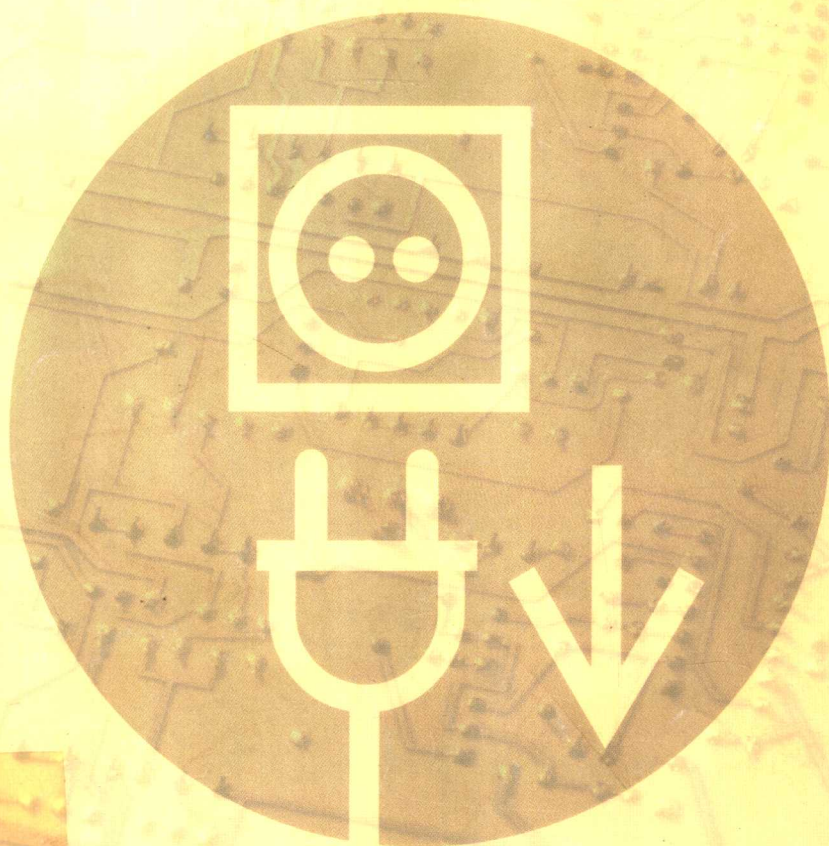



全国高等职业院校电工类专业教材

QUANGUO GAODENG ZHIYE JISHU YUANXIAO DIANGONGLEI ZHUANYE JIAOCAI

变频技术

BIANPIN JISHU



 中国劳动社会保障出版社

/4

全国高等职业院校电工类专业教材

变频技术

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

变频技术/宋峰青主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2004

全国高等职业技术学院电工类专业教材

ISBN 7-5045-4236-9

I. 变… II. 宋… III. 变频调速-技术培训-教材 IV. TM921.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 016077 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

北京兴达印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 9 印张 222 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印数: 3200 册

定价: 15.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

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《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，推进高等职业技术教育更好地适应经济结构调整、科技进步和劳动力市场的需要，推动高等职业技术学院实施职业资格证书制度，加快高技能人才的培养，劳动和社会保障部教材办公室在充分调研和论证的基础上，组织编写了高等职业技术学院系列教材。从2004年起，陆续推出数控类、电工类、模具设计与制造、电子商务、电子类、烹饪类专业教材，并将根据需要不断开发新的教材，逐步建立起覆盖高等职业技术学院主要专业的教材体系。

在高等职业技术学院系列教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则：一是坚持高技能人才的培养方向，从职业（岗位）分析入手，强调教材的实用性；二是紧密结合高职院校、技师学院、高级技校的教学实际情况，同时，坚持以国家职业资格标准为依据，力求使教材内容覆盖职业技能鉴定的各项要求；三是突出教材的时代感，力求较多地引进新知识、新技术、新工艺、新方法等方面的内容，较全面地反映行业的技术发展趋势；四是打破传统的教材编写模式，树立以学生为主体的教学理念，力求教材编写有所创新，使教材易教易学，为师生所乐用。

电工类专业教材主要包括《电工基础》《电子技术》《工程制图》《电气测量》《电气管理知识》《数控技术》《单片机原理与接口技术》《可编程控制技术》《工厂电气控制技术》《自动控制技术》《工厂变配电技术》《电机原理与维修》《变频技术》《高级维修电工基本技能训练》《高级维修电工专业技能训练》《高级维修电工综合技能训练》《高级电工技能训练》《电气设备安装技术》《高电压技术（2005年出版）》等，可供高职院校、技师学院、高级技校电气维修、企业供电等专业使用。教材的编写参照了《维修电工》以及其他相关的国家职业标准，有些教材还配套出版了习题册。

