

■ 高科实用电力电子技术丛书

电力电子变流设备

控制板及应用

李 宏 编著



科学出版社

(TN-1243. 0101)

Technology
实用技术

高科实用电力电子技术丛书

丛书导读

- 常用晶闸管触发器 集成电路及应用
- MOSFET、IGBT驱动 集成电路及应用
- 电力电子变流设备 控制板及应用
- 常用电力电子变流设备 调试与维修基础
- 常用电力电子变流设备 调试与维修实例

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-036654-2



9 787030 366542 >

科学出版社 东方科龙公司
联系电话: 010-82840399
E-mail: boktp@mail.sciencep.com
有关网址: <http://www.okbook.com.cn>

销售分类建议: 工业技术/电力电子技术

定 价: 98.00 元

高科实用电力电子技术丛书

电力电子变流设备 控制板及应用

李 宏 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是“高科实用电力电子技术丛书”之一,在介绍部分常用电力电子变流设备控制及驱动集成电路的基础上,重点介绍了经工程实用证明极为成熟的,并在国内有较大使用量的电力电子变流设备控制和驱动板近 100 种,内容既涉及晶闸管、电力晶体管(GTR)、电力场效应晶体管(MOS-FET)、绝缘栅控双极型晶体管(IGBT)的驱动,还有以这些电力电子器件为主功率器件的电力电子变流设备的控制。

本书是从事电力电子变流设备及特种电源设计、调试、安装和制造及研究开发的工程技术人员不可多得的实用参考书,亦可供高等院校电力电子及相近专业的广大师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子变流设备控制板及应用/李宏编著. —北京:科学出版社, 2013. 6

(高科实用电力电子技术丛书)

ISBN 978-7-03-036654-2

I. 电… II. 李… III. 变流器-控制系统 IV. TM46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 024069 号

责任编辑:喻永光 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面制作:段淮沱

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京东海印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013 年 6 月第一次印刷 印张: 41 1/4 插页 8

印数: 1—3 000 字数: 800 000

定 价: 98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

电力电子技术是电工技术的重要分支,是当今世界各发达国家竞争的一个高技术领域。由于采用电力电子技术可以达到广泛的节能效果,实现生存环境及电网的绿色化,所以在人类日益面临能源危机、环境危机和人口危机等多重危机的时代,电力电子技术已经变得越来越重要,越来越受到各国政府的重视,与人们的日常生活越来越密不可分。

电力电子技术的组成可分为三大部分,即电力电子器件(由于至今已批量使用的电力电子器件几乎都用半导体材料制成,所以这类器件在行业内又称为电力半导体器件)、电力电子变换技术(Power Conversion)和为实现电力电子变换所涉及的控制技术。其中,电力电子变换包括了对电能的三大要素(频率、电压、电流)进行量值与类型的变换和对交流电相数的变换。这三者中,电力电子器件是基础,控制技术是手段,而实现电力电子变换(又称功率变换)是目的。若用一个人来表示电力电子技术的话,可以把电力电子器件看做人的健康身体,而控制技术是人的大脑,电力电子变换技术则是具有健康身体的人在大脑指挥下完成各种工作取得的良好效果。

虽然电力电子技术的专业术语对于许多非电力电子专业的人来说有点陌生,但电力电子变换在人类的日常生活中可以说无处不在,无时不用。1955年美国通用电气公司(General Electric Company)发明人类第一只电力整流二极管,标志着电力电子技术的诞生,1970年地球上有了电力电子技术的 Newell 定义,经过几十年的发展,已经有 40 多种电力电子器件可供从事电力电子变流设备设计、制造及维护的工程师根据用途、容量和性价比进行选用。各种电力电子变换技术的应用已经深入到工业、农业、交通运输、国防和社会生活的各个方面,其典型的应用领域包括电化学、直流牵引、直传动、交流传动、电动机励磁、电火花加工、电镀、电冶、电磁合闸、充电、中频及高频感应加热、交流及直流不间断电源、开关电源、稳压电源、电力电子开关、高压静电除尘、直流输电、无功补偿、风力发电、环境保护、家用电器、储能电站、航空器控制、感应电能传输、空间探测、遥测遥感、交通运输、火灾预防、医疗卫生、防盗报警等。所以,日本一位很有名望的教授早在 20 世纪 80 年代初就称“离开了电力电子技术,人们的生活将黯然失色”。尽管电力电子变流技术的应用领域千差万别,但我们可以将其变换从大的方面分为交流到直流、直流到交流、直流到直流、交流到交流四种。应当看到,由于应用电力电子器件在一定的控制手段下实现某一特定功能的电力电子变换是根据最终使用者的应用需求指

标,由从事电力电子变换技术设计及制造的工程师们经过设计、装配、调试后交付最终用户使用的,在使用单位几乎都是作为设备管理及应用的,所以通常我们给某种电力电子变换装置冠以习惯称呼——电力电子变流设备,如用于有色金属加工行业的直流电弧炉电力电子设备,用于冶金行业的中频感应加热电力电子设备,用于电化学行业的电解电力电子设备,用于机械加工行业的电镀电力电子设备等。再则,在这些电力电子设备应用过程中,总有电流(大小,交直流种类)的变化,为实现这种变化,常常称电力电子设备为电力电子变流设备。还应看到,由于这些电力电子变流设备在设计、生产及提交用户时,一般需配套前级设备与后级设备(如电解用整流设备需配套前级降压用整流变压器与后级进行负载之间隔离的大电流直流刀开关等),故同一系统又多了一种称呼——电力电子成套装置。

在国内从事电力电子变流设备研究和生产的企事业单位有近千家,电力电子变流设备的用户几乎遍布全国各工业及民用企事业单位。鉴于我国电力电子变流设备的研制开发和生产及全民的掌握程度相对于发达国家还比较落后,许多电力电子变流设备的生产单位都碰到过自身研究和开发电力电子变流设备控制板技术难度大的问题。另一方面,电力电子变流设备使用单位的应用与维护调试人员经常遇到电力电子变流设备发生故障,维修中不能很快查出设备运行不正常原因而严重影响生产的问题。如何选用在国内经众多用户使用证明极为可靠且技术成熟的标准控制板,以解决电力电子变流设备生产单位直接选用,电力电子变流设备使用单位设备故障时迅速换板维修,实现快捷高效的电力电子变流设备的生产与维护,是国内电力电子变流设备生产与维护行业的迫切需要。鉴于国内至今还没有解决这些问题的系统参考书,我们根据多年从事电力电子变流设备驱动与控制板研究设计、调试及维修的经验教训和总结,在较短的时间内,以陕西高科电力电子有限责任公司研制的,并经众多用户工程实际中使用证明技术成熟、性能可靠的电力电子变流设备控制板为参考,编写了这本通俗读物,以期给从事这一领域的下列人员:

- (1) 电力电子变流设备控制及驱动板的研究开发人员;
- (2) 电力电子变流设备设计、制造企业的设计人员及现场调试人员;
- (3) 电力电子变流设备使用单位从事设备运行管理、维护的人员;
- (4) 上述两种单位的操作及装配人员;
- (5) 高等院校的教师、研究生、本科生以及中等专业学校的师生;
- (6) 各种职业培训学校的教师及学员。

提供一些实用的、有价值的参考,并能为他们的工作带来一点方便,达到抛砖引玉的效果。

1983年,我从西安交通大学毕业后,到西安电力电子技术研究所(原西安整流器研究所)工作,从此与电力电子技术结下不解之缘。在该所工作的10年中,我有幸参与国家“六·五”、“七·五”攻关课题,主要从事电力电子器件的可靠性和电力电子变流设备的研究和开发工作,为我今生的工作奠定了很好的基础,更锻炼了我

的工程设计能力,确实受益匪浅。1992年,我调入西安石油大学工作,是我人生的又一转折,在这里我把所学的知识及工程经验与工作实际进行结合,总结提高,并一直从事电力电子变流设备的开发与设计工作。陕西高科电力电子有限责任公司为我的研究和工作的提供了一个良好的工作平台,给予我的课题组及研究生很好的试验条件和经费支持,延续了我的电力电子技术情结。

大学毕业至今30年来,我从事过变频器、开关电源、感应加热用中频电源、交流调压、交流调功、电化学、环境保护、有色冶金等类型的电力电子变流设备的科研及设计、调试工作,亲自设计或主持设计的电力电子变流设备种类达几十个品种,已投入国内有色冶金、化工、钢铁、煤矿、核工业、国防、航天、航空等行业使用的总计有1000多台(套)。其中不乏有用于核聚变研究的中国环流二号(HL-2A)16套磁场电源系统,有亚洲唯一的运行于4700m高海拔地区的30kA大电流整流系统,有用于某国防重点试验项目中的国内首套75kW高精度(0.5‰)无刷直流电动机调速系统,用于某国防重点试验项目中的8相位电源,运行于有色冶金行业的国产首台800kg凝壳炉用65kA直流电源,填补国内空白的10000kg真空自耗电弧炉用40kA一体化直流电源……我亦曾有幸主持了近40种电力电子变流设备控制板的研制及改进定型工作,这些控制板累计在国内使用达30000多块。不可否认的是,因电力电子变流设备的种类繁多,内部结构千差万别,所用元器件不尽相同,使用领域多种多样,功率容量有大有小,要逐个归纳总结并全面系统地介绍其调试与维修技术是十分困难的,也是无法实现的。如何在众多的电力电子变流设备中提炼总结,写出真正可以解决读者工作中实际问题的实用资料,是本书的真正困难所在。考虑到在国民经济各部门中使用量的多少,本书力求以国内工农业生产中使用量大、应用面广的主功率器件(晶闸管、GTR、MOSFET、IGBT)为电力电子变流设备驱动与控制板的主线,而不追求面面俱到,对近几年新出现的电力电子器件及以这些器件为主开关器件的处于研发阶段的电力电子变流设备或在国民经济中使用量较少的电力电子变流设备没有涉猎,热切希望读者能理解我的这一良苦用心!

晶闸管的发明在电力电子技术的发展中有着划时代的意义,它的诞生使人们可以利用电力电子器件实现从交流到直流可控整流的梦想,如今它仍然占据着可控电力电子器件家族中单只功率容量(额定耐压乘以额定通态电流)最大的霸主地位。在巨型电力电子变换设备(如直流输电、电化学用直流电力电子变流设备等)中,它仍然是当今不可不用的电力电子器件。其专用控制集成电路的性能特点与应用技术,是晶闸管电力电子变流设备驱动与控制板的核心,是各种晶闸管电力电子变流设备驱动与控制板中都会用到的,具有普遍性,所以作为一个重要的内容,在本书的第1章较详细地介绍了8种晶闸管电力电子变流设备常用触发器集成电路。

主功率器件为晶闸管的电力电子变流设备是我国国民经济各部门中装机数量及容量高于主功率器件为整流二极管的电力电子变流设备,这类电力电子变流设

备有单相和多相之分,主电路结构众多,本书第2章介绍了9种单相晶闸管类电力电子变流设备的触发板,第3章介绍了3种单相晶闸管类电力电子变流设备的控制板。

三相晶闸管电力电子变流设备是构成多相变流的基础,本书第4章介绍了20种三相晶闸管类电力电子变流设备的移相触发板,第5章介绍了26种三相晶闸管类电力电子变流设备控制板,第6章介绍了19种晶闸管电力电子变流设备配套末级板及电压取样板。

20世纪90年代,GTR曾是变频类电力电子变流设备中的主要器件,本书第7章介绍了2种电力晶体管的基极驱动集成电路和5种基极驱动控制板。

MOSFET是人类如今可使用的电力电子器件中工作频率最高的器件,本书第8章在介绍常用的4种电力MOSFET栅极驱动集成电路的基础上,重点讨论了4种栅极驱动控制板的工作原理、设计参数和应用技术。

IGBT的发明标志着双机理器件的产生,如今的IGBT单只可控制功率已达兆瓦数量级,逐渐成为电力电子变流设备中应用的主流器件,本书第9章首先介绍了具有自主知识产权的4种国产IGBT栅极驱动集成电路,然后详细分析了8种IGBT栅极驱动控制板的原理构成、引脚排列、参数限制与应用技术。

最后,第10章主要介绍了5种国产电力电子变流设备保护用集成电路,以及以它们为核心单元研制的5种电力电子变流设备保护板,并详细讨论了这些驱动板的工作原理、设计参数和应用技术。

为便于读者直接选用,在本书的附录中简介了国内研制并已批量使用的电力电子变流设备的型号、主要性能和参数。

本书作为高科实用电力电子技术丛书的第5本,在编写过程中,得到了我的研究生赵家贝(第1章、第2章)、张仰维(第3章、第7章、第9章)和董谨(第8章),西安石油大学自动化系的张瑞萍高工(第4章、第6章),新疆伊犁河流域开发管理局的李斌高工(第5章)、新疆升晟电气公司的姚永健高工(第10章、附录)的支持。承蒙陕西高科电力电子有限责任公司提供了许多十分珍贵的参考资料和难得的实用举例资料,该公司的工程技术人员根据他们多年的调试总结和1000多台套电力电子变流设备设计、制造、调试与可靠运行的经验及教训,给本书提供了许多经过实际运行考验及在多台电力电子变流设备中使用证明鲁棒性与可靠性都很好的可直接应用的控制板原理图和电路参数。本书参考和使用书末参考文献中所列作者的研究和试验成果。科学出版社的刘红梅女士对本书出版做了许多辛勤的工作,新疆伊犁河流域开发管理局的李斌高工仔细审阅了本书书稿,并提出了许多修改意见,陕西高科电力电子有限责任公司的祝海燕同志参与了书中大量的文稿整理和绘图工作,陕西高科电力电子有限责任公司的张瑞平、赵正富、张攀峰、马晓平对本书的许多电路进行了实用检验,提出了有益的建议,我的历届研究生冯广义、杭发琴、邢隆、赵栋、李岩、王昆、范柳絮、徐婷、江林、郝浩、岳清涛、董瑾、张仰维、杨宏亮、赵家贝、唐媛芬、李毅、何晓靓、杨斌、陈少东、许亚飞、张伊凡、周大磊参与了

部分电路的研究和实验及画图工作,在此一并感谢!在本书出版之际,我还应感谢我贤惠的妻子梁萍的支持,多年来她理解、无私支持我的研究及开发工作,在生活等方面提供了很多帮助,对本书的出版做了间接的、有益的工作。

受参考资料所限,加之编写时间仓促,更受限于自身的学术修养和技术水平,书中定有一些纰漏和不妥之处,恳请读者及国内电力电子行业的专家斧正,并提出宝贵的意见,望阅读本书的专家学者及同仁不吝赐教!指正意见与建议请寄至西安市电子二路18号西安石油大学自动化系,李宏收,邮编710065;亦可发电子邮件至 lihong@xsyu.edu.cn 直言相告。对书中介绍的电力电子变流设备控制板实例电路有新的改进方案或更好的建议,可直接与陕西高科电力电子有限责任公司(网址:<http://www.sgk.com.cn>, E-mail: sgkdldz@163.com)技术部(电话:18802978897, 029—86479180)交流与探讨。



2013年3月于西安石油大学

目 录

第 1 章 部分晶闸管触发器集成电路

1.1	概 述	1
1.2	KJ004 晶闸管移相触发器集成电路	3
1.3	KJ009 高抗干扰性晶闸管移相触发器集成电路	7
1.4	KJ041 六路双脉冲形成器集成电路	10
1.5	KJ042 脉冲列调制形成器集成电路	14
1.6	TCA785 晶闸管移相触发器集成电路	17
1.7	TC787 高性能晶闸管三相移相触发器集成电路	23
1.8	SGK198 晶闸管 CPLD 准数字触发器集成电路	30
1.9	SGK199 晶闸管中频电力电子变流设备用 CPLD 准数字触发器集成电路	37

第 2 章 单相晶闸管电力电子变流设备触发板

2.1	概 述	45
2.2	KCZ4-1T 单相全控(半控)触发板	47
2.3	KCZ4-1TS2 单相晶闸管多功能闭环触发板	53
2.4	KCZ2 单相桥式全控(半控)桥开环触发板	60
2.5	JQC1.0 晶闸管单相触发闭环触发板	64
2.6	KBC4M-1 单相闭环触发板	70
2.7	KKC2M-1 单相开环过零触发板	75
2.8	KBC2M-1 单相晶闸管触发板	79

第 3 章 单相晶闸管电力电子变流设备控制板

3.1	概 述	85
3.2	KJDS-1 自动均浮充转换板	86
3.3	KCZ1 小功率直流电动机调速板	88
3.4	KZC2M-2 单相直流电动机调速板	93

第4章 三相晶闸管电力电子变流设备移相触发板

4.1	概 述	99
4.2	KCZ6.0 晶闸管三相全控(半控)桥移相触发板	102
4.3	KCZ6.1 晶闸管三相全控(半控)桥移相触发板	107
4.4	KCZ6.2 晶闸管三相全控(半控)桥触发板	111
4.5	KCZ6.3 晶闸管三相全控(半控)桥控制板	119
4.6	KCZ6.4 晶闸管三相控温(调功)触发板	124
4.7	KCZ6.5 三相全控(半控)桥晶闸管相位自适应触发板	130
4.8	KCZ6-1T 通用型晶闸管触发板	143
4.9	KCZ6-1TS2 晶闸管三相多功能闭环控制板	149
4.10	KCZ6-2T 通用型晶闸管触发板	156
4.11	KCZ6-3T 晶闸管移相触发板	162
4.12	KCZS6M-1 准数字式晶闸管开环触发板	173
4.13	KCZS6M-2 准数字式开环带保护晶闸管触发板	178
4.14	KCZS6M-3 准数字式晶闸管闭环控制板	183
4.15	KCZB 高性能通用晶闸管三相控制板	188
4.16	KCZB1.1 晶闸管三相全控(半控)桥多功能控制板	198
4.17	JQC3.1 晶闸管三相半控触发板	209
4.18	KBSC6M-1/KBSC6F-1 三相晶闸管触发控制板	216
4.19	KBSC3M-1 三相晶闸管半控桥触发板	229
4.20	KKSC6M-1 三相开环过零触发控制板	235

第5章 三相晶闸管电力电子变流设备控制板

5.1	概 述	243
5.2	KCLF-2 自对相序发电机励磁单闭环控制板	247
5.3	TDLF 晶闸管同步电动机励磁投励检测控制板	252
5.4	KRSC6M-1/KRSC6F-1 软启动控制板	257
5.5	KRSC6M-3 交流电动机软启动控制板	265
5.6	KZSC6M-1/KZSC6F-1 直流电动机调速控制板	271
5.7	KZSC6M-4/KZSC6F-4 直流电动机调速控制板	283
5.8	KRSC6M-2/KRSC6F-2 节能型软启动控制板	294
5.9	KC-13A 镉镍直流屏专用控制板	307
5.10	KGS 高性能直流调速控制板	316
5.11	KCZ6F-1 数字模拟混合式晶闸管控制板	329
5.12	KZSC6M-2 非独立弱磁直流调速控制板	343
5.13	KFSC6M-1 充放电控制板	353
5.14	KDSC6M-1 稳压/稳流电力电子变流设备控制板	359

5.15	KHSC6M-1/KHSC6F-1 化工电解电力电子变流设备控制板	365
5.16	KGPSV 晶闸管中频电力电子变流设备控制板	374
5.17	KGPSVI 恒功率晶闸管中频电力电子变流设备控制板	384
5.18	KGPSVII 恒功率中频电力电子变流设备控制板	393
5.19	KGPSVIII 12 脉波晶闸管中频电力电子变流设备控制板	405

第 6 章 晶闸管电力电子变流设备配套末级板及电压取样板

6.1	概 述	417
6.2	KMF-1 脉冲隔离与整形末级板	419
6.3	KMF-4 低压脉冲隔离放大与整形模块	421
6.4	KMF-5/KMF-6 脉冲隔离与整形末级板	422
6.5	KMF-7/KMF-8 高压脉冲隔离与整形末级模块	425
6.6	MJ1.2 一单元触发脉冲末级板	426
6.7	MJ2.0 二单元触发脉冲末级板	429
6.8	MJ3.0 三单元触发脉冲末级板	431
6.9	MJ4.0 四单元触发脉冲末级板	433
6.10	MJ6.0 六单元触发脉冲末级板	436
6.11	KYB-1 电压变换板	439

第 7 章 GTR 基极驱动集成电路及驱动板

7.1	概 述	443
7.2	HL201 GTR 基极驱动厚膜集成电路	445
7.3	HL202 GTR 基极驱动厚膜集成电路	447
7.4	GTC3.0 GTR 单相半桥多功能驱动板	453
7.5	GTC3.1 GTR 单管驱动板	460
7.6	GTC3.2 GTR 单相半桥驱动板	462
7.7	GTC3.4 GTR 单相全桥驱动板	466
7.8	GTC3.6 GTR 三相全桥驱动板	470

第 8 章 电力 MOSFET 栅极驱动集成电路及驱动板

8.1	概 述	473
8.2	IR2110 两输出大电流桥臂 MOSFET 栅极驱动集成电路	475
8.3	IR2125 带有电流限制的 MOSFET/IGBT 驱动集成电路	492
8.4	IR2133/IR2233 三相全桥 6 个 MOSFET 的栅极驱动集成电路	495
8.5	MTC3.1 电力 MOSFET 单管栅极驱动板	505
8.6	MTC3.2 单相半桥电力 MOSFET 驱动板	510
8.7	MTC3.4 单相全桥电力 MOSFET 驱动板	515

8.8	MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 驱动板	521
-----	--------------------------------	-----

第9章 IGBT 栅极驱动集成电路及驱动板

9.1	概 述	531
9.2	HL402A(B) 具有自保护功能的 IGBT 厚膜驱动集成电路	531
9.3	HL403A(B) 可驱动 600A IGBT 模块的厚膜集成电路	541
9.4	IGC2.1 单管大功率 IGBT 栅极驱动板	544
9.5	IGC2.2 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板	547
9.6	IGC3.2T 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板	552
9.7	IGC2.4 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	555
9.8	IGC3.4T 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	560
9.9	IGC2.6 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	564
9.10	IGC3.6T 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板	568
9.11	IGC2.7 IGBT 斩波器控制板	572

第10章 电力电子变流设备集成保护电路及保护板

10.1	概 述	581
10.2	HL601A 双电平保护器厚膜集成电路	582
10.3	HL602A GTO 专用三电平保护厚膜集成电路	586
10.4	TH201 交流三相缺相/错相保护厚膜集成电路	591
10.5	TH221A 不需零线的三相交流电源相序检测保护 厚膜集成电路	593
10.6	HM231 三相交流电源缺相保护厚膜集成电路	598
10.7	THP 三相缺相(错相)保护板	602
10.8	THP1 三相缺相(错相)保护板	605
10.9	THP2 三相缺相(错相)保护板	608
10.10	BHB2 双电平保护板	611
10.11	BHB3 三电平保护板	614

附录 电力电子变流设备介绍及选型

附录1	电力电子变流设备举例	619
附录2	电力电子变流设备控制板和电力电子器件驱动板 选型指南	628

参考文献	645
------------	-----

第 1 章 部分晶闸管触发器 集成电路

1.1 概 述

电力电子技术的诞生是以电力整流二极管和晶闸管的相继发明为标志的,尽管如今可供电力电子行业的工程师们选用的电力电子器件有近 50 个品种,但在众多领域仍然不得不使用晶闸管,因为晶闸管发明至今已有 50 多年的历史,其可靠性与单只可控制最大功率容量,是任何一种可控电力电子器件都无法比拟的,晶闸管类电力电子设备是当今国内外装机容量最大的电力电子交流设备,也是至今我国电力电子行业每年生产的电力电子交流设备中功率容量最大的。由于晶闸管只有在阳-阴极承受正向电压的同时,在其门极施加触发脉冲时才可导通工作,所以自从 1957 年美国 GE 公司发明晶闸管至今 50 多年来,产生晶闸管触发脉冲的触发器电路便一直是电力电子行业探索的课题,进而伴随着晶闸管功率容量、制造技术和应用技术的日新月异,产生门极触发脉冲的触发器技术亦在不断发展和进步。如今电力电子行业已开发出众多的晶闸管专用触发器集成电路,并且触发器集成电路已从 20 世纪 60 年代~70 年代的模拟分立器件期,经过 20 世纪 80 年代的模拟-数字混合期,至今完成了大规模集成电路和全数字化的转变。在我国,从事晶闸管触发集成电路及触发控制板研制和应用的单位不少,在电力电子行业中所使用的触发器及触发控制板种类繁多,但常用的使用量大而广的也就几十种,从大的方面可把晶闸管触发器集成电路分为模拟式触发器集成电路和数字式触发器集成电路两大类,有关国内常用的晶闸管触发器集成电路的详细介绍可参见本书的姊妹篇《常用晶闸管触发器集成电路及应用》,表 1.1 简要列出现在应用最多的几种模拟式触发器集成电路与准数字式触发器集成电路的主要性能和参数,后续各节将详细介绍其引脚排列、内部结构、工作原理、使用方法及参数限制和应用举例等内容。

表 1.1 几种模拟式晶闸管触发器集成电路与准数字式晶闸管触发器集成电路简表

分 类	型 号	主要特点	参数限制
模 拟 式 晶 闸 管 触 发 器 集 成 电 路	KJ004 KJ009	双列直插式 16 引脚封装,正、负双电源工作,移相范围 $>170^{\circ}$,可输出两路相位互差 180° 的移相脉冲,适合用于单相、三相电力电子变流设备中晶闸管移相触发脉冲的产生	工作电源电压: $\pm 15\text{V}$ 同步电压:可为任意值 脉冲宽度: $400\mu\text{s}\sim 2\text{ms}$ 负载能力: 15mA
	TCA785	单片晶闸管移相触发器集成电路,输出两路相位互差 180° 的触发脉冲,可在 $0\sim 180^{\circ}$ 之间移相,可用来控制晶闸管或晶体管	工作电源电压: $-0.5\sim +18\text{V}$ 最大脉冲负载电流: 400mA 输出脉冲宽度: $3\mu\text{s}\sim 180^{\circ}-\alpha$ 同步输入电流: $500\mu\text{A}$
	TC787	采用先进的 IC 工艺设计制作,可单电源亦可双电源工作,适用于三相晶闸管的移相触发,是 TCA785 及 KJ 系列触发器集成电路的换代产品,可取代 3 片 TCA785+1 片 KJ041+1 片 KJ042 或 5 片 KJ 系列集成电路组合才具有的功能	工作电源电压: $+0.5\sim +18\text{V}$ 或 $\pm 0.5\sim \pm 9\text{V}$ 输入端电压: $-0.5\text{V}\sim U_{\text{DD}}$ 最大脉冲负载能力: 20mA 同步信号频率: $10\sim 1000\text{Hz}$
	KJ041	6 路双脉冲形成器,具有双脉冲形成和电子开关控制封锁功能,使用 2 只有电子开关控制的 KJ041 电路完成逻辑控制,适用于电动机正、反转控制系统	工作电源电压: $+15\text{V}$ 脉冲输出负载能力: 20mA 控制端正向电流: 3mA
	KJ042	双列直插式 14 引脚封装,输出脉冲调节范围宽,脉冲占空比可调,可用做方波发生器,适合在三相或单相晶闸管可控电路中做脉冲列调制源	工作电源电压: $+15\text{V}$ 输入端正向电流: 2mA 最大输出负载能力: 12mA 调制脉冲频率: $5\sim 10\text{kHz}$
准 数 字 式 晶 闸 管 触 发 器 集 成 电 路	SGK198	4 列直插式 44 引脚双电源供电晶闸管 CPLD 准数字触发器集成电路。可用于大电流输出的晶闸管可控整流或有源逆变类电力电子变流设备中晶闸管的触发控制,具有交、直流侧过流,外部故障,电源欠压,输入缺相等故障保护功能,有相位自对相功能	工作电源电压 $U_{\text{DD1}}、U_{\text{DD2}}: +5\text{V}$
	SGK199	4 列直插式 44 引脚双电源供电晶闸管中频电力电子变流设备用 CPLD 准数字触发器集成电路,可用于以扫频方式启动的中频电力电子变流设备的控制和晶闸管触发。除具有交、直流侧过流,外部故障,电源欠压,输入缺相等故障保护功能外,还具有相位自对相功能	工作电源电压 $U_{\text{DD1}}、U_{\text{DD2}}: +5\text{V}$

注:以上由陕西高科电力电子有限责任公司提供。

1.2 KJ004 晶闸管移相触发器集成电路

KJ004 是 1980 年前后国内开发生产的双列直插式晶闸管移相触发器集成电路。它的出现,可以说是我国晶闸管控制电路历史上一个重要的里程碑,由此开始了晶闸管触发器由分立器件向集成电路的过渡,也促进了晶闸管整流设备由多板触发系统向单控制板的转变。该集成电路至今仍在大量使用,其性能与生命力得到了电力电子行业的普遍肯定。它为晶闸管类电力电子变流设备控制技术的进步及现在使用的 TC787 等新型集成电路的出现奠定了坚实的基础。该电路适用于单相、三相全控桥式晶闸管类电力电子变流设备中晶闸管双路触发脉冲的产生,与国产的 KC04 晶闸管集成移相触发器引脚及性能完全相同,是目前国内晶闸管控制系统中广泛应用的集成电路之一。

1.2.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

KJ004 为标准双列直插式 16 引脚(DIP-16)集成电路。它的引脚排列如图 1.1 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 1.2 所列。

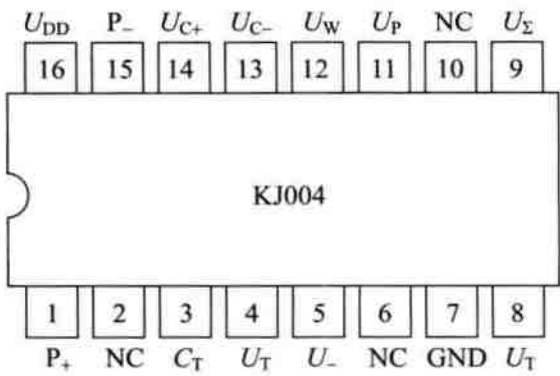


图 1.1 KJ004 的引脚排列(引脚朝下)

表 1.2 KJ004 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
1	P ₊	同相脉冲输出端	接对应同步电压正半周导通晶闸管的脉冲功率放大器及脉冲变压器
2	NC	空脚	使用中悬空
3	C _T	锯齿波电容连接端	通过电容接引脚 4
4	U _T	同步锯齿波电压输出端	通过电阻接移相综合端引脚 9
5	U ₋	工作负电源输入端	接用户系统负电源
6	NC	空脚	使用中悬空
7	GND	地端	使用中接用户的控制电源地端,为整个电路的工作提供参考地端

续表 1.2

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
8	U_T	同步电源信号输入端	使用中通过电阻接用户同步变压器的二次侧,同步电压为 30V
9	U_Σ	移相、偏置及同步信号综合端	使用中分别通过 3 个等值电阻接锯齿波、偏置电压及移相电压
10	NC	空脚	使用中悬空
11	U_P	方波脉冲输出端	使用中通过电容接引脚 12,该端的输出信号反映了移相脉冲的相位
12	U_W	脉宽信号输入端	使用中分别通过电阻和电容接正电源与引脚 11,该端与引脚 11 所接电容的大小决定了输出脉冲的宽度
13	U_{C-}	负脉冲调制及封锁控制端	使用中接调制脉冲源输出或保护电路输出,通过该端输入信号的不同,可对负输出脉冲进行调制或封锁
14	U_{C+}	正脉冲调制及封锁控制端	使用中接调制脉冲源输出或保护电路输出,通过该端输入信号的不同,可对正输出脉冲进行调制或封锁
15	P_-	反向脉冲输出端	接对应同步电压负半周导通晶闸管的脉冲功率放大器及脉冲变压器
16	U_{DD}	系统工作正电源输入端	使用中,接控制电路电源

1.2.2 内部结构及工作原理

KJ004 的内部结构及工作原理如图 1.2 所示。由图可见,该电路由同步检测电路、锯齿波形成电路、偏移电路、移相电压及锯齿波电压综合比较放大电路和功率放大电路组成。它的典型应用电路接线如图 1.3(a)所示,各引脚波形如图 1.3(b)所示(P_8 即指引脚 8,余同)。锯齿波的斜率取决于外接电阻 R_6 、 RP_1 流出的充电电流和积分电容 C_1 的取值,对于不同的移相控制电压 U_K ,只要改变权电阻 R_1 、 R_2 的比例,调整相应的偏移电压 U_P ,同时调节锯齿波斜率电位器 RP_1 ,便可以在不同的移相控制电压下获得整个移相范围内的移相。KJ004 触发电路为正极性,即移相电压增加,导通角增大。 R_7 和 C_2 构成微分电路,改变 R_7 和 C_2 的值,可获得不同的脉宽输出。随着输入同步电压与引脚 8 之间串联电阻 R_4 取值的不同,其同步电压数值可取任意值。

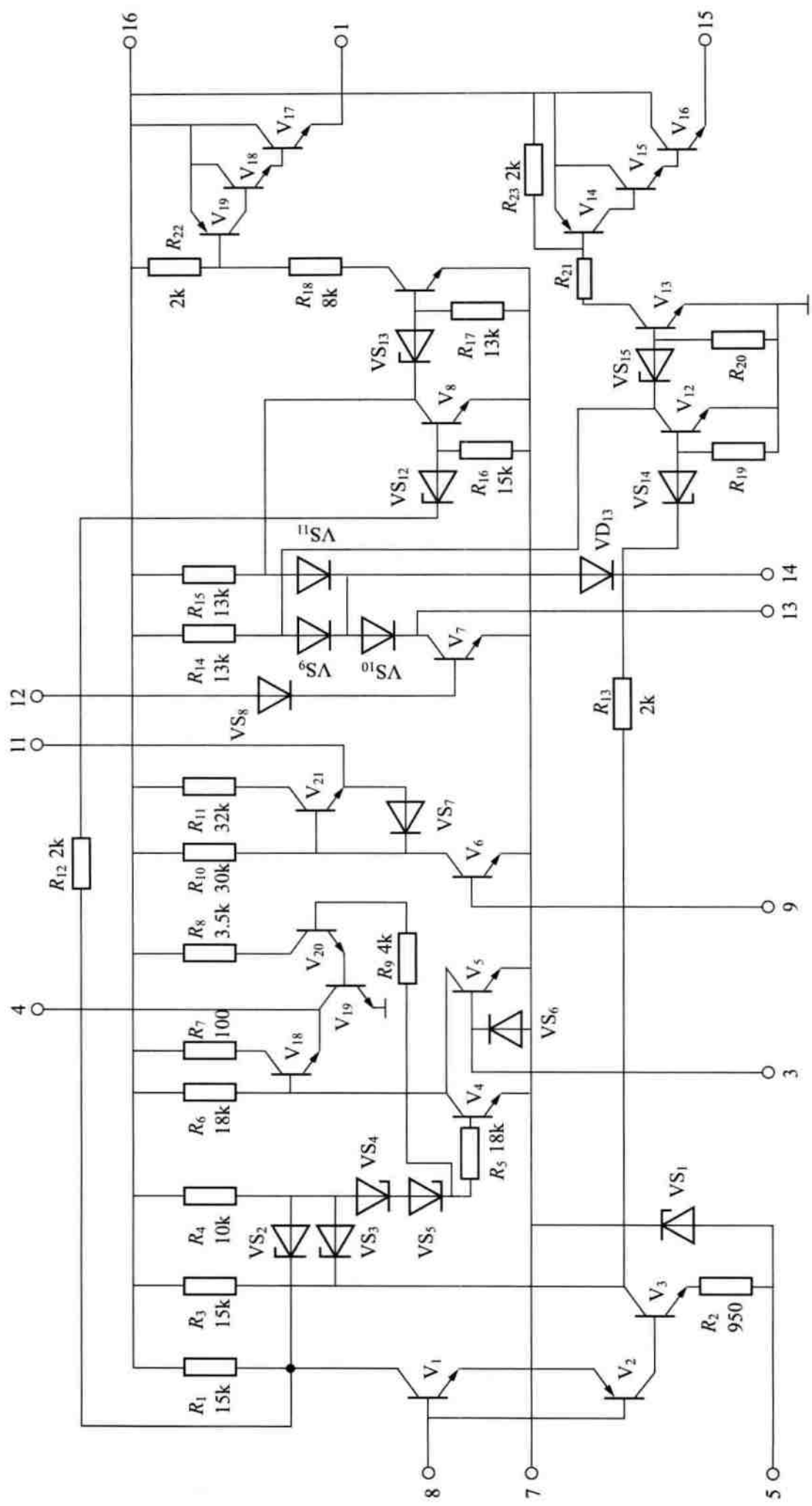


图 1.2 KJ004的内部结构及工作原理图

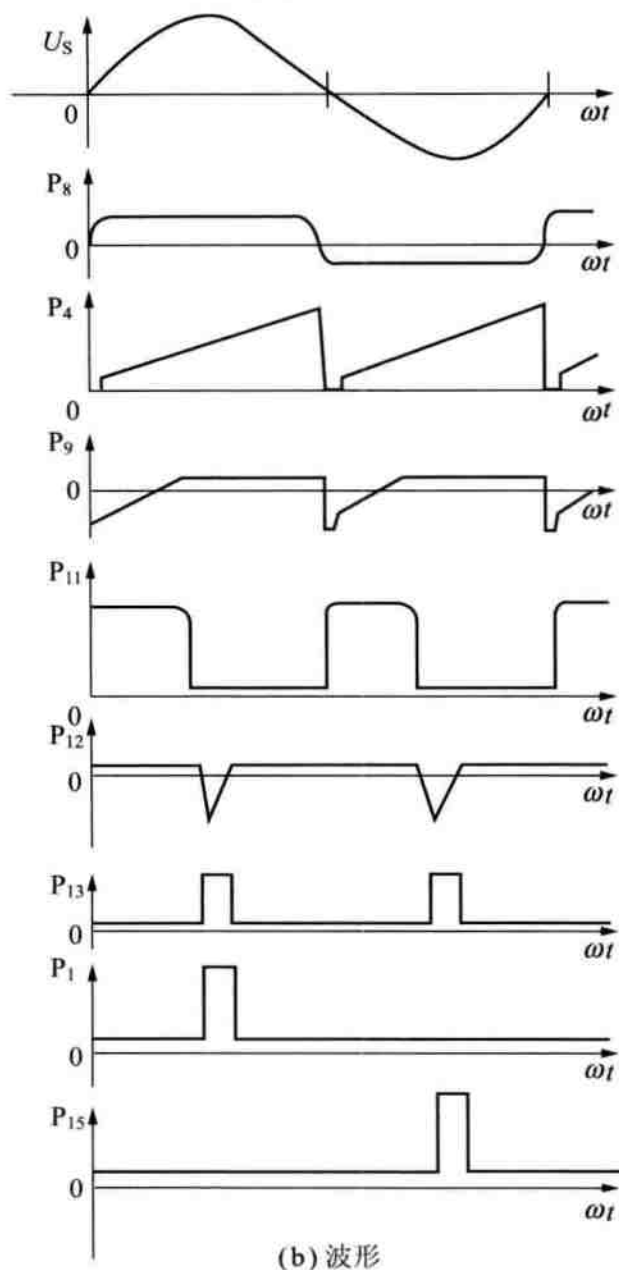
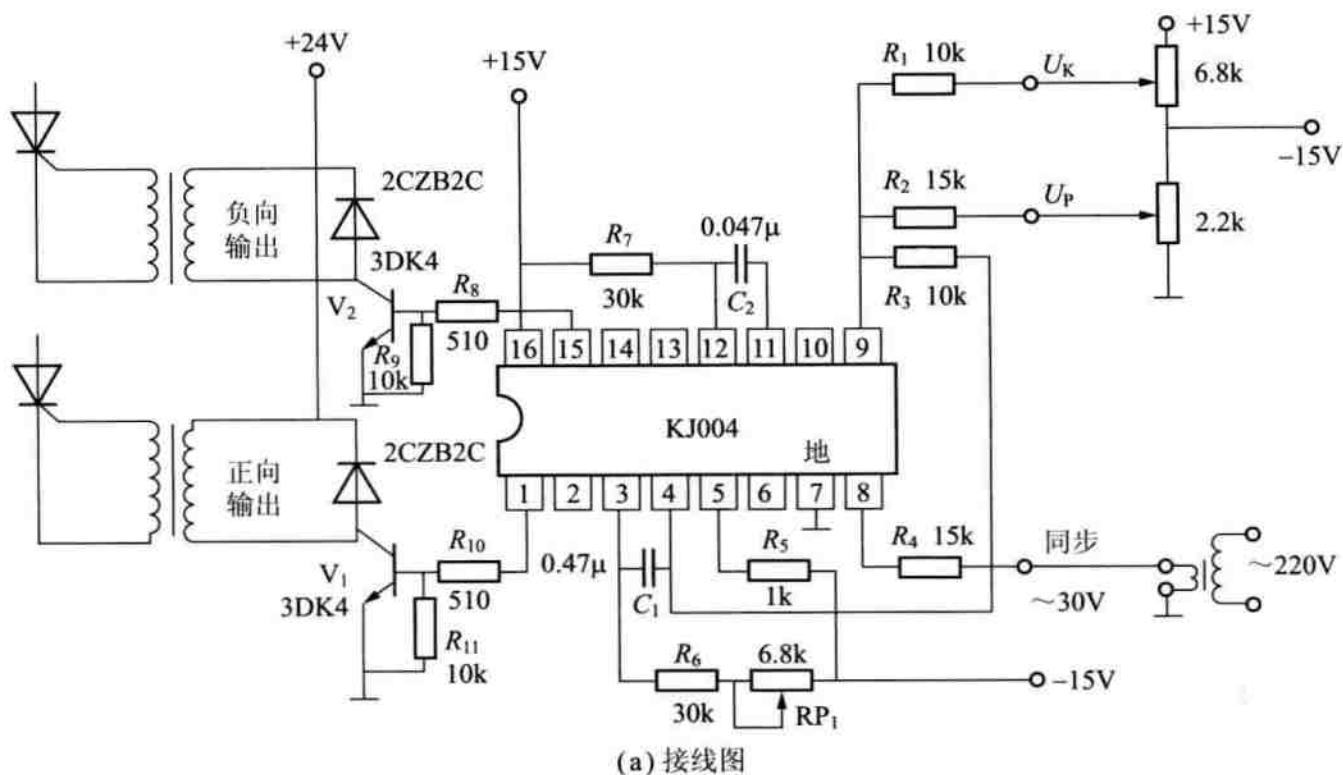


图 1.3 KJ004 的典型应用

1.2.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 输出两路相位互差 180° 的移相脉冲, 可以方便地构成全控桥式晶闸管触发器电路。

(2) 输出负载能力大, 移相性能好, 正、负半周脉冲相位均衡性好。

(3) 具备移相范围宽, 对同步电压要求低, 有脉冲列调制输出端等功能。

2. 主要参数限制

(1) 工作电源电压: $\pm 15\text{V}$ 。

(2) 同步输入允许最大电流值: 6mA 。

(3) 输出脉宽: $400\mu\text{s} \sim 2\text{ms}$ 。

(4) 最大负载能力: 100mA 。

1.2.4 应用技术

KJ004 引脚 8 与同步电源之间串联的电阻 R_4 的阻值可按式(1.1)计算, 其中, R_4 的单位为 Ω 。其较理想的推荐工作条件参数见图 1.3。

$$R_4 = (\text{同步电压}/2 \sim 3) \times 10^3 \quad (1.1)$$

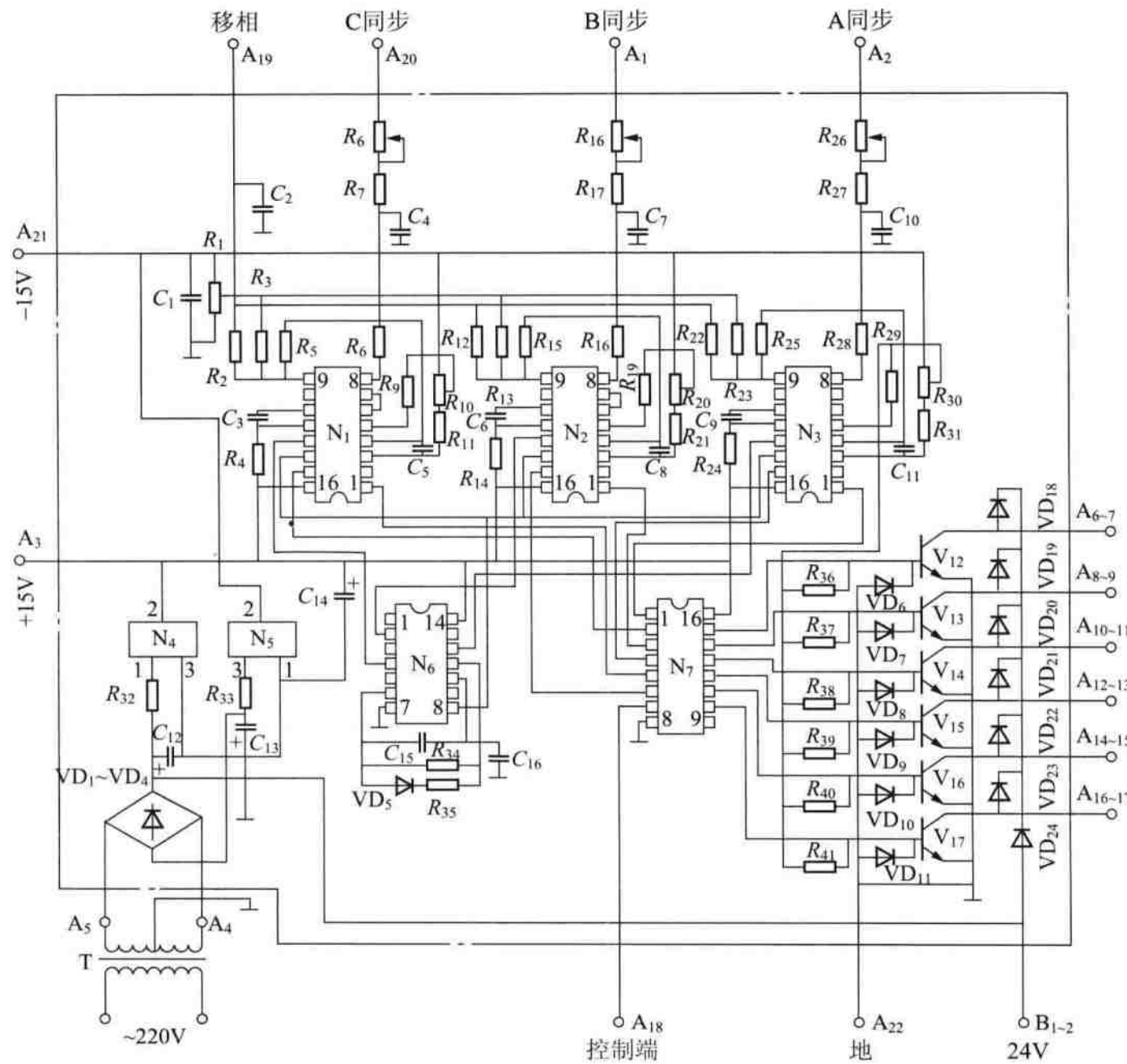
KJ004 的独特结构使其适合在单相桥式、三相全桥或半控桥式晶闸管整流及三相交流调压系统中用做晶闸管的移相触发器集成电路。图 1.4 给出了这类应用的一个实例。3 片 KJ004+1 片 KJ041+1 片 KJ042 配合完成三相桥式全控整流电路中 6 个晶闸管的移相触发功能, 该整流电路的输出直接供给直流电动机以实现电枢调压调速功能。KJ042 用来产生高频调制脉冲, 而 KJ041 用来完成双脉冲的形成, 保证加到每个晶闸管门-阴极上的触发脉冲为双窄脉冲, 以满足电阻、电感或反电动势负载对触发脉冲宽度的不同需要。图 1.4(b)中的 $P_1 \sim P_{15}$ 是 KJ004 各引脚的波形。 A_6 及 A_{12} 为对应 A 相的功率放大晶体管 V_{12} 、 V_{15} 的集电极输出, 并经脉冲变压器整形后加到晶闸管门-阴极上的触发脉冲波形。

1.3 KJ009 高抗干扰性晶闸管移相触发器集成电路

KJ009 的基本性能与 KJ004 相同, 可以与 KJ004 互换使用。由于器件内部采用了反向阻断四极硅晶闸管做脉冲记忆, 提高了其抗干扰能力和触发脉冲的前沿陡度, 使脉冲的宽度有较大的调节范围。该电路适合在单相、三相全控桥式供电的电力电子变流设备中用于晶闸管双路移相触发脉冲的产生, 输出两路相位互差 180° 的移相触发脉冲, 有利于构成全控桥式整流或调压电力电子变流设备的触发电路。该集成电路具有输出负载能力大、锯齿波线性度好、正负半周脉冲相位均衡度好、移相范围宽、对同步电压要求低、有脉冲列调制输入端等功能与特点。考虑

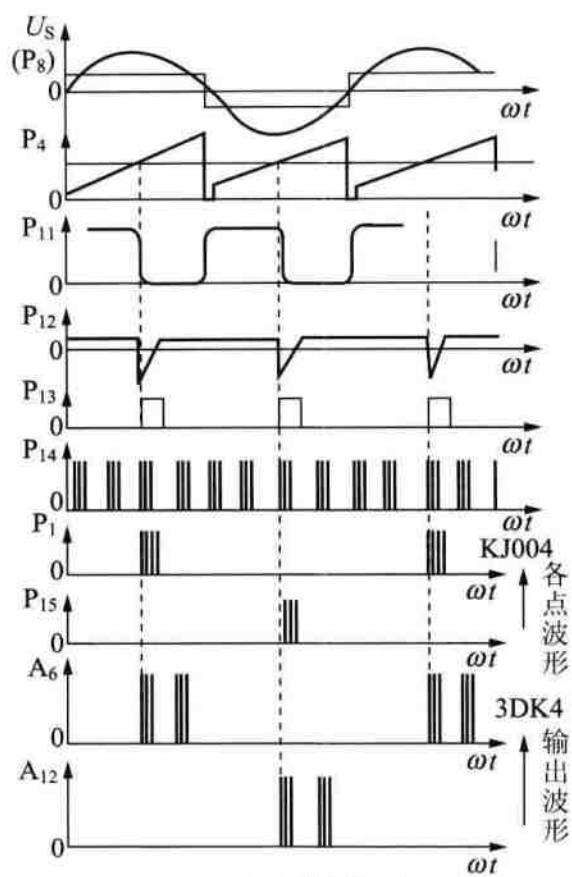
到 KJ009 的引脚排列、应用电路及引脚波形与 KJ004 完全相同,仅参数限制中最小脉冲宽度为 $100\mu\text{s}$,与 KJ004 的 $400\mu\text{s}$ 不同,故本节仅讨论其工作原理。

KJ009 的内部结构及工作原理如图 1.5 所示,该电路由同步检测电路,锯齿波形成电路,偏移电压、移相电压和锯齿波电压综合比较放大电路,脉冲记忆电路及功率放大电路等部分组成。在同步电压过零时, $V_1 \sim V_3$ 均截止,从而使 V_4 导通, V_4 使积分电容 C_1 放电。过零结束后, V_4 恢复截止, C_1 接在 V_7 集电极组成密勒积分器,形成线性增大的锯齿波,锯齿波的斜率取决于外部引脚 3 与负电源之间所接的电阻 R_6 、 R_{P1} 流出的充电电流和积分电容 C_1 的数值(图 1.3)。 V_8 是比较放大管,锯齿波电压和移相控制电压 U_K 以及偏移电压 U_P 分别通过串联电阻加到 V_8 的基极做电流比较。 VT 是反向阻断四极硅晶闸管,当 V_8 基极电压 < 0 时, V_8 截止、 VT 也截止,由于引脚 11 外接电容 C_2 上储存有电荷,因此 V_9 集电极为高电



(a) 原理接线图

图 1.4 三相全控桥式电路中 6 个晶闸管的移相触发电路



(b) 触发波形

续图 1.4

N₁~N₃:KJ004 N₄:稳压器 7815 N₅:稳压器 7915 N₆:KJ042 N₇:KJ041

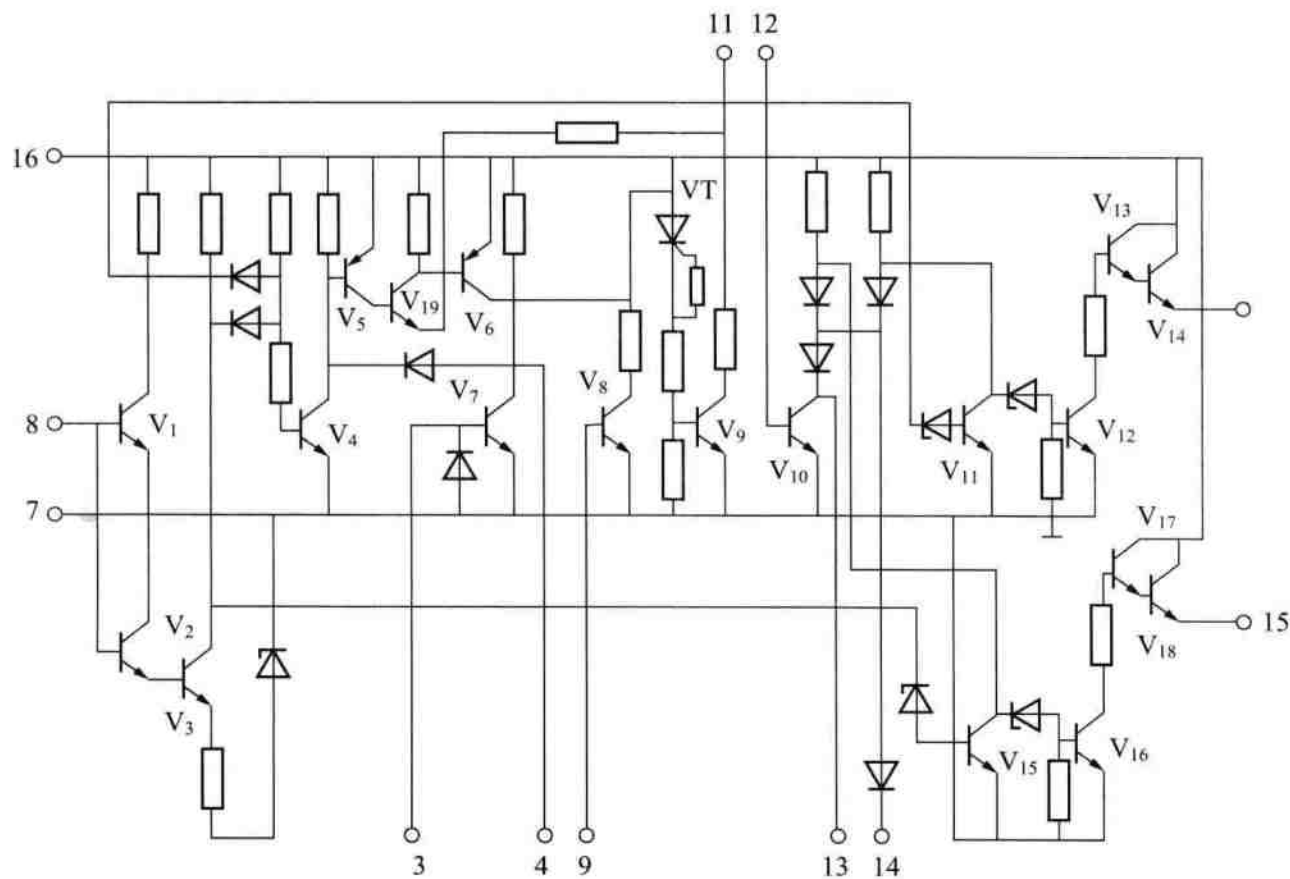


图 1.5 KJ009 的内部结构及工作原理示意图

位。锯齿波电压上升到某一值时, V_8 基极电压 >0 , 使 V_8 导通。 V_8 导通后, 反向阻断四极硅晶闸管 VT 导通, VT 一旦被触发导通就能保持导通状态, 使 V_8 失去控制作用。 VT 的导通使 V_9 也导通, C_2 通过 V_9 放电, 由于 C_2 的微分作用, 在 V_8 导通的前沿形成了一定宽度的输出脉冲。在同步电压过零时, V_4 的导通使 V_5 、 V_6 、 V_{19} 在瞬间导通一下, V_6 导通给 VT 阳极、控制极加上高电位, 使四极硅晶闸管截止, 从而使 V_9 也截止。同时, 由于 V_{19} 导通对 C_2 充电, 使引脚 11 建立高电位准备下半周输出脉冲。 $V_{10} \sim V_{18}$ 是功率放大级, 分别对正、负半周的脉冲进行功率放大, 使两个输出端都有 100mA 的输出能力。引脚 13、引脚 14 提供脉冲列调制和脉冲封锁控制。

KJ009 电路的同步电压为任意值, 同步串联电阻 R_4 的选择可按式(1.1)计算。

对不同的移相控制电压 U_K , 只要改变权电阻 R_1 、 R_2 的比例, 调节相应的偏移电压 U_P , 同时调制锯齿波斜率电位器 RP_1 , 就可以令不同的移相控制电压获得整个移相范围。触发极性为正极性型, 即移相电压增加, 导通角增大。

1.4 KJ041 六路双脉冲形成器集成电路

KJ041 六路双脉冲形成器是三相全控桥式触发电路中常用的集成电路, 它具有双脉冲形成和电子开关控制封锁双脉冲形成的功能。两个有电子开关控制的 KJ041 组成逻辑控制电路, 适用于正、反组可逆晶闸管电力电子变流设备(如正、反组逻辑无环流直流调速的 12 相晶闸管整流设备)。

1.4.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

KJ041 是双列直插式 16 引脚封装集成电路, 它的引脚排列如图 1.6 所示, 各引脚的名称、功能及用法如表 1.3 所列。

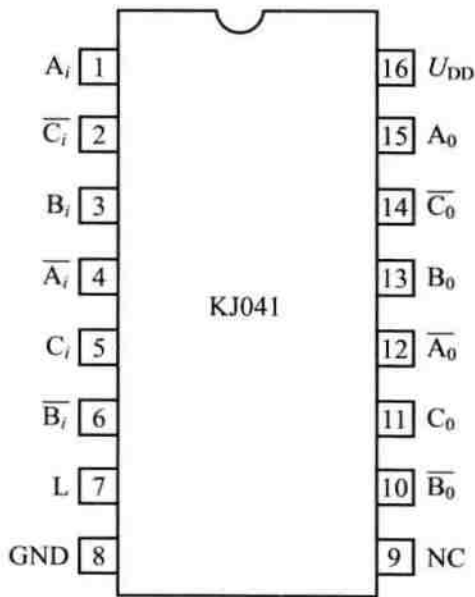


图 1.6 KJ041 的引脚排列(引脚朝下)

表 1.3 KJ041 各引脚的名称、功能和用法

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
1	A_i	触发脉冲输入端	对应于电网 A 相正半周的触发脉冲输入端
2	$\overline{C_i}$	触发脉冲输入端	对应于电网 C 相负半周的触发脉冲输入端
3	B_i	触发脉冲输入端	对应于电网 B 相正半周的触发脉冲输入端
4	$\overline{A_i}$	触发脉冲输入端	对应于电网 A 相负半周的触发脉冲输入端
5	C_i	触发脉冲输入端	对应于电网 C 相正半周的触发脉冲输入端
6	$\overline{B_i}$	触发脉冲输入端	对应于电网 B 相负半周的触发脉冲输入端
7	L	输出脉冲封锁端	该端高电平封锁输出。KJ041 的输出引脚在 L 端为高电平时均变为低电平,而在 L 端为低电平时按输入引脚的状态和 KJ041 的工作机理正常输出脉冲。使用中该端接保护电路的输出
8	GND	工作参考地端	使用中接用户系统供电电源的地端
9	NC	空脚	使用中悬空
10	$\overline{B_0}$	对应 B_i 与 A_i 的“或”输出端	使用中接触发 B 相负半周晶闸管的功率放大单元输入端
11	C_0	对应 C_i 与 B_i 的“或”输出端	使用中接触发 C 相正半周晶闸管的功率放大单元输入端
12	$\overline{A_0}$	对应 A_i 与 C_i 的“或”输出端	使用中接触发 A 相负半周晶闸管的功率放大单元输入端
13	B_0	对应 B_i 与 A_i 的“或”输出端	使用中接触发 B 相正半周晶闸管的功率放大单元输入端
14	$\overline{C_0}$	对应 B_i 与 C_i 的“或”输出端	使用中接触发 C 相负半周晶闸管的功率放大单元输入端
15	A_0	对应 A_i 与 C_i 的“或”输出端	使用中接触发 A 相正半周晶闸管的功率放大单元输入端
16	U_{DD}	系统工作正电源输入端	KJ041 的工作电源电压范围为 3~18V,使用中一般接+15V 电源

1.4.2 内部结构及工作原理

KJ041 的内部结构及工作原理如图 1.7 所示。当移相触发器的触发脉冲加到 KJ041 的引脚 1~引脚 6 时,由输入二极管完成“或”功能形成补脉冲,再由 $V_1 \sim V_6$ 进行电流放大后分 6 路输出。补脉冲按 $A_0 \leftarrow \overline{C_0}$ 、 $\overline{C_0} \leftarrow B_0$ 、 $B_0 \leftarrow \overline{A_0}$ 、 $\overline{A_0} \leftarrow C_0$ 、 $C_0 \leftarrow \overline{B_0}$ 、 $\overline{B_0} \leftarrow A_0$ 顺序排列组合。 V_7 是电子开关,当控制端(引脚 7)接低电平时截止,各路输出触发脉冲;当控制端接高电平时导通,各路无输出脉冲。使用 2 只 KJ041 并

将其相应输入端并联,2 个控制端分别作为正、反组控制输入端,输出接 12 个功率放大晶体管,这样就可组成 12 脉冲正、反组控制可逆系统,控制端逻辑“0”有效。KJ041 的各点波形如图 1.8 所示。

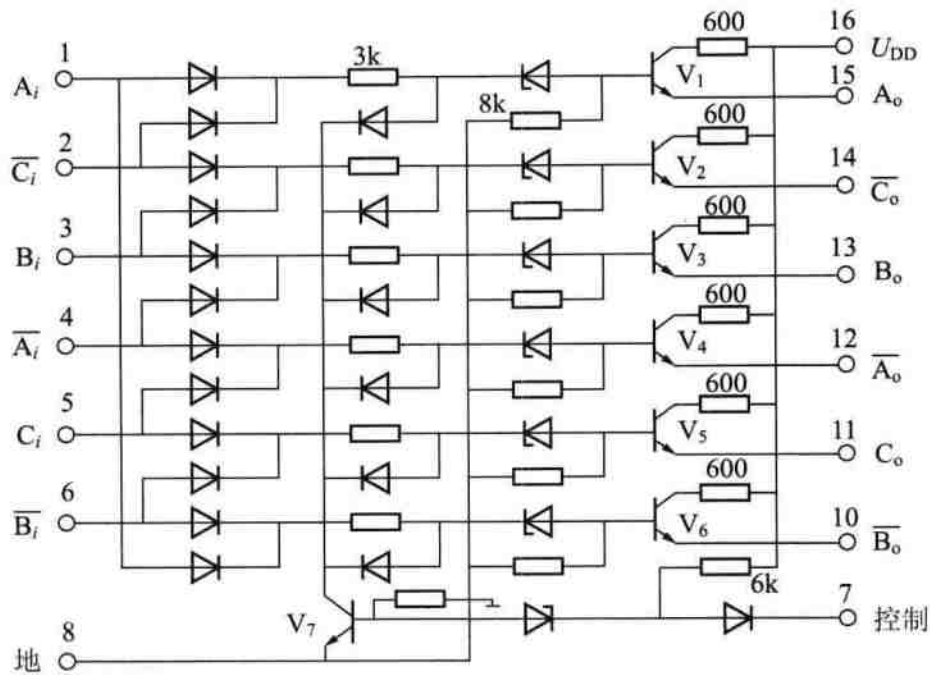


图 1.7 KJ041 的内部结构及工作原理示意图

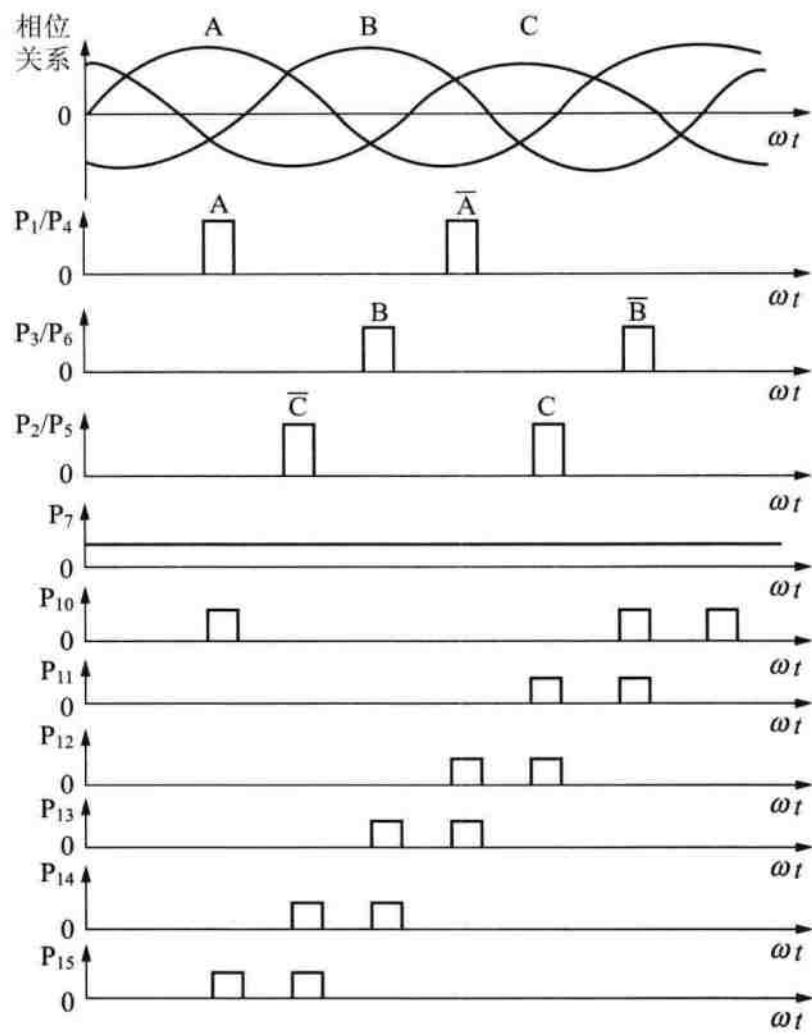


图 1.8 KJ041 的各点波形图

1.4.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 输入信号与 CMOS 电平兼容。
- (2) 可取代多只二极管构成 6 路“或”门。
- (3) 对输入脉冲适应性强。
- (4) 有独立封锁端,方便应用。

2. 主要参数限制

- (1) 电源电压:DC +15V \pm 10%。
- (2) 电源电流: \leq 20mA。
- (3) 输出脉冲最大负载电流: \leq 20mA。
- (4) 输出脉冲幅值: \geq 1V(负载为 50 Ω 时)。
- (5) 输入端二极管最高承受反压: \geq 30V。
- (6) 控制端正向电流: \leq 3mA。
- (7) 允许使用环境温度范围:军品(I类品)为-55~125 $^{\circ}$ C;准军品(I_A类品)为-55~85 $^{\circ}$ C;工业品(II类品)为-40~85 $^{\circ}$ C;民品(III类品)为-10~70 $^{\circ}$ C。

1.4.4 应用技术

图 1.9 给出了 KJ041 用于三相全控桥式整流系统的原理图。来自 3 个 TCA785 的输出脉冲经 KJ041 双脉冲形成器后,再由 6 个晶体管 2SC2073 放大,供给晶闸管触发末级的六单元脉冲末级板,由六单元脉冲末级板隔离及整形后输出,触发三相桥式整流电路中的 6 只晶闸管。

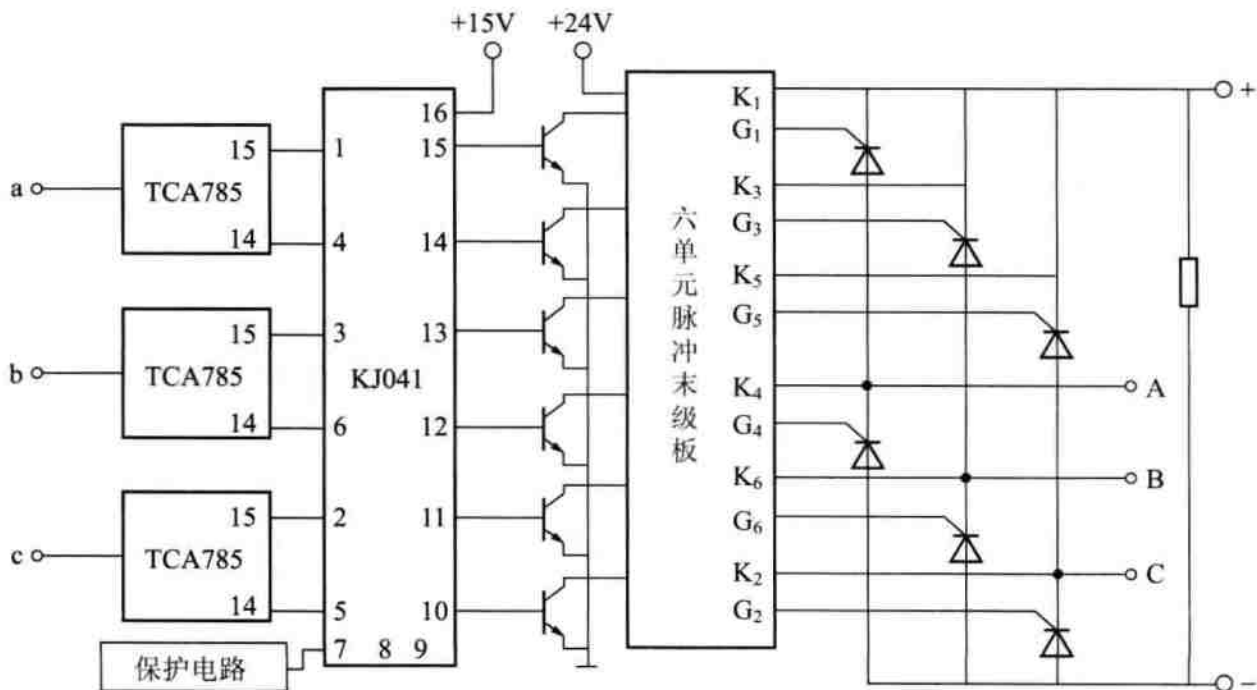


图 1.9 KJ041 用于三相全控桥式整流系统的原理图

1.5 KJ042 脉冲列调制形成器集成电路

KJ042 脉冲列调制形成器集成电路适合用做晶闸管三相桥式全控整流电路的脉冲列调制源,同时也适合在三相半控、单相半控、单相全控线路中用做脉冲列调制源。它具有脉冲占空比可调性好、频率调节范围宽、触发脉冲上升沿可与同步调制信号同步等优点,还可作为可控制的方波发生器用于其他电路拓扑的电力电子变流设备中。

1.5.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

KJ042 的引脚排列如图 1.10 所示。它采用标准双列直插式 14 引脚(DIP-14)封装,各引脚的名称、功能及用法见表 1.4 所列。

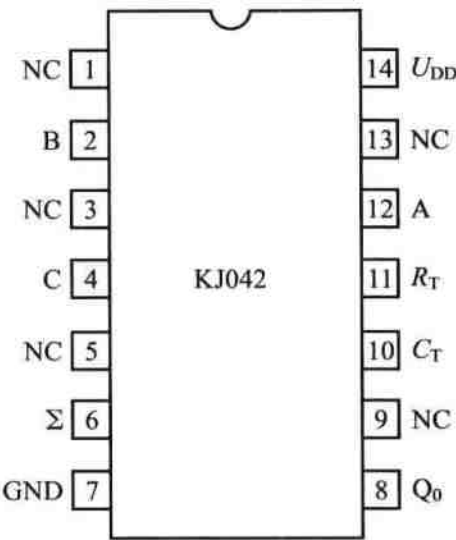


图 1.10 KJ042 的引脚排列

表 1.4 KJ042 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
1、5、9、13	NC	空脚	使用中悬空
12	A	A 相脉冲输入端	使用中接对应 A 相正半周晶闸管触发的脉冲形成环节输出端
2	B	B 相脉冲输入端	使用中接对应 B 相正半周晶闸管触发的脉冲形成环节输出端
4	C	C 相脉冲输入端	使用中接对应 C 相正半周晶闸管触发的脉冲形成环节输出端
6	Σ	振荡反馈端	使用中通过决定脉宽的电容接引脚 10,并通过一个电阻与二极管和电阻串联的并联网络接引脚 11
7	GND	参考地端	使用中直接接 KJ042 工作电源地端
8	Q ₀	调制脉冲输出端	使用中接双脉冲形成器的控制端(如 KJ041 的引脚 7)
10	C _T	调制脉冲频率电容连接端	使用中通过两等值电容分别接至 GND 及 Σ 端

续表 1.4

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
11	R_T	调制脉冲频率及脉宽电阻连接端(又称反馈端)	使用中通过电阻 R_2 和二极管先串联后再与电阻 R_1 并联接 Σ 端
14	U_{DD}	电源端	使用中直接与用户的正供电电源端(一般接 15V)相接

1.5.2 内部结构及工作原理

KJ042 的内部结构及工作原理如图 1.11 所示。来自 3 只触发器的三相脉冲信号(KJ009、KJ004、TCA785 或其他线路产生的脉冲)分别送入 KJ042 的引脚 2、引脚 4、引脚 12,由 V_1 、 V_2 、 V_3 进行节点逻辑组合。 V_5 、 V_6 、 V_8 组成环形振荡器,由 V_4 集电极控制环形振荡器的起振和停振。当没有输入脉冲时, V_4 导通,振荡器停振;反之, V_4 截止,振荡器起振。 V_6 集电极输出一系列与来自三相 6 个触发脉冲的前沿同步且间隔 60° 的脉冲,经 V_7 倒相放大后分别输入 3 只触发器(KJ004 或 KJ009 的引脚 14,TCA785 的引脚 6)。此时从 KJ004 或 KJ009 的引脚 1 和引脚 15 输出的是调制后的脉冲列触发脉冲(对 TCA785 来说为引脚 15 和引脚 14)。调制脉冲的频率由外接电容 C_2 和 R_1 、 R_2 决定,可按式(1.3)~式(1.5)计算。

$$f=1/(T_1+T_2)$$
 (1.2)

式中,

$$T_1=0.693R_1R_2$$
 (1.3)

$$T_2=0.693C_2[R_1R_2/(R_1+R_2)]$$
 (1.4)

式中, T_1 、 T_2 为导通半周和截止半周的时间。由式可知,改变 R_1 、 R_2 的阻值可以得到满意的调制脉冲占空比。如将 KJ042 用于单相整流电路,则 3 个输入端引脚 2、引脚 4、引脚 12 只需要 1 个,其他 2 个接参考地电位。

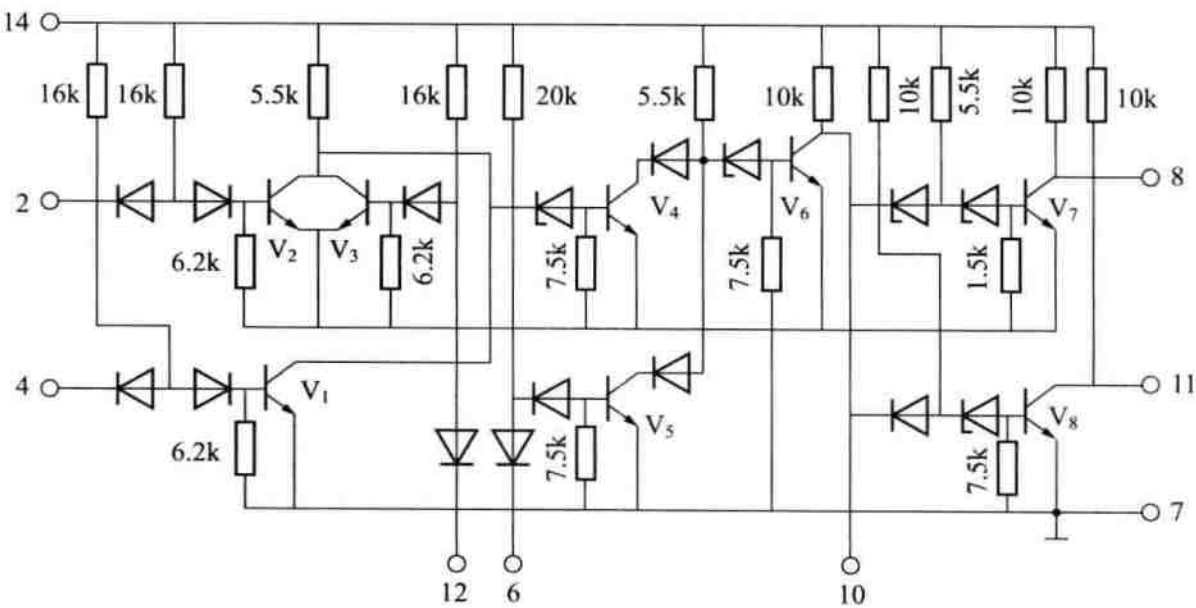


图 1.11 KJ042 的内部结构及工作原理示意图

1.5.3 主要设计特点及参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 输出脉冲可调范围宽, 外围元件少。
- (2) 输出为 CMOS 电平。

2. 主要参数限制

- (1) 电源电压 U_{DD} : $+15V \pm 10\%$ 。
- (2) 电源电流 I_{DD} : $\leq 20mA$ 。
- (3) 输入二极管反压: $\geq 30V$ 。
- (4) 输入端允许最大正向电流: $\leq 2mA$ 。
- (5) 输入脉冲幅值: $\geq 13V$ 。
- (6) 输出脉冲最大负载能力: $\leq 12mA$ 。
- (7) 通过改变 C_2 、 R_1 、 R_2 可获得调制脉冲频率: $5 \sim 10kHz$ 。
- (8) 允许使用环境温度范围 T_A : 军品(I类品)为 $-55 \sim 125^\circ C$; 准军品(I_A类品)为 $-55 \sim 85^\circ C$; 工业品(II类品)为 $-40 \sim 85^\circ C$; 民品(III类品)为 $-10 \sim 70^\circ C$ 。

1.5.4 应用技术

1. 用于三相系统的典型应用接线图

图 1.12(a)给出了 KJ042 用于三相系统的电路原理图, A 相输入、B 相输入、C 相输入分别接对应三相同步电压正半周(或负半周)的触发脉冲。图 1.12(b)给出了这种应用条件下 KJ042 各点的正常波形。

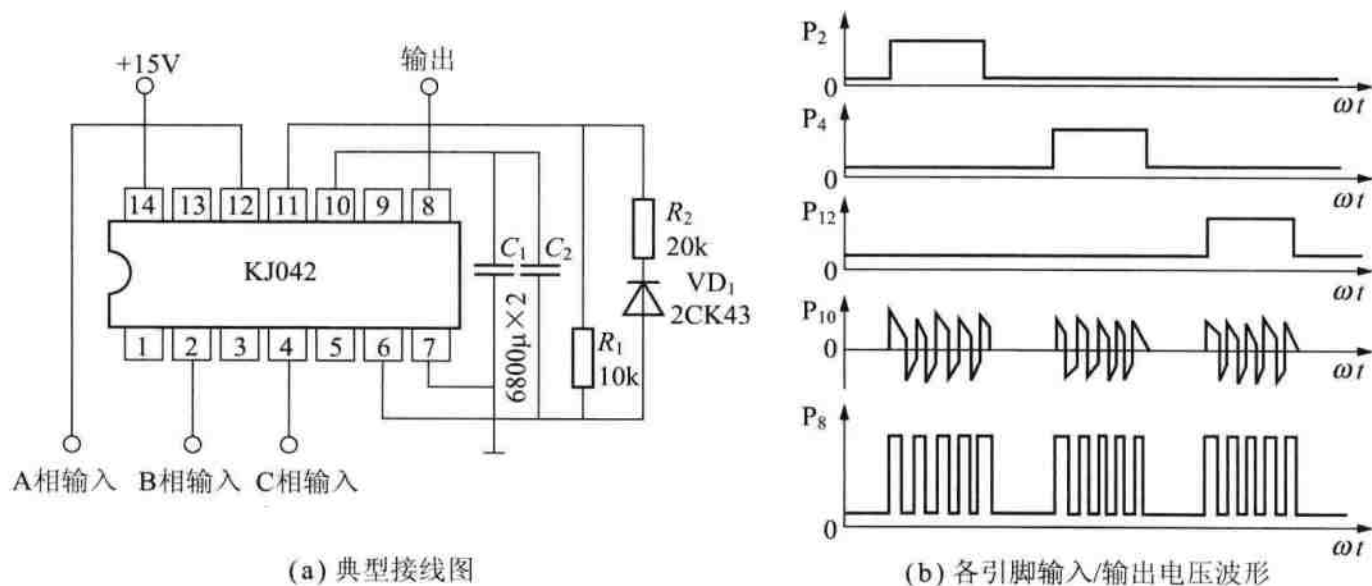


图 1.12 KJ042 用于三相整流或逆变系统的典型接线图及正常工作波形

2. 用于单相系统

图 1.13(a)给出了 KJ042 用于单相系统的电路原理图, 其典型的工作波形如

图 1.13(b)所示。

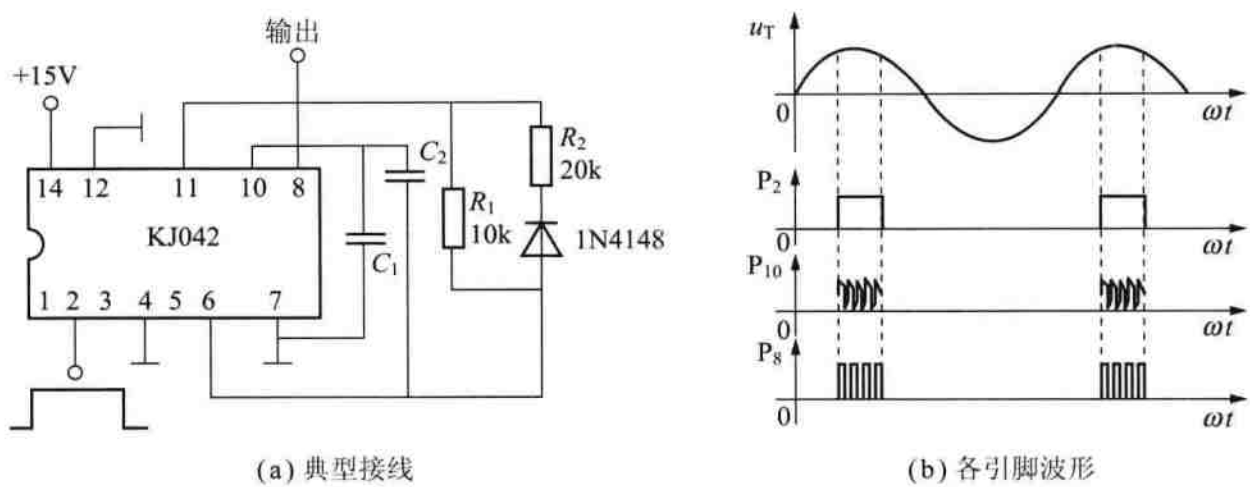


图 1.13 KJ042 用于单相整流或逆变系统的典型接线图及正常工作波形

1.6 TCA785 晶闸管移相触发器集成电路

TCA785 是德国西门子(Siemens)公司于 1988 年前后开发的第 3 代晶闸管单片移相触发器集成电路,其引脚排列与国产的 KJ785 完全相同,因此可以互换使用。目前,它在国内变流行业中已广泛应用。与原有的 KJ 系列或 KC 系列晶闸管移相触发器集成电路相比,它对零点的识别更加可靠,输出脉冲的齐整度更好,移相范围更宽,且由于它的输出脉冲宽度可人为自由调节,所以适用范围较广。

1.6.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

TCA785 为标准双列直插式 16 引脚(DIP-16)封装的集成电路。它的引脚排列如图 1.14 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 1.5 所列。

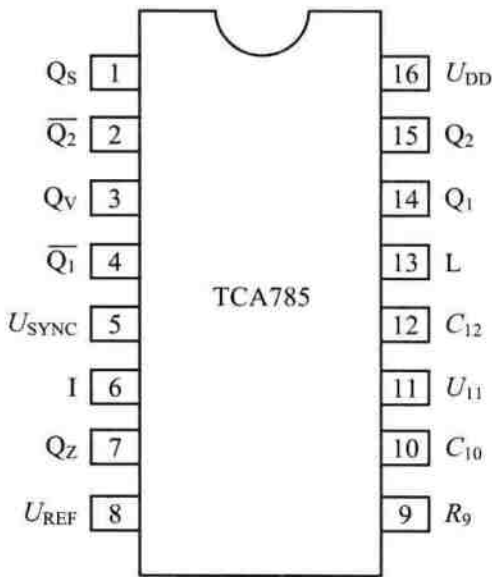


图 1.14 TCA785 的引脚排列(引脚朝下)

表 1.5 TCA785 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
1	Q_S	接地端	应用中与直流电源 U_{DD} 、同步电压 U_{SYNC} 及移相控制信号 U_{11} 的地端相连接
2	$\overline{Q_2}$	输出脉冲 2 的非端	这两端可输出宽度变化的脉冲信号,其相位互差 180° ,两路脉冲的宽度均受非输出脉冲宽度控制端引脚 13(L)的控制。它们的高电平最高幅值为电源电压 U_{DD} ,允许最大负载电流为 10mA。这两端输出脉冲在系统中不用时,电路自身结构允许其开路
4	$\overline{Q_1}$	输出脉冲 1 的非端	
3	Q_V	逻辑脉冲信号端	TCA785 输出的两个逻辑脉冲信号,高电平脉冲幅值最大为 $U_{DD}-2V$,高电平最大负载能力为 10mA。 Q_Z 为窄脉冲信号,它的频率为输出脉冲 Q_2 、 Q_1 或 $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 的两倍,是 Q_1 、 Q_2 或 $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 的“或”信号。 Q_V 为宽脉冲信号,它的宽度为移相控制角 $\varphi+180^\circ$,它与 Q_1 、 Q_2 或 $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 同步,频率与 Q_1 、 Q_2 或 $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 相同,这两个逻辑脉冲信号可作为提供给用户的控制电路同步信号或其他信号,不用时可开路
7	Q_Z	逻辑脉冲信号端	
5	U_{SYNC}	同步电压输入端	应用中需对地端接两个正、反向并联的限幅二极管。随着该端与同步电压源之间所接电阻阻值的不同,同步电压可以取不同的值。当所接电阻为 200k Ω 时,同步电压可直接取交流 220V
6	I	脉冲信号禁止端	该端的作用是封锁 Q_1 、 Q_2 及 $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 的输出脉冲,通常通过 10k Ω 的电阻接地或接正电源,允许施加的电压范围为 $-0.5V\sim U_{DD}$ 。当该端通过电阻接地,且电压低于 2.5V 时,封锁功能起作用,输出脉冲被封锁;而当该端通过电阻接正电源,且电压高于 4V 时,封锁功能不起作用。该端允许低电平最大灌电流为 0.2mA,高电平最大拉电流为 0.8mA
8	U_{REF}	自身输出的高稳定基准电压端	负载能力为驱动 10 块 CMOS 集成电路,随着 TCA785 应用的工作电源电压 U_{DD} 及其输出脉冲频率的不同, U_{REF} 的变化范围为 2.8~3.4V,当 TCA785 应用的工作电源电压为 15V、输出脉冲频率为 50Hz 时, U_{REF} 的典型值为 3.1V。如用户电路中不需要应用 U_{REF} ,则该端可以开路
9	R_9	锯齿波电阻连接端	<p>该端与参考地(引脚 1)之间所接的电阻 R_9 决定着 C_{10} 的充电电流:</p> $I_{10}=U_{REF}K/R_9 \tag{1.5}$ <p>电阻 R_9 亦决定了引脚 10 锯齿波电压幅度的高低:</p> $U_{10}=U_{REF}Kt/(R_9C_{10}) \tag{1.6}$ <p>式中,R_9、C_{10}、U_{REF} 为分别连接到 TCA785 引脚 9 的电阻、引脚 10 的电容及引脚 8 输出的基准电压;K 为常数</p>

续表 1.5

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
10	C_{10}	外接锯齿波电容连接端	取值范围为 $500\text{pF}\sim 1\mu\text{F}$,最小充电电流为 $10\mu\text{A}$,最大充电电流为 1mA ,它的大小受连接于引脚 9 的电阻 R_9 控制。 C_{10} 两端锯齿波的最高峰值为 $U_{\text{DD}}-2\text{V}$,典型后沿下降时间为 $80\mu\text{s}$
11	U_{11}	输出脉冲 Q_1 、 Q_2 或 $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 移相控制直流电压输入端	应用中通过输入电阻接用户控制电路输出,当 TCA785 工作频率为 50Hz ,且自身工作电源电压 U_{DD} 为 15V 时,该电阻的典型值为 $15\text{k}\Omega$ 。移相控制电压 U_{11} 的有效范围为 $0.2\text{V}\sim U_{\text{S}}-2\text{V}$,在此范围内连续变化时,输出脉冲 Q_1 、 Q_2 及 $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 的相位在整个移相范围内变化,其触发脉冲出现的时刻为 $t_{\text{tr}}=(U_{11}R_9C_{10})/(U_{\text{REF}}K) \quad (1.7)$ 为降低干扰,应用中引脚 11 通过 $0.1\mu\text{F}$ 的电容器接地,通过 $2.2\mu\text{F}$ 的电容器接正电源
12	C_{12}	输出 Q_1 、 Q_2 脉宽控制端	应用中通过电容 C_{12} 接地,电容量范围为 $150\sim 1000\text{pF}$ 。当 C_{12} 在 $150\sim 1000\text{pF}$ 范围内变化时, Q_1 、 Q_2 输出脉冲的宽度亦变化,输出窄脉冲的最窄宽度为 $100\mu\text{s}$,而输出宽脉冲的最宽宽度为 $2000\mu\text{s}$
13	L	非输出脉冲宽度控制端	该端允许施加电平的范围为 $-0.5\text{V}\sim U_{\text{DD}}$,接地时, $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 为最宽脉冲输出;接电源电压 U_{DD} 时, $\overline{Q_1}$ 、 $\overline{Q_2}$ 为最窄脉冲输出
14	Q_1	输出脉冲 1 端	这两端也可输出宽度变化的脉冲,相位同样互差 180° ,脉宽受它们的脉宽控制端(引脚 12)控制。两路脉冲输出高电平的最高幅值为 U_{DD}
15	Q_2	输出脉冲 2 端	
16	U_{DD}	电源端	使用中直接接工作电源正端

1.6.2 内部结构及工作原理

TCA785 的内部结构及工作原理如图 1.15 所示。它由零点鉴别器 ZD、同步寄存器 SR、恒流源 SC、控制比较器 CC、放电晶体管 VT、放电监控器 DM、电平转换及稳压电路 PC、锯齿波发生器 RG 及输出逻辑网络 LN 共 9 个单元组成。来自同步电压源的同步电压经高阻值的电阻降压后送给电源零点鉴别器 ZD,经 ZD 检测出其过零点后送同步寄存器寄存。同步寄存器中的零点寄存信号控制锯齿波发生器,锯齿波发生器的电容 C_{10} 由受电阻 R_9 控制的恒流源 SC 充电,当电容 C_{10} 两端的锯齿波电压 U_{10} 大于移相控制电压 U_{11} 时,产生一个脉冲信号送到输出逻辑单元。由此可见,触发脉冲的移相是受移相控制电压 U_{11} 的大小控制的,因此触发脉冲可在 $0\sim 180^\circ$ 范围内移相。对每一个半周,输出端 Q_1 和 Q_2 出现大约 $30\mu\text{s}$ 宽度

的脉冲,该脉宽可由引脚12的电容 C_{12} 扩展到 180° ,如果引脚12接地,则 Q_1 、 Q_2 输出宽度为 180° 的宽脉冲。图1.16给出了TCA785各主要引脚的输入、输出电压波形。

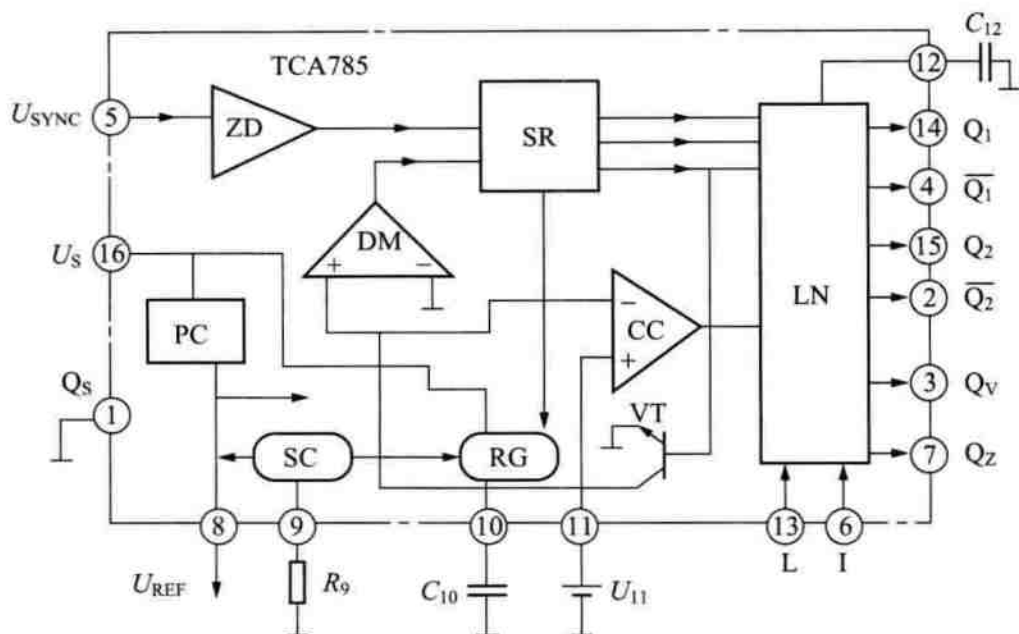


图 1.15 TCA785 的内部结构及工作原理示意图

1.6.3 主要设计特点和极限参数

1. 主要设计特点

(1) 能可靠地对同步交流电源的过零点进行识别,因而可方便地用做过零触发而构成零点开关。

(2) 具有宽的应用范围,可用来触发普通晶闸管、快速晶闸管、双向晶闸管或作为电力晶体管的控制脉冲,因而可用于由这些电力电子器件组成的单管斩波、单相半波、半控桥、全控桥或三相半控、全控整流电路及单相或三相有源逆变系统或其他拓扑结构电路的变流系统。

(3) 输入/输出与CMOS及TTL电平兼容,具有较宽的应用电压范围和较大的负载驱动能力,每路可直接输出250mA的驱动电流。

(4) 电路结构决定了自身锯齿波电压的范围较宽。

(5) 对环境温度的适应性较强,可应用于较宽的环境温度范围($-25\sim 85^\circ\text{C}$)和工作电源电压范围($-0.5\sim +18\text{V}$)。

2. 主要极限参数

(1) 电源电压: $+8\sim 18\text{V}$ 或 $\pm 4\sim \pm 9\text{V}$ 。

(2) 移相控制电压范围: $0.2\text{V}\sim U_s - 2\text{V}$ 。

(3) 输出脉冲最大宽度: 180° 。

(4) 最高工作频率: $10\sim 500\text{Hz}$ 。

(5) 高电平脉冲负载电流: 400mA 。

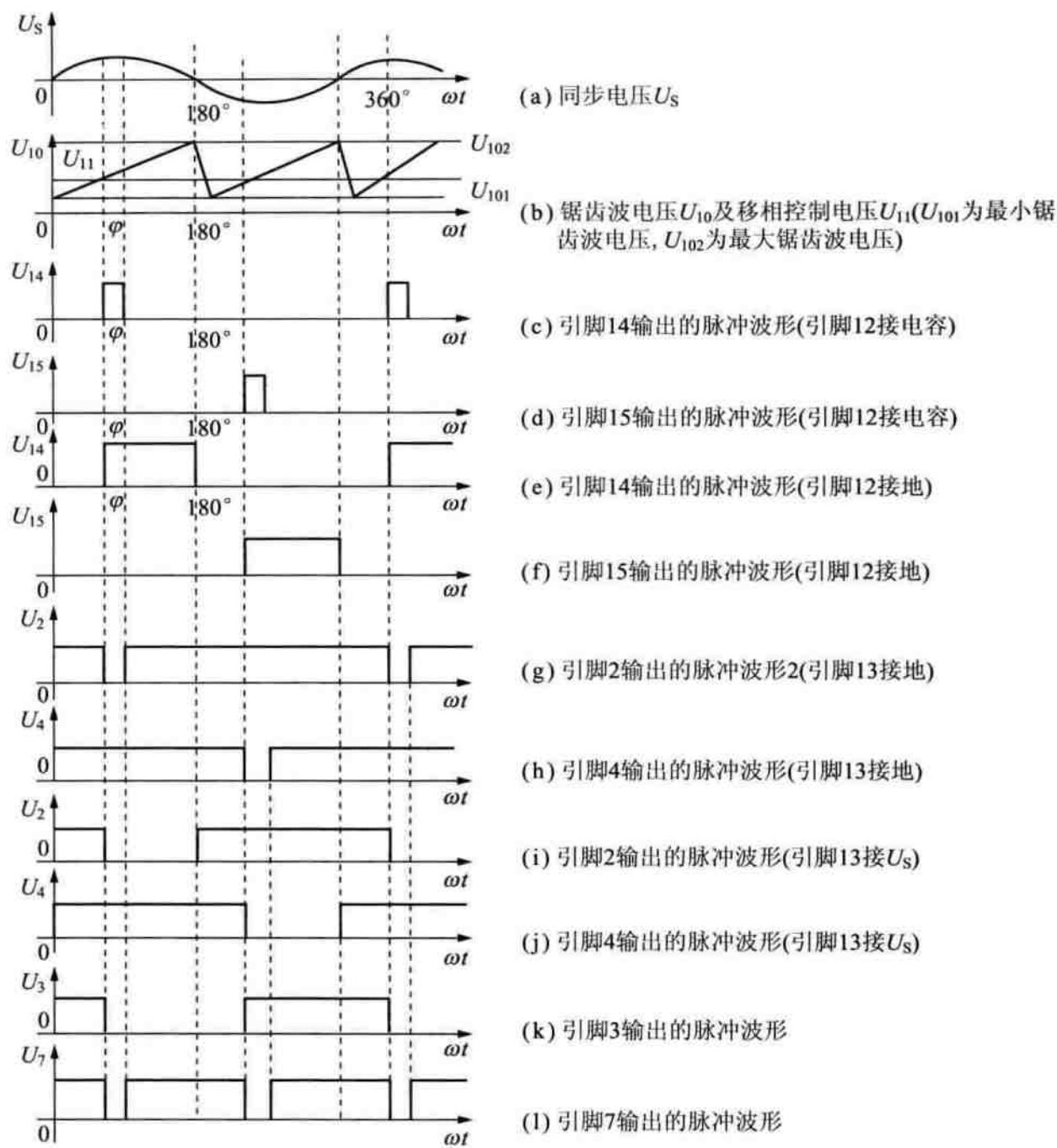


图 1.16 TCA785 各主要引脚的输入、输出电压波形

- (6) 低电平允许最大灌电流: 250mA。
- (7) 输出脉冲高、低电平幅值: U_{DD} , 0.3V。
- (8) 同步电压随限流电阻的不同可为任意值。
- (9) 工作温度范围 T_A : 军品为 $-55 \sim 125^{\circ}\text{C}$; 工业品为 $-25 \sim 85^{\circ}\text{C}$; 民品为 $0 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

1.6.4 应用技术

TCA785 自身的优良性能决定了它可以方便地用于主电路为单个晶闸管或晶体管, 单相半控桥、全控桥和三相半控桥、全控桥及其他主电路结构形式的电力电子变流设备中, 触发晶闸管或控制晶体管, 进而实现用户需要的控温、调压、直流调速、交流调速及直流输电等目的。使用中应当注意 TCA785 的工作为负逻辑, 即控制电压 U_{11} 增加, 输出脉冲的 α 角增大, 相当于晶闸管的导通角减小。限于篇幅, 本

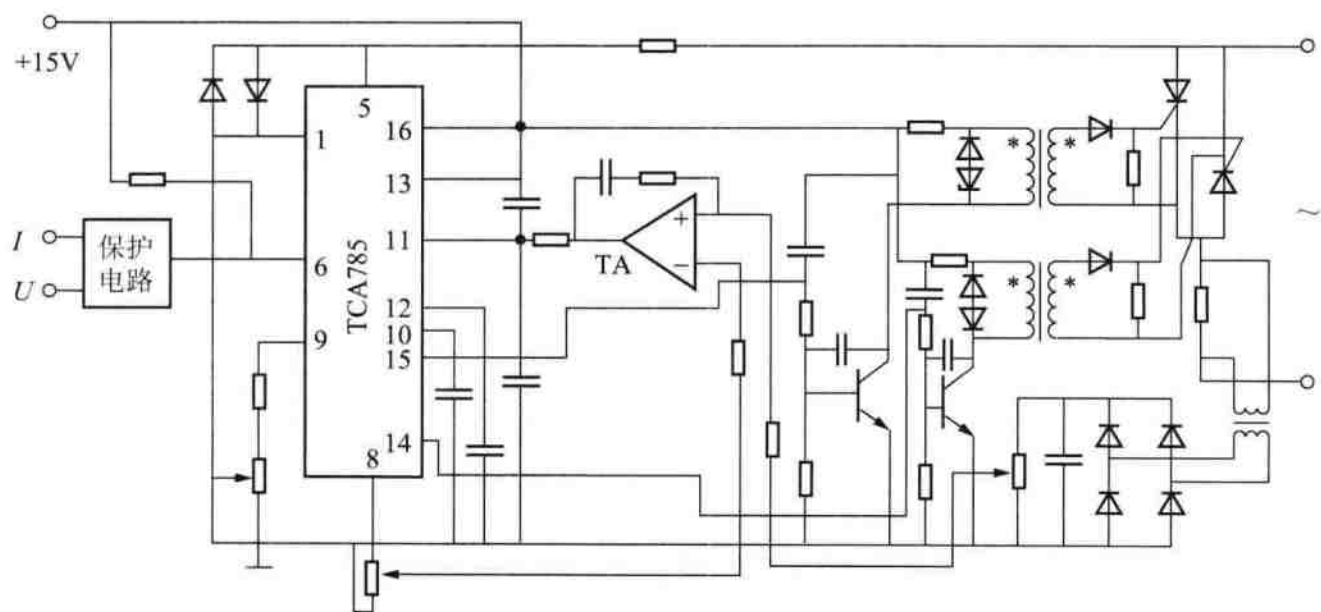


图 1.18 TCA785 在晶闸管交流调压系统中的应用

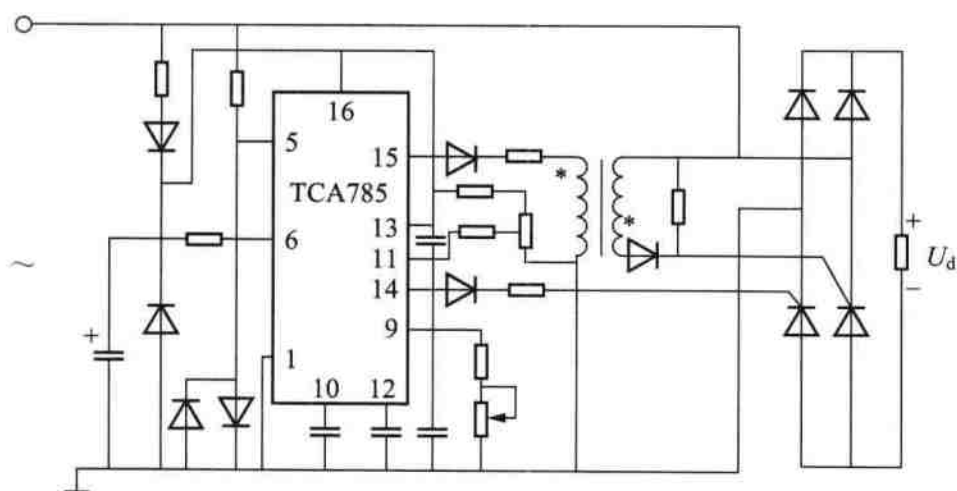


图 1.19 TCA785 在单相半控整流系统中的应用

1.7 TC787 高性能晶闸管三相移相触发器集成电路

TC787 是采用独有的先进 IC 工艺技术,并参照国外移相触发器集成电路设计的单片集成电路。它可单电源工作,亦可双电源工作,主要适用于三相晶闸管移相触发电路,以构成多种晶闸管变流设备。它是目前国内市场上广泛流行的 TCA785 及 KJ(或 KC)系列移相触发器集成电路的换代产品,具有功耗小、功能强、输入阻抗高、抗干扰性能好、移相范围宽、外接元件少等优点,而且装调简便、使用可靠,只需 1 片这样的集成电路,就可完成 3 片 TCA785+1 片 KJ041+1 片 KJ042 或 5 片 KJ(3 片 KJ004+1 片 KJ041+1 片 KJ042)(或 KC)系列器件组合才能具有的三相移相触发功能。因此,TC787 可广泛应用于三相半控、三相全控、三相过零等电力电子、机电一体化产品的移相触发系统中,取代 TCA785、KJ004、KJ009 与 KJ041 和 KJ042 的组合电路,为提高整机寿命、缩小体积、降低成本提供了一种更加有效的新途径。

1.7.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

TC787 是采用标准双列直插式 18 引脚封装(DIP-18)的集成电路。它的引脚排列如图 1.20 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 1.6 所列。

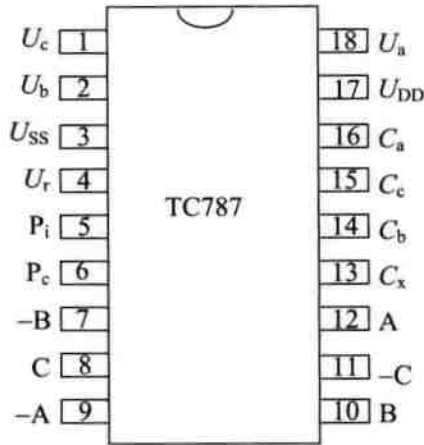


图 1.20 TC787 的引脚排列

表 1.6 TC787 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
1	U_c	三相同步电压输入 连接端	应用中分别接经输入滤波后的同步电压,同步电压的峰值应不超过工作电源电压 U_{DD}
2	U_b		
18	U_a		
3	U_{ss}	电源端	单电源工作时,引脚 3(U_{ss})接地,而引脚 17(U_{DD})允许施加的电压为 8~18V。双电源工作时,引脚 3(U_{ss})接负电源,其允许施加的电压幅值为 $-4\sim-9V$;引脚 17(U_{DD})接正电源,允许施加的电压为 $+4\sim+9V$
17	U_{DD}		
4	U_r	移相控制电压输入端	该端输入电压的高低,直接决定着 TC787 输出脉冲的移相范围,应用中接给定环节输出,电压幅值最大为工作电源电压 U_{DD}
5	P_i	输出脉冲禁止端	该端用来进行故障状态下封锁 TC787 的输出,高电平有效,应用中接保护电路的输出
6	P_c	工作方式设置端	该端接高电平时 TC787 输出双脉冲列,接低电平时输出单脉冲列,应用中根据需要直接接 U_{DD} 或通过电阻接引脚 3
7	$-B$	三相同步电压 B 相负半周对应的同相触发脉冲输出端	与三相同步电压中 B 相电压负半周及 A 相电压正半周对应的两个脉冲输出端,应用中接脉冲功率放大环节的输入或脉冲变压器驱动用开关管的控制极
8	C	三相同步电压 C 相正半周对应的同相触发脉冲输出端	当 TC787 被设置为全控双窄脉冲工作方式时,引脚 8 为与三相同步电压中 C 相正半周及 B 相负半周对应的两个脉冲输出端,应用中接脉冲功率放大环节的输入或脉冲变压器驱动用开关管的控制极

续表 1.6

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
9	-A	三相同步电压 A 相负半周对应的同相触发脉冲输出端	与三相同步电压中 A 相电压负半周及 C 相电压正半周对应的两个脉冲输出端,应用中接脉冲功率放大环节的输入或脉冲变压器驱动用开关管的控制极
10	B	三相同步电压 B 相正半周对应的同相触发脉冲输出端	与三相同步电压中 B 相电压正半周及 A 相电压负半周对应的两个脉冲输出端,应用中接脉冲功率放大环节的输入或脉冲变压器驱动用开关管的控制极
11	-C	三相同步电压 C 相负半周对应的同相触发脉冲输出端	与三相同步电压中 C 相电压负半周及 B 相电压正半周对应的两个脉冲输出端,应用中接脉冲功率放大环节的输入或脉冲变压器驱动用开关管的控制极
12	A	三相同步电压 A 相正半周对应的同相触发脉冲输出端	与三相同步电压中 A 相电压正半周及 C 相电压负半周对应的两个脉冲输出端,应用中接脉冲功率放大环节的输入或脉冲变压器驱动用开关管的控制极
13	C_x	控制端	该端连接的电容 C_x 的容量决定着 TC787 输出脉冲的宽度,电容的容量越大,脉宽越宽
14	C_b	三相同步电压 B 相的锯齿波电容连接端	该端连接的电容容量大小决定了移相锯齿波的斜率和幅值,应用中分别通过一个相同容量的电容接地
15	C_c	三相同步电压 C 相的锯齿波电容连接端	
16	C_a	三相同步电压 A 相的锯齿波电容连接端	

1.7.2 内部结构及工作原理

TC787 的内部结构及工作原理如图 1.21 所示,其内部集成有 3 个过零和极性检测单元、3 个锯齿波形成单元、3 个比较器、1 个脉冲发生器、1 个抗干扰锁定电路、1 个脉冲形成电路、1 个脉冲分配及驱动电路。滤波后的三相同步电压,经过零和极性检测单元检测出零点和极性后,作为内部 3 个恒流源的控制信号。3 个恒流源输出的恒值电流给 3 只等值电容 C_a 、 C_b 、 C_c 恒流充电,形成线性度良好的等斜率锯齿波。这 3 路锯齿波与移相控制电压 U_r 比较后取得交相点,经集成电路内部抗干扰锁定电路锁定,保证交相唯一且稳定,使交相点以后的锯齿波或移相电压的波动不影响输出。该交相信号与脉冲发生器输出的脉冲(对 TC787 为调制脉冲)信号经脉冲形成电路处理后,变为与三相输入同步信号相位对应且与移相电压大小适应的脉冲信号,送到脉冲分配及驱动电路。假设系统未发生过电流、过电压或其他非正常情况,则引脚 5 禁止端的信号无效,此时脉冲分配电路根据用户在引脚 6 设定的状态完成双脉冲(引脚 6 为高电平)或单脉冲(引脚 6 为低电平)分配功能,

并经输出驱动电路功率放大后输出；一旦系统发生过电流、过电压或其他非正常情况，则引脚5禁止端的信号有效，脉冲分配和驱动电路内部的逻辑电路动作，封锁脉冲输出，确保集成电路的引脚12~引脚7输出全为低电平。

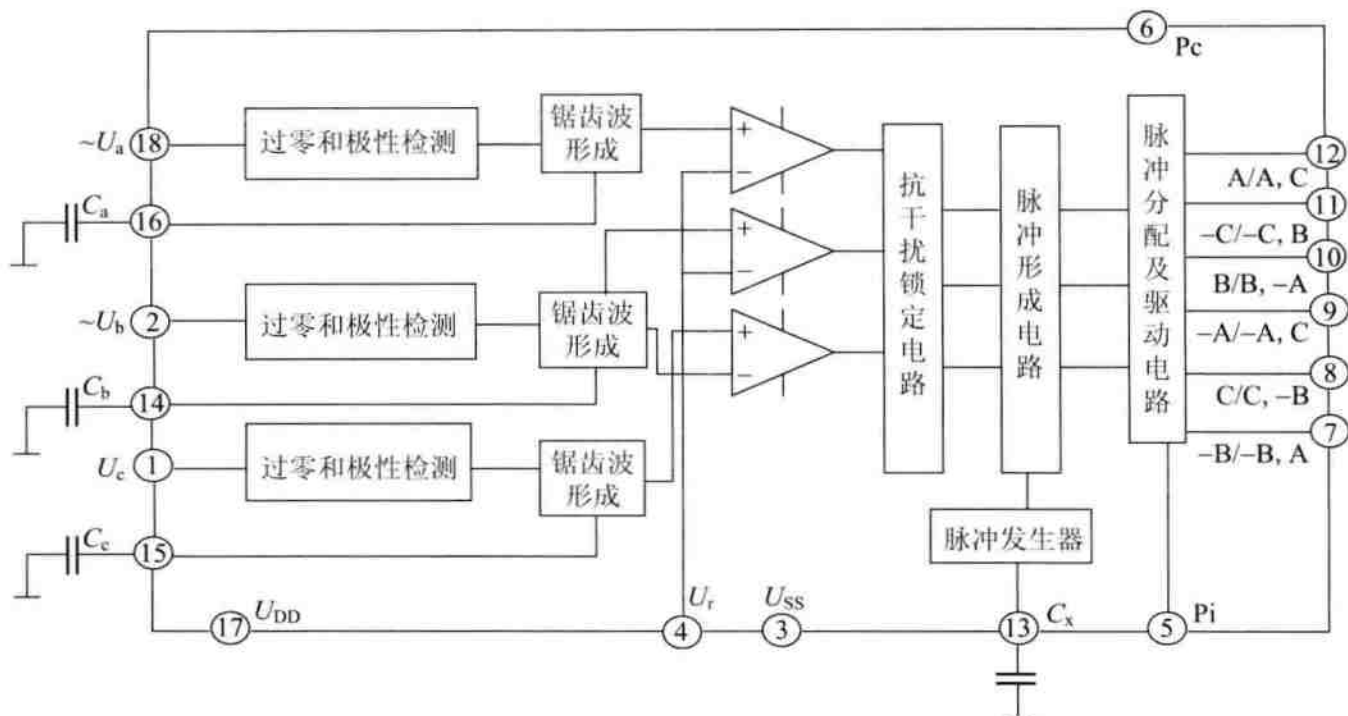


图 1.21 TC787 的内部结构及工作原理框图

1.7.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 适用于主功率器件是晶闸管的三相全控桥或其他电路拓扑结构的系统中，作为晶闸管的移相触发电路，可同时产生 6 路相位互差 60° 的调制脉冲输出。

(2) 单、双电源均可工作，适用工作电源的范围较广泛，输出三相触发脉冲的触发控制角可在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 范围内连续同步改变。

(3) 对零点的识别非常可靠，可方便地用做晶闸管过零开关控制。

(4) 内部设有移相控制电压与同步锯齿波电压交点（交相）的锁定电路，抗干扰能力极强。

(5) 自身具有输出禁止端，可在被控电力电子变流设备发生过电流、过电压时进行保护，保证系统安全。

(6) 具有 A 型和 B 型器件，用户可根据系统需要的工作频率来选择（工频时选 A 型器件，中频 $100 \sim 400\text{Hz}$ 时选 B 型器件）。

(7) 输出为脉冲列，适用于触发晶闸管及感性负载。

(8) 可通过改变引脚 6 的电平高低，来设置其输出为双脉冲列还是单脉冲列。

2. 主要参数限制

(1) 工作电源电压 U_{DD} ： $+8 \sim +18\text{V}$ 或 $\pm 5\text{V} \sim \pm 9\text{V}$ 。

(2) 输入同步电压有效值 U_T ： $\leq 1/(2\sqrt{2})U_{DD}$ 。

- (3) 输入控制信号电压范围: $0 \sim U_{DD}$ 。
- (4) 输出脉冲电流最大值: 20mA。
- (5) 锯齿波电容取值范围: $0.1 \sim 0.15 \mu\text{F}$ 。
- (6) 脉宽电容取值范围: $3300\text{pF} \sim 0.01 \mu\text{F}$ 。
- (7) 移相范围: $0^\circ \sim 177^\circ$ 。
- (8) 工作温度范围 T_A : $0 \sim 55^\circ\text{C}$ 。

