

<http://www.phei.com.cn>

自动控制技术应用丛书

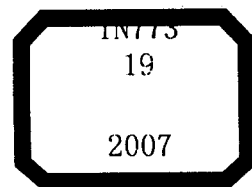
变频器

自动化工程实践

李方园 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



自动控制技术应用丛书

变频器自动化工程实践

李方园 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以变频器为主线,以相关类工业自动化产品为辅线,详细介绍了变频自动化系统的结构,探讨了变频自动化系统在行业中的应用案例,进一步为广大的变频器使用者进行变频自动化应用提供最新的资讯,同时结合变频器的节能应用、工艺控制和多传动系统三种典型应用分类方法,提供变频器最新的应用案例。

本书可供变频器代理商和经销商、设计院的相关电气技术人员及大专院校的相关专业师生参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

变频器自动化工程实践/李方园编著. —北京:电子工业出版社, 2007.4

(自动控制技术应用丛书)

ISBN 978-7-121-03787-0

I. 变… II. 李… III. 变频器—自动化系统 IV. TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 006720 号

责任编辑:富 军 特约编辑:刘汉斌

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:30.75 字数:669.12 千字

印 次:2007 年 4 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:45.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010) 68279077;邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任 and 行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

前 言

目前,变频器每年的国内市场容量已经超过 60 亿元人民币,与变频器相关的自动化产品也变得越来越丰富,如可编程控制器、人机界面、组态软件、工控机、DCS、现场总线、数控系统及伺服控制器等。如何以变频器为主线将其按照不同的方式组构成自动化系统已经成为当前变频器应用中的瓶颈问题。随着工业的迅速发展,变频器的应用也经历了从初级到高级、从传统控制到先进控制的过程,且在节能应用、工艺控制和多传动系统中所扮演的角色越来越重要。本书正是基于上述两个方面详细阐述了变频器在自动化工程实践中的最新案例。

编著者自 1995 年至今一直从事变频器的设计、应用和科研工作,通过长期跟踪国内外变频器技术的最新应用案例,已经在变频器的设计 and 应用方面获得了一定的经验。经与电子工业出版社的多位编辑老师联系后,决定在变频器实践经验的基础上,参考最新的国内外技术资料,编著一本变频器在自动化工程中的应用实践手册,力图为广大从事变频器应用的变频器代理商和经销商、设计院的电气技术人员及相关院校的师生提供一本实用的技术参考书,使其拓展在变频器自动化和工程应用中的思路和视野。

本书共分 8 章。第 1 章介绍变频器的构造、原理和功能,内容包括变频器调速的原理、变频器的基本构造、变频器的功能方式及最新特点。第 2 章主要介绍变频 PLC 控制系统的工程实践,阐述了变频 PLC 控制系统的硬件结构和软件结构,并以不同品牌 PLC 为例,介绍变频器与西门子 PLC、变频器与施耐德 PLC、变频器与台达 PLC、变频器与欧姆龙 PLC 组成的控制系统。第 3 章主要介绍变频计算机控制系统的工程实践,从软件设计(高级语言、组态软件和调试软件)和硬件设计(单片机、MODEM)两方面进行具体的介绍。第 4 章主要介绍变频总线控制系统的工程实践,包括基于现场总线的变频器基本概念和使用原理、不同现场总线下的变频器的应用案例。第 5 章主要介绍变频节能控制系统的工程实践,包括给排水系统、暖通空调系统、空压机系统、锅炉系统、注塑机节能控制系统、变频家电等最典型的应用案例,同时从能量反馈方面介绍了变频节能的新概念。第 6 章主要介绍变频工艺控制系统的工程实践,内容涵盖了多段速、PID、纺织工艺、数控机床、定长定位控制等工艺控制系统的工程实践。第 7 章以造纸、钢铁冶金、起重、张力控制中的多电动机变频控制系统为例,详细介绍了变频多传动控制系统的工程实践。第 8 章阐述了变频器的调试、维修和维护,包括艾默生变频器、西门子变频器、风光变频器等调试案例。

本书具有下列主要特点:(1) 简明扼要地阐述了变频器的最基本原理和功能方式,并以此为前提结合实际工程案例,且在案例中得到理论的验证;(2) 结构清晰,以“变频器原

