

变频器 使用指南

Bianpingqi Shiyong Zhinan

康梅 朱莉 陈山 编



化学工业出版社

变频器 使用指南

Bianpinqi Shiyong Zhinan

康梅 朱莉 陈山 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

变频器使用指南/康梅, 朱莉, 陈山编. —北京: 化学工业出版社, 2008.10

ISBN 978-7-122-03652-0

I. 变… II. ①康…②朱…③陈… III. 变频器-使用指南 IV. TN773-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 136093 号

责任编辑: 宋 辉 刘 哲

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 吴 静

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 413 千字 2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着电力电子技术、微电子技术和现代控制理论在交流变频调速系统中的应用,作为交流变频调速系统核心的变频器的性能也得到了飞跃性的提高,已应用于工业生产和日常生活的许多领域中。由于变频器具有调速范围宽、调速精度高、动态响应快、运行效率高、操作方便且易于同其他设备接口等优点,其应用越来越广泛,社会效益十分显著。

在使用变频器的过程中也遇到一系列的问题,例如用户对变频器选型不合适,从而不能发挥变频调速的效果;使用变频器时没有考虑外围的配置,使变频器工作不可靠,对其他设备造成干扰;变频器一旦出现故障,不能及时有效地诊断等。为了解决这些问题,我们组织编写了本书。希望本书能对电气工程自动化的技术人员、工人以及大中专院校的学生有所帮助,成为他们掌握变频技术的“指南”。

本书通俗地介绍了变频器的结构与原理,变频器的选型与容量计算,变频器的电磁兼容及外围的配置,变频器的安装、接线以及注意事项,变频器在各行业中的应用以及变频器的故障分析与诊断。

本书第1章、第2章、第4章由朱莉编写;第3章、第5章由陈山编写;第6章、第7章由康梅编写。

全书由江苏大学李金伴教授主审。在编写过程中李教授给予了帮助和指导,在审阅过程中,对初稿提出了很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免会有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者
2008年7月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 变频器的应用范围	1
1.1.1 变频器与节能	2
1.1.2 变频器与工艺控制 (速度控制)	2
1.1.3 变频家电	3
1.2 变频器的分类	3
1.2.1 按照主电路工作方式分类	3
1.2.2 按照开关方式分类	4
1.2.3 按照工作原理分类	6
1.2.4 按照用途分类	7
第 2 章 变频器的结构及工作原理	9
2.1 变频器的基本结构	9
2.1.1 整流电路	10
2.1.2 直流中间电路	16
2.1.3 逆变器	16
2.1.4 制动电路	23
2.1.5 变频器的控制电路	24
2.2 变频器对异步电动机的控制方式	32
2.2.1 U/f 控制	33
2.2.2 变压变频装置	34
2.2.3 数字控制的 SPWM 变压变频调速系统	37
2.2.4 转差频率控制	38
2.2.5 矢量控制	40
2.2.6 无速度传感器矢量控制	43
2.2.7 直接转矩控制	45
第 3 章 变频器的选型及容量计算	48
3.1 变频器的选型	49
3.1.1 不同控制对象时变频器的选择	49
3.1.2 不同负载时变频器的选择	59
3.1.3 要求响应快、精度高时变频器的选择	63

3.2 变频器容量选择	66
3.2.1 根据电动机电流选择变频器容量	66
3.2.2 根据电动机输出电压选择变频器容量	72
3.2.3 根据电动机输出频率选择变频器容量	72
3.2.4 根据变频器功率选择变频器容量	72
3.2.5 根据不同的负荷特性选择变频器	74
3.3 变频调速系统的选用	76
3.3.1 变频调速系统的基本结构及工作原理	76
3.3.2 变频调速系统方案的选择	78
3.3.3 调速用变频器的选用	86
3.3.4 变频调速应用注意事项	96

