

电气自动化通用设备应用系列

三菱变频器 入门与典型应用

王建 徐洪亮 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电气自动化通用设备应用系列

三菱变频器 入门与典型应用

主 编 王 建 徐洪亮
副主编 张 宏 李迎波 陈玉楼 何海龙
参 编 张 凯 王春晖 李娜娜 侯艳丽 吴 婧
主 审 李 伟



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

变频器是近年来广泛流行的被国外称为“新近国家三大支柱”之一的工业自动化理想控制装置,现已广泛应用于自动化的各个领域。

本书以三菱系列变频器为例,系统地介绍了变频器的基本使用方法及操作技能,并介绍了十余种典型应用线路。全书共分3章:第1章变频器基础知识,主要介绍了变频器的选用、安装与维护,参数的基本操作等;第2章通用变频器的基本应用,主要介绍了变频器的正反转控制、点动控制、组合运行控制、外接两地控制、多段速控制,以及程序操作和PID控制运行操作;第3章介绍通用变频器与PLC在典型控制系统中的应用,包括恒压供水系统、中央空调控制系统、运料小车控制系统、物料传送分拣控制系统等。本书章节内容按照“基本知识”、“实践演练”、“自我训练”模块划分,对理论知识点到为止,适当简化对“是什么”的陈述,尽量压缩对“为什么”的解释,在可允许的篇幅内充分放大对“怎么办”的具体说明,以提升技能操作为目的。

本书可作为工矿企业的电气技术人员,中、高级电工,设备操作人员的入门读物,也可供专业院校高技能人才培养和相关人员自学使用。



图书在版编目(CIP)数据

三菱变频器入门与典型应用 / 王建, 徐洪亮主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

(电气自动化通用设备应用系列)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8050 - 6

I. 三… II. ①王…②徐… III. 变频器 - 基本知识
IV. TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 168576 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年3月第一版 2009年3月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 16印张 286千字

印数0001—3000册 定价30.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

前言

PREFACE

国家《高技能人才培养体系建设“十一五”规划纲要》（简称《纲要》）要求，在“十一五”期间，要完善高技能型人才培养体系建设，加快培养一大批结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识建设技能型高技能人才。《纲要》是加快推进人才强国战略，提升产业工人队伍整体素质，增强我国核心竞争力和自主创新能力的重要举措。

为加快培养一大批数量充足、结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才，我们组织有关专家、学者和高级技师编写了一套《电气自动化通用设备应用系列》丛书。在本丛书的编写过程中，贯彻了“简明实用，突出重点”的原则，把编写重点放在以下几个方面：

第一，内容上突出新知识、新技术、新工艺和新材料，力求反映电气自动化的四新技术。涵盖了可编程控制器、变频器、单片机、触摸屏、传感器以及工控组态等现代工业支柱的内容。

第二，坚持以能力为本，编写形式上采用了理论和技能全面兼顾的模式，力求使本丛书在编写形式上有所创新，以任务驱动型为主线，使本丛书更为实用。

第三，从推广综合应用的角度出发，突出了各项技术的综合和典型应用，服务于生产实际。

但愿本丛书为广大电气工作人员所乐用，使本丛书成为您的良师益友！

由于时间和编者的水平有限，书中难免存在缺点错误，敬请广大读者对本丛书提出宝贵意见。

编者

2008年5月

目 录

CONTENTS

前言

第 1 章 变频器的基本知识	1
1.1 变频器的常识	1
1.2 变频器的选用、安装与维护	35
1.3 变频器参数的基本操作	61
第 2 章 通用变频器的基本应用	109
2.1 变频器的正、反转控制	109
2.2 变频器的点动控制	120
2.3 变频器的组合运行控制	126
2.4 变频器的外接两地控制	133
2.5 变频器的多段速控制	137
2.6 变频器的 PID 控制运行操作	144
2.7 变频器的多级加减速控制	153
第 3 章 通用变频器在典型控制系统中的应用	160
3.1 恒压供水系统	160
3.2 医疗废物焚烧控制系统	182
3.3 注塑机控制系统	189
3.4 中央空调控制系统	196
3.5 运料小车控制系统	207
3.6 物料传送分拣控制系统	214
附录 I 三菱 FR-A740 变频器参数表	231
附录 II 三菱 FR-A740 变频器保护功能表	242
参考书目	247

第 1 章 变频器的基本知识

学习目标



1. 掌握变频器的基本理论。
2. 熟悉变频器的外形、结构及组成部件。
3. 熟悉变频器的面板的操作技能。

1.1 变频器的常识

学习目的



1. 熟悉变频器的种类及应用。
2. 掌握变频器的工作原理。

◎ [基础知识]

