

变频器




电路维修与 故障实例分析

咸庆信○著

第2版



NLIC2970920692

-  对故障检测电路的解密式精彩阐述
-  独门检修方法的首次披露
-  对疑难故障检修进程的生动推演



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



变频器电路维修与故障实例分析

第2版

咸庆信 著



NLIC2970920692



机械工业出版社

本书根据变频器的实际电路测绘所得的电路图，结合作者 10 年来变频器的检修心得，给出电路原理解析、检修思路和检修方法。对故障检测电路的解密式精彩阐述，独门检修方法的首次披露，对疑难故障检修进程的生动推演，成为本书的三大魅力亮点。

本书以富士、中达、东元、海利普、英威腾、正弦等几种具有代表性的国内外机型电路为主线，从电路的整机构成、单元电路的故障机理、故障判断上的辨证施治、检修思路上的缜密奇妙、修理方法的新颖独到等几个方面，道出了变频器维修的方法和意义。对实际检修具有积极的释疑、指导和启发作用。

本书第 2 版增补了 2010 年前后较新的代表性变频器电路，对中达、海利普、正弦等变频器整机电路进行原理分析，并重点对其 MCU 主板电路，给出了故障检修方法的指导和故障检修实例。书末附录为变频器电路常用 IC 及 IGBT 功率模块的资料。

本书适合作为广大电工及从事电气自动化工程、电力电子、电气传动专业的技术工程人员和设计人员的工具书和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

变频器电路维修与故障实例分析/戚庆信著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2013. 6

ISBN 978-7-111-42562-5

I. ①变… II. ①戚… III. ①变频器-电子电路-维修②变频器-电子电路-故障诊断 IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 104826 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 朱林 责任编辑: 朱林 版式设计: 霍永明

封面设计: 陈沛 责任校对: 纪敬 责任印制: 李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2013 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21 印张 · 515 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-42562-5

定价: 49.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

已出版的有关变频器的维修书籍，多从应用上着笔，对实际电路涉及甚少，未结合具体电路讲解维修。在维修指导上浅尝辄止，使人有隔靴搔痒之感。本书能对变频器维修直接产生实效作用，是真正意义上的维修指导书。

本书以作者测绘的实际电路为主线，穿插电路讲解、检修思路、检修方法、要点评述、故障实例分析等，形成系统的电路讲解、元器件资料、故障分析、检修方法的维修指导和示范。活泼有致的文字语言，实用的电路讲解和故障分析，独特的检修思路和独到的检修方法，这是一本不同于任何其他维修书籍的变频器维修书，肯定让您有耳目一新的感受。

本书实际电路构成、电路原理解析和故障实例的同步展开，而故障实例中对故障形成机理的分析，又构成了对电路原理解析的有机组成部分，深化了对电路原理和检修思路的领悟，这使得读者对该电路故障的检修豁然开朗。

作者在生产一线，从事变频器的安装、调试和维修工作近10年，修理各类进口、国产变频器数百台次，书中故障实例的80%是来自于作者的维修笔记和日记，电路实例全是由变频器实物测绘所成，可以说本书是维修实践的产物，是作者的心血之作。

无论多么复杂的电路，当分解成单元电路时，都在基本电路的范畴内，但作为故障表现，又是千变万化的，任何有关电路理论和维修方法的书籍，都不可能做出完全的归纳。对复杂电路原理性的掌握，仍然是基于基础单元电路的，基础理论的枯燥和基础扎实后的通达是共生的。读者应该储备电子电路和单片机电路的相关基础知识，进而在生产和维修实践中提高和完善自己的能力。

本书第2版增补了2010年前后较新的代表性变频器电路，对中达、海利普、正弦等变频器整机电路所进行的原理分析，并重点对其MCU主板电路给出故障检修方法的指导和故障检修示例。书末附录为变频器电路常用IC及功率模块的资料，以方便读者检修时查阅。

需要指出的是，书中电路图均为实绘电路图，由于变频器生产厂商的电路图形符号与文字符号未完全统一，不同厂商电路标识也未能完全统一或国标化，请读者以实物为主，并予以谅解。

在此向促成本书问世的我的朋友们、同学们、领导和同事们、我的家人、机械工业出版社的编辑、印刷厂工友们，表示由衷的感谢！

测绘电路和在测绘电路基础上的电路解析，有着难免避免的纰漏，再加上限于作者的学识水平，时间和精力，书中可能存在疏忽和谬误之处，恳请广大读者及时指正，作者深表感谢！

咸庆信

2013年6月

目 录

前言	
第 1 章 认识变频器	1
1.1 变频器是什么	1
1.2 变频器的基础性应用	2
1.3 变频器的整机电路构成	8
1.4 中达 VFD-B 型 22kW 变频器的整机 电路	10
1.5 海利普 HLP-P 型 15kW 变频器的整机 电路	23
1.6 正弦 SINE300 型 7.5kW 变频器的整机 电路	30
第 2 章 变频器维修前的准备工作	41
2.1 检修仪表和工具	41
2.2 认识贴片元器件	46
2.3 知识储备和资料准备	69
第 3 章 变频器主电路的检修	71
3.1 对 IGBT 模块的检测	71
3.2 主电路上电检修	75
3.3 储能电容的问题	81
3.4 充电电阻故障	83
3.5 晶闸管故障	87
3.6 变频器主电路的其他环节 故障	93
3.7 省钱的修理方法之一	94
3.8 省钱的修理方法之二	97
3.9 维修补充注意说明	99
第 4 章 开关电源的检修	101
4.1 开关电源的供电取自何处	101
4.2 认识开关电源电路的重要元器件	104
4.3 开关电源的检修思路和检修方法	110
4.4 开关电源的经典电路及故障实例 之一	113
4.5 开关电源的经典电路及故障实例 之二	116
4.6 开关电源的经典电路及故障实例 之三	119
4.7 大功率变频器的开关电源	122
第 5 章 变频器驱动电路的检修	126
5.1 驱动电路的供电电源	126
5.2 认识驱动电路常用的几种驱动 IC	128
5.3 PC923 和 PC929 驱动电路的检修	133
5.4 A316J (HCPL-316J) 驱动电路的 检修	140
5.5 驱动电路的神秘之处	142
5.6 早期变频器产品驱动电路的检修	146
5.7 驱动 IC 经典组合电路的检修	153
5.8 由 A316J 构成的驱动电路的检修	156
5.9 由 A4504 和 MC33153P 构成的驱动 电路的检修	160
5.10 IPM 驱动 (信号隔离) 电路的 检修	163
5.11 变频器电路中制动电路的检修	167
第 6 章 电流检测电路的检修	171
6.1 直流母线电流检测与保护电路	173
6.2 电流互感器电路	177
6.3 东元 7200MA 3.7kW 变频器的电流 检测电路	180
6.4 英威腾 G9/P9 中、小功率机型输出 电流检测电路	183
6.5 阿尔法 5.5kW 变频器电流检测 电路	186
6.6 电流与电压检测的共用电路——基准 电压形成电路	187
6.7 根据故障代码检修电流检测电路	189
第 7 章 电压及温度检测电路的检修	194
7.1 直流回路电压检测电路之一	194
7.2 直流回路电压检测电路之二	197
7.3 直流回路电压的辅助检测——充电 接触器触点状态检测电路	202
7.4 直流回路电压的辅助检测——三相 输入电压检测电路	204
7.5 输出电压/频率检测电路	207
7.6 温度检测与保护电路	209
7.7 故障检测电路常用到的模拟电路	214