第4章 变频器的电磁兼容及外围配置

97

4.1 变频器电磁兼容标准	97
4.1.1 电压畸变率规定	97
4.1.2 变频器抗干扰国际标准	99
4.1.3 IEEE-519 简介	100
4.2 变频器接入配电电网	101
4.2.1 配电变压器容量非常大的情况	102
4.2.2 电源三相电压不平衡的情况	102
4.2.3 配电变压器接有功率因数补偿电容的情况	104
4.3 变频器系统的电磁噪声干扰	104
4.3.1 概述	104
4.3.2 变频器噪声的分类及空中传播	105
4.3.3 噪声的衰减技术	107
4.4 变频器系统的高次谐波干扰	109
4.4.1 高次谐波产生的机理	109
4.4.2 高次谐波干扰的途径及防止对策	110
4.4.3 高次谐波对电网及其他设备的干扰	112
4.4.4 高次谐波对微机控制板的危害	117
4.4.5 高次谐波对电动机的危害	118
4.4.6 高次谐波受害点影响程度的估算	120
4.5 数字电路干扰的产生及对策	120
4.5.1 干扰的产生	120
4.5.2 对策	121
4.6 变频器外围配置	121
4.6.1 变压器	123
4.6.2 线路用断路器和漏电断路器	123
4.6.3 电源协调电抗器	125
4.6.4 电磁接触器和过载继电器	129

4.6.5 电源滤波器	131
4.6.6 制动电阻	133
4.6.7 变频器的配线	135

第5章 变频器的安装、接线和使用注意事项 137

5.1 变频器的安装	137
5.1.1 安装方式	137
5.1.2 变频器的发热量	137
5.1.3 全封闭式控制柜尺寸的选择	138
5.1.4 强制通风式控制柜内的安装	139
5.1.5 安装空间	140
5.2 变频器的接线	142
5.2.1 变频器的输入、输出端子	142
5.2.2 主回路电线	145
5.2.3 控制回路电线	145
5.3 物理环境中的注意事项	148
5.3.1 温度	148
5.3.2 周围气体	149
5.3.3 湿度	149
5.3.4 振动和噪声	149
5.3.5 海拔高度	150
5.4 电气环境注意事项	151
5.4.1 电源不正常	151
5.4.2 输入端过电压	151
5.4.3 变频系统中的抗干扰措施	151
5.5 参数设置中的注意事项	156
5.5.1 变频器频率设定的几种方法	156
5.5.2 变频器升、降速端子的应用	157
5.5.3 变频器压频比的正确设定	159
5.5.4 变频器转矩提升功能应用	160
5.5.5 变频器其他参数的设置	161
5.6 变频器的接地、防雷	162
5.6.1 变频器的接地	162
5.6.2 变频器的防雷	162
5.7 变频器运行及其注意事项	163

第6章 变频器在各行业中的应用 174

6.1 变频器在通用机械行业中的应用	174
6.1.1 泵的变频器应用	174
6.1.2 风机的变频器应用	179

6.1.3 压缩机的变频器应用	188
6.2 变频器在轻工业中的应用	192
6.2.1 变频器在食品行业中的应用	192
6.2.2 变频器在纺织行业中的应用	198
6.2.3 变频器在造纸行业中的应用	200
6.2.4 变频器在工业洗衣机中的应用	201
6.3 变频器在重工业方面的应用	204
6.3.1 变频器在机械加工设备上的应用	204
6.3.2 变频器在装卸、搬运方面的应用	212
6.3.3 变频器在钢铁生产线上的应用	218
6.4 变频器在民用方面的应用	220
6.4.1 变频器在电梯方面的应用	220
6.4.2 变频器在空调方面的应用	224
6.4.3 变频器在恒压供水方面的应用	228
第 7 章 变频器故障分析和诊断	231
7.1 变频器故障的行为率曲线	231
7.2 变频器故障诊断及处理	232
7.2.1 运用变频器的静态测试来判断故障点	232
7.2.2 变频器过电流故障	234
7.2.3 变频器过载故障	238
7.2.4 变频器过电压故障	241
7.2.5 变频器参数设置类故障	242
7.2.6 变频器欠电压故障	244
7.2.7 变频器过热故障	244
7.2.8 电动机运行不正常故障	245
7.2.9 异常故障	249
7.3 变频器的维护与保养	251
7.3.1 变频器通电前检查	251
7.3.2 变频器通电检查	251
7.3.3 日常检查	251
7.3.4 定期检查	253
7.3.5 零部件的更换	254
7.3.6 更换元器件的基本要求与变频器的保管	255
7.4 变频器的测量与试验	255
7.4.1 变频器的测量	255
7.4.2 变频器的维修测试	258
7.4.3 变频器试验	260
参考文献	263

