

任致程 主编

# 电动机 变频器实用手册

- ★变频器的选用、安装、使用中的注意事项
- ★常见变频器的各项技术参数与功能说明
- ★变频器维护与常见故障诊断
- ★变频器应用范例



任致程 主编

# 电动机 变频器实用手册



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



## 内容提要



本书从常用电动机变频器的应用与操作角度进行介绍,简洁、实用。全书共分四章,第一章介绍变频器原理及其配套设备的选择、安装、使用注意事项以及在恶劣条件下的对策,同时还介绍了变频器功能参数的重要作用;第二章着重介绍了国内外多种变频器各具特色的性能,详尽地描述了其功能参数、端子排列、配线方式和操作方法;第三章讲解变频器的运行常识、定期维护与故障诊断技巧,确保处于完好状态;第四章列有40则应用范例。最后收录了数十种通用及专用变频器、电动机和相关电器,以供读者参考。

本手册通俗易懂、图文并茂,密切联系实际,是工矿企业电工及机械设备操作与维修人员的必备参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电动机变频器实用手册/任致程主编. —北京:中国电力出版社,2004

ISBN 7-5083-1876-5

I. 电... II. 任... III. 电动机-变频器-技术手册 IV. TM344.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第100495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>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

2004年4月第一版 2004年10月北京第二次印刷  
787毫米×1092毫米 16开本 33.5印张 844千字  
印数3001—6000册 定价55.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 前 言

变频器以其对电动机高效的驱动性能及良好的控制特性而备受人们的青睐，并争相使用。同时，在学习变频器技术的过程中，迫切需要一本通俗实用的变频器手册，以便于广大读者学习使用。因此，本手册应运而生。本书在编写过程中力求通俗易懂，图文并茂。

本手册共分四章。第一章为变频器综论。从应用范围及分类开始，介绍了通用变频器的主电路、控制电路的简要原理，变频器及其配套设备的选择、安装、使用注意事项，以及在恶劣条件下的对策，同时，还介绍了变频器的功能参数在运用中的重要作用。

第二章作者从国内外众多的变频器产品中，挑选了八种变频器进行讲解，详细地介绍了各自的外型尺寸、端子排列、电路配线 and 操作方法，着重介绍了功能参数，使读者更好地掌握其特征和功能，以便于正确选用和使用。

第三章讲解变频器的运行常识、定期检查内容以及故障诊断和修理技巧，列举了十例修理经验，以供读者借鉴。

第四章介绍了四十例应用范例，启迪读者灵活运用变频器。

本手册还附录了数十种专用变频器以及电动机和相关的开关电器，为读者设计、选购提供资料。

本书在编撰过程中，得到了数十家厂商的鼎力支持，好友丁建国先生闻信在百忙中特为本手册题写书名，在此一并表示衷心感谢。读者在使用本手册中提及的产品时，如果碰到技术问题，请直接与厂商协商。由于篇幅有限，对产品的介绍大有挂一漏万之憾，盼各厂商与本书作者联系，以便再版或出版续集时增补。

参加编撰工作的有任致程、吴玉莲、涂强、任国雄、刘洋、丁建国、任国保、周伟红、宁宁（涂一林）、薇薇（谭昂昂）、夏冬初、刘伏初、张利华、史强、侯金波、邓科、周春朱、邹蕾、周秋兰等。全体作者在此向读者、电工和电气同仁们表示衷心感谢。由于作者水平有限，加上时间仓促，错误之处在所难免，在此肯请读者批评指正。

# 任致程

长沙·湖南大学

2004年3月

# 目 录

前言

## 第一章 变频器综论..... 1

→ 第一节 应用范围及分类..... 1	1
一、变频器应用范围..... 1	1
二、变频器的分类..... 1	1
→ 第二节 通用变频器..... 5	5
一、交一直一交电压型变频器主电路..... 5	5
二、交一直一交电压型变频器控制电路..... 7	7
三、变频器的主要功能/参数..... 14	14
四、功能/参数表与功能参数说明..... 20	20
→ 第三节 变频器的配套设备选用..... 22	22
一、空气断路器..... 22	22
二、交流电抗器..... 24	24
三、交流接触器..... 26	26
四、无线电噪声滤波器..... 26	26
五、制动电阻..... 31	31
六、直流电抗器..... 33	33
七、输出交流电抗器..... 35	35
八、过滤罩..... 35	35
九、电容箱..... 35	35
十、计算机控制用软件及通信适配器..... 35	35
十一、变频器一拖多扩展板..... 38	38
→ 第四节 变频器的安装..... 38	38
一、货物核查..... 38	38
二、对主回路进行安装前的绝缘试验..... 38	38
三、对控制回路进行安装前的绝缘试验..... 38	38
四、变频器安装对周围环境的要求..... 38	38
→ 第五节 变频器使用的注意事项..... 45	45
一、物理环境注意事项..... 45	45
二、电气环境注意事项..... 45	45
三、参数设置中的注意事项..... 45	45