在上述教材编写过程中，我们得到有关省市劳动和社会保障部门、教育部门，以及高等职业院校、技师学院、高级技校的大力支持，在此表示衷心的感谢。同时，我们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

2004年2月

简介

本书为全国高等职业技术学院电工类专业教材，供各类高职院校、技师学院、高级技校相关专业使用。本书主要内容包括：通用变频器的基础知识、通用变频器调速的控制原理、通用变频器的选用、安装和维护及通用变频器操作实训及应用。

本书也可作为职业培训教材。

本书由宋峰青、陈立香编写，宋峰青主编；李伟审稿。

目录

第一篇 变频调速的基础理论

第一章 通用变频器的基础知识	(1)
§ 1—1 变频器的分类	(1)
§ 1—2 变频器的额定参数介绍	(3)
§ 1—3 变频器的构成	(4)
§ 1—4 变频器主电路常用的电力半导体器件	(10)
§ 1—5 变频器的主要功能	(20)
第二章 通用变频器调速的控制原理	(25)
§ 2—1 各类负载的机械特性分析	(25)
§ 2—2 异步电动机的机械特性	(27)
§ 2—3 SPWM 控制技术	(36)
§ 2—4 U/f 控制方式	(39)
§ 2—5 转差频率控制方式	(41)
§ 2—6 矢量控制方式	(42)
第三章 通用变频器的选用、安装和维护	(48)
§ 3—1 变频器的选用	(48)
§ 3—2 变频器的安装	(54)
§ 3—3 变频器组成的调速系统的调试	(60)
§ 3—4 变频器控制系统的排故方法	(61)

第二篇 通用变频器操作实训及应用

实训一 通用变频器基本认识	(68)
实训二 变频器基本参数的意义及设置方法	(74)
实训三 正反转运行的参数单元操作	(84)
实训四 正反转运行的外部操作	(86)
实训五 组合运行操作	(88)

实训六	多段速度运行操作	(91)
实训七	程序运行操作	(96)
实训八	多级加减速设置操作	(101)
实训九	PID 控制运行操作	(105)
实训十	其他功能设置操作	(108)
实训十一	变频器在空调制冷系统中的应用	(113)
实训十二	变频器在机械加工及旋转门控制中的应用	(117)
实训十三	变频器在提升机和洗衣机中的应用	(120)
实训十四	变频器在注塑机中的应用	(125)
附录 I	FR—A540 变频器参数表	(129)
附录 II	变频器保护功能表 (出错或报警定义)	(134)

第一篇 变频调速的基础理论

第一章 通用变频器的基础知识

§ 1—1 变频器的分类

变频器即电压频率变换器，是一种将固定频率的交流电变换成频率、电压连续可调的交流电，以供给电动机运转的电源装置。目前国内外变频器的种类很多，可按以下几种方式分类。

一、按变换环节分类

1. 交—直—交变频器

交—直—交变频器首先将频率固定的交流电整流成直流电，经过滤波，再将平滑的直流电逆变成频率连续可调的交流电。由于把直流电逆变成交流电的环节较易控制，因此在频率的调节范围内，以及改善频率后电动机的特性等方面都有明显的优势，目前，此种变频器已得到普及。

2. 交—交变频器

交—交变频器把频率固定的交流电直接变换成频率连续可调的交流电。其主要优点是中间环节，故变换效率高。但其连续可调的频率范围窄，一般为额定频率的 $1/2$ 以下，故它主要用于低速大容量的拖动系统中。

二、按电压的调制方式分类

1. PAM（脉幅调制）

所谓 PAM，是 Pulse Amplitude Modulation 的简称，它是通过调节输出脉冲的幅值来调节输出电压的一种方式，调节过程中，逆变器负责调频，相控整流器或直流斩波器负责调压。目前，在中小容量变频器中很少采用，这种方式基本不用。

2. PWM（脉宽调制）

所谓 PWM，是 Pulse Width Modulation 的简称，它是通过改变输出脉冲的宽度和占空比来调节输出电压的一种方式，调节过程中，逆变器负责调频调压。目前普遍应用的是脉宽按正弦规律变化的正弦脉宽调制方式，即 SPWM 方式。中小容量的通用变频器几乎全部采用此类型的变频器。

三、按滤波方式分类

1. 电压型变频器

在交—直—交变压变频装置中，当中间直流环节采用大电容滤波时，直流电压波形比较平直，在理想情况下可以等效成一个内阻抗为零的恒压源，输出的交流电压是矩形波或阶梯波，这类变频装置叫作电压型变频器（见图 1—1—1a）。一般的交—交变压变频装置虽然没有滤波电容，但供电电源的低阻抗使它具有电压源的性质，也属于电压型变频器。

