

全国高职高专院校机电类专业规划教材
教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会规划教材

变频器应用技术

张文明 贾君贤 周保廷 主 编
王一凡 黄晓伟 陈东升 副主编
吕景泉 胡年华 主 审

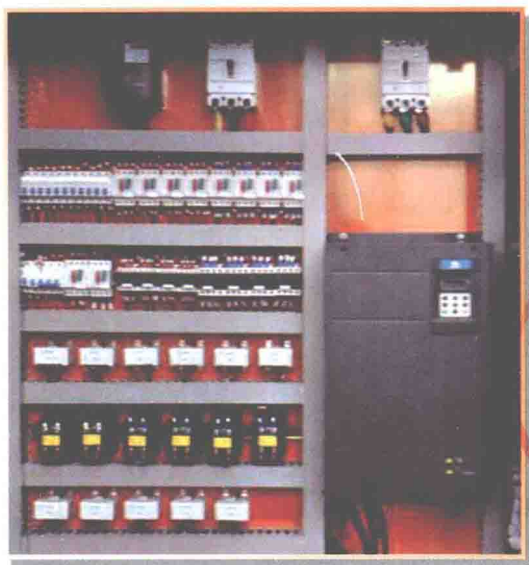


中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

全国高职高专院校机电类专业规划教材
教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会规划教材

变频器应用技术

张文明	贾君贤	周保廷	主 编
王一凡	黄晓伟	陈东升	副主编
		金彦平	参 编
	吕景泉	胡年华	主 审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书从高技能型人才培养的实际要求出发,以汇川MD380系列变频器为载体。全书共由6个项目组成,项目1讲解了变频器的工作原理;项目2讲解了变频器的主回路和控制回路连接;项目3讲解了变频器的基本的操作与调试;项目4讲解了变频器的运行与控制;项目5讲解了变频器的维护知识;项目6讲解了变频器的通信功能。每个项目有若干个任务,包括任务相关知识,应用举例或实训举例,每个任务还设计了相关思考与练习。

本书适合作为卓越工程师教育培养计划、高职高专学校机电一体化技术、电气自动化技术、生产过程自动化、机电安装工程、数控维修、设备维护、楼宇自动化、光伏新能源等专业的课程教材,并可作为相关工程人员培训和自修的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

变频器应用技术/张文明,贾君贤,周保廷主编. —
北京:中国铁道出版社,2015.2

全国高职高专院校机电类专业规划教材 教育部高职
高专自动化技术类专业教学指导委员会规划教材

ISBN 978-7-113-19972-2

I. ①变… II. ①张… ②贾… ③周… III. ①变频器
—高等教育—教材 IV. ①TN773

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第034606号

书 名:变频器应用技术
作 者:张文明 贾君贤 周保廷 主编

策 划:祁 云
责任编辑:祁 云 鲍 闻
封面设计:付 巍
封面制作:白 雪
责任校对:汤淑梅
责任印制:李 佳

读者热线:400-668-0820

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: [http:// www.51eds.com](http://www.51eds.com)

印 刷:北京尚品荣华印刷有限公司

版 次:2015年2月第1版 2015年2月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:9.25 字数:216千

印 数:1~3 000册

书 号:ISBN 978-7-113-19972-2

定 价:32.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

全国高职高专院校机电类规划教材

编委会

主 任: 吕景泉

副主任: 严晓舟 史丽萍

委 员: (按姓氏笔画排序)

王文义	刘建超	李向东	肖方晨	狄建雄
汪敏生	宋淑海	张 耀	陈铁牛	明立军
胡学同	钟江生	秦绪好	钱逸秋	凌艺春
常晓玲	梁荣新	程 周	谭有广	
王 立	王龙义	王建明	牛云陞	朱凤芝
刘薇娥	汤晓华	关 健	牟志华	李 文
李 军	张文明	张永花	陆建国	陈 丽
林 嵩	金卫国	宝爱群	祝瑞花	姚 吉
姚永刚	秦益霖	徐国林	韩 丽	曾照香

随着我国高等职业教育改革的不断深入,我国高等职业教育的发展进入了一个新的阶段。教育部下发的《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》教高[2006]16号文件,旨在阐述社会发展对高素质技能型人才的需求,以及如何推进高职人才培养模式改革,提高人才培养质量。

教材的出版工作是整个高等职业院校教育教学工作中的重要组成部分,教材是课程内容和课程体系的载体,对课程改革和建设具有推动作用,所以提高课程教学水平和教学质量的关键在于出版高水平、高质量的教材。

