

变频器实用电路 图集与原理图说

咸庆信 编著

.....

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



变频器实用电路图集与原理图说

咸庆信 编著



机械工业出版社

本书收进了从 20 世纪 90 年代初至近几年上市的 15 个变频器厂家的产品电路；汇集了国内外变频器厂家的 23 种变频器电路。变频器整机电路全图 7 种，电路图样共 90 张，其中有 2 种制动单元的全图和供水基板的电路图，这 3 种电路图为变频器的可选配件电路图，往往是与变频器配套使用的。220V 供电级别的变频器电路图 2 种，功率机级别从 0.4~300kW，囊括了变频器所有小、中、大功率产品级别。

本书采用一图一文的方式，在列举电路图的同时对电路原理进行简述，对专用的元器件的引脚和电路功能进行详尽说明，同时对电路故障检测要点也进行了介绍。

本书适用于广大的机电维修人员和电工，对相关院校师生和设计人员也具有一定的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

变频器实用电路图集与原理图说/戚庆信编著. —北京：机械工业出版社，2009.6

ISBN 978-7-111-26924-3

I. 变… II. 戚… III. 变频器—电路图 IV. TN773-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 065048 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：朱 林 版式设计：张世琴 责任校对：刘志文

封面设计：赵颖喆 责任印制：邓 博

北京中兴印刷有限公司印刷

2009 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm • 12.5 印张 • 303 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-26924-3

定价：29.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)88379045

封面无防伪标均为盗版

前 言

国内厂矿企业对变频器的应用已基本普及，且使用面涵盖了方方面面，凡是用到电动机的地方，就会见到变频器的踪影，这并不是夸大其词。今天，变频器和 PLC 等工控产品的应用，使得电工的概念发生了深刻的变化，作为一个工厂电工，只懂得接触器、继电器电路是不够的。不具备变频器和 PLC 的相关应用和维修，说是半个电工，也有点勉强。

尤其是近几年，随着变频器安装使用的普及，变频器的维修量也大幅度上升，甚至由此形成了一个专门的行业，成为电气（电工电器）技术的一个分支。在网络上我们也能见到形形色色的变频器维修网，从论坛到博客也办得红红火火。

变频器产品是弱电和强电的有机结合，是软件和硬件的有机结合，因而检修思路和方法也有其独特性。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，它的微电子化和电力半导体器件的应用，它的电路元器件的非通用性和特殊要求，说明着这类机器的独特性。因而对维修而言，电路的测绘是必需的。

本书收进了从 20 世纪 90 年代初至近几年上市的 15 个变频器厂家的产品电路；汇集了国内外变频器厂家的 23 种变频器电路。变频器整机电路全图 7 种，电路图样共 90 张，其中有 2 种制动单元的全图和供水基板的电路图，这 3 种电路图为变频器的可选配件电路图，往往是与变频器配套使用的。220V 供电级别的变频器电路图 2 种，功率机级别从 0.4~300kW，囊括了变频器所有小、中、大功率产品级别。

本书采用一图一文的方式，在列举电路图的同时对电路图原理进行了简述，对专用元器件的引脚和电路功能进行了详尽的说明，同时对电路故障检测要点也进行了介绍。

本书编写过程中，我单位的领导类延法经理，提供了相关技术的指导和支持；在书稿整理过程中，我的朋友张建军夫妇热情地提供了无私帮助；我的同学张力铨热心地提出了一些富有建设性的建议；中华工控网的工作人员，无偿提供了一个技术交流平台，才使我得以广交益友。在此一并致谢！

值得提出的是，由于变频器生产厂家的电路图形与文字符号未完全统一，不同厂家电路标识也未能完全统一或国标化，请读者以实物为主，敬请读者谅解。

由于客观条件和本人能力所限，本书图样可能有错误之处，图解中的见解也可能有偏颇之处，望热心读者不吝赐教，给予指正。

编 者
2009 年 3 月

目 录

前言

第 1 章	概述	1
第 2 章	英威腾 INVT-P9/G9/GS 变频器实用电路图 (全图) 与原理图说	8
图一	英威腾 INVT-P9/1.5kW 变频器主电路图	8
	英威腾 INVT-P9/1.5kW 变频器主电路图说	9
图二	英威腾 INVT-P9/1.5kW 变频器开关电源电路图	10
	英威腾 INVT-P9/1.5kW 变频器开关电源电路图说	11
图三	英威腾 INVT-P9/1.5kW 变频器脉冲驱动电路图	12
	英威腾 INVT-P9/1.5kW 变频器脉冲驱动电路图说	13
图四	英威腾 INVT-GS-1R5T4 变频器 CPU/(I/O) 电路图	14
	英威腾 INVT-GS-1R5T4 变频器 CPU/(I/O) 电路图说	15
图五	英威腾 INVT-GS-1R5T4 变频器脉冲/电流/保护电路图	16
	英威腾 INVT-GS-1R5T4 变频器脉冲/电流/保护电路图说	17
图六	英威腾 INVT-GS-1R5T4 变频器故障检测电路图	18
	英威腾 INVT-GS-1R5T4 变频器故障检测电路图说	19
图七	英威腾 INVT-P9/中功率变频器开关电源电路图	20
	英威腾 INVT-P9/中功率变频器开关电源电路图说	21
图八	英威腾 INVT-P9/中功率变频器脉冲驱动电路图	22
	英威腾 INVT-P9/中功率变频器脉冲驱动电路图说	23
图九	英威腾 INVT-G9/P9 变频器 CPU/(I/O) 电路图	24
	英威腾 INVT-G9/P9 变频器 CPU/(I/O) 电路图说	25
图十	英威腾 INVT-G9/P9 变频器逆变脉冲/保护电路图	26
	英威腾 INVT-G9/P9 变频器逆变脉冲/保护电路图说	27
图十一	英威腾 INVT-G9/P9 变频器 VREF/OU/OH 电路图	28
	英威腾 INVT-G9/P9 变频器 VREF/OU/OH 电路图说	29
图十二	英威腾 INVT-G9/P9 变频器三相输出电流检测电路图	30
	英威腾 INVT-G9/P9 变频器三相输出电流检测电路图说	31
第 3 章	东元 7x00 系列变频器实用电路图与原理图说	32
图十三	富士、台安、东元变频器电流互感器电路图	32
	富士、台安、东元变频器电流互感器电路图说	33