	四、接线过程中的注意事项 .....	45
	五、变频器的接地 .....	45
	六、变频器的防雷 .....	46
	七、变频器运行中的注意事项 .....	46
	八、变频器使用寿命、功率因数及谐波干扰 .....	46
	九、变频器与负载的配置 .....	47
➔	<b>第六节 变频器在恶劣环境中的对策 .....</b>	<b>50</b>
	一、高温环境下的对策 .....	50
	二、气体腐蚀环境下的对策 .....	51
	三、灰尘与潮气环境下的对策 .....	51
	四、严重恶劣环境下的对策 .....	51
	五、外来干扰的对策 .....	52
	六、变频器漏电及其对策 .....	52
	<b>第二章 变频器荟萃 .....</b>	<b>55</b>
➔	<b>第一节 森兰 SB20 系列变频器 .....</b>	<b>55</b>
	一、SB20 型号规格 .....	55
	二、SB20 外形尺寸 .....	57
	三、SB20 基本配线 .....	57
	四、SB20 的操作 .....	60
	五、SB20 的功能/参数 .....	63
	六、SB20 的功能/参数说明 .....	66
	七、SB20 的外控操作盒 .....	75
➔	<b>第二节 森兰 SB60 系列变频器 .....</b>	<b>76</b>
	一、SB60 型号规格 .....	76
	二、SB60 外形尺寸 .....	77
	三、SB60 基本配线 .....	78
	四、SB60 的操作 .....	81
	五、SB60 的功能/参数 .....	84
	六、SB60 的功能/参数说明 .....	94
	七、计算机控制用软件及通信适配器 .....	118
➔	<b>第三节 森兰 BT12S 系列变频器 .....</b>	<b>118</b>
	一、BT12S 型号规格 .....	118
	二、BT12S 外形尺寸 .....	120
	三、BT12S 基本配线 .....	121
	四、BT12S 的操作 .....	125
	五、BT12S 的功能/参数 .....	129
	六、BT12S 功能/参数的说明 .....	133

	七、BT12S 变频器专用选配件 .....	143
➔	<b>第四节 欧姆龙 3G3JV 系列变频器</b> .....	144
	一、3G3JV 型号规格 .....	145
	二、3G3JV 外形尺寸 .....	148
	三、3G3JV 基本配线 .....	148
	四、3G3JV 的操作 .....	152
	五、3G3JV 功能/参数 .....	156
	六、3G3JV 功能/参数说明 .....	159
➔	<b>第五节 台达 VFD—P 变频器</b> .....	166
	一、VFD—P 型号规格 .....	166
	二、VFD—P 外形尺寸 .....	168
	三、VFD—P 基本配线 .....	169
	四、VFD—P 的操作 .....	171
	五、VFD—P 功能/参数 .....	174
	六、VFD—P 功能/参数说明 .....	179
	七、VFD—P 变频器错误信息指示与故障排除 .....	206
➔	<b>第六节 松下 DV707H 系列变频器</b> .....	207
	一、DV707H 型号规格 .....	207
	二、DV707H 外形尺寸 .....	210
	三、DV707H 基本配线 .....	211
	四、DV707H 的操作 .....	214
	五、DV707H 功能/参数 .....	225
	六、DV707H 功能/参数说明 .....	231
	七、DV707H 变频器的保护功能 .....	242
➔	<b>第七节 LG 产电 iV5 系列变频器</b> .....	245
	一、iV5 型号规格 .....	245
	二、iV5 外形尺寸 .....	248
	三、iV5 基本配线 .....	253
	四、iV5 的操作 .....	260
	五、iV5 的功能/参数 (代码功能) .....	268
	六、iV5 的功能/参数说明 (描述) .....	279
	七、故障显示 .....	317
➔	<b>第八节 三菱 FR-A500 系列变频器</b> .....	318
	一、FR-A500 型号规格 .....	318
	二、FR-A500 外形与拆装方法 .....	321
	三、FR-A500 基本配线 .....	325
	四、FR-A500 变频器的操作 .....	335
	五、FR-A500 的功能/参数 .....	344

六、FR-A500 的功能/参数说明 .....	352
七、出错对策 .....	451

### 第三章 变频器维护与故障诊断 .....

第一节 变频器的运行检查常识 .....	454
第二节 变频器的定期检查 .....	456
一、定期检查项目 .....	456
二、检查方法 .....	458
第三节 变频器故障诊断 .....	461
一、故障内容 .....	461
二、故障诊断 .....	462
第四节 维护与检修 .....	467
一、变频器的定期保养 .....	467
二、变频器零部件更换要领 .....	467
第五节 故障修理 .....	470
例 1 显示正常, 电动机不转 .....	470
例 2 三缺一, 键盘无指示 .....	470
例 3 错把中性线当相线, 显示过电流 .....	470
例 4 误动键盘, 参数丢失 .....	470
例 5 负载过重, 变频器拒绝工作 .....	470
例 6 一只管子损坏, 整台机器瘫痪 .....	471
例 7 一滴油污, 引起不正常停机 .....	471
例 8 电流互感器损坏, 引起“过流”显示 .....	471
例 9 一台变频器, 同相电流三处不相同 .....	472
例 10 变频器参数不当, 电动机发抖 .....	472