出版面向高等职业教育的“以就业为导向,以能力为本位”的优质教材一直就是中国铁道出版社优先开发的领域。我社本着“依靠专家、研究先行、服务为本、打造精品”的出版理念,于2007年成立了“中国铁道出版社高职机电类课程建设研究组”,并经过两年的充分调查研究,策划编写、出版了本系列教材。

本系列教材主要涵盖高职高专机电类的公共课及六个专业的相关课程,它们是电气自动化专业、机电一体化专业、生产过程自动化专业、数控技术专业、模具设计与制造专业以及数控设备应用与维护专业。它们共同成为体系,又具有相对独立性。本系列教材在编写过程中邀请了高职高专自动化教指委专家、国家级教学名师、精品课负责人、知名专家教授、学术带头人及骨干教师。他们针对相关专业的课程,结合了多年教学中的实践经验,同时吸取了高等职业教育改革的成果,因此无论教学理念的导向、教学标准的开发、教学体系的确立、教材内容的筛选、教材结构的设计,还是教材素材的选择都极具特色。

本系列教材的特点归纳如下:

(1) 围绕培养学生的职业技能这条主线设计教材的结构,理论联系实际,从应用的角度组织编写内容,突出实用性,并同时注意将新技术、新成果纳入教材。

(2) 根据机电类课程的特点,对基本理论和方法的讲述力求简单、易于理解,以缓解繁多的知识内容与偏少的学时之间的矛盾。同时,增加了相关技术在实际生产、生活中的应用实例,从而激发学生的学习热情。

(3) 将“问题引导式”“案例式”“任务驱动式”“项目驱动式”等多种教学方法引入教材体例的设计中,融入启发式的教学方法,力求好教、好学、爱学。

(4) 注重立体化教材的建设。本系列教材通过主教材、配套光盘、电子教案等教学资源的有机结合,来提高教学服务水平。

总之,本系列教材在策划出版过程中得到了教育部高职高专自动化技术专业教学指导委员会委员以及广大专家的指导和帮助,在此表示深深的感谢。希望本系列丛书的出版能为我国高等职业院校教育改革起到良好的推动作用,欢迎使用本系列教材的老师和同学们提出宝贵的意见和建议。书中如有不妥之处,敬请批评指正。

中国铁道出版社

2013年12月

前言

本书是教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会规划的项目化教材，面向教师 and 行业企业技术人员，服务于机电和自动化类专业职业能力培养，由常州纺织服装职业技术学院、常州工程职业技术学院、深圳市汇川技术股份有限公司等联合编写。

本套教材共由6个项目组成，每个项目又分为若干个任务，包括任务预备知识、应用举例或训练举例，每个任务还设计了相关思考与练习。项目1讲解了变频器的工作原理；项目2讲解了变频器的主回路和控制回路连接；项目3讲解了变频器的基本的操作与调试；项目4讲解了变频器的运行与控制；项目5讲解了变频器的维护知识；项目6讲解了变频器的通信功能。

为保证教材能做到思路清晰，层次分明、循序渐进、易教易学，教材对“任务”的内容设计如下。

任务目标：任务目标包括完成工作任务所需的实践能力以及分析解决问题的能力。

工作内容：工作内容包括完成工作任务所进行的实践活动。

相关知识：相关知识是对工作任务所涉及的基本概念、理论知识、实践知识等进行的综合性介绍与说明。

任务实施：完成工作内容所需要进行的操作。

练习与提高：练习与提高是在任务内容完成的基础上巩固与提高分析和解决与此相类似的问题的能力。

以上教学环节在不同任务中将按实际需要设置与选择，不拘泥于教条。

本书由张文明、贾君贤、周保廷任主编，王一凡、黄晓伟、陈东升任副主编，金彦平参编。本书撰写分工如下：张文明教授负责撰写教材前言、摘要，并策划教材结构框架、章节内容及编写体例；王一凡讲师撰写项目1；陈东升工程师撰写项目2；贾君贤讲师撰写项目3、项目4；张文明教授撰写项目5；黄晓伟工程师撰写项目6；周保廷高级工程师撰写附录并且提供所有资料。全书由张文明教授统稿，吕景泉教授和汇川技术股份有限公司胡年华高工主审。