2. 电流型变频器

在交—直—交变压变频装置中，当中间直流环节采用大电感滤波时，直流电流波形比较平直，因而电源内阻抗很大，对负载来说基本上是一个电流源，输出交流电流是矩形波或阶梯波，这类变频装置叫作电流型变频器（见图 1—1—1b）。有的交—交变压变频装置用电抗器将输出电流强制变成矩形波或阶梯波，具有电流源的性质，它也是电流型变频器。

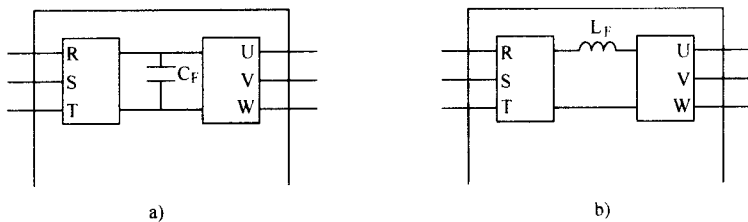


图 1—1—1 电压型和电流型交—直—交变频器
a) 电压型 b) 电流型

四、按输入电源的相数分类

1. 三进三出变频器

变频器的输入侧和输出侧都是三相交流电，绝大多数变频器都属于此类。

2. 单进三出变频器

变频器的输入侧为单相交流电，输出侧是三相交流电，家用电器里的变频器都属于此类，通常容量较小。

五、按控制方式分类

1. U/f 控制变频器

U/f 控制是在改变变频器输出频率的同时控制变频器输出电压，使电动机的主磁通保持一定，在较宽的调速范围内，电动机的效率和功率因数保持不变。因为是控制电压和频率的比，所以称为 U/f 控制。它是转速开环控制，无需速度传感器，控制电路简单，是目前通用变频器中使用较多的一种控制方式。

2. 转差频率控制变频器

转差频率控制需检测出电动机的转速，构成速度闭环。速度调节器的输出为转差频率，然后以电动机速度与转差频率之和作为变频器的给定输出频率。转差频率控制是指能够在控制过程中保持磁通 Φ_m 的恒定，能够限制转差频率的变化范围，且能通过转差频率调节异步电动机的电磁转矩的控制方式。与 U/f 控制方式相比，加减速特性和限制过电流的能力得到提高。另外，还有速度调节器，它是利用速度反馈进行速度闭环控制。速度的静态误差小，适用于自动控制系统。

3. 矢量控制方式变频器

上述的 U/f 控制方式和转差频率控制方式的控制思想都建立在异步电动机的静态数学模型上，因此动态性能指标不高。采用矢量控制方式的目的是，主要是为了提高变频调速的动

态性能。矢量控制方式基于电动机的动态数学模型，分别控制电动机的转矩电流和励磁电流，基本上可以达到和直流电动机一样的控制特性。

§ 1—2 变频器的额定参数介绍

一、变频器的额定值

1. 输入侧的额定值

输入侧的额定值主要是电压和相数。在我国的中小容量变频器中，输入电压的额定值有以下几种情况（均为线电压）：

- (1) 380 V/50 Hz，三相，用于绝大多数电器中。
- (2) 200~230 V/50 Hz 或 60 Hz，三相，主要用于某些进口设备中。
- (3) 200~230 V/50 Hz，单相，主要用于精细加工和家用电器。

2. 输出侧的额定值

(1) 输出电压额定值 U_N 由于变频器在变频的同时也要变压，所以输出电压的额定值是指输出电压中的最大值。在大多数情况下，它就是输出频率等于电动机额定频率时的输出电压值。通常，输出电压的额定值总是和输入电压相等的。

(2) 输出电流额定值 I_N 输出电流的额定值是指允许长时间输出的最大电流，是用户在选择变频器时的主要依据。

(3) 输出容量 S_N (kVA) S_N 与 U_N 和 I_N 的关系为

$$S_N = \sqrt{3} U_N I_N$$

(4) 配用电动机容量 P_N (kW) 变频器说明书中规定的配用电动机容量，是根据下式估算出来的。

$$P_N = S_N \eta_M \cos \varphi_M$$

式中 η_M ——电动机的效率；

$\cos \varphi_M$ ——电动机的功率因数。

由于电动机容量的标称值是比较统一的，而 η_M 和 $\cos \varphi_M$ 值却很不一致，所以容量相同的电动机配用的变频器容量往往是不相同的。

变频器铭牌上的“适用电动机容量”是针对四极的电动机而言，若拖动的电动机是六极或其他，那么相应的变频器容量加大。

(5) 过载能力 变频器的过载能力是指其输出电流超过额定电流的允许范围和时间。大多数变频器都规定为 $150\% I_N$ ，60 s 或 $180\% I_N$ ，0.5 s。

二、变频器的频率指标

1. 频率的名词术语

(1) 基底频率 f_b 当变频器的输出电压等于额定电压时对应的最小输出频率，称为基底频率，用来作为调节频率的基准。在大多数情况下，基底频率等于额定频率，即 $f_b = f_N$ 。