第1章 概述

1.1 变频器的应用范围

随着科学技术的进步、大功率晶体管电子技术的迅速发展、大规模集成电路和微机技术的突飞猛进,交流电动机变频调速技术已日趋完善。变频调速器用于交流电动机(异步电动机或同步电动机)转速的调节,是交流电动机最理想、最有前途的调速方案,该系统具有较高的控制精度及较宽的调速范围,便于使用和维修以及易于实现自动控制及远程控制等性能。

除了具有卓越的调速性能之外,变频器还有显著的节能作用,是企业技术改造和产品更新换代的理想调速装置。自20世纪80年代被引进以来,变频器作为节能应用与速度控制中越来越重要的自动化设备,得到了快速发展和广泛的应用。在电力、纺织与化纤、建材、石油、化工、冶金、造纸、食品饮料、烟草等行业以及公用工程(中央空调、供水、水处理、电梯等)中,变频器都发挥着重要作用。表1-1中列出了变频器的主要应用领域。

表 1-1 使用变频器的目的和应用领域举例

序号	变频器传动的效能	应用领域	主要相关技术	适用变频器
1	节能	风扇、鼓风机、泵、提升机、挤压机、搅拌机、传送带、工业用洗衣机	为提高运行可靠性,台数控制和调速控制并用	通用变频器
2	提高生产率	提升机、起重机、机床、食品机械、挤压机和自动仓库中所需的传动	运行程序或加工工艺的最佳速度,原有设备的增速运行运转可靠性提高,防止滑落	通用变频器、专门用途的通用变频器
3	产品质量提高	风扇、鼓风机、泵、机床、食品机械、造纸机、薄膜生产线、钢板加工生产线、印制电路板基板钻孔机、高速刻纹机	平滑加减速,加工对象所需最佳速度选定高精度转矩控制、高精度定位停止、无转矩脉动、高速传动	通用变频器、系统用矢量控制式通用变频器、高速通用变频器
4	设备合理化 • 少维护 • 低成本 • 机械的标准化 • 机械的简单化 • 全自动化	搬送机械、金属加工机械、纤维机械、造纸生产线、薄膜生产线、钢板加工生产线	原有设备的增速运行、高精度转矩控制、多台电动机联动运行、多台电动机联动比例运行、提高运转可靠性传送控制	通用变频器、通用矢量控制变频器、系统用矢量控制变频器
5	改善或适应环境	空调机、风扇、鼓风机、压缩机、电梯	静音化、平滑加减速、使用防爆电动机、安全性等技术	通用变频器、专用型通用变频器

1.1.1 变频器与节能

在许多情况下,使用变频器的目的是节能,尤其是对于工业生产中大量使用的风
扇、鼓风机和泵类负载来说,通过变频器进行调速控制可以取代传统上利用挡板和阀门
进行的风量、流量和扬程的控制,节能效果非常明显,实践表明节约动力可达 70%
以上。

以风机为例,通常调节风量和压力的方法有控制输出或输入端的风门和控制旋转速
度两种。采用调速的方法节能的原理是基于风量、压力、转速、转矩之间的关系。根据
流体力学原理,风机的风量与转速的一次方成正比,压力与转速的二次方成正比,而轴
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,精确调速的节能效果非常可观。

另外,传送带、移动工作台等一类恒转矩负载的机械,如果能在可能的较低转速下
运行,也可以获得一定的节能效果。这是因为许多变动负载电动机一般按最大需求来生
产电动机的容量,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,可以使电动机进行高频度的启停运转,使传送带或移动工作台只
是在有货物或工件时运行,没有货物或工件时停止运行,这样可以大大提高轻载运行时的
工作效率。

作为节能目的,变频器还广泛应用于电力、冶金、石油、化工、中央空调、水处理
等行业中。以电力行业为例,电力投资将持续增长,同时,由于对电厂的成本控制提出
了要求,降低内部电耗成为电厂关注焦点,因此,变频器在电力行业有着巨大的发展潜
力,尤其是高压变频器和大功率变频器。

