

李宗喜 编著

变频器维修

从入门到精通



端子接线

参数调试

检测实战

常用变频控制电路

变频器结构组成

主、辅电路识读

故障排查

电机、PLC控制应用



化学工业出版社



变频器维修 从入门到精通

李宗喜 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据变频器应用和维修技术人员的阅读需要,结合作者多年在高等学校、电气工程专业积累的教学与实践经验,全面介绍了变频器从电路构成、重要元件的性能与检测到故障检修思路和方法,以及故障实例分析等变频器检修和应用中遇到的实际问题,既突出实用技能,又兼顾基础知识。

本书适合于高等院校电气自动化与机电一体化专业师生培训和教辅参考,也可作为电气工程技术人員,安装、调试、维修人員自学、培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

变频器维修从入门到精通/李宗喜编著. —北京:
化学工业出版社, 2018. 11
ISBN 978-7-122-33098-7

I. ①变… II. ①李… III. ①变频器-维修
IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 223096 号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:王 静

装帧设计:刘丽华

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 装:北京市白帆印务有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张18 彩插2 字数436千字 2019年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888 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:59.00 元

版权所有 违者必究

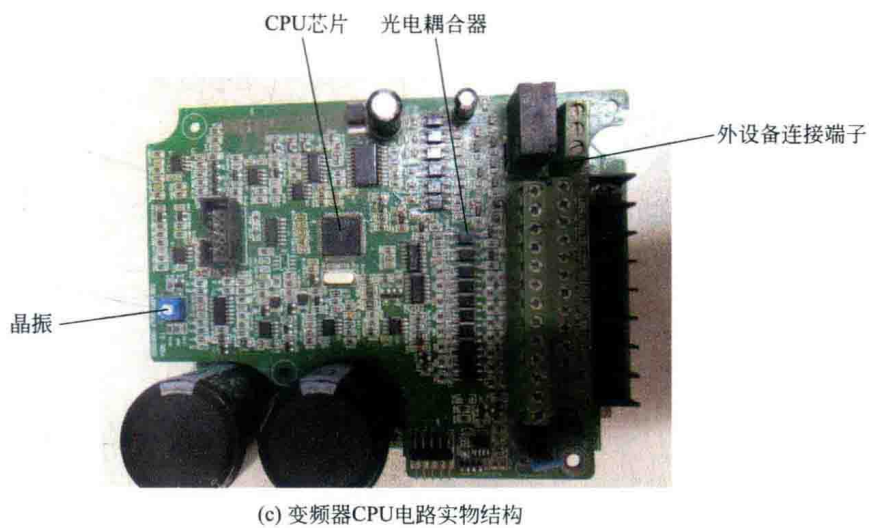
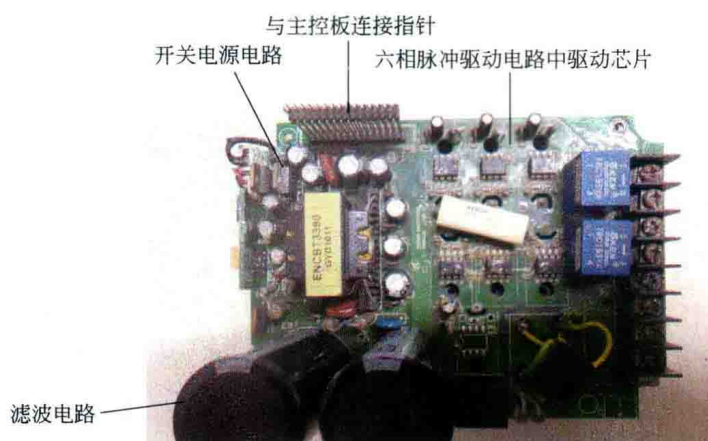