### 第四章 变频器应用范例 .....

例 1 用电压输入频率指令 .....	474
例 2 用电流输入频率指令 .....	474
例 3 用按钮调频电路 .....	474
例 4 用交流接触器切换变频与工频 .....	475
例 5 用继电器切换变频与工频 .....	476
例 6 用 PLC 控制变频与工频 .....	476
例 7 用开关切换主速/辅助的 2 段速 .....	478
例 8 通过晶体管给变频器输入信号 .....	478
例 9 变频器减速强制制动电路 .....	478



例 10	变频器抗射频电路 .....	478
例 11	变频器抗传导干扰电路 .....	480
例 12	无正反转功能变频器的可逆电路 .....	480
例 13	有正反转功能变频器的可逆电路 .....	481
例 14	用正反转指令开关控制变频器 .....	481
例 15	变频器外接正转控制电路 .....	482
例 16	用三线控制电动机运行电路 .....	483
例 17	变频器外接旋钮正转控制电路 .....	483
例 18	变频器外接继电器正转控制电路 .....	484
例 19	变频器外接 PLC 正转控制电路 .....	484
例 20	变频器外接 LOGO! 正转控制电路 .....	485
例 21	变频器远距离操作电路 .....	486
例 22	单相电动机用通用变频器调速 .....	487
例 23	单相电动机去掉电容用变频器调速 .....	487
例 24	单相电动机改双相电动机变频调速 .....	487
例 25	单相电容式电动机应用专用变频器调速 .....	487
例 26	森兰 BT12S 型变频器一拖二 .....	488
例 27	森兰 SB61P 型变频器一拖四 .....	489
例 28	森兰全能王 SB60 变频器一拖四加软启动器 .....	490
例 29	一台变频器控制三台水泵 .....	492
例 30	惠丰 W500 多泵供水系统电路 .....	492
例 31	恒压供水电路 .....	492
例 32	惠丰变频循环泵电气原理 .....	493
例 33	陶瓷抛光机 .....	494
例 34	惠丰变频器在络筒机上的应用 .....	494
例 35	惠丰变频器在冷冻装置上的应用 .....	495
例 36	惠丰变频器在转炉倾动上的应用 .....	495
例 37	惠丰变频器在发电厂的应用 .....	495
例 38	惠丰变频器在中央空调集中控制中的应用 .....	496
例 39	变频器固定语言报警电路 .....	496
例 40	变频器录放语言报警电路 .....	496

## 附录 .....

附录 1	F1000-G 通用型系列 (0.4 ~ 110kW) 变频器技术参数 .....	498
附录 2	HF-G 通用型系列 (0.4 ~ 315kW) 变频器技术参数 .....	499
附录 3	HF-P 系列风机泵类专用 (0.75 ~ 315kW) 变频器技术参数 .....	500
附录 4	DA500 直流输入型变频器 (0.75 ~ 160kW) 技术参数 .....	501
附录 5	ZS500 注塑机专用系列变频器 (1.5 ~ 160kW) 技术参数 .....	501
附录 6	LS500 络纱机专用变频器 (0.4 ~ 7.5kW) 技术参数 .....	502

附录 7	LT500 络筒机专用变频器 (0.4 ~ 7.5kW) 技术参数	503
附录 8	FN500 直流无刷电动机调速器 (0.75 ~ 45kW) 技术参数	503
附录 9	W500 系列多泵供水专用变频器 (0.75 ~ 315kW) 技术参数	504
附录 10	HC500 直流斩波电源 (0.4 ~ 75kW) 技术参数	504
附录 11	HF-M 中频系列变频器 (0.75 ~ 75kW) 技术参数	505
附录 12	WFS500 宽程变频器电源 (0.75 ~ 220kW) 技术参数	505
附录 13	FT500 能量可回馈型变频器 (0.4 ~ 315kW) 技术参数	506
附录 14	惠丰变频器结构图 (本书附录 1 ~ 附录 13 适用)	507
附录 15	CY500 抽油机增产节能增油变频系统技术参数 (柜式) (18.5 ~ 75kW)	508
附录 16	ZS700 系列注塑机专用变频柜 (11 ~ 55kW) 技术参数	509
附录 17	安川 VARISPEED-616G5 多功能全数字式变频器技术参数 (200V)	509
附录 18	安川 VARISPEED-616G5 多功能全数字式变频器技术参数 (400V)	510
附录 19	安川 Varispeedf7 电流矢量控制通用变频器技术参数	511
附录 20	森兰 BT40 系列变频器技术参数	514
附录 21	安邦信 AMBG7 变频器技术参数	515
附录 22	正阳 ZY 一体化变频器技术参数	516
附录 23	节能型 Y2 系列三相异步电动机技术参数	516
附录 24	CJ20 系列交流接触器技术参数	519
附录 25	JZ7 系列中间继电器技术参数	521
附录 26	JZC4 系列交流中间继电器技术参数	522
附录 27	DW10 系列万能式断路器技术参数	524
参考文献		526