第 8 章 变频器 MCU 主板 (和操作显示面板) 电路的检修	221
8.1 MCU 器件特性、引脚功能特点、故障检修思路	221
8.2 正弦 SINE303 型 7.5kW 变频器 MCU 主板电路	242
8.3 海利普 HLP-P 型 15kW 变频器 MCU 主板电路	257
8.4 中达 VFD-B 型 15kW 变频器 MCU 主板电路	267
第 9 章 变频器检修方法的系统论述 ...	278
9.1 掌握端子排线图的好处	278
9.2 变频器的电源系统	283
9.3 脉冲传输通道的“全电路”	290
9.4 对变频器特殊故障的处理	295
9.5 变频器元器件的性能变劣现象	301
9.6 MCU (DSP) 芯片坏了是否还能修复	306
9.7 OC 报警信号的来源和实质	309
9.8 检修过程中对故障报警信号的解除方法	313
9.9 IC 短路故障的一个检修方法	316
附录 变频器电路常用 IC (及 IGBT 功率模块) 引脚功能图	318

第 1 章 认识变频器

1.1 变频器是什么

在工业生产领域，唱主角的是交流三相电动机，它为生产过程提供源源不断的强大动力。电动机的转速取决于电动机定子绕组的连接方式（定子磁极对数）和电源频率。我国的工频电源的频率是 50Hz，电压是三相 380V。在电动机的定子磁极对数固定不变的情况下，电动机运转的速度被电源频率“束缚”住，只能有一个固定转速。

在变频器出现以前，若实现对电动机的调速运行，所采用的方法不外乎从电动机和机械两方面采取相关措施：①用传动带传输转矩的装置，用改变电动机轴端的主动轮和负载端从动轮的轮径的方法来改变转速，负载只能运行于某一固定速度；②与此相仿，用变速器（调整传动比）实现机械有级调速，有数个速度档位；③能实现平滑无级调速的是转差调速控制方式，通过调整原动机与从动机的电磁转矩实现无级调速，但缺点是存在较大的转矩传递损失，效率不高，低频时性能变差，以上 3 点都是从电动机以外采用措施调速的方法；④利用改变电动机的极对数，即改变电动机的绕组接法来实现有级调速。这是从电动机本身做文章。电动机的结构较为特殊，需要较多的引出线，需与外部控制电路配合，完成极对数切换，切换级数受限，外接控制设备复杂。

应该说，是调速的需要导致了变频器的出现，如果电动机的供电电源其频率是可以变化的，并且变化范围足够大，那么电动机的转速限制将被解除，只要是机械特性允许，可使电动机“自由运转”于任意速度下，有人说，是变频器“解放”了电动机的运行速度。相对于工频电源来说，变频器是一个变频电源，其工作方式被称为 VVV/F 工作方式。事实上，为保证任意速度下的恒转矩特性，要求主磁通为一恒定值（避免产生磁饱和现象），在频率改变的同时需要同步改变输出电压，因而变频器是一个既变频又变压的设备。其输出频率与电压基本上也成一个对应的线性关系，如输出频率 0~50Hz，输出线性电压也为 0~380V。当频率为 25Hz 时，输出电压为 190V 左右。变频器的 U/f 输出特性可根据负载特性进行设置，为保证低速时的转矩能力，变频器通常还有转矩提升功能。

用变频器来控制电动机，首先是利用是其平滑无级（宽范围）的调速性能，同时带来了两个“副产品”：①节能运行，基频 50Hz 以下运行时，运行电压（电流）减小，有功功率降低，节能效果明显；②优良的软起动性能，比传统的星/三角减压起动、自耦变压器减压起动、晶闸管减压起动方式，变频起动可称为理想的“终极性”的起动模式，前者仅仅是减压起动，起动期间由于巨大转差率的存在，仍会形成数倍于电动机额定电流的起动电流；后者不仅降压，而且降频，使起动期间电动机的转差率也能较好地维持在 5% 以内，能真正地将满载起动电流值限制于额定电流以内。

一般厂家的变频器产品通常分为三大系列，即风机/水泵专用型（定义为 P 型机）、通用型（定义为 G 型机）和矢量型（高转矩机），有的将矢量型也并入通用型机。风机/水泵

专用型变频器适用于二次方递减转矩型负载，抗过载能力稍差；通用型变频器适用于恒转矩负载，有较强的抗过载能力；矢量控制型变频器有较强的适应负载的能力，能使交流电动机取得类似直流电动机一样的驱动效果。3种机型从维修的角度看，控制电路的硬件电路结构上，其实是一样的，只是区别于软件控制和过载能力的大小上。后两者机型，在选用功率输出模块（逆变模块）上，要大一个功率级别，如5.5kW通用机型，其实又是7.5kW风机/水泵专用机型。

