

魏连荣 主 编 刘彦磊 副主编

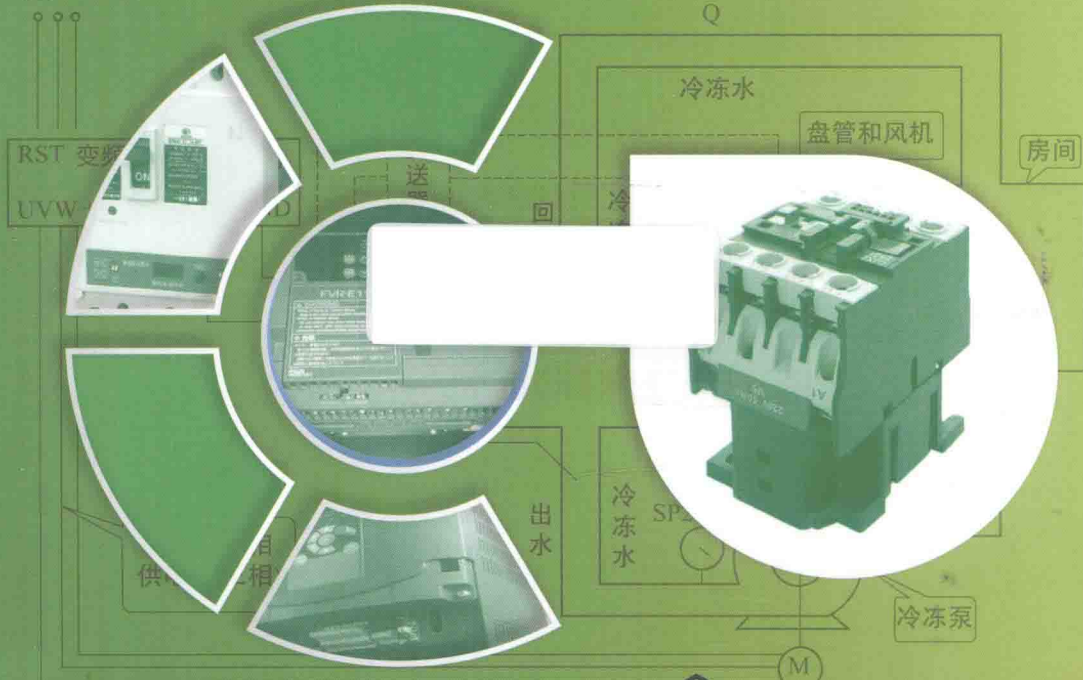
变频器原理及

实例解析



BIANPINQI YUANLI JI SHILI JIEXI

三相交流电源



化学工业出版社

变频器原理及实例解析

魏连荣 主 编
刘彦磊 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

变频器原理及实例解析/魏连荣主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-122-19604-0

I. ①变… II. ①魏… III. ①变频器 IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 016467 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 边 涛

文字编辑: 孙 科
装帧设计: 刘丽华

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: 北京永鑫印刷有限公司

装 订: 三可市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 15 字数 310 千字 2014 年 6 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

前言

F O R E W O R D

交流电动机变频器调速技术已成为实现工业自动化的重要手段之一，变频器在各行各业中的应用，已成为改造传统工业、改进工艺流程、提高生产过程自动化水平、提高产品质量、改善生产环境、节约能源、推动技术进步的主要技术手段之一，也是国际上更新换代最快的新技术领域之一。工业自动化技术通常使用可编程序控制器、变频器、智能化仪器仪表和传感器等设备，对生产设备进行自动控制，而变频器在其中起着举足轻重的作用。

在自动控制系统中，变频器通过可编程序控制器或工业计算机与工厂管理系统相结合，与生产线控制系统及现场设备一起构成一个多级分布式控制系统。目前市场上的变频器产品品牌、种类越来越多，有近百个品牌，上千个系列，不同公司的产品各有特点，厂家在售后服务和维修方面也为用户提供方便。目前关于专门介绍变频器的书籍也很多，对在我国推广普及应用变频器技术起到了功不可没的作用。本书从通用变频器应用技术的角度出发，力求比较全面并通俗地对变频器的基础知识、变频器的基本操作、变频器及外围设备的选择、变频器的维护、保养与故障处理、变频器的基本应用及变频器在工厂的应用实例分析等内容进行分析介绍，为从事电气技术工作人员提供变频技术方面的应用知识。全书比较全面地反映目前变频器的最新技术及应用，给广大读者在变频器的应用、选型及维护技术方面提供一些参考资料。