理→变频器与自动化产品→变频器的应用分类→变频器的调试和维修”为主线，由浅入深地介绍了变频器在自动化工程中的实践和案例；（3）分类科学，在自动化产品方面，通过应用最紧密的三个方面，如以可编程控制器、计算机和现场总线为典型，分别介绍它们之间的联系和应用，在变频器应用方面，则按照变频器的三个主要应用大类，即节能应用、工艺控制和多传动系统，涵盖了所有变频器的应用行业；（4）实践和工程案例突出，在变频器应用中，侧重介绍了生产工艺等变频器的应用背景，以方便用户理解。

本书在编写过程中，得到了张永惠、陈隆慈教授的大力支持，《变频器世界》的大力帮助，西门子变频器、艾默生变频器、ABB 变频器、安川变频器、三垦变频器等厂家相关人员也提供了相当多的典型案例和调试经验。同时，在编写中参考和引用了国内外许多专家、学者、工程技术人员最新发表的论文、著作等资料，编著者在此一并表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限，在编著本书的过程中难免存在不足和错误，希望广大读者能够给予更多的批评指正，编著者将不胜感谢。

变频器市场规模的日益扩大，变频器产品的日渐丰富，变频器技术的异彩纷呈，均使得变频器的应用案例更新速度加快，因此编著者恳请各位读者，如果有好的应用案例或者想更正书中需要商讨的任何细节，都恳请致信、致电给编著者，以本书搭建起变频器自动化工程实践的平台和基地，为提高变频传动的自动化水平做出一定的贡献！

编著者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 变频器的调速原理与构造	1
1.1.1 变频器的调速原理	1
1.1.2 变频调速与其他调速方式的比较	4
1.1.3 通用变频器的构造	5
1.2 变频器的功能与方式选择	7
1.2.1 变频器的控制方式	7
1.2.2 变频器的频率给定方式	9
1.2.3 变频器的运转指令方式	12
1.2.4 变频器的启动制动方式	13
1.3 变频器的特点与最新趋势	18
1.3.1 变频器的发展现状	18
1.3.2 变频器个性化特点的几种表现方式	18
第 2 章 变频 PLC 控制系统的工程实践	23
2.1 变频 PLC 控制系统的结构	23
2.1.1 变频 PLC 控制系统的硬件结构	23
2.1.2 变频 PLC 控制系统的软件结构	26
2.2 由变频器与西门子 PLC 组成的控制系统	27
2.2.1 西门子 PLC 和 USS 协议概况	27
2.2.2 基于西门子 PLC 的变频器液位控制设计	31
2.2.3 USS 通信协议在铝薄膜涂胶中的应用	33
2.2.4 西门子变频器、PLC 在大型牵伸卷绕机中的应用	36
2.3 由变频器与施耐德 PLC 组成的控制系统	39
2.3.1 施耐德 PLC 和 MODBUS 的概况	39
2.3.2 TE 变频器的通信功能在烧结厂中的应用	41
2.3.3 施耐德 Micro PLC 在高速卷绕头控制系统中的应用	42
2.3.4 变频器在热力站水泵中的应用	45
2.4 由变频器与台达 PLC 组成的控制系统	47
2.4.1 台达 PLC 简介	47

2.4.2	台达变频 PLC 给水控制新方案	48
2.4.3	松下变频器与台达 PLC 的通信实例	50
2.4.4	台达变频器和 PLC 在帘子布织机电控系统中的应用	53
2.4.5	460mm 幅宽成卷钢板校平剪板机的变频 PLC 控制系统	56
2.5	由变频器与欧姆龙 PLC 组成的控制系统	60
2.5.1	欧姆龙 PLC 概况	60
2.5.2	变频器和欧姆龙 PLC 在供水控制系统中的应用	61
2.5.3	欧姆龙小型 PLC 与变频器的粗纱机解决方案	65
2.5.4	欧姆龙 PLC 通过通信控制变频器的应用案例	67
第 3 章	变频计算机控制系统的工程实践	72
3.1	变频计算机控制系统的结构	72
3.1.1	计算机串口 RS-232-C 概况	72
3.1.2	变频计算机控制系统的结构	74
3.1.3	变频计算机控制系统的应用案例: 多类型变频器间的通信	75
3.2	高级语言在变频计算机控制系统中的设计	78
3.2.1	高级语言	78
3.2.2	通过 VC 语言设计三菱变频器与计算机的串口通信	79
3.2.3	基于 VC 高级语言环境的变频器联网控制	85
3.2.4	VB 高级语言在计算机与三菱变频器通信及监控软件中的设计	92
3.2.5	计算机对艾默生变频器的通信及监控	95
3.3	组态软件在变频计算机控制系统中的设计	99
3.3.1	组态软件	99
3.3.2	组态软件在艾默生变频控制系统中的设计	101
3.3.3	力控组态软件在电动机监控系统中的设计	106
3.3.4	组态王在变频器系统中的设计与应用分析	111
3.4	调试软件在变频计算机控制系统中的设计	113
3.4.1	调试软件	113
3.4.2	DriverMonitor 调试软件在高炉探尺变频系统中的应用	113
3.5	单片机在变频计算机控制中的设计	117
3.5.1	单片机	117
3.5.2	基于单片机 M68HC908J12 的变频调速自动控制系统	117
3.5.3	单片机在 LG 变频器计算机控制系统中的设计	120
3.5.4	一种基于模糊控制的变频恒压供水系统	122
3.6	MODEM 在变频计算机控制系统中的设计	126