1.1.2 变频器与工艺控制(速度控制)

目前,中国的设备控制水平与发达国家相比还比较低,制造工艺和效率都不高。
但随着中国加入 WTO,产品质量和生产效率都要面临国际竞争,因此提高设备控制
水平至关重要。由于变频调速具有调速范围广、调速精度高、动态响应好等优点,
在许多需要精确速度控制的应用中,变频器正发挥着提升工艺质量和生产效率的显
著作用。

以纺织行业为例,中国具有世界最大的纺织产品生产能力,市场范围遍及全球,产
业规模庞大。纺织与化纤行业也是变频器应用最多、使用密度最高的行业。在最常见
的化纤机械设备中,选用变频器的设备有螺杆挤出机、纺丝机和后加工机等,选用变频器
较多的棉纺设备主要有细纱机、粗纱机、精梳机等。这些设备都要求精确速度控制、多
单元同步传动或比例同步(牵伸)传动等,应用变频器可以提高工艺要求、提升产品质
量,同时减轻人工的劳动强度,提高生产效率,可以说变频器是纺织行业增强国际竞争
能力的重要装备。

此外,在食品、饮料、包装、造纸、机床、电梯等行业,国内的企业需要扩大生产
规模,提高生产技术,变频器的应用前景和发展潜力都不可小觑。

1.1.3 变频家电

除了工业相关行业,在普通家庭中,节约电费、提高家电性能、保护环境等受到越来越多的关注,变频家电成为变频器的另一个广阔市场和应用趋势。带有变频控制的冰箱、洗衣机、家用空调等,在节电、减小电压冲击、降低噪声、提高控制精度等方面有很大的优势。目前,中国是世界上最主要的家电供应国,但家电采用变频器的比例很低,而在日本,90%以上的家电是变频控制。据调查,2003年中国的变频家电同比增长超过200%,但体现在市场中的变频家电并不多见,因此,变频家电具有非常好的发展潜力。

1.2 变频器的分类

1.2.1 按照主电路工作方式分类

当按照主电路工作方式进行分类时,变频器可以分为电压型变频器和电流型变频器。电压型变频器的特点是将直流电压源转换为交流电源,而电流型变频器的特点则是将直流电流源转换为交流电源。

(1) 电压型变频器

在电压型变频器中,由整流电路或者斩波电路产生逆变电路所需要的直流电压,并通过直流中间电路的电容进行平滑后输出,使加在负载上的电压值不受负载变动的影响,基本保持恒定,其主电路如图1-1所示。整流电路和直流中间电路相当于直流电压源的作用,因而称为电压型变频器,而电压源输出的直流电压在逆变电路中再被转换为所需频率的交流电压。

电压型变频器中,由于有能量回馈给直流中间电路的电容,并使直流电压上升,所以还需要有专用的放电电路,以防止换流器件因电压过高而被破坏。



图 1-1 电压型变频器主电路

由于电压型变频器是作为电压源向交流电动机提供电功率,因此其主要优点是运行几乎不受负载功率因数或换流的影响;缺点是当负载出现短路或负载波动时容易出现过流,需要有专用的放电电路,以防止换流器件因电压过高而被破坏。

电压型变频器又有许多不同类型，详见表 1-2。

表 1-2 电压型变频器的分类

分类方法	分 类
换流方法	半控式元件、全控式元件
频率控制方式	自控、他控
输出电压控制	脉幅调制(PAM)、脉宽调制(PWM)、PAM+PWM
输出电压波形	矩形波、模拟正弦波、多重式
换流相数	分时换流、同时换流
使用器件	晶闸管、GTO、大功率晶体管、功率场效应管
输出相数	单相、三相、多相

(2) 电流型变频器

电流型变频器中，整流电路输出的直流电流通过中间电路的大容量电感进行平滑后输出，其主电路如图 1-2 所示，使负载上的电流值基本保持稳定不变。整流电路和直流中间电路相当于电流源的作用，因而称为电流型变频器，而电流源输出的直流电流在逆变电路中被转换为所需频率的交流电流，并被分配给各输出相后作为交流电源提供给电动机。在电流型变频器中，电动机定子电压的控制是通过检测电压后对电流进行控制而实现的。