(2) 最高频率 f_{max} 当变频器的频率给定信号为最大值时，变频器的给定频率。这是变

变频器的最高工作频率的设定值。

(3) 上限频率 f_H 和下限频率 f_L 根据拖动系统的工作需要, 变频器可设定上限频率和下限频率, 如图 1—1—2 所示。与 f_H 和 f_L 对应的给定信号分别是 X_H 和 X_L , 则上限频率的定义是: 当 $X \geq X_H$ 时, $f_x = f_H$; 下限频率的定义是: 当 $X \leq X_L$ 时, $f_x = f_L$ 。

(4) 跳变频率 f_j 生产机械在运转时总是有振动的, 其振动频率和转速有关。有可能在某一转速下, 机械的振动频率与它的固有振荡频率相一致而发生谐振的情形, 这时, 振动将变得十分强烈, 使机械不能正常工作, 甚至损坏。

为了避免机械谐振的发生, 机械系统必须回避可能引起谐振的转速。与回避转速对应的工作频率就是跳变频率, 用 f_j 表示。

(5) 点动频率 f_{JOG} 生产机械在调试过程中, 以及每次新的加工过程开始前, 常常需要“点一点、动一动”, 以便观察各部位的运转情况。

如果每次在点动前后, 都要进行频率调整的话, 既麻烦, 又浪费时间。因此, 变频器可以根据生产机械的特点和要求, 预先一次性地设定一个“点动频率 f_{JOG} ”, 每次点动时都在该频率下运行, 而不必变动已经设定好了的给定频率。

2. 变频器的频率指标

(1) 频率范围 频率范围即变频器能够输出的最高频率 f_{max} 和最低频率 f_{min} 。各种变频器规定的频率范围不尽一致。通常, 最低工作频率为 0.1~1 Hz, 最高工作频率为 120~650 Hz。

(2) 频率精度 指变频器输出频率的准确程度。用变频器的实际输出频率与设定频率之间的最大误差与最高工作频率之比的百分数表示。

例如, 用户给定的最高工作频率为 $f_{max} = 120$ Hz, 频率精度为 0.01%, 则最大误差为:

$$\Delta f_{max} = 0.0001 \times 120 = 0.012 \text{ Hz}$$

(3) 频率分辨率 指输出频率的最小改变量, 即每相邻两挡频率之间的最小差值。一般分模拟设定分辨率和数字设定分辨率两种。

例如, 当工作频率为 $f_x = 25$ Hz 时, 如变频器的频率分辨率为 0.01 Hz, 则上一挡的最小频率 (f'_x) 和下一挡的最大频率 (f''_x) 分别为:

$$f'_x = 25 + 0.01 = 25.01 \text{ Hz}$$

$$f''_x = 25 - 0.01 = 24.99 \text{ Hz}$$

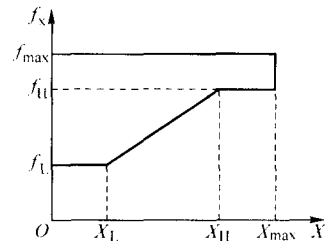


图 1—1—2 变频器的上下限频率

§ 1—3 变频器的构成

目前, 通用变频器几乎都是交—直—交型变频器, 因此本节以交—直—交电压型变频器为例, 讲述变频器的基本构成。变频器的基本构成如图 1—1—3 所示, 由主电路和控制电路组成。

一、主电路

电压型交—直—交变频器的主电路由整流电路、中间直流电路和逆变器电路三部分组成。主电路的基本结构如图 1—1—4 所示。

1. 整流电路部分

(1) 二极管整流电路 整流电路由 D1~D6 组成三相不可控整流桥，它们将电源的三相交流全波整流成直流。整流电路因变频器输出功率大小不同而异。功率较小的，输入电源多用单相 220 V，整流电路为单相全波整流桥；功率较大的，一般用三相 380 V 电源，整流电路为三相桥式全波整流电路。