# 变频器综述

变频器亦叫电动机变频调速器，是一种静止的频率变换器。它把电力配电网 50Hz 恒定频率的交流电，变成可调频率的交流电，供普通的交流异步电动机作电源用。其最主要的特点是具有高效率的驱动性能和良好的控制特性。

## 第一节 应用范围及分类

### 一、变频器应用范围

应用变频器不仅可以节约大量电能，而且变频器的自动控制性能可以提高产品质量和数量；在各个行业中用它可以改造传统产业，实现机电一体化的重要手段。运用它的空间电压矢量控制技术，使得在低速时能够输出较大力矩。变频器的主要用途如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1

变频器主要用途

应用范围	应用设备或系统	备注	应用范围	应用设备或系统	备注	
过程控制	1. 钢带 2. 造纸 3. 纺织 4. 胶片 5. 涂（布胶漆）装设备 6. 印刷机械 7. 卷烟、食品	张力控制 调速范围很大	其他	1. 传输设备 2. 工业洗涤机械 3. 注塑机 4. 抽油机变频节能系统 5. 业务用洗衣机 6. 洗车机 7. 风机 8. 鼓风机 9. 水泵 10. 制粉机 11. 搅拌机 12. 空调机 13. 冷冻机	高速运行 位置控制	
	提升控制	1. 电梯 2. 停车设备 3. 塔式起重机 4. 起重机 5. 提升机			高速运转 高启动转矩 调速范围大	防止失速
	机器控制	1. 工程机械 2. 抽丝机 3. 挤压机			高速运行 高启动转矩 高速运行 位置控制	

### 二、变频器的分类

变频器问世的时间虽然较短，但其种类颇多，一般有以下几种分类。

#### (一) 按变换频率的方法分类

##### 1. 交—直—交变频器

这种变频器是先把 50Hz 的交流电流经过整流变换成直流，再经滤波后将较平滑的直流电逆变成频率可调的交流电。根据选用滤波器件的不同，变频器又分电容滤波和电感滤波两种形式。电容滤波的直流回路的电压波形比较平直，输出阻抗很小，电压也不易突变，相当于直流恒压源，所以称之为电压型变频器；电感滤波形式直流回路的电流波形比较平直，输

出阻抗很大，电流不易突变，相当于直流恒压源，所以称为电流型变频器。

图 1-1-1 为交—直—交变频器主电路原理图，其中，图 1-1-1 (a) 为电压型变频器，图 1-1-1 (b) 为电流型变频器。

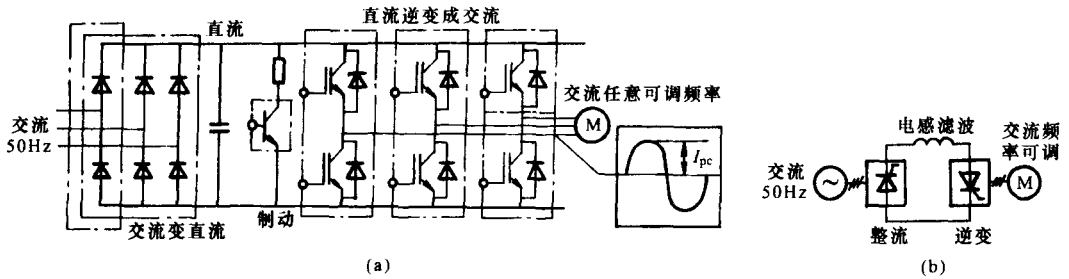


图 1-1-1 交—直—交变频器主电路原理图  
(a) 电压型变频器；(b) 电流型变频器

## 2. 交—交变频器

所谓交—交变频器一般是由三相反并联晶闸管组成的可逆桥式，采用电网自然换相原理，组成的变频器。它具有过载能力强、效率高、输出波形好等优点；但也具有输出频率低，使电网功率因数低，旁频谐波影响大等缺点。交—交变频器可驱动同步电动机，也可以驱动异步电动机。

