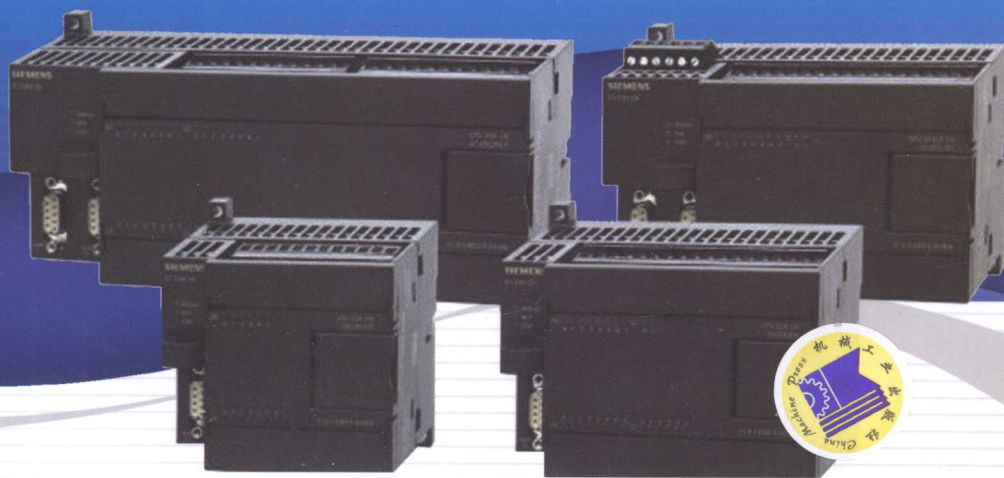


西门子系列 变频器 及其工程应用

第2版

李鸿儒 于霞 孟晓芳 渠丰沛 等编著

本书附赠
学习课件

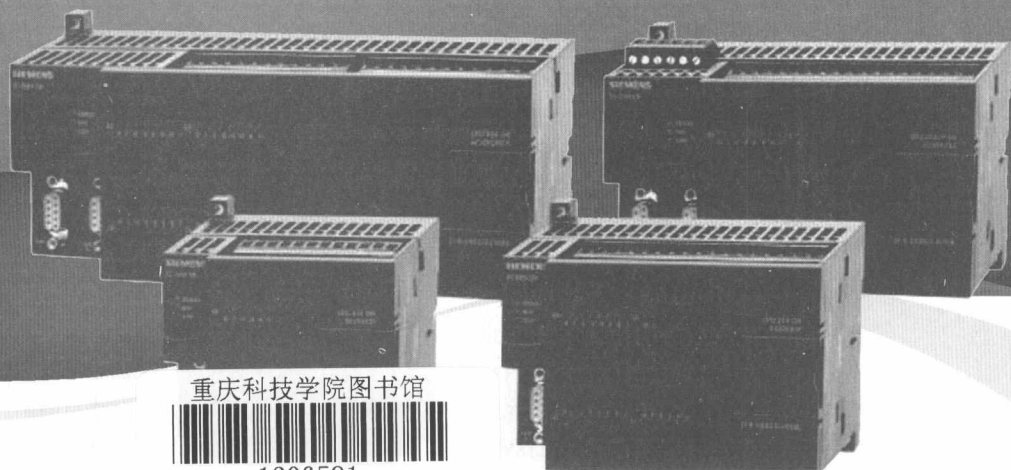


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

西门子系列 变频器 及其工程应用

第2版

李鸿儒 于霞 孟晓芳 渠丰沛 等编著



重庆科技学院图书馆



1306591



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

变频器 (Variable Frequency Drive, VFD) 是应用变频技术与微电子技术, 通过改变工作电源频率方式来控制交流电动机的电力控制设备。随着电力电子技术及工业自动化程度的不断发展, 变频器广泛应用于冶金、石化、电力、纺织、电梯等行业, 对生产起着越来越重要的作用。

本书从实际应用的角度出发, 详细地介绍了变频调速的基本理论知识、变频器的原理及其选择, 以及西门子几种变频器的介绍及其实际应用。全书共分 11 章, 包括绪论、变频器的原理与控制方式、变频器的选择、变频器控制原理图、MicroMaster4 (MM4) 系列变频器、SIMOVERT MASTER-DRIVES 工程型变频器、三菱 FR-A700 系列变频器、变频器的应用、变频器使用时的注意事项及异常对策、变频器的测量与实验以及变频器的安装、接线以及日常维护与检修。

本书力求清晰准确, 注重理论联系实际, 对快速掌握变频器的应用技术将会有很大的帮助。本书既可以作为从事变频器调试技术与维修的工程技术人员参考书, 同时也可作为高等学校相关专业的参考教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子系列变频器及其工程应用/李鸿儒等编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-111-43349-1

I. ①西… II. ①李… III. ①变频器 - 基本知识 IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 161576 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张俊红 责任编辑: 张俊红

版式设计: 霍永明 责任校对: 刘雅娜

封面设计: 路恩中 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18 印张 · 446 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-43349-1

定价: 49.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社 服 务 中 心: (010) 88361066 教 材 网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书第1版自2008年8月出版以来,至今已经有5年的时间了。承蒙广大读者的厚爱,本书销售也一直比较好,受到了读者和市场的认可,在这里我们首先向本书的广大读者表示最诚挚的感谢!