其实在检修中，不必费心去考虑什么机型和哪家的产品，其整机硬件电路也都是相近、相似或相同的。

上面是对变频器的简单概述，下面以实际电路来分析一下变频器的电路构成。

1.2 变频器的基础性应用

中达VFD-B（矢量）型变频器的实物照片，如图1-1所示。

如果将变频器看成是交流接触器一样的部件，都是输入三相工频电源，再输出三相电源。后者是一个三相电源的通、断控制开关，前者是一个电源设备，输入工频电源，输出为频率/电压可变的三相电源，或者说是一个逆变电源设备。机器正中有操作显示面板，底部或上部安装有散热风机（或称风扇）。打开防护盖板，可看到主接线端子和控制电路板上的控制端子排。从控制方面看，后者具有更为复杂和高度智能化的控制功能，这从变频器的端子接线图可以看出。VFD-B型22kW变频器的端子接线如图1-2

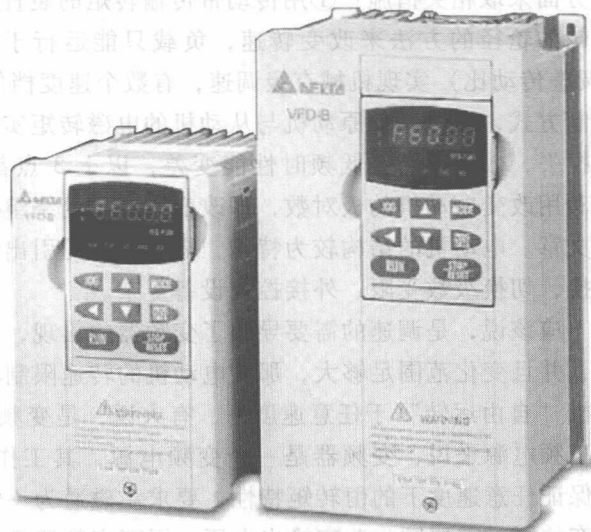


图1-1 中达VFD-B型变频器实物图

1. 主端子接线

图1-2的上部为主端子配线，包含三相电源输入端子、逆变电压输出端子、外接（或内接）直流电抗器端子、制动单元连接端子等，详见表1-1。

按电工标准，三相电源端子标注为L1、L2、L3，变频器的三相电源进线端子均标注为R、S、T，本例机型实际标注为R/L1、T/L2、S/L3；变频器输出端子标注为U、V、W，本例机型为U/T1、V/T2、W/T3。

主端子接线应该注意的问题：

1) 如果电源输入和输出端子接反，误将三相AC 380V接入U、V、W端子，IGBT器件内部的并联二极管形成的“等效三相整流桥”电路，形成直流回路储能电容的无限流充电电流，极有可能损坏内部逆变功率模块和储能电容！

2) P1、P2端子，本例机型实际标注为+1、+2，为变频器内部三相桥式整流输出端，

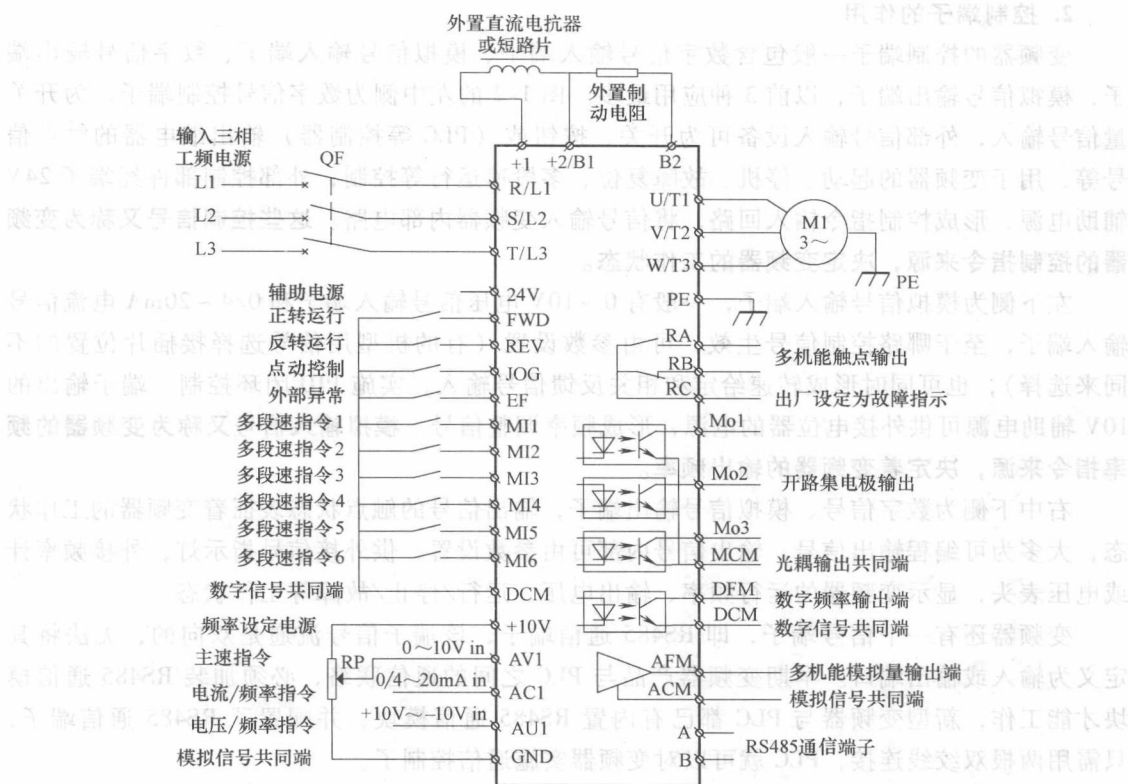


图 1-2 VFD-B 型 22kW 变频器配线图

表 1-1 VFD-B 型 22kW 变频器主端子功能说明

端子记号	内容说明
R, S, T	R/L1, S/L2, T/L3 商用电源输入端(单/三相)
U, V, W	U/T1, V/T2, W/T3 交流电动机驱动器输出,连接三相感应电动机
P1, P2	+1, +2 功率改善 DC 电抗器接续端,安装时请将短路片拆除(≥15kW 为内含 DC 电抗器)
P-B, P2/B1-B2	+2/B1, B2 制动电阻连接端子,请依选用表选购
P2-N, P2/B1-N	[+2 - (-), +2/B1 - (-)] 制动模块接线端(VFD-B 系列)
⊕	接地端子,请依电工法规 230V 系列第三种接地,460V 系列特种接地