图十四	INTPBGBA0100AZ 110kVA 东元变频器主电路、控制电源图	34
	INTPBGBA0100AZ 110kVA 东元变频器主电路、控制电源图说	35
图十五	INTPBGBA0100AZ 110kVA 东元变频器开关电源及端子去向图	36
	INTPBGBA0100AZ 110kVA 东元变频器开关电源及端子去向图说	37
图十六	INTPBGBA0100AZ 110kVA 东元变频器驱动及保护电路图	38
	INTPBGBA0100AZ 110kVA 东元变频器驱动及保护电路图说	39
图十七	INTPBGBA0100AZ 110kVA 东元变频器驱动电路图	40
	INTPBGBA0100AZ 110kVA 东元变频器驱动电路图说	41
图十八	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器主电路图	42
	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器主电路图说	43
图十九	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器电源电路一图	44
	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器电源电路一图说	45
图二十	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器电源电路二图	46
	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器电源电路二图说	47
图二十一	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器晶闸管触发/电容充电 控制电路图	48
	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器晶闸管触发/电容充电 控制电路图说	49
图二十二	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器逆变脉冲/模块故障信号 电路图	50
	JNTFBGBA0400AZ-2 446kVA 东元变频器逆变脉冲/模块故障信号 电路图说	51
图二十三	45kW7300PA 东元变频器 7CN 端子信号来源图	52
	45kW7300PA 东元变频器 7CN 端子信号来源图说	53
图二十四	JNTPBGA0040AZ-2 68kVA 东元变频器主电路图	54
	JNTPBGA0040AZ-2 68kVA 东元变频器主电路图说	55
图二十五	JNTPBGA0040AZ-2 68kVA 东元变频器开关电源电路图	56
	JNTPBGA0040AZ-2 68kVA 东元变频器开关电源电路图说	57
图二十六	JNTPBGA0040AZ-2 68kVA 东元变频器驱动电路图	58
	JNTPBGA0040AZ-2 68kVA 东元变频器驱动电路图说	59
图二十七	JNTPBGA0040AZ-2 68kVA 东元变频器驱动/输出电流检测电路图	60
	JNTPBGA0040AZ-2 68kVA 东元变频器驱动/输出电流检测电路图说	61
图二十八	7200MA 3.7kW 东元变频器电流检测电路图	62
	7200MA 3.7kW 东元变频器电流检测电路图说	63
图二十九	7200MA 3.7kW 东元变频器电流/电压检测电路图	64
	7200MA 3.7kW 东元变频器电流/电压检测电路图说	65
图三十	7200MA 3.7kW 东元变频器模拟控制端子内电路图	66
	7200MA 3.7kW 东元变频器模拟控制端子内电路图说	67

第 4 章 SUNWIND TE-280 11kW 变频器实用电路图 (全图) 与原理图说 ..	68
图三十一 SUNWIND TE-280 11kW 变频器主电路/电源/驱动电路图	68
SUNWIND TE-280 11kW 变频器主电路/电源/驱动电路图说	69
图三十二 SUNWIND TE-280 11kW 变频器 CPU I/O 基本端子电路图	70
SUNWIND TE-280 11kW 变频器 CPU I/O 基本端子电路图说	71
图三十三 SUNWIND TE-280 11kW 变频器保护控制电路图	72
SUNWIND TE-280 11kW 变频器保护控制电路图说	73
第 5 章 台达 (中达) VFD/DVP 变频器实用电路图与原理图说	74
图三十四 台达 (中达) VFD-A 型 3.7kW 变频器主电路/驱动电路图	74
台达 (中达) VFD-A 型 3.7kW 变频器主电路/驱动电路图说	75
图三十五 台达 (中达) DVP-1 型 22kW 变频器主电路、晶闸管触发电路图	76
台达 (中达) DVP-1 型 22kW 变频器主电路、晶闸管触发电路图说	77
图三十六 台达 (中达) DVP-1 型 22kW 变频器开关电源电路图	78
台达 (中达) DVP-1 型 22kW 变频器开关电源电路图说	79
图三十七 台达 (中达) DVP-1 型 22kW 变频器温度检测与驱动电路图	80
台达 (中达) DVP-1 型 22kW 变频器温度检测与驱动电路图说	81
图三十八 台达 (中达) DVP-1 型 22kW 变频器驱动电路图	82
台达 (中达) DVP-1 型 22kW 变频器驱动电路图说	83
第 6 章 普传 8018F3 18.5kW 变频器实用电路图与原理图说	84
图三十九 普传 8018F3 18.5kW 变频器主电路/驱动电路图	84
普传 8018F3 18.5kW 变频器主电路/驱动电路图说	85
图四十 普传 8018F3 18.5kW 变频器驱动电路/输出采样电路图	86
普传 8018F3 18.5kW 变频器驱动电路/输出采样电路图说	87
图四十一 普传 8018F3 18.5kW 变频器开关电源电路图	88
普传 8018F3 18.5kW 变频器开关电源电路图说	89
第 7 章 富士 5000P9/G9/P11 变频器实用电路图与原理图说	90
图四十二 富士 5000P11 90kW 变频器主电路图	90
富士 5000P11 90kW 变频器主电路图说	91
图四十三 富士 5000P11 90kW 变频器开关电源电路图	92
富士 5000P11 90kW 变频器开关电源电路图说	93
图四十四 富士 5000P11 90kW 变频器直流电压/FUS 检测/KM 控制电路图	94
富士 5000P11 90kW 变频器直流电压/FUS 检测/KM 控制电路图说	95
图四十五 富士 5000P11 90kW 变频器三相输出电压/频率检测电路图	96
富士 5000P11 90kW 变频器三相输出电压/频率检测电路图说	97
图四十六 富士 5000P11 90kW 变频器驱动电路图	98

