



国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐

高等职业院校电气自动化技术专业

变频技术的应用

GNH

Dianqi Zidonghua Jishu Zhuanye

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

GaodengZhiyeJishuYuanxiao



中国劳动社会保障出版社

国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐
高等职业技术学院电气自动化技术专业

变频技术的应用

主编 唐修波

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

变频技术及应用/唐修波主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2006
高等职业院校电气自动化技术专业

ISBN 7-5045-4756-5

I. 变… II. 唐… III. 变频调速 IV. TM921.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第087816号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出 版 人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京印刷集团有限责任公司印刷二厂印刷 北京密云青云装订厂装订

787毫米×1092毫米 16开本 12.5印张 309千字

2006年10月第1版 2006年10月第1次印刷

定价: 20.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

为贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》精神，坚持以就业为导向的职业教育办学方针，推进高等职业技术学院课程和教材改革，劳动和社会保障部教材办公室组织一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与企业、行业一线专家，共同研究开发了电类专业课程的基础平台，涉及电工基础、模拟电子技术、数字电子技术、电工基本技能、金工实习等课程；还开发了电气自动化技术、应用电子、移动通信技术三个专业模块的课程。在课程开发的同时，编写了电类专业相关教材 36 种。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

第一，从职业（岗位）需求分析入手，参照国家职业标准《维修电工》《家用电子产品维修工》《电子设备装接工》《家用电器产品维修工》《用户通信终端（移动电话机）维修员》的要求，精选教材内容，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想。

第二，体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，有利于帮助学生掌握知识、形成技能、提高能力。

第三，按照教学规律和学生的认知规律，合理编排教材内容。尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

第四，突出教材的先进性，较多地编入新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，以期缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需求。

在上述教材的编写过程中，得到有关省市教育部门、劳动和社会保障部门以及一些高等职业技术学院的大力支持，教材的诸位主编、参编、主审等做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2006 年 6 月

内 容 简 介

本书为国家级职业教育规划教材，根据高等职业技术学院电气自动化技术专业教学计划和教学大纲，由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。内容涉及通用变频器的基本工作原理、变频器的功能及参数设置、变频器的实际操作与运行以及变频器在一些典型机电设备控制系统中的应用等。

本书为高等职业技术学院电气自动化技术专业教材，也可作为成人高校、广播电视大学、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的电气自动化技术专业教材，或作为自学用书。

本书由唐修波主编，参加编写的有陆继中、孙怀荣、汪金星，由宋峰青主审。

目 录

模块一 通用变频器的基本操作	(1)
任务一 通用变频器的认识	(1)
任务二 变频器的运行操作	(22)
任务三 变频器的外部运行操作	(36)
任务四 变频器的组合运行操作	(43)
任务五 变频器的程序运行操作	(48)
任务六 变频器的 PID 控制运行操作	(53)
任务七 变频器的选择、安装与维护	(57)
模块二 PLC 与变频器组成的调速系统	(67)
任务一 PLC 与变频器的连接	(67)
任务二 PLC 控制变频器实现电动机的正反转	(72)
任务三 变频与工频的切换控制	(76)
任务四 多段速调速的控制	(82)
模块三 变频调速在金属切削机床中的应用	(89)
任务一 变频调速在车床主运动拖动系统中的应用	(89)
任务二 变频调速在龙门刨床拖动系统中的应用	(97)
模块四 变频调速在恒压供水系统中的应用	(111)
模块五 变频器在风机系统中的应用	(129)
任务一 冲天炉风机系统的变频调速控制	(129)
任务二 利用变频器对鼓风机进行程控调速控制	(137)
模块六 变频调速在中央空调系统中的应用	(143)
任务一 认识中央空调系统	(143)
任务二 中央空调的变频调速控制	(147)
任务三 利用 PLC 和变频器对中央空调进行改造	(154)
附录	(166)
附录 A 三菱变频器 FR - A540 系列	(166)
附录 B 森兰变频器	(180)
附录 C 安川 G7 系列变频器	(186)
参考文献	(193)

