

就业金钥匙



图解版

- 面向岗位需求 全新图解操作技能
- 学会一技之长 快速打开就业之门

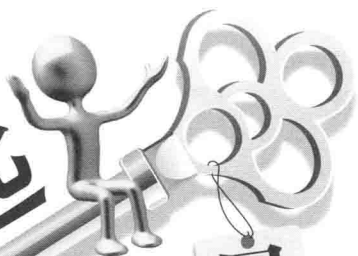
变频器技术 一点通

《就业金钥匙》编委会 组织编写



化学工业出版社

就业 金钥匙



图解版

变频器技术 一点通

《就业金钥匙》编委会 组织编写



化学工业出版社

· 北京 ·

《变频器技术一点通》是《就业金钥匙》丛书电工电子行业中的一本。本书旨在帮助初学者快速入门，书中以大量的范例介绍了变频器技术，主要内容包括：变频器技术基础，变频器的使用与维护，变频器的应用等内容。

本书内容由浅入深，循序渐进，可供初学变频器技术的人员、职业院校或培训学校相关专业学生学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

变频器技术一点通 (图解版)/《就业金钥匙》编委会组织编写. —北京: 化学工业出版社, 2012. 10
(就业金钥匙)
ISBN 978-7-122-15257-2

I. ①变… II. ①就… III. ①变频器-基本知识
IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 208530 号

责任编辑: 李军亮
责任校对: 陈 静

文字编辑: 余纪军
装帧设计: 尹琳琳

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: 北京云浩印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张 8½ 字数 227 千字
2013 年 1 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: 29.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着城市化进程的加快，越来越多的农村富余劳动力向非农产业转移，如何赋予这部分群体以新技能，引导其转移就业，如何打造新农村建设急需的新人才，为农村发展助力，是社会不容忽视而又亟待解决的问题。缺乏就业技能是制约农村劳动力转移的一大瓶颈。授之以鱼不如授之以渔，掌握一技之能显得尤为重要。

《就业金钥匙》丛书，旨在帮助那些准备就业人员、进城务工者、转岗就业的人员掌握一技之长。丛书在注重理论培训的同时，更注重提升实际操作技能，提升就业者的竞争力。本丛书立足技能培训和上岗就业，有针对性地进行技术指导，涉及机械加工、电工电子、家用电器维修、车辆维修等多个岗位紧俏、薪酬待遇好的工种。

本丛书具有如下特点：

- ① 全零起点；内容编写采用图解的形式，易学易懂。
- ② 重点突出操作技能与操作要点，以指导入门人员快速上手为目的。
- ③ 操作技能步骤清晰、方法可靠。
- ④ 配有典型的操作实例。

相信通过学习，广大学员可以凭借自己的一技之长，搭上就业的快速列车，为今后顺利步入社会铸造一把“就业金钥匙”。

《变频器技术一点通》是《就业金钥匙》丛书电工电子行业中的一本。本书旨在帮助初学者快速入门，书中以大量的范例

介绍了变频器技术，主要包括：变频器技术基础，变频器的使用与维护，变频器的应用等内容。本书内容由浅入深，循序渐进，可为初学变频器应用的技术人员、职业院校或培训学校相关专业学生尽快掌握变频器技术提供有益帮助。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

《就业金钥匙》编委会

第1章 变频器技术基础**1**

1.1 变频器概述	2
1.1.1 变频器	2
1.1.2 变频器的基本类型	10
1.1.3 变频器的工作原理	16
1.2 变频器技术应用基础	17
1.2.1 变频器中的电力电子器件	17
1.2.2 三相交流电动机变频传动原理	45
1.3 变频器的控制方式	47
1.3.1 基本 U/f 控制变频器	47
1.3.2 转差频率控制变频器（闭环控制）	50
1.3.3 矢量控制变频器	51
1.3.4 直接转矩控制变频器	53
1.3.5 变频器的外接功能端子	53
1.3.6 操作面板	62
1.3.7 频率控制功能	64
1.3.8 U/f 控制线、转矩补偿线及转差补偿控制 的设置	72
1.3.9 电压自动控制功能和节能运行控制 功能	74
1.3.10 过载保护、瞬时停电再启动及制动 功能	75
1.3.11 变频器的功能设置及功能码的选择	79
1.4 变频器的主要功能与性能指标	85
1.4.1 变频器的主要功能	85