	富士 5000P11 90kW 变频器驱动电路图说	99
图四十七	富士 5000P11 90kW 变频器制动、风扇控制电路图	100
	富士 5000P11 90kW 变频器制动、风扇控制电路图说	101
图四十八	富士 5000P9/G9 160kW 变频器开关电源电路图	102
	富士 5000P9/G9 160kW 变频器开关电源电路图说	103
图四十九	富士 5000P9/G9 160kW 变频器驱动电路图	104
	富士 5000P9/G9 160kW 变频器驱动电路图说	105
第 8 章	安川 616G3-55kW 变频器实用电路图与原理图说	106
图五十	安川 616G3-55kW 变频器主电路图	106
	安川 616G3-55kW 变频器主电路图说	107
图五十一	安川 616G3-55kW 变频器驱动/保护电路图	108
	安川 616G3-55kW 变频器驱动/保护电路图说	109
图五十二	安川 616G3-55kW 变频器驱动/FU 电路图	110
	安川 616G3-55kW 变频器驱动/FU 电路图说	111
第 9 章	康沃 CVF-G/P1-5.5kW 变频器实用电路图（全图）与原理图说	112
图五十三	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器主电路图	112
	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器主电路图说	113
图五十四	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器开关电源电路图	114
	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器开关电源电路图说	115
图五十五	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器驱动电路图	116
	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器驱动电路图说	117
图五十六	康沃 CVF-P1-5.5kW 变频器控制端子电路图	118
	康沃 CVF-P1-5.5kW 变频器控制端子电路图说	119
图五十七	康沃 CVF-P1-5.5kW 变频器 CPU 逆变脉冲输出电路、 I/O 接口电路图	120
	康沃 CVF-P1-5.5kW 变频器 CPU 逆变脉冲输出电路、 I/O 接口电路图说	121
图五十八	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器保护控制电路图	122
	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器保护控制电路图说	123
第 10 章	台安 N2-405-1013 3.7kW 变频器实用电路图与原理图说	124
图五十九	台安 N2-405-1013 3.7kW 变频器主电路图	124
	台安 N2-405-1013 3.7kW 变频器主电路图说	125
图六十	台安 N2-405-1013 3.7kW 变频器开关电源电路图	126
	台安 N2-405-1013 3.7kW 变频器开关电源电路图说	127
图六十一	台安 N2-405-1013 3.7kW 变频器驱动电路图	128

台安 N2-405-1013 3.7kW 变频器驱动电路图说	129
第 11 章 华伟 TD2000 3kW 变频器实用电路图与原理图说	130
图六十二 华伟 TD2000 3kW 变频器主电路/输入缺相检测电路图	130
华伟 TD2000 3kW 变频器主电路/输入缺相检测电路图说	131
图六十三 华伟 TD2000 3kW 变频器开关电源电路图	132
华伟 TD2000 3kW 变频器开关电源电路图说	133
图六十四 华伟 TD2000 3kW 变频器驱动电路一图	134
华伟 TD2000 3kW 变频器驱动电路一图说	135
图六十五 华伟 TD2000 3kW 变频器驱动电路二图	136
华伟 TD2000 3kW 变频器驱动电路二图说	137
第 12 章 阿尔法 ALPHA2000 变频器实用电路图（全图）与原理图说	138
图六十六 阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器主电路图	138
阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器主电路图说	139
图六十七 阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器开关电源电路图	140
阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器开关电源电路图说	141
图六十八 阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器驱动电路图	142
阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器驱动电路图说	143
图六十九 阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器驱动电路、振荡板电路图	144
阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器驱动电路、振荡板电路图说	145
图七十 阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器 CPU 逆变脉冲输出电路图	146
阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器 CPU 逆变脉冲输出电路图说	147
图七十一 阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器 CPU 主板 CNM 端子来源图	148
阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器 CPU 主板 CNM 端子来源图说	149
图七十二 阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器 CPU I/O 接口电路图	150
阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器 CPU I/O 接口电路图说	151
图七十三 阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器模拟量端子、故障保护 电路图	152
阿尔法 ALPHA2000 18.5kW 变频器模拟量端子、故障保护 电路图说	153
图七十四 阿尔法 ALPHA2000 5.5kW 变频器 CPU 外围电路及控制端子 电路图	154
阿尔法 ALPHA2000 5.5kW 变频器 CPU 外围电路及控制端子 电路图说	155
图七十五 阿尔法 ALPHA2000 5.5kW 变频器脉冲电路、故障检测电路图	156
阿尔法 ALPHA2000 5.5kW 变频器脉冲电路、故障检测电路图说	157
图七十六 阿尔法 ALPHA2000 5.5kW 变频器输出电流检测电路图	158
阿尔法 ALPHA2000 5.5kW 变频器输出电流检测电路图说	159