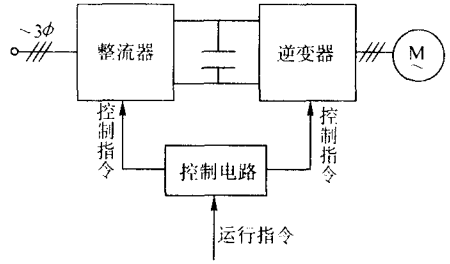


图 1—1—3 变频器的基本构成

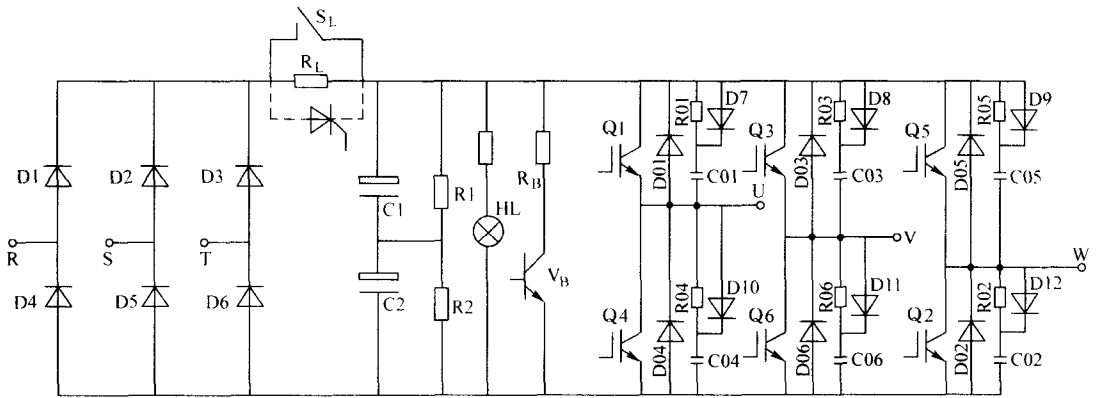


图 1—1—4 电压型交—直—交变频器主电路的基本结构

设电源的线电压为 U_L ，那么三相全波整流后平均直流电压 U_D 的大小是： $U_D = 1.35 U_L$ 。我国三相电源的线电压为 380 V，故全波整流后的平均电压是 513 V。

(2) 滤波电容器 C 整流电路输出的整流电压是脉动的直流电压，必须加以滤波。

滤波电容器 C 的作用是：除了滤除整流后的电压纹波外，还在整流电路与逆变器之间起去耦作用，以消除相互干扰，这就给作为感性负载的电动机提供必要的无功功率。因而，中间直流电路电容器的电容量必须较大，起到储能作用，所以中间直流电路的电容器又称储能电容器。

由于受到电解电容的电容量和耐压能力的限制，滤波电路通常由若干个电容器并联成一组，又由两个电容器组串联而成，如图 1—1—4 中的 C1 和 C2。因为电解电容的电容量有较大的离散性，故电容器组 C1 和 C2 的电容量常不能完全相等，这将使它们承受的电压 U_{D1} 和 U_{D2} 不相等。为了使 U_{D1} 和 U_{D2} 相等，在 C1 和 C2 旁各并联一个阻值相等的均压电阻 R1 和 R2。

(3) 限流电阻 R_L 与开关 S_L 由于储能电容大，加之在接入电源时电容器两端的电压为零，故当变频器刚合上电源的瞬间，滤波电容器 C 的充电电流是很大的。过大的冲击电流将可能使三相整流桥的二极管损坏。

为了保护整流桥，在变频器刚接通电源后的一段时间里，电路内串入限流电阻，其作用是将电容器 C 的充电电流限制到允许的范围以内。开关 S_L 的功能是：当 C 充电到一定程度

时,令 S_L 接通,将 R_L 短路。

在有些变频器里, S_L 用晶闸管代替,如图 1—1—4 中虚线所示。

(4) 电源指示 HL 电源指示灯除了表示电源是否接通以外,还有一个十分重要的功能,即在变频器切断电源后,显示滤波电容器 C 上的电荷是否已经释放完毕。

由于 C 的容量较大,而切断电源又必须在逆变电路停止工作的状态下进行,所以 C 没有快速放电的回路,其放电时间往往长达数分钟。又由于 C 上的电压较高,如电荷不放完,在维修变频器时,将对人身安全构成威胁。所以,HL 完全熄灭后才能接触变频器内部的导电部分。

2. 逆变器电路部分

(1) 逆变管 $Q1 \sim Q6$ $Q1 \sim Q6$ 组成逆变桥,把 $D1 \sim D6$ 整流后的直流电再“逆变”成频率、幅值都可调的交流电,这是变频器实现变频的执行环节,因而是变频器的核心部分。当前通用变频器中常用的逆变管有绝缘栅双极晶体管 (IGBT)、大功率晶体管 (GTR)、IPM 智能模块;大功率变压变频器中常用 GTO (可关断晶闸管)。

(2) 续流二极管 $D01 \sim D06$ 续流二极管 $D01 \sim D06$ 的主要功能有:

1) 电动机的绕组是电感性的,其电流具有无功分量。 $D01 \sim D06$ 为无功电流返回直流电源提供“通道”。

2) 当频率下降、电动机处于再生制动状态时,再生电流将通过 $D01 \sim D06$ 返回直流电路。

3) $Q1 \sim Q6$ 进行逆变的基本工作过程:同一桥臂的两个逆变管,处于不停的交替导通和截止的状态。在交替导通和截止的换相过程中,不时地需要 $D01 \sim D06$ 提供通路。