图 1-1



(d) 逆变器与整流模块结构



(e) 开关电源与六相驱动实物结构

图 1-1 变频器的组成

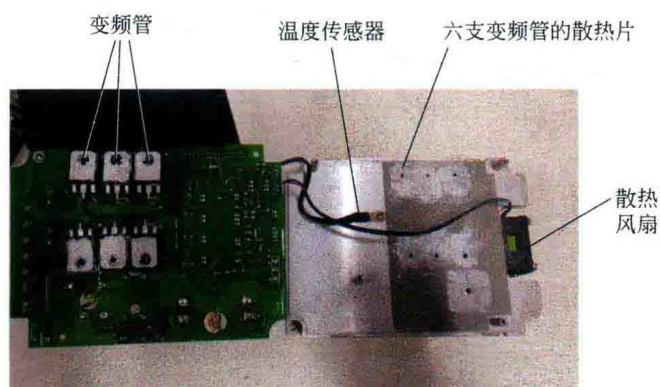


图 1-2 逆变电路与散热器

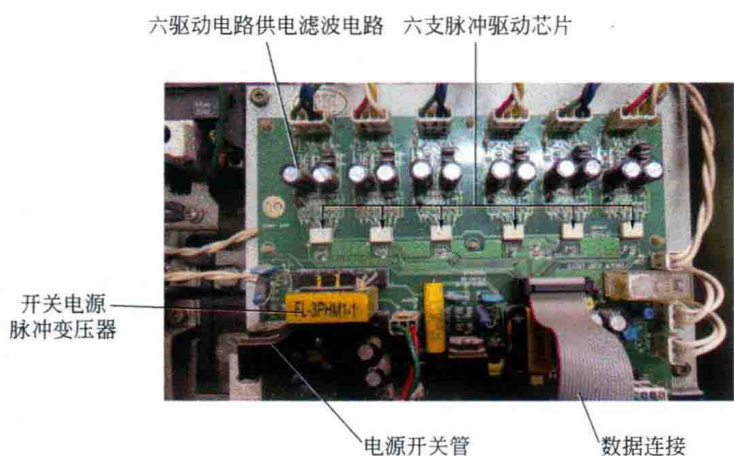


图 1-3 六相驱动与开关电源实物结构

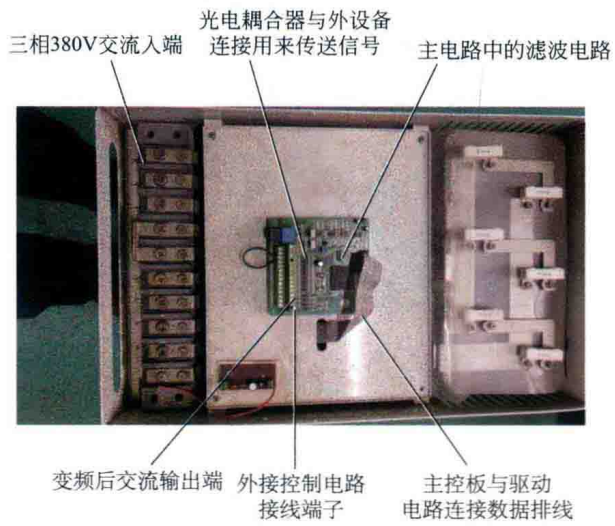


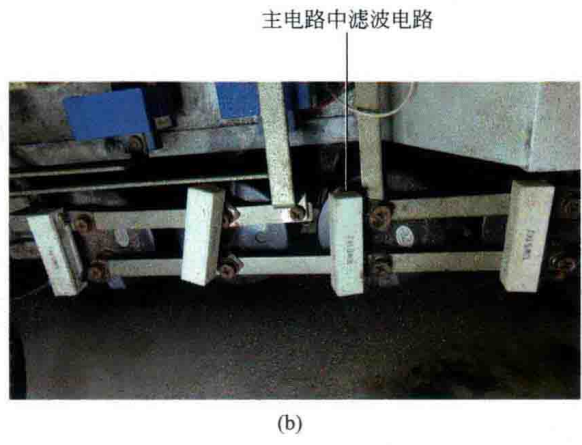
图 1-4 大功率变频器 CPU 主控板实物结构



图 3-1 变频器整流电路



(a)