第 13 章	松下 DV-551/VF0 变频器实用电路图 (全图) 与原理图说	160
图七十七	INVERTER VF0 220V0.4kW 变频器主电路图	160
	INVERTER VF0 220V0.4kW 变频器主电路图说	161
图七十八	INVERTER VF0 220V0.4kW 变频器 CPU 电路图	162
	INVERTER VF0 220V0.4kW 变频器 CPU 电路图说	163
图七十九	松下 DV-551 16A 变频器主电路图	164
	松下 DV-551 16A 变频器主电路图说	165
图八十	松下 DV-551 16A 变频器开关电源电路图	166
	松下 DV-551 16A 变频器开关电源电路图说	167
图八十一	松下 DV-551 16A 变频器驱动电路图	168
	松下 DV-551 16A 变频器驱动电路图说	169
图八十二	松下 DV-551 16A 变频器 CPU 电路一图	170
	松下 DV-551 16A 变频器 CPU 电路一图说	171
图八十三	松下 DV-551 16A 变频器 CPU 电路二图	172
	松下 DV-551 16A 变频器 CPU 电路二图说	173
第 14 章	SD-04 变频调速电源电路图 (全图) 与原理图说	174
图八十四	SD-04 变频调速电源 CPU/ (I/O) 电路图	174
	SD-04 变频调速电源 CPU/ (I/O) 电路图说	175
图八十五	SD-04 变频调速电源主电路/电源/驱动电路图	176
	SD-04 变频调速电源主电路/电源/驱动电路图说	177
第 15 章	三星 OM5 型变频器故障检测电路图与原理图说	178
图八十六	三星 OM5 型 45kW 变频器故障检测电路图	178
	三星 OM5 型 45kW 变频器故障检测电路图说	179
第 16 章	变频器选项配件电路图与原理图说	180
图八十七	变频器附件——制动单元电路图	180
	变频器附件——制动单元电路图说	181
图八十八	CDBR-4030C 制动单元主电路图	182
	CDBR-4030C 制动单元主电路图说	183
图八十九	CDBR-4030C 制动单元电压采样与触发电路图	184
	CDBR-4030C 制动单元电压采样与触发电路图说	185
图九十	三品变频器供水基板、外部 V/A 信号转换电路图	186
	三品变频器供水基板、外部 V/A 信号转换电路图说	187

第 1 章 概 述

本书的变频器电路原理图是由产品实物测绘所成，元件序号为厂家所注。即图样上的标注序号与电路板的实际标注序号是统一的。

元器件规格据测量和观察后，由作者自行标定的，如贴片电阻元件，其中标注为 551，则为 550Ω ，图中即标注为 551，有时也标注为 551R。如 4 色环电阻，前 3 道色环为有效值，第 4 道色环为误差系数。不去管第 4 道，前 3 道的颜色若为红、红、红，即标注为 2.2k。而有些电阻，实在看不出标注，即将其脱开电路板，用数字万用表测量后，按测量数值标注。个别也有在线测量后标注的。

一些元器件因无型号规格标注（如小容量电容）或型号规格实在看不清楚，即只标注元器件序号，而省去了规格标注。

部分产品电路所采用的晶体管器件，可能为内含基极输入电阻和基-射极并联电阻，图中为普通晶体管的图形，未画出其内含电阻元件。

为维修参考的方便，一般元器件均有序号和规格两种标注。

在目录中，注明为“全图”的，是整机电路图，一般包括为 CPU 主板、电源/驱动板和主电路（小功率机型两者合为一体）。同一厂家产品中，小型机和中型机的电路可能略有不同，特别是 CPU 主板的差异，更是画出了两种类型的主板，以供参考。未注明全图的，绝大部分为电源/驱动板的整图，即一整块电源驱动板的电路图。只有很少的一部分图样，因维修所需，只画出电源/驱动板的部分电路，有的重点画出了驱动电路和故障检测与保护电路。

对于运算放大器和数字 IC 电路，如 LF347，内含 4 组放大器，原理图中往往将其拆分为 4 个独立的放大器，以清晰显示电路连接和信号流程。但如三态/六驱动器/缓冲器等，因不便拆分，仍以集成器件的图形画出。

对小功率机型、中功率机型和大功率机型，图说中都有说明。

图样的左下角或右下角，有一排字母和数字组合的符号，为所测绘电路板的板号，有些标志的电路板，其电路与图样应该是对应的。同一型号或类型的产品，板号不一样，可能电路也有所改动。

一些 IC 器件的引脚功能图来自于网络，部分电路的引脚标注已有修正，以浅显明了为宗旨。

变频器电路图样中的序号、元器件名称和电路符号，有一些至今仍无统一的标准，所以一些电路或元器件符号只能暂时以示意图的方式来画，只要能看明白就行了。对一些电路动作和电路形式也找不出一个硬性的标准来，对此起名的弹性较大，笔者有时候也拿不准到底起什么名会好一些。如由运算放大器构成的能产生回差电压的电压比较器电路，有的称其为“滞回比较器”，有的称其为“有滞后特性的电压比较器”，有的称其为“迟滞电压比较器”，笔者一般按前两种方式对其起名。总之知道这个电路是有这么一个特性的电压比较器电路就是了。

电路图后有原理图说——对电路原理图的简要说明，对电路都起些什么名，是如何表述的，请您参看以下说明。注：本章中的例图，不是来自一个机型，为随机画出，只为起名上的参考。

1. 变频器主电路

(1) 变频器主电路例图（见图 1-1）

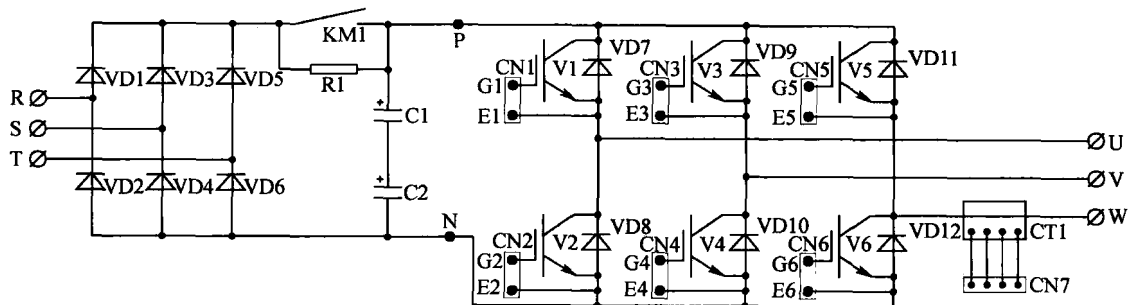


图 1-1 变频器主电路例图

(2) 变频器主电路元器件及单元电路的命名

变频器的三相电源输入端子，标注为 R、S、T（同厂家标注），对变频器的三相电源输出端子，标注为 U、V、W（同厂家标注）。

由 VD1~VD6 组成的三相全波整流电路，起名为三相桥式整流电路，VD1、VD3、VD5 起名为 R 相上桥臂整流二极管、S 相上桥臂整流二极管、T 相上桥臂整流二极管；VD1、VD3、VD5 有时候又统称为上桥臂整流电路；VD2、VD4、VD6 理所当然地被起名为下桥臂整流二极管，如同 VD1、VD3、VD5 的起名方式一样。