### (二) 按电压等级分类

#### 1. 低压型变频器

这类变频器电压单相为 220~240V、三相为 220V 或 380~460V。通常用 200V 类、400V 类标称这类变频器。容量 0.2kW~280kW，多则达 500kW。因此，这类变频器又称作中小容量变频器。

本书所介绍的就是此类变频器。

#### 2. 高压大容量变频器

它有两种形式，一种采用升降压变压器形式的，称之为“高一低—高”式变频器，亦叫作间接高压变频器；另一种采用高压大容量 GTO 晶闸管或晶闸管功率元件串联结构，无输入、输出变压器，也称作直接高压变频器。因本书主要是介绍低压型变频器，所以对高压大容量变频器从略。

### (三) 按改变输出电压或电流波形分类 分为 PAM 和 PWM 两种。

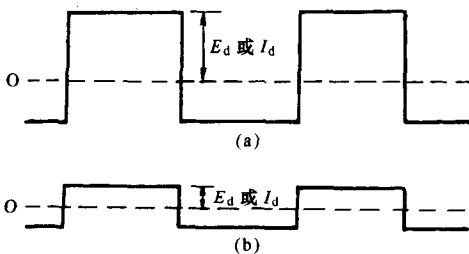


图 1-1-2 PAM 电压调节波形  
(a) 高电压时；(b) 低电压时

#### 1. PAM

这是 Pulse Amplitude Modulation 的缩写，是一种改变电压源的电压  $E_d$  或电流源的电流  $I_d$  的幅值，进行输出控制的方式。因此，在逆变器部分只控制频率，在变流器部分控制输出的电压或电流。采用 PAM 调节电压时，高电压 [见图 1-1-2 (a)] 及低电压 [见图 1-1-2 (b)] 时的输出电压波形如图 1-1-2 所示。

#### 2. PWM

它是 Pulse Width Modulation 的缩写。这种方式在输出波形的半个周期中，能产生多个脉冲，并使各脉冲的等值电压为正弦波状，输出电压或电流波形平滑，而且低次谐波较少。

在晶闸管逆变器中，由于其换相时间需要一百至数百微秒 ( $\mu\text{s}$ )，开关频率低，难以实现 PWM 控制，故通常采用 PAM 方式。

PWM 方式常用于可自关断晶体管和 GTO 晶闸管逆变器，用来对频率和输出电压进行控制调整。因此，在 PWM 方式中，直流环节可以是固定电压（或电流）的直流，整流部分通常采用电力大功率整流二极管整流。

#### (四) 按用途分类

变频器在各行各业的应用与日俱增，在我国发达地区大有取代星三角起动器和自耦降压式起动补偿器的趋势。而根据行业应用特点设计成的专用变频器也逐渐增多。现就国内外按用途分类的变频器介绍如下。

##### 1. 通用型变频器

低频下能输出大力矩功能，载频任意可调， $1\text{kHz} \sim 12\text{kHz}$ 。有很强的抗干扰能力，噪声小。也有采用空间电压矢量随机 PWM 控制方法的，功率因数高，动态性能好，转矩大，噪声低。还有的设三段速、四段速、八段速调节，具有转速提升功能和失速调节功能，能模拟通道及端子触发方式选择功能。

通用型变频器是用途最为广泛的变频器，是本书介绍之重点。

##### 2. 风机、泵类专用变频器

这类变频器具有无水、过压、过流、过载等保护功能。水泵控制时采用“一拖一”、“一拖二”控制模式。V/F 补偿曲线更加适合风机泵类的负载特性，内置 PID 调节器和软件制动功能模块。变频器运行前的制动保护功能，保护变频器和风机泵类不受损害。风机、泵类变频器与通用变频器的区别见表 1-1-2。

表 1-1-2 风机、泵类变频器与通用变频器的区别

性能参数	风机、泵类变频器	通用变频器	性能参数	风机、泵类变频器	通用变频器
最高频率 (Hz)	50 ~ 120	50 ~ 400	过载电流 ( $\% \cdot I_{\min}$ )	$120\% \cdot I_{\min}$	$150\% \cdot I_{\min}$
起动转矩 (%)	50% 以上	150% 以上			

##### 3. 直流输入型变频器

分 310V 输入和 560V 输入两种类型，分别对应 220V 交流输出和 380V 交流输出。这种变频器的基本技术规格与通用型变频器相同。但在 45kW 及以上时，须外加直流电抗器。直流输入型变频器可广泛用于矿用机车和油田直流供电系统等。

##### 4. 抽油机增产节能变频器

这种专用变频器具备自动运行、手动运行、二段速控制功能，调试简单、操作直观、使用方便，易于维护。并具有照明、加热、通风等辅助功能，适用于热、寒天气，夜间油田作业。在变频系统内，各单元均具有自保护，发生故障时有显示和警示，保护不停机切换，自动排除故障，温度显示、风冷和加热等功能。