变频器是将固定频率的交流电变换为频率连续可调的交流电的装置。随着微电子学、电力电子技术、计算机技术和自动控制理论等的发展，变频器技术也在不断发展，其应用越来越普遍。变频器的外观如图 1-1 所示。



(a)



(b)

图 1-1 变频器的外观图
(a) 三菱变频器；(b) 富士变频器

1.1.1 变频器的结构

通用变频器由主电路和控制电路组成，其基本结构如图 1-2 所示。主电路包括整流器、中间直流环节和逆变器。控制电路由运算电路、检测电路、控制信号的输入/输出电路和驱动电路组成。

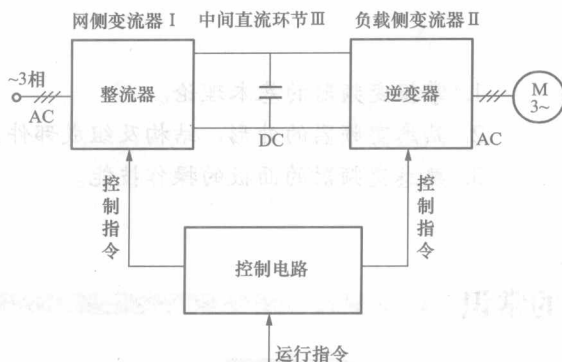


图 1-2 通用变频器的基本结构

1. 主电路

(1) 整流电路。整流电路的主要作用是把三相（或单相）交流电转变成直流电，为逆变电路提供所需的直流电源。按使用的器件不同，整流电路可分为不可控整流电路和可控整流电路。如图 1-3 中的 VD1 ~ VD6。

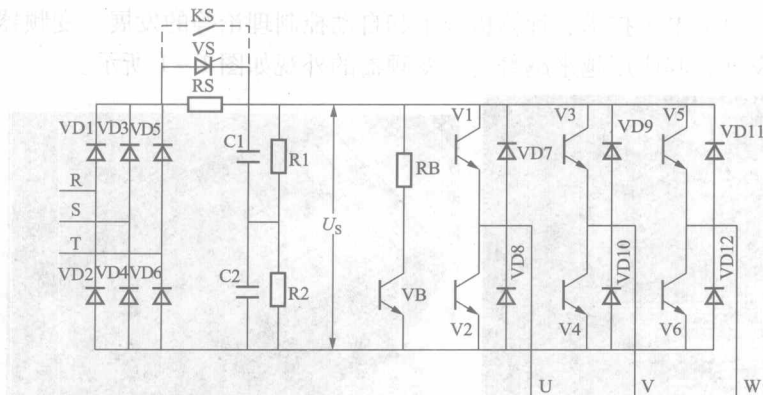


图 1-3 交-直-交电压型变频器主电路

不可控整流电路使用的器件为电力二极管（PD），可控整流电路使用的器件通常为普通晶闸管（SCR）。

1) 电力二极管 (PD)。电力二极管指可以承受高电压大电流, 具有较大耗散功率的二极管。电力二极管的内部结构是一个 PN 结, 加正向电压导通, 加反向电压截止, 是不可控的单向导通器件。电力二极管与普通二极管的结构、工作原理和伏安特性相似, 但它们的主要参数和选择原则不尽相同。电力二极管的图形符号如图 1-4 所示, 其中 A 为阳极, K 为阴极, 伏安特性如图 1-4 (d) 所示, 主要参数有正向平均电流 I_F 、反向重复峰值电压 U_{RRM} 、反向不重复峰值电压 U_{RSM} 和正向平均电压 U_F 等。