本书内容具有下列特点：内容切合工程实际，取材先进、新颖。较系统地论述了通用变频器在工业企业中的应用技术，理论联系实际，面向广大电气工程技术人员，因而具有很强的实用性。

本书由魏连荣主编，刘彦磊副主编，书中绪论、第1章由魏连荣编写，第2章、第5章由刘彦磊编写，第3章、第4章由魏弢编写，第6章由张佳编写，全书由魏连荣统稿，在编写过程中朱凤芝教授、李秀斌工程师、姜海玉工程师、王爱博实验师以及许衫、徐霁堂、吉红、严昆、姜秀英老师给予热情的帮助和支持，在此表示感谢。

由于编者水平及时间所限，书中难免存在不妥，欢迎广大读者批评指正。

编者

目 录

C O N T E N T S

绪论

0.1 变频器技术的发展	1
0.2 变频器调速系统的优势	2
0.3 变频器技术的发展方向	5

第1章 变频器的基础知识

1.1 变频器的结构	8
1.2 变频器的工作原理	11
1.3 变频器的功能	49
1.4 变频器的安装	60

第2章 变频器的基本操作

2.1 变频器的接口电路	67
2.2 变频器参数设置	71
2.3 FRN5000G9/P9 变频器参数设定	74
2.4 MICROMASTER 420 变频器参数设定	78
2.5 变频器的运行操作	84

第3章 变频器及外围设备的选择

3.1 变频器类型及容量的选择	87
3.2 电抗器的选择	90
3.3 滤波器的选择	92
3.4 断路器的选择	93
3.5 电磁接触器、过载继电器的选择	95
3.6 电网电源切换电路	97

3.7 主电路用导线	97
3.8 控制电路用导线	98
3.9 变压器	99

第4章 变频器的维护、保养与故障处理

4.1 维护和检查时的注意事项	100
4.2 变频器的日常巡视	101
4.3 变频器的定期维护与保养	101
4.4 变频器的常见故障及处理	102

第5章 变频器的基本应用

5.1 变频器的正、反转控制	106
5.2 变频器的外部运行控制	108
5.3 变频器的模拟信号操作控制	111
5.4 变频器的多段速运行控制	113
5.5 变频器的 PID 控制运行操作	116
5.6 FVR-E11 变频器的操作运行控制	120
5.7 和平 HPI6000 变频器的操作运行控制	128

第6章 变频器的应用实例分析

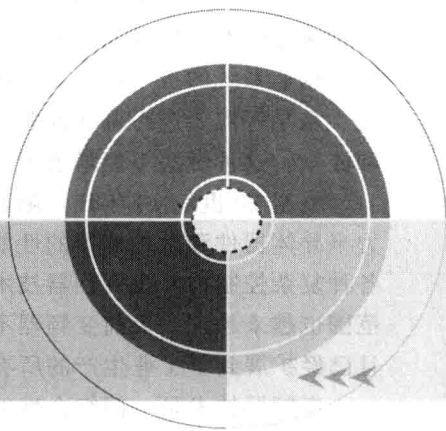
6.1 变频器在龙门刨床改造上的应用	140
6.2 变频器在恒压供水系统中的应用	145
6.3 变频器在塑料机械中的应用	154
6.4 变频器在运料小车控制中的应用	159
6.5 变频器在中央空调设备上的应用	160
6.6 变频器在材料传送分拣控制系统中的应用	164
6.7 变频器在卷曲机械中的应用	169
6.8 变频器在锅炉引风机控制系统中的应用	176
6.9 变频器在电梯控制系统中的应用	179
6.10 变频器在聚丙烯造粒机中的应用	182
6.11 变频器在尿素合成控制系统中的应用	185
6.12 变频器在空压机节能改造中的应用	187
6.13 变频器在电动机传动中的应用	191
6.14 变频器在数控车床主轴控制系统中的应用	197