(b)

图 3-8 滤波电路

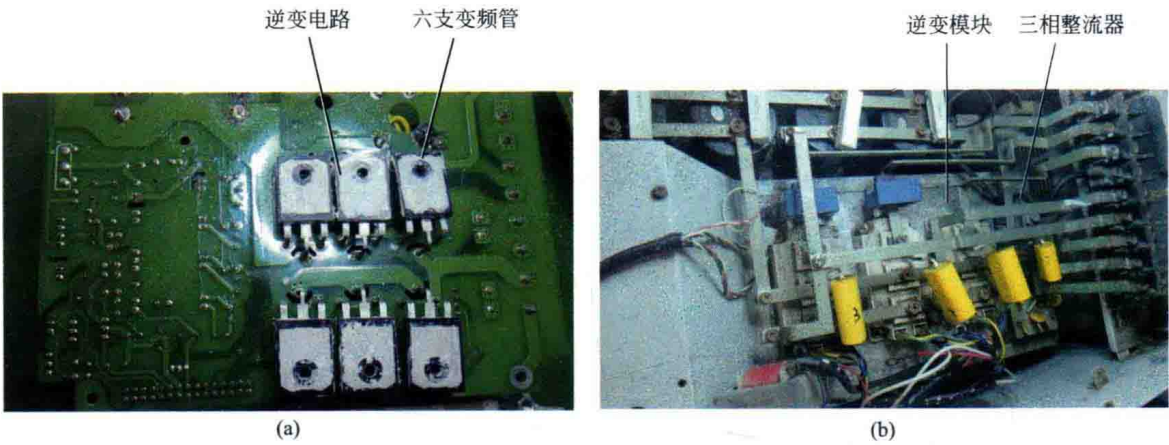


图 3-10 逆变电路

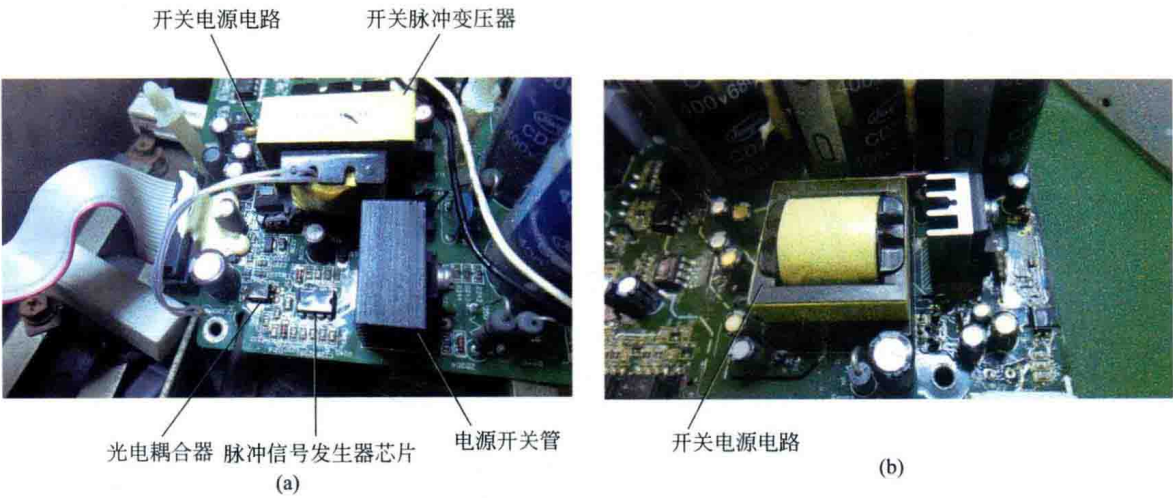


图 4-1 开关电源电路

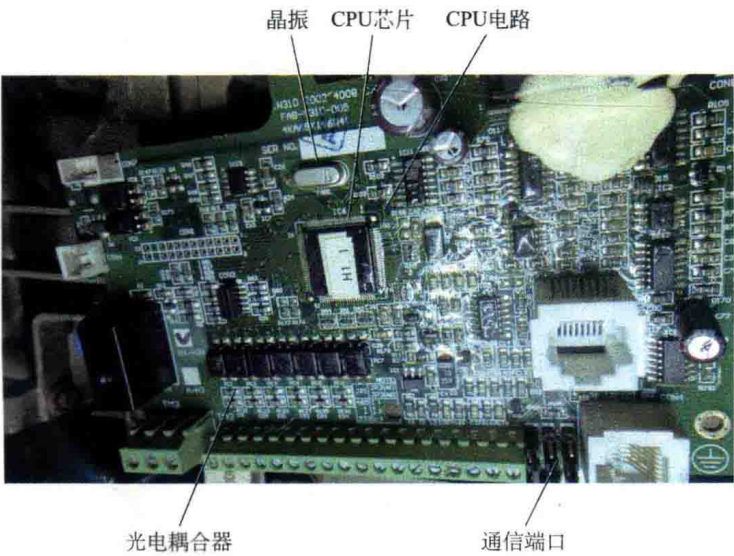


图 4-20 变频器 CPU 电路



前言

变频器 (Variable-frequency Drive, VFD) 是应用变频技术与微电子技术, 通过改变电机工作电源频率方式来控制交流电动机的电力控制设备。变频器主要由整流 (交流变直流)、滤波、逆变 (直流变交流)、制动单元、驱动单元、检测单元、微处理单元等组成。变频器靠内部 IGBT 管的通断来调整输出电压的电压和频率, 根据电机的实际需要来提供其所需要的电源电压, 进而达到节能、调速的目的。另外, 变频器还有很多的保护功能, 如过流、过压、过载保护等。科技飞速发展, 大型工业设备已经不再是单纯的机械式, 而发展成全智能化、全自动化设备, 采用软件控制硬件、弱电控制强电的方式。变频器广泛适用于油矿、煤矿及全国各大城市开发楼盘、供水及大型喷泉与机床等多方面领域。