1.7.4 应用技术

TC787 独特而巧妙的设计, 适合在主功率器件为普通晶闸管、双向晶闸管、门极可关断晶闸管、非对称晶闸管的电力电子设备中用做移相触发脉冲形成电路。

1. 单电源工作时的典型接线

图 1.22 为 TC787 单电源工作时的典型接线图。图 1.23 为电平匹配网络的应用图。这种使用方法需要加较多辅助元件, 图 1.22 中电容 $C_1 \sim C_3$ 为隔直耦合电容, $C_4 \sim C_6$ 为滤波电容, 与 $RP_1 \sim RP_3$ 构成滤除同步电压中毛刺的环节。调节 $RP_1 \sim RP_3$, 可实现 $0^\circ \sim 60^\circ$ 的移相, 从而适应不同主变压器连接的需要。图 1.23 中直接将同步变压器的中点接到 $1/2$ 电源电压上, 使所用元件得以简化。

2. 双电源工作的典型接线

图 1.24 为 TC787 双电源应用时的典型接线图, LOCK 来自保护电路的输出。

3. TC787 在三相两重桥有源逆变系统中的应用

图 1.25 是 2 片 TC787 用于主功率器件为晶闸管的三相两重桥变频系统的原理图。该系统可在大功率内燃机, 发电机, 电动机, 直流调速、交流调速电力电子变流设备的出厂功率试验系统用来回收电能。2 片 TC787 分别用做 2 个逆变桥的 12 个晶闸管的移相触发电路, 均选用单电源工作, 且均为全控双脉冲工作方式。变压器 TY_1 为同步变压器, 为 2 片 TC787 提供 2 组三相同步信号。输出变压器 TY_2 把 2 个逆变桥输出的方波电压叠加成阶梯波馈送给电网, 以减少谐波对电网的污染, 同时用于逆变电压与主电网电压的匹配。直流电压 U_d 可以是实验系统中的直流发电机输出电压, 也可以是实验系统中三相交流电经晶闸管变流设备整流后的直流电压。

4. 多只 TC787 在大功率可控整流设备中的应用

大功率整流设备是电化学、冶金等行业常用的设备, 这种应用领域多为低压大电流情况。受目前国内晶闸管单只容量的限制, 往往采用多相整流来实现输出电流容量的扩大。图 1.26 给出了 4 片 TC787 用于 24 相大功率整流电路的原理图。TC787 的给定来自给定积分环节的输出, 4 片 TC787 均为双电源工作, 主整流变压器二次侧的 4 组三相电源相位依次相差 15° , 整流输出为 24 脉波的直流电压。

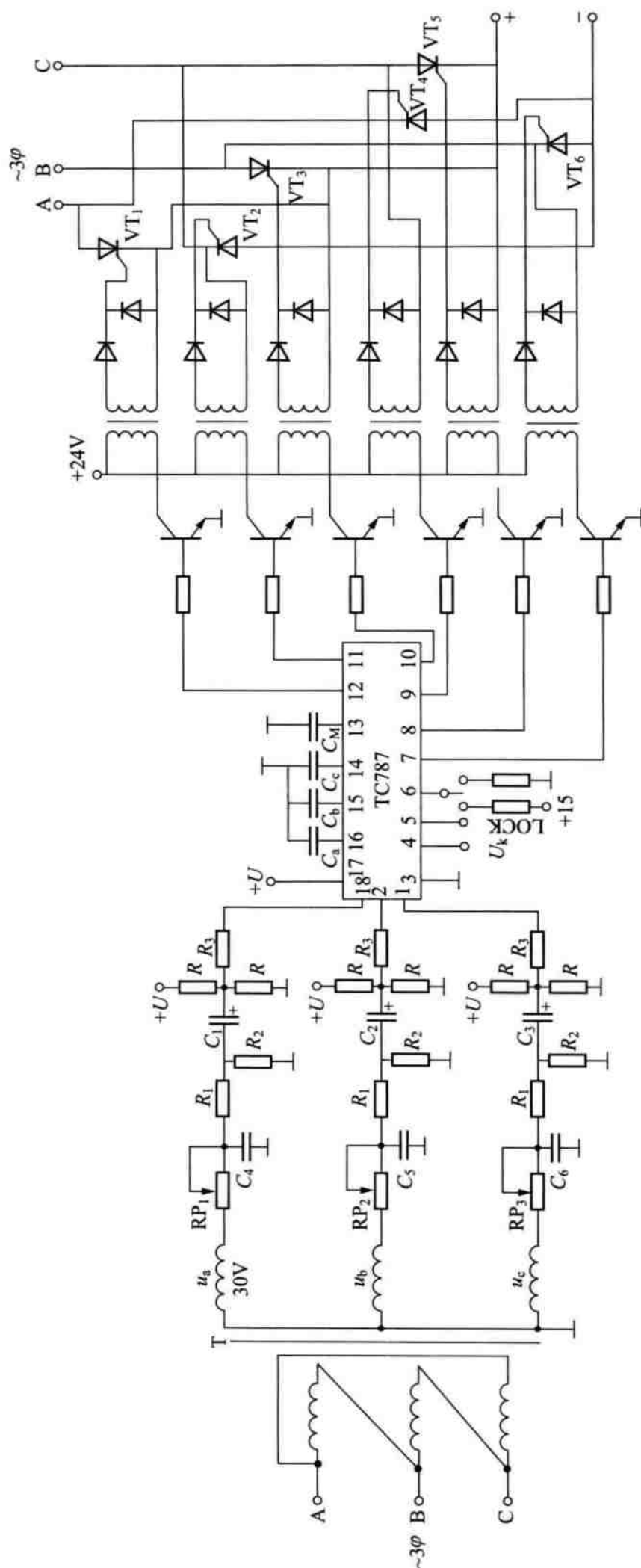


图 1.22 需同步电平移位网络的单电源使用法

RP₁~RP₃:10k 1/4W R:20k 1/4W R₂:15k 1/4W R₃:200k C₁、C₂、C₃:10μF/25V C₄、C₅、C₆:1μF

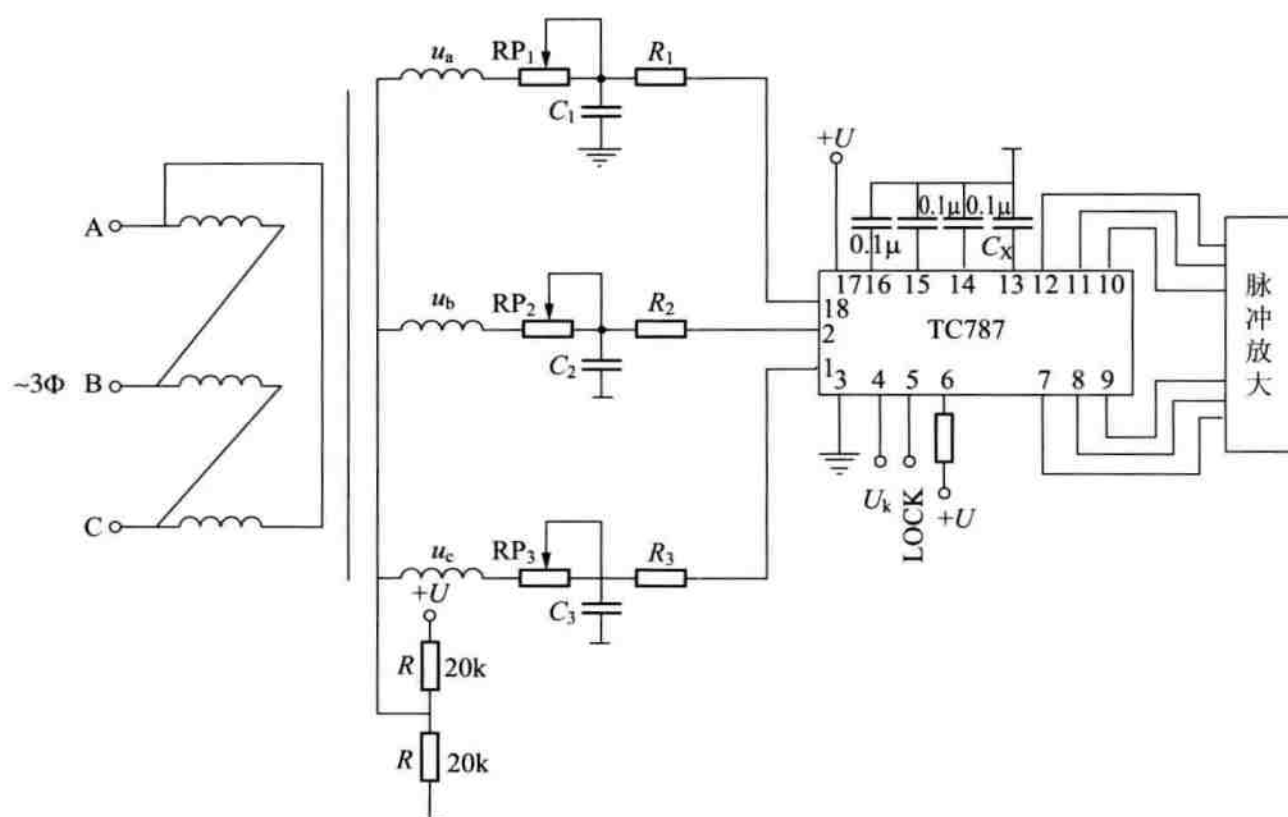


图 1.23 简化电平匹配网络的单电源使用法[同步电压有效值 $U_T \leq U_+ / (2\sqrt{2})$]

$RP_1 \sim RP_3$: 10k R_1, R_2, R_3 : 200k Ω C_1, C_2, C_3 : 1 μ F

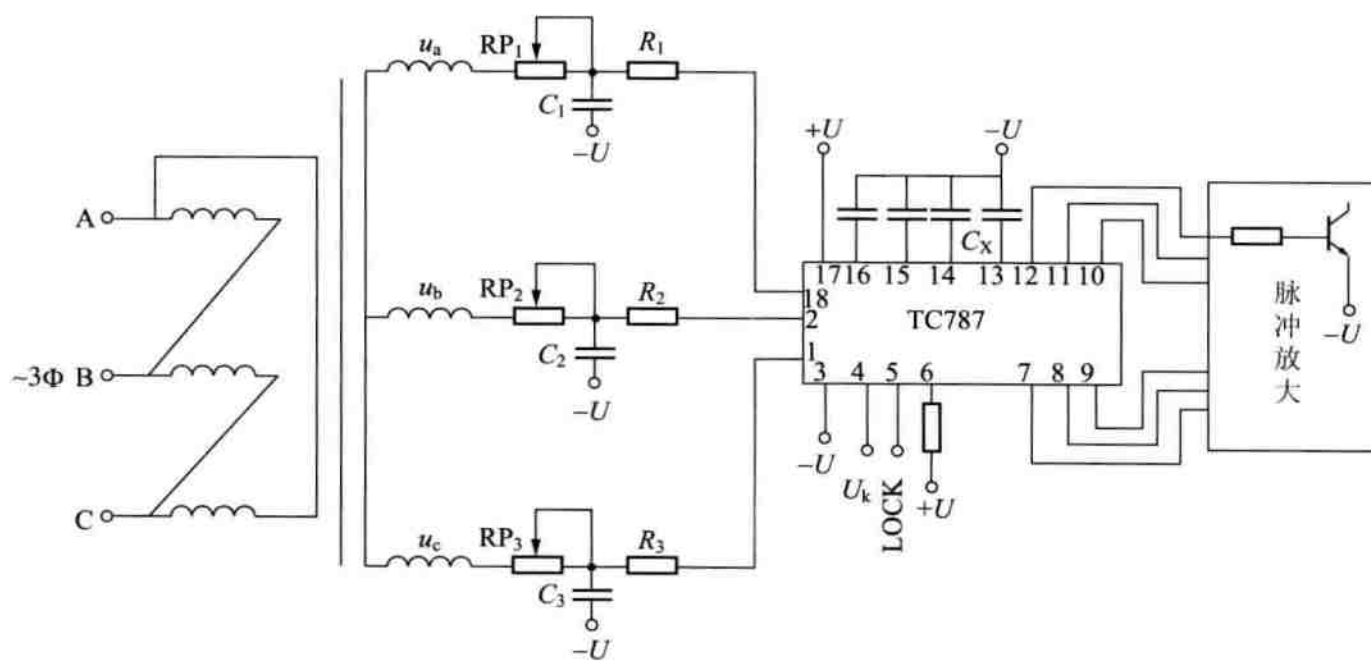


图 1.24 TC787 双电源使用的典型接线图

(同步电压有效值 $U_T = +U / \sqrt{2}$ $U_+ = |U_-|$)

$RP_1 \sim RP_3$: 10k $R_1 \sim R_3$: 200k Ω $C_1 \sim C_3$: 1 μ F

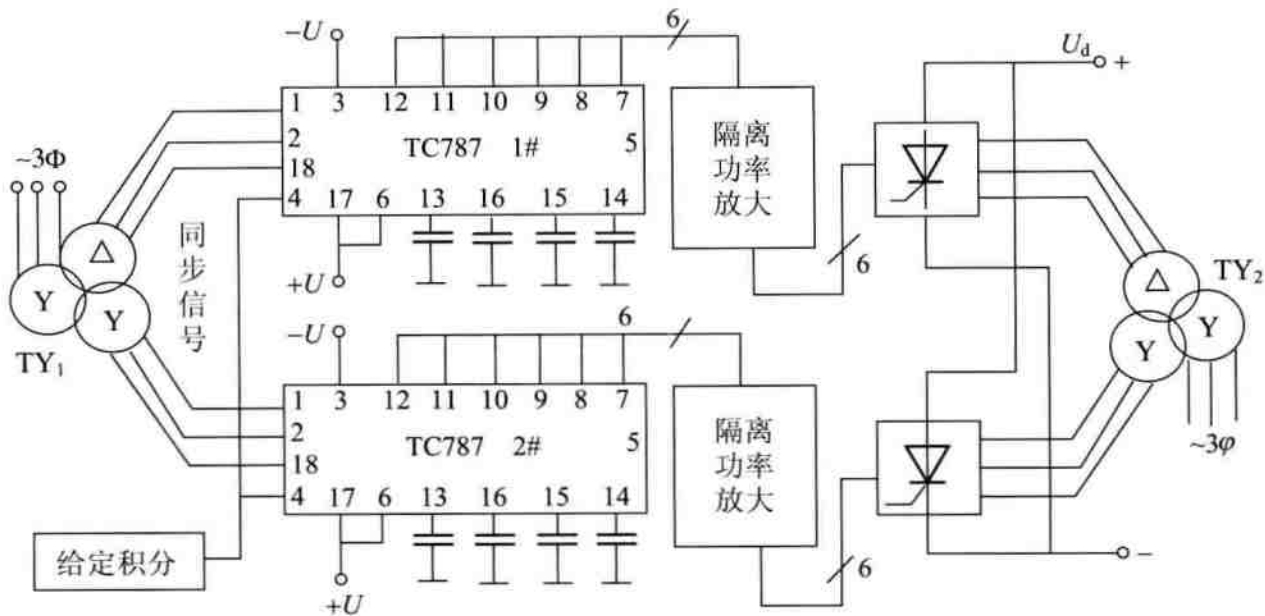


图 1.25 TC787 在晶闸管三相两重桥有源逆变系统中的应用

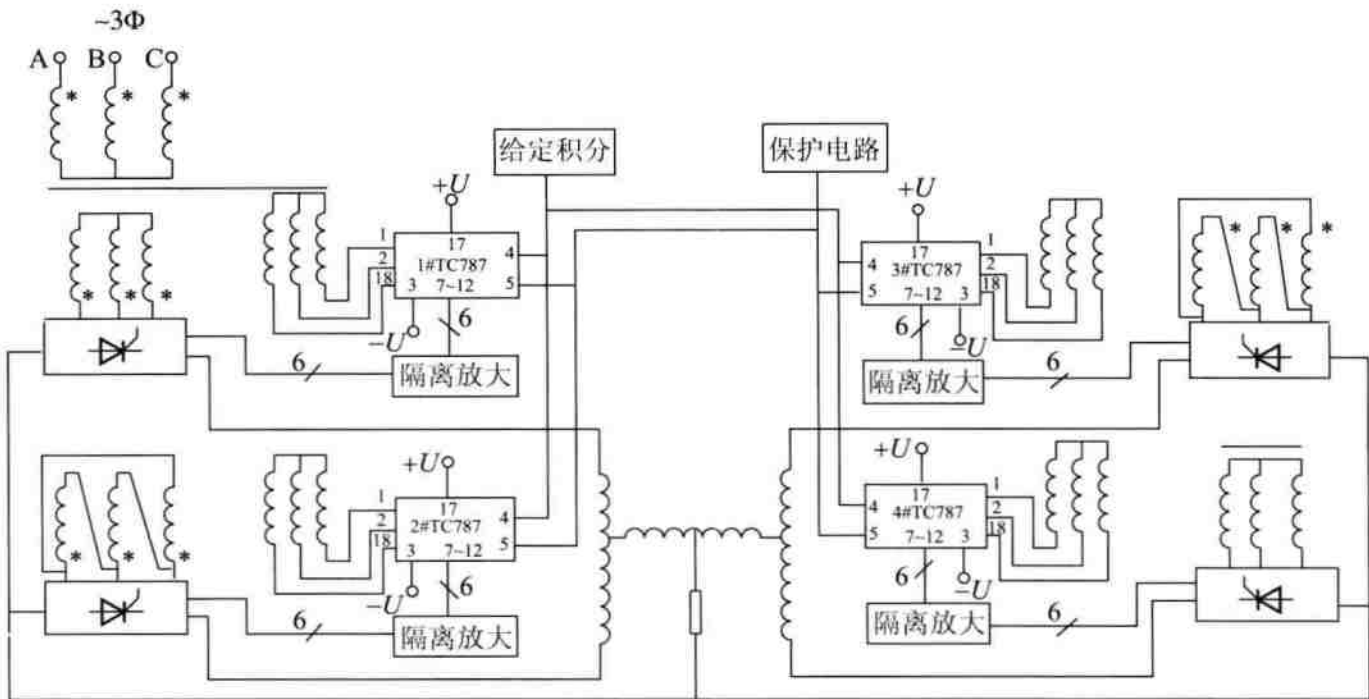


图 1.26 多片 TC787 在多相整流设备中的应用

1.8 SGK198 晶闸管 CPLD 准数字触发器集成电路

SGK198 晶闸管 CPLD 准数字触发器集成电路,内部通过对输入脉冲的计数,产生相对同步电压相位变化的触发脉冲。触发脉冲的移相通过改变外加时钟频率来调节,它具有相位自适应、保护功能较全等优良性能。

1.8.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

SGK198 采用 4 列直插式 44 引脚 PLCC 标准封装,引脚排列如图 1.27 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 1.7 所列。

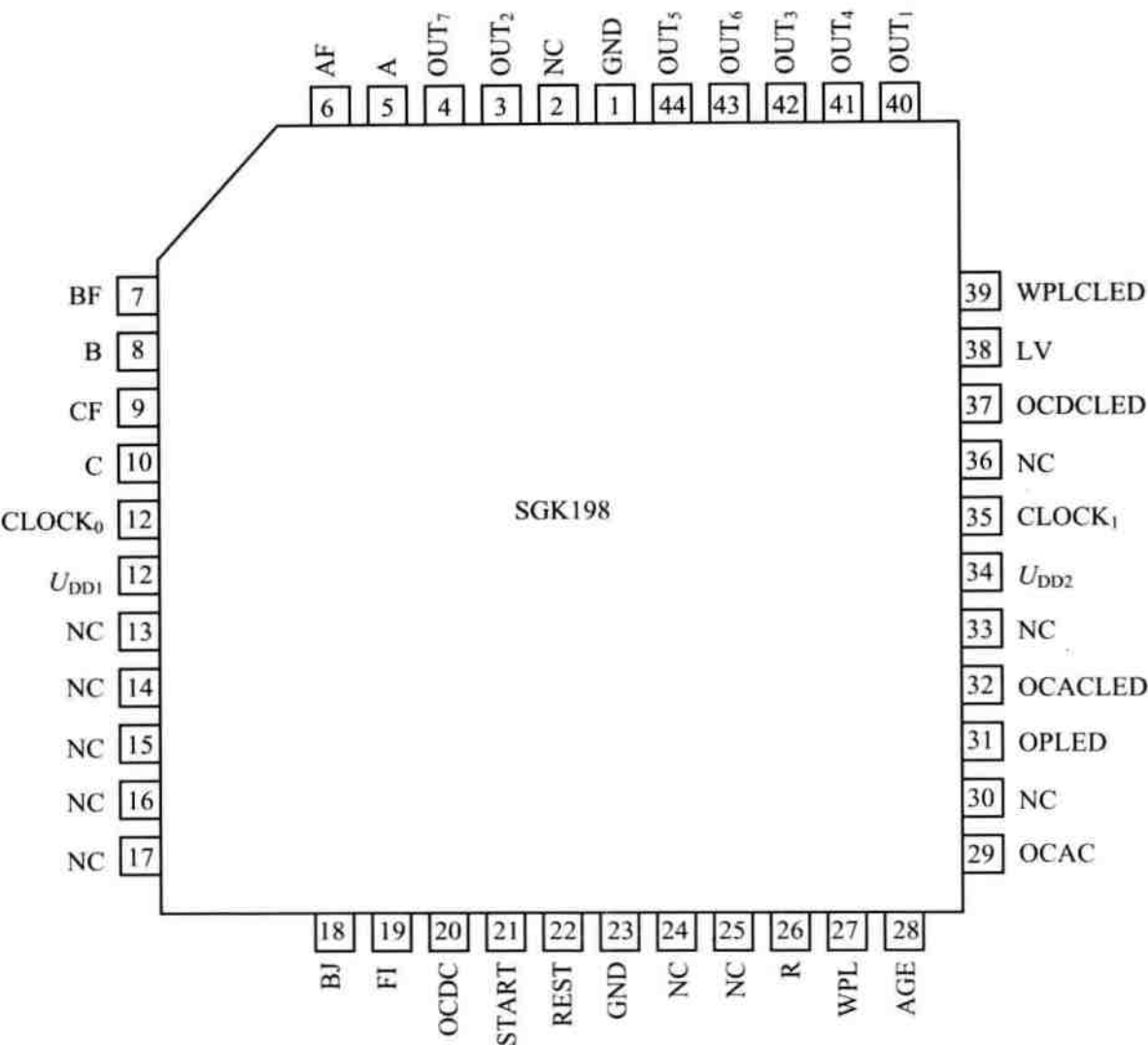


图 1.27 SGK198 的引脚排列(引脚朝下)

表 1.7 SGK198 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
1	GND	工作地端	接用户提供电源的参考地端
2	NC	空脚	使用中悬空
3	OUT ₂	对应同步电压 C 相负半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 C 相负半周触发脉冲功率放大电路输入
4	OUT ₇	MK 方波输出端	输出 MK 方波信号到脉宽设定环节,接脉冲宽度设定电路输入
5	A	对应 A 相正半周同步信号输入端	接对应 A 相正半周同步信号形成电路输出
6	AF	对应 A 相负半周同步信号输入端	接对应 A 相负半周同步信号形成电路输出
7	BF	对应 B 相负半周同步信号输入端	接对应 B 相负半周同步信号形成电路输出
8	B	对应 B 相正半周同步信号输入端	接对应 B 相正半周同步信号形成电路输出
9	CF	对应 C 相负半周同步信号输入端	接对应 C 相负半周同步信号形成电路输出
10	C	对应 C 相正半周同步信号输入端	接对应 C 相正半周同步信号形成电路输出

续表 1.7

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
11	CLOCK ₀	决定触发脉冲控制角 α 的计数时钟频率输入端	接 U/f 变换器输出端。将 U/f 环节输出的脉冲频率信号接入 SGK198 并计数,当 SGK198 内的计数器计满时输出触发脉冲,以此决定输出触发脉冲的控制角 α 的大小
12	U_{DD1}	工作电源输入端 1	接用户提供的 +5V 供电电源
13	NC	空脚	悬空
14	NC	空脚	悬空
15	NC	空脚	悬空
16	NC	空脚	悬空
17	NC	空脚	悬空
18	BJ	综合故障报警输出端	在 SGK198 内部将交流侧过流(或直流侧过流)、外部故障、欠压、缺相诸保护的报警信号进行了逻辑“或”,从而实现综合保护输出。只要发生任一种故障,引脚 18 都输出高电平,发出报警信号。该报警信号可用于切断主电路或给出综合报警,同时可接发光二极管,使用中按用户选用的工作模式接相应的电路
19	FI	给定置零控制	在 START 信号无效时,该端输出高电平信号,使外接给定置零比较器输出零电平,将给定信号置零;在 START 信号有效时,该端输出低电平信号,外接给定置零比较器输出跟随用户给定变化,使用中接外接给定置零比较器反相端
20	OCDC	直流过流(或过压)故障保护输入端	直接接直流侧过流(或过压)保护电路输出。未发生直流侧过流(或过压)故障时,该端输入为低电平;发生直流侧过流(或过压)故障时,该端输入为高电平,封锁 6 路脉冲输出
21	START	启动端	该端接低电平时,SGK198 无脉冲输出;接高电平时,输出触发脉冲。使用中接用户的运行或禁止输出触发脉冲控制选择端
22	REST	复位端	接用户提供的复位信号,控制 SGK198 的复位工作
23	GND	接地端	接用户提供的参考地端
24	NC	空脚	使用中悬空
25	NC	空脚	使用中悬空
26	R	触发脉冲宽度设定端	对应每个触发脉冲的 6 路脉冲列,该脉冲与 SGK198 内部的脉冲相“与”,决定了输出 6 路脉冲的宽度

续表 1.7

引脚号	符号	引脚名称	功能或用法
27	WPL	外部故障保护信号输入端	接外部故障保护环节输出。未发生外部故障时,该端输入为低电平;发生外部故障时,该端输入为高电平,封锁 6 路脉冲输出
28	AGE	接地端	接用户提供的参考地端
29	OCAC	交流过流(或过压)故障保护输入端	直接接交流侧过流(或过压)保护电路输出。未发生交流侧过流故障时,该端输入为低电平;发生交流侧过流故障时,该端输入高电平,封锁 6 路脉冲输出
30	NC	空脚	使用中悬空
31	OPLED	缺相保护报警输出端	接缺相故障报警指示发光二极管阴极,发光二极管阳极接+5V 电源
32	OCACLED	交流侧过流(或过压)保护报警输出端	接交流过流(或过压)故障报警指示发光二极管阴极,发光二极管阳极接+5V 电源
33	NC	空脚	使用中悬空
34	U_{DD2}	工作电源输入端 2	使用中接用户提供的+5V 供电电源
35	CLOCK ₁	自然换相点对准信号	接输入同步脉冲 A 相正端,确保触发脉冲产生的时间对准自然换相点
36	NC	空脚	使用中悬空
37	OCDLED	直流侧过流(或过压)报警端	接直流过流(或过压)故障报警指示发光二极管阴极,发光二极管阳极接+5V 电源
38	LV	工作电源欠压保护信号输入端	接欠压保护电路输出。正常工作输入高电平,SGK198 内部触发器不翻转;一旦发生电源欠压,输入低电平,封锁 SGK198 输出的触发脉冲
39	WPLCLED	外部故障报警输出端	接外部故障报警指示发光二极管阴极,发光二极管阳极接+5V 电源
40	OUT ₁	对应同步电压 A 相正半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 A 相正半周触发脉冲功率放大电路输入端
41	OUT ₄	对应同步电压 A 相负半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 A 相负半周触发脉冲功率放大电路输入端
42	OUT ₃	对应同步电压 B 相正半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 B 相正半周触发脉冲功率放大电路输入端
43	OUT ₆	对应同步电压 B 相负半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 B 相负半周触发脉冲功率放大电路输入端
44	OUT ₅	对应同步电压 C 相正半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 C 相正半周触发脉冲功率放大电路输入端

1.8.2 内部结构及工作原理

SGK198 内部结构及工作原理框图如图 1.28 所示。它的内部包含有 1 个触发脉冲形成环节、1 个缺相保护判断实现逻辑电路、1 个故障保护逻辑或电路、1 个输出驱动环节、1 个计数器、1 个方波发生器、1 个非门、1 个与门,共 8 个功能单元。这些功能单元有的是纯硬件结构,有的则由数字化程序实现。

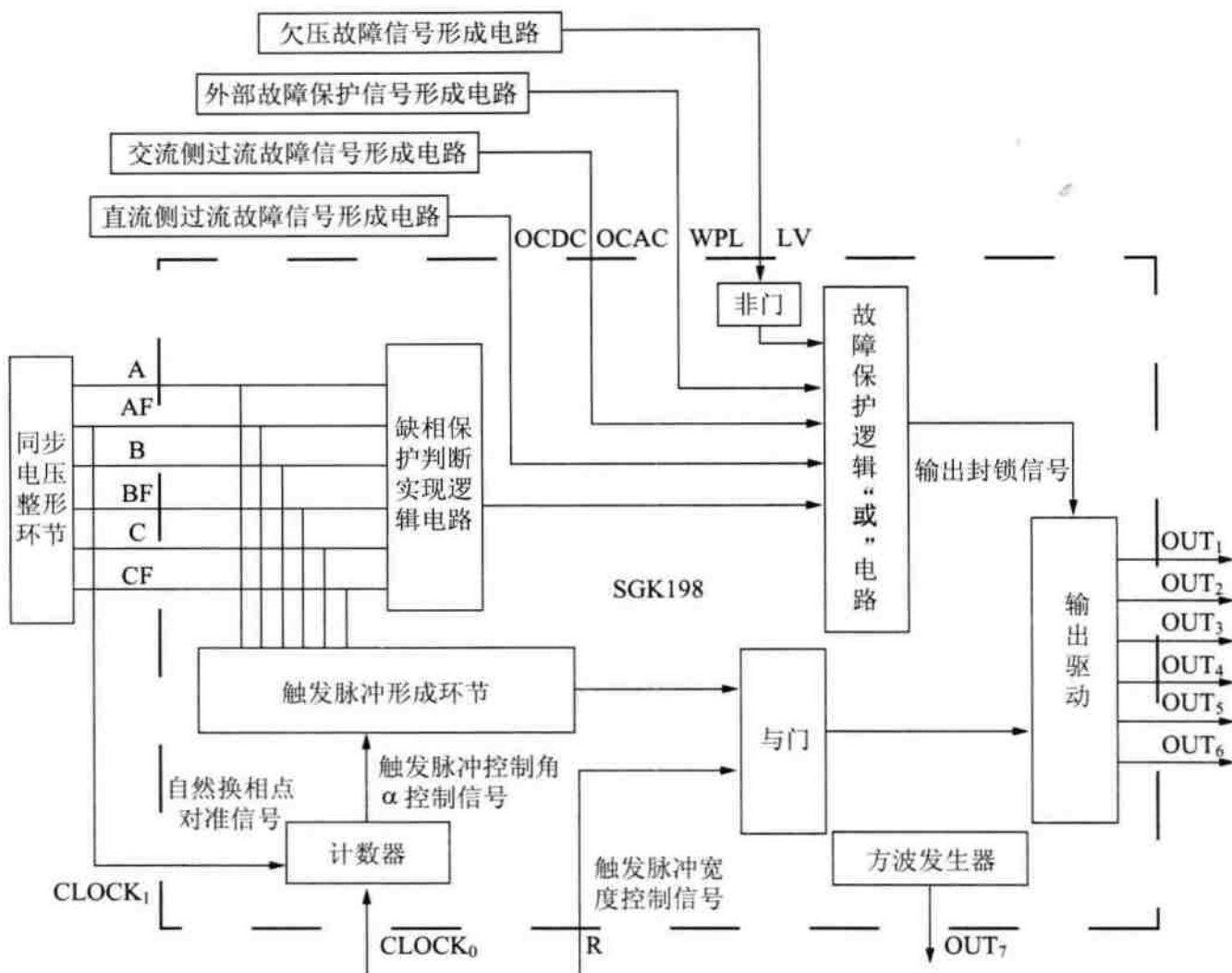


图 1.28 SGK198 的内部结构及工作原理框图

来自三相电网或同步变压器的三相电压,经过外部的同步电压整形环节变为方波信号后接入该触发器的 6 路同步信号输入端。在 SGK198 内,通过对引脚 5~引脚 10 输入的 6 路同步电压方波上升沿及下降沿的检测,由内部缺相保护判断实现逻辑电路检测是否缺相,若缺相则停止触发脉冲输出,并将 6 个输出引脚同时变为低电平,输出报警信号。将 A 相同步脉冲下降沿作为换相点识别标志 $\alpha=0^\circ$ 的位置,并送给 SGK198 内部计数器,作为计数开始的信号,这样就确保了触发脉冲形成环节的输出对准换相点,进而输出调制脉冲。外部 U/f 变换器提供的频率控制信号 $CLOCK_0$,通过 SGK198 内部计数器计数,输出对触发脉冲控制角 α 的控制信号,所以当 U/f 变换器输出频率增高时,相当于输出触发脉冲左移(对应 α 减小);当 U/f 变换器输出频率降低时,相当于输出触发脉冲右移(对应 α 增大), U/f 变换器输出的最高与最低脉冲频率值决定了使用中的最大触发控制角 α_{\max} 与最小

触发控制角 α_{\min} 。SGK198 内部方波发生器产生方波信号,送往外部电路的脉宽设定环节,经过处理输出对应每个触发脉冲的 6 路脉冲列,与 SGK198 内部的 6 路触发脉冲相“与”,控制输出 6 路脉冲的宽度。

为防止欠压、外部故障和交、直流侧过流故障对电路产生破坏,发生上述故障时,由外部故障判断电路形成故障信号,输入到 SGK198 内部故障保护逻辑或电路,由该环节输出封锁信号,封锁 6 路脉冲的输出。同时,各个故障信号从 SGK198 的对应引脚输出,使连接在对应引脚的发光二极管发光,给出相应的故障报警信号。

1.8.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 内部全数字式运算,控制精度高。
- (2) 调制式脉冲输出。
- (3) 有独立封锁端,方便保护。
- (4) 对同步波形要求低。
- (5) 采用 CPLD 软件一次编程烧结形成的纯硬件结构,不存在软件执行中的程序跑飞问题,抗干扰能力很强。

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压:5V。
- (2) 输入移相频率范围:100~25kHz。
- (3) 同步信号:高电平 5V,低电平 0V。
- (4) 封锁高电平信号:5V。
- (5) 封锁低电平信号:0V。
- (6) 复位信号:0V。
- (7) 同步信号频率 f :50Hz。
- (8) 允许工作温度范围 T_A :0~40℃。

1.8.4 应用技术

SGK198 可方便地用于主功率器件为晶闸管的电力电子变流系统中。

图 1.29 给出了以 SGK198 为核心制作的开环触发脉冲形成单元,其构成电路可分为 U/f 变换器、脉冲宽度设定和 6 路相位互差 60° 的触发脉冲形成 3 个环节。差分运算放大器 IC_{2A} 与比较器 IC_{2B} 及 IC_{4C} 构成了 U/f 变换器,把闭环调节器输出的电压变为与之相适应的频率信号;当电容 C_{45} 两端的电压低于 IC_{4C} 引脚 9 的电压时,比较器 IC_{4C} 输出高电平,二极管 VD₂₇ 截止,电容 C_{45} 经电源电压 +15V 和电阻 R_{69} 、 R_{68} 、 R_{67} 进行充电;当充电电压高于比较器 IC_{4C} 引脚 9 的电压时,IC_{4C} 输出低电平,电容 C_{45} 经 R_{67} 、VD₂₇、IC_{4C} 引脚 14 放电;当 C_{45} 两端电压又低于 IC_{4C} 引脚 9 的电

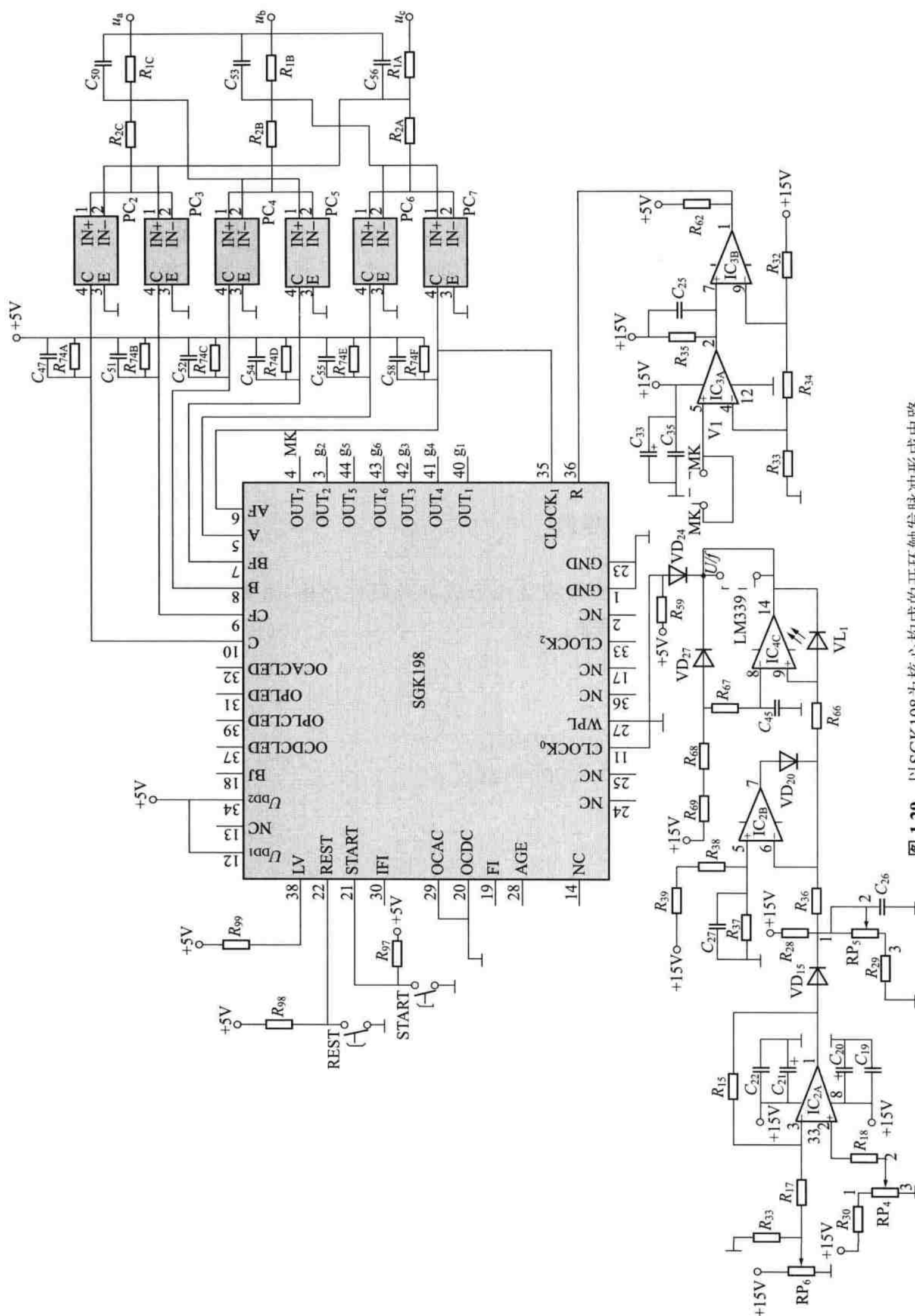


图 1.29 以SGK198为核心构成的开环发脉冲形成电路

压时,比较器 IC_{4C} 又输出高电平, C_{45} 又重新充电……如此周而复始,将闭环调节器输出的电压转换为与之成正比的频率信号。同时可以看出,当闭环调节器输出电压高时,电容 C_{45} 充电到大于该值的时间就长, U/f 环节输出的频率就低;反之,输出频率就高。SGK198 内部采用对此频率计数的方法来决定输出触发脉冲的时间,内部计数器计满便输出触发脉冲, U/f 输出频率高时,计数历时时间短,何时开始计数取决于引脚 5~引脚 10 输入的三相 6 路同步方波信号的下降沿。因为在同步电压形成环节中已通过匹配电阻电容 (R_{1A} 、 R_{2A} 、 C_{56} ; R_{1B} 、 R_{2B} 、 C_{53} ; R_{1C} 、 R_{2C} 、 C_{50}) 保证了起始计数时刻刚好对准相电压交点的自然换相点,所以当 U/f 输出频率增高时,相当于输出触发脉冲左移(对应 α 角度减小);当 U/f 输出频率降低时,相当于输出触发脉冲右移(对应 α 角度增大)。 U/f 变换单元输出的最高与最低脉冲频率值决定了使用中的最大触发控制角 α_{\max} 与最小触发控制角 α_{\min} 。

比较器 IC_{3A} 与 IC_{3B} 及外围元器件一起构成脉宽设定环节,也可以看作是一个压控振荡器。来自 SGK198 引脚 4 输出的方波信号 MK 与 IC_{3A} 引脚 4 输入的门槛电压比较,输出同频率的方波脉冲信号,该脉冲信号决定了微分电容 C_{25} 和上拉电阻 R_{35} 设定的脉冲上升沿与下降沿的微分脉冲宽度。此微分脉冲与 IC_{3B} 引脚 6 的门槛电压比较,从而在引脚 1 输出对应每一个触发脉冲的 6 路脉冲列,与 SGK198 内部的脉冲相“与”,决定输出 6 路脉冲的宽度。

该触发电路中未使用 SGK198 内部的欠压、过压、过流及外部故障保护功能,所以这些保护的输入端均悬空未接。START 与 REST 为接于控制面板上的启动与复位开关。

1.9 SGK199 晶闸管中频电力电子变流设备用 CPLD 准数字触发器集成电路

SGK199 是陕西高科电力电子有限责任公司采用进口原装 CPLD 芯片,以软件编程,一次性“烧死”的高性能感应加热电力电子变流设备控制核心芯片。它的封装形式、引脚数与 SGK198 完全相同,是在 SGK198 芯片的基础上增加扫频控制、中频逆变控制脉冲形成、逆变脉冲输出控制、频率锁相和他激转自激控制等功能单元而开发的高性能产品。

1.9.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

SGK199 采用 4 列直插式 44 引脚标准封装,引脚排列如图 1.30 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 1.8 所列。

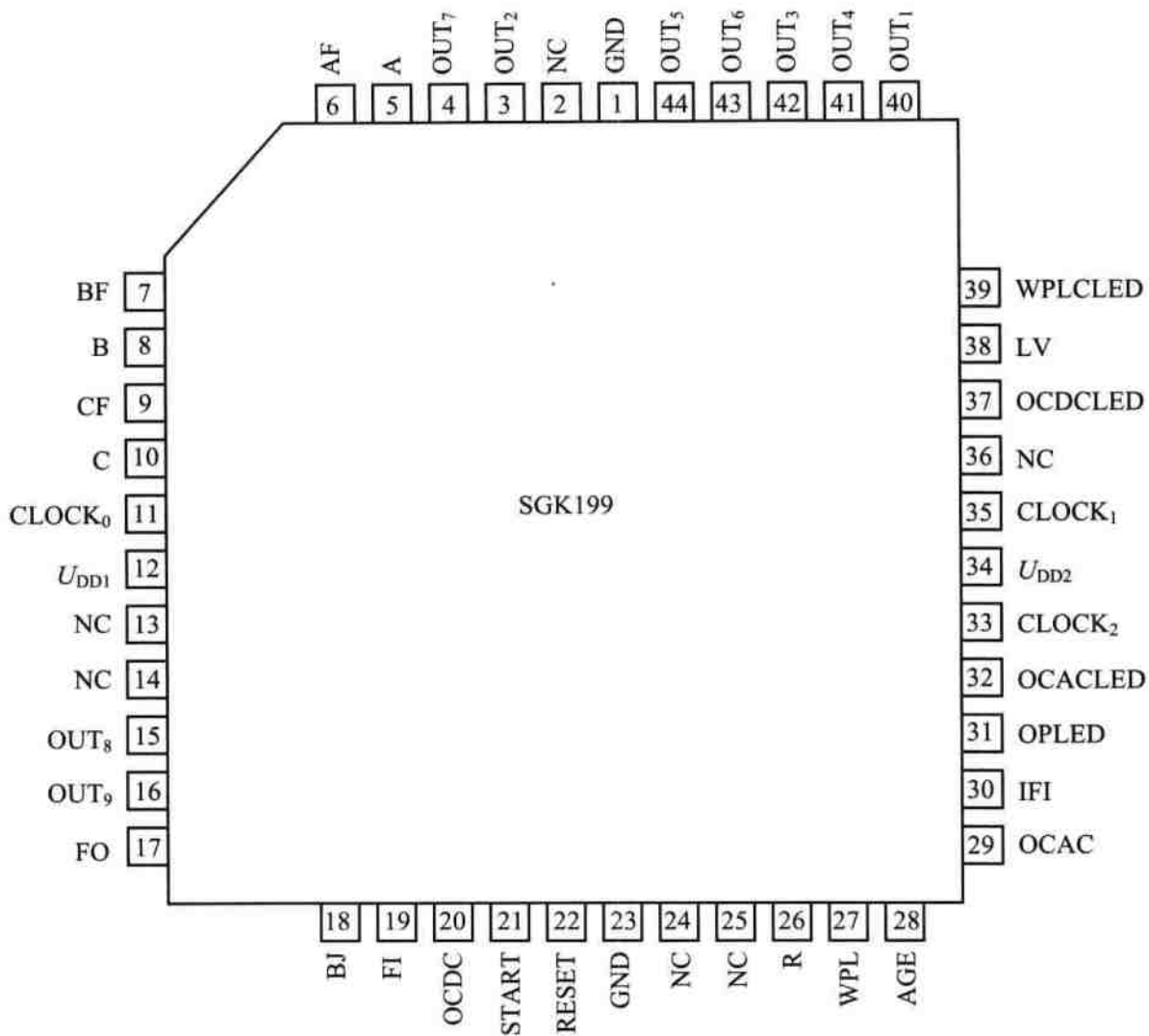


图 1.30 SGK199 的引脚排列(引脚朝下)

表 1.8 SGK199 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
1	GND	参考地端	接用户提供电源的参考地端
2	NC	空脚	使用中悬空
3	OUT ₂	对应同步电压 A 相负半周触发脉冲输出端	接对应引脚 9 同步电压触发脉冲功率放大电路的输入
4	OUT ₇	6 路整流触发脉冲或信号输出端	输出 6 路整流触发脉冲“或”信号到用户提供的整流脉冲功率放大电路,通过该整流脉冲功放电路处理,保证每隔 60°仅有 6 路触发脉冲中的 1 路输出
5	A	对应 A 相正半周同步信号输入端	使用中接对应 A 相正半周同步信号形成电路输出
6	AF	对应 A 相负半周同步信号输入端	接对应 A 相负半周同步信号形成电路输出
7	BF	对应 B 相负半周同步信号输入端	接对应 B 相负半周同步信号形成电路输出

续表 1.8

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
8	B	对应 B 相正半周同步信号输入端	接对应 B 相正半周同步信号形成电路输出
9	CF	对应 C 相负半周同步信号输入端	接对应 C 相负半周同步信号形成电路输出
10	C	对应 C 相正半周同步信号输入端	接对应 C 相正半周同步信号形成电路输出
11	CLOCK ₀	整流控制触发角 α 计数频率信号输入端	接 U/f 变换器输出端。将 U/f 环节输出的脉冲频率信号接入 SGK199 并计数, 以此决定三相可控整流输出触发脉冲的时间。内部计数器计满便输出触发脉冲, 由此决定输出触发脉冲触发控制角 α 的大小
12	U_{DD1}	工作电源电压输入端 1	接用户提供的 +5V 电源正端
13	NC	空脚	悬空
14	NC	空脚	悬空
15	OUT ₈	中频触发脉冲输出端 1	与引脚 16 输出相位互差 180° 的两路逆变控制用中频触发脉冲信号到逆变控制用中频脉冲功率放大电路, 经放大隔离与整形后送往逆变桥电路, 触发 H 型逆变桥一条对角线中的两组晶闸管工作, 使用中直接接 H 型逆变桥一条对角线中晶闸管的脉冲功率放大、隔离及整形电路输入
16	OUT ₉	中频触发脉冲输出端 2	与引脚 15 输出相位互差 180° 的两路逆变控制用中频触发脉冲信号到逆变控制用中频脉冲功率放大电路, 经放大隔离与整形后送往逆变桥电路, 触发 H 型逆变桥另一条对角线上的两组晶闸管工作, 使用中直接接 H 型逆变桥另一条对角线中晶闸管的脉冲功率放大、隔离及整形电路输入
17	FO	自激频率信号输出端	从引脚 30 输入的自激频率信号, 在 SGK199 内部整形后, 再分为对应正、负半周的触发脉冲从 FO 输出。该信号经外部电路, 通过 CLOCK ₂ 端, 作为自激频率信号送往 SGK199 内部电路, 使用中与外配的他激转自激选择开关一端相连

续表 1.8

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
18	BJ	综合故障报警输出端	在 SGK199 内部将交流侧过流(或直流侧过流)、外部故障、欠压、缺相诸保护的报警信号进行了逻辑“或”,从而实现综合保护输出。不管发生哪一种故障,引脚 18 都输出高电平,发出报警信号。该报警信号可用于切断主电路或给出综合报警,同时可接发光二极管,使用中根据用户选择的综合故障报警模式,通过电阻接发光二极管或驱动继电器的功率放大晶体管基极
19	FI	故障拉逆变保护输出端	发生任一故障时输出一较高幅值的电平,使外接比较器状态改变,将用户给定电压强行拉为近似于零,实现拉逆变保护,将整流触发控制角推入逆变区。使用中接外部保护电路比较器的反相输入端
20	OCDC	直流过流保护信号输入端	接直流侧过流保护电路输出。未发生直流侧过流故障时,该端为低电平;发生直流侧过流故障时,该端为高电平,封锁 6 路整流触发脉冲
21	START	启动端	接用户提供的启动信号,控制 SGK199 启动工作,高电平时工作,输出触发脉冲,低电平时输出脉冲全封锁。使用中与用户系统选用的启动电路输出相连
22	RESET	复位端	接用户提供的复位信号,控制 SGK199 复位工作,低电平复位,从初始状态开始工作。使用时与复位电路输出相连
23	GND	参考地端	接用户提供电源的参考地端
24	NC	空脚	悬空
25	NC	空脚	悬空
26	R	触发脉冲宽度设定输入端	通过内部电路将 SGK199 输出的对应整流触发的 6 路触发脉冲相“或”,再经外部电路对脉宽进行设定后输入对应每个触发脉冲的窄脉冲列。该脉冲列与 SGK199 内部产生的 6 路整流触发脉冲相“与”,决定输出 6 路脉冲的宽度。使用中接决定脉宽的外部电路输出

续表 1.8

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
27	WPL	外部故障保护信号输入端	接外部故障保护环节输出。未发生外部故障时,该端输入为低电平;发生外部故障时,该端输入为高电平,封锁 6 路脉冲输出
28	AGE	他激转自激控制输入端	接用户提供的他激转自激控制电路输出。该端为低电平时,封锁引脚 15 与引脚 16 输出的中频触发脉冲信号;高电平时,开放中频触发脉冲信号的输出,开始他激转自激过程
29	OCAC	交流过流保护信号输入端	接交流侧过流保护电路输出。未发生交流侧过流故障时,该端输入为低电平;发生交流侧过流故障时,该端输入为高电平,封锁 6 路整流触发脉冲输出
30	IFI	自激频率信号输入端	接用户提供的自激信号产生电路,将自激信号送入 SGK199 内部进行处理,生成对应逆变桥中正、负半周的触发脉冲,然后从引脚 17(FO)输出
31	OPLED	缺相保护指示报警输出端	接缺相故障报警发光二极管阴极,发光二极管阳极通过电阻接+5V
32	OCACLED	交流侧过流指示报警输出端	接交流过流故障报警发光二极管阴极,发光二极管阳极通过电阻接+5V
33	CLOCK ₂	他激/自激频率信号输入端	接外部他激频率信号形成电路输出,输入他激频率信号到 SGK199 内部进行两分频后从引脚 15 与引脚 16 输出中频触发脉冲信号。他激转自激转换完成后,从引脚 17(FO)经外部电路输入自激频率信号
34	U _{DD2}	工作电源电压输入端 2	使用中接用户提供的+5V 电源正端
35	CLOCK ₁	整流触发脉冲产生计数频率信号输入端	接外配的将用户功率调节给定信号转变为频率信号的压控振荡器 U/f 的输出。该端输入频率越高,则整流触发控制角 α 越小
36	NC	空脚	悬空
37	OCDCLED	直流侧过流报警指示输出端	接直流过流故障报警发光二极管阴极,发光二极管阳极通过电阻接+5V
38	LV	工作电源欠电压保护信号输入端	直接接工作电源欠电压保护电路输出,正常工作时输入高电平;一旦发生工作电源欠压,则输入低电平,封锁触发脉冲输出

续表 1.8

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
39	WPLCLED	外部故障报警指示输入端	接外部故障报警发光二极管阴极,发光二极管阳极通过电阻接+5V
40	OUT ₁	对应同步电压 A 相正半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 A 相正半周触发脉冲功率放大电路输入端
41	OUT ₄	对应同步电压 A 相负半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 A 相负半周触发脉冲功率放大电路输入端
42	OUT ₃	对应同步电压 B 相正半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 B 相正半周触发脉冲功率放大电路输入端
43	OUT ₆	对应同步电压 B 相负半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 B 相负半周触发脉冲功率放大电路输入端
44	OUT ₅	对应同步电压 C 相正半周触发脉冲输出端	接对应同步电压 C 相正半周触发脉冲功率放大电路输入端

1.9.2 内部结构及工作原理

SGK199 的内部结构及工作原理框图如图 1.31 所示。其内部包含 1 个触发脉冲形成环节、1 个缺相保护判断实现逻辑电路、1 个故障保护逻辑“或”电路、2 个输出驱动环节、1 个 6 路输出脉冲或电路、1 个整形变换电路、1 个 2 分频电路、1 个计数器、1 个非门、1 个与门,共 11 个单元电路。这些功能单元有的是纯硬件结构,有的则由软件程序实现。

除了对 6 路晶闸管触发脉冲输出做出调整和增加了中频电力电子变流设备中逆变桥的控制功能外,SGK199 其他功能环节的工作原理与前节所述 SGK198 基本相同。本节仅就增加的功能进行介绍。

SGK199 引脚 33(CLOCK₂)接用户提供的他激/自激脉冲电路产生的他激/自激脉冲。该脉冲信号通过内部电路提供的 2 分频电路,在引脚 15、引脚 16(OUT₈、OUT₉)输出 2 路相位互差 180°的逆变控制用中频触发脉冲,经脉冲功率放大电路放大隔离与整形后送往逆变桥电路,触发逆变桥中两组互为对角线的晶闸管工作。

他激转自激的过程:开始时,由用户提供的他激信号产生电路发出从高于固有频率朝趋向固有频率变化的可变频率信号,经 SGK199 内部电路 2 分频,当用户输入开始他激转自激信号且 SGK199 的引脚 28(AGE)输入信号为高电平时,中频触发脉冲信号的输出开放,开始他激转自激过程。中频触发脉冲再由逆变控制用中频脉冲功率放大电路放大隔离与整形后去触发逆变桥中的晶闸管工作,从而在主电路中形成中频电压。中频电压经电压互感器检测反馈到 SGK199 的外配电路中整形处理,在扫频频率与固有频率相同时,从 SGK199 引脚 30(IFI)输入,在内部经整形电路再次整形后,分配为对应正负半周的触发脉冲,从 SGK199 引脚 17(FO)

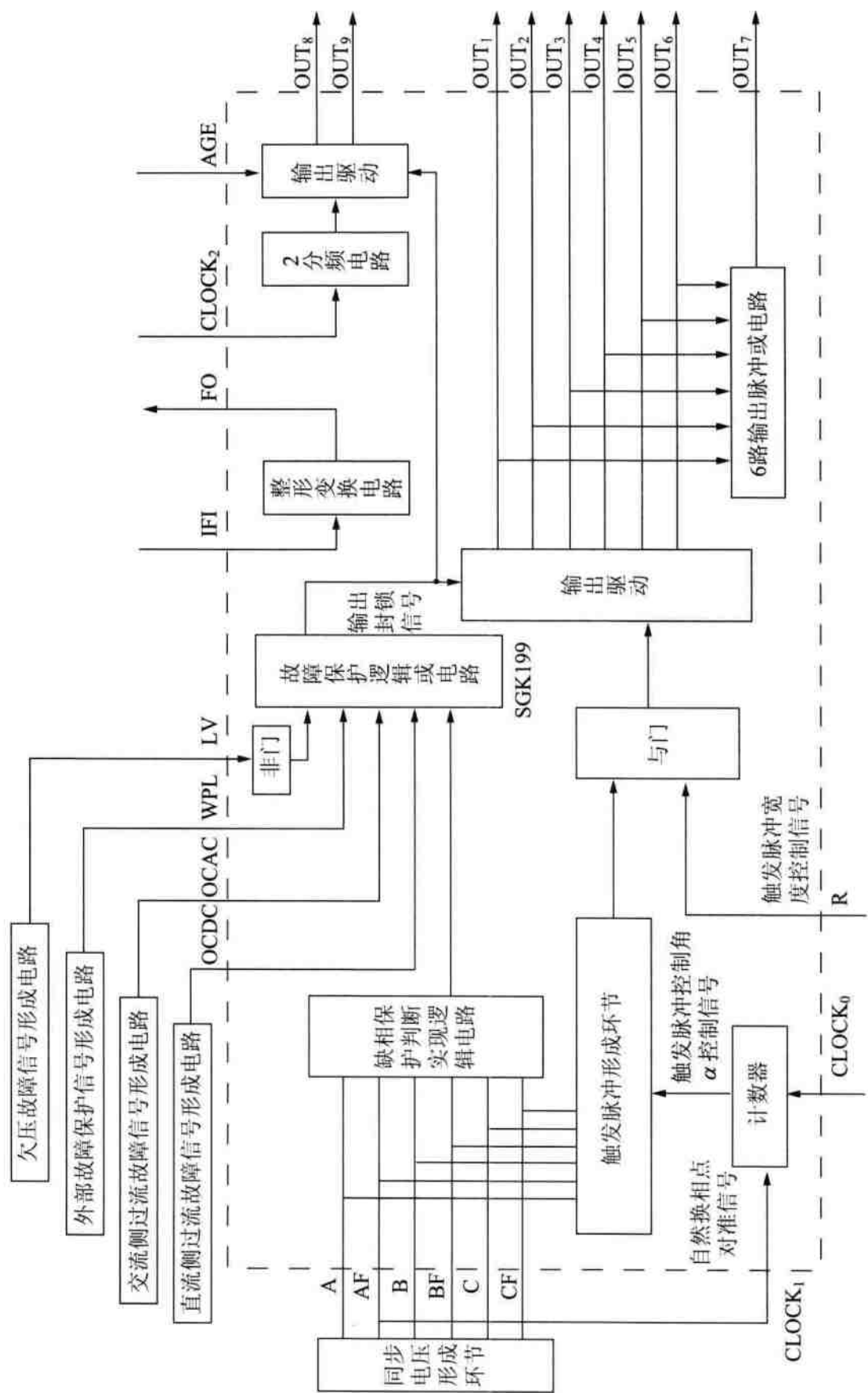


图 1.31 SGK199 的内部结构及工作原理框图

输出自激频率信号。用户提供的电路将自激信号提供给 SGK199 引脚 33 (CLOCK₂), 完成主电路工作模式从他激到自激的转换, 然后与外部电路配合控制中频电力电子变流设备以主电路中电容及感应圈等效电感决定的固有频率稳定运行。

1.9.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 内部全数字式运算, 控制精度高。
- (2) 可输出 6 路整流用调制式脉冲, 保证每隔 60° 仅有 6 路触发脉冲中的 1 路输出。
- (3) 输出 2 路逆变控制用中频脉冲, 实现中频电力电子变流设备中逆变桥的控制。
- (4) 可完成他激转自激控制, 对扫频式中频电力电子变流设备输出激励脉冲信号。
- (5) 有独立封锁端, 方便保护。
- (6) 对同步电压波形要求低。
- (7) 抗干扰能力强。

2. 电参数和限制

- (1) 工作电源电压: 5V。
- (2) 输入移相电压范围 U_K : $0 \sim 10V$ 。
- (3) 整流同步信号: 高电平 5V, 低电平 0V。
- (4) 封锁高电平信号: 5V。
- (5) 封锁低电平信号: 0V。
- (6) 复位信号: 0V。
- (7) 整流同步信号频率 f : 50Hz。
- (8) 允许工作温度范围 T_A : $0 \sim 40^\circ C$ 。

1.9.4 应用技术

SGK199 可方便地在主功率器件为晶闸管的扫频式中频电力电子变流系统中作为控制核心使用。图 1.32(见书后插页)给出了由陕西高科电力电子有限责任公司以 SGK199 为核心开发的 KGPS-VII 型晶闸管中频电力电子变流设备控制板电路原理图。

第 2 章 单相晶闸管 电力电子变流设备触发板

2.1 概 述

晶闸管是电力电子行业中广泛应用的电力电子器件之一,从单只功率容量来看,覆盖了电流容量从 1~6500A,电压从 50~6500V 的广大范围,但无论多大容量的晶闸管,其结构性能决定了必须保证在阳-阴极承受正向电压时,在其门-阴极施加可以相对阳-阴极电压相位改变的触发脉冲才能工作,这种产生触发脉冲的电路便是电力电子行业中通常所说的触发器或触发板。随着晶闸管控制功率容量的不同,触发器也有单相和三相之分,单相晶闸管触发器是构成三相晶闸管触发器的基础,多用于小功率场合。为了方便国内电力电子行业应用,国内几家生产企业将晶闸管触发器集成电路外配以工作电源、保护电路、脉冲功率放大隔离与整形电路制作成了标准的、自成系列的单相晶闸管触发板及配套的脉冲隔离、整形末级板,表 2.1 简要列出了国内使用量大的由陕西高科电力电子有限责任公司生产的单相晶闸管触发板的型号、主要设计特点和技术参数。

表 2.1 典型单相晶闸管触发板简表

型 号	特 点	主要参数
JQC1.0	采用平面安装方式的单相全控、单相半控桥或双半波、半波晶闸管整流的移相触发板,内含 PI 调节器、脉冲功率放大电路、过压和过流保护、给定积分器及控制板自身工作电源,该电源可供用户做给定、保护及取样电路使用,需外配脉冲变压器和整形电路才可触发晶闸管	工作电源电压:双交流 18V 输入同步电压:AC 30V 输入移相电压范围 U_K :0~10V 移相范围:0~178° 反馈信号幅值 U_f :AC0~10V 保护输出接点容量:220V/1A 外形尺寸(长×宽×高):170mm×105mm×22mm
JQC1.1	主芯片为 TCA785,是专为单相调功控温系统设计的晶闸管触发板。采用电子开关控制输出脉冲的通断,其余性能同 JQC1.0。可用于工业电炉及其他需调功控温的场合	工作电源电压:双交流 18V 输入同步电压:AC30V 输入移相电压范围 U_K :0~10V 移相范围:0~178° 保护输出接点容量:220V/1A 外形尺寸(长×宽×高):147mm×157mm×25mm

续表 2.1

型 号	特 点	主要参数
KCZ2	主芯片为 TCA785, 是晶闸管单相开环触发板。适合在主电路为单相桥式全控、单相桥式半控、单相双半波可控整流等系统中做晶闸管的触发电路, 输出为脉冲列, 内含工作电源部分。可用于单相可控整流或交流调压、调速装置	工作电源电压: 双交流 18V 输入移相电压范围 U_K : 0~10V 移相范围: 0~178° 保护输出接点容量: 220V/1A 外形尺寸(长×宽×高): 147mm×86mm×30mm
KCZ4-1T	主芯片为 TCA785, 是晶闸管单相闭环触发板。在使用中, 它不需外接同步变压器、电源变压器及脉冲变压器, 可用作单相桥式全控、半控、半波整流及调压系统中晶闸管的触发电路, 可用于电动机励磁、小功率直流调速、小功率电解和电镀类电力电子变流设备	工作电源电压: 双交流 18V 输入移相电压范围 U_K : 0~10V 移相范围: 0~180° 外形尺寸(长×宽×高): 260mm×155mm×55mm
KCZ4-1TS2	为弥补 KCZ4-1T 控制板只能用于单闭环系统的不足而开发的, 既可用于单闭环系统, 又可用于双闭环系统, 保护功能完善的晶闸管单相多功能闭环控制板。它在 KCZ4-1T 控制板的基础上增加了较多功能, 可直流反馈, 亦可交流反馈; 可电压反馈, 亦可电流反馈; 灵活性强。板内含有保护后的复位环节	工作电源电压: 220V 反馈信号幅值: 电压反馈, 0~10V; 电流反馈, 0~100mA 输入移相控制电压范围: 直流 0~10V 移相范围: 0~180° 保护后输出节点容量: 220V/1A 或 380V/0.5A 外形尺寸(长×宽×高): 260mm×155mm×55mm
KBC2M-1	单相闭环控制触发板, 具有稳压、稳流、限压、限流等功能, 板内带有双并联 PI 调节器、锯齿波脉冲形成电路, 自身带工作电源和脉冲变压器, 适合在单相半控晶闸管电力电子变流设备中作为触发控制单元使用	交流供电电压: 双交流 18V 电压反馈最大允许幅值: 直流 12V 单端输入移相范围: 0~180° 输出触发脉冲宽度: 25° 外形尺寸(长×宽×高): 208mm×125mm×35mm
KKC2M-1	单相开环过零触发板, 可用于交流调压、调功、整流系统, 带软启动功能, 可相控或过零触发使用, 还可与自动化仪表连接, 实现闭环控制	外形尺寸(长×宽×高): 205mm×140mm×30mm 其余参数同 KBC2M-1
KBC4M-1	单相全桥闭环控制触发板, 有稳压、稳流、限压、限流等功能, 可控制单相全桥进行有源逆变, 自身带有软启动功能, 可用于充、放电或单相稳压、稳流电源系统	外形尺寸(长×宽×高): 208mm×165mm×30mm 其余参数同 BC2M-1
KCZ1	专为小功率直流电动机调速而开发的专用控制板, 以 TCA785 为主芯片, 内含双闭环调节器、过流保护单元, 并带有脉冲隔离、脉冲整形及抗干扰环节。输出可直接触发 4 个晶闸管, 可方便地用于单相全控桥、单相半控桥式及双半波可控电路中做晶闸管的触发	输入工作电压: 双交流 18V, 0.5A 输入移相电压范围 U_K : 0~12V 移相范围 α : 0~170° 输入反馈电压或转速值: 0~-12V 直流 输入反馈电流范围 I_t : 交流 0~10V, 0.1A 外形尺寸(长×宽×高): 164mm×149mm×30mm

续表 2.1

型 号	特 点	主要参数
KZC2M-2	为单相直流调速系统开发设计的触发板,既可用于单相系统输入系统中直流电动机的电枢控制,还可用于其励磁控制回路。板内含转速闭环、电流闭环的双闭环调节器及脉冲形成电路、直流工作电源及脉冲变压器	供电电源电压:双交流 18V,0.5A 电流反馈信号:单端输入直流 2V 或直流 75mV 外形尺寸(长×宽×高):205mm×145mm×30mm

2.2 KCZ4-1T 单相全控(半控)触发板

KCZ4-1T 是专门设计用于单相晶闸管系统中作为 4 个或 2 个晶闸管的触发使用的单相全控(半控)触发控制板。在使用中,它不需外接同步变压器、电源变压器及脉冲变压器,可用于单相桥式全控、半控、双半波可控整流及调压系统中做晶闸管触发用,适合在电动机励磁、小功率直流调速、小功率电解和电镀及直流电力电子变流设备中做触发控制。

2.2.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 输出为调制脉冲,可直接触发 4 只电流容量在 1650A 以内的晶闸管元件。
- (2) 板内含有 IP 调节器,积分时间常数和比例放大倍数可单独调节,给现场调试等带来了很大的方便。
- (3) 板内含有过流、过压及截流、截压保护,且保护门槛可调。
- (4) 板内含有自身工作的直流电源。
- (5) 故障保护后输出 1 组常开触点信号,用户可方便地用来分断主电路。
- (6) 输出调节可利用板内的给定积分器,亦可不用板内给定积分器直接给定。

2. 主要参数限制

- (1) 输入工作电源电压:交流 220V,50Hz/0.02A。
- (2) 输出正工作电源电压与负载能力:直流+15V/20mA。
- (3) 输出负工作电源电压与负载能力:直流-15V/10mA。
- (4) 反馈及保护电压输入信号,可交流,也可直流:0~10V/10mA。
- (5) 电流取样输入信号直流 0~10V/10mA 或单相交流 0~100mA。
- (6) 保护后输出接点容量 380V/1A 或交流 220V/2A 或直流 24V/2A。

2.2.2 内部结构及工作原理

KCZ4-1T 控制板的内部结构及工作原理如图 2.1 所示,图 2.2 给出了按功能块划分的原理框图,从图显见它的内部包含:控制电源 DY、给定积分器 GDJ、调节

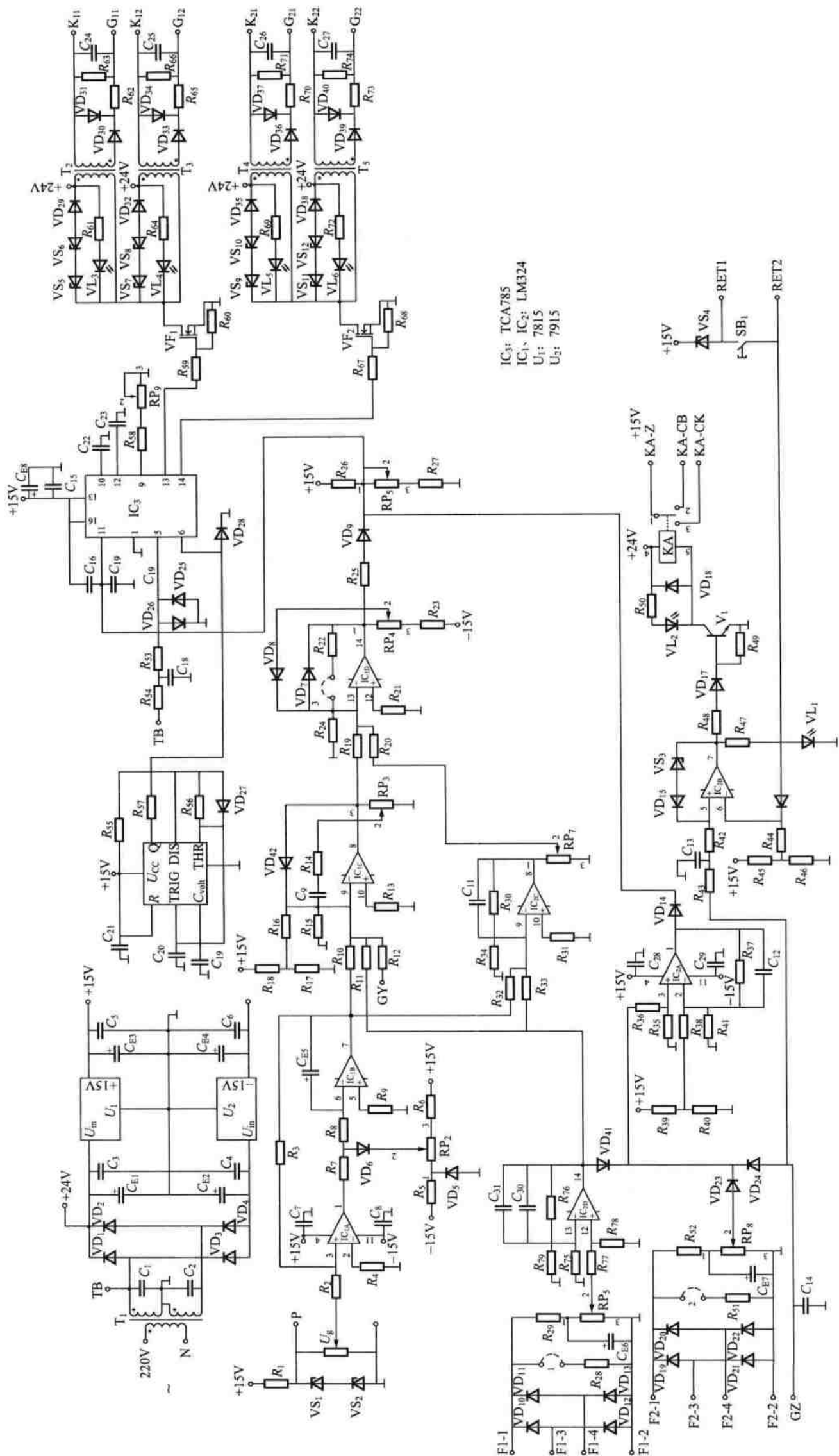


图 2.1 KCZ4-1T控制板的内部结构及工作原理图

器 IP、限幅环节 XF、移相脉冲形成环节 YX、脉冲功率放大及隔离与整形单元 MF/TR、反馈信号输入处理 FKR、保护信号输入环节 BHR、外部综合保护接点信号输入处理单元 ZBHR,具体应用时还需外接给定电位器 WGD、反馈信号 FKX、保护信号 BHX、外部故障接点信号 ZBHX、保护综合处理环节 BHZ,保护动作接点输出 BDC。

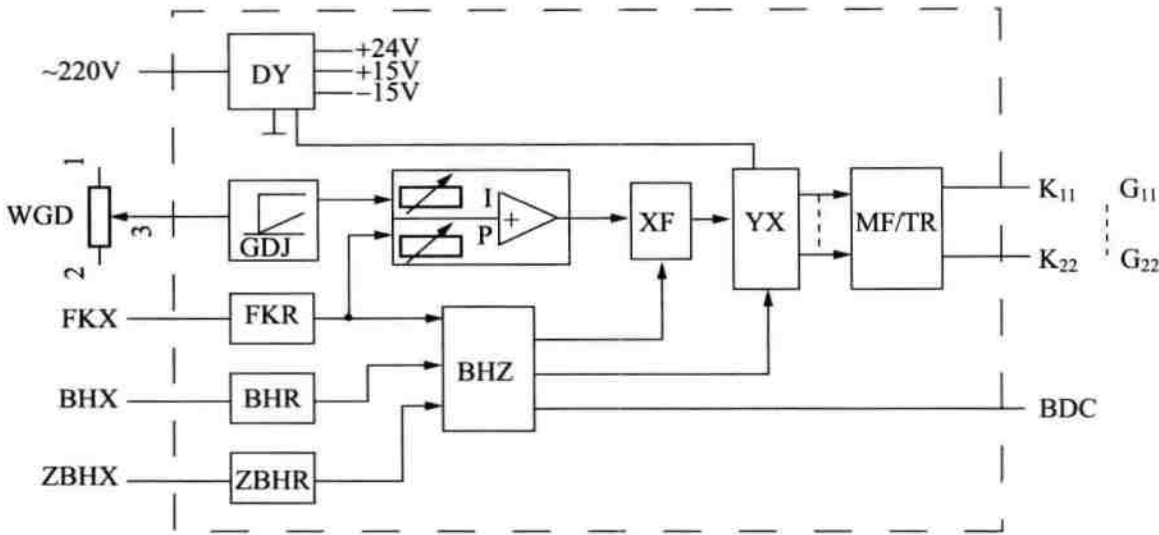


图 2.2 KCZ4-1T 控制板的内部结构及工作原理框图

2.2.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 1500m。
- (2) 使用环境温度范围 $T_A: 0 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气相对湿度: $\leq 90\%$ 。
- (4) 可靠安装,接线正确,不受剧烈振动或冲击。
- (5) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体 and 蒸汽。

2. 外形及安装尺寸

KCZ4-1T 控制板的外形尺寸为长×宽×高=260mm×155mm×55mm,安装孔距为长×宽=250mm×145mm,安装孔为 4- $\Phi 4.5$,实物外形及元器件布置如图 2.3 所示。使用中应可靠稳定安装,对外接线应使用截面积不小于 0.5mm² 的多芯软铜线。

3. 各电位器的作用及调节方法

- (1) 电位器 RP_2 为给定积分上升时间调节电位器,当通过 KCZ4-1T 板内的给定积分器实现输出参数设定时,可以利用该电位器来调节给定积分的时间长短:顺时针调节,给定积分时间变长;逆时针调节,给定积分时间变短。
- (2) 电位器 RP_3 为 IP 调节器积分时间调节电位器:顺时针调节,等效积分时间变长;逆时针调节,等效积分时间变短。
- (3) 电位器 RP_7 为 IP 调节器比例放大倍数调节电位器:顺时针调节,比例放

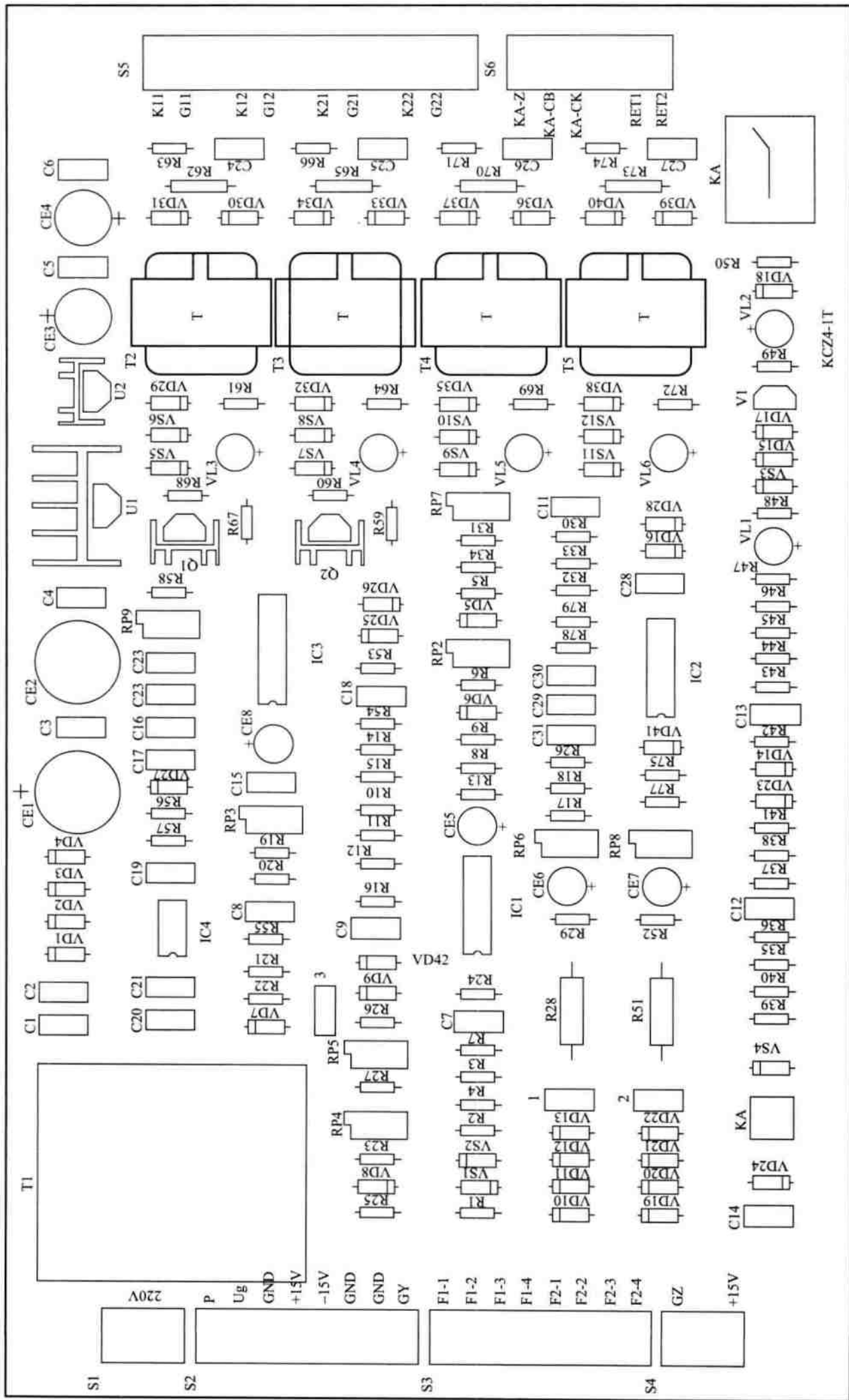


图 2.3 KCZ4-1T控制板的实物外形及元器件布置

大倍数变大;逆时针调节,比例放大倍数变小。

(4) 电位器 RP_4 为最大 α 角限幅 α_{\max} 调节电位器,顺时针调节, α_{\max} 减小;逆时针调节, α_{\max} 增大。出厂时 α_{\max} 已调为 180° ,若用户系统负载为电阻性,则 RP_4 不需调节;当用户系统负载为电感性时,可调节 α_{\max} 为 90° ,也可不调节。

(5) 电位器 RP_5 为最小 α 角限幅 α_{\min} 调节电位器:顺时针调节, α_{\min} 减小;逆时针调节, α_{\min} 增大。出厂时 α_{\min} 已调为接近 0° ,用户使用中一般不需调节。

(6) 电位器 RP_6 为闭环反馈信号幅值调节电位器:顺时针调节,闭环反馈信号幅值增大;逆时针调节,闭环反馈信号幅值减小。

(7) 电位器 RP_8 为保护取样信号实际值调节电位器:顺时针调节,保护取样信号实际值增大;逆时针调节,保护取样信号实际值减小。

(8) 电位器 RP_9 为锯齿波幅值调节电位器:顺时针调节,锯齿波幅值增大;逆时针调节,锯齿波幅值降低。

4. 正确接线

图 2.4 是 KCZ4-1T 控制板的对外接线分类及接线位置示意图,说明如下。

(1) 接插件 S_1 的引脚 $S_{1.3}$ 与引脚 $S_{1.1}$ 之间接 220V 交流电源。引脚 $S_{1.2}$ 是空脚,使用中悬空。

(2) 接插件 S_2 的 $S_{2.8}$ 、 $S_{2.7}$ 、 $S_{2.6}$ 之间外接阻值为 $10k\Omega$ 、功率不小于 $1W$ 的电位器。其中, $S_{2.8}$ 与 $S_{2.6}$ 两端接该电位器的两固定端, $S_{2.7}$ 接电位器的中间滑动端。 $S_{2.5}$ 、 $S_{2.4}$ 、 $S_{2.3}$ 分别为 $+15V$ 、 $-15V$ 、 GND ,提供给用户使用,可作为外接霍尔传感器

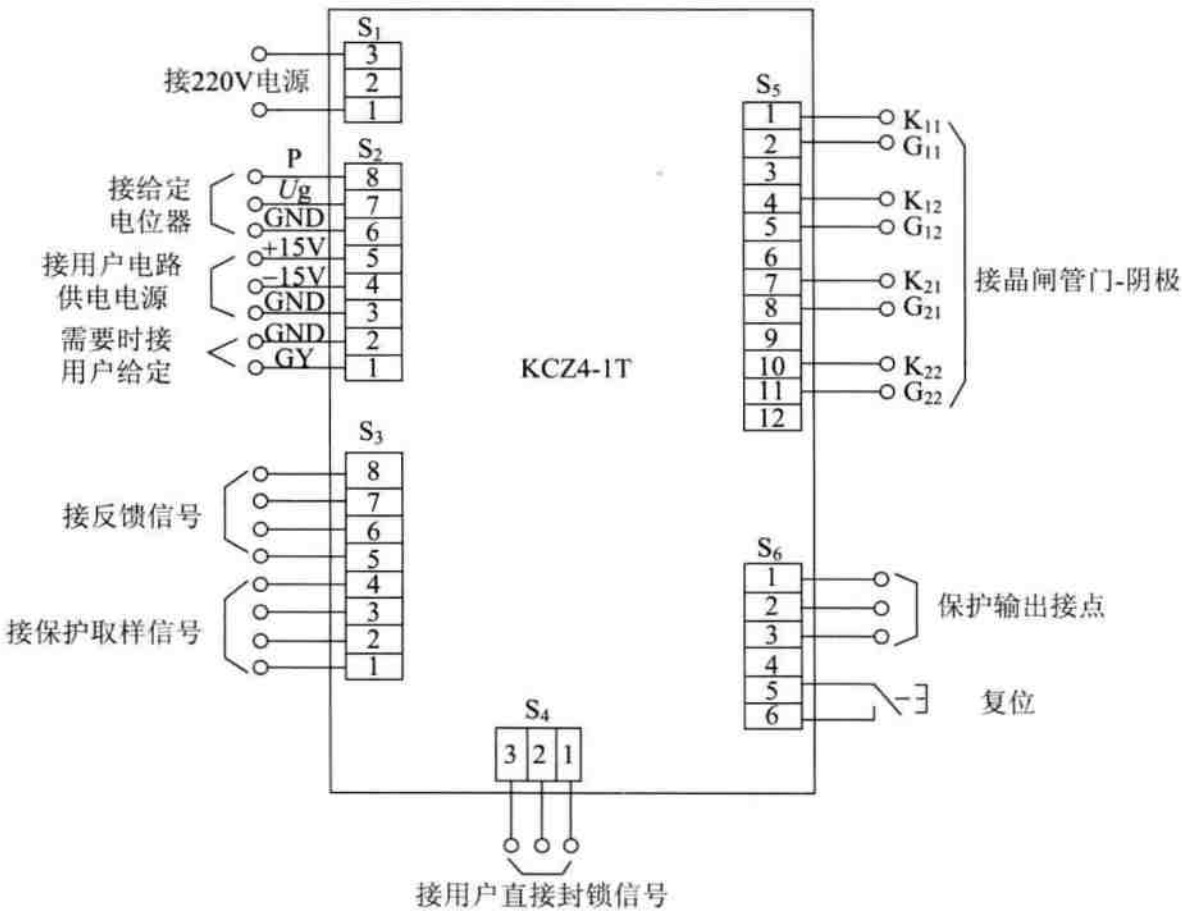


图 2.4 KCZ4-1T 控制板的对外接线分类及接线位置示意图

等的供电电源连接端。 $S_{2.2}$ 和 $S_{2.1}$ 分别为GND和GY端,在用户不使用KCZ4-1T板内给定积分器时(此时 $S_{2.8}$ 、 $S_{2.7}$ 、 $S_{2.6}$ 悬空)直接输入移相控制信号,分别接0~10V与GND;若用户使用板内的给定积分器(即从 $S_{2.8}$ 、 $S_{2.7}$ 、 $S_{2.6}$ 输入控制信号),则此两端悬空。

(3) 接插件 S_3 的 $S_{3.8}$ 、 $S_{3.7}$ 、 $S_{3.6}$ 、 $S_{3.5}$ 接构成闭环控制的反馈信号。若为电压闭环,则接输出电压反馈信号;若为电流闭环,则接电流取样信号。在反馈信号为直流时接 $S_{3.8}$ 和 $S_{3.7}$, $S_{3.8}$ 接高电位, $S_{3.7}$ 接低电位, $S_{3.6}$ 、 $S_{3.5}$ 悬空;若反馈信号为交流,则 $S_{3.8}$ 和 $S_{3.7}$ 悬空, $S_{3.6}$ 、 $S_{3.5}$ 接交流反馈信号。

(4) 接插件 S_3 的 $S_{3.4}$ ~ $S_{3.1}$ 接入保护取样信号。当 $S_{3.8}$ ~ $S_{3.5}$ 为电流反馈信号时, $S_{3.4}$ ~ $S_{3.1}$ 接电压取样信号;当 $S_{3.8}$ ~ $S_{3.5}$ 为电压反馈信号时, $S_{3.4}$ ~ $S_{3.1}$ 接电流取样信号。若保护取样信号为直流,则 $S_{3.4}$ 、 $S_{3.3}$ 接取样信号($S_{3.4}$ 接高电位, $S_{3.3}$ 接低电位), $S_{3.2}$ 、 $S_{3.1}$ 悬空;若保护取样信号为交流,则 $S_{3.2}$ 、 $S_{3.1}$ 接交流取样信号, $S_{3.4}$ 、 $S_{3.3}$ 悬空。

(5) 接插件 S_4 的 $S_{4.2}$ 为空脚, $S_{4.1}$ 为+15V输出, $S_{4.3}$ 用来输入外部故障保护信号(高电平有效)。如果 $S_{4.1}$ 与 $S_{4.3}$ 外接故障(如过热、熔断器熔断、冷却水压不足)状况下闭合的无源接点信号,则在故障时可封锁触发脉冲并使保护继电器动作。

(6) 接插件 S_5 的 $S_{5.1}$ 、 $S_{5.2}$ 、 $S_{5.4}$ 、 $S_{5.5}$ 、 $S_{5.7}$ 、 $S_{5.8}$ 、 $S_{5.10}$ 、 $S_{5.11}$ 为4路门-阴极触发脉冲信号输出端(其中K代表接阴极,G代表接门极)。若KCZ4-1T控制的对象为单相全控变流器,则直接将此8根线分别与被触发的4只晶闸管的门-阴极相连。当KCZ4-1T控制板控制的对象为单相半控桥时,可使用 $S_{5.1}$ 、 $S_{5.2}$ 与 $S_{5.7}$ 、 $S_{5.8}$ 两组,而 $S_{5.4}$ 、 $S_{5.5}$ 与 $S_{5.10}$ 、 $S_{5.11}$ 悬空;或使用 $S_{5.4}$ 、 $S_{5.5}$ 与 $S_{5.10}$ 、 $S_{5.11}$ 两组,而 $S_{5.1}$ 、 $S_{5.2}$ 与 $S_{5.7}$ 、 $S_{5.8}$ 两组悬空。

(7) 接插件 S_5 的 $S_{5.3}$ 、 $S_{5.6}$ 、 $S_{5.9}$ 、 $S_{5.12}$ 为空脚,使用中悬空。

(8) 接插件 S_6 的 $S_{6.1}$ 、 $S_{6.2}$ 、 $S_{6.3}$ 为保护继电器的一对触点输出端。其中, $S_{6.1}$ 为公共端, $S_{6.1}$ 和 $S_{6.2}$ 之间为常闭接点, $S_{6.1}$ 和 $S_{6.3}$ 之间为常开接点,接点允许容量为直流+24V/2A或交流220V/2A。

(9) 接插件 S_6 的 $S_{6.5}$ 和 $S_{6.6}$ 之间接常开复位按钮,用于故障条件下系统的复位。其中, $S_{6.4}$ 为空脚,使用中悬空。

5. 对模拟反馈信号及保护信号的要求及使用

(1) 直流电压信号为0~10V,单相交流电压信号为0~10V。

(2) 单相交流电流取样信号为0~100mA,使用这类电流信号时,在板上应把接入量对应的连接线“1”(“2”)接上。

(3) 当电流检测使用直流传感器、输出为4~20mA标准信号时,应从 $S_{3.8}$ 和 $S_{3.7}$ (或 $S_{3.4}$ 和 $S_{3.3}$)接入信号的同时,把连线“1”(“2”)接通,并把板内的 R_{28} (或 R_{51})换为510Ω。

6. 使用中应特别注意的问题

- (1) 从 KCZ4-1T 控制板到晶闸管门-阴极的引线(G_{11} 、 K_{11} , G_{12} 、 K_{12} , G_{21} 、 K_{21} , G_{22} 、 K_{22})应分组使用双绞线或同轴电缆屏蔽线,且引线不应太长。
- (2) 当使用交流电流互感器取样时,应在电流互感器的副边牢固地接上取样电阻,把电流信号变为电压信号后,再接入对应的引脚(如 $S_{3.6}$ 、 $S_{3.5}$ 或 $S_{3.2}$ 、 $S_{3.1}$)。
- (3) 电位器 RP_4 、 RP_5 出厂前已调试好,一般不需要用户调试。
- (4) 电位器 RP_2 与 RP_3 供用户在调试时调节闭环调节器的参数,使用中应按负载参数情况进行调节和匹配。
- (5) KCZ4-1T 控制板内已设定过压(或过流)及截流(截压)门槛为 5.5V,使用中应特别注意。

7. 典型应用举例

图 2.5 是 KCZ4-1T 控制板用于直流电动机恒流励磁控制系统的原理图。该直流电动机采用他励方式励磁,绕组额定参数为 180V/55A,此例用 KCZ4-1T 输出的 2 路触发脉冲触发单相半控桥式可控整流电路中的 2 个晶闸管,用到了交流电流反馈构成恒流控制、使用直流过压保护,实际直流电压信号的取样使用霍尔电压传感器。

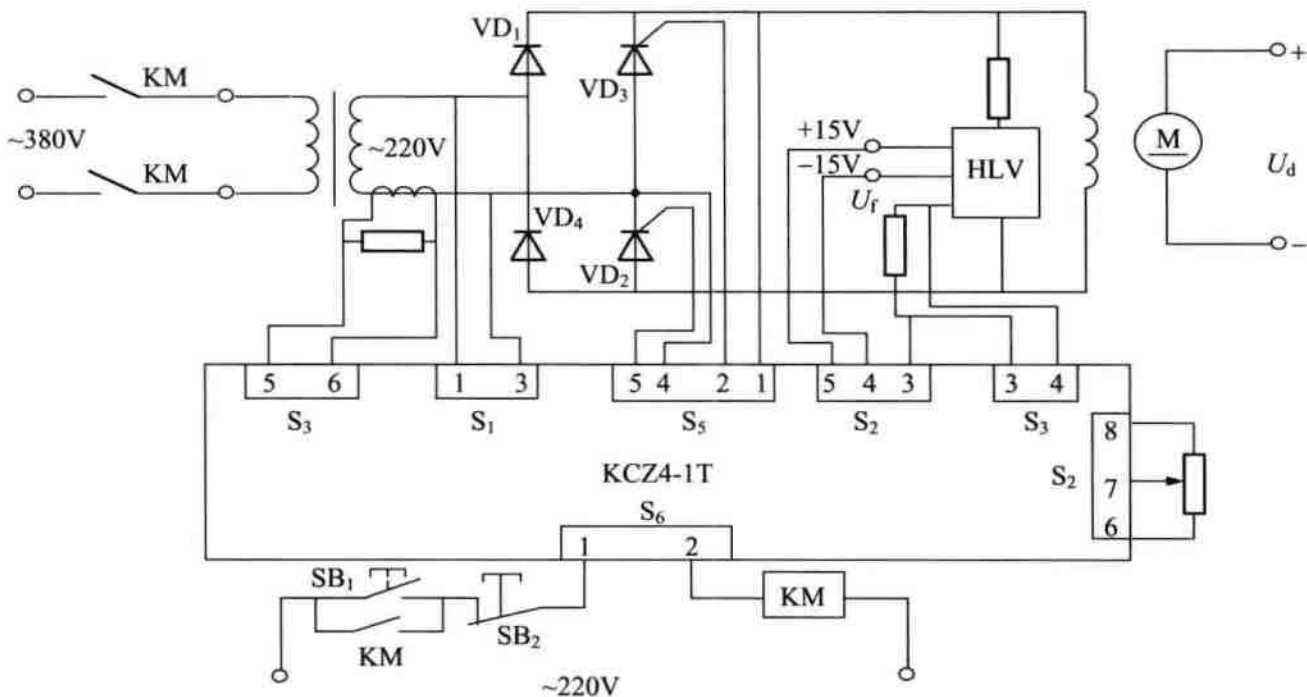


图 2.5 KCZ4-1T 控制板用于直流电动机恒流励磁控制系统的原理图

2.3 KCZ4-1TS2 单相晶闸管多功能闭环触发板

KCZ4-1TS2 是总结了 KCZ4-1T 晶闸管单相桥式触发板的优点,为弥补 KCZ4-1T 只能用于单闭环系统的不足而开发的,既可用于单闭环系统,又可用于双闭环系统,是保护功能完善的晶闸管单相多功能闭环控制板。

2.3.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 工作电源直接取自交流 220V。
- (2) 含有给定积分环节,积分时间可调。
- (3) 含有脉冲功率放大及整形和隔离环节,输出功率大,可直接触发晶闸管。
- (4) 可用于单闭环系统,亦可用于双闭环系统。
- (5) 既可直流反馈,又可交流反馈;可电压反馈,亦可电流反馈,灵活性强。
- (6) 含有封脉冲保护和截止保护,可由用户直接输入高电平信号封锁输出进行故障保护。

(7) 含有保护后的复位环节。

(8) 全集成电路控制,可靠性高。

(9) 输出为脉冲列,可直接触发 50~1500A/100~2500V 的 4 只晶闸管元件。

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压:交流 220V,需要提供电流 0.05A。
- (2) 反馈信号幅值:电压反馈为 0~10V,电流反馈为 0~100mA。
- (3) 输出脉冲幅值:12V/400mA。
- (4) 输出脉冲路数:4 路。
- (5) 输入移相控制电压范围:直流 0~10V。
- (6) 直接输入保护信号高电平幅值:直流 15V。
- (7) 直接输入封脉冲信号低电平: $\leq 3V$ 。
- (8) 控制触发脉冲移相范围: $0^\circ \sim 180^\circ$ 。
- (9) 输出直流+15V 和-15V 的电源最大负载能力:20mA,10mA。
- (10) 保护后输出节点容量:交流 220V/2A、交流 380V/1A 或直流 24V/2A。

2.3.2 内部结构及工作原理

KCZ4-1TS2 的内部结构及工作原理如图 2.6 所示,内部包含控制电源 DY,给定积分器 GDJ,外环调节器 IP,限幅环节 XF,移相脉冲形成环节 YX,脉冲放大及隔离和整形单元 MF/TR,同步隔离环节 TGL,反馈信号输入处理环节 FKR,保护信号输入环节 BHR,保护综合处理环节 BHZ,双闭环使用时为 PI 调节器、单闭环使用时为比例系数为 1 的反相器的 PI 或 BL,具体应用时还需外接 5 个外部信号:220V、给定电位器 WGD、反馈信号 FKX、保护信号 BHX、外部故障接点信号 ZB-HX。

正常运行的非故障保护状态下,保护信号输入环节输入的系统运行检测信号不会引起保护综合处理环节动作,外环 IP 调节器依据给定积分环节 GDJ 输出的用户设定参数,按反馈信号输入单元 FKR 输出的信号差值进行闭环调节,调节结

果由限幅 XF 单元进行限幅后作为 PI 或 BL 单元的输入。单闭环运行时,经此单元反相放大后提供给移相 YX 单元;双闭环运行时,XF 单元的输出作为内环 PI 调节的输入。该内环调节器以保护信号输入环节 BHR 输出的内环反馈信号与 XF 单元输出的差值进行闭环调节,调节结果作为移相脉冲形成环节 YX 的输入。该移相脉冲形成环节按前级的输出调节触发脉冲的控制角度,输出与这些信号相适应的 4 路触发脉冲信号,经脉冲放大与隔离整形环节后输出,去触发主电路中的晶闸管,完成调节功能。

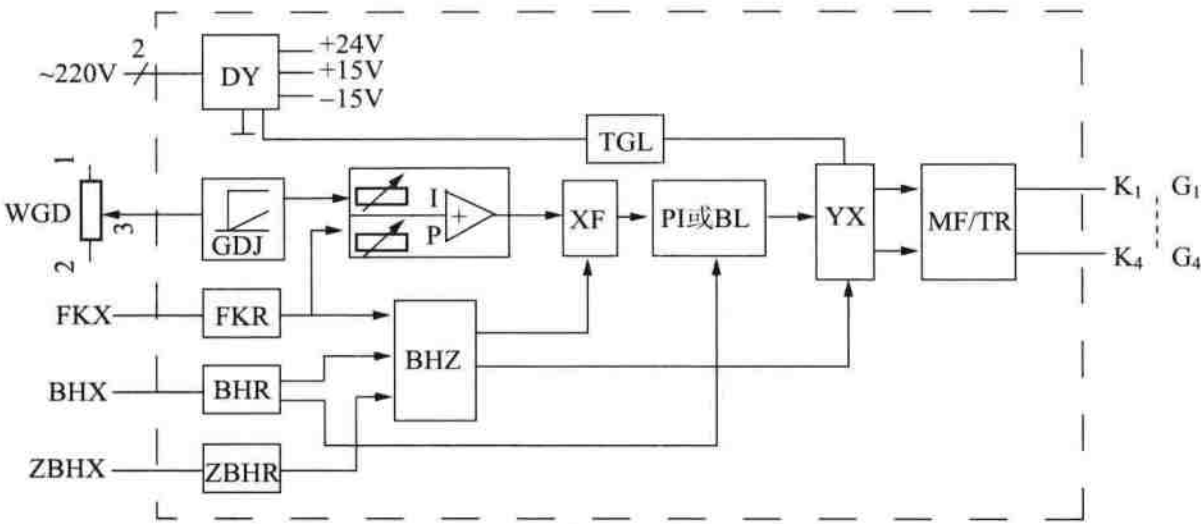


图 2.6 KCZ4-1TS2 的内部结构及工作原理框图

2.3.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 1500m。
- (2) 使用环境温度 T_A 范围： $-10\sim45^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气相对湿度不大于 90%(环境温度 20°C 时)。
- (4) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体。
- (5) 正确安装,合理接线,不受剧烈振动及冲击。

2. 外形及安装尺寸

- (1) 使用时应垂直安装牢固,控制板背面距后部的导电安装板距离 $\geq 20\text{mm}$,下方 200mm 内应无发热较大的器件。
- (2) 对外连接导线的截面积应为 0.5mm^2 以上的多芯软导线,各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用绞合线,且每 100mm 不得少于 8~10 绞。
- (3) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=260mm \times 155mm \times 55mm。安装孔距:长 \times 宽=250mm \times 145mm,4 孔安装,安装孔径为 $4-\Phi 4.5$ 。

3. 正确接线

KCZ4-1TS2 对外共有 6 个接插件,各个接插件在板上的位置如图 2.7 所示。

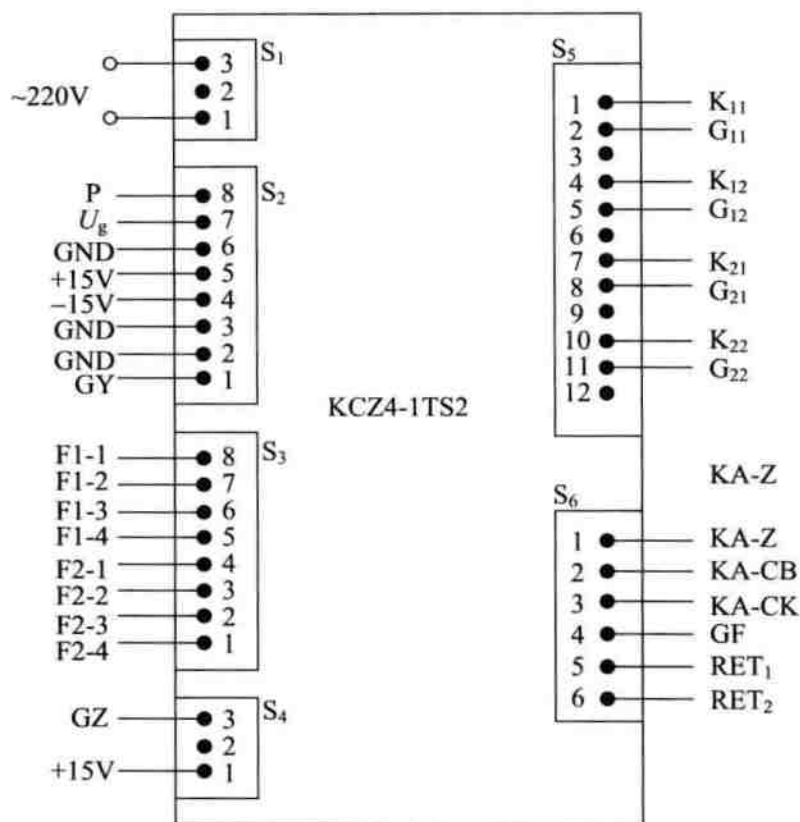


图 2.7 KCZ4-1TS2 控制板对外引出接插件的位置示意图

(1) 接插件 S_1 的 $S_{1.1}$ 与 $S_{1.3}$ 之间接交流 220V, 最大吸入电流为 70mA, 引脚 $S_{1.2}$ 为空脚, 使用中悬空。

(2) 接插件 S_2 的 $S_{2.8} \sim S_{2.6}$ 外接给定电位器。其中, $S_{2.8}$ 与 $S_{2.6}$ 分别接功率不小于 1W、阻值不小于 4.7k Ω 的电位器的一个固定端, $S_{2.7}$ 接电位器的滑动端。

(3) 接插件 S_2 的 $S_{2.5} \sim S_{2.3}$ 分别为向外提供 +15V、-15V 及参考地的输出端, 可向外部提供正负直流电源(如霍尔电流传感器的供电)。

(4) 接插件 S_2 的 $S_{2.2}$ 、 $S_{2.1}$ 接用户不使用板内调节器时的输入移相信号, 此时 $S_{2.8} \sim S_{2.6}$ 悬空。

(5) 接插件 S_3 的 $S_{3.8} \sim S_{3.5}$ 接外环反馈信号, 单闭环使用时作为反馈信号连接端。当反馈信号为直流信号时, $S_{3.8}$ 与 $S_{3.7}$ 接直流反馈信号($S_{3.8}$ 接高电位, $S_{3.7}$ 接低电位), $S_{3.5}$ 与 $S_{3.6}$ 悬空; 当反馈信号为交流信号时, 接 $S_{3.5}$ 与 $S_{3.6}$, 而 $S_{3.7}$ 与 $S_{3.8}$ 作为对应反馈信号整流后的直流输出, 此时不应在 $S_{3.8}$ 与 $S_{3.7}$ 之间再输入其他信号。

(6) 接插件 S_3 的 $S_{3.4} \sim S_{3.1}$ 在双闭环使用时为内环反馈信号连接端, 而在单闭环使用时为保护取样信号输入端。其中, $S_{3.4}$ 与 $S_{3.3}$ 用于反馈信号或保护取样信号为直流时接入, 此时 $S_{3.2}$ 与 $S_{3.1}$ 悬空。而当反馈信号或保护取样信号为交流时, $S_{3.2}$ 与 $S_{3.1}$ 作为信号输入端, $S_{3.4}$ 与 $S_{3.3}$ 为对应交流信号经整流后的直流输出端。切记: 此时不应在 $S_{3.4}$ 与 $S_{3.3}$ 两连接端输入信号。

(7) 接插件 S_4 的 $S_{4.2}$ 为空脚, 而 $S_{4.1}$ 与 $S_{4.3}$ 接保护接点, 用于直接故障保护, 如过热、水压不足、冷却系统故障、熔断器熔断等。

(8) 接插件 S_6 的 $S_{6.5}$ 与 $S_{6.4}$ 之间接常开复位按钮, 用于故障保护后的复位再启动。

(9) 接插件 S_6 的 $S_{6.3} \sim S_{6.1}$ 为保护继电器的输出接点。其中, $S_{6.1}$ 为继电器接点的中间端, $S_{6.1}$ 与 $S_{6.2}$ 为常开接点, $S_{6.1}$ 与 $S_{6.3}$ 之间为常闭接点。

(10) 接插件 S_5 的 $S_{5.3}$ 、 $S_{5.6}$ 、 $S_{5.9}$ 、 $S_{5.12}$ 为空脚, 使用中悬空; $S_{5.1}$ 与 $S_{5.2}$ 、 $S_{5.4}$ 与 $S_{5.5}$ 、 $S_{5.7}$ 与 $S_{5.8}$ 、 $S_{5.10}$ 与 $S_{5.11}$ 分别为对应单相桥式可控整流电路中 4 个晶闸管的触发脉冲输出端, 使用中直接接单相桥式可控整流电路中 4 个晶闸管的阴极和门极。

4. 各电位器的作用和调节方法

KCZ4-1TS2 内共有 9 个电位器, 图 2.8 是 KCZ4-1TS2 控制板的实物外形及元器件布置。

(1) 电位器 RP_1 用来调节给定积分的上升时间, 顺时针调节, 给定积分时间变长; 逆时针调节, 给定积分时间变短。

(2) 电位器 RP_2 用来调节单闭环或外环积分调节器的积分时间常数: 顺时针调节, 积分时间变长, 逆时针调节, 积分时间变短。

(3) 电位器 RP_3 用来调节单闭环或外环积分调节输出的最大限幅值: 顺时针调节, 限幅值增大; 逆时针调节, 限幅值减小; 单闭环使用中该电位器无用。

(4) 电位器 RP_4 为差分器输出最大值调节电位器, 用来调节当用户给定为零 (即 $U_g=0$) 时最大触发角 α_{\max} 的限幅值: 顺时针调节, α_{\max} 值增大; 逆时针调节, α_{\max} 值减小。出厂前已将 α_{\max} 调为 180° , 用户一般不需再调节。

(5) 电位器 RP_5 为单闭环或双闭环使用时外环实际反馈值调节电位器: 顺时针调节, 等效反馈值增大; 逆时针调节, 等效反馈值减小。该电位器同时为内环对应值的保护门槛调节电位器: 顺时针调节, 保护门槛增大; 逆时针调节, 保护门槛减小。

(6) 电位器 RP_6 为单闭环或双闭环使用时外环 IP 调节器比例放大倍数调节电位器: 顺时针调节, 比例放大倍数增大; 逆时针调节, 比例放大倍数减小。

(7) 电位器 RP_7 为内环反馈值调节电位器: 顺时针调节, 实际反馈值增大; 逆时针调节, 实际反馈值减小; 单闭环使用时无用。

(8) 电位器 RP_8 为外环对应量保护门槛调节电位器: 顺时针调节, 等效门槛值增大; 逆时针调节, 等效门槛值减小。

(9) 电位器 RP_9 用来调节给定最大时最小触发角 α_{\min} 限幅值: 顺时针调节, α_{\min} 增大; 逆时针调节, α_{\min} 减小。出厂前已整定为 $\alpha_{\min}=0^\circ$, 一般不需要用户再调节。

5. 应用注意事项

单闭环使用时, 把板内“1”处短接, “4”、“5”处断开。双闭环使用时, 分别把板内“4”、“5”处短接, “1”处断开, 并在“1”处焊一合适的经调试验证的闭环调节电容器。

6. 典型应用举例

图 2.9 是 KCZ4-1TS2 用于小功率直流永磁电动机的双闭环调速系统原理图, 其内环为电流环, 外环为转速环, 转速反馈应用同轴测速发电机, 而电流反馈应用霍尔电流传感器。永磁无刷直流电动机的额定电枢电压为 220V, 因而输入采用了降压整流变压器。图中标出了对外接线端子的具体序号。

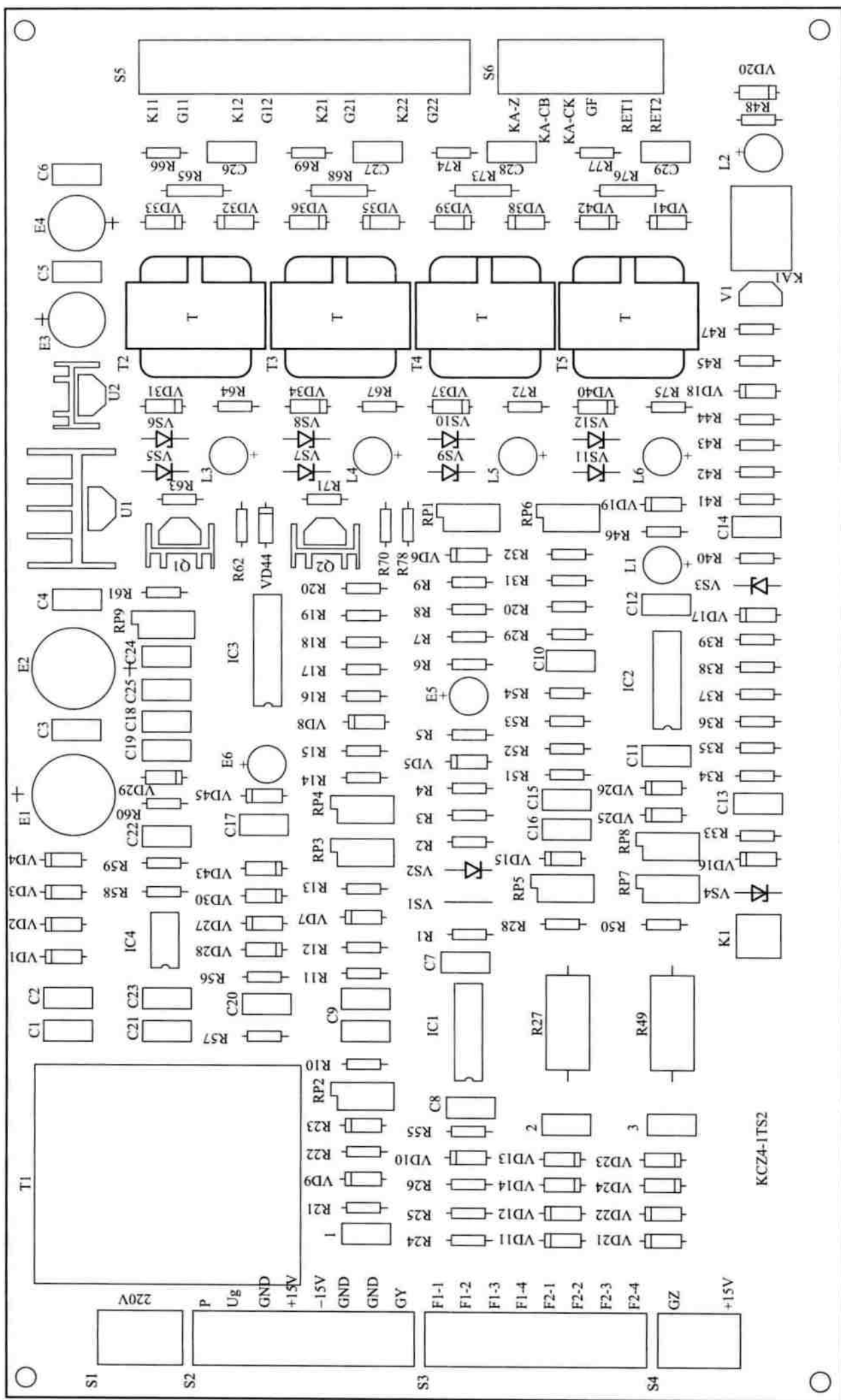


图 2.8 KCZ4-1TS2的实物外形及元器件布置

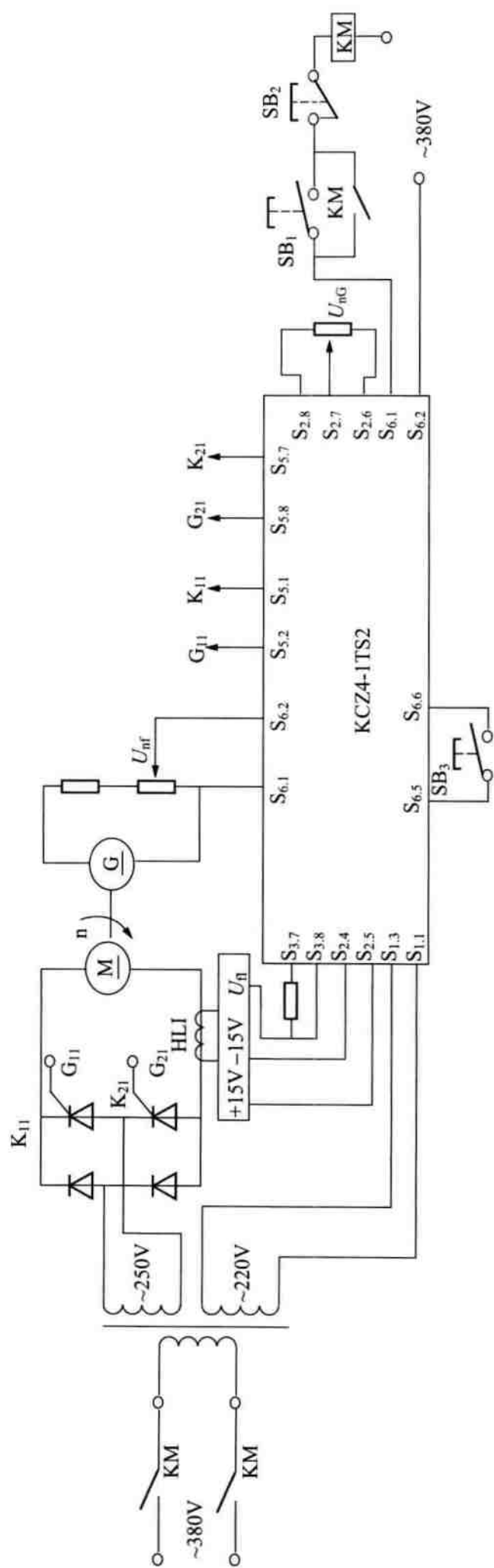


图 2.9 KCZ4-1TS2 触发板用于小功率直流永磁电动机转速-电流双闭环系统原理图

2.4 KCZ2 单相桥式全控(半控)桥开环触发板

KCZ2 是根据用户对 KJZ 触发板的意见改型开发的单相桥式全控(半控)桥开环触发板。

2.4.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 带有整流稳压环节,可产生 $\pm 15\text{V}$ 及 $+24\text{V}$ 电源,除供板子本身使用外,还可以供用户系统使用。