3.6.1	数据传输方式和调制解调器	126
3.6.2	利用 MODEM 和电话线进行远程控制的 TD2100 变频控制系统	128
3.6.3	供水管网的 SCADA 自动化控制系统	129
第 4 章	变频总线控制系统的工程实践	132
4.1	变频总线控制系统的结构	132
4.1.1	现场总线的概念与特点	132
4.1.2	现场总线的标准	136
4.1.3	变频总线控制系统的构成	137
4.1.4	变频总线控制系统的发展潜力	139
4.2	由变频器与 ProfiBus 组成的总线控制系统	140
4.2.1	ProfiBus 总线概况	140
4.2.2	基于 ProfiBus-DP 的安川变频器在连铸机中的应用	141
4.2.3	基于 ProfiBus 的丹佛斯变频器在软水处理系统中的应用	144
4.2.4	ProfiBus-DP 在集装箱 CT 变频检测系统中的应用	149
4.2.5	带材机组 ProfiBus-DP 总线变频控制系统的改造与应用	154
4.3	由变频器与 CC-Link 组成的总线控制系统	157
4.3.1	CC-Link 总线概况	157
4.3.2	基于 CC-Link 的并条机变频系统的应用	161
4.3.3	CC-Link 在印刷机变频控制中的应用	165
4.3.4	CC-Link 在塑料挤出机变频控制中的应用	167
4.4	由变频器与 DeviceNet 组成的总线控制系统	170
4.4.1	DeviceNet 总线概况	170
4.4.2	变频器 DeviceNet 总线的配置与应用	175
4.4.3	DANFOSS VLT5000 变频器在 DeviceNet 中的应用	180
4.5	由变频器与总线桥组成的总线控制系统	184
4.5.1	总线桥概念	184
4.5.2	现场总线基金会总线桥的开发与变频应用	185
4.5.3	ProfiBus-MODBUS 总线桥在变频器组中的应用	189
4.5.4	总线桥原理在钢厂自动化集成中的应用	193
第 5 章	变频节能控制系统的工程实践	197
5.1	变频节能控制系统的典型应用	197
5.1.1	变频器与节能	197
5.1.2	变频器节能应用的典型行业	198
5.2	给排水系统的变频节能控制	200

5.2.1	给排水变频节能控制系统的应用背景	200
5.2.2	变频器在小区恒压供水系统中的应用	201
5.2.3	变频器在自来水厂循环投切恒压供水系统中的应用	203
5.3	暖通空调系统的变频节能控制	208
5.3.1	暖通空调系统的变频节能原理	208
5.3.2	中央空调系统中的循环泵节流变频控制	211
5.3.3	变频器在某大厦集中供热上的应用	212
5.4	注塑机的变频节能控制	214
5.4.1	注塑机的变频改造节能应用	214
5.4.2	深圳日业变频器在注塑机节能中的应用	219
5.4.3	TFX-2100 系列注塑机节能控制系统的应用	222
5.4.4	阿尔法专用注塑机变频器	226
5.5	锅炉系统的变频节能控制	230
5.5.1	锅炉系统的变频节能特点	230
5.5.2	变频器在链条炉系统中的应用	230
5.5.3	变频器在中小型供暖锅炉监控系统中的应用	236
5.5.4	变频器及 PLC 在热网首站控制系统中的应用	238
5.6	空气压缩机的变频节能控制	241
5.6.1	空气压缩机(以下简称空压机)变频节能控制的应用背景	241
5.6.2	变频器在螺杆式空压机节能改造中的应用	241
5.6.3	LS-10 型固定式螺杆空压机变频恒压供气控制系统的设计	244
5.6.4	变频器在活塞式空压机节能改造中的应用	247
5.7	变频家电的节能控制	252
5.7.1	变频节能家电的概况	252
5.7.2	台达 M 系列变频器在变频空调器中的应用	253
5.7.3	变频器在电动跑步机上的应用	255
5.8	变频节能与能量反馈系统	257
5.8.1	能量反馈系统	257
5.8.2	能量反馈装置介绍	260
5.8.3	双 PWM 变频器的应用	261
第 6 章	变频工艺控制系统的工程实践	266
6.1	变频工艺控制系统的基本特点	266
6.1.1	变频工艺控制系统的应用背景	266
6.1.2	变频工艺控制系统的表现特征	267