6.15 变频器在多段速控制系统中的应用	199
----------------------------	-----

附录

参考文献

绪论



0.1 变频器技术的发展

我国变频器应用始于 20 世纪 80 年代末, 由于变频器的优越性能及节电效果, 使用量不断增加, 而且, 每年以 20% 的递增量在发展, 近年来, 年销售产值已达 40 亿元人民币。然而与国外发达国家相比。我国变频器的应用仅为可使用量的 15%~20%。与发达国家的 70%~80% 相比差距还很大。随着国民经济的发展, 对电气自动化的要求更高, 而节能降耗、降低成本也更迫切, 因此变频器的市场前景是十分乐观的。

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, 并已成为动力机械的主要驱动装置。但是, 由于技术上的原因, 在很长一段时期内, 占整个电力拖动系统 80% 左右的不变速拖动系统中, 采用的是交流电动机, 包括异步电动机和同步电动机, 而在需要进行调速控制的拖动系统中则基本上采用的是直流电动机。

直流电动机由于结构上的原因, 存在以下缺点。

- ① 需要定期更换电刷和换向器, 维护保养困难, 寿命较短。
- ② 由于直流电动机存在换向火花, 难以应用于存在易燃易爆气体的恶劣环境。
- ③ 结构复杂, 难以制造高转速、高电压和大容量的直流电动机。

交流电动机与直流电动机相比, 则具有以下优点。

- ① 结构简单、坚固、工作可靠、易于维护和保养。
- ② 不存在换向火花, 可以应用于存在易燃易爆气体的恶劣环境。
- ③ 容易制造出高转速、高电压和大容量的交流电动机。

因此,很久以来,人们希望在许多场合下能够用可调速的交流电动机来代替直流电动机,并在交流电动机的调速控制方面进行了大量的研究开发工作。但是,交流调速系统的研究开发方面一直未能得到真正能够令人满意的成果,也因此限制了交流调速系统的推广应用。也正是因为这个原因,在工业生产中大量使用的诸如风机、水泵等需要进行调速控制的电力拖动系统中不得不采用挡板和阀门来调节风速和流量。这种做法不但增加了系统的复杂性,也造成了能源的浪费。

直至 20 世纪 70 年代,随着电力电子技术、微电子技术和控制理论的发展,电力半导体器件和微处理器的性能不断提高,变频驱动技术也得到了显著发展。随着各种复杂控制技术在变频器技术中的应用,变频器的性能不断得到提高,而且应用范围也越来越广。目前变频器不但在传统的电力拖动系统中得到了广泛的应用,而且已经扩展到了工业生产的所有领域,并且在家用电器产品中也得到了广泛应用。

变频器技术是一门综合性的技术,它建立在控制技术、电力电子技术、微电子技术和计算机技术的基础之上,并随着这些基础技术的发展而不断得到发展。

0.2 变频器调速系统的优势

与传统的交流拖动系统相比,利用变频器对交流电动机进行调速控制的交流拖动系统有许多优点,如节能,容易实现对现有电动机的调速控制,可以实现大范围内的高效连续调速控制,容易实现电动机的正反转切换,可以进行高频度的启停运转,可以进行电气制动,可以对电动机进行高速驱动,可以适应各种工作环境,可以用一台变频器对多台电动机进行调速控制,负载功率因数高,所需电源容量小,可以组成高性能的控制系统等。

在许多情况下,使用变频器的目的是节能,尤其是对于在工业中大量使用的风扇、鼓风机和泵类负载来说,通过变频器进行调速控制可以代替传统上利用挡板和阀门进行的风量、流量和扬程的控制,所以节能效果非常明显。

因为以节能为目的的调速运转对电动机的调速范围和精度要求不高,所以通常采用在价格方面比较经济的通用型变频器。变频器调速控制系统的优势如下。

① 利用变频器实现交流电动机调速。由于变频器可以看作是一个频率可调的交流电源,对于现有的进行恒速运转的异步电动机来说,只需在电网电源和现有的电动机之间接入变频器和相应设备,就可以利用变频器实现调速控制,而无需对电动机和系统本身进行大的设备改造。

