

导体和电气设备选型指南丛书

变频器

中国工程建设标准化协会电气专委会

组编

导体和电气设备选择分委员会

周建 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

导体和电气设备选型指南丛书

变频器

中国工程建设标准化协会电气专委会

组编

导体和电气设备选择分委员会

周 建 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《导体和电气设备选型指南丛书》是由中国工程建设标准化协会电气专委会导体和电气设备选择分委员会组织编写的一套针对导体和电气设备选型的技术丛书,共13分册,本分册为《变频器》。

本书是关于变频器选择和应用的一本实用工程技术书。全书共分10章,分别为概述、变频器相关标准、变频器分类、负载分类、变频器容量的选择、控制方式选择、高压变频器主拓扑选择、谐波干扰处理、变频电动机及变频电缆、实例。主要内容包括变频器及负载分类与分析;变频器容量、控制方式以及拓扑分析与选择;并就应用过程中遇到的谐波干扰问题进行了详细分析并介绍了相关的抑制措施;同时还介绍了变频电动机及变频电缆的相关知识;最后给出了详细的实例,实例内容主要涉及发电厂各种应用变频器的场合等。

本书可供从事变频器设计、制造、安装、运行和试验等相关专业的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

变频器/周建主编;中国工程建设标准化协会电气专委会,导体和电气设备选择分委员会组编. —北京:中国电力出版社,2013.10

(导体和电气设备选型指南丛书)

ISBN 978-7-5123-5053-3

I. ①变… II. ①周… ②中… ③导… III. ①变频器 IV. ①TN773

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第240486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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013年10月第一版 2013年10月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 7.5印张 127千字

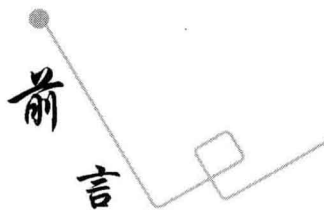
印数0001—3000册 定价30.00元

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



我国的电力行业随着经济快速增长而高速发展，到 2012 年年底，全国发电机装机容量已突破 11 亿 kW，跃居世界第一。火、水、风、光、核等多样能源犹如百花争艳。国家电网的交流输电电压达到了 750kV、1000kV，直流输电电压达到了 800kV，智能电网的建设方兴未艾。电工装备制造业日新月异。自主创新，促进电力技术发展到了崭新的阶段。

为了顺应这样的大好形势，也为了总结、梳理、深化和推介导体和设备选型经验，提高设计水平和质量，中国工程建设标准化协会电气专委会导体和电气设备选择分委员决定邀请国内院校、科研、设计、制造等单位的业内专家，联合编撰一套导体和电气设备选型指南丛书，供读者使用。

本套丛书包括电动机、变压器、互感器、电抗器、开关设备、成套设备、电容补偿设备、变频及启动设备、中性点设备、过电压保护设备、绝缘设备、导体、电缆等 13 个分册。祈望这套丛书能够编撰成：①教科书的延伸；②规程规范的诠释；③设计人员的工具；④招投标的助手；⑤制造厂商的参谋。

本书为《变频器》分册，全面介绍了变频器原理、选择方法和应用实例。从实际应用角度介绍和分析了变频器的容量、拓扑结构以及控制方式的选择方法，并就不同类型的变频器特点、负载特性以及二者的相互关系，结合应用场合给出了选型原则和选型方法，供电气设计人员、运行人员参考使用，以达到正确选择和使用变频器的目的。鉴于变频器在发电厂中的广泛应用，本书以实例的形式给出了发电厂主要辅机设备的变频器应用案例，从容量选择、拓扑选择、控制方式选择以及各种现场问题的处理措施等方面给予了详细介绍。

编撰这套丛书是中国工程建设标准化协会电气专委会导体和电气设备选择分委员会应尽的社会责任，在这里，要特别感谢标委会全体委员们的共同努力，感谢国际铜业协会的鼎力支持。由于编写时间仓促，书中难免有疏漏之处，衷心希望广大读者对本套丛书提出宝贵意见。