6.1.3	变频工艺控制系统的负载类型	268
6.2	变频器在多段速工艺控制中的应用	269
6.2.1	多段速的应用背景	269
6.2.2	变频器在音乐喷泉控制系统中的应用	274
6.2.3	变频器在饲料配料系统中的应用	279
6.2.4	矿井提升机的变频调速改造	280
6.3	变频器在 PID 控制中的应用	285
6.3.1	PID 控制的应用背景	285
6.3.2	变频器在净水厂投加药系统自动化改造中的应用	288
6.3.3	变频器在化纤生产线供胶泵中的应用	293
6.3.4	变频器内藏 PID 功能在闭环控制系统中的应用	294
6.4	变频器在纺织工艺中的应用	297
6.4.1	纺织工艺的变频器应用背景	297
6.4.2	ED2003 系列变频器的摆频功能在纺织机械上的应用	300
6.4.3	变频器在梳棉机中的应用	302
6.4.4	变频器在粗纱机上的应用	305
6.4.5	变频器在细纱机上的应用	307
6.5	变频器在机床工艺中的应用	310
6.5.1	惠丰变频器在经济型数控机床上的改造	310
6.5.2	汇川变频器矢量控制在数控机床 CK6013 上的应用	312
6.5.3	变频器在镗铣床的进给中实现交流伺服控制	315
6.6	变频器在定长定位控制中的应用	317
6.6.1	定长定位控制的应用背景	317
6.6.2	三垦变频器在铜管加工铣刀定位控制系统中的应用	318
6.6.3	三菱变频器在磁棒平网印花机定位控制中的应用	321
6.6.4	变频器在大惯性电力拖动车定位系统中的应用	325
6.6.5	艾默生 TD3100 变频器实现高精度定位控制的几种方法	329
第 7 章	变频多传动控制系统的工程实践	334
7.1	变频多传动控制系统的基本原理	334
7.1.1	变频多传动控制系统和速度同步	334
7.1.2	变频多传动控制系统中的主从控制	336
7.1.3	变频多传动控制系统中的负荷分配控制	342
7.1.4	变频多传动控制系统的共直流母线模型分析	344

7.2	变频器在造纸生产线中的应用	355
7.2.1	造纸机变频传动的配置与控制原理	355
7.2.2	ABB 变频器在四叠网多缸纸板机上的应用	358
7.2.3	西门子 6SE70 变频器在高速复卷机中的应用	363
7.2.4	AB 变频器在砂纸生产流水线改造中的应用	368
7.3	变频器在钢铁冶金生产线中的应用	372
7.3.1	应用背景	372
7.3.2	AB 变频器主从控制方式在四辊电动压下系统中的应用	372
7.3.3	连铸拉矫机多传动变频技术的应用	377
7.3.4	变频器在热连轧机组中的应用	379
7.4	变频器在起重设备中的应用	381
7.4.1	变频器在起重机改造中的应用	381
7.4.2	ABB 多传动在门机起重设备上的应用	386
7.4.3	行车主钩同步传动控制的基本应用	390
7.5	变频器在收放卷多传动系统中的应用	394
7.5.1	收放卷多传动系统的应用背景	394
7.5.2	变频器在电线电缆收线机械电控系统中的应用	395
7.5.3	矢量变频器在七电动机凹版印刷机上的应用	398
7.5.4	变频器在镀锌钢板生产线上的应用	401
7.5.5	台达变频器张力控制收卷的原理及应用	405
7.5.6	施耐德 Micro PLC 在双变频卷染机控制系统中的应用	408
第 8 章	变频器的调试、维修与维护	412
8.1	变频器调试与维护的基本概念	412
8.1.1	变频器调试的基本步骤	412
8.1.2	变频器调试中的常见问题	417
8.1.3	变频器的日常检查	419
8.1.4	变频器的元器件检测	421
8.1.5	变频器维修步骤及注意事项	423
8.2	艾默生变频器调试案例	423
8.2.1	EV1000 端子控制停机	423
8.2.2	EV1000 模拟输入分辨率实现稳定转速跟踪	425
8.2.3	EV2000 输出振荡问题	426
8.2.4	EV2000 变频器上电报 E018 故障	427
8.2.5	EV2000 变频器上电显示 POF 故障	428