5年来,我们陆续收到来自全国各地读者的反馈和指教,指出本书中存在的不足和瑕疵,探讨书中所涉及的相关问题和技术。同样是5年来,变频器技术及其应用也取得了进一步的反战,变频器本身已经成为当今改造传统工业、改善工艺流程、提高生产过程自动化水平、推进技术进步的主要手段。在这种情况下,结合广大读者的信息反馈和变频器的应用发展,我们逐渐有了修订改版本书以使其尽量正确完善的想法,而我们的想法也与出版社的同志不谋而合。

客观说,作为市场上成熟的主流西门子变频器,本书的修订改版想要另起炉灶彻底重写是不可能的,也不符合继承发展的渐进模式。对于本次的修订改版具体来说,内容从原来的10章增加成了11章;另外第1章增加了变频器的发展趋势和市场应用情况的内容,这是很多工程技术类读者提出来的;第4章重点阐述变频器控制原理图,主要包括了变频器主电路和控制电路的主电路构成;同时应广大读者的要求,把原来第7章的内容,修改成了三菱FR-A700系列变频器的特点、电路结构、主要参数及其调试,同时,在第8章增加了变频器在工程实践中的实用案例;而新增加的第9章,则主要介绍了使用变频器的注意事项及异常对策;同时后面的第11章的内容,也增加了地线与接地技术等有关内容。

本书第1、9、11章由东北大学李鸿儒编写,第2、3、4章由沈阳农业大学的孟晓芳编写,第5、6、10章由东北大学的于霞编写,第7章由东北大学的鲍燕编写,第8章由东北大学的张羽编写,全书最后由渠丰沛统稿。另外,刘艳梅、渠丽娜、王志强、杜平、杜强、叶金凤、李福贺、王雪粉、滕菲、何志强、韩仁科、李大双、张艺斌、李昕同等,也完成了部分图形绘制和相关编写工作。在编写过程中,作者参阅了国内外的大量文献资料,在此对原作者表示敬意和感谢。本书的修订改版得到了有关领导、专业人士和同仁的支持,在此表示感谢。

针对本书第1版,我们发现很多学校将其当作教材在使用,只是大家普遍对本书第1版没有配套课件感到很遗憾。所以这次的修订,我们特意制作了配套的PPT课件,有需要的授课教师可实名制与我们联系,联系的E-mail是buptzjh@163.com或43737605@qq.com。当然,毕竟我们第2版图书主要还是面向工程实践和应用的,所以从这点上讲,本书既可以



作为从事变频器调试技术与维修的工程技术人员参考书，同时也可作为高等学校相关专业的参考教材。

同样的，对于本次修订改版，我们仍然恳请广大读者批评指正，以便能进一步提高，更好地为广大读者服务。

作 者

2013 年夏

第1版前言

随着微电子学、电力电子技术、电子计算机、自动控制理论的发展,变频技术已经进入一个崭新的时代,变频器也广泛应用于冶金、石化、电力、纺织、电梯等行业。本书是为现场工程技术人员学习应用西门子主流变频器和变频调速系统而编写的。

本书着重于应用技术,既有理论指导又有实例应用。本书的主体内容是应用技术、变频器的实际操作控制和实际应用系统的设计组建与调试,指导思想是根据实际应用情况选择和设计变频调速系统。

本书共10章,第1章为绪论,主要阐述变频器的产生与发展、变频器的分类、应用情况以及性能指标等。第2章主要分析了变速调速的基本原理和基本控制方式。第3章重点介绍了变频器的选择,对于电动机及变频器常用外围设备的选择也作了较为详细的说明。第4章重点阐述了变频器控制原理图,而且给出了实际工程应用中的典型控制接线图。第5章、第6章和第7章分别介绍了西门子的主流系列变频器 MicroMaster4 (MM4)、SIMOVERT MASTERDRIVES 和 SINAMICS 的操作运行、主要参数与调试等。第8章介绍了西门子 MM4、MASTERDRIVES 和 SINAMICS 系列变频器的部分应用实例,既有现场描述又有变频器的选型及接线。第9章简要介绍了变频器的测量与实验方面的内容。第10章简要介绍了变频器安装、接线以及日常维护与检修知识。