模块一 通用变频器的基本操作

任务目标

1. 了解通用变频器的基本组成,理解其工作原理。
2. 熟悉三菱变频器的结构,并能进行拆装。
3. 熟悉三菱变频器的标准接线,掌握各端子的功能及使用方法。
4. 掌握三菱变频器基本参数的功能及其设置方法。
5. 熟悉三菱变频器的基本功能单元,能熟练进行基本的运行操作与调试。
6. 了解三菱变频器各种控制模式的特点,并能熟练对各种控制模式进行操作调试。
7. 了解常用电力电子器件方面的有关知识,会通过查询有关使用手册选择和使用有关电力电子器件。
8. 能进行变频器的安装、日常维护和一般故障处理。

任务一 通用变频器的认识

任务目标

1. 熟悉变频器的铭牌与结构。
2. 掌握变频器前盖板和操作面板的拆卸与安装。
3. 掌握通用变频器的基本结构。
4. 理解通用变频器的基本工作原理。

任务引入与分析

近年来,异步电动机的调速技术有了很大的提高,使得三相交流异步电动机在工农业生产中得到了迅速的推广和应用。一般机械设备中的电动机调速框图如图 1—1 所示,常用的调速方法有:变极调速、定子调压调速、转差离合器调速等。随着工农业生产对调速性能要求的不断提高和电力电子技术和微电子技术的迅速发展,变频调速技术日趋成熟,变频器调速框图如图 1—2 所示。

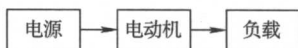


图 1—1 一般机械设备中的电动机调速框图

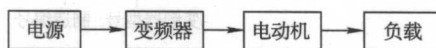


图 1—2 变频器调速框图

在交流异步电动机的诸多调速方法中,变频器调速的性能最好,调速范围宽,静态特性好,运行效率高。采用通用变频器对笼式异步电动机进行速度控制,其使用方便、可靠性高、经济效益显著,现已逐步得到推广。那么,变频器是由哪些部分组成的?它是如何实现变频器调速的?如何进行拆卸和安装?下面就来学习相关知识。

相关知识

一、通用变频器

1. 变频器的组成部件

变频器从外部结构来看,有开启式和封闭式两种。开启式的散热性能好,但接线端子外露,适用于电气柜内部的安装;封闭式的接线端子全部在内部,不打开盖子是看不见的。下面以封闭式变频器为例说明。

(1) 变频器的外部特征

如图 1—3 所示,中间有按键和显示窗的部件是参数单元,也叫操作单元,左上角有两个指示灯,上面是电源指示灯,下面是报警指示灯,电源进线和电动机的出线孔在变频器的下部,图中看不见。

(2) 变频器前盖板及操作面板

拆卸前盖板和操作面板后看到的结构,如图 1—4 所示。



图 1—3 变频器外观

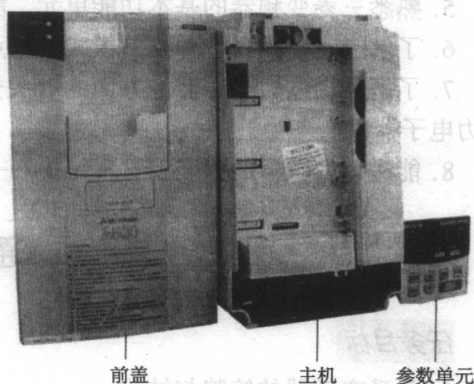


图 1—4 拆去盖板后的变频器

2. 通用变频器的铭牌

通用变频器的铭牌位置和有关内容如图 1—5 所示。

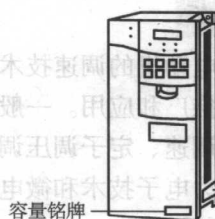


图 1—5 通用变频器的铭牌

3. 外观和结构

变频器的外观和结构如图 1—6 所示。

4. 前盖板的拆卸与安装

(1) 拆卸

前盖板的拆装如图 1—7 所示,步骤如下:

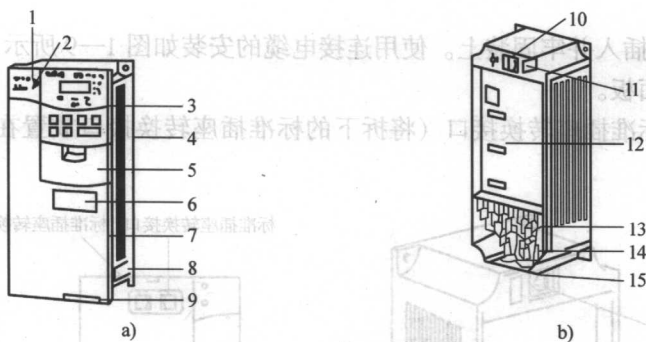


图 1—6 外观和结构

a) 前视图 b) 无前盖板

1—电源灯 2—报警灯 3—操作面板 (FR-DU04) 4—制动电阻 * (安装在背面) * 7.5 K 以下变频器装有内置制动电阻
5—辅助盖板 6—选件接线口 7—前盖板 8—定额铭牌 9—容量铭牌 10—PU 接口 (具体有标准插座型转换接口)
(用于 RS-485 电缆) 11—标准插座型转换接口隔间 12—内置选件安装位置 13—控制回路端子排
14—主回路端子排 15—接线盖