② 利用变频器实现交流电动机调速,可得到较宽调速范围和较高的调速精度。在采用了变频器的交流拖动系统中,异步电动机的调速控制是通过改变变频器的输出频率实现的。因此,在进行调速控制时,可以通过控制变频器的输出频率使电动机工作在转差较小的范围,电动机的调速范围较宽,并可以达到提高运行效率的目

的。一般来说,变频器的调速范围可以达到 $1:10$ 以上,而高性能的矢量控制变频器的调速范围可以达到 $1:1000$ 。此外,当采用矢量控制方式的变频器对异步电动机进行调速控制时,还可以直接控制电动机的输出转矩。因此,高性能的矢量控制变频器与变频器专用电动机的组合在控制性能方面可以达到和超过高精度直流伺服电动机的控制性能。

③ 利用变频器实现交流电动机调速,容易实现电动机的正反转切换。利用普通的电网电源运行的交流拖动系统,为了实现电动机的正反转切换,必须利用开关器件如接触器等切换装置对电源进行换相切换。利用变频器进行调速控制时,只需改变变频器内部逆变电路换流器件的开关顺序即可达到对输出进行换相的目的,很容易实现电动机的正反转切换而不需要专门设置正反转切换装置。

④ 利用变频器实现交流电动机调速,可实现电动机的软启动和软停车,减小启动电流。对在电网电源下运行的电动机进行正反转切换时,如果在电动机尚未停止时就进行相序的切换,电动机内将会由于相序的改变而流过大于启动电流的电流,有烧毁电动机的危险,所以通常必须等电动机完全停下来之后才能够进行换相操作。而在采用变频器的交流调速系统中,由于可以通过改变变频器的输出频率使电动机按照斜坡函数的规律进行减速,并在电动机减速至低速范围后再进行相序切换,进行相序切换时电动机的电流可以很小。同样,在电动机的加速过程中可以通过改变变频器的输出频率使电动机按照斜坡函数的规律进行加速,从而达到限制加速电流的目的。因此,在利用变频器进行调速控制时更容易和其他设备一起构成自动控制系统。

⑤ 利用变频器实现交流电动机调速,可减小电动机的功率损耗。对于利用普通的电网电源运行的交流拖动系统来说,由于电动机的启动电流较大并存在着与启动时间成正比的功率损耗,所以不能使电动机进行高频度的启停运转。而对于采用了变频器的交流调速系统来说,由于电动机的启停都是在低速区进行而且加减速过程都比较平缓,电动机的功耗和发热较小,可以进行较高频度的启停运转。

变频调速系统,可以用于采用交流拖动系统的传送带和移动工作台等,以达到节能的目的。这是因为,在利用异步电动机进行恒速驱动的传送带以及移动工作台,电动机通常一直处于工作状态,而采用变频器进行调速控制后,由于可以使电动机进行高频度的启停运转,可以使传送带或移动工作台只是在有货物或工件时运行,而在没有货物或工件时停止运行,从而达到节能的目的。

由于在变频器驱动系统中,电动机的调速控制是通过改变变频器的输出频率进行的,当把变频器的输出频率降至电动机的实际转速所对应的频率以下时,负载的机械能将被转换为电能,并被回馈到变频器。而变频器则可以利用自己的制动回路将这部分能量以热能消耗或回馈给供电电网,并形成电气制动。此外,一些变频器还具有直流制动功能,即在需要进行制动时,可以通过变频器给电动机加上一个直流电压,并利用该电压产生的电流进行制动。

⑥ 利用变频器实现交流电动机调速,运行可靠,维护简单。同机械制动相比,

电气制动有许多优点,例如体积小,维护简单,可靠性好等。但是也应该注意到,由于在静止状态下电气制动并不能使电动机产生保持转矩,所以在某些场合还必须采取相应的措施,例如和机械制动器同时使用等。