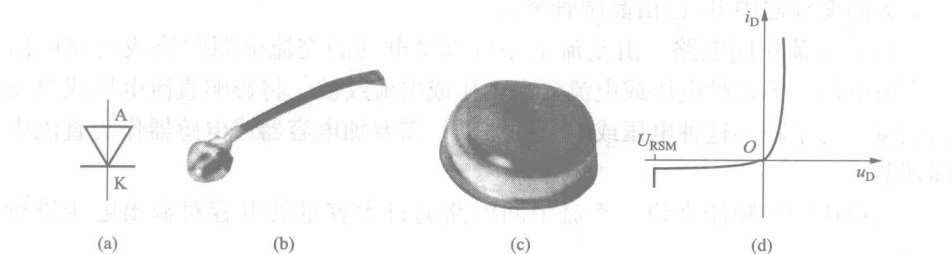


图 1-4 电力二极管图形符号和伏安特性

(a) 符号; (b)、(c) 外形; (d) 伏安特性

2) 普通晶闸管 (SCR)。普通晶闸管是双极型电流控制器件, 其图形符号如图 1-5 (a) 所示, 其中, A 为阳极, K 为阴极, G 为门极, 其伏安特性如图 1-5 (b) 所示。当对晶闸管的阳极和阴极两端加正向电压, 同时在它的门极和阴极两端也适当加正向电压时, 晶闸管开通。但导通后门极失去控制作用, 不能用门极控制晶闸管关断, 所以它是半控器件。其主要参数有断态重复峰值电压 U_{DRM} 、反向重复峰值电压 U_{RRM} 、通态平均电压 U_{TAV} 、通态平均电流 $I_{T(AV)}$ 、维持电流 I_H 、擎住电流 I_L 、通态浪涌电流 I_{TSM} 等。

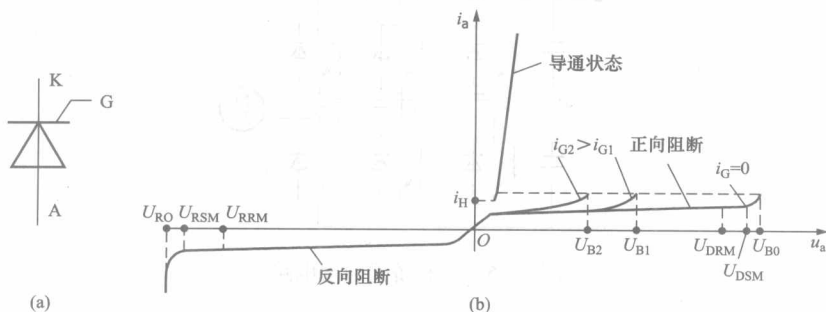


图 1-5 图形符号和伏安特性

(a) 图形符号; (b) 伏安特性

(2) 滤波及限流电路。滤波电路通常由若干个电解电容并联成一组,如图 1-3 中 C1 和 C2。为了解决电容 C1 和 C2 均压问题,在两电容旁各并联一个阻值相等的均压电阻 R1 和 R2。

在图 1-3 中,串接在整流桥和滤波电容之间的限流电阻 R_s 和短路开关(虚线所划开关)组成了限流电路。当变频器接入电源的瞬间,将有一个很大的冲击电流经整流桥流向滤波电容,整流桥可能因电流过大而在接入电源的瞬间受到损坏,限流电阻 R_s 可以削弱该冲击电流,起到保护整流桥的作用。在许多新的变频器中 R_s 已由晶闸管替代。

(3) 直流中间电路。由整流电路可以将电网的交流电源整流成直流电压或直流电流,但这种电压或电流含有电压或电流纹波,将影响直流电压或电流的质量。为了减小这种电压或电流的波动,需要加电容器或电感器作为直流中间环节。

对电压型变频器来说,直流中间电路通过大容量的电容对输出电压进行滤波。

对电流型变频器来说,直流中间电路通过电感对输出电压进行滤波。

(4) 逆变电路。逆变电路是变频器最主要的部分之一,它的功能是在控制电路的控制下,将直流中间电路输出的直流电压转换为电压、频率均可调的交流电压,实现对异步电动机的变频调速控制。变频器中应用最多的是三相桥式逆变电路,如图 1-6 所示,它是由电力晶体管(GTR)组成的三相桥式逆变电路,该电路关键是对开关器件电力晶体管进行控制。目前,常用的开关器件有门极可关断晶闸管(GTO)、电力晶体管(GTR 或 BJT)、功率场效应晶体管(P-MOSFET)以及绝缘栅双极型晶体管(IGBT)等,在使用时要查阅相关的使用手册。

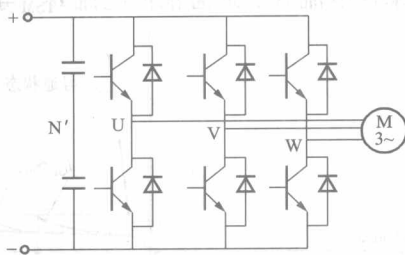


图 1-6 三相桥式逆变电路

1) 门极可关断晶闸管(GTO)的开通控制与晶闸管一样,但门极加负电压可使其关断,具有自关断能力,属于全控器件。其结构和图形符号如图

1-7所示,其中,A为阳极,K为阴极,G为门极,它的外形与普通晶闸管一样,其开关特性示意图如图1-8所示,图中 t_d 为延迟时间、 t_r 为上升时间、 t_s 为储存时间、 t_f 为下降时间、 t_t 为尾部时间。其多数参数与普通晶闸管相同,另外还有最大可关断阳极电流 I_{TQM} 和关断增益 G_{off} 等参数。