本书主要讲解工业自动化设备智能变频器的控制原理、检修方法、安装调试等, 书中从工业自动化设备检修维护的基础知识起步, 理论与实际相结合, 侧重于理论指导实际, 重点介绍了变频器的接线方法、电路原理与故障分析方法。

全书语言通俗易懂, 按照学习者的认知规律由浅入深编排, 一步一步带领读者看懂变频器的控制电路, 学好变频器的控制知识, 掌握变频器的维修、调试与应用技术。

① 掌握变频器及其电路中的电子元器件的作用是学好变频器的基础: 书中第 1 章和第 7 章详细说明了变频器常用的重要电子元器件的作用、跑线路以及判断电子元器件好坏的方法。

② 变频器整机共分为主电路、开关电源、脉冲信号驱动电路、CPU 电路、面板显示与操作电路、过压过流保护电路、外设备接口电路等。由于负载电机的供电, 主要是主电路提供, 无论是单相 220 V, 三相动力 380 V, 都是先经过整流电路, 然后再经制动、滤波、逆变电路等处理送电机, 所以功率大, 负载稍

有过载短路就会使主电路损坏。书中第3章~第5章结合故障实例,详细介绍了变频器主电路、辅助电路的工作原理和故障检测方法,如:

- UC3844 开关电源电路和自励式开关电源电路说明详见 4.1.3 节,故障检修详见 5.2 节;

- PC923、PC929, TLP250、TLP750 驱动电路常用芯片电路结构与故障排查详见 4.3.5 节;