8.2.6	TD3100 变频器闭环电流异常	429
8.2.7	TD3100 满载时报过压故障	430
8.2.8	TD3000 变频器过压故障问题	432
8.3	西门子变频器调试案例	433
8.3.1	22kW 变频器启动后即过流跳闸	433
8.3.2	PMU 面板液晶显示屏上显示字母“E”	434
8.3.3	变频器的 AOP 面板仅能存储一组参数	434
8.3.4	MM440 变频器不能修改参数	435
8.3.5	6SE70 变频器 F002 欠电压故障如何处理	435
8.3.6	用 MM440 时为何转矩提升无效	436
8.3.7	6SE70 变频器故障信息处理“F008”	438
8.3.8	MM440 使用编码器作为速度给定	438
8.3.9	MM440 选择固定频率+ON 方式变频器不能运行	439
8.4	风光变频器调试案例	441
8.4.1	短路保护	441
8.4.2	过流保护	442
8.4.3	过、欠压保护	443
8.4.4	温升过高保护	445
8.4.5	电磁干扰太强	445
8.5	变频器调试与维修的经验总结	446
8.5.1	变频器维修经验点滴	446
8.5.2	变频器带负载调谐后相关参数的调整经验	448
8.5.3	电动机运行异常的处理经验	449
8.5.4	变频器维修时的拆装流程经验	452
8.5.5	变频器的常见故障点分析	455
附录 A	变频器串口通信协议	459
附录 B	变频器故障和报警列表	468
参考文献	参考文献	476



第 1 章

概 述

1.1 变频器的调速原理与构造

1.1.1 变频器的调速原理

变频器是从 20 世纪中叶发展起来的一种交流调速设备,是为了解决传统的交流电动机调速困难、交变速设备结构复杂且效率和可靠性均不尽人意的缺点而出现的。由于其使交流电动机的调速范围和调速性能均大为提升,因此交流电动机逐渐代替直流电动机出现在各种应用领域,甚至包括交流伺服控制领域。随着电力半导体的长足发展,变频器也随之不断进步。如今变频器已深入日常生活,随处可见其服务的身影。

交流变频调速器的主要调速对象是交流感应电动机。变频器在对交流感应电动机实施变频调速的过程中,输出电压和输出频率的变化必须遵守一定的规则。这就是通常所说的变压变频(VVVF)基本原则。

1. 变压变频的基本原则

由电动机学理论可知,三相感应电动机的转速为

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

式中, n 为电动机的转速; f 为输入交流电源的频率; p 为电动机的极对数; s 为异步电动机的转差率。

通过式(1-1)可知,改变交流电动机转速的方法有三种,即变频调速、变极调速和变转差率调速。其中,变转差率调速主要包括调压调速、串级调速和滑差电动机调速,在变频调速器问世前,是主要的调速手段,但由于其调速范围小、效率低,对电网污染较大,不能满足交流调速应用的广泛需求。20 世纪 70 年代以后,随着电力电子技术的发展,特别是高性能大功率器件 IGBT 的产品化,变频调速器在体积、性能及成本方面取得了飞跃的发展,并逐渐实用化。

交流电动机是通过内部的旋转磁场来传递能量的,为了保证交流电动机能量传递的效率,必须保持气隙磁通量为恒定值。如果磁通量太小,则没有充分发挥电动机的能力,导致



出力不足。反之,如果磁通量太大,铁芯过度饱和,会导致励磁电流过大,严重时会导致绕组过热而损坏电动机。因此,保持气隙磁通量的值恒定不变,是变频变压的基本原则。

三相异步电动机定子每相电动势的有效值为

$$E_g = 4.44 f_1 N_1 \Phi_m \quad (1-2)$$

式中, E_g 为定子每相由气隙磁通感应的电动势的均方根值 (V); f_1 为定子频率 (Hz); N_1 为定子每相绕组的有效匝数; Φ_m 为每极磁通量 (Wb)。