在本教材编写过程中，得到了汇川技术股份有限公司和常州工程职业技术学院等单位领导的大力支持，在此表示衷心的感谢！

限于编者的经验、水平以及时间，书中难免在内容和文字上存在不足和缺陷，敬请批评指正。

编者

2014年12月

CONTENTS 目 录

项目 1 学习变频器工作原理 1

任务1 学习变频器现状与发展	1
任务2 学习变频器原理	4
任务3 了解变频器内部结构	8
任务4 了解变频器产品与性能	14
练习与提高	20

项目 2 变频器的连接技术 21

任务1 学习主回路连接技术	21
任务2 学习控制回路连接技术	27
任务3 识读变频调速系统工程图	33
练习与提高	36

项目 3 变频器操作与调试 37

任务1 变频器的操作	37
任务2 变频器的调试	45
练习与提高	47

项目 4 变频器的运行与控制 49

任务1 变频器的面板控制	49
任务2 变频器的外部端子控制	53
任务3 变频器的多段速及点动运行控制	66

任务4 变频器的启停控制及加减速调整	71
任务5 变频器的运行保护	84
任务6 变频器的速度及转矩调整	90
任务7 变频器的其他控制	97
任务8 变频器的PID控制	108
练习与提高	116

项目 5 变频器维护 117

任 务 变频器维修与故障检测	117
练习与提高	128

项目 6 变频器通信功能 129

任务1 变频器Modbus通信网络	129
任务2 变频器CAN网络	134
练习与提高	137





项目 1

学习变频器工作原理

任务1 学习变频器现状与发展



任务目标

- (1) 了解变频器发展趋势；
- (2) 熟悉变频器现状；
- (3) 掌握变频器节能原理。



工作内容

学习变频器发展趋势、现状及节能原理。变频器是电气传动及运动控制系统中的功率变换器，总的发展趋势是：驱动的交流化，功率变换器的高频化，控制的数字化、网络化和智能化，在简化驱动系统、工业节能减排领域有着巨大独特的优势。

变频器是 20 世纪 70 年代初随电力电子技术、PWM（脉宽调制）控制技术的发展而出现的一种用于普通感应电机调速的通用调速装置。随着科学技术的进步，当代变频器的功能已日臻完善。



任务实施

1 了解变频器发展趋势及节能原理

变频器是运动控制系统中的功率变换器。当今的电气传动与运动控制系统包含多种学科的

技术,总的发展趋势是:驱动的交流化,功率变换器的高频化,控制的数字化、网络化和智能化。国内外生产变频器的厂家有几百种品牌,图 1-1 展示了 ABB、西门子、三菱、汇川四种变频器的外观。



图 1-1 多种品牌变频器外观图

变频器作为系统重要的功率变换部件,为系统提供可控的、高性能的交流电源。随着新型电力电子器件和高性能微处理器的应用以及控制技术的发展,变频器的性价比越来越高,体积越来越小,而且厂家仍然在不断地提高其可靠性,以进一步实现变频器的小型化、高性能化、多功能化以及无公害化。变频器性能的优劣,一要看所驱动电机的输出力矩,调整范围及精度,其输出交流电压的谐波对电机的影响,二要看对电网的谐波污染和输入功率因数,本身的能量损耗(即效率)如何,三要看用于不同行业设备应用功能及适应能力,以量大面广的交一直一交变频器为例,它的发展趋势如下:

(1) 主电路功率开关元件的自关断化、模块化、集成化、智能化,开关频率不断提高,开关损耗进一步降低。

(2) 变频器主电路的拓扑结构方面:变频器的网侧变流器对低压小容量的装置常采用全桥整流式脉冲变流器,而对中压大容量的装置采用多重化变流器。负载侧变流器对低压小容量装置常采用两电平的桥式逆变器,而对中压大容量的装置采用多电平逆变器。对于四象限运行的变频器,可实现再生能量向电网回馈,网侧变流器应为可逆变流器,电能可双向流动的双 PWM 变频器;有的变频器,为提高功率因数,对网侧变流器加以适当控制可使输入电流接近正弦波,减少对电网的公害。目前,低压、中压变频器都有这类产品。

(3) 脉宽调制变频器的控制方法可以采用正弦波脉宽调制(SPWM)控制、消除指定次数谐波的 PWM 控制、电流跟踪控制、电压空间矢量控制(磁链跟踪控制)等。

随着电力电子技术、计算机技术以及自动控制技术的迅速发展,电气传动技术正面临一场新的革命,其也朝着更加“绿色”的方向发展,在电气传动领域,变频调速系统因效率高、性能好而成为主流。自“十二五”规划出台以来,节能减排就是各行各业发展的关键,各种节能环保产品的应用更加广泛,前景更加明朗。受益于节能减排、绿色环保等战略的拉动,变频器作为变频调速领域内的重要设备,其未来的市场潜力非常巨大。在大规模的分布式可再生能源发电中,变频器在电力电子技术与信息通信技术方面都扮演着重要的角色。