中国工程建设标准化协会电气专委会
导体和电气设备选择分委员会
2013 年 9 月 北京

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 调速技术发展概述	1
1.2 基本原理及特点	4
1.3 应用领域	5
第2章 变频器相关标准	7
第3章 变频器分类	9
3.1 按有无直流环节分类	9
3.2 按调制方式分类	10
3.3 按逆变器控制方式分类	12
3.4 按有无中间低压回路分类	14
3.5 按钳位方式分类	16
第4章 负载分类	17
4.1 恒转矩负载及其特性	17
4.2 恒功率负载及其特性	18
4.3 二次方律负载（风机泵类负载）及其特性	19
4.4 其他性质的负载	20
第5章 变频器容量的选择	23
5.1 变频器容量的确定	23
5.2 变频器起动加速能力的校验	26
第6章 控制方式选择	28
6.1 一般性能要求	28
6.2 控制方式及其适用场合	30
第7章 高压变频器主拓扑选择	49
7.1 高低高变频器原理	49
7.2 交—交变频器（CYCLO）	51
7.3 负载换向式（晶闸管）变频器（LCI）	52
7.4 单元串联多电平变频器	54

7.5	中性点钳位 (NPC) 三电平 PWM 电压源型变频器	57
7.6	多相整流输入、功率单元输出 H 桥三电平电压源型变频器	60
7.7	二电平电流源型 CSI 变频器	66
第 8 章	谐波干扰处理	68
8.1	变频器谐波的产生	68
8.2	基于供电电源的变频器谐波抑制措施	70
8.3	基于变频器的谐波干扰抑制措施	70
8.4	变频器控制电缆干扰抑制措施	74
8.5	抑制干扰的实例	75
第 9 章	变频电动机及变频电缆	78
9.1	变频电动机	78
9.2	变频电缆	81
第 10 章	实例	84
10.1	空冷风机变频	84
10.2	凝结水泵变频	88
10.3	引风机变频	91
10.4	一次风机变频	96
10.5	增压风机变频	100
10.6	疏水泵变频	102
10.7	给水泵变频	103
10.8	其他需要说明的问题	103
参考文献		110

第 1 章

概 述

1.1 调速技术发展概述

1.1.1 直流调速

在工矿企业中,电动机是应用面最广、数量最多的电气设备之一,而且电动机的运动及控制与企业的产品质量和效益密切相关。

过去电动机调速多采用直流调速系统,其优点是调速易于实现,且性能好,但是缺点颇多:

(1) 直流电动机结构复杂,成本高,故障多,维护困难,且不适于恶劣的工作环境(如易燃、易爆及粉尘多的场合),经常因火花大而影响生产。

(2) 换向器的换向能力限制了电动机的容量和速度。直流电动机的极限容量和速度之积约为 $106\text{kW} \cdot \text{r}/\text{min}$,因此大型机械的电动机设计制造困难,一般单机容量只能做到 $12\sim 15\text{MW}$ 。

(3) 为改善换向能力,要求电枢漏感小,转子短粗,导致电动机和负载机械的飞轮力矩增大,影响系统动态性能。在动态性能要求高的场合,不得不采用双电枢或三电枢,带来造价高、占地面积大、易共振等一系列问题。

(4) 直流电动机除励磁外,全部输入功率都通过换向器流入电枢,电动机效率低,由于转子散热条件差,冷却费用高。

1.1.2 交流调速

交流电动机虽没有上述缺点,但调速困难。近年来,随着电子技术的发展,交流调速的性能已经达到直流传动的水平,装置成本降低到相当或略低于直流传动的程度,而且维修费用及能耗大大降低,可靠性高,因而出现了以交流传动取代直流传动的强烈趋势。采用交流调速的优点是:

(1) 减少维修工作量,减少停机时间,提高产量。一般维修量约是直流传动的 $1/4$ 。

(2) 减小电动机的转动惯量。

(3) 节能。

(4) 由于交流电动机结构简单,体积小,可形成机电一体化产品。

交流电动机分为同步电动机和异步电动机,均可使用变频调速器,这两种电动机各有特点:

与异步电动机相比同步电动机直接投入电网运行时,存在失步与起动困难两大问题,曾制约着同步电动机变频调速的发展,使得异步电动机本身及变频调速的应用比同步电动机更为广泛。