由式 (1-2) 可见,只要控制好 E_g 和 f_1 , 便可达到控制磁通 Φ_m 的目的。下面将分两种情况说明。

(1) 基频以下调速

由式 (1-2) 可知,要保持 Φ_m 不变,当频率 f_1 从额定值 f_2 向下调时,必须同时降低 E_g , 使

$$\frac{E_{g1}}{f_1} = \frac{E_{g2}}{f_2} = \text{常值} \quad (1-3)$$

即采用恒定的电动势频率比的控制方式。

然而,绕组中的感应电动势是难以直接控制的,当电动势值较高时,可以忽略定子绕组的漏磁阻抗压降,而认为定子相电压 $U_1 \approx E_g$, 则得

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{常值} \quad (1-4)$$

恒压频比的控制特性曲线如图 1-1 所示。

低频时, U_1 和 E_g 都较小,定子阻抗压降不能再忽略。这时,可以人为地把电压 U_1 抬高一些,以便近似地补偿定子压降。带定子阻抗压降补偿的恒压频比控制特性曲线如图 1-1 中的 II 所示,无补偿的控制特性曲线则为 I。

(2) 在基频以上调速

在基频以上调速时,频率可以从 f_{1N} 往上增高,但电压 U_1 却不能超过额定电压 U_{1N} ,最多只能保持 $U_1 = U_{1N}$,这将迫使磁通与频率成反比地降低,相当于直流电动机弱磁升速的情况。

把基频以上和基频以下两种情况结合起来,可得如图 1-2 所示的异步电动机变压变频调速控制特性曲线。如果电动机在不同转速下都达到额定电流,即都能在温升允许的条件下长期运行,则转矩基本上随磁通变化。按照电气传动原理,在基频以下,磁通恒定时转矩也恒定,属于“恒转矩调速”性质;而在基频以上,转速升高时转矩也降低,基本上属于“恒功率调速”。

2. 变频器的原理

变频器按照能量变换的环节可以分为交-交变频器和交-直-交变频器。交-交变频器是把频率固定的交流电直接变换成频率连续可调的交流电。其主要优点是没有中间环节,变换效率高,但其连续可调的频率范围小,一般为额定频率的 1/2 以下,故主要用于容量较大的低