变频器最初的用途是速度控制,随着技术发展和社会对能源运用效率要求的日益提高,其逐渐被用于节能领域;随着变频器驱动性能的提升,永磁同步电机应用的日益广泛,在一些行





业已取代齿轮减速或皮带增速的传统驱动方式。据测算,使用变频器的电机系统节电率普遍达30%,某些场合可为40%~60%,节能效果显著。如今,变频器已是电机节能的发展方向。据介绍,变频调速技术较早用于煤炭行业的是矿井提升机,目前发达国家已将变频器普遍用于带式输送机的调速或带式输送机启动控制、风机调速以及水泵的调速。在上述设备中采用变频器除了提高传动性能外,更主要的是可以节省能源。由于变频器可以在许多行业内高效地节约电能,提高工艺水平,因此,在某种程度上,大力推广变频器可以减轻电力行业发电量指标的压力,节约电能的同时减少排放量,降低能耗。另一方面,电力行业也是变频器产品重要的应用领域之一。从我国火电厂中与变频器相关的控制过程看,风、煤、水、渣和尾气系统的传动装置都适合中压、低压变频器的应用。

2 熟悉变频器现状

自动化控制离不开变频器,中压、低压电器更是变频器拓展的空间。使用变频器的电机启动电流从零开始,逐渐增加,最大值也不超过额定电流,减轻了对电网的冲击和对供电容量的要求,从而达到节能的效果,还延长了设备的使用寿命,节省了设备的维护费用。尤其在精细加工领域,通过变频器高质量地控制电机转速,可以大幅度提高制造工艺水准。可以说,变频器是目前最理想、最有前途的电机节能设备,几乎国民经济的各行各业都与变频器密不可分。

虽然变频器有着诸多优点,但是由于价格的问题,目前它的大规模推广使用受到了限制,我国变频器生产厂现有300多家,但是实力和规模参差不齐,个别企业仍采用作坊式的生产模式,主要品牌维持在20~30家。国内变频器市场是以外资品牌的进入而发展的,外资品牌先入为主,目前在国内变频器市场的占有率约7成。大部分本土企业成立的时间不长,许多产品进入市场的时间较短,在产品的成熟度和品牌知名度方面还很难与国际知名品牌抗衡。本土企业主要生产V/F控制产品,对于性能优越、技术含量高的矢量变频器等产品,国内绝大多数企业还没有开发出成熟的产品。此外,国内企业的人员和资金不断分离,成立了众多企业,主要集中在广东、浙江、山东、上海等沿海地区。随着市场竞争的加剧,许多品牌将被逐步淘汰出局,未来的变频器市场将是一个品牌集中度较高、竞争更有序的市场。

目前常见的国产品牌有:汇川、台达、科姆龙、高邦、华为、东达、英威腾、普传、东菱、东元等品牌;欧美品牌有:ABB、西门子、施耐德、艾默生等;日本品牌有富士、三菱、安川、欧姆龙、松下等;其他品牌还有LG、现代、大宇、三星等。目前变频器的技术已经相当成熟,国产品牌不管在性能和质量上都可与进口品牌相媲美,在国内市场的占有率在快速上升,超过日本品牌,在售后方面,国产品牌更是有着进口品牌无法替代的优越性。

随着用户需求的多样化,变频器产品的功能在不断完善,集成度和系统化程度也越来越高,并且已经出现某些领域专用的节能变频器产品。变频器的节能原理:变频器使得电动机及其拖动负载在无须任何改动的情况下即可按照生产工艺要求调整转速输出,降低了电机功耗,在节能减排领域有着独特的优势,达到了系统高效运行的目的。相信变频器的应用将会越来越广泛,市场前景看好。

高压变频调速技术近年来发展也很快,在能源紧缺、环境问题日益严重的今天,节能减排已经有了量化的考核指标。中压电机的调速方式改为变频调速,已经作为通用节能技术在“十一五”将加以重点推广。随着变频高速技术的发展与综合利用,变频器行业在水泥、电梯、

印刷、电力以及医学、通信、交通、运输、电力、电子、环保等领域得到空前的发展和应用。

任务2 学习变频器原理

变频器 (Variable-Frequency Drive, VFD) 是应用变频技术与微电子技术, 通过改变电机工作电源频率方式来控制交流电动机的电力控制设备。变频器主要由整流 (交流变直流)、滤波、逆变 (直流变交流)、制动单元、驱动单元、检测单元、微处理单元等组成。