电路中的 R1 起名为充电电阻，而 KM1 被称为充电接触器。如是继电器，则被起名为充电继电器，小功率变频器中用继电器。电容 C1、C2 起名为直流回路的储能电容。当然接于电容两端的直流电路即被起名为直流回路，直流回路的正、负端又被标注为 P、N 端，大部分变频器厂家也是这么标注的，个别标注为+、-。在这里一律统一为直流回路和 P、N。

在输、配电工程中，N 指中性线——零线，容易与这里的 N 混为一谈，但绝对是两码事。将直流回路的两个端子标为 P、N，绝大部分国内外的变频器厂家都是这么标注的。

V1~V6 为 IGBT，有时标为 IGBT，有时又起名为 IGBT 模块。由 6 只 IGBT 构成的电路，起名为逆变电路或逆变回路。构成 U 相输出电路的 V1、V2，处于 U 相电路的上、下方，犹如人伸展的两臂，故将 V1 起名为 U 相上臂 IGBT，V2 起名为 U 相下臂 IGBT。

在 IGBT 的 C、E 极上并联的二极管 VD7~VD12，就笼统起名为 IGBT 上并联的二极管。CN1~CN6 起名为触发端子，引入的是控制 IGBT 开通与截止的驱动信号，有时也起名为激励脉冲信号。

对三相输出电流进行检测的是 CT1，起名为电流互感器，只能画成示意图。它不是一般电气控制线路中的绕绕式电流互感器，内含霍尔元件、电流检测电路，并有 4 个引线端子，一般为正、负供电和两根输出信号线。

将三相整流电路、直流回路的储能电容器和三相逆变电路，起名为变频器主电路。

2. 变频器驱动电路

(1) 驱动电路例图（见图 1-2）

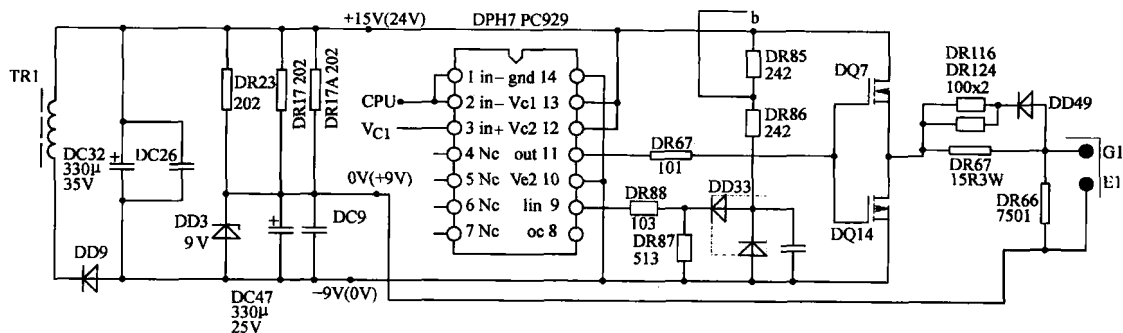


图 1-2 驱动电路例图

(2) 变频器驱动电路元器件及单元电路的命名

对 IGBT 承担直接驱动任务的且与 IGBT 有直接电气联系的这部分电路，起名为驱动电路。图中的 PC929 起名为驱动 IC。为维修方便，对驱动 IC 和其他电路中的 IC，在标注管脚序号的同时，尽可能地将其管脚功能一并标出，看图时就不用再去查找相关资料了。有的查不到资料，只能光标注出管脚序号了。

驱动 IC 的供电是由开关变压器一次绕组来的整流滤波后的电压，又经 R、WDCDR23、DD31 稳压电路分为正、负供电，+15V 起名为驱动电路的正供电或激励电压。-9V 起名为驱动电路的负供电或截止电压。正、负电压的公共点（0V）称为零电位点，与 IGBT 的射极相连。图样上的电源标注大多为括号内标注方式，但在图说的表述中，往往又采取上图中的标注习惯来表述，读者须予注意。两类标注，只是零电位点的选取不同罢了。

驱动 IC 的序号为 DPH7，有的标注为 PC7，各个厂家有所不同，元件序号原则上是依据厂家的原标注。

小功率变频器是由驱动 IC 直接驱动 IGBT 的，对中、大功率变频器，驱动脉冲的引出电阻 DR67 起名为栅极电阻，驱动脉冲（有时候也起名为逆变脉冲）即是经此电阻引入到 IGBT 栅极的。PC929 还内含 IGBT 保护电路，有时起名为 IGBT 压降检测电路，后者似乎更贴切些，有时候也起名为 IGBT 保护检测电路、IGBT 的 OC（过电流）信号报警电路，都有点意思在里面，似乎都合适。

那么 PC929 所检测到的 IGBT 故障，报给 CPU 的是 SC（短路）还是 OC 呢？有的说是 SC（英威腾变频器），一般又说是 OC。其实报给 CPU 的归根结底是 IGBT 的管压降信号，意为 IGBT 严重过电流了，应赶快停机保护。

对中、大功率变频器，驱动 IC 的输出脉冲信号，还需经后续功率电路进行电流放大后，才去直接驱动 IGBT。那么 DQ7、DQ14 这两只管子，一只是管 IGBT 开通的，一只是管 IGBT 截止的。有的起名为互补式电压跟随器，有的称之为推挽功放电路。功率驱动电路，用到两种类型的管子，双极型晶体管，起名为晶体管，场效应器件（绝缘栅型场效应晶体管），起名为场效应晶体管，向标准靠拢。