(2) 用进口原装的 TCA785 取代 KJ004,用 555 取代 KJ042,故整个板子的外形尺寸更小,结构更加紧凑,集成度进一步提高,分立器件个数大为减少。

(3) 对外引出线一改原插件箱式双面接插件为垂直于板面的 2 个接插件,使用中不需要插件箱,安装更为方便灵活。

(4) 含有差分器和输出脉冲最大控制角 α_{\max} 与最小控制角 α_{\min} 限幅,所以与调节器配合及应用更加方便。

(5) 输出为脉冲列,可减少脉冲变压器的体积和工作电源功率。

(6) 含有过流保护及外部故障保护功能,保护后除封锁脉冲外,还可分断用户系统主电路,使用更加可靠。

(7) 可板内控制,亦可板外控制移相,满足了不同用户的需要。

(8) 具有低电平有效的外部故障保护输入端口。

(9) 输出 2 路相位差 180° 的触发脉冲,可用于单相桥式全控(半控)及单相双半波可控整流系统或单相交流调压系统。

(10) 可与外配 PI 调节器配合组成闭环控制系统。

2. 主要参数限制

(1) 输入交流电压:双 $18\text{V}/0.5\text{A}$ 。

(2) 输入移相控制电压范围: $0\sim 12\text{V}/10\text{mA}$ 。

(3) 最大移相范围: $\geq 170^\circ$ 。

(4) 输出脉冲调制频率: $\geq 10\text{kHz}$ 。

(5) 外部故障保护低电平输入幅值: $\leq 0.7\text{V}$ 。

(5) 输出触发脉冲 g_1 、 g_2 的最大电流幅值: $\leq 300\text{mA}$ 。

(6) 输出触发脉冲 g_1 、 g_2 的最高电压幅值: $\leq 12\text{V}$ 。

(7) 保护继电器常闭触点容量: $220\text{V}/3\text{A}$ 或 $380\text{V}/1\text{A}$ 。

(8) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高= $147\text{mm}\times 86\text{mm}\times 30\text{mm}$ 。

(9) 安装尺寸:孔距 $137\text{mm}\times 76\text{mm}$,4- $\Phi 4.5$ 。

2.4.3 应用技术

1. 外形尺寸与安装

KCZ2 的元器件布置如图 2.11 所示。控制板内共有 6 个电位器,对外引出了 2 个接插件。使用中可平面水平安装,也可竖直安装,安装时应在该控制板的上下左右留有最小 20mm 的空间,以利于接线,且应保证在周围 30mm 距离内不存在严重发热的电力电子器件。

2. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 为电流(或电压)取样调节电位器:顺时针调节,取样值减小;逆时针调节,取样值增加。

(2) RP_2 为过流(或过压)保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛值减小;逆时针调节,保护门槛值增加。

(3) RP_3 为板内控制给定电位器:逆时针调节,给定电压增加;顺时针调节,给定电压减小。当用户外接电位器给定时,应将该电位器逆时针旋到头,即内部给定电位器低于给定最大位置,也可将该电位器拆除。

(4) RP_4 为差分器输出电压调节电位器:顺时针调节,差分器输出电压减小;逆时针调节,差分器输出电压增加。该电位器的最佳位置应满足给定电压 U_g 为最大时,差分器输出电压为零(对应触发脉冲控制角 $\alpha_{\min} = 0^\circ$);给定电压 U_g 为零时,差分器输出电压最大(对应触发脉冲控制角 $\alpha_{\max} = 180^\circ$)。(一般出厂前已经调好,用户不需要再调节。)

(5) RP_5 为最大 α 角限幅 α_{\max} 调节电位器:顺时针调节, α_{\max} 值增加;逆时针调节, α_{\max} 值减小。一般出厂前已调好,用户不需要再调节。

(6) RP_6 为同步锯齿波幅值调节电位器:顺时针调节,锯齿波幅值增加;逆时针调节,锯齿波幅值减小。(一般出厂前已调好,用户不需要再调节。)

3. 正确接线

(1) 接插件 S_1 中的 18V、GND、18V 接具有中间抽头的变压器的二次双交流 18V 绕组,其中 GND 接中间抽头。 I_{f1} 与 I_{f2} 接电流(或电压)信号取样值,接电流取样值时,控制板对被控制系统有过流保护功能;若接电压信号取样值,则为过压保护。L 接外部故障保护输入信号,低电平有效,与内部过流(或过压)保护为“或”关系。 $+15V$ 、 $-15V$ 为提供给用户的电源电压信号。 U_g 、P、GND 接外部给定电位器(阻值不小于 $4.7k\Omega$,功率不小于 1W)。

(2) 接插件 S_2 中的 A、B 之间为常闭接点,串联在用户系统主接触器线包回路中,进行保护后分断用户系统主电路。 $+24V$ 、 g_1 和 $+24V$ 、 g_2 分别接脉冲末级板的输入端。KCZ2 板用于单相半波可控系统时,可只用 $+24V$ 、 g_1 (或 $+24V$ 、 g_2) 中的一路;用于单相桥式全控整流电路时, $+24V$ 、 g_1 与 $+24V$ 、 g_2 分别接 2 个二单元脉冲功率放大隔离与整形环节的输入。

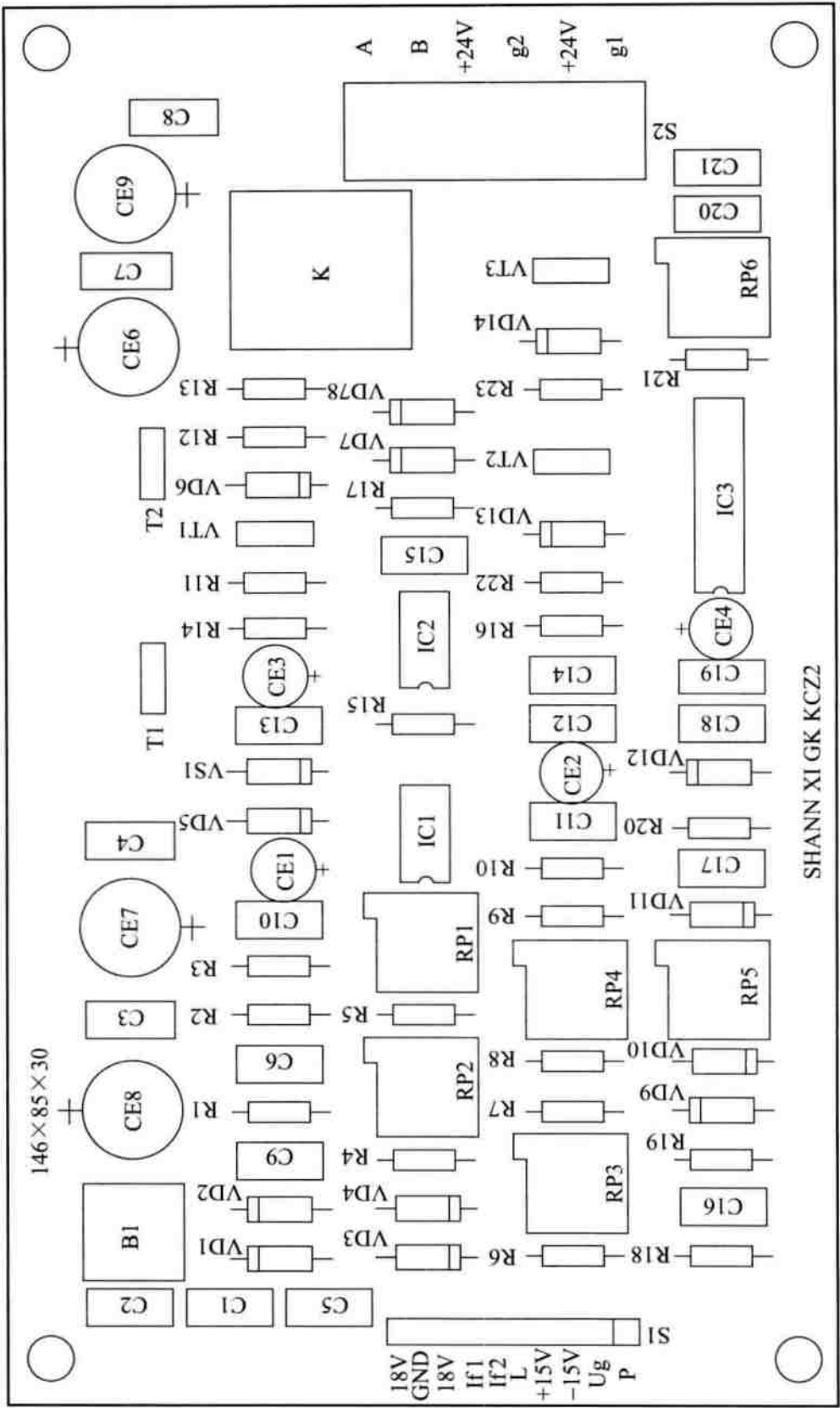


图 2.11 KCZ2单相晶闸管开环触发板的元器件布置

4. 典型应用举例

(1) 用于单相交流调压系统：系统原理如图 2.12 所示，CT 为电流互感器，该系统应用了板内的过流保护功能。

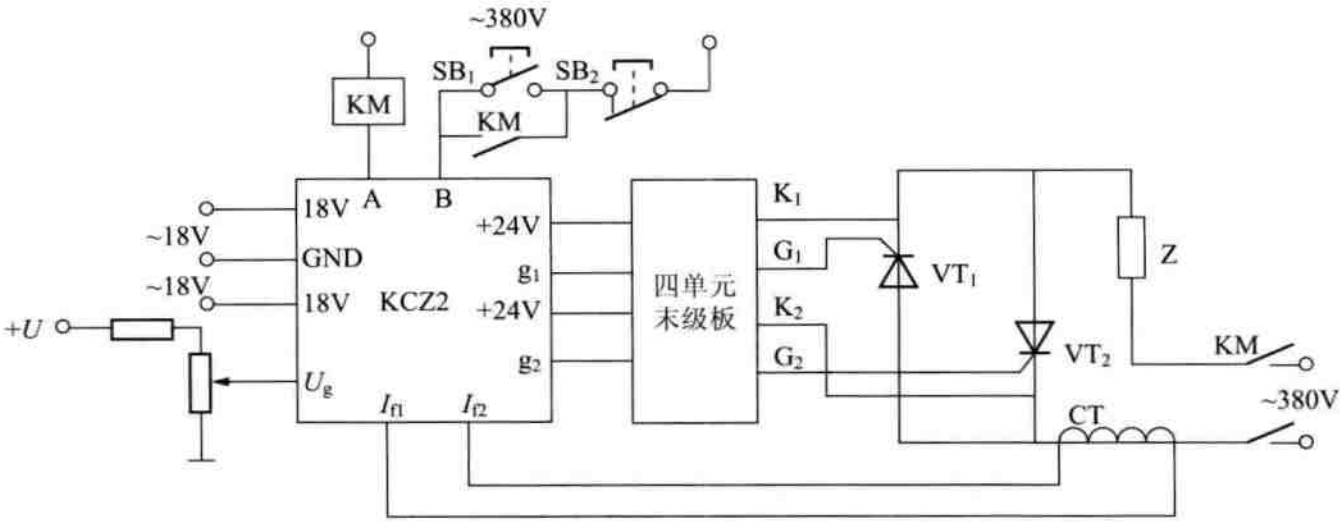


图 2.12 KCZ2 用于单相交流调压系统原理图

(2) 用于单相桥式全控整流系统：系统原理如图 2.13 所示，应用电阻分压来提供电压取样，整个系统工作于过压保护模式。

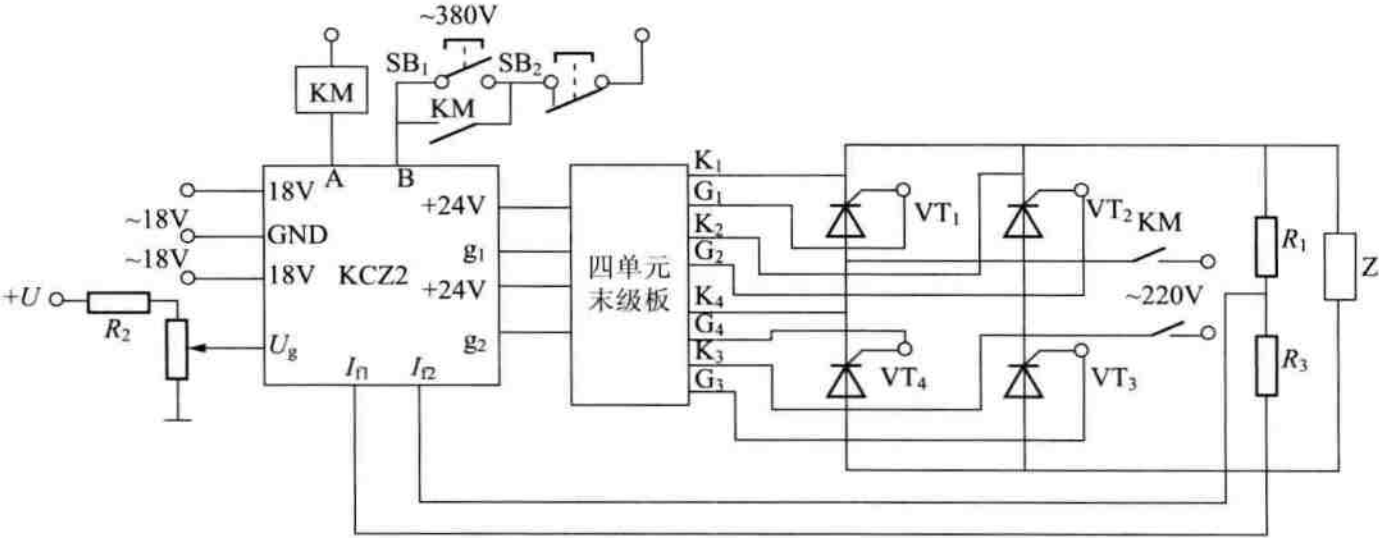


图 2.13 KCZ2 用于单相桥式全控整流系统原理图

2.5 JQC1.0 晶闸管单相触发闭环触发板

JQC1.0 是陕西高科电力电子有限责任公司根据用户对应用 KJ004 开发的单相晶闸管触发板 KJZ1、JQC-I 的意见，进一步完善而开发的。该触发板以 TCA785 晶闸管移相触发集成电路为核心单元，内含闭环调节器、过压和过流保护单元，可用于单相半波、单相桥式全控、单相桥式全控整流或交流调压系统，亦可用于单相半波及单相桥式全控整流系统。

2.5.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 对外连接插件将原双面接触的老式 22 线接插件改为新型接插件,接触更加可靠,连线不易接错,更不容易短路。

(2) 输入信号与输出信号分为 2 个独立接插件,令用户应用起来更加方便。

(3) 印制板上增加了助焊、阻焊、字符及防腐工艺,使用更加方便,且便于维修。

(4) 印制板四周增加了屏蔽层,抗干扰性能更好,且四周增加了安装固定孔,故使用中不需要插件箱,满足了不同用户的需要。

(5) 在原 KJZ1、JQC-I 型板的基础上增加了给定积分器,过压、过流保护单元,闭环调节器及保护单元,因而 1 块 JQC1.0 板便可取代原 KJT1 给定积分板, KJT2 过流、过压保护板,闭环调节板及 JQC-I 型单相开环触发板 4 块印制板,所以减少了对外连接线,使系统得以简化、可靠性得以提高。

(6) 输入同步信号为单相,同步电源的电流需小于 1mA。

(7) 输入电源电压双交流,可产生自身工作并可提供用户小负荷使用的 $\pm 15\text{V}$ 及 $+24\text{V}$ 电源。

(8) 输出 2 路触发脉冲,自身含脉冲功率放大部分,用户仅需配 4 块用于单相全控桥触发或 2 块用于单相半控桥触发的晶闸管触发脉冲末级板和 1 个外接给定电位器,便可构成单相交流调压、直流电动机调速或其他系统。

(9) 自身含有脉冲封锁端,封锁信号 LOCK 低电平有效,使用户可方便地在故障情况下封锁触发脉冲,保证系统安全。

(10) 自身含有给定积分环节,积分上升和下降时间可调。

(11) 自身含有过压、过流保护网络,保护门槛可调,用户仅需把来自输出电流或电压检测单元(交流或直流)的信号送至 I_f 或 U_f 连接端即可。保护动作即给出常开接点信号,让用户用来分断自己系统的主电路,同时封锁触发脉冲,保证系统安全。

(12) 自身含有电流(或电压)闭环 PI 调节器,随所接反馈信号的不同可构成稳压、稳流或稳速系统。

2. 主要参数限制

(1) 输入供电电源:双交流 $18\text{V}/0.5\text{A}$ 。

(2) 输出直流电源及负载能力: $+15\text{V}, \leq 20\text{mA}$; $-15\text{V}, \leq 10\text{mA}$ 。

(3) $+24\text{V}$ 对外负载能力:脉冲宽度小于 1ms 时,为 1A 。

(4) 封锁端低电平幅值: $<1\text{V}$ 。

(5) 积分上升与积分下降时间调节范围: $30\text{s} \sim 30\text{min}$ 。

(6) 输出 2 路触发脉冲最大负载能力:脉冲宽度小于 1ms 时,为 300mA 。

(7) 保护后给出常开接点容量:交流 $220\text{V}/5\text{A}$ 或直流 $24\text{V}/5\text{A}$ 。

- (8) 同步电压幅值范围: $5\sim 35\text{V}$ 。
- (9) 工作温度范围 $T_A: 0\sim 50^\circ\text{C}$ 。
- (10) 存储温度范围 $T_{\text{stg}}: -10\sim 70^\circ\text{C}$ 。
- (11) 安装尺寸: $4-\Phi 4$, 孔距为 $145\text{mm}\times 87\text{mm}$;
- (12) 最大外形尺寸(长 \times 宽 \times 高): $170\text{mm}\times 105\text{mm}\times 28\text{mm}$ 。

2.5.2 内部结构及工作原理

JQC1.0 的电路原理图如图 2.14 所示。 $\text{IC}_{1\text{A}}$ 和 $\text{IC}_{1\text{D}}$ 及外围元器件构成给定积分器, RP_2 与 RP_3 分别用来调整给定积分的上升与下降时间, 电位器 RP_4 为闭环反馈系数调节电位器, 用来对构成闭环调节反馈量的保护取样值进行调节。 $\text{IC}_{1\text{B}}$ 及外围元件组成闭环 PI 调节器, $\text{IC}_{1\text{C}}$ 为差分器, RP_5 为 α_{\min} 设定电位器, RP_9 为 α_{\max} 限幅设定电位器。 $\text{IC}_{2\text{A}}$ 与 $\text{IC}_{2\text{B}}$ 为过压(过流)保护比较器, 对应电位器 RP_7 与 RP_8 分别用来设定其保护门槛。晶体管 V_2 和 V_3 为脉冲功率放大环节, 而 V_1 与继电器 K_1 用于故障保护后给出报警信号。

单相双交流 18V 电源经整流、滤波环节后向脉冲功放环节及后续稳压电路提供准+24V 电压与-24V 电压, 经三端稳压器 U_1 (7815) 与 U_2 (7915) 稳压后给触发板提供+15V 与-15V 工作电源。正常工作情况下, 故障保护单元不起作用, 封锁脉冲信号无效, 继电器 K_1 不动作, 封锁触发脉冲的信号 LOCK 不起作用, 从 U_T 端输入的同步电压先经电阻 R_{31} 、 R_{32} 与电容 C_{28} “T”型滤波后, 再由二极管 VD_{16} 与 VD_{17} 削波, 提供给 TCA785, 在 TCA785 内部检测出过零点并变换为由电阻 R_{35} 与电位器 RP_{10} 所决定的恒流充电电流, 向锯齿波电容 C_{34} 充电, 获得对应同步电压正负半周的锯齿波。该锯齿波与 TCA785 引脚 11 输入的由调节器 $\text{IC}_{1\text{B}}$ 与差分器 $\text{IC}_{1\text{C}}$ 输出的闭环调节值电压进行比较, 在 TCA785 内部形成对应同步电压 U_T 正、负半周并与电位器 RP_1 设定值相符的移相角度的触发脉冲, 经晶体管 V_3 与 V_2 放大后, 提供给主电路中晶闸管的触发脉冲末级隔离与放大电路。

应该看到, 图 2.14 中的给定积分器把用户经电位器 RP_1 设定的给定值变为由 RP_3 与 RP_2 决定积分上升与下降时间的斜坡给定, 这个给定电压与图中用户由电位器 RP_4 设定的反馈值比较, 由 PI 调节器 $\text{IC}_{1\text{B}}$ 进行无差调节, 从而实现给定与反馈的无差。还应看到, 比较器 $\text{IC}_{2\text{A}}$ 和 $\text{IC}_{2\text{B}}$ 根据实际取样值与用户设定的门槛值进行比较, 一旦取样值超过设定值, 则该比较器翻转, 晶体管 V_1 导通, 封锁 TCA785 的触发脉冲输出; 同时, 继电器 K_1 动作, 对外发出故障报警信号。

2.5.3 应用技术

1. 元器件布置与安装

JQC1.0 单相闭环触发板的元器件布置如图 2.15 所示。它有 9 个电位器, 对外引出 2 个独立的接插件, 可平面安装, 也可竖直安装。为便于散热、方便接插件

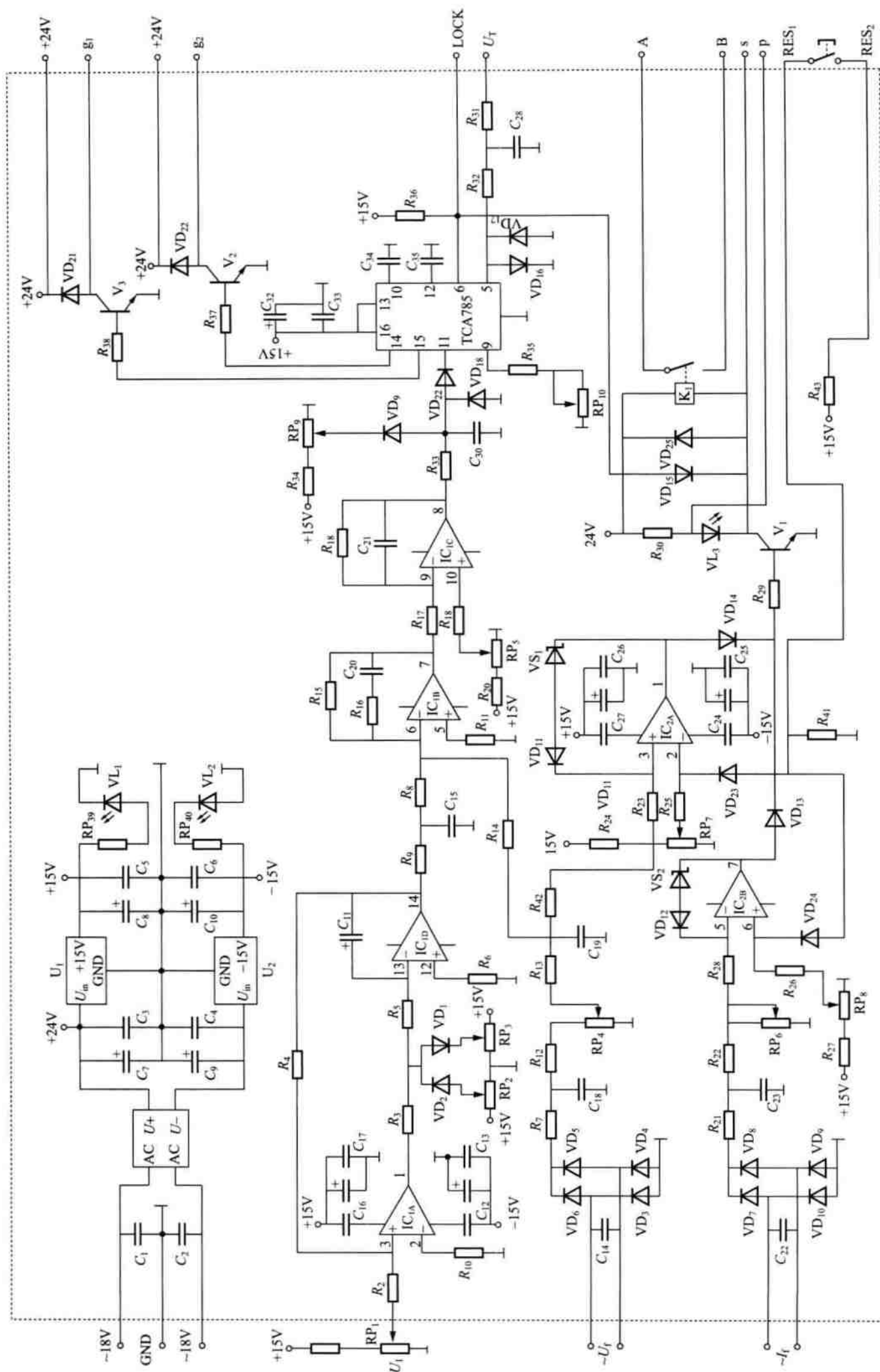


图 2.14 JQC1.0 晶闸管单相全控（半控）闭环控制触发电路原理图

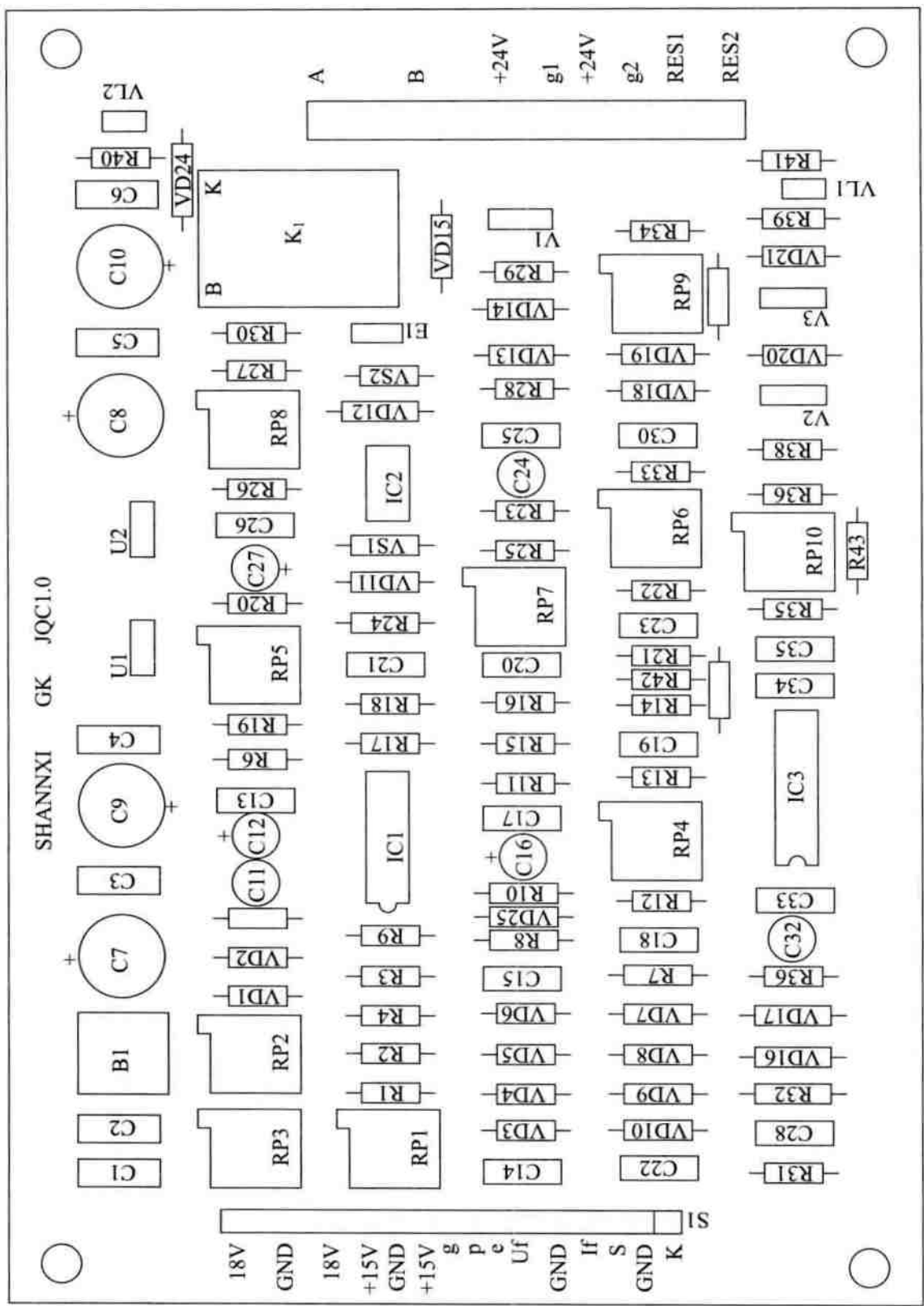


图 2.15 JQC1.0 单相触发板的元器件布置

的插拔和接线,安装时应保证前后左右上下留有适当的空间,并确保周围 200mm 内不存在发热严重的电力电子器件和电气元件。

2. 各电位器的作用和调节方法

(1) RP_2 为给定积分下降时间调节电位器:顺时针调节,给定积分下降时间变短;逆时针调节,给定积分下降时间变长。

(2) RP_3 用来调节给定积分上升时间:顺时针调节,给定积分上升时间变短;逆时针调节,给定积分上升时间变长。

(3) RP_4 为闭环使用的电流(或电压或转速)反馈量及过压(过流或超速)保护的反馈量大小调节电位器:顺时针调节,反馈量减少;逆时针调节,反馈量增大。

(4) RP_5 为差分器初始电压调节电位器:顺时针调节,差分器输出初始电压增加;逆时针调节,差分器输出初始电压减小。差分器用来把调节被控系统实际输出电压(或电流或转速)的给定值曲线变为与反馈量相同走势的曲线,以便实现闭环调节后稳定输出量的功能。

(5) RP_6 用来调节未构成闭环控制的信号(电压或电流或转速)保护取样信号(过压、过流、超速)的等效实际测量值:顺时针调节,测量值减小;逆时针调节,测量值增大。

(6) RP_8 用来调节未构成闭环控制的电压(或电流或转速)保护取样信号(过流、过压、超速)的动作门槛值:顺时针调节,保护门槛值增加;逆时针调节,保护门槛值减小。

(7) RP_7 用来调节用户系统需实现闭环稳定功能的反馈量超限保护动作的门槛值:顺时针调节,保护门槛值减小;逆时针调节,保护门槛值增大。

(8) RP_9 用来调节被控系统晶闸管最大触发角(α_{max}):顺时针调节, α_{max} 增大;逆时针调节, α_{max} 减小。

(9) RP_{10} 用来调节同步锯齿波幅值:顺时针调节,锯齿波幅值增加;逆时针调节,锯齿波幅值降低。

3. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 18V、GND、18V 接电源变压器二次具有中间抽头的两个交流 18V 电压,其电流容量需求为 0.5A。

(2) 接插件 S_1 的 K、GND 接同步变压器的二次侧电压,允许电压幅值取值范围为 5~30V,电流容量为 0.1mA。

(3) 接插件 S_1 中的 +15V 及 -15V 为提供给用户使用的直流电源。

(4) 用户仅需在 +15V 与 GND 之间接 1 个功率不小于 1/2W 的 2k Ω 电阻与一个功率不小于 1W、阻值不小于 4.7k Ω 电位器相串联的网络,并把电位器的滑动端接该接插件的 g 端,便可通过调节电位器(调节给定电压)来调节单相晶闸管桥(或单相调压网络)的输出电压。

(5) 接插件 S_1 中的 LOCK 用来实现故障情况下封锁脉冲,既可作为输入信

控制单相全控桥进行有源逆变,还可以控制软启动。

2.6.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 需外接双交流 18V,外接交流电源与同步电源应使用同一电源。
- (2) 含有双并联 PI 调节器,可由用户选择用于开环还是闭环控制。
- (3) 设有高精度运算放大器,允许用分流器对电流信号进行取样。
- (4) 含有电压与电流截止环节。
- (5) 工作电源可提供板外使用。
- (6) 采用 CPLD 芯片形成触发脉冲,抗干扰能力强。
- (7) 设有启动封锁逻辑,可在故障时进行保护。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源最大幅值:单相双交流 18V/0.5A。
- (3) 电压反馈信号最大幅值:DC12V 单端输入。
- (4) 电流反馈信号最大幅值:DC75mV。
- (5) 脉冲移相范围最大幅值: $\alpha=0^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 。
- (6) 脉冲信号宽度最大幅值: 25° 。
- (7) 触发脉冲控制移相电压最大幅值:10V。
- (8) 输出脉冲最大脉冲电流:300mA。
- (9) 输出触发脉冲电压幅值:12V。
- (10) 最大外形尺寸:205mm×165mm×30mm。

2.6.2 内部结构及工作原理

KBC4M-1 的内部结构及工作原理如图 2.17 所示,它的内部集成有电压与电流闭环的双并联调节器、电压及电流反馈的反相放大器、同步信号整形与处理、触发脉冲形成、脉冲功率放大、隔离和整形、启动封锁逻辑、控制板工作电源形成,共计 8 个单元电路。

电源输入的电压经控制板工作电源形成单元整流、滤波及稳压后提供给内部电路和板外使用,同时经同步信号处理单元变换为合适波形,与用户选用的电压或电流调节器输出电压进行比较后,控制触发脉冲产生电路输出对应同步电压正、负半周的 2 路触发脉冲移相。这 2 路触发脉冲经脉冲功率放大、隔离及整形环节后输出,直接去触发外接电力电子变流设备中的晶闸管,当外接启动信号无效或为封锁状态时,不输出触发脉冲。

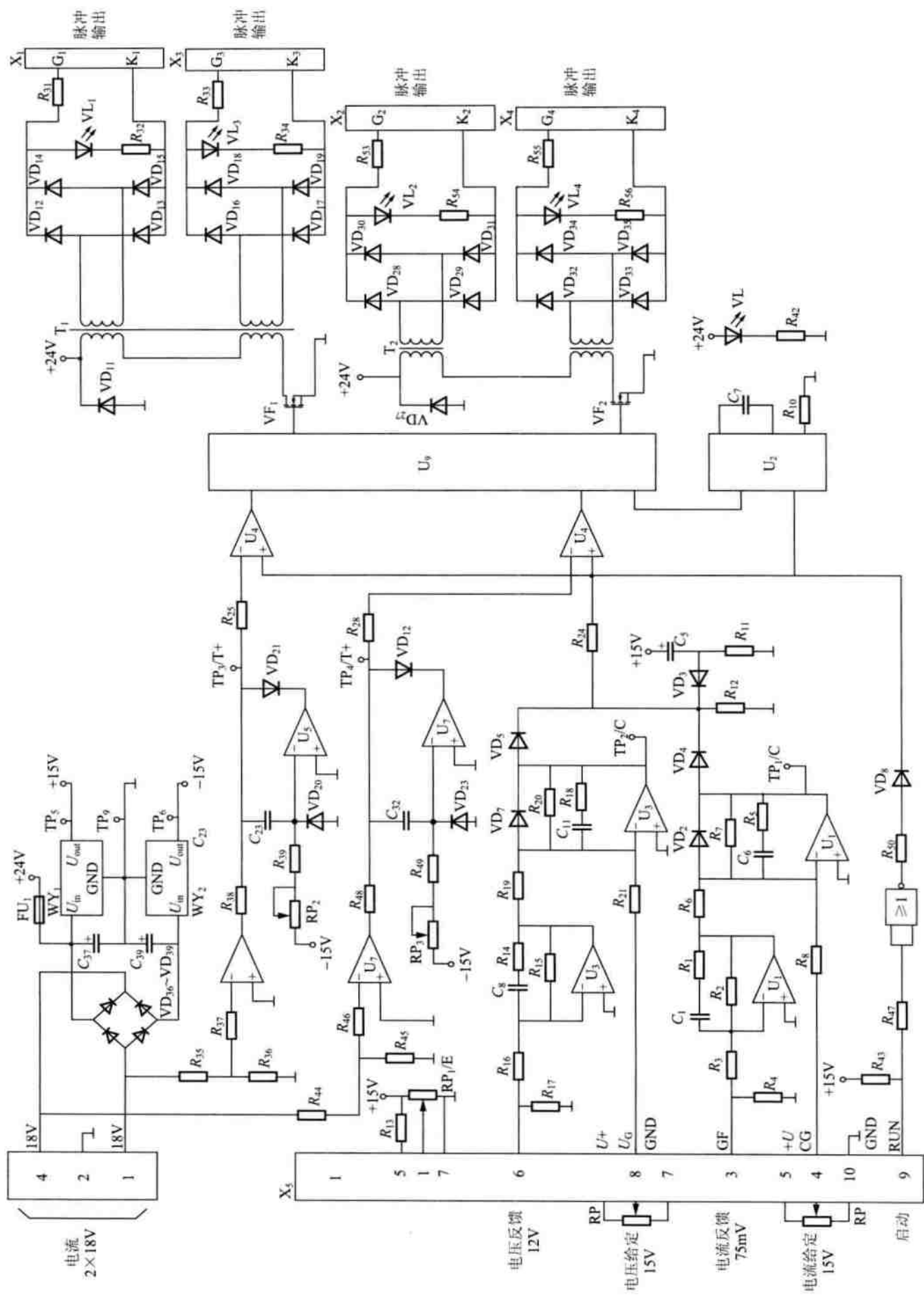


图 2.17 KBC4M-1 触发板的内部结构及工作原理图

2.6.3 应用技术

1. 元器件布置与安装

KBC4M-1 的实物外形及主要元器件布置如图 2.18 所示,安装时应保证在前后左右上下无严重发热的元器件,并留有不小于 20mm 的距离,以利于插拔接插件。

2. 正确接线

KBC4M-1 对外共有 6 个接插件,正确接线方法如下。

(1) 当所使用的主电路结构为全控电路时,接插件 $X_1 \sim X_4$ 分别接单相全控电路中 4 个对应晶闸管的门-阴极。

(2) 当所使用的主电路结构为单相双半波可控整流电路时,可仅使用 X_1 、 X_2 或 X_3 、 X_4 两个接插件输出接单相双半波可控整流电路中两个对应晶闸管的门-阴极,剩余两个接插件输出悬空。

(3) 当 KBC4M-1 用于单相半控电力电子变流设备时,可按具体电路结构把 X_1 、 X_2 中的 G_1 、 K_1 及 G_2 、 K_2 与对应晶闸管的门-阴极相连,也可把 X_3 与 X_4 中的 G_3 、 K_3 及 G_4 、 K_4 与对应晶闸管的门-阴极相连。

(4) 接插件 X_5 中的引脚 5、引脚 1 和引脚 7 为电位器输出。其中,引脚 1 为电位器的滑动端,该电位器可用来作为板内给定;引脚 5 为内部 +15V 电源串联电阻后的输出,可作为最大给定电压,也可提供给外部电路作为保护门槛设置使用。

(5) 接插件 X_5 的引脚 5、引脚 4 及引脚 10 之间可外接电流给定电位器。其中,引脚 4 接电位器滑动头,引脚 10 为参考地。

(6) 接插件 X_5 的引脚 8、引脚 5 与引脚 10 之间接外部电压给定电位器。其中,引脚 8 接电位器滑动头,引脚 5 与引脚 10 分别为 +12V 及参考地。

(7) 接插件 X_5 中的引脚 6(UF)、引脚 3(CF)与引脚 7 之间分别接电压与电流反馈取样信号。

(8) 接插件 X_5 的引脚 9(RUN)与引脚 10 之间接启动和停机按钮:按钮接通,低电平停机;按钮断开,高电平运行。

(9) 接插件 X_6 的引脚 1、引脚 2 与引脚 4、引脚 3 接电源变压器二次侧双交流 18V。

3. 各电位器的作用及调节方法

KBC4M-1 共有 3 个电位器,使用该板时需用户外配 2 个电位器。

(1) RP_1 :板内备用给定电位器。

(2) RP_2 、 RP_3 :板内输出脉冲对称度调节电位器,可分别调整输出脉冲的对称度。

(3) RP_4 :板外用户自备电压给定电位器,当稳流使用 KBC4M-1 控制板时,调整 RP_4 ,可限制最大输出电压。

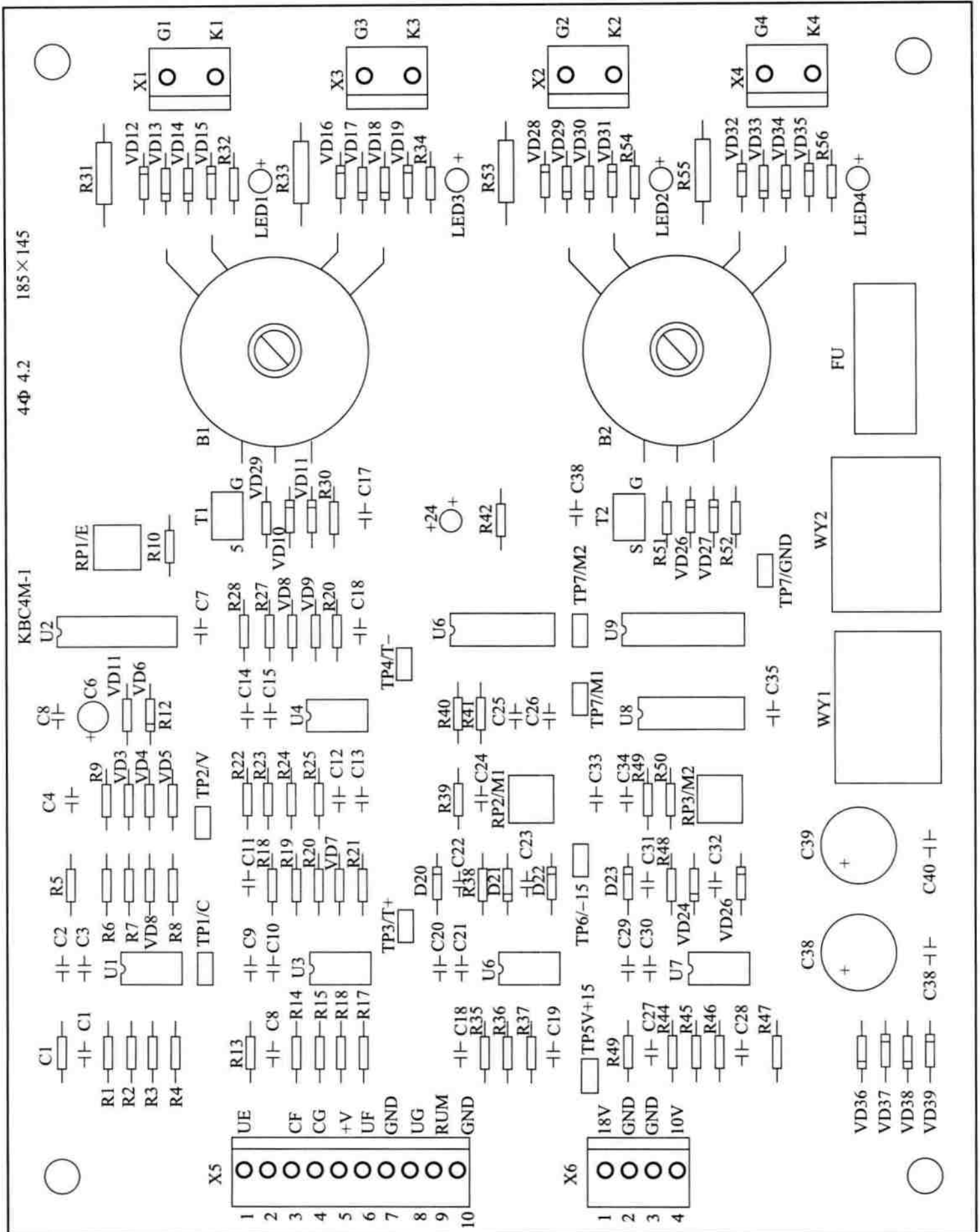


图 2.18 KBC4M-1的实物外形及主要元器件布置图

(4) RP_5 :板外用户自备电流给定电位器,当稳压使用 KBC4M-1 控制板时,调整 RP_5 ,可限制最大输出电流。

4. 应用注意事项

- (1) 利用启动控制端,可以产生软启动效果。停止时该端接地端,启动时该端与接地端分断。
- (2) 不用电压给定端或电流给定端时,应接+15V。
- (3) 不用电压或电流反馈时,可悬空。
- (4) 为抗干扰,对外接线应尽可能使用屏蔽线或同轴电缆屏蔽线。
- (5) 可靠外接线线径应不小于 0.3mm^2 ,且用多芯软线。

5. 典型应用举例

图 2.19 是 KBC4M-1 用于单相桥式可控整流电力电子变流设备中的电路原理图。图中采用霍尔电流传感器构成电流反馈,以霍尔电压传感器进行电压取样,整个系统运行于恒流控制过压保护模式。

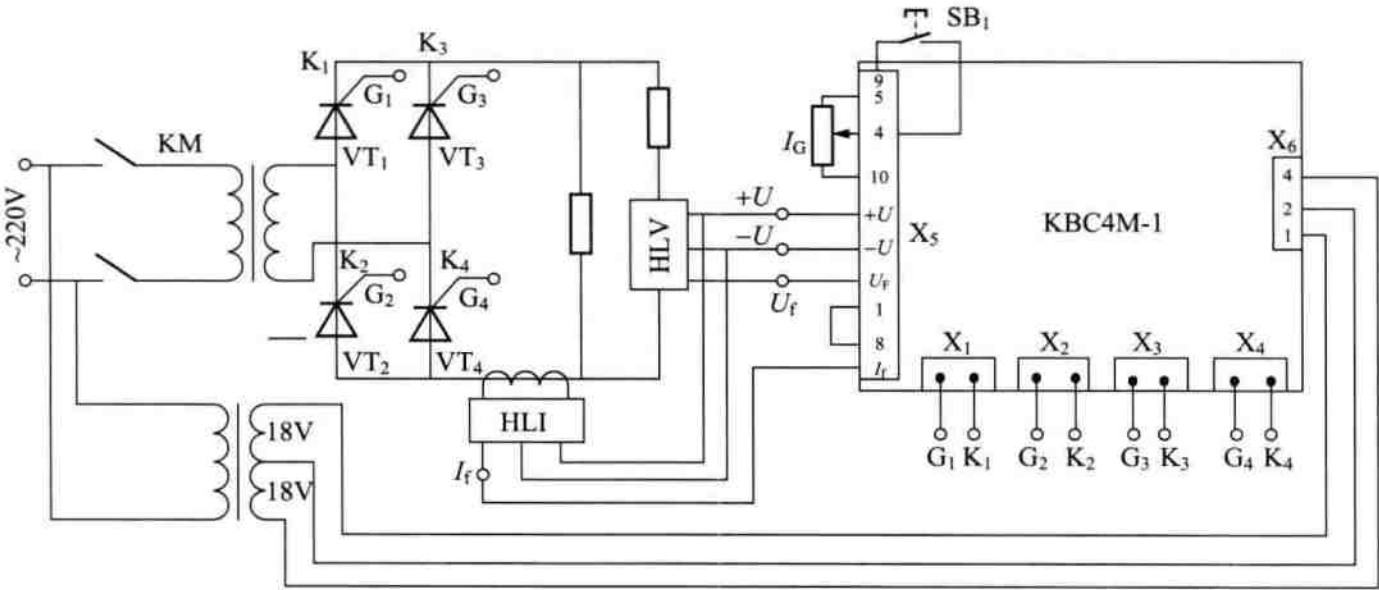


图 2.19 KBC4M-1 触发板用于单相桥式可控整流电力电子变流设备中

2.7 KKC2M-1 单相开环过零触发板

KKC2M-1 是为各种单相晶闸管变流类电力电子变流设备设计的开环触发控制板。

2.7.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 既可采用过零触发调占空比方式,也可采用相控方式工作。
- (2) 为了避免变压器负载的启动冲击电流,过零与移相控制方式都具有软启动功能。

(3) 采用过零触发调占空比方式,可以提高负载功率因数,减少设备的无功功率损耗。

(4) 该板可以和各种自动化仪表配合使用,组成闭环控制系统。

(5) 适用于半相半控桥整流电路及单相交流调压电路。

(6) 用于单相交流调压系统时,负载可以是感性也可以是阻性。

2. 主要参数限制

(1) 主电路侧额定工作电压:380V(50Hz)。

(2) 交流供电电源:双 18V/1A。

(3) 给定电压信号幅值:DC4~20mA 或 1~5V。

(4) 占空比周期:5s。

(5) 输出脉冲移相范围: $\alpha=0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 。

(6) 脉冲信号最大宽度:25°。

(7) 触发脉冲幅值电压:10V。

(8) 最大脉冲负载电流:300mA。

(9) 最大外形尺寸:205mm×140mm×30mm。

(10) 允许工作温度范围 T_A :0~50℃。

(11) 存储温度范围 T_{stg} : -10~70℃。

2.7.2 内部结构及工作原理

KKC2M-1 触发板的内部结构及工作原理如图 2.20 所示,可分为内部工作电源形成、同步信号处理与整形、触发脉冲产生、脉冲功率放大与隔离整形、启动控制逻辑,共 5 部分单元电路。

正常工作时,内部工作电源形成电路将输入的双交流 18V 电源整流、滤波与稳压后形成直流电源,供控制板内部电路使用;同时,同步信号处理与整形环节把交流输入电源变为同步方波信号,由触发脉冲产生电路与给定放大匹配信号比较形成两路触发脉冲,由脉冲功率放大及整形环节放大和隔离整形后提供给外部电路。

2.7.3 应用技术

1. 元器件布置与安装

KKC2M-1 的实物外形及主要元器件布置如图 2.21 所示,安装时应保证该控制板的前后左右上下留有合适的位置,以便于插拔接插件和接线,并保证下方 200mm 之内没有严重发热的电力电子器件或电气元件。

2. 正确接线

KKC2M-1 触发板对外引出 3 个接插件:1 个主接触件 X_0 和 2 个触发脉冲输出线,正确接线方法如下。

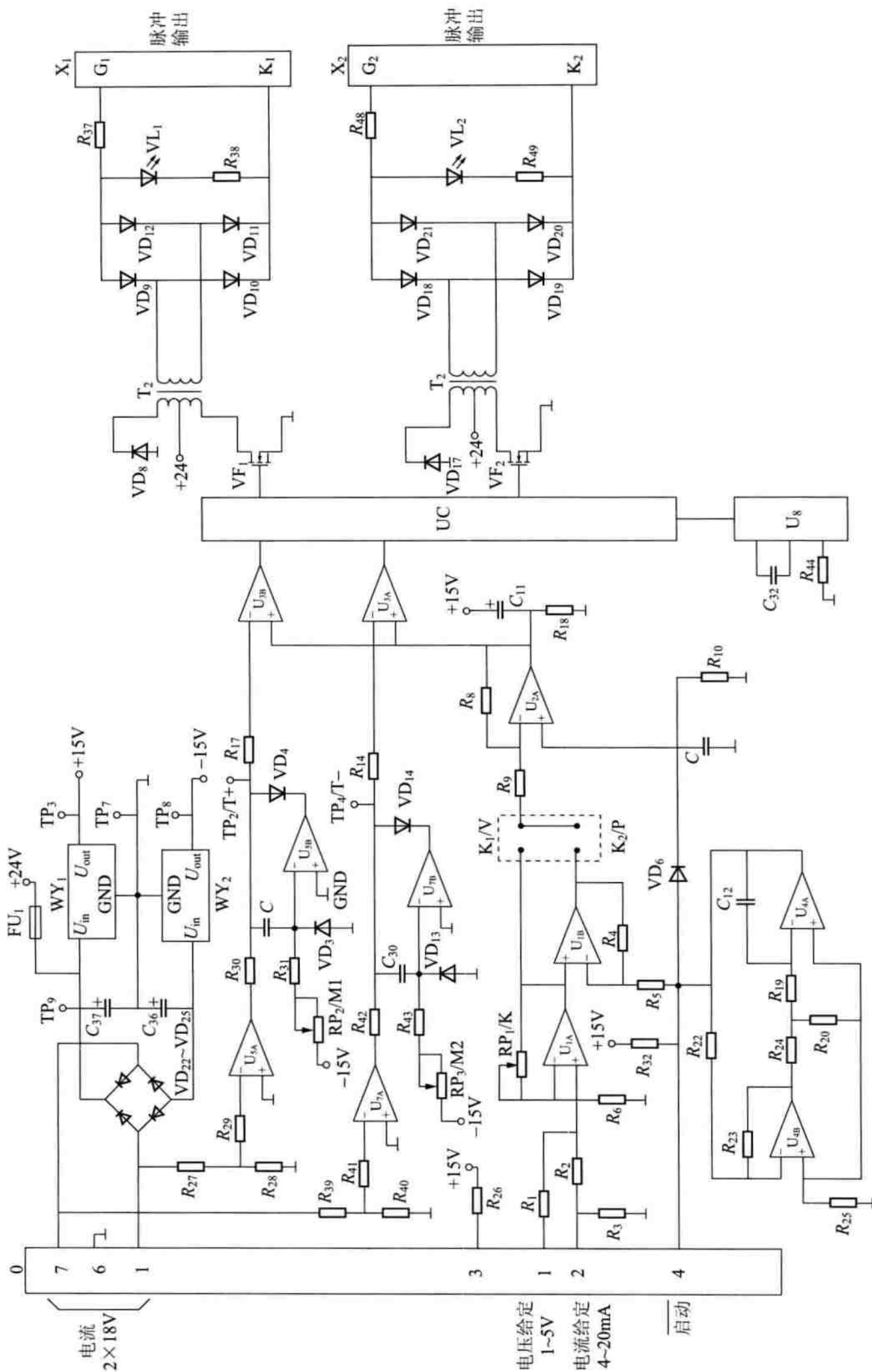


图 2.20 KKC2M-1 触发板的内部结构及工作原理图

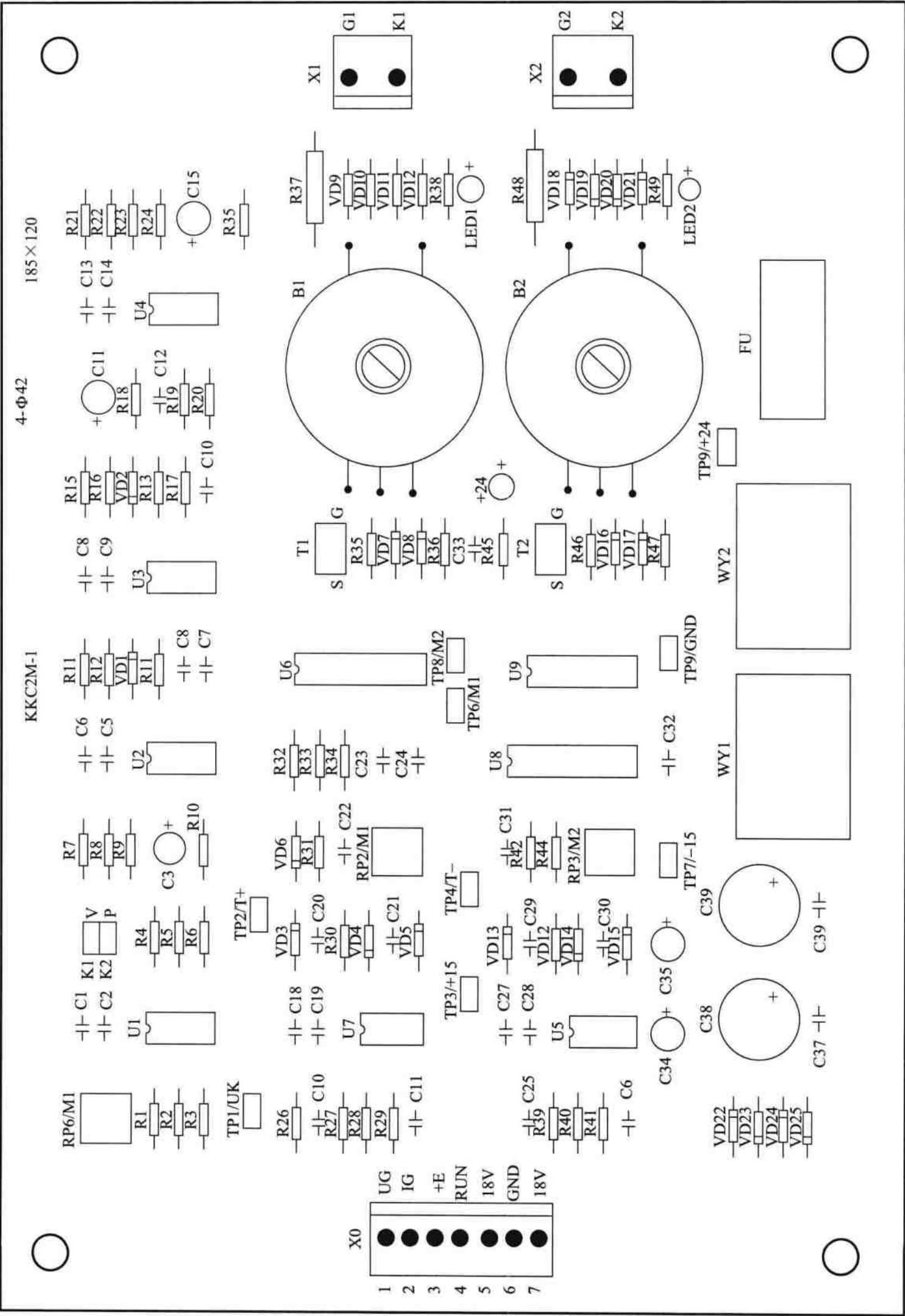


图 2.21 KKC2M-1触发板的实物外形及主要元器件布置

- (1) 接插件 X₀ 中的引脚 1(UG)、引脚 6(GND)、引脚 3(+UP)接电压给定电位器,其中引脚 1 接电位器的滑动端。
- (2) 接插件 X₀ 中引脚 5(18V)、引脚 6(GND)与引脚 7(18V)接具有中间抽头的电源变压器二次侧的 2 个 18V 及中间抽头。
- (3) 接插件 X₀ 的引脚 4(RUN)与引脚 6(GND)之间接按钮开关:当开关闭合时,输出脉冲封锁;开关断开时,正常输出触发脉冲。
- (4) 接插件 X₁ 中的 G₁、K₁ 与接插件 X₂ 中的 G₂、K₂ 接单相半控电力电子变流设备中 2 个晶闸管的对应门-阴极。

3. 短接端子功能

为方便用户选择 KKC2M-1 触发板的工作方式,板内设有 2 个短接端子来设置控制板的工作模式。这 2 个短接端子的代号及短接后设置的控制板工作方式如下。

- (1) K₁-V 短接为相控方式。
- (2) K₂-P 短接为占空比方式(过零触发)。

4. 各电位器的作用及调节方法

- (1) RP₁/K:给定系数调整电位器,当给定为 4~20mA 时,调整 RP₁/K 使占空比为 0~1;当占空比为 1 时,TP1/UR 测试点约为 12V。
- (2) RP₂、RP₃:输出脉冲对称度调节电位器,可分别调整输出脉冲的对称度。

5. 典型应用举例

图 2.22 为 KKC2M-1 用于单相交流调压系统的原理图。这种调压电路可用于低压大电流的场合,如石墨、金刚石加工等小型电阻炉领域。

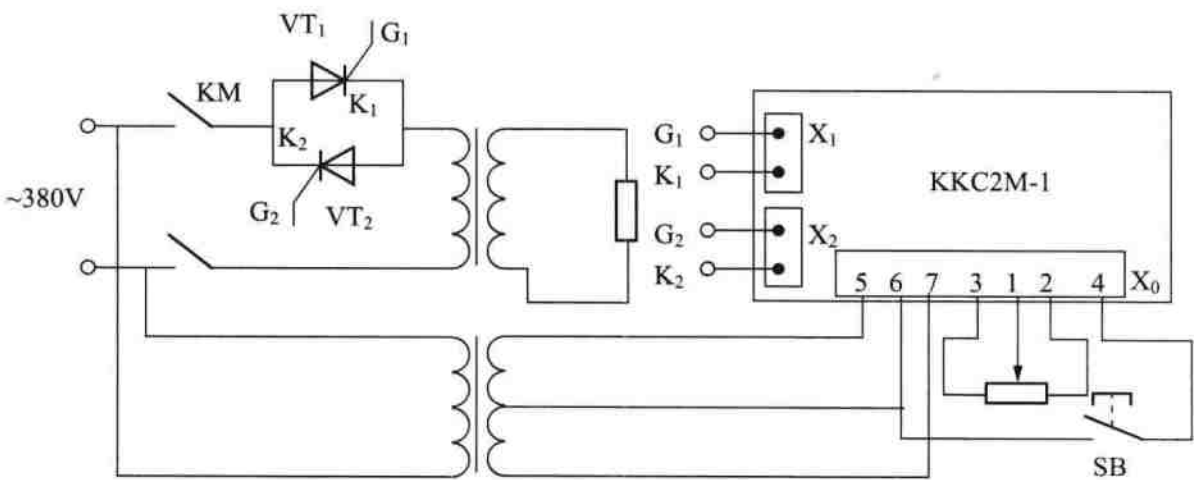


图 2.22 KKC2M-1 触发板用于单相交流调压系统的原理图

2.8 KBC2M-1 单相晶闸管触发板

KBC2M-1 是针对单相晶闸管电力电子变流设备闭环控制而开发的单相晶闸

管触发板,可于单相半控整流及调压系统中作为触发与闭环控制单元使用。

2.8.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 具有线路简单、调试方便、运行可靠等特点。
- (2) 板内设计有双并联 PI 调节器,具有稳压或稳流功能。
- (3) 板内含有锯齿波脉冲形成电路。
- (4) 自身带直流工作电源及脉冲隔离、放大与整形环节,适用于单相半控桥整流电路。
- (5) 稳压使用时具有限流功能,稳流使用时具有限压功能。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源:单相双交流 18V/0.5A。
- (3) 电压反馈信号幅值:DC 0~12V 单端输入。
- (4) 电流反馈信号幅值:DC 0~75mV 单端输入。
- (5) 脉冲移相范围: $\alpha=0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 。
- (6) 脉冲信号最大宽度:25°。
- (7) 输出脉冲峰值电压:10V。
- (8) 输出脉冲最大电流:300mA。
- (9) 最大外形尺寸:200mm×120mm×35mm。
- (10) 允许工作温度范围 $T_A:0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。
- (11) 允许存储温度范围 $T_{\text{sig}}:-10\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

2.8.2 内部结构及工作原理

KBC2M-1 触发板的电路原理图如图 2.23 所示,其内部设计有电压与电流取样值的反相放大器、电压与电流的闭环调节器、同步信号处理与整形、控制板自身工作电源形成、触发脉冲形成、脉冲功率放大与隔离和整形,共计 6 大部分单元电路。

2.8.3 应用技术

KBC2M-1 可方便地用于单相电力电子变流设备中,构成恒压或恒流控制的电力电子变流系统。

1. 元器件布置与安装

KBC2M-1 的实物外形及主要元器件布置如图 2.24 所示,应用中需确保前后左右上下无严重发热的元器件,并在前后左右 20mm 内无影响接线与插拔接插件的其他元器件。

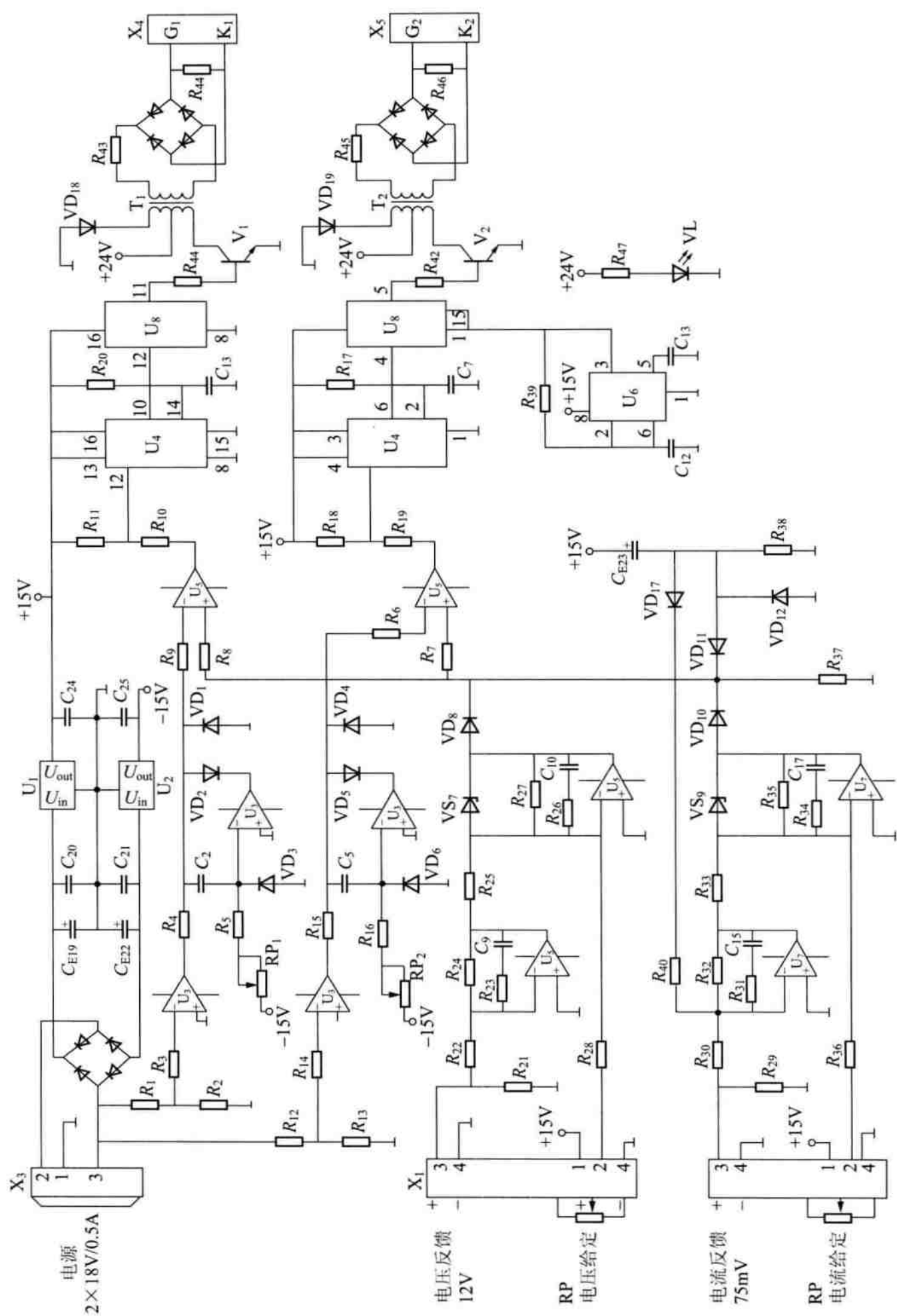


图 2.23 KBC2M-1 触发板的电路原理图

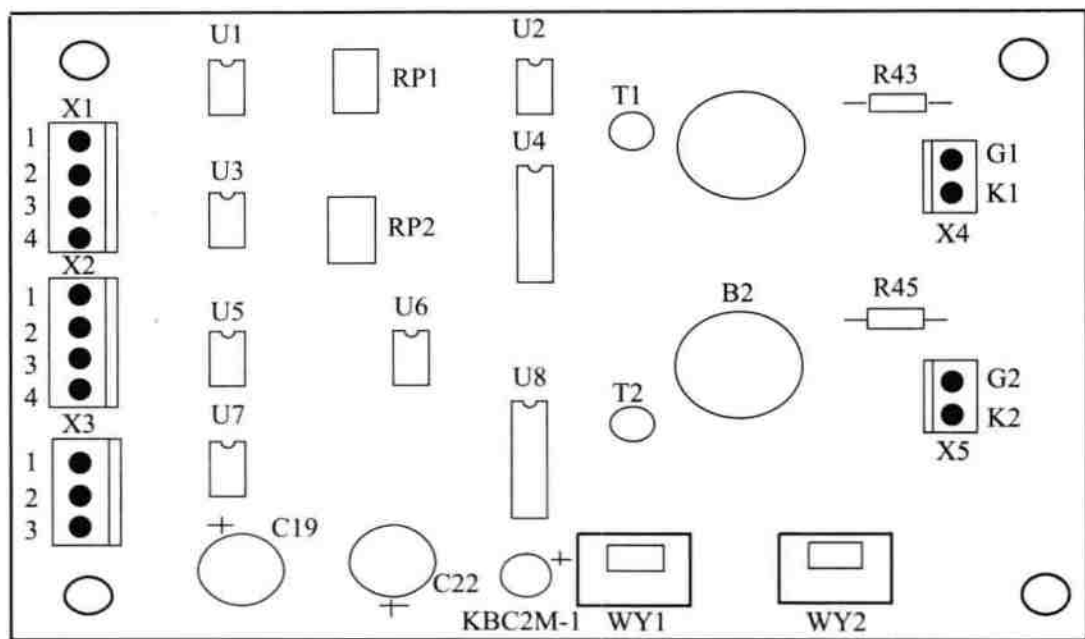


图 2.24 KBC2M-1 实物外形及主要元器件布置

2. 正确接线

KBC2M-1 单相晶闸管触发板对外使用了 5 个接插件,正确的接线方法如下。

(1) 接插件 X_1 的引脚 1、引脚 2 与引脚 4 之间外接电压给定电位器,引脚 2 接电位器的滑动端,引脚 4 为参考地端,引脚 1 为 +15V 电源,引脚 3 与引脚 4 之间接电压反馈值,引脚 3 接电压反馈的高电位端。

(2) 接插件 X_2 的引脚 1、引脚 2 与引脚 4 之间外接电流给定电位器,引脚 2 接电位器的滑动端,引脚 4 为参考地端,引脚 1 为 +15V 电源,引脚 3 与引脚 4 之间接电流反馈值,引脚 3 接电流反馈的高电位端。

(3) 接插件 X_3 的引脚 1 与引脚 3 接双交流 18V,引脚 2 接双 18V 的中间连接端。

(4) 接插件 X_4 的 G_1 与 K_1 及接插件 X_5 中的 G_2 与 K_2 分别接单相半控变流器中 2 个对应晶闸管的门-阴极。

3. 各电位器的作用与调节方法

KBC2M-1 触发控制板使用时共需 4 个电位器,其中 2 个需用户外接。

(1) RP_1 、 RP_2 为板内的输出脉冲对称度调节电位器,可调整输出脉冲的对称度;

(2) RP_3 为用户自备的外接电压给定电位器,当稳流使用时,调整 RP_3 ,可限制最大输出电压;

(3) RP_4 为用户自备的外接电流给定电位器,当稳压使用时,调整 RP_4 ,可限制最大输出电流。

4. 应用注意事项

(1) 应用于晶闸管电力电子变流设备中,当该电力电子变流设备需要做绝缘测试时,应从电力电子变流设备上取下 KBC2M-1,否则有可能造成 KBC2M-1 永

久损坏。

- (2) KBC2M-1 的系统电流反馈信号取自分流器,电压反馈信号应在靠近分流器端取电压,并注意电流、电压反馈信号的极性。
- (3) 电流、电压反馈及给定电位器连接导线应分别用绞合线连接。
- (4) 不用电压给定或电流给定端时,应接+15V。
- (5) 不用电压或电流反馈端时,可悬空。

5. 典型应用举例

图 2.25 是 KBC2M-1 用于单相双半波可控整流系统的原理图,这种方案可用于小功率直流电动机调速、恒流励磁和小功率直流电解、电镀场合。图中以直流侧的电流检测构成恒流控制系统,电流的检测采用分流器,电压的检测使用了电阻分压。

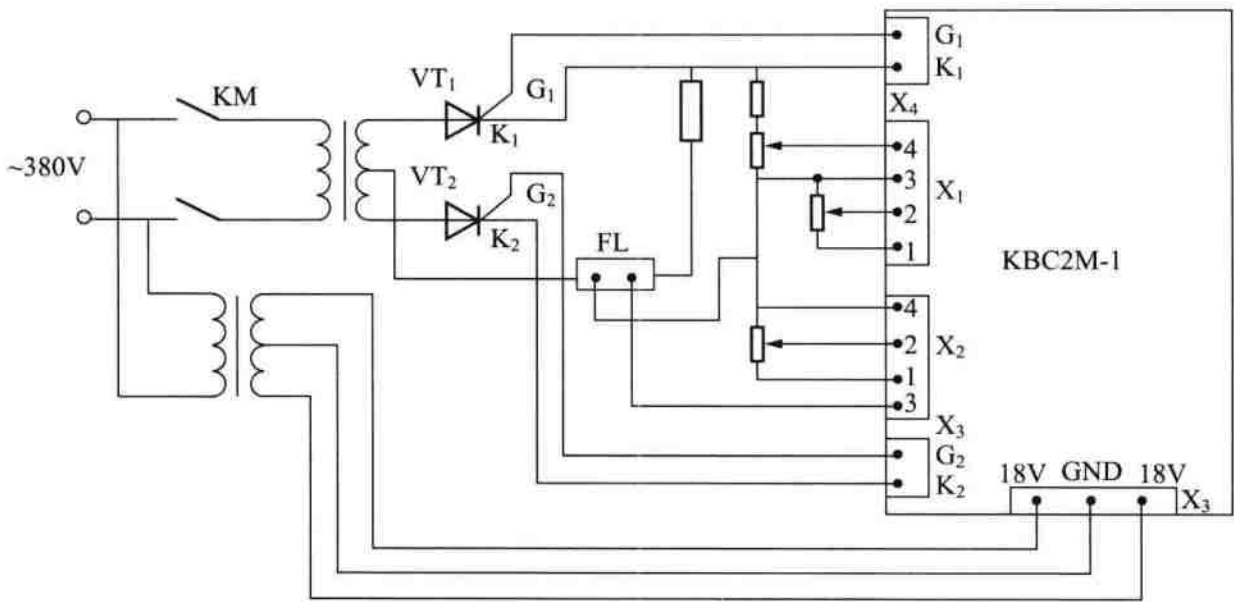


图 2.25 KBC2M-1 控制板用于单相双半波可控整流系统原理图

第 3 章 单相晶闸管 电力电子变流设备控制板

3.1 概 述

单相晶闸管电力电子变流设备,因具有使用晶闸管元件小,电路拓扑结构简单,对控制触发脉冲的个数要求少等优点,而成为小功率晶闸管电力电子变流设备的首选方案,是诸如小功率直流电动机调速、小功率控温、调功、励磁控制、调光、家用电器、交通工具、直流电源等领域中的多用方案。在这种系统中,要求晶闸管控制板不但要完成主电路中晶闸管的可靠触发,还要完成对被控制电力电子变流设备中某个参量的闭环调节,并监控电力电子变流设备的非正常运行状态,一旦发生故障,就能进行快速有效的保护。这就决定了第 2 章中介绍的单相晶闸管触发板还不能完全适应这些控制需要,具体应用中还需增加外围电路。为了避免使用中的这些不便,结合具体单相电力电子变流设备的需求,对单相晶闸管触发板增加调节与保护功能而制作成单相电力电子变流设备控制板,是电力电子行业一直研究的问题。表 3.1 给出了陕西高科电力电子有限责任公司开发的在国内有一定市场份额的单相晶闸管电力电子变流设备控制板的型号、主要参数、设计特点。

表 3.1 单相晶闸管电力电子变流设备控制板简表

型 号	特 点	主要参数
KJDS-1	自动定时均浮充转换板,主要用于蓄电池充电类电力电子变流设备,具有手动、自动均浮充转换,均充定时及均充时间显示功能	外部供电电源:DC 200~340V/(100~170V) 内部工作电源:DC $\pm 15V$ 最大外形尺寸:210mm \times 160mm \times 30mm 信号继电器接点容量:AC 48V/2A 对外供电电源电压:DC $\pm 15V$
KCZ1	为小功率直流电动机调速而开发的专用控制板,以 TCA785 为主芯片,内含双闭环调节器,过流保护单元,并带有脉冲隔离、脉冲整形及抗干扰环节。输出可直接触发 4 只晶闸管,可方便地用于单相全控桥、单相半控桥及双半波电路中完成晶闸管的触发控制	输入工作电压:双交流 18V/0.5A 输入移相电压范围 U_K :0~12V 移相范围 α :0°~170° 反馈输入电压或转速值:0~-12V 直流 输入反馈电流范围 I_f :交流 0~10V、0.1A 外形尺寸(长 \times 宽 \times 高):164mm \times 149mm \times 30mm
KZC2M-2	为直流电动机调速而开发的单相控制板,既可用于直流电动机的电枢控制,也可用于其励磁控制回路。内含转速闭环、电流闭环的双闭环调节器及脉冲形成电路、直流工作电源及脉冲变压器	供电电源电压:双交流 18V/0.5A 电流反馈信号: 单端输入 2V 或直流 75mV 外形尺寸(长 \times 宽 \times 高):205mm \times 145mm \times 30mm

3.2 KJDS-1 自动均浮充转换板

KJDS-1 自动定时均浮充转换板主要用于蓄电池充电类电力电子变流设备,具有手动、自动均浮充转换,均充定时及均充时间显示功能。

3.2.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 一块控制板实现了手动、自动均浮充转换,均充定时,均充时间显示功能。
- (2) 可外接按钮,手动实现均充与浮充转换。
- (3) 直流供电由内部开关电源变换提供。
- (4) 对外接线极为简单。
- (5) 外形尺寸小,功能强。

2. 主要参数限制

- (1) 外部供电电源:DC 200~340V/(100~170V)。
- (2) 内部工作电源:DC ± 15 V。
- (3) 最大外形尺寸:210mm \times 160mm \times 30mm。
- (4) 保护信号继电器接点容量:AC 48V/2A。
- (5) 对外供电电源电压:DC ± 15 V。

3.2.2 内部结构及工作原理

KJDS-1 自动均浮充转换板的内部结构及工作原理如图 3.1 所示。当交流电网断电时,继电器 KA 断电,断电控制端 D_{32} 与 D_{24} 接通。断电 5min 后,KJDS-1 开始处于均充等待状态。当交流电网送电后,充电装置开始均充,均充时间由 K_3 设定,均充到设定时间后自动转浮充。均浮充给定电压的切换由 KA_1 完成, KA_2 可用于外电路的转换。

均浮充值可由 RP_1 、 RP_2 或外部电位器设定。 RP_1 、 RP_2 及给定积分器 U_6 工作电源由控制板内部提供,给定积分器输出端 Z_{20} 可减小转换过程中的电流冲击。

需手动控制时,按 KB 可转均充,按 KF 可转浮充。

试验时将 K_2/T 接通,计时系统加快 500 步,7s 相当于 1h。正常使用将 K_1/N 接通。

3.2.3 应用技术

KJDS-1 自动均浮充转换板内的主要元器件布置如图 3.2 所示。

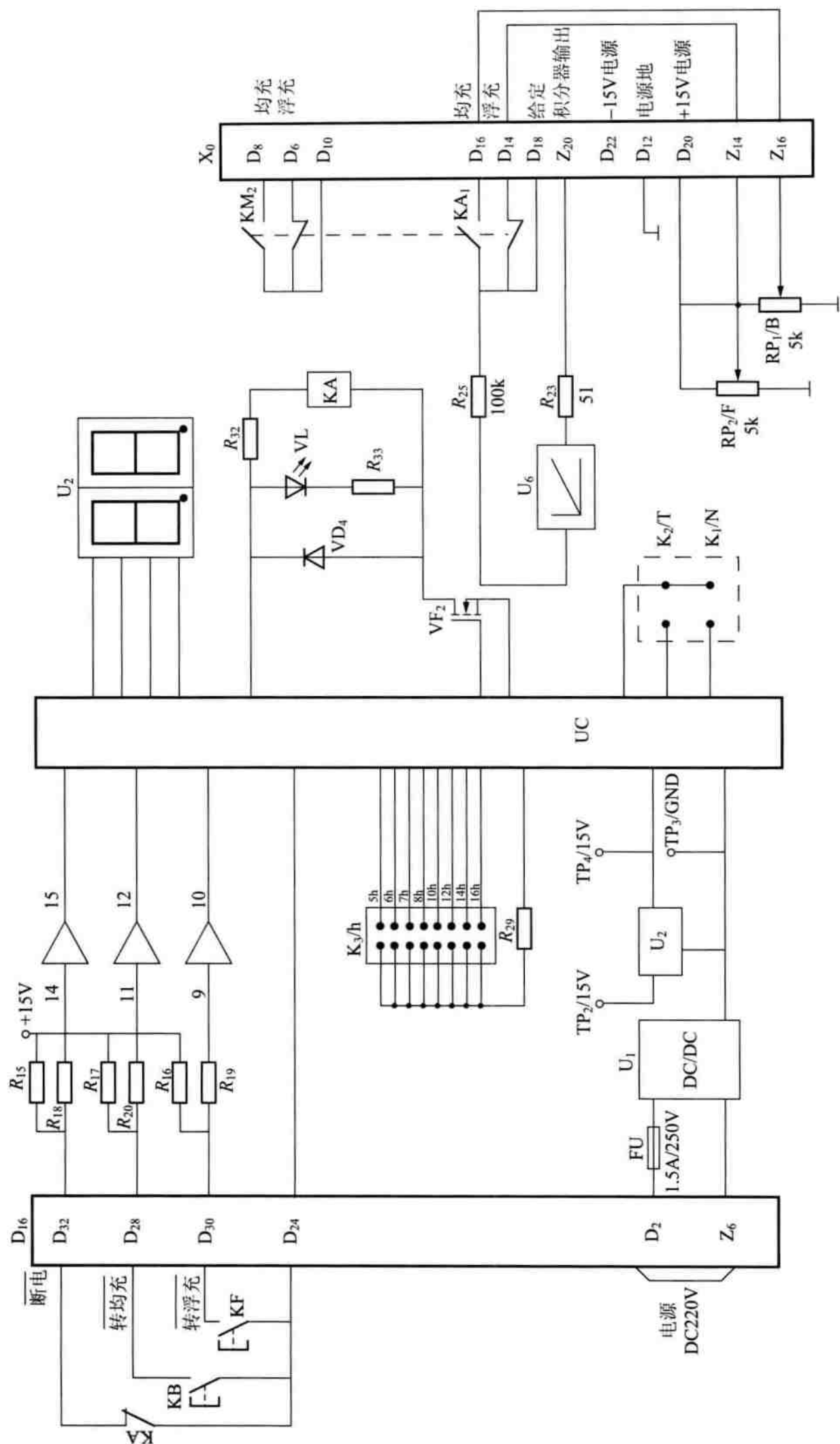


图 3.1 KJDS-1 自动均浮充转换板的内部结构及简化工作原理图

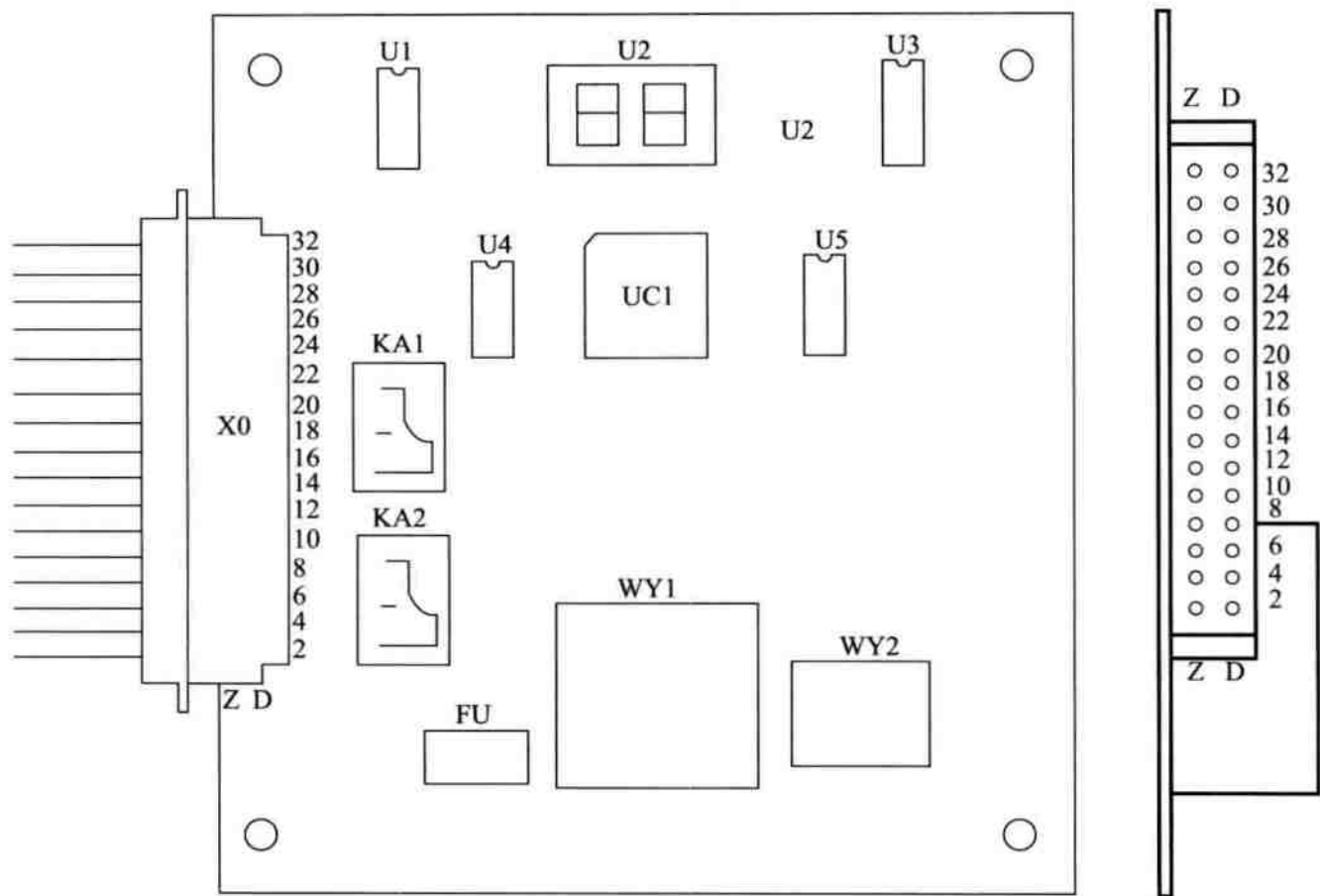


图 3.2 KJDS-1 均浮充转换板外形及主要元器件布置

1. 显示及指示
- (1) 板内继电器 KA_2 吸合为均充状态,发光二极管 VL 亮。

(2) 浮充状态时数码管显示 CF,均充时显示计时时间,单位为小时。
2. 电位器的作用
- (1) RP_1/B :均流值设定电位器。

(2) RP_2/F :浮充值设定电位器。
3. 正确接线
- 从图 3.2 可见,KJDS-1 均浮充转换板对外仅引出一个 32 线接插件,使用时与外部的接线极为简单,正确的接线方法可参考图 3.1。

3.3 KCZ1 小功率直流电动机调速板

KCZ1 小功率直流电动机调速板适用于小功率直流电动机的调速,内含电压负反馈(或转速负反馈)及电流负反馈调节电路环节,用户可方便地选择电动机转速(或电枢电压)与电枢电流负反馈构成双闭环 PI 调节器,控制晶闸管触发器的移相电压,并进一步将电压幅值转换为相应导通角的触发脉冲,驱动大功率晶闸管元件,以实现调节和稳定被控直流电动机转速的目的。该调速板是在原 KJZ1 直流电动机调速板的基础上,根据广大用户对 KJZ1 板的意见改进而成的。

3.3.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 板内带整流稳压器件,可产生自身工作的 $\pm 15\text{V}$ 及 $+24\text{V}$ 电源,除供本身使用外, $\pm 15\text{V}$ 电源还可以供用户使用。

(2) 以 TCA785 取代原 KJZ1 控制板采用的 KJ004,以 555 时基器取代原 KJ042,使外围元件进一步减少、可靠性进一步提高。其输出脉冲是脉冲列。

(3) 内含过流保护环节,保护后既可封锁用户的输出脉冲,又可分断用户系统的主电路,同时还可由用户输入保护外部故障低电平信号来实现保护功能。

(4) 内含输出脉冲功率放大和整形环节,极大地方便了用户使用。

(5) 内含 4 路脉冲功率放大单元,可用于单相桥式全控或单相桥式半控系统或双半波可控整流系统,满足不同用户的需要。

2. 主要参数限制

(1) 工作电源输入交流电压:双交流 $18\text{V}/0.5\text{A}, 50\text{Hz}$ 。

(2) 输入移相控制电压 $U_K: 0 \sim -12\text{V}/0.1\text{A}$ 。

(3) 提供用户使用输出直流电压: $\pm 15\text{V}/0.1\text{A}$ 。

(4) 电压(或转速)反馈幅值 $U_n: 0 \sim +12\text{V}/0.1\text{A}$ 。

(5) 电流反馈幅值 U_i :直流 $0 \sim 10\text{V}/0.1\text{A}$ 。

(6) 移相范围: $0^\circ \sim 170^\circ$ 。

(7) 稳速精度:1%。

(8) 外部故障保护封锁脉冲信号 L 幅值: $<2\text{V}/0.1\text{A}$ 。

(9) 输出 4 路触发脉冲高电平幅值: $10\text{V}/400\text{mA}$ 。

(10) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高= $170\text{mm} \times 150\text{mm} \times 30\text{mm}$ 。

(11) 调速比:20:1。

(12) 安装尺寸: $155\text{mm} \times 135\text{mm}$,安装孔径为 $4-\Phi 4.5$ 。

3.3.2 内部结构及工作原理

KCZ1 的内部结构及工作原理如图 3.3 所示。双交流 18V 经二极管整流桥整流、三端稳压器稳压后作为该控制板工作的正、负电源,而未稳压前的正电压作为脉冲功率放大部分的工作电源。给定电压 U_G 与反馈信号 $+U_n$ 进行比较并经第 1 级转速 PI 调节器后的输出作为第 2 级电流调节器的给定信号,再与电枢电流的反馈信号进行比较,并进行无差的 PI 调节后控制差分器输出值在 $10 \sim 0\text{V}$ 之间变化,从而控制 TCA785 输出的 2 路触发脉冲在同步信号的正半周及负半周内移相,调整了加在电动机电枢两端电压的高低,相应调节了电动机的转速。

该控制板还将电流反馈信号 U_i 与 IC_{1c} 单元反相端设定的门槛电压进行比较,一旦信号高于反相端设定的门槛电压,则该比较器翻转输出高电平,晶体管 V_3 分断



图 3.3 KCZI 的内部结构及工作原理

用户系统主电路,同时封锁 TCA785 的输出脉冲。工作于非稳态多谐振荡器模式的 555 产生调制脉冲,因而可对输出脉冲的宽度进行调制。

3.3.3 应用技术

KCZ1 的元器件布置如图 3.4 所示,内部有 7 个电位器,对外引线共需 3 个接插件。

1. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_2 为电压反馈(或转速反馈)幅值调节电位器:顺时针调节,反馈幅值减小;逆时针调节,反馈幅值增大。

(2) RP_3 为电流反馈幅度调节电位器:顺时针调节,电流反馈幅值减小;逆时针调节,电流反馈幅值增大。

(3) RP_4 为差分器输出电压调节电位器:当给定电压 U_G 为零时, RP_4 决定差分器输出的最高电压;在 U_G 最大时,调节 RP_4 可使差分器输出电压为零。也就是说,在 U_G 为最大(即 U_n 、 U_m 均为零)时,调节 RP_4 使输出脉冲正好位于 $\alpha=0^\circ$ 的时刻即为 RP_4 最合适的取值。此时,TCA785 引脚 11 的电压为 $-0.7\sim 0V$ 。

(4) RP_5 为用于过流保护的电流取样信号最大值调节电位器:顺时针调节,用于过流保护的电流取样信号最大值减小;逆时针调节,用于过流保护的电流取样信号最大值增加。一般当电流反馈最大时,调节 RP_5 使其中点电压为 $6V$ 比较合适。

(5) RP_6 为过流保护门槛调节电位器:顺时针调节,过流保护门槛值增加;逆时针调节,过流保护门槛值减小。

(6) RP_7 为移相电压最大值限幅调节电位器,当 $U_G=0$ 、 $U_n=0$ 、 $U_m=0$ 时,调节 RP_7 使输出脉冲刚好位于控制角 $\alpha=180^\circ$ 的位置时,便为 RP_7 最合适的取值。 RP_7 逆时针调节最大控制角 α_{max} 减小;顺时针调节,最大控制角 α_{max} 增加。

(7) RP_8 为锯齿波幅值调节电位器:顺时针调节,锯齿波幅值增加;逆时针调节,锯齿波幅值减小。

2. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 $18V$ 、 GND 、 $18V$ 接供电电源变压器二次具有中间抽头的双 $18V$ 绕组。其中, GND 接中间抽头,为该控制板工作的参考地。 U_G 、 $-15V$ 、 GND 分别接给定电位器的 3 个引出头,建议 $-15V$ 通过 1 只阻值为 $2k\Omega$ 的电阻接 1 只阻值为 $4.7k\Omega$ (功率 $1W$ 或 $2W$)的外部给定电位器的固定端, GND 接另一固定端, U_G 接该电位器的中点。剩余的 I_f 与 GND 及 U_f 与 GND 之间分别接电流、转速(或电压)反馈信号,应注意反馈信号均应为正极性。 $+15V$ 为输出直流电源,可供用户使用, L 为外部故障后的封锁脉冲信号,低电平($<2V$)有效。

(2) 接插件 S_2 的 $(G_1、K_1)\sim(G_4、K_4)$,在主回路为单相桥式全控时,分别接主回路中 4 只晶闸管的门-阴极;在主回路为共阴极(或共阳极)单相桥式半控整流电路时,可只选用 $G_1、K_1$ 与 $G_3、K_3$ (或 $G_2、K_2$ 与 $G_4、K_4$)去触发主电路中的 2 只共阴

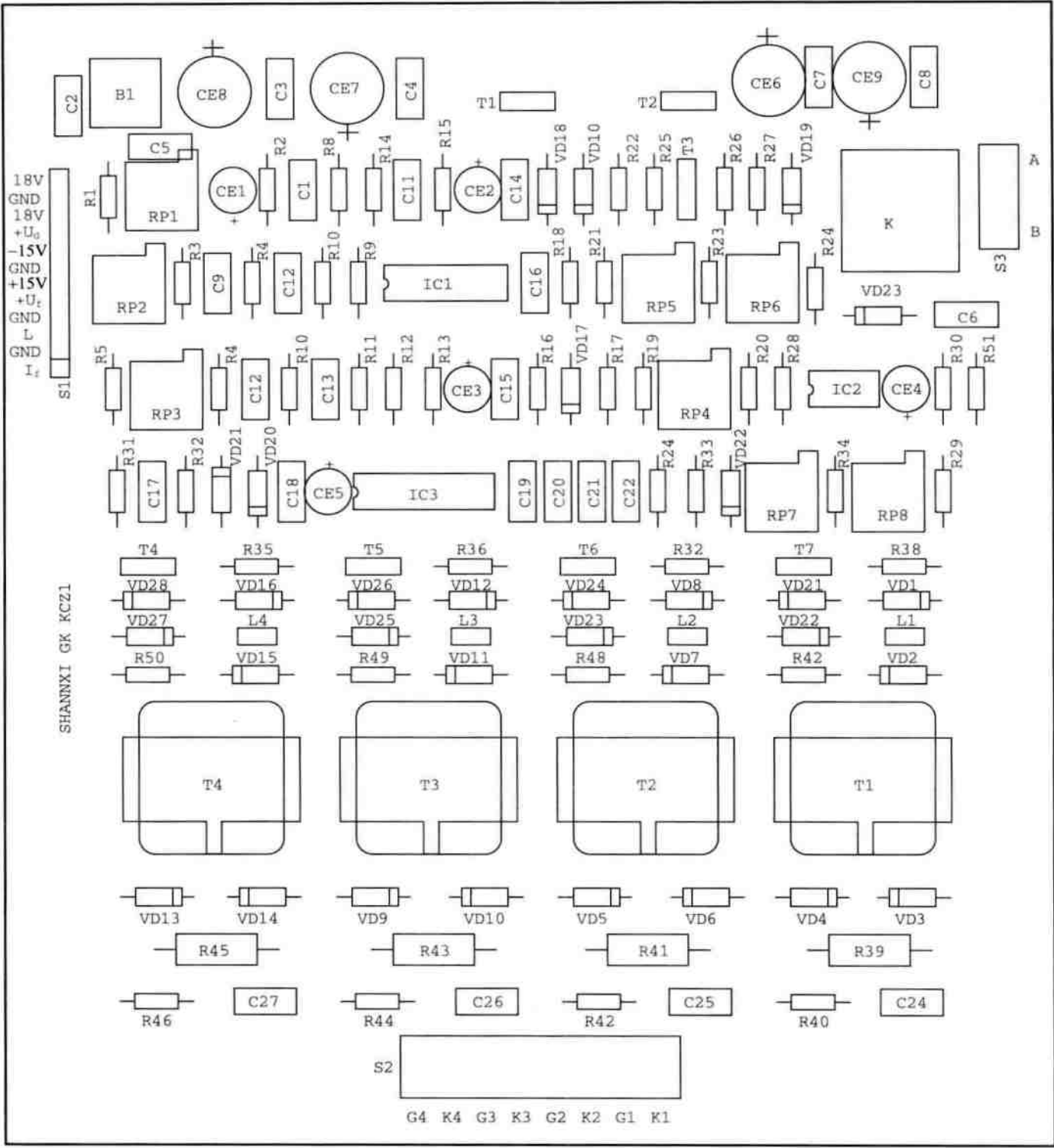


图 3.4 KCZ1 的元器件布置

极(或共阳极)连接的晶闸管;在主回路为单相双半波可控整流时,可只选用 G_1 、 K_1 与 G_2 、 K_2 或 G_3 、 K_3 与 G_4 、 K_4 去触发回路中的 2 个晶闸管;在主回路为单相半波可控整流时,可只选用 $(G_1, K_1) \sim (G_4, K_4)$ 中任一路去触发晶闸管。

(3) 接插件 S_3 的 A、B 之间为常闭接点,可用在故障状况下分断用户系统的主电路,触点容量为 220V/3A 或 380V/1A。

3. 典型应用举例

(1) 用于主回路为单相桥式全控整流电路的转速、电流双闭环直流调速系统:如图 3.5 所示,HLI 为电流互感器,G 为调速发电机,该系统应用测速发电机实现转速反馈,构成转速电流双闭环控制系统。

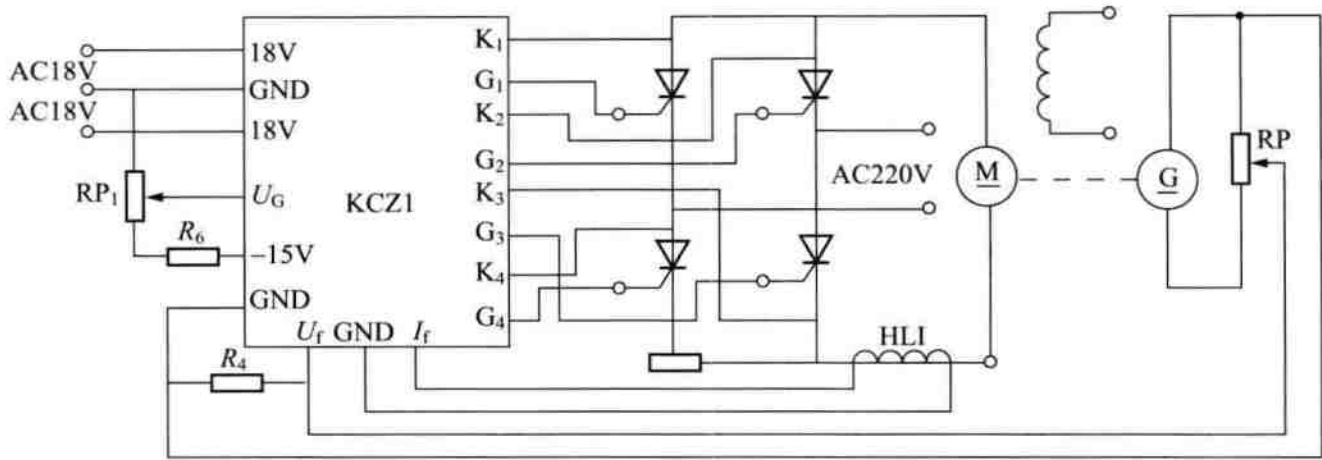


图 3.5 KCZ1 用于单相桥式全控整流的转速、电流双闭环直流电动机调速系统

(2) 用于主回路为单相双半波可控整流的电压、电流双闭环直流调速系统:如图 3.6 所示,HLV 为霍尔电压传感器,HLI 为霍尔电流传感器,该系统以电枢电压反馈构成双闭环控制系统。

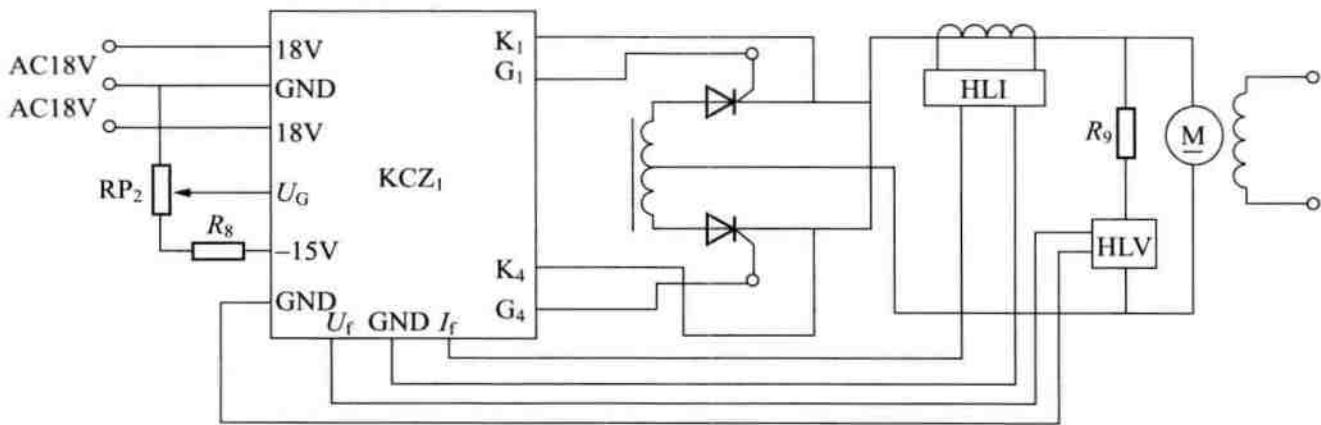


图 3.6 KCZ1 用于单相双半波可控整流的电压、电流双闭环直流电动机调速系统

3.4 KZC2M-2 单相直流电动机调速板

KZC2M-2 单相直流电动机调速板,既可以用于主电路为单相可控整流的直流调速系统,也可以用于非独立弱磁升速直流调速系统励磁控制部分。

3.4.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 单一大板结构。
- (2) 可用于非独立励磁直流调速系统。
- (3) 内含有双闭环调节器。
- (4) 内含脉冲功率放大及隔离整形环节。
- (5) 输出直接触发晶闸管。
- (6) 仅可用于单相半波,单相双半波及单相半控桥系统。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源:单相(18V+18V)/0.5A。
- (3) 电流反馈信号最大值:单端输入 DC 2V。
- (4) 转速反馈信号最大值:单端输入 DC 5V 或单端输入 DC75mV(将板内 R_2 分断)。
- (5) 触发脉冲移相范围: $\alpha=0^\circ\sim150^\circ$ 。
- (6) 脉冲信号宽度:25°。
- (7) 触发脉冲电压幅值:10V。
- (8) 触发脉冲电流最大值:300mA。
- (9) 最大外形尺寸:205mm×140mm×30mm。

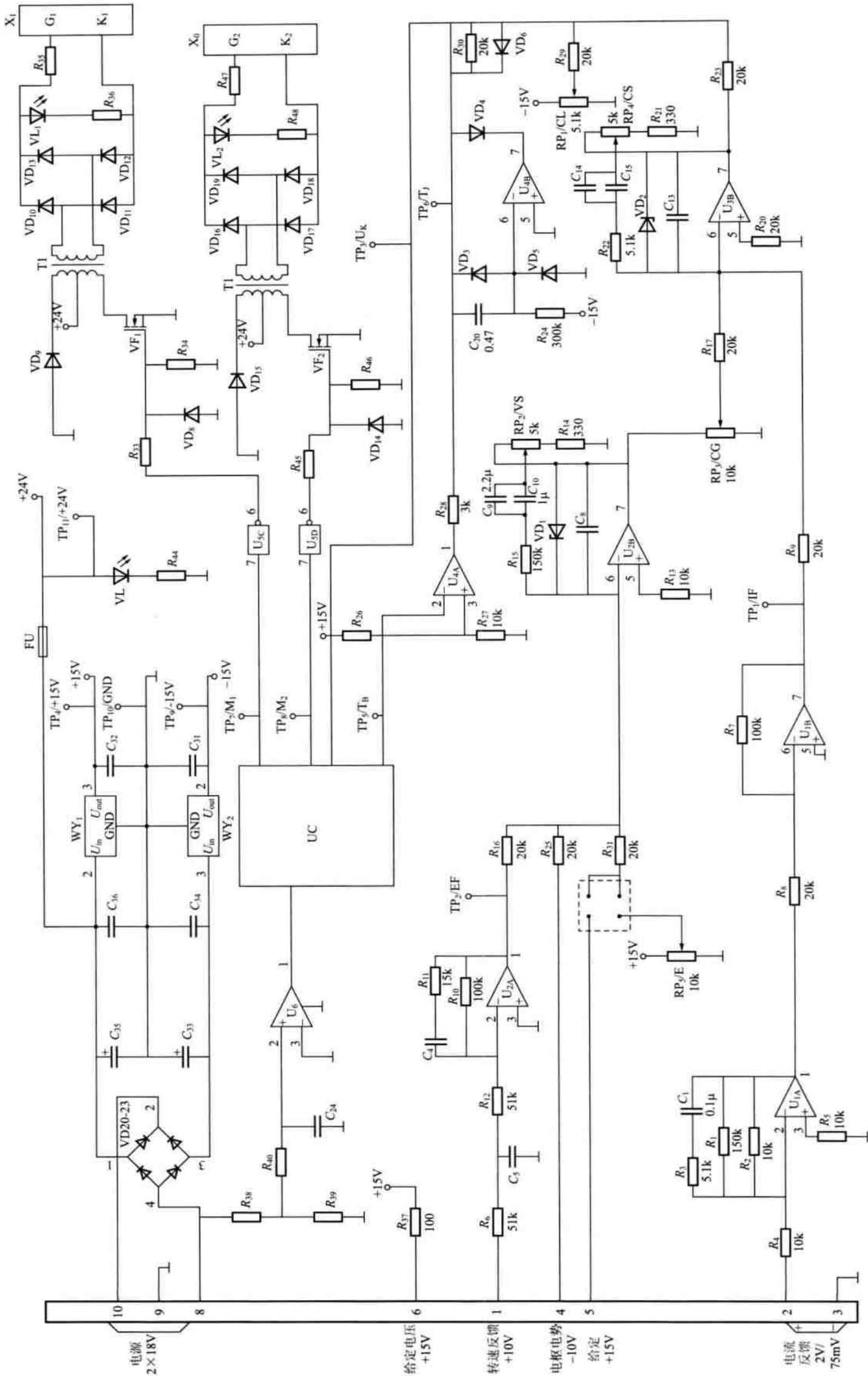
3.4.2 内部结构及工作原理

KZC2M-2 控制板的电路原理如图 3.7 所示,可分为自身工作直流电源形成,转速环、电流环、脉冲形成电路,脉冲功率放大、整形与隔离多个单元。 U_{2A} 与 U_{1A} 分别为转速和电流信号反相器, U_{2B} 与 U_{3B} 分别为转速和电流调节器。

来自供电电源变压器的单相双交流 18V,一方面经自身工作直流电源形成部分整流、滤波与稳压后提供给整个控制板使用;另一方面经同步信号处理单元处理后提供给触发脉冲形成电路,在触发脉冲形成电路内部按转速和电流两个双闭环调节器的输出数值形成对应同步电压正、负半周的触发脉冲,由脉冲功率放大、隔离与整形环节匹配后输出。转速与电流双闭环调节器,把转速给定与转速反馈、电流反馈与转速调节器的输出进行比较调节,实现转速的高度稳定,并保证启动过程中电流不超过设定值。

3.4.3 应用技术

KZC2M-2 单相直流调速板的主要元器件布置如图 3.8 所示,该控制板对外引出了 3 个接插件。



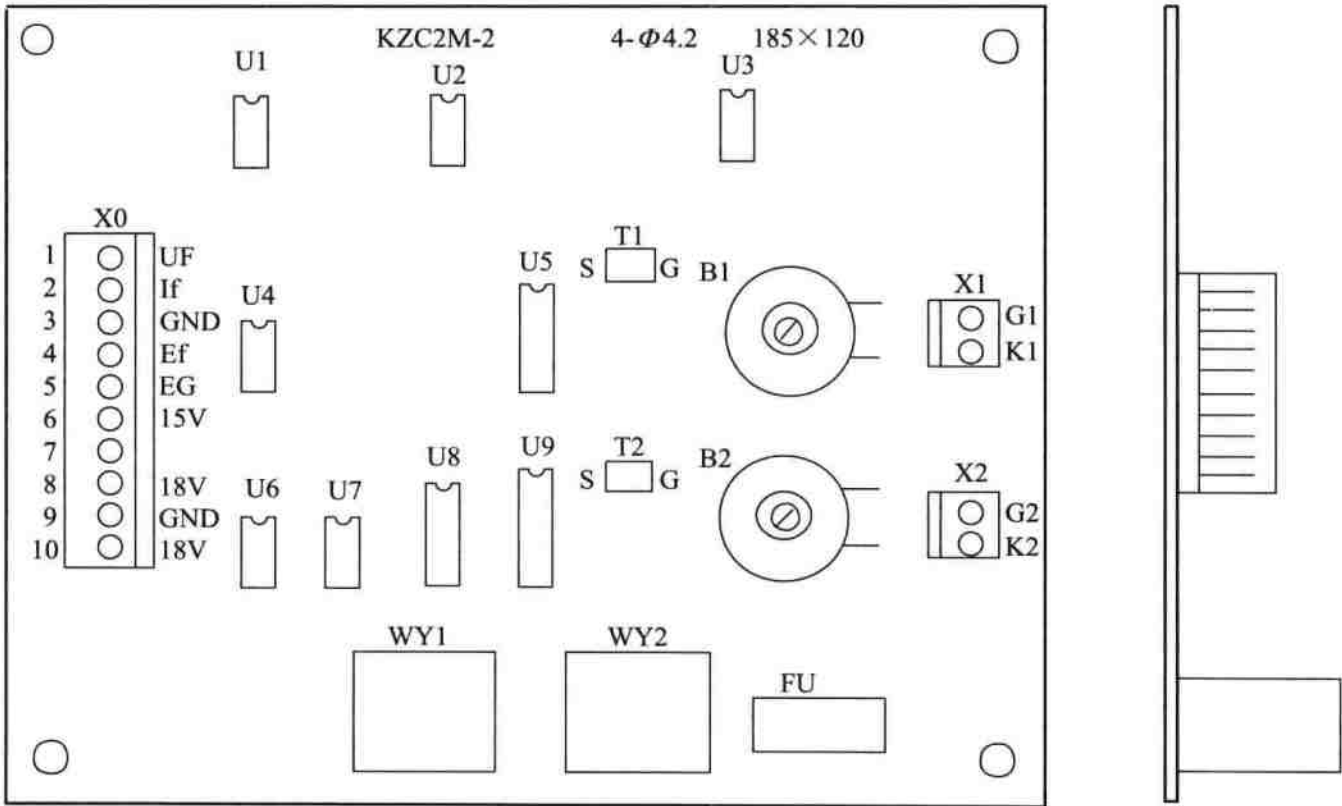


图 3.8 KZC2M-2 控制板的主要元器件布置

1. 正确接线

(1) 主接插件 X₀ 共有 10 个引脚。其中,引脚 7 为空脚,使用中悬空;引脚 2 与引脚 3 在电流反馈选用分流器时,作为电流反馈信号输入,引脚 2 接相对电位高的 75mV,而引脚 3 接参考地;引脚 6、引脚 5 和引脚 3 接给定电位器,引脚 5 接给定电位器滑动端,引脚 6 与引脚 3 分别接电位器两固定端;引脚 8、引脚 9 及引脚 10 接供电电源变压器二次侧带中间抽头的双 18V 绕组,引脚 9 接中间头,引脚 10 与引脚 8 分别接双 18V 绕组输入。

(2) 脉冲输出接插件 X₁、X₂ 的正确接线:X₁ 中的 G₁、K₁ 及 X₂ 中的 G₂、K₂ 分别接对应主电路中两个晶闸管门-阴极。

2. 各电位器的作用及调节方法

(1) 电位器 RP₁/CL 用于调整最小励磁电流:顺时针调节,最小励磁电流减小;逆时针调节,最小励磁电流增加。

(2) 电位器 RP₂/VS 用于转速环积分时间常数调节:顺时针调节,积分时间变长;逆时针调节,积分时间变短。

(3) 电位器 RP₃/CG 为最大电流限定电位器:顺时针调节,最大限定电流值减小;逆时针调节,最大电流限定值增加。

(4) 电位器 RP₄/CS 用于电流环积分时间常数调节:顺时针调节,积分时间变长;逆时针调节,积分时间变短。

(5) 电位器 RP₅/E 为内给定电位器:顺时针调节,给定值增加;逆时针调节,给定值减小。

3. 短接端子功能

KZC2M-2 设计了两个短接端子,使用中可选择不同的电位器给定方式。

- (1) K_1/T 短接:为内部电位器给定方式。
- (2) K_2/L 短接:为外部电位器给定方式。

4. 应用注意事项

- (1) 用于单相直流调速系统时, RP_1/CL 应旋到零位。
- (2) 电流反馈最大值为 $75mV$ 时,应分断电阻 R_2 。

5. 典型应用举例

图 3.9 是 KZC2M-2 板用于主电路为单相桥式半控的固定励磁直流电动机调速系统的电路原理图。

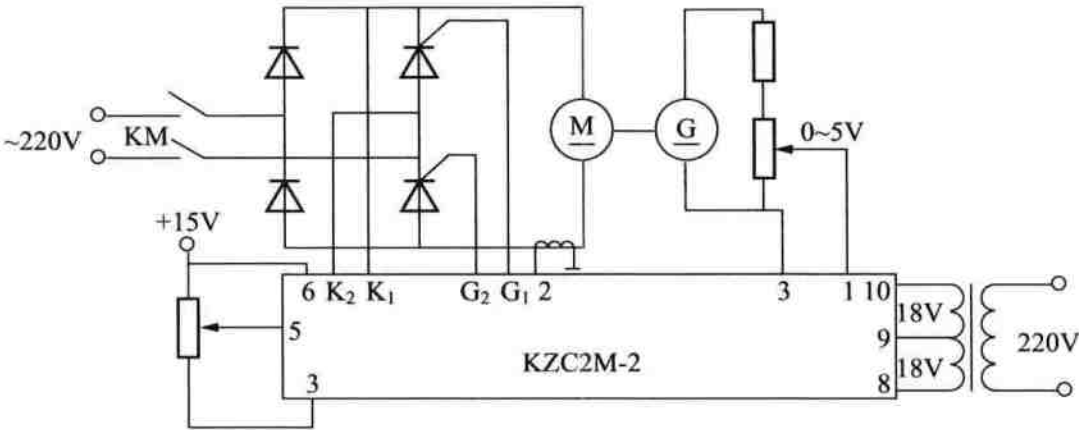


图 3.9 KZC2M-2 板用于主电路为单相桥式半控的固定励磁直流电动机调速系统的电路原理图

第 4 章 三相晶闸管电力电子变流设备移相触发板

4.1 概 述

电厂发出的交流电都为三相,为了避免三相用电负载的不平衡危及发电机的安全,保证同一供电电网其他用电用户的正常使用,多需求电力电子变流设备的输入为三相,由此决定了国民经济各部门中需要大量的三相晶闸管触发板。据粗略估计,我国电力电子行业每年三相晶闸管触发板的使用量有 2 万~3 万块,这就促使了国内三相晶闸管触发板的不断进步和开发。国内从事晶闸管三相触发板开发并批量生产的厂家甚少,常见于资料的厂家仅有 3 家。表 4.1 列出了国内使用量较大的、由陕西高科电力电子有限责任公司开发的三相晶闸管触发板的型号、主要设计特点、主要参数。