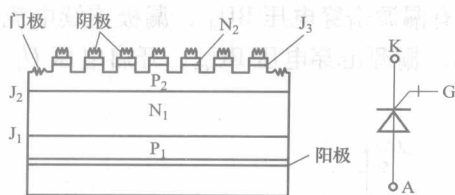


图1-7 门极可关断晶闸管的结构和图形符号

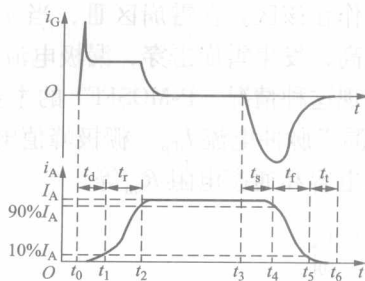


图1-8 开关特性示意图

2) 电力晶体管通常又称为双极型晶体管,是一种大功率高反压晶体管,属于全控型器件。其工作原理与普通中、小功率晶体管相似,但主要工作在开关状态,不用于信号放大。它所承受的电压和电流数值较大。GTR 作为大功率开关应用最多的是 GTR 模块,其结构和外形如图1-9所示,其中,B为基极、C为集电极、E为发射极。主要参数有反向击穿电压 U_{CEO} 、最大工作电流 I_{CM} 、集电极最大耗散功率 P_{CM} 、开通时间 t_{on} 、关断时间 t_{off} 等。

3) 电力 MOS 场效应晶体管 (P-MOSFET) 是单极型全控器件,由于电压控制,具有驱动功率小,控制线路简单,工作频率高的特点。其结构和图形符号如图1-10所示,其中,G为栅极,D为漏极,S为源极。P-MOSFET 的转移特性如图1-11所示,当 $u_{cs} < U_t$ 时, i_p 近似为零;当 $u_{cs} > U_t$ 时,随着 u_{gs} 的

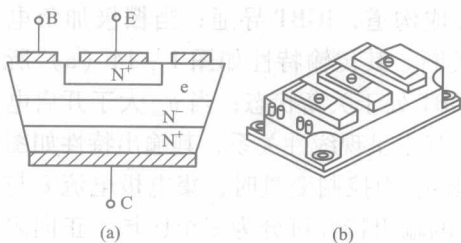


图1-9 GTR 模块的结构和外形
(a) 结构示意图; (b) 外形图

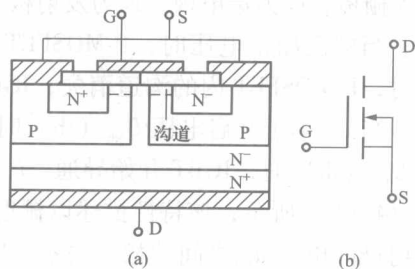


图1-10 P-MOSFET 的结构和图形符号
(a) 结构示意图; (b) 图形符号

增大 i_d 也增大。当 i_p 较大时, i_d 与 u_{cs} 的关系近似为线性。P-MOSFET 的输出特性如图 1-12 所示, 输出特性分为可调电阻区 I、饱和区 II 和雪崩区 III 三个区域。在可调电阻区 I 中, 器件的阻值是变化的; 在饱和区 II, 当 u_{gs} 不变时, i_d 几乎不随 u_{ds} 的增加而增加, 近似为一常数。当 P-MOSFET 用于线性放大时, 就工作在该区。在雪崩区 III, 当 u_{ds} 增加到某一数值时, 漏极 PN 结反偏, 电压过高, 发生雪崩击穿, 漏极电流 i_d 突然增加, 造成器件的损坏, 使用时应避免出现这种情况。P-MOSFET 的主要参数有漏源击穿电压 BU_{ds} , 漏极连续电流 I_d , 漏极脉冲电流 I_{dm} , 栅极峰值电流 I_{CP} , 栅源击穿电压 BU_{cs} , 开启电压 U_t , 极间电容和通态电阻 R_{on} 等。