1) 手握着前盖板上部两侧向下推。

2) 握着向下的前盖板向身前拉, 就可将其拆下 (带着 PU (FR-DU04/FR-PU04) 时也可以连参数单元一起拆下)。

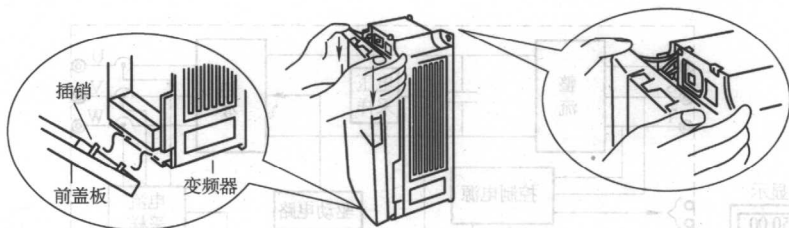


图 1—7 前盖板的拆装

(2) 安装

1) 将前盖板的插销插入变频器底部的插孔。

2) 以安装插销部分为支点将盖板完全推入机身。

注意: 安装前盖板前应拆去操作面板; 为确保安全, 请断开电源再拆卸和安装。

5. 操作面板的拆卸与安装

(1) 拆卸

操作面板的拆装如图 1—8 所示。一边按着操作面板上部的按钮, 一边拉向身前, 即可拆下。

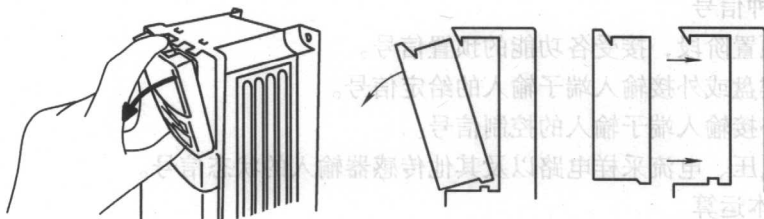


图 1—8 操作面板的拆装

(2) 安装

安装时，垂直插入并牢固装上。使用连接电缆的安装如图 1—9 所示，步骤如下：

1) 拆去操作面板。

2) 拆下连接标准插座转换接口（将拆下的标准插座转换接口放置在标准插座转换接口隔间处）。

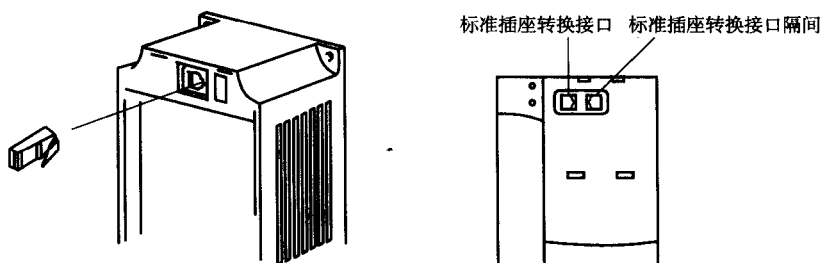


图 1—9 连接电缆的安装

3) 将电缆的一端牢固插入机身的插座上，将另一端插到 PU 上。

注意：请不要在拆下前盖板的状态下安装操作面板。

二、变频器的内部结构

变频器内部结构框图如图 1—10 所示。

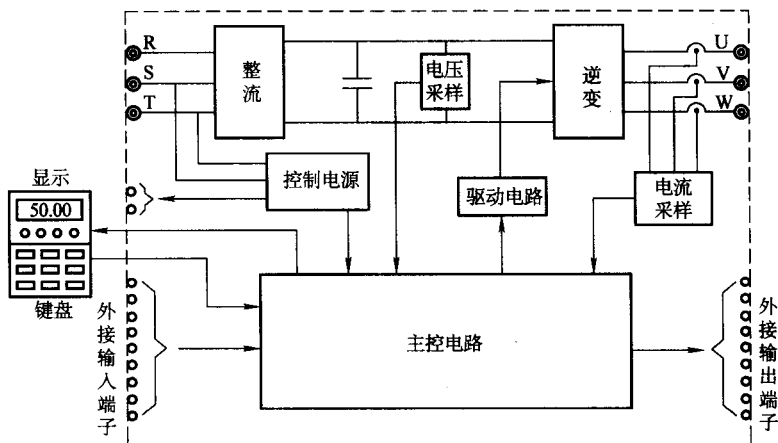


图 1—10 变频器内部结构框图

1. 主控电路

(1) 主控电路的基本任务

1) 接受各种信号

①在功能预置阶段，接受各功能的预置信号。

②接受从键盘或外接输入端子输入的给定信号。

③接受从外接输入端子输入的控制信号。

④接受从电压、电流采样电路以及其他传感器输入的状态信号。

2) 进行基本运算

最主要的运算包括：

①进行矢量控制运算或其他必要的运算。

②实时地计算出 SPWM 波形各切换点的时刻。

3) 输出计算结果

①输出至逆变器件模块的驱动电路,使逆变器件按给定信号及预置要求输出 SPWM 电压波。

②输出至显示器,显示当前的各种状态。

③输出至外接输出控制端子。

(2) 主控电路的其他任务

1) 实现各项控制功能,接受从键盘和外接输入端子输入的各种控制信号,SPWM 信号,对负载进行启动、停止、升速、降速、点动等控制。

2) 实现各项保护功能,接受从电压、电流采样电路以及其他传感器(如温度传感器)输入的信号,结合功能中预置的限值,进行比较和判断,如认为已经出现故障,则:

①停止发出 SPWM 信号,使变频器中止输出;

②向输出控制端输出报警信号;

③向显示器输出故障原因信号。

2. 控制电源、采样及驱动电路

(1) 控制电源

控制电源为以下各模块提供稳压电源。

1) 主控电路

主控电路以微型计算机电路为主体,要求控制电源为其提供稳定性非常高的 $0 \sim +5\text{ V}$ 电源。

2) 外控电路

①为给定电位器提供电源,通常为 $0 \sim 5\text{ V}$ 或 $0 \sim 10\text{ V}$;

②为外接传感器提供电源,通常为 $0 \sim 24\text{ V}$ 。

(2) 采样电路

采样电路的主要作用是提供控制用数据和保护采样。

1) 提供控制用数据。尤其是进行矢量控制时,必须测定足够的数据,提供给微型计算机进行矢量控制运算。

2) 提供保护采样。将采样值提供给各保护电路(在控制电路内),在保护电路内与有关的极限值进行比较,必要时采取跳闸等保护措施。

(3) 驱动电路

驱动电路主要用于驱动各逆变管。如逆变管为 GTR,则驱动电路还包括以隔离变压器为主体的专用驱动电源。但现在大多数中、小容量变频器的逆变管都采用 IGBT 管,逆变管的控制极和集电极、发射极之间是隔离的,不再需要隔离变压器,故驱动电路常和主控制电路在一起。