本书由沈阳农业大学孟晓芳、王珏和沈阳铝镁设计研究院的李策共同编著,沈阳农业大学的胡博、田有文、王俊和东北电力大学的解东光对本书编写作出了贡献,另外参加本书编写工作的还有杜平、杨晨、杨萍、田雪、姜善春和唐喜燕等,全书由东北电力大学的任先文教授主审。在编写过程中,参阅了国内外的大量文献资料,在此对原作者表示敬意和感谢。

本书的编写也得到了有关领导、专业人士和同仁的支持,在此一并致谢。

由于水平和时间有限,疏漏与不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

目 录

第2版前言

第1版前言

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 变频器的产生与发展趋势	1
1.1.2 变频技术的概况	6
1.1.3 变频技术的发展	7
1.2 变频器的应用范围及其市场情况	10
1.3 变频器的分类	15
1.4 变频器的基本功能与质量性能指标	17
1.4.1 变频器的基本功能	17
1.4.2 变频器的质量性能指标	18
1.4.3 变频器对电网的影响	20
第2章 变频器的原理与控制方式	23
2.1 变频调速原理	23
2.2 变频器的工作原理	29
2.3 变频器的控制方式	30
2.3.1 U/f 恒定控制	31
2.3.2 转差频率控制	32
2.3.3 矢量控制	33
2.3.4 直接转矩控制	34
2.3.5 直接转速度控制	35
2.3.6 矩阵式控制方式	36
第3章 变频器的选择	37
3.1 负载分类及特性	37
3.1.1 恒转矩负载	37
3.1.2 恒功率负载	38
3.1.3 二次方律负载	38



3.1.4 其他类型的负载	38
3.2 负载的飞轮转矩	39
3.3 电动机的选择	39
3.4 根据负载特性选择变频器	40
3.4.1 变频器电压和电流的选择	42
3.4.2 变频器容量的选择	43
3.4.3 恒转矩负载变频器的选择	45
3.4.4 恒功率负载变频器的选择	45
3.4.5 二次方律负载变频器的选择	46
3.5 变频器外围设备的选择	47
3.5.1 制动电阻的选择	48
3.5.2 电抗器的选择	50
3.5.3 EMC 滤波器的选择	52
第4章 变频器控制原理图	54
4.1 变频器的主电路	54
4.1.1 变频器的外接主电路	54
4.1.2 变频器的内部主电路	56
4.2 变频器的控制电路	62
4.3 变频器的电气制动	63
4.4 变频调速的常用控制原理图	70
4.5 变频器的故障切换控制	70
4.5.1 切换控制的主电路	71
4.5.2 切换控制电路举例	71
第5章 MicroMaster4 (MM4) 系列变频器	73
5.1 MM440 变频器的特点	74
5.2 MM440 变频器的规格与电路结构	75
5.2.1 MM440 变频器的规格	75
5.2.2 MM440 变频器的电路结构	76
5.3 MM440 变频器的参数以及技术规格	78
5.3.1 MM440 变频器的参数	78
5.3.2 MM440 变频器的技术规格	79
5.4 MM440 变频器的显示及保护	81
5.5 MM440 变频器的调试	89
5.5.1 调试方法	89
5.5.2 常规操作	96
5.6 MM440 变频器的可选件	97



第 6 章 SIMOVERT MASTERDRIVES 工程型变频器	99
6.1 MASTERDRIVES 变频器概述	100
6.1.1 MASTERDRIVES VC	101
6.1.2 MASTERDRIVES MC	103
6.2 MASTERDRIVES 变频器的控制板结构	106
6.2.1 MASTERDRIVES VC 的控制板	106
6.2.2 MASTERDRIVES MC 的控制板	106
6.3 MASTERDRIVES 变频器的参数以及技术规格	108
6.3.1 MASTERDRIVES VC	108
6.3.2 MASTERDRIVES MC	110
6.4 MASTERDRIVES 变频器的显示及保护	112
6.4.1 MASTERDRIVES 变频器的状态显示	112
6.4.2 MASTERDRIVES 变频器的故障和报警显示	112
6.5 MASTERDRIVES 变频器的调试	117
6.5.1 工程工具 Drive ES 概述	118
6.5.2 MASTERDRIVES 变频器的参数设置	123
6.6 MASTERDRIVES 变频器的选件	124
第 7 章 三菱 FR-A700 系列变频器	127
7.1 FR-A700 系列变频器的功能特点	127
7.2 FR-A700 系列变频器的电路结构与控制方式	128
7.3 FR-A700 系列变频器的安装	131
7.3.1 变频器的配线	131
7.3.2 主电路的配线	131
7.3.3 控制电路的配线	134
7.3.4 接线时的注意事项	135
7.4 FR-A700 系列变频器的参数设置	141
7.5 FR-A700 系列变频器的显示与保护	147
7.6 FR-A700 系列变频器的维护与检查	152
7.6.1 逆变器模块及整流桥模块的检查方法	152
7.6.2 主电路的电压、电流及功率测量法	153
第 8 章 变频器的应用	158
8.1 MM4 系列变频器的应用	158
8.1.1 MM4 系列变频器在冶金行业中的应用	158
8.1.2 MM4 系列变频器在石化行业中的应用	171
8.1.3 MM4 系列变频器在电力系统中的应用	174
8.1.4 MM4 系列变频器在其他行业中的应用	182