对于电流型变频器来说，在电动机进行制动的过程中可以通过将直流中间电路的电压反向的方式使整流电路变为逆变电路，并将负载的能量回馈给电源。因此，电流型变频器的最大特点是容易实现回馈制动，从而便于四象限运行，适用于需要接制动和经常正反转的机械。

由于在采用电流控制方式时可以将能量回馈给电源，而且在出现负载短路等情况时也更容易处理，因此，电流型控制方式更适合于大容量变频器。

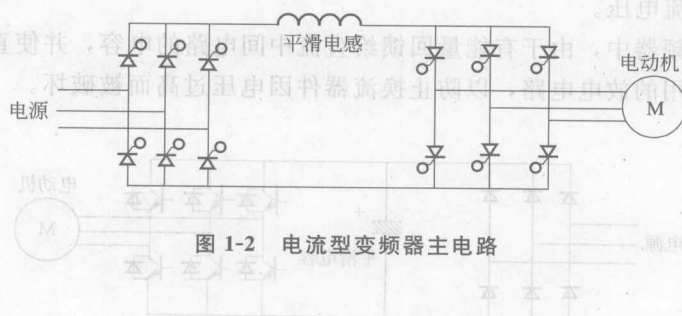


图 1-2 电流型变频器主电路

1.2.2 按照开关方式分类

变频器的开关方式通常是指变频器逆变电路的开关方式。按照逆变电路的开关方式对变频器进行分类时，变频器可以分为 PAM 控制方式、PWM 控制方式和高载频 PWM 控制方式三种。

(1) PAM 控制

PAM 控制是 Pulse Amplitude Modulation (脉冲振幅调制) 控制的简称, 是一种在整流电路部分对输出电压 (电流) 的幅值进行控制, 而在逆变电路部分对输出频率进行控制的控制方式。图 1-3 给出了电压型 PAM 控制变频器的基本结构。因为在 PAM 控制的变频器中逆变电路换流器件的开关频率即为变频器的输出频率, 所以这是一种同步调速方式。

由于逆变电路换流器件的开关频率 (以下简称载波频率) 较低, 使用 PAM 控制方式的变频器进行调速驱动时具有电动机运转噪声小、效率高等特点。但是, 由于这种控制方式必须同时对整流电路和逆变电路进行控制, 控制电路比较复杂。此外, 这种控制方式还具有当电动机进行低速运转时波动较大的缺点。

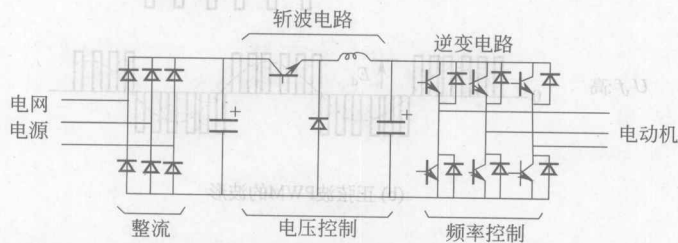


图 1-3 电压型 PAM 控制变频器的基本结构

(2) PWM 控制

PWM 控制是 Pulse Width Modulation (脉冲宽度调制) 控制的简称, 是指逆变电路部分同时对输出电压 (电流) 的幅值和频率进行控制的控制方式。在这种控制方式中, 以较高频率对逆变电路的半导体开关元器件进行开闭, 并通过改变输出脉冲的宽度来达到控制电压 (电流) 的目的。

为了使异步电动机在进行调速运转时能够更加平滑, 目前在变频器中多采用正弦波 PWM 控制方式。所谓正弦波 PWM 控制方式指的是通过改变 PWM 输出的脉冲宽度, 使输出电压的平均值接近于正弦波。这种控制方式也称为 SPWM 控制。