异步电动机的主要调速方式分为变极对数、变转差率及变频调速三种。

变极对数调速的基本原理是:由 $n_1 = 60f_1/p$ 可知,在频率一定时,改变旋转磁场的转速与电动机定子的极对数即可改变同步转速 n_1 ,从而达到调速的目的。

如果用改变定子极对数的办法来调速则需在电动机运行时改变定子线圈的接法,或在定子绕上独立的2套或3套不同极对数的线圈,这样势必增加电动机的成本,体积和重量,因为电动机的极对数必须是整数,即 $p=1, 2, 3, \dots$,因此这种调速方法只能是跳跃式的有级调速,例如: $p=1(n_1=3000)$, $p=2(n_2=1500)$, $p=3(n_3=1000)$,此种方法是用改变电动机定子绕组接线方式实现调速的,通常得到的是二级,即调速比为 $2:1$,叫做双速电动机,还有三速、四速电动机,由于设计和制造原因,目前只能做到四速。

变转差率调速又包括转子串电阻调速、定子电压调压调速、电磁转差离合器调速和串级调速四种,然而:①转子串电阻调速速度越低,损耗越大,对于大容量的绕线转子异步电动机,若要求长期低速下运行,不宜采用此种调速方法;②定子电压调压调速的电动机损耗与转差率成正比,低速时损耗严重,效率很低,降低了电动机的容量运行;③电磁转差离合器调速,低速运行时损耗大,效率低,对要求调速范围较大,不适宜长期运行在低速的设备中,由于机电时间常数大,系统的转动惯量约为一般异步电动机的两倍,不宜用于要求响应快的场合;④串级调速虽然效率较高,但功率因数较低。

异步电动机的变频调速是通过改变定子供电频率来改变同步转速而实现调速的,在调速中从高速到低速都可以保持较小的转差率,效率很高,因而变频调速是异步电动机的一种非常合理的调速方法。随着电力电子技术和微处理器技术的

不断发展,现在已经能够提供一种性能高、可靠、稳定的变频电源装置,与结构简单的异步电动机组成调速系统,在调速性能上已能和直流电动机调速系统相媲美。因此,目前异步电动机的变频调速越来越受到人们的注意,已经在很多领域得到了应用。

异步电动机采用变频调速,还有下列优点:

(1) 较高的效率和功率因数。

由于异步电动机在调速过程中总是运行在很小的转差率情况下,所以损耗小,效率较高。同时,由电动机学可知,转差率很小时,转子的等效电阻很大,此时转子回路基本上是电阻性的,因而功率因数 $\cos\varphi$ 亦高。

(2) 调速范围宽。

频率 f_1 可以在低于和高于工频电源频率的范围内调节,低频率从几赫兹开始,高频则可达几百赫兹,因而具有宽的调速范围。

(3) 调速精度高。

由于采用微计算机控制,变频调速系统开环运行时已有相当的精度,若采用速度闭环控制,则可得到很高的调速精度。

因此从调速性能来说,变频调速是交流调速系统中比较理想的调速方法,是目前一种主流的调速方式,并将获得广泛的应用。

1.1.3 变频技术

变频技术是建立在电力电子技术基础之上的。在低压交流电动机的传动控制中,应用最多的功率器件有 GTO (Gate Turn-Off Thyristor), GTR (Giant Transistor), IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor) 及智能模块 IPM (Intelligent Power Module), 集 GTR 的低饱和电压特性和 MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) 的高频开关特性于一体的后两种器件是目前变频器中广泛使用的主流功率器件。采用沟槽型栅极技术、非穿通技术等分法大幅度降低集电极—发射极之间饱和电压,使变频器的性能有了很大的提高。20 世纪 90 年代末还出现了一种新型半导体开关器件——集成门极换流晶间管 IGCT (Integrated Gate Commutated Thyristor), 该器件是 GTO 和 IGBT 取长补短的结果。总之,电力电子器件正朝着发热减少、高载波控制、开关频率提高、驱动功率减小的方向发展。

IPM 的投入应用比 IGBT 约晚 2 年,由于 IPM 包含了 IGBT 芯片及外围的驱动和保护电路,甚至有的把光耦也集成与一体,因此是一种更为好用的集成型功率器件。

