“无跳闸”功能。目前,最新型变频器开始采用新的精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC),将指令执行时间缩短到纳秒级。正是由于全数字控制技术的实现,并且运算速度不断提高,使得通用变频器的性能不断提高,功能不断增加。

4. 小型化

紧凑型变频器要求功率和控制元件具有高的集成度,其中包括智能化的功率模块、紧凑型的光耦合器、高频率的开关电源,以及采用新型电工材料制造的小体积变压器、电抗器和电容器。功率器件冷却方式的改变(如水冷、蒸发冷却和热管)对缩小装置的尺寸也很有效。ABB 公司将小型变频器定型为 CompactM 向全球发布的全新概念是,小功率变频器应当像接触器、软启动器等电器元件一样使用简单,安装方便,安全可靠。

5. 系统化

通用变频器除了发展单机的数字化、智能化、多功能化外,还向集成化、系统化方向发展。如西门子公司提出的集通信、设计和数据管理三者于一体的“全集成自动化(TIA)”平台概念,可以使变频器、伺服装置、控制器及通信装置