表 4.1 常用三相晶闸管触发板简表

型 号	特 点	主要参数
KCZ6.0	平面安装的三相开环晶闸管触发板,以 TC787 为主芯片,输出为脉冲列,内含脉冲功率放大及为自身提供直流电源的整流电源部分,具有独立封脉冲端,可用于三相桥式全控、半控及三相半波或双反星形电路中做晶闸管的移相触发	工作电源电压:双交流 18V 及三相 30V 移相控制电压范围 U_K :12~0V 外形尺寸:长×宽×高=152mm×68mm×23mm
KCZ6.1	开环三相晶闸管触发板,与 KCZ6.0 相比,增加了差分器,控制逻辑为正逻辑;同时增加了给定积分器、过流(或过压)保护功能,给定积分时间可由用户整定,输出同样为脉冲列	工作电源电压:双交流 18V 输入同步信号:三相 30V 输入移相控制电压 U_K :0~12V 保护输出接点容量:220V/2A 外形尺寸:长×宽×高=152mm×112mm×22mm
KCZ6.2	单闭环三相晶闸管触发板,在 KCZ6.1 的基础上增加了 1 路保护功能和 PI 调节器,有 α_{max} 和 α_{min} 限制功能,内含脉冲功率放大、反馈系数调节,保护门槛可按用户要求整定等功能	工作电源电压:双交流 18V 及三相 30V 输入移相控制电压 U_K :0~12V 移相范围:0°~177° 外形尺寸:长×宽×高=144mm×103mm×22mm

续表 4.1

型 号	特 点	主要参数
KCZ6.3	开环三相晶闸管触发板,与 KCZ6.1 的差别仅在于 KCZ6.3 为反逻辑工作,即给定 U_K 最大,控制角为 α_{\max} (KCZ6.1 板给定 U_K 最大,控制角为 α_{\min})	输入信号 U_i 取值范围:0~10V 允许最大脉冲电流:150mA 保护输出接点容量:交流 220V/1A 外形尺寸:长×宽×高=152mm×95mm×22mm
KCZ6.4	在 KCZ6.2 的基础上改 PI 调节器为开关控制,在反馈回路中增加低零漂、高放大倍数的放大器,特别适用于低反馈取样值(如 mV 级)的系统进行闭环调节和控制,可于交流调压控温系统中作温度控制和调节用	输出电源电压:±15V, +24V 输入工作电压:双交流 18V 输入同步工作电压:三相 30V 移相控制电压范围 U_K :0~12V 反馈取样信号范围:0~75mV 外形尺寸:长×宽×高=142mm×128mm×22mm
KCZ6.5	具有相位自适应功能的数字化三相全控(半控)触发板,使用中不需要确定三相电压的相序,无需外配同步变压器和电源变压器,内含脉冲变压器,具有故障封锁、缺相检测判断和保护功能,输出为脉冲列,可直接触发 6 个 2500A 以下的晶闸管	输入电源电压范围:单相 220V 输入同步电压:三相 24~380V 任意值 移相范围:0°~178° 控制电压 U_K :0~5V 外形尺寸:长×宽×高=192mm×154mm×45mm
KCZ6-1T	主芯片为 TC787,使用中不需外配同步变压器及电源变压器,具有自对相及相位自适应功能,内含脉冲形成、整形、功率放大、脉冲隔离单元,可直接触发晶闸管;还含有给定积分、过电压和过电流、电流截止、负载短路等保护功能,应用 IP 闭环调节器,比例和积分部分单独解耦调节,性能比常规使用的 PI 调节器要优越得多,而且在工程实际应用中调节更方便。可用于三相全控桥、三相半控桥、三相半波、双反星形整流系统,直流电动机调速系统及三相交流调压系统中作为晶闸管的触发	工作电源电压:单相 220V 输入同步电压:三相 30~380V 内的任意值 输出脉冲移相范围:0°~177° 输入移相控制电压范围:0~12V
KCZ6-1TS2	在 KCZ6-1T 板的基础上增加了很多功能,既可用于单闭环系统,又可用于双闭环系统	工作电源电压:单相交流 380V 同步电压:24~660V 线电压 输入移相控制电压范围:直流 0~10V 输出脉冲移相范围:0°~177° 外形尺寸:长×宽×高=280mm×190mm×52mm
KCZ6-2T	需外配脉冲末级板(一单元 6 块、三单元 2 块或六单元 1 块),可满足不同容量晶闸管及不同晶闸管变流设备触发的要求。同一种控制板,通过改变脉冲变压器类型,可适合单个晶闸管或多个晶闸管并联系统的需要。其余指标同 KCZ6-1T。适用于三相全控(半控)桥、三相零式、双反星形及三相交流可控开关,根据不同的反馈信号,可组成直流调速系统、恒电压系统、恒电流及温控系统	工作电源电压:单相 380V 输入同步电压:三相 30~380V 内的任意值 输出脉冲移相范围:0°~177° 输入移相控制电压范围:0~12V

续表 4.1

型 号	特 点	主要参数
KCZ6-3T	主芯片为 3 只 TCA785 和 1 只 KJ041,具有同步电压频率自动跟踪与自适应功能,输出 6 路相位互差 60°的触发脉冲,输出脉冲为双窄脉冲,脉冲宽度可以通过改变电容进行调节,输出 6 路触发脉冲的不平衡度或不对称度小,内含电源变压器、脉冲功放单元,同步电压幅值范围宽,有故障时封锁输出脉冲的接口,可用于三相全控或三相半控系统中作为晶闸管的触发	工作电源电压:单相 380V,50Hz 输出脉冲幅值:6 路双窄脉冲,幅值为 24V 输出脉冲电流峰值:每路最大为 200mA 可自跟踪与自适应同步电压频率变化范围:30~160Hz 保护后输出继电器触点容量:直流 24V/2A 或交流 220V/2A 移相控制电压范围 U_K :0~10V 外形尺寸:长×宽×高=310mm×190mm×55mm
KCZB	通用三相晶闸管电力电子变流设备控制板,内含给定积分、过压、过流、电流截止、缺相等保护功能,板内自带脉冲功率放大和整形电路,输出可直接触发三相电路中的晶闸管,还有一个闭环调节器,可按用户的设定,对控制系统的输出电压(或电流)或其他参数进行闭环调节,可从多个实施给定信号的控制台位进行控制	电源电压:2 组三相 9V 同步电压:三相交流 30V 输出最大脉冲峰值电流:400mA 外形尺寸:长×宽×高=255mm×190mm×30mm
KCZB1.1	在 KCZB 的基础上增加了保护自复位功能,其余指标同 KCZB。特别适用于晶闸管三相全控桥、三相半控桥、三相半波、双反星形系统,已出口到东南亚	保护后继电器输出接点容量:220V/1A,380V/0.5A 外形尺寸:长×宽×高=242mm×203mm×30mm
KCZS6M-1	采用 SGK198 开发的全数字式晶闸管开环触发板,准数字化控制,输出脉冲对称性好,具有缺相、外部故障(如冷却水系统故障)、自身工作电源欠压保护功能。使用中可用同步变压器,也可不用同步变压器,具有自对相序功能等优良性能,可用来取代模拟式 KCZ6.0 控制板	供电电源:380V 最大负载电流:0.1A 同步输入电压范围:30V~380V/0.1A 输出脉冲移相范围:0°~150° 输入移相控制电压范围:0~12V 外形尺寸:长×宽×高=195mm×245mm×55mm
KCZS6M-2	在 KCZ6SM-1 的基础上增加过压、过流保护及给定积分功能而开发的控制板,可用于三相可控整流及三相交流调压系统中	外形尺寸:长×宽×高=215mm×260mm×55mm 其余参数同 KCZS6M-1
KCZS6M-3	在 KCZ6SM-2 的基础上增加一个闭环调节器而开发的控制板,可用来取代 KCZ6.2、KCZ6-1T、JQC3.1 三相晶闸管全桥控制板而用于三相可控整流及三相交流调压系统中	外形尺寸:长×宽×高=230mm×255mm×55mm 其余参数同 KCZS6M-1
JQC-3.1	三相半控晶闸管触发板,具有稳压、稳流工作方式供选择,主芯片为 TCA785,内含脉冲封锁单元,保证启动或停机时主电路中主接触器在零电流下合闸及分闸;具有过压、过流保护,保护后延时自动复位等功能,保护后延时复位的时间可以调节	工作电源电压:三相 8V、9V 及 30V 给定积分时间:0~30s 内可调 保护后自动复位时间:0~10s 移相电压取值范围:0~10V 外形尺寸:长×宽×高=220mm×217mm×38mm

续表 4.1

型 号	特 点	主要参数
KBSC3M-1	三相半控桥控制触发板,内含 PI 调节器,限压、限流、过流保护等功能,主要由工作电源、闭环调节器、移相控制、脉冲形成、脉冲功率放大及脉冲变压器组成,适用于三相半控桥及三相半波控制系统	移相范围 $\alpha:0^{\circ}\sim210^{\circ}$ 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=275mm \times 205mm \times 35mm 其余指标同 KFSC6M-1
KKSC6M-1	三相开环过零触发板,适用于三相交流调压、调功、整流系统,带软启动,可相控和过零触发,输出为双窄脉冲,占空比可调,带有故障指示发光二极管,可配自动化仪表使用,并可组成闭环控制系统	给定电压:1~5V 或直流 4~20mA 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=295mm \times 200mm \times 30mm 其余指标同 KFSC6M-1
KBSC6M-1 KBSC6F-1	三相闭环触发板,内含 PI 调节器,具有限压、限流、过流、缺相等多种保护和指示功能,适用于三相交流调压、整流及有源逆变系统。KBSC6M-1 与 KBSC6F-1 的差别在于,前者带脉冲变压器,后者不带	外形尺寸:长 \times 宽 \times 高分别为 340mm \times 205mm \times 35mm、310mm \times 205mm \times 35mm

4.2 KCZ6.0 晶闸管三相全控(半控)桥移相触发板

KCZ6.0 是根据用户对原 TCZ6.0 的意见,进一步完善开发的晶闸管三相全控(半控)桥移相控制板。

4.2.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 一改原双面接触的老式 22 线接插件为新型接插件,因而接触更加可靠,连线不易出错。
- (2) 输入信号与输出信号分为 2 个接插件,使用起来更加方便。
- (3) 印制板上增加了助焊、阻焊、字符及防腐工艺,使用更加可靠,便于维修。
- (4) 印制板四周增加了屏蔽层,抗干扰性能更好,且四周增加了安装固定孔,故使用中不需要插件箱,满足了不同用户的需要。

2. 主要参数限制

- (1) 输入同步信号为三相,相电压为交流 14V~30V 均可正常工作,对同步电源的电流需求小于 100 μ A。
- (2) 输入电源电压双交流 18V,板内可产生用户三相控制系统所需的 \pm 15V(其负载能力 0.5A)及触发末级板所需的+24V 电源(负载能力 1A)。
- (3) 输出 6 路(用于三相全控桥触发)或 3 路(用于三相半控桥触发)触发脉冲,自身含脉冲功率放大部分,用户仅需配六单元晶闸管触发脉冲末级板及外接给定

电位器便可构成三相交流调压、直流电动机调速或其他系统。

(4) 自身含有脉冲封锁端 S, 高电平有效, 可方便地在故障情况下封锁触发脉冲, 保证系统安全。

4.2.2 内部结构及工作原理

KCZ6.0 的工作原理与 TCZ6.0 基本相同, 它以 TC787 为核心单元。TC787 是一款高性能的 18 引脚标准双列直插式集成电路, 集恒流源、移相逻辑、零点识别、脉冲分配、脉冲调制、抗干扰电路等功能于一体, 1 片可取代 5 片 KJ(或 KC) 系列集成电路的组合或 3 片 TCA785+KJ041+KJ042 的组合电路, 因而抗干扰性能更好、性能更优越。它的应用极大地减少了印制板的尺寸。KCZ6.0 的电路原理如图 4.1 所示。

4.2.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔: $\leq 1500\text{m}$ 。
- (2) 允许工作环境温度范围 $T_A: -10 \sim +45^\circ\text{C}$ 。
- (3) 空气最大相对湿度: $\leq 90\%$ 。
- (4) 周围无导电及爆炸尘埃, 无腐蚀金属及破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 实物外形

实物外形及元器件布置如图 4.2 所示, 安装孔为 $4-\Phi 4$, 孔距为 $145\text{mm} \times 58\text{mm}$ 。最大外形尺寸: 长 \times 宽 \times 高 $= 155\text{mm} \times 68\text{mm} \times 28\text{mm}$ 。

3. 使用说明

(1) 电位器 RP_1 、 RP_2 、 RP_3 用来调节三相同步电压的平衡: 顺时针调节, 送入 TC787 的等效同步电压降低; 逆时针调节, 送入 TC787 的等效同步电压升高。 RP_4 为最大 α 限幅角调节电位器: 顺时针调节, 最大 α 限幅角减小; 逆时针调节, 最大 α 限幅角增大。 RP_5 为调试控制板用的给定电位器, 对用户无用。

(2) KCZ6.0 左侧接插件的 $\sim 18\text{V}$ 、GND、 $\sim 18\text{V}$ 分别接用户电源变压器的二次电压, 其电流容量为 0.5A ; a、GND、b、GND、c、GND 分别接同步变压器的二次相电压, 其电流容量为 0.1mA ; $+15\text{V}$ 及 -15V 提供给用户使用, 其负载能力为 0.5A 。用户仅需在 $+15\text{V}$ 与 GND 之间接 $0.25\text{W}/2\text{k}\Omega$ 的电阻与 $0.5\text{W}/4.7\text{k}\Omega$ 的电位器相串联的网络, 并把电位器的中点接 U_K 端, 便可通过电位器来调节给定电压, 进而调节三相晶闸管整流桥(或三相调压网络)的输出电压。剩下的接线端 S 用来实现故障情况下的封脉冲, 它为输入信号, 高电平有效, 所需电流容量为几十微安。

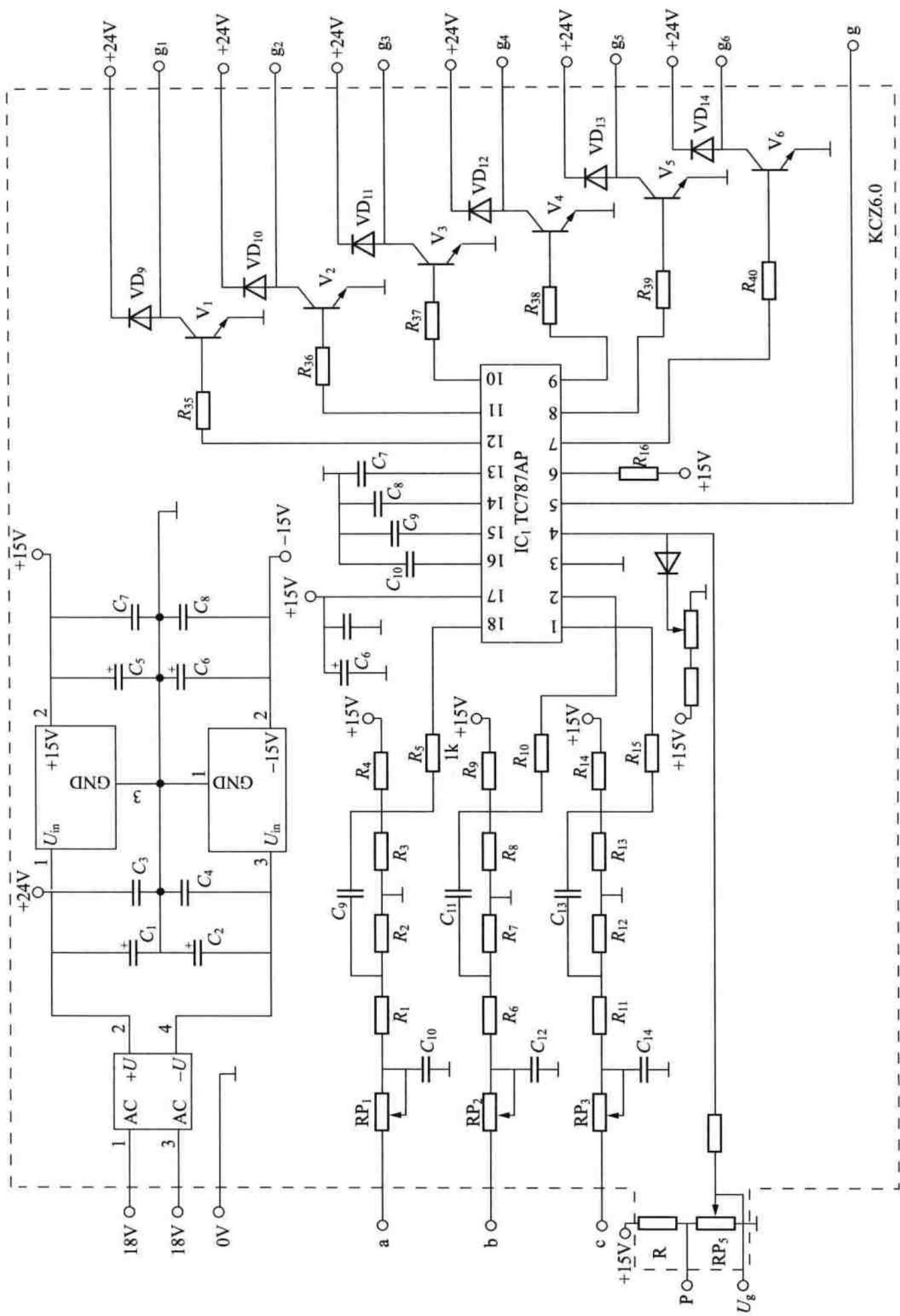


图 4.1 KCZ6.0 晶闸管三相全控(半控)桥移相触发板的电路原理图

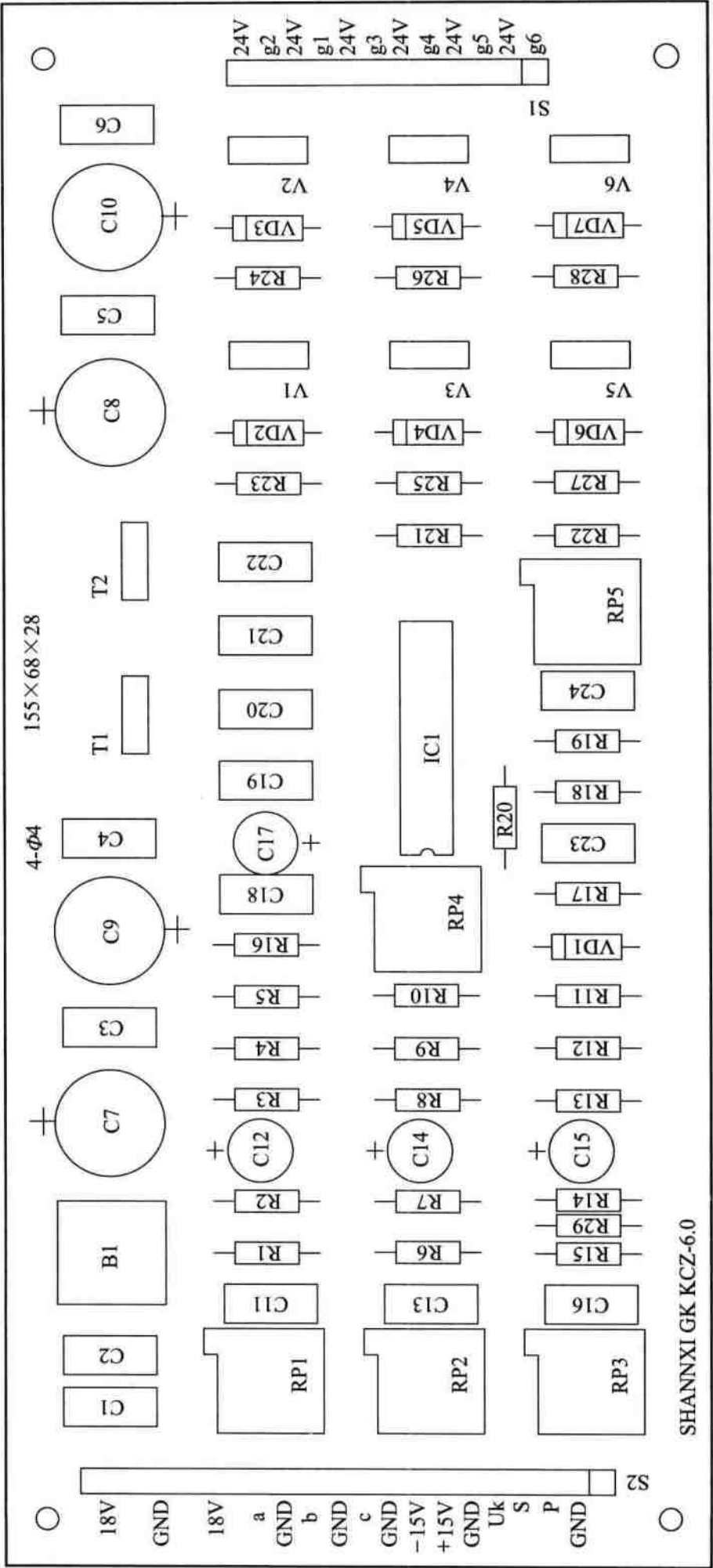


图 4.2 KCZ6.0 的实物外形及元器件布置

(3) KCZ6.0 右侧接插件的 +24V、 g_1 、+24V、 g_2 、+24V、 g_3 、+24V、 g_4 、+24V、 g_5 、+24V、 g_6 分别用来接触发脉冲末级板的输入端。

(4) KCZ6.0 板的输出、输入负载能力： $\pm 15V$ 最大负载能力为 20mA，+24V 最大负载脉冲电流为 300mA，移相控制电压 U_K 及封锁脉冲信号 S 高电平要求提供的最大输入电流为 1mA，而 $g_1 \sim g_6$ 端负载最大脉冲电流为 150mA。

4. 典型应用举例

KCZ6.0 用于三相半控整流系统的电路原理图如图 4.3 所示，用于三相全控整流系统的电路原理图如图 4.4 所示。

当 KCZ6.0 用于主电路不带变压器的三相可控整流系统主电路时，建议同步变压器接为 $\Delta/Y-11$ ；而当 KCZ6.0 板用于三相交流调压或三相过零触发系统时，建议同步变压器接为 $Y/Y-12$ ；在主电路带有电源变压器时，同步变压器的接法应与主电路变压器的接法相匹配。

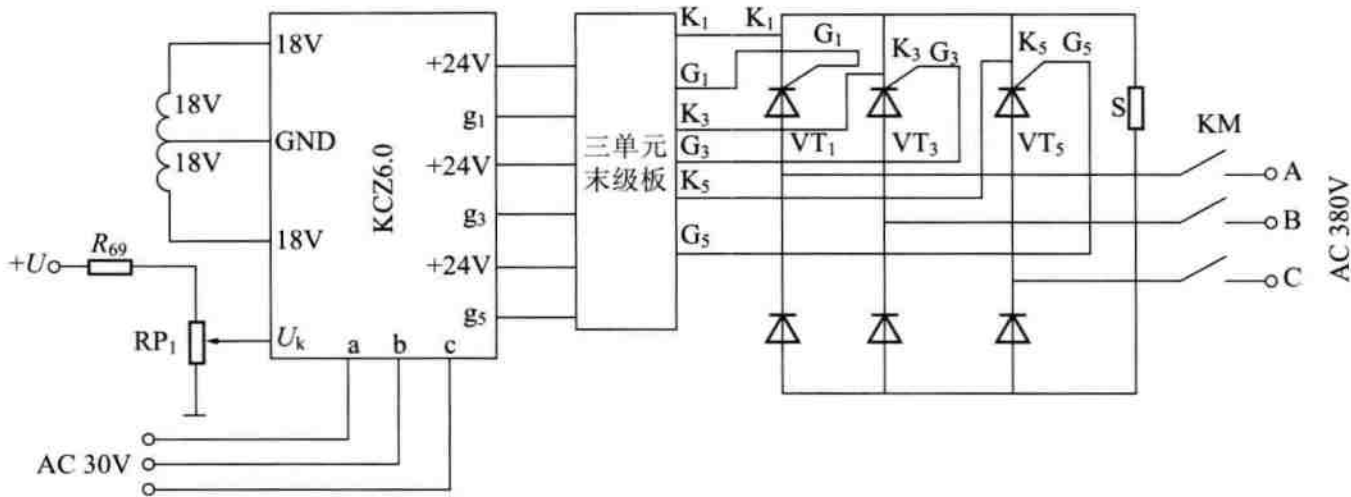


图 4.3 KCZ6.0 用于三相半控整流系统

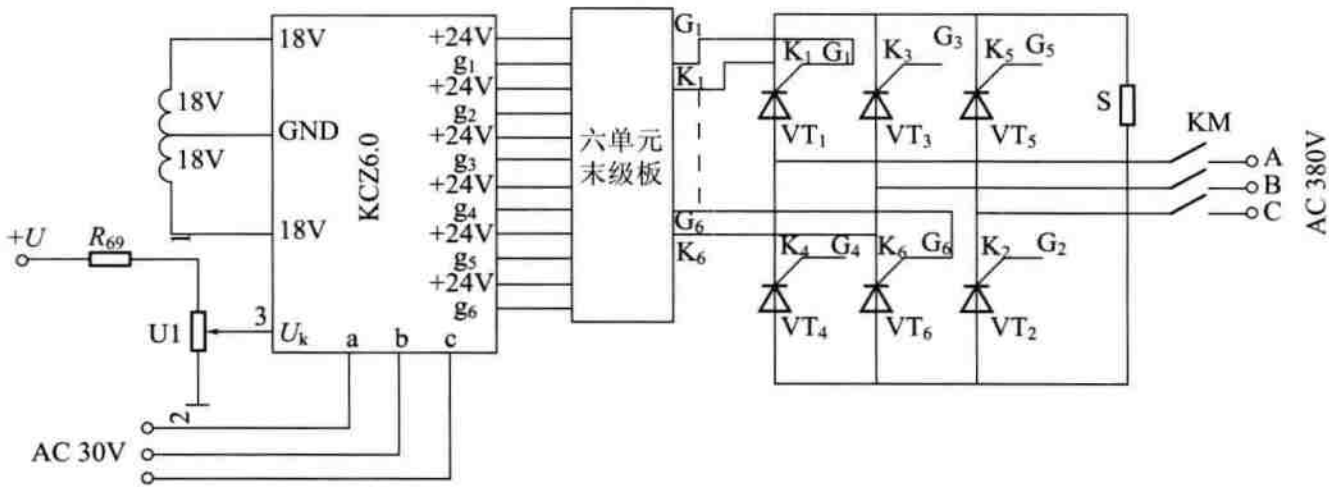


图 4.4 KCZ6.0 用于三相全控整流系统

4.3 KCZ6.1 晶闸管三相全控(半控)桥移相触发板

KCZ6.1 是陕西高科电力电子有限公司根据用户对 TCZ6.1 的意见,进一步完善开发的晶闸管三相全控(半控)桥移相触发板。

4.3.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 一改原 TCZ6.1 板使用的双面接触式 22 线接插件为新型接插件,接触更加可靠,连线不易出错。

(2) 输入信号与输出信号分为 3 个接插件,应用起来更加方便。

(3) 印制板上增加了助焊、阻焊、字符及防腐工艺,使用更加可靠,便于维修。

(4) 印制板四周增加了屏蔽层,抗干扰性能更好;且四周增加了安装固定孔,使用中不需要插件箱,满足了不同用户的安装需要。

(5) 在 TCZ6.1 的基础上增加了给定积分器,因而避免了用户阶跃给定时输出电压或电流的冲击,所以应用性能更方便、理想。

(6) 在 KCZ6.1 的基础上增加了差分器,满足了当用户给定电压最大,则被控系统输出电压最大,当用户给定电压最小,则被控系统输出电压最小的要求。

(7) 在 KCZ6.0 的基础上增加了故障保护,用户可方便地用来进行过流(或过压)保护,保护后封锁该控制板的触发脉冲;同时给出一组 220V/3A(或 380V/1A)的常开接点信号,用来分断应用系统的主电路,保证系统安全。

(8) 输出 6 路触发脉冲,自身含脉冲功率放大部分,用户仅需外配陕西高科电力电子有限公司生产的六单元(或三单元)晶闸管触发脉冲末级板及外接给定电位器,便可用于三相全控桥触发或三相半控桥触发,从而构成三相交流调压、直流电动机调速或其他系统。

2. 主要参数限制

(1) 输入同步信号为三相,相电压为交流 14~30V。

(2) 对同步电源的电流需求: $\leq 100\mu\text{A}$ 。

(3) 输入工作电源电压:双交流 18V。

(4) 输出直流电压: $\pm 15\text{V}$ 。

(5) 输出 $\pm 15\text{V}$ 最大负载能力: $\leq 20\text{mA}$ 。

(6) 输出+24V 最大脉冲负载能力:脉冲宽度小于 2ms 时 $\leq 1.5\text{A}$ 。

(7) $g_1 \sim g_6$ 输出脉冲电流值:150mA。

(8) $g_1 \sim g_6$ 输出脉冲电压幅值:24V。

(9) 故障保护输出接点容量:直流 24V/3A、交流 220V/3A 或交流 380V/1A。

(10) 最大外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=145mm \times 105mm \times 30mm。

4.3.2 内部结构及工作原理

KCZ6.1 的工作原理与 TCZ6.1 基本相同,以三相晶闸管触发器集成电路 TC787 为核心,极大地减少了印制板的尺寸。KCZ6.1 在 TC-Z6.1 的基础上增加了给定积分器及过压(或过流)保护单元,其电路原理如图 4.5 所示。

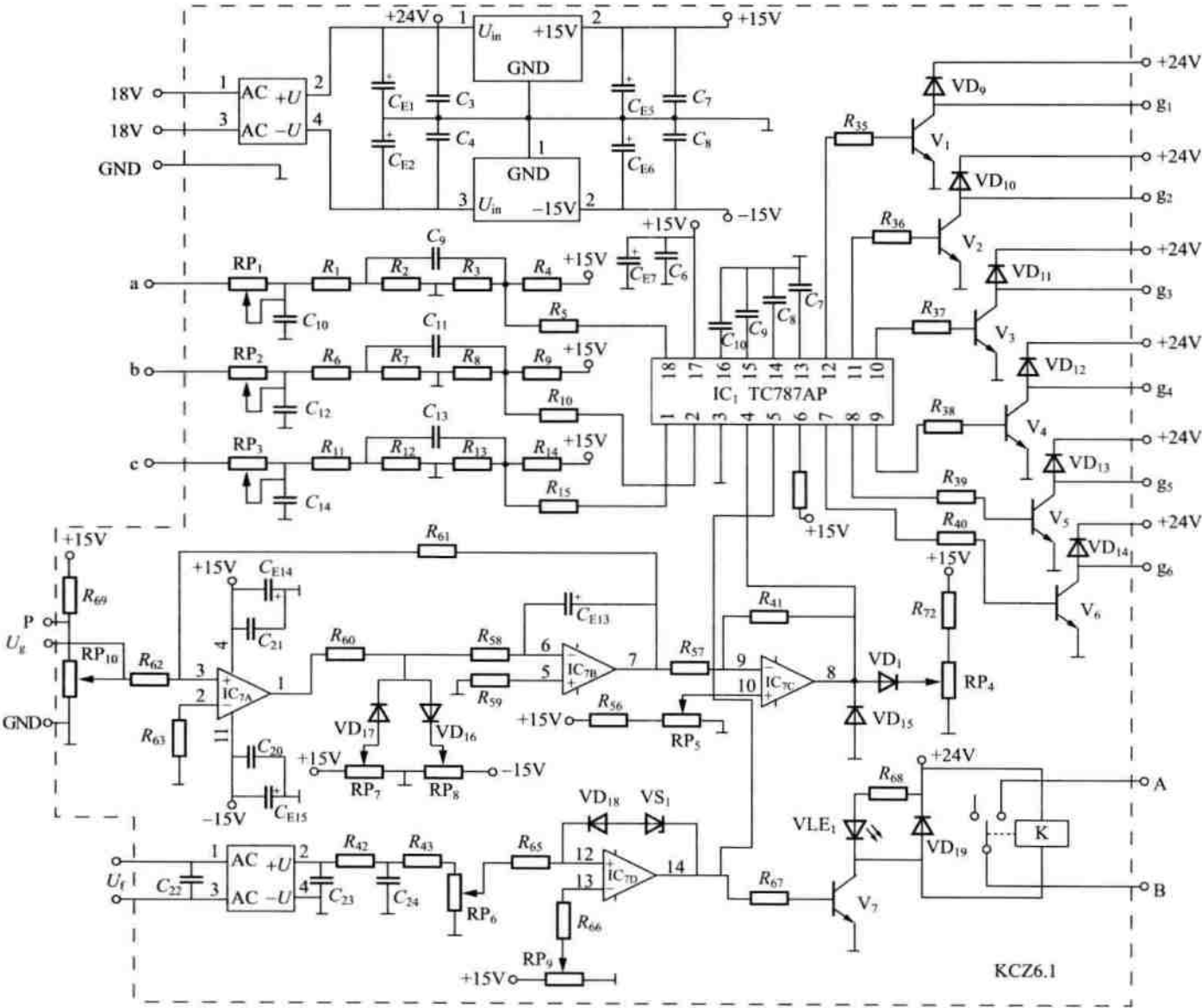


图 4.5 KCZ6.1 晶闸管三相全控(半控)桥控制板的电路原理图

4.3.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔: $\leq 1500\text{m}$ 。
- (2) 环境温度范围 $T_A: -10^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气最大相对湿度: $\leq 90\%$ 。
- (4) 周围无导电及爆炸尘埃,无腐蚀金属及破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 实物外形

KCZ6.1 控制板的实物外形及元器件布置如图 4.6 所示。它与外部的连接使用了两个接插件,一般采用平行控制柜安装板方式安装。

3. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 、 RP_2 、 RP_3 用来调节三相同步电压的平衡:顺时针调节送入 TC787 的等效同步电压降低;逆时针调节,送入 TC787 引脚的等效同步电压升高。

(2) RP_4 为最大 α 角限幅调节电位器:顺时针调节,最大 α 角限幅值减小;逆时针调节,最大 α 角限幅值增大。

(3) RP_5 为差分器偏置给定电位器:顺时针调节,偏置电压增加;逆时针调节,偏置电压降低。

(4) RP_6 为被控系统实际电压或电流测量值信号调节电位器:顺时针调节,实际电压或电流测量值减小;逆时针调节,实际电压或电流测量值增加。

(5) RP_7 、 RP_8 分别为给定积分上升及下降时间调节电位器:顺时针调节,给定积分上升及下降时间变短;逆时针调节,给定积分上升及下降时间变长。

(6) RP_9 为故障(过压或过流)保护门槛调节电位器:顺时针调节,故障保护门槛减小;逆时针调节,故障保护门槛增加。

(7) RP_{10} 为调试该控制板时所用的电位器,对用户没有作用。

4. 正确接线

(1) KCZ6.1 左侧接插件的 $\sim 18V$ 、GND、 $\sim 18V$ 分别接电源变压器带有中间抽头的二次双 18V 电压,a、GND,b、GND,c、GND 分别接同步变压器的二次相电压,+15V 及 -15V 提供给用户使用。用户仅需在 +15V 与 GND 之间接一个 $1/4W$ 、 $2k\Omega$ 的电阻与一个 $1W$ 、 $4.7k\Omega$ 电位器相串联的网络,并把电位器的中间点接 U_K 端,便可通过电位器调节给定电压来调节三相晶闸管桥(或三相调压网络)的输出电压。剩下的 S 用来实现故障情况下的封锁脉冲,它为输出信号,故障时为高电平,所需电流容量为几十微安。

(2) KCZ6.1 右侧接插件的 +24V、 g_1 , +24V、 g_2 , +24V、 g_3 , +24V、 g_4 , +24V、 g_5 , +24V、 g_6 分别用来接用户触发脉冲末级板的输入端。

(3) KCZ6.1 右侧接插件的 A、B 间为容量 220V/2A 或 380V/1A 的常开接点,用来串在保护电路继电器的线包支路,以便故障时分断被控系统的主电路。

(4) 当 KCZ6.1 在板内过流保护方式下工作时,其左侧接插件 S_2 中的 U_I 端接电流取样信号输入,而当 KCZ6.1 在板内过压保护方式下工作时,其左侧的接插件 S_2 中的 U_I 端接电压取样信号输入;不用 KCZ6.1 板内的过压或过流保护时,可在 S 端直接输入对应故障状态为高电平(高于 10V)的信号来实现外部保护功能。

5. 同步电压的选择

当 KCZ6.1 用于主回路不带变压器的三相可控整流系统时,建议同步变压器

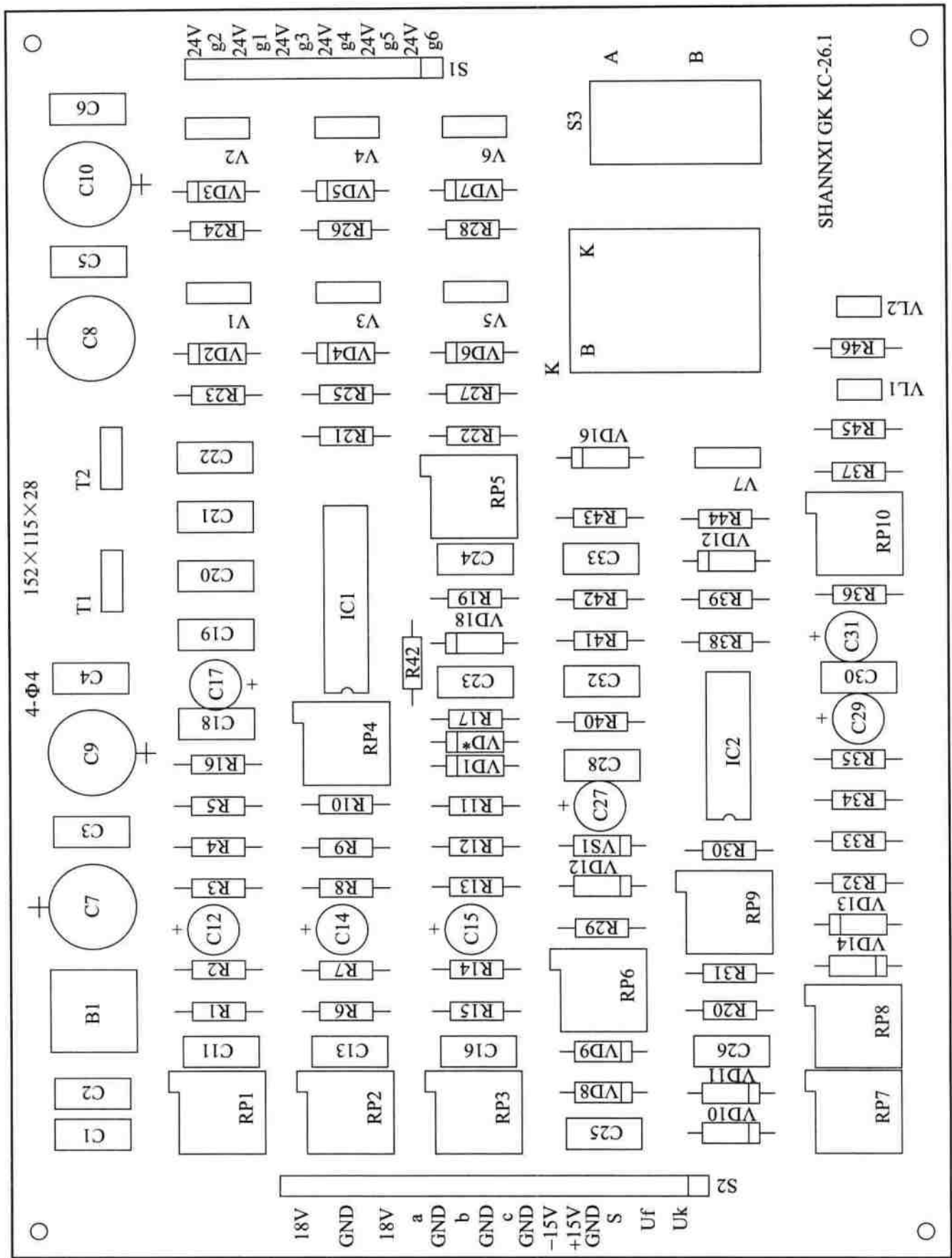


图 4.6 KCZ6.1 的实物外形及元器件布置

6. 典型应用举例

图 4.7 KCZ6.1 用于三相全控整流系统

4.4 KCZ6.2 晶闸管三相全控(半控)桥触发板

4.4.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 集给定积分器、闭环调节器、过压过流保护于一体,应用起来更加方便。
- (2) 同步滤波网络可消除同步信号中的畸变和干扰,提供 30° 相移,并对三相同步信号进行微调,使控制板和工作系统进行良好的配合。
- (3) 电路采用集中式恒流源,相对误差小,核心芯片仍是 TC787,三相锯齿波线性度好,斜率一致性好。
- (4) 电路板上设计有功能选择点,如电路中 TC787 的引脚 6 与引脚 17 相连,输出为全控双脉冲方式;引脚 6 与引脚 3 相连,输出为半控单脉冲方式。

(5) 输出为调制脉冲列, 适配脉冲变压器触发晶闸管, 脉冲宽度可调, 对感性负载的工作系统触发尤为可靠。

(6) 有脉冲输出控制端, 可用作过流或过压时的封锁脉冲保护, 也可用作正反组可逆系统的逻辑切换及过零触发系统的开关控制。该端对外引出的 TC787 引脚 5, 高电平禁止脉冲输出。

(7) 输出线路稍加修改, 便可用于主功率器件为双向晶闸管的三相交流调压系统。

(8) 自带工作整流稳压电源, 用户仅需外接双 18V/0.5A 交流电源便可工作。TC787 为单电源工作, 但考虑用户的需要, 有 $\pm 15\text{V}$ 的双路稳压输出和 24V 输出。

(9) 内带闭环调节器, 随着用户外接反馈信号的不同, 可方便地构成稳压或稳流系统, 实现恒压或恒流控制。

(10) 内带有过压及过流保护单元, 可用来进行故障时的保护, 保护后除封锁 KCZ6.2 的输出触发脉冲外, 还给出 1 个常开接点用来分断用户系统主电路。

2. 主要技术参数

(1) 交流同步相电压有效值: 三相 30V/0.1mA。

(2) 外配同步变压器接法: 380V/30V, $\Delta/Y-11$ 或 $Y/Y-12$ 。

(3) 移相控制电压: 0~10V 直流。

(4) 移相范围: $0^\circ \sim 170^\circ$ 。

(5) 触发脉冲形式: 脉冲调制式。

(6) 调制脉冲列频率: 10kHz。

(7) 输出级允许最大脉冲负载电流: $< 300\text{mA}$ 。

(8) 各相脉冲不均衡度: $< \pm 3^\circ$ 。

(9) 输入交流电源: 双交流 18V/0.5A。

(10) 输出稳压电源: $\pm 15\text{V}/20\text{mA}$ 。

(11) 功耗电流: $< 25\text{mA}$ 。

(12) 允许工作温度范围 T_A : $0^\circ\text{C} \sim +45^\circ\text{C}$ 。

(13) 允许存储温度范围 T_{stg} : $-10 \sim +70^\circ\text{C}$ 。

(14) 故障保护后输出继电器接点容量: 交流 380V/1A、交流 220V/3A 或直流 24V/3A。

(15) 电压及电流反馈信号幅值: 0~12V/20mA。

(16) 输入信号幅值: 双交流 18V, 要求供给电流仅为 0.5A; 三相同步信号要求供给电流为 0.1A; 而 U_f 、 I_f 要求电流幅值为 100mA, 其幅值为交流或直流; 给定信号为 100mA, 幅值为直流 0~12V。

(17) 输出负载能力: $\pm 15\text{V}$ 最大负载能力为 20mA, +24V 最大负载能力为脉冲电流 200mA, $g_1 \sim g_6$ 最大允许脉冲电流为 100mA。提供给用户的保护接点 A^* 、 B^* 间允许施加交流电压 220V/3A 或 380V/1A。

4.4.2 内部结构及工作原理

KCZ6.2 的工作原理如图 4.8 所示。 IC_{1A} 为电子开关, IC_{1B} 为积分器, IC_{1A} 、 IC_{1B} 构成给定积分环节。 R_{26} 、 R_{27} 、 R_{24} 、 R_{25} 分别为给定积分的上升时间及下降时间设置电阻,通过改变它们的阻值,可以实现 $0\sim 30s$ 的给定积分时间,给定积分环节用来把用户的阶跃给定转变为斜坡给定,避免直接启动时的冲击。 IC_{1C} 为闭环调节器,随着反馈量的不同,可构成闭环稳压或稳流系统, R_{31} 与 C_{23} 为调节闭环调节器比例-积分常数的电阻及电容。另外 IC_{3B} 、 IC_{3A} 分别为过压、过流保护比较器,其反相端的电位器 RP_8 、 RP_9 分别为过压、过流保护动作门槛调节电位器,调节器 IC_{1C} 的输出经限幅后接 TC787 的引脚 4,作为移相信号,随着该调节器输出电压的不同可实现 $0^\circ\sim 180^\circ$ 的移相。电位器 RP_6 及二极管 VD_4 构成最小触发角 α 的限幅单元。 U_f 及 I_f 分别来自反馈网络,应用中接用户系统的反馈电位器及反馈电流传感器。

4.4.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔: $\leq 1500m$ 。
- (2) 环境温度范围 T_A : $-10\sim +45^\circ C$ 。
- (3) 空气最大相对湿度: $\leq 90\%$ (环境温度 $20^\circ C$ 时)。
- (4) 周围无导电及爆炸尘埃,无腐蚀金属及破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 安 装

KCZ6.2 的外形尺寸为长 \times 宽 \times 高 $=145mm\times 105mm\times 30mm$,元器件布置如图 4.9 所示。

3. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 a、GND, b、GND, c、GND 分别接三相同步变压器中对应 A、B、C 三相的 3 个 30V 绕组。在主电路不带变压器时,若 KCZ6.2 用于三相可控整流系统,则建议同步变压器接为 $\Delta/Y-11$;若 KCZ6.2 用于三相交流调压系统,建议同步变压器接为 Y/Y-12;当用户主电路带有变压器时, a、GND, b、GND, c、GND 分别接与主电路接法相匹配的三相同步变压器二次侧的 3 个 30V 绕组,而 U_g 、 $+U$ 、GND 分别接至 $10k\Omega/0.5W$ 电位器之中间抽头及 2 个固定端。建议该电位器一个固定端接 GND,另一个固定端通过 $0.25W/2k\Omega$ 的电阻接 $+U$ 。

(2) 接插件 S_2 的 A、B 之间是触点容量为 220V/3A 或 380V/1A 的常开接点,可串联在保护用继电器操作回路中,在故障时分断用户系统的主电路。

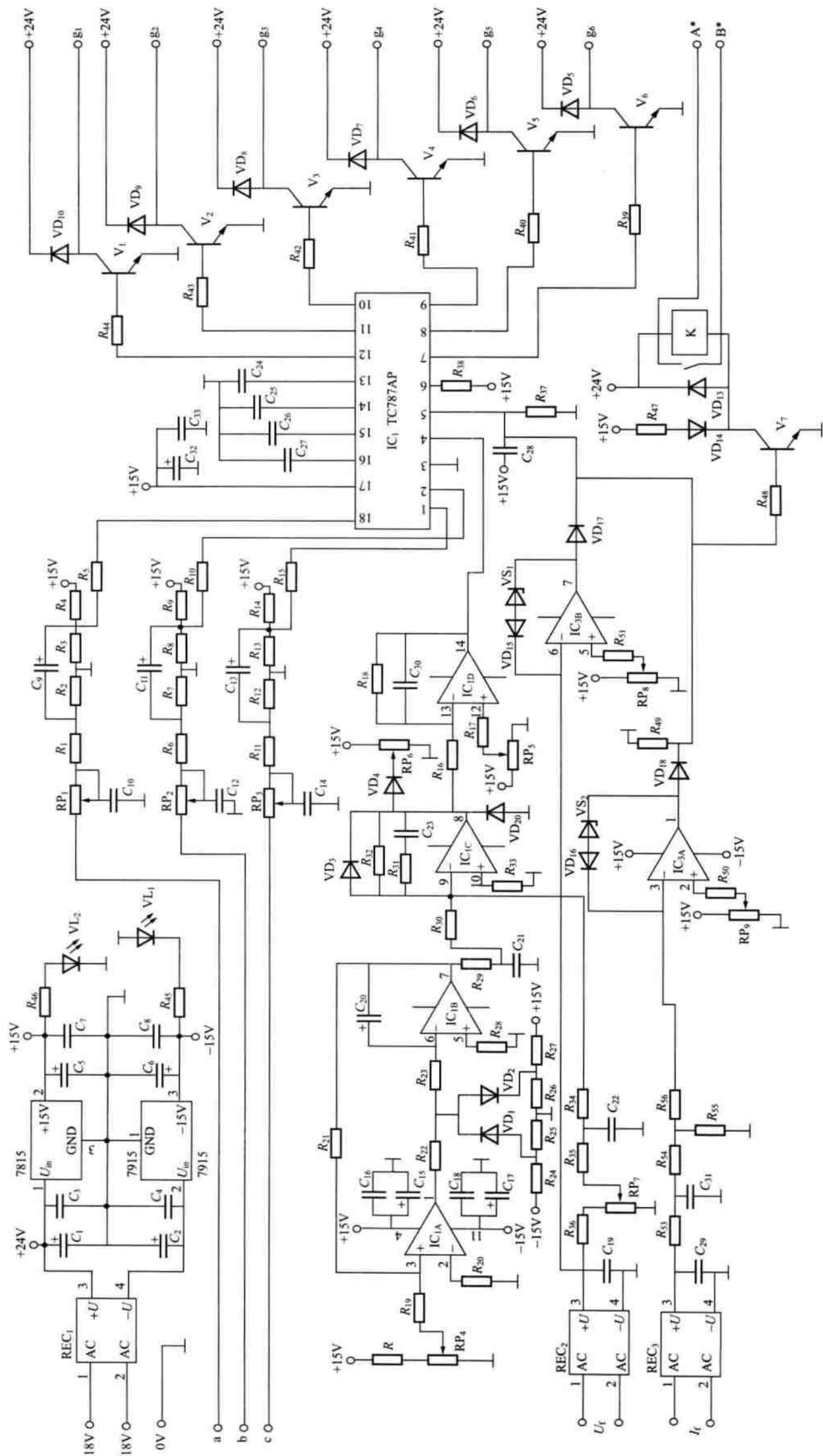


图 4.8 KCZ6.2 晶闸管三相全控(半控)桥触发板的工作原理图

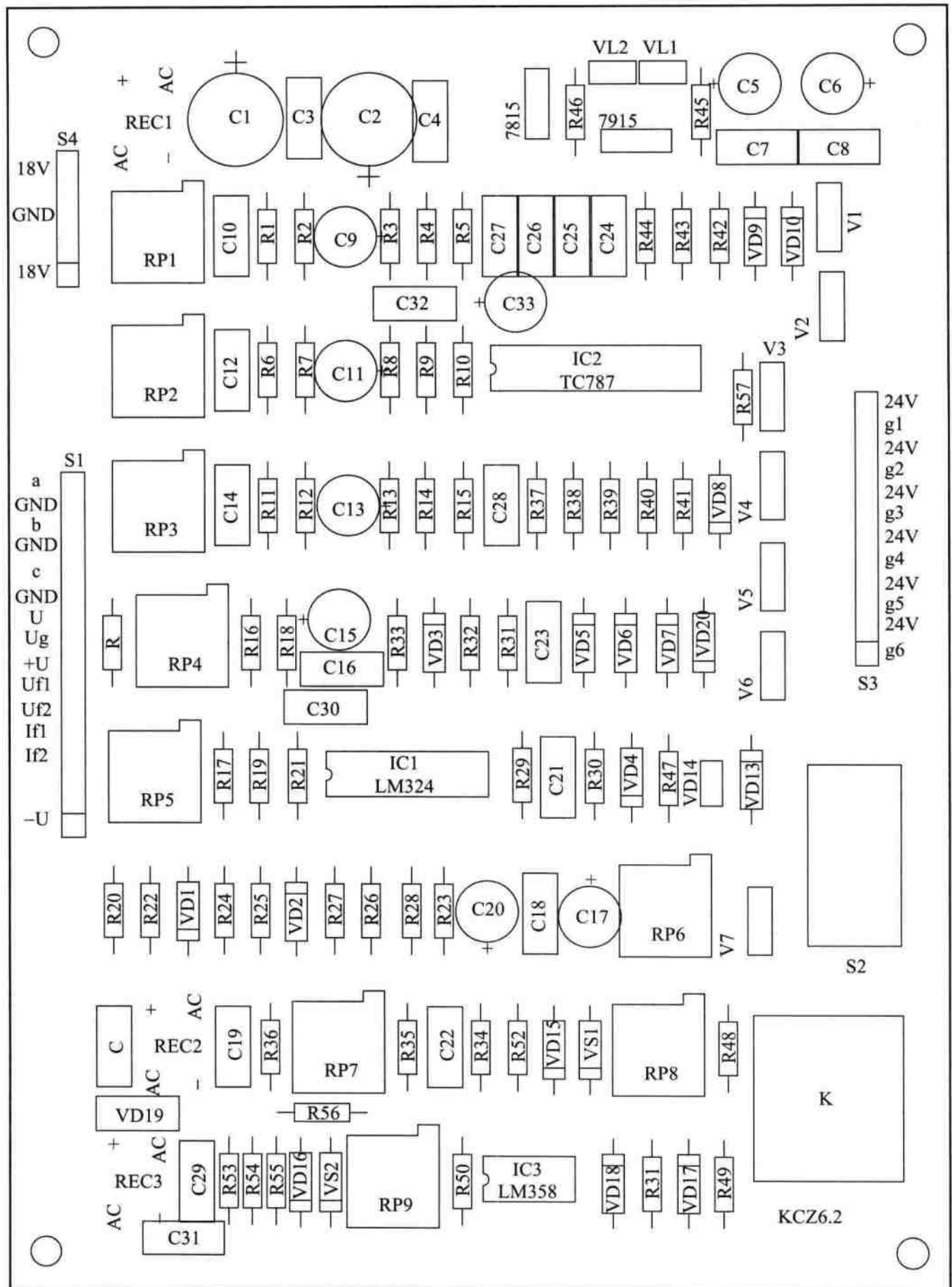


图 4.9 KCZ6.2 的实物外形及元器件布置

(3) 接插件 S_3 的 $+24V$ 、 g_1 、 $+24V$ 、 g_2 、 $+24V$ 、 g_3 、 $+24V$ 、 g_4 、 $+24V$ 、 g_5 、 $+24V$ 、 g_6 分别为三相 6 路脉冲输出端,用来与用户系统的触发脉冲末级板或脉冲变压器相连。用户可根据功率要求的不同,选择 GU_{26} 、 GU_{30} 、 GU_{38} 的磁心做成的脉冲变压器或直接选用陕西高科电力电子有限责任公司的触发脉冲末级板。当 KCZ6.2 用于三相全控桥或三相交流调压系统时, $g_1 \sim g_6$ 分别接对应主电路中 6 只晶闸管的触发脉冲末级板或脉冲变压器的原边;当 KCZ6.2 用于三相半控桥式晶闸管共阴极接法可控整流或三相半波共阴极系统时,仅需把 g_1 、 g_3 、 g_5 与对应主电路中 3 只晶闸管的触发脉冲末级板或脉冲变压器原边连接, g_2 、 g_4 、 g_6 悬空。同理,当 KCZ6.2 用于三相桥式半控晶闸管共阳极接法或三相半波共阳极系统时,仅需把 g_2 、 g_4 、 g_6 接对应主电路中 3 只晶闸管的触发脉冲末级板或脉冲变压器原边,而把 g_1 、 g_3 、 g_5 悬空。

(4) 接插件 S_4 中的 $18V$ 、 GND 、 $18V$ 分别接电源变压器二次侧的双交流 $18V$ 3 个连接端。其中, GND 接双交流 $18V$ 的中间抽头端。

4. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 、 RP_2 、 RP_3 为同步信号幅值调节电位器。它们的作用除表现在使加在 TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的同步信号幅值变化外,还可调节同步信号 T 型滤波的时间常数。顺时针调节时,TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的等效同步信号幅值降低,T 型滤波网络时间常数增大;逆时针调节时,TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的等效同步信号幅值升高,T 型滤波网络时间常数减小。

(2) RP_4 为板内给定调节电位器:当 KCZ6.2 用于板内给定, RP_4 顺时针调节,给定信号幅值增加;逆时针调节给定信号幅值减小。在 KCZ6.2 用于外部给定时,可将 RP_4 的中线断开,此时 RP_4 不起作用,外部给定信号为直流 $0 \sim 12V$ 。

(3) RP_5 是给定信号为零时最大的 α_{max} 限幅调节电位器:顺时针调节, α_{max} 减小;逆时针调节, α_{max} 增大。使用中应在给定为零时调节 RP_5 ,使 α 角为 150° (电阻负载)或 90° (电感负载),一次调好后便不再需要调节。

(4) RP_6 为给定信号最大时 α_{min} 限幅调节电位器:顺时针调节, α_{min} 增加;逆时针调节, α_{min} 减小。一般在给定为最大时,调节 RP_6 使 $\alpha_{min} = 0^\circ$,一次整定好便不需要再调节。

(5) RP_7 为反馈系数调节电位器:顺时针调节,反馈系数增加;逆时针调节,反馈系数减小。

(6) RP_8 为过压保护门槛调节电位器:顺时针调节,过压保护门槛值减小;逆时针调节,过压保护门槛值增加。

(7) RP_9 为过流保护门槛调节电位器:顺时针调节,过流保护门槛值增大;逆时针调节,过流保护门槛值减小。

5. 正常工作波形

KCZ6.2 正常工作时,各关键点的工作波形如图 4.10 所示。

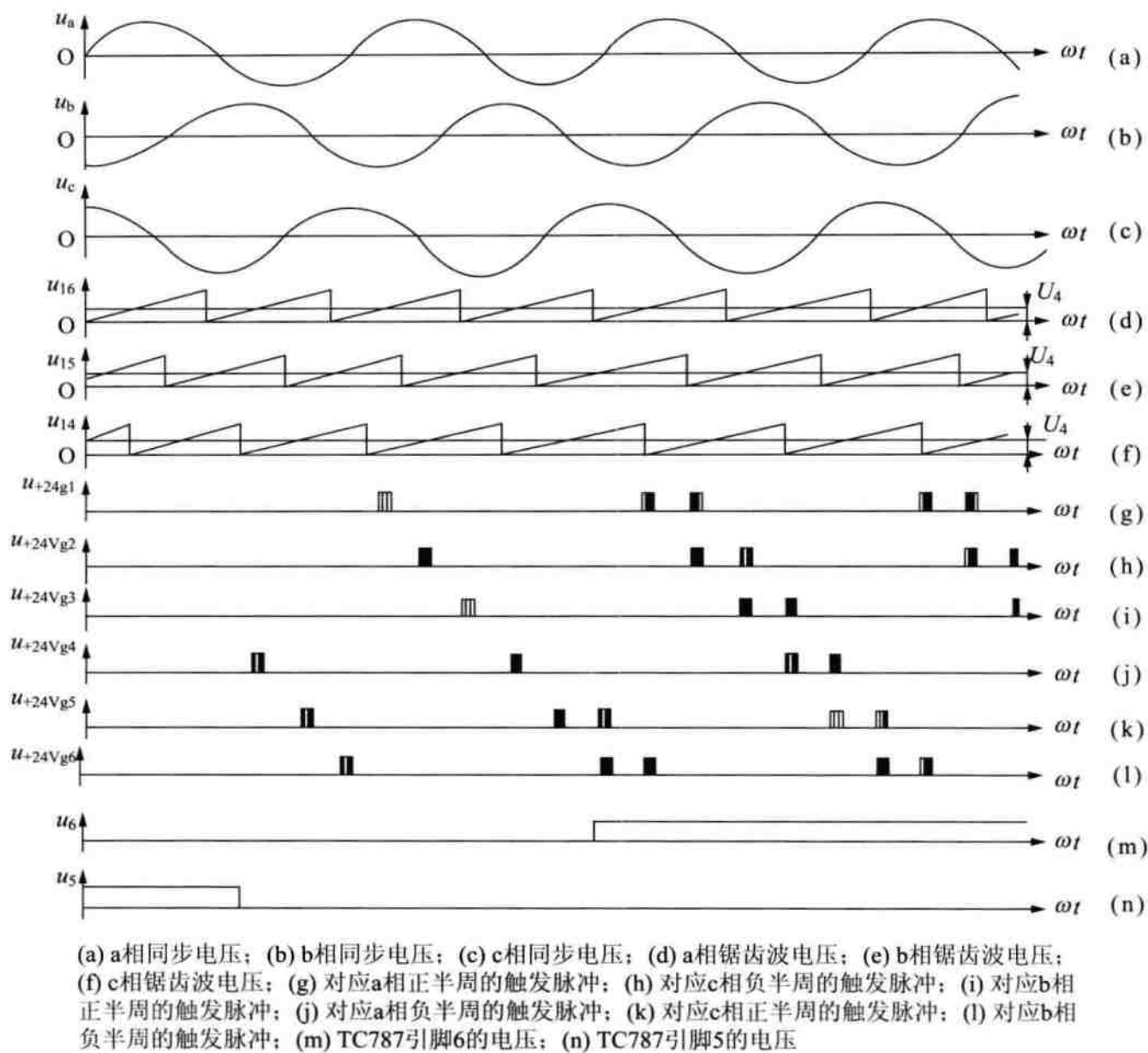


图 4.10 KCZ6.2 板正常工作时各关键点的输出波形

6. 典型应用举例

KCZ6.2 配上电源变压器、同步变压器及三单元或六单元末级触发板,便可用于三相全控桥、半控桥、三相半波或双反星形可控整流及三相半控、三相全控交流调压等系统。此外,多块 KCZ6.2 板组合还可以用于十二相整流电路等其他多相整流电路。

(1) 用于三相半控桥整流系统:电路原理如图 4.11 所示,主电路为 3 只晶闸管和 3 只二极管组成的半控桥整流系统。

(2) 用于三相全控桥整流系统:电路原理如图 4.12 所示,主电路为 6 只晶闸管组成的全控桥整流系统。

考虑到 KCZ6.2 上有 30° 的相移,三相同步变压器应根据主回路变压器的接法而确定。KCZ6.2 要求的三相同步输入电压为 30V,板内可以进行滤波并通过 3 只微调电位器微调三相同步相位。移相电压可通过电位器手动调节,也可以由主回路采样电流或电压信号进行积分放大后,与给定电压相加取得,通过闭环调节对系

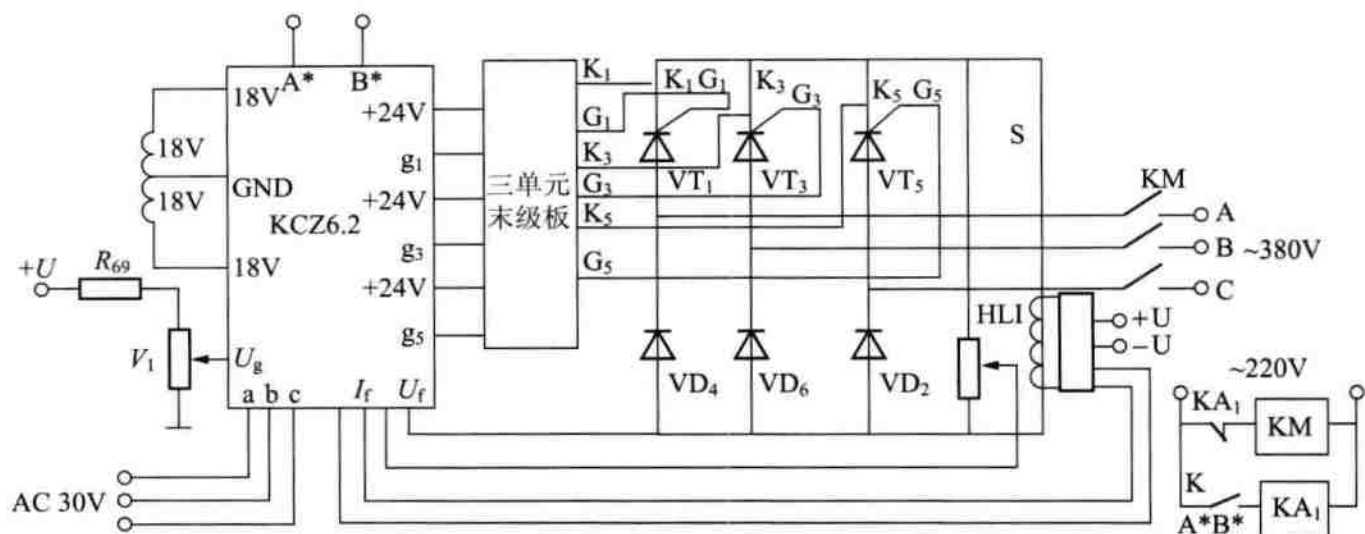


图 4.11 KCZ6.2 用于三相半控桥整流系统

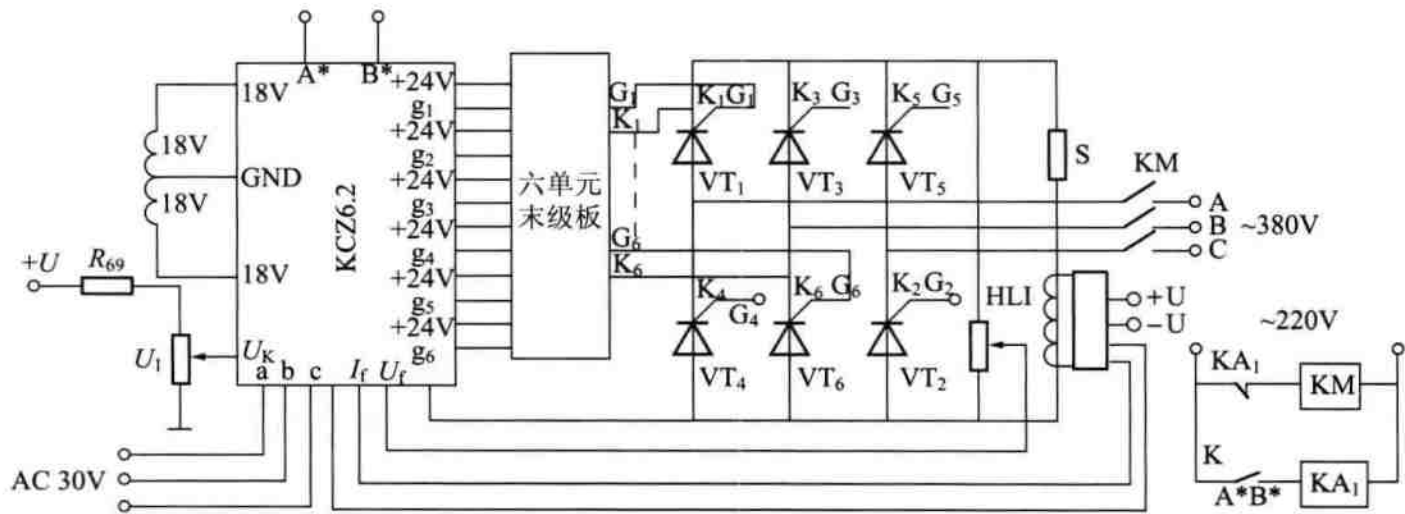


图 4.12 KCZ6.2 用于三相全控桥整流系统

统进行稳压或稳流控制。移相电压的调整范围应根据系统的要求和负载的情况，通过改变电位器上下的分压电阻或由外电路设定。移相电压调整的幅度范围应和积分电容上锯齿波的幅度一致。另外，考虑到电路在积分电容上放电的离散性，移相电压的零电位应比 TC787 工作时的参考地 +0.2V，即移相电压的调整幅度范围应在 0.2~12V。

(3) 用于三相交流调压系统：三相交流调压系统的控制部分与三相整流系统的控制部分类似，只是控制的主电路不同。图 4.13(a) 为三相半控调压，图 4.13(b) 为三相全控调压，负载可以接为三角形，也可以接为星形。采用 TC787 的控制端也可用作交流过零开关，将移相电压调在 0.2V，改变控制端的电位，即可达到过零开关的目的。

(4) 用于双反星形直流稳压电源系统：电路原理如图 4.14 所示，6 只晶闸管 VT₁~VT₆ 的门极触发信号来自 KCZ6.2 输出的 6 路脉冲，CT 为霍尔电流传感器。

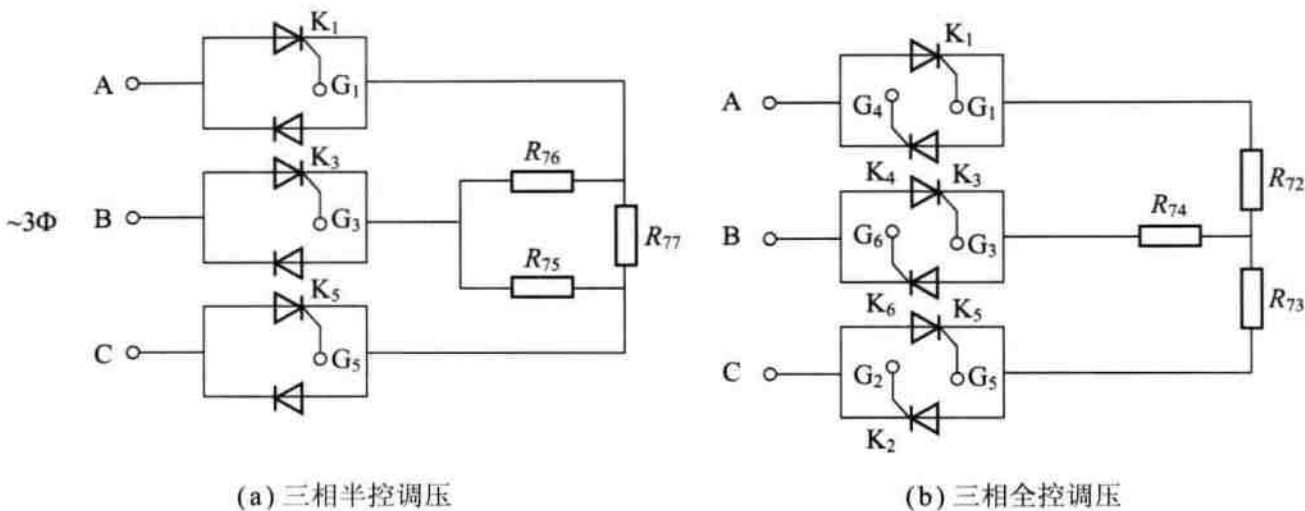


图 4.13 KCZ6.2 用于三相交流调压系统

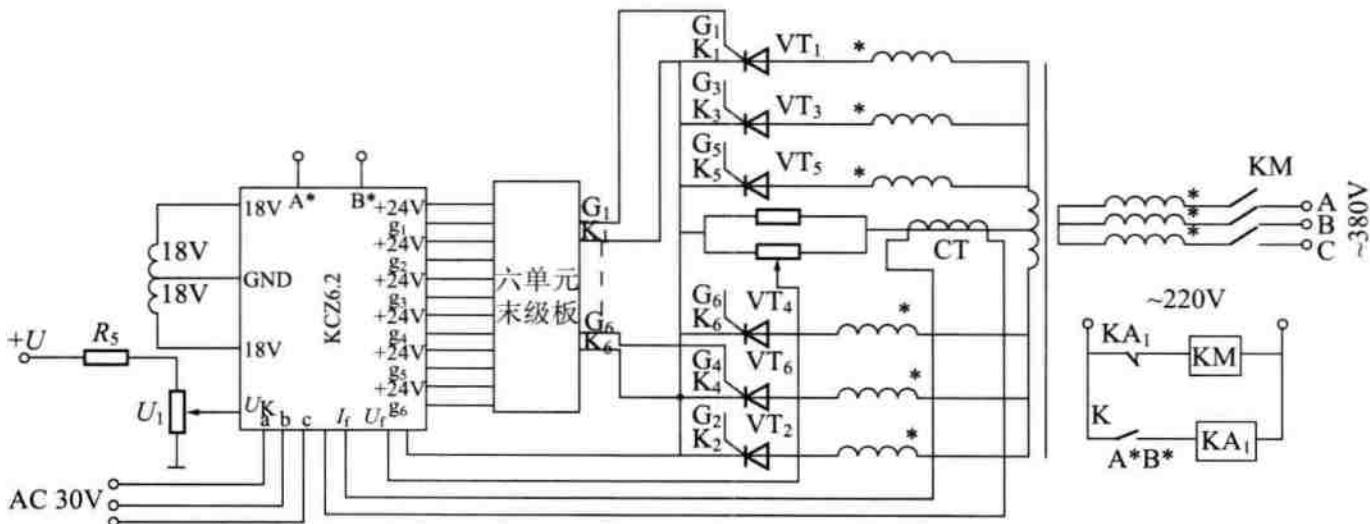


图 4.14 KCZ6.2 用于双反星形直流稳压电源系统

4.5 KCZ6.3 晶闸管三相全控(半控)桥控制板

KCZ6.3 是在 KCZ6.0 的基础上增加保护功能而形成的晶闸管三相全控(半控)桥控制板,除具有 KCZ6.0 的一切功能外,还具有过压(或过流)保护功能,保护门槛可调。保护后在封锁自身输出脉冲的同时,还为用户提供触点信号,用来在故障情况下分断系统的主电路,实现完善的保护功能。

4.5.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 一改原 TCZ6.1 使用的双面接触式 22 线接插件为新型接插件,因而接触更加可靠,连线不易出错。
- (2) 输入信号与输出信号分为 3 个接插件,应用起来更加方便。
- (3) 印制板上增加了助焊、阻焊、字符及防腐工艺,使用更加可靠,便于维修。
- (4) 印制板四周增加了屏蔽层,抗干扰性能更好,且四周增加了安装固定孔,

故使用中不需要插件箱,满足了不同用户的安装需要。

(5) 在 TCZ6.1 的基础上增加了给定积分器,因而避免了用户阶跃给定时输出电压或电流的冲击,所以应用性能更加方便、理想。

(6) 在 KCZ6.0 的基础上增加了故障保护,可方便地用来进行过流(或过压)保护,保护后在封锁该控制板触发脉冲的同时给出 1 组 220V/3A(或 380V/1A)的常开触点信号,可用来分断应用系统的主电路,保证系统安全。

2. 主要参数限制

- (1) 交流同步相电压有效值:三相 30V/0.1mA。
- (2) 外配同步变压器接法:380V/30V, Δ /Y-11 或 Y/Y-12。
- (3) 移相控制电压范围:0~10V 直流。
- (4) 移相范围: $0^{\circ}\sim 170^{\circ}$ 。
- (5) 触发脉冲形式:脉冲调制式。
- (6) 调制脉冲列频率:10kHz。
- (7) 输出级允许最大脉冲负载电流: $<300\text{mA}$ 。
- (8) 各相脉冲不平衡度: $<\pm 3^{\circ}$ 。
- (9) 输入交流电源:双交流 18V/0.5A。
- (10) 输出稳压电源: $\pm 15\text{V}/20\text{mA}$ 。
- (11) 功耗电流: $<25\text{mA}$ 。
- (12) 允许工作温度范围 $T_A:0^{\circ}\text{C}\sim +45^{\circ}\text{C}$ 。
- (13) 允许存储温度范围 $T_{\text{stg}}:-10\sim +70^{\circ}\text{C}$ 。
- (14) 故障保护后输出继电器接点容量:380V/1A 或 220V/3A。
- (15) 电压及电流反馈信号幅值:0~12V/20mA。
- (16) 输入信号幅值:双交流 18V 要求供给电流仅为 0.5A;三相同步信号要求供给电流为 0.1A; U_f 、 I_f 要求电流幅值为 100mA,其幅值为交流或直流;给定信号为 100mA,幅值为直流 0~12V。
- (17) 输出负载能力: $\pm 15\text{V}$ 最大负载能力为 20mA,+24V 最大负载能力为脉冲电流 150mA, $g_1\sim g_6$ 最大允许脉冲电流为 100mA。提供给用户的保护接点 A^* 、 B^* 间允许施加交流电压 220V/3A 或 380V/1A。

4.5.2 内部结构及工作原理

KCZ6.3 的内部结构及工作原理如图 4.15 所示,虚线方框内的部分即为 KCZ6.0 所具有的功能。

4.5.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔: $\leq 1500\text{m}$ 。

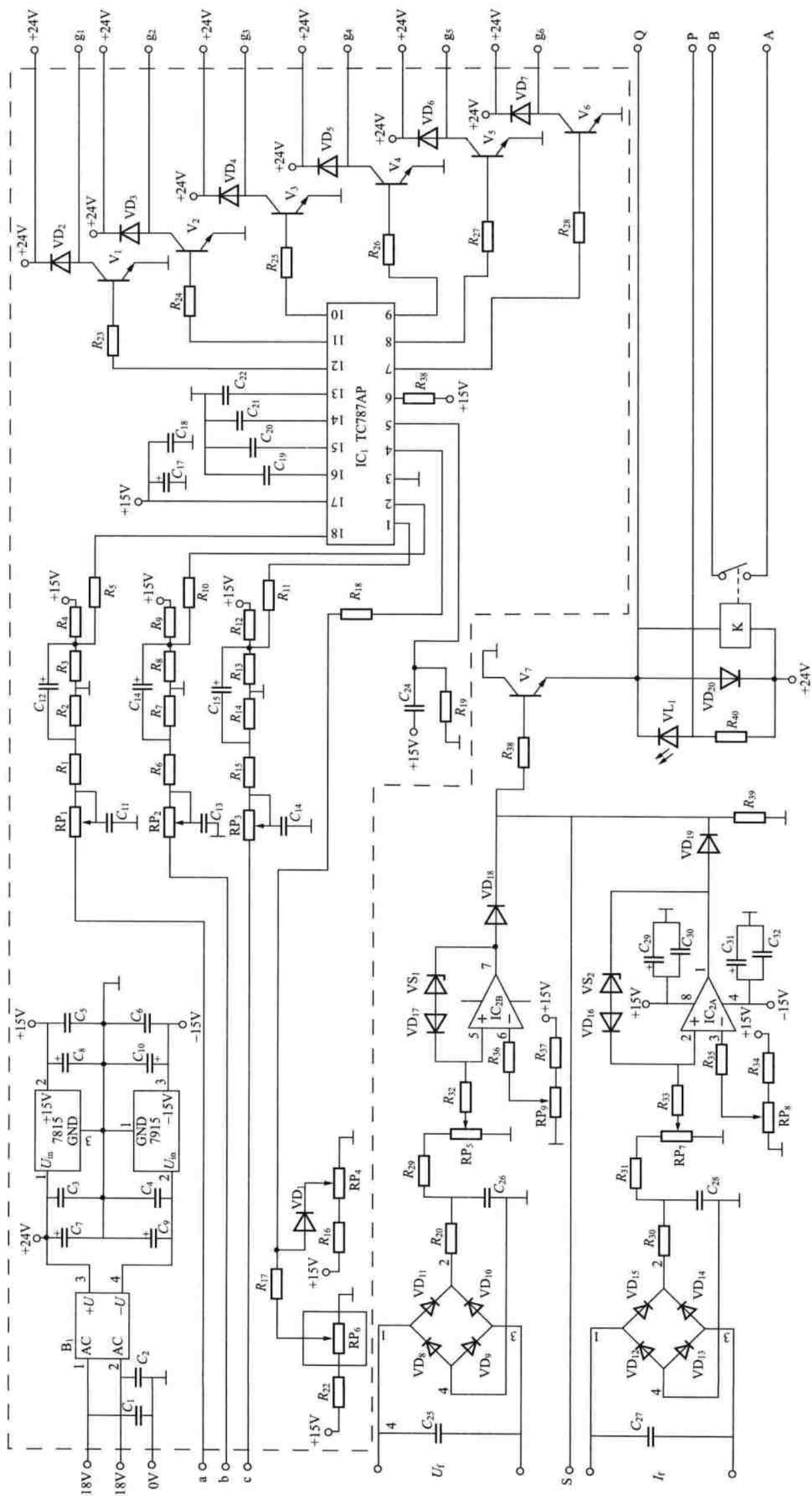


图 4.15 KCZ6.3晶闸管三相全控(半控)桥制板的内部结构及工作原理图

- (2) 环境温度范围 $T_A: -10^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气最大相对湿度: $\leq 90\%$ (相对环境温度 20°C 时)。
- (4) 周围无导电及爆炸尘埃, 无腐蚀金属及破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 实物外形

KCZ6.3 的外形尺寸为长 \times 宽 \times 高 $=152\text{mm}\times95\text{mm}\times30\text{mm}$, 元器件布置如图 4.16 所示。

3. 正确连接

1) 插座 S_2 的对外接线

(1) 18V、GND、18V 接电源变压器二次侧带有中间抽头的双 18V 绕组。

(2) a、GND、b、GND、c、GND 分别接三相同步变压器二次侧的 3 个 30V 绕组, KCZ6.3 用于主电路不带整流变压器的三相可控整流系统作控制时, 建议三相同步变压器接为 $\Delta/Y-11$; 当 KCZ6.3 用于主电路不带整流变压器的三相系统作三相交流调压控制时, 建议同步变压器接为 Y/Y-12; 在主电路带有整流变压器时, KCZ6.3 的三相同步电压来自接法与主电路变压器接法相适应的同步变压器的二次侧。

(3) +15V、GND、 U_K 接外部给定电位器。电位器的阻值为 $10\text{k}\Omega$, 一端通过 1 只 $2\text{k}\Omega$ 的电阻接 +15V, 另一端接 GND, 中间抽头接 U_K 。

(4) S 在 KCZ6.3 用于内部保护时为输出信号, 高电平有效, 接用户系统, 用于故障保护时与用户系统同步; 在 KCZ6.3 用于外部保护时为输入信号, 高电平 (大于 10V) 有效, 其输入/输出负载能力为 2mA。

2) 插座 S_4 的对外接线

U_f 与 I_f 分别接被控系统的电压与电流取样信号。这两个端口用来进行过压或过流保护, 允许输入电压信号值为交流或直流 $0\sim10\text{V}$, 负载电流能力为 2mA。

3) 插座 S_1 的对外接线

+24V、 g_1 , +24V、 g_2 , +24V、 g_3 , +24V、 g_4 , +24V、 g_5 , +24V、 g_6 分别接对应于主电路中 6 个晶闸管的脉冲末级板或脉冲变压器的原边输入端。

4) 插座 S_3 的对外接线

引出端 A、B 间为常开接点, 触点容量为 220V/2A 或 380V/1A, 用在故障保护时分断用户系统的主电路。

4. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 、 RP_2 、 RP_3 为三相同步信号平衡调节电位器, 用来调节加到 TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的输入三相同步信号幅值的高低, 以实现三相同步信号幅值相等。同时, 这 3 个电位器可调整同步信号滤波 T 型网络的时间常数, 实现输出脉冲的相位与主电路被控晶闸管阳-阴极电压相位的同步。顺时针调节, 加到 TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的同步电压幅值降低, 即 T 型滤波网络时间常数增加; 逆时

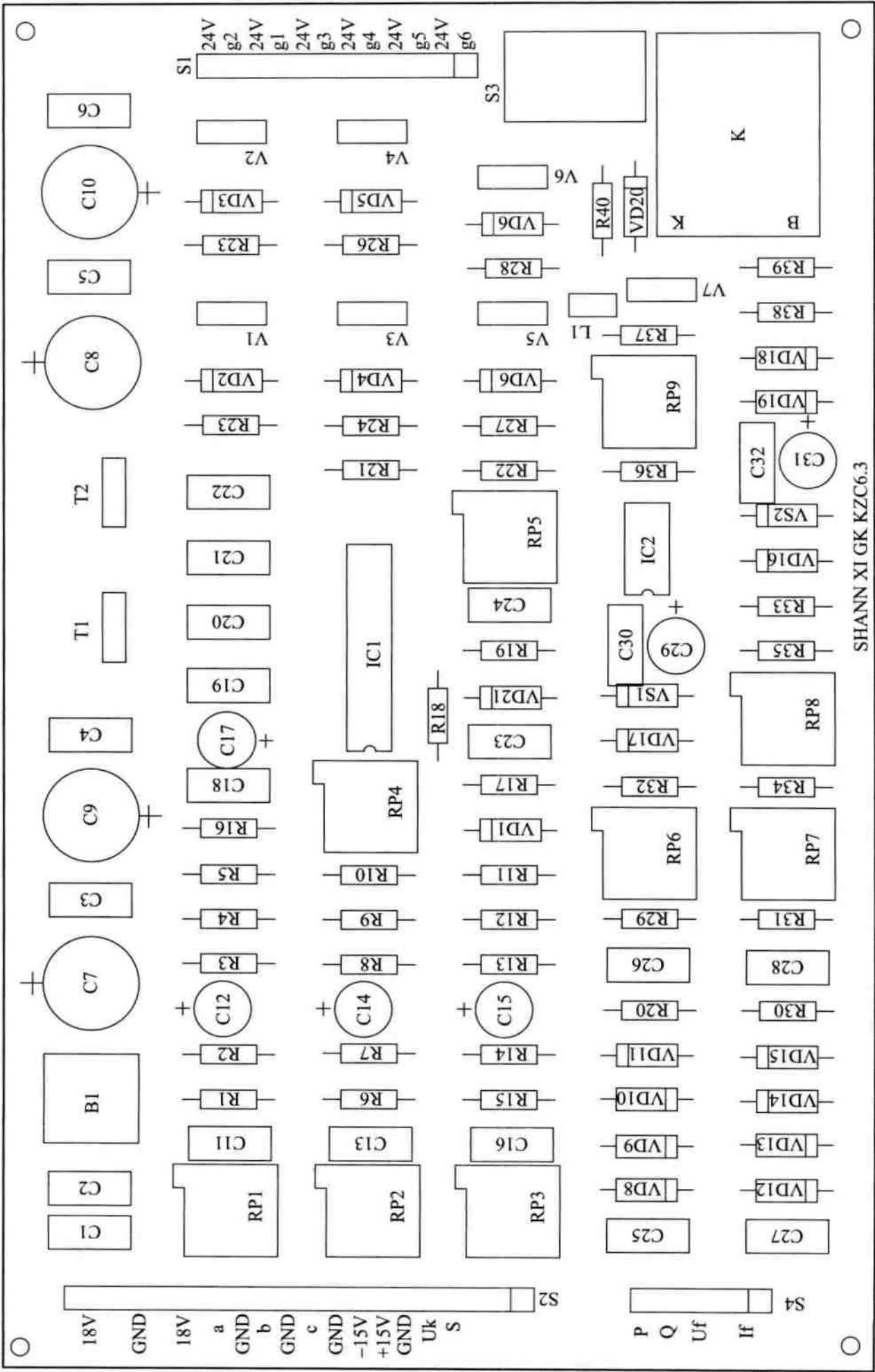


图 4.16 KCZ6.3 的实物外形与元器件布置

针调节,加到 TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的同步电压幅值增加,即 T 型滤波网络时间常数减小。

(2) RP_4 为最大 α_{\max} 角限幅调节电位器:顺时针调节, α_{\max} 限幅值减小;逆时针调节, α_{\max} 限幅值增大。

(3) RP_5 为过压保护取样信号幅值调节电位器,用来使电压取样信号与过压保护门槛值进行匹配:逆时针调节,等效取样信号值增大;顺时针调节,等效取样值减小。

(4) RP_9 为过压保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛增加;逆时针调节,保护门槛减小。

(5) RP_6 为内部给定信号调节电位器,用于调板或内部控制时作为给定信号,控制板调好后或用户外部给定不起作用时,应把其中点线断开。

(6) RP_7 为过流保护取样信号幅值调节电位器,用来使电流取样信号与过流保护门槛值进行匹配:逆时针调节,等效取样信号值增大;顺时针调节,等效取样值减小。

(7) RP_8 为过流保护门槛调节电位器:逆时针调节,过流保护门槛增大;顺时针调节,过流保护门槛减小。

5. 典型应用举例

KCZ6.3 可用于三相全控桥、三相半控桥及三相半波开环可控整流电路,图 4.17 是 KCZ6.3 用于三相全控整流系统的原理图,HLI 为霍尔电流传感器。

4.6 KCZ6.4 晶闸管三相控温(调功)触发板

KCZ6.4 是在 KCZ6.2 的基础上,在反馈回路中增加低零漂高放大倍数的放大器构成的三相晶闸管控温(调功)板,所以它更适用于反馈信号为毫伏级的系统(如温度控制系统)实现闭环控制功能。

4.6.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 集给定积分器、闭环调节器、过压、过流保护于一体,应用起来更加方便。

(2) 同步滤波网络可消除同步信号中的畸变和干扰,提供 30° 相移,并对三相同步信号进行微调,使控制板和工作系统实现良好的配合。

(3) 采用集中式恒流源,相对误差小。核心芯片仍是 TC787,三相锯齿波线性度好,斜率一致性好。

(4) 设计有功能选择点,如 TC787 引脚 6 与引脚 17 相连,则输出为全控双脉冲方式;如引脚 6 与引脚 3 相连,则输出为半控单脉冲方式。

(5) 输出为调制脉冲列,适配脉冲变压器触发晶闸管,宽度可调,对感性负载

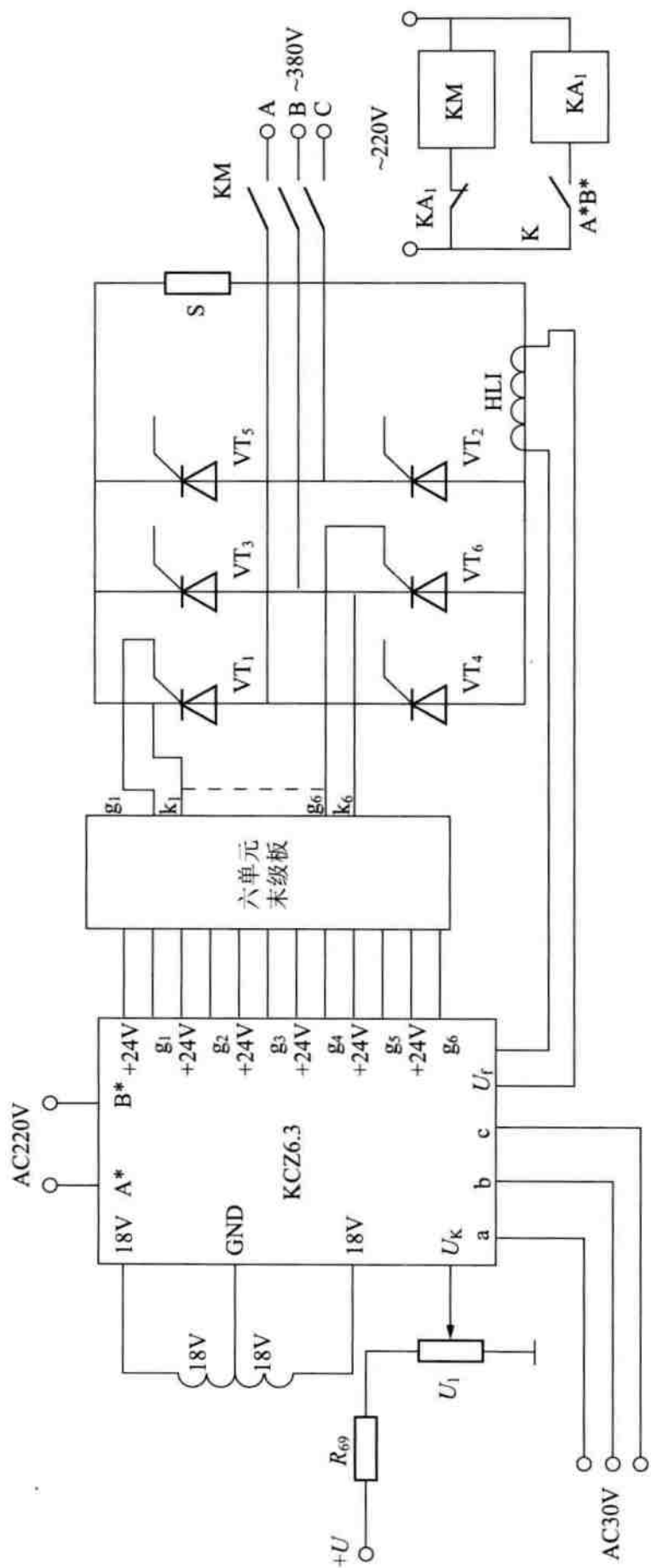


图 4.17 KCZ6.3 用于三相全控整流系统的原理图

的工作系统触发尤为可靠。

(6) 有脉冲输出控制端,可用作过流或过压时的封锁脉冲保护,也可用作正反组可逆系统的逻辑切换及过零触发系统的开关控制端。该端由 TC787 引脚 5 直接引出,高电平封锁脉冲输出。

(7) 输出线路稍加修改,即可用于主功率器件为双向晶闸管的三相交流调压系统。

(8) 自带工作整流稳压电源,用户仅需外接双 18V/0.5A 的交流电源便可工作。TC787 为单电源工作,但考虑用户的需要,板上有 $\pm 15\text{V}$ 的双路稳压输出和 24V 输出。

(9) 内带闭环调节器,随着用户外接反馈信号的不同,可方便地构成稳压或稳流系统,实现恒压或恒流控制。

(10) 集成有高精度低零漂运算放大器,可对毫伏级温度信号进行放大。

(11) 设计有开关控制比较器,可对触发脉冲进行通断控制。

2. 主要参数限制

(1) 交流同步相电压有效值:三相 30V/0.1mA。

(2) 外配同步变压器接法:380V/30V, Δ/Y -11 或 Δ/Y -12。

(3) 移相控制电压范围:0~10V 直流。

(4) 移相范围: $0^\circ \sim 170^\circ$ 。

(5) 触发脉冲形式:脉冲调制式。

(6) 调制脉冲列频率:10kHz。

(7) 输出级允许最大脉冲负载电流: $<300\text{mA}$ 。

(8) 各相脉冲不平衡度: $<\pm 3^\circ$ 。

(9) 输入交流电源:双交流 18V/0.5A。

(10) 输出稳压电源: $\pm 15\text{V}/20\text{mA}$ 。

(11) 功耗电流: $<25\text{mA}$ 。

(12) 工作温度范围 $T_A:0^\circ\text{C} \sim +45^\circ\text{C}$ 。

(13) 存储温度范围 $T_{\text{sig}}:-10 \sim +70^\circ\text{C}$ 。

(14) 故障保护后输出继电器接点容量:380V/1A 或 220V/1A。

(15) 电压及电流反馈信号幅值范围 $U_f:0 \sim 12\text{V}/20\text{mA}$ 。

(16) 温度检测信号输入值 $e_T:0 \sim 75\text{mV}$ 。

(17) 封锁脉冲电平输入:高电平 $\geq 12\text{V}/10\text{mA}$,低电平 $\leq 1\text{V}$ 。

4.6.2 内部结构及工作原理

KCZ6.4 的内部结构及工作原理如图 4.18 所示。其中, e_T 为反馈信号, U_f 为实际输出取样值。在 KCZ6.4 用做过流保护工作横式时, U_f 接电流取样信号;在 KCZ6.4 用做过压保护工作模式时, U_f 接电压取样信号。

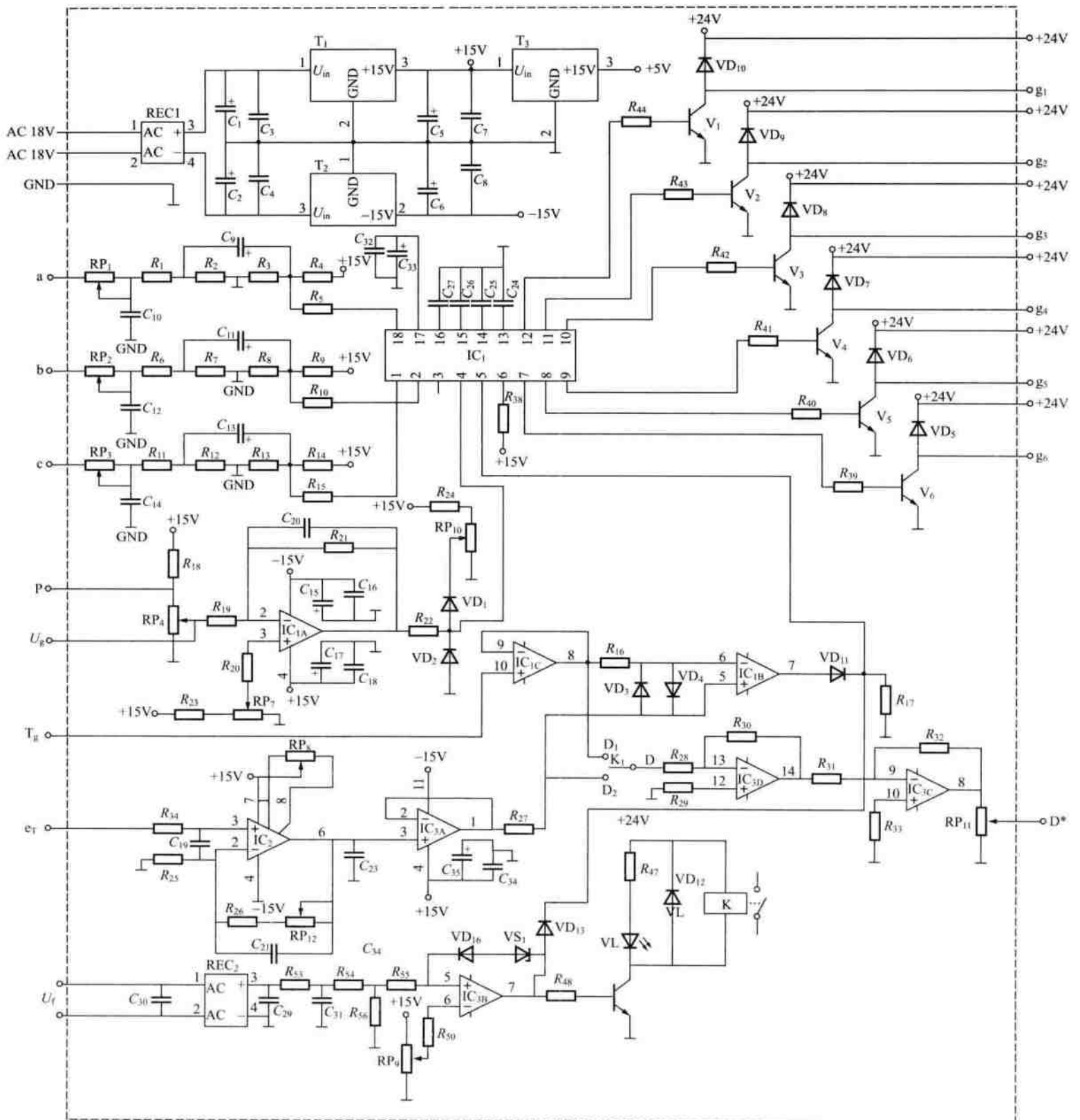


图 4.18 KCZ6.4 晶闸管三相控温(调功)触发板的内部结构及工作原理图

4.6.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔： $\leq 1500\text{m}$ 。
- (2) 环境温度 T_A ： $-10\sim+45^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气最大应对湿度： $\leq 90\%$ 。
- (4) 周围无导电及爆炸尘埃，无腐蚀金属及破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 安装尺寸

KCZ6.4 的实物外形与元器件布置如图 4.19 所示。

3. 正确接线

- (1) 接插件 S_4 的 18V、GND、18V 接带有中间抽头的电源变压器二次的双 18V 交流绕组，亦可直接输入两路直流 24V 电压信号。

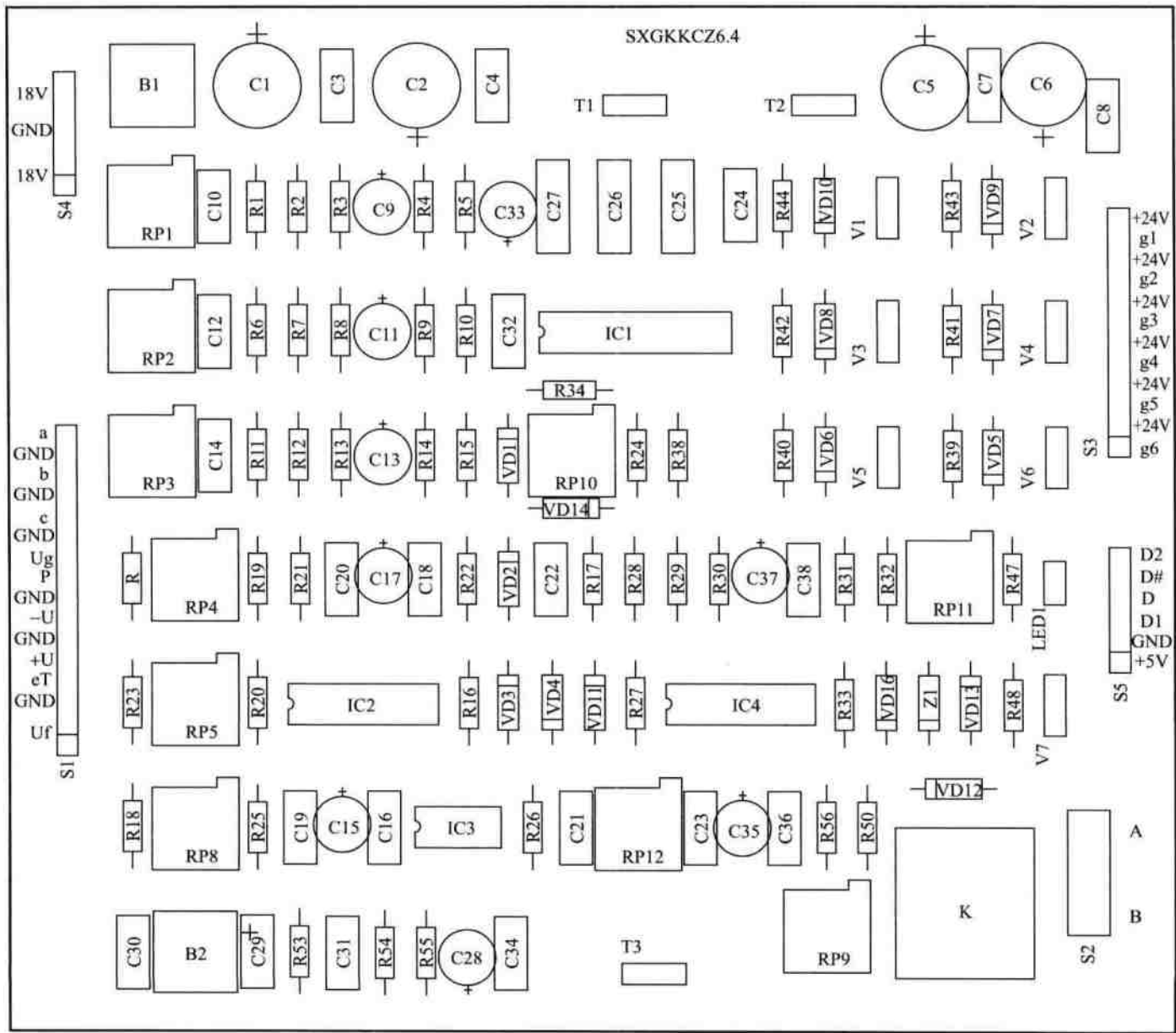


图 4.19 KCZ6.4 的实物外形与元器件布置

(2) 接插件 S_1 的 a、GND、b、GND、c、GND 分别接三相同步变压器二次侧对应 A、B、C 三相的 3 个 30V 绕组。当主回路不带整流变压器、KCZ6.4 用于三相可控整流系统时,建议同步变压器接为 $\Delta/Y-11$;当 KCZ6.4 用于三相交流调压系统时,建议同步变压器接为 Y/Y-12;在主回路带有整流变压器时,同步变压器的接法应与主整流变压器相匹配。 U_g 、P、GND 接外部给定电位器(阻值不小于 4.7k,功率不小于 0.5W), U_g 接电位器的中间可调端,GND 与 P 分别接电位器的固定端。 e_T 、GND 接取样传感器的输出(如热电偶的输出), U_f 接实际输出电压取样值。剩余的 +U、-U 及 GND 为用户提供正电源及负电源输出信号。

(3) 接插件 S_5 的 D_2 、GND、+5V 及 D_1 、GND 分别接外配数字表,显示实际给定值与被控系统实际输出值。

(4) 接插件 S_5 的 $D^\#$ 与 D 之间接一开关信号,可直接控制输出脉冲的正常输出与封锁。

(5) 接插件 S_2 的 A、B 之间为常闭触点信号,触点容量为 220V/3A 或 380V/1A,使用中串入用户系统的操作回路,在故障时分断系统主电路。

(6) 接插件 S_3 的 $g_1 \sim g_6$ 与 +24V 分别接用户晶闸管的触发脉冲末级板或脉冲变压器原边输入。

4. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 、 RP_2 、 RP_3 为同步信号幅值调节电位器,其作用除使加到 TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的同步信号幅值变化外,还可调节对同步信号进行 T 型滤波的时间常数。顺时针调节,加到 TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的等效同步信号幅值降低,即 T 型滤波网络时间常数增大;逆时针调节,加到 TC787 引脚 1、引脚 2、引脚 18 的等效同步信号幅值升高,即 T 型网络滤波时间常数减小。

(2) RP_4 为板内给定信号调节触发控制角大小的电位器:顺时针调节,给定信号增大(相当于触发控制角减小);逆时针调节,给定信号减小(相当于触发控制角增大)。当 KCZ6.4 板用作外部给定时,该电位器不起作用。

(3) 给定信号 U_g 为零时, RP_{10} 用来进行最大 α 角的调节,顺时针调节, α_{\max} 减小;逆时针调节, α_{\max} 增加。该电位器一旦调好,不需再调节。

(4) RP_7 为给定信号 U_g 最大时最小 α 角调节电位器:顺时针调节, α_{\min} 增大;逆时针调节, α_{\min} 减小。该电位器一旦调好,不需再调节。

(5) RP_{12} 为反馈信号放大倍数调节电位器:顺时针调节,反馈量放大倍数增大;逆时针调节,反馈量放大倍数减小。

(6) RP_8 为运算放大器调零电位器。

(7) RP_9 为保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛增加;逆时针调节,保护门槛减小。

5. 典型应用举例

用于三相晶闸管闭环控温系统的电路原理如图 4.20 所示,KCZ6.4 采用过流

保护模式工作。

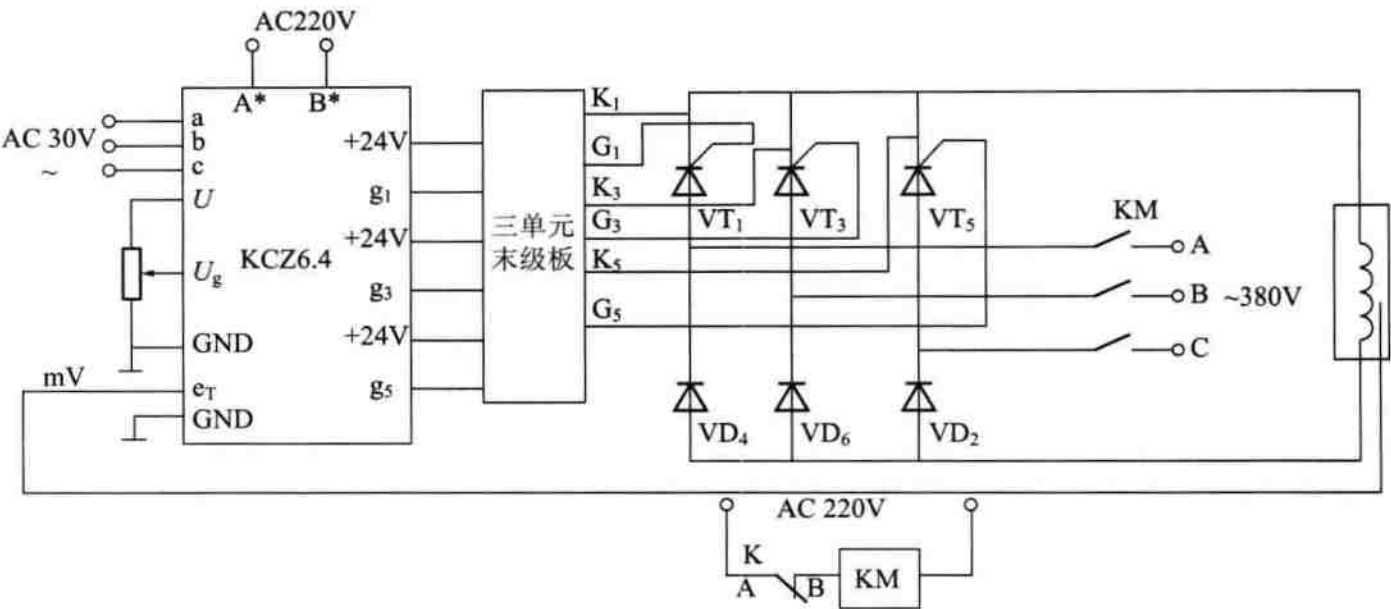


图 4.20 KCZ6.4 用于三相晶闸管闭环控温系统的电路原理图

4.7 KCZ6.5 三相全控(半控)桥晶闸管相位自适应触发板

KCZ6.5 是应用大规模集成电路及数字锁相技术开发的三相全控(半控)桥晶闸管相位自适应触发板,以智能型大规模集成电路 CA6100 为核心。

4.7.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 无需确定三相同步电压的相位,无论用户以怎样的相序接入三相同步电源,输出触发脉冲均与被触发晶闸管阳-阴极电压的相位一一对应。

(2) 无需外配同步变压器和电源变压器。

(3) 内含脉冲变压器,可直接用来触发位于三相全控桥中电流容量在 1650A 以下的 6 个晶闸管。

(4) 平面安装,不用专门制作插件箱,所有接插件均选用高质量的进口插件,因此接触十分可靠。

(5) 输出的三相触发脉冲通过高频同步脉冲分频计数输出,因而具有高度的对称性,均衡性和良好的控制线性度,克服了 KC、KJ 系列同类产品的诸多缺点。

(6) 无需同步变压器,同步信号直接用高阻值电阻取自与晶闸管相连的主回路(无单独连线),自动实现与电网同步;而且具备相序自动测控核对能力,从而使主电路与调节器的连线变得简易、可靠,无需作任何调测便能投入运行。

(7) 集缺相保护、软启停等功能于一体,功能密集程度较高,设计者不必再去另外设计检测控制电路。

(8) 板上设置了 8 位拨码开关,不同的组合方式可以得到不同的脉冲形式,如输出脉冲的起始参考相位为 0° 或 30° 、调制或非调制脉冲、调制脉冲为双 30° (即 $2^\circ \sim 30^\circ$) 脉冲、还是 120° 宽脉冲或间隔 60° 的双窄脉冲。

(9) 主触发板与辅助触发板相结合,可以很方便地实现输出 12 路触发脉冲信号,而不再需要独立的门极延迟发生器,即可得到相位互差 30° 的 12 路脉冲。

2. 主要参数限制

(1) 供电电源电压:380V,50Hz。

(2) 输入同步电压:三相随限流电阻取值不同的线电压,15~380V。

(3) 输出强触发脉冲幅值:15V。

(4) 输出触发脉冲保持幅值:7.5V。

(5) 用单宽脉冲方式时,输出触发脉冲宽度: 120° 。

(6) 用双窄脉冲时,输出触发脉冲单个脉冲宽度: 30° 。

(7) 输出脉冲最大电流:2A。

(8) 输出调制脉冲频率:30kHz。

4.7.2 内部结构及工作原理

KCZ6.5 三相晶闸管触发板的原理框图如图 4.21 所示,其构成包括相位基准(参考)电路、缓冲放大器和软启动/软停止电路、锁相环、缺相检测及禁止电路、相序检测和选择开关、监控电路、脉冲放大器和脉冲变压器等功能单元电路,各主要单元的工作原理分析如下。

1. 锁相环

锁相环是整个触发电路的核心,用其来实现输出的触发脉冲与电源同步,所以这里进行详细分析。

锁相环门延角发生器电路如图 4.22 所示,由缓冲放大器、相位基准电路、80 分频器、5/6 分频器、三相裂相器、3 个彼此独立的异或非门、解码逻辑电路和压控振荡器组成三相锁相环。

此锁相环具有很高的频率响应,可以在一个电源周期内达到锁相。

压控振荡器输出信号的角频率受控于输入控制电压的大小,而在图 4.22 所示锁相环路中,三异或非门鉴相器的输出信号与门延命令经缓冲放大后的输出信号相叠加。经低通滤波后,输出的信号作为控制电压送到 VCO 的输入端,控制其振荡频率。当环路锁定后,VCO 输出为 480 倍电源频率的振荡信号,即 CK_1 信号。

CK_1 经 80 分频后得到 CK_2 信号,其频率为电源频率的 6 倍。 CK_2 信号再经 6 分频器和裂相器得到 3 个信号——延迟基准信号 Ad 、 Bd 、 Cd ,其频率为电源频率,宽度为 180° ,但彼此间相位互差 120° 。这 3 个信号与相位基准电路产生的电源基准信号 A 、 B 、 C 被分别送入 3 个异或非门鉴相器,从而产生相位差值信号 Da 、 Db 、 Dc 。