##### 5. 注塑机专用变频器

注塑机专用变频器具有更强的过载能力，有更高的稳定性和更快的响应速度，且抗干扰性强。具有隔离双通道模拟输入，提供电压型或电流型分离变量的加权比例控制，控制灵活。具有模拟量输入输出补偿的电流补偿功能，可提供丰富多彩的补偿方法和补偿参数。它

采用失速调节, 定时操作, 端子功能定义等, 使变频器的使用更加方便。

#### 6. 注塑机专用变频器

这种变频器具有变频器及切换装置和操作显示面板等。切换装置用“工频”(即 50Hz)和“变频”切换。当变频器发生故障或需要检修时, 为了不影响生产, 可将注塑机切换到工频电源。切换又有“手动”和“自动”两种方式; 操作显示面板可进行基本的功能操作和参数设定。

#### 7. 络纱机专用变频器

这种变频器采用无级平滑调速, 对机械设备无冲击, 能延长设备的使用寿命, 可防止纱线由于冲击而被拉断。它具有线速度设定功能, 从而保证纺纱速度恒定。纺纱成型后, 根据纱线种类可以任意设定纺纱速度, 以利于提高生产效率。此外, 络纱机专用变频器具有掉电记忆, 滑移系统设定等功能, 从而保证纺纱长度一定, 重量一定。

#### 8. 络筒机专用变频器

络筒机专用变频器为无级平滑调速, 无机械冲击, 能延长设备使用寿命, 防止纱线由于冲击而拉断。它具有起始频率、终止频率设定功能, 随着纺纱长度增加, 变频器能从起始频率平滑降到终止频率。此外, 它还具有满纱停车、满纱指示、断纱、无脉冲自动停机指示功能, 以及掉电记忆功能, 并且再次通电能从掉电数据继续纺纱。

#### 9. 直流无刷电动机调速器

直流无刷电动机调速器采用 PWM 技术实现无级调速, 适用于多种需要调速的应用场合。低速扭矩大, 运行平稳, 低噪声, 高效率, 数字芯片为内部的核心部件, 驱动器数字化、智能化。配合用的电动机的转子为具有多对磁极的永磁体, 定子绕组为三相星形接法。采用开关型双极性霍尔传感器, 用于检测电动机转子的位置, 同时亦提供电动机转速信号。

#### 10. 多泵供水专用变频器

这种变频器内置多台泵的操作控制电路, 固定变频方式时, 最多可拖控 7 台泵的电动机; 循环变频方式时, 最多可拖控 4 台泵的电动机。在“变频”与“工频”间循环切换。它具有合理分配各台电动机工作时间功能, 可有效地防止电动机因长时间不工作而生锈。具有双压力、双 PID 控制功能, 并可实现正反馈控制和负反馈 PID 控制。此外, 还具有停车判断功能, 可方便地实现外控电路连接。

#### 11. 砂光、抛光和高速磨削专用中频变频器

中频变频器采用空间电压矢量随机 PWM 调制方法, 在频率输出的全范围内保证恒定的较低噪声。它分单相 220V 输入和三相 380V 输入两种类型, 最高输出频率可达 1000Hz, 其他技术规格同通用型变频器。通常, 75kW 以上的变频器配置交流电抗器。

#### 12. 宽程变频器

宽程变频器适配电动机容量 0.75 ~ 220kW, 电压、电流分别可调, 全数字控制, 智能化, 人性化设计。

#### 13. 能量可回馈型变频器

能量可回馈型变频器除具备通用变频器的特点外, 其整流单元、逆变单元完全可控。电动机制动时的能量通过特殊装置可以大部分回馈给电网, 以保证电网不受污染。四象限运行, 节能效果显著。

#### 14. 地铁机车变频器

将电力大功率可关断晶闸管 (GTO) 应用于无轨电车、轻轨车辆、地铁机车、钢轮支撑



直线电动机传动车辆、干线电力机车和磁悬浮试验车辆的传动系统中。

### 15. 电动汽车变频器

汽车进入家庭已是平常的事，但是石油储量逐渐减少，汽车对大气的污染日趋严重，研制电动汽车正受到人们关注，而电动车辆变频器则是电动车的“心脏”部件。

## 第二节 通用变频器

通用变频器是相对于专用变频器而言的，它的使用范围广泛，是所有中小型交流异步电动机都能使用的变频调速器。专用变频器品种虽多，但多由通用变频器稍加功能“演变”而成，若掌握了通用变频器，一通百通，其他变频器的安装、操作、使用和维护保养也就易如反掌了。