任务目标

- (1) 熟悉 MD380 变频器分类、特点和组成;
- (2) 掌握 MD380 变频器工作原理;
- (3) 掌握大功率晶体管的分类和特点。

工作内容

学习变频器的分类和特点, 以及汇川 MD380 变频器的组成和工作原理。

任务实施

1 学习变频器分类和特点

为了适应不同的控制要求, 变频器有通用变频器与专用变频器 (交流主轴驱动器) 之分。为了提高调速精度, 通用变频器也可采用闭环控制。通用变频器按照产品性能与用途又被分为普通型、紧凑型、节能型及高性能型四大类。变频器自诞生以来一直是交流调速系统的研究热点, 高性能化、环保化、网络化已成为当代变频器发展的必然趋势。

变频器作为一种面向感应电机的通用控制装置, 与交流主轴驱动器、交流伺服驱动器等专用控制器相比, 其有如下明显的特点。

1. 多种控制方式兼容

变频器的 V/F 控制、矢量控制与直接转矩控制有各自的特点与应用范围。当代变频器一般能兼容多种变频控制方式, 使用者可以根据实际需要设定参数选择控制方式。

2. 开环/闭环通用

矢量控制变频器具有闭环控制和开环控制两种方式, 闭环控制可以通过反馈消除误差, 提高稳速精度, 但也带来了系统可靠性问题。为适应不同的控制要求, 当代变频器一般采用开环/闭环通用的结构形式, 只要简单地增加闭环接口模块, 便可以实现闭环控制, 这一结构变换可同时用于 V/F 控制、矢量控制和直接转矩控制。目前无速度传感器控制比有速度传感器的应用更多。

3. 适用性强、调速性能提升

早期的通用变频器是一种面向普通感应电机的控制装置, 它虽然可用于各种负载, 几乎所有交流电机的控制, 并具有多电机控制功能, 通用性强、适应面广。随着节能及大扭矩驱动需求的增加, 现在利用矢量变频器驱动同步电机、直流无刷电机等, 驱动性能大为提升。

2 学习变频器工作原理

图 1-2 所示为开环 V/F 变频调整系统的原理框图, 由处理器、按 V/F 恒定原则, 产生 PWM 控制信号, 令 IGBT 逆变模块进行功率放大后输出, 电路中还有电流检测等单元, 组成





保护。在开环变频调速系统中,速度(频率)指令可通过电位器、模拟电压等形式输入给DSP;将速度指令转换为频率、幅值、可变的电机定子电压与电流,以控制电机的转速。

1. 频率给定

在使用一台变频器的时候,目的是通过改变变频器的输出频率,即改变变频器驱动电动机的供电频率从而改变电动机的转速。如何调节变频器的输出频率呢?关键是首先向变频器提供改变频率的命令信号,这个信号,就称为“频率给定信号”。所谓频率给定方式,就是调节变频器输出频率的具体方法,也就是提供给定信号的方式。变频器常见的频率给定方式主要有操作器键盘给定、接点信号给定、模拟信号给定、脉冲信号给定和通信方式给定等。这些频率给定方式各有特点,必须按照实际的需要进行选择设置,同时也可以根据功能需要选择不同频率给定方式之间的叠加和切换。

2. V/F控制

在进行电动机调速时,通常要考虑的一个重要因素是保持电动机中每极磁通量为额定值。如果磁通量太小,则电动机的出力不够;如果过分增大磁通量,又会使铁心饱和,过大的励磁电流会使绕组过热,从而损坏电动机。V/F控制是使变频器的输出在改变频率的同时也改变电压,通常是使 V/F 为常数,这样可使电动机磁通保持一定,在较宽的调速范围内,电动机的转矩、功率、功率因数不下降。

3. PWM调制

变频器的调制方式为PWM(脉宽调制)。PWM(脉宽调制)是保持整流得到的直流、电压幅值不变的条件下,以一定的规律,在改变输出频率的同时,通过改变输出脉冲的宽度,来达到改变等效输出电压的一种方式。PWM是一种调制方式来控制逆变模块的通断,PWM的一个优点是从处理器到被控系统信号都是数字形式的,无须进行数—模转换。让信号保持为数字形式可将噪声影响降到最小。

4. 功率放大

目前功率放大的开关器件主要采用大功率晶体管IGBT,大功率晶体管一般被称为电力电子器件,可通过小功率信号控制功率电子器件开关工作,通过功率电子器件为负载提供大功率的输出。一般来说,功率器件通常工作于高电压、大电流的条件下,普遍具备耐压高,工作电流大,自身耗散功率大等特点,因此在使用时与一般小功率器件存在一定差别。