当 VCO 的输出信号频率锁定在电源频率数倍(如 480 倍)的数值时,VCO 的

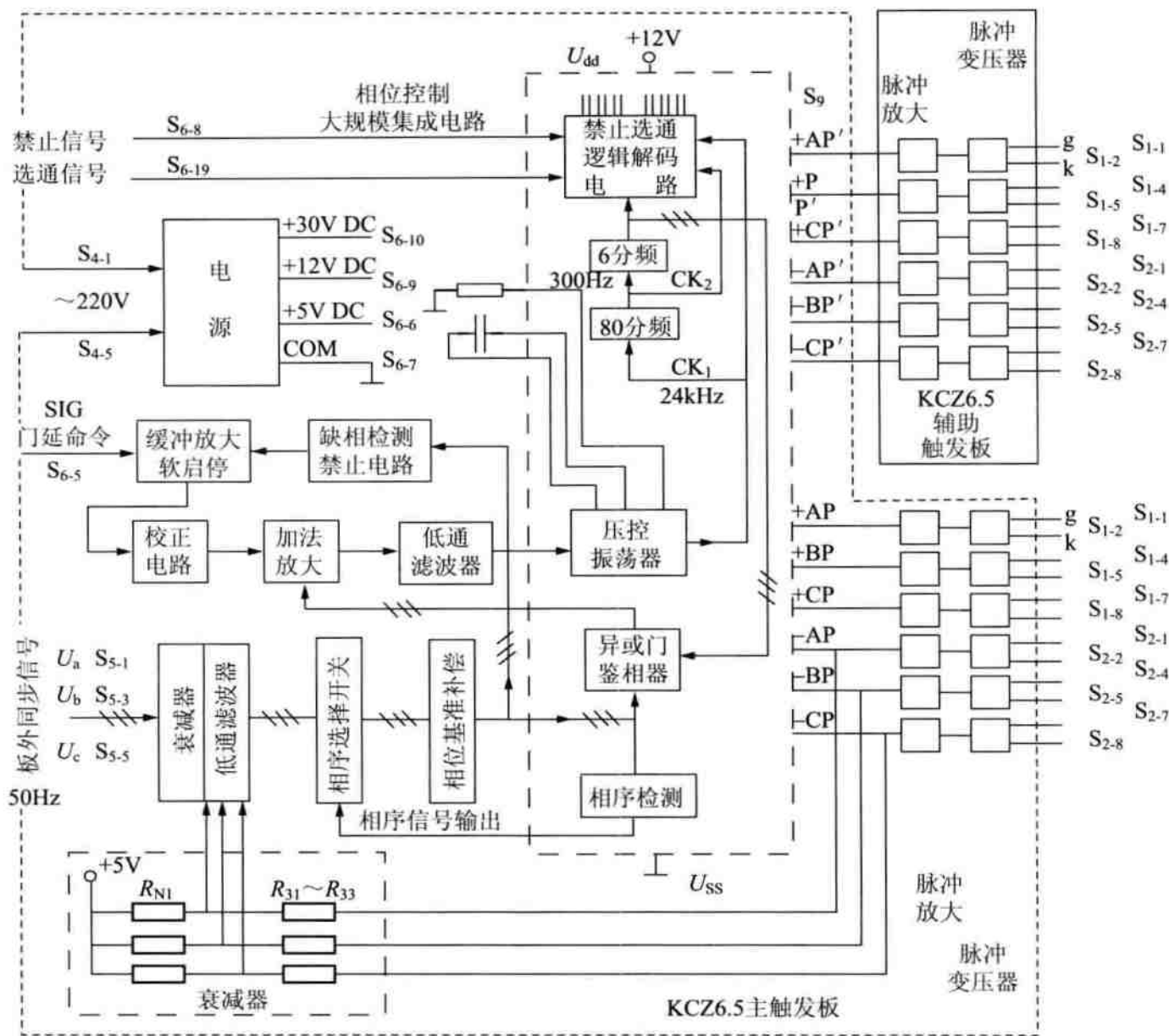


图 4.21 KCZ6.5 触发板的原理框图

控制电压必须保持为一个恒定的数值，即相位差值信号与缓冲后的门延命令电压之和为恒值。这样，当门延命令电压值上升时，缓冲后的电压下降，为保持频率锁定及 VCO 控制电压的恒定，相位差值信号平均电压值要上升，因而电源基准与延迟基准信号间的相位差值减小。而延迟基准信号直接决定了触发脉冲延迟角的大小，从而实现晶闸管的移相控制。

不同的主电路形式，可能要求触发脉冲延迟角的最小值和最大值也不一样。这可以通过调节偏置电阻 R_3 与范围电阻 R_2 的大小而达到要求，前者决定了逆变角 β 的起始参考位置(即触发脉冲的最大延迟角)，而后者决定了脉冲的移相范围。

为了能够工作在电源频率 $60Hz$ 下，触发板上设置了插座 S_{10} ，通过改变各脚的连接关系满足要求。当电源频率为 $50Hz$ 时，令 S_{10} 的引脚 1、引脚 2 短接，5/6 分频器工作在 6 分频；当电源频率为 $60Hz$ 时，令 S_{10} 的引脚 2、引脚 3 短接，5/6 分频器工作在 5 分频，达到稳定锁相的目的。

2. 触发脉冲驱动电路

脉冲驱动电路包括脉冲放大器和脉冲变压器，其中任意一个晶闸管(如对应 A

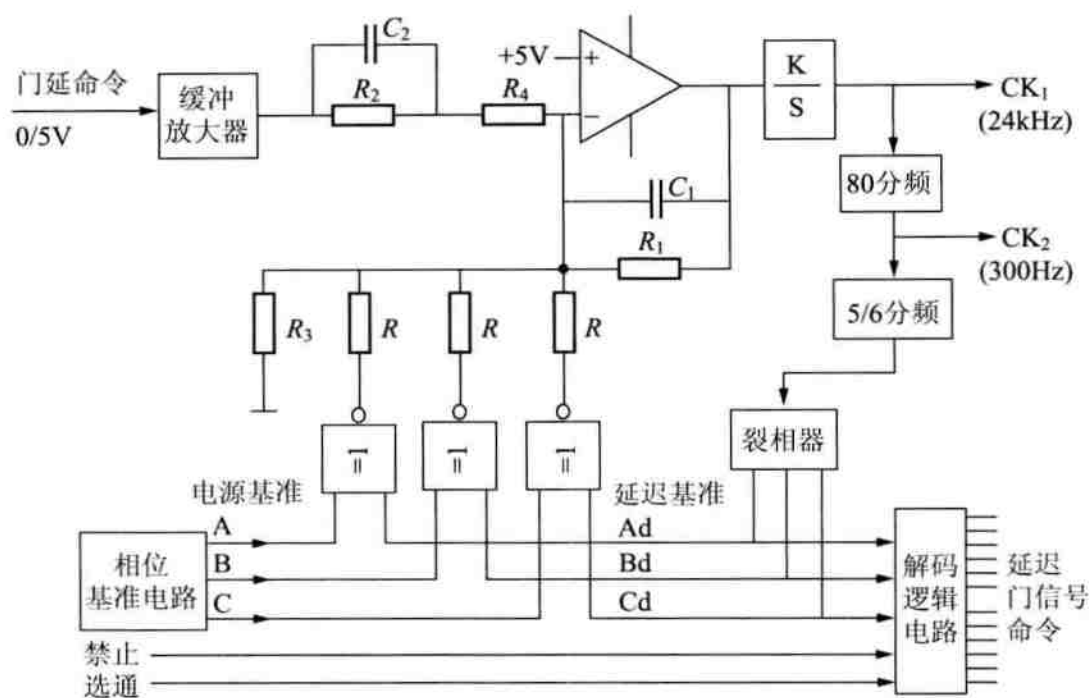


图 4.22 锁相环门延角发生器电路

$R=100\text{k}\Omega$ $R_1=33\text{k}\Omega$ $R_2=16\text{k}\Omega$ $R_3=51\text{k}\Omega$
 $R_4=15\text{k}\Omega$ $C_1=0.022\mu\text{F}$ $C_2=0.15\mu\text{F}$ $K=313$

相正半周的1#晶闸管 VT_1) 的脉冲驱动原理如图 4.23 所示。 u_{g1} 的波形、输出脉冲 u_{GK} 的波形如图 4.24 所示。

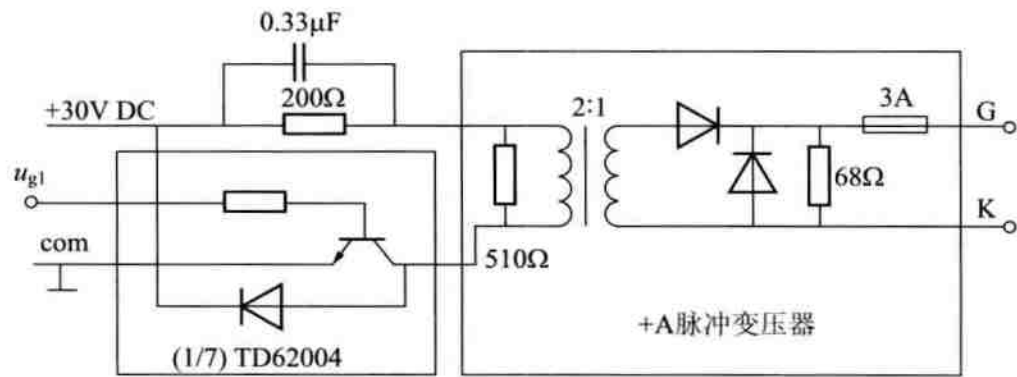


图 4.23 脉冲驱动电路

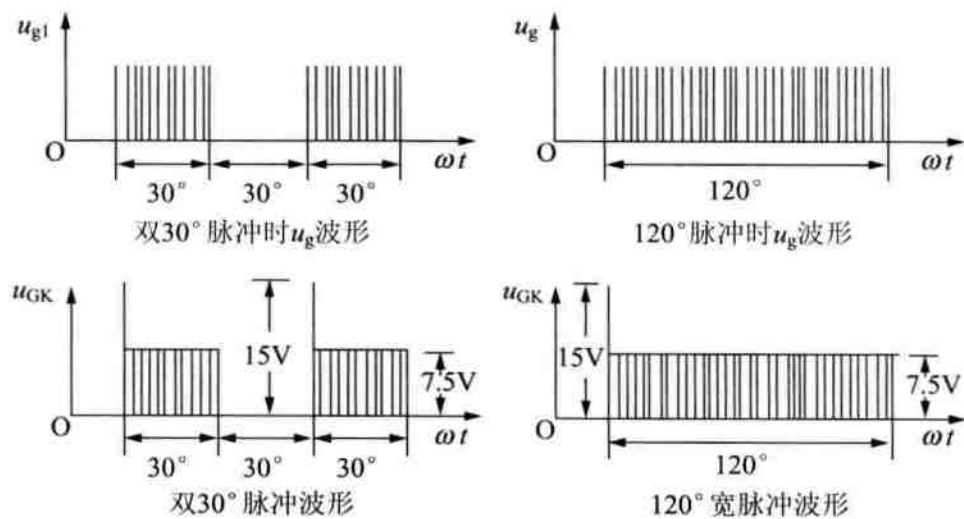


图 4.24 典型 u_{g1} 波形与触发脉冲 u_{GK} 波形

当 u_{gl} 端有信号时,晶体管立即进入导通状态, $0.33\mu\text{F}$ 电容的瞬间短路作用使得脉冲变压器的原边得到 $+30\text{V}$ 的电源电压。此时,二次侧得到信号为 $+15\text{V}$ 的尖峰脉冲,可以用作晶闸管的强触发脉冲,加快其导通速度,从而提高触发的可靠性。而后, u_{gl} 端的高频调制脉冲使得脉冲变压器的二次侧得到持续的幅度较低(7.5V)的高频调制脉冲,继续给晶闸管提供触发脉冲,以提高电流断续时工作的稳定性,同时可以降低驱动电路的功率等级。

采用上述驱动电路,输出的触发脉冲功率可达 $15\text{V}/2\text{A}$,完全适用于各种大功率(如 2000A 以下)晶闸管的触发,同时适用于触发 5A 以上的小功率晶闸管。

4.7.3 应用技术

1. 不同电压限流电阻的选取

KCZ6.5 是应用 K_2 、 K_4 、 K_6 3 根触发脉冲阴极线取样不同电压串联限流电阻的不同而形成同步电压的,不同的同步电压所应用的限流电阻见表 4.2 所列。图 4.21 中,高阻值电阻 $R_{31} \sim R_{33}$ 要根据主电路电压的不同而选择不同的阻值。

表 4.2 同步电压不同时限流电阻的合理取值

主电路电压	480~280V	280~120V	120~24V
采样电阻阻值	2MΩ	1MΩ	220kΩ

2. 正确接线

KCZ6.5 触发板的实物外形及各接插件的位置如图 4.25 所示,正确的安装、接线方法如下。

- (1) 拆去包装袋,取出触发板 AMP 插件及插针等零件。
- (2) 按所设计的使用方法选定 $S_1 \sim S_4$ 所必需的插头位置,将适当长度的 16~20 号多芯软电线经焊接后压装或用专用压接工具与 AMP 插件相连接后,从 AMP 插件后部对应位置对号入座。
- (3) 按标准电路连接图将 S_1 和 S_2 对应于 6 只晶闸管的 12 根导线与晶闸管的门极和阴极相连。同一个晶闸管的门极和阴极对应的每一对导线应绞合一下,至少是每 1.0cm 绞一绞,这样在大功率应用时可减少高频杂波的干扰。一般 $-A$ 、 $-B$ 、 $-C$ 3 个晶闸管阴极的引线同时是引入同步信号的,因此这 12 根导线要一一对应,不能接错。
- (4) 接插件 S_3 用来与其他控制电路相连接,一般会用到它的 SIG 端,该端送入 $0 \sim 5\text{V}$ 的直流控制电压,可使晶闸管导通角由最小变化到最大。 I_2 端与地短接时,产生软停止。 I_1 端与 12V 开路后产生快速停止(封锁脉冲)。另外,还有 $+12\text{V}$ 端、COM 端,可参考图 4.26 接线。

3. 主触发板与辅助触发板获得 12 相触发脉冲的方法

将 S_6 的引脚 19 即 P 端(选通命令端)与引脚 4(即 CK_2 端)相连即可。当 P 端

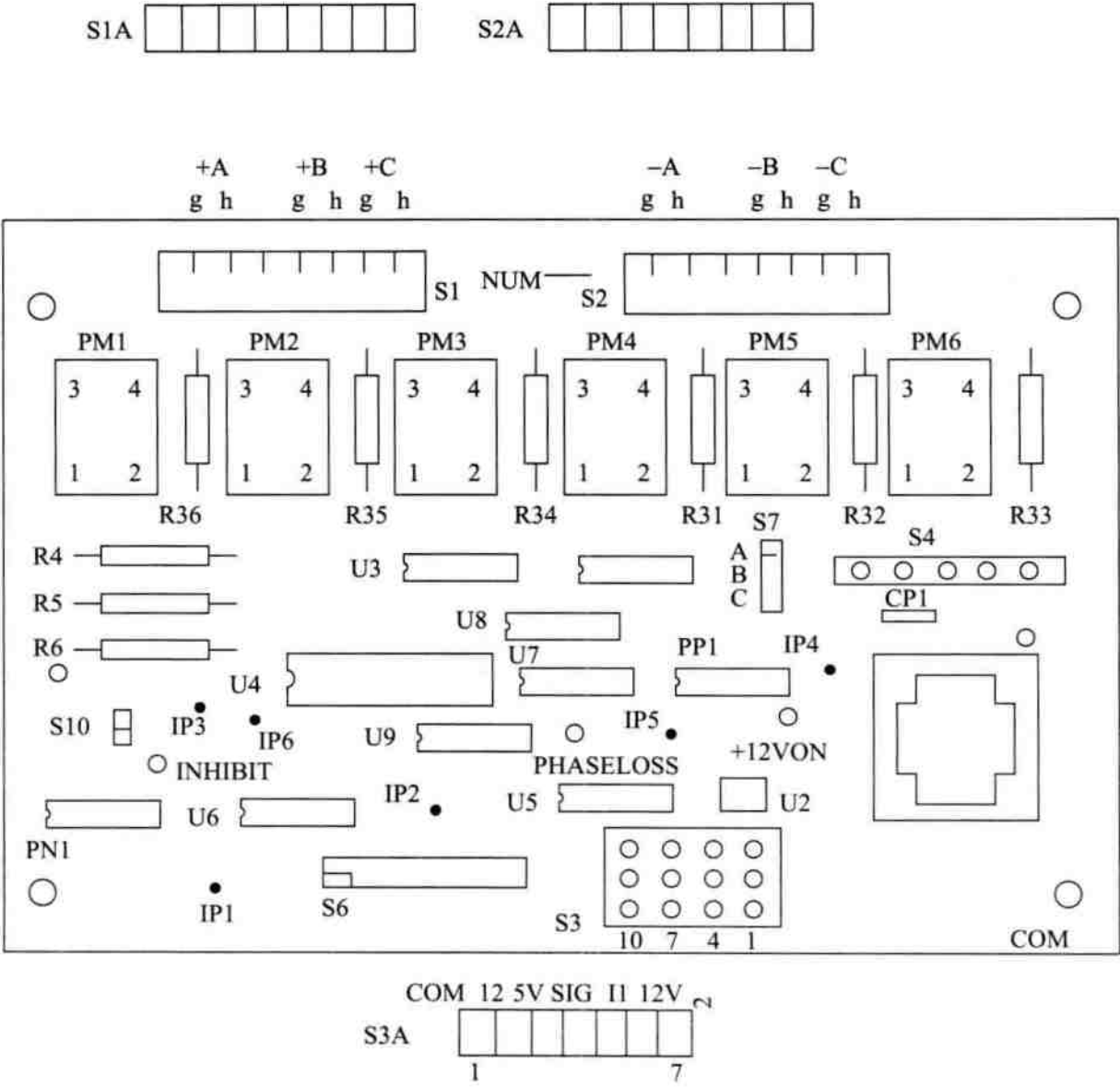


图 4.25 KCZ6.5 晶闸管触发板的实物外形及各接插件的位置

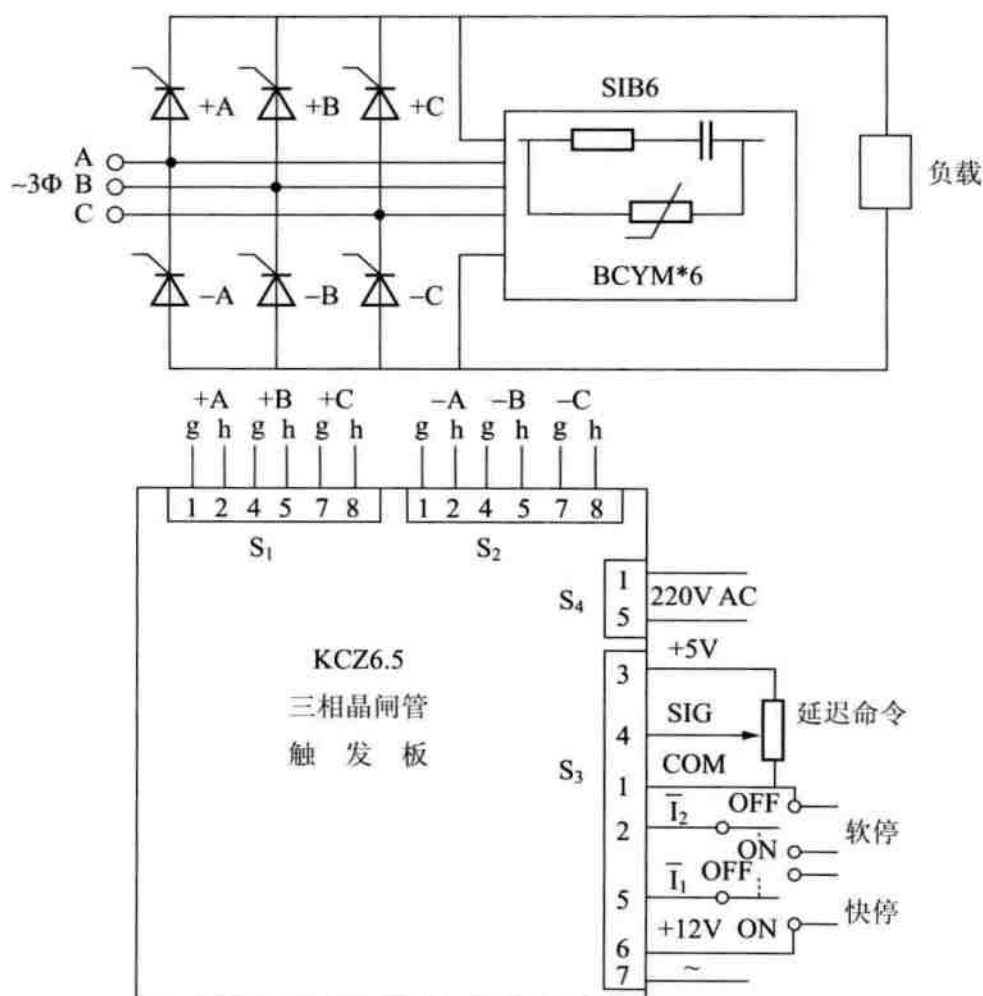
为高电平时,主触发板输出脉冲;当 P 端为低电平时,辅助触发板输出脉冲。CK₂ 端为 300Hz 的占空比 50% 的频率信号,且与输出的触发脉冲有固定的相位关系。此时建议采用双窄脉冲方式,每个脉冲的宽度为 30°。

4. 用于两象限桥式变流器

如图 4.26 所示,具体应用要求触发脉冲延迟同步电压 30°、移相范围为 5°~130°、同步电压直接来自共阳极晶闸管阴极、采用双窄脉冲触发模式、每个触发脉冲的宽度为 30°,可应用于直流电源、直流电动机调速系统等。

图 4.27 为稳压限流控制电路原理图, U_d 为电压给定, I_d 为限流值给定, U_f 、 I_f 分别为电压、电流反馈信号。

图 4.28 为软启停控制电路。电位器为给定电位器,如图 4.27 中的电压给定电位器。 I_2 是 KCZ6.5 的软停控制端,低电平时触发板软停,触发脉冲延迟角从原值以一定的速度滑到最大值处;悬空状态时触发板软启,触发脉冲移动正好相反。当开关拨到 S.S(软启动)侧时,电位器 U_{dm} 端的电压按照一定斜率上升,达到设定值时软启动结束;当开关拨到 S(软停止)侧时, U_{dm} 端的电压按照一定斜率下降到零,



触发板配置:

- ① 30° 相位基准
- ② 双窄脉冲每个脉冲 30°
- ③ $5^\circ \sim 130^\circ$ 门延角范围
- ④ 同步相位基准来自晶闸管阴极

图 4.26 KCZ6.5 控制板用于 2 象限桥式变流器系统

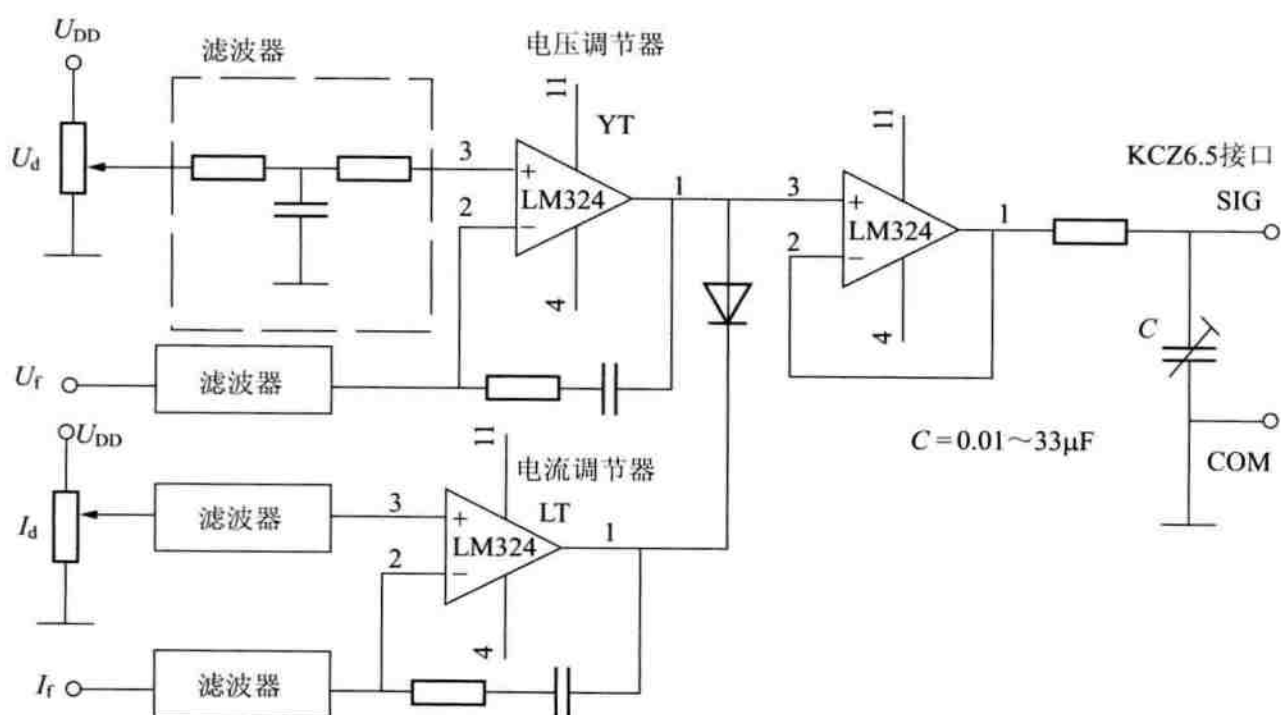


图 4.27 稳压限流控制电路

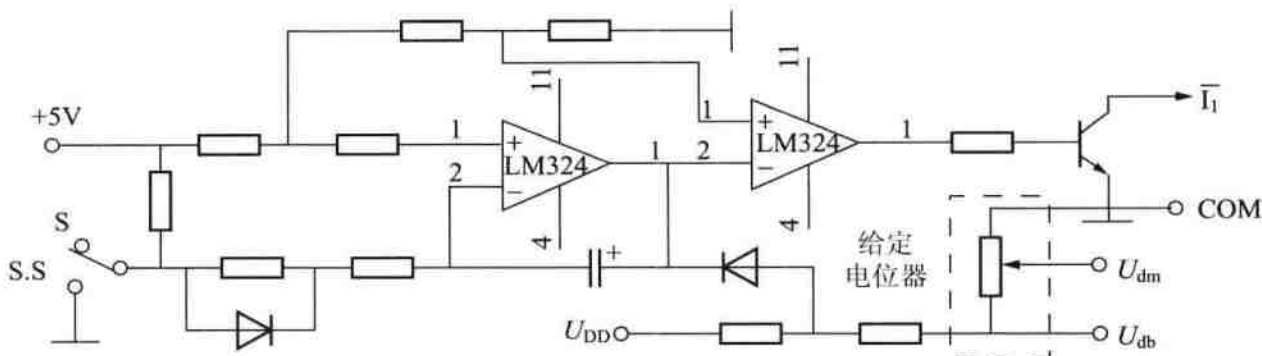


图 4.28 软启停控制电路

软停止结束。

直流电动机调压调速系统的调节器设计如图 4.29 所示。 n_d 、 n_f 、 I_d 、 I_f 分别为电动机转速给定、转速反馈、电流给定和电流反馈。当利用图 4.28 所示软启停控制电路时，给定电位器按照括号中的标号与软启停控制电路相接。

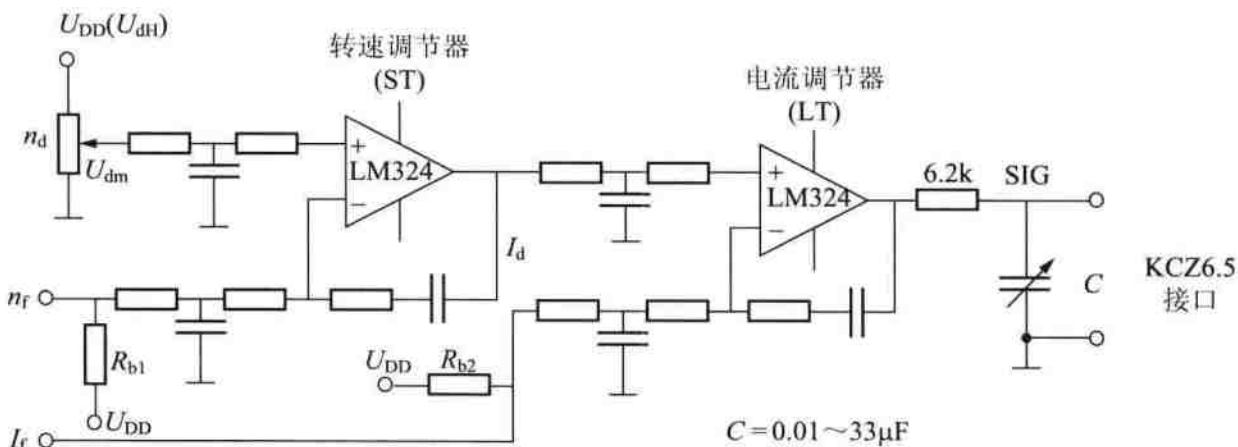


图 4.29 直流电动机转速-电流双闭环调速系统原理

为提高稳定性，可以在反馈回路中并联微分校正电路。加入电流自适应环节可以增加电动机低速运行时的稳定性，在调节转速给定电位器时，直流电动机的转速就会平稳地跟踪变化。当给定为某一固定值时，电动机在对应的转速上稳定运行。

图 4.29 中，电阻 R_{b1} 和 R_{b2} 为偏置电阻，电源 U_{DD} 通过这两个电阻提供偏置电压。如果不设置偏置，则即使使用软启动，转速也将会有突然的冲击，这对于许多应用场合来讲是不希望出现的。偏置的加入则解决了这一问题。

5. 用于 4 象限桥式变流器

如图 4.30 所示，包括 2 个独立的全控桥式回路——整流桥 #1 和整流桥 #2，由 KCZ6.5 主触发板和辅助触发板分别提供触发脉冲，通过电路的控制使得电动机能够在 4 个象限内运行，电路工作于无环流方式。

设 α_1 、 β_1 、 α_2 、 β_2 分别为整流桥 #1 的整流控制角、逆变角和整流桥 #2 的整流控制角、逆变角。

当整流桥 #1 工作在整流状态时， $\alpha_1 < \pi/2$ ，电动机通过整流桥 #1 从电网吸收电能，工作在第 1 象限，整流桥 #2 此时处于封锁状态。

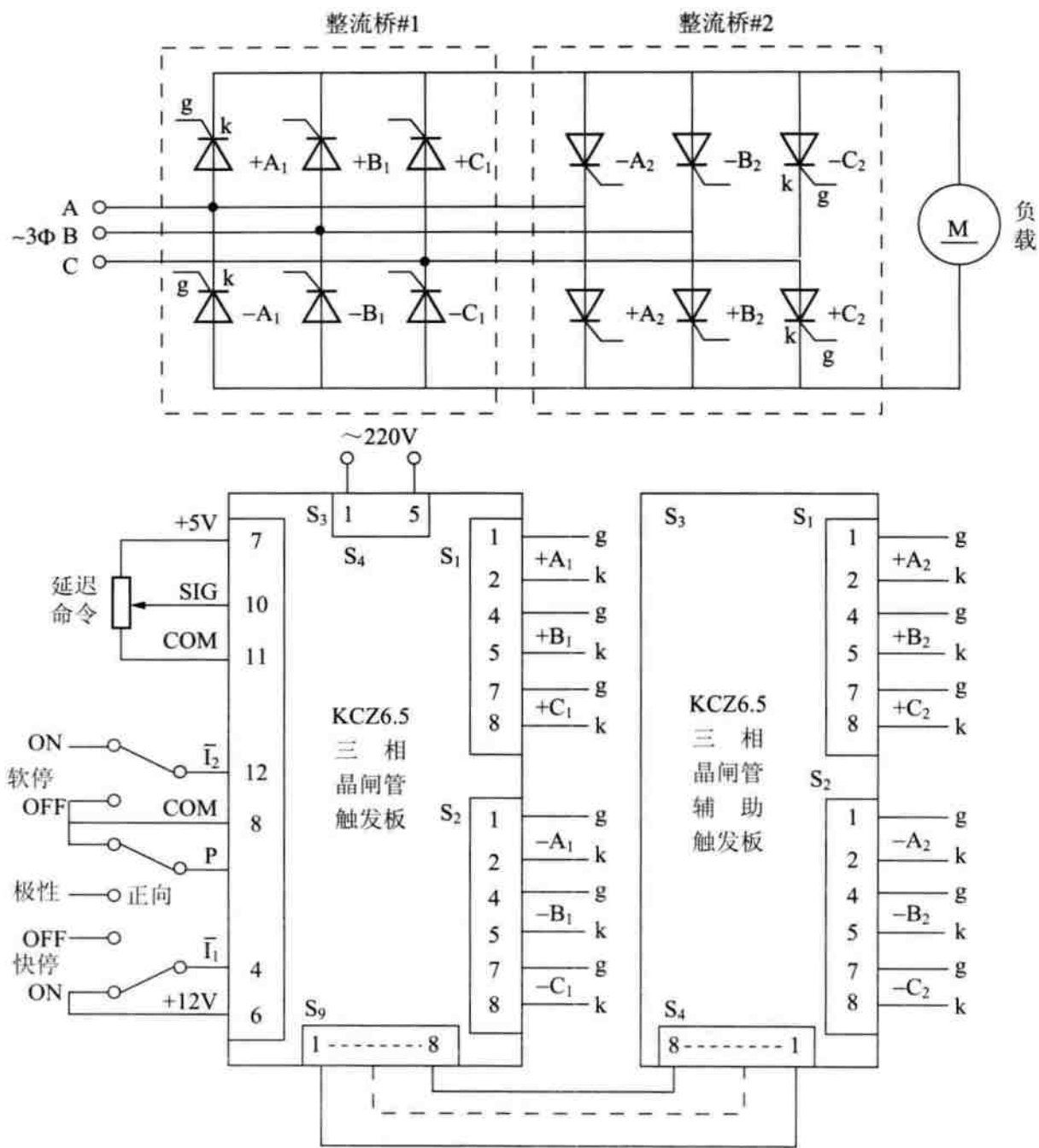


图 4.30 4 象限桥式变流器

要想使电动机反转电动运行,先通过改变电枢电流的方向使电动机迅速制动。制动时首先封锁整流桥 #1,然后开放整流桥 #2,使得 $\beta_2 < \pi/2$,整流桥 #2 工作于逆变状态,电动机在第 2 象限正转发电运行。为了保持电动机在制动过程中有足够的电磁转矩,应随着电动机转速的下降,不断地调节 β_2 ,使之由小变大,直至 $\beta_2 = \pi/2$ (转速为零),制动过程结束。

制动过程结束时,若继续增大 β_2 ,则 $\alpha_2 < \pi/2$,整流桥 #2 工作于整流状态,电动机开始反转,进入第 3 象限的电动状态,从电网吸收电能,这样电动机就由正转运行进入反转运行。

电动机反转时,若封锁整流桥 #2,而使整流桥 #1 工作在逆变状态, $\beta_1 < \pi/2$,则电动机在第 4 象限反转发电。同样, β_1 逐渐增大,当电动机转速为零时, $\beta_1 = \pi/2$,反转制动过程结束。若继续增大 β_1 ,则 $\alpha_1 < \pi/2$,整流桥 #1 工作于整流状态,电动机进入第 1 象限的正转电动运行。

设计 4 象限桥式变流器的控制电路时,必须注意:当需要改变负载电流的方向时,要在转折点附近使得门极脉冲处于禁止状态,避免两组桥同时导通。这就要求设置禁止电路,这可以通过控制主触发板的禁止功能来实现。

图 4.31 为其中的一种禁止电路,正反转命令用开关实现,即可以用数字信号来实现,此信号为电路的输入信号。假设电动机原来在正转,现在想使其反转。当电路检测到正反转信号后,电路首先输出一个信号控制触发板的禁止功能端 I_1 ,使之在一定的时间内为低电平,封锁整流桥 #1 的触发脉冲。经过适当的延迟时间之后,整流桥 #1 的晶闸管可靠关断。此时,电路的另一个输出信号随着正反转信号的变化而产生了相应的电平变化,此信号控制触发板的选通信号 P,使得另一组输出脉冲被选通,只要解除禁止状态,这组脉冲就会起作用,而原来处于工作状态的输出脉冲端则不会再有脉冲信号,除非选通信号 P 再改变为禁止信号不起作用的原正转工作状态。

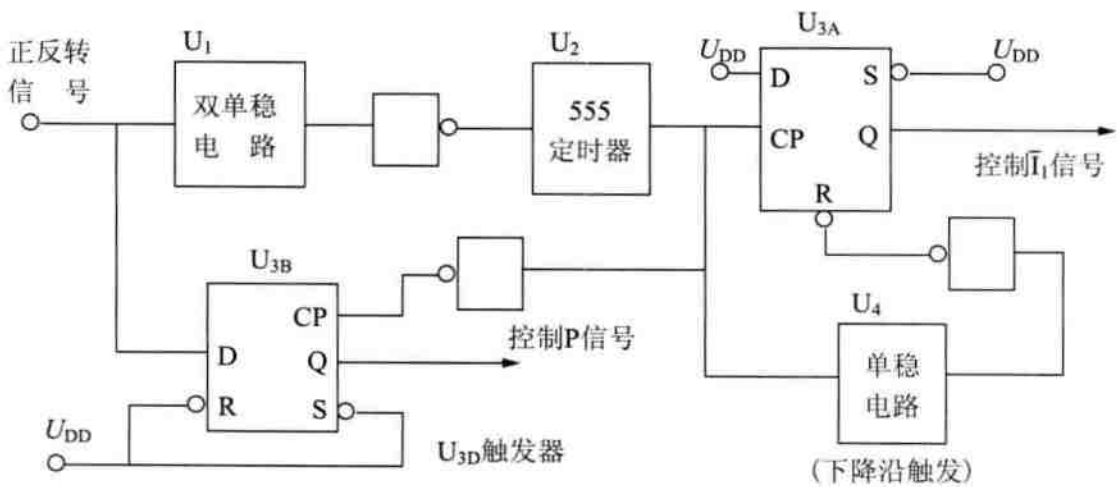


图 4.31 电动机正反转切换控制的时间禁止电路

图 4.31 中,双单稳电路 U_1 对于输入信号的上升沿和下降沿都会产生单稳态的正脉冲。555 定时器 U_2 起延时作用,对应 U_1 输出的正脉冲, U_2 输出一定宽度的正脉冲,通过 U_{3A} 使 I_1 端为低电平,通过 U_{3B} 使 P 信号得到控制, U_2 的输出同时又去触发单稳电路 U_4 ,从而复位 U_{3A} ,解除禁止状态。

6. 用于交流控制器

如图 4.32 所示。通过改变晶闸管门极延迟角的大小,在负载上便可得到幅值可变的三相交流电压。通过附加的电压或电流调节器可构成闭环,实现稳定控制,利用此电路和附加调节器已经成功地开发出异步电动机的限流启动及节能控制系统。如果负载为三相对称电阻负载,如电阻式加热炉,可以实现负载的温度控制,该系统中设置同步电压为晶闸管阴极的电压,触发板的 α 为零度的起始点,设置触发脉冲宽度为 120° ,移相范围为 $5 \sim 175^\circ$,这种系统的具体应用有三相交流调压温度控制、三相异步电动机的降压启动及电阻式加热器的控制。

7. 用于感应发电机控制器

感应发电机与同步发电机相比,有并网控制简单、容易,而且避免了振荡与失

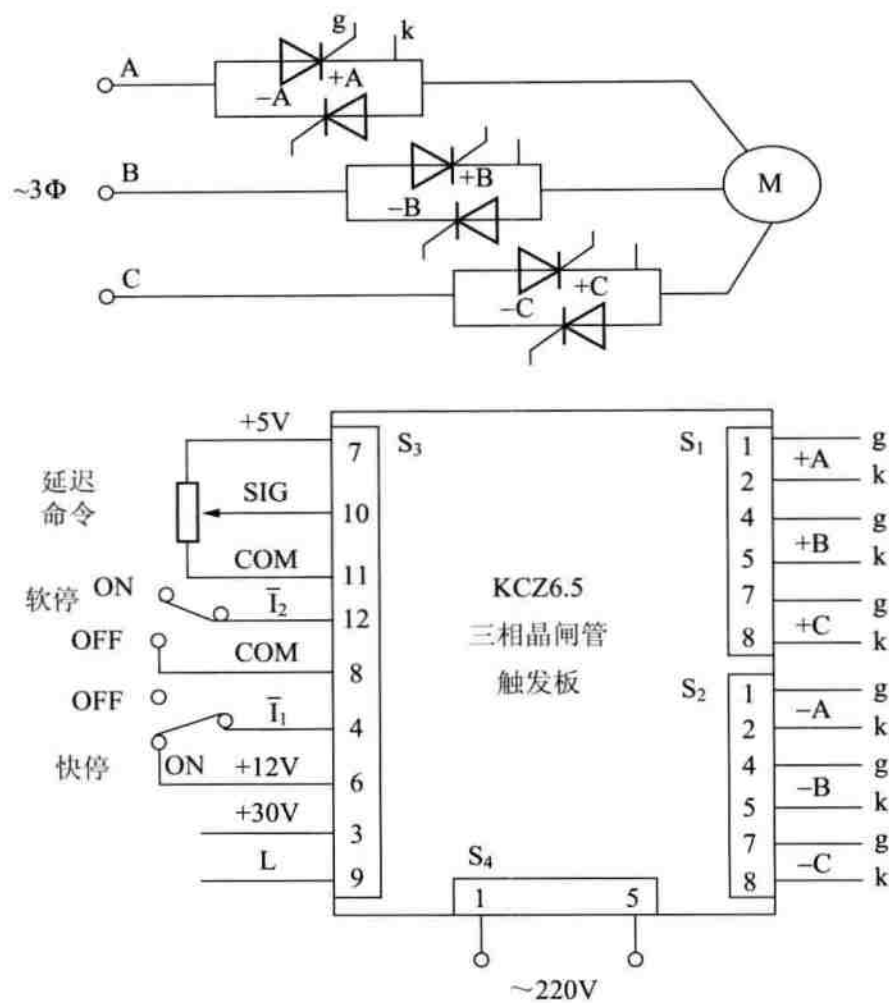


图 4.32 交流控制器

步问题等优点,所以被大规模应用于风力发电。但是由于风能随机性的特点,风力发电机必须频繁地并入电网和从电网切除,产生的冲击电流影响电网的供电质量,而且发电机大部分时间在额定功率以下运行,造成过多的能量损失,降低了发电机的效率。

风力感应发电机控制系统原理框图如图 4.33 所示,控制风力发电并网过程的自动同步控制系统,在较大的晶闸管触发控制角下工作。该应用中同步电压同样取自晶闸管的阴极,选用宽脉冲触发,脉冲宽度为 120° ,移相范围为 $5^\circ \sim 175^\circ$ 。它利用发电机阻抗与晶闸管之间的相互关系,使得发电机端电压随着风力提供的外部转矩的增大而升高,解决了上述问题。

当发电机转速达到同步转速时,控制板令速度开关打开,发电机开始软并网发电。发电机以低电压并网和脱网,从而限制了冲击电流和脱网时的振荡。当发电机转速较低但仍在同步转速以上时,发电机的端电压较低,控制晶闸管降低发电机的励磁损耗,使发电机仍然向电网输送较多的电能。只有当转速较高时,发电机输出才达到全部电网电压。

8. 用于双反星形整流器

双反星形整流器适用于负载需要低电压大电流的工作场合,KCZ6.5 用于这种系统的电路原理如图 4.34 所示,它实际上由 2 个三相半波电路组成。平衡电抗

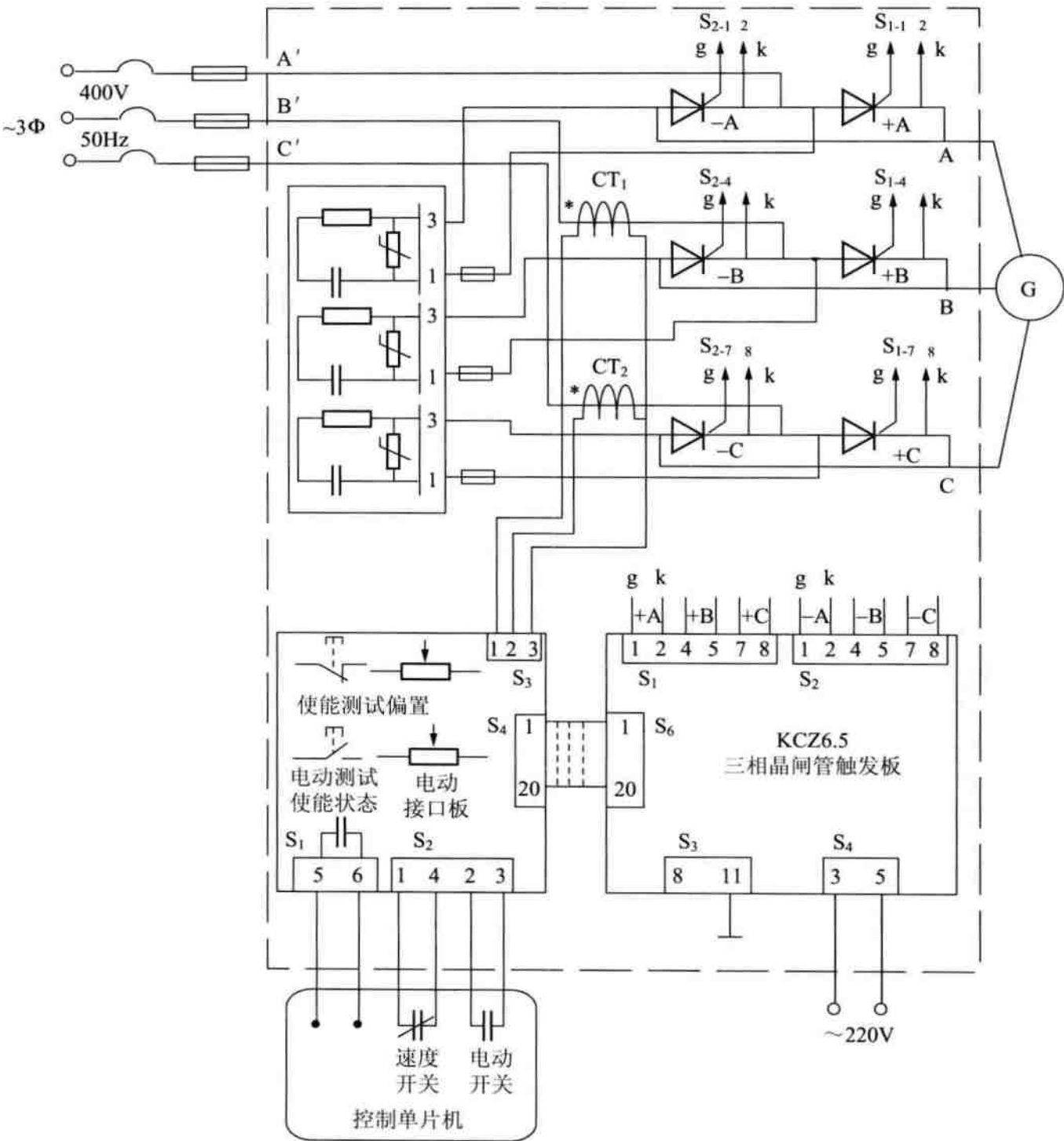


图 4.33 风力感应发电机并网控制系统

器 IPT 的存在平衡了 2 组三相半波整流电路之间的电位差,使得 2 组电路各自独立导电,任何瞬时并联工作,共同支持负载,从而提供较大的负载电流。

由图 4.34 可见,触发板与前述的应用有所不同。因为前述电路中,触发板直接通过采样与电源相连的晶闸管的阴极信号而获得同步信号,从而输出正确的触发脉冲。但是,星形整流器电路中,晶闸管的阴极不再与电源相连,三相同频信号从交流电源侧引入。

根据星形整流电路的工作原理可知,各个晶闸管的相位基准相对于所连电源(即变压器的二次侧)为 30° ,而由于图中变压器的 Δ/Y 接法已经提供了 30° 的相移,因此电路中触发板的相位基准设置为 0° 。同步电压信号同样来自整流变压器一次侧经降压后的信号,并选用双窄脉冲,设置移相范围为 $5^\circ \sim 160^\circ$,这种电路可用于

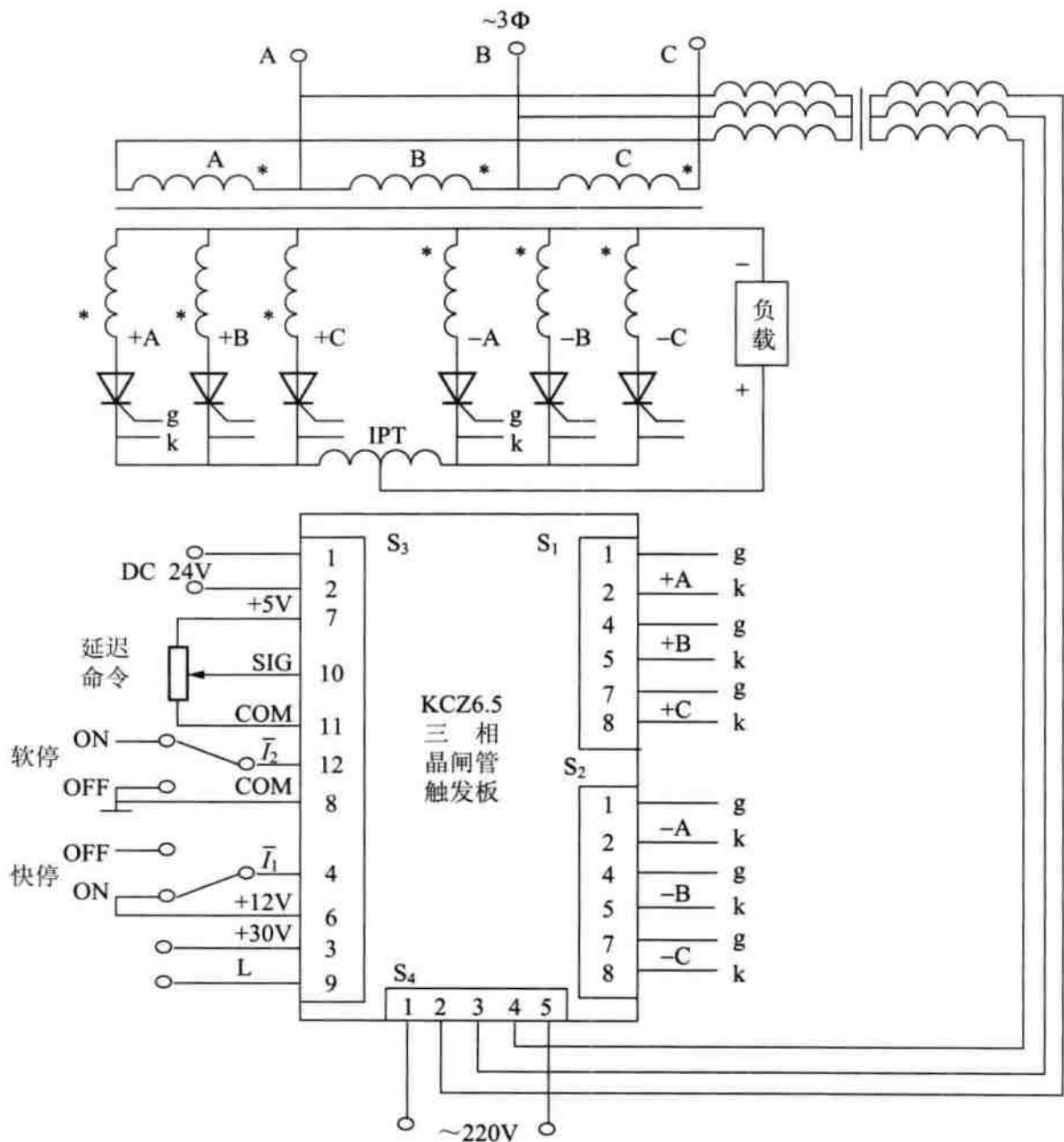


图 4.34 KCZ6.5 用于双反星形可控整流系统

直流电动机调速系统、电解、电镀、电弧炉用直流电力电子变流设备等场合。

9. 应用注意事项

- (1) KCZ6.5 触发板上装有电源变压器，S₄ 是 220V 交流电源(或 380V)的输入插口，请确认该电压与变压器使用电压是否对应，应按图仔细校对接线是否和使用图一一对应，错接可能会造成电路板或器件的损坏。
- (2) 对 KCZ6.5 控制板进行调试时，应在晶闸管没有接通三相电源的情况下，接通 S₄ 或 S₃ 引脚 1、引脚 2 端的交流电压，使板上得到交流 220V 或直流 24V 电源。板上电源指示灯(绿)、缺相指示灯(红)、禁止指示灯(红)3 只发光二极管(LED)应点亮。
- (3) 确认给定电压(S₃ 的 SIG 端)为零，接通三相电压。注意：三相电压应一次给到额定值，误差不超过额定电压的±20%，不要用调压器慢慢给上去，此时两只红色发光二极管应熄灭。

(4) 逐步使给定电压增加,晶闸管输出(用电压表或示波器监测)也相应变化正确,即安装初步完成。

(5) 非标准电路应用时,如由变压器原边或同步变压器提供同步时,应先断开各晶闸管的门极,用示波器检查各晶闸管的阳极和对应脉冲的相位、相序,确认无误方可接通门极。

(6) 触发板上唯一可调的程控开关 PP_1 是用来决定所需要的触发脉冲的。当 1、2、3 分(OFF),4、5、6 合(ON)时,脉冲参考相位为 0° ,反之为 30° 。当 7 分、8 合时,触发脉冲为 120° ;7、8 都合时,脉冲为 $2^\circ \sim 30^\circ$;7、8 都分时,为双窄脉冲(间隔 60°)。

(7) 为了进一步提高触发板的可靠性,防止由于意外原因(如用户)改变程控开关 PP_1 的设定状态,根据用户要求的脉冲形式,在 KCZ6.5 触发板上焊接短路导线代替 PP_1 的组合状态,将脉冲的方式完全固定。

4.8 KCZ6-1T 通用型晶闸管触发板

KCZ6-1T 通用型晶闸管触发板吸收了 KCZ6.2 的成功经验,并结合用户对反馈控制的要求,是以控制性能优越、保护性能完善、适应性能广泛、组成系统可靠为原则开发的,是一款通用型晶闸管触发板。它可用于三相全控(半控)桥、三相零式、双反星形及三相交流可控开关中晶闸管的触发控制,根据不同的反馈信号,可组成直流电动机调速系统、恒电压系统、恒电流及恒温控制系统等。

4.8.1 主要设计特点和参数限制

(1) 只要外接 1 只 $10k\Omega$ 的多圈给定电位器,把相应的反馈及保护信号和 380V 单相供电交流电源接入对应接插件,并把 6 路(或其中 3 路)输出触发脉冲接到相应的晶闸管上,即可组成三相全控(半控)晶闸管变流系统,使用时不再需要外接电源变压器、同步变压器、脉冲变压器等。

(2) 只要接线正确,由光耦合器隔离的同步系统能自动适应主回路不同相序相位的接入,不必检查主回路的相序。

(3) 性能优良的 IP 调节器实现了比例与积分参数独立可调,适应了不同系统快速性和稳定性的要求。

(4) 能对被控系统实现不同时间常数的软启动和软停车。

(5) 可适应多种反馈及保护信号的接入。

(6) 在被调量及模拟保护量的量值达到设定保护值时,控制系统能实现硬特性截止保护。如因某种原因截止保护失灵,当被保护值达到截止设定值的 $110\% \sim 115\%$ 时,则实现记忆性保护,封闭输出脉冲,并送出 1 组接点信号,可控制主回路跳闸或用作显示报警。

(7) 有 1 路能实现记忆性保护的接点输入,接点信号可为长信号,也可为短信

号,如主回路快速熔断器熔断信号等。

2. 主要参数限制

- (1) 输入工作电源电压:380V,50Hz。
- (2) 输入工作电源电流:0.05A。
- (3) 输出工作电源电压: $\pm 15\text{V}$ 。
- (4) 输出工作电源负载能力: $+15\text{V} \leq 20\text{mA}$, $-15\text{V} \leq 10\text{mA}$ 。
- (5) 输出触发脉冲幅值:12V。
- (6) 输出触发脉冲负载能力:300mA。
- (7) 给定电压幅值:0~12V。
- (8) 电压反馈输入信号幅值:直流 0~10V 或交流三相 0~10V。
- (9) 电流检测输入信号幅值:直流 10mA,或交流三相 0.1A。
- (10) 故障保护后输出接点容量:380V/1A 或 220V/3A。
- (11) 允许工作温度范围 T_A :0~+45℃。
- (12) 允许存储温度范围 T_{stg} : -10~+70℃。

4.8.2 内部结构及工作原理

KCZ6-1T 的内部结构及工作原理如图 4.35 所示(见书后插页)。IC_{2A} 与 IC_{2B} 构成积分器,IC_{3C} 为比例调节器,IC_{2C} 为带有初始偏置的积分调节器,IC_{2D} 不但起加法器作用,而且完成差分器的功能,IC_{3D} 为反馈信号放大器,IC_{3A} 为截止保护单元,而 IC_{3B} 为带记忆保护的比较器。

从晶闸管门-阴极触发线上输入的三相电压信号经光耦合器隔离后,提供给 TC787,由内部零点识别环节检测过零点,并进一步控制 TC787 内的恒流源,给外接锯齿波电容充电,形成三相锯齿波。该锯齿波与 TC787 引脚 4 输入的移相电压比较,在引脚 12~引脚 7 输出 6 路触发脉冲,经功率放大与隔离整形后输出。另一方面,用户的给定信号经积分环节积分后,与反馈环节的值进行比较及 PI 调节后输入 TC787 完成移相控制。若发生任一种故障,则相应的截止保护或封锁脉冲保护环节动作进行保护。

4.8.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 1500m。
- (2) 允许使用环境温度范围 T_A :10~40℃。
- (3) 空气相对湿度 $\leq 90\%$ 。
- (4) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动及冲击。

2. 正确安装

(1) 板件应垂直或平面安装牢固,背面距后部可导电安装板距离 $\geq 10\text{mm}$,下方 200mm 内应无发热较大的元器件。

(2) 各接插件对外连接导线应为截面积 $\geq 0.5\text{mm}^2$ 的软导线;各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用绞合线,每 100mm 不得少于 $8\sim 10$ 绞。

(3) 实物与元器件布置如图 4.36 所示。

3. 正确接线

各接插件的端子编号可参见图 4.37。

(1) 接插件 S_1 的 $S_{1.1}$ 、 $S_{1.3}$ 外接 $\sim 380\text{V}$ 供电电源, $S_{1.2}$ 悬空。

(2) 接插件 S_2 的 $S_{2.6}\sim S_{2.8}$ 接外部给定电位器($10\text{k}\Omega$,功率应不小于 1W), $S_{2.7}$ 接电位器滑动点。

(3) 接插件 S_2 的 $S_{2.5}\sim S_{2.3}$ 为控制板向用户提供的 $+15\text{V}$ 、 -15V 及地输出,使用时 $+15\text{V}$ 电源负载电流不得大于 20mA , -15V 电源负载电流不得大于 10mA 。

(4) 接插件 S_2 的 $S_{2.1}$ 可做特殊给定输入,在使用者外接闭环调节器时使用,一般不用。

(5) 接插件 S_3 的 $S_{3.10}\sim S_{3.6}$ 为模拟反馈信号输入点, $S_{3.10}$ 、 $S_{3.9}$ 为直流信号输入点, $S_{3.10}$ 接反馈正,而 $S_{3.9}$ 接负; $S_{3.8}\sim S_{3.6}$ 为三相交流信号输入点(单相输入信号接其任意两点)。使用中, $S_{3.10}$ 、 $S_{3.9}$ 与 $S_{3.8}\sim S_{3.6}$ 应选用其一。

(6) 接插件 S_3 的 $S_{3.5}\sim S_{3.1}$ 为过流或过压保护信号输入点, $S_{3.5}$ 、 $S_{3.4}$ 为直流信号输入点($S_{3.5}$ 接取样信号正, $S_{3.4}$ 接取样信号负), $S_{3.3}\sim S_{3.1}$ 为三相交流信号输入点(单相信号接任意两点)。具体应用时,按用户取样环节为直流还是交流,两者仅可选其一。

(7) 接插件 S_4 的 $S_{4.1}$ 、 $S_{4.3}$ 接外部综合保护常开接点, $S_{4.2}$ 悬空。

(8) 接插件 S_5 的 $S_{5.1}$ 、 $S_{5.2}$ 、 $S_{5.4}$ 、 $S_{5.5}$ 、 $S_{5.7}$ 、 $S_{5.8}$ 、 $S_{5.10}$ 、 $S_{5.11}$ 及接插件 S_6 的 $S_{6.1}$ 、 $S_{6.2}$ 、 $S_{6.4}$ 、 $S_{6.5}$ 为对应三相同步电压的 6 路触发脉冲输出,使用中分别接到对应 6 只晶闸管阴极和门极。 S_5 的 $S_{5.3}$ 、 $S_{5.6}$ 、 $S_{5.9}$ 、 $S_{5.12}$ 及 S_6 的 $S_{6.3}$ 与 $S_{6.6}$ 为空脚,使用中悬空。

(9) 接插件 S_7 的 $S_{7.1}$ 、 $S_{7.2}$ 接外部常开复位按钮,发生故障记忆时可用来复位。

(10) 接插件 S_7 的 $S_{7.3}$ 可作为特殊保护应用输入,输入 $+13\sim +15\text{V}$ 电平时,可封锁 6 路触发脉冲输出,可用于用户外部电路故障(如冷却系统故障)的保护,也可悬空,一般不用。

(11) 接插件 S_7 的 $S_{7.4}$ 、 $S_{7.5}$ 、 $S_{7.6}$ 为故障时动作使主电路跳闸的一转换接点,接点容量为 $\sim 380\text{V}/1\text{A}$ 或 $\sim 220\text{V}/3\text{A}$ 。

4. 对模拟反馈信号及保护信号的要求

(1) 直流电压信号为 $0\sim 10\text{V}$,三相及单相交流电压信号为 $0\sim 10\text{V}$ 。

(2) 单相及三相交流信号为 $0\sim 100\text{mA}$ 。使用这类电流信号时,在板上应把接入量对应的连线“2”(“3”)接上。

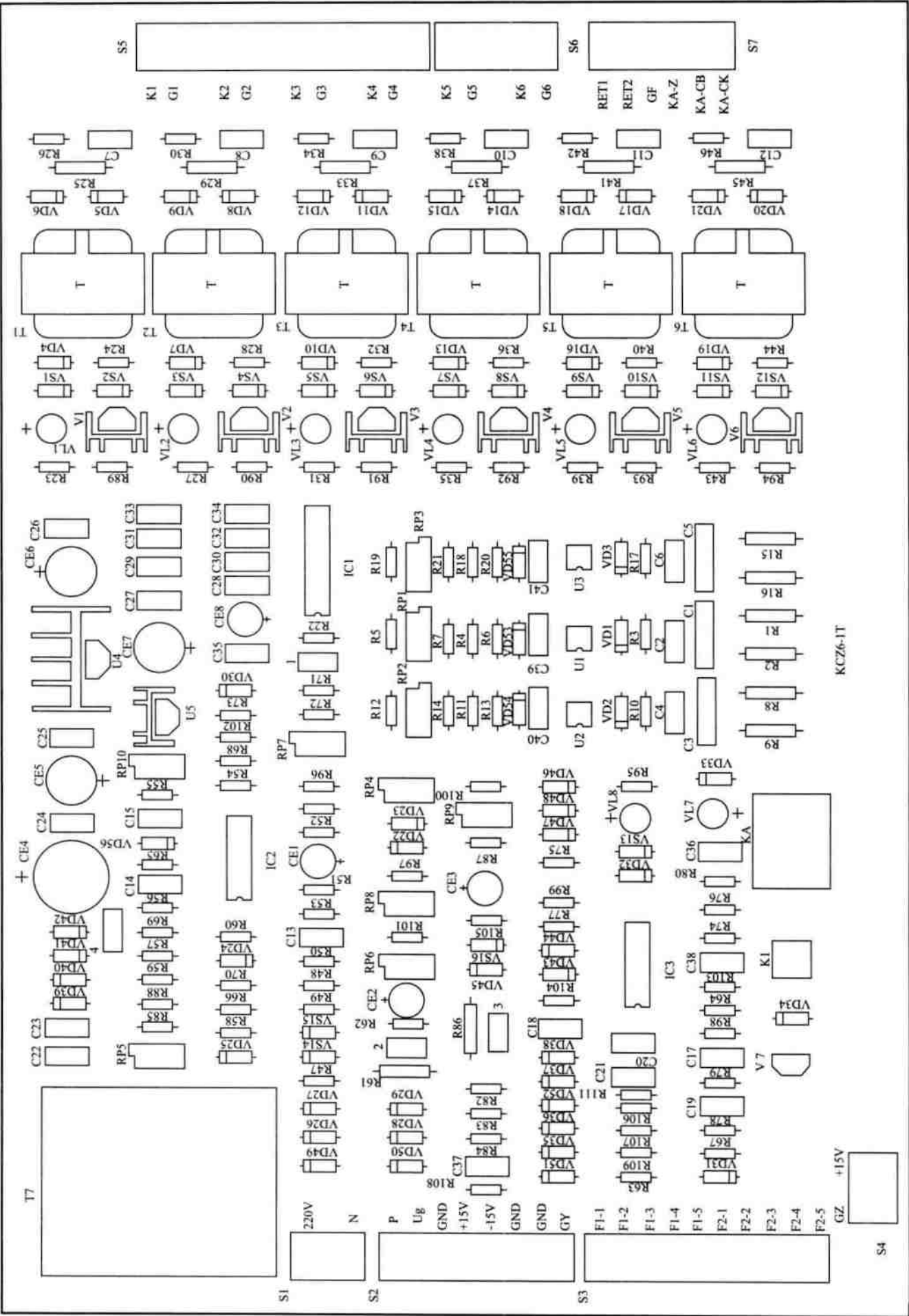


图 4.36 KCZ6-1T 的实物与元器件布置

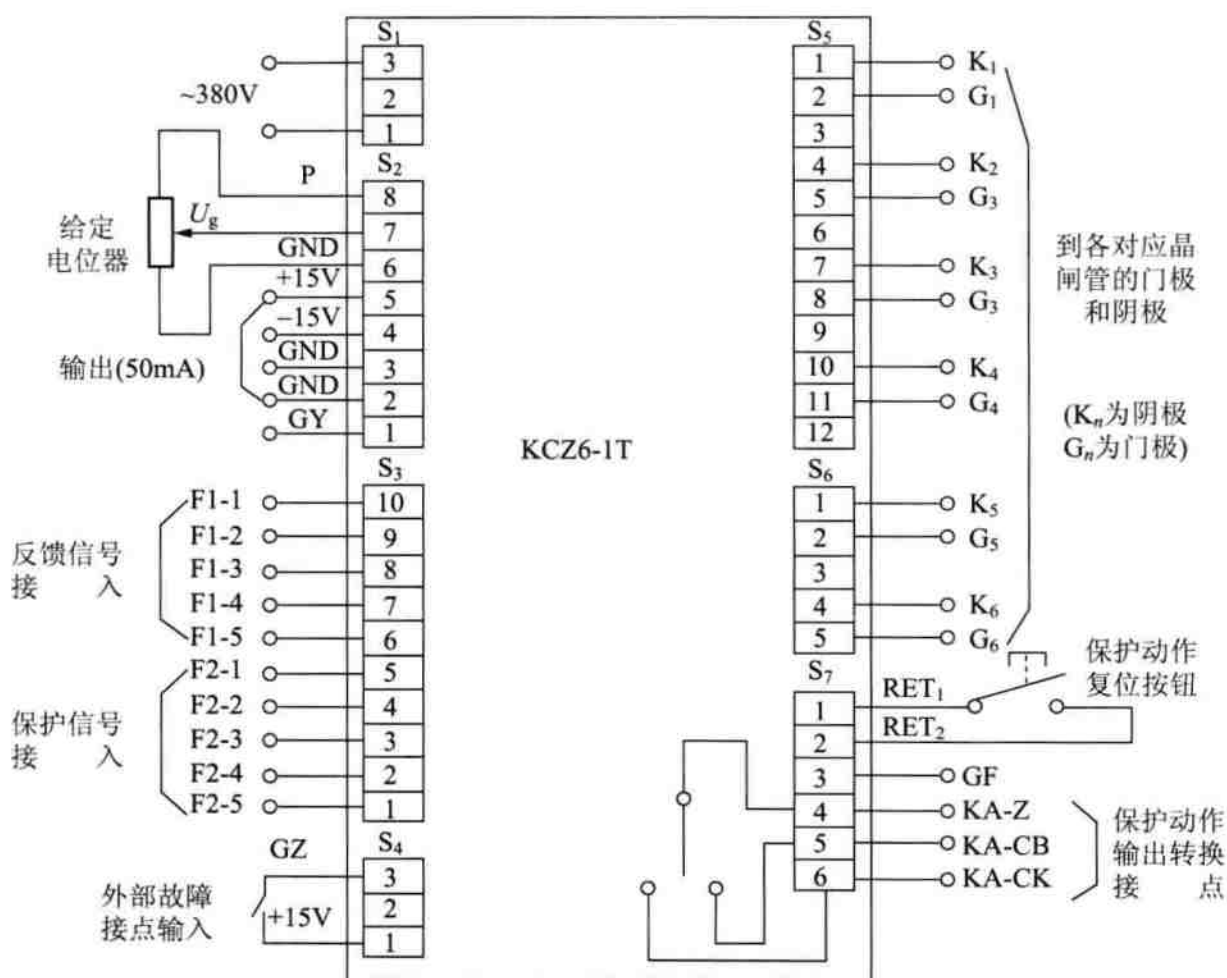


图 4.37 KCZ6-1T 触发板的端子编号及接线图

(3) 直流电流信号为 $0 \sim 10\text{mA}$ 。用这类信号时,除把对应连线“2”(“3”)接上外,还应把对应的电阻 R_{61} (R_{87}) 换成 $1.1\text{k}/0.5\text{W}$ 的电阻。

(4) 如将 IC_1 的引脚 6 对地的连线“1”连上,则输出单脉冲。

5. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 、 RP_2 、 RP_3 分别用来调节三相锯齿波的平衡度,出厂前已经调好,一般用户不需再调节,除非用户系统电网电压三相严重不平衡。

(2) RP_4 用来调节从 U_g 通道(接插件 S_2 的 $S_{2.7}$)作为给定时的给定积分上升时间长短:逆时针调节,给定积分时间变短;顺时针调节,给定积分时间变长。给定积分的调节时间范围为 1.0s 至数分钟,若用户直接从 GY(接插件 S_2 的 $S_{2.1}$)通道输入给定,则板内的给定积分器不起作用,电位器 RP_4 也不起作用。

(3) RP_{10} 为等效积分时间常数调节电位器:顺时针调节,等效积分时间常数增大;逆时针调节,等效积分时间常数减小。

(4) RP_5 用来调节最大 α 角限幅:顺时针调节, α_{\max} 值增大;逆时针调节, α_{\max} 值减小。出厂前已将 α_{\max} 调为 150° ,对电阻性负载不需调节;对大电感负载,用户可将 α_{\max} 调节为 90° ,亦可不调节。

(5) RP_7 为最小 α 角整定调节电位器:顺时针调节, α_{\min} 减小;逆时针调节, α_{\min} 增大。出厂前已整定为 $\alpha_{\min} = 0^\circ$,用户一般不需要再调节。

(6) RP_6 为闭环反馈量大小调节电位器:顺时针调节,闭环控制的反馈量增大;逆时针调节,闭环控制的反馈量减小。用作电流闭环实现恒流控制时,该电位器调节的是电流反馈值;用作电压闭环实现系统恒压控制时,该电位器调节的电压反馈值。由于 KCZ6-1T 可实现被控制量的截止和过截保护,且保护门槛已设定为 5V,所以顺时针调节相当于对应该反馈值的截止保护门槛减小,逆时针调节相当于对应该反馈值的保护门槛增大。

(7) RP_9 为保护量实际取样值调节电位器:逆时针调节,保护取样实际值增大,相当于保护门槛降低;顺时针调节,保护取样实际值减小,相当于保护门槛增大。当控制板用于电压闭环控制时,该电位器为电流保护实际取样值调节电位器;当控制板用于电流闭环控制时,该电位器为电压保护实际取样值调节电位器。

(8) 电位器 RP_8 为调节器比例放大倍数调节电位器:顺时针调节,比例调节器等效比例放大倍数增大;逆时针调节,等效比例放大倍数减小。

6. 使用注意事项

(1) 互补双调制脉冲输出应用时,板内“1”处悬空;单宽调制脉冲输出应用时,应把板内的“1”处 2 点短接。

(2) 电位器 RP_6 为反馈量反馈系数调节电位器,若要实现恒流控制,反馈量可为电流;若要实现恒压控制,反馈量为电压;若要实现恒转速调节,则反馈量为转速。

(3) 当闭环反馈信号为直流时,接接插件 S_3 的 $S_{3.10}$ 与 $S_{3.9}$ ($S_{3.10}$ 相对 $S_{3.9}$ 为正极性);当反馈信号为交流时,接接插件 S_3 的 $S_{3.8} \sim S_{3.6}$ 。相应的,接插件 S_3 的 $S_{3.1} \sim S_{3.5}$ 接保护取样信号,当反馈信号为电压时,一般保护信号取电流;当反馈信号为电流时,一般保护信号取电压;若反馈信号为转速,保护信号可取电压,亦可取电流,这时保护信号从接插件 S_3 的 $S_{3.1} \sim S_{3.5}$ 接入。保护信号为直流信号时,接接插件 S_3 的 $S_{3.5}$ 与 $S_{3.4}$ ($S_{3.5}$ 接反馈信号正, $S_{3.4}$ 接反馈信号负);为交流信号时,接接插件 S_3 的 $S_{3.3} \sim S_{3.1}$ 。

(4) 反馈信号或保护取样信号为交流 $0 \sim 10\text{mA}$ 的电流信号时,可把板内“2”或“3”直接短接,并把对应的电阻 R_{61} 或 R_{86} 换为 $1\text{k}\Omega/2\text{W}$;若交流反馈或保护信号为 $0 \sim 100\text{mA}$,则应直接短接板内的“2”或“3”,当反馈信号或保护取样信号为 $4 \sim 20\text{mA}$ 时,应在短路“2”或“3”的同时,把电阻 R_{61} 或 R_{86} 换为 $510\Omega/2\text{W}$ 。

7. 典型应用举例

KCZ6-1T 用于三相全控恒流控制系统的电路原理如图 4.38 所示,对直流回路中电压的检测构成输出直流电压过压保护系统,而对直流输出电流的检测与反馈实现闭环恒流控制,从而达到恒流控制,稳流精度小于 1%;系统工作在电流截止、过流保护、电压截止与过电压保护状态时,因使用了板内的给定积分器,故输出电流与电压可软升降。

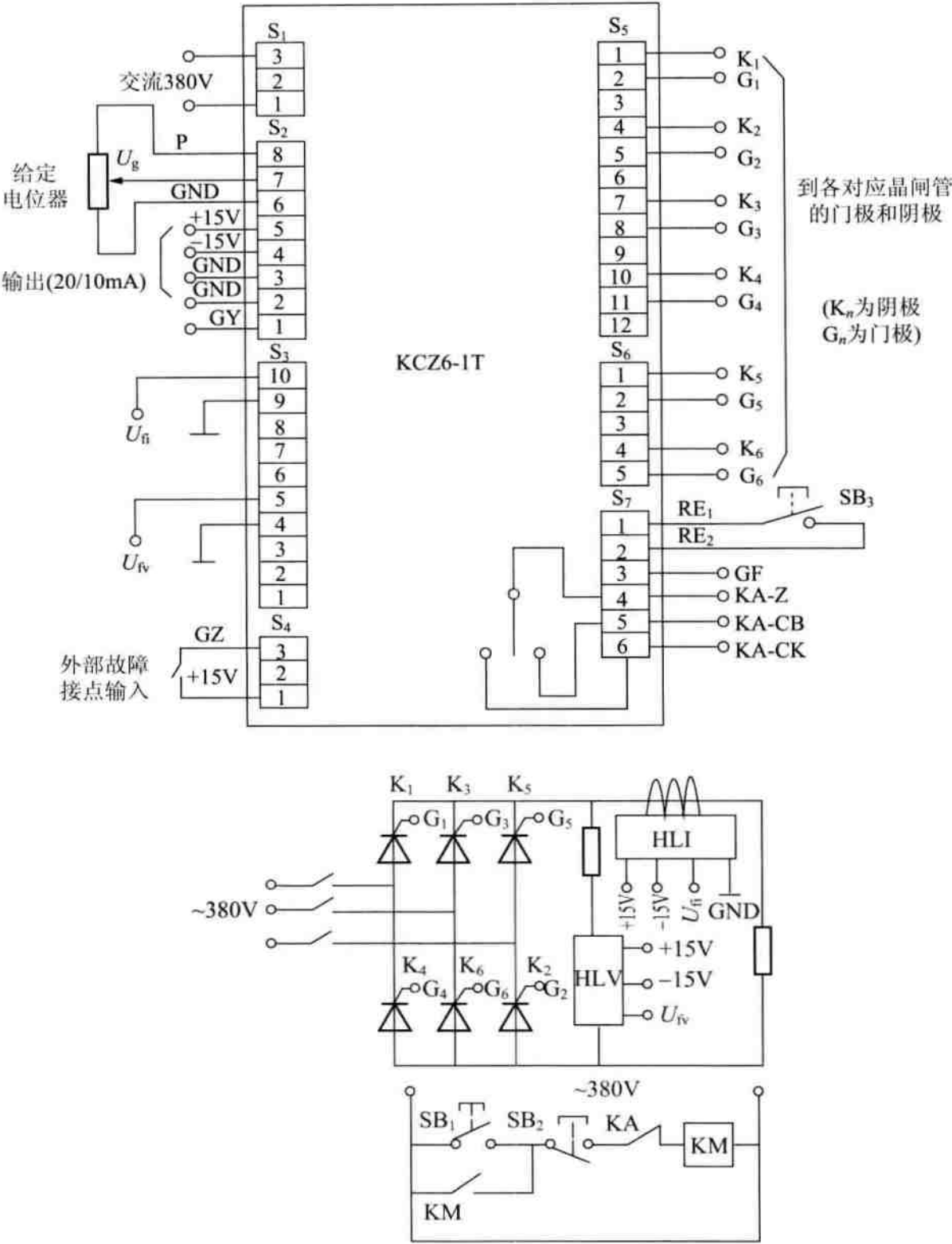


图 4.38 KCZ6-1T 用于输出恒流控制系统

4.9 KCZ6-1TS2 晶闸管三相多功能闭环控制板

KCZ6-1TS2 是为了弥补 KCZ6-1T 仅能用于单闭环系统的不足而开发的,既可用于单闭环系统,亦可用于双闭环系统,是一款保护功能完善的晶闸管多功能三相闭环控制板。

4.9.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 可直接接 380V 工频输入提供工作电源,同步电压范围宽,随着板上所接限流电阻的不同,可适用于同步电压 24~660V 线电压的使用范围。

(2) 具有相位自适应和自对相功能,使用中省去了一般晶闸管控制板调试时需用示波器确定同步电压相序,且免去了使用同步变压器时,必须保证同步变压器二次与晶闸管阳-阴极电压同相位的麻烦。

(3) 既可用于单闭环系统,又可用于双闭环系统,使用中仅需随用于双闭环还是单闭环系统的不同而微小调整:单闭环应用时,把板上“1”处短接;双闭环应用时,在“1”处焊接合适参数的电容。

(4) 可选择输出脉冲是单脉冲列还是双脉冲列。

(5) 应用 IP 调节器,使比例调节器和积分调节器的参数可单独调节,使用方便。

(6) 可直流反馈,亦可交流反馈,反馈信号大小可板内调节。

(7) 除含有被反馈量和其他量的封脉冲和截止保护环节、保护门槛调节环节外,还有外部输入的直接保护封锁环节。

(8) 封脉冲保护后可输出节点信号,用来切断系统的主电路或进行其他保护。

(9) 内含给定积分环节,积分上升时间可调。

(10) 内含脉冲功率放大单元和脉冲隔离及整形环节,输出直接触发晶闸管。

(11) 全集成电路控制,可靠性高。

(12) 可直接输入 15V 信号封锁输出脉冲或进行直接保护。

(13) 内带复位环节,可进行保护后的复位。

(14) 平面安装,外形尺寸小。

2. 主要参数限制

(1) 工作电源电压:380V,单相。

(2) 输出脉冲幅值:12V/400mA。

(3) 输出脉冲路数:6 路。

(4) 输出脉冲可触发晶闸管容量:KP50A~1800A/100~1600V。

(5) 适用主电路线电压:20~660V,50Hz。

(6) 反馈信号取值范围:直流反馈 0~10V;交流反馈三相:0~8V 或三相 0~100mA。

(7) 输入移相控制电压范围:直流 0~10V。

(8) 直接输入封脉冲或保护电平信号幅值:15V。

(9) 给定积分调节时间:1.0s 至数分钟。

(10) 外形尺寸:长×宽×高=280mm×190mm×52mm。

(11) 安装方式:平面安装,安装孔距为 270mm×180mm,安装孔径为 4-Φ4.5。

(12) 保护后输出接点容量:220V/0.5A。

(13) 输出+15V 和-15V 电源最大负载能力:+15V 电源, $\leq 20\text{mA}$; -15V 电源, $\leq 10\text{mA}$ 。

(14) 内含过压、过流、截压、截流和外部输入直接封锁保护。

4.9.2 内部结构及工作原理

KCZ6-1TS2 的内部结构及工作原理框图如图 4.39 所示。其中,DY 为板内工作需要的控制电源,GDJ 为给定积分器,IP 为闭环调节器,XF 为限幅环节,FKR 为反馈信号输入环节,TGL 为同步隔离与整形环节,YX 为移相脉冲形成环节,MF/TR 为脉冲放大及同步输入环节,ZBHR 为外部综合保护结点信号输入单元,BHR 为保护信号处理单元,BHZ 为保护信号综合单元,PI 或 BL 单元在双闭环使用时为 PI 调节器,单闭环使用时为比例系数为 1 的反相器。在使用中需要提供虚线框外的信号,即保护信号 BHX、反馈信号 FKX、外接给定电位器 WGD、外部故障接点信号输入 ZBHX、保护动作接点输出 BDC。

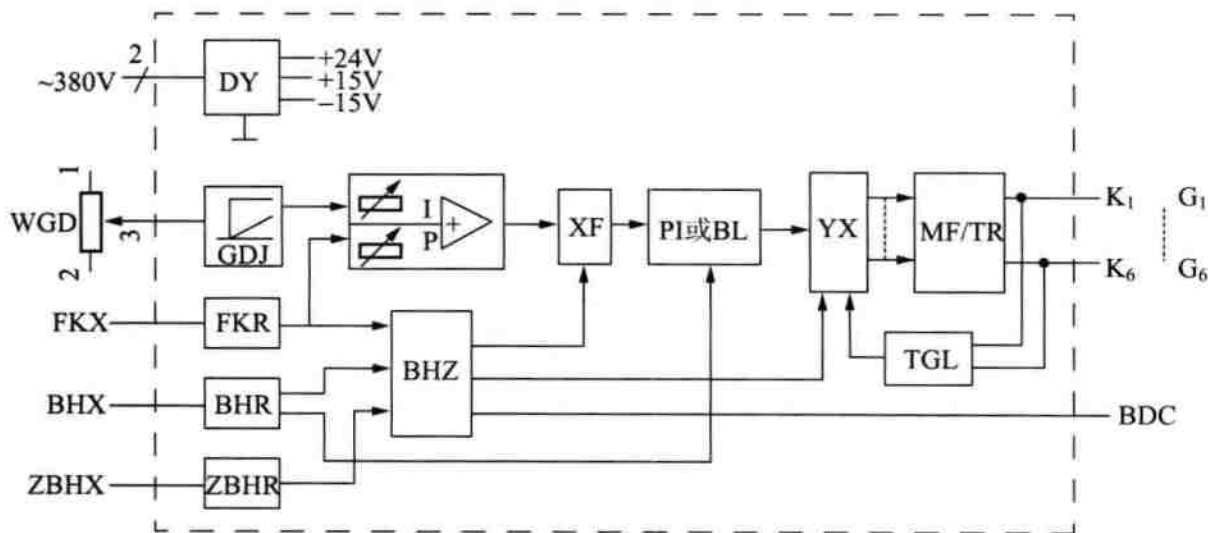


图 4.39 KCZ6-1TS2 的内部结构及工作原理框图

KCZ6-1TS2 的电路原理图如图 4.40 所示(见书后插页)。来自电网的 380V 电压,经 DY 单元变换为供 KCZ6-1TS2 工作所必需的+24V 和 $\pm 15\text{V}$ 电源。外部给定信号经给定积分环节变为斜坡信号,与反馈信号输入单元输出的反馈信号经 IP 调节器调节后,由限幅单元限幅,提供给 PI 或 BL 单元,作为移相单元的控制信号。该控制信号与 MF/TR 单元输入的同步信号相比较,然后变为相应的触发脉冲,由脉冲功放与整形环节整形后去触发晶闸管。一旦发生反馈量或其他信号超过设定值的非正常状态,则保护综合环节输出,按相应信号的大小,要么封锁脉冲,要么进行截止保护。

4.9.3 应用技术

1. 工作环境

(1) 海拔:不超过 2000m。

- (2) 使用环境温度范围 $T_A: -10 \sim 45^\circ\text{C}$ 。
- (3) 空气相对湿度: $\leq 90\%$ 。
- (4) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动及冲击。

2. 正确安装

KCZ6-1TS2 触发板的实物元器件布置如图 4.41 所示,安装方法如下。

(1) 板件应垂直安装牢固,背面距后部可导电安装板距离 $\geq 20\text{mm}$,下方 200mm 内应无发热较大的器件。

(2) 对外引出连接导线应选用截面积 $\geq 0.5\text{mm}^2$ 的多芯铜质软导线;各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用绞合线,每 100mm 不得少于 8~10 绞。

(3) 外形尺寸为长 \times 宽 \times 高 = $280\text{mm} \times 190\text{mm} \times 52\text{mm}$,安装孔距为长 \times 宽 = $270\text{mm} \times 180\text{mm}$,安装孔为 $4-\Phi 4.5$ 。

3. 正确接线

KCZ6-1TS2 接插件的端子排列及接线图如图 4.42 所示。对外接线方法如下。

- (1) 接插件 S_1 的 $S_{1.1}$ 、 $S_{1.3}$ 外接 $\sim 380\text{V}$ 供电电源, $S_{1.2}$ 为空脚,使用中悬空。
- (2) 接插件 S_2 的 $S_{2.6} \sim S_{2.8}$ 接外部给定电位器($10\text{k}\Omega$), $S_{2.7}$ 接电位器滑动端。
- (3) 接插件 S_2 的 $S_{2.5} \sim S_{2.3}$ 为 $+15\text{V}$ 、 -15V 及地输出,提供给用户使用,但 $+15\text{V}$ 使用电流不得大于 20mA , -15V 使用电流不得大于 10mA 。
- (4) 接插件 S_2 的 $S_{2.1}$ 可做特殊给定输入应用,此时移相控制不经过板内的给定积分器和调节器,而直接加到移相触发专用集成电路的移相端。该端可在用户不使用板内闭环调节器,开环使用该控制板或外接调节器时应用,常规应用时一般不用此功能。
- (5) 接插件 S_3 的 $S_{3.10} \sim S_{3.6}$ 为模拟反馈信号输入点, $S_{3.10}$ 、 $S_{3.9}$ 为直流信号输入点($S_{3.10}$ 相对 $S_{3.9}$ 为正极性), $S_{3.8} \sim S_{3.6}$ 为三相交流信号输入点(单相输入信号接其任意两点),使用中随着选用反馈传感信号是交流还是直流而选择其中一种。
- (6) 接插件 S_3 的 $S_{3.5} \sim S_{3.1}$ 为模拟保护信号输入点, $S_{3.5}$ 、 $S_{3.4}$ 为直流信号输入点($S_{3.5}$ 相对 $S_{3.4}$ 为正极性), $S_{3.3} \sim S_{3.1}$ 为三相交流信号输入点(单相信号接任意两点),使用中随着选用信号取样传感器是交流还是直流而选择其中一种。
- (7) 接插件 S_4 的 $S_{4.1}$ 、 $S_{4.3}$ 接外部综合保护后输出的常开接点, $S_{4.2}$ 为空脚,使用中悬空。
- (8) 接插件 S_5 的 $S_{5.1}$ 、 $S_{5.2}$ 、 $S_{5.4}$ 、 $S_{5.5}$ 、 $S_{5.7}$ 、 $S_{5.8}$ 、 $S_{5.10}$ 、 $S_{5.11}$ 及接插件 S_6 的 $S_{6.1}$ 、 $S_{6.2}$ 、 $S_{6.4}$ 、 $S_{6.5}$ 为控制板对应三相同步电压的 6 路触发脉冲输出,使用中分别接主电路中三相全控桥中 6 只晶闸管阴极和门极;接插件 S_5 的引脚 $S_{5.3}$ 、 $S_{5.6}$ 、 $S_{5.9}$ 、 $S_{5.12}$ 及接插件 S_6 的引脚 $S_{6.3}$ 、 $S_{6.6}$ 为空脚,使用中悬空。
- (9) 接插件 S_7 的 $S_{7.1}$ 、 $S_{7.2}$ 可接外部常开复位按钮,发生故障记忆时可用来

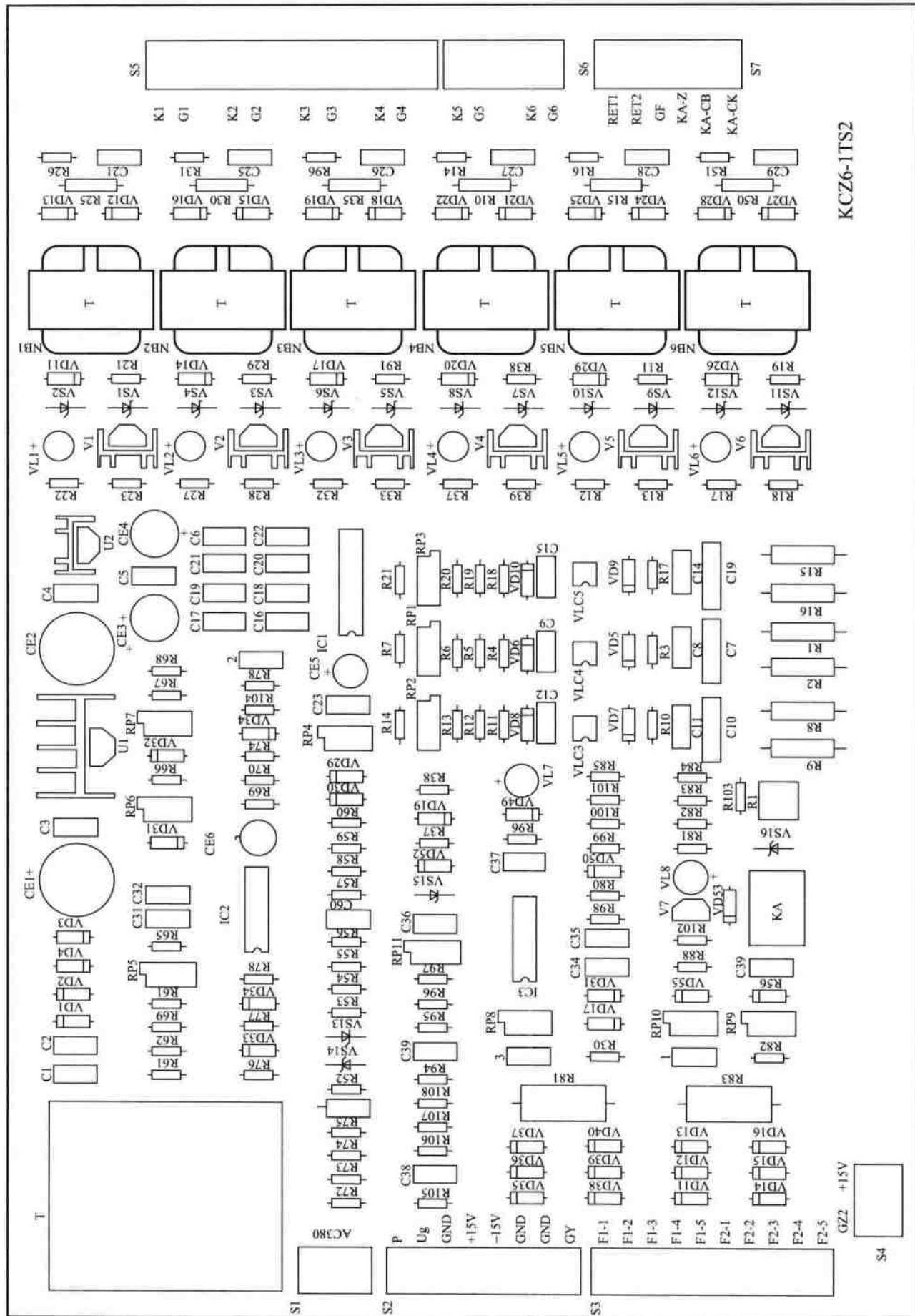


图 4.41 KCZ6-1TS2 触发板的实物元器件布置图

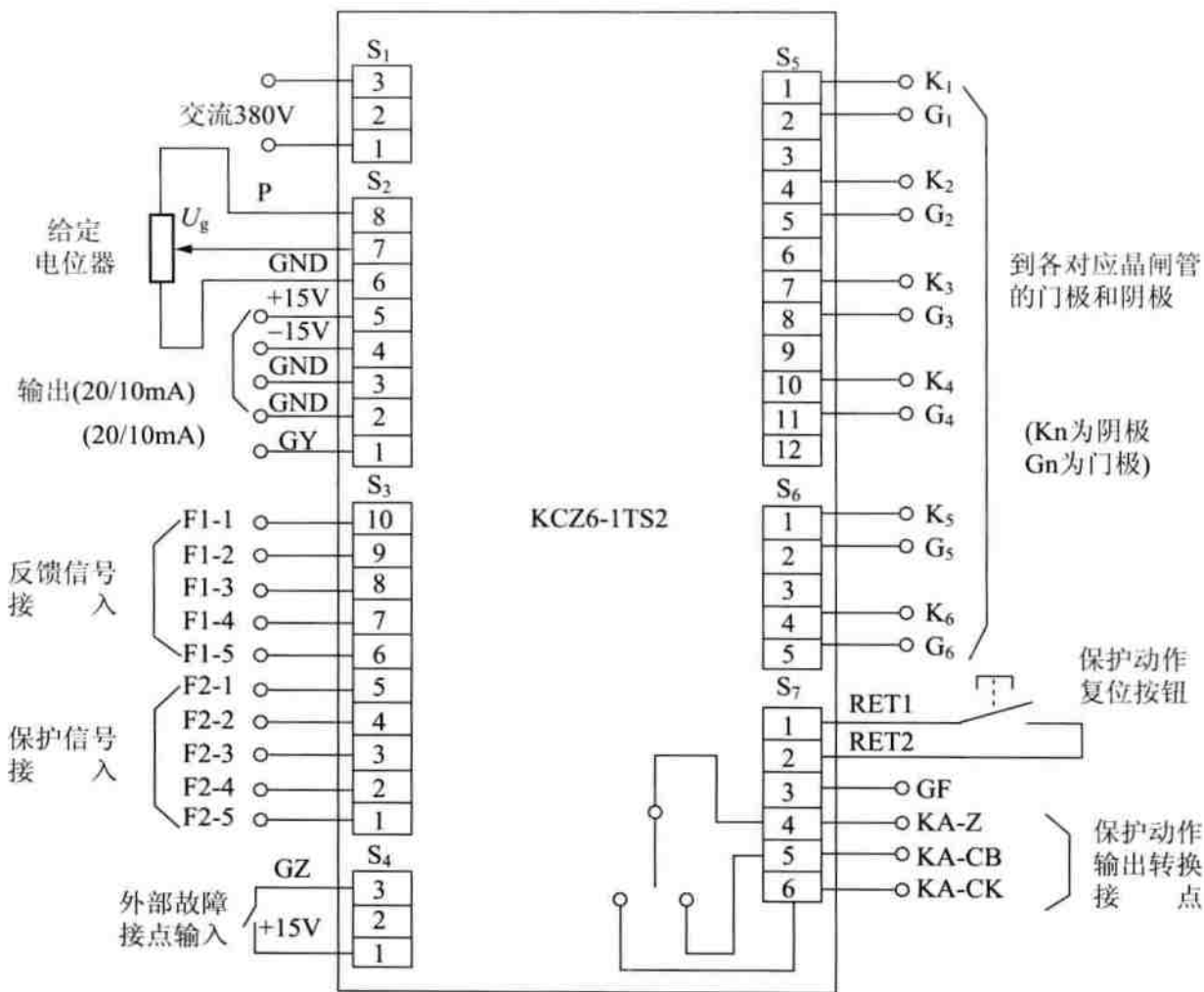


图 4.42 KCZ6-1TS2 接插件的端子排列及接线图

复位。

(10) 接插件 S_7 的 $S_{7.3}$ 可用作特殊应用输入,输入 $+13\sim 15\text{V}$ 电位时可封锁脉冲输出,如冷却系统故障,水压过高、温度过高后的封锁脉冲。

(11) 接插件 S_7 的 $S_{7.4}\sim S_{7.6}$ 为故障时动作,使主回路跳闸的 1 组转换接点,接点容量为 $\sim 220\text{V}/0.5\text{A}$ 。

4. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 、 RP_2 、 RP_3 分别用来调节三相锯齿波的平衡度,出厂前已经调好,用户一般不需再调节,除非用户系统电网电压三相严重不平衡。

(2) RP_4 用来调节从 U_g 通道(接插件 S_2 的引脚 7)作为给定时的给定积分上升时间长短:逆时针调节,给定积分时间变短;顺时针调节,给定积分时间变长。给定积分的调节时间范围为 1.0s 至数分钟,若用户直接从 GY 通道($S_{2.1}$)输入给定,则板内给定积分器不起作用,电位器 RP_4 也不起作用。

(3) RP_5 为调节器等效积分时间常数调节电位器:顺时针调节,等效积分时间常数增大;逆时针调节,等效积分时间常数减小。

(4) RP_6 用来调节最大 α 角限幅:顺时针调节, α_{\max} 增大;逆时针调节, α_{\max} 值减小。出厂前已将 α_{\max} 调为 150° ,电阻性负载用户不需再调节;大电感负载用户可将 α_{\max} 调节为 90° ,亦可不调节。

(5) RP_7 为最小 α 角整定调节电位器:顺时针调节, α_{\min} 减小;逆时针调节, α_{\min} 增大。出厂前已整定为 $\alpha_{\min}=0^\circ$, 用户一般不需要再调节。

(6) RP_8 为闭环反馈量大小调节电位器:顺时针调节, 闭环控制的反馈量增大;逆时针调节, 闭环控制的反馈量减小。当用作电流闭环实现恒流控制时, 该电位器调节的是电流反馈值;当用作电压闭环实现系统恒压控制时, 该电位器调节的是电压反馈值。由于 KCZ6-1TS2 可实现被控制量的截止和过截保护, 且保护门槛已设定为 5V, 所以顺时针调节相当于对应反馈值的截止保护门槛减小, 逆时针调节相当于对应反馈值的保护门槛增大。

(7) RP_9 为内环反馈值调节电位器, 用于双闭环时调节内环的反馈系数:顺时针调节, 实际等效反馈值增加;逆时针调节, 实际等效反馈值减小。单闭环使用时, 该电位器无用。

(8) RP_{10} 为保护量实际取样值调节电位器:逆时针调节, 保护取样实际值增大, 相当于保护门槛降低;顺时针调节, 保护取样实际值减小, 相当于保护门槛增大。当控制板用于电压闭环控制时, 该电位器为电流保护实际取样值调节电位器;当控制板用于电流闭环控制时, 该电位器为电压保护实际取样值调节电位器。

(9) RP_{11} 为调节器比例放大倍数调节电位器:顺时针调节, 比例调节器等效比例放大倍数增大;逆时针调节, 比例调节器等效比例放大倍数减小。

5. 使用注意事项

(1) 单闭环使用时, 应把板内的“1”处两点短接, 将电位器 RP_9 逆时针调到头。此时, 若要实现恒流控制, 反馈量可为电流;若要实现恒压控制, 反馈量为电压;若要实现恒转速调节, 则反馈量为转速。

(2) 当反馈信号为直流时, 接接插件 S_3 的 $S_{3.10}$ 与 $S_{3.9}$ ($S_{3.10}$ 相对 $S_{3.9}$ 为正极性);若反馈信号为交流时, 接接插件 S_3 的 $S_{3.8} \sim S_{3.6}$, $S_{3.1} \sim S_{3.5}$ 接保护取样信号。当反馈信号为电压时, 一般保护信号取电流;当反馈信号为电流时, 一般保护信号取电压;当反馈信号为转速时, 保护信号可取电压, 亦可取电流。这时, 保护信号从接插件 S_3 的 $S_{3.1} \sim S_{3.5}$ 接入, 为直流信号时接 $S_{3.5}$ 与 $S_{3.4}$ ($S_{3.5}$ 接反馈信号正, $S_{3.4}$ 接反馈信号负), 为交流信号时接 $S_{3.3} \sim S_{3.1}$ 。

(3) 双闭环使用时, 一般外环取电压或转速, 内环接电流信号, 所以接插件 S_3 的 $S_{3.6} \sim S_{3.10}$ 接电压或转速反馈值, $S_{3.1} \sim S_{3.5}$ 接电流反馈信号, 并在板上“1”处焊接一只电容。该电容与电阻 R_{76} 为内环比例积分调节器的积分电容和比例电阻, 调试中主要通过调节这两个元件的参数使内环稳定。

(4) 双闭环使用且内环反馈值为直流时, 接接插件 S_3 的 $S_{3.4}$ 与 $S_{3.5}$ ($S_{3.5}$ 接反馈信号正, $S_{3.4}$ 接反馈信号负);当内环反馈值为交流时, 反馈信号接接插件 S_3 的 $S_{3.1} \sim S_{3.3}$ 。当外环反馈值为直流时, 接接插件 S_3 的 $S_{3.10}$ 和 $S_{3.9}$ ($S_{3.10}$ 接反馈信号正, $S_{3.9}$ 接反馈信号负);当外环反馈值为交流时, 接接插件 S_3 的 $S_{3.6} \sim S_{3.8}$ 。

(5) 若反馈信号或保护取样信号为交流, 当其为 $0 \sim 100\text{mA}$ 的电流信号时, 可

把板内“3”或“4”直接短接;若交流反馈或保护信号为 $0\sim 10\text{mA}$,则应短接板内“3”或“4”,并把对应的电阻 R_{81} 或 R_{83} 换为 $1\text{k}\Omega/2\text{W}$;当反馈信号或保护取样信号为 $4\sim 20\text{mA}$ 时,应在短路“3”或“4”的同时把电阻 R_{81} 或 R_{83} 换为 $510\Omega/2\text{W}$ 。

6. 典型应用举例

图 4.43 是 KCZ6-1TS2 用于双闭环系统的原理图,其内环为电流环,外环为电压环;内环为交流反馈,外环为直流反馈。此时,板内的短接点“3”短接,短接点“1”两端接 1 只电容。

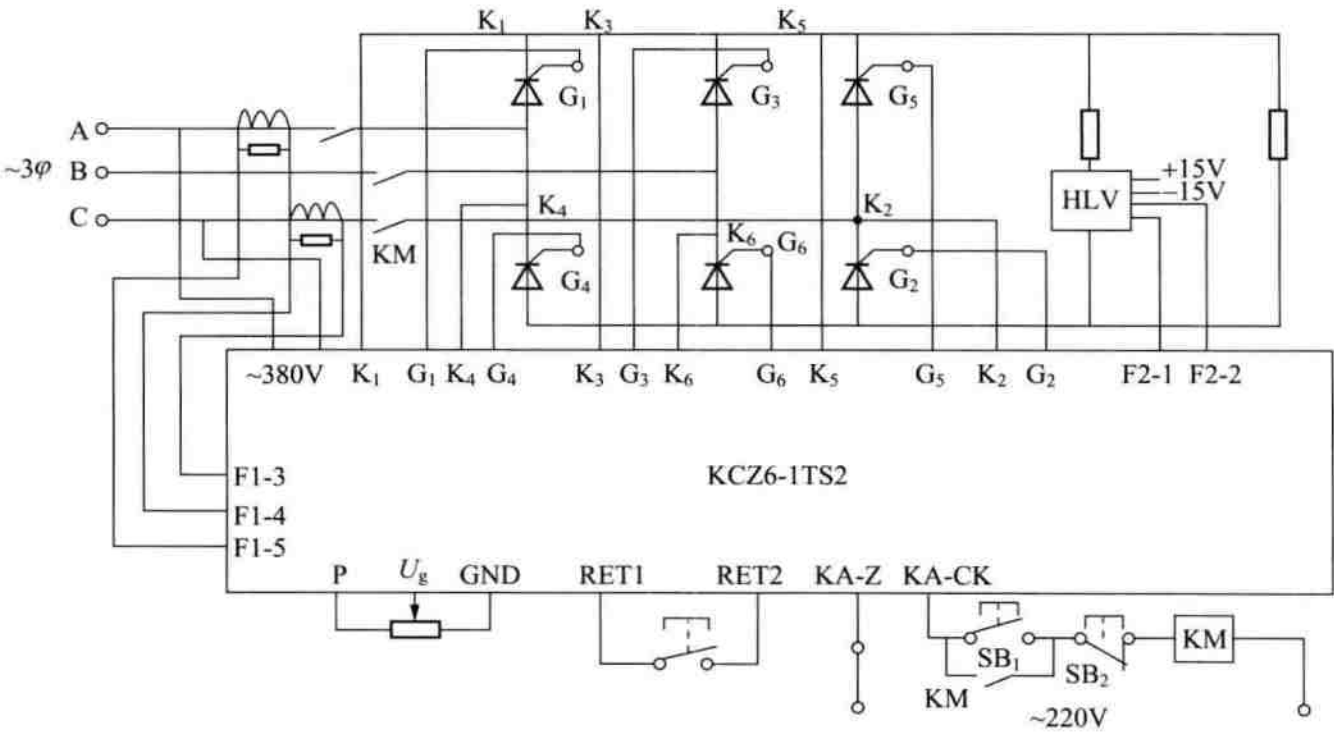


图 4.43 KCZ6-1TS2 用于双闭环系统的原理图

4. 10 KCZ6-2T 通用型晶闸管触发板

KCZ6-2T 是在吸取 KCZ6.2 的成功经验,并结合用户反馈,以控制性能优越、保护功能完善、适应性广泛、组成系统可靠为原则开发的一款通用型晶闸管触发板,是为了解决 KCZ6-1T 板内脉冲变压器无法可靠触发电流容量大于 1800A 的晶闸管,也无法用于多晶闸管并联成 1 个桥臂场合的问题而设计的。它适用于三相全控(半控)桥、三相零式、双反星形及三相交流可控开关中晶闸管的触发,根据不同的反馈信号,可组成直流调速系统、恒电压系统、恒电流及温控系统等。

4. 10. 1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 只要外接 1 只 $10\text{k}\Omega$ 的多圈给定电位器,把相应反馈和保护信号及 380V 单相供电交流电源接通,并把 6 路(或 3 路)脉冲输出接到相应的晶闸管即可,不需

要外接电源变压器、同步变压器。

(2) 只要接线正确,由光耦合器隔离的同步环节就能自动适应主回路不同相序相位的接入,不必检查主回路的相序。

(3) IP 调节器参数独立可调,适应了不同系统快速性和稳定性的要求。

(4) 能对被控系统实现不同时间常数的软启动及软停车。

(5) 能适应多种反馈及保护信号的接入。

(6) 当被调量及保护信号取样值的量值达到设定保护值时,控制系统能实现硬特性截止保护。如因某种原因截止保护失灵,当被保护值达到截止设定值的 110%~115% 时,则实现记忆性保护,封锁输出脉冲,并送出一组接点信号,用来使主电路跳闸。

(7) 有 1 路能实现记忆性保护的接点输入,接点信号可为长时间的连续信号,也可为短时间的脉冲信号,如主电路快速熔断器的熔断信号等。

(8) 需外配脉冲变压器或隔离脉冲整形与匹配单元,以满足不同容量晶闸管及不同晶闸管类电力电子变流设备中触发的要求。

(9) 使用同一种控制板,通过改变脉冲变压器或隔离脉冲整形与匹配单元类型,使其可适应单个晶闸管或多个晶闸管并联系统的需要。

(10) 设计有复位电路,可通过外接复位按钮方便地实现故障条件下的复位。

2. 主要参数限制

(1) 输入工作电源电压:380V,50Hz。

(2) 输入工作电源电流:0.05A。

(3) 输出工作电源电压: $\pm 15\text{V}$ 。

(4) 输出工作电源负载能力: $+15\text{V}/\leq 20\text{mA}$, $-15\text{V}/\leq 10\text{mA}$ 。

(5) 输出触发脉冲幅值:12V。

(6) 输出触发脉冲最大负载能力:300mA。

(7) 给定电压幅值:0~12V。

(8) 电压反馈输入信号幅值:直流 0~10V 或交流三相 0~10V。

(9) 电流检测输入信号幅值:直流 10mA,或交流三相 0.1A。

(10) 故障保护后输出接点容量 380V/1A 或 220V/3A。

(11) 工作温度范围 T_A :0~+45℃。

(12) 存储温度范围 T_{stg} : -10~+70℃。

4.10.2 内部结构及工作原理

KCZ6-2T 的内部结构及工作原理框图如图 4.44 所示。它的内部包含板内各控制功能块的工作电源。外部给定信号经给定积分环节先变为斜坡信号,经反馈信号输入单元处理后输出的反馈信号经 IP 调节器调节,再由限幅单元提供给移相单元,作为移相单元 YX 的控制信号。该控制信号和脉冲形成与功放 MF/TR 单

元输入的同步信号相比较,然后变为相应的触发脉冲,由脉冲功放与整形环节整形后去触发晶闸管。一旦发生反馈量或其他信号超过设定值的非正常状态,则保护综合环节输出,按相应信号的大小,要么封锁脉冲,要么进行截止保护。

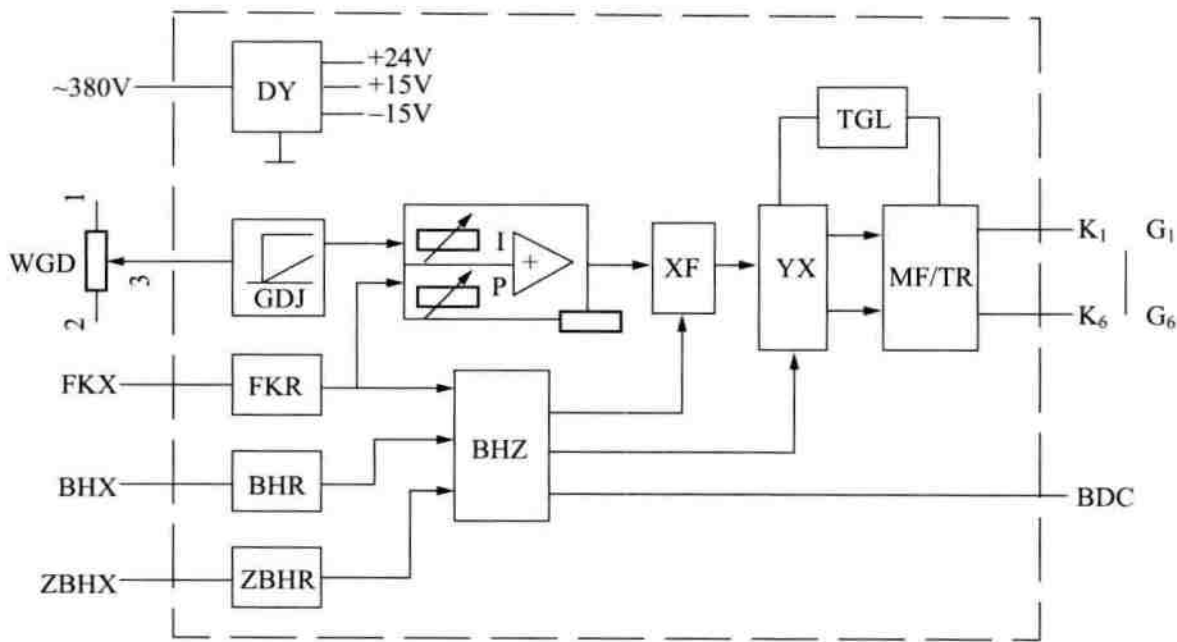


图 4.44 KCZ6-2T 的内部结构及工作原理框图

4. 10. 3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 1500m。
- (2) 使用环境温度范围 $T_A: 0 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气相对湿度在环境温度 20°C 时 $\leq 90\%$ 。
- (4) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动及冲击。

2. 正确安装

KCZ6-2T 触发板的实物元器件布置如图 4.45 所示,安装方法如下。

- (1) 板件应垂直安装牢固,背面距后部可导电安装板距离 $\geq 10\text{mm}$,下方 200mm 内应无发热较多的器件。
- (2) 对外引出连接导线截面积应为 $\geq 0.3\text{mm}^2$ 的软导线;各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用绞合线,每 100mm 不得少于 8~10 绞。
- (3) 外形尺寸为长 \times 宽 \times 高 = $240\text{mm} \times 180\text{mm} \times 55\text{mm}$,安装孔距为长 \times 宽 = $230\text{mm} \times 170\text{mm}$,安装孔径为 $4-\Phi 4.5$ 。

3. 正确接线

KCZ6-2T 的接插件及对外接线如图 4.46 所示。

- (1) 接插件 S_1 的 $S_{1.1}$ 、 $S_{1.3}$ 外接 $\sim 380\text{V}$ 供电电源; $S_{1.2}$ 为空脚,使用中悬空。