1.4.2 变频器的性能指标	91
----------------------	----

第2章 变频器的使用与维护

95

2.1 变频器的选用	96
2.1.1 变频器电压等级的确定	96
2.1.2 变频器容量（功率）的选择方法	96
2.1.3 变频器控制方式的选择	104
2.2 变频器的安装	105
2.2.1 变频器的应用领域	105
2.2.2 变频器的铭牌	106
2.2.3 变频器的安装	107
2.2.4 变频器的接线	111
2.3 变频器的调试与维护	120
2.3.1 变频器通电调试条件	120
2.3.2 变频器测试	124
2.3.3 变频器的维护	138
2.3.4 使用变频器时的其他注意事项	145
2.4 变频器的运行	149
2.4.1 变频器的操作和显示	150
2.4.2 变频器主电路和控制端子的连接	152
2.4.3 变频器的操作和运行	157

第3章 变频器的应用

179

3.1 变频调速技术的应用	180
3.1.1 变频器应用概况	180
3.1.2 风机、水泵类负荷的变频节能	183
3.1.3 变频器在其他行业的节能应用	186
3.1.4 自动化、提高生产率及提高质量	189
3.2 变频器在节能方面的应用	196

3.2.1	节能原理	196
3.2.2	风机泵类负荷对变频器提出的要求	200
3.2.3	变频器在轧钢厂供水系统中的 应用实例	204
3.2.4	高压变频器在火力发电厂灰浆泵系统中的 应用实例	210
3.2.5	华为电气 TD2100 供水专用变频器	215
3.3	变频器在机械传动中的应用	220
3.3.1	变频器的低压控制电路	221
3.3.2	变频器在回转窑中的应用	234
3.3.3	变频器在起重机中的应用	238
3.3.4	变频器在注塑机中的应用	253

第 1 章

变频器技术
基础



1.1 变频器概述

1.1.1 变频器

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电源的电能控制装置，能实现对交流异步电动机的软启动、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) 直流和交流

众所周知，电力分为直流和交流两大类。日常使用的干电池、蓄电池提供的是直流电，而由发电厂提供给一般家庭或工厂使用的电力（俗称“商用电源”或“市电”）是交流电。

由图 1-1 (a) 可见，直流电源的特点是电压恒定且极性不变化，通过干电池、蓄电池和太阳能电池产生直流提供电力。与此不同的是如图 1-1 (b) 所示的电源称为交流电，其特点是电压的极性周期性地变化。人们把每秒钟极性改变的次数称为频率，频率的单位为 Hz（赫兹）。例如，中国的额定频率为 50Hz，国外如日本、美国的额定频率为 60Hz。

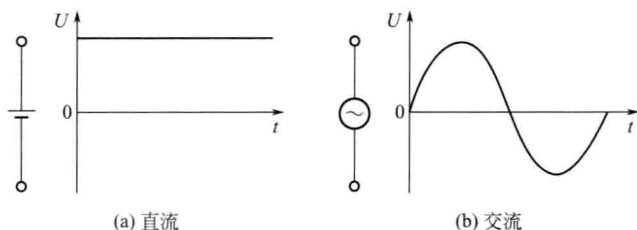


图 1-1 直流和交流

代表交流电源的商用电源分为单相交流和三相交流，主要是由电动机（汽轮机或水轮机拖动）产生。人们日常所接触到的商品的

生产和运输是耗电量最大的，大部分是采用商用电源，即交流供电，应用直流电源的相对比较少。此外，耗电量占有份额较少的家庭供电采用单相交流，耗电量大的工业企业和宾馆则采用三相交流供电。