1.2 基本原理及特点

交流异步电动机和同步电动机的转速表达式分别为

$$n = 60f(1-s)/p, n = 60f/p \quad (1-1)$$

式中 n ——电动机的转速；

f ——电动机的频率；

s ——电动机转差率；

p ——电动机极对数。

由式(1-1)可知,转速 n 与频率 f 成正比,只要改变频率 f 即可改变电动机的转速,极大地拓宽了电动机转速调节范围。变频器就是通过改变电动机电源频率实现速度调节的,是一种理想的高效率、高性能的调速手段。

变频器一般由整流器、滤波器、驱动电路、保护电路以及控制器等部分组成,如图1-1所示,其中控制电路完成对主电路的控制,整流电路将交流电转换成直流电,直流中间电路对整流电路的输出进行平滑滤波,逆变电路将直流电再逆变成交流电。对于如矢量控制变频器这种需要大量运算的变频器来说,有时还需要一个进行转矩计算的CPU以及一些相应的电路。

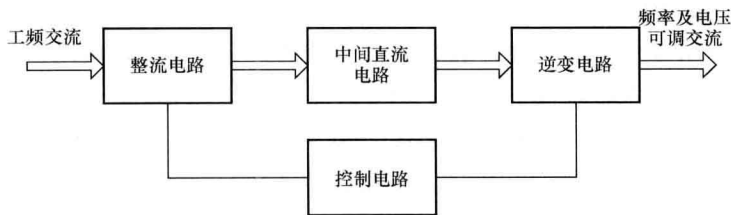


图 1-1 变频器基本结构

其中,整流电路的主要作用是对电网的交流电源进行整流后给逆变电路和控制电路提供直流电源。根据所用整流元器件的不同,整流电路也有多种形式;直流中间电路的作用是为了保证逆变电路和控制电源能够得到较高质量的直流电流或电压,对整流电路的输出进行平滑滤波,以减少电压或电流的波动;逆变电路主要作用是在控制电路的控制下将直流中间电路输出的直流电压或电流转换为具有所需频率的交流电压或电流。逆变电路的输出即为变频器的输出,它被用来实现对异步电动机的调速控制。另外还有制动电路,其作用主要是为了满足电动机制动的需要并有效地利用来自负载的回馈能量,以及其他辅助电路。

1.3 应 用 领 域

所有的生产机械、运输机械在传动时都需要调速。首先,机械起动时,根据不同的要求需要不同的起动时间,这样就要求有不同的起动速度相配合;其次,机械在停止时,由于转动惯量的不等,所以自由停车时间也各不相同,为了达到人们所需求的停车时间,就必须在停车时采取一些调速措施,以满足对停车时间的要求;第三,机械在运行当中,根据不同的情况也要求进行调速,例如,风机、泵类机械为了节能,要根据负载轻重进行调速;机床加工,要根据工件精度的不同进行调速;电梯为了提高舒适度也需要进行调速;生产过程为了提高控制要求,必须进行闭环速度控制等。总结近年来变频器在各个行业的应用情况,如表 1-1 所示。

表 1-1 变频器应用行业概况一览表

行 业	应 用 领 域
发电厂	锅炉送风机、引风机、锅炉给水泵、排粉风机、循环水泵、低压疏水泵、凝结水泵水位控制、冷却塔用给水泵、灰浆(渣)泵、给煤(粉)机等
钢铁行业	轧机辊道、转炉、圆盘给料机、振动给料机、拉丝机、风机、水泵、卸车机、软水供水等
有色冶金行业	除风机、水泵外,转炉、球磨机、泥浆泵、给料(矿)自控系统等
油田行业	脱水泵、潜油电泵,输油的输油泵,输气管道中的风机、压缩机等
炼油行业	各类泵、供水、搅拌装置和锅炉引风机、送风机、输煤、送水以及污水处理等
化工塑胶行业	除风机、水泵外,各工艺生产线(抽丝、纺丝、切片、造粒、烘干等生产工艺),各类搅拌机、挤压机、挤出机、注塑机、卷取辅机等
纺织行业	除风机、水泵外,精纺机、整经机、经编机等
医药行业	除风机、水泵外,搅拌机、翻动机、离心机等
造纸行业	造纸机流水线主频调速、造纸机分布传动自动控制
卷烟行业	卷烟机
水工业	污水泵站、一般泵站、单台水泵控制、多台水泵循环控制、恒压供水、深水井恒压供水、软化水恒压供水、污水曝气、滤池反冲
起重搬运设备	民用电梯、卷扬机、桥式起重机等