(3) 缓冲电路 逆变器在关断和导通的瞬间,其电压和电流的变化率是很大的,有可能使逆变管受到损害。因此,每个逆变管旁还应接入缓冲电路,以减缓电压和电流的变化率。在不同型号的变频器中,缓冲电路的结构也不尽相同。图 1—1—4 所示为比较典型的一种。其功能如下:

逆变管 $Q1 \sim Q6$ 每次由导通状态切换到截止状态的关断瞬间,集电极 (C 极) 和发射极 (E 极) 间的电压 U_{CE} 将迅速地由近乎 0 V 上升至直流电压值 U_D 。这过高的电压增长率将导致逆变管的损坏。因此, $C01 \sim C06$ 的功能便是降低 $Q1 \sim Q6$ 在每次关断时的电压增长率。

$Q1 \sim Q6$ 每次由截止状态切换到导通状态的接通瞬间, $C01 \sim C06$ 上所充的电压 (等于 U_D) 将向 $Q1 \sim Q6$ 放电。此放电电流的初始值将是很大的,并且将叠加到负载电流上,导致 $Q1 \sim Q6$ 的损坏。因此, $R01 \sim R06$ 的功能是限制逆变管在接通瞬间 $C01 \sim C06$ 的放电电流。

$R01 \sim R06$ 的接入,又会影响 $C01 \sim C06$ 在 $Q1 \sim Q6$ 关断时降低电压增长率的效果。 $D7 \sim D12$ 接入后,在 $Q1 \sim Q6$ 的关断过程中,使 $R01 \sim R06$ 不起作用;而在 $Q1 \sim Q6$ 的接通过程中,又迫使 $C01 \sim C06$ 的放电电流流经 $R01 \sim R06$ 。

3. 制动电阻和制动单元

(1) 制动电阻 R_B 当电动机的工作频率下降时,它的转子转速将超过此时的同步转速,使得电动机处于再生制动状态,拖动系统的动能要反馈到直流电路中,使直流电压 U_D 不断上升,甚至可能达到危险的地步。因此,必须将再生到直流电路的能量消耗掉,使 U_D 保持

在允许范围内。制动电阻 R_B 就是用来消耗这部分能量的。

(2) 制动单元 V_B 制动单元 V_B 由大功率晶体管 GTR 或 IGBT 及其驱动电路构成。其功能是控制流经 R_B 的放电电流 I_B 。

二、控制电路

控制电路的基本结构如图 1—1—5 所示，它主要由主控板、键盘与显示板、电源板、外接控制电路等构成。

1. 主控板

主控板是变频器运行的控制中心，其主要功能有：

- (1) 接受从键盘输入的各种信号。
- (2) 接受从外部控制电路输入的各种信号。
- (3) 接受内部的采样信号，如主电路中电压与电流的采样信号、各部分温度的采样信号、各逆变管工作状态的采样信号等。

(4) 完成 SPWM 调制，将接受的各种信号进行判断和综合运算，产生相应的 SPWM 调制指令，并分配给各逆变管的驱动电路。

(5) 发出显示信号，向显示板和显示屏发出各种显示信号。

(6) 发出保护指令，变频器必须根据各种采样信号随时判断其工作是否正常，一旦发现异常工况，必须发出保护指令进行保护。

(7) 向外电路发出控制信号及显示信号，如正常运行信号、频率到达信号、故障信号等。

2. 键盘与显示板

键盘是向主控板发出各种信号或指令的，显示板是将主控板提供的各种数据进行显示，两者总是组合在一起。

(1) 键盘 不同类型的变频器配置的键盘型号是不一样的，尽管形式不一样，但基本的原理和构成都差不多。通用变频器的键盘配置示意图如图 1—1—6 所示。

1) 模式转换键 变频器的基本工作模式有：运行和显示模式、编程模式等。模式转换键便是用来切换变频器的工作模式的。常见的符号有 MOD, PRG, FUNC 等。

2) 数据增减键 用于改变数据的大小。常见的符号有： Δ , \wedge , \uparrow , ∇ , \vee 和 \downarrow 等。

3) 读出、写入键 在编程模式下，用于读出原有数据和写入新数据。常见的符号有 SET, READ, WRITE, DATA, ENTER 等。

4) 运行键 在键盘运行模式下，用来进行各种运行操作。主要有 RUN (运行), FWD (正转), REV (反转), STOP (停止), JOG (点动) 等。

5) 复位键 变频器因故障而跳闸后，为了避免误动作，其内部控制电路被封锁。当故障修复以后，必须先按复位键，使之恢复为正常状态。复位键的符号是 RESET (或简称为 RST)。