速拖动系统中。交-直-交变频器是把频率固定的交流电变换成直流电，再把直流电逆变成频率连续可调的三相交流电，其原理框图如图 1-3 所示。

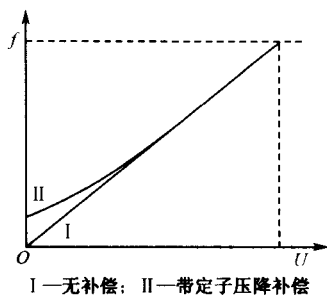


图 1-1 恒压频比的控制特性曲线

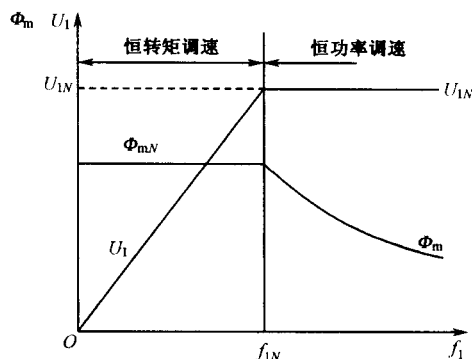


图 1-2 异步电动机变压变频调速控制特性曲线

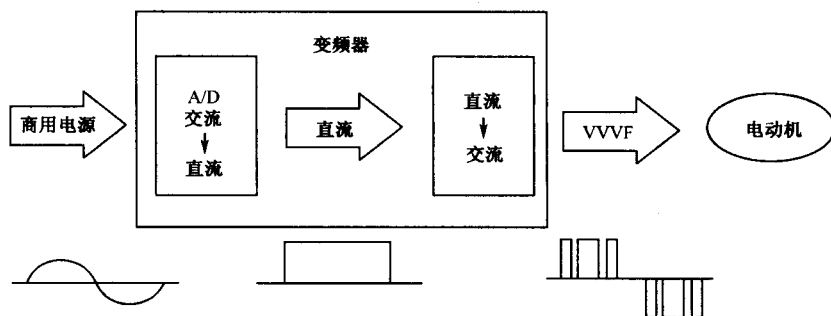


图 1-3 交-直-交变频器原理框图

交-直-交变频器按照直流环节的储能方式又可以分为电流型交-直-交变频器和电压型交-直-交变频器。电流型交-直-交变频器直流环节的储能元件是电感线圈，电压型交-直-交变频器的直流环节的储能元件是电容器。两者的区别在于前者输出电流的波形是脉宽调制波（PWM），后者输出电压的波形是脉宽调制波（PWM），如图 1-4、图 1-5 所示。

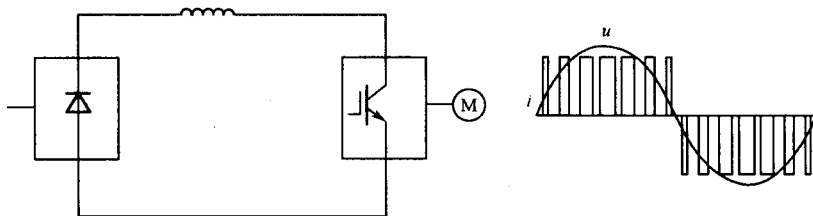


图 1-4 电流型交-直-交变频器

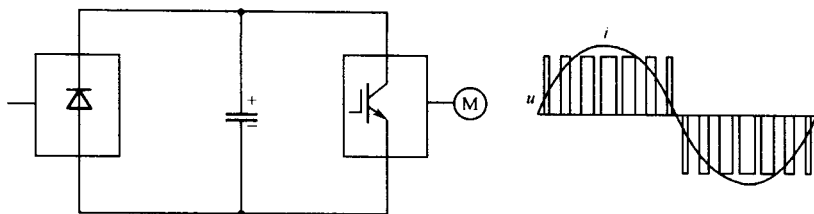


图 1-5 电压型交-直-交变频器

1.1.2 变频调速与其他调速方式的比较

交流电动机比直流电动机经济耐用得多，因而被广泛应用于各行各业，是一种量大面广的传统产品。在实际应用场合，往往要求电动机能随意调节转速，以便获得满意的使用效果，但交流电动机在这方面比起直流电动机而言就要逊色得多，于是不得不借助其他手段达到调速目的。根据感应电动机的转速特性表达式可知，交流调速方式有三大类，即频率调节、磁极对数调节和转差率调节，从而出现了目前常用的几种调速方法，如变极调速、调压调速、电磁调速、变频调速、液力耦合器调速、齿轮调速等。基于节能角度，通常把交流调速分为高效调速和低效调速。高效调速指基本上不增加转差损耗的调速方式，在调节电动机转速时，转差率基本不变，不增加转差损失，或将转差功率以电能形式回馈电网或以机械能形式回馈机轴。低效调速则存在附加转差损失，在相同的调速工况下，其节能效果低于不存在转差损耗的调速方式。

属于高效调速方式的主要有变极调速、串级调速和变频调速；属于低效调速方式的主要有滑差调速（包括电磁离合器调速、液力耦合器调速、液黏离合器调速）、转子串电阻调速和定子调压调速。其中，液力耦合器调速和液黏离合器调速属于机械调速，其他均属于电气调速。变极调速和滑差调速方式适用于笼型异步电动机。串级调速和转子串电阻调速方式适用于绕线型异步电动机。定子调压调速和变频调速既适用于笼型，也适用于绕线型异步电动机。变频调速和机械调速还可用于同步电动机。

液力耦合器调速技术属于机械调速范畴。它是将匹配合适的调速型液力耦合器安装在常规的交流电动机和负载（风机、水泵或压缩机）之间，从电动机输入转速，通过耦合器工作腔中高速循环流动的液体，向负载传递力矩和输出转速，只要改变工作腔中液体的充满程度即可调节输出转速。

液黏离合器调速是指利用液黏离合器作为动力传递装置完成转速调节的调速方式的，属于机械调速。液黏离合器是利用两组摩擦片之间的接触来传递功率的一种机械设备，如同液力耦合器一样安装在笼型感应电动机与工作机械之间，在电动机定速运行的情况下，利用两组摩擦片之间摩擦力的变化无级地调节工作机械的转速。由于它存在转差损耗，故是一种低效调速方式。