(2) 整流与逆变

一般家用或工厂电气设备，多采用交流电源，但在这些设备的控制部分，也少不了要用直流。至于电视机、录音机、计算机等电子设备，它们的主要元器件，如 IC 电路、晶体管、显像管等，必须要用直流供电。此外，工业上的电解、电镀用电量特别大，是直流供电的大户。

把交流变为直流称为整流。电解或电镀厂必须配备的整流装置，通称整流器。一般情况用二极管即可进行整流，二极管是半导体元件中的一种，其特点是只能让一个方向的电流通过，故又称为整流元件，如图 1-2 所示。

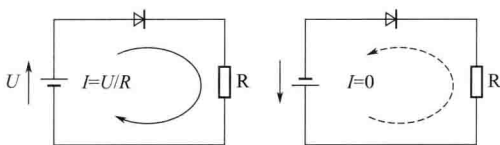


图 1-2 二极管单向通电示意图

最常用的整流电路是“单向桥式整流电路”，其电路接线和工作原理如图 1-3 所示。交流电压 u 为正的期间，二极管 VD1、VD2 处于导通状态（记为 ON），在负荷电阻 R 上加正电压 u ， $e_d = +u$ ；而当 u 为负时，VD3、VD4 导通；在负荷电阻 R 上加负电压， $e_d = -u$ 。由于桥式接法使平均电压 e_d 成为直流电压， R 上流过直流电流。

由图 1-3 可见， e_d 是单一方向的整流电压，但存在较大的脉动电流。在很多情况下，这种脉动会对设备运行造成不良影响，必须增设滤波电路才能得到平滑的直流。

把直流变为交流电力的交换称为逆变（Inverter），用于逆变的装置称为逆变器。逆变器是变频器的核心部件，其原理性电路如图

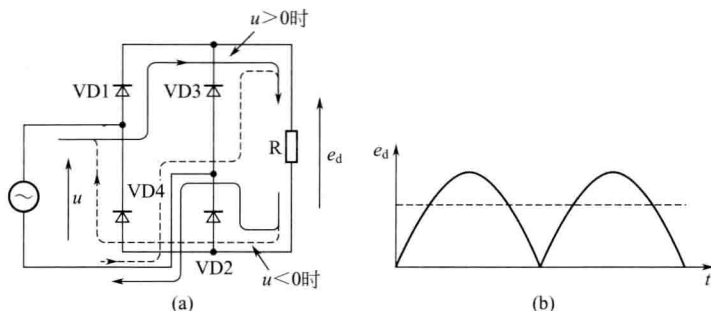


图 1-3 单相桥式整流电路

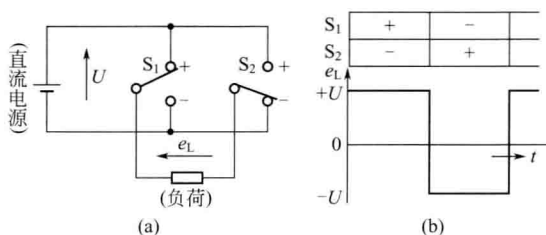


图 1-4 逆变器电路和原理

1-4 所示。

图中开关 S_1 和 S_2 可以任意接向+侧或-侧。如果像图 1-4 (b) 所示控制 S_1 和 S_2 的动作, 则对于负荷上的电压 e_L 为矩形波的交流电压。该交流电压的频率取决于开关的切换速度。设开关正负切换一个周期的时间为 T , 则 $f = \frac{1}{T}$, T 越大, f 越低, 可以自由进行控制。

现在把图 1-4 的原理性电路进行实用化, 把机械式的开关 S_1 、 S_2 用高速的电子开关代替, 这类电力电子开关很多, 有晶闸管 (VS)、晶体管 (GTR) 等多个品种可供选用。