3. 整流电路和逆变电路

(1) 整流电路

整流电路的功能是将交流电转换为直流电,变频器中应用最多的是三相桥式整流电路。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—11 所示。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

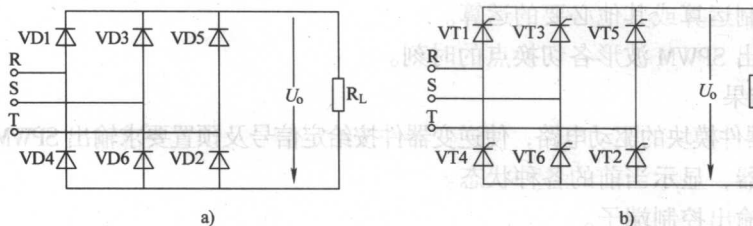


图 1—11 三相桥式整流电路

a) 不可控整流电路 b) 可控整流电路

(SCR)。下面来认识这两种电力电子器件，在使用时要查有关使用手册。

1) 电力二极管 (PD)，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和外形如图 1—12 所示，其中 A 为阳极、K 为阴极，其伏安特性如图 1—12d 所示。其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。

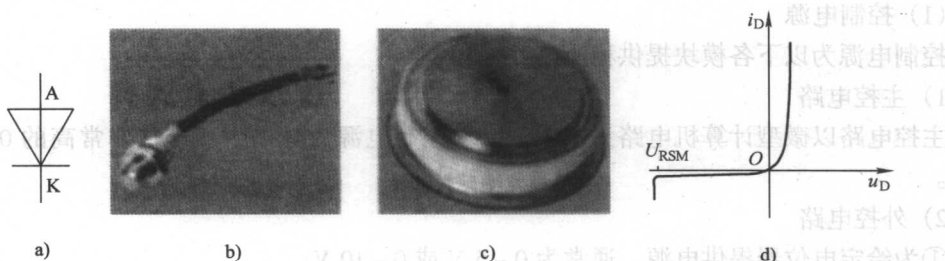


图 1—12 电力二极管的图形符号、外形和特性曲线

a) 图形符号 b) 螺旋式二极管外形 c) 平板式二极管外形 d) 伏安特性曲线

2) 普通晶闸管 (SCR) 是双极型电流控制器件，其图形符号和外形如图 1—13 所示，其中，A 为阳极、K 为阴极、G 为门极，其伏安特性如图 1—14 所示。当对晶闸管的阳极和阴极两端加正向电压，同时也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 $U_{T(AV)}$ 、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。

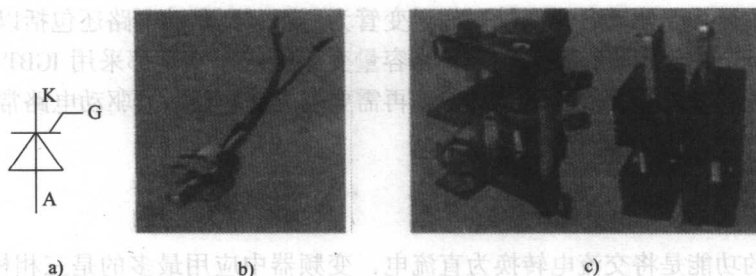


图 1—13 晶闸管的图形符号和外形

a) 图形符号 b) 螺栓式外形 c) 带有散热器的平板式外形

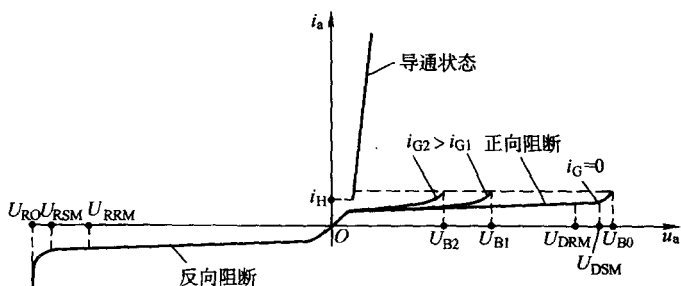


图 1—14 晶闸管的伏安特性曲线

(2) 逆变电路

逆变电路的功能是将直流电转换为交流电，变频器中应用最多的是三相桥式逆变电路，如图 1—15 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。下面逐一简单介绍，在使用时要查有关使用手册。

