

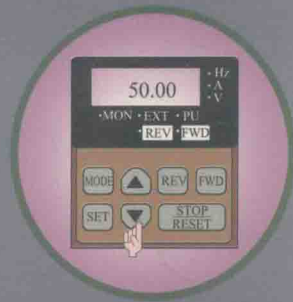
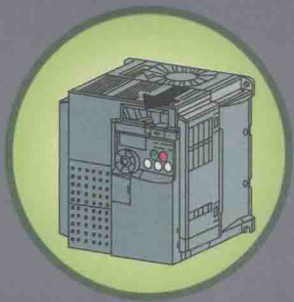
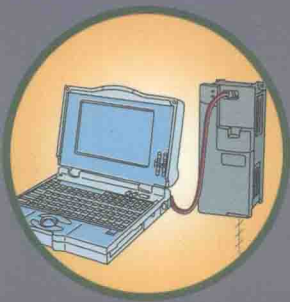
XUEBIANPIN HENRONGYI
TUSHUO BIANPIN JISHU

学变频很容易

——图说变频技术

全彩精编版

- 李长军 李长城 主 编
- 王 勇 郭庆玲 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

XUEBIANPIN HENRONGYI
TUSHUO BIANPIN JISHU



学变频，很容易

——图说变频技术

李长军 李长城 主 编

王 勇 郭庆玲 副主编

肖 云 关开芹 沈东辉 卢旭辰 参 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书精选大量丰富、形象的全彩图例,深入浅出地介绍了变频技术的应用,内容包括变频器的原理、构成、分类与控制方式;并以三菱FR-A740型、西门子MM440型变频器为例,重点介绍了变频器的主要功能、参数设置方法、典型控制电路等;针对工程技术人员在使用变频器过程中的需要,详细介绍了变频器的选型、安装、使用维护及改造实例等方面的知识。

全书的编写注重实用性,突出应用能力的提高;结构安排符合认知规律,条理清晰,语言通俗;内容编排照顾低起点读者的需要,图文结合,趣味性强,易学易懂。

本书可作为从事变频器应用的电气技术人员的自学参考书或培训机构的培训用书,也可作为大中专院校、职业院校及技校电气专业的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

学变频很容易:图说变频技术/李长军,李长城主编. —北京:中国电力出版社,2015.1

ISBN 978-7-5123-6075-4

I. ①学… II. ①李…②李… III. ①变频技术—图解
IV. ①TN77-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第135124号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京瑞禾彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年1月第一版 2015年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 14印张 276千字

印数0001—3000册 定价49.80元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

变频调速技术是当今节电、改善工艺流程以及提高产品质量和改善环境、推动技术进步的一种主要手段。在工业生产中获得了广泛的应用，被公认为最有发展前途的调速方式。变频器产业被称为“绿色朝阳产业”，显示出广阔的市场前景。

目前在市场上有近百个品牌，上千个系列。不同公司的产品各有特点，参数功能众多。本着典型性和实用性要求，本书选择三菱和西门子变频器为范例，来介绍变频器的应用技术。

全书共6章，内容包括变频调速基础知识、三菱FR-A740变频器的操作、西门子MM440变频器的操作、变频器的使用与维护 and 变频器节能改造实例等内容。在内容安排上尽量做到深入浅出、循序渐进、内容精练、实用性强；在编写上，力求做到文句简练、通俗易懂、图文并茂，使之直观性强、灵活多变，引发读者兴趣，使阅读变得轻松。

本书作为一本变频器入门自学教材，内容起点低、通俗易懂，尤其适合初学者及电气技术领域的技术人员使用。同时也可用作大中专院校、技校及职业院校电气专业的教材和参考书。

本书由李长军、李长城任主编，王勇、郭庆玲任副主编，肖云、关开芹、沈东辉、卢旭辰任参编。本书在编写过程中得到了许多朋友、同行的大力支持和热心帮助，在此深表谢意。同时本书的编写参考和借鉴了许多宝贵的著作、文献和技术资料，在此向这些宝贵资料的作者表示由衷的感谢！