采用 PWM 控制方式的变频器具有可以减少高次谐波带来的各种不良影响, 转矩波动小, 而且控制电路简单, 成本低等特点, 是目前在变频器中采用最多的一种逆变电路控制方式。但是该方式也具有当载波频率不合适时会产生较大的电动机运转噪声的缺点。为了克服这个缺点, 在采用 PWM 控制方式的新型变频器中都具有一个可以改变变频器载波频率的功能, 以便使用户可以根据实际需要改变变频器的载波频率, 从而达到降低电动机运转噪声的目的。

图 1-4 给出了电压型 PWM 控制变频器的基本结构以及正弦波 PWM 的波形示意图。

(3) 高载频 PWM 控制

这种控制方式原理上实际是对 PWM 控制方式的改进, 是为了降低电动机运转噪声而采用的一种控制方式。在这种控制方式中, 载频被提高到人耳可以听到的频率 (10~20kHz) 以上, 从而达到降低电动机噪声的目的。这种控制方式主要用于低噪声型的变

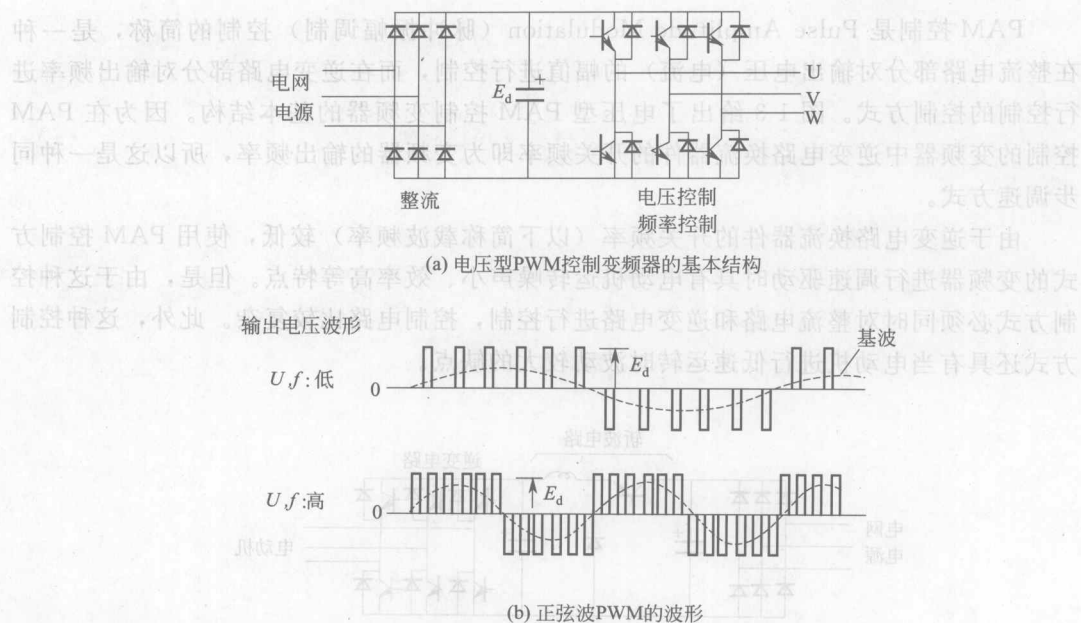


图 1-4 电压型 PWM 控制变频器的基本结构以及正弦波 PWM 的波形

频器，也是今后变频器的发展方向。由于这种控制方式对换流器件的开关速度有较高的要求，所以换流器件只能使用具有较高开关速度的 IGBT 或 MOSFET 等半导体元器件。

PWM 控制和高载频 PWM 控制都属于异步调速方式，即变频器的输出频率不等于逆变电路换流器件的开关频率。

1.2.3 按照工作原理分类

按照工作原理对变频器进行分类，可以分为 U/f 控制方式、转差频率控制方式和矢量控制方式三种。

(1) U/f 控制变频器

U/f 控制是一种比较简单的控制方式。它的基本特点是对变频器输出的电压和频率同时进行控制，通过使 U/f （电压和频率的比）的值保持一定而得到所需的转矩特性。采用 U/f 控制方式的变频器控制电路成本较低，多用于对精度要求不太高的通用变频器。