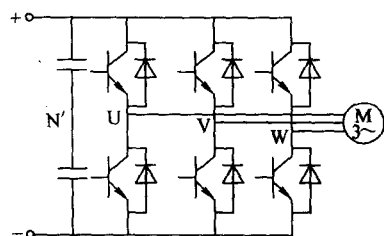


图 1—15 三相桥式逆变电路

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—16 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—17 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_{TCQM} 和关断增益 G_{off} 等参数。

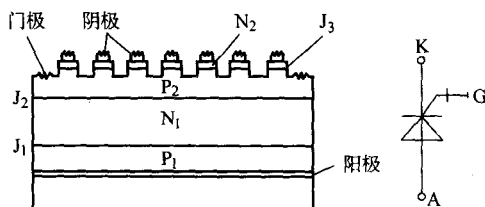


图 1—16 GTO 晶闸管的结构和图形符号

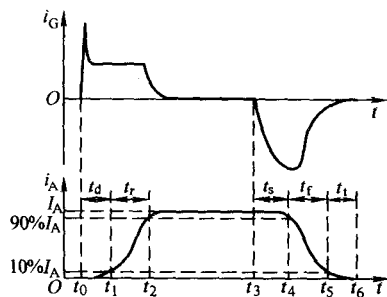


图 1—17 开关特性示意图

2) 电力晶体管（GTR）通常又称为双极型晶体管（BJT），是一种大功率高压晶体管，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—18 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, 属于电压控制, 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—19 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—20 所示, 当 $u_{GS} < U_T$ 时, i_D 近似为零; 当 $u_{GS} > U_T$ 时, 随着 u_{GS} 的增大 i_D 也增大, 当 i_D 较大时, i_D 与 u_{GS} 的关系近似为线性。P-MOSFET 的输出特性如图 1—21 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 用作线性放大时, 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 、漏极峰值电流 I_{DM} 、栅源击穿电压 BU_{GS} 、开启电压 U_T 、极间电容和通态电阻 R_{on} 等。