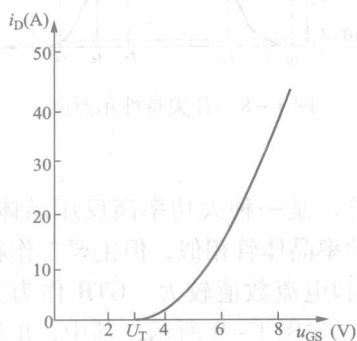


图 1-11 P-MOSFET 的转移特性

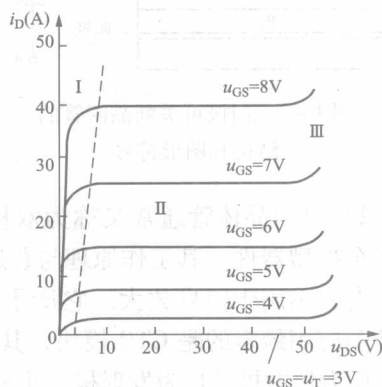


图 1-12 P-MOSFET 的输出特性

4) 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) 是复合型全控器件, 具有输入阻抗高、工作速度快、通态电压低、阻断电压高、承受电流大等优点, 是功率开关电源和逆变器理想的电力半导体器件。其结构和图形符号如图 1-13 所示, 其中, G 为栅极, C 为集电极, E 为发射极。IGBT 的开通和关断是由栅极电压来控制的。当栅极加正电压时, P-MOSFET 内形成沟道, IGBT 导通; 当栅极加负电压时, P-MOSFET 内的沟道消失, IGBT 关断。其传输特性如图 1-14 (a) 所示, 当 u_{ce} 小于开启电压 $U_{ge(th)}$ 时, IGBT 处于关断状态; 当 u_{ge} 大于开启电压 $U_{ge(th)}$ 时, IGBT 开始导通, i_c 与 u_{ge} 基本呈现线性关系, 其输出特性如图 1-14 (b) 所示, 该特性描述以栅射电压 u_{ge} 为控制变量时, 集电极电流 i_c 与集射极间电压 u_{ce} 之间的相互关系。IGBT 的输出特性可分为三个区域: 正向阻断区、有源区、饱和区。IGBT 的主要参数有集电极-发射极击穿电压 U_{ces} , 栅极-发射极击穿电压 U_{ces} , 集电极额定最大直流 I_c , 集电极-发射极间的饱和压降 $U_{ce(sat)}$ 和开关频率等。

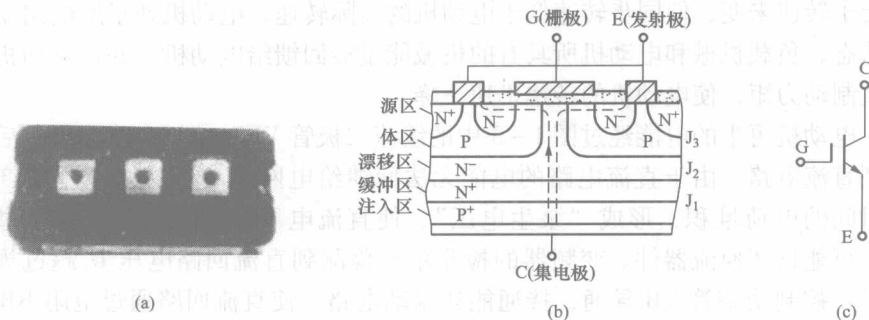


图 1-13 IGBT 模块的外形、结构示意图、图形符号

(a) IGBT 模块的外形; (b) 结构示意图; (c) 图形符号

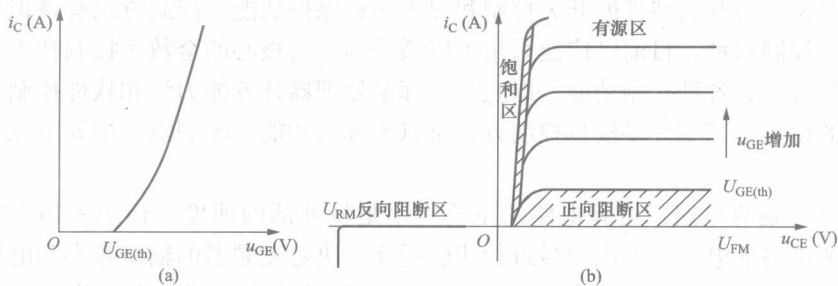


图 1-14 IGBT 的静态特性

(a) 传输特性; (b) 输出特性

在中小容量的变频器中多采用 PWM 开关方式的逆变电路, 换流器件为大功率晶体管 (GTR)、绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 或功率场效应晶体管 (PMOSFET)。随着可关断晶闸管 (GTO) 容量和可靠性的提高, 在中大容量的变频器中采用 PWM 开关方式的 GTO 晶闸管逆变电路逐渐成为主流。