光靠 PC929 内部 IGBT 保护电路，是完不成保护 IGBT 这个任务的，笔者经常这么表述：PC929 的 9 脚内部 IGBT 保护电路与外接电路元件（本图中的 DR88、DR87、DD33、DR85、DR86 等）一起构成了 IGBT 压降检测电路。

当然，细线框中的两个焊盘，起名为 IGBT 的触发端子。驱动脉冲是经这个端子引入

IGBT 的栅-射极回路的。

一般情况下，驱动电路与开关电源电路是在一块电路板上的，起名为电源/驱动板，另一块电路板则为 CPU 主板，一般中功率变频器除了安装于机壳散热器上的主电路，还包括这两块电路板。对小功率变频器电路，电源/驱动板连同主电路都是做成一体的，整机一般只是两块板子。

电源/驱动电路（板）上，一般还包含电流检测、电压检测、温度检测等的前级电路（有时称前置电路），上述电路也就这样起名了。

3. 变频器的开关电源电路

(1) 变频器的开关电源电路例图（见图 1-3）

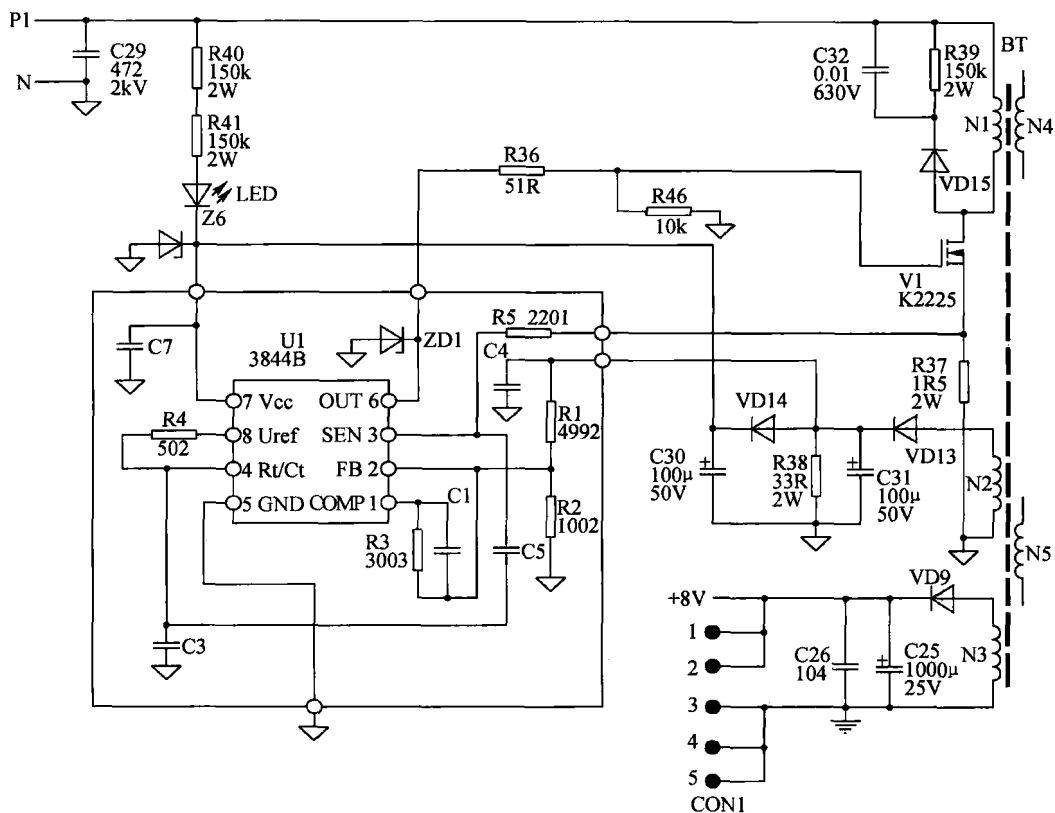


图 1-3 变频器的开关电源电路例图

(2) 变频器开关电源电路元器件及单元电路的命名

开关电源电路从构成的布局上大致有下列几种类型。

一种为图 1-3 所示的类型，将 3844 振荡芯片与外围元件做成一个单元电路，一般全是贴片元件做的，体积很小的一块电路板。此类电路，或画出内部电路，如图 1-3 所示；或省略内电路，只画出一个引脚框图。这部分电路一般是用细线框住。细线框内的电路起名为振荡板。厂家是把整个小电路板视为一个器件（如一块 IC 电路一样）。在机器出现开关电源故障返回厂家维修时，也总是将整个小电路板换掉，并不去检修小电路板上的电路。

一种并不是将振荡芯片独立出来做成电路板，而是将电路的所有元器件全部安装于电源/驱动板上。还有一种电路类型，应用也比较多，开关电源电路未采用 3844 等专用 IC 芯

片，而是由分立元器件做成单管（或双管）自激振荡电路。对电路中大部分元器件的命名和表述也大致与图 1-3 相同，在此就不画出例图了。

R40、R41 等起名为起振回路（或起振电路、支路等）；与 U1 的 8、4 脚连接的 R4、C3 起名为振荡定时元件；R3、C1 起名为 U1 内部放大器的反馈元件；V1 起名为开关管；由分立元器件构成的振荡电路，V1 的栅极（或基极，采用晶体管时）还接有一只控制晶体管，起名为分流管，其主要作用是分流开关管的栅极电压（基极电流）；BT 起名为开关变压器；N1 起名为主绕组；与 N1 相并联的 D15、R39、C32 等元件起名为开关管 C 极（或漏极）的尖峰电压吸收网络，或反向电流泄放通路等；N2 起名为自供电绕组，或反馈绕组、正反馈绕组等。电路结构不同，N2 起到的主要作用有所不同，名字也就出现了相应的变化，有的电路中，3 个作用都是有效的；从 N2 引入到 U1 2 脚的相关电路，有的是用 TL431，从开关变压器的二次绕组输出 +5V 引回的，都称之为电压采样电路、电压反馈电路、稳压电路或支路、电压误差放大器电路等，具体名字与个体电路结构也有相应关系。