由于编者水平有限，书中的错误和不当之处，敬请读者批评指正。

编者

2014年11月

目 录

前言

第 1 章 认识变频器

1.1 变频调速基础知识	3
1.1.1 变频技术概述	3
1.1.2 三相异步电动机的工作原理	7
1.1.3 三相异步电动机的调速方式	8
1.1.4 三相笼型异步电动机的变频调速	10
1.2 变频器的基本结构与原理	11
1.2.1 变频器的基本构成	11
1.2.2 变频器的工作原理	14
1.2.3 PWM控制技术	18
1.2.4 变频器中常用的电力电子器件	19
1.3 变频器的分类和控制方式	23
1.3.1 变频器的分类	23
1.3.2 变频器的控制方式	26
1.3.3 变频器控制的展望	28
1.4 通用变频器的主要功能	29
1.4.1 系统功能	29
1.4.2 频率设定功能	30
1.4.3 加、减速时间设定功能	32
1.4.4 变频器 U/f 控制方式的选择功能	32
1.4.5 启动与停车设定功能	32

第2章 三菱FR-A740变频器的操作

2.1	认识三菱FR-A740变频器	37
2.1.1	外形结构	37
2.1.2	铭牌与型号	38
2.1.3	前盖板的拆卸	39
2.1.4	三菱FR-A740型变频器性能简介	41
2.2	三菱FR-A740变频器端子功能与接线	43
2.2.1	标准接线图与端子功能说明	43
2.2.2	主回路接线	47
2.2.3	控制回路接线	50
2.3	三菱FR-A740变频器键盘面板的操作	54
2.3.1	操作面板介绍	54
2.3.2	操作面板的基本操作	56
2.4	三菱FR-A740变频器功能参数解析	58
2.4.1	基本功能参数	59
2.4.2	基本操作与参数设定方法	68
2.5	三菱FR-A740变频器的运行操作	73
2.5.1	PU运行操作	73
2.5.2	外部运行操作	75
2.5.3	组合运行操作	78
2.5.4	网络运行模式	81
2.6	变频器的故障信息、诊断与处理	81
2.6.1	变频器的故障信息	81

2.6.2	变频器故障的诊断	82
2.6.3	变频器的典型故障分析	83
2.6.4	变频器的复位方法	85
2.7	变频器的基本控制电路	85
2.7.1	变频器正转控制电路	85
2.7.2	变频器正反转控制电路	87
2.7.3	变频器跳闸报警指示电路	89
2.8	PLC控制变频器的正反转电路	90
2.8.1	PLC和变频器的连接	90
2.8.2	PLC控制变频器正反转电路	93
2.9	变频与工频的切换电路	95
2.9.1	变频与工频电源的切换方式	95
2.9.2	变频与工频典型切换电路	96
2.9.3	PLC控制的变频与工频切换电路	98
2.10	变频器的多段速度控制电路	101
2.10.1	多段速端子组合及接线	102
2.10.2	手动实现多段速控制	105
2.10.3	PLC控制变频器实现多段速运行	106
2.11	变频器的PID功能	113
2.11.1	PID控制原理	113
2.11.2	变频器的内置PID功能参数设置	114

第3章 西门子MM440变频器的操作

3.1	西门子MM440变频器的面板操作	119
3.1.1	西门子变频器的操作面板	119
3.1.2	西门子MM440变频器的快速调试	123
3.1.3	西门子MM440变频器的面板操作	127
3.2	西门子MM440变频器外部端子操作控制	130
3.2.1	标准接线与端子功能	130
3.2.2	外部运行操作	133
3.2.3	变频器工作频率的给定	134
3.2.4	变频器多段速控制方式	136
3.3	西门子MM440变频器实用控制电路	138
3.3.1	正反转控制电路	139
3.3.2	变频器多段速控制电路	142
3.3.3	变频器PID控制电路	144

第4章 变频器的使用与维护

4.1	变频器的选用	149
4.1.1	机械负载的类型	149
4.1.2	负载对变频器的要求	150
4.1.3	变频器容量的选择	153
4.1.4	变频器输入与输出电压选择	155
4.1.5	变频器输出频率的选择	155
4.1.6	变频器保护结构及防护等级的选择	155

4.2 异步电动机的选择	156
4.2.1 笼型异步电动机的选择	156
4.2.2 变频器专用电动机的选择	157
4.3 变频器的外围设备及其选择	159
4.3.1 常规配件的选用原则	159
4.3.2 专用配件的选择	161
4.4 变频器的安装	163
4.4.1 变频器的安装环境	163
4.4.2 变频器的散热通风	165
4.4.3 变频器的柜内安装	166
4.5 变频器的接线与调试	167
4.5.1 主电路导线	167
4.5.2 控制电路导线	169
4.5.3 通电前的检查	171
4.5.4 变频器的调试	171
4.6 变频器的维护与保养	172
4.6.1 变频器的日常维护	173
4.6.2 变频器的定期维护	173
4.6.3 变频器中常用元件的检测与处理	174