### 一、交一直一交电压型变频器主电路

中、小型通用变频器的主要型式是交一直一交电压型变频器，其主电路如图 1-2-1 所示。

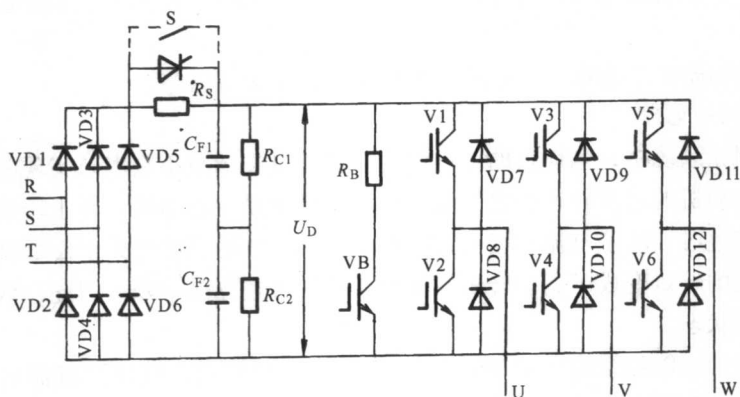


图 1-2-1 交一直一交通用型变频器主电路

从图 1-2-1 中不难看出，通用型变频器的主电路由以下几个部分组成：

#### (一) 三相桥式整流电路

三相桥式整流电路又叫全波整流电路，在中小容量变频器中，通常采用此电路。VD1 ~ VD6 通常采用电力整流二极管或整流模块。R、S、T（即 L1、L2、L3 或 A、B、C）为电源输入端。

#### (二) 滤波电路

滤波电路通常用若干只电容器并联成  $C_{F1}$  以增大容量后，再串联相同容量的电容器  $C_{F2}$  组合而成。

由于  $C_{F1}$ 、 $C_{F2}$  所采用的是电解电容器，具有较大的离散性，所以  $C_{F1} \neq C_{F2}$ ，使得其所承受的电压值也不完全相等。为了解决这个问题，在  $C_{F1}$  和  $C_{F2}$  旁各并联一只阻值相当的均压电阻器  $R_{C1}$  和  $R_{C2}$ 。

#### (三) 限流电路

限流电路由电阻器  $R_S$  和开关 S 并联构成。

变频器在接入电源之前，滤波电容器  $C_F$  上的直流电压  $U_D = 0$ ，因此，在变频器通电瞬间，会有一个很大的冲击电流经三相桥式整流器加至  $C_F$  两端，使 VD1 ~ VD6 有可能损坏；

与此同时，还可能使电源造成瞬间电压下降明显，形成干扰信号。而设置  $R_S$ ，则削弱了该冲击电流。

$R_S$  如果自始至终长期串入电路，既影响直流电压  $U_D$ ，又会影响变频器的输出电压。设置了短路开关  $S$ ，当  $U_D$  增大到一定程度时，令  $S$  接通，则把  $R_S$  设为旁路（或曰“切出电路”），以确保变频器的输出不受影响。在图 1-2-1 中， $R_S$  与  $S$  之间另并联一只晶闸管，通常  $S$  是由晶闸管充当。在容量较小的变频器， $S$  则由继电器的常开触头充当。

#### (四) 逆变电路

逆变电路由电力电子器件  $V1 \sim V6$  构成，常称“逆变桥”，它们接受控制电路中 SPWM 调制信号的“命令”（控制），将直流电逆变成三相交流电，由  $U$ 、 $V$ 、 $W$  三个输出端输出，供给交流异步电动机。

#### (五) 续流电路

$VD7 \sim VD12$  构成续流电路（见图 1-2-1），其作用有以下三点：

- (1) 为三相交流异步电动机绕组无功电流返回直流电路，提供了通路。
- (2) 当频率下降引起电动机同步转速下降时， $VD7 \sim V12$  为绕组的再生电能反馈至直流电路提供续流。
- (3) 为电路的寄生电感在逆变过程中释放能量提供续流通路。

#### (六) 能耗制动电路

在变频器调速系统中，电动机的降速和停机是通过逐渐减小频率来实现的。在频率刚刚减小的瞬间，电动机的同步转速随之下降，而由于机械惯性的作用，转子转速未变。当同步转速低于转子转速时，转子电流的相位几乎改变  $180^\circ$ ，电动机此时处于发电机状态；与此同时，电动机轴上的转矩变成了制动转矩，使电动机的转速迅速下降。因此，认为此时的电动机处于再生制动状态。