8.2 MASTERDRIVES 系列变频器的应用	198
8.2.1 MASTERDRIVES 系列变频器在冶金行业中的应用	198
8.2.2 MASTERDRIVES 系列变频器在石化行业中的应用	210
8.2.3 MASTERDRIVES 系列变频器在电力系统中的应用	220
8.2.4 MASTERDRIVES 系列变频器在其他行业中的应用	223
8.3 FR-A700 系列变频器的应用	235
第 9 章 变频器使用时的注意事项及异常对策	237
9.1 变频器的使用要点	237
9.2 常规注意事项	238
9.2.1 物理环境注意事项	238
9.2.2 电气环境注意事项	239
9.2.3 参数设置中的注意事项	239
9.2.4 接线过程中的注意事项	239
9.2.5 变频器的接地	239
9.2.6 变频器的防雷	239
9.2.7 变频器运行中的注意事项	240
9.2.8 变频器的使用寿命及功率因数	240
9.2.9 变频器与负载的配置	241
9.3 变频器的异常对策	244
9.3.1 高温环境下的对策	244
9.3.2 气体腐蚀环境下的对策	245
9.3.3 灰尘与潮气环境下的对策	245
9.3.4 严重恶劣环境下的对策	245
9.3.5 防止外来干扰的对策	246
9.3.6 变频器漏电的对策	246
9.3.7 防止数字电路干扰的对策	247
9.3.8 防止谐波干扰的对策	248
9.3.9 防止振动干扰的对策	252
9.3.10 防止噪声干扰的对策	252
第 10 章 变频器的测量与实验	253
10.1 变频器的测量方法	253
10.2 测定位置和测定仪表	255
10.3 变频器的实验	257
第 11 章 变频器的安装、接线以及日常维护与检修	260
11.1 变频器的安装	260
11.2 变频器的接线	262

11.2.1	主电路的接线	262
11.2.2	控制电路的接线	264
11.3	地线与接地技术	264
11.3.1	地线的定义及接地的目的	264
11.3.2	接地的分类	266
11.4	变频器的日常维护与检修	268
11.4.1	变频器的维护与故障处理	268
11.4.2	使用变频器时的注意事项	273
附录		275
附录 A	小容量变频器安装在低压配电盘内	275
附录 B	小容量变频器安装在变频控制柜内	276
附录 C	大容量变频器安装在变频控制柜内	277
参考文献		278

第 1 章

绪论

人们的实际生产过程中几乎离不开电力拖动与传动。在对于控制精度要求不高以及无调速要求的许多场合，定速拖动基本就能满足要求；但随着工业化进程的飞速发展，人们对传动方式提出了可调速拖动等更高的要求。变频器就是利用电力电子器件把工频电源转换成各种频率的交流电源以实现电动机的变速运行的设备，它是运动控制系统中的功率变换器。交流变频调速技术是现代电力传动技术的重要发展方向，随着新型大功率半导体器件的推出，控制理论不断更新和发展，微电子技术不断完善，各种通用的和高性能的交流传动控制系统相继诞生，多种交流调速技术已经趋于成熟，变频器的控制精确度和动态特性也趋于完善。

近年来，国外变频器市场的增长速度每年都在 10% 以上，随着我国改革开放的深入、科技和社会的发展，国外的变频器大量涌入国内市场。变频器也越来越广泛地应用于工业生产和日常生活的诸多领域，并已取得了极佳的经济节能效益。

1.1 概述

交流变频器自 20 世纪 60 年代左右在西方工业化国家问世以来，到现在已经在我国得到了大面积的普及，并业已形成 60 亿元以上的年销售规模。根据变频器在不同行业的应用特点，很多厂家都推出了非常新颖的变频器，并将个性化发挥得淋漓尽致。