在图 1-3 中, 由开关管器件 V1 ~ V6 构成的电路称为逆变桥, 由 VD7 ~ VD12 构成续流电路。续流电路的作用如下:

- 1) 为电动机绕组的无功电流返回直流电路提供通路。
- 2) 当频率下降使同步转速下降时, 为电动机的再生电能反馈至直流电路提供通路。
- 3) 为电路的寄生电感在逆变过程中释放能量提供通路。

(5) 能耗制动电路。在变频调速中, 电动机的降速和停机是通过减小变频器的输出频率从而降低电动机的同步转速的方法来实现的。当电动机减速时, 在频率刚减小的瞬间, 电动机的同步转速随之降低, 由于机械惯性, 电动

机转子转速未变,使同步转速低于电动机的实际转速,电动机处于发电制动运行状态,负载机械和电动机所具有的机械能量被回馈给电动机,并在电动机中产生制动力矩,使电动机的转速迅速下降。

电动机再生的电能经过图 1-3 中的续流二极管 VD7 ~ VD12 全波整流后反馈到直流电路,由于直流电路的电能无法回馈给电网,在 C1 和 C2 上将产生短时间的电荷堆积,形成“泵生电压”,使直流电压升高。当直流电压过高时,可能损坏换流器件。变频器的检测单元检测到直流回路电压 U_d 超过规定值时,控制功率管 VB 导通,接通能耗制动电路,使直流回路通过电阻 RB 释放电能。

2. 变频器控制电路

为变频器的主电路提供通断控制信号的电路称为控制电路。其主要任务是完成对逆变器开关器件的开关控制和提供多种保护功能,控制方式有模拟控制和数字控制两种。目前已广泛采用了以微处理器为核心的全数字控制技术,主要靠软件完成各种控制功能,以充分发挥微处理器计算能力强和软件控制灵活性高的特点,完成许多模拟控制方式难以实现的功能。控制电路主要由以下部分组成:

(1) 运算电路。运算电路的主要作用是将外部的速度、转矩等指令信号同检测电路的电流、电压信号进行比较运算,决定变频器的输出频率和电压。

(2) 信号检测电路。信号检测电路的作用是将变频器和电动机的工作状态反馈至微处理器,并由微处理器按事先确定的算法进行处理后为各部分电路提供所需的控制或保护信号。

(3) 驱动电路。驱动电路的作用是为变频器中逆变电路的换流器件提供驱动信号。当逆变电路的换流器件为晶体管时,称为基极驱动电路;当逆变电路

的换流器件为可控硅(SCR)、IGBT 或 GTO 时,称为门极驱动电路。

(4) 保护电路。保护电路的主要作用是对检测电路得到的各种信号进行运算处理,以判断变频器本身或系统是否出现异常。当检测到出现异常时,保护电路进行各种必要的处理,如使变频器停止工作或抑制电压、电流值等。三菱变频器的内部布置如图 1-15 所示。

1.1.2 变频器的基本工作原理

异步电动机的同步转速,即旋转磁场

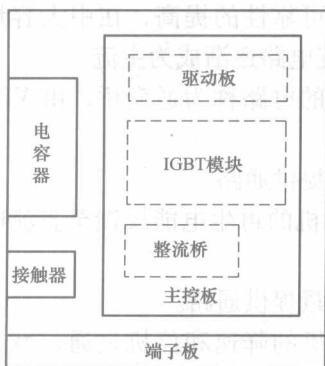


图 1-15 三菱变频器的内部布置

的转速为

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

式中 n_1 ——同步转速, r/min;

f_1 ——定子电流频率, Hz;

p ——栅极对数。

异步电动机的轴转速为

$$n = n_1(1-s) = \frac{60f_1}{p}(1-s)$$

式中 s ——异步电动机的转差率, $s = (n_1 - n) / n_1$ 。

改变异步电动机的供电频率, 可以改变其同步转速, 实现调速运行。

对异步电动机进行调速控制时, 希望电动机的主磁通保持额定值不变。磁通太弱, 则铁芯利用不充分, 同样的转子电流下, 电磁转矩小, 电动机的负载能力下降; 磁通太强, 则处于过励磁状态, 使励磁电流过大, 这就限制了定子电流的负载分量, 为使电动机不过热, 负载能力也要下降。异步电动机的气隙磁通(主磁通)是由定、转子合成磁动势产生的, 如何才能使气隙磁通保持恒定呢?