一般 11kW 以下小功率变频器往往省去内置或外置直流电抗器, P1、P2 端子处于直接短接状态。本例机型内含直流电抗器, 无需外接。

机器无内置直流电抗器时, P1、P2 端子在出厂时已用短路片短接, 用户也可以用选配件(选购直流电抗器)实施机外连接。调试或者检修过程中, 应将该端子短接, 以提供机器内部的工作电源。P1、P2 端子的短路拆除时, 内部开关电路将无法获得工作电源。

3) 11kW 以下小功率变频器内部一般都内含制动开关管和功率制动电阻, 大、中功率变频器, 往往从直流回路引出 P/P+、N/N-端子, 供外接制动单元。部分小机型内含制动开关管, 引出 PB、N 端子, 供外接制动电阻。

2. 控制端子的作用

变频器的控制端子一般包含数字信号输入端子、模拟信号输入端子、数字信号输出端子、模拟信号输出端子，以前3种应用最多。图1-2的左中侧为数字信号控制端子，为开关量信号输入，外部信号输入设备可为开关、按钮或（PLC等控制器）输出继电器的触点信号等，用于变频器的起动、停机、故障复位、多段速运行等控制，外部控制部件经端子24V辅助电源，形成控制指令输入回路，将信号输入变频器内部电路。这些控制信号又称为变频器的控制指令来源，决定变频器的工作状态。

左下侧为模拟信号输入端子，一般有0~10V电压信号输入端子和0/4~20mA电流信号输入端子，至于哪路控制信号生效，可由参数设置（有的机型用信号选择接插片位置的不同来选择），也可同时形成转速给定和相关反馈信号输入，实施PID闭环控制。端子输出的10V辅助电源可供外接电位器的电源，形成频率调整信号。模拟输入信号又称为变频器的频率指令来源，决定着变频器的输出频率。

右中下侧为数字信号、模拟信号输出端子，输出信号的触点状态表征着变频器的工作状态，大多为可编程输出信号，输出信号内部可由参数设置，供外接信号指示灯，外接频率计或电压表头，显示变频器的运行频率、输出电压、运行/停止/故障等工作状态。

变频器还有一个信号端子，即RS485通信端子，该端子信号流通是双向的，无法将其定义为输入或输出端口。早期变频器产品与PLC之间的通信联络，必须加装RS485通信模块才能工作，新型变频器与PLC都已有内置RS485通信模块，并配置了RS485通信端子，只需用两根双绞线连接，PLC就可以对变频器实施通信控制了。

3. 变频器的控制参数设置

对变频器的基本控制即是起动、停止和调速运行，除用控制端子进行控制外，还可以用操作显示面板进行起/停和调速控制，另外，变频器接受操作面板还是控制端子的控制；频率指令接受电压还是电流信号，还是面板的数字调节；控制端子的操作功能等，都要事先由工作参数进行设置。

对控制端子进行设置，即赋予相关端子的“具体权力”，指定该端子的操作功能，为下一步对变频器的操作和运行控制做好准备。

表1-2是变频器控制端子的可设置内容，表1-3中的一些参数值是变频器应用中需要调节的参数。

表 1-2 变频器控制端子的可设置内容

端子类型、名称	可设置内容
数字信号输入端子	1)多段速控制;2)正转/点动运行;3)反转/点动运行;4)故障复位;5)频率升或频率降调节;6)外部故障报警;7)频率设定通道选择等
数字信号输出端子 (触点信号输出)	1)零频率;2)运行中;3)变频器故障;4)频率上限到达;5)频率下限到达;6)变频器过电流;7)变频器过电压等
数字信号输出端子 (开路集电极输出)	1)开关量信号输出,同接点信号输出端子;2)脉冲信号输出:变频器输出频率、变频器输出电压、变频输出电流等
模拟信号输入端子	1)频率指令,电流或电压信号;2)反馈信号,电压或电流信号(用于PID控制时);3)辅助调速信号等
模拟信号输出端子 0~10V	1)输入或输入电压;2)直流回路电压;3)输出电压;4)输出电流;5)输出功率;6)PID整定值;7)PID反馈值等

表 1-3 中的 1~8 项为应用必调参数,其他参数可根据具体应用情况进行调节。

表 1-3 变频器常用调节参数

序号	类别	作用
1	运转指令来源	对变频器运行和停止命令来源的设置,见表 1-4
2	频率指令来源	对变频器输出频率控制信号来源的设置,见表 1-4
3	起动方式	1)从 0Hz 起动;2)按设定频率下限起动;3)转速跟踪起动
4	停车方式选择	根据运行工况选择停车方式:自由停车、减速停车、直流制动方式停车等
5	加、减速时间	根据负载特性调节,如大惯性负载,需适当延长加、减速时间
6	起动转矩调节	调节频率低段的 U/f 比,以增大起动转矩,避免堵转现象出现
7	载波频率调整	大功率电动机起动困难或运行时对仪表造成干扰时,调低载波频率试之
8	U/f 曲线选择	据负载特性设置 U/f 运行曲线,以与负载特性相适应
9	频率上/下限设置	特殊负载,必须进行频率上/下限设定,如水泵,应设置频率下限,防止干抽
10	输入/输出端子功能	对端子功能进行可编程设定,使之按需要输出相应信号
11	PID 设置	使变频器运行于 PID 控制模式,和对 P、I、D 值进行调节
12	RS485 通信设置	与上位机通信时,需进行相关的通信设置
13	保护设置	对变频器容量,负载电动机功率进行过、欠电压、过电流等保护设置

对停车方式和 U/f 曲线选择再做一下说明。

停车方式:一般有 3 种停车方式可供选择。

1) 自由停车。变频器接受停止信号后,输出即时中止。电动机绕组供电中断,不会产生发电能量回馈变频器。此停止方式最为安全。负载设备完全靠运转惯性停车,缺点是无法精确控制停车时间和停车位置,适用于对停车时间和停车位置无要求的场合。