交流变频调速技术发展至今已有几十年的历史。低压变频器构成的交流调速系统，因其技术上的不断创新，使系统在性能上不断完善，并在电气传动领域挑战直流调速系统，已得到了广泛的应用。现在，变频技术在发达国家已经成熟，随着新的电力电子器件的不断出现，新的变频技术层出不穷，使其得到了更广泛的推广应用。

1.1.1 变频器的产生与发展趋势

直流电动机拖动和交流电动机拖动先后诞生于 19 世纪，已有 100 多年的历史，已经成为动力机械的主要驱动装置。但是，由于技术上的原因，在很长一段时间内，需要进行调速控制的拖动系统基本上采用直流电动机。由于换向器的存在，直流电动机的维护量大，单机容量和最高转速受限。因此，直流电动机存在维护保养困难、寿命较短、不适于恶劣环境应用、结构复杂等缺点，在许多场合下，人们希望用可调速的交流电动机来代替直流电动机。



于是,在交流调速系统方面展开了大量的研究。

20 世纪 70 年代的能源危机使人们认识到了节能的重要性,促使人们向不调速系统中占很大比重的风机、泵类等负载要能源,世界各国纷纷开始重视交流调速技术,进一步加强了交流调速技术的研究开发工作。同时,随着电力电子技术、控制理论和数字电子技术的发展,交流变频技术也得到了显著的发展,性能不断提高。

20 世纪初期,可调速传动的电动机在钢铁工业和汽车工业中就获得了广泛的应用。在早期阶段,直流电动机由于其优良的静、动态性能,广泛地用于调速系统。然而,从 20 世纪 60 年代后期开始,交流电动机以其低成本、高可靠性以及环境适应性强等优点,在宽广的工业应用领域正式取代直流电动机。随着电力电子器件和数字控制技术的发展,各种通用的和高性能的交流传动控制系统相继诞生,多种交流调速技术也趋于成熟,运行可靠性已经很高,特别是转子磁场定向的矢量控制系统,通过坐标变换实现了转矩和磁通的解耦,其性能指标已经可以做到与直流调速系统一样,交流变频器应用范围越来越广泛。随着电力电子技术及控制理论的发展,交流调速将逐步取代直流调速。

2 作为当今的运动控制系统中的功率变换器的变频器,总的发展趋势是:驱动的交流化、功率变换器的高频化、控制的数字化、智能化和网络化。因此,变频器作为系统的重要功率变换部件,提供可控的高性能变压变频的交流电源而得到迅猛发展。

经历大约 30 年的研发与应用实践,变频器的性价比越来越高,体积越来越小,而厂家仍然在不断地提高可靠性以实现变频器的进一步小型轻量化、高性能化和多功能化以及无公害化而做着新的努力。随着技术的进一步发展,变频器的发展和应用也将更为活跃,比如矩阵变频器的出现和推广、网络化配置的变频器将成为主流以及同步电动机的变频应用等。而这些趋势都将推进变频器的进一步普及。

1. 矩阵变频器的出现

PWM 变频器作为应用于各种用途的电力变换器,已得到广泛应用。但另一方面,近几年随着 PWM 变频器的普及,它对周边设备所造成的影响也日益增加,例如由于电源的高次谐波引起的误动作、电源干扰引起的误动作、射频干扰引起的误动作等。同时,其还易造成电动机性能的劣化,例如电动机的冲击电压引起的绝缘老化,电动机的轴电压引起的电动机轴承的损坏等,这些问题都使人们寻求一种真正的环保型变频器。矩阵式交-交变频器就是这样一种变频器,它没有中间直流环节,功率因数为 1,能四象限运行。

由于矩阵式交-交变频器省去了中间直流环节,从而省去了体积大、价格贵的电解电容。它能实现功率因数为 1,输入电流为正弦且能四象限运行,系统的功率密度大,并能实现轻量化,具有非常诱人的前景。几个主要的传动供应商包括罗克韦尔、西门子等公司都在研究该项技术。“矩阵变换”技术的变频器将会是下一代变频器,但是由于成本太高而无法在目前进行商业化应用。

另外一个吸引点就是矩阵变频器去掉了直流电容,作为有一定寿命的铝电解电容,交-直-交变频器就必须在一定年限要更换电容(如 5~8 年),矩阵变频器才能长时间可靠工作。

矩阵变频器主要用到能够发挥其长处和优点的场合中,如它的处理再生能量功能,应用在起重、电梯、离心机和其他需要连续电动又连续制动发电的场合。当然,它也可以装在那里需要制动,但又没有空间安装制动电阻或者安装电阻会引起意外事故的地方,如酒精厂、化工厂等。另外一个非常有潜力的地方,就是需要有低谐波的应用场合。如在轮船上,就能