由电动机理论可知, 三相异步电动机定子每相电动势的有效值为

$$E_1 = 4.44f_1 N_1 \Phi_m$$

式中 E_1 ——旋转磁场切割定子绕组产生的感应电动势, V;

f_1 ——定子电流频率, Hz;

N_1 ——定子相绕组有效匝数;

Φ_m ——每极磁通量, Wb。

由上式可见, Φ_m 的值是由 E_1 和 f_1 共同决定的, 对 E_1 和 f_1 进行适当的控制, 就可以使气隙磁通 Φ_m 保持额定值不变。具体分析如下:

(1) 基频以下的恒磁通变频调速。这是考虑从基频(电动机额定频率 f_{1n}) 向下调速的情况。为了保持电动机的负载能力, 应保持气隙主磁通 Φ_m 不变, 这就要求降低供电频率的同时降低感应电动势, 保持 $E_1/f_1 = \text{常数}$, 即保持电动势与频率之比为常数进行控制。这种控制又称为恒磁通变频调速, 属于恒转矩调速方式。

但是, E_1 很难被直接检测和控制。当 E_1 和 f_1 的值较高时, 定子的漏阻抗压降相对比较小, 如忽略不计, 则可以近似地保持定子相电压 U_1 和频率 f_1 的比值为常数, 即认为 $U_1 = E_1$, 保持 U_1/f_1 为常数即可, 这就是恒压频比控制方式, 是近似的恒磁通控制。

当频率较低时, U_1 和 E_1 都较小, 定子漏阻抗压降 (主要是定子电阻压降) 不能再忽略。这种情况下, 可以人为地适当提高定子电压以补偿定子电压降的影响, 使气隙磁通基本保持不变。 U/f 的控制关系如图 1-16 所示。实际装置中 U_1 与 f_1 的函数关系并不简单的如曲线 2 所示。通用变频器中 U_1 与 f_1 之间的函数关系有很多种, 可以根据负载性质和运行状况加以选择。

(2) 基频以上的弱磁变频调速。这是考虑由基频开始向上调速的情况。频率由额定值 f_{in} 向上增大, 但电压 U_1 受额定电压 U_{in} 的限制不能再升高, 只能保持 $U_1 = U_{in}$ 不变。这样必然会使主磁通随着 f_1 的上升而减小, 相当于直流电动机弱调速的情况, 属于近似的恒功率调速方式。

综合上述两种情况, 异步电动机变频调速的基本控制方式如图 1-17 所示。

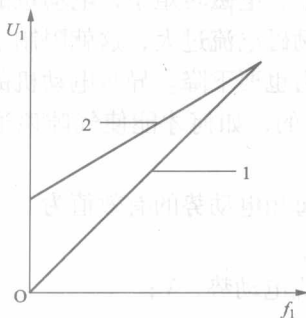


图 1-16 U/f 的控制关系

1 为 $U_1/f_1 = C$ (C 为常数) 时的电压—频率关系,

2 表示的是有电压补偿时 (近似的 $E_1/f_1 = C$,

C 为常数) 的电压—频率关系。

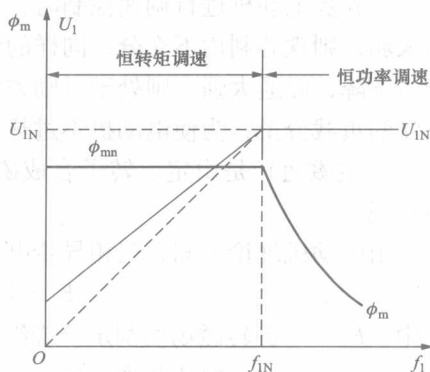


图 1-17 基本控制方式

由上面的分析可知, 异步电动机的变频调速必须按照一定的规律同时改变其定子电压和频率, 即必须通过变频装置获得电压频率均可调节的供电电源, 实现所谓的 VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) 调速控制。变频器可适应这种异步电动机变频调速的基本要求。

1.1.3 变频器的种类

1. 按变频的原理分类

(1) 交—交变频器。单相交—交变频器的原理框图如图 1-18 所示。它只有一个变换环节就可以把恒压恒频 (CVCF) 的交流电源转换为变压变频 (VVVF) 的电源, 因此称为直接变频器, 或称为交—交变频器。