续表

行 业	应 用 领 域
锅炉及辅助设备	锅炉鼓风机、空调冷却塔风机（单台）节能控制、空调冷却塔风机（多台）节能控制、锅炉水箱高、低液位及恒压供水控制（器）、锅炉回水温度节能控制、锅炉水箱补水控制（软启动器）
机床行业	数控机床主轴传动、立式车床主轴传动、自动车床主轴传动、旋转平面磨床主轴传动、万能车床主轴传动、整型机传动
建材行业	回转炉主传动器、熟料回转窑拖动、水泥窑尾料浆喂料、鼓风机调速、水泥熟料破碎机能量回馈装置
矿业	矿用提升机传动、传送带、主扇风机改造、通风风机改用驱动、主排水泵改造
交通行业	机车辅助供电（风机、压缩机、泵类）器控制、地铁车站低压电动机环境控制
民用设备	高层建筑、小区居民楼一次、水箱二次供水、恒压供水、消防应急供水系统、消防生活供水、喷泉、中央空调（HVAC）节能（送风调节、冷却水泵调节等）、音乐喷泉设备、家用洗衣机、农业灌溉、制糖分离机、食品机械驱动、医学治疗仪
印刷包装	胶印机滚筒和送纸装置变速控制、旋转印刷机、丝网印刷机、灌装机、油墨配料、软包装机械——缠膜机、喷涂生产线的吸排气、干式复合机中心卷取

第 2 章

变频器相关标准

GB 755—2008 旋转电机 定额和性能；

GB 18613—2012 中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级；

GB/T 3859.1—1993 半导体变流器基本要求的规定；

GB/T 3859.2—1993 半导体变流器应用导则；

GB/T 3859.3—1993 半导体变流器变压器和电抗器；

GB/T 3859.4—2004 半导体变流器 包括直接直流变流器的半导体自换相变流器；

GB/T 5171—2002 小功率电动机通用技术条件；

GB/T 10233—2005 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法；

GB/T 12326—2008 电能质量 电压波动和闪变；

GB/T 12497—2006 三相异步电动机经济运行三相异步电动机经济运行；

GB/T 12668.1—2002 调速电气传动系统 第1部分：一般要求 低压直流调速电气传动系统额定值的规定；

GB/T 12668.2—2002 调速电气传动系统 第2部分：一般要求 低压交流变频电气传动系统额定值的规定；

GB/T 12668.3—2003 调速电气传动系统 第3部分：产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法；

GB/T 12668.4—2004 调速电气传动系统 第4部分：一般要求 交流电压1000V以上但不超过35kV的交流调速电气传动系统额定值的规定；

GB/T 13422—1993 半导体电力变流器电气试验方法；

GB/T 13957—2008 大型三相异步电动机基本系列技术条件；

GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波；

GB/T 17626 系列标准 电磁兼容 试验和测量技术；

GB/T 20137—2006 三相笼型异步电动机损耗和效率的确定方法；

GB/T 20161—2008 变频器供电的笼型感应电动机应用导则；

GB/T 21209—2007 变频器供电笼型感应电动机设计和性能导则；

DL/T 994—2006 火电厂风机水泵用高压变频器；

JB/T 10315.2—2002 YKK、YKK—W 系列高压三相异步电动机 技术条件（机座号 355～630）；

JB/T 10391—2008 Y 系列（IP44）三相异步电动机 技术条件（机座号 80～355）；

JB/T 10444—2004 Y2 系列高压三相异步电动机 技术条件（机座号 355～560）；

GJB 1552—1992 舰用中、小容量静止变频器通用规范；

IEC 1000-4 EMC 抗干扰标准；

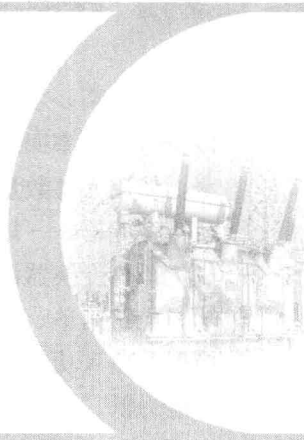
IEC 1800-3 EMC 传导及辐射干扰标准；

IEEE 519—1992 电力系统谐波控制规程和要求；

IEEE 519—ERTA 2004 电力系统谐波控制规程和要求。

第 3 章

变频器分类



在实际应用中,由于低压变频器具有基本统一的拓扑结构,而高压变频器则因实现高压的方式不同而出现多种主拓扑结构。如果按照电压等级划分,低压变频器主要是指 380V,而高(中)压变频器通常指驱动电压等级在 1kV 以上交流电动机的中、大容量变频器,我国主要为 6kV 和 10kV 等级。