允许安装更小的发电机组。在一些隔离系统中能降低设备的体积,而省去了类似 12 脉波变频器系统中的额外变压器。

2. 变频器的小型化、多功能化、网络化和无公害化发展

变频器性能的优劣,一要看其输出交流电压的谐波对电动机的影响;二要看对电网的谐波污染和输入功率因数;三要看本身的能量损耗如何。

在变频器主电路的拓扑结构方面,变频器的网侧变流器对低压小容量的装置常采用 6 脉波变流器,而对中压大容量的装置采用多重化 12 脉波以上的变流器。负载侧变流器对低压小容量装置常采用两电平的桥式逆变器,而对中压大容量的装置采用多电平逆变器。对于四象限运行的转动,为实现变频器再生能量向电网回馈和节省能量,网侧变流器应为可逆变流器,同时出现了功率可双向流动的双 PWM 变频器,对网侧变流器加以适当控制可使输入电流接近正弦波,减少对电网的公害。

脉宽调制变压变频器的控制方法可以采用正弦波脉宽调制控制、消除指定次数谐波的 PWM 控制、电流跟踪控制、电压空间矢量控制(磁链跟踪控制)。

交流电动机变频调整控制方法的进展主要体现在由标量控制向高动态性能的矢量控制与直接转矩控制(Direct Torque Control, DTC)发展,和开发无速度传感器的矢量控制和直接转矩控制系统方面。

微处理器的发展使数字控制成为现代控制器的发展方向。运动控制系统是快速系统,特别是交流电动机高性能的控制需要存储多种数据和快速实时处理大量信息。近几年来,国外各大公司纷纷推出以 DSP(数字信号处理器)为基础的内核,配以电动机控制所需的外围功能电路,集成在单一芯片内的称为 DSP 单片电动机控制器,价格大大降低,体积缩小,结构紧凑,使用便捷,可靠性提高。DSP 和普通的单片机相比,处理数字运算能力增强了 10~15 倍,可确保系统有更优越的控制性能。数字控制使硬件简化,柔性的控制算法使控制具有很大的灵活性,可实现复杂的控制规律,使现代控制理论在运动控制系统中应用成为现实,易于与上层系统连接进行数据传输,便于故障诊断、加强保护和监视功能,使系统智能化(如有些变频器具有自调整功能)。

变频器的网络化配置主要基于 3 个层面:设备层、控制层和信息层。其中变频器作为执行器,可以配接最基本的 RS232/RS485 串行通信协议、PROFIBUS 等现场总线协议以及局域网协议。针对不同的控制系统和不同的用户要求,配置和选用不同的网络协议。

网络化配置的变频器具有高精度的频率设定、远程控制与工厂信息化的基本要素以及远程诊断系统的特点。通过网络设定频率是一种高精度的频率设定,其具有通信速率高,稳定可靠,接线简单等优点,而且在模拟量控制时,输出端经过一个数/模转换器,经过导线,进入输入端(变频器)又经过一个模/数转换器才能参与控制。两个转换器位数不同和导线损耗都可能造成一定误差,而通信传递直接是数字量,不需要转换,没有误差,在传输过程中不会造成损耗,而且响应速度率也会很高。

变频器经常被用于系统复杂、工作环境恶劣、高负荷、长时间运行的工况中,如无人值守泵站、油田抽油机等,变频器故障率在这种环境中自然比较高,一般都采取事后维修的方式进行,随着电子技术的发展,传统的维修方式将变为故障预报和整机在线维修。因此,有必要对其实现在线工作状态的监测以及对常规故障机理进行综合分析研究,以便对其故障的事先诊断分析。目前大功率变频器的故障诊断、远程监控系统及智能控制方面取得了较大进



展, 并已经投入实际运行。

在网络化日益普及的今天, 对普通的点对点硬线连接方式而言, 通过高速通信连接的变频器系统可以最大程度上降低系统维护时间、提高生产效率、减少运行成本。目前安装的现场总线模块有 PROFIBUS-DP、Interbus、DeviceNet、CANOpen 和 ModbusPlus 等。用户可以有更大的自由根据生产过程来选择 PLC 型号和品牌, 并非常简单地集成到现有的网络中去。而且通过现场总线模块可以不考虑变频器的型号, 而以同一种语言来与不同功率段、不同型号的变频器进行组构, 如功率、速度、转矩、电流、设定值等。

由于采用了通信方式, 可以通过 PC 来方便地进行组态和系统维护, 包括上传、下载、复制、监控、参数读写等。

工业控制网络作为工业企业综合自动化系统的基础, 现今推出的变频器具有极其灵活的通信功能, 通过总线不仅可在变频器之间进行通信, 还可与 PLC 或上一级自动化系统进行通信, 如西门子 SIMOVERT MASTERDRIVES 安装通信模块后, 即可通过 PROFIBUS-DP 以 12Mbit/s 的速率, 或 CAN 总线与更高级别的系统或其他变频传动装置通信。通过一个高水平的、用户友好的界面, 变频器的所有参数都可形象化地显示、设定、处理, 也可进行诊断操作以及实现在线或离线操作等。