除 N1 外，BT 的各个绕组均起名为二次绕组，或负载绕组。应该说，大部分变频器驱动电路的供电也是取自开关电源的。但供电绕组与整流滤波电路又往往与驱动电路画在一起，在开关电源电路中未画出驱动供电电源的绕组。

对二次绕组的各路供电走向的表述，请见本书后面的图说。

4. 变频器的 CPU 主板电路

变频器除电源/驱动板外，还有一块要紧的电路板——CPU 主板。其技术含量高，维修难度大，一般包括变频器的控制端子电路，数字/模拟的输入/输出控制信号电路；操作显示面板与 CPU 的连接电路；CPU 本身投入工作所需的基本电路，如晶振电路、复位电路、电源电路、与外部存储器的连接电路等；与上位机或 PLC 的通信电路，如 RS485 电路。由电源/驱动板来的各类检测保护电路（前级或前置电路）的电压、电流、温度等信号，经由后级各类保护信号处理电路（或称故障信号输出电路）放大或转换为开关量信号后，再送入 CPU 相关引脚。这部分电路也有 CPU 主板电路的一部分，而且是相当大的一部分。维修当中出彩的地方也正在这里。

(1) 变频器的控制端子电路外围电路例图（见图 1-4）

(2) 变频器开关电源电路元器件及单元电路的命名

CPU 主板，顾名思义，是以 CPU 为中心的控制板。IC1 起名为 CPU，又称为微处理器、微控制器、单片机。如彩色电视机电路中的微控制器一样，一般又将其笼统地称为 CPU。维修界人士也习惯地将这块电路板称为 CPU 主板。

在图样中，控制端子一般用文字直接标出。PC3、PC4 起名为光耦合器，有时也简称光耦或光耦器件。通常将控制端子电路与 CPU 供电电源电路、晶振电路、外挂存储器电路、操作显示面板电路画于一处。而后几类电路是 CPU 本身能正常工作的先决条件，维修当中也是个重点所在。

操作显示面板当然包括显示和操作两个部分，显示用 LED 数码管，而操作部分则是用按键来进行的。图 1-4 将按键电路从略了。

控制端子的 A、B、C 端子起名为触点信号输出端子，也有的光是晶体管 C 极接到端子上，起名为开路集电极输出端子。控制端子的一些起名，有些是根据该变频器的说明书来起的，所以同一类端子，在不同的电路图说中可能有所不同。

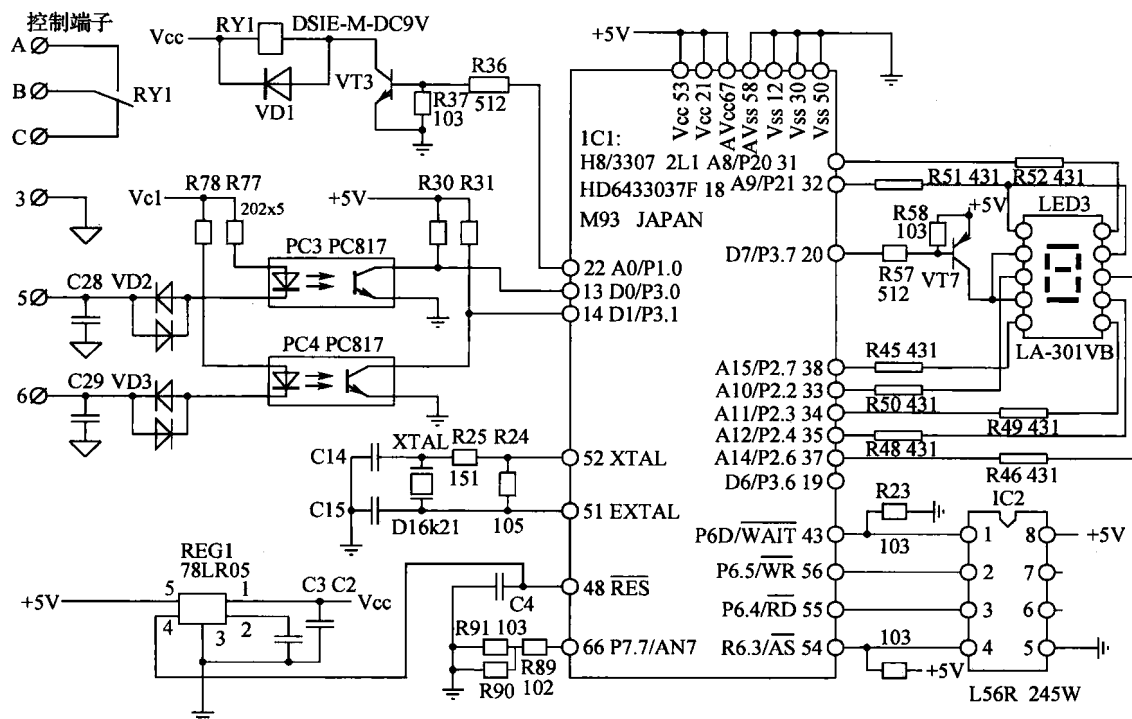


图 1-4 变频器的控制端子电路外围电路例图

(3) 变频器 CPU 主板的故障检测电路例图 (见图 1-5)

(4) 变频器 CPU 主板的故障检测电路元器件及单元电路的命名

CPU 主板电路往往一张图上画不开, 会拆分为几张图来画, 可能会单独画出如图 1-5 所示的故障检测电路。CPU 器件的功能引脚图如果在第一张图上已经画了, 后面几张图便不再画出, 但电路与 CPU 的连接, 仍画出 CPU 的相关引脚序号。这里的故障检测与保护电路 (也是笔者的起名), 相对于电源/驱动板的前级电路, 起名为后级电流、电压、温度等的信号检测电路。在做过通电带载验证的情况下, 各电路的具体作用有的用中文直接标出, 甚至连同各工作点的动/静态电压值。