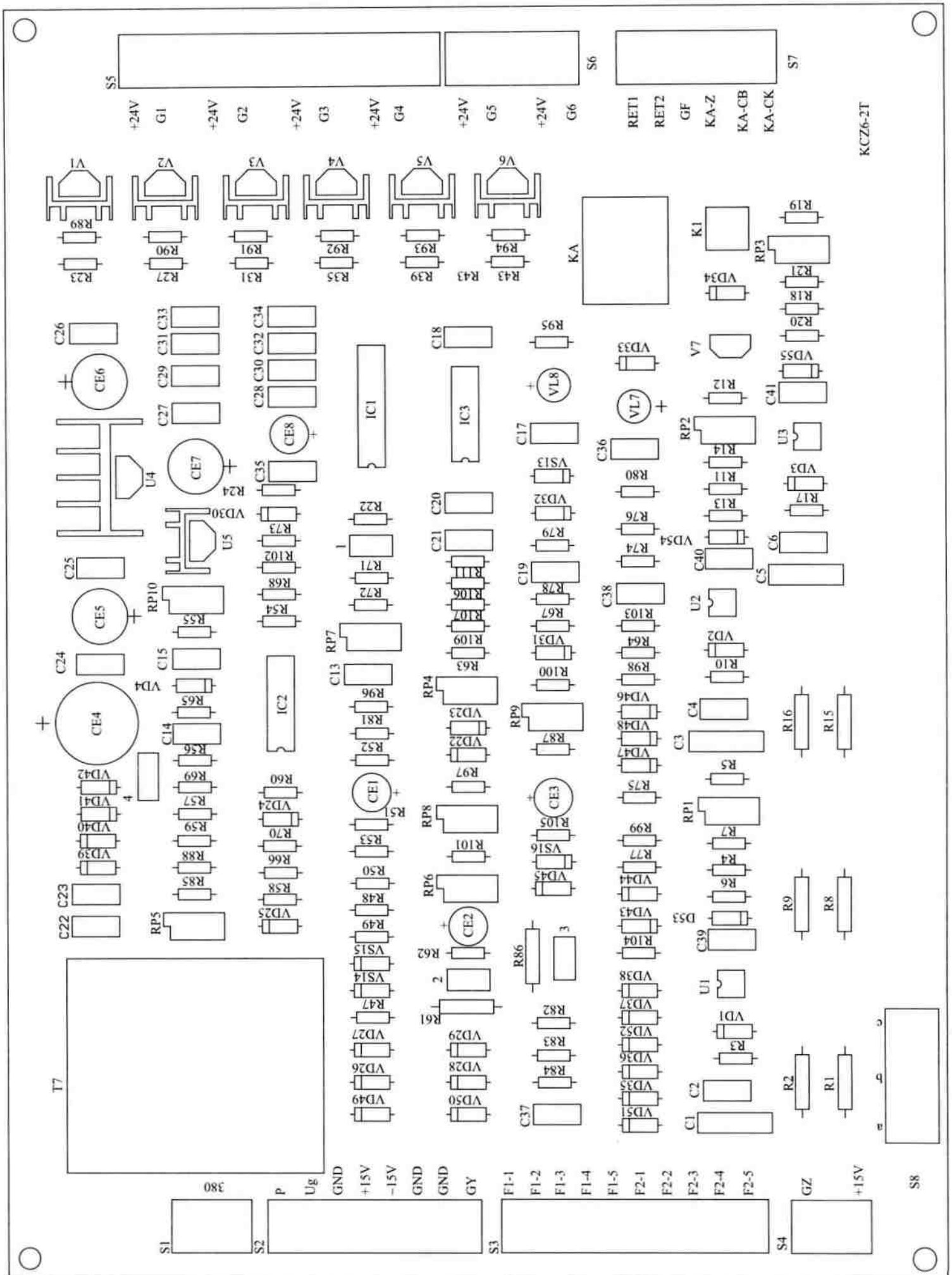


图 4.45 KCZ6-2T 的实物元件布置

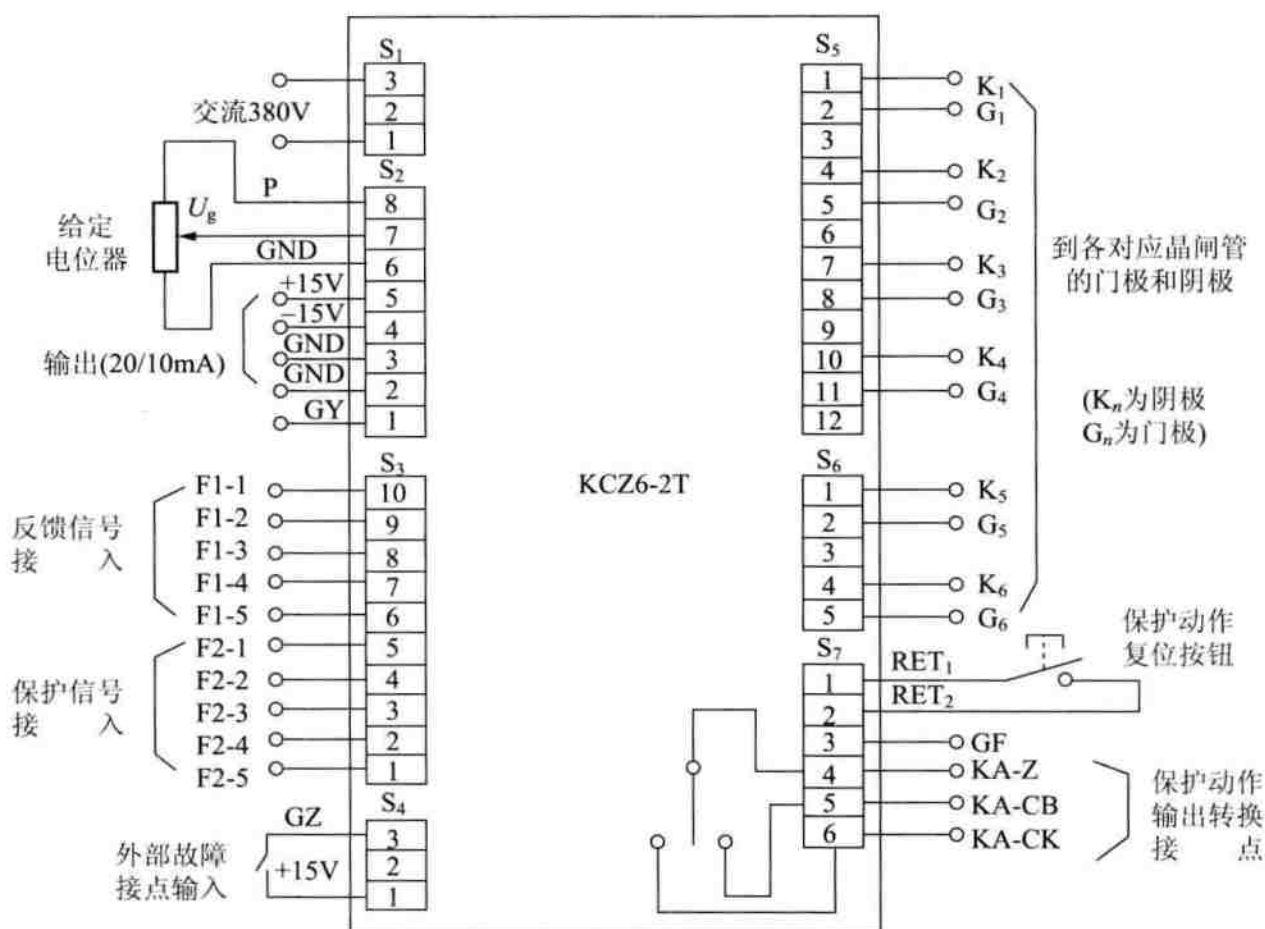


图 4.46 KCZ6-2T 的对外接线图

(2) 接插件 S_2 的 $S_{2.6} \sim S_{2.8}$ 接外部给定电位器(阻值 $10k\Omega$, 功率不小于 $1W$)， $S_{2.7}$ 接电位器滑动点。

(3) 接插件 S_2 的 $S_{2.5}$ 、 $S_{2.4}$ 、 $S_{2.3}$ 为 $+15V$ 、 $-15V$ 及参考地输出, 可供用户使用, 但 $+15V$ 的使用电流不得大于 $20mA$, $-15V$ 的最大负载电流不大于 $10mA$ 。

(4) 接插件 S_2 的 $S_{2.1}$ 可做特殊给定输入使用, 仅在控制板作为开环使用或使用外部闭环调节时应用, 常规使用时一般不用。

(5) 接插件 S_3 的 $S_{3.10}$ 、 $S_{3.9}$ 为模拟反馈信号输入, $S_{3.10}$ 、 $S_{3.9}$ 为直流信号输入 ($S_{3.10}$ 接正端, $S_{3.9}$ 接负端), $S_{3.8} \sim S_{3.6}$ 为三相交流信号输入(单相输入信号接其任意两点)。具体应用时, 根据选用反馈信号传感器是交流还是直流而选择其中一种。

(6) 接插件 S_3 的 $S_{3.5} \sim S_{3.1}$ 为模拟保护信号输入, $S_{3.5}$ 、 $S_{3.4}$ 为直流信号输入 ($S_{3.5}$ 接正端, $S_{3.4}$ 接负端), $S_{3.3} \sim S_{3.1}$ 为三相交流信号输入(单相信号接任意两点)。具体应用时, 随保护信号检测用传感器是直流还是交流而选择其中一种。

(7) 接插件 S_4 的 $S_{4.1}$ 、 $S_{4.3}$ 接外部综合保护常开接点, $S_{4.2}$ 为空脚, 使用中悬空。

(8) 接插件 S_5 的 $S_{5.1}$ 、 $S_{5.2}$, $S_{5.4}$ 、 $S_{5.5}$, $S_{5.7}$ 、 $S_{5.8}$, $S_{5.10}$ 、 $S_{5.11}$ 与 S_6 的 $S_{6.1}$ 、 $S_{6.2}$, $S_{6.4}$ 、 $S_{6.5}$ 为 6 路脉冲输出, 分别到 6 路晶闸管触发末级板的输入; S_5 的 $S_{5.3}$ 、 $S_{5.6}$ 、 $S_{5.9}$ 、 $S_{5.12}$ 及 S_6 的 $S_{6.3}$ 和 $S_{6.6}$ 为空脚, 使用中悬空。

(9) 接插件 S_7 的 $S_{7.1}$ 、 $S_{7.2}$ 可接外部常开复位按钮, 发生故障记忆时可用来复位。

(10) 接插件 S_7 的 $S_{7.4}$ 可作为特殊应用输入, 当输入 $+13 \sim +15V$ 电位时可封

锁脉冲输出,常用于外部集中保护信号输入。

(11) 接插件 S_7 的 $S_{7.4} \sim S_{7.6}$ 为故障时动作使主回路跳闸的 1 个输出接点,接点容量为 $\sim 380V/1A$ 或 $\sim 220V/3A$ 或直流 $+24V/3A$ 。

4. 应用注意事项

(1) 直流电压信号为 $0 \sim 10V$,三相及单相交流电压信号为 $0 \sim 10V$ 。

(2) 单相及三相交流电流信号为 $0 \sim 100mA$ 。使用时,应把板上接入量对应的连线“2”(或“3”)接上。

(3) 直流电流信号为 $0 \sim 10mA$ 。使用时除把对应连线“2”(或“3”)接上外,还应把对应的 R_{61} (或 R_{86}) 换成 $1.1k\Omega/0.5W$ 的电阻。

(4) 如将 IC_1 的引脚 6 对地的连线“1”连上,则输出为单调制宽脉冲。

5. 各电位器的作用及调节方法

(1) $RP_1 \sim RP_3$ 用于调节同步信号幅值,出厂前已经调好,用户不需调节。

(2) RP_4 用于调节给定积分时间的长短:顺时针调节,给定积分时间变长;逆时针调节,给定积分时间变短。

(3) RP_5 用于调节最大移相触发角 α_{max} 限幅:顺时针调节, α_{max} 增大(即晶闸管的导通角减小);逆时针调节, α_{max} 减小(即晶闸管的导通角增大)。出厂时 α_{max} 已调为 150° ,若用于三相可控整流系统,且为阻性负载,则 RP_5 可不用调节。

(4) RP_7 用于调节最小移相触发角 α_{min} 限幅:出厂时已调为 $\alpha_{min} = 0^\circ$,用户不需要调节。

(5) RP_{10} 用于调节 IP 调节器积分时间常数:顺时针调节,等效积分时间常数增大;逆时针调节,等效积分时间常数减小。

(6) RP_8 用于调节 IP 调节器比例系数:顺时针调节,比例系数增大;逆时针调节,比例系数减小。

(7) RP_6 与 RP_9 用于调节反馈量的大小:顺时针调节,对应反馈量增大;逆时针调节,对应反馈量减小。

6. 特别说明

(1) KCZ6-2T 适用于主功率器件为晶闸管的三相全控、半控整流或调压系统,用于半控系统时,可仅使用 S_5 与 S_6 输出的 $+24V/G_1$, $+24V/G_3$, $+24V/G_5$,亦可使用 S_5 与 S_6 输出的 $+24V/G_2$, $+24V/G_4$ 与 $+24V/G_6$ 。

(2) KCZ6-2T 板内仅有一个闭环调节器,其闭环反馈信号为交流输入时接 F1-3~F1-5,闭环反馈信号为直流时接 F1-1 与 F1-2,两种反馈信号仅能取其中一种。若反馈信号为电压信号,则可实现电压闭环,达到输出电压稳定的目的;若反馈信号为输出电流,则可实现电流闭环,获得输出电流稳定的目的。

(3) KCZ6-2T 的 F2-1~F2-5 为保护取样信号输出。F2-1~F2-5 接电流取样信号,F1-1~F1-5 接电压取样信号,系统运行方式为恒压控制过流保护;反之,闭环反馈信号为电压,则 F2-1~F2-5 通道接电压,F1-1~F1-5 接电流取样信号,系统运

行方式为恒流控制过压保护。

7. 典型应用举例

图 4.47 是 KCZ6-2T 控制板用于国内某大型电解锰厂整流系统的原理图。该整流系统输出 670V/6.5kA,采用三相桥式全控整流电路,以恒流方式工作,运行于恒流及过电压保护状态,电压与电流的采样都使用霍尔电流传感器。图中,MJ2.0 为触发 2 个并联晶闸管的二单元末级功率放大板,KM 为 10kV 高压断路器。

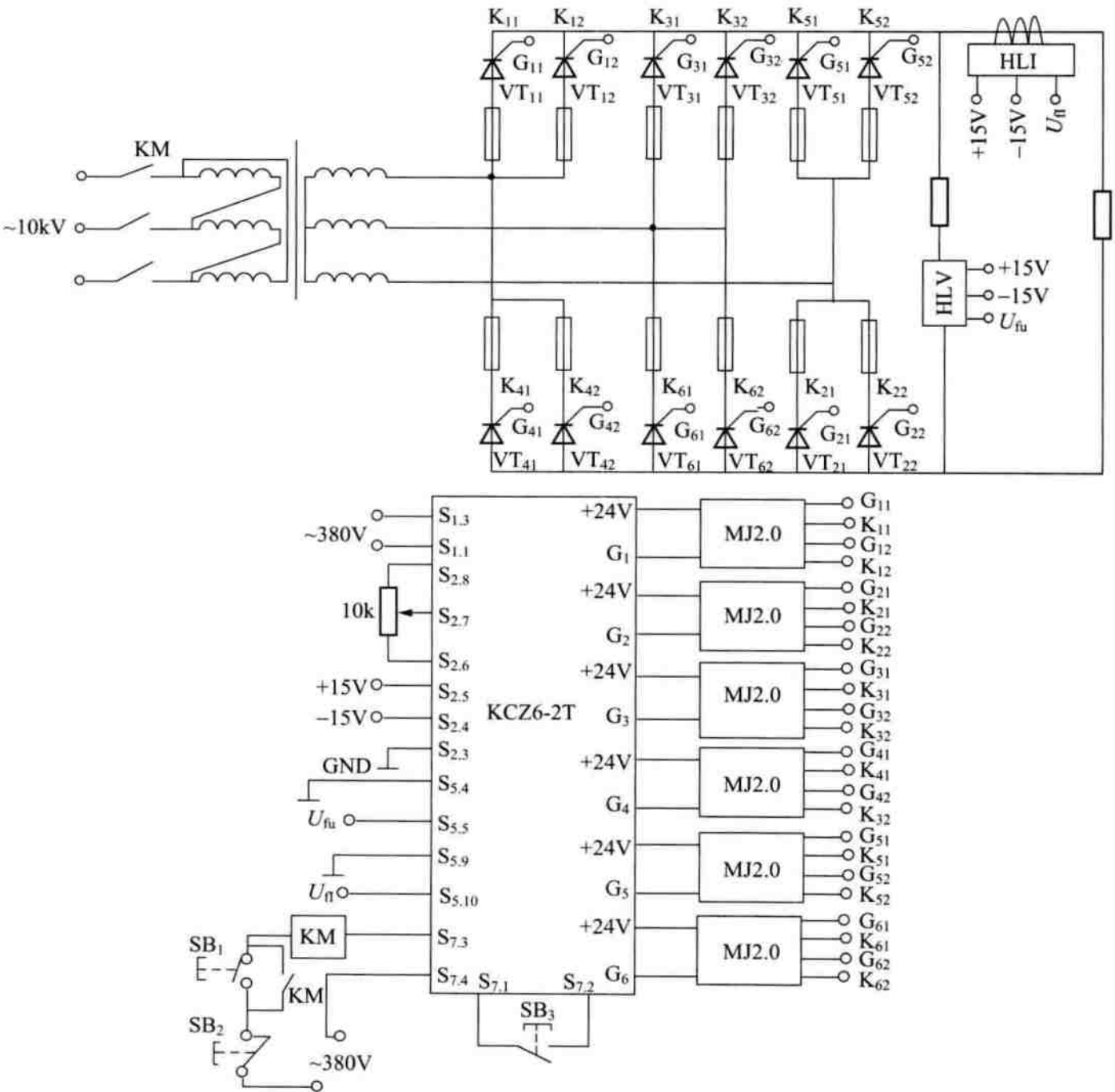


图 4.47 KCZ6-2T 用于 670V/6.5kA 可控整流系统的原理图

4.11 KCZ6-3T 晶闸管移相触发板

KCZ6-3T 晶闸管移相触发板具有同步电压频率自动跟踪与自适应功能,输出 6 路相位互差 60°的触发脉冲,内含电源变压器、脉冲功率放大单元,具有适应同步

电压幅值范围宽,留有故障时封锁输出脉冲的接口等优点。

4.11.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 单 380V 输入工作电源。
- (2) 自身生成工作时所需的工作电源。
- (3) 输出脉冲为 6 路双窄脉冲。
- (4) 输出脉冲电流峰值较大。
- (5) 具有三相同步电压频率自适应及自动跟踪功能,可自动跟踪与自适应的同步电压频率变化范围宽。
- (6) 内含外部故障保护及发光二极管指示功能,保护后输出独立常闭触点。
- (7) 移相控制电压范围较宽。
- (8) 输出触发脉冲宽度可以通过改变板内电容进行调节,输出 6 路触发脉冲的不平衡度或不对称度小。
- (9) 后接不同的触发脉冲功率放大与隔离单元,便可用于多种晶闸管电力电子变流设备。
- (10) 内带 6 路脉冲是否正常的指示发光二极管,触发脉冲有无一目了然。
- (11) 可向外部给定及保护信号检测电路和脉冲隔离与放大环节提供工作电源。

2. 输入参数

- (1) 供电电源电压:交流 380V,负载电流最大值 0.5A。
- (2) 输入的移相电压 U_K 取值范围:0~10V/0.01A。
- (3) 三相同步输入电压取值范围:6V~30V/0.01A。

3. 输出参数

- (1) 直流+15V 最大负载能力为 20mA,-15V 电源最大负载能力为 10mA。
- (2) g_1 、+24V~ g_6 、+24V 最大脉冲负载电流为 100mA,最高空载电压幅值为 +24V。
- (3) 外接不同的触发脉冲功放与隔离单元,便可触发 6 只 50~4500A/100~4500V 以内的晶闸管。

4. 其他参数

- (1) 允许使用同步电压频率范围 f_T :30~160Hz。
- (2) 允许工作温度范围 T_A :0~50℃。
- (3) 允许存储温度范围 T_{stg} :-10~+70℃。

4.11.2 内部结构及工作原理

KCZ6-3T 的原理框图如图 4.48 所示,可分为自身工作电源部分(DY)、同步

信号处理单元(TBCL)、频率电压转换环节(PYZH)、恒流源电路(HLY)、脉冲形成环节(MCXC)、脉冲功率放大单元(MCGF)、故障保护单元(GZBH)。

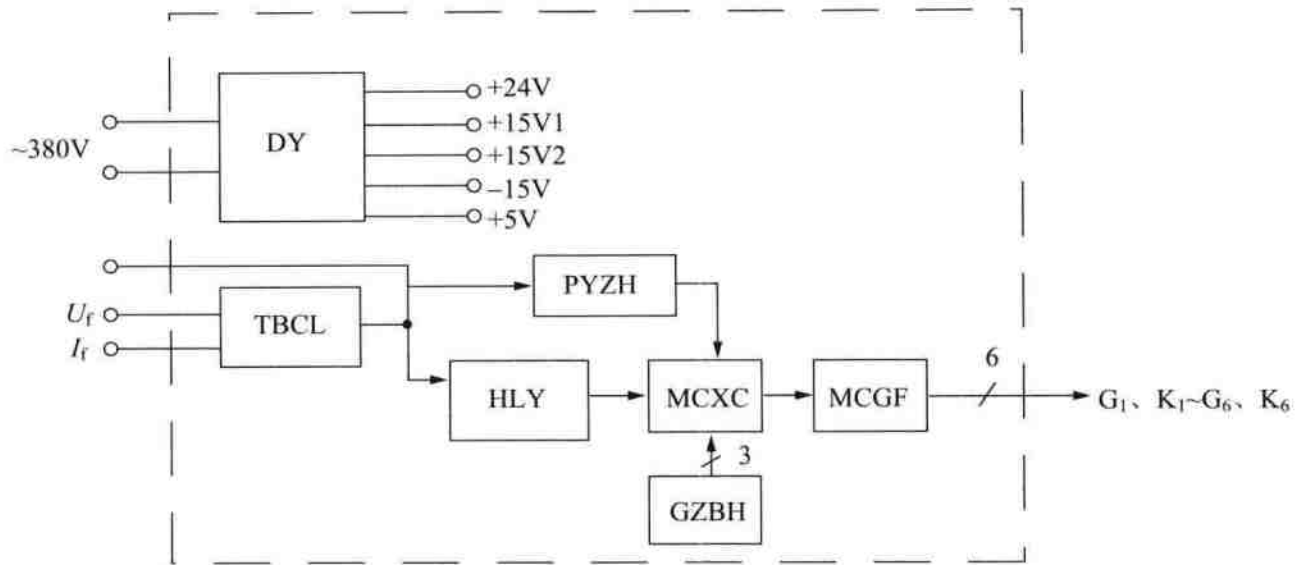


图 4.48 KCZ6-3T 的原理框图

1. 自身工作电源(DY)部分

自身工作电源部分采用线性电源,用户直接输入 380V/0.05A 市电,板内便可生成自身工作所需要的+24V、+15V、-15V 直流电源,电路原理如图 4.49 所示。

来自电网的 380V 电压经变压器降压后形成 2 路 18V 电源,由后续单相整流电路整流、电容滤波后形成+24V,再经三端稳压器稳压形成+15V、-15V,供 KCZ6-3T 自身使用,亦供外部的给定及保护信号检测电路和脉冲隔离与放大环节使用。图中,CN₁ 为引出端子号,弧形的虚线为供用户测试的测试接地线。

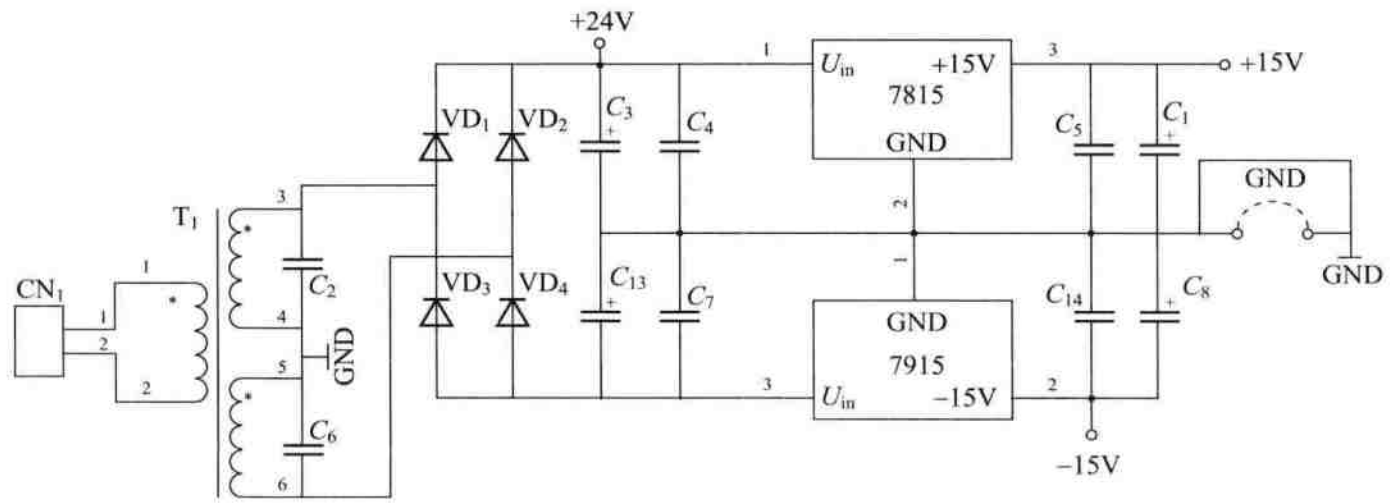


图 4.49 KCZ6-3T 自身工作电源部分的电路原理图

2. 同步信号处理(TBCL)单元

同步信号处理(TBCL)单元是针对用户系统工作频率的大范围变化添加的。该触发板可适应同步电压频率在 30~160Hz 变化,为避免干扰引起同步电压波形畸变,保证通用性,故在同步电压的通道中增加了同步电压的整形环节:先将正弦波同步信号变换为方波同步信号。工作原理如图 4.50 所示,分别应用 3 块比较器

LM311 来完成此工作。因为比较器是把同步输入电压与参考地进行比较的,所以输入的同步电压幅值可大于或小于 0V,而正、负峰值可小于+15V 与-15V,具有较大的工作幅值范围;另一方面,经此处理后,触发器的工作与同步电压过零点之外的幅值和正弦波的波形失真与否没有多大关系。这 3 路方波信号直接送后续触发脉冲产生单元作为最终同步信号,图中 u_a 、 u_b 、 u_c 为来自用户同步电路输出的三相同步信号,而 u_{Ta} 、 u_{Tb} 、 u_{Tc} 为经变换后的三相同步电压。

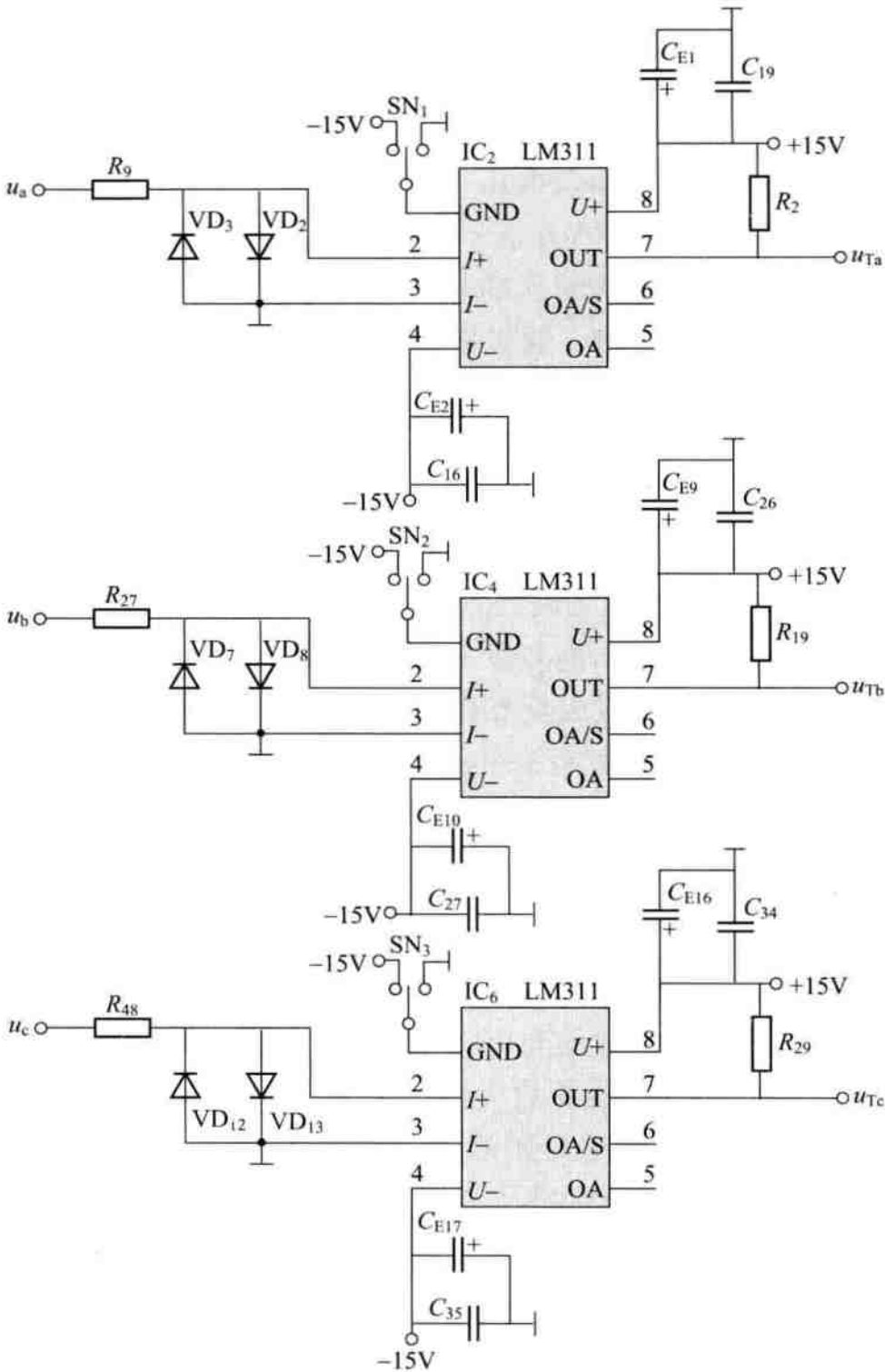


图 4.50 同步信号处理(TBCL)单位的电路原理图

3. 频压转换(PYZH)环节

由于该触发板可适应同步电压频率在 30~160Hz 变化,所以要保证不管同步电压频率如何变化,在同一个移相控制电压条件下,触发器输出触发脉冲的相位角

都不能变化,因此在同步电压的通道中增加了同步电压的频率-电压转换环节:当同步电压频率变化时,给同步锯齿波充电的恒流源输出电流值也在变化,最终保证同步锯齿波的幅值不变。图 4.51 是实现这种功能的电路原理图。

LM339 中的一个比较器将三相正弦同步电压信号先变成 3 路方波信号——把正弦波同步电压与零电平比较变为同周期的方波信号。经此处理后,触发器的工作与同步电压过零点之外的幅值和正弦波的波形失真与否没有多大关系,再由电容 C_{29} 、 C_{39} 、 C_{42} 把比较器 IC_{8A} 、 IC_{8B} 、 IC_{8C} 输出的 3 路方波信号分别微分成尖脉冲。3 只电容的一端并联在一起,巧妙地组成或门,使频率-电压转换环节的输入频率提高了 3 倍,从而使频率-电压转换的分辨率得以提高。

LM331 为标准的频率-电压及电压-频率变换集成电路,这里用作频率-电压变换器,与运算放大器 LM358 的 A 单元(IC_{7A})一起构成高精度的频率-电压变换器电路。LM331 在内部把引脚 6 输入的微分频率信号转化为与同步电压频率成比例的电压信号,并从引脚 1 输出。通过电容 C_{39} 的充放电(充放电电流大小由电阻 R_{43} 决定,充放电的时间由电阻 R_{24} 与电容 C_{32} 决定),该电压信号的幅值与 LM331 引脚 6 输入的微分信号频率成正比(为了保证频率-电压变换器的分辨率,电容 C_{32} 的电容量不宜过大,且电容量应随频率增高有所减小)。频率-电压变换器输出电压的高低除与同步电压的频率 f_T 成正比外,还与图 4.50 中电阻 R_{43} 与电容 C_{39} 的值成正比。该频率-电压变换器的转换精度与电容 C_{32} 的取值有关:频率较高时,电容 C_{32} 的取值应相应减小,否则,高频段易失真,不利于提高转换的线性度。

LM358 的 A 单元(IC_{7A})构成反相输入放大器,用以对频率-电压变换器的输出电压进行放大,同时具有提高频率-电压转换精度的效果;而 IC_{7B} 是为了增加负载能力而添加的射极跟随器。电位器 RP_3 是为方便调试增加的,它用在不需要频率跟踪的场合,此时应将拨码开关 1 与 4 接通,2 与 3 断开。

4. 恒流源电路(HLY)

恒流源电路用来将频率-电压转换环节的输出转换为随同步电压频率变化的可变恒电流,完成向锯齿波电容的充电,从而得到三相等幅值锯齿波,其电路原理如图 4.52 所示。3 片 LM358 运算放大器(IC_1 、 IC_3 、 IC_5)构成了 3 组放大器与恒流源,放大器 IC_{1A} 、 IC_{3A} 与 IC_{5A} 用来对频率-电压变换器的输出电压进行放大和匹配, RP_1 、 RP_2 、 RP_5 用来调节放大器的放大倍数,等效调节了恒流源输入电压的大小,即调整了给锯齿波电容 C_{12} 、 C_{22} 、 C_{30} 充电电流的大小,进而调整了锯齿波的幅值,以弥补三相锯齿波电容容量的偏差对锯齿波幅值的影响。运算放大器 LM358 的 B 单元构成恒流源,使用中为保证恒流源的线性度,应保证电阻 R_{13} 与 R_6 、 R_{12} 与 R_{30} 、 R_{37} 与 R_{50} 的阻值分别不小于 R_5 与 R_7 、 R_{11} 与 R_{20} 、 R_{35} 与 R_{36} 的 10 倍,且 R_{13} 与 R_6 、 R_{12} 与 R_{30} 、 R_{37} 与 R_{50} 、 R_5 与 R_7 、 R_{11} 与 R_{20} 、 R_{35} 与 R_{36} 每组电阻之间的阻值误差要尽可能的小,否则就会出现调试时测得的锯齿波为下凹的。

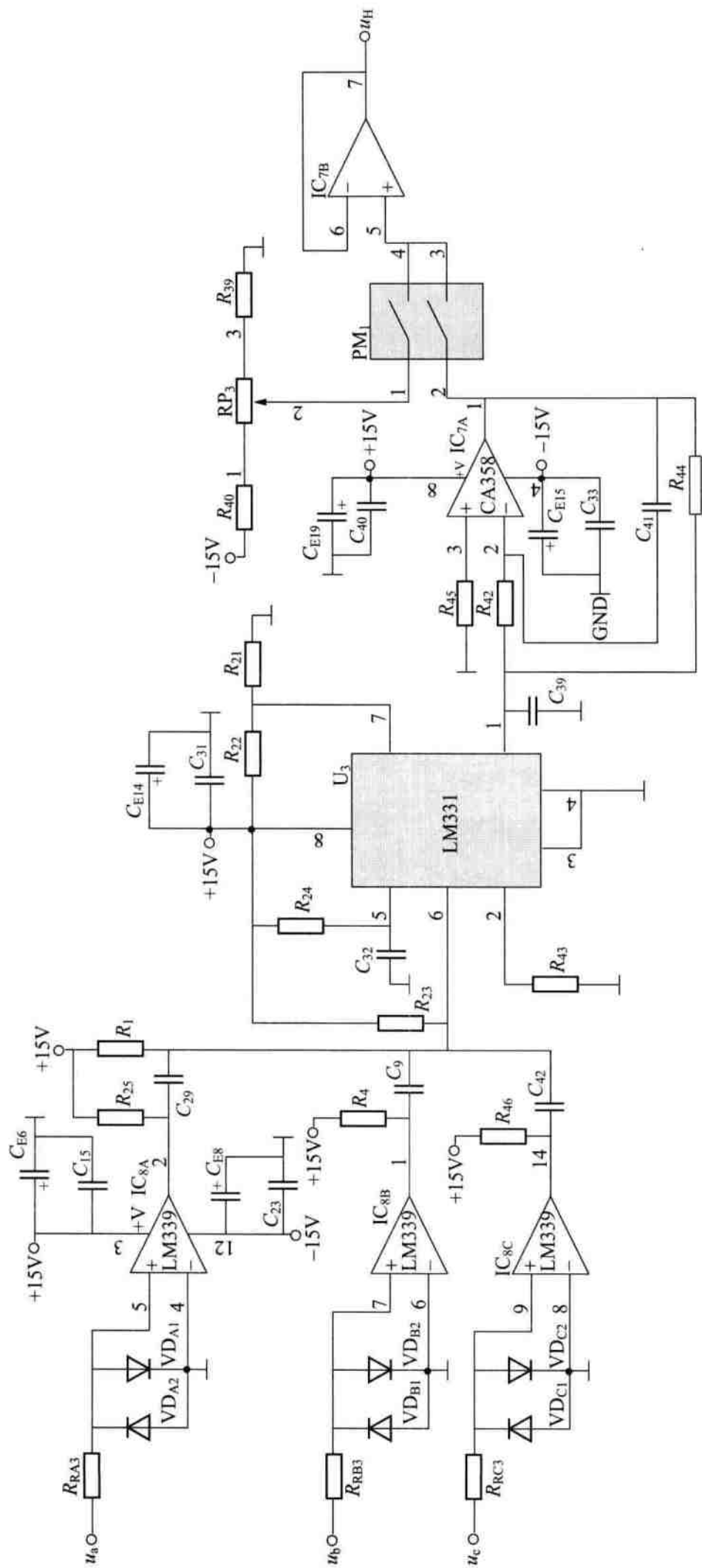


图 4.51 频率-电压转换 (PYZH) 环节的电路原理图

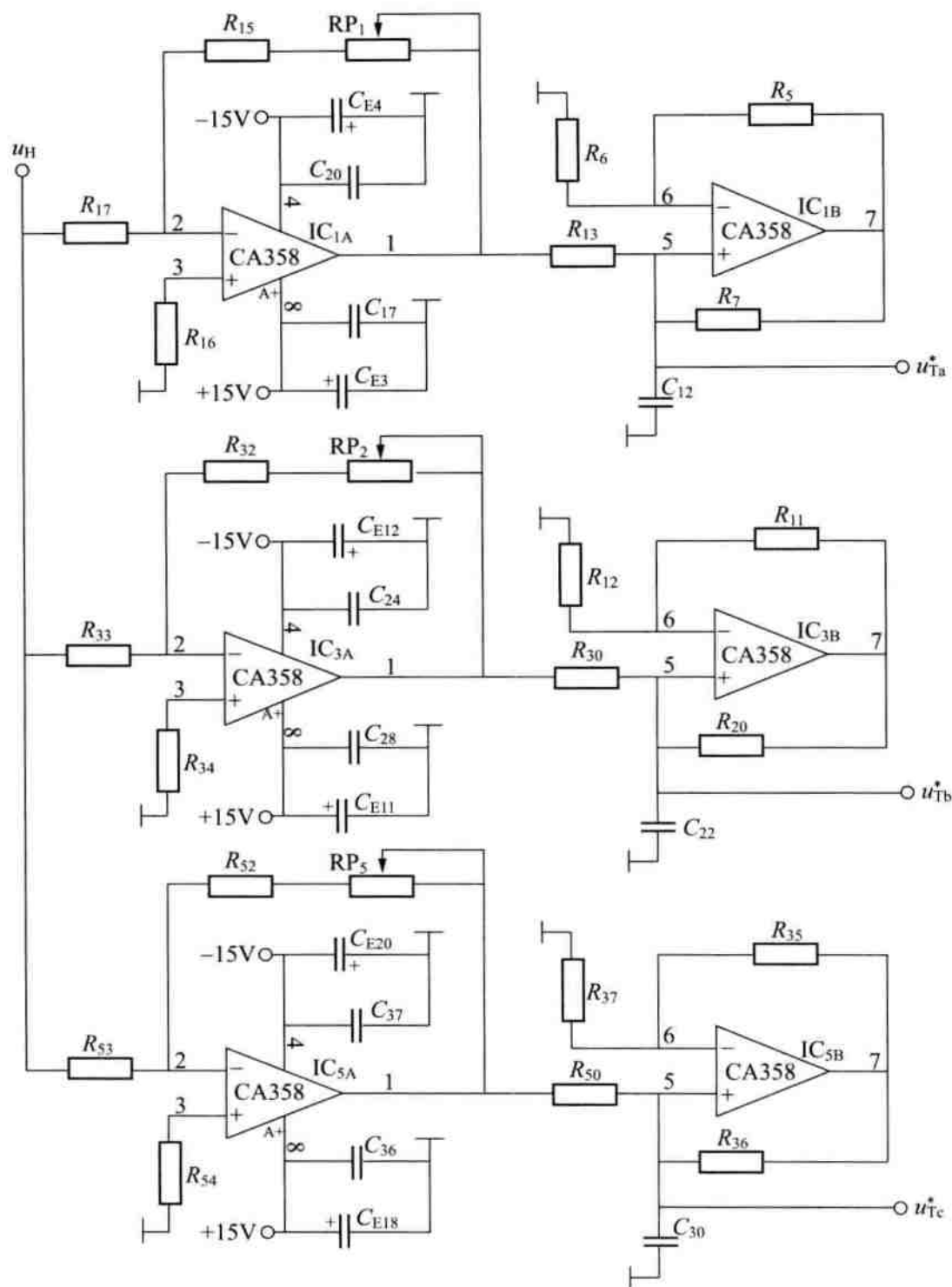


图 4.52 恒流源电路(HLY)的电路原理图

5. 触发脉冲形成(MCXC)环节

图 4.53 是触发脉冲形成环节的电路原理图。TCA785 担当触发脉冲的形成芯片,引脚 13 接高电平时输出为窄脉冲,脉冲的宽度由引脚 12 所接的电容值决定,引脚 11 为移相电压输入端,引脚 5 为同步电压输入端,引脚 15 与引脚 14 分别为对应同步电压负正半周的触发脉冲输出端。TCA785 内部集成了给外接于引脚 10 的锯齿波电容充电的恒流源,其输出电流的大小由引脚 9 对接地端(引脚 1)所接电阻的大小决定。图 4.53 中引脚 9 悬空,相当于内部恒流源的输出电流为零,因而通过外部恒流源给接于引脚 10 的锯齿波电容充电,形成锯齿波,这是该触发器最巧妙的地方。该锯齿波与引脚 11 输入的移相控制电压进行比较,从而形成移

相触发脉冲。

C_{11} 与 R_8 为抗干扰电容与电阻,而二极管 VD_4 与 VD_5 、 VD_9 与 VD_{10} 、 VD_{15} 与 VD_{14} 是用在 TCA785 单电源工作时削波的。也就是说,TCA785 单电源工作时要求的同步电压峰值为 $\pm 0.7V$ 。KJ041 专用双脉冲形成器集成电路对 3 个 TCA785 输出的 6 路脉冲进行补脉冲处理,从而在该触发板的输出形成 6 路相位彼此互差 60° 的双窄触发脉冲。

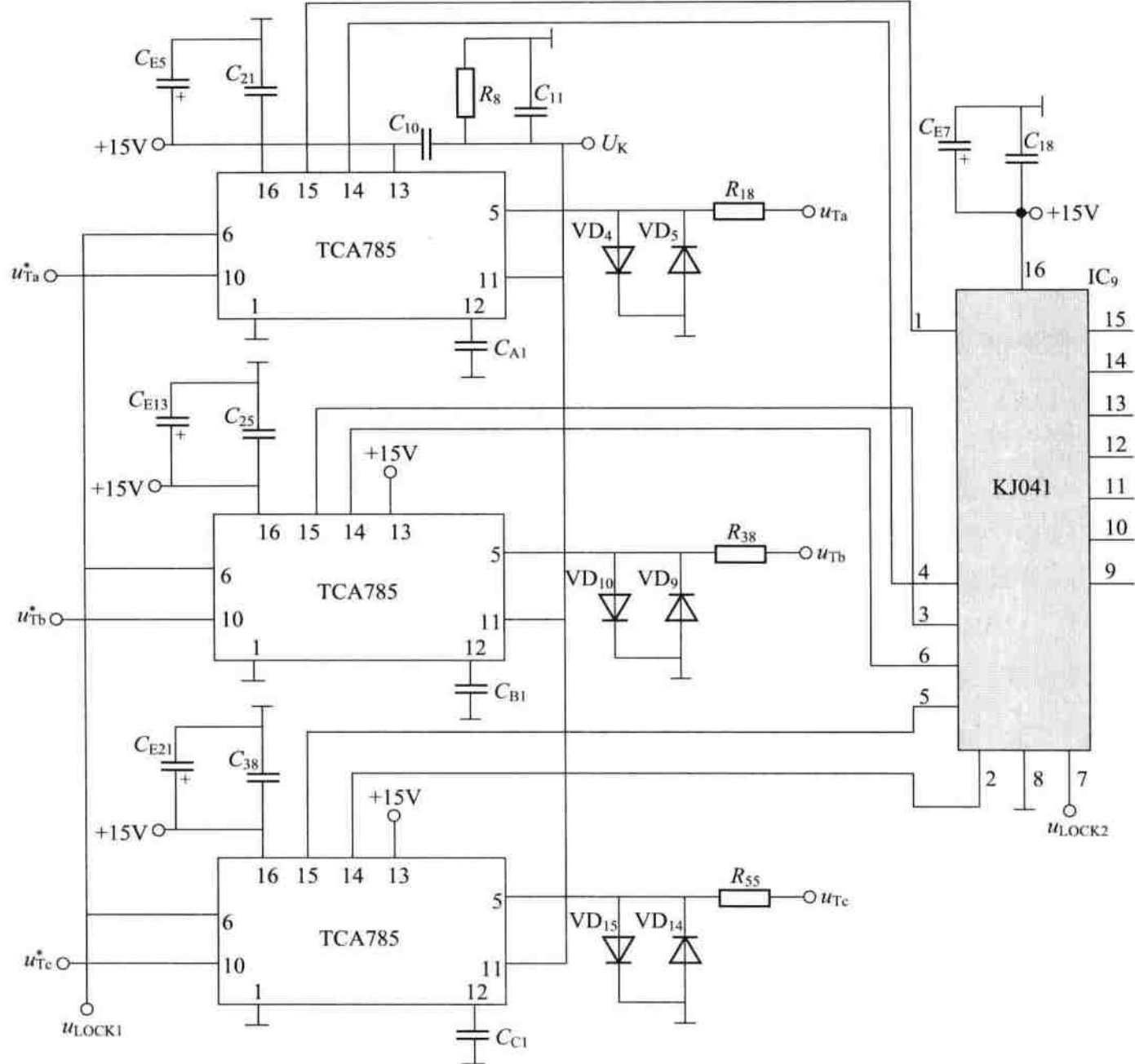


图 4.53 触发脉冲形成(MCXC)的电路原理图

6. 故障保护(GZBH)单元

电路原理如图 4.54 所示,当故障保护输入端 F 与参考地端输入高电平信号时,晶体管 V_1 不导通,不能将 TCA785 引脚 6 置为低电平,但能使 KJ041 引脚 7 变为低电平,不封锁 TCA785 输出的触发脉冲;反之,当故障保护输入端 F 与参考地端输入低电平信号或 F 端悬空时,晶体管 V_1 导通,置 TCA785 引脚 6 为低电平,使 KJ041 引脚 7 变为高电平,同时封锁 TCA785 与 KJ041 输出的触发脉冲。

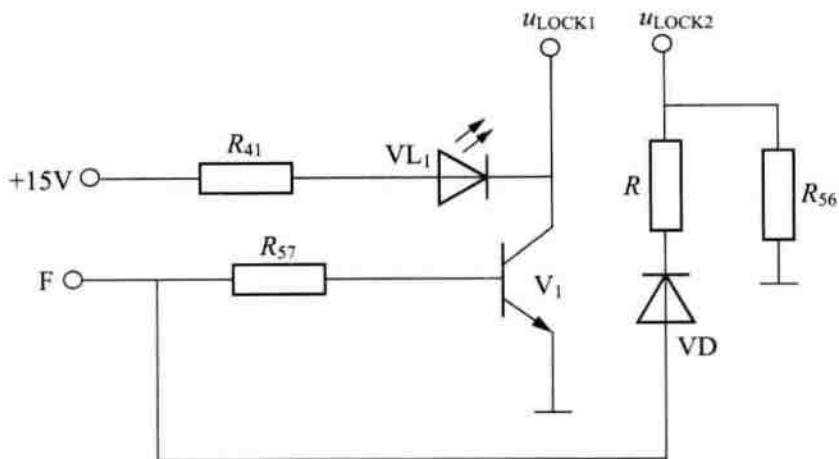


图 4.54 故障保护(GZBH)单元的原理电路图

7. 脉冲功率放大(MCGF)单元

KCZ6-3T 应用常规的 6 个分立晶体管来作为脉冲功放单元,电路原理如图 4.55 所示。稳压管 $VS_1 \sim VS_6$ 用来为脉冲关断时提供反向电压,防止后续脉冲隔离及整形部分因脉冲变压器单方面直流工作而饱和。 $g_1' \sim g_6'$ 来自脉冲形成单元的输出,而 +24V 与 $g_1 \sim g_6$ 通过输出端子接用户后续触发脉冲隔离及整形单元的对应输入端。来自脉冲形成电路 KJ041 输出引脚的输出脉冲 $g_1' \sim g_6'$ 控制晶体管 $VT_1 \sim VT_6$ 的导通,只有在 $g_1' \sim g_6'$ 为高电平时,晶体管 $VT_1 \sim VT_6$ 才导通,并向触发脉冲功放单元内的光电耦合器提供电流信号,从而保证每 60° 范围内仅有 2 个互补的脉冲输出。 R_{A2} 、 R_{A3} 、 R_{B2} 、 R_{B3} 、 R_{C2} 、 R_{C3} 、 R_{D2} 、 R_{D3} 、 R_{E2} 、 R_{E3} 、 R_{F2} 、 R_{F3} 为限流电阻; $VL_1 \sim VL_6$ 为发光二极管,用来指示脉冲正常与否;电阻 R_{A1} 、 R_{B1} 、 R_{C1} 、 R_{D1} 、 R_{E1} 、 R_{F1} 及二极管 $VD_1 \sim VD_6$ 为抗干扰环节。

4.11.3 应用技术

1. 正确安装

KCZ6-3T 的实物外形及元器件布置如图 4.56 所示,安装方法如下。

(1) 采用平面安装,其外形尺寸为长 \times 宽 \times 高=310mm \times 190mm \times 20mm,安装孔距为长 \times 宽=195mm \times 175mm,安装孔径为 4- Φ 4.5。

(2) 背面距导电安装板的距离应大于 20mm,上下左右应留有插拔接插件的空间,下方 200mm 内应无发热较大的元器件。

(3) 连接导线应采用截面积 $\geq 0.3\text{mm}^2$ 的多芯软铜线;各给定电位器及脉冲输出线要用双绞线,每 100mm 不得少于 8~10 绞;6 路输出脉冲至脉冲隔离和整形环节的引线应尽可能短,并尽可能使用双绞线或同轴电缆屏蔽线。

(4) 标准使用时需外用同步变压器,同步变压器二次侧线电压可取 6~12V。

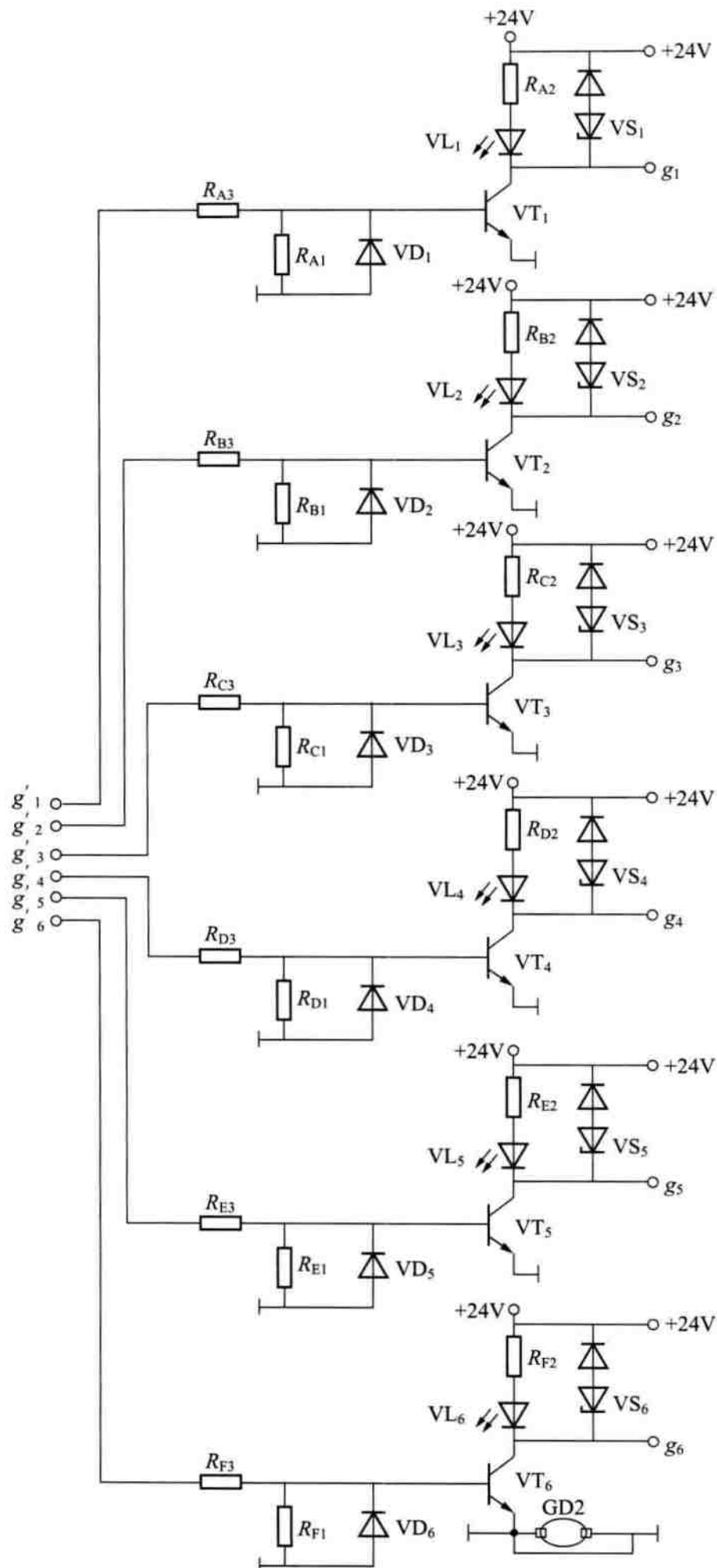


图 4.55 脉冲功率放大电路的电路原理图

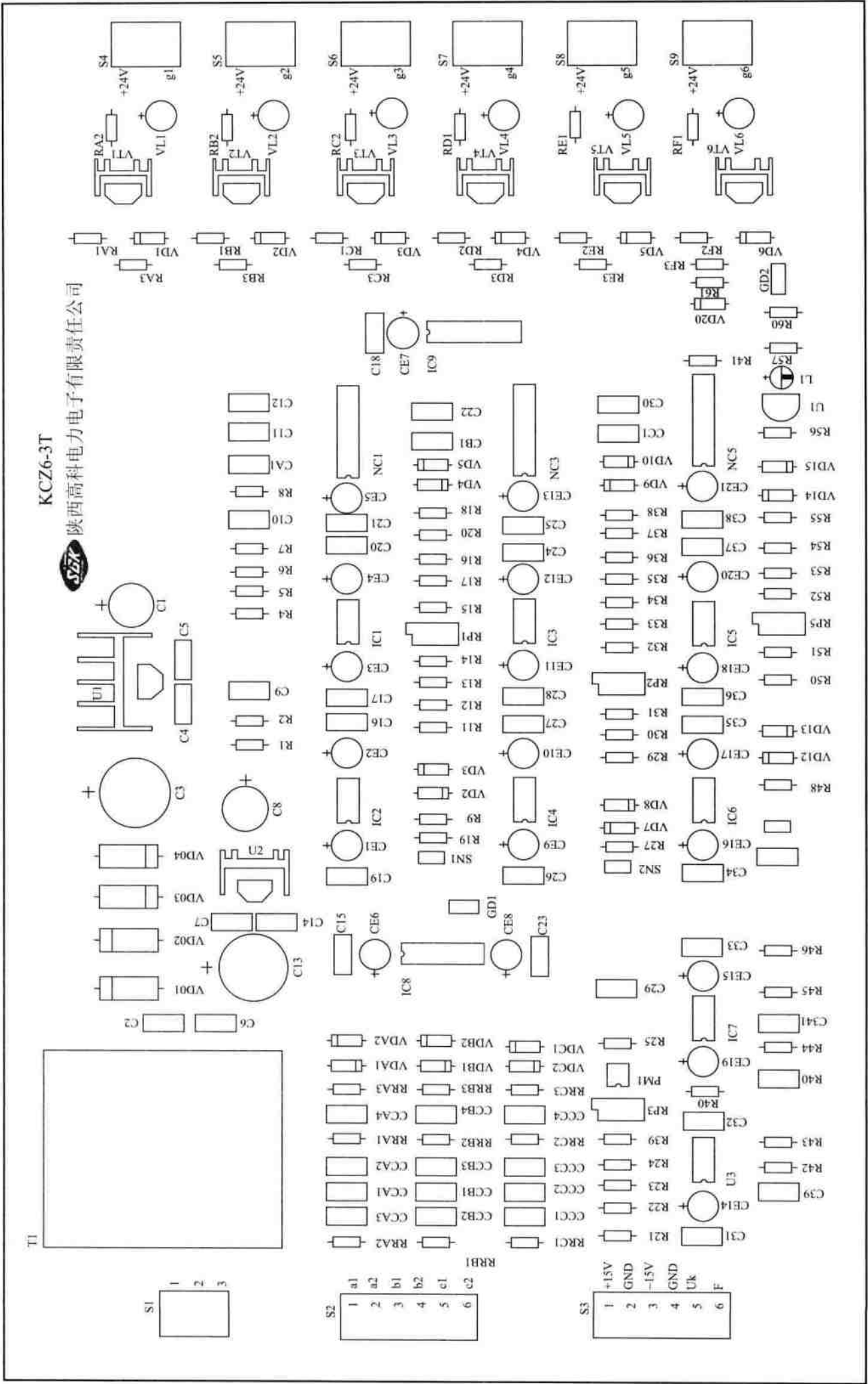


图 4.56 KCZ6-3T 的实物外形及元器件布置

2. 正确接线

KCZ6-3T 共有 9 个接插件,对外正确接线方法如下。

(1) 接插件 $S_4 \sim S_9$ 对应的 g_1 、 $+24V$, g_2 、 $+24V$, g_3 、 $+24V$, g_4 、 $+24V$, g_5 、 $+24V$, g_6 、 $+24V$ 接被触发的 6 路晶闸管对应末级脉冲隔离及整形功放单元的对应输入端。

(2) 接插件 S_1 引脚 1 与引脚 3 接 380V 供电电源;引脚 2 为空脚,使用中悬空。

(3) 接插件 S_3 引脚 1($+15V$)、引脚 2(GND)、引脚 3($-15V$)为提供给用户使用的双电源, $+15V$ 允许负载能力不大于 20mA, $-15V$ 不大于 10mA,使用中可接用户给定电位器。

(4) 接插件 S_3 引脚 4(GND)、引脚 5(U_k)直接接给定电位器(阻值大于 4.7k Ω ,功率应大于 1W),引脚 4 接电位器的接地端,引脚 5 接电位器滑动端。

(5) 接插件 S_3 引脚 6(F)接脉冲封锁信号,高电平有效。

3. 典型应用举例

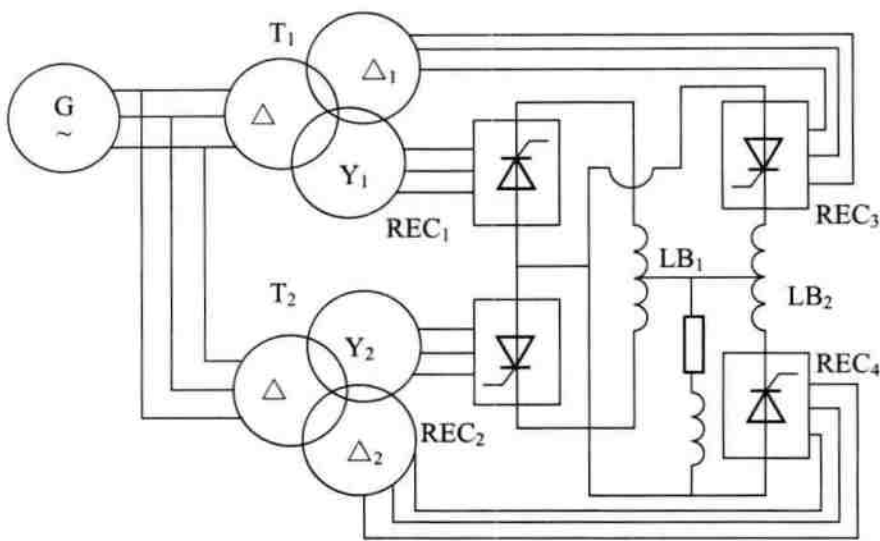
图 4.57 是 KCZ6-3T 控制板用于中国环流二号(HL-2A)核聚变实验装置的垂直场电源系统的电路原理图。该电源系统由 4 台 12kA/1000V 的三相桥式晶闸管可控整流电源并联构成 24 脉波,如图 4.57(a)所示。其交流输入电压来自飞轮储能发电机 G 的输出,工作时先由交流电动机从很低转速逐渐加速至额定转速,拖动飞轮发电机至额定转速储能,然后突然卸载,飞轮发电机向外发电。随着飞轮储能的泄放,发电机的转速下降,发出电的频率在 30~80Hz 范围内变化。变压器 T_1 与 T_2 用于负载匹配及隔离。

$REC_1 \sim REC_4$ 为 4 个三相桥式可控整流电路构成的分直流电源,其详细构成如图 4.57(b)所示。变压器二次侧绕组设计为对应的 Δ_1 与 Δ_2 及 Y_1 与 Y_2 相位互差 30° ,每 2 台直流电源的输出用平衡电抗器 LB_1 与 LB_2 来保证 2 个分电源的负载电流尽可能平衡,所以该直流电源是一个 24 相整流电源。

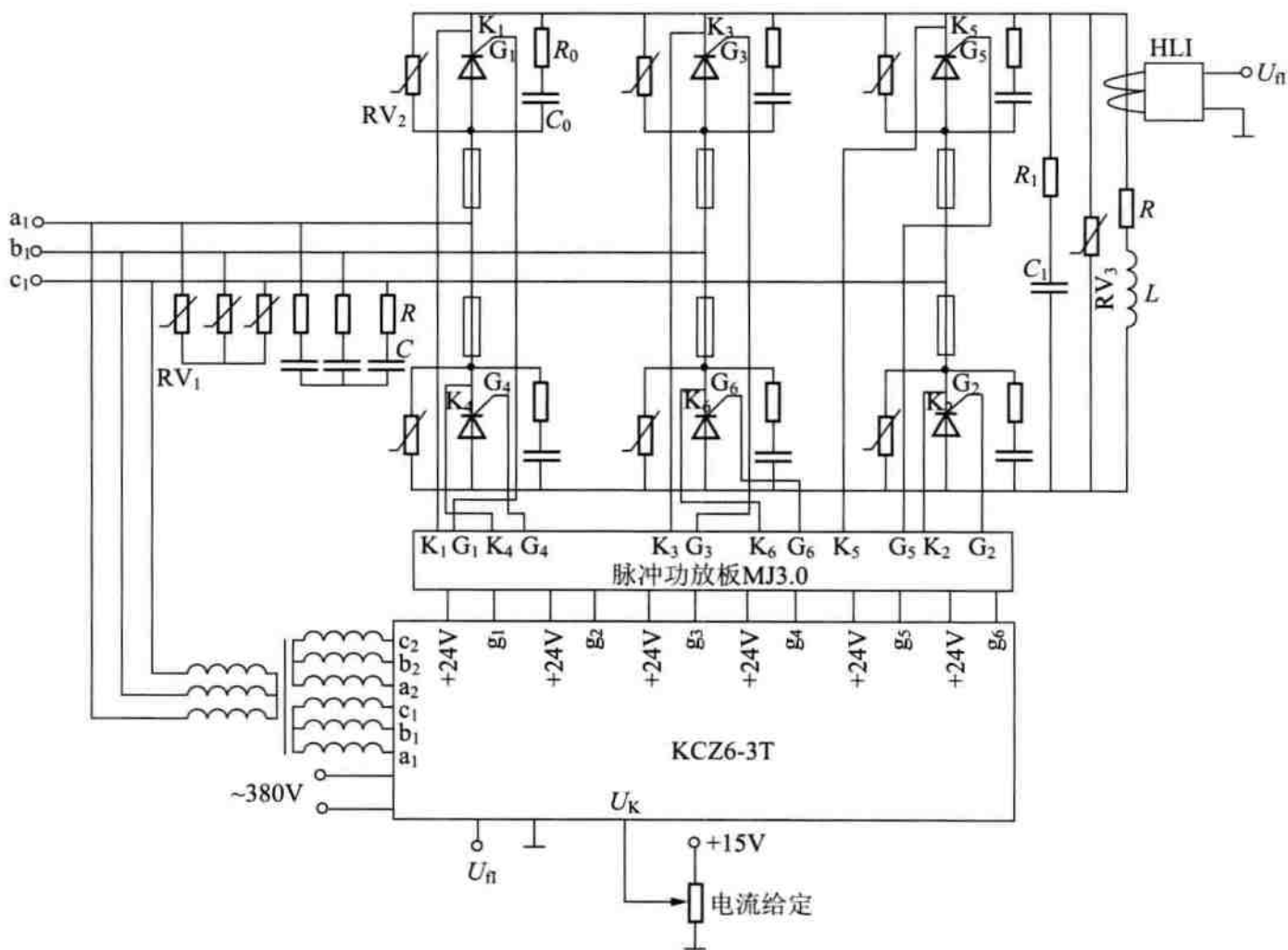
控制系统要求可控整流后的输出为恒定直流。也就是说,对应同一给定电流值,当发电机输出电压频率变化时,触发控制角的移相角度不能改变。将 4 块 KCZ6-3T 用于图 4.57(a)所示 4 个三相桥式整流电路中晶闸管的触发,具有很好的频率跟踪和恒流控制效果。图 4.57(b)是其中 1 个三相桥式整流主电路与 KCZ6-3T 的连接关系图,应用陕西高科电力电子有限责任公司生产的 MJ3.0 脉冲隔离与功率放大板作为 KCZ6-3T 与主电路每个桥臂中 3 个并联晶闸管的脉冲隔离整形匹配环节。

4.12 KCZS6M-1 准数字式晶闸管开环触发板

KCZS6M-1 是应用 SGK198 专用集成电路开发的准数字式晶闸管开环触发板,具有数字化控制,输出脉冲对称性好,使用中可用同步变压器、也可不用同步变



(a) 主电路系统构成



(b) 1个三相桥式可控整流单元与KCZ6-3T的连接

图 4.57 KCZ6-3T 用于 12kA/1000V 系统的原理图

压器,具备自对相序功能等优点,可用来取代模拟式 KCZ6.0 晶闸管触发板。

4. 12. 1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 直接 380V 供电,内含自身工作所需的+15V、-15V、+5V、+24V 电源生

成环节。

(2) 具有缺相、外部故障(如冷却水系统故障)、自身工作电源欠压保护功能。

(3) 内含脉冲变压器及脉冲隔离和整形环节,输出可直接触发 6 只 5~1650A/100~3500V 的晶闸管。

(4) 设计有最小触发控制角 α_{\min} 与最大触发控制角 α_{\max} 限幅环节,应用方便。

2. 输入参数

(1) 供电电源电压:交流 380V,负载电流最大幅值为 0.05A。

(2) 同步输入电压范围 30V~380V/0.1A(可通过调整限流电阻 R_{1A} 、 R_{2A} , R_{1B} 、 R_{2B} , R_{1C} 、 R_{2C} 来实现)。

3. 输出参数

(1) S_2 对应+15V 电源最大负载能力 20mA,-15V 电源最大负载能力 10mA。

(2) G_1 、 K_1 ~ G_6 、 K_6 最大脉冲负载电流为 400mA,最高空载电压幅值+12V。

(3) 可触发晶闸管容量位于 5~1650A/100~1500V 范围内的 6 个晶闸管。

4.12.2 内部结构及工作原理

KCZS6M-1 的电路原理图如图 4.58(见书后插页)所示,集成有触发脉冲形成、自身工作电源、触发脉冲放大、隔离与整形环节。

同步信号形成环节根据输入的三相同步电压,经光耦合器隔离后提供给 SGK198 芯片作为参考计数起点。也就是触发脉冲控制角 α 的计算起点,SGK198 内部根据引脚 11 输入的由压控振荡器输出的频率计数,计数器计满后输出相应的触发脉冲。一旦发生缺相故障,则相应的保护电路动作,SGK198 内部电路动作,封锁 6 路触发脉冲输出。

4.12.3 应用技术

1. 工作环境

(1) 海拔不超过 1500m。

(2) 使用环境温度范围 T_A : -10~45℃。

(3) 空气相对湿度 $\leq 90\%$ (相对环境温度为 20℃时)。

(4) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体。

(5) 无剧烈振动及冲击。

2. 应用注意事项

(1) KCZS6M-1 中的 SGK198 专用控制芯片为 CMOS 器件,使用中要谨防静电击穿而造成损坏,所以要切忌直接用手触摸或用万用表去量测 SGK198 的引脚。

(2) KCZS6M-1 为开环控制板,工作机理为负逻辑:移相控制电压升高时,对应晶闸管的导通角减小,晶闸管变流器的输出电压降低;移相控制电压降低时,对

应晶闸管的导通角增大,晶闸管变流器的输出电压升高,这一点应特别注意。

(3) 标准使用时不用同步变压器,直接用于线电压 $\leq 660\text{V}$ 的系统中(出厂时按 380V 选择的电阻)。当用户系统工作电压高于 660V 或电压很低(低于 10V)时,建议使用同步变压器,同步变压器二次侧线电压为 380V ,此时对应 G_1 、 K_1 与 G_4 、 K_4 的那个臂的同步电压接插件 S_{10} 的 T_A ,对应 G_3 、 K_3 与 G_6 、 K_6 的那个臂的同步电压接插件 S_9 的 T_B ,对应 G_2 、 K_2 与 G_5 、 K_5 的那个臂的同步电压接插件 S_8 的 T_C 。在此情况下,把板上标有A、B、C三处的2与3点断开,1与2短接便可。

3. 正确安装

(1) 采用平面安装,外形尺寸为长 \times 宽 \times 高 $=195\text{mm}\times 245\text{mm}\times 55\text{mm}$,安装孔距为长 \times 宽 $=180\text{mm}\times 230\text{mm}$,安装孔径为 $4-\Phi 4.5$ 。图4.59是其实物元器件布置图。

(2) 安装时,背面距导电安装板的距离应大于 20mm ,上下左右应留有插拔接插件的空间,下方 200mm 内应无发热较大的器件。

(3) 对外引出连接导线应选截面积 $\geq 0.3\text{mm}^2$ 的软导线;各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用双绞线,每 100mm 不得少于 $8\sim 10$ 绞;从控制板的输出 G_1 、 $K_1\sim G_6$ 、 K_6 至被触发的6路晶闸管门-阴极之间的引线应尽可能短,并尽可能使用双绞线或同轴电缆屏蔽线。

4. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的引脚1与引脚3接 380V 供电电源;引脚2为空脚,使用中悬空。

(2) 接插件 S_2 的引脚1(+15V)、引脚2(GND)、引脚3(-15V)为提供给用户使用的两路电源,允许负载能力为 $+15\text{V}/20\text{mA}$ 、 $-15\text{V}/10\text{mA}$ 。

(3) 接插件 S_2 的引脚4(P)、引脚5(U_g)和引脚6(GND)之间外接给定电位器,引脚4为电源 $+15\text{V}$ 串联电阻后的输出,而引脚6接电位器的中间滑动端。

(4) 接插件 S_3 的引脚1(W_p)与引脚2(GND)之间接外部故障保护(故障时为分断)的接点,用来进行冷却系统故障或其他故障保护,不用时短接。引脚4(RST)与引脚3(GND)之间外接常开复位按钮,用于故障排除后复位。

(5) 接插件 S_4 的引脚1(KA-CK)、引脚2(Z)、引脚3(KA-CB)为综合保护继电器的3个引出端。其中,引脚2为公共端;引脚1与引脚2之间为常开接点,引脚1与引脚3之间为常闭接点,触点容量为 $220\text{V}/2\text{A}$ 或 $380\text{V}/1\text{A}$ 。这3个引脚中任一对接点接保护或报警电路,作为分断用户主电路或进行保护的動作接点。

(6) 接插件 S_8 的 T_C 为应用同步变压器时对应C相同步信号的输入端,而 G_2 、 K_2 接对应C相负半周整流臂中晶闸管的门-阴极。在不使用同步变压器时, T_C 悬空,直接以 K_2 输入的对应该C相负半周晶闸管阴极电压作为同步电压。

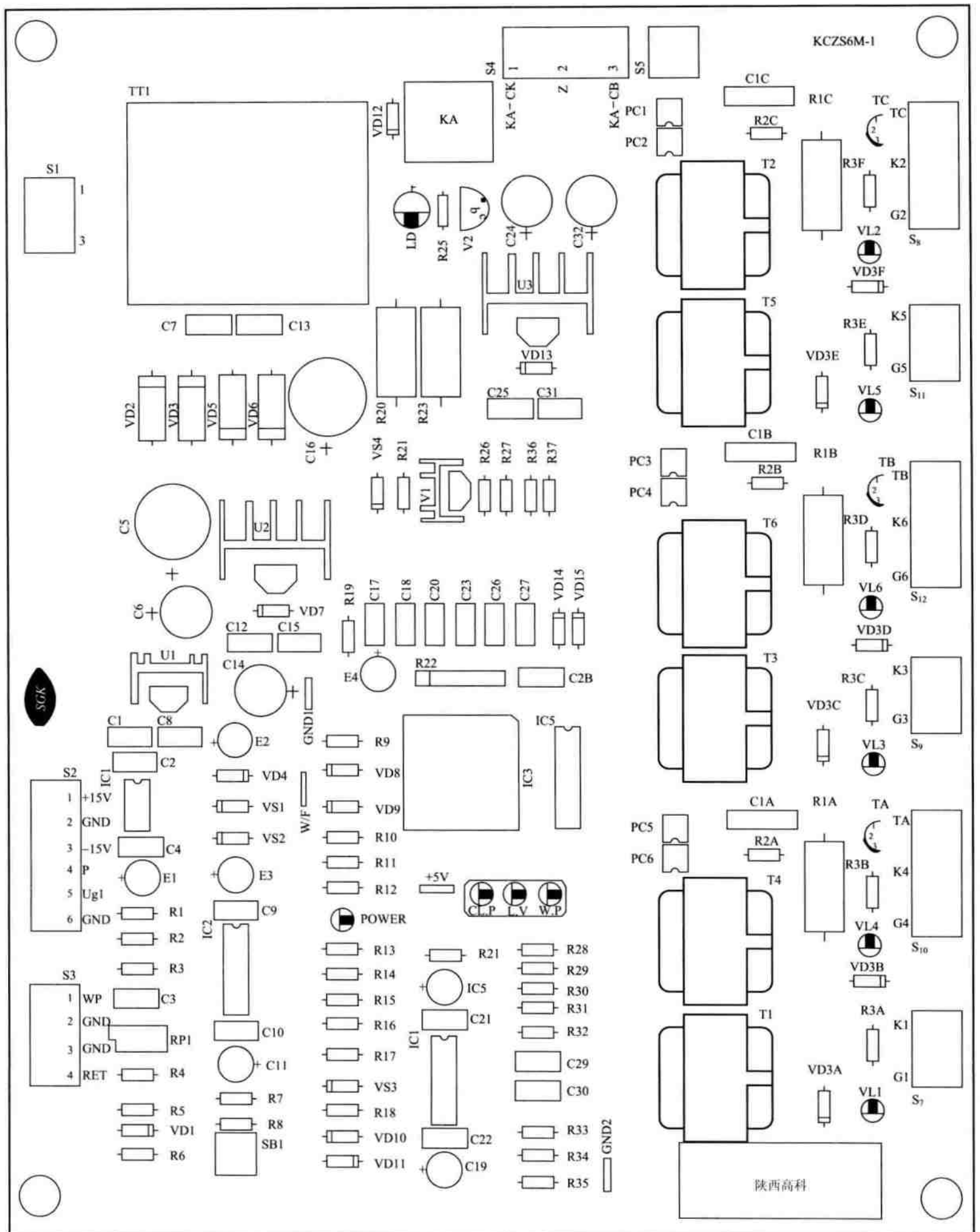


图 4.59 KCZS6M-1 数字式晶闸管开环触发板的元器件布置

(7) 接插件 S_{12} 的 T_B 为应用同步变压器时对应 B 相同步信号的输入端,而 G_3 、 K_3 接对应 B 相负半周整流臂中晶闸管的门-阴极。在不使用同步变压器时, T_B 悬空,直接以 K_3 输入的对应 B 相负半周晶闸管阴极电压作为同步电压。

(8) 接插件 S_{10} 的 T_A 为应用同步变压器时对应 A 相同步信号的输入端,而 G_1 、 K_1 接对应 A 相负半周整流臂中晶闸管的门-阴极。在不使用同步变压器时, T_A 悬空,直接以 K_1 输入的对应 A 相负半周晶闸管阴极电压作为同步电压。

(9) 接插件 S_{11} 的 G_5 、 K_5 接对应 C 相正半周整流臂中晶闸管的门-阴极。

(10) 接插件 S_9 的 G_3 、 K_3 接对应 B 相正半周整流臂中晶闸管的门-阴极。

(11) 接插件 S_7 的 G_1 、 K_1 接对应 A 相正半周整流臂中晶闸管的门-阴极。

5. 典型应用举例

图 4. 60 是 KCZS6M-1 在三相晶闸管可控整流系统中的应用。该系统未用同步变压器,用水冷却,所以接插件 S_4 的引脚 1 与引脚 2 之间接水压继电器的触点。

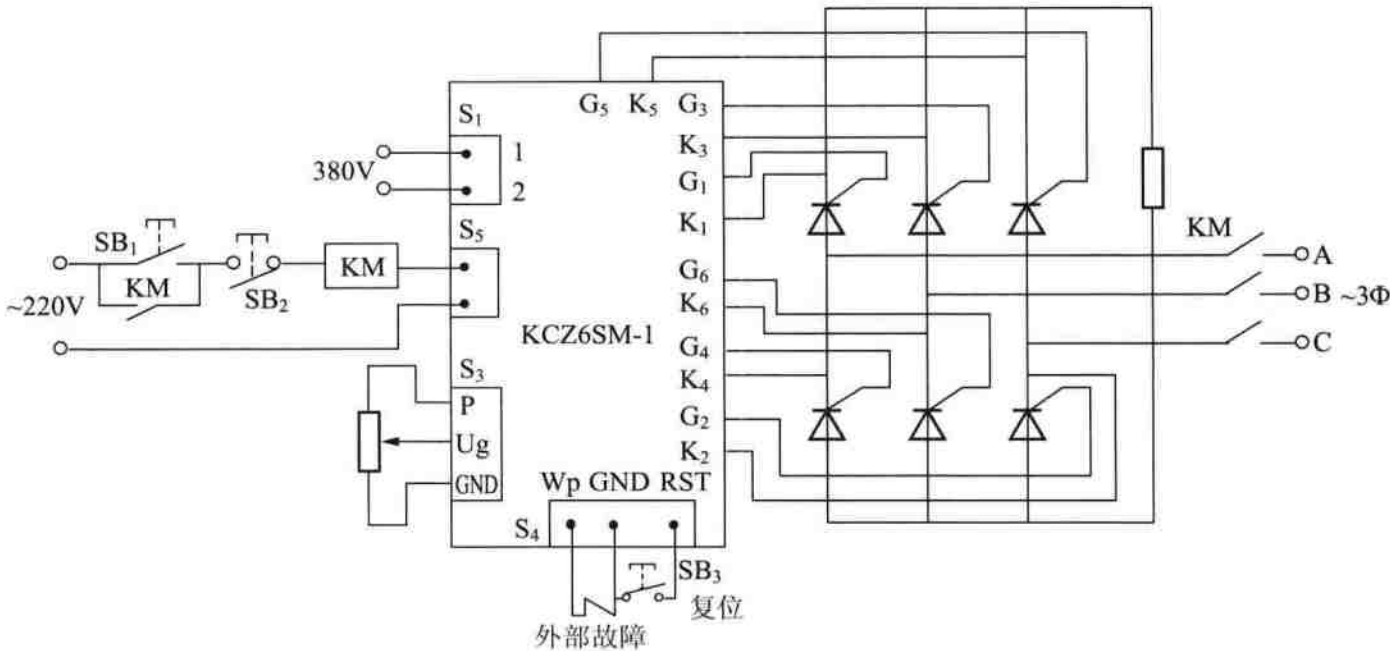


图 4. 60 KCZS6M-1 在三相晶闸管可控整流系统中的应用

4. 13 KCZS6M-2 准数字式开环带保护晶闸管触发板

KCZS6M-2 是应用 SGK198 专用集成电路开发的准数字式晶闸管开环触发板,具有数字化控制,输出脉冲对称性好,使用中可用同步变压器、也可不用同步变压器,具备自对相序功能等优点,可用来取代模拟式 KCZ6. 3,在 KCZ6SM-1 的基础上增加了过压、过流保护及给定积分功能。

4. 13. 1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 直接 380V 供电,内含自身工作所需的+15V、-15V、+5V、+24V 电源生

成环节。

(2) 具有自身工作电源欠压、被控制系统过压、过流、缺相、外部故障(如冷却水系统故障)保护功能。

(3) 内含脉冲变压器及脉冲隔离和整形环节,并增加了给定积分功能,输出可直接触发 6 只 5~1650A/100~1500V 的晶闸管。

(4) 有 3 个可调电位器 $RP_1 \sim RP_3$,可调节过压(RP_2)、过流(RP_1)保护的门槛和最小 α 角限幅(RP_3),应用极为方便。

2. 输入参数

(1) 供电电源电压:交流 380V,负载电流最大为 0.05A。

(2) 输入电压的取样值最大范围 0~10V/0.1A。

(3) 输入电流的取样值最大范围 0~10V/0.1A。

(4) T_A 、 T_C 、 T_B 同步输入电压取值范围:30~380V/0.1A(可通过调整限流电阻 R_{1A} 、 R_{1B} 、 R_{1C} 来实现)。

3. 输出参数

(1) CN_3 对应+15V、-15V 电源最大负载能力 20mA。

(2) G_1 、 $K_1 \sim G_6$ 、 K_6 最大负载电流 400mA,最高空载电压幅值+12V。

(3) 可触发 5~1650A/100~1500V 的 6 个晶闸管。

4.13.2 内部结构及工作原理

KCZS6M-2 的内部结构及工作原理如图 4.61 所示(见书后插页),与 KCZS6M-1 的差别仅在于增加了图中的虚线框部分。

4.13.3 应用技术

1. 工作环境

(1) 海拔: $\leq 1500\text{m}$ 。

(2) 使用环境温度范围 T_A : $-10 \sim 45^\circ\text{C}$ 。

(3) 空气相对湿度: $\leq 90\%$ (相对环境温度为 20°C 时)。

(4) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体。

(5) 无剧烈振动及冲击。

2. 应用注意事项

(1) KCZS6M-2 触发板中的 SGK198 为 CMOS 器件,使用中要谨防静电造成击穿损坏,切忌直接用手触摸 SGK198 的引脚,也不要万用表去量测其引脚。

(2) KCZS6M-2 为开环控制板,其工作机理为负逻辑:移相控制电压升高时,对应晶闸管的导通角减小,晶闸管变流器的输出电压降低;移相控制电压降低时,对应晶闸管的导通角增大,晶闸管变流器的输出电压升高。这一点应特别注意。

(3) 使用时不用同步变压器,直接用于工作系统线电压 $\leq 660\text{V}$ 的系统中(标准产品线电压为 380V)。当用户系统工作电压高于 660V 或电压很低(低于 10V)时,建议使用同步变压器,同步变压器二次侧线电压为 380V ,此时对应 G_1 、 K_1 与 G_4 、 K_4 那个臂的同步电压接插件 S_{10} 的 T_A ,对应 G_3 、 K_3 与 G_6 、 K_6 那个臂的同步电压接插件 S_{10} 的 T_B ,而对应 G_2 、 K_2 与 G_5 、 K_5 那个臂的同步电压接插件 S_{12} 的 T_C 。在此情况下,把板上标有 A、B、C 三处的 2 与 3 点断开,1 与 2 短接便可。

3. 正确安装

KCZS6M-2 的实物元器件布置如图 4.62 所示,安装方法如下。

(1) 采用平面安装,外形尺寸为长 \times 宽 \times 高= $215\text{mm}\times 260\text{mm}\times 55\text{mm}$,安装孔距为长 \times 宽= $200\text{mm}\times 245\text{mm}$,安装孔径为 $4-\Phi 4.5$ 。

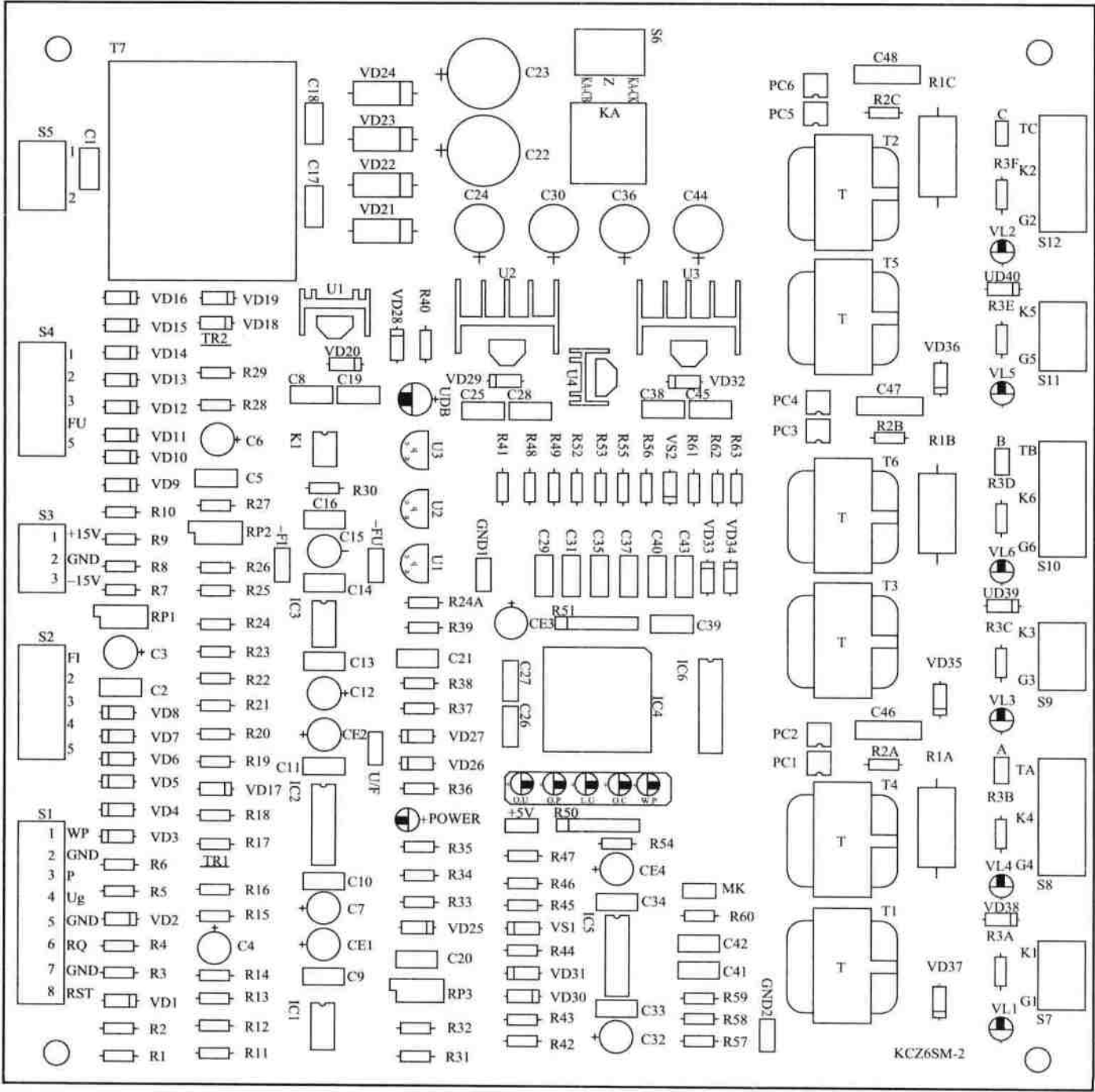


图 4.62 KCZS6M-2 的实物元器件布置

(2) 安装时,背面距导电安装板的距离应大于 20mm,上下左右应留有插拔接插件的空间,下方 200mm 内应无发热较大的器件。

(3) 对外引出连接导线应为截面积 $\geq 0.5\text{mm}^2$ 的软导线;各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用双绞线,每 100mm 不得少于 8~10 绞;输出 G_1 、 $K_1 \sim G_6$ 、 K_6 至被触发的 6 路晶闸管门-阴极之间的引线应尽可能短,并尽可能使用双绞线或同轴电缆屏蔽线。

(4) 若接插件 S_1 的输入为交流取样值,则应把拨码开关的第 3 位拨到 ON 位置,而把拨码开关的其他位拨到 OFF 位置;若 S_1 的输入为直流取样值,则应把拨码开关的第 1 位拨到 ON 位置,而把拨码开关的其他位拨到 OFF 位置。

(5) 若接插件 S_2 的输入为直流取样值,则应把拨码开关的第 2 位拨到 ON 位置,而把拨码开关的其他位拨到 OFF 位置;若 S_2 的输入为交流取样值,则把拨码开关的第 1~3 位都拨码到 OFF 位置。

4. 正确接线

(1) 接插件 S_5 中的引脚 1 与引脚 3 接 380V 供电电源;引脚 2 为空脚,使用中悬空。

(2) 接插件 S_3 中的引脚 1(+15V)、引脚 2(GND)、引脚 3(-15V)为提供给用户使用的两路电源,+15V 允许负载能力 20mA,-15V 允许负载能力为 10mA。

(3) 接插件 S_1 的引脚 3(P)、引脚 4(U_g)、引脚 5(GND)在用户不需要给定积分时,直接接给定电位器($>4.7\text{k}\Omega$)。其中,引脚 5 接电位器的接地端,引脚 3 接电位器的固定端,而引脚 4 接电位器滑动端,并把板内元件 SW_1 处的“3”与“2”短接。当用户需要给定积分时,则应把 S_1 的引脚 1 接电位器的接地端,引脚 3 接电位器的固定端,而引脚 2 接电位器滑动端,并把板内元件 SW_1 处的“1”与“2”短接。

(4) 接插件 S_1 的引脚 1(W_p)与引脚 2(GND)之间接外部故障保护接点(故障时为断开),用来进行外部故障时的保护(如冷却系统故障),不用该保护功能时可把此两端短接。 S_1 的引脚 8(RST)与引脚 7(GND)之间接复位按钮,该按钮用来在故障保护时动作,故障排除后对保护进行复位。

(5) 接插件 S_6 中的引脚 1(KA-CK)、引脚 2(Z)、引脚 3(KA-CB)为综合保护继电器的 3 个引出端。其中,引脚 2 为公共端,引脚 1 与引脚 2 之间为常开接点,而引脚 1 与引脚 3 之间为常闭接点,触点容量为 220V/2A 或 380V/1A,使用中应将其中任一对接点接保护或报警电路,作为分断用户主电路的动作接点。

(6) 电压取样可为交流,亦可为直流,取样幅值为 0~10V/0.1A。当用户系统电压取样为交流取样时,接插件 S_4 的引脚 1~引脚 3 接用户系统电压取样环节的输岀,此时引脚 4(FU)与引脚 5(GND)悬空;若用户系统电压取样为直流,则电压取样接引脚 4(FU)与引脚 5(引脚 4 为正端),此时引脚 1~引脚 3 悬空。若电压取样环节输出信号为交流电流且电流值在 0~10mA,可把板内 TR_2 直接短接,并把对应的电阻 R_{29} 、 R_{28} 换为 $1\text{k}\Omega/2\text{W}$;若交流反馈或保护信号为 0~100mA,则应直

接短接板内 TR_2 , 当保护取样信号为 $4\sim 20\text{mA}$ 时, 应在短接板内 TR_2 的同时, 把电阻 R_{29} 或 R_{28} 换为 $510\Omega/2\text{W}$ 。

(7) 若用户系统电流取样为交流取样, 则接插件 S_2 的引脚 3~引脚 5 接用户系统电流取样环节的输出, 此时引脚 1 与引脚 2 悬空; 若用户系统电流取样值为直流(如霍尔电流传感器), 则接插件 S_2 的引脚 1(FI) 取样信号的正端, 引脚 2(GND) 取样信号的负端, 此时引脚 3~引脚 5 悬空。电流取样可为交流取样, 亦可为直流取样, 该取样输入应为把电流信号转换为电压的信号, 幅值为 $0\sim 10\text{V}/0.1\text{A}$ 。若反馈信号或保护取样信号为交流, 且电流值在 $0\sim 10\text{mA}$ 内时, 可把板内 TR_1 直接短接, 并把对应的电阻 R_{16} 或 R_{15} 换为 $1\text{k}\Omega/2\text{W}$; 若交流反馈或保护信号为 $0\sim 100\text{mA}$, 则应直接短接板内 TR_1 ; 当反馈信号或保护取样信号为 $4\sim 20\text{mA}$ 时, 应在短接板内 TR_1 的同时, 把电阻 R_{15} 或 R_{16} 换为 $510\Omega/2\text{W}$ 。

(8) 接插件 S_{12} 中 T_C 为应用同步变压器时对应 C 相同步信号输入端, 而 K_2 、 G_2 接对应 C 相负半周整流臂中晶闸管的阴极与门极; 在不应用同步变压器时, T_C 悬空, 直接以 K_2 输入的对应 C 相负半周晶闸管阴极电压作为同步电压。

(9) 接插件 S_{10} 中 T_B 为应用同步变压器时对应 B 相同步信号输入端, 而 K_3 、 G_3 接对应 B 相负半周整流臂中晶闸管的阴极与门极; 在不应用同步变压器时, T_B 悬空, 直接以 K_3 输入的对应 B 相负半周晶闸管阴极电压作为同步电压。

(10) 接插件 S_8 中 T_A 为应用同步变压器时对应 A 相同步信号输入端, 而 K_4 、 G_4 接对应 A 相负半周变流臂中晶闸管的阴极与门极; 在不应用同步变压器时, T_A 悬空, 直接以 K_4 输入的对应 A 相负半周晶闸管阴极电压作为同步电压。

(11) 接插件 S_{11} 中 G_5 、 K_5 接对应 C 相正半周变流臂中晶闸管的门-阴极。

(12) 接插件 S_9 中 G_3 、 K_3 接对应 B 相正半周变流臂中晶闸管的门-阴极。

(13) 接插件 S_7 中 G_1 、 K_1 接对应 A 相正半周变流臂中晶闸管的门-阴极。

5. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 为实际电流取样值调节电位器: 顺时针调节, 等效电流取样值增加, 相当于保护门槛降低; 逆时针调节, 取样值减小, 相当于保护门槛提高。

(2) RP_2 为实际电压取样值调节电位器: 顺时针调节, 电压取样值增加, 相当于保护门槛降低; 逆时针调节, 取样值减小, 相当于保护门槛提高。

(3) RP_3 为最小 α 角整定调节电位器: 顺时针调节, α_{\min} 增大; 逆时针调节, α_{\min} 减小。出厂前已整定为 $\alpha_{\min}=0^\circ$, 用户一般不需要再调节。

6. 典型应用举例

图 4.63 是 KCZS6M-2 控制板用于三相交流调压系统的原理图。在该系统中, 电压和电流取样都采用了交流取样, 所以该系统不但有缺相保护, 而且有过压和过流保护。由于系统采用强迫风冷, 因此在接插件 S_1 的引脚 1 与引脚 2 之间接入了进行超温保护的接点(温度继电器装于散热器上)。

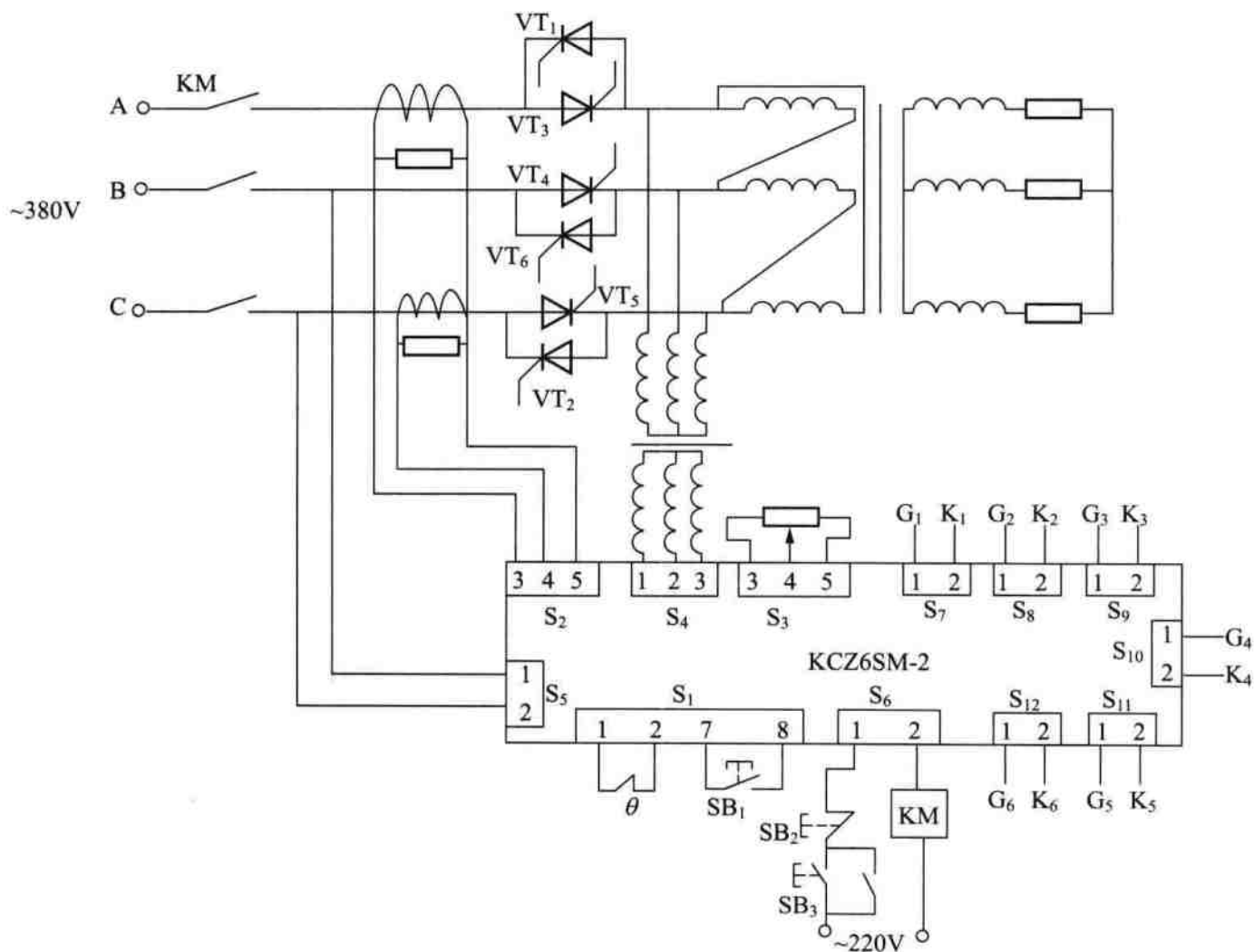


图 4. 63 KCZS6M-2 用于三相交流调压系统

4. 14 KCZS6M-3 准数字式晶闸管闭环控制板

KCZS6M-3 是应用 SGK198 专用集成电路开发的准数字式晶闸管闭环触发板,具有数字化控制,输出脉冲对称性好,使用中可用同步变压器、也可不用同步变压器,具备自对相序功能等优点,在 KCZ6SM-2 的基础上增加了 1 个闭环调节器,可用来取代 KCZ6. 2、KCZ6-1T、JQC3. 1,用于三相可控整流及三相交流调压系统。

4. 14. 1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 直接 380V 供电,内含自身工作所需的+15V、-15V、+5V、+24V 电源生成环节。
- (2) 具有缺相、外部故障(如冷却水系统故障)、自身工作电源欠压、被控制系统过压、过流保护功能。
- (3) 内含脉冲变压器及脉冲隔离和整形环节,并增加了给定积分功能,还增加了闭环调节器功能,输出可直接触发 6 只 5~1650A/100~3500V 的晶闸管。

(4) 有 7 个电位器 $RP_1 \sim RP_7$, 用来调节给定积分上升时间常数、调节器等效积分时间常数、过压和过流保护的门槛、闭环反馈系数的大小、移相触发的最大和最小 α 角限幅。

4.14.2 内部结构及工作原理

KCZS6M-3 内集成有触发脉冲形成、闭环调节器、给定积分、过压过流保护、脉冲功率放大、整形与抗干扰环节, 其电路原理如图 4.64 所示(见书后插页)。

2. 输入参数

- (1) 供电电源电压: 交流 380V, 负载电流最大值 0.5A。
- (2) 输入电流取样值最大范围: $0 \sim 10V/0.1A$ 。
- (3) 输入电压取样值最大范围: $0 \sim 10V/0.1A$ 。
- (4) T_A 、 T_C 、 T_B 同步输入电压范围 $30V \sim 380V/0.01A$ (可通过调节限流电阻 R_{1A} 、 R_{2A} 、 R_{1B} 、 R_{2B} 、 R_{1C} 、 R_{2C} 来实现)。

3. 输出参数

- (1) S_3 对应的 +15V 与 -15V 电源最大负载能力分别为 20mA 与 10mA。
- (2) G_1 、 $K_1 \sim G_6$ 、 K_6 最大脉冲电流负载能力为 400mA, 最高空载电压幅值为 +12V。
- (3) 可触发 $5 \sim 1650A/100 \sim 1500V$ 的 6 个晶闸管。

4.14.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔: $\leq 1500m$ 。
- (2) 使用环境温度范围 T_A : $-10 \sim 45^\circ C$ 。
- (3) 空气相对湿度: $\leq 90\%$ (相对环境温度为 $20^\circ C$ 时)。
- (4) 周围无导电、易爆尘埃, 无腐蚀和破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动及冲击。

2. 应用注意事项

(1) KCZS6M-3 中的 SGK198 专用控制芯片为 CMOS 器件, 使用中要谨防静电造成击穿损坏, 切忌直接用手触摸 SGK-198 的引脚, 也不要万用表去量测其的引脚。

(2) 标准使用时不用同步变压器, 直接用于工作系统线电压 $\leq 660V$ (标准产品出厂时按 380V 焊接的限流电阻, 高于 660V 或低于 380V 订货时应说明) 的系统。当用户系统工作电压高于 660V 或电压很低 (低于 10V) 时, 建议使用同步变压器, 同步变压器二次侧线电压为 380V, 此时对应 G_1 、 K_1 与 G_4 、 K_4 脉冲的那个臂的同步电压接插件 S_9 的 T_A , 对应 G_3 、 K_3 与 G_6 、 K_6 脉冲的那个臂的同步电压接插

件 S₁₁ 的 T_B, 而对应 G₂、K₂ 与 G₅、K₅ 脉冲的那个臂的同步电压接插件 S₁₃ 的 T_C。在此情况下, 把板上标有 A、B、C 三处的“1”与“3”断开, “1”与“2”短接便可。

3. 正确安装

图 4.65 是 KCZS6M-3 的实物元器件配置图, 安装方法如下。

- (1) 采用平面安装, 外形尺寸为长×宽×高=230mm×255mm×20mm, 安装孔距为长×宽=215mm×240mm, 安装孔径为 4-Φ4.5。
- (2) 安装时, 背面距导电安装板的距离应大于 20mm, 上下左右应留有拔插接插件的空间, 下方 200mm 内应无发热较大的器件。

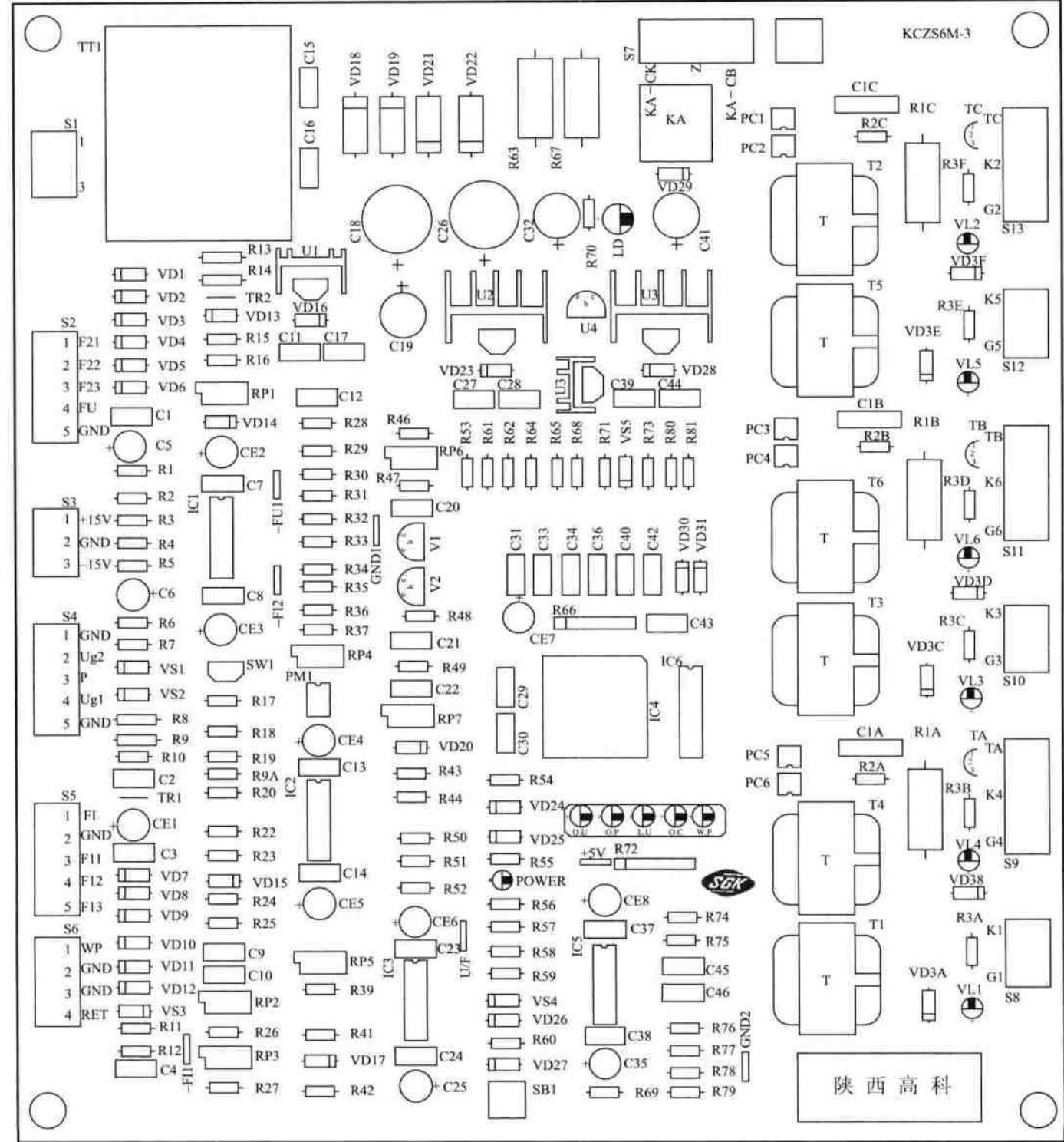


图 4.65 KCZS6M-3 的实物元器件配置

(3) 对外引出连接导线应选用截面积 $\geq 0.3\text{mm}^2$ 的多芯软导线;各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用双绞线,每100mm不得少于8~10绞,输出 G_1 、 $K_1 \sim G_6$ 、 K_6 至被触发的6路晶闸管门-阴极之间的引线应尽可能短,并尽可能使用双绞线或同轴电缆屏蔽线。

(4) 接插件 S_5 对应构成闭环的反馈量输入通道,用户需要构成哪种量的闭环,就在该通道接该量的取样值。如要构成电流闭环,则接电流取样值;若要构成电压闭环,则接电压取样值。

(5) 若接插件 S_2 的输入为交流取样值,则应把拨码开关的第3位拨到ON位置,其他位拨到OFF位置;若 S_2 的输入为直流取样值,则应把拨码开关的第1位拨到ON位置,其他位拨到OFF位置。

(6) 若接插件 S_5 的输入为直流取样值,则应把拨码开关的第2位拨到ON位置,其他位拨到OFF位置;若 S_5 的输入为交流取样值,则把拨码开关的第1~3位都拨码到OFF位置。

4. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的引脚1与引脚3接380V供电电源;引脚2为空脚,使用中悬空。

(2) 接插件 S_3 的引脚1(+15V)、引脚2(GND)、引脚3(-15V)为提供给用户使用的两路电源,+15V的负载能力为 $\leq 20\text{mA}$, -15V的负载能力为 $\leq 10\text{mA}$ 。

(3) 接插件 S_4 的引脚3(P)、引脚4(U_{g1})、引脚5(GND)在用户需要给定积分时直接接给定电位器(阻值大于 $4.7\text{k}\Omega$,功率大于1W)。其中,引脚5接电位器的接地端,引脚3接电位器的固定端,引脚4接电位器滑动端,并把板内元件 SW_1 处的“1”与“2”短接,此时 S_1 的引脚2悬空不用。当用户不需要给定积分时,应把 S_1 的引脚3接电位器的固定端,引脚1接电位器的接地端,引脚2接电位器的滑动端,并把元件 SW_1 处的“3”与“2”短接,此时 S_4 的引脚4悬空不用。

(4) 接插件 S_6 的引脚1(Wp)与引脚2(GND)之间接外部故障保护接点(故障时断开),用于外部故障保护(如冷却系统故障),不用此保护功能时可把此两端短接。 S_1 的引脚8(RET)与引脚7(GND)之间接复位按钮,用于保护复位。

(5) 接插件 S_7 的引脚1(KA-CK)、引脚2(Z)、引脚3(KA-CB)为综合保护继电器的3个引出端。其中,引脚2为公共端,引脚1与引脚2之间为常开接点,引脚1与引脚3之间为常闭接点,触点容量为220V/2A或380V/0.5A,其中任一对接点都可接保护或报警电路,作为分断用户主电路的动作接点。

(6) 电压取样可为交流,亦可为直流,取样幅值为0~10V/0.1A。当用户系统电压取样为交流取样时,接插件 S_2 的引脚1~引脚3接用户系统电压取样环节的输出,此时引脚4(FU)与引脚5(GND)悬空;若用户系统电压取样为直流,则电压取样值接引脚4(FU)与引脚5(引脚4为正端),此时引脚1~引脚3悬空。电压取样环节输出信号为交流电流且电流值在0~10mA内时,可把板内 TR_2 直接短接,

并把对应的电阻 R_{33} 、 R_{32} 换为 $1k\Omega/2W$ ；若交流反馈或保护信号为 $0\sim 100mA$ ，则应直接短接板内 TR_2 ；当保护取样信号为 $4\sim 20mA$ 时，应在短接板内 TR_2 的同时，把电阻 R_{32} 或 R_{33} 换为 $510\Omega/2W$ 。

(7) 若用户系统电流取样应用交流取样，则接插件 S_5 的引脚 3~引脚 5 接用户系统电流取样环节的输出，此时引脚 1 与引脚 2 悬空；若用户系统电流取样值为直流（如霍尔电流传感器），则接插件 S_5 的引脚 1(FI)接取样的正端，引脚 2(GND)接取样的负端，此时引脚 3~引脚 5 悬空。电流取样可为交流取样，亦可为直流取样，该取样输入应把电流信号转换为电压的信号，幅值为 $0\sim 10V/0.1A$ 。反馈信号或保护取样信号为交流且电流值在 $0\sim 10mA$ 内时，可把板内 TR_1 直接短接，并把对应的电阻 R_7 、 R_8 换为 $1k\Omega/2W$ ；若交流反馈或保护信号为 $0\sim 100mA$ ，则应直接短接板内 TR_1 ；反馈信号或保护取样信号为 $4\sim 20mA$ 时，应在短接板内 TR_1 的同时，把电阻 R_7 或 R_8 换为 $510\Omega/2W$ 。

(8) 接插件 S_{13} 的 T_C 为应用同步变压器时对应 C 相同步信号输入端， K_2 、 G_2 接对应 C 相负半周整流臂中晶闸管的阴极与门极；在不应用同步变压器时， T_C 悬空，直接以 K_2 输入的对应 C 相负半周晶闸管阴极电压作为同步电压。

(9) 接插件 S_{11} 的 T_B 为应用同步变压器时对应 B 相同步信号输入端， K_3 、 G_3 接对应 B 相负半周整流臂中晶闸管的阴极与门极；在不应用同步变压器时， T_B 悬空，直接以 K_3 输入的对应 B 相负半周晶闸管阴极电压作为同步电压。

(10) 接插件 S_9 的 T_A 为应用同步变压器时对应 A 相同步信号输入端， K_4 、 G_4 接对应 A 相负半周整流臂中晶闸管的阴极与门极；在不应用同步变压器时， T_A 悬空，直接以 K_4 输入的对应 A 相负半周晶闸管的阴极电压作为同步电压。

(11) 接插件 S_{12} 中的 K_5 、 G_5 接对应 C 相正半周整流臂中晶闸管的门-阴极。

(12) 接插件 S_{10} 中的 K_3 、 G_3 接对应 B 相正半周整流臂中晶闸管的门-阴极。

(13) 接插件 S_8 中的 K_1 、 G_1 接对应 A 相正半周整流臂中晶闸管的门-阴极。

5. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 为构成闭环的物理量——电流（或电压）实际取样值调节电位器：顺时针调节，取样值增加，相当于保护门槛降低；逆时针调节，取样值降低，相当于保护门槛提高。

(2) RP_2 为构成闭环控制的物理量——电压（或电流）的实际反馈值调节电位器：顺时针调节，反馈值增加；逆时针调节，反馈值降低。

(3) RP_3 为不构成闭环控制的物理量——电压（或电流）的实际反馈值调节电位器：顺时针调节，反馈值增加，相当于保护门槛降低；逆时针调节，反馈值降低，相当于保护门槛提高。

(4) RP_4 为给定最小触发控制角 α_{\min} 调节电位器：顺时针调节， α_{\min} 增大；逆时针调节， α_{\min} 减小。

(5) RP_5 为给定为零时最大触发控制角 α_{\max} 调节电位器：顺时针调节， α_{\max} 增

大;逆时针调节, α_{max} 减小。

6. 典型应用举例

图 4.66 是 KCZS6M-3 用于直流恒流电源控制系统的原理图。图中, 电流检测应用霍尔电流传感器, 电压检测应用霍尔电压传感器, 系统工作在输出恒流与过压保护状态。由于该恒流源输出电压较低, 所以同步信号直接取自整流变压器二次侧, 无需使用同步变压器。

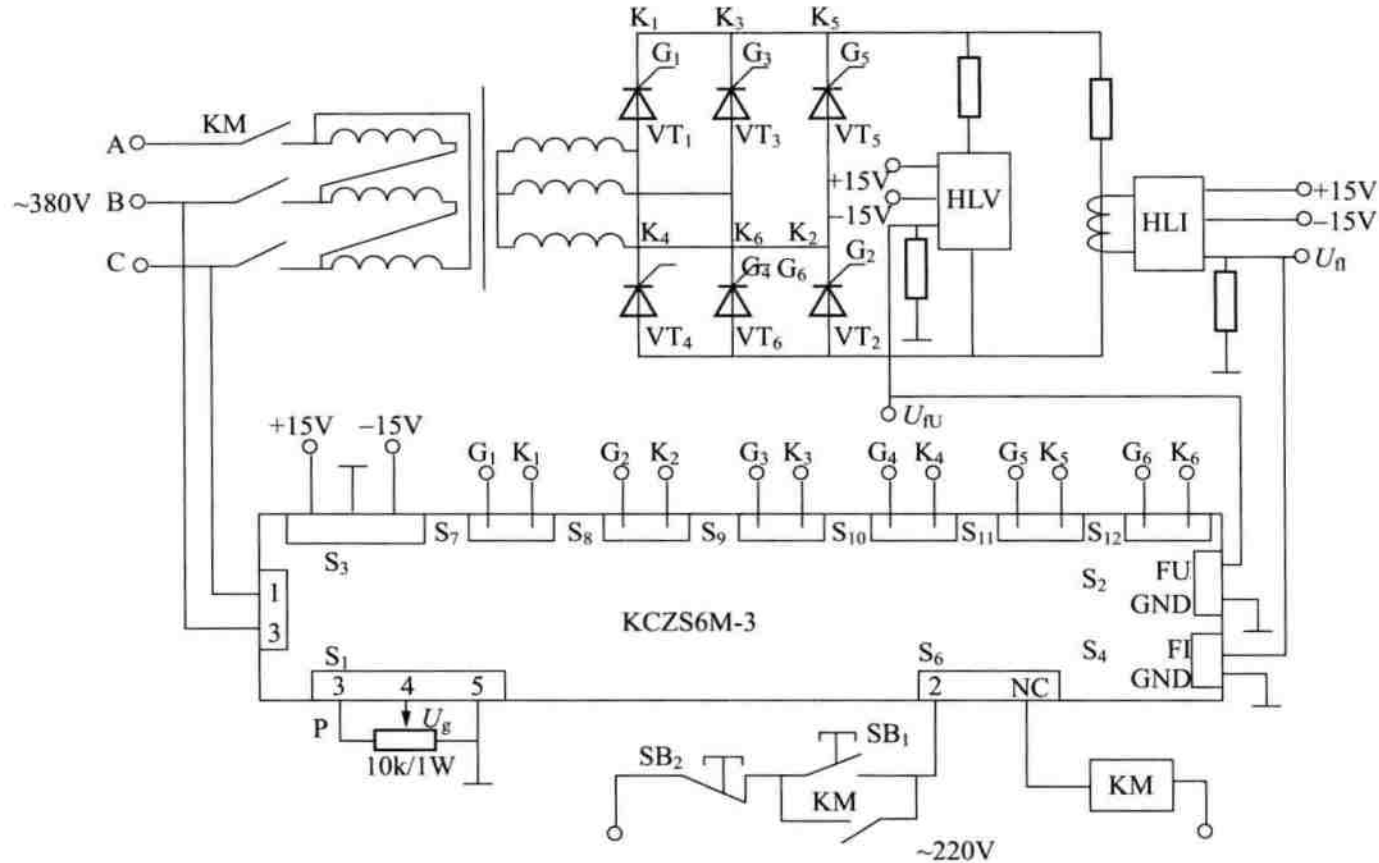


图 4.66 KCZS6M-3 用于三相桥式全控整流的恒流控制系统

4. 15 KCZB 高性能通用晶闸管三相控制板

KCZB 是陕西高科电力电子有限责任公司专为晶闸管直流调速、三相交流调压、大功率三相全控或半控整流电源、直流电动机及交流同步发电机励磁等应用场合开发的高性能多功能型控制板。