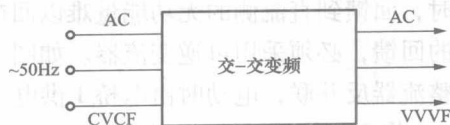


图 1-18 交-交变频器

(2) 交-直-交变频器。交-直-交变频器又称为间接变频器。基本组成电路有整流电路和逆变电路两部分，整流电路将工频交流电整流成直流电，逆变电路再将直流电逆变成频率可调节的交流电。根据变频电源的性质，交-直-交变频器可分为电压型变频器和电流型变频器。交-直-交变频器的原理框图如图 1-19 所示。

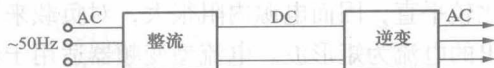


图 1-19 交-直-交变频器的原理框图

1) 电压型变频器。在电压型变频器中，整流电路产生的直流电压通过电容进行滤波后供给逆变电路。由于采用大电容滤波，故输出电压波形比较平直，在理想情况下可以看成是一个内阻为零的电压源，逆变电路输出的电压为矩形波或阶梯波。电压型变频器多用于不要求正反转或快速加减速的通用变频器。电压型变频器的主电路结构如图 1-20 (a) 所示。

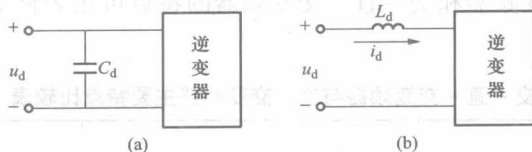


图 1-20 电压型和电流型变频器的主电路结构

(a) 电压型变频器；(b) 电流型变频器

这种变频器在大多数情况下采用 6 脉波运行方式，晶闸管在一个周期内导通 180° 。该电路的特点是：中间直流环节的储能元件采用大电容，负载的无功功率将由它来缓冲。由于大电容的作用，主电路直流电压 E_d 比较平稳，电动机端的电压为方波或阶梯波。由于直流电源内阻比较小，相当于电压源，故称为电压源型变频器或电压型变频器。

对负载电动机而言，变频器是一个交流电压源，在不超过容量限度的情况下，可以驱动多台电动机并联运行，具有不选择负载的通用性。其缺点是电动

机处于再生发电状态时，回馈到直流侧的无功能量难以回馈给交流电网。要实现这部分能量向电网的回馈，必须采用可逆变流器。如图 1-21 所示，电网侧交流器采用两套全控整流器反并联，电动时由电桥 I 供电，回馈时电桥 II 作有源逆变运行（ $\alpha > 90^\circ$ ），将再生能量回馈给电网。

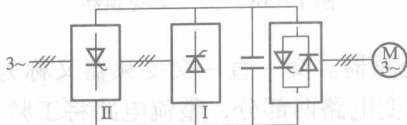


图 1-21 再生能量回馈型电压型变频器

2) 电流型变频器。当交-直-交变频器的中间直流环节采用大电感滤波时，直流电流波形比较平直，因而电源内阻很大，对负载来说基本上是一个电流源，逆变电路输出的电流为矩形波。电流型变频器适用于频繁可逆运转的变频器和大容量的变频器。电流型变频器的主电路结构如图 1-20 (b) 所示。

这种电流型变频器，其逆变器中晶闸管每周期工作 120° ，属于 120° 导电型。电流型变频器的一个较突出的优点是，当电动机处于再生发电状态时，回馈到直流侧的再生电能可以方便地回馈到交流电网，不需在主电路内附加任何设备，只要利用电网侧的不可逆变流器改变其输出电压极性（控制角 $\alpha > 90^\circ$ ）即可。这种电流型变频器可用于频繁加、减速的大容量电动机的传动，在大容量风机、泵类节能调速中也有应用。

(3) 交-交变频器和交-直-交变频器的特点可用表格的形式加以对比，见表 1-1。

表 1-1 交-直-交变频器与交-交变频器主要特点比较表

类别 比较项目	交-直-交变频器	交-交变频器
换能形式	两次换能，效率略低	一次换能，效率较高
换流方式	强迫换流或负载谐振换流	电源电压换流
装置元器件数量	元器件数量较少	元器件数量较多
调频范围	频率调节范围宽	一般情况下，输出最高频率为电网频率的 $1/3 \sim 1/2$
电网功率因数	用可控整流调压时，功率因数在低压时较低； 用斩波器或 PWM 方式调压时，功率因数高	较低
适用场合	可用于各种电力拖动装置、稳频稳压电源和 不停电电源	特别适用与低速大功率 拖动