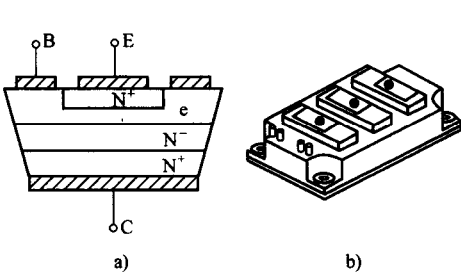


图 1—18 GTR 模块的结构和外形
a) 结构示意图 b) 外形图

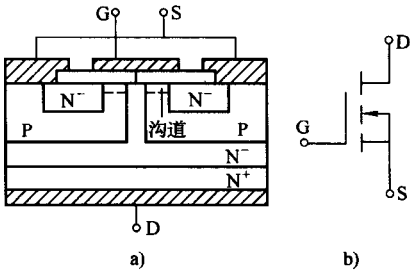


图 1—19 P-MOSFET 的结构和图形符号
a) 结构示意图 b) 图形符号

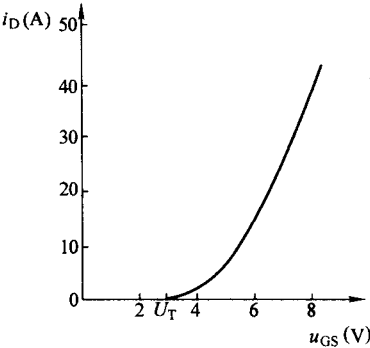


图 1—20 P-MOSFET 的转移特性

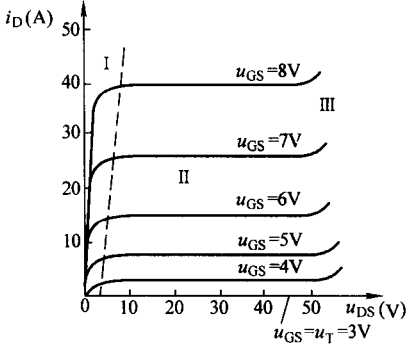


图 1—21 P-MOSFET 的输出特性

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的理想电力半导体器件。其结构和图形符号如图 1—22 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—23a 所示, 当 u_{GE} 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} 基本呈线性关系。其输出特性如图 1—23b 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_{GES} 、集电极额定最大直流电流 I_C 、集电极—发射极间的饱和压降 $U_{CE(sat)}$ 和开关频率等。

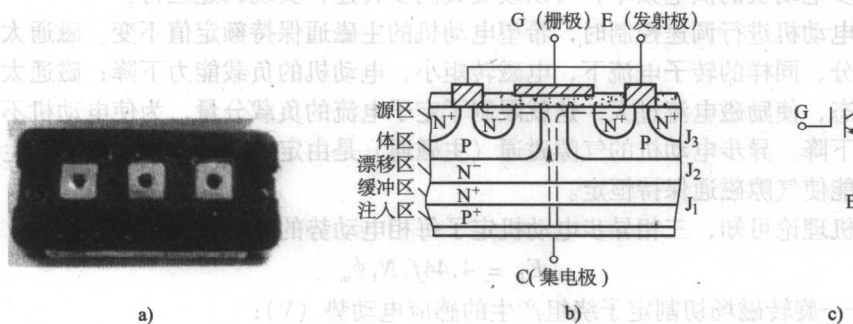


图 1—22 IGBT 模块的外形、结构示意图、图形符号

a) IGBT 模块的外形 b) 结构示意图 c) 图形符号

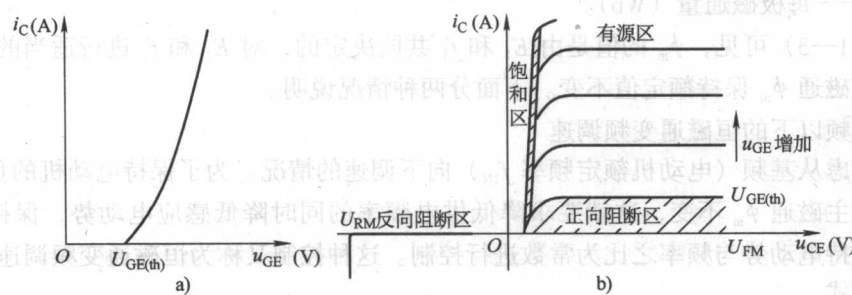


图 1—23 IGBT 的静态特性

a) 传输特性 b) 输出特性

4. 变频器的内部布置

以三菱通用变频器为例, 其内部的大致布置如图 1—24 所示。图中左侧是电容器和接触器; 右侧分若干层, 上层是主控板, 主控板的下面安装主电路的一些部件, 如逆变桥、整流桥等; 底部有较厚的散热层, 此外还有冷却风扇 (图中未画出) 和端子板等。

三、变频器的工作原理

1. 变频调速的基本控制方式

异步电动机的同步转速, 即旋转磁场的转速为:

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

式中 n_1 ——同步转速 (r/min);

f_1 ——定子电源频率 (Hz);

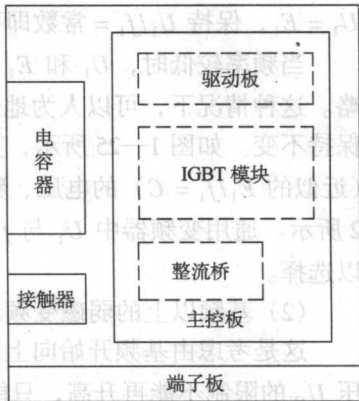


图 1—24 变频器的内部布置

p ——磁极对数。

异步电动机的轴转速为：

$$n = n_1(1 - s) = \frac{60f_1}{p}(1 - s) \quad (1-2)$$

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, 则铁心利用不充分, 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, 下面说明如何才能使气隙磁通保持恒定。