(2) 转差频率控制变频器

转差频率控制方式是对 U/f 控制的一种改进。在采用这种控制方式的变频器中，电动机的实际速度由安装在电动机上的速度传感器和变频器控制电路得到；而变频器的输出频率则由电动机的实际转速对应的电源频率与所需转差频率共同调节，从而达到在进行调速控制的同时控制电动机输出转矩的目的。

转差频率控制是利用了速度传感器的速度闭环控制，并可以在一定程度上对输出转矩进行控制，所以和 U/f 控制方式相比，在负载发生较大变化时仍能达到较高的速度精度和具有较好的转矩特性。但是，由于采用这种控制方式时需要在电动机上安装速度传感器，并需要根据电动机的特性调节转差，通常多用于厂家指定的专用电动机，通用性较差。

(3) 矢量控制变频器

矢量控制是 20 世纪 70 年代由前西德 Blaschke 等人首先提出来的对交流电动机的一种新的控制思想和控制技术，也是交流电动机的一种理想的调速方法。矢量控制的基本思想是将异步电动机的定子电流分为产生磁场的电流分量（励磁电流）和与其相垂直的产生转矩的电流分量（转矩电流）并分别加以控制。由于在这种控制方式中必须同时控制异步电动机定子电流的幅值和相位，即控制定子电流矢量，因此这种控制方式称为矢量控制方式。

矢量控制方式使对异步电动机进行高性能的控制成为可能。采用矢量控制方式的交流调速系统不仅在调速范围上可以与直流电动机相匹敌，而且可以直接控制异步电动机产生的转矩。所以已经在许多需要进行精密控制的领域得到了应用。

由于在进行矢量控制时需要准确地掌握对象电动机的有关参数，这种控制方式过去主要用于厂家指定的变频器专用电动机的控制。但是，随着变频调速理论和技术的发展以及现代控制理论在变频器中的成功应用，目前在新型矢量控制变频器中已经增加了自调整（auto-tuning）功能。带有这种功能的变频器在驱动异步电动机进行正常运转之前可以自动地对电动机的参数进行辨识并根据辨识结果调整控制算法中的有关参数，从而使得对普通的异步电动机进行有效的矢量控制也成为可能。

1.2.4 按照用途分类

按照用途对变频器进行分类时变频器可以分为以下几种类型。

(1) 通用变频器

顾名思义，通用变频器的特点是其通用性。这里通用性指的是通用变频器可以对普通的异步电动机进行调速控制。随着变频器技术的发展和市场需要的不断扩大，通用变频器也在朝着两个方向发展：低成本的简易型通用变频器和高性能多功能的通用变频器。这两类变频器分别具有以下特点。

简易型通用变频器是一种以节能为主要目的而削减了一些系统功能的通用变频器。它主要应用于水泵、风扇、鼓风机等对于系统的调速性能要求不高的场所，并具有体积小、价格低等方面的优势。

高性能多功能通用变频器在设计过程中充分考虑了在变频器应用中可能出现的各种需要，并为满足这些需要在系统软件和硬件方面都做了相应的准备。在使用时，用户可以根据负载特性选择算法并对变频器的各种参数进行设定，也可以根据系统的需要选择厂家所提供的各种选件来满足系统的特殊需要。高性能多功能变频器除了可以应用于简易型变频器的所有应用领域之外，还广泛应用于传送带、升降装置以及各种机床、电动车辆等对调速系统的性能和功能有较高要求的许多场合。

过去,通用型变频器基本上采用的是电路结构比较简单的 U/f 控制方式,与采用转矩矢量控制方式的高性能变频器相比,在转矩控制性能方面要差一些。但是,随着变频器技术的发展和变频器参数自调整的实用化,目前一些厂家已经推出了采用矢量控制方式的高性能多功能通用变频器,以适应竞争日趋激烈的变频器市场的需要。这种高性能多功能通用变频器在性能上已经接近过去的高性能矢量控制变频器,但在价格方面却与过去采用 U/f 控制方式的通用变频器基本持平。因此,可以相信,随着电力电子技术和计算机技术的发展,今后变频器的性价比将会不断提高。