⑦ 利用变频器实现交流电动机调速,可实现高转速、高电压、大电流控制。高速驱动是变频器调速控制的最重要的优点之一。这是因为对于直流电动机来说,由于受电刷和换向环等因素的制约,无法进行高速运转。但是,对于异步电动机来说,由于不存在上述制约因素,理论上讲异步电动机的转速可以达到相当高的速度。

由于异步电动机的转速为

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

式中 n ——电动机转速, r/min;

f ——电源频率, Hz;

p ——电动机磁极对数;

s ——转差率。

当用工频电源(50Hz)对异步电动机进行驱动时,二极电动机的最高速度只能达到 3000r/min。为了得到更高转速,则必须使用专用的高频电源或使用机械增速装置进行增速。

与此相比,目前高频变频器的输出频率已经可以达到 3000kHz,所以当利用这种高速变频器对二极异步电动机进行驱动时,可以得到高达 180000r/min 的高速。而且随着变频器技术的发展,高频变频器的输出频率也在不断提高,因此进行更高速度的驱动也将成为可能。

此外,与采用机械增速装置的高速驱动系统相比,由于采用高频变频器的高速驱动系统中并不存在异步电动机以外的机械装置,其可靠性更好,而且保养和维修也更加简单。

在变频器调速控制系统中,变频器和电动机是可以分离设置的。因此,通过和各种不同的异步电动机的适当组合,可以得到适用于各种工作环境的交流调速系统,而对变频器本身并没有特殊要求。

例如,对有防爆和防腐蚀要求的环境,只需将电动机换为专用电动机,而使用普通的变频器并将其安装在有防爆和防腐蚀要求的环境之外的普通环境中即可。

由于变频器本身对外部来说可以看作是一个可以进行调频调压的交流电源,可以用一台变频器同时驱动多台异步电动机或同步电动机,从而达到节约设备投资的目的。而对于直流调速系统来说,则很难做到这一点。

当用一台变频器同时驱动多台电动机时,若驱动对象为同步电动机,所有的电动机将会以同一速度(同步转速)运转,而当驱动对象为容量和负载都不相同的异步电动机时,则由于转差的原因,各电动机之间会存在一定的速度差。

因为变频器是通过交流-直流-交流电源变换后对异步电动机进行驱动的,所

以电源的功率因数不受电动机功率因数的影响,几乎为定值。

此外,当用电网电源对异步电动机进行驱动时,电动机的启动电流为额定电流的5~6倍,而在采用变频器对异步电动机进行驱动时,由于可以将变频器的输出频率降至很低时启动,电动机的启动电流很小,因而变频器输入端电源的容量也可以比较小。一般来说,变频器输入端电源的容量只需为电动机输出容量的1.5倍左右即可。这也说明变频器也可以同时起到减压启动器的作用。

随着控制理论、交流调速理论和电子技术的发展,变频器技术也得到了充分地重视和发展,目前,由高性能变频器和专用的异步电动机组成的控制系统在性能上已经达到和超过了直流电动机伺服系统。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,所以在许多需要进行高速高精度控制的应用中这种高性能的交流调速系统正在逐步替代直流伺服系统。而且由于高性能的变频器的外部接口功能也非常丰富,可以将其作为自动控制系统中的一个部件使用,构成所需的自动控制系统。

由于变频器具有上述优点,因而在各种领域中得到了广泛的应用。

0.3 变频器技术的发展方向

近年来,随着计算机技术、信息技术、电力电子技术、电动机驱动技术的不断发展,变频器的性能不断提高,其应用范围也越来越广。目前变频驱动的应用已经非常广泛,新型变频器产品不断出现,变频器的性能和可靠性也在不断地完善和提高。总体上讲,目前变频器已经从简单的整流逆变装置进化为集驱动控制、I/O逻辑现场编程、通信组网连接等为一体,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了广泛应用。从市场需求和技术发展趋势来看,今后一段时间内,变频器技术将会在下面几个方面得到进一步的发展。