4. 15. 1 主要设计特点和参数限制

(1) 应用 TC787 专用集成电路来完成三相全控或半控桥晶闸管的移相触发功能。由于 1 片 TC787 便可取代 3 片 KJ009(或 KJ004 或 TCA785)+1 片 KJ041+1 片 KJ042 组合才具有的功能, 因而极大地减小了三相 6 路移相触发脉冲形成环节的尺寸, 提高了集成度, 减少了外围元件, 增强了可靠性, 简化了调试步骤。

(2) 整个印制板仅用 5 片高性能集成电路, 集成度高、可靠性强。

(3) 印制板采用进口板材,热风整平等印制板加工工艺,防腐性能好,孔化走线等工艺可靠。

(4) 把脉冲功放、整形及抗干扰部分全部排于一块板上,避免了外配脉冲末级板时主板与末级板之间配线、安装等不便,使用起来更加方便。

(5) 设计有过压、过流、欠流等保护环节,且保护门槛可调,随用户选通信号的不同可构成稳压、稳流、稳定发电机输出电压、稳速等闭环,以实现相应的闭环控制功能,满足了不同用户的不同需要。

(6) 应用高性能晶闸管三相缺相、错相保护厚膜集成电路实现缺相、错相下的保护功能,保证用户系统安全。

(7) 设计有给定积分环节、闭环调节器和保护后的输出报警无源接点信号,既可保证把用户的阶跃给定变为斜坡给定并实现闭环调节功能,又可保证保护后在封脉冲的同时给出 1 对常开(过压、过流、电流截止、欠流保护)及 1 对常闭(缺相或错相保护)接点信号,可用于分断用户主回路,保证故障情况下系统的安全。

(8) 允许本机给定、计算机给定及远动控制中央操作台 3 种给定方式。不但 3 种给定可任选其一,而且还可同时叠加使用。

2. 主要参数限制

(1) 交流同步电压:三相 30V/0.1A。

(2) 外配同步变压器接法:380V/30V,Y/Y-11 或 Δ /Y-12。

(3) 输入移相控制电压范围:0~10V 直流。

(4) 移相范围: $0^{\circ}\sim 177^{\circ}$ 。

(5) 触发脉冲形式:脉冲调制式。

(6) 允许调制脉冲列频率范围:5~10kHz。

(7) 各相脉冲不均匀度: $<\pm 3^{\circ}$ 。

(8) 输入控制电压:双交流 18V/0.5A 或两组三相交流 8V。

(9) 输出稳压电源负载能力: $\pm 15\text{V}/20\text{mA}$ 。

(10) 控制板最大功耗: $<10\text{W}$ 。

(11) 输入反馈信号 U_f 及 I_f :0~10V/10mA 直流。

(12) 输入选通信号 309#、310#电平幅值:0V 或 15V。

(13) 输出 6 路触发脉冲电压幅值 12V,允许最大脉冲电流:300mA。

(14) 提供给用户的保护接点 A*、B* 间允许施加交流 220V/3A 或 380V/1A。

4.15.2 内部结构及工作原理

KCZB 的内部电路可分为给定积分环节、保护环节、脉冲形成环节、闭环调节器、脉冲功放及整形环节 5 部分,各部分的原理分析如下。

1. 给定积分环节

该环节的作用是把用户的阶跃给定转变为斜坡给定,避免突加负载全压启动

引起的冲击损坏用户设备,其电路原理如图 4.67 所示。

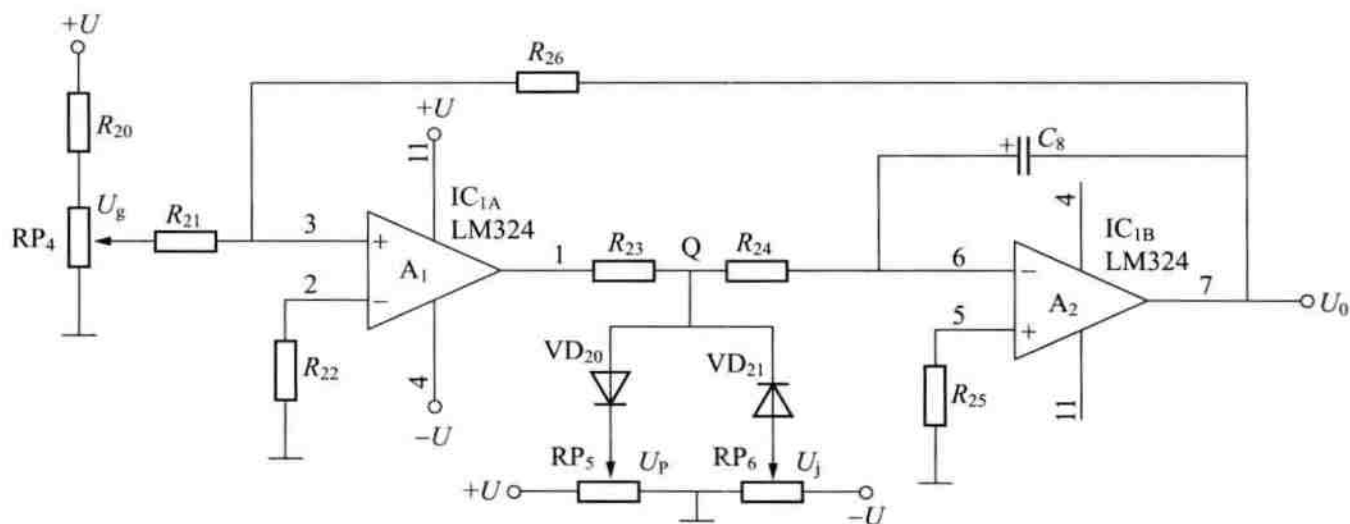


图 4.67 给定积分环节原理图

电子开关 A_1 把用户的给定信号 U_g 与反相端的反馈信号进行比较:当 U_g 大于零时, A_1 输出高电平(接近电源电压 $+U$),设电位器 RP_5 的中点电位为 U_p ,则 Q 点电位为 $U_p + 0.7V$ ($0.7V$ 为 VD_{20} 硅二极管的压降), $+U$ 与 $U_p + 0.7V$ 之差的电压降到电阻 R_{23} 上,二极管 VD_{21} 因承受反压而截止,此时积分器 A_2 便以 $(U_p + 0.7V)/R_{24}$ 所决定的电流值,以 R_{24} 与 C_8 所决定的积分时间常数向 $-U_g$ 进行积分。在电阻 R_{26} 与 R_{21} 阻值相等条件下,积分器积分至 $U_0 = -U_g$ 时, A_1 同相端电压为零,输出保持为零,积分器 A_2 停止积分, RP_5 中点的电压可决定从零积分到 $-U_g$ 的时间,所以调节 RP_5 便可调节给定积分的上升时间。相反,当用户的调节使 U_g 从原来某一个值变为零时, A_1 同相端电压为 $-U_g$ 小于反相端的零电压, A_1 输出低电压平(接近负电源电压 $-U$),设此时电位器 RP_6 的中点电位为 U_j ,则 Q 点电压为 $U_j - 0.7V$,积分器 A_2 便以 R_{24} 、 C_8 所决定的积分时间常数反向积分到零。由此可见,电位器 RP_6 的中点电压决定了输出电压 U_0 从 $-U_g$ 积分到零电压的时间,所以调节 RP_6 的中点电压便可调节给定积分从原来的某一个给定值变为零的下降时间。

2. 闭环调节器

闭环调节部分为满足不同用户的使用需要,增加了 1 对 4 选 1 的模拟开关 4052,随着反馈量的不同,可实现稳压、稳流、稳速、稳定发电机输出电压等功能。该部分的电路原理如图 4.68 所示,选通信号与反馈量的对应关系见表 4.3 所列。

图 4.68 中, A_3 为常规的 PI 调节器,电位器 RP_2 的作用是使 PI 调节器的比例及积分时间常数可调。由于该控制板应用无差的 PI 调节器,故可实现给定与反馈之间无差,达到高精度稳定被控量的目的。 U_{if} 为来自电流截止环节的输出,用来保证过流后迅速把晶闸角的导通角推到最小,防止短路状态下烧坏用户系统或晶闸管元件,保证系统安全。剩下的 A_4 为差分器,其作用是实现当给定电压 U_g 最小时晶闸管的导通角最小,当给定电压最高时晶闸管的导通角最大,以满足 TC787

当移相控制电压最高时对应晶闸管导通角最小,而当移相控制电压最低时对应晶闸管导通角最大这一负逻辑需求。

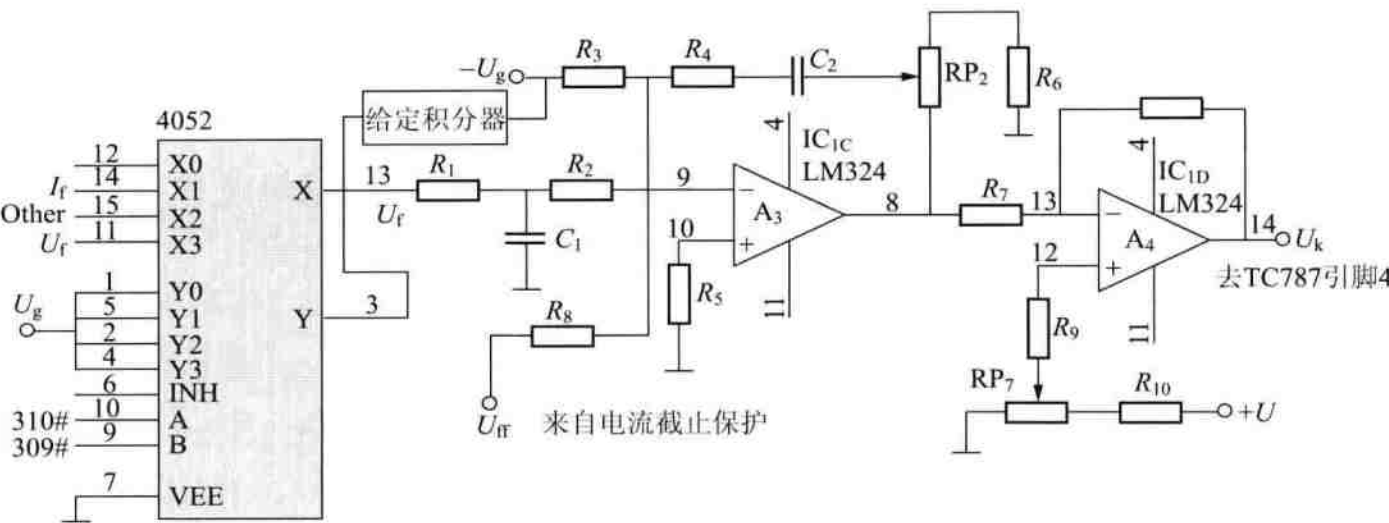


图 4.68 闭环调节器原理图

表 4.3 所选反馈量与选通信号之间的关系

4052 的引脚 6	390# 接	310# 接	选通反馈量	等效给定信号
接低电平	低电平	低电平	无效(禁止 309# 与 310# 同时为低电平)	用户设定的给定电压
接低电平	低电平	高电平	电流反馈	
接低电平	高电平	低电平	发电机输出电压或其他反馈	
接低电平	高电平	高电平	直流输出电压反馈	
接高电平	任意电平	任意电平	恒为低电平	恒为低电平

3. 保护环节

主回路的保护功能对电力电子设备的可靠运行,加强设备运行的鲁棒性,防止电力电子器件的损坏具有非常重要的作用和意义。

(1) 过压保护:防止被控制系统输出电压过高或交流输入电压偏离电网正常值时,烧坏功率晶闸管或用户设备,其电路原理如图 4.69 所示。当来自主电路电压传感器或分压电阻的电压取样信号大于比较器 A₅ 反相端设定的正常阈值时,

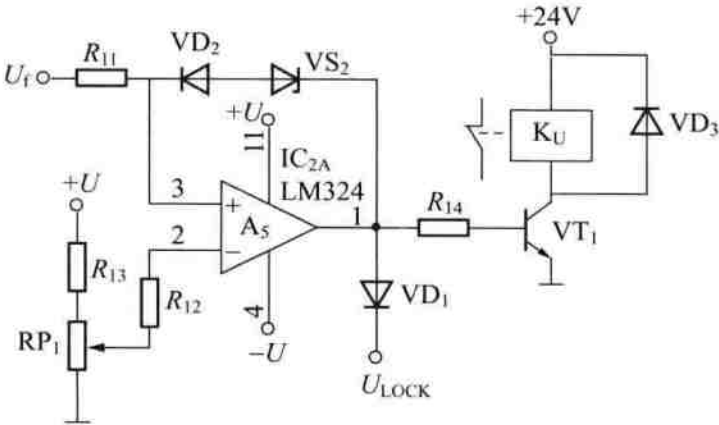


图 4.69 过压保护原理图

比较器 A_5 翻转, 输出高电平自保, 一则封锁 TC787 的输出脉冲, 二则使晶体管 VT_1 导通, 继电器 K_U 动作, 其常闭触点断开, 分断用户系统的主电路; 而当来自主电路电压传感器或分压电阻的电压取样信号小于比较器 A_5 反相端设定的正常门槛值时, 该比较器 A_5 输出低电平, 封锁 TC787 的信号 U_{LOCK} 无效, 继电器 K_U 不动作, 用户系统主电路不被分断。

(2) 过流保护: 电路原理如图 4.70 所示, 其工作过程与过压保护电路基本相同。

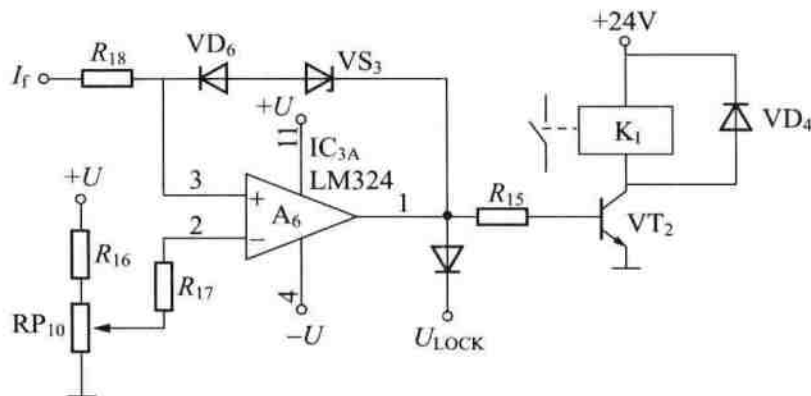


图 4.70 过流保护原理图

(3) 欠励保护(欠流保护或欠速保护): 电路原理如图 4.71 所示, 用来防止用户使用该控制板给同步发电机或直流电动机励磁单元供电时, 因励磁电流不足引起的飞车超速等故障, 亦可作为直流调速系统的欠速或三相交流调压系统的欠压等保护。正常情况下, 调节用户系统输出的给定信号大于比较器 A_8 同相端设定的欠励保护功能的门槛值, 比较器 A_8 输出低电平, 欠励保护功能被切除。若比较器 A_7 反相端的电流取样值小于其同相端设定的欠励门槛值, 则 A_7 输出高电平, 比较器 A_9 输出高电平并自保, 一则封锁 TC787 的输出, 二则使晶体管 VT_3 导通, 继电器 K_{LM} 动作, 其常闭触点断开分断用户系统主电路; 反之, 若 A_7 反相端的电流取样值大于其同相端设定的欠励保护门槛值, 则 A_7 输出低电平, 欠励保护电路不动作。

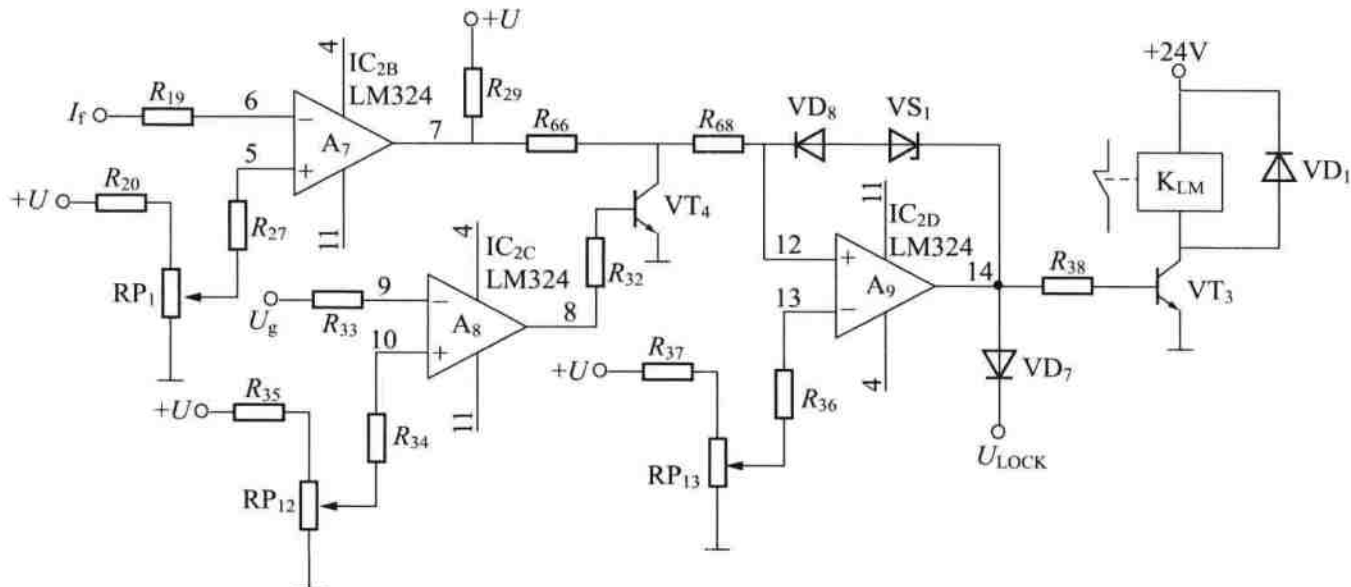


图 4.71 欠励(欠流或欠速)保护原理图

该电路中设置删除欠励保护电路的目的是,防止启动过程中欠励保护动作,造成不能正常启动;同时设置电位器 RP_{13} ,提高比较器 A_9 翻转的阈值,防止误动作。

(4) 缺相与错相保护:目的是防止被控制系统缺相或错相运行造成器件烧坏,其电路原理如图 4.72 所示。图中应用了陕西高科电力电子有限责任公司生产的缺相与错相保护专用厚膜集成电路 TH201。当相序及三相电源正常时,TH201 引脚 14 输出高电平,晶体管 VT_4 导通,继电器 K_{LP} 动作,其常开触点闭合,不断开用户系统主电路;同时,晶体管 VT_5 导通,其集电极输出低电平,TC787 的输出脉冲不被封锁。若发生缺相或错相,则 TH201 引脚 14 输出低电平,晶体管 VT_4 不导通,继电器 K_{LP} 不动作,其常开触点断开,分断用户系统主电路;同时,晶体管 VT_5 不导通,其集电极输出高电平,封锁 TC787 的输出脉冲。

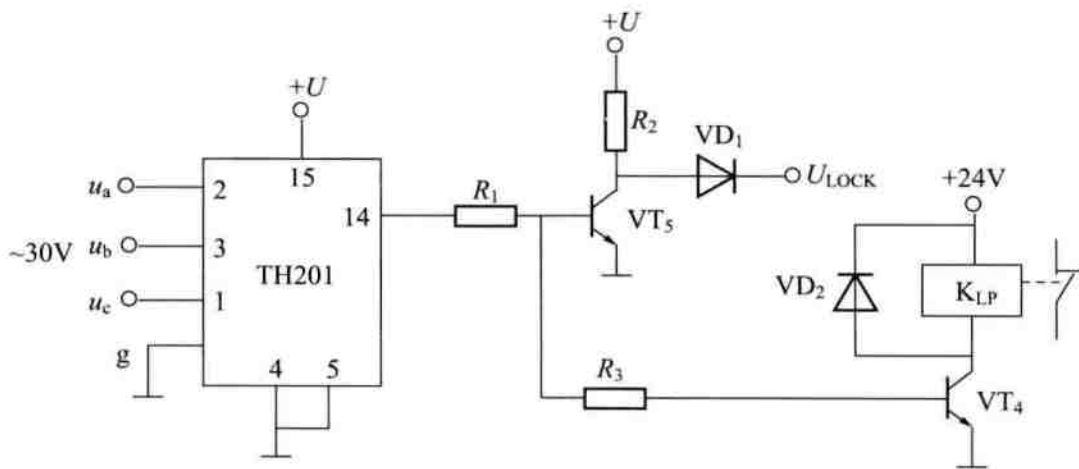


图 4.72 缺相或错相保护原理图

(5) 电流截止保护:目的是防止短路状态下烧坏用户设备或满足某些用户所需要的“挖土机特性”而设计的,其电路原理如图 4.73 所示。正常情况下,电流检测单元的输出信号 I_f 小于比较器 A_{19} 反相端设定的电流截止保护动作阈值,比较器 A_{19} 输出低电平,电流截止保护不动作;当电流取样信号大于比较器 A_{19} 反相端设定的欠励阈值时,比较器 A_{19} 输出高电平(接近控制板工作电源电压 $+U$),闭环调节器迅速反向饱和并输出最低值(接近 $-U$),差分器 A_4 (参见图 4.68)输出最大值,把晶闸管的导通角迅速推到最小,实现电流截止功能。

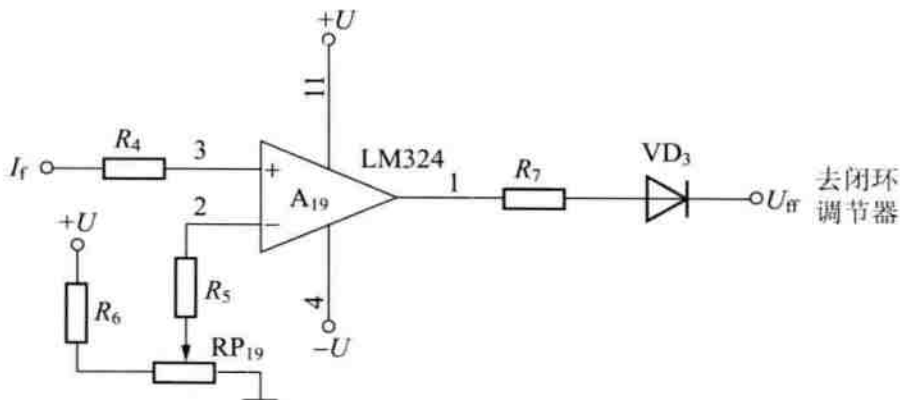


图 4.73 电流截止保护原理图

4. 三相 6 路晶闸管移相触发脉冲形成环节

三相 6 路晶闸管移相触发脉冲单元应用了 TC787 专用芯片,其应用电路如图 4.74 所示。TC787 集脉冲形成、移相环节、锯齿波形成、脉冲调制等环节于一体,1 片可取代 3 片 KJ004+1 片 KJ041+1 片 KJ042(或 3 片 TCA785+1 片 KJ042+1 片 KJ041)组合才具有的功能。 C_a 、 C_b 、 C_c 为三相锯齿波形成电容,而 C_x 为决定调制脉冲频率及 6 路触发脉冲中每个触发脉冲宽度的电容,移相电压来自该控制板差分器的输出。

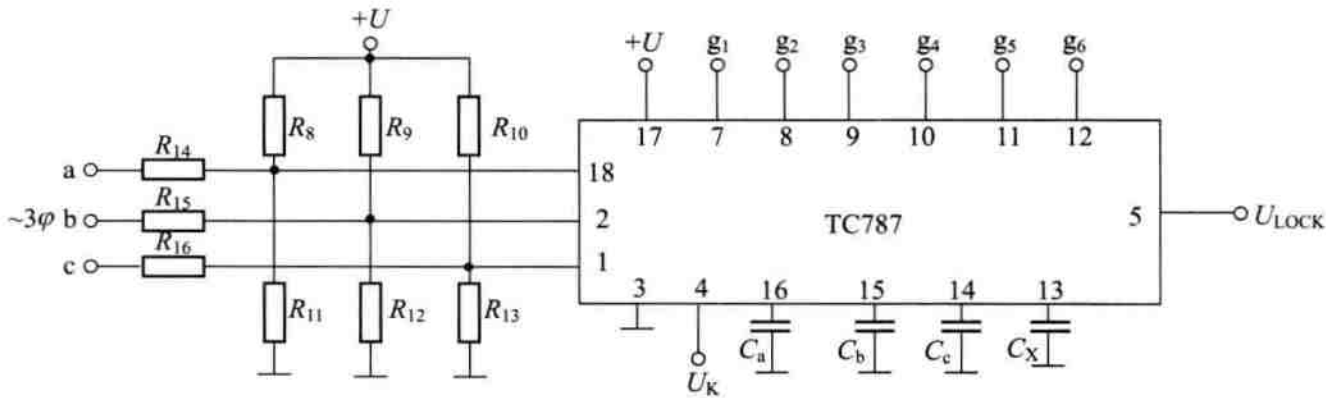


图 4.74 用 TC787 构成的三相 6 路晶闸管移相触发单元

5. 脉冲功放整形及抗干扰环节

该环节的电路原理如图 4.75 所示。TC787 输出的触发脉冲经开关晶体管 VT_6 功率放大及整形后提供给晶闸管的门-阴极, VS_5 、 VS_6 、 VD_{14} 是防止晶体管 VT_6 关断过程中的尖峰电压损坏晶体管 VT_6 及防止脉冲变压器 T_B 承受单向电压与电流工作而饱和所增加的环节,二极管 VD_{16} 、 VD_{17} 为脉冲整形网络,电阻 R_{96} 及电容 C_7 是防止晶闸管的误触发导通而增加的抗干扰环节。

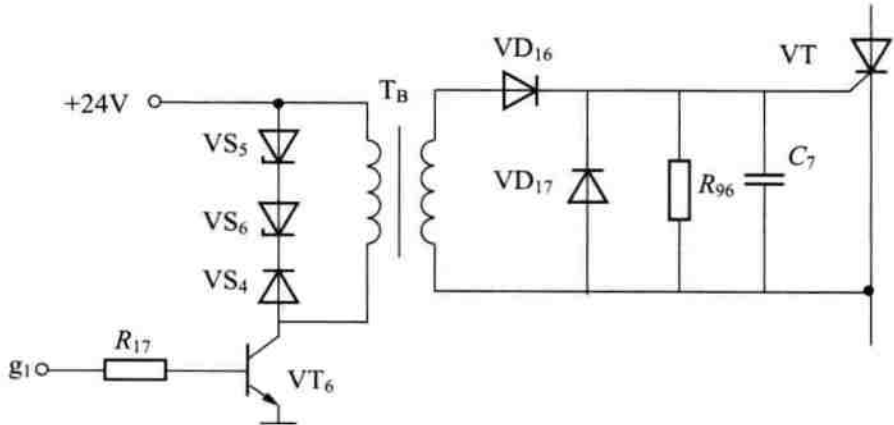


图 4.75 触发脉冲功放整形及抗干扰网络

4. 15. 3 应用技术

1. 元器件布置

KCZB 的印制板外形尺寸为长×宽×高=255mm×190mm×30mm,主要元器件布置如图 4.76 所示。

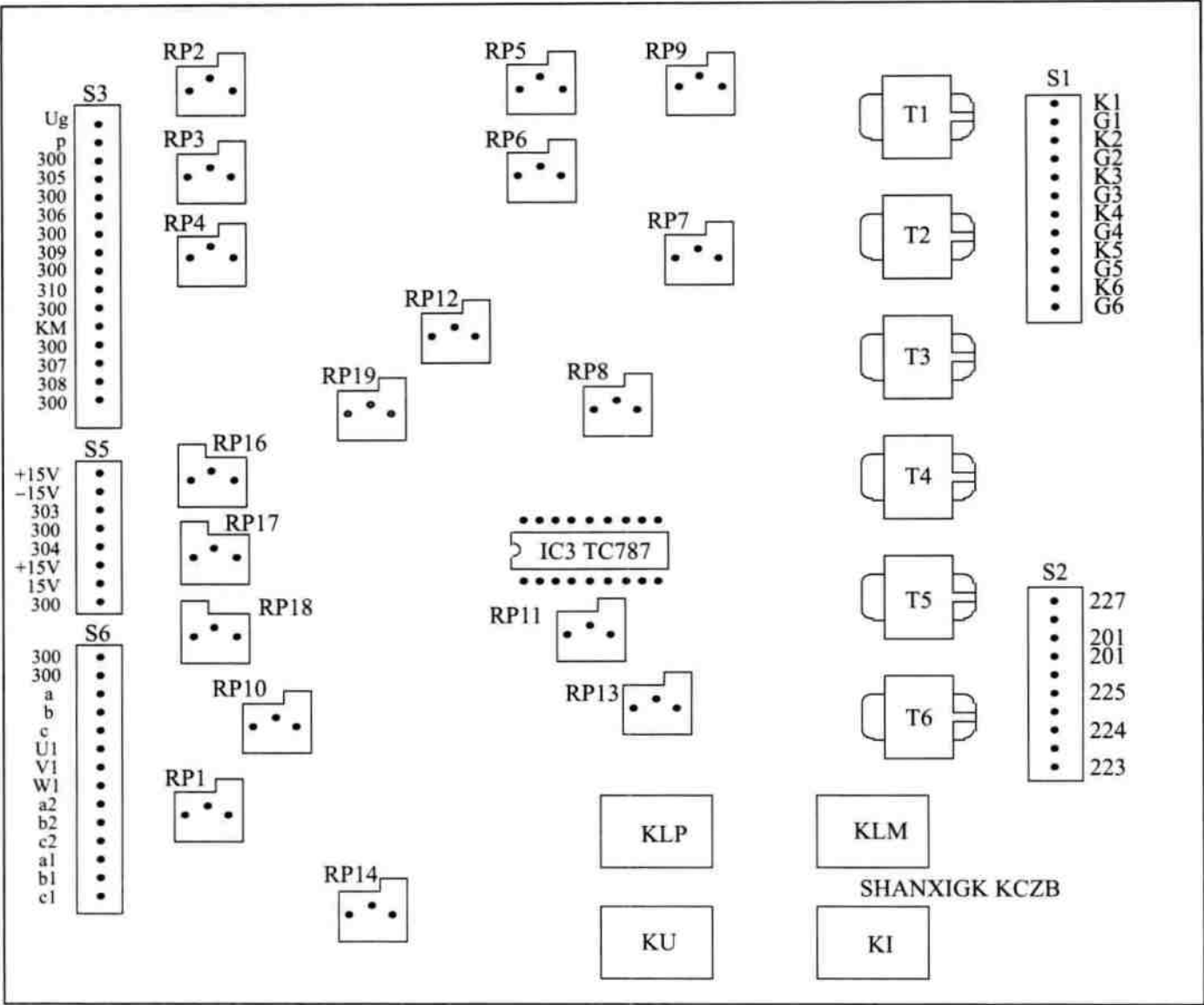


图 4.76 KCZB 通用控制板的主要元器件布置

2. 正确接线

(1) 接插件 S₃: U_g 为用户本机给定输入端; 引脚 305 与引脚 306 分别为计算机及远控操作台控制信号输入端; 引脚 309 与引脚 310 为选通 4052 通道的选通信号输入端; KM 与引脚 300 之间为用户系统辅助常闭触点输入端, 该常闭触点保证控制板上的给定积分器只有在系统的主接触器闭合后才从零开始给定积分, 避免给定积分到最大值再使主回路合闸启动造成的冲击; 引脚 307 与引脚 308 为保护后复位的常开按钮连接端。

(2) 接插件 S₅: +15V、-15V 分别为控制板向用户提供正负工作电源的连接端, 最大输出负载能力为 100mA; 引脚 300 为控制板电源的参考地端; 引脚 303 与引脚 304 分别为电流反馈信号与电压反馈信号连接端, 允许施加 0~10V 的直流电压。

(3) 接插件 S₆: a、b、c 端接星形连接的三相同步变压器的二次侧三相同步电压, 其中性点接引脚 300, 允许施加相电压为 18~30V; U₁、V₁、W₁ 分别为三相同步发电机输出电压的反馈信号连接端, 允许施加相电压为交流 0~9V; a₂、b₂、c₂ 为

提供控制板工作正电源的三相交流电压连接端, a_1 、 b_1 、 c_1 为提供控制板工作负电源的三相交流电压信号连接端, 允许施加的交流相电压为 $0 \sim 9V$ 。

(4) 接插件 S_2 : 引脚 201 接交流 220V 或 380V, 与引脚 227 之间为常闭触点, 与引脚 225、引脚 224、引脚 223 之间分别为常开触点, 触点容量分别为 220V/2A、380V/1A, 这些触点可用来分断控制系统的主电路或进行相应保护指示。

(5) 接插件 S_1 : G_1 、 K_1 , G_2 、 K_2 , G_3 、 K_3 , G_4 、 K_4 , G_5 、 K_5 及 G_6 、 K_6 分别用来连接到三相交流调压或三相桥式可控整流系统中 6 个晶闸管的门-阴极, 若系统为三相半控桥或三相半波可控整流电路, 当其中 3 只晶闸管为共阴极接法时, 仅用 G_1 、 K_1 , G_3 、 K_3 , G_5 、 K_5 ; 而当 3 只晶闸管为共阳极接法时, 仅用 G_2 、 K_2 , G_4 、 K_4 , G_6 、 K_6 输出。

3. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 为过压保护动作门槛调节电位器: 逆时针调节, 保护动作门槛增加; 顺时针调节, 保护动作门槛降低。

(2) RP_{10} 为过流保护动作门槛调节电位器: 逆时针调节, 保护动作门槛值增加; 顺时针调节, 保护动作门槛值降低。

(3) RP_{13} 为防欠励误动作保护门槛调节电位器: 逆时针调节, 保护动作门槛值降低; 顺时针调节, 保护动作门槛值增加。

(4) RP_{11} 为欠励保护动作门槛调节电位器: 逆时针调节, 保护动作门槛值增加; 顺时针调节, 保护动作门槛值降低。

(5) RP_8 为闭环调节器放大倍数及比例积分时间常数调节电位器。

(6) RP_{19} 为电流截止保护动作门槛调节电位器: 顺时针调节, 保护动作门槛降低; 逆时针调节, 保护动作门槛值增加。

(7) RP_{12} 为欠励保护功能删除门槛值调节电位器: 顺时针调节, 保护动作门槛值降低; 逆时针调节, 保护动作门槛值增加。

(8) RP_6 为给定积分上升时间调节电位器: 逆时针调节, 给定积分上升时间增加; 顺时针调节, 给定积分上升时间缩短。

(9) RP_5 为给定积分下降时间调节电位器: 逆时针调节, 给定积分下降时间增加; 顺时针调节, 给定积分下降时间缩短。

(10) RP_9 为最大移相控制角 α_{\max} 限幅调节电位器: 顺时针调节, α_{\max} 增加; 逆时针调节, α_{\max} 减小。

(11) RP_7 为给定为零时差分器输出电压调节电位器: 顺时针调节, 差分器输出电压增加; 逆时针调节, 差分器输出电压降低。

(12) $RP_{16} \sim RP_{18}$ 为三相同步电压平衡调节电位器: 逆时针调节, 加到 TC787 引脚上的等效同步电压增加; 顺时针调节, 加到 TC787 引脚的等效同步电压降低。

4. 应用注意事项

(1) 所有接插件均垂直该板上、下拨插, 各插座之间连线不要接错。

- (2) 在用户系统中平面放置安装,故不需要插件箱。
- (3) 输出的 6 路脉冲可触发 5~1650A 的晶闸管。

5. 典型应用举例

KCZB 可方便地用于三相交流调速、三相交流调压调功、直流电动机调速、晶闸管励磁、电解和电镀用直流电力电子变流设备等场合。

(1) 用于三相交流调压系统:如图 4.77 所示。

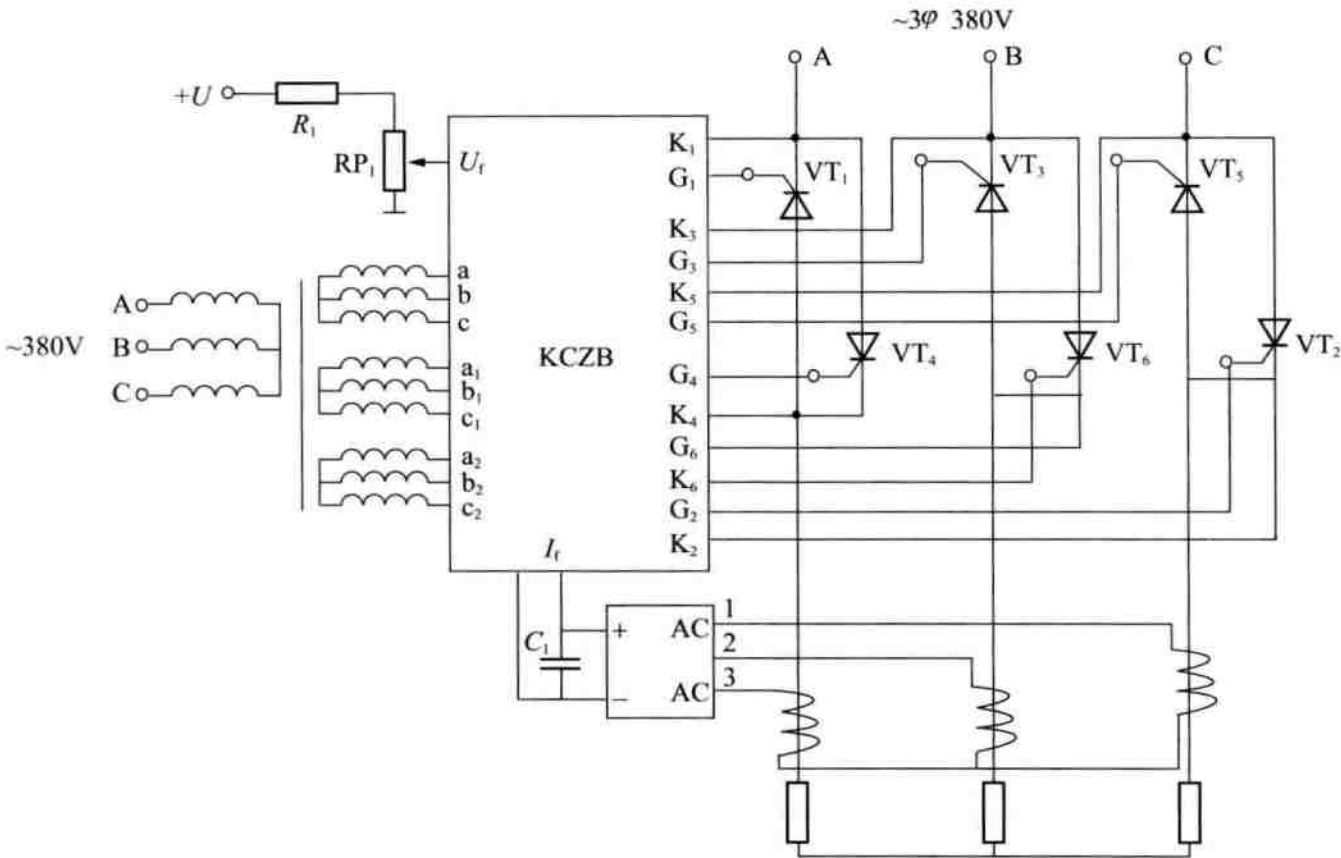


图 4.77 KCZB 用于三相交流调压系统

(2) 用于直流调速系统:如图 4.78 所示,该系统为转速闭环控制系统。

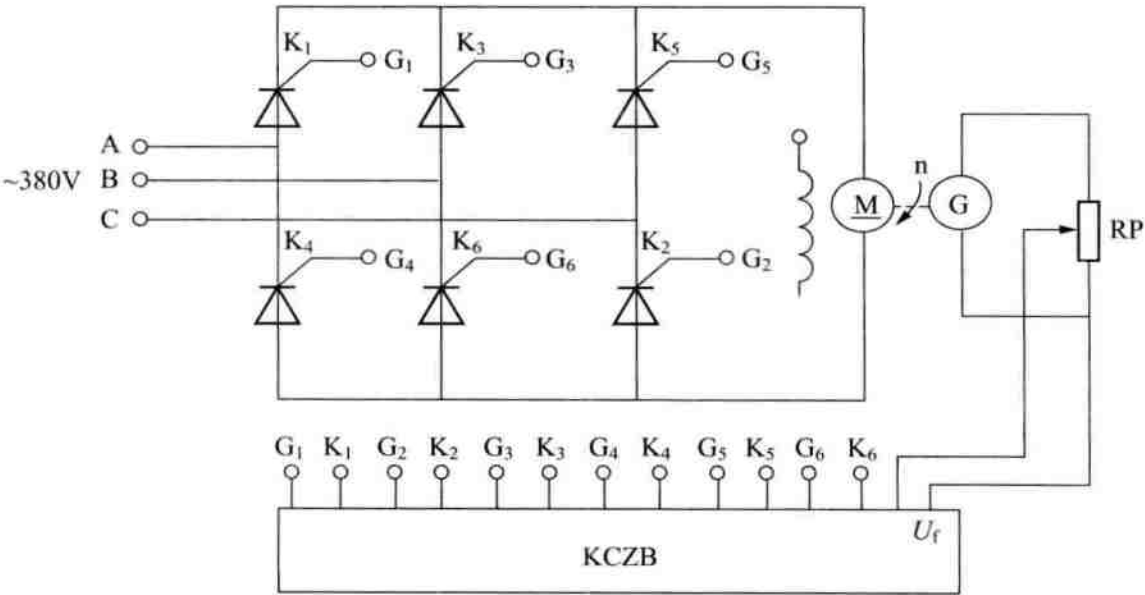


图 4.78 KCZB 用于直流调速系统

(3) 用于直流电动机励磁系统:如图 4.79 所示,该系统应用霍尔电流传感器实现恒电流励磁功能。

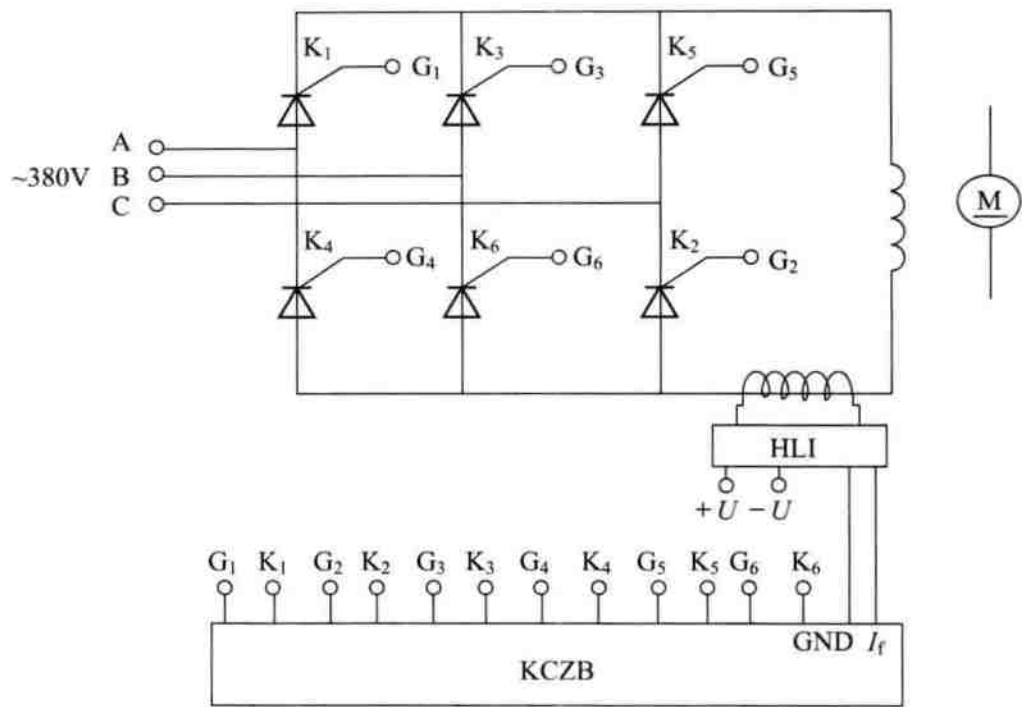


图 4.79 KCZB 用于直流电动机励磁系统

4. 16 KCZB1. 1 晶闸管三相全控(半控)桥多功能控制板

KCZB1. 1 是专为晶闸管直流调速、三相交流调压、大功率三相全控或半控整流、直流电动机和交流同步发电机励磁等场合开发的高性能多功能型控制板。与 KCZB 板相比,它增加了保护自复位电路,在欠门保护单元增加了一个 555 电路,使欠门保护更为可靠。另外,它把稳压和稳流、过压和欠压、过流和欠流的选择在板内直接用拨码开关设定,而不像 KCZB 那样需外接高电平或低电平信号来进行选通。

4. 16. 1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 应用专用集成电路 TC787 完成三相全控或半控桥晶闸管的移相触发功能,极大地减小了三相 6 路移相触发脉冲形成环节的尺寸,提高了集成度,减少了外围元件,增强了可靠性,进而简化了调试步骤。
- (2) 整个控制板仅应用 5 片集成电路,集成度高、体积小、可靠性强。
- (3) 把脉冲形成、保护、脉冲功率放大、整形及抗干扰电路全部集中于 1 块印制板上,避免了外配脉冲末级板与主板之间的连线和安装等不便,且印制板采用进口板材,孔化走线更加可靠。

(4) 设计有过压(或超速)、欠压(或欠速)、过流、欠流、稳流、稳压(或稳速)功能,且满足了在过压、欠压(或超速、欠速)保护时系统工作于稳流状态,而在过流、欠流保护时系统工作于稳压状态,满足了不同用户的需要。

(5) 设计有给定积分器、闭环调节器及保护后的接点信号,既可保证把用户的阶跃给定变为斜坡给定并实现闭环调节功能,又可保证保护后在封脉冲的同时给出两对常开和常闭触点,用来分断用户主回路或进行故障指示,保证系统故障后运行的安全。

(6) 可以板内给定、亦可板外给定,保护门槛可板内设定、亦可板外设定,极大地方便了用户。

(7) 内含保护自复位及启动合闸电路,可保证系统主电路中的接触器或断路器合闸或分断在零电流下进行,既延长了接触器或断路器的寿命,又避免了启动过程中的冲击。

(8) 工作电源及同步信号均来自同一三相同步电源变压器,输入三相,输出三路三相电压。

(9) 有手动板外复位及板内自复位两种功能供用户选择。

2. 主要参数限制

(1) 输入工作电源电压:三相相电压 $9\text{V}/0.3\text{A}$, $8\text{V}/0.3\text{A}$ 。

(2) 输入同步电压:三相相电压 $30\text{V}/0.1\text{A}$ 。

(3) 输出工作电压负载能力: $+15\text{V}/20\text{mA}$, $-15\text{V}/10\text{mA}$ 。

(4) 输出触发脉冲幅值电压: 12V 。

(5) 输出触发脉冲幅值电流: 400mA 。

(6) 输入给定电压范围: $0\sim 10\text{V}/0.01\text{A}$ 。

(7) 电压取样输入信号范围: $0\sim 10\text{V}/0.01\text{A}$ 。

(8) 电流取样输入信号范围: $0\sim 10\text{V}/0.01\text{A}$ 。

(9) 允许工作温度范围 T_A : $0\sim +60^\circ\text{C}$ 。

(10) 允许存储温度范围 T_{sig} : $-10\sim +85^\circ\text{C}$ 。

(11) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高 = $245\text{mm}\times 205\text{mm}\times 30\text{mm}$ 。

(12) 安装尺寸: $4-\Phi 4.5$, 孔距为长 \times 宽 = $232\text{mm}\times 193\text{mm}$ 。

4.16.2 内部结构及工作原理

KCZB1.1 的内部电路可分为:给定积分环节、闭环调节器及差分器、过压(过流)保护、欠压(欠流)保护、触发脉冲形成、脉冲功率放大及整形和抗干扰环节、控制板工作电源、保护自复位及启停电路 8 个环节。

1. 给定积分环节

给定积分环节的电路原理如图 4.80 所示。 A_1 为电子开关, A_2 为积分器, KM 为系统主电路接触器的辅助触点,其作用是保证每次启动从最大的控制角 α_{max} 时

刻开始,这样可避免启动过程的冲击。当面板电位器 RP_2 的设定值 U_g 大于零时,主电路接触器 KM 闭合后,常闭辅助触点 KM 断开, A_1 输出接近 +15V,积分器 A_2 便以电位器 RP_6 中点设定的值 U_P 加上二极管 VD_{21} 的正向压降,以电阻 R_{24} 所决定的电流值,按电阻 R_{24} 与电容 C_{E8} 所决定的积分时间常数进行积分。当积分到 RP_2 中点设定的 U_g 绝对值时,负反馈电阻 R_{26} 反馈值与 RP_2 中点设定的值相等,此后 A_2 便保持在该给定值上。由此可见, RP_6 中点电压可决定从零积分到 RP_2 中点设定的值所需要的积分时间,所以调节 RP_6 中点电压便等于调节积分器的上升时间。主电路分断后, RP_2 中点电位被主接触器 KM 短接为地电平。电子开关 A_1 同相端电位小于地电位,其输出为 -15V,所以积分器 A_2 便快速从给定电压降到零电压。

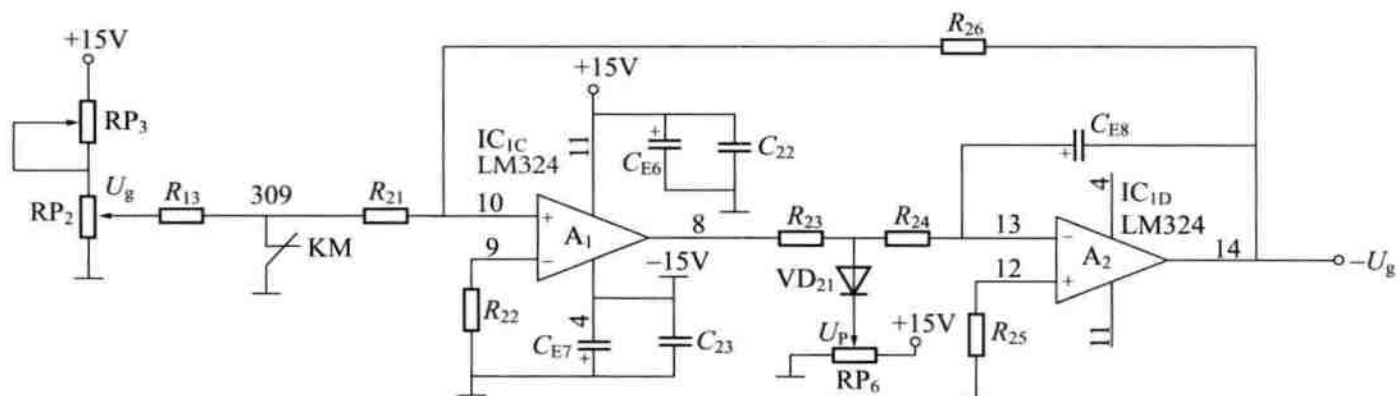


图 4.80 给定积分环节

2. 闭环调节器及差分器

该部分的电路原理如图 4.81 所示。 A_3 为 PI 调节器,可实现输出与给定无差,而 U_f 为来自反馈网络的输出。 A_4 为差分器,作用为实现给定为零时,晶闸管的触发控制角 α 最大,主电路输出为零;而当给定为最大时,晶闸管的触发控制角 α 为 0° ,主电路输出为最大,避免 TC787 在 U_K 为零时输出触发脉冲控制角 α 最小、对应反馈电压 U_f 最大,而当 U_K 最大时输出触发脉冲控制角最大、对应反馈电压 U_f 最小,难以实现给定与反馈平衡这一矛盾。

3. 反馈选择网络

该部分的电路原理如图 4.82 所示。4052 为双 4 选 1 模拟开关,通过引脚 9 与引脚 10 所接电平的不同,可在稳压控制时进行过流及欠流保护,而在稳流控制时实现过压及欠压保护。 HLV_1 、 HLV_2 及 HLI 分别为来自主电路的电压取样环节及霍尔电流传感器的输出。

4. 过压(过流)保护

该环节的电路原理如图 4.83 所示。当来自反馈网络输出的实际信号测量值 U^* 大于比较器 A_5 反相端设定的门槛值时, A_5 输出高电平,晶体管 VT_2 导通,继电器 KA 导通,其常开触点动作,主电路被分断。另一方面,TC787 因引脚 5 为高

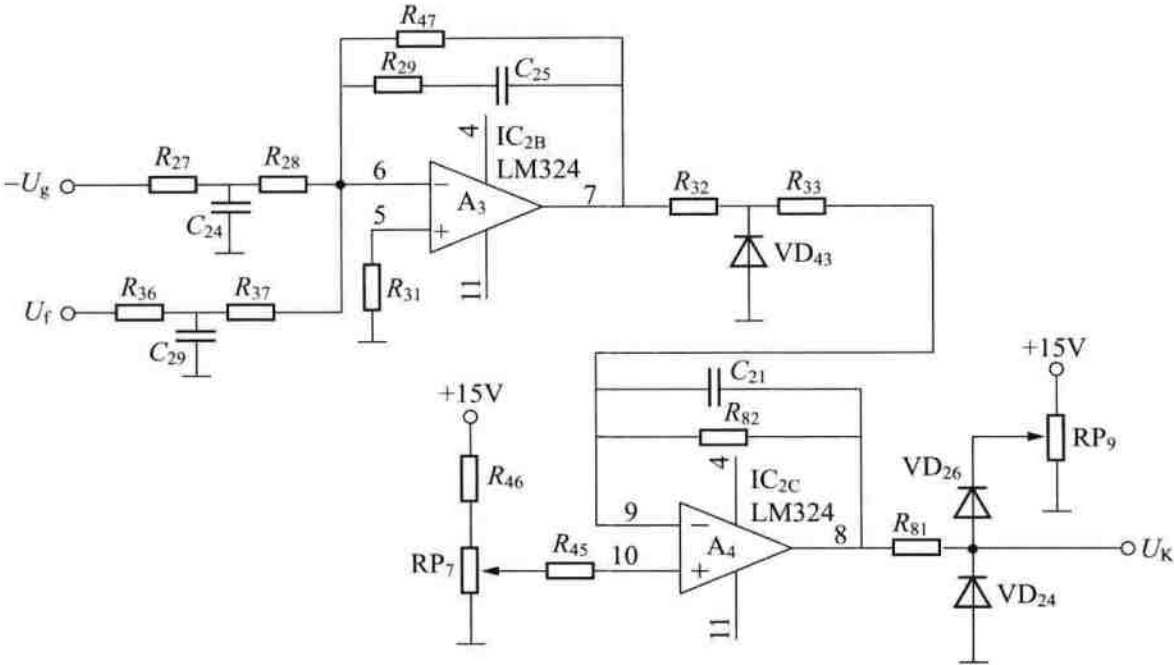


图 4.81 闭环调节器及差分器

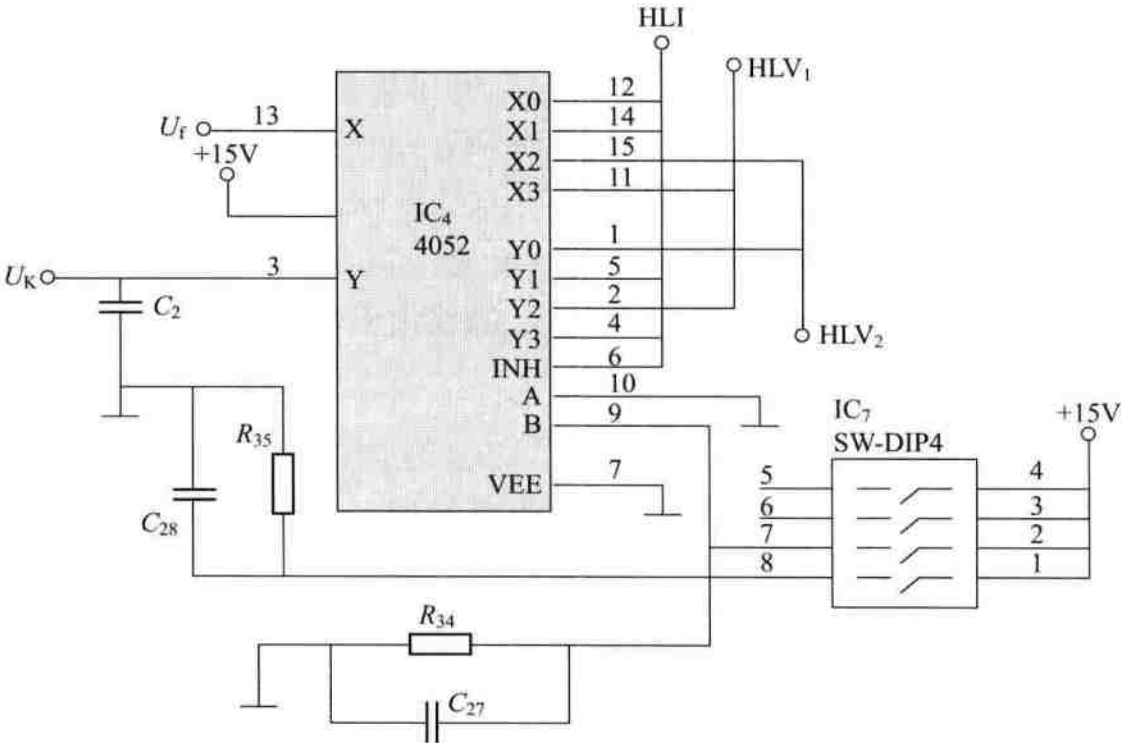


图 4.82 反馈选择网络

电平,其输出的触发脉冲亦被封锁。

5. 欠压(欠流)保护

该环节的电路原理如图 4.84 所示。A₆ 为比较器,在主电路合闸过程中 KM 闭合,555 电路输出高电平,保证比较器 IC_{1D} 及 A₆ 输出低电平,晶体管 VT₅ 不导通,TC787 的输出脉冲不被封锁。主电路接触器 KM 吸合后,其常闭触点断开,电容 C_{E1} 通过电阻 R₆₂ 充电,C_{E1} 从 0V 充电到 10V 以上电压后 555 输出低电平,这时主电路中晶闸管的导通角已从 0°变到用户的设定值,主电路中的电压或电流已大于 A₆ 反相端设定的阈值。一旦因某种原因造成欠压(或欠流),A₆ 就输出高电

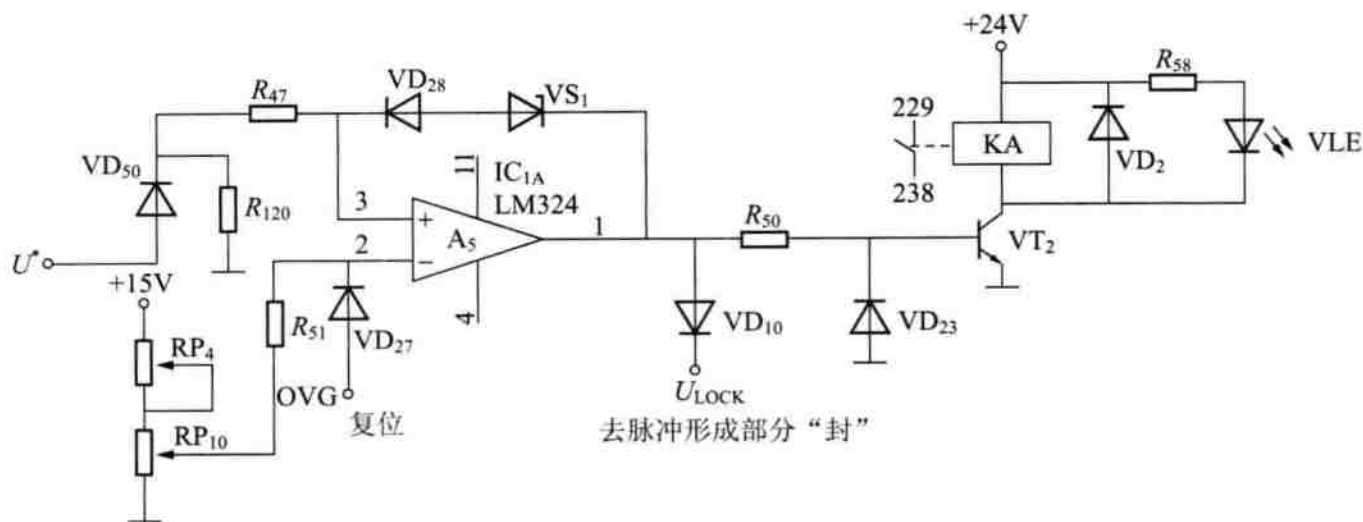


图 4.83 过压(过流)保护环节

平,使晶体管 VT_5 导通,继电器 K_{LM} 动作分断主电路;同时,TC787 引脚 5 变为高电平,晶闸管的触发脉冲被封锁。

6. 触发脉冲形成环节

采用专用芯片 TC787 构成晶闸管的移相触发脉冲形成环节,电路原理如图 4.85 所示。TC787 是高性能晶闸管移相触发器集成电路,可把接于引脚 18、引脚 1、引脚 2 的三相同步信号变为三相锯齿波同步电压,经内部电路调制、比较后在引脚 12~引脚 7 输出 6 路相位依次互差 60° 的触发脉冲。该触发脉冲的移相控制角 α 随移相电压 U_K 变化:当 $U_K = 0V$ 时,触发控制角 $\alpha = 0^\circ$;当 U_K 最大时, $\alpha = 150^\circ$ 。如 TC787 引脚 5 为高电平,则 TC787 的输出脉冲全部被封锁。

7. 脉冲功放及脉冲整形环节

该环节的电路原理如图 4.86 所示。 VT_8 为功率放大晶体管。 VL_{E5} 、 R_{94} 、 VD_{44} 实现脉冲正常指示。 VS_5 、 VS_6 、 VD_{15} 构成续流及反压提供电路,一则用来防止 $L(di/dt)$ 太高反向击穿 VT_8 ;二则为脉冲变压器 T_1 一次绕组提供一反压,防止 T_1 因单方向电压电流工作而饱和。 VD_{16} 、 VD_{17} 为脉冲整形部分, R_{96} 、 C_7 为抗干扰网络,防止被控晶闸管的误触发, R_{95} 为工作过程中测试门极触发电流的检测电阻。

8. 控制电源及同步电源部分

控制电源及同步电源部分如图 4.87 所示,先将三相电网电压 380V 降压。同步变压器二次侧有 3 个三相绕组:三相 30V 绕组提供给板内 TC787 作为同步信号;而另 2 个三相 9V 和 8V 绕组经整流滤波后,再由三端稳压器稳压输出,作为控制板工作的线性电源 +24V、+15V 与 -15V。

9. 缺相、错相保护电路

KCZB1.1 控制板应用陕西高科电力电子有限责任公司生产的三相缺相、错相保护用厚膜集成电路 TH201 来进行缺相与错相保护,电路原理如图 4.88 所示。

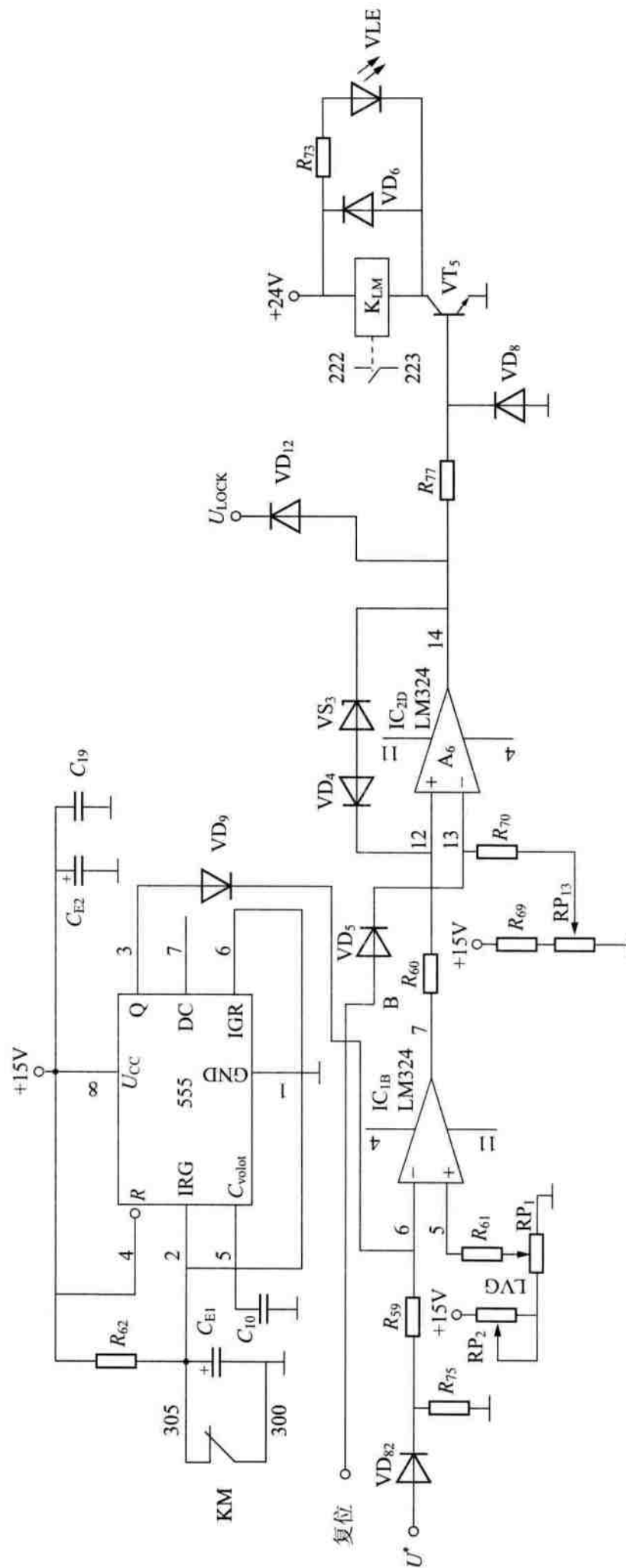


图 4.84 欠压（欠流）保护环节

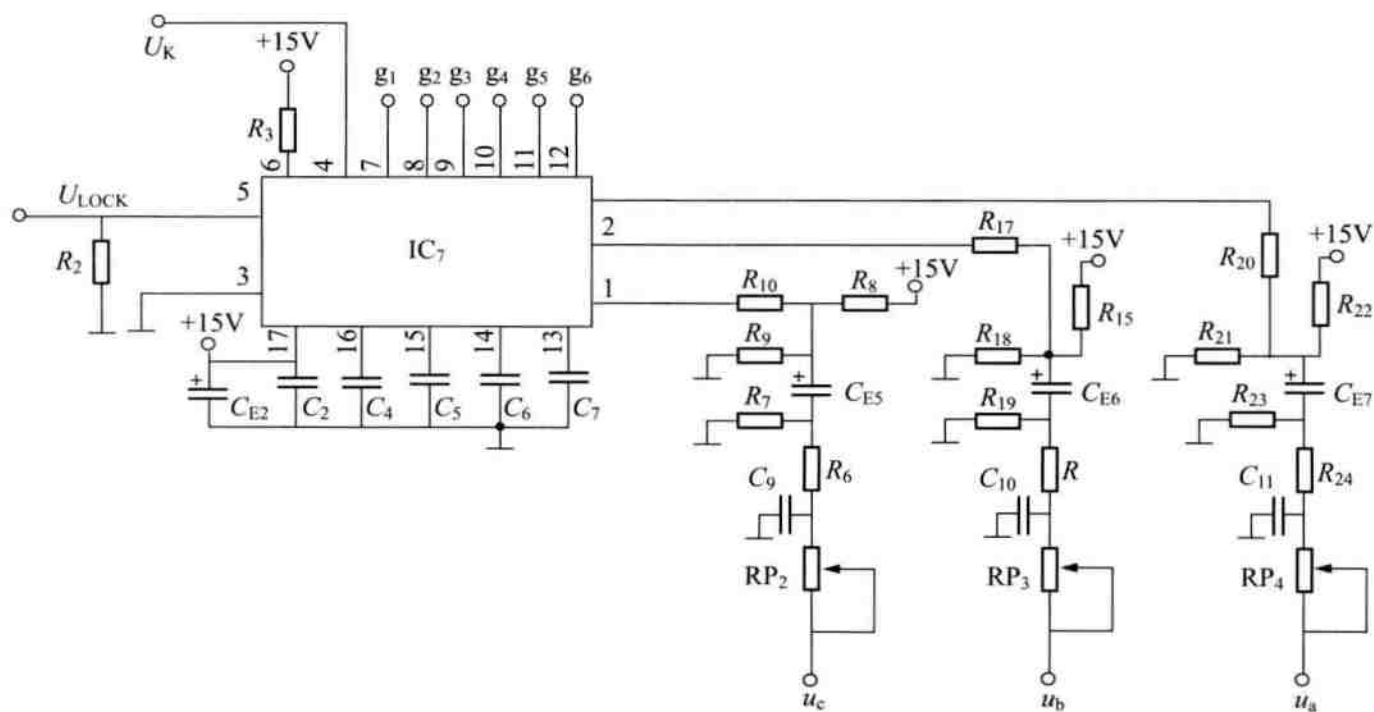


图 4.85 触发脉冲形成电路

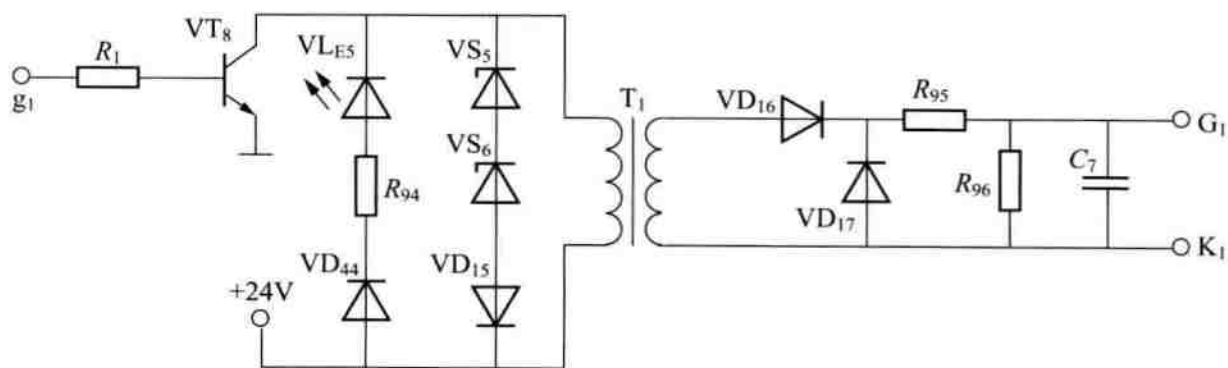


图 4.86 脉冲功放及整形电路

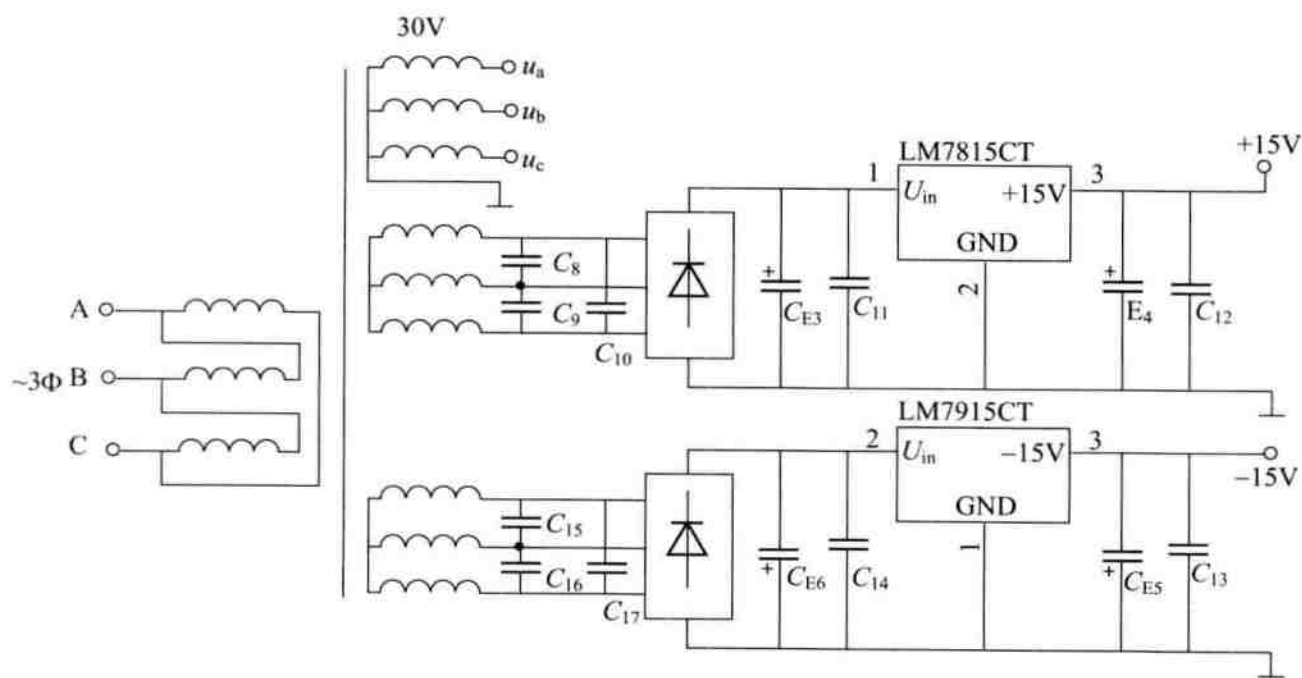


图 4.87 控制电源及同步电源

当三相相序正常时,TH201 引脚 14 为高电平,引脚 13 为低电平,缺相与错相指示发光二极管 VL_{E2} 不亮,相序正常指示发光二极管 VL_{E1} 亮,晶体管 VT_1 、 VT_7 导通,继电器 K_{LP} 动作,保证运行时主电路不被分断,TC787 的输出脉冲不被封锁。一旦发生缺相或错相,则 TH201 引脚 13 变为高电平,引脚 14 变为低电平,错相或缺相指示灯 VL_{E2} 亮,相序正常指示灯 VL_{E1} 熄灭, VT_7 与 VT_1 均截止,继电器 K_{LP} 的常开接点断开,一则保证启动时不可合闸,二则实现运行时分断用户系统主电路,同时 TC787 的输出脉冲被封锁。

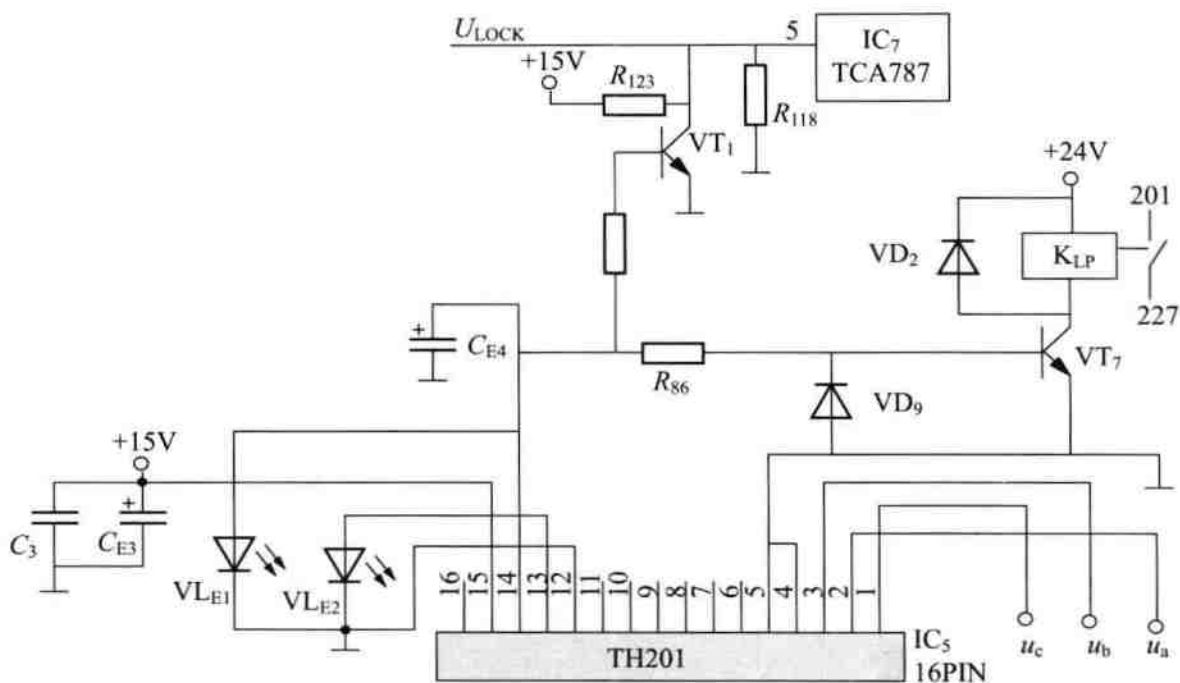


图 4.88 缺相及错相保护电路

10. 保护自复位及启停控制电路

保护自复位电路是为了满足某些用户不希望手动复位而增加的,电路原理如图 4.89 所示。当欠门或过门保护没有一个动作时,封锁端 U_{LOCK} 为低电平,复位信号 RESET 为低电平,复位不起作用, VF_4 截止。系统运行过程中,因主接触器 KM 的常开接点自锁了启动按钮 SB_1 ,故 VF_6 截止, VT_3 导通,TC787 的输出脉冲不被封锁。一旦发生过门或欠门保护,则 U_{LOCK} 为高电平,TC787 的输出脉冲被封锁,对应的保护继电器动作,主电路被分断,同时 C_{E16} 以 R_{18} 、 C_{E16} 所决定的时间常数充电。当 C_{E16} 两端的电压从接近 0V 上升到使 VF_4 饱和导通时(这段时间即为保护到自复位的延时时间),RESET 变为高电平。该高电平同时加到过门及欠门的保护阈值设置端,使相应的比较器复位为低电平,原分断的保护继电器触点又恢复了常闭,系统为重新启动做好了准备。不过,此时因 C_{20} 通过 R_{12} 已充足了电,TC787 的输出脉冲仍被封锁, VF_6 导通、 VT_3 截止,继电器 K_1 触点断开,主电路仍不能自动接通。当启动按钮 SB_1 重新按下时,一则 C_{E19} 通过 VD_7 迅速放电, VF_6 截止, VT_3 导通, K_1 的常开触点吸合,主电路接通;二则 C_{E16} 通过 R_{18} 、 VD_3 及 R_{118} 放电,为启动过程中的过门及欠门保护动作再次做好准备。当 C_{E16} 的电压放到使 TC787 引脚 5 的电平小于 5V 时,TC787 恢复输出触发脉冲。同理,当停机按钮 SB_2 按下

时, C_{20} 通过 R_{12} 迅速充电, TC787 的输出脉冲瞬时封锁, 同时 C_{E19} 通过 R_{12} 、 R_{33} 充电, 当 C_{E19} 两端的电压上升到使 VF_6 饱和导通时, VT_3 截止, K_1 的常开触点断开, 主电路被分断。综上所述, 该启停电路及保护自复位电路保证了先封脉冲后合分断主电路, 使主电路中主接触器的接通、分断均在零电流下进行, 延长了接触器的寿命。

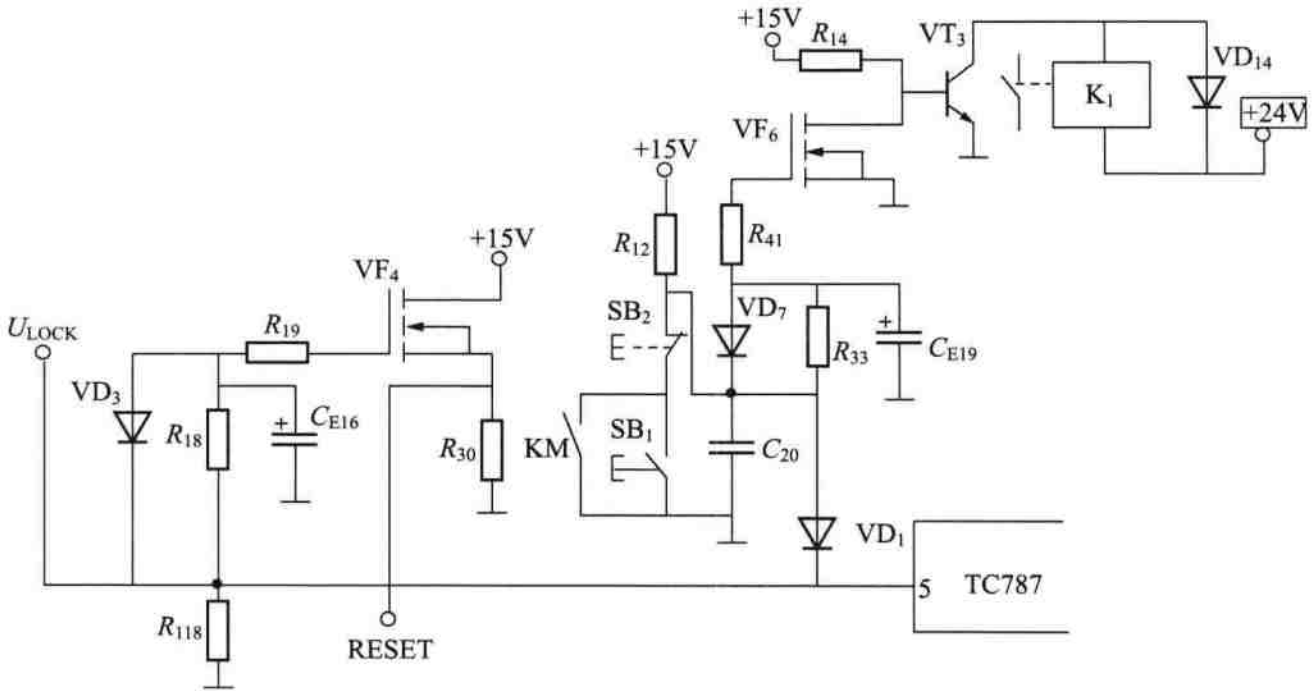


图 4.89 保护自复位及启停控制电路

4. 16. 3 应用技术

KCZB1. 1 板内的主要元器件布置如图 4. 90 所示。

1. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_6 为给定积分时间调节电位器: 顺时针调节, 给定积分时间变短; 逆时针调节, 给定积分时间变长。给定积分的作用表现在将用户阶跃给定电压转化为时间可调的斜坡函数。

(2) RP_7 为用户最大给定时差分器输出最低电压值的调节电位器。该最低电压值对应用户系统中晶闸管电源的最高输出电压, 随着 RP_7 调节位置的不同可限定电源的最高输出电压, 顺时针调节, 最高输出电压增加; 逆时针调节, 最高输出电压降低。一般调节好后便不需要调节。

(3) RP_{16} 、 RP_{17} 、 RP_{18} 为三相同步电压平衡度调节电位器。它们的作用还表现在调节同步电压的 RC 滤波时间常数, 即调节同步电压相对于主电路晶闸管阳-阴极电压的初始延迟角度。顺时针调节, 加到 TC787 同步引脚前限流电阻上的等效同步电压增加, 即 RC 滤波时间常数减小; 逆时针调节, 加到同步输入引脚前限流电阻上的等效同步电压降低, 即 RC 滤波时间常数增大。

(4) RP_{19} 为电流截止保护门槛调节电位器: 顺时针调节, 电流截止保护门槛降低; 逆时针调节, 电流截止保护门槛增加。

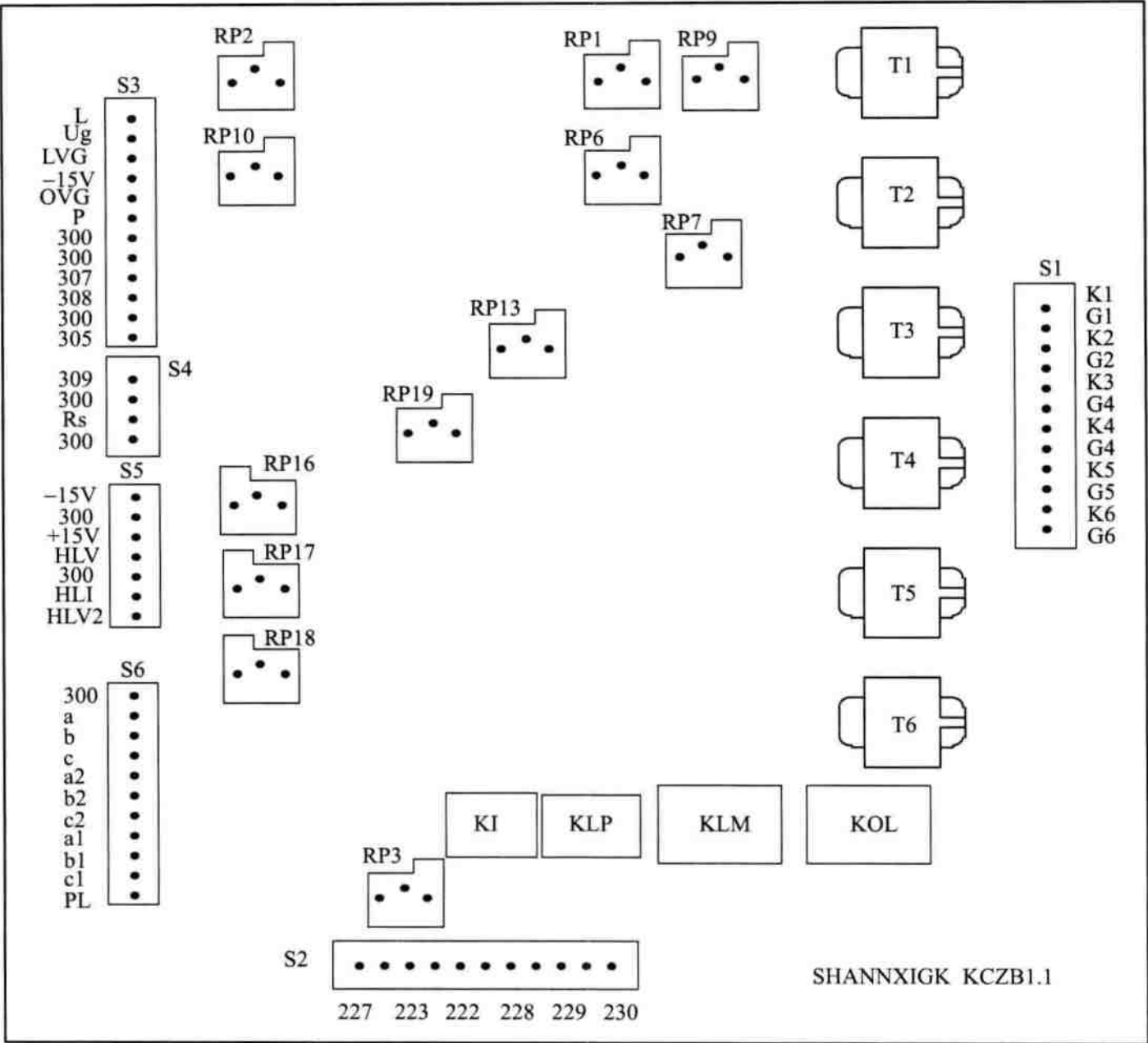


图 4.90 KCZB1.1 板内的主要元器件布置

- (5) RP_{13} 为欠压(欠流)保护第 2 级门槛调节电位器:逆时针调节,欠压(欠流)保护门槛增加;顺时针调节,欠压(欠流)保护门槛降低。一经调好便不需要再调。
- (6) RP_{10} 为过压(过流)保护动作门槛调节电位器:顺时针调节,过压(过流)保护运作门槛值增加;逆时针调节,过压(过流)保护动作门槛值减小。
- (7) RP_1 为欠压(欠流)保护动作门槛调节电位器:顺时针调节,欠压(欠流)保护动作门槛值增加;逆时针调节,欠压(欠流)保护动作门槛值减小。
- (8) RP_9 为给定最小时差分器输出加到 TC787 引脚 4 的移相电压最大值(对应等效最大移相控制角 α_{max})调节电位器:顺时针调节,限幅值增大;逆时针调节,限幅值减小。即负载端输出的直流电压在该电位器顺时针调节时减小,逆时针调节时增大。
- (9) RP_2 为调节输出电压或电流限幅值高低的电位器:顺时针调节,用户系统输出升高;逆时针调节,输出降低。为调节方便,该电位器一般装于柜门上。

2. 正确接线与拨段开关选择

(1) 4 位拨段开关 IC₇ 的右 2 位为无效位,左 2 位全部上拨或左 2 位下拨、左 1 位上拨时为稳压工作方式,保护环节为过流及欠流保护;而当左 2 位均下拨或左 2 位场朝上拨、左 1 位下拨时为稳流工作方式,此时保护环节为过压及欠压保护。

(2) 接插件 S₁ 的 K₁、G₁,K₄、G₄,K₃、G₃,K₆、G₆,K₅、G₅,K₂、G₂ 在该控制板用于三相全控整流或三相全控交流调压系统时,分别接对应电网(或整流变压器二次)电压 A、B、C 三相中 6 个晶闸管的门-阴极。

(3) 当用户系统应用霍尔电流传感器及霍尔电压传感器进行电流和电压信号取样时,接插件 S₄ 中的 +15V、-15V、300、HLI 接霍尔电流传感器的对应端,向其提供工作所需的正电源、负电源、参考地端及电流测量值输出端;而 +15V、-15V、300、HLV₁ 及 HLV₂ 分别接 2 个霍尔电压传感器的对应端,向其提供工作所需的正电源、负电源、参考地端及电压测量值输出端。设计两路电压反馈取样的目的是为了适应用户系统有 2 种电压输出时(如 250V 与 500V)获得同一反馈值,这样可通过 IC₇ 的设置使用户获得在相同的给定及反馈值下得到不同的输出电压效果。当然,电流或电压(也可以为转速或其他)信号也可以应用电流互感器或电阻分压来获得,但其值应满足 0~+10V 直流的要求,此时 HLI 与 300 之间接电流取样值,HLV₁ 与 300 及 HLV₂ 与 300 之间接电压取样值,电压反馈取样值在用户系统工作只输出一种电压时可只选一路。

(4) 接插件 S₆ 的 a、b、c 与 300 分别接三相同步电源变压器中二次侧绕组相电压为 30V 且为星形连接的一组。该绕组对应电网 A、B、C 三相的引出头分别接 u_a 、 u_b 、 u_c ,中性点接 300, a_2 、 b_2 、 c_2 及 a_1 、 b_1 、 c_1 分别接同步电源变压器二次侧相电压为 9V 或 8V 的 2 个三相绕组;剩下的引脚为空脚 PL,使用时悬空。

(5) 接插件 S₅ 的 309 与 300 之间接与用户系统主接触器或断路器同时动作的常闭接点,用来保证每次启动时不管给定电位器是否旋到 U_g 为零,都可达到晶闸管的触发控制角从而使输出电压为零时的初始状态慢慢增加。

(6) 接插件 S₃ 的 L 与 300 之间接启动按钮(常开),与用户系统主接触器同时动作的常开接点并联,与停机按钮(常闭)相串联的网络来完成整个系统的启动、停机功能,保证用户系统主接触器的分断与接通是在零电流状态下进行的。用户使用外部给定方式控制时,S₃ 中的 P、300 与 U_g 接外部给定电位器的 2 个固定端及中间滑动端,而 305 与 300 之间接与主接触器同步动作的常闭接点,以实现启动过程中欠门(欠流或欠压或欠速)保护不动作。S₃ 的 307 与 308 之间可以接常开按钮,实现用户的手动复位,此时可把 R₁₈ 去掉。当用户不需要外部手动复位应用板内复位时,307 与 308 之间悬空。剩余的 LVG、OVG 在用户应用内部电位器 RP₁ 及 RP₁₀ 进行欠门及过门设定时,LVG、OVG 为欠门与过门门槛设定值,可接外部指示表头或悬空;而当应用外部电位器设定过门及欠门时,请拆除电位器 RP₁₀ 与 RP₁₂,此时可在 +15V、300 与 OVG 之间接过门设定电位器,+15V 与 300 接该电

位器的 2 个固定端, OVG 接中间抽头; 在 +15V、300 与 LVG 之间接欠门设定电位器, +15V 与 300 接该电位器的 2 个固定端, 而 LVG 接中间抽头。外接过门及欠门电位器的阻值应不小于 $10\text{k}\Omega$, 其功率应不小于 1W 。

(7) 接插件 S_2 的 227 与 228 之间为过门及欠门保护继电器的常闭接点与缺相、错相保护继电器常开接点及启动继电器 K_1 常开接点串联后的输出, 应用中可将 227 接三相中的一相, 而 228 接主接触器线包的一端(另一端在线包电压为 380V 时接与 227 不同的另一相, 而当线包电压为交流 220V 时接零线), 以实现过门、欠门及缺相、错相 3 个保护中任一个动作都能可靠地分断用户系统主电路。223 与 222 之间为过门保护继电器的常开接点, 229 与 230 之间为欠门保护继电器的常开接点, 可用来给出保护指示或接入用户系统进行同步指示。

3. 典型应用举例

KCZB1.1 可用于主功率器件为晶闸管的恒压或恒流输出的三相交流调压、直流电动机调速及直流电力电子变流设备等领域, 其应用于交流电动机调压调速系统的原理图如图 4.91 所示。图中以交流电流互感器及变压器来获取电流反馈信号, 以测速发电机来得到转速反馈信号。在板内把 IC_7 设置为稳速及过流、欠流保护方式, 过门及欠门保护由板内设定, 其保护指示由板内继电器带动指示灯实现。系统保护后的复位为外接手动复位, 板内的电阻 R_{18} 已拆除。

4.17 JQC3.1 晶闸管三相半控触发板

JQC3.1 是专为主电路为三相半波或三相桥式半控电路拓扑结构的电力电子变流设备而设计的晶闸管三相半控触发板, 可以广泛用于上述电路结构的直流调速、三相交流调压、直流电力电子变流设备等领域。与 KCZB 触发板相比, 它省去了三相缺相及错相保护, 所以外形尺寸较 KCZB 小, 结构更加紧凑。

4.17.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 输入工作电源为三路三相交流, 同时完成同步及工作电源。

(2) 内含给定积分环节, 给定积分时间可调范围宽。

(3) 内有过压(过流)及欠压(欠流)保护, 在进行过压及欠压保护时为稳流系统, 在进行过流及欠流保护时为稳压系统, 是稳压还是稳流可由用户自行在板内用拨码开关来选择, 所以具有很大的灵活性。

(4) 以 TCA785 为触发脉冲形成芯片, 所以可靠性更高。

(5) 板内工作电源为三相交流进线, 抗干扰能力更强。

(6) 内含脉冲封锁单元, 保证启动或停机时主电路中主接触器在零电流下合闸和分闸, 这样既延长了接触器的寿命又避免了用户系统的冲击。

- (7) 输出可直接驱动容量在 1650A 以下的 3 个晶闸管,使用配线更加方便。
- (8) 具有保护后系统自动复位功能,保护动作到自动复位之间的延时时间可调。

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压:交流三相 $8V \pm 15\%$ 与三相 $9V \pm 15\%$ 。
- (2) 控制板提供外电路使用电压: $+15V$ 与 $-15V$ 。
- (3) 控制板提供外电路使用电源负载能力: $+15V: \leq 20mA$, $-15V: \leq 10mA$ 。
- (4) 保护动作后自动复位时间可调范围: $3 \sim 30s$ 。
- (5) 输入移相电压幅值最大范围 $U_K: 0 \sim 12V$ 。
- (6) 输入反馈信号最大幅值范围 $u_f: 0 \sim 12V$ 。
- (7) 输入同步电压范围:交流三相 $30V + 10\%$ 或 $30V - 20\%$ 。
- (8) 输出触发脉冲幅值电压: $12V$ 。
- (9) 输出触发脉冲幅值电流: $\leq 400mA$ 。
- (10) 保护输出继电器接点容量:交流 $220V/2A$ 或 $380V/1A$,直流 $24V/2A$ 。
- (11) 启动用继电器触点容量:交流 $220V/2A$ 或 $380V/1A$,直流 $24V/2A$ 。
- (12) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高= $212mm \times 208mm \times 42mm$ 。
- (13) 安装尺寸:长 \times 宽= $197mm \times 192mm$, $4-\Phi 4.0$ 。

4.17.2 内部结构及工作原理

JQC3.1 的内部结构可分为给定积分环节、闭环调节器及差分器、过压(过流)保护、欠压(欠流)保护、触发脉冲形成、脉冲功率放大及整形和抗干扰环节、控制板工作电源、保护自复位及启停电路 8 个环节。由于除触发脉冲形成环节之外的电路与 4.16.2 节完全相同,此处仅讨论触发脉冲形成环节的工作原理。

该控制板采用 3 片西门子公司生产的专用集成芯片 TCA785 构成晶闸管的移相触发脉冲形成环节,电路原理如图 4.92 所示。TCA785 引脚 5 是同步电压输入端, u_a 、 u_b 、 u_c 三相同步电压经电阻及 2 只正反向并联的限幅二极管限幅后分别接至 TCA785 引脚 5,由内部电路调制比较后在引脚 14、引脚 15 输出相应的移相脉冲,再经二极管隔离及互补脉冲后形成对应主电路中晶闸管 1 $^\#$ 、3 $^\#$ 、5 $^\#$ 的移相触发脉冲。这 3 路触发脉冲的移相相位随 TCA785 引脚 11 的移相电压 u_K 变化:当 $u_K = 0V$ 时,触发控制角 $\alpha = 0^\circ$;当 u_K 最大时, $\alpha = 150^\circ$ 。如 TCA785 引脚 6 为低电平,则 TCA785 封锁输出脉冲。555 引脚 3 经电阻 R_8 接至 TCA785 引脚 6,在 TCA785 正常工作期间通过引脚 6 的低电平封锁脉冲特性对引脚 14、15 的输出脉冲进行脉宽调制,将 1ms 的输出脉冲宽度调制成一系列窄脉冲,从而降低脉冲功率放大环节及脉冲变压器的功耗,进一步缩小了这一部分的体积。

4.17.3 应用技术

JQC3.1 的主要元器件布置如图 4.93 所示,其板内共有 6 个接插件与外部连

接,共有 18 个电位器和 1 个输出选择开关 IC_7 , 电位器 $RP_{16} \sim RP_{18}$ 、 RP_{13} 、 RP_{19} 未在图内画出。

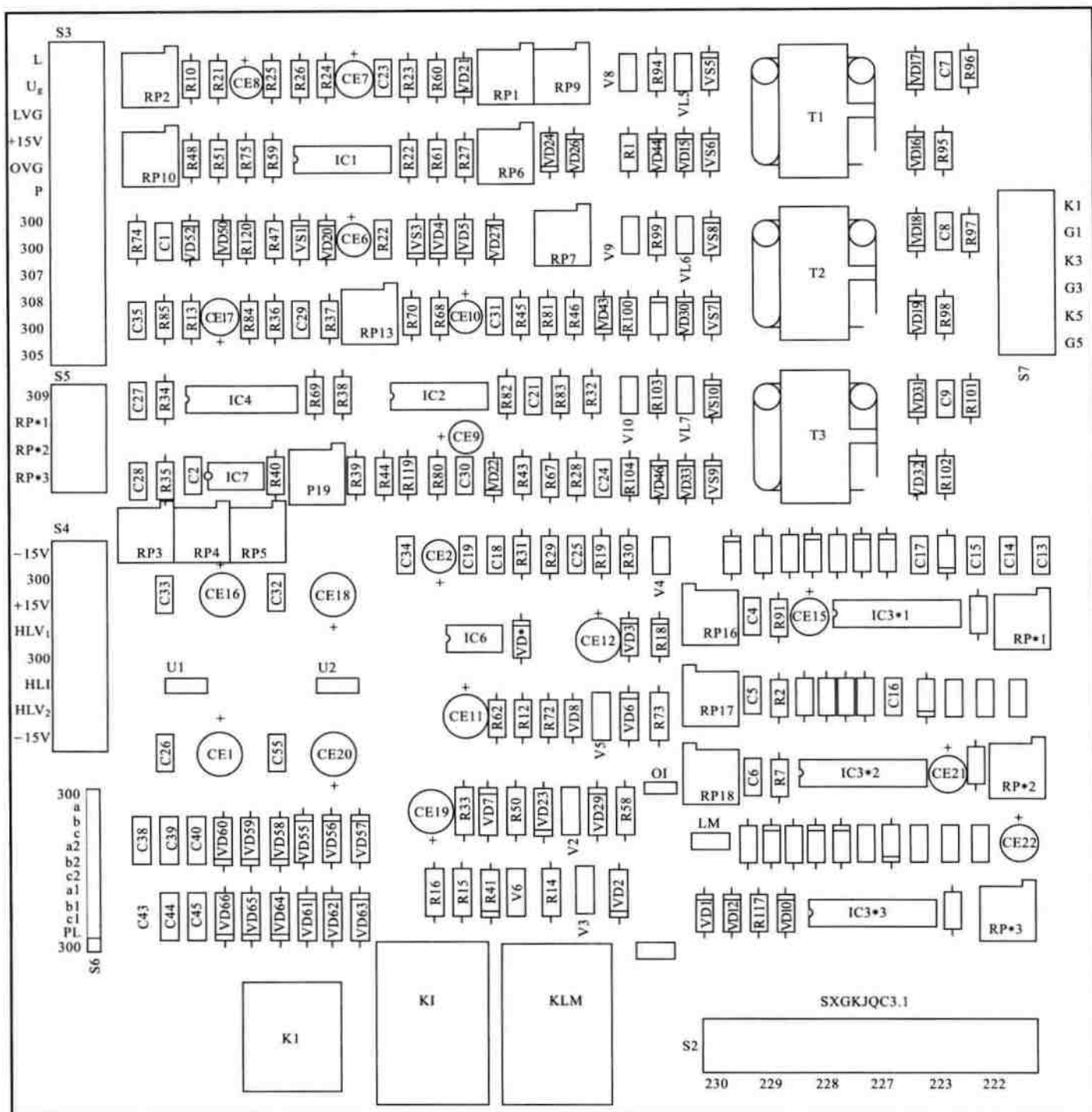


图 4.93 JQC3.1 触发板的主要元器件布置

1. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_5 为给定积分时间调节电位器:顺时针调节,给定积分时间变短;逆时针调节,给定积分时间变长。给定积分的作用是在实现从输出零到用户系统设定最大值之间的变化为斜坡函数,避免用户系统突加给定时的冲击。

(2) RP_7 为当用户面板上的输出调节电位器为最大给定时差分器输出最低电压的调节电位器。该最低电压对应最小触发控制角 α_{\min} , 随着 RP_7 调节位置的不同可限定最小触发控制角 α_{\min} 的大小: 顺时针调节, α_{\min} 减小; 逆时针调节, α_{\min} 增加。出厂前已设置 α_{\min} 接近 0° , 用户使用时一般不需要调节。

(3) RP_{16} 、 RP_{17} 、 RP_{18} 为三相同步电压平衡调节电位器,还可调节同步电压的 RC 滤波时间常数,调节同步电压相对于主电路晶闸管阴极电压的延迟角度:顺时针调节,加到 TCA785 引脚 5 前限流电阻上的等效同步电压增加,即 RC 滤波时间常数减小;逆时针调节,加到引脚 5 前限流电阻上的等效同步电压降低,即 RC 滤波时间常数增大。

(4) RP_{19} 为电流截止保护门槛调节电位器:顺时针调节,电流截止保护门槛降低;逆时针调节,电流截止保护门槛增加。

(5) RP_{13} 为欠压(欠流)保护第 2 级门槛调节电位器:顺时针调节,欠压(欠流)保护门槛降低;逆时针调节,欠压(欠流)保护门槛增加。该电位器一经调好便不需要再调节。

(6) RP_{10} 为过压(过流)保护动作门槛调节电位器:顺时针调节,过压(过流)保护动作门槛值增加;逆时针调节,过压(过流)保护动作门槛值减小。

(7) RP_1 为欠压(欠流)保护动作门槛调节电位器:顺时针调节,欠压(欠流)保护动作门槛值增加;逆时针调节,欠压(欠流)保护动作门槛值减小。

(8) RP_9 电位器为给定最小时差分器输出加到 TCA785 引脚 11 的移相电压最大值调节电位器:顺时针调节,限幅值增大;逆时针调节,限幅值减小。即负载端输出的直流电压在该电位器顺时针调节时减小,逆时针调节时增大。

(9) RP_2 为调节输出电压或电流幅值高低的电位器:顺时针调节,输出直流电压增加;逆时针调节,输出直流电压降低。为调节方便,该电位器一般装于柜门上。

(10) RP_1^* 、 RP_2^* 、 RP_3^* 分别为对应 u_a 、 u_b 、 u_c 三相同步电压的同步锯齿波幅值调节电位器:顺时针调节,锯齿波幅值增加;逆时针调节,锯齿波幅值减小。这 3 个电位器出厂前已调好,一般不需再调节。

(11) RP_3 、 RP_4 、 RP_5 分别为对应过门(过压或过流)和欠门(欠压或欠流)及输出调节 3 个电位器两端的最高电压微调电位器:顺时针调节,加到 3 个电位器两端的电压减小;逆时针调节,加到 3 个电位器两端的电压增大。

2. 闭环稳定量与保护设置

JQC3.1 控制板内通过设置拨段开关 IC_7 选择闭环稳定量和保护。4 位拨段开关 IC_7 的右 2 位为无效位,左 2 位全部上拨或左 2 位下拨、左 1 位上拨时为稳压工作方式,此时保护环节为过流及欠流保护;当左 2 位均下拨或左 2 位均上拨、左 1 位下拨时为稳流工作方式,此时保护环节为过压及欠压保护。

3. 正确接线

(1) 接插件 S_7 的 G_1 、 K_1 、 G_3 、 K_3 、 G_5 、 K_5 分别接主电路中对应三相电网 A、B、C 的晶闸管门极与阴极。

(2) 接插件 S_2 的 227 与 228 之间为 JQC3.1 用于稳压系统时,过流及欠流保护继电器的 2 个常闭触点与板内自复位环节继电器 K_1 的常开触点串联(JQC3.1 用于稳流系统时,为过压及欠压保护继电器的 2 个常闭触点与 K_1 的常

开触点串联)后的引出端。该回路一般串于用户系统的合闸回路中,系统启动后, K_1 吸合,228与227接通,主接触器吸合;产生过流或欠流时,相应的保护继电器动作,228与227断开,主接触器被分断。接插件 S_2 的223与222之间为过流(或过压)保护继电器的常开接点,用来给出过流(或过压)保护动作信号。230与229之间为欠流(或欠压)保护继电器的常开接点,用来给出欠流(或欠压)保护动作信号。

(3) 接插件 S_6 的a、b、c、300分别接三相同步电源变压器二次侧对应于三相电网A、B、C的三相相电压及星形绕组中性点。同步电压可取相电压6~30V,而 a_2 、 b_2 、 c_2 接三相同步变压器中相电压为9V的那一组, a_1 、 b_1 、 c_1 接三相同步电源变压器中相电压为8V的绕组,余下的PL为空脚。

(4) 接插件 S_4 的+15V、-15V、300、HLI在用户系统应用霍尔电流传感器检测电流信号时,接霍尔电流传感器的正电源、负电源、参考地及取样输出端M。 $+15V$ 、 $-15V$ 、300、 HLV_1 及 $+15V$ 、 $-15V$ 、300、 HLV_2 分别接霍尔电压传感器的正电源、负电源、参考地及取样输出端M。当用户系统输出电压变化范围不大时,接入 HLV_1 或 HLV_2 中的一路即可;当用户控制系统输出电压在很大范围变化时,为保证给定不变,可采用 HLV_1 与 HLV_2 两路对应不同的主电路输出而有相同的反馈电压值。应说明的是, HLV_1 与 HLV_2 也可以用电阻分压的办法直接从被控系统输出得到,HLI亦可用分流器取出的毫伏信号放大后得到, HLV_1 、 HLV_2 及HLI的取值范围为0~10V直流。

(5) 接插件 S_3 的300为控制板的参考地。305与300之间接主接触器的常闭接点,目的是防止启动过程中板内的欠流(或欠压)保护误动作。307与308之间可外接常开触点,进行保护后的人工复位。由于JQC3.1板内已有复位,故307与308一般可悬空不接。当用户要求人工复位而不需要板内自动复位功能时,可拆除板内的 R_{18} ,而在307与308之间接常开按钮。

(6) 接插件 S_3 的P与 S_5 的309之间一般接与用户系统主接触器同步动作的常闭接点,保证每次启动系统都是在等效给定为零的状态下进行,避免在给定电位器未调节到 U_g 为零时启动,造成冲击而损坏晶闸管。这一要求在负载为容性时显得更为重要,也给用户省去了每次停机都要将电位器调节到最小的麻烦:尽管给定电位器在设备调好后永远不动,但每次启动输出电流都从零状态缓缓上升。

(7) 接插件 S_3 的L与300之间一般接用户启动常开接点按钮,以实现每次启动或停机都使主接触器在零电流下合分。 U_g 、300与 $P \times 1$ 之间接用户给定电位器, U_g 接给定电位器滑动点,300与 $P \times 1$ 接该电位器两固定端。

(8) 当用户应用板内电位器 RP_{10} 及 RP_1 来设定过门(过压或过流)及欠门(欠压或欠流)门槛时,LVG及OVG分别为欠门及过门设定值,可接指示仪表或悬空。当用户需要把门槛设定电位器放于柜门上而不要板内门槛设定电位器时,可拆除板内的电位器 RP_{10} 及 RP_1 ,此时LVG及OVG分别与接插件 S_5 的 $P \times 2$ 、 $P \times 3$ 及

300 接用户柜门上的欠门设定电位器(LVG 接滑动端,P * 2 与 300 接固定端)及过门设定电位器(OVG 接滑动端,P * 3 与 300 接固定端)。外接的给定电位器和门槛设定电位器阻值不应小于 4.7kΩ,功率不应小于 1W。

4. 典型应用举例

JQC3.1 晶闸管触发板可方便地用于三相桥式半控整流、三相半波整流及三相半控交流调压系统,完成用户所需的控制功能。

(1) 用于三相半波可控整流系统:电路原理如图 4.94 所示。该系统是以霍尔电流传感器来检测电流信号,以分压电阻来取得输出电压信号,整个系统工作于稳流及过压、欠压保护状态,由板内进行保护门槛设定。

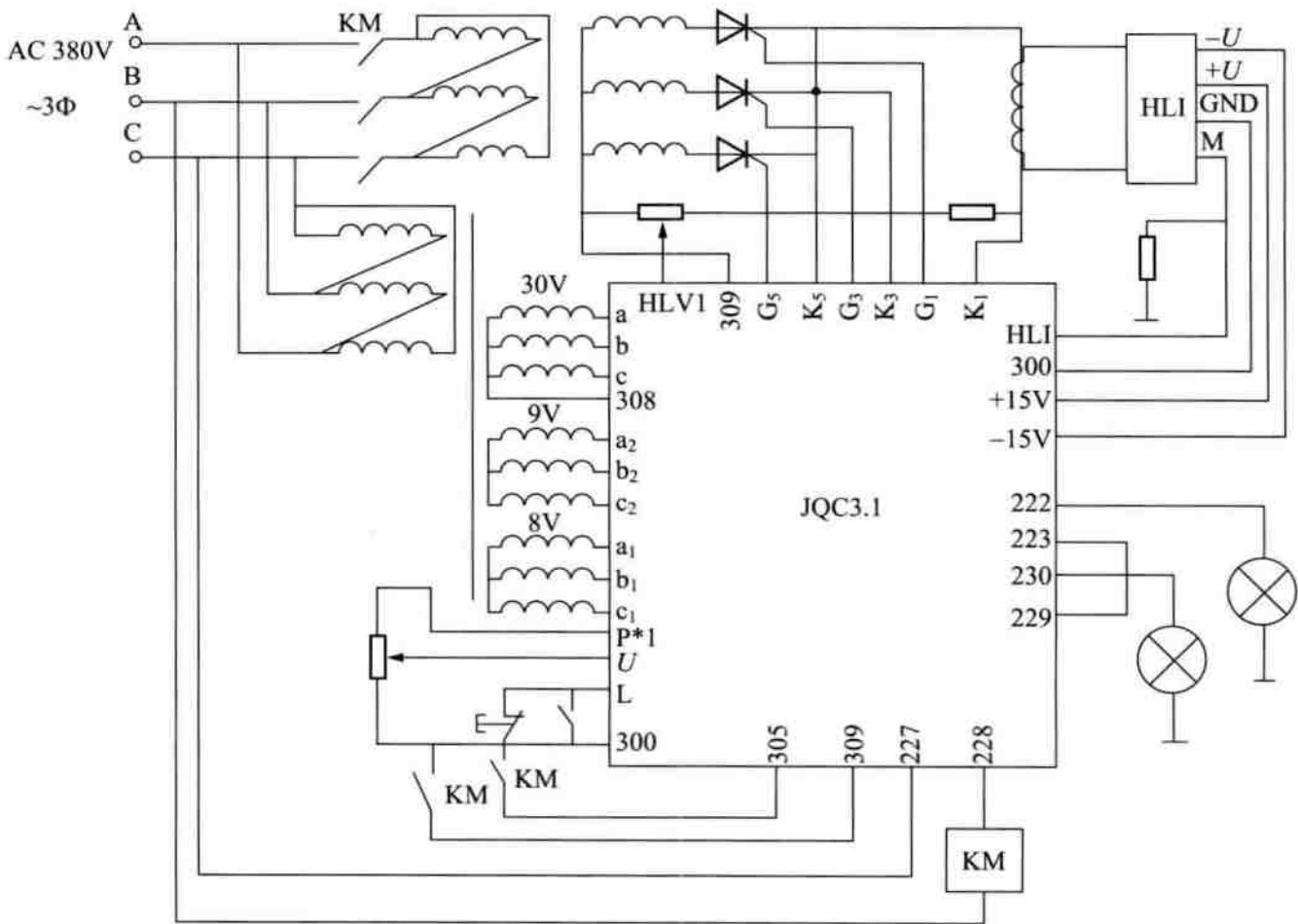


图 4.94 JQC3.1 晶闸管触发板用于三相半波整流系统

(2) 用于三相半控交流调压系统:电路原理如图 4.95 所示。图中应用交流电流传感器进行电流取样,用变压器进行反馈电压取样,整个系统工作于稳压及过流、欠流保护状态,由板内进行保护门槛设定。

4. 18 KBSC6M-1/KBSC6F-1 三相晶闸管触发控制板

KBSC6M-1 是新型多功能晶闸管触发控制板,主要由电源、调节器、移相控制、脉冲形成、脉冲放大及脉冲变压器组成。KBSC6M-1 与 KBSC6F-1 的区别仅在于,前者带输出脉冲变压器,而后者只带脉冲功率放大器而不带脉冲变压器,与 KMF-1