可选用一种控制极可关断的晶闸管 (GTO) 作为开关来构成逆变器电路。GTO 元件如图 1-5 所示, 它是一个三端的半导体整流元件, 其阳极为 A, 阴极为 K, 控制极为 G。从控制极流入正方

向电流，则 GTO 为通态 (ON)；而当加入反方向电流，则 GTO 为断态 (OFF)。由于 GTO 的电流只能从 A→K 单方向流过，若要满足如图 1-4 的开关功能，则必须增加用二极管反并联的续流电路。

GTO 控制原理的说明如图 1-5 所示，通过控制极电流的正负变化进行 GTO 的通断控制。

GTO 是一种半导体开关，ON、OFF 的开关速度和寿命均比机械开关优越得多。此外，由于制造技术的进步，大容量的价格比较低的半导体器件层出不穷，促进了逆变器在各个领域广泛地得到应用。

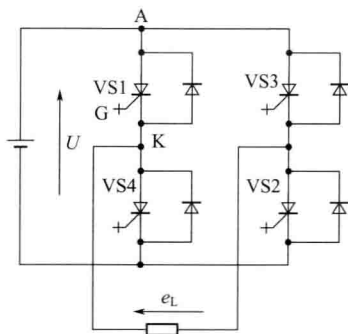


图 1-5 用 GTO 构成逆变器

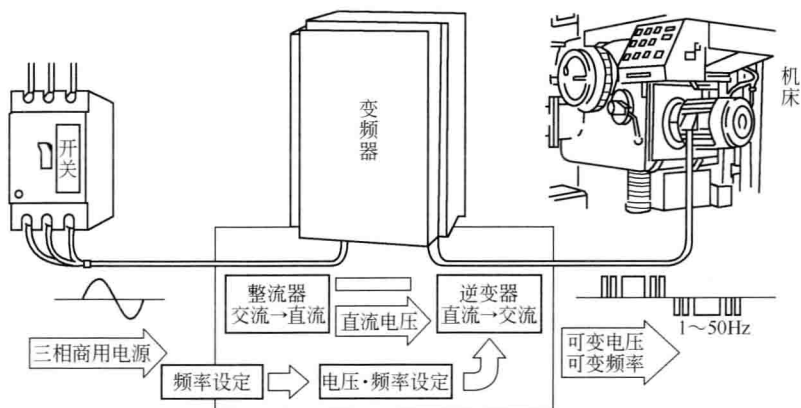
(3) 变频器的组成

图 1-6 (a) 为变频器调速系统的构成图，图 1-6 (b) 为变频器的电路组成及主要部件的外形图。由图可见，变频器是由主回路和控制回路两大部分组成的。

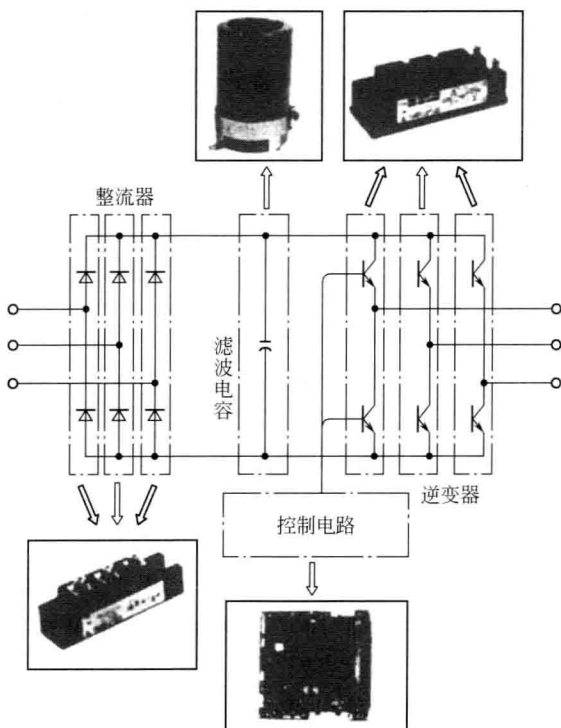
主回路由整流器（整流模块）、滤波器（滤波电容）和逆变器（大功率晶体管模块）三个主要部件构成。控制回路则由单片机、驱动电路和光电隔离电路构成。这些典型的部件均在图 1-6 (b) 上用实物照片表明。逆变器可由不同器件做成，如高频变频器用功率 MOS 晶体管，大容量变频器用 GTO 晶闸管，中小型变频器用 IGBT 晶体管等。