第 5 章 变频器在恒压供水系统中的应用

5.1 变频-工频互切换的恒压供水系统	183
5.1.1 恒压供水的目的	183

5.1.2	恒压供水系统常用方案	184
5.1.3	变频-工频互切换的恒压供水系统	185
5.1.4	变频恒压供水系统的运行效果分析	189
5.2	一拖三变频恒压供水控制	190
5.2.1	一拖三变频恒压供水系统	190
5.2.2	一拖三变频恒压供水系统电路组成	191
5.2.3	变频器参数设置	193
5.2.4	PLC控制及编程	196
5.2.5	系统调试	201

第6章 变频器在货物升降机系统中的应用

6.1	货物升降机的基本结构及控制要求	205
6.1.1	小型货物升降机的基本结构	205
6.1.2	小型货物升降机系统的控制要求	205
6.2	货物升降机控制系统	206
6.2.1	货物升降机控制系统的组成及工作原理	206
6.2.2	货物升降机控制系统的硬件配置	207
6.2.3	货物升降机控制系统的安装与调试	209

第 1 章

认识变频器

1.1 变频调速基础知识

1.1.1 变频技术概述

1. 调速技术的发展

我们知道，几乎所有的生产机械在传动时都需要调速。调速传动在最初以蒸汽源为主时，只能采用低效的蒸汽式机械调速传动（见图 1-1）方式。当内燃机发明后，调速传动的工作效率仍然很低。

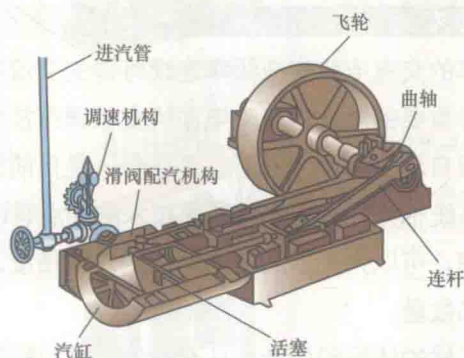


图1-1 蒸汽机模型

自电出现以后，因为电具有输送容易、使用方便、维修简单、效率高等特点，电气调速传动便得到迅速的发展。

直流电动机拖动和交流电动机拖动先后诞生于 19 世纪，距今已有 100 多年的历史，并成为动力机械的主要驱动装置。由于结构和技术上的原因，在很长一段时期内，不变速拖动系统 80% 左右采用的是交流电动机，但是，在需要调速控制的系统中基本上采用的是直流电动机。由于直流电动机存在维护保养困难、寿命短等缺点（其结构如图 1-2 所示），一直以来，人们希望在很多场合下能够用可调速的交流电动机来代替直流电动机。

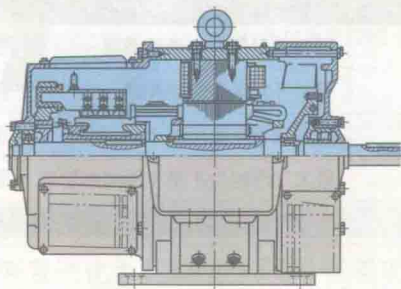


图1-2 直流电动机结构

然而,要实现与交流电动机高性能的调速远比直流电动机调速困难得多。从20世纪30年代开始,人们就致力于交流调速技术的研究。器件的更新促进了电力电子变换技术的不断发展,自20世纪60年代以后,特别是70年代以来,随着新型自关断电力电子器件、智能功率集成电路的问世,现代控制理论的发展和计算机技术的应用,新的控制策略不断涌现,使得交流调速技术得到迅猛发展。

最近10多年来发展起来的交流电动机新型变频调速装置,具有调速精度高、响应快、保护功能完善、过载能力强、节能显著、智能化高、易于实现复杂控制等优点,广泛应用于冶金、机械、电气、纺织、食品等行业中。交流变频调速正以其显著的节电效果,优良的调速性能以及广泛的适用性逐步取代直流调速的地位,已经成为电气传动领域发展的主流方向。