4

此外, 随着变频器的进一步推广和应用, 用户也在不断提出各种新的要求, 促使变频器功能多样化。

近年来, 人们对环境问题非常重视, 并出现了“绿色产品”的名称, 因此也必须考虑变频器对周围环境的影响。在变频器的推广和应用初期, 噪声问题曾经是一个比较大的问题, 随着 IGBT 的低噪声变频器的出现, 噪声问题基本上得到了解决。通过在变频器中采用 PWM 整流电路, 基本上解决了变频器本身造成的谐波, 防止影响接于同一电源上的其他设备。随着变频技术的发展以及人们对环境问题的重视, 变频器对周围环境的影响可以不断减少, 无公害化变频器的推出已经成为大势所趋。

3. 向伺服系统发展

在电气传动领域, 综合利用各种控制技术和控制方法, 可有效地完成各种复杂的自动化控制任务。由于生产工艺发展的需要, 要求控制精度更高、速度更快、定位更准, 通用变频器已经不能完全满足工艺的要求了, 这就促进了变频器向伺服系统的发展。许多变频器厂家都生产了伺服系统, 德国路斯特 (LUST) 公司推出的伺服驱动系统不仅控制精度高, 而且容量大。异步电动机伺服驱动系统的容量为 370W ~ 90kW; 同步电动机伺服驱动的电为 2 ~ 170A, 这都是目前可以见到的最大容量的伺服系统。

4. 同步电动机的配合应用

交流同步电动机已成为交流可调速传动中的一颗新星, 特别是永磁同步电动机, 电动机是无刷结构, 功率因数高, 效率也高, 转子转速严格与电源频率保持同步。同步电动机变频调速系统有他控变频和自控变频两大类, 自控变频同步电动机在原理上和直流电动机极为相似, 用电力电子变流器取代了直流电动机的机械换向器, 如采用交-直-交变压变频器时叫做“直流无换向器电动机”或称“无刷直流电动机”。传统的自控变频同步机调速系统有转子位置传感器, 现正开发无转子位置传感器的系统, 且已经取得重大进步并已在市场成功应用。同步电动机的他控变频方式也可采用矢量控制, 其按转子磁场定向的矢量控制方式比异步电动机简单。



现在以 ABB 公司应用在造纸同步电动机上的变频应用为例来说明。

ABB 公司有着 100 多年从事纸机传动系统设计和供应的历史,从最初的长轴传动,到 20 世纪 60 年代的直流分部传动,然后再到 1983 年的世界第一个纸机工业的交流分部传动,最后在 1999 年在芬兰一家造纸厂应用了一个新的纸机传动系统,即采用同步电动机的直接变频传动。其后,ABB 公司非常顺利而且成功地在纸机工业规模化应用了同步变频系统。

传统的系统(包括直流或异步交流电动机)都是通过减速箱与电动机相连,最后与纸机传动部分连接;而在同步变频传动中,电动机是直接耦合到纸机传动部分的,取消了中间环节。

在 ABB 系统中,传动系统通常是由 ACS600 变频器组成的,其硬件组成是与传统的交流异步传动一致的,而软件的设计则是专用的永磁电动机(同步电动机的一种)驱动软件。同步电动机允许在纸机上采用无编码器的运行方式。传动部分的控制系统、应用软件以及人机界面的控制这几部分都是跟 ABB 公司在纸机上的解决方案一致。因此,直接传动能与其他 ABB 公司传动方案同时并列运行,而且 ACS600 变频器无须更换就可以升级到新的直接传动系统上。

采用同步电动机的最有效特点:

- 1) 大大降低电动机尺寸;
- 2) 高效率的转矩输出;
- 3) 无编码器运行。

目前大多数的纸机需要安装速度编码器来反馈电动机转速,而且编码器也被证明是可靠的。但是安装的编码器由于是采用轴承,需要常规定期性地维护保养和润滑,在一个大型的纸机(如 50 个传动)上每隔一定的周期还必须更换所有的编码器以防止意外的由编码器故障引起的纸机停机。从这个层面上来说,无编码器的运行自然是同步电动机直接传动的一个优点和着眼点。

电动机的实际速度是需要同时反馈和监测的,一个计算电动机速度的新方法已经在 ACS DTC 得到了发展和应用。将 ABB 公司传统的交流传动纸机改造成一个直接传动的纸机系统是非常简单的,造纸厂需要购买新的直接传动部分的电动机,同时将 ABB 公司的常规变频器 ACS600 通过下载 PM-DTC 软件来升级,而且新的直接传动的系统可以与现有的交流或直流传动系统同时正常运行。总而言之,用户将从直接传动中获益。