主回路各点的波形，除输入电压外，均不是光滑的正弦波，如图 1-7 所示。输入电流为双脉冲波，输出电压为 PWM 波，输出电流为含有多种高次谐波的正弦波。

① 整流器 首先是将单相或三相交流电源通过整流器并经电容滤波后形成幅值基本稳定的直流电压加在逆变器上，变频器中采用二极管不可控桥式整流电路方案的占绝大多数，由于不必设置相



(a) 变频器调速系统



(b) 变频器的电路组成

图 1-6 变频器的构造图

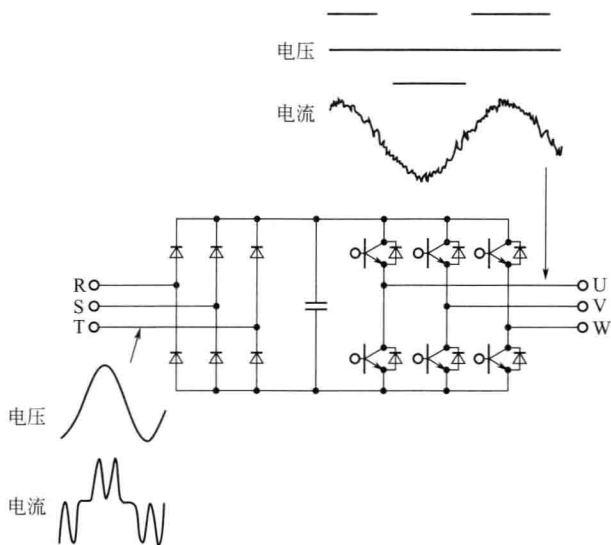


图 1-7 变频器主回路各点的波形

应的控制电路，所以控制简单，成本也较低。经整流后的平均直流电压可用式（1-1）表示。

$$U_D = 1.35U_L = 1.35 \times 380 = 513V \quad (1-1)$$

式中， U_L 为电源的线电压。

特别提醒

理论上讲，二极管整流器的原侧功率因数应该接近于 1，但实际上由于中间直流回路采用大电容作为滤波，其值小于 1。

高次谐波电流造成的不良影响有两个方面。变频器整流及滤波电路如图 1-8 所示。

a. 占用电网容量。一般情况下应考虑电源设备的裕量。

b. 引起电网电压波形畸变。电网容量越大，观察到的电流波形越陡峻，畸变越严重。同时畸变程度与变频器的负载大小有关。

由于电流、电压波形的畸变，供电线路上的其他设备必然受到影响，引起过热、噪声、振动甚至误工作。变频器的应用日益增多，对电网的污染问题不容忽视。