2) 减速停车。变频器接受停止信号后,由逐渐降低运行频率至停止,属于“柔性停车”方式。这种停车方式在供水控制中可有效削减“水锤效应”,减缓对管网系统的冲击。但减速停车的缺点是当电动机有超速发生(系统惯性较大)时,产生反发电能量馈入变频器的直流回路,需加装制动单元和制动电阻,消除此有害能量。

3) 直流制动停车,变频器接受停机信号后,三相交流电压输出中止,接着输出一个直流制动电压,施加于电动机绕组上,直流电压的施加幅值和施加时间可以由参数设置,由此可以较为精确地控制停车时间和停车位置。

对变频器输出 U/f 曲线的设置:

调整的目的,是使变频器的 U/f 输出特性吻合于所拖动负载的转矩特性,以实现顺利起动、降低运行电流、避免堵转现象出现等科学合理高效的运行。根据电动机负载的转矩特性,可分为恒转矩负载、恒功率负载和二次方减转矩负载等 3 种转矩类型。图 1-3 为 3 种负载特性的转矩曲线。

1) 恒转矩负载。起重机之类的位能负载需要电动机提供与速度基本无关的恒定转矩,在不同转速下,负载转矩基本保持不变,一个明显的输出特征是,在低速和高速段的电动机电流几乎是恒定不变的。此外,空气压缩机、传送带、台车等均呈现恒转矩特性。

2) 恒功率负载。典型负载如卷绕机,开始时卷绕直径小,卷绕速度高,电动机输出转矩较小。随着卷绕直径的加大,转速降低,但卷绕转矩增大。其明显的输出特征是:在低速

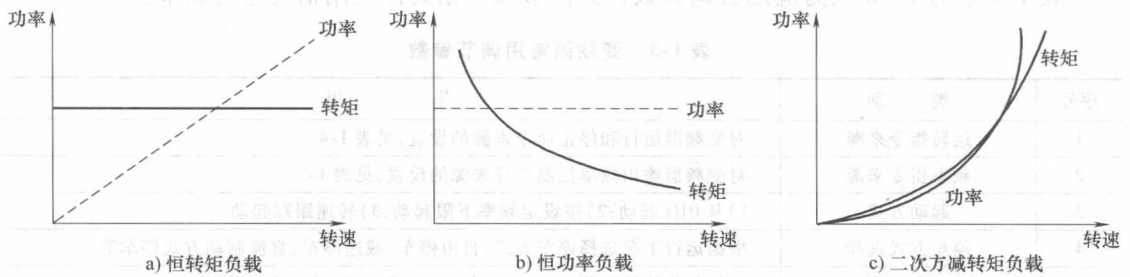


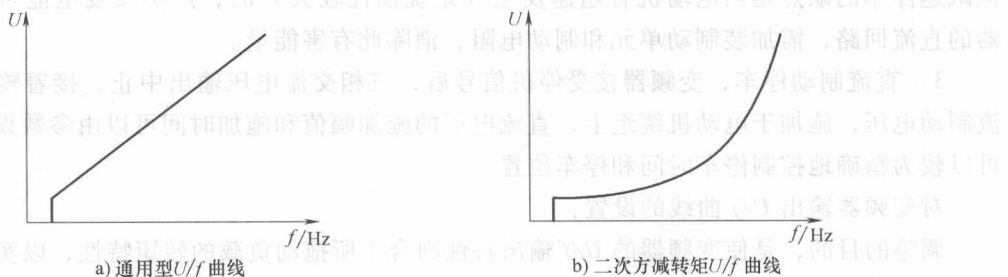
图 1-3 3种负载特性的转矩曲线

段,电动机电流大,高速时电动机电流小。电动机的运行速度与电流值成反比,电动机呈现恒功率运转特性。

3) 二次方减转矩负载。风机、水泵为典型负载。在低速时负载转矩较小,随转速的上升,其转矩按转速的二次方递增,超速时会造成严重超载。明显的输出特征是:输出电流也按转速的二次方进行递增。在速度起始段和中速以下,电动机电流增幅小。在中速到高速的后半段,电流增幅快,电流曲线的陡峭度变大。

因3种负载特性差异太大,当变频器的 U/f 曲线设置不当时,会出现运行电流超大,电动机发热量增大,起动困难等异常现象。变频器参数项中,有多种 U/f 曲线模式可供选择,更可以通过调整最高频率、最高电压、最低频率、最低电压、中间频率、中间电压等参数,对 U/f 曲线进行重设,以更好地适应负载特性。

图1-4为 U/f 曲线图,是变频器输出电压/频率的比例特性图。市场所销售的变频器一般有两种类型,即通用型和风机水泵专用型。前者功率富裕量较大,适用恒转矩负载,过载能力强,如图1-4a所示;后者过载能力稍差,如图1-4b所示,适用风机水泵负载。

图 1-4 U/f 曲线图

与 U/f 曲线相关联的参数:起动转矩调节,即起动频率值所对应的输出电压值调节。当起始点电压升高时,起动转矩增大,适宜于带载起动的场合。改变此参数, U/f 曲线也随之改变。

表1-4中的参数值是变频器运转和调速,两个最基本的设置参数,操作运行和检修调试过程中是首先要涉及和必须调整的参数值。如果被用户锁定,不能调整时,可调看参数值,由参数值确定当下的控制方式,进而完成对变频器的起停和调速控制,达到调试和检修目的。

表 1-4 VFD-B 型 22kW 变频器的指令和频率来源参数值

参数代号	参数功能	设定范围	出厂值	客户
⚡ 02-00	第一频率指令来源设定	00:由数字操作器输入(PU01)	00	
		01:由外部端子 AVI 输入模拟信号 DC 0 ~ +10V 控制		
		02:由外部端子 ACI 输入模拟信号 DC 4 ~ 20mA 控制		
		03:由外部端子 AUI 输入模拟信号 DC -10 ~ +10V 控制		
		04:由通信 RS485 输入		
		05:由通信 RS485 输入(不记忆频率)		
⚡ 02-01	第一运转指令来源设定	00:由数字操作器输入(PU01)	00	
		01:由外部端子操作键盘,STOP 键有效		
		02:由外部端子操作键盘,STOP 键无效		
		03:由 RS485 通信界面操作键盘,STOP 键有效		
		04:由 RS485 通信界面操作键盘,STOP 键无效		
		06:主频率与辅助频率组合(配合参数 02-10 ~ 02-12)		