(2) 高性能专用变频器

随着控制理论、交流调速理论和电力电子技术的发展,异步电动机的矢量控制方式得到了充分的重视和发展,采用矢量控制方式高性能变频器和变频器专用电动机所组成的调速系统在性能上已经达到和超过了直流伺服系统。此外,由于异步电动机还具有对环境适应性强、维护简单等许多直流伺服电动机所不具备的优点,在许多需要进行高速高精度控制的应用中这种高性能交流调速系统正在逐步替代直流伺服系统。

同通用变频器相比,高性能专用变频器基本上采用了矢量控制方式,而驱动对象通常是变频器厂家指定的专用电动机,并且主要应用于对电动机的控制性能要求较高的系统。此外,高性能专用变频器往往是为了满足某些特定产业或区域的需要,使变频器在该区域中具有最好的性能价格比而设计生产的。

(3) 高频变频器

在超精密加工和高性能机械区域中常常要用到高速电动机。为了满足这些高速电动机驱动的需要,出现了采用 PAM 控制方式的高速电动机驱动用变频器。这类变频器的输出频率可以达到 3kHz,所以在驱动两极异步电动机时电动机的最高转速可以达到 18000r/min。

(4) 单相变频器和三相变频器

交流电动机可以分为单相交流电动机和三相交流电动机两种类型,与此相对应,变频器也分为单相变频器和三相变频器。二者的工作原理相同,但电路的结构不同。

由于单相电动机和三相电动机的有功功率 P 与电压的有效值 U 、电流的有效值 I 以及功率因数 $\cos\varphi$ 之间满足如下关系:

单相: $P=UI\cos\varphi$

三相: $P=\sqrt{3}UI\cos\varphi$

因此,为了得到相同的驱动转矩(即有功功率),采用三相变频器时的驱动电流只是单相变频器驱动电流的 1/3。

第2章 变频器的结构及工作原理

2.1 变频器的基本结构

近几十年来,随着半导体技术和微处理器的发展,变频器在结构和功能上发生了很大变化,但是变频器的基本原理并没有改变。变频器可以分为四个主要部分:整流电路、直流中间电路、逆变电路和控制电路部分。其简化结构框图如图 2-1 所示。

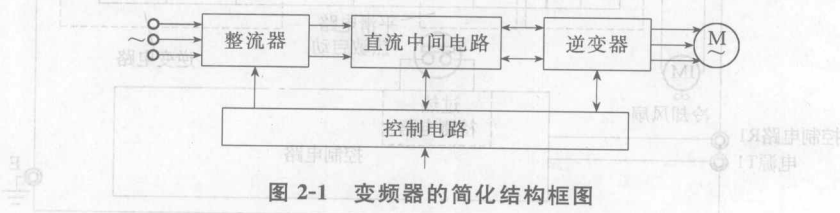


图 2-1 变频器的简化结构框图

(1) 整流电路

一般的三相变频器的整流电路由三相全波整流桥组成。它的主要作用是对工频的外部电源进行整流,产生脉动的直流电压,给逆变电路和控制电路提供所需要的直流电源。整流电路有两种基本类型:可控的和不可控的。

(2) 直流中间电路

直流中间电路的作用是对整流电路的输出进行平滑,以保证逆变电路和控制电源能够得到质量较高的直流电源。对电压型变频器来说,整流电路的输出为直流电压,直流中间电路则通过大容量的电容对输出电压进行平滑;而对电流型变频器来说,整流电路的输出为直流电流,直流中间电路则通过大容量电感对输出电流进行平滑。

(3) 逆变电路

逆变电路是变频器最主要的部分之一。它的主要作用是将直流中间电路输出的直流电压源转换为频率和电压都可调的交流电源。逆变电路的输出就是变频器的输出,它被用来实现对异步电动机的调速控制。

(4) 控制电路

控制电路是整个系统的核心电路,包括主控制电路、信号检测电路、门极(基极)驱动电路、外部接口电路以及保护电路等几个部分。控制电路的优劣决定了变频器性能的优劣。控制电路的主要作用是将检测电路得到的各种信号送至运算电路,使运算电路能够根据要求为变频器主电路提供必要的门极(基极)驱动信号,并对变频器以及异步