6) 数字键 有的变频器配置了“0~9”和小数点“.”等数字键，编程时，可直接输入所需数据。

(2) 显示屏 大部分变频器配置了液晶显示屏，它可以完成各种指示功能。通用变频器

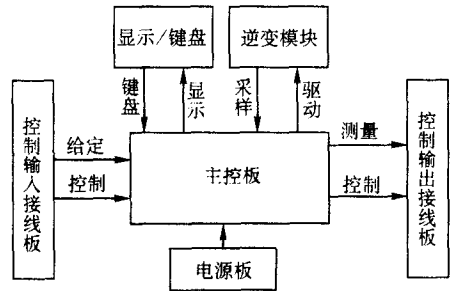


图 1—1—5 通用变频器的控制框图

的显示屏示意图如图 1—1—7 所示。

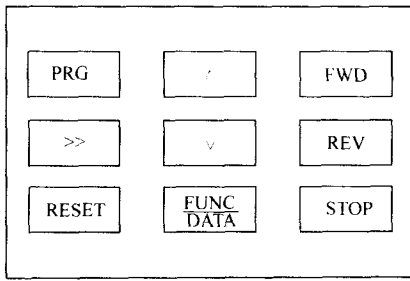


图 1—1—6 通用变频器的键盘配置示意图

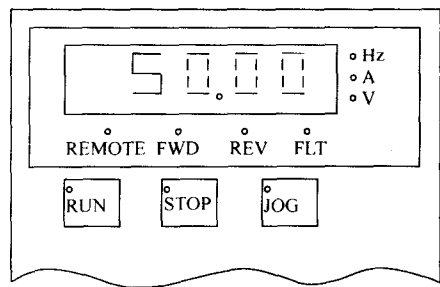


图 1—1—7 通用变频器的显示屏示意图

数据显示主要内容有：

- 1) 在监视模式下，显示各种运行数据，如频率、电流、电压等。
- 2) 在运行模式下，显示功能码和数据码。
- 3) 在故障状态下，显示故障原因的代码。

指示灯主要有：

- 1) 状态指示 如 RUN（运行），STOP（停止），FWD（正转），REV（反转），FLT（故障）等。

- 2) 单位指示 显示屏上数据的单位，如 Hz，A，V 等。

3. 电源板

变频器的电源板主要提供以下电源：

- (1) 主控板电源 它要求有极好的稳定性和抗干扰能力。
- (2) 驱动电源 因逆变管处于直流高压电路中，又分属于三相输出电路中不同的相。所以，驱动电源非但和主控板电源之间必须可靠隔离，各驱动电源之间也必须可靠绝缘（和直流高压的负极相接的三个驱动电路可以共“地”）。
- (3) 外控电源 为外接控制电路提供稳定的直流电源。例如，当由外接电位器给定时，其电源就是由变频器内部的电源板提供的。

4. 外接控制电路

- (1) 外接给定电路 根据外接给定信号的种类不同，外接给定电路如图 1—1—8 所示，其配置如下：

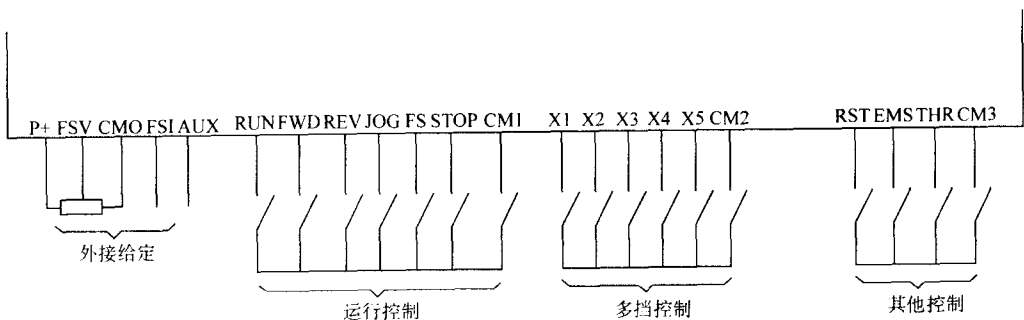


图 1—1—8 变频器的外接给定电路

1) 外接电源正端 为了便于利用外接电位器取出电压给定信号,变频器可提供外控电源,如图 1—1—8 所示的 P+ 即为其正端。

2) 电压信号给定端 如图 1—1—8 中的 FSV 端。

3) 电流信号给定端 如图 1—1—8 中的 FSI 端。

4) 辅助信号给定端 如图 1—1—8 中的 AUX 端,用于引入反馈信号。

(2) 外接输入控制电路

1) 外接输入控制端的配置 不同品牌的变频器对外接输入控制端的配置各不相同,且各控制端的功能常可任意设定。概括起来,输入控制端的一般配置如下:

①运行控制端 主要有 FWD (正转),REV (反转),RUN (运行),STOP (停止),FS (自由制动),JOG (点动) 等。

②多挡频率控制端 变频器可通过若干个开关的不同组合来设定多挡工作频率。通常是用三个开关(用于控制图 1—1—8 中的 X1, X2, X3 的状态)设定八挡工作频率,以便在程序控制的不同程序段得到不同的转速。各开关的状态与转速挡次间的对应关系见表 1—1—1。