① 大容量和小体积化。大容量化和小体积化将会随着电力半导体器件的发展而不断得到发展。近年来,随着IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, 绝缘栅双极晶体管)、SiCIGBT (Silicon Carbide-Insulated Gate Bipolar Transistor, 碳化硅绝缘栅双极晶体管)器件的发展和以IGBT为开关器件的IPM (Intelligent Power Module, 智能功率模块)、ASIPM (Application Specified Intelligent Power Module, 特定用途智能功率模块)、单片IPM等新型功率器件的发展以及制作技术的进步,使得变频器的容量越来越大,体积越来越小,而温升指标下降,耐热性能提高。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的“迷你”型产品,满足不同用户的实际需要。

② 高性能和多功能化。随着微电子技术和半导体技术的发展,用于变频器的各种半导体器件和传感器的性能和可靠性越来越高。而随着高性能DSP和AISC

在变频器中的广泛应用和交流调速理论的不断成熟,各种先进的控制算法的实现成为可能,从而为进一步提高变频器的性能提供了条件。此外,随着信息技术的发展和变频器的进一步推广应用,用户也在不断提出各种新的要求,希望变频器产品能够通过与信息技术的进一步融合而具有更高的性能和更加丰富的功能。这些都将促使变频器的生产厂家不断做出努力,以满足不同用户的实际需要。

③ 易操作性的提高。随着变频器市场的不断扩大,如何进一步提高变频器的易操作性,使变频器产品能够满足不同应用场合的需要,并使得普通的技术人员甚至非技术人员也能够很快掌握变频器的使用仍然是变频器生产厂商所必须考虑的问题。虽然目前厂商提供的变频器产品在结构设计上基本上都考虑到了现场安装的要求,并在软件设计上加入了初始启动设置工具,帮助用户根据应用背景选择和设置各种必要的功能和参数,但为了进一步扩大市场和不断争取新的用户,厂商仍然会在丰富变频器功能的同时不断提高变频器的易操作性,新型变频器将更加容易操作和更加容易适合特定的应用背景。

④ 寿命和可靠性的提高。随着半导体技术的发展和电力电子技术的发展,变频器中所使用的各种元器件的寿命和可靠性都在不断提高,而随着信息技术的不断发展,新型变频器产品中自我诊断和远程诊断功能的进一步充实以及免维护功能的实现,使变频器产品的寿命和可靠性将得到进一步的提高。此外,随着交流调速理论和相关技术的不断发展,新的控制方法和驱动方式也将不断出现,从而使变频器的寿命和可靠性得到进一步提高。

⑤ 减少对环境的影响。近年来,随着变频器的推广和普及,如何减少变频器的损耗,尤其是大功率变频器对周围环境影响的问题越来越受到重视。例如,目前变频器中内置 AC Reactor (电抗器) 或 DC Choke (扼流圈) 已经非常普遍,这对减小变频器产生的高次谐波对环境的影响起到了重要作用。未来的新型变频器中将会通过先进的控制方法和新的驱动方式减小 du/dt 以及 di/dt 的变化从而达到减小高次谐波对环境影响的目的。而各种新技术和新器件的应用,也将进一步减少变频器对所处环境的影响。

⑥ 网络化与智能化。尽管当前变频器单独使用的场合仍占多数,但作为工业生产过程中一个重要的执行单元,变频器具有网络化运行的能力将成为工业自动化的趋势。目前许多变频器生产厂商的新产品都已经具有网络连接能力,通过选件形式支持多种现场总线,可以通过 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。

在控制系统中,通用变频器通过可编程序控制器或工业计算机与工厂管理系统相结合,与生产线控制系统及现场设备一起构成一个多级分布式控制系统。交流电动机变频调速技术与计算机控制技术和网络控制技术,尤其是与现场总线及其通信技术紧密联系。

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更多的功能供用户选择,而用户则可以根据

自己的需要，在变频器所预先设定的多种功能的基础上进行编程，以满足其具体应用的需要。

⑦ 同步电动机变频器。在许多情况下，使用变频器进行调速的目的是为了节能。在目前的交流调速系统中，出于对可靠性的考虑，大多数系统使用了异步感应电动机。但是，因为小容量异步电动机的转换效率并不高，因此，从节能的观点来看，采用异步电动机实现交流调速并不是最佳的解决方案。