2. 变频调速技术的应用意义

变频器是一种将固定频率的交流电转变成频率连续可调的交流电的装置。变频器的问世,对电气调速领域具有十分重要的意义。交流电动机变频调速技术在节能、改善生产流程、提高产品质量和易于实现自动控制等方面有许多优势,是目前国际公认的最有发展前途的调速方式。与其他调速系统相比,应用变频调速技术的优点有以下几个方面。

(1) 实现电动机无级调速,可以大大提高生产设备的加工精度、工艺水平以及工作效率等,从而提高产品的质量和数量;

(2) 可以大大减小生产机械的体积和质量,从而减少金属的耗用量;

(3) 对电动机实现软起动(平滑起动运行),避免起动时对电网的冲击;

(4) 对于风机和泵类负载,其节电率可达20%~60%;

(5) 在机械允许的情况下可通过提高变频器的输出频率提高工作速度;

(6) 非常方便接入通信网络控制,实现生产自动化控制;

(7) 保护功能完善,能自诊断显示故障所在,维护方便。

变频器传动的特点及其效果和用途举例如表1-1所示。

表1-1

变频器传动的特点及其效果和用途

变频器传动特点	效果	用途举例
可以使用标准电动机调速	可以使用原有电动机调速	空调机、机床、泵、风机、输送机
可以连续调速	可以经常选择最佳转速	机床、搅拌机、泵、风机
起动电流小	电源设备容量可以小	压缩机、泵、风机、输送机
最高速度不受电源影响	最大工作能力不受电源频率影响	泵、风机、输送机、机床、搅拌机
防爆容易	防爆电动机体积小、生产成本低	药品机械、化学工厂
可以调节加减速大小	能防止重物倒塌	运送机械
可以使用笼型异步电动机	不需要维护电动机	生产流水线、车辆、电梯

3. 变频调速在代表性行业和设备中的应用

目前,变频调速技术已成为节能、改善工艺流程、提高产品质量、改善环境和推动技术进步的有效措施。变频调速以其优异的调速和起、制动性能、高效率、高功率因数和节能效果,广泛地应用在各种行业中(见表1-2)。

表1-2

变频调速在一些代表性行业和设备中的应用

应用领域	应用实例	应用方法	应用效果
风机、泵类设备	 <p>变频恒压供水装置</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调速运转。 2. 采用工频电源恒速运转与采用变频器调速相结合 	节能、提高运行质量
搬运机械	 <p>变频控制皮带输送机</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多台电动机以比例速度运转。 2. 联动运转,同步运转。 3. 低速启动、低速停止 	省力、自动化、提高效率
机床设备	 <p>机床主轴变频调速控制</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 简化变速机构。 2. 精细设定主轴转速 	小型化、自动化、提高加工精度
木工机械	 <p>变频控制的木工机械</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低速启动保护。 2. 调速为最佳工作状态 	提高效率
空调机	 <p>变频空调</p>	采用压缩机调速运转,进行连续温度控制	提高舒适性

4. 变频技术的发展方向

变频技术已从整流逆变装置进化为驱动控制、I/O 逻辑现场编程、通信组网等连接为一体,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得到

广泛应用。从市场需求和技术发展趋势来看,今后一段时间,变频器技术将会在以下几个方面得到进一步发展。

(1) 大容量和小体积化。近年来,随着绝缘栅双极型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)等器件的发展和以IGBT为开关器件的IPM智能功率模块、单片IPM等新型功率器件的发展以及热设计技术的进步,变频器的容量越来越大,体积越来越小。而在温升等关键指标上并未下降,除了不断推出大容量的新型变频器产品外,许多厂家都在小功率段推出了所谓“迷你”型产品,以满足不同用户的实际需要。

(2) 多功能和高性能化。多功能和高性能电力电子器件和控制技术的不断进步,使得变频器向多功能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变频器的适应性不断增强。

8位、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,解决了“无跳闸”功能的问题。目前还出现了一类“多控制方式”通用变频器,还有一种所谓的“工程型”高性能变频器,特别适用在现代计算机控制系统中,作为传动执行机构。

(3) 网络化与智能化。尽管当前变频器单独适用的场合仍占多数,但作为工业生产过程中一个重要执行单元,变频器具有网络化运行的能力将成为工业自动化的趋势。目前,许多变频厂商的新产品都具有网络连接功能,通过选件形式支持多种现场总线,通过PC机方便地完成频率设定、参数设置、工作状态给定及在线监测、系统维护、远程诊断等功能。变频器在现场总线的应用如图1-3所示。