5. 节能服务盛行下,变频器行业受益明显

节能必节电,变频器是理想的节电设备。电机节能是国家实现节能减排的重要方向:电机系统是重要的工业耗能设备,年耗电量达 1.2 万亿 kWh,占工业耗电的 60%~70%,占全国总耗电量的 50%。如果将所有电机系统效率都提高 5%,则每年几乎可以节省一个三峡电站的发电量。所以考虑到电机的巨大能耗,国家已经出台多项政策鼓励支持电机节能技术开发和电机节能产品的应用。

变频调速是电机节能的最佳途径(见表 1-1):变频器通过利用软硬件控制系统来控制电力半导体器件的通断作用,将工频电源变换为另一种频率,从而实现电动机软启动和变速运行,其平均节电率达到 20%~30%,最高达到 60%,设备投资回收期仅在 1~2 年,是工业节能的重要设备。



表 1-1 电机节能的三大途径, 变频调速节能显著

电机节能方式	特 点	使用 场 合
变频调速	节能效果好, 可节电 30% 以上	电机负荷变化较大, 适合调速的工况
采用高效节能电机	比普通电机的效率高约 3% ~ 5%	常处于恒速运行时, 高效电机节能效果好
无功补偿器 (SVC)	提升功率因素, 提高电机运行效率	一般用于高压大功率电机

变频器节能主要表现在风机水泵的应用上, 使用变频器的电机起动电流从零开始, 逐渐增加, 最大值也不超过额定电流, 减轻了对电网的冲击和对供电容量的要求, 从而达到节能的效果; 同时还延长了设备的使用寿命, 节省了设备的维护费用。尤其在精细加工领域, 通过变频器高质量地控制电机转速, 可以大幅度提高制造工艺水准。可以说, 变频器是目前最理想、最有前途的电机节能设备。当然, 在其他行业如纺织、电梯等行业, 同步电机的变频系统也取得了卓有成效的推广。虽然变频器有着诸多优点, 但是由于价格的问题, 其大规模推广应用受到限制, 因此过去较长一段时间都处于所谓“叫好不叫座”的尴尬境地。变频器的最初用途是速度控制, 随着技术发展和社会对能源运用效率要求的日益提高, 才逐渐被用于节能领域, 至如今变频器已是电机节能的发展方向。变频调速技术较早用于煤炭行业的是矿井提升机, 目前发达国家已将变频器普遍用于带式输送机的调速或带式输送机起动控制, 风机调速以及水泵的调速等。在上述设备中采用变频器除了提高传动性能外, 更主要的是可以节约能源。

目前, 电力行业的节能、减排、降耗形势更加严峻, 由于变频器可以在许多行业内高效地节约电能并提高工艺水平, 因此从某种程度上说, 大力推广变频器在各行业的应用, 可以减轻电力行业发电量指标的压力, 在节约电能的同时还能减少排放降低能耗。

我们知道, 同步变频系统在硬件上并无太大区别, 甚至可以直接使用, 而软件上就必须采用新的控制思路, 矢量控制是一种控制永磁同步电动机的实用而有效的方法。随着技术的进一步发展, 变频器的发展和应用也将呈现更为活跃的现象, 比如矩阵变频器的出现和推广、网络化配置的变频器将成为主流以及同步电动机的变频应用等, 而这些趋势都将推进变频器的进一步普及。

1.1.2 变频技术的概况

自 20 世纪 70 年代变频器问世以来, 经过近半个世纪的研究, 变频技术从晶闸管 (SCR) 发展到今天的大功率晶体管 (IGBT、IGCT) 和耐高压大功率晶体管 (HV-IGBT), 控制技术也发展到今天的矢量控制和直接转矩控制, 且已全数字化, 其机械特性硬度能满足具有一定硬性负载的调速要求。

IGBT、IGCT (集成门极换流晶闸管) 等新型电力电子器件的发展、DSP (数字信号处理器) 和 ASIC (Application Specific Integrated Circuit, 专用集成电路) 的快速发展以及新颖控制理论和技术 (如磁场定向矢量控制、直接转矩控制等) 的完善, 使变频调速系统在调速范围、调速精度、动态响应、功率因数、运行效率和使用方便等性能指标都超过了直流调速系统, 受到各行各业的欢迎并取得显著的经济效益。

此后的 20 多年中, 电力电子技术和微电子技术以惊人的速度向前发展, 变频调速传动技术也随之取得了日新月异的进步。这种进步, 突出表现在变频装置的大容量化、主开关器