- 主电路如何通电检修可以参考 5.1 节。

③ 变频器整机有故障如何排查? 书中第6章结合实际故障现象,逐一介绍如何故障排查的方法。

④ 变频器有三相与两相变频两种结构,实际中要分清三相交流电与两相交流电,进行接线与电路分析,如 UC3844 芯片各引脚的作用及检测详见 7.1.1.2 节,变频器外接端子的作用与快速检查变频器各电路的方法详见 7.6 节。

⑤ 书中第8章详细介绍了变频器常用控制功能与各类型应用实例。

⑥ 三相电动机控制电路与工业设备常用基本控制电路可以参考附录详细学习。

在本书编著过程中,借鉴了部分相关专业资料,得到了席东铭、葛力宏等人的大力协助,在此深表谢意!

本书适合用于工业自动化开发、维护维修及广大电子电气师生阅读。由于时间仓促,书中难免有不足之处,欢迎扫描二维码关注并批评指正。

编著者



目 录

	第 1 章 变频器及其电路中的电子器件	1
1.1	认识变频器	1
1.1.1	变频器的含义	1
1.1.2	变频器的种类	1
1.1.3	变频器在工业设备中的应用	2
1.2	变频器的结构组成	2
1.2.1	变频器的组成	2
1.2.2	变频器各电路作用及原理	2
1.3	变频器电路中的电子元器件	4
1.3.1	电阻器 R	4
1.3.2	电容器 C	8
1.3.3	电感器 L 与变压器 T	11
1.3.4	变压器	12
1.3.5	半导体基础	13
1.3.6	二极管 VD	15
1.3.7	三极管 VT	18
1.3.8	晶闸管(可控硅) MCR	20
1.3.9	场效应管 MOS	21
1.3.10	光电耦合器	23
1.3.11	逆变模块	24
1.3.12	CPU 芯片与驱动芯片	24
1.4	根据框架图判断变频器常见故障的部位	25
1.4.1	硬件故障部位	25
1.4.2	软件故障部位	26
1.5	变频器在配电柜中的连接	26
1.5.1	变频器与 PLC 的连接	26
1.5.2	变频器与外端电气连接	26
1.5.3	单相与三相变频器与配电柜中的各设备连接	27
	第 2 章 变频器检修常用的仪器和工具	28
2.1	万用表(万能表)	28

2.1.1	认识万用表	29
2.1.2	万用表在实际中的操作使用	31
2.2	示波器	32
2.2.1	优利德示波器	32
2.2.2	示波器的基本使用	33
2.2.3	示波器使用注意事项	33
2.3	热风枪	33
2.4	静电烙铁	33
2.5	普通电烙铁	33
➔	第3章 变频器的主电路	34
3.1	变频器主电路的作用和结构	34
3.2	变频器主电路中的整流电路	34
3.2.1	各种整流电路的结构分析	35
3.2.2	单相与三相整流电路的组成	35
3.2.3	单相三相整流电路的功能及原理	37
3.2.4	单相三相整流电路的故障分析	37
3.3	整流电路集成组成	37
3.3.1	各整流堆的结构	38
3.3.2	各整流堆好坏的判别	38
3.4	变频器的中间电路	38
3.4.1	中间电路的结构	38
3.4.2	中间电路的作用	38
3.4.3	中间电路的功能及原理	39
3.4.4	中间电路的检修	39
3.5	变频器的逆变电路分析	39
3.5.1	逆变电路的结构	40
3.5.2	逆变电路在主电路中的位置	40
3.5.3	逆变电路的作用及电路工作原理	41
➔	第4章 变频器辅助微电子电路	43
4.1	变频器开关电源电路	43
4.1.1	开关电源在电路中的作用	43
4.1.2	远古的电源演变为变频器所需要的开关电源	43
4.1.3	开关电源电路结构分析	46
4.2	变频器 CPU 电路	52
4.2.1	变频器 CPU 电路的作用	52
4.2.2	CPU 电路的组成及各部分的作用	53
4.2.3	CPU 电路原理分析	54
4.2.4	变频器 MCU 主板电路的基本分析	55