② 逆变器 逆变器是完成将直流电变换为交流电过程的装置。其动作原理可用图 1-9 所示的机械开关动作来说明。

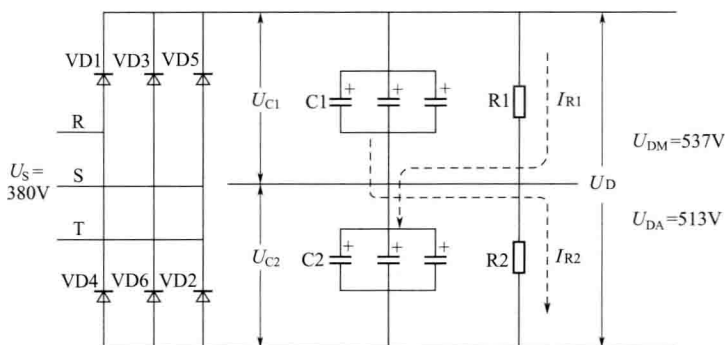


图 1-8 变频器整流及滤波电路

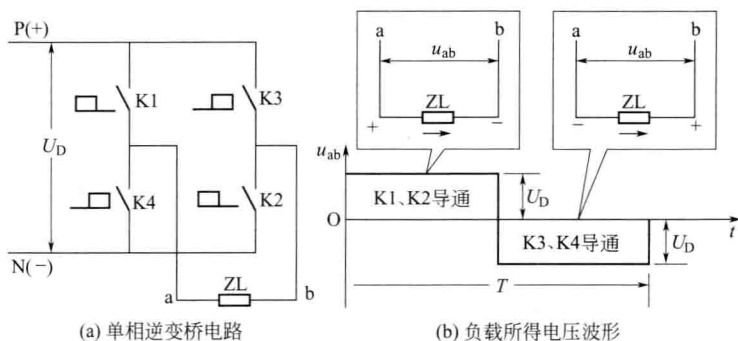


图 1-9 单相逆变桥原理

由图 1-9 可知，当开关 K1、K2 与 K3、K4 轮流闭合和打开时，在负载上即可得到波形图所示的交流电压，完成直流到交流的逆变过程。用具有相同功能的电力半导体器件取代机械开关，即得到单相逆变电路，改变逆变器开关元件的导通与截止时间，就可以改变输出电压的频率，如图 1-10 所示。

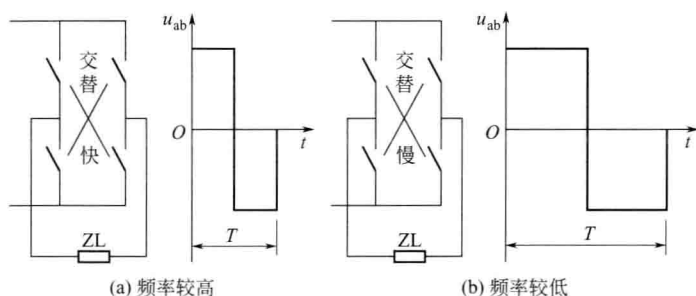


图 1-10 变频方法

实际应用中变频器采用三相逆变电路，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，如图 1-11 所示。有规律地控制六个逆变器开关器件的导通与截止，就可把直流电逆变成三相交流电，使逆变器输出端获得一定形状的矩形脉冲波形。在这里，通过改变矩形脉冲的宽度控制其电压幅值；通过调节开关的通断速度就可调节交流电频率，从而在逆变器上同时进行输出电压和频率的控制，满足了变频调速对 U/f 的协调控制要求。三相逆变电路及其输出电压如图 1-12 所示。

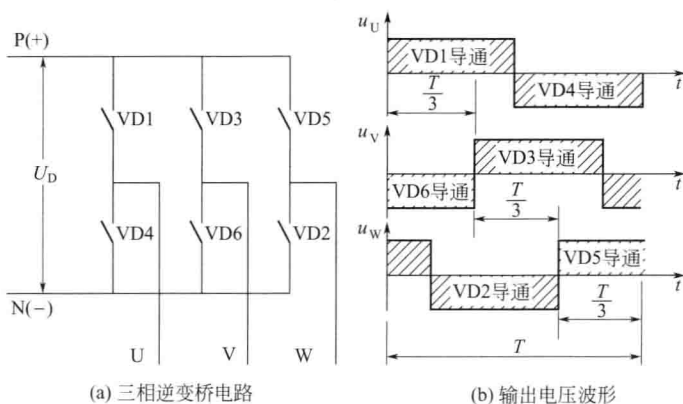


图 1-11 三相逆变桥原理