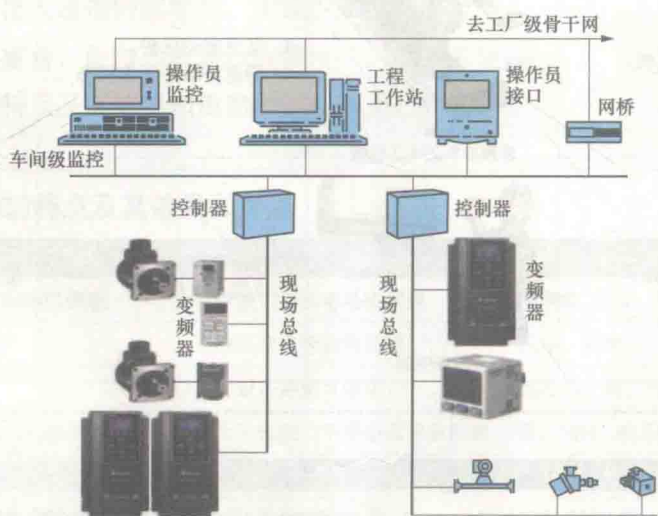


图1-3 变频器在现场总线的应用

此外,为了满足不同用户的不同需要,新型变频器产品的智能化程度将进一步提高,这主要体现在变频器本身将具有的功能供用户选择,用户根据自身需要,在变频器预先设定的多种功能的基础上进行编程,以满足具体应用的需要。

总而言之,未来的变频器产品将朝着高性能、多功能、长寿命、高可靠、易使用、智能化的方向发展。变频器将不仅是一个简单的交流调速装置,还将成为实现自动化过程的一个重要处理单元,变频器技术将得到不断提高,而变频器的应用领域亦将不断得到拓展。

1.1.2 三相异步电动机的工作原理

在变频调速传动系统中,使用的电动机大多数是三相笼型异步电动机。为了说明变频器的功能和应用,有必要先了解三相异步电动机调速的相关知识。

三相异步电动机是一种将电能转变成机械能并拖动生产机械工作的动力设备,其结构主要由两个基本部分组成。固定不动的部分叫定子,转动的部分叫转子。图1-4所示为三相笼型异步电动机的外形及结构示意图。

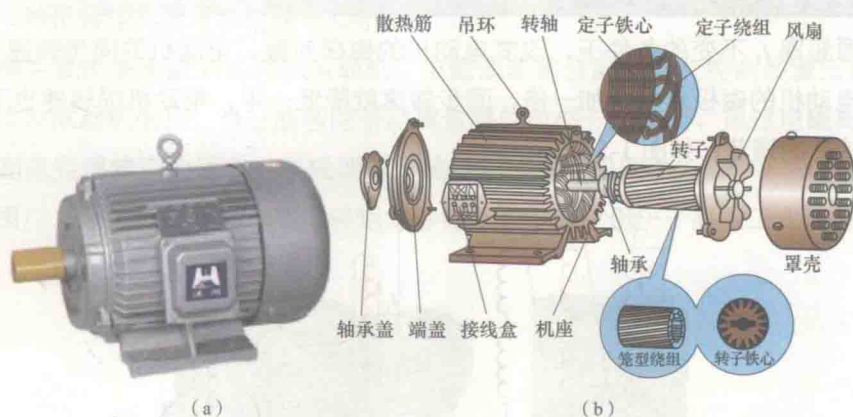


图1-4 三相笼型异步电动机

(a) 外形图; (b) 结构示意图

定子主要由定子铁心、定子绕组和机座组成,其作用是通入三相交流电源时产生旋转磁场。转子由转轴和装在转轴上的圆柱形转子铁心和绕组组成,其作用是在定子磁场感应下产生电磁转矩,输出动力并带动生产机械旋转。

电动机有三相对称定子绕组,接通三相对称交流电源后,绕组中有三相对称电流,在气隙中产生一个旋转磁场,转速为 n_1 ,其大小取决于电动机的电源频率 f_1 和电动机的极对数 p ,即 $n_1=60 f_1/p$ 。此旋转磁场切割转子导体,导体中产生感应电动势和感应电流,其方