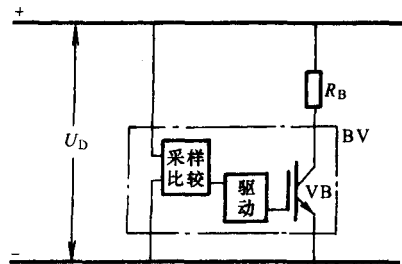
电动机再生的电能经续流电路  $VD7 \sim VD12$  作全波整流后，反馈到直流电路。由于直流电路电压  $U_D$  无法回输给电网，仅仅依靠  $C_{F1}$ 、 $C_{F2}$ （见图 1-2-1）吸收，尽管各部分电路还在继续消耗电能，但  $C_{F1}$ 、 $C_{F2}$  上仍有短时间的电荷堆积，形成所谓的“泵生电压”，使直流电压  $U_D$  升高。过高的直流电压将危及各部分电路的电力电子器件。所以，在直流电压  $U_D$  超过一定值时，就要求提供一条“放电回路”，把再生的电能消耗掉。因此，这时从变频器的角度上来看，电动机在转速下降时减少的动能，由电动机“再生”电能后，在变频器的直流电路中被消耗了。总之，此时是通过消耗能量而获得制动转矩的，属于能耗制动状态。

用于消耗电动机再生电能的电路，就是能耗制动电路。 $R_B$  是能耗制动电路中的重要元件（见图 1-2-1），它把电动机的再生电能转换成热能而消耗掉。 $R_B$  的阻值一般以使制动电流不超过变频器额定电流的一半为宜，其功率取决于电动机的容量和工况（机械设备的工作状况）。

除了制动电阻  $R_B$  外，电路中还有一个十分重要的制动部件  $BV$ ，如图 1-2-2 所示。

这里的  $BV$ ，即图 1-2-1 中的  $BV$ 。 $BV$  的作用是在直流回路电压  $U_D$  超过规定的限值时，接通耗能电路，使直流回路经过  $R_B$  释放能量。 $BV$  是电力功率管，用于接通或关断耗能电路，是制动电路  $BV$  的核心部件。

“采样比较”即为电压取样与比较电路，这是由于  $BV$  图 1-2-2 能耗制动部件所构成的单元电路





的“驱动”电路是低压电路，所以只能按比例取出  $U_D$  的一部分作为采样电压，与基准电压进行比较，加至 VB 的基极从而实现控制目的。电力功放管 VB 常用器件是 GTR 或 IGBT，其选择指标主要是击穿电压  $U_{CEX}$ ，即在电源电压为 380V 时，选  $U_{CEX} = 1000X$  即可；集电极最大电流  $I_{CM}$ ，须按正常电压下流经  $R_B$  的电流的 2 倍来选取。

### (七) 主电路的外围电路

所谓外围电路实质是外部接线。外部接线所需的元部件或曰“外围设备”，有的叫作“选择件”、“选配件”。

最简单的外围电路如图 1-2-3 所示。

图 1-2-3 左为输入电路，即电源端，通常应接断路器 QF（俗称自动空气开关，或叫空气开关）和接触器 KM。“VF”为变频器的代号。

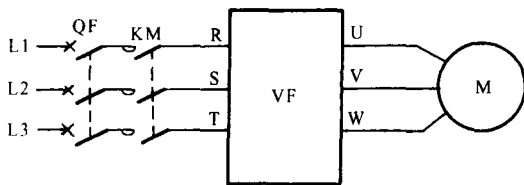


图 1-2-3 最简单的外围设备

断路器的作用是在安装、检查或维修变频器时，关断 QF 即能使 VF 与电源 L1 ~ L3 隔离。此外，QF 有短路等自动跳闸保护功能。

接触器又叫交流接触器，它在电路中的作用主要是便于操作，当变频器发生故障时，它能迅速切断变频器的电源。

图 1-2-3 右为变频器输出端的接线。在绝大多数的情况下，变频器的输出端应直接接至电动机。在输出端接线时，应注意如下事项：

- (1) VF 与 M 之间，不允许接入接触器，这样能杜绝电动机在某一频率下直接起动，引起过电流。
- (2) VF 与 M 之间不需要再接热继电器，因为 VF 已具有热保护功能。
- (3) 如果用一台变频器起动多台电动机，则每台电动机均可串接热继电器。
- (4) 变频器的输出端不允许接电容器，不允许用电容器滤波，也不允许接电容式单相电动机。

## 二、交—直—交电压型变频器控制电路

目前，国内外生产变频器的厂家颇多，虽然不同品牌变频器的控制电路各具特色，但大体一致，最基本的控制电路如图 1-2-4 所示。

不难看出，控制电路由电源板、主控板、逆变模板、键盘及控制输入、输出接线板等组成。

### (一) 电源板

电源为控制电路的“后勤供给部长”，后勤出了问题，变频器就无法工作。电源板主要提供主控板的电源和驱动电源。主控板需要电源稳定性好、抗干扰能力强；驱动电源因为逆变模块处于直流高压电路中，又分属于三相输出电路中不同的相，所以驱动电源必须和主控板电源之间可靠隔离，各驱动电源之间必须可靠绝缘。

电源部分还有援外任务，即“外接电源”，是为外接控制电路提供稳定的直流电源。有的变频器的“给定值”是由外接电位器设定的，这时的电源则是由变频器内部的电源板提供。

### (二) 主控板