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:

$$E_1 = 4.44f_1 N_1 \phi_m \quad (1-3)$$

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)。

由式 (1-3) 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。下面分两种情况说明。

(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 $E_1/f_1 =$ 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 难于直接检测和直接控制。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, 则可以近似的保持定子相电压 U_1 和频率 f_1 的比值为常数, 即认为 $U_1 = E_1$, 保持 $U_1/f_1 =$ 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。如图 1-25 所示, 其中, 1 为 $U_1/f_1 = C$ 时的电压、频率关系, 2 为有电压补偿时 (近似的 $E_1/f_1 = C$) 的电压、频率关系。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_{1N} 向上增大, 但电压 U_1 受额定电压 U_{1N} 的限制不能再升高, 只能保持 $U_1 = U_{1N}$ 不变。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磁调速的情况, 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 1-26 所示。

由上面的讨论可知, 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

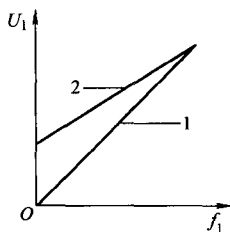


图 1—25 U/f 控制关系

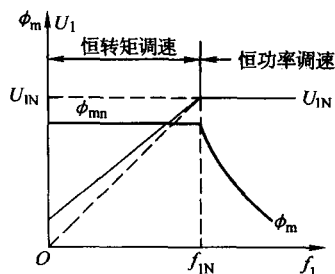


图 1—26 基本控制方式

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。通用变频器可适应这种异步电动机变频调速的基本要求。

2. 变频器的基本构成

变频器可分为交—交和交—直—交两种形式。交—交变频器可将工频交流电直接变换成频率、电压均可控制的交流电，交—交变频器又称直接式变频器。而交—直—交变频器则是先把工频交流电通过整流器变成直流电，再把直流电变换成频率、电压均可控制的交流电，交—直—交变频器又称为间接式变频器。下面以交—直—交变频器为例说明。

变频器的基本构成如图 1—27 所示，由主电路（包括整流器、中间直流环节、逆变器）和控制电路组成。

(1) 整流器

电网侧的变流器 I 是整流器，它的作用是将三相（也可以是单相）交流电转换成直流电。

(2) 逆变器

负载侧的变流器 II 为逆变器。最常见的结构形式是利用六个半导体主开关器件组成的三相桥式逆变电路。有规律地控制逆变器中主开关器件的通与断，可以得到任意频率的三相交流电输出。

(3) 中间直流环节

由于逆变器的负载为异步电动机，属于感性负载。无论电动机处于电动或发电制动状态，其功率因数总不会为 1。因此，在中间直流环节和电动机之间总会有无功功率的交换。这种无功能量要靠中间直流环节的储能元件（电容器或电抗器）来缓冲。所以又称中间直流环节为中间直流储能环节。

(4) 控制电路

控制电路通常由运算电路、检测电路、控制信号输入/输出电路和驱动电路等构成。其主要任务是完成对逆变器的开关控制、对整流器的电压控制以及完成各种保护功能等，其控制方法可以采用模拟控制或数字控制。高性能的变频器目前已经采用微型计算机进行全数字控制，采用尽可能简单的硬件电路，靠软件来完成各种功能。由于软件的灵活性，数字控制方式常可以完成模拟控制方式难以完成的功能。

3. 变频器的分类

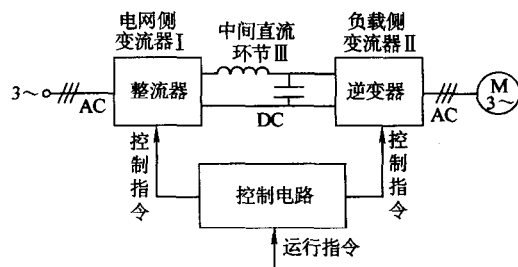


图 1—27 变频器的基本构成