4.3	变频器驱动电路分析	55
4.3.1	驱动电路的结构	55
4.3.2	变频驱动电路基本工作原理	55
4.3.3	驱动电路的供电以及脉冲输入与输出的连接	56
4.3.4	驱动电路的电源供电分类	57
4.3.5	驱动电路常用的芯片内部结构与典型基本电路 分析	57
4.4	变频器的制动电路	63
4.4.1	变频器制动电路结构	64
4.4.2	变频器制动电路中各元件的作用	64
4.4.3	制动电路的工作原理	64
4.5	变频器操作控制电路分析	65
4.5.1	操作控制电路的分类	65
4.5.2	操作控制电路的作用	66
4.5.3	操作控制电路的工作原理	66
4.6	变频器主电路、电源、驱动电路等结构原理分析检修	68
4.6.1	主电路、电源、驱动电路的结构分析	69
4.6.2	主电路、电源、驱动电路各元件的作用	69
4.6.3	主电路、电源、驱动电路的供电分析	73
4.6.4	主电路、电源、驱动电路工作过程	73
4.6.5	主电路、电源、驱动电路元件故障分析	75
4.6.6	主电路、电源、驱动电路的故障检修	76
4.6.7	主电路、电源、驱动电路实际电路检修分析技巧及 电路重要性	79

➔ 第5章 变频器各级电路检修 83

5.1	变频器的主电路检修	83
5.1.1	变频器主电路的三步检测分析	83
5.1.2	主电路通电检修	84
5.1.3	变频器主电路各部分损坏的原因	85
5.2	开关电源电路检修	86
5.2.1	开关电源电路常见故障	87
5.2.2	开关电源整机电路检修流程	89
5.2.3	开关电源主要检修点正常工作的判别	90
5.3	CPU 电路的检修	91
5.3.1	CPU 电路的检修流程	91
5.3.2	CPU 电路常见故障	92
5.3.3	CPU 电路关键检测点	94
5.3.4	CPU 电路关键检测点正常工作判断	94
5.4	驱动电路与制动电路的检修	95
5.4.1	驱动电路常见故障分析	95

5.4.2	驱动电路检测点	97
5.4.3	制动电路引起的故障现象	98
5.4.4	制动电路的检修	98
5.4.5	制动电路的驱动原理	99
5.5	保护电路的检修	100
5.5.1	过流保护电路的分析	100
5.5.2	过压保护电路的分析	100
5.5.3	缓冲保护电路的分析	101
5.5.4	过流过压保护电路与缓冲电路结构	101
	第6章 变频器整机综合故障的检修	103
6.1	根据整机的框架结构图判别常见故障	103
6.1.1	变频器整机电路各部分的作用与特性故障	105
6.1.2	开机无任何反应	110
6.1.3	开机电源指示灯、面板显示正常,运行时 U、V、 W 三端输出电压为零	111
6.1.4	开机电源指示灯、面板显示正常,运行时 U、V、 W 三端输出三相电压不平衡	112
6.1.5	开机电源指示灯亮,运行时 U、V、W 三端输出电 压正常,显示器显示字符不全	114
6.1.6	开机电源指示灯亮,操作面板无反应	114
6.1.7	开机工作一般时间保护	115
6.2	综合常见故障分析	115
6.2.1	开机无任何反应	116
6.2.2	通电立即烧主电路熔丝或通电空气开关跳闸	118
6.2.3	操作面板无任何反应	120
6.2.4	变频器工作一段时间保护	120
6.2.5	变频器正在工作时跳闸	122
6.2.6	变频器接负载立即保护	123
	第7章 变频器整机模块结构与检修案例	125
7.1	检修变频器所需的知识要点	125
7.1.1	变频器电路中常用的重要元器件	127
7.1.2	变频器中的六相脉冲驱动芯片	129
7.1.3	变频器中的充电接触器	130
7.2	变频器整机六大电路结构特点与主要检测点	131
7.2.1	变频器整机六大电路的构成以及工作顺序	131
7.2.2	抗干扰与整流滤波电路结构特点与检测	132
7.2.3	电路的结构特点与检测	133
7.2.4	二次开关电源结构特点与检测	134