永磁同步电动机是无刷结构，尺寸小，功率因数高，效率高，转子转速严格与电源频率同步，容易实现无速度传感器矢量控制等优点，非常适合于交流调速系统。近年来，随着永磁材料性价比的不断提高，积极利用永磁同步电动机和变频技术改善交流调速系统效率的技术趋势非常明显。一些公司已经专门推出了以节能为目的的同步电动机变频器，并在许多领域得到了广泛应用。

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、绿色化、智能化的方向发展。变频器将不仅仅是一个简单的交流调速装置，而将成为实现自动化过程的一个重要的处理单元。变频器技术将不断得到提高，而变频器的应用领域亦将不断得到拓展。

第1章 变频器的基础知识

1.1 变频器的结构

1.1.1 通用变频器的基本结构

变频调速飞速发展，其取代直流调速已成现实，主要得益于：新型电力电子器件的发展、变频技术的发展、交流电动机控制技术的发展、以微型计算机为基础的全数字化控制技术的应用。对于异步电动机的变压变频调速，必须具备能够同时控制电压幅值和频率的交流电源，而电网提供的是恒压恒频的电源，因此应该配置变压变频器，又称VVVF（Variable Voltage Variable Frequency）装置。通用变频器的基本结构，如图1-1所示。

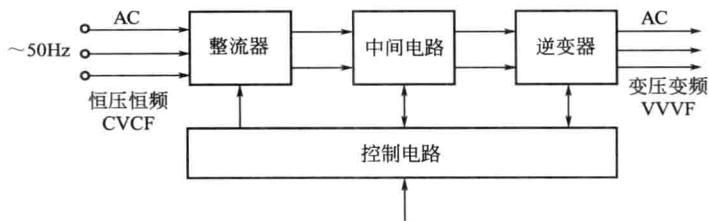


图 1-1 通用变频器的基本结构

通用变频器主要由主电路和控制电路组成，如图1-2所示。

(1) 变频器的主电路

主电路包括整流电路、中间电路和逆变电路三部分。其中中间电路又由电源再生单元、限流单元、滤波器单元、制动电路单元以及直流电源检测电路等组成。

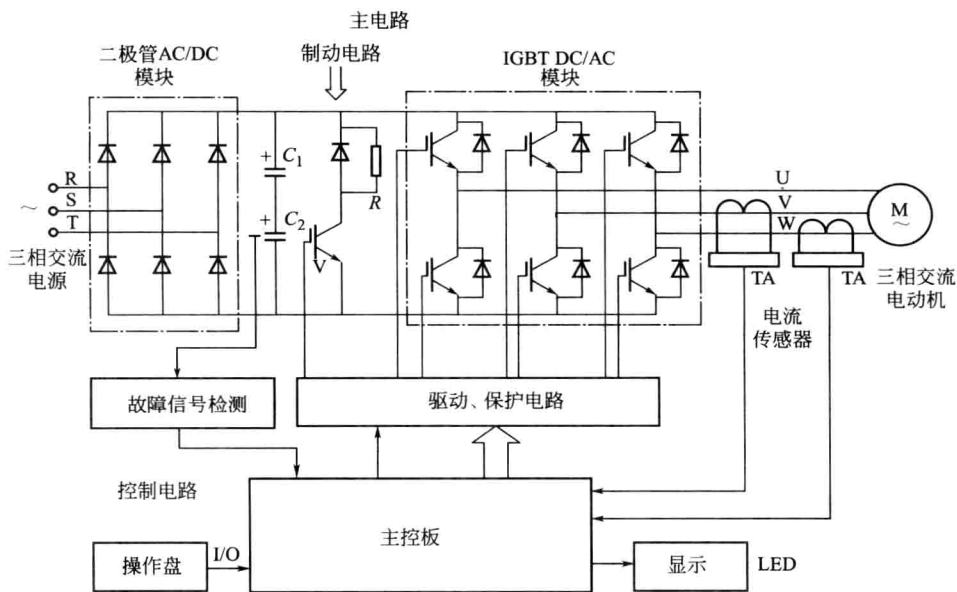


图 1-2 通用变频器的原理图

变频器的功用是，将频率固定（通常为工频 50Hz）的交流电（三相的或单相的）变换成频率连续可调（多数为 0~400Hz）、电压可调的（三相或单相）交流电源。

① 整流器 通常又被称为电网侧变流部分，就是把三相或单相交流电整流成直流电，常见的低压整流部分是由二极管构成的不可控三相或单相桥式整流电路，或由晶闸管构成的三相或单相可控桥式整流电路。而对中压大容量的整流部分则采用多重化 12 脉冲以上的变流器。