图中的两个 a 点, 是笔者自己标注的, 说明两个标注点虽然离得远, 但是连接于一处或一条线上的。这是为走图方便没办法将电路拆为两个部分的, 只能加字母标注说明该点信号走向的来龙去脉。

CPU 主板上的故障检测信号电路, 即是大量的运算放大器和少量的数字电路的组合电路。U12 内部的两组放大器分别构成了线性放大器, 又起名为反相放大器和精密半波整流器。

U9 内部有两组放大器。由运算放大器构成的能产生回差电压的电压比较器电路, 有的称其为“滞回比较器”, 有的称其为“有滞后特性的电压比较器”, 有的称其为“迟滞电压比较器”, 笔者一般按前两种方式对其起名。变频器电路中, 对运算放大器的应用就止于此了。

对数字电路, 一般是根据相关资料中的规定来起名的。

需要声明一下, 所有的起名, 并不全是笔者自作主张, 多是根据元器件资料, 按大家都比较认可的名字来起的。

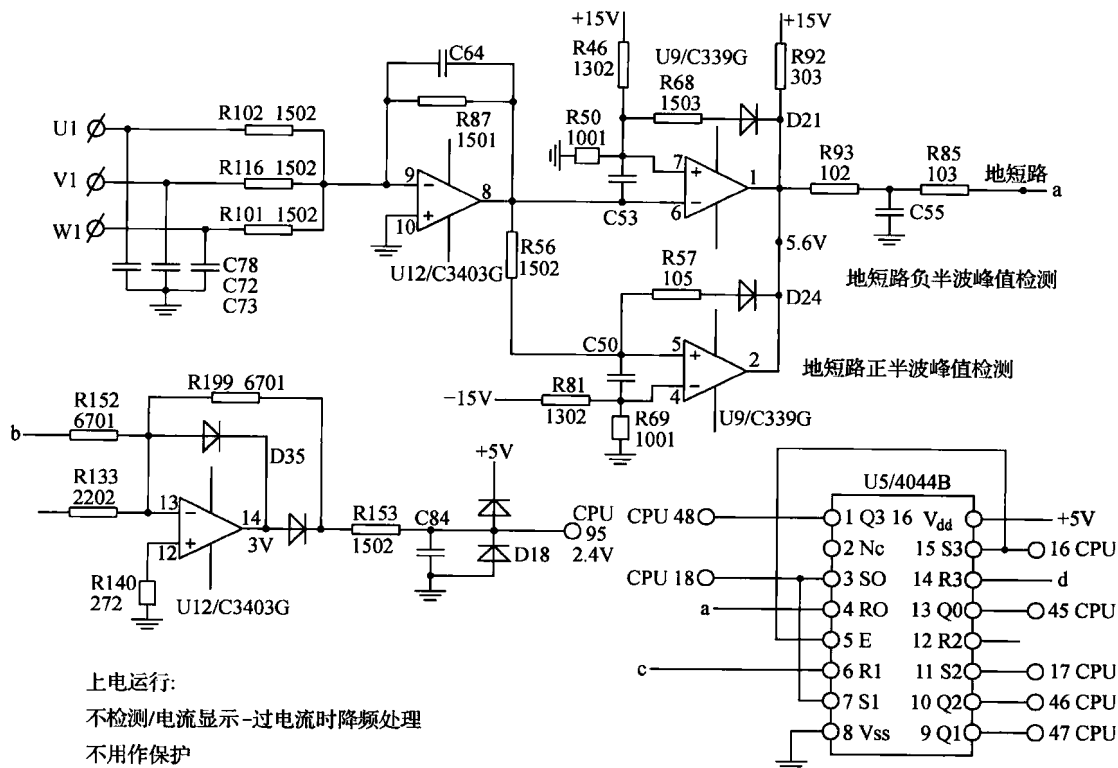


图 1-5 变频器 CPU 主板的故障检测电路例图

5. 说说本书的图说

本书的编排是一页为电路原理图，一页为原理图说。读者打开书，在读图的同时，可浏览图说，浏览图说又可以帮助读图，能加深对电路原理的理解。

上面给图中的电路和元器件都起好了名，那么图说就按这些“名堂”展开对电路原理的表述。以前的彩色电视机的单元电路，有著述者做成图解一书的，是因为随产品售出，都附有一套完整的电路原理图及使用说明书，厂家也组织力量编写有关技术指导性的书籍。不存在技术保密这一说，从电路图样和电路原理上的阐述上，都已相当透彻，著述者是完全有能力（著述者如为彩电厂家技术人员或电路设计人员，就更有能力）针对原理图写出“图解”的。

在维修时间的紧迫之中，对在原理上分析不通还有问号的地方，还是尽量再核对一遍。但核对的结果总不能保证 100% 的正确，有所遗漏是在所难免，本书也只有写成图说。为此，图说中，常在括号内插入“试分析”3 个字，此“试分析”，是据实践经验梳理后，给出的对控制程序动作步骤的“准分析”，有时并不是针对某一厂家的变频器产品，有普遍的意义在内。如此的试分析终不免有揣测和臆断之嫌。但现有条件下的原理解说，也只有这样勉力为之了。

本书有数十种型号的变频器电路，型号虽有别，但变频器主电路、开关电路和驱动电路，都有极为相似乃至相同之处。电路一样，但图说总不能千篇一律。一样的电路，图说的原理解说的侧重点会有所不同，图说中加入了相关的变频器电路的知识。翻到任意一个图说，都力争能使您产生一点新鲜感。每一个图说，都是重来的，都是原创的，写作图说，启用了笔者 20 年来，从事电子电器工作的、理论和实践上的“总库存”，也希望这些知识能对您有一定的帮助。