功率器件从整体上可以分为不可控器件、半可控器件和全可控器件。不可控器件导通和关断无法通过控制信号进行控制,完全由其在电路中所承受的电流、电压情况决定,属于自然导通和自然关断,包括功率二极管;半可控器件指能用控制信号控制导通,但不能控制关断,关断只能由其在主电路中承受的电压、电流情况决定,属于自然关断,包括晶闸管(SCR)和由其派生出来的可控双向晶闸管(TRIAC)。全可控器件指能使用控制信号控制其导通和关断的器件,包括功率三极管(GTR)、功率场效应管(功率MOSFET)、可关断晶闸管(GTO)、绝缘栅双极三极管(IGBT)、MOS控制晶闸管(MCT)、静电感应晶体管(SIT)、静电感应晶闸管(场控晶闸管,SITH)和集成门极换流晶闸管(IGCT)等。

全可控器件从控制形式上还可以分为电流控制型和电压控制型两大类。属于电流控制型的有GTR(功率三极管)、SCR(可控晶闸管)、TRIAC(可控双向晶闸管)、GTO(可关断晶体管)

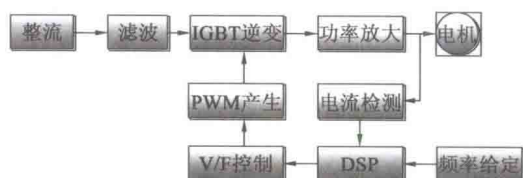


图 1-2 开环 V/F 变频调速系统

等；属于电压控制型的有功率 MOSFET、IGBT、MCT 和 SIT。

现在的低压变频器中常使用功率二极管用于全桥整流，IGBT 用于逆变，为减小产品体积，常使用将这些元件集成在一起的 PIM 模块组件。

5. 电流检测

变频器电流信号可以用于电机的转矩和电流控制，以及过流保护。其检测方法主要有直接串联取样电阻法、霍尔传感器法。直接串联取样电阻法简单、可靠、不失真、速度快，但是有损耗，不隔离，只适用于小电流且不需要隔离的情况，多用于小容量变频器中。霍尔传感器法具有精度高、线性好、频带宽、响应快、过载能力强和不损失测量电路能量等优点。

深圳市汇川技术股份有限公司的主要产品包括低压变频器、一体化及专机、伺服系统、PLC、高压变频器、电动汽车驱动器、光伏逆变器、TDS 等，其中在低压变频器市场的占有率在国产品牌厂商中名列前茅。本项目以汇川新产品 MD380 变频器为例，来介绍变频器的相关知识。汇川 MD380 变频器的工作原理如图 1-3 所示，对应器件图如图 1-4 所示。变频器输入为交流电，其电压为 U_1 ，如图 1-3 所示；交流电经 D1 ~ D6（二极管）组成的三相整流桥整流以及电容 C1、C2 滤波成直流电压，其电压波形为 U_{DC} ；直流电压再经过 VT1 ~ VT6 (IGBT) 及续流二极管组成的逆变单元逆变成频率可调、电压幅值可调的交流电压，其电压波形 U_0 为脉宽调制波。

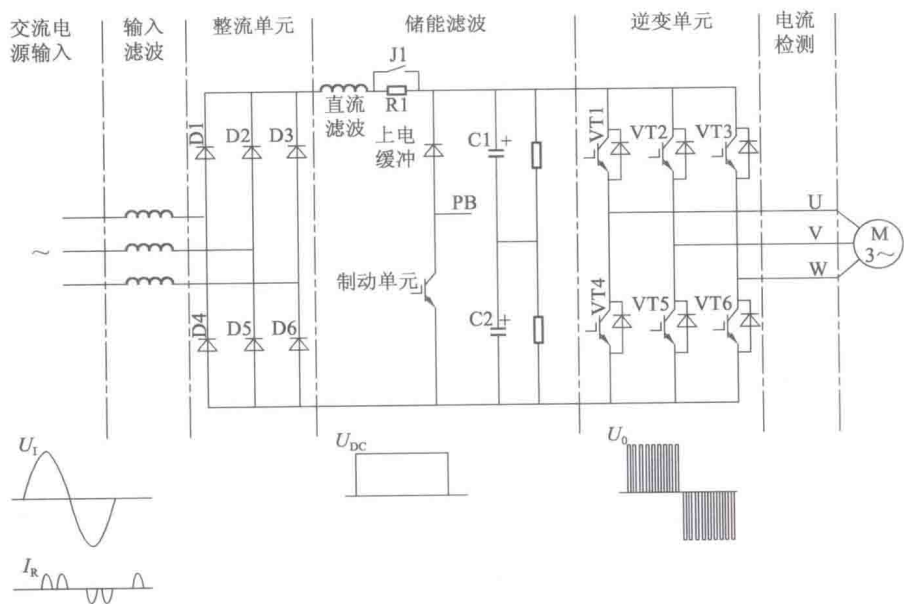


图 1-3 通用交-直-交电压型变频器原理框图



整流模块



储能滤波模块



逆变单元

图 1-4 电路模块实物图





3 学习MD380变频器各组成部分及功能

1. 整流桥

整流部分由 6 只二极管组成三相整流桥，将电源的三相交流电压整流成直流电压。若电源的线电压为 U_L ，则三相全波整流后平均直流母线电压 U_D 的大小为： $U_D=1.35U_L$ 。