② 中间电路 直流中间电路对整流电路的输出电压进行平滑滤波，用直流储能元件储能和缓冲无功功率。由于逆变器的负载是异步电动机，属于感性负载，因此在中间直流部分与电动机之间总会有无功功率的交换，这种无功功率的交换一般都需要中间直流环节的储能元件（如电容或电感）来缓冲。

在中间直流电路中含有制动或回馈环节，制动环节由制动电路完成。

制动电路主要用在变频器需急降速、刹车、定位的场合，变频器在降速时，由于负载惯性的关系，急降速时会将动能变成电能储存在直流母线上，因此必须使用本制动（电阻）器将再生电压予以消耗，否则变频器将会跳过压保护或故障。

由于制动形成的再生能量在电动机侧容易聚集到变频器的直流环节形成直流母线电压的泵升，需及时通过制动环节将能量以热能形式释放或通过回馈环节转换到交流电网中去。制动环节在不同的变频器中有不同的实现方法。根据功率大小可采用内置制动单元和外置制动单元。回馈环节大多属于变频器的外置电路。

③ 逆变电路 通常又被称为负载侧变流部分,它通过不同的拓扑结构实现逆变元件的规律性关断和导通,从而得到任意频率的三相交流电输出。常见的逆变部分是由6个半导体开关器件组成的三相桥式逆变电路,且输出为PWM波形。

(2) 变频器的控制电路

① 控制电路的组成 控制电路主要由中央处理器CPU,数字处理器DSP,A/D、D/A转换电路,I/O接口电路,通信接口电路,输出信号检测电路,驱动及保护电路,数字操作盘电路以及显示电路等组成。

② 控制电路的作用 控制电路将信号传递给整流器、中间电路和逆变电路,同时也接受其反馈信号。控制电路的形式取决于不同变频器的设计。

变频器主电路和控制电路,随着新型电力电子器件和高性能微处理器的应用及现代控制技术的发展而不断更新换代,使变频器技术随着相关技术的发展更进一步地发展。

1.1.2 变频器的作用

变频器是利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变换为另一频率的电能控制装置,能实现对交流异步电动机的软启动、软停止、变频调速、提高运转精度、改变功率因数、过流、过压、过载保护等功能。

(1) 变频节能

变频节能主要表现在风机、水泵的应用上。为了保证生产的可靠性,各种生产机械在设计配用动力驱动时,都留有一定的富余量。当电动机不能在满负荷下运行时,除达到动力驱动要求外,多余的力矩增加了有功功率的消耗,造成电能的浪费。风机、泵类等设备传统的调速方法是通过调节入口或出口的挡板、阀门开度来调节给风量和给水量,其输入功率大,且大量的能源消耗在挡板、阀门的截流过程中。当使用变频调速时,如果流量要求减小,通过降低泵或风机的转速即可满足要求。

(2) 变频调速

变频调速技术日趋成熟,它逐步代替滑差调速、串级调速、直流调速等以满足生产工艺的调速要求。

(3) 功率因数补偿

无功功率不但增加线损和设备的发热,更主要的是功率因数的降低导致电网有功功率的降低,大量的无功电能消耗在线路当中,设备使用效率低下,浪费严重,使用变频调速装置后,由于变频器内部滤波电容的作用,从而减少了无功损耗,增加了电网的有功功率。

(4) 实现软启动、软停车减少设备的冲击

电动机硬启动对电网造成严重的冲击,而且还会对电网容量要求过高,启动时产生的大电流和振动对挡板和阀门的损害极大,对设备、管路的使用寿命极为不利。而使用变频装置后,利用变频器的软启动功能将使启动电流从零开始,最大值