另外,还有 690V 低压变频器,我国是自 1990 年能源部颁发《关于推广采用 660V 电压供电的通知》之后,660/690V 电气设备才出现增多趋势,且主要集中在矿山行业。因此 690V 变频器也主要应用于矿井中带式输送机、刮板运输机、给煤机、风机、水泵机油泵、油田潜油电泵等。与 380V 变频器相比,其结构原理与 380V 变频器基本一致,并无本质区别。

就分类而言,变频器的分类标准不一,种类也较为繁多。如,可按照有无直流环节分类,也可按中间直流的性质分类,还可以按照调制方式分类,亦可按照控制方式分类。而就主拓扑而言,低压变频器结构统一,无需分类,而高压变频器则可分为高高变频器和高低高变频器;按输出电平数,可分为两电平、三电平、多电平等变频器;按照钳位方式,可分为二极管钳位型和电容钳位型变频器等。

3.1 按有无直流环节分类

按照有无直流环节可分为交交变频和交直交变频。

3.1.1 交交变频器

因没有中间直流环节而得名。采用晶闸管自然换流方式,工作稳定,可靠。交交变频的最高输出频率是电网频率的 $1/3 \sim 1/2$,在大功率低频范围有较大优

势。效率高,主回路简单,不含直流电路及滤波部分,与电源之间无功功率处理以及有功功率回馈容易。但功率因数低,高次谐波多,输出频率低,变化范围窄,使用元件数量多使之应用受到了一定的限制。另外,近几年出现的新型交交直接变频器——矩阵式变频器,由九个直接接于三相输入和输出之间的开关阵组成。矩阵变换器没有中间直流环节,输出由三个电平组成,谐波含量比较小;其功率电路简单、紧凑,并可输出频率、幅值及相位可控的正弦负载电压;矩阵变换器的输入功率因数可控,可在四象限工作。但存在实现较为困难、最大输出电压能力低、器件承受电压高等缺点。

3.1.2 交直交变频器

比较常见,因有中间直流环节而得名。其基本原理如 1.2 节所述。

按照中间直流性质分类,可分为电流型和电压型变频器。

1. 电流型变频器

由于在变频器的直流环节采用了电感元件而得名,其优点是具有四象限运行能力,能很方便地实现电动机的制动功能。缺点是需要对逆变桥进行强迫换流,装置结构复杂,调整较为困难。另外,由于电网侧采用可控硅移相整流,故输入电流谐波较大,容量大时对电网会有一定的影响。

2. 电压型变频器

由于在变频器的直流环节采用了电容元件而得名,其特点是不能进行四象限运行,当负载电动机需要制动时,需要另行安装制动电路。功率较大时,输出还需要增设正弦波滤波器。

3.2 按调制方式分类

按照调制方式可分为 PAM 控制、PWM 控制和高频载波 SPWM 控制三种方式。

3.2.1 PAM (Pulse Amplitude Modulation) 控制

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。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,在使用 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,这种控制方式也还具有当电动机进行低速运转时波动较大的缺点。

3.2.2 PWM (Pulse Width Modulation) 控制

脉冲宽度调制控制的简称,是在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 SPWM 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 SPWM 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 3-1 给出了电压型 PAM 控制和 PWM 控制变频器的基本结构和正弦波 PWM 的波形示意图。

3.2.3 高载波频 SPWM (Sine Pulse Width Modulation) 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频器,也将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,所用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,目前在大容量变频器中的利用仍然受到一定限制。但是,随着电力电子技术的发展,具有较高开关速度的换流元器件的容量将越来越大,所以预计采用这种控制方式的变频器也将越来越多。

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。