我国三相电源的线电压为 380 V，故全波整流后的平均电压： $U_D=1.35 \times 380 \text{ V}=513 \text{ V}$ 。

2. 滤波电容器C1、C2

滤波电容器的功能是：滤平全波整流后的电压纹波；当负载变化时，使直流电压保持平稳。

3. 缓冲电阻R1与接触器触点开关J1

在变频器上电的瞬间，滤波电容 C1、C2 上的充电电流比较大。过大的冲击电流将可能导致三相整流桥损坏；同时，也使输入电源电压瞬间下降而畸变。为了减小冲击电流，在变频器刚接通电源的一段时间里，电路内串入缓冲电阻 R1，形成 RC 电路，以使电容器 C1、C2 上的冲击电流得到缓冲。当滤波电容器 C1、C2 充电电压达到一定程度时（80%），令 J1 接通，将 R1 短路掉。

4. 逆变模块

逆变模块由 6 只 IGBT 管和六只续流二极管（内置于 IGBT 内站）组成。通过控制 IGBT 管的开关顺序和开关时间，变频器将直流电压逆变成频率、电压可调的交流电压，电压波形为脉宽调制波。

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, 绝缘栅双极型晶体管)：IGBT 可以满足变频器高开关频率、高耐压和大容量的要求，一般开关频率可以达到 20 000 次/s，器件的开通时间和关闭时间一般为几百纳秒。当正电压（一般为 15V）加到 IGBT 的栅极时，IGBT 开通，电流可以在集电极与发射极之间流动；当栅极的正电压撤消后，IGBT 被关闭，为了防止 IGBT 开通，一般在需要关闭 IGBT 时，给栅极一个小的负电压（一般为 -15 V）。IGBT 管电气符号和实物图如图 1-5 所示。



图 1-5 IGBT 电气符号图和实物图

5. 逆变驱动与保护电路

该电路将 DSP 产生的 PWM 控制信号，经过光耦隔离，电平放大后，分别送给 6 只逆变桥臂的 IGBT 栅极，控制其开关动作，三相逆变桥的 6 个桥臂上设有过流检测电路，过流信号经过隔离后送组 DSP，用于及时保护响应处理，保护器件的安全。

6. 电机调速原理

变频器是一种控制交流电机运转的控制器。它把固定频率（我国为 50 Hz）的交流电源变

成频率电压可调的交流电源，从而控制电机的转速。

异步电机转速公式如下：

$$n = \frac{60f}{p}(1-s)$$

式中： n ——电机转速，r/min；

f ——电源频率，Hz；

p ——电机磁极对数；

s ——转差率。

变频器综合了电子技术、电机控制、计算机技术、控制技术等多种技术为一体，是一种广泛应用于各行各业的电力电子设备，它通过控制电机的旋转频率来满足各行业的需求，因此它的英文缩写为 MDI，即 Motor Drive Inverter。