7.2.5	六相脉冲信号驱动电路结构特点与电路的检测	135
7.2.6	MCU 与 CPU 电路结构特点与检修	135
7.2.7	面板显示与操作电路结构特点与检测	136
7.3	变频器在电气系统中综合故障分析与故障快速检修	136
7.3.1	变频器中最容易损坏的电路与元件	138
7.3.2	在整个电气系统判别损坏的部分以及判别变频器损坏的方法	140
7.3.3	变频器在整个电气设备中的重要性	143
7.3.4	检测变频器的各种仪器仪表与检测工具	143
7.4	跑线路以及判断各电子元件是否好坏的方法	143
7.4.1	跑线路	143
7.4.2	判断各电子元件是否好坏的方法	144
7.5	电子电气设备检修与电路分析	147
7.5.1	各电子元器件在电路中作用及应用分析检测	148
7.5.2	电源基础电路的基本结构与故障分析	163
7.5.3	笔记本电脑等微电子设备的二次电源	170
7.5.4	三次电源电路分析	190
7.5.5	振荡电路及故障分析	191
7.5.6	放大电路	201
7.6	变频器电路检修与分析	208

第 8 章 变频器在实际中的应用 224

8.1	变频器各端子的功能	224
8.2	变频器常用控制功能的应用	226
8.2.1	变频器常用基本功能应用	226
8.2.2	采用开关式变频器控制的电动机正反转电路	226
8.2.3	继电器控制电路的结构	228
8.2.4	采用小继电器控制的电动机正反转控制电路	229
8.2.5	变频器自动跳闸保护电路	230
8.3	变频器开关与继电器控制端子的应用总结	231
8.3.1	高中低多挡位转换的控制电路	231
8.3.2	PLC 在变频器中的基本应用	233
8.3.3	变频器在日常生活中的运用	235
8.3.4	单水泵供水变频控制电路	236
8.3.5	两台水泵供水的变频控制电路	240
8.3.6	三台电动机并联同时工作变频控制电路	243
8.3.7	空调器的变频电路	244
8.3.8	变频器在电梯系统中的应用	252
8.3.9	变频器一拖三电动机的应用电路	255

附录	257
----	-----

附录一	工业自动化设备常用的基本电路	257
附录二	三相电动机正转控制电气电路	261
附录三	三相电动机顺序转控制电气电路	264
附录四	三相电动机正反转电气控制电路	267

参考文献	275
------	-----

· 第 1 章 ·

☞ 变频器及其电路中的 电子器件



1.1 认识变频器



1.1.1 变频器的含义

在工业设备场合，由于我国交流电无论是 220 V 或 380 V，频率都为 50 Hz，且电动机的转速是固定不变的，但是工业生产设备与人们生活用途中，为了使生产效率的提高以及生活中各电气设备用途的改变，经常需要改变电动机的速度，方可改变工业电气设备及人的生活所需，如果改变电动机供电电压是不能实现的，则改变电动机的工作电流也是难以实现的。

在现实工业控制场合，通过改变交流电动机供电频率，从而改变磁极快慢的设备，我们称它为变频器。也可以说变频器是一个变频电源，用来改变电动机正反转及改变转速、定时、启动、停机、复位等工作状态。