参数调整时的注意事项:

1) 需要改变参数值时,特别是用户在控制上有特殊要求时,要先记录原设定值,再修改参数值。调试或检修完毕后,根据记录恢复原来的数值。

2) 原参数已经调乱,不能进入正常的操作运行状态,可实施参数初始化操作,使其恢复为出厂值。

3) 一些参数因用户设置不当,不能正常运行或误报故障,需要根据工作现场的负载特性和控制要求,重新修正相关参数值。

4. 变频器的操作显示面板

参数设置与简易起停操作都是经过操作显示面板(见图 1-5)来进行的。

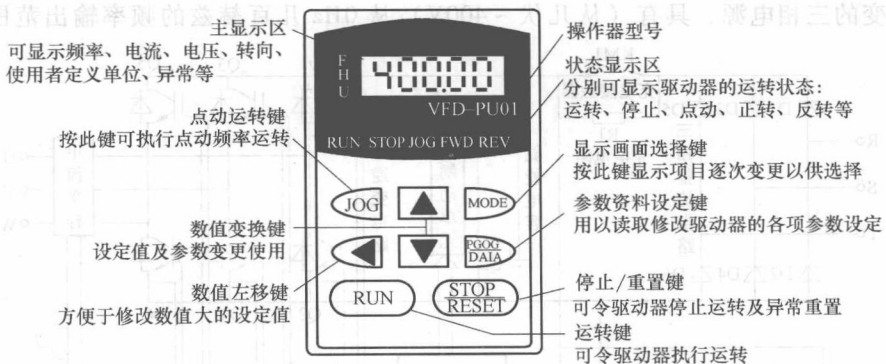


图 1-5 VFD-B 型 22kW 变频器操作显示面板的按键功能图

变频器的操作显示面板(简称面板)与控制电路之间通过插针或通信电缆连接,是一种人机交互界面,可以将变频器的运行数据(如运行电流值、直流电压值、输出频率值)由 MCU(指主板上的微控制器)上传至面板,由数码显示器显示其数值,并做出工作状态指示,如运行、停机、故障指示;也可以将按键操作信号下传至 MCU,用于起、停操作或修改运行参数。

操作显示面板的型号为 PU01,代换时必须注意型号一致。MODE 按键用于显示画面切换

和用于在显示、设置两种状态之间的切换控制；PGOG/DATA 键用于参数值的读取与写入（存储）；3 个箭头键用于参数值的加、减和移位，其他按键用于起、停、点动、故障复位等操作。

变频器的面板按键布置与数量及操作步骤和参数修改方法，各种产品大致都是类似的，熟练掌握一种，其他品牌变频器的操作，也就同时会了。

故障检修中，面板还起到一个“故障监控器”的作用，根据故障代码形成的故障提示以及检修过程中面板的随机性相关指示，和面板显示器、指示灯的全亮、全不亮等状态，判断故障来源和缩小故障区域，可以有针对性地采取检修措施，达到快速、高效修复故障的目的。

本节内容都是变频器应用层面的东西，但掌握这些基础性知识非常重要。应用和调试与检测过程密切相关，一些设置不当的故障必须由正确的设置来解决，单靠修理手段是不够的。有时候，正确的调整能保障优良的修复效果，使故障返修率降至最低。或者说，调试和应用也构成了检修内容的一部分。应用能力和检修能力是一个互相促进的过程。如对 U/f 曲线的调整，使之契合负载特性，能有效降低故障率；反过来，如果对控制端子的内部电路了然于胸，则能用 $0 \sim 5V$ 的模拟电压信号，输入 $0/4 \sim 20mA$ 电流信号端子，也能起到 $0/4 \sim 20mA$ 电流信号一样的控制效果。这在信号源的类型受限，或原端子内部电路损坏时的应急修复等情况下，能立竿见影地解决问题，将检修能力转化为超出一般的应用能力。

1.3 变频器的整机电路构成

在应用和维修中经常见到的变频器，因为主电路的中间环节有一个电容储能电路，又称为电压型变频器，其逆变电路是由电容储能提供电源供应的；电路的能量传递为交—直—交方式，将输入三相交流电压先由整流桥电路整流和电容滤波（储能）变成直流电压，再逆变为交流输出。变频器本身是一个逆变器，比之于工频电源，变频器是一个输出频率（和电压）可变的三相电源，具有（从几伏 $\sim 400V$ ）从 $0Hz$ 几百赫兹的频率输出范围。图 1-6

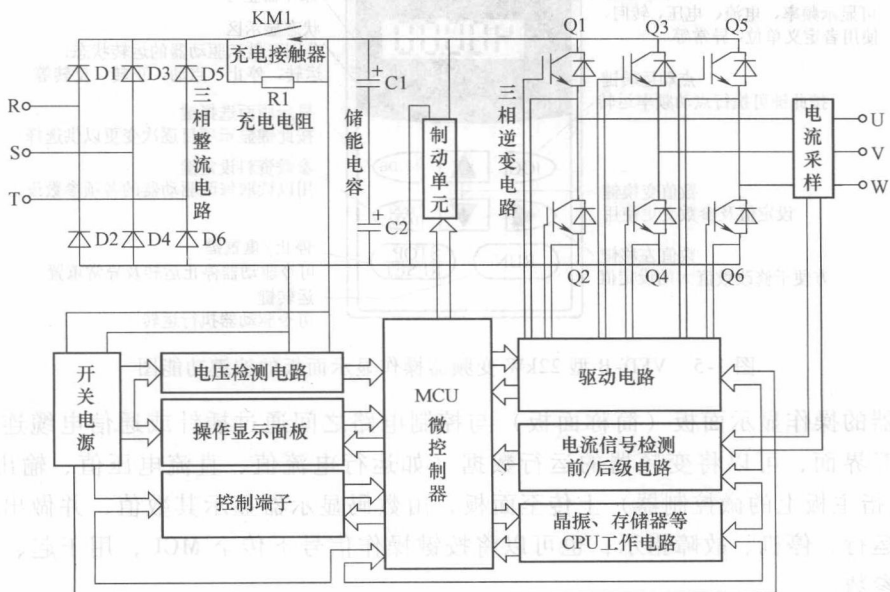


图 1-6 变频器整机电路框图

中的上部主电路揭示了电压型变频器的主电路结构, 下半部分则为控制电路, 其主要任务是生成逆变功率电路所需的6路脉冲信号, 并承担故障检测、停机保护和操作控制等任务。