7. 变频器基本结构和外观（见图1-6）

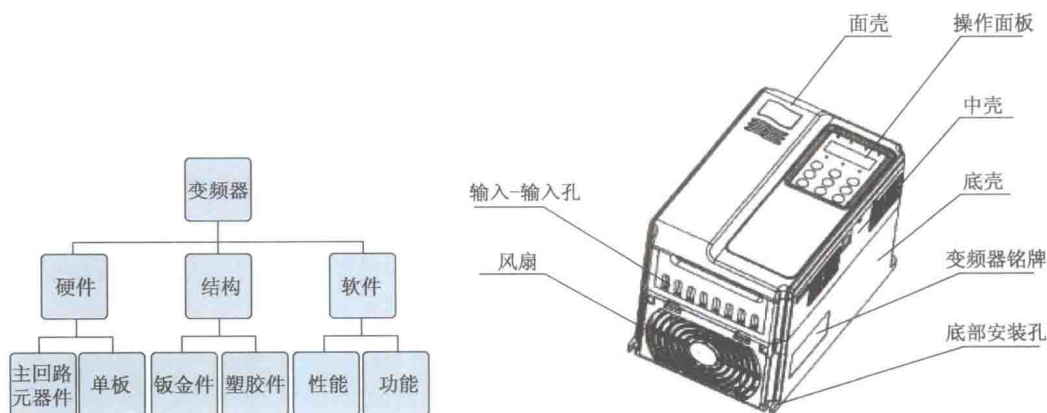


图 1-6 MD380 变频器基本结构和外观

任务3 了解变频器内部结构

各厂家生产的通用变频器，其主电路结构和控制电路并不完全相同，但基本的构造原理和主电路连接方式以及控制电路的基本功能都大同小异。

任务目标

- (1) 熟悉 MD380 变频器的扩展插槽和外部接口；
- (2) 掌握 MD380 控制板和驱动板的构成；
- (3) 了解汇川 MD380 变频器的保护措施。

工作内容

MD380 变频器具有丰富的可扩展能力和外部端子接口；MD380 变频器控制板包括工作电源接口、键盘接口、DSP 芯片、PG 卡接口、扩展卡接口、驱动信号和保护信号通信接口、外引键盘接口、控制板接线端子等；MD380 变频器驱动板包括直线母线滤波电容、电源开关管、上电缓冲继电器、上电缓冲电阻器、母线浪涌吸收电容器、主回路接线端子、输出电流检测分



流器、PG 卡插座、逆变 IGBT 上下桥驱动光耦合器、制动 IGBT 光耦合器、控制板驱动板连接插座、控制板与 DSP 板通信插座、风启插座等。

任务实施

汇川公司 MD380 型号变频器具有丰富的可扩展能力和外部端子接口, 根据用户不同的需求, PG 卡接口可以外接 UVW 差分 PG 卡、差分 PG 卡、旋转变压器卡、开路集电极 PG 卡等, 扩展卡接口可接 MD38IO1、MD38CAN1、MD38DP、MD38PC1 等, 如图 1-7 所示。

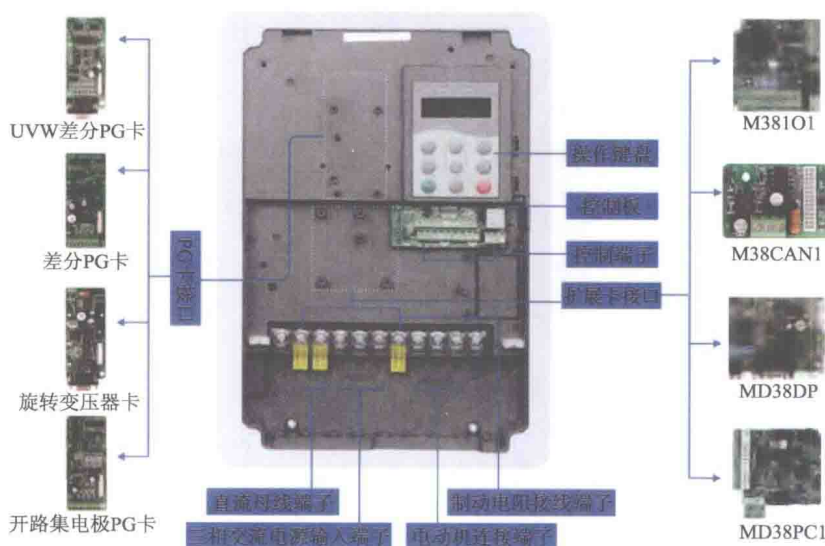


图 1-7 MD380 变频器可扩展能力和端子接线示意图

了解MD380变频器控制板

变频器工作主要依靠控制板和驱动板, 下面以 MD380 为例来进行介绍。首先介绍控制板组成, 正面部分包括驱动板提供控制板工作电源接口、键盘接口、DSP 芯片、PG 卡接口、扩展卡接口、驱动信号和保护信号通信接口、外引键盘接口、控制板接线端子等, 如图 1-8 所示。

下面来介绍各接口插头引脚的含义, J11 接口如图 1-9 所示, 各引脚定义功能如下:

1pin: 向外提供 +24 V 电源。

2pin: 向外提供 +24 V 的电源地 COM。

3pin, 4pin, 23pin, 25pin, 36pin, 27pin, 30pin, 31pin, 32pin: 空脚。

5pin (IU)、6pin (IV): UV 输出电流检测。

7pin (VCE): IGBT 模块直通保护检查, 控制板要求: 正常时为高, 故障时为低。

8pin (VCC): +5 V; 14pin VCC=+5 V。

9pin: +15 V。

10pin: -15 V。