表 1—1—1 X 的状态与转速挡次的对应关系

转速挡次	0	1	2	3	4	5	6	7
X1 的状态	0	1	0	1	0	1	0	1
X2 的状态	0	0	1	1	0	0	1	1
X3 的状态	0	0	0	0	1	1	1	1

③多挡升、降速时间设定端 各程序段之间切换转速时,其升速和降速时间可以分别设定。有的变频器只用一个开关设定第二升降速时间;有的变频器则用两个开关(用于控制图 1—1—8 中的 X4, X5 的状态)来设定四挡升降速时间。各开关的状态与升降速时间挡次间的对应关系见表 1—1—2。

表 1—1—2 X 的状态与升降速时间挡次的对应关系

升降速时间的挡次	0	1	2	3
X4 的状态	0	1	0	1
X5 的状态	0	0	1	1

④其他功能控制端 如:EMS (紧急停机),RST (复位),THR (外接保护) 等。

2) 外接输入信号的接收电路 所有的外接输入控制信号都是开关信号,在变频器内,外接控制信号是由光耦合器的一次侧(发光二极管侧)来接收的,如图 1—1—9 所示。

(3) 外接输出电路 变频器对外部提供的输出信号端。一般配置如下:

1) 状态信号端 为晶体管输出,其触点一般只能接在低压直流电路中。

①运行信号端,变频器在运行过程中晶体管导通,如图 1—1—10 中的 RUN 端。

②频率达到信号端,当变频器的工作频率达到某设定值时,晶体管导通,如图 1—1—10 中的 SU 端。

2) 报警信号端 为继电器输出,其触点常可以直接接入 220 V 的交流电路中。当变频

器发生故障时，继电器动作，如图 1—1—10 中的 A，B，C 端。

3) 测量信号端 供外接显示仪器用，主要有：

①频率信号端，如图 1—1—10 中的 FM 端。

②电流信号端，如图 1—1—10 中的 AM 端。

尽管变频器的测量信号端一般只有 2~3 个，但测量的内容却很丰富，可由用户自行设定。

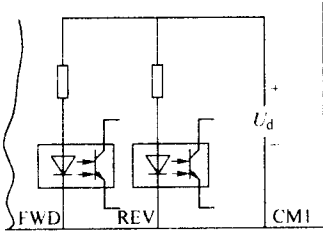


图 1—1—9 外接输入信号的接收电路

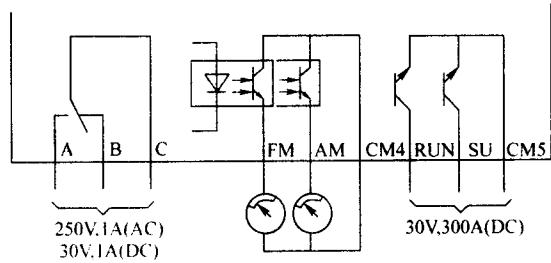


图 1—1—10 变频器的外接输出控制电路

§ 1—4 变频器主电路常用的电力半导体器件

目前，通用变频器使用的开关器件基本上是电力晶体管 GTR 和绝缘栅双极晶体管 IGBT。近年来，又推出了 IGBT 的新系列——智能功率模块 IPM。因此本节主要介绍 GTR、IGBT 和 IPM。

一、电力晶体管 GTR

GTR (Giant Transistor) 也称巨型晶体管，是一种高击穿电压、大容量的晶体管。它具有自关断能力，并具有开关时间短、饱和压降低和安全工作区宽等优点。

1. GTR 的基本结构

GTR 模块的图形符号及内部电路如图 1—1—11 所示。GTR 有三种类型：一种是最先发展的单管非隔离型 GTR，其内部结构是单晶体管。另一种是非隔离型达林顿电力晶体管，其不同之处是内部结构为两级或三级甚至四级晶体管的复合结构。还有一种是目前通用变频器中普遍使用的模块型电力晶体管，这种电力晶体管的三个极与散热片隔离，也就是散热片上不带电。模块型电力晶体管在一个模块的内部有一单元结构、二单元结构、四单元结构和六单元结构。所谓一单元结构就是在一个模块内有一个电力晶体管和一个续流二极管反向并联，如 ETN01—055 或 1D1200F—055。二单元结构（又称半桥结构）是两个一单元串联做在一个模块内，构成一个桥臂。四单元结构（又称全桥结构）是由两个二单元组成，可以构成单相桥式电路。而六单元结构（又称三相桥结构）是由三个二单元并联，构成三相桥式电路。对于小容量变频器，一般使用六单元模块（即六个单元做在一起的模块）。

GTR 是一种放大器件，具有三种基本的工作状态：放大状态、饱和状态和截止状态。在逆变电路中，GTR 是用作开关器件的，工作过程中，总是在饱和状态和截止状态间进行