1. 变频器的主电路 (见图1-6)

变频器的主电路包括三相整流电路、电容储能(滤波)电路和IGBT功率模块(或6只IGBT)构成, 在整流电路和储能电容之间, 还增设一个由限流电阻R1、KM1接触器主触头的预充电(或称为充电限流)电路, 在上电期间先由R1对储能电容C1、C2进行限流充电, 充电完成后, KM1动作, 短接R1, 使变频器进入待机工作状态。有些机型将整流二极管D1、D3、D5换成单向晶闸管器件, 控制晶闸管在电容充电过程结束后导通, 由此可省去接触器KM1(具体电路见后文所述)。逆变功率电路由Q1~Q6等6只IGBT(功率模块)组成, 每只IGBT的集电极和发射极之间并联有反向连接的二极管, 是与IGBT密切结合在一起的(并不是外接的), 提供IGBT的反向电流通路, 消除反向电压对IGBT的威胁, 在负载电动机因超速产生发电时, 提供电动机的发电电能向直流回路的回馈通路。

变频器的功率级别往往以18.5kW/P型(15kW/G型)为分界线, 大于此者为中功率机型, 小于此者为小功率机型。大、中功率的划分尚见不出明晰的分界。小功率机型中, 整流电路和逆变功率电路往往采用一体化模块电路。为降低生产成本, 有些机型中逆变功率电路采用6只IGBT分立器件。中功率机型中, 整流与逆变功率电路多采用双管式功率模块(整流模块内含两只整流二极管, 逆变模块内含两只IGBT功率管)。大功率机型采用多只功率模块并联, 以提升电流/功率输出能力。

小功率机型中, 机器内部往往内置制动开关管和制动电阻, 对负载电动机回馈的反发电能量进行消耗, 以保障储能电容和逆变功率电路的安全。大、中功率机型中, 制动单元和制动电阻必须经主电路引出端子外接。

2. 变频器的控制电路

变频器的控制电路是以MCU(单片机或称微控制器)为核心的, 包括工作电源(开关电源电路)、电压、电流等检测(故障报警、保护)电路、IGBT驱动电路和操作控制电路、MCU基本电路等五大部分。

1) 开关电源电路。一般是从主电路的直流回路(C1、C2两端)取得530V直流供电, 经DC-AC-DC变换, 取得+5V、+15V、-15V、24V等几路稳定直流电压, 供控制电路的工作电源。IGBT驱动电路所需的4路或6路驱动电源也由开关电源供给。

2) 驱动电路。MCU引脚输出的6路脉冲信号由缓冲电路输入至驱动电路, 经光电转换和隔离、功率放大后, 用于驱动IGBT, 使之按一定规律导通和截止, 将DC530V电源逆变成三相交流电压输出。

3) 电流、电压、功率模块温度、OC故障等检测电路。从主电路的直流回路取得电压检测信号, 用于直流电压值显示以及过、欠电压报警和停机保护等; 从U、V、W输出端串接电流互感器(霍尔元器件及电路), 对输出电流进行检测, 用于运行电流显示、输出控制、过载报警与停机保护等; 温度传感器安装于散热片上, 检测逆变功率模块的温度变化, 异常时实施超温报警和停机保护, 并控制散热风扇的运转; 驱动电路一般有IGBT的故障检测功能, 逆变功率电路工作异常时, 产生OC信号, 用于报警和停机保护。

4) 操作控制电路。变频器的控制端子内部电路(包括辅助电源、数字/模拟输入/输出

电路)、操作显示面板等电路,对变频器完成起、停、通信等控制功能。面板同时有运行状态监控功能。

5) MCU 基本电路。以上3)、4)电路的检测信号和控制信号最后都输入MCU,进行软件程序处理后,输出6路脉冲信号和相关控制信号。MCU器件作为“指挥中心”,对整机的正常工作进行有序的协调,集中处理输入、输出信号。+5V工作电源、复位电路、晶振电路、外挂存储器电路等形成MCU工作的基本条件,故称为MCU基本电路。从维修角度考虑,MCU的接口电路、操作显示电路等也并入其基本电路的范畴之内。故障检修中,确定该部分电路正常是检修其他故障电路的前提。

变频器产品是电力电子(高反压、大电流)器件和微电子(微控制器)技术成熟后密切结合的产物,在一定程度上体现了当今的电子科技水平;它是弱电和强电、软件和硬件的有机结合;它强大的功能,各种完善的检测和保护电路,控制上的智能化和灵活多变,它将微电子技术和电力半导体器件结合应用,它的电路元器件的非通用性和特殊要求,说明着这类机器的智能化电气设备的特点,因而检修思路和方法也有其独特性。

1.4 中达 VFD-B 型 22kW 变频器的整机电路

1. 中达 VFD-B 型 22kW 变频器的电路板实物

让我们将图 1-6 电路框图“演绎”成具体的变频器电路。先看一下 VFD-B 型 22kW 变频器的电路板实物。VFD-B 型 22kW 变频器主要由两块电路板组成,如图 1-7 所示。