1.1.2 变频器的种类

(1) 按用途分类 可分为专用变频器及通用变频器两大类。

① 专用变频器 一般专用变频器是针对某一电气专用设备而使用的。例如，电梯专用恒压供水及风机等专用变频器可充分发挥变频器的调速优势功能。专用变频器比较常见的有电梯专用变频器、恒压供水变频器、三相与单相电动机变频器、风机变频器。

② 通用变频器 在很多设备中都可以通用，以节能为主要目的，用于调速功能不高的场合。

(2) 按工作频率的变换分类 一般可分为交变交及交变直、直变交变频器两类。

① 交变交 指将交流电直接转换成频率电压可调的交流电，对电动机进行调速变速的控制。

② 交变直、直变交 一般先将交流电变为直流电，然后对直流电进行逆变，最后再将直流受控与变频脉冲信号转换成可控的变化的交流电给电动机供电。

(3) 按变频电源分类 一般有电流型变频器与电压型变频器两类。

① 电流型变频器 主电路中变频中间电路采用直流储能元件用于控制负载电流，在较大场合使用，控制电动机线圈中电流从而控制功率。

② 电压型变频器 指变频器的中间电路采用电容器作储蓄元件，使直流电压比较平稳而且电压内阻小。

1.1.3 变频器在工业设备中的应用

目前在变频设备中，日常生活中用得最多得就是高层采用的恒压供水设备，根据供水用户的所需而不断调整电动机速度。一般楼盘有喷淋泵供水设备的调整及生活用水泵供水变频的调整。在工业设备中有工业机床变频，生活中有空调变频与冰箱变频等。

1.2 变频器的结构组成



1.2.1 变频器的组成

如文前彩图 1-1 所示，一般变频器大体结构分为主电路与变频控制电路两部分。变频主电路由三相或两相整流电路、电容滤波与储能升压电路、充电限流电路、制动电路、逆变电路等组成。变频控制电路由电源电路（指开关电源）、脉冲信号驱动电路 MCU 与 CPU 电路、电压电流功率模块温度、OC 故障检测电路、面板操作控制电路等组成。实际变频器除了主电路与变频控制电路外，还有变频状态显示电路与变频外设备接口电路等。

1.2.2 变频器各电路作用及原理

(1) 变频主电路 将交流 380 V 或 220 V，由三相或单相转变，将交流变为脉动直流（采用二极管的单向导电特性，将取交流电一个半周的数值），然后由充电电路进行充电处理，再进行滤波储蓄升压，再进行制动，送逆变电路，在驱动电路送来的脉冲信号作用下将直流电逆变为人为设置所需的具有一定频率的交流电输出给负载电动机，驱动电动机运行。

(2) 变频控制电路 在开关电源提供直流电及人为操作开机启动信号的作用下，MCU 电路中频率发生器电路便产生一定频率的脉冲信号送驱动电路，进行脉冲信号的电压与电流驱动放大去控制逆变器变频管工作，于是变频管将直流电压逆变成一定频率的交流电压送电动机，由逆变电路输出端取出一部分电压作为检测电压反馈 CPU 电路，检测输出电压的状态，自动改变输出电压。由逆变器前端取出一部分电流反馈 CPU 作为电流检测，同时 CPU 还输出各电路控制信号。变频模块温度检测电路，检测模块当前工作温度，如果温度超高经温度传感器，将此时温度转换成一定的信号电压反馈给 CPU，CPU 便发出控制信号控制电源及 MCU 电路的频率，使电源与 MCU 电路转变为正常工作状态，给模块供电，降为正常电压，以免损坏模块。在操作面板相应功能键时，经信号传送电路给 CPU，于是 CPU 便转换为命令，去控制相应电路工作，同时显示电路将变频器此时的各工作状态经显示器反映出来。

(3) 变频整流电路 整流电路主要利用二极管的单向导电特性，取交流电的一个半周，就是取交流电一个方向的电压。如果是三相整流电路，就是将三根火线 380 V 进行三相整流