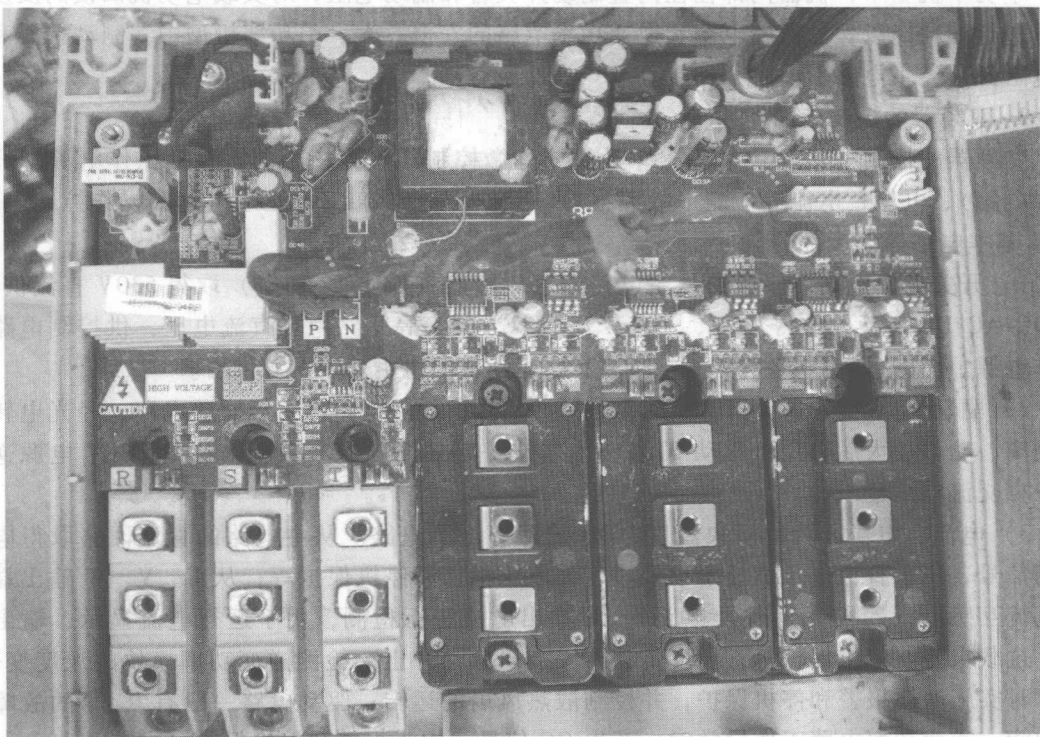


图 1-7 VFD-B 型 22kW 变频器的电源/驱动板

可以看到, (白色模块) 三相 (可控) 整流桥电路与 (黑色模块) IGBT 功率模块直接焊接于电源/驱动板上。电源/驱动板包含: 开关电源电路、6 路脉冲信号传输通道的末级电路——6 路驱动 IC 电路。

变频器的主电路器件, 整流模块 (有些机型中的直流接触器)、逆变功率模块、储能电容等都固定安装于变频器箱体内部, 整流模块和逆变功率模块直接安装于铝质散热器上, 散热风扇安装于散热器的上端或下端, 在工作中以强制风冷方式为模块降温。

变频器的主电路中, 如电源输入端子之间的压敏电阻以及由电阻、电容元器件构成的尖峰电压吸收回路, 输出端子串接 (或套接) 的 3 只电流互感器, 都安装于一个辅助电路板上, 如图 1-8 所示。操作显示面板由插排和 MCU 主板连接, 若用户需机外操作, 可用通信电缆实施面板和 MCU 主板的连接, 将面板固定于适宜位置。

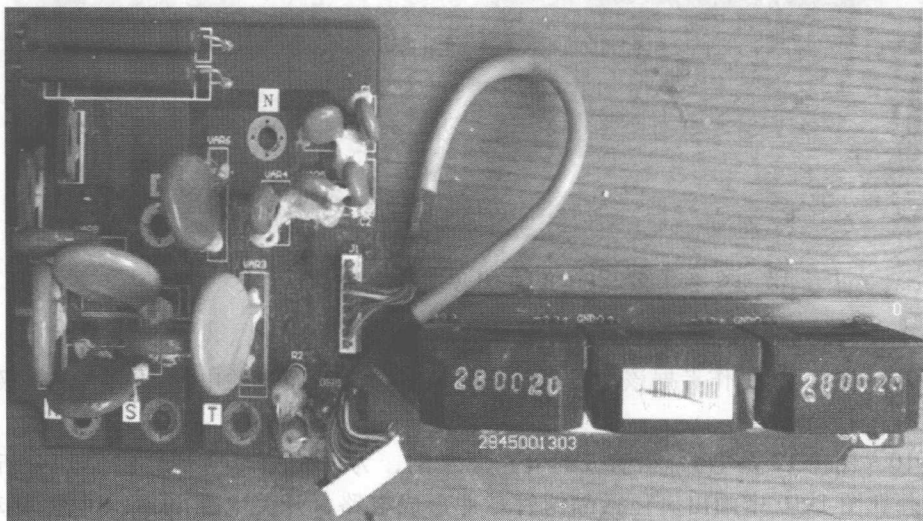


图 1-8 VFD-B 型 22kW 变频器的辅助板

变频器的 MCU 主板电路包含 MCU 基本电路、控制端子电路; 电压、电流、模块温度检测的后级信号处理电路, 以形成 MCU 芯片所需的模拟输入电压信号, 和开关量故障报警信号; MCU 输出控制信号电路, 如充电接触器的闭合控制信号、散热风扇的运行/停止控制信号等, 如图 1-9 所示。

操作显示面板由插排和 MCU 主板连接, 若用户需机外操作, 可用通信电缆实施面板和 MCU 主板的连接, 将面板固定于适宜位置。面板也是一块独立的电路板。

2. 中达 VFD-B 型 22kW 变频器的整机电路原理图

(1) VFD-B 型 22kW 变频器的整机电路原理图

如上所述, 变频器的整机电路由主电路、开关电源电路、电压/电流等检测电路、驱动电路、操作控制电路和 MCU 基本电路等 6 部分组成。实际电路的构成表现为两块主电路板, 即电源/驱动板和 MCU 主板。其中电源/驱动板电路包括开关电源电路、驱动电路, 小功率变频器的主电路也一并安装于该电路板上。其中, 电流、电压、温度等检测的前置电路也在这块电路板上。MCU 主板包括操作控制电路、MCU 基本工作条件电路, 以及电压、电流、温度检测电路, 各种故障报警和保护电路。MCU 主板又与操作显示面板直接通信, 受其控