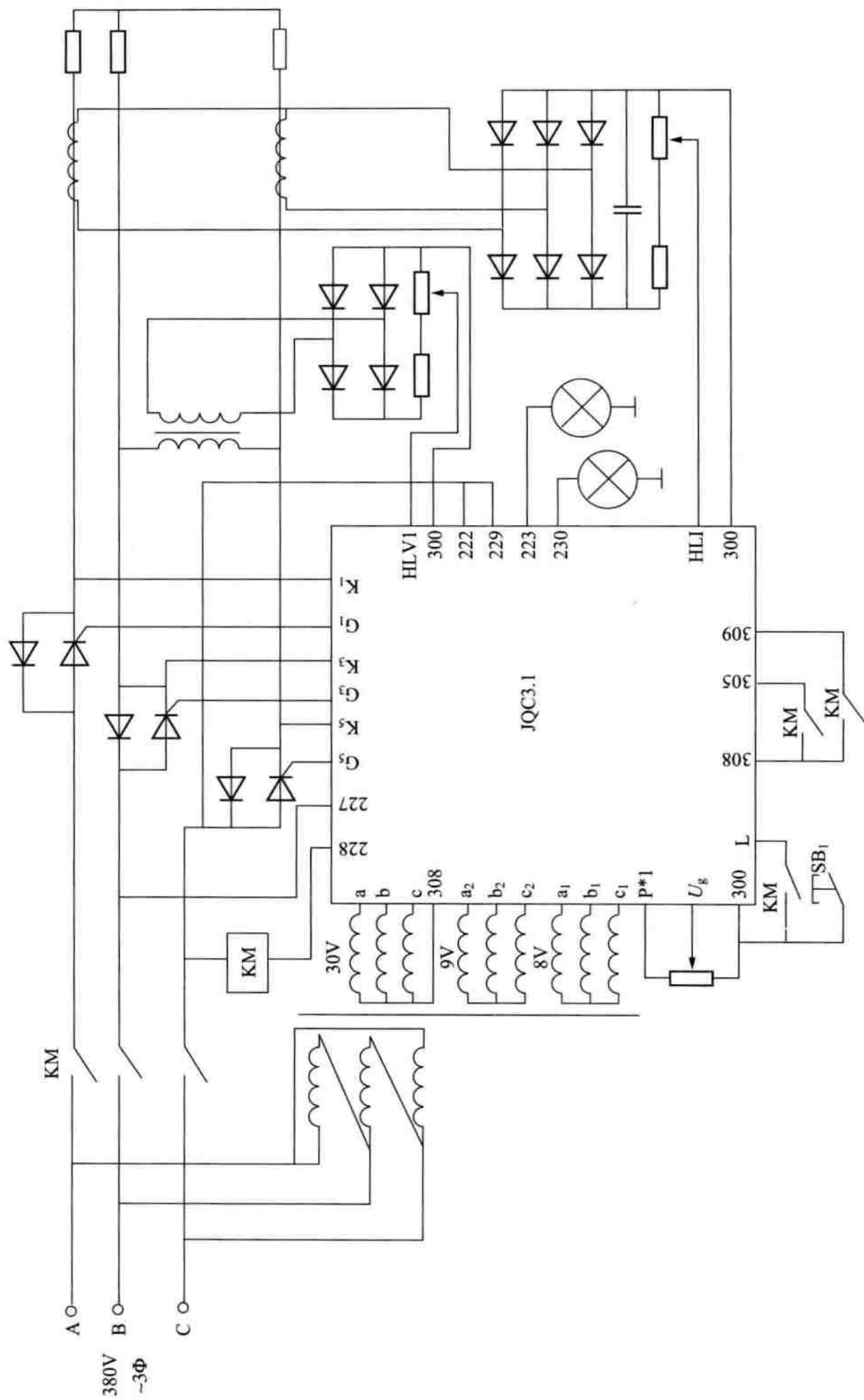


图 4.95 JQC3.1 晶闸管触发板用于三相半控交流调压系统

脉冲分配板配合使用时,可适用于多个晶闸管串并联电路或其他需要增加触发功率的场合。

4.18.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 设计有丢脉冲自动补偿、故障检测、综合逻辑控制等功能。
- (2) 核心器件采用美国生产的高性能、高密度、大规模逻辑器件。
- (3) 内部电路除调节器外,脉冲的移相、定宽、调制均实现数字化。
- (4) 具有可靠性高,脉冲对称度高、抗干扰能力强,反应速度快等特点。
- (5) 调试极为方便,大多数参数都由电路内部自动设定,需要用户调整的只有最大电压值及最大电流值调节电位器,所以具有极强的通用性和互换性。
- (6) 采用数字触发器,6路脉冲对称度高且不需要调整;又设计有相序检测电路,所以现场调试一般不需要示波器即可完成。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源:单相双路 18V/0.5A 及一路 18V/1.5A。
- (3) 交流同步电源:三相四线、相电压 10V/0.5A。
- (4) 电压反馈信号:0~DC 12V,双端输入或单端输入。
- (5) 电流反馈信号:最大值为 DC 1V,双端输入或单端输入;最小值为 DC 75mV,双端输入或单端输入(将板内 R_7 * 去掉)。
- (6) 触发脉冲移相范围:整流运行 $\alpha=0^\circ\sim150^\circ$;逆变运行 $\beta=30^\circ\sim90^\circ$,均为数字自动限位。
- (7) 输出触发脉冲不对称度:小于 0.5° 。
- (8) 输出触发脉冲信号宽度: 12° ,双窄脉冲,间隔 60° 。
- (9) 触发脉冲特性:触发脉冲峰值电压为 10V;触发脉冲最大电流为 600mA。
- (10) 输出脉冲信号特性:脉冲信号电压为 24V;最大灌电流为 3A(可并联带 KMF-1 脉冲分配板 3 块)。
- (11) 最大外形尺寸:KBSC6M-1 为 $305\text{mm}\times205\text{mm}\times35\text{mm}$;KBSC6F-1 为 $275\text{mm}\times205\text{mm}\times35\text{mm}$ 。
- (12) 故障信号输出:检测到故障信号时输出 1 组接点信号,接点容量为 AC 48V/2A 或 DC 24V/2A。

4.18.2 内部结构及工作原理

KBSC6M-1 的内部结构及工作原理如图 4.96 所示,可分为电压及电流反馈放大及极性变换、电压及电流闭环调节器、过压过流保护、同步信号处理及整形、工作电源、触发脉冲形成、触发脉冲功率放大与隔离及整形、压频变换器、控制与保护功

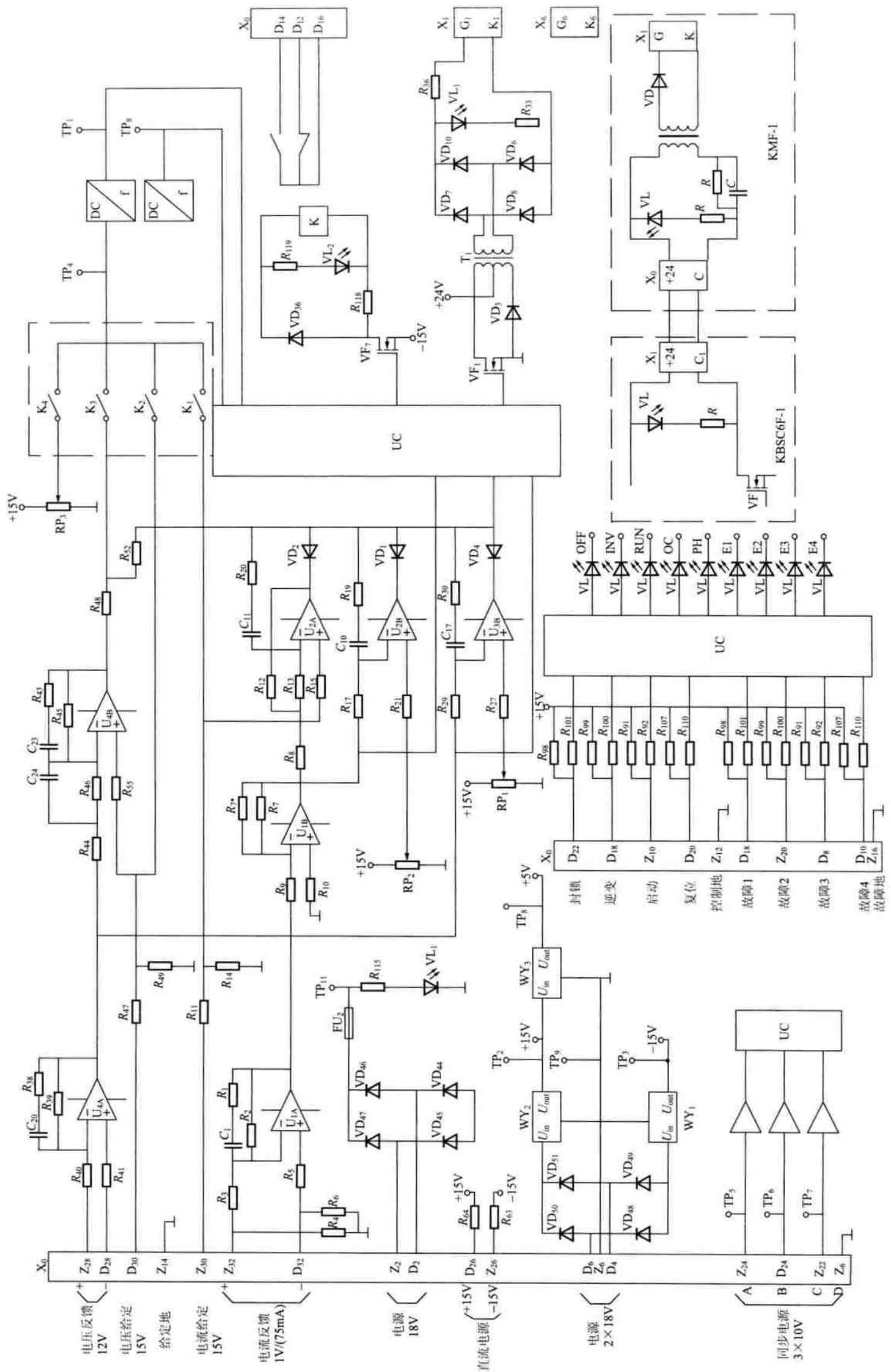


图 4.96 KBSC6M-1 (KBSC6F-1) 的内部结构及工作原理

能设定和选择共 9 个单元。

在未发生过流或过压故障时,给定电压(或电流)与经放大和改变极性后的反馈信号进行比较调节,提供给压频变换器转变为与给定电压相适应的频率信号,作为 CPLD 芯片计数分频、计算触发控制角的依据。主 CPLD 芯片以同步信号处理及整形电路输出的同步信号上升沿作为计算触发脉冲控制角的起点,对压频变换器输出的频率进行计数,计满溢出时输出触发脉冲,从而在 CPLD 输出端输出 6 路相位彼此相差 60° 的触发脉冲,经脉冲功率放大与隔离整形单元处理后输出。一旦发生过流或过压故障,则相应保护电路动作,按用户在控制功能设计和选择单元设定的功能,封锁触发脉冲,并进行相应的报警和显示。

4.18.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 1000m。
- (2) 环境温度不低于 -10°C , 不高于 $+40^\circ\text{C}$ 。
- (3) 相对于空气温度 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 时,空气最大相对湿度不超过 90%。
- (4) 运行地点无导电及爆炸性尘埃,无腐蚀金属和破坏绝缘的气体或蒸汽。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 正确接线

KBSC6M-1、KBSC6F-1 对外接线都为 7 个接插件,分别记为 $X_0 \sim X_6$,实物外形及元器件布置分别如图 4.97 与图 4.98 所示。

- (1) 主接插件 X_0 :对外正确接线见表 4.4。

(2) 触发脉冲输出接线端子:共 6 个,正确接线方法见表 4.5。应注意的是,为抗干扰,每个接线端子的输出线,应使用双绞线或同轴电缆屏蔽线接至被触发晶闸管或脉冲功率放大末级板。

3. 主电路与同步变压器相位匹配

KBSC6M-1、KBSC6F-1 使用中应确保主电路晶闸管阳-阴极的电压与晶闸管的触发脉冲相位同步。

(1) 当主电路为整流或有源逆变时,主电路与同步变压器应同相位,如主电路整流变压器接法为 $\Delta/\text{Y}-11$,则同步变压器接法也应为 $\Delta/\text{Y}-11$ 。

(2) 当主电路为交流相控调压,且主电路中无变压器时,同步变压器的接法应为 $\text{Y}/\text{Y}-12$ 。

4. 工作状态指示及运行模式设置

为便于对 KBSC6M-1、KBSC6F-1 的控制运行状态进行随时监控,板内设计了 5 个指示运行状态的发光二极管。使用中可通过短接运行状态的几个接线端子来设置运行模式,运行状态与相应发光二极管所指示状态的对应关系见表 4.6。

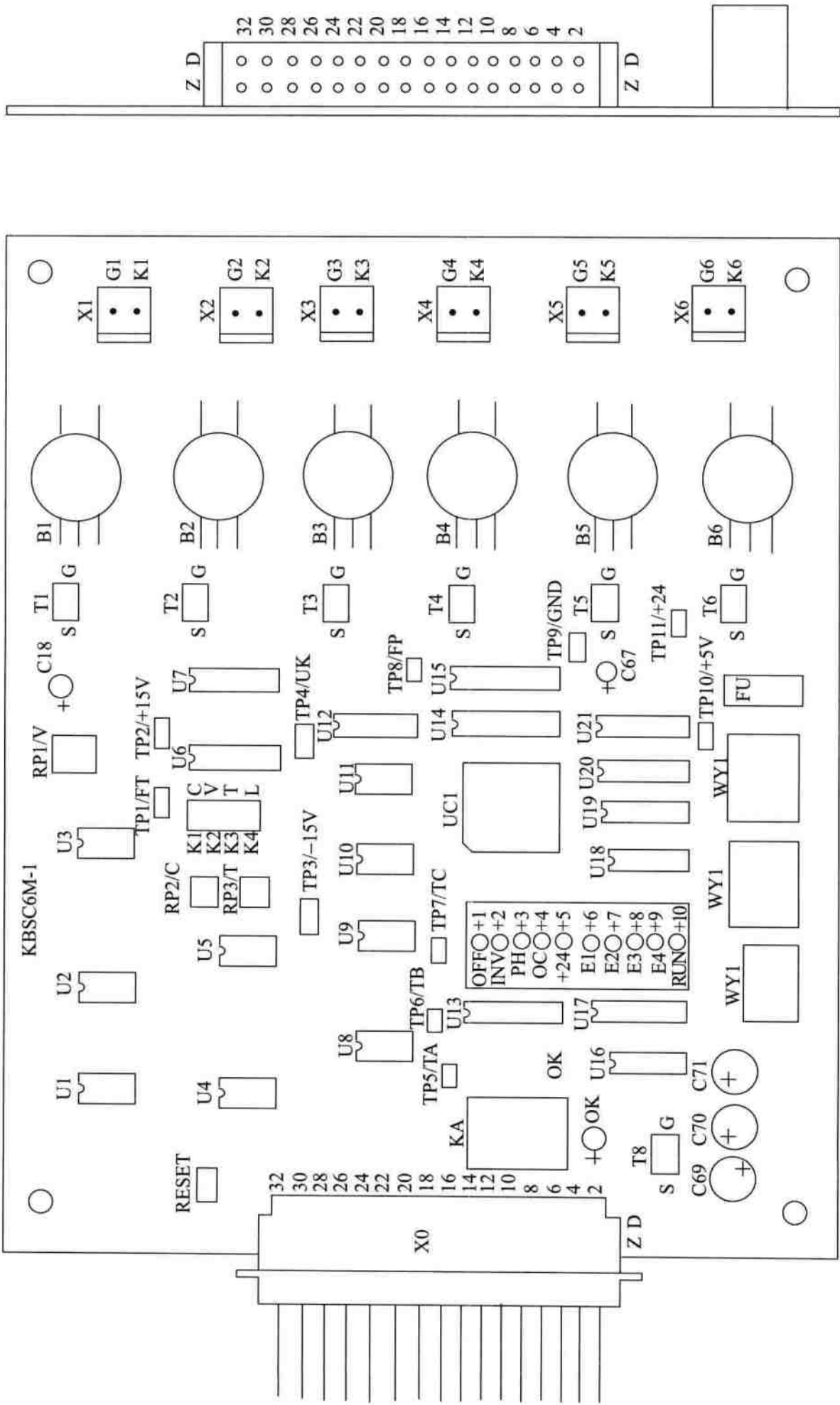


图 4.97 KBSC6M-1 的实物外形及元器件布置

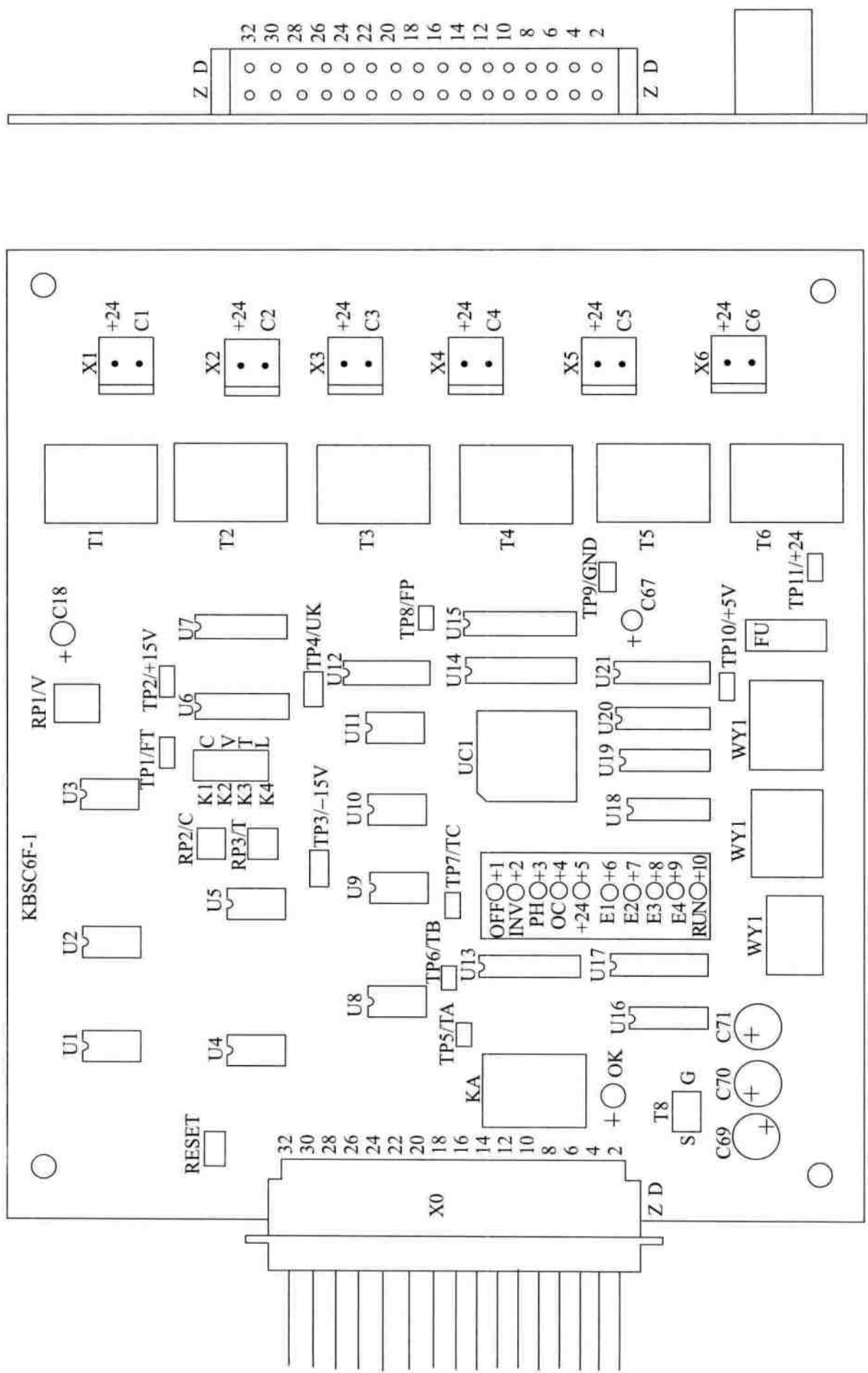


图 4.98 KBSC6F-1 的实物外形及元器件布置

表 4.4 KBSC6M-1、KBSC6F-1 主接插件 X0 的对外接线

名 称	端子号	功能或参数	使用方法
末级功率放大单元工作电源输入端	D ₂	输入电压：交流单相 AC 18V/1.5A	接用户提供的独立 18V 电源
	Z ₂		
触发板工作电源输入端	D ₄	AC 18V/0.5A	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的一端
	Z ₄	双 18V 工作电源中点	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的中间端
	D ₆	AC 18V/0.5A	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的另一端
同步信号输入端	Z ₂₄	相电压 10V/0.1A	接同步变压器二次 a 相
	D ₂₄	相电压 10V/0.1A	接同步变压器二次 b 相
	Z ₂₂	相电压 10V/0.5A	接同步变压器二次 c 相
	Z ₆	三相同步信号中性点	接同步变压器二次中性点
给定信号输入端	D ₂₆	基准电源：DC +15V，最大输出 20mA	可作为外部给定的基准电源接外部给定电位器的一个固定端
	D ₃₀	电压给定：DC 0~15V	稳压运行时用，接电压给定环节输出
	Z ₃₀	电流给定：DC 0~15V	稳流运行时用，接电流给定环节输出
	Z ₁₄	给定参考接地点	接外部给定信号参考地
直流电源输出端	D ₂₆	DC +15V，最大输出 20mA	接外部需正电源的使用场合，如霍尔电流传感器需要的正电源
	Z ₂₆	DC -15V，最大输出 20mA	接外部需负电源的使用场合，如霍尔电流传感器需要的负电源
电压反馈信号输入端	D ₂₈	正端：直流取样电压 12V，最大共模电压为±15V	接直流电压取样环节输出正
	Z ₂₈	负端：直流取样电压 12V，最大共模电压为±15V	接直流电压取样环节输出负
电流反馈信号输入端	Z ₃₂	正端：直流 1V(75mV 时将板内 R ₇ * 分断)	接直流电流取样环节输出正
	D ₃₂	负端：直流 1V(75mV 时将板内 R ₇ * 分断)	接直流电流取样环节输出负
外部故障信号输入端	D ₁₈	接地为故障状态，E1 灯亮，带故障记忆	按用户选择的模式接相应电平
	Z ₂₀	接地为故障状态，E2 灯亮，不带故障记忆	按用户选择的模式接相应电平
	D ₈	悬空为故障状态，E3 灯亮，带故障记忆	按用户选择的模式接相应电平
	D ₁₀	接地为故障状态，E4 灯亮，带故障记忆	按用户选择的模式接相应电平
	D ₂₀	悬空为停止运行，控制软启动	按用户选择的模式接相应电平
	Z ₁₆	外部故障接地点	按用户选择的模式接相应电平

续表 4.4

名 称	端子号	功能或参数	使用方法
控制信号 功能设定	Z ₁₀	接地为运行状态, RUN 灯亮; 悬空为停止运行, 控制软启动	按用户选择的模式接相应电平
	Z ₁₈	接地为逆变状态, INV 灯亮; 悬 空为整流状态	按用户选择的模式接相应电平
	D ₂₀	接地可使所有故障记忆复位	接用户的复位电路
	D ₂₂	接地为禁止触发脉冲输出, OFF 灯亮	按用户保护电路的输出
	Z ₁₂	控制信号接地点	按用户选择的模式接相应电平
故障报警 继电器 输出端	D ₁₂	常闭接点, 可与引脚 D ₁₆ 串入故 障报警回路, 使主接触器线圈断 电而分断主电路, 接点容量为 AC 48V/2A 或 DC 24V/2A	按用户选择的故障报警模式, 选择常 开或常闭接点接入相应的继电器操作电路 或报警指示电路
	D ₁₄	常开接点, 可与引脚 D ₁₆ 串入故 障报警回路使报警指示通电进行 故障指示, 接点容量为 AC 48V/ 2A 或 DC 24V/2A	
	D ₁₆	公共点, 作为公共端与 D ₁₂ 或 D ₁₄ 配合使用	
备用接线端	Z ₈		

表 4.5 KBSC6M-1、KBSC6F-1 触发脉冲输出接线端子的接线

引出接插 件序号	对应触发 脉冲号	X ₁ ~X ₆ 对应主电路 的桥臂号	KBSC6M-1	KBSC6F-1
X ₁	1	正 A 相	G _n 接序号为 <i>n</i> 的晶闸管 门极 K _n 接序号为 <i>n</i> 的晶闸管 阴极 <i>n</i> =1~6	+24V 接脉冲分配器 +24V 端 C _n 接对应序号为 <i>n</i> 的 触发脉冲整形与隔离环 节脉冲输入端
X ₂	2	负 C 相		
X ₃	3	正 B 相		
X ₄	4	负 A 相		
X ₅	5	正 C 相		
X ₆	6	负 B 相		

表 4.6 工作状态指示及运行模式设置

工作状态	控制端是否接 Z ₁₂				发光二极管					注 释
	Z ₁₀	Z ₁₈	D ₂₀	D ₂₂	RUN	INV	OFF	OK	LED _n	
控制电源合								亮	亮	
逆变运行		接				亮		亮	亮	
整流运行								亮	亮	
主电源合	接				亮			亮	亮	

续表 4. 6

工作状态		控制端是否接 Z ₁₂				发光二极管					注 释
		Z ₁₀	Z ₁₈	D ₂₀	D ₂₂	RUN	INV	OFF	OK	LED _n	
封锁输出脉冲		×	×	×	接			亮			
故障										亮	相应故障灯亮
复位				接					亮	亮	
主电源合		接				亮			亮	亮	
主电 源分	停止运行								亮	亮	
	主接触器分								亮	亮	
控制电源分											

注:(1)×表示任意状态。
(2) 只要未封锁脉冲,脉冲均在 $\alpha=150^{\circ}$ 处。
(3) 当发生故障时,脉冲被移到 $\alpha=150^{\circ}$ 处。

5. 控制功能选择

KBSC6M-1、KBSC6F-1 板内设计了 4 个接线端子,可通过短接不同的接线端子实现用户希望的控制功能。端子短接时达到的控制功能见表 4. 7。应注意的是,使用中短接端子 K₁~K₄ 在运行时只能有一个接通,且必须有一个接通。

表 4. 7 KBSC6M-1、KBSC6F-1 短接端子的功能设置

短接端子号	代 号	短接时功能
K ₁	C	可由电流给定输入端(Z ₃₀)直接控制脉冲移相,开环运行
K ₂	V	可由电压给定输入端(D ₃₀)直接控制脉冲移相,开环运行
K ₃	T	电位器 RP ₃ 可直接控制脉冲移相,顺时针旋转, α 由大变小
K ₄	L	系统处于稳流或稳压闭环工作状态
RESET		用于调试时,可使各故障记忆复位,运行中 RESET 不可短接

6. 发光二极管状态指示

KBSC6M-1、KBSC6F-1 板内设计了 17 个指示运行状态的发光二极管,其功能和含义见表 4. 8。

表 4. 8 KBSC6M-1、KBSC6F-1 板内发光二极管的状态指示含义

编 号	代 号	发光二极管发光时指示的状态
1	OFF	输出脉冲被封锁。逆变运行时,不可封锁输出脉冲
2	INV	逆变运行
3	PH	相序错或缺相故障
4	OC	过电流
5	+24	+24V 电源正常

续表 4.8

编 号	代 号	发光二极管发光时指示的状态
6	E ₁	对应于 X ₀ 输入端 D ₁₈ 输入的外部故障
7	E ₂	对应于 X ₀ 输入端 Z ₂₀ 输入的外部故障
8	E ₃	对应于 X ₀ 输入端 D ₈ 输入的外部故障
9	E ₄	对应于 X ₀ 输入端 D ₁₀ 输入的外部故障
10	RUN	带软启动功能,启动运行
11	OK	无故障,继电器吸合
12	VL ₁ ~ VL ₆	6 路脉冲正常指示

7. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP₁/V:最大输出电压设定电位器,当有电压反馈时可设定最大输出电压,顺时针方向调节,反馈输出电压增大。

(2) RP₂/C:最大输出电流设定电位器,当有电流反馈时可设定最大输出电流,顺时针方向调节,输出电流增大。过电流保护值为最大输出电流设定值的 1.5 倍,由内部自动设定。

(3) RP₃/T:当 K3 短接端子接通时,调整 RP₃ 可检查触发脉冲移相范围,整流时 α 应从 0°到 150°,逆变时 β 应从 90°到 30°(相当于 α 从 90°到 150°)。顺时针调节,触发控制角 α 减少。

8. 测试点及正常工作时的参数

KBSC6M-1/KBSC6F-1 板内设计了 11 个监控控制板工作状态的测试点,正常运行时,这些测试点的测试参数见表 4.9。

表 4.9 KBSC6M-1/KBSC6F-1 监控运行状态的测试点及正常工作参数

测试点序号	代 号	名 称	正常工作参数
TP ₁	FT	时钟信号 1	100~520kHz
TP ₂	+15V	工作电压	DC +15V
TP ₃	-15V	工作电压	DC -15V
TP ₄	U _K	控制电压	DC 0~12V
TP ₅	TA	A 相同步电压	AC 10V 相电压
TP ₆	TB	B 相同步电压	AC 10V 相电压
TP ₇	TC	C 相同步电压	AC 10V 相电压
TP ₈	FP	时钟信号 2	220kHz
TP ₉	GND	零电位点	
TP ₁₀	+5V	工作电压	DC +5V
TP ₁₁	+24V	工作电压	DC +24V

9. 熔断器

为防止板内或板外使用 +24V 及 +15V 的场合发生短路,KBSC6M-1、KBSC6F-1 板内直流 24V 设有熔断器 FU,当 5 号(+24)发光二极管不亮且 TP₁₁/+24V 点测试无直流 24V 时,应检查熔断器 FU 是否损坏;如损坏,应更换 2A 熔断器;如未损坏,则说明板内出现元器件损坏,应返厂修理。

10. 正确安装

(1) 安装时建议各个方向均留出 20mm 的空间,以便插拔接插件和接线。

(2) 主接插件与外部的连接用截面积不小于 0.3mm^2 的多芯软铜导线连接,焊接处套上塑料套管,以防碰线短路;电压反馈、电流反馈及电位器连接导线应分别用绞合线连接。

(3) 触发脉冲连接导线应用截面积不小于 0.3mm^2 的多芯软铜导线,建议用不同颜色的导线表示极性。

(4) 不同信号的接地点请按表 4.4 连接,以免相互干扰。

11. 典型应用举例

KBSC6M-1/KBSC6F-1 不但适用于三相全控桥、三相半波、双反星型晶闸管整流电路,而且可用于三相全控桥晶闸管有源逆变电路,还可用于主电路为三相三线制的三相晶闸管反并联交流调压电路中作为触发控制核心,构成各种交直流稳压、稳流、电镀、电解、电冶炼、蓄电池充放电、交流相控调压类电力电子变流设备。

图 4.99 是 KBSC6M-1 用于 100A/220V 直流电动机调速电力电子变流设备中的原理图。该图可作为该系列控制板应用于其他电力电子变流设备中的设计参考。

12. 应用调试

以图 4.99 所示 KGFA-100/220 型充放电电力电子变流设备的现场调试为例,调试步骤如下。

(1) 合控制电源,控制板上各发光二极管应指示正常。

(2) 控制板内部手动调节:将板上 K_3 (T)短接,把电位器 RP_3 /T 逆时针旋到底,在空载下合主电路,顺时针调节 RP_3 ,主电路直流电压由小到大平稳变化,且不发生振荡,并大于额定电压,说明同步电压与主电路相位正确。

(3) 控制板外部手动开环调节:如应用 KBSC6M-1 触发控制板构成稳压电源,则将板上 K_2 (V)短接;如应用 KBSC6M-1 触发控制板构成稳流电力电子变流设备,则将 K_1 (C)短接。合主电路以后,调节外部给定电位器,主电路输出直流电压应从零平稳变化到大于额定电压。

(4) 闭环自动调节:将控制板上 K_4 (L)短接,带上适当负载,合主电路,电力电子变流设备进入闭环工作状态(稳流或稳压)。

(5) 有电压反馈时,调节控制板上电位器 RP_1 /V,可设定限压值。

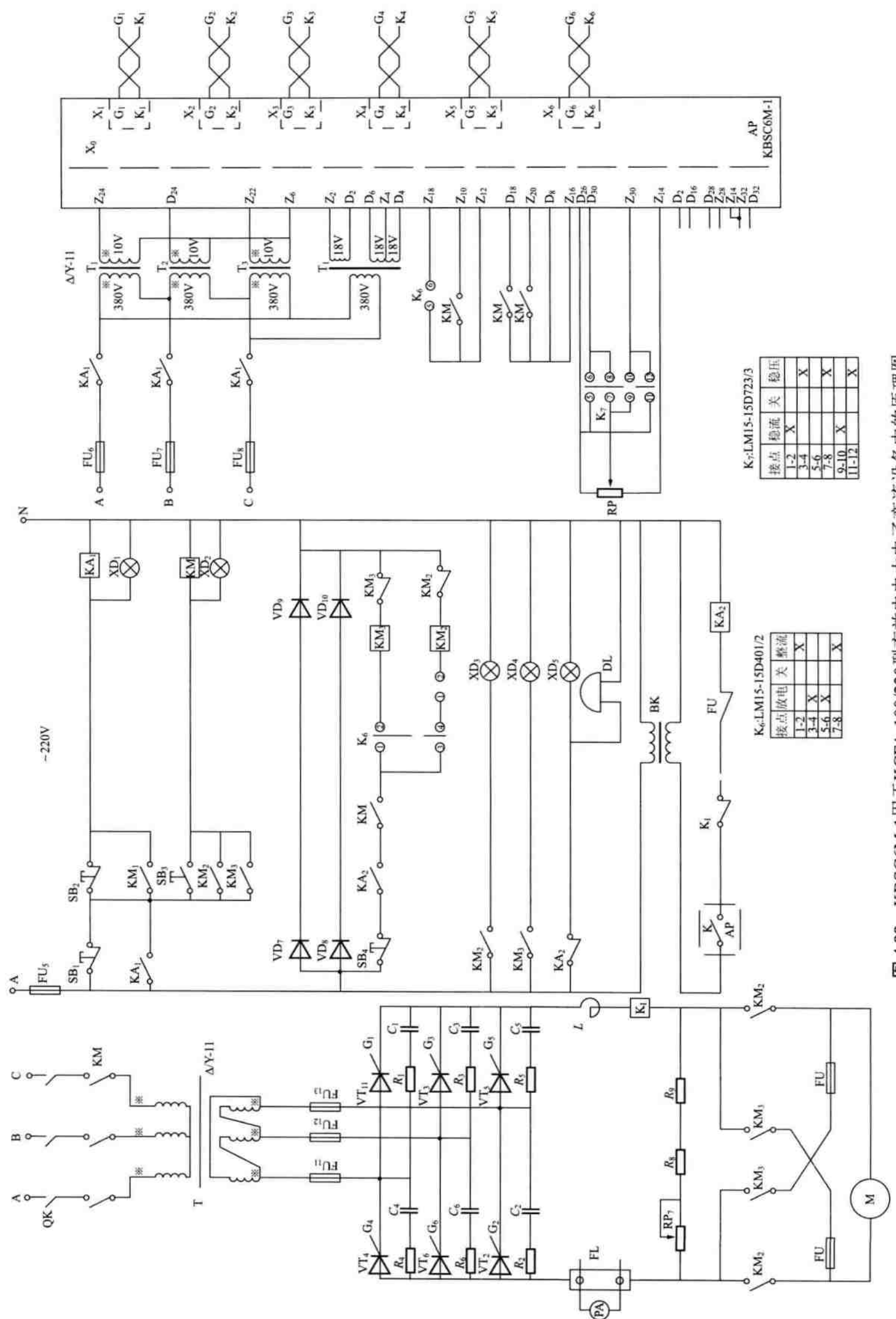


图 4.99 KBSC6M-1用于KCFA-100/220型充放电电力电子变流设备中的原理图

- (6) 调控制板上电位器 RP_2/C , 调整限流值。
- (7) 带上负载, 合主电路, 调整控制板上电位器 RP_2/C 设定限流值。
- (8) 在闭环工作状态下, 如果系统发生振荡, 可以调整 PI 调节器时间常数, 电流环为 R_{20} 、 C_{11} , 电压环为 R_{43} 、 C_{23} 。一般情况下, 改变比例电阻或积分电容均可使系统稳定工作。

13. 应用注意事项

- (1) 以 KBSC6M-1/KBSC6F-1 作为核心控制单元的晶闸管电力电子变流设备需要作绝缘测试时, 千万应注意将控制板从电力电子变流设备上取下, 否则可能造成控制板永久性损坏。
- (2) 当电流反馈信号取自分流器时, 电压反馈信号应在靠近分流器端取电压, 并注意电流、电压反馈信号的极性。
- (3) 当电流反馈信号取自分流器时, 请将其中一端接到控制板 Z_{14} 端, 如图 4.98 中将 32 号线接到 Z_{14} 端。
- (4) 电流、电压反馈及给定电位器连接导线应分别用绞合线连接。
- (5) 不同信号的接点请按表 4.4 连接, 以免相互干扰。

4.19 KBSC3M-1 三相晶闸管半控桥触发板

KBSC3M-1 晶闸管半控桥触发板是在 KBSC6M-1 的基础上简化而成的, 保留了主要特性, 缩小了体积。

4.19.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 应用单一 CPLD 芯片作为触发脉冲形成单元。
- (2) 内含闭环调节器, 可构成闭环控制。
- (3) 对同步信号幅值要求低。
- (4) 移相范围宽。
- (5) 内含脉冲功率放大、整形、隔离环节, 输出可直接触发晶闸管。
- (6) 不但可用于三相半控共阴极系统, 还可用于三相共阳极系统。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路侧额定工作电压: 380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源: 双 18V/0.5A 与 18V/1.5A。
- (3) 交流同步电源: 三相四线、相电压 10V/0.5A。
- (4) 电压反馈信号: DC 12V, 双端输入或单端输入。
- (5) 电流反馈信号: DC 1V, 双端输入或单端输入; DC 75mV, 双端输入或单端输入(应将板内 R_7 * 去掉)。

- (6) 触发脉冲移相范围： $\alpha=0^{\circ}\sim 210^{\circ}$ 。
- (7) 触发脉冲不对称度：小于 0.5° 。
- (8) 脉冲信号宽度： 25° 。
- (9) 触发脉冲峰值电压： 10V 。
- (10) 触发脉冲最大电流： 600mA 。
- (11) 最大外形尺寸： $275\text{mm}\times 205\text{mm}\times 35\text{mm}$ 。
- (12) 输出故障保护接点容量： $\text{AC } 48\text{V}/2\text{A}$ 或 $\text{AC } 220\text{V}/0.5\text{A}$ 。

4. 19. 2 内部结构及工作原理

KBSC3M-1 触发板的内部结构及工作原理如图 4. 100 所示, 主要由电源、调节器、移相控制、脉冲形成、脉冲放大及脉冲变压器组成。

4. 19. 3 应用技术

1. 实物外形及正确安装

KBSC3M-1 触发板的实物外形与元器件布置如图 4. 101 所示。它对外引出共有 4 个接插件——1 个主接插件和 3 个触发脉冲输出接插件; 使用中允许水平安装, 也可垂直安装。为保证接线与插拔接插件方便, 安装时应在该触发板的前后左右及上下留有合适的空间, 并保证在安装该触发板的周围不存在严重发热的电力电子器件。

2. 正确接线

(1) 主接插件 X_0 : 共 32 根线, 各端子的对外接线见表 4. 10。

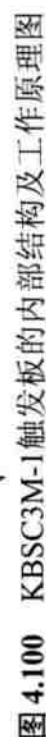
表 4. 10 KBSC3M-1 主接插件 X_0 的对外接线

名 称	端子号	功能或参数	使用方法
末级功率放大单元工作电源输入端	D_2	输入电压: 交流单相 $\text{AC } 18\text{V}/1.5\text{A}$	接用户提供的独立 18V 电源
	Z_2		
触发板工作电源输入端	D_4	$\text{AC}18\text{V}/0.5\text{A}$	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的一端
	Z_4	双 18V 工作电源中点	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的中间端
	D_6	$\text{AC}18\text{V}/0.5\text{A}$	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的另一端
同步信号输入端	Z_{24}	相电压 $10\text{V}/0.1\text{A}$	使用中接同步变压器二次的 a 相
	D_{24}	相电压 $10\text{V}/0.1\text{A}$	使用中接同步变压器二次的 b 相
	Z_{22}	相电压 $10\text{V}/0.5\text{A}$	使用中接同步变压器二次的 c 相
	Z_6	三相同步信号中性点	使用中接同步变压器二次的中性点

续表 4. 10

名 称	端子号	功能或参数	使用方法
给定信号 输入端	D ₃₀	电压给定:DC0~15V	稳压运行时用,接电压给定环节输出
	Z ₃₀	电流给定:DC0~15V	稳流运行时用,接电流给定环节输出
	Z ₁₄	给定参考接地点	接外部给定信号参考地
直流电源 输出端	D ₂₆	DC +15V,最大输出 20mA	接外部需正电源的使用场合,如霍尔 电流传感器需要的正电源
	Z ₂₆	DC -15V,最大输出 20mA	接外部需负电源的使用场合,如霍尔 电流传感器需要的负电源
电压反馈信号 输入端	D ₂₈	正端:直流取样电压 12V,最大 共模电压±15V	接直流电压取样环节输出正
	Z ₂₈	负端:直流取样电压 12V,最大 共模电压±15V	接直流电压取样环节输出负
电流反馈信号 输入端	Z ₃₂	正端:直流 1V(75mV 时将控 制板内 R ₇ * 分断)	接直流电流取样环节输出正
	D ₃₂	负端:直流 1V(75mV 时将控 制板内 R ₇ * 分断)	接直流电流取样环节输出负
控制功能 设定信号 输入端	D ₈	接地为故障状态,EX 灯亮,带 故障记忆	按用户选择的模式接相应电平
	D ₁₆	接地时禁止触发脉冲输出, OFF 灯亮	按用户选择的模式接相应电平
	D ₁₈	接地为运行状态,RUN 灯亮, 悬空为停止运行,控制软启动	按用户选择的模式接相应电平
	Z ₈	接地时可使所有故障记忆复位	按用户选择的模式接相应电平
	Z ₁₂	控制信号接地点	按用户选择的模式接相应电平
故障报警 继电器 输出端	D ₁₂	常闭接点,可与引脚 D ₁₆ 串入故 障报警回路使主接触器线圈断电 而分断主电路	按用户选择的故障报警模式,选择常 开或常闭接点接入相应的继电器操作电路 或报警指示电路
	D ₁₄	常开接点,可与引脚 D ₁₆ 串入故 障报警回路使报警指示通电进行 故障指示	
	D ₁₆	公共点,作为公共端与 D ₁₂ 或 D ₁₄ 配合使用	

(2) 触发脉冲输出接插件:应用了 3 个独立的双线接插件,使用中 G₁、K₁~G₃、K₃ 接与三相同步电压 a、b、c 对应的 3 个主电路中晶闸管的门-阴极。为抗干扰,G₁、K₁~G₃、K₃ 与被触发晶闸管门-阴极之间应使用双绞线连接,且连线尽可能短。



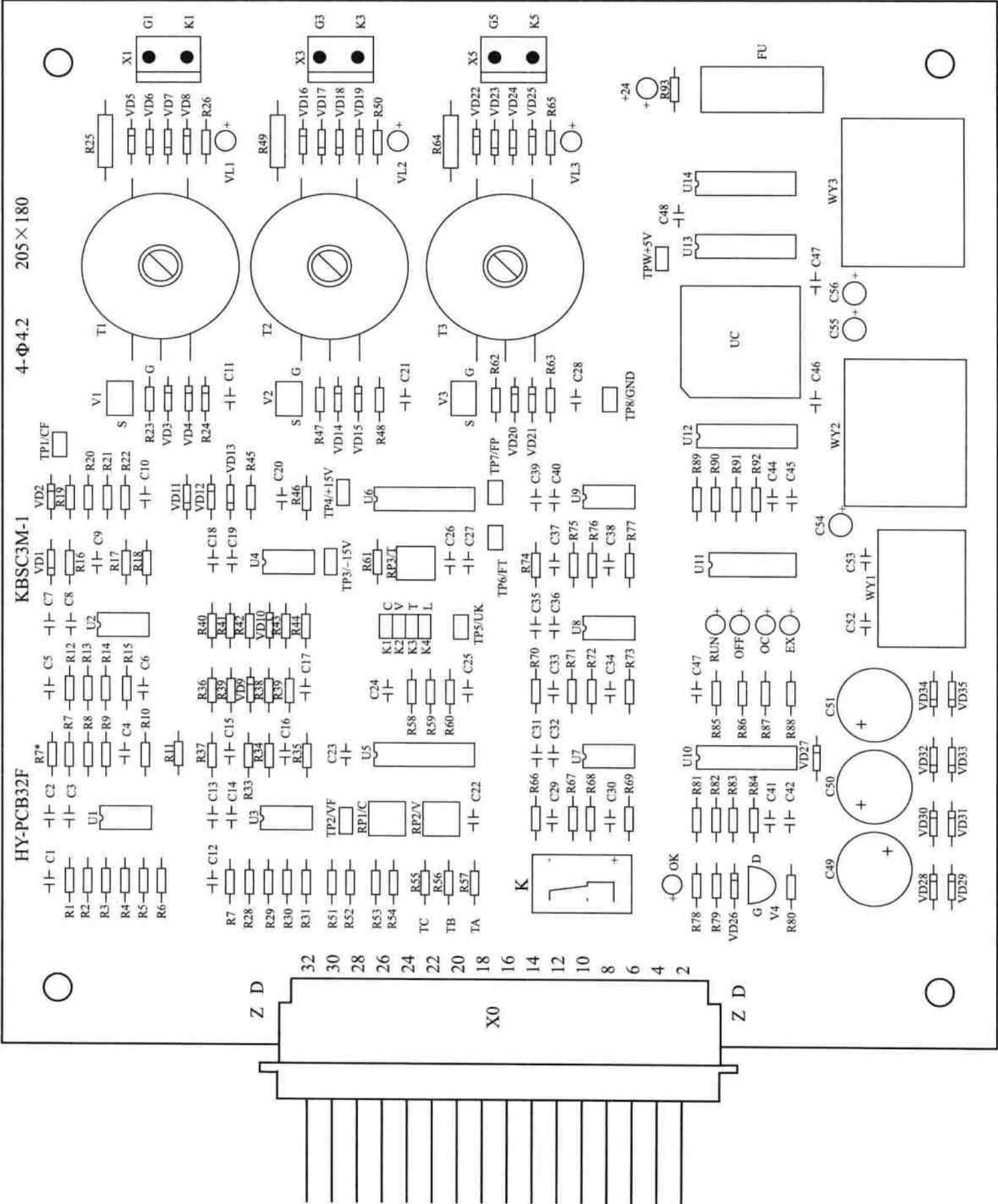


图 4.101 KBSC3M-1触发板的实物外形及元器件布置

3. 测试点及正常工作时的参数

KBSC3M-1 板内设计了 11 个测试点,各测试点的序号、代号、名称和正常工作参数见表 4.11。

表 4.11 KBSC3M-1 板内测试点的正常工作参数

测试点序号	代 号	名 称	正常工作参数值
TP ₁	CF	电流反馈值	额定电流时为 DC 8V
TP ₂	U _F	电压反馈值	额定电压时为 DC 8V
TP ₃	-15V	负工作电源电压	DC -15V
TP ₄	+15V	正工作电源电压	DC +15V
TP ₅	U _K	控制电压	DC 0~12V
TP ₆	TA	A 相同步电压	相电压为交流 10V
TP ₇	TB	B 相同步电压	相电压为交流 10V
TP ₈	TC	C 相同步电压	相电压为交流 10V
TP ₉	GND	零电位点	0V
TP ₁₀	+5V	+5V 工作电源电压	DC +5V
TP ₁₁	+24V	+24V 工作电源电压	DC +24V

4. 各电位器的作用和调节方法

(1) RP₁/C 为最大输出电流设定电位器,在稳压状态时,短接 Z₂₄ 与 Z₃₀,调节 RP₁ 可设定最大电流值。过电流保护值为最大电流设定值的 1.5 倍,由内部自动设定。

(2) RP₂/V 为最大输出电压设定电位器,在稳流状态时,短接 D₂₄ 与 D₃₀。

(3) RP₃/T 为移相范围设定电位器,当 K₃ 短接时,调节 RP₃ 可检查触发脉冲移相范围,整流时调节 RP₃,触发脉冲 α 移相范围应从 0°~150°,顺时针调节时 α 减少。

5. 发光二极管状态指示

KBSC3M-1 板内设计有 9 个发光二极管,各发光二极管发光时代表的状态见表 4.12。

表 4.12 KBSC3M-1 板内发光二极管发光时代表的状态含义

代 号	发光二极管发光时指示的状态
OFF	输出脉冲被封锁
OC	过电流
+24	+24V 正常
EX	外部故障,对应于主连接插件 X ₀ 的 D ₈ 输入端
RUN	启动运行,带软启动功能
OK	无故障,继电器吸合
VL _{1,3,5}	触发脉冲指示

6. 控制功能选择

为扩大 KBSC3M-1 触发板的使用范围,板内设计了 4 个短接端子,使用中可通过这 4 个短接端子的不同接法,达到不同的应用目的。短接端子功能选择见表 4. 13。应注意的是, $K_1 \sim K_4$ 在运行时只能有一个接通,且必须有一个接通。

表 4. 13 短接端子的代号及功能

短接端子号	代 号	短接时功能
K_1	K_1/C	可由电流给定输入端(Z_{30})直接控制脉冲移相,开环运行
K_2	K_2/V	可由电压给定输入端(D_{30})直接控制脉冲移相,开环运行
K_3	K_3/T	电位器 RP_3 可直接控制脉冲移相,顺时针调节, α 由大变小
K_4	K_4/L	系统处于稳流或稳压闭环工作状态

7. 主电路与同步电路相位匹配

KBSC3M-1 正确使用时,同步电路与主电路晶闸管阳阴极之间的电压相位应同步,对主电路带有整流变压的场合,如主电路整流变压器接法为 Y/ Δ -11,则同步变压器应接为 Δ/Y -11。

8. 典型应用举例

KBSC3M-1 适用于主电路结构为三相桥式半控的整流或交流调压系统中,构成稳压、稳流或闭环调速的电力电子变流设备。

图 4. 102 是 KBSC3M-1 用于三相半控桥整流类电力电子变流设备,构成闭环稳压/稳流的原理图。图中,电流检测反馈信号应用分流器,而电压检测与反馈应用分压电阻。由于主电路与控制电路电气上未隔离,所以不推荐使用在输出直流电压较高的场合,建议在输出直流电压较低的场合使用。

4. 20 KKSC6M-1 三相开环过零触发控制板

KKSC6M-1 是用于开环整流及调压系统中的三相触发控制板,既可采用过零触发调占空比方式,也可以采用相控方式工作,为了避免变压器负载的启动冲击电流,两种工作方式都具有软启动功能。采用过零触发调占空比方式时,可以提高负载功率因数,减少设备的无功功率损耗,同时,可以和自动化仪表配合使用,组成闭环控制系统,适用于三相全控桥、双反星形整流电路及三相交流调压电路。其输出触发脉冲对称性好,用于三相交流调压时,负载可以是变压器或电阻炉。

4. 20. 1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 单一大板结构,用于过零触发,板内不含调节器。
- (2) 三相单相交流供电,同步输入为三相。

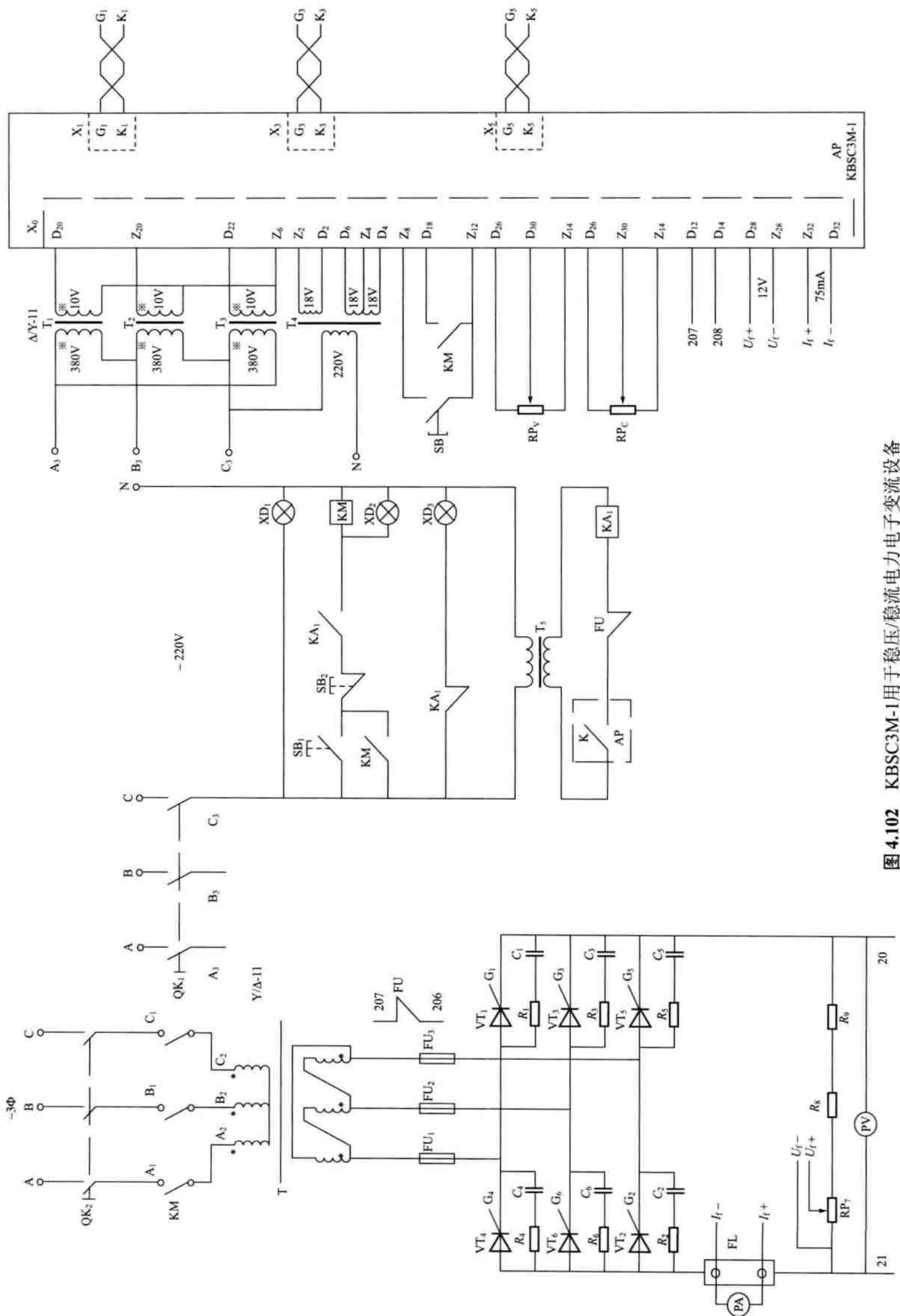


图 4.102 KBSC3M-1 用于稳压/稳流电力电子变流设备

- (3) 含脉冲功率放大环节,输出直接触发晶闸管。
- (4) 可外控封锁输出脉冲实现启停控制。
- (5) 参数板内给定,使用极为方便。
- (6) 可工作于过零触发或相控触发方式,使用极为方便。
- (7) 可电压给定也可电流输入给定。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源:单相双路 18V/0.5A;单路 18V/1.5A。
- (3) 交流同步电源:三相四线、相电压 10V/0.5A。
- (4) 给定电压信号:DC 4~20mA 或 1~5V。
- (5) 占空比周期:5s。
- (6) 触发脉冲移相范围:整流运行 $\alpha=0^\circ\sim150^\circ$;逆变运行 $\beta=30^\circ\sim90^\circ$ 。
- (7) 脉冲不对称度:小于 0.5° 。
- (8) 脉冲信号宽度:12°、双窄脉冲、间隔 60° 。
- (9) 触发脉冲电压:10V。
- (10) 触发脉冲最大负载电流:600mA。
- (11) 最大外形尺寸:295mm×205mm×35mm。

4.20.2 内部结构及工作原理

KKSC6M-1 触发板的内部结构及工作原理如图 4.103 所示,可分为自身工作电源、同步环节、脉冲形成环节、给定积分及移相控制环节、保护逻辑及脉冲功率放大整形 6 个单元电路。

4.20.3 应用技术

1. 实物外形与正确安装

KKSC6M-1 触发板的实物外形与元器件布置如图 4.104 所示,它对外引出共有 7 个接插件,一个主接插件和 6 个触发脉冲输出接插件,使用中允许水平安装,也可垂直安装,为保证接线与插拔接插件方便,安装时应在该触发板的前后左右及上下留有合适的空间,并保证在安装该触发控制板的周围不存在严重发热的电气元件和电力电子器件。

2. 正确接线

- (1) 主接插件 X_0 :共 32 根线,各端子的对外接线见表 4.14。

(2) 触发脉冲输出接插件: $X_1\sim X_6$ 对应 6 路触发脉冲的输出,应用时可直接接主电路晶闸管的门-阴极。根据主电路选用拓扑结构是全控和半控的不同,可选用 $X_1\sim X_6$ 输出的 6 组 12 根线全接,也可仅接 X_1 、 X_3 、 X_5 或 X_2 、 X_4 、 X_6 。应用于半控电路时,主电路中 3 个晶闸管为共阴极接法时,可把 X_1 、 X_3 、 X_5 输出的 6 根线与

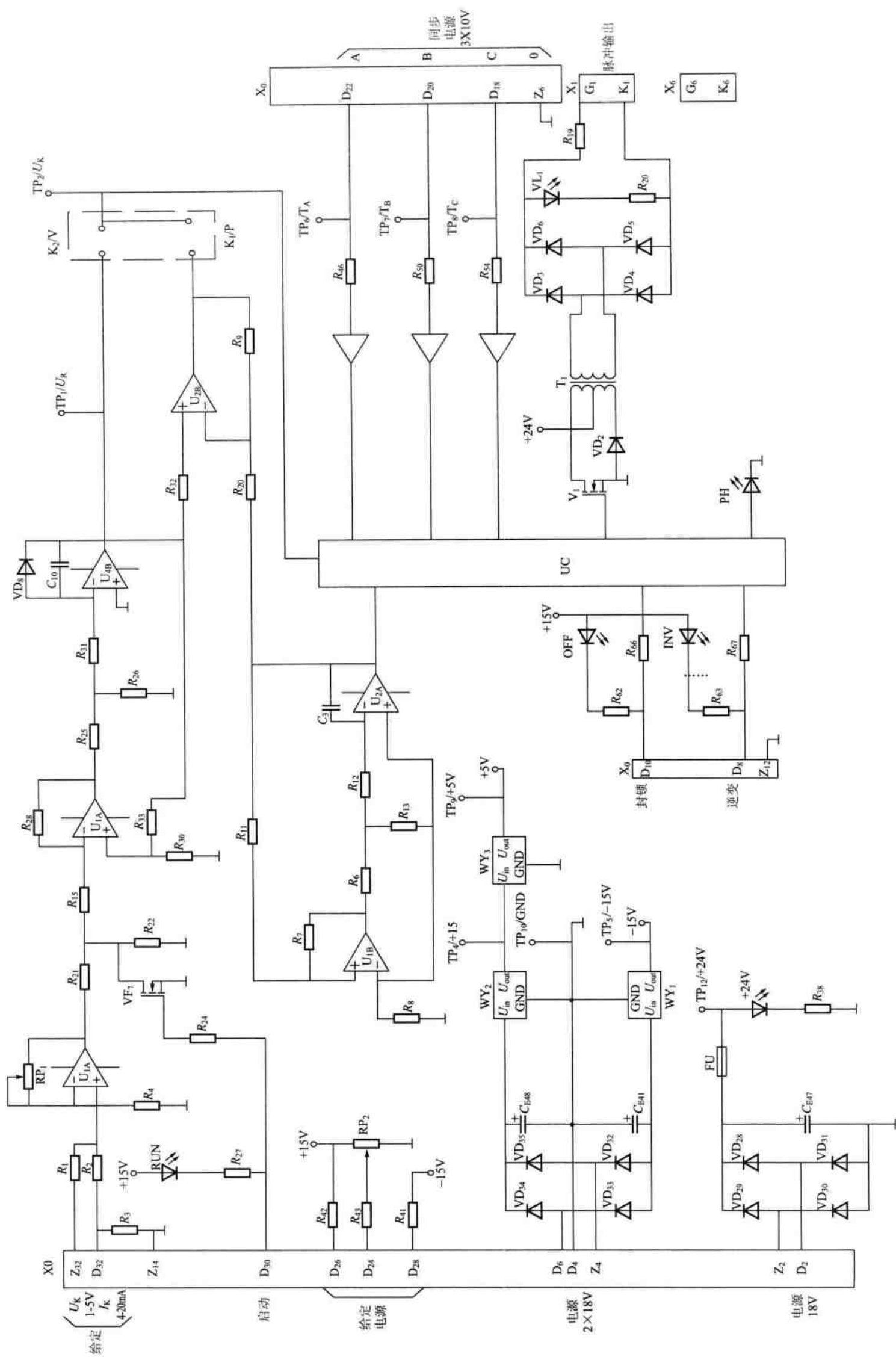


图 4.103 KKSC6M-1触发板的内部结构及工作原理

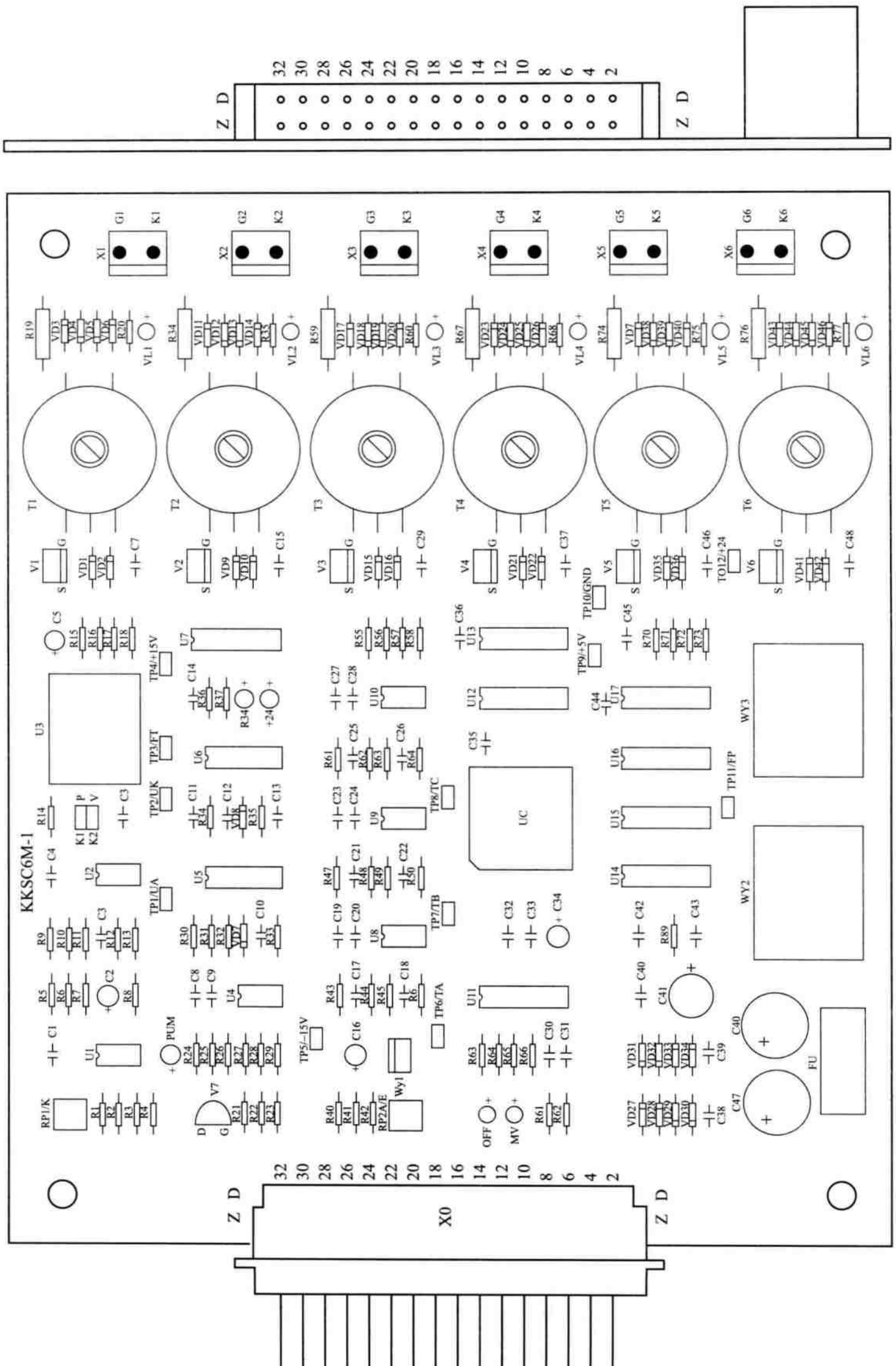


图 4.104 KKSC6M-1 触发板的实物外形及元器件布置图

表 4.14 KKSC6M-1 主接插件 X₀ 的对外接线

名 称	端子号	功能或参数	使用方法
末级功率放大单元工作电源输入端	D ₂	输入电压:交流单相 AC 18V/1.5A	接用户提供的独立 18V 电源
	Z ₂		
触发板工作电源输入端	D ₄	AC 18V/0.5A	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的一端
	Z ₄	双 18V 工作电源中点	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的中间端
	D ₆	AC 18V/0.5A	接用户提供的具有中间抽头的变压器二次双 18V 绕组的另一端
同步信号输入端	D ₂₂	相电压 10V/0.1A	接同步变压器或光耦合器二次的 a 相
	D ₂₀	相电压 10V/0.1A	接同步变压器或光耦合器二次的 b 相
	D ₁₈	相电压 10V/0.5A	接同步变压器或光耦合器二次的 c 相
	Z ₆	三相同步信号中性点	接同步变压器或光耦合器二次的中性点
给定信号输入端	D ₃₂	电流给定:DC 4~20mA	接仪表控制运行时用;输入用仪表控制时,接外部控制仪表环节输出,此时 D ₂₄ 与 Z ₃₂ 悬空
	Z ₃₂	电压给定:DC 0~5V	电压给定运行时用,接外部给定环节 0~5V 输出,此时 D ₃₂ 与 D ₂₄ 悬空
	Z ₁₄	给定参考接地点	不论采用何种给定方式,都接外部给定信号参考地
	D ₂₄	电压给定:DC 0~15V	提供了一个可调的直流电源,可用来在外部选用电压给定运行时,接电位器的中间滑动端
直流电源输出端	D ₂₆	输出 DC +15V,最大输出 20mA	在需要时接用户电路,作为用户电路的正供电电源,如霍尔电流传感器需要的正电源
	Z ₂₆	输出 DC -15V,最大输出 20mA	在需要时接用户电路,作为用户电路的负供电电源,如霍尔电流传感器需要的负电源
控制功能设定信号输入端	D ₃₀	接地为运行状态, RUN 灯亮;悬空为停止运行,控制软启动	按用户选择的模式接相应电平
	D ₁₀	接地为停止运行, OFF 灯亮	按用户选择的模式接相应电平
	D ₈	接地为逆变状态, INV 灯亮	按用户选择的模式接相应电平
	Z ₁₂	控制信号接地点	按用户选择的模式接相应电平

三相半控电路中的 3 个共阴极晶闸管门-阴极相连,X₂、X₄、X₆ 输出悬空;而当三相半控电路中 3 个晶闸管为共阳极接法时,可把 X₂、X₄、X₆ 输出的 6 根线分别与共阳极接法的 3 个晶闸管门-阴极相连,将 X₁、X₃、X₅ 输出悬空。

3. 各电位器的作用及调节方法

- (1) RP_1/K 为给定范围调整电位器:当给定为 $4\sim 20mA$ 时,调整 RP_2/K 使占空比为 $0\sim 1$;当占空比为 1 时,对应 TP_1/UR 测试点约为 12V。
- (2) RP_2/UE 为备用电位器。

4. 发光二极管状态指示

KKSC6M-1 板内共设计有 11 个发光二极管,用来显示其正常运行与故障时的工作状态,不同发光二极管点亮时代表的含义见表 4.15 所列。

表 4.15 KKSC6M-1 板内发光二极管状态指示含义

代 号	发光二极管点亮时指示的状态
RUN	启动
PH	相序错
+24	+24V 正常
OFF	输出脉冲被封锁
INV	逆变状态
$VL_1\sim VL_6$	触发脉冲指示

5. 控制功能选择

KKSC6M-1 板内设计有 2 个选择工作方式的短接端子,可设置控制板的工作方式为过零触发还是移相触发。

- (1) 短接 K_1/P ,设置控制板为占空比方式(过零触发)。
- (2) 短接 K_2/V ,设置控制板为相控方式。

6. 主电路与同步电路相位匹配

KKSC6M-1 使用时必须确保同步电路与主电路晶闸管阳-阴极的电压同步,对主电路应用整流变压器的使用场合,如主变压器接法为 $Y/\Delta-11$,则同步变压器接法应为 $\Delta/Y-11$ 。如主电路为网侧三相交流调压,则同步变压器接法应为 $Y/Y-12$ 。

7. 典型应用举例

KKSC6M-1 可用于主电路结构为三相全控、半控调压、三相桥式全控或半控整流的电力电子变流设备,完成对晶闸管的触发控制。图 4.105 是其用于三相半控交流调压的某工业电阻炉控制系统的原理图,应用 X_2 、 X_4 、 X_6 输出的触发脉冲作为 3 只晶闸管的触发,给定选用电流给定,通过专用的温控仪表来控制。

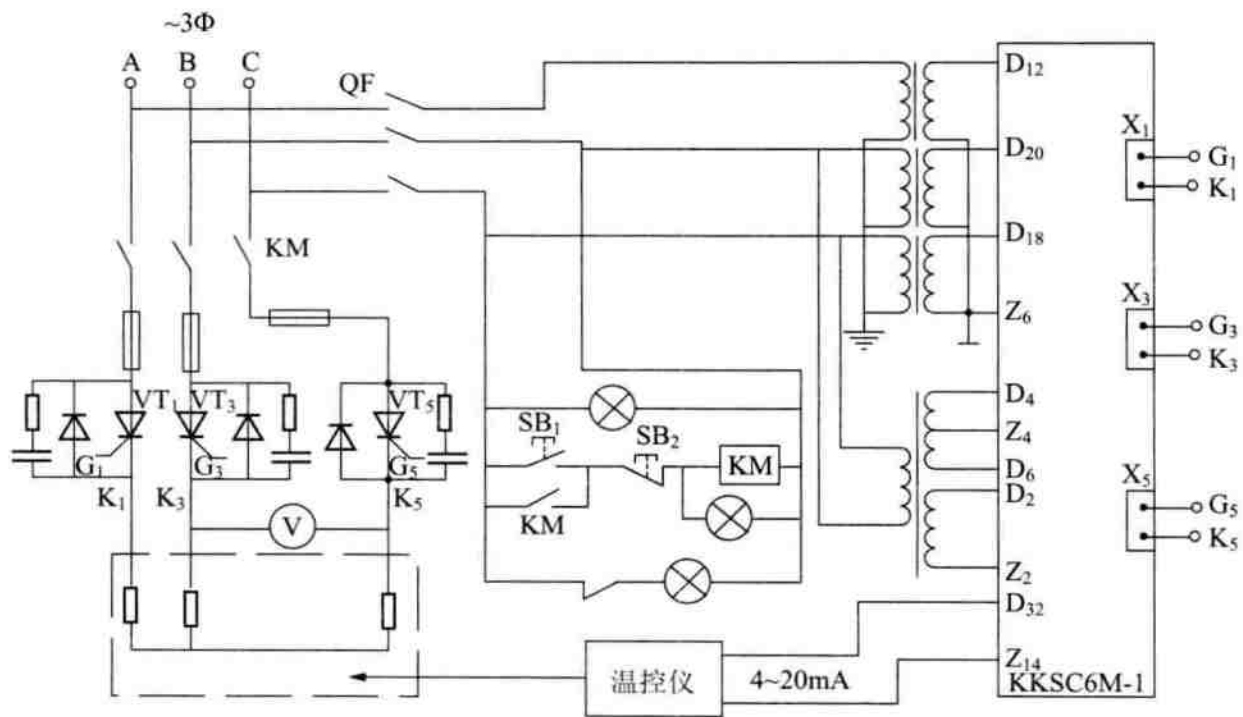


图 4.105 KKSC6M-1 用于三相半控交流调压的某工业电阻炉控制系统

第 5 章 三相晶闸管电力电子变流设备控制板

5.1 概 述

三相晶闸管电力电子变流设备是构成多相电力电子变换设备的基础,是多重化变流的基本构成单元。据我国电力电子行业情报网的不完全统计,以晶闸管为主功率器件的电力电子变流设备是我国每年投入运行的电力电子变流系统中装机容量最大的,包括晶闸管三相及多相可控整流电源、电化学、有色冶金、电加工、核工业热工试验等行业应用的大电流直流电力电子变流设备,有弯管、淬火、熔炼、透热行业使用的中频感应加热电力电子变流设备,有直流电动机调速电力电子变流设备,有直流输电、机车牵引、城市地铁、航空航天等行业应用的晶闸管电力电子变流设备……归根结底,这些不同应用的晶闸管电力电子变流设备,都可看做是为满足不同电力电子变流场合的要求,三相晶闸管触发板在某一方面应用的具体化。国内系列化生产并销售晶闸管电力电子变流设备控制板的单位甚少,表 5.1 列出了陕西高科电力电子有限责任公司生产、在国内已有较大使用量,使用效果已经行业检验和证明的三相晶闸管电力电子变流设备控制板的型号、主要设计特点、主要参数。

表 5.1 三相晶闸管电力电子变流设备控制板简表

型 号	特 点	主要参数
KGPSV	单块大板结构,采用扫频启动方式,应用锁相环构成的晶闸管中频扫频式控制板,具有使用、调试方便,保护功能齐全,调整方便等优点	工作电源电压:交流双 18V 给定电压范围:0~10V 整流脉冲移相范围:0°~130°
KGPSVI	单板结构,应用可编程逻辑智能化控制芯片 SGK198,自适应输入电压相序,无需同步变压器,扫频启动,数字触发,具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰能力强、反应速度快等特点	主电路进线额定电压:100V~660V (50Hz) 控制供电电源:单相 17V/2A 整流触发脉冲移相范围 α :0°~130° 逆变频率可调范围:400Hz~8kHz 外形尺寸:长×宽×高=246mm×180mm×30mm

续表 5.1

型 号	特 点	主要参数
KGPSⅦ	12 脉波晶闸管中频电力电子变流设备控制板,由 2 个智能化可编程逻辑控制芯片 SGK199 组成,自对相,扫频启动,具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰能力强、反应速度快等特点,又由于有相序自适应电路,无需同步变压器	外形尺寸:长×宽×高=295mm×246mm×30mm 其余指标同 KGPSⅥ
KGPSⅧ	在 KGPSⅦ的基础上开发的 12 脉波晶闸管电力电子变流设备控制板,采用智能化芯片 SGK199,脉冲自对相,扫频启动方式,内含 2 个整流桥电流平衡调节器,中频取样信号应用电压信号,对外仅 32 根线,具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰能力强、反应速度快等优点	可工作母线电压:100~660V 供电电源电压:单-交流 17V 整流脉冲移相范围:0°~150° 整流触发脉冲不对称度:≤1° 逆变工作频率范围:0.4~8kHz 逆变触发脉冲电流幅值:≥3A
KCZ6F-1	在 KCZS6M-3 数字式带有保护功能的闭环晶闸管控制板的基础上按照直流电弧炉工艺的特殊要求,专为直流电弧炉供电电源控制而设计的专用控制板,内部设计有 1 个比例积分放大器、1 个比较器及 1 个锁定保护,可对系统进行稳流的负反馈控制。由于各放大器输出/输入端分别引出且输入端采用 2 路切换,所以可方便地实现开环或单闭环控制,既可用于直流电弧炉电源控制系统,也可用来取代 KCZ6.2、KCZ6-1T、JQC3.1 三相晶闸全桥控制板用于三相可控整流及三相交流调压系统	工作电源供电电压:单相 380V/50Hz; 同步线电压:40~380V; 反馈参数:0~5V 或 0~10mA; 外形尺寸:长×宽×高=270mm×210mm×55mm 其余参数同 KCZS6M-1
KCZ6F-6	根据直流电弧炉工艺的特殊要求,专为直流电弧炉供电电源控制而设计的专用控制板,内部设计有 1 个比例积分放大器、2 个比较器及 1 个锁定保护,可按直流电弧炉工艺的不同阶段要求,对系统进行稳压或稳流负反馈控制,实现恒压启动,恒流运行。各放大器输出/输入端分别引出且输入端采用 2 路切换,所以可方便地实现开环或单闭环控制,既可用于直流电弧炉电源控制系统,也可用来取代 KCZ6.2、KCZ6-1T、JQC3.1 三相晶闸全桥控制板用于三相可控整流及三相交流调压系统	工作电源供电电压:单相 380V/50Hz 同步线电压:40~380V 反馈参数:0~5V 或 0~10mA 外形尺寸:长×宽×高=270mm×210mm×55mm 其余参数同 KCZS6M-1
KGS	专为直流电动机调速设计的专用控制板,内含双闭环调节器,具有过压、过流、缺相、错相、电流截止等保护功能;输出 8 路触发脉冲,可触发电动机电枢供电电路中的 6 个晶闸管及控制电动机励磁的单相桥式半控励磁回路中的 2 个晶闸管	输入三相同步电压:三相 30V 输入控制电压:交流 2 组 16V 及 14V 输入给定控制电压:0~10V 外形尺寸:长×宽×高=327mm×202mm×30mm

续表 5.1

型 号	特 点	主要参数
TDLF	专为同步电动机励磁开发的专用控制板,内含 PI 调节器,可进行恒流或恒压控制;内含脉冲形成、脉冲功率放大、脉冲整形、脉冲变压器及失步保护、失步自整定、过压、过流、负载短路等保护与报警显示功能	工作电源电压:单相 220V 同步电压:三相 30~380V 移相控制电压范围:0~10V 反馈电压(或电流)取值范围:0~10V (0~100mA)
KC-13A	专为晶闸管镍镉直流屏开发的专用控制板,内含脉冲形成、脉冲功率放大及整形部分,并含给定积分、单闭环 PI 调节器。它能自动对直流屏系统的电池电压进行采样,当电池电压<210V 时,进行恒流充电;当电池电压充到 270V 以上时,自动切换到恒压充电,恒压充电 7 小时后自动转入浮充状态	供电电压:三相相电压 17V 输出最大脉冲电流:400mA 电流取样输入值:直流 75mV 电池电压取样值:直流 0~270V
KCLF-2	在 KCZB 通用励磁控制板的基础上为同步发电机、同步电动机、水轮发电机等系统开发的励磁控制板,适用于主电路为三相全控、三相半控、三相零式、双反星形多种结构的励磁系统	供电电源电压:单相 380V 电流取样信号:0~100mA 输入直流电压信号:0~+10V 电压反馈信号:单相或三相 0~10V
KFSC6M-1	专为蓄电池充放电电力电子变流设备设计的控制板,内含给定积分、PI 调节器、限压、限流、过流、缺相等多种保护及指示功能,适用于三相全控桥式及三相反并联交流调压系统	供电电压:交流三路 18V 交流同步电压:三相四线制 10V/0.1A 电压、电流反馈信号幅值:分别为 12V 及 0~1V 外形尺寸:长×宽×高=45mm×205mm×35mm
KDSC6M-1	专为稳压或稳流电力电子变流设备而设计的控制板,内含给定积分器、PI 调节器,触发脉冲形成、脉冲功率放大和隔离单元,输出可直接触发晶闸管,适用于主电路为三相桥式全控的系统	外形尺寸:长×宽×高=80mm×205mm×35mm 其余参数同 KKSC6M-1
KZSC6M-1 KZSC6F-1	专为直流电动机调速系统开发的双闭环控制板,内含自身工作电源形成整流环节、给定积分、双闭环 PI 调节器、电压和电流反馈、移相控制、脉冲形成、脉冲功率放大等单元,并有丢脉冲自动补偿、故障检测、综合逻辑控制等功能。KZSC6M-1 带有脉冲变压器,输出可直接触发晶闸管;而 KZSC6F-1 不带脉冲变压器,需外配脉冲末级板才可触发晶闸管	电流反馈信号:直流 2V 或交流三相 100mA 外形尺寸(长×宽×高): KZSC6M-1 为 270mm×205mm×40mm KZSC6F-1 为 340mm×205mm×40mm
KZSC6M-2	为他励直流电动机恒转矩调速和恒功率调速而开发的非独立励磁控制板,内含给定积分器、转速调节器、电流调节器、电枢电势检测、移相控制、脉冲功率放大及脉冲变压器等功能单元,输出可直接触发晶闸管,适用于三相桥式全控晶闸管整流系统中作为控制单元	移相范围 α :0°~150° 外形尺寸:长×宽×高=370mm×205mm×40mm 其余参数同 KFSC6M-1

续表 5.1

型 号	特 点	主要参数
KZSC6M-4 KZSC6F-4	在 KZSC6M-1/KZSC6F-1 的基础上改进和完善功能而设计的,主要由工作电源、给定积分器、转速 PID 调节器、电流 PI 调节器、脉冲形成、脉冲功率放大等环节组成,脉冲的移相、定宽调制均实现数字化	供电电源电压:单相双交流 18V/0.3A 与 1 路 18V/0.1A 同步电源电压:三相四线 10V/0.1A 转速反馈信号幅值:DC 0~15V 电流反馈信号幅值:DC 0~2V 或 AC 0~100mA
KRSC6M-1 KRSC6F-1	为三相交流电动机软启动装置而设计开发的专用控制板,亦可用于需要软启动功能的晶闸管交、直流电源系统,脉冲的移相、定宽调制均实现数字化。触发器部分在使用中不需要任何调整,用户使用中仅需调整保护门槛设定电位器。KRSC6M-1 与 KRSC6F-1 的区别是,前者带有脉冲变压器,后者不带	脉冲信号宽度:70° 故障及启动完成输出信号接点容量:48V/2A 直流 外形尺寸(长×宽×高): KRSC6M-1 为 355mm×205mm×40mm; KRSC6F-1 为 325mm×205mm×40mm
KRSC6M-2 KRSC6F-2	节能型交流电动机软启动板,具有软启动、软停车功能,核心部件采用美国高性能、高密度的大规模复杂可编程逻辑器件 CPLD。除调节器外,脉冲的移相、定宽调制均实现数字化、具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰性强、反应速度快等优点	过载保护时间:60s、30s、80s 三档可调 电流反馈信号幅值:DC 0~2V 或 AC 0~100mA 触发脉冲移相范围:0°~150°
KRSC6M-3	在 KRSC6M-1 型交流电动机软启动控制板的基础上改型设计的第三代软启动触发控制板,与 KRSC6M-1 板相比,它的功能更强,电路结构更为合理。它的同步电源与工作电源电压共用,简化了供电结构,板内仅 2 个电位器,调节更为方便	脉冲信号宽度:80° 触发脉冲幅值:10V/400mA 交流供电及同步电压:三相 18V/0.5A 脉冲不对称度:<0.5°
KHSC6M-1 KHSC6F-1	专为电化学用电力电子变流设备(如电解、电镀系统)而设计的控制板,在 KBSC6M-1/KBSC6F-1 的基础上增加了电流、电压给定积分器,外部开环给定等功能,适用于在三相桥式全控整流及双反星型晶闸管整流类电力电子变流设备。KHSC6M-1 带有脉冲变压器和整形电路,输出可直接触发晶闸管;而 KHSC6F-1 不带脉冲变压器	脉冲对称度:<0.5° 软启动时间:5~15s 故障保护接点输出容量:直流 48V/2A 外形尺寸(长×宽×高): KHSC6M-1 为 340mm×205mm×35mm; KHSC6F-1 为 310mm×205mm×35mm
KLSC6M-1 KLSC6F-1	为三相交流同步电动机设计的励磁控制触发板,具有全数字化、触发部分使用时不需任何调整、可靠性高、脉冲对称度好、抗干扰能力强及反应速度快等优点。采用测滑差投励方式,保证了投励转速为额定转速的 95%,提高了投励成功率	电压反馈信号:直流 50V 脉冲信号宽度:12° 双窄脉冲间隔:60° 外形尺寸(长×宽×高): KLSC6M-1 为 305mm×205mm×40mm; KLSC6F-1 为 275mm×205mm×40mm

5.2 KCLF-2 自对相序发电机励磁单闭环控制板

KCLF-2 是在 KCZB 通用励磁控制板的基础上,吸收成功经验并结合用户反馈的要求,专门为同步发电机、直流发电机、水轮发电机等系统开发的控制触发板,控制性能优越、保护性能完善、适应性能广泛、组成系统可靠,适用于主电路结构形式为三相全控(半控)桥、三相零式、双反 Y 结构的多种励磁控制系统。根据不同的反馈信号,可组成恒流励磁系统、恒发电机输出电压系统及恒转速励磁控制系统等。

5.2.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 使用时只需要外接 1 只 $10\text{k}\Omega$ 的多圈给定电位器,相应反馈及保护信号和 380V 单相供电交流电源,并把 6 路(或 3 路)脉冲输出接到相应的晶闸管上即可,不再需要外接电源变压器、同步变压器、脉冲变压器等。

(2) 只要接线正确,由光耦合器隔离的同步系统能自动适应主回路不同相序相位的接入,不必检查主回路的相序。

(3) 性能优良的 IP 调节器使比例与积分参数独立可调,可适应不同系统快速性和稳定性的要求。

(4) 输出为调制脉冲列,适配脉冲变压器或光耦合器触发晶闸管,宽度可调,能对被控系统实现不同时间常数的软启停。

(5) 有脉冲输出控制端,可用作过流或过压时的封锁脉冲保护。

(6) 内带闭环调节器,能适应多种反馈及保护信号的接入,随着用户外接反馈信号是电压或电流的不同,可方便的构成稳压或稳流系统,实现恒压或恒流控制。

(7) 当被控量及模拟保护量的量值达到设定保护值时,控制系统能实现硬特性截止保护,截止门槛实际上设定了强励的倍数。

2. 主要参数限制

(1) 供电电源电压: $380\text{V} \pm 10\%$ 。

(2) 输入直流电压信号: $0 \sim 10\text{V}$ 。

(3) 三相及单相交流电压信号: $0 \sim 10\text{V}/0.1\text{A}$ 。

(4) 单相及三相交流电流信号: $0 \sim 100\text{mA}$ 。

(5) 直流电流信号: $0 \sim 10\text{mA}$ 。

(6) 对外最大负载能力: $+15\text{V}$ 为 20mA , -15V 为 10mA 。

(7) 存储温度范围 T_{sig} : $-10 \sim +80^\circ\text{C}$ 。

(8) 工作温度范围 T_{A} : $0 \sim +70^\circ\text{C}$ 。

(9) 使用海拔高度: $\leq 1500\text{m}$ 。

5.2.2 内部结构及工作原理

KCLF-2 的原理框图如图 5.1 所示,功能上可分为控制电源(DY)、给定电位器(WGD)、调节器(IP)、限幅(XF)、脉冲形成环节(MCXC)、脉冲放大及同步输入环节(MF/TR)、同步隔离环节(TGL)、反馈信号输入调理环节(FKR)、保护信号输入处理环节(BHR)、保护执行环节(BHX),详细电路原理图如图 5.2 所示(见书后插页)。从 K_2 、 K_4 、 K_6 输入的同步电压信号,经同步隔离环节 TGL 隔离整形后提供给脉冲形成环节 MCXC。该环节依据 IP 调节器按用户给定及反馈取样的比较调节结果,使输出控制在相应的角度上的触发脉冲,经脉冲放大环节隔离整形后直接提供给主电路中相应的晶闸管门-阴极,保证输出与给定相符的电压或电流。一旦发生保护取样信号超过板内设定的门限值,则保护执行环节 BHX 动作,进行封锁或截止保护。

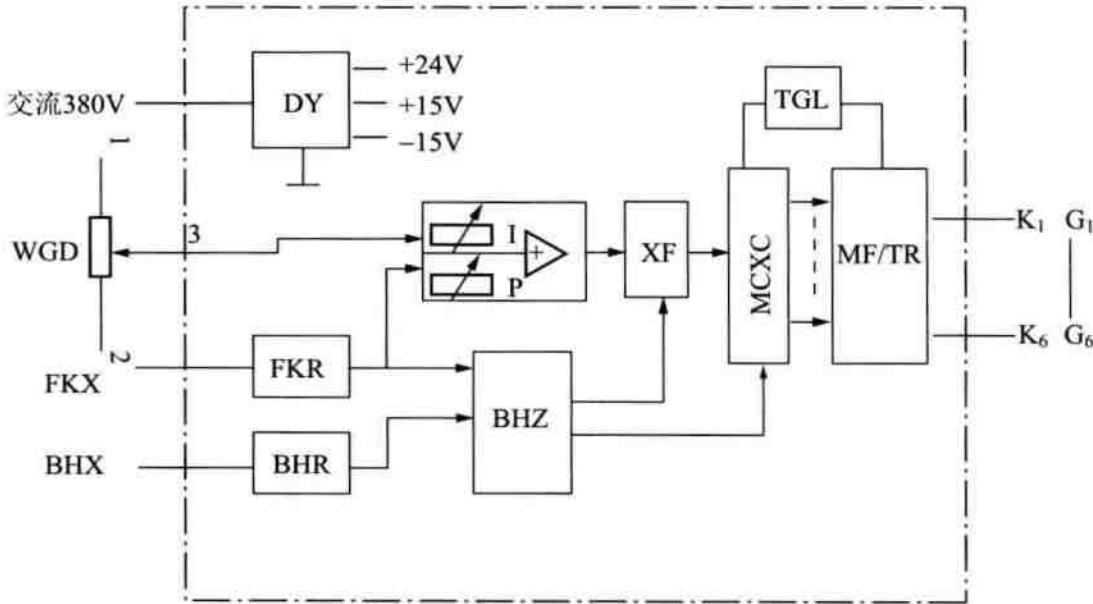


图 5.1 KCLF-2 控制板原理框图

5.2.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔： $\leq 1500\text{m}$ 。
- (2) 使用环境温度： $-10\sim+45^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气相对湿度： $\leq 90\%$ （相对环境温度 20°C 时）。
- (4) 周围无导电、易爆尘埃，无腐蚀和破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动及冲击。

2. 正确安装

- (1) 外形尺寸为长 \times 宽 \times 高 $=275\text{mm}\times 180\text{mm}\times 55\text{mm}$,安装尺寸及外形如图 5.3 所示。
- (2) 板件应垂直安装牢固,背面距后部可导电安装板距离 $\geq 20\text{mm}$,下方

200mm 内应无发热较大的器件。

(3) 对外连接导线应采用截面积不小于 0.5mm^2 的软导线；各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用绞合线，每 100mm 长度不得少于 8~10 绞。

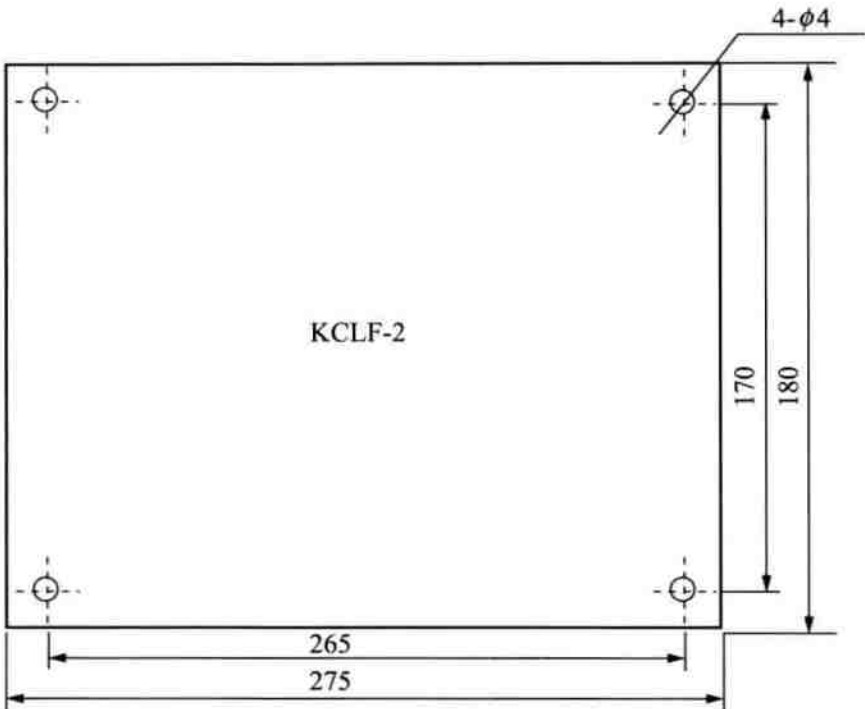


图 5.3 KCLF-2 控制板的安装尺寸及外形图

3. 正确接线

KCLF-2 对外接插件的位置及接线如图 5.4 所示，接线方法如下。

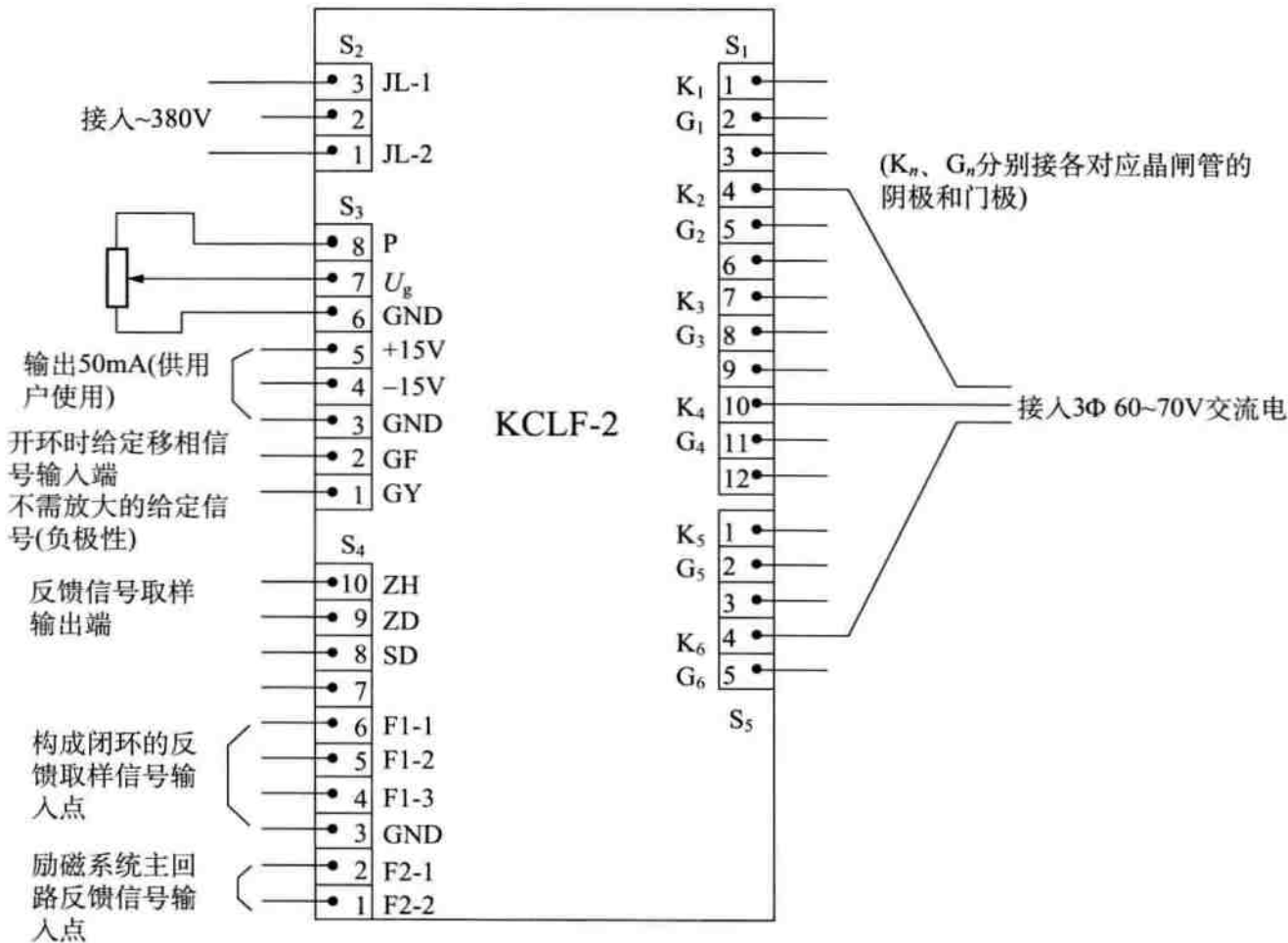


图 5.4 KCLF-2 控制板对外接线示意图

- (1) 接插件 S_2 的 $S_{2.1}$ 、 $S_{2.3}$ 外接 $\sim 380V$ 供电电源。
- (2) 接插件 S_3 的 $S_{3.6} \sim S_{3.8}$ 接电阻值为 $10k\Omega$ 、功率不小于 $2W$ 的外部给定电位器, $S_{3.7}$ 接滑动端, $S_{3.6}$ 、 $S_{3.8}$ 接固定端。
- (3) 接插件 S_3 的 $S_{3.5} \sim S_{3.3}$ 为外部 $+15V$ 、 $-15V$ 及参考地输出, 可供用户使用, 但 $+15V$ 使用电流不得大于 $20mA$, $-15V$ 使用电流不得大于 $10mA$ 。
- (4) 接插件 S_3 的 $S_{3.1}$ 可做特殊给定输入使用, 一般不用; $S_{3.2}$ 为外部故障保护输入, 输入 $13 \sim 15V$ 电压时可封闭脉冲输出。
- (5) 接插件 S_4 的 $S_{4.6} \sim S_{4.3}$ 为发电机输出的三相电压取样值输入点。取样变压器应用星形接法时, $S_{4.6} \sim S_{4.4}$ 接发电机输出的三相电压取样值, $S_{4.3}$ 接取样变压器二次侧的中性点; 取样变压器二次为三角形接法时, $S_{4.6} \sim S_{4.4}$ 接取样变压器二次对应发电机输出电压的三相电压取样值, 而 $S_{4.3}$ 悬空。
- (6) 接插件 S_4 的 $S_{4.1}$ 、 $S_{4.2}$ 接励磁电流取样值输入, 励磁电流取样值可为交流, 也可为直流。
- (7) 接插件 S_4 的 $S_{4.8}$ 为用户故障保护信号输入端, 使用中不从 $S_{4.1}$ 与 $S_{4.2}$ 接入电流取样信号时, 可从该端输入故障保护信号; 使用中从 $S_{4.1}$ 与 $S_{4.2}$ 接入电流取样信号时, 该端输出为等效实际取样电流值; $S_{4.9}$ 为用户交流取样电压经整流后的分压值, 当用户不从 $S_{4.6} \sim S_{4.3}$ 接入电压取样信号时, 该端悬空, 此时可从 $S_{4.10}$ 端输入用户希望构成闭环的取样信号(如恒流励磁, 从 $S_{4.1}$ 与 $S_{4.2}$ 接入电流取样信号时, 可把 $S_{4.10}$ 与 $S_{4.8}$ 短接)来构成闭环调节; 若从 $S_{4.6} \sim S_{4.3}$ 接入电压取样信号且希望构成恒压励磁时, 则应把 $S_{4.9}$ 与 $S_{4.10}$ 短接。
- (8) 接插件 S_1 的 $S_{1.1}$ 、 $S_{1.2}$, $S_{1.4}$ 、 $S_{1.5}$, $S_{1.7}$ 、 $S_{1.8}$, $S_{1.10}$ 、 $S_{1.11}$ 及接插件 S_5 的 $S_{5.1}$ 、 $S_{5.2}$, $S_{5.4}$ 、 $S_{5.5}$ 为 6 路触发脉冲输出, 分别接到主电路中 6 只晶闸管的阴极和门极。

4. 使用及调试

- (1) 安装前, 首先检查板件(包括电子元器件)有无机械损伤。
- (2) 用万用表测试, S_3 的 $S_{3.4}$ 与 $S_{3.5}$ 对 $S_{3.3}$ 间应有 $-15V$ 及 $+15V$ 电压。
- (3) 用示波器察 G_1 、 K_1 , G_2 、 K_2 , G_3 、 K_3 , G_4 、 K_4 , G_5 、 K_5 , G_6 、 K_6 , 6 路脉冲输出波形应如图 5.5 所示, 板上指示灯 $VL_1 \sim VL_6$ 应发光。

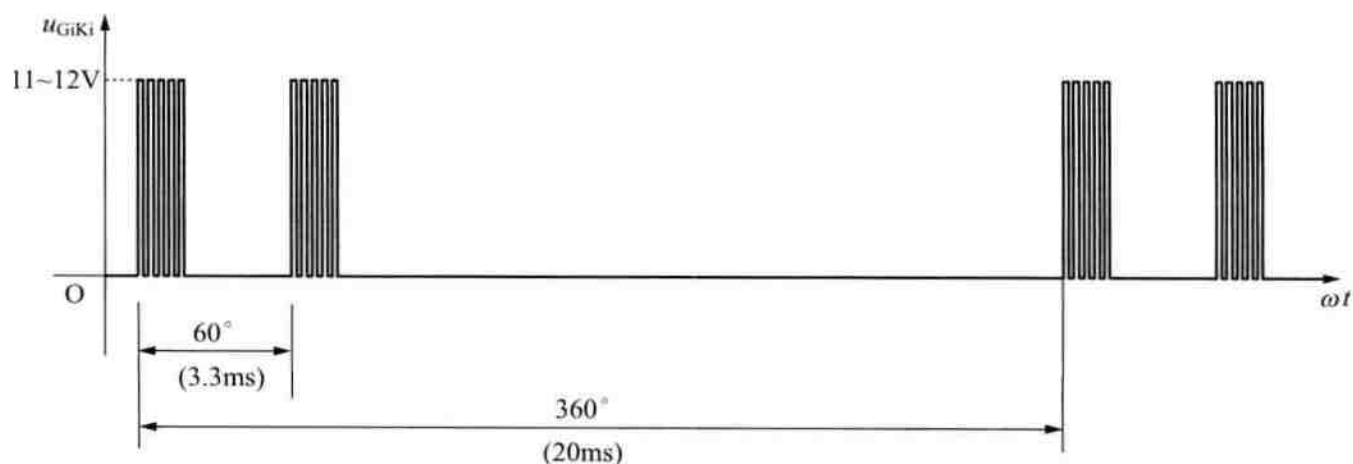


图 5.5 正常的触发脉冲波形

(4) 板内 $RP_1 \sim RP_3$ 为对应三相同步电压的调整电位器。 RP_1 可调节 TC787 引脚 16 的锯齿波幅值,用示波器观察此引脚正常波形如图 5.6 所示。同样, RP_2 对应引脚 15 的同步电压幅值的调节, RP_3 对应引脚 14 的同步电压幅值的调节。这 3 个电位器出厂时已经过调试整定,一般不需要用户调整。

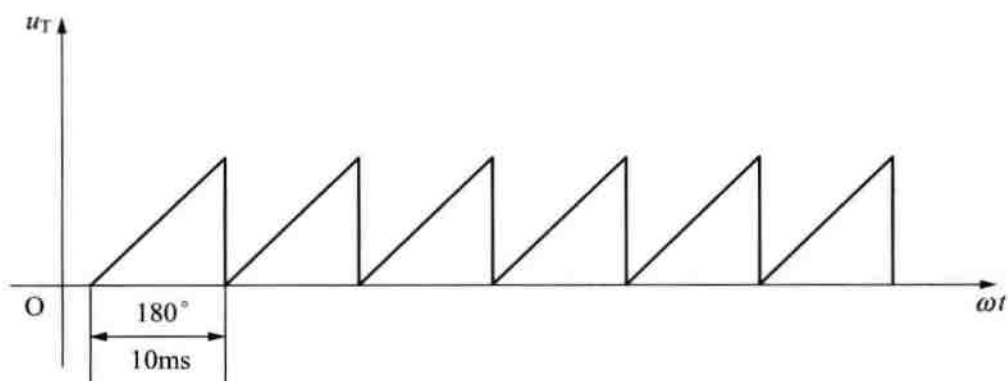


图 5.6 正常的锯齿波波形

(5) RP_4 为最大 α 角限定电位器,可整定最大 α 角,即限定输出的最小电流值:顺时针旋转,最大 α 角减小;逆时针旋转,最大 α 角增大。

(6) RP_6 为最小 α 角限定电位器,可整定最小 α 角,即限定输出的最大电流值:顺时针旋转,最小 α 角增大;逆时针旋转,最小 α 角减小。

(7) RP_{10} 为 PI 调节器积分时间常数整定电位器:顺时针调节,积分时间常数减小;逆时针调节,积分时间常数增大。出厂前此电位器已调节积分常数为 200ms。

(8) RP_7 为 PI 调节器比例系数整定电位器:顺时针调节,比例系数增大;逆时针调节,比例系数减小。出厂前此电位器已调到比例系数为 1 左右。

启励后若能稳定运行,则用户不要再调整积分时间常数和比例系数,以免造成不稳定。

(9) RP_5 为反馈系数调节电位器:顺时针旋转,反馈系数增大;逆时针旋转,反馈系数减小。如发电机电压不能达到额定值,则表示反馈系数过大,应逆时针调节 RP_5 (此时,应保证 RP_6 调整合适)。

(10) RP_9 为最大截止电流整定电位器:顺时针调节,最大截止电流增大;逆时针调节,最大截止电流减小。 RP_9 中点电压最终应根据强励电流的大小调节。

(11) RP_{11} 为强励电压设定阈值电位器,其中点电压决定何时强励。 RP_{12} 为强励倍数整定电位器。出厂前, RP_{11} 已调至零位, RP_{12} 调至最高位。机组空载运行时,运算放大器 IC_{3D} 引脚 14 输出应为 $-0.5 \sim 0.7V$ 。调发电机转速,使频率从 50Hz 降到 45Hz,这时发电机电压应不变;慢慢上调 RP_{11} 并注意监视发电机电压,当发电机电压刚开始下降时, RP_{11} 整定完毕。将发电机频率从 45Hz 降到 40Hz,发电机电压应随频率下降而下降,调节 RP_{12} 使发电机在 40Hz 时的电压为额定电压的 88%~90%,则 RP_{12} 调整完成。

(12) 完成以上步骤若无异常,则调试工作已完成,机组可带负载运行。

5. 典型应用举例

图 5.7 是 KCLF-2 控制板用于交流同步发电机励磁系统的原理图。该系统工作于稳定发电机输出电压模式,具有对励磁回路进行电流截止、过电流及短路保护的功能,并可实现输出电压软升降。KCLF-2 与三相全控桥中 6 只晶闸管门-阴极连接的 12 根脉冲线,要求 $K_1、G_1 \sim K_6、G_6$ 两两绞合,每 100mm 要有 10~12 绞; $FU_1 \sim FU_3$ 为快速熔断器; K 为钮子开关(或有自锁的按钮开关),该开关合上时准备启机,该开关打开时灭磁;接触器 KM 的 1 组常闭辅助触点,引到接插件 S_3 的 $S_{3.6}、S_{3.7}$ 的线也应绞合;给定电位器 U_g 的阻值为 $10k\Omega$ 。

5.3 TDLF 晶闸管同步电动机励磁投励检测控制板

TDLF 是专为同步电动机励磁控制而开发的、以控制性能优越、保护性能完善、适应性能广泛、组成系统可靠为原则而开发的专用型晶闸管控制板,适用于主电路结构形式为三相全控(半控)桥、三相零式、双反星形的多种励磁控制系统。

5.3.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 同步电动机启动时,能自动检测电动机转子的转速:当转速为 $0.9 \pm 0.02n_0$ 时,能发出投入全压的接点控制信号;当转速为 $0.95 \pm 0.02n_0$ 时,能自动顺极性投入励磁,无冲击牵入同步(n_0 为同步转速)。

(2) 同步电动机启动时,能自动接入启动电阻($R_{16}、R_{17}$)使电动机顺利启动;当投入励磁时,能自动将其切除;当电动机停止时,又能自动接入进行转子灭磁。

(3) 电动机运行时,如电网电压突然下降,为保证电动机不失步,励磁系统具有强励功能:电网电压下降到 $0.9U_H$ 时,强励开始动作;在 $0.9U_H \sim 0.8U_H$ 时能线性的产生 1.0~1.4 倍的强励。

(4) 本控制板与 KCZ6-1T 板配合使用,具有完备的自保护功能:电流截止保护;记忆性熔断器熔断保护;万一截止保护失灵,还有一级记忆性过流保护(保护值为 1.10~1.15 倍的截止值)作为后备保护。这两种记忆性保护动作时,发出接点信号,使同步电动机主供电开关跳闸,并封锁触发晶闸管的脉冲。

2. 主要参数限制

(1) 工作电源电压:380V。

(2) 输出脉冲电压幅值: +12V。

(3) 输出触发脉冲电流幅值: $\leq 400mA$ 。

(4) 电压检测输入信号幅值:交流 0~10V 或直流 0~10V。

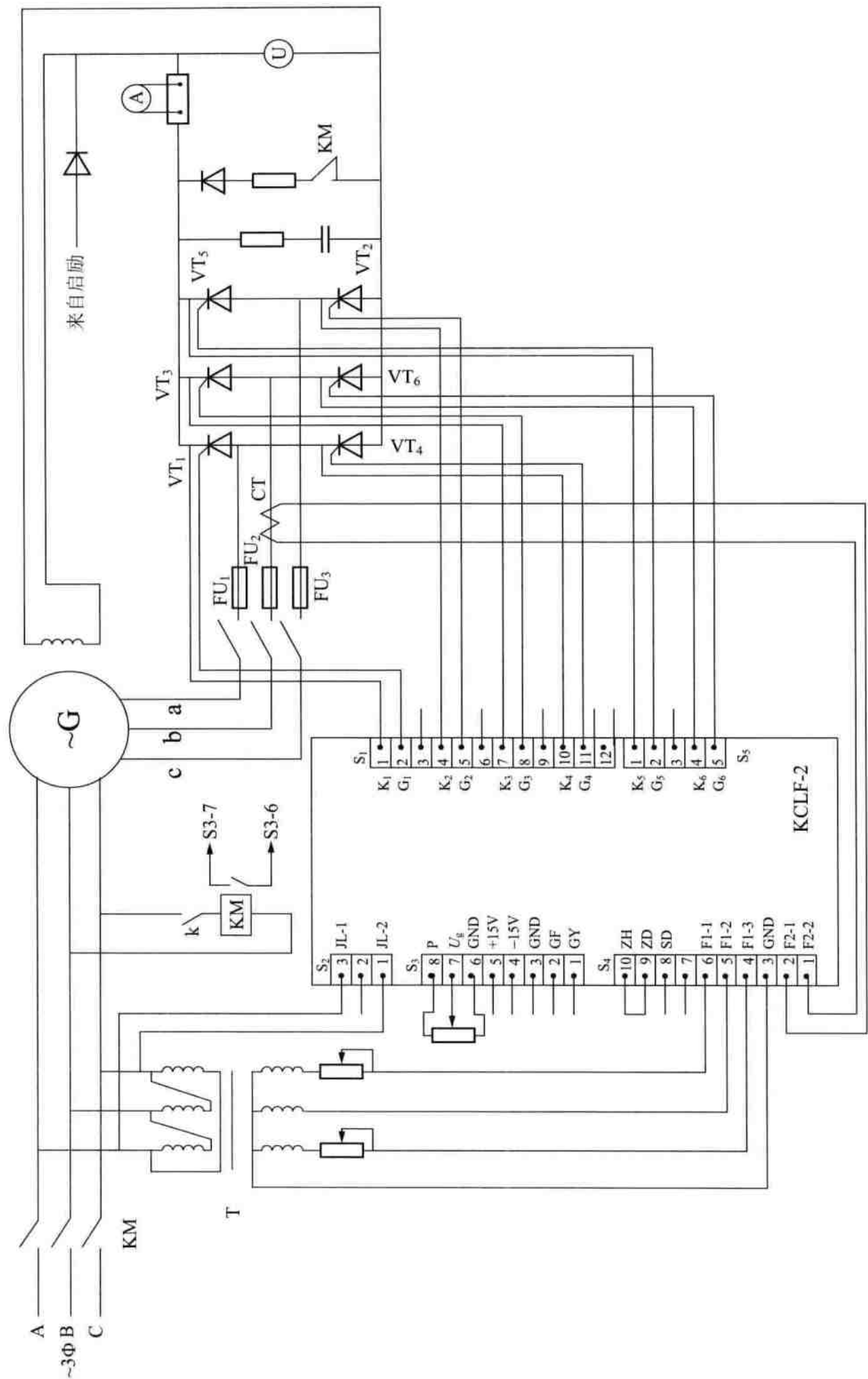


图 5.7 KCLF-2 用于交流同步发电机励磁系统（主电路部分）

注：CT为电流互感器 *A/0.1A，T为测量用三相变压器 **V/9V 接法 △/Y，*为互感器一次额定电流，**为变压器一次额定电压

5.3.2 内部结构及工作原理

TDLF 控制板的工作原理如图 5.8 所示(见书后插页),主控制芯片由 LM324 与 LM555 共同承担,外配以高性能电子元器件。

5.3.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔: $\leq 1500\text{m}$ 。
- (2) 使用环境温度范围 $T_A: -10\sim+45^\circ\text{C}$ 。
- (3) 空气相对湿度: $\leq 90\%$ (相对环境温度 20°C 时)。
- (4) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动及冲击。

2. 正确接线

元器件布置如图 5.9 所示,共 5 个接插件,28 根引线。

- (1) 接插件 S_1 的 $S_{1.1}$ 、 $S_{1.3}$ 之间接 380V , $S_{1.2}$ 悬空。
- (2) 接插件 S_2 的 $S_{2.8}$ (GND)、 $S_{2.7}$ (C_2)、 $S_{2.6}$ (B_2)、 $S_{2.5}$ (A_2) 为电压互感器输入端,电压互感器的原、副边比为 $380\text{V}/10\text{V}$ 。 $S_{2.3}$ (GND)、 $S_{2.2}$ (-15V)、 $S_{2.1}$ ($+15\text{V}$) 为霍尔电流传感器提供电源。
- (3) 接插件 S_3 的 $S_{3.1}$ (SCR+)、 $S_{3.4}$ (SCR-) 为投励检测输入端,通常为励磁输出的正、负端。
- (4) 接插件 S_4 的 $S_{4.1}$ (G_1)、 $S_{4.2}$ (K_1)、 $S_{4.4}$ (G_2)、 $S_{4.5}$ (K_2) 为灭磁回路触发脉冲输出端,接对应灭磁回路中晶闸管的门极和阴极。
- (5) 接插件 S_5 的 $S_{5.1}$ (TL) 为投励信号输出端,通常与 KCZ6-1T 的 $S_{7.3}$ (GF) 相连; $S_{5.2}$ (QL) 为强励信号输出端,通常与 KCZ6-1T 的 $S_{2.1}$ (GY) 相连; $S_{5.3}$ (TL₁)、 $S_{5.4}$ (TL₂) 为投励指示灯(24V)接点; $S_{5.5}$ (QL₁)、 $S_{5.6}$ (QL₂) 为强励指示灯(24V)接点; $S_{5.7}$ (1)、 $S_{5.8}$ (2) 为投励封锁端; $S_{5.10}$ (KA-Z)、 $S_{5.11}$ (KA-CB)、 $S_{5.12}$ (KA-CK) 为全压继电器转换接点,其中 KA-Z 为继电器触点中间端,KA-CB 为常闭触点的另一端,KA-CK 为常开触点的另一端。

3. 典型应用举例

图 5.10 是 TDLF 控制板用于同步电动机晶闸管励磁投励检测系统的电路原理图。 T_1 为主降压变压器,用来将 380V 降为与被控制同步电动机励磁电压相适应的电压。 $VT_1\sim VT_6$ 构成三相全控整流电路,针对同步电动机工作过程中对励磁电流的不同需要,按 KCZ6-1T 输出触发脉冲的相位,使加到同步电动机励磁绕组两端的电压随之变化,从而调整了整流输出电压。 VT_7 、 VT_8 和 R_{16} 、 R_{17} 一起组成投入励磁与灭磁回路,投入励磁与切除励磁的依据来自主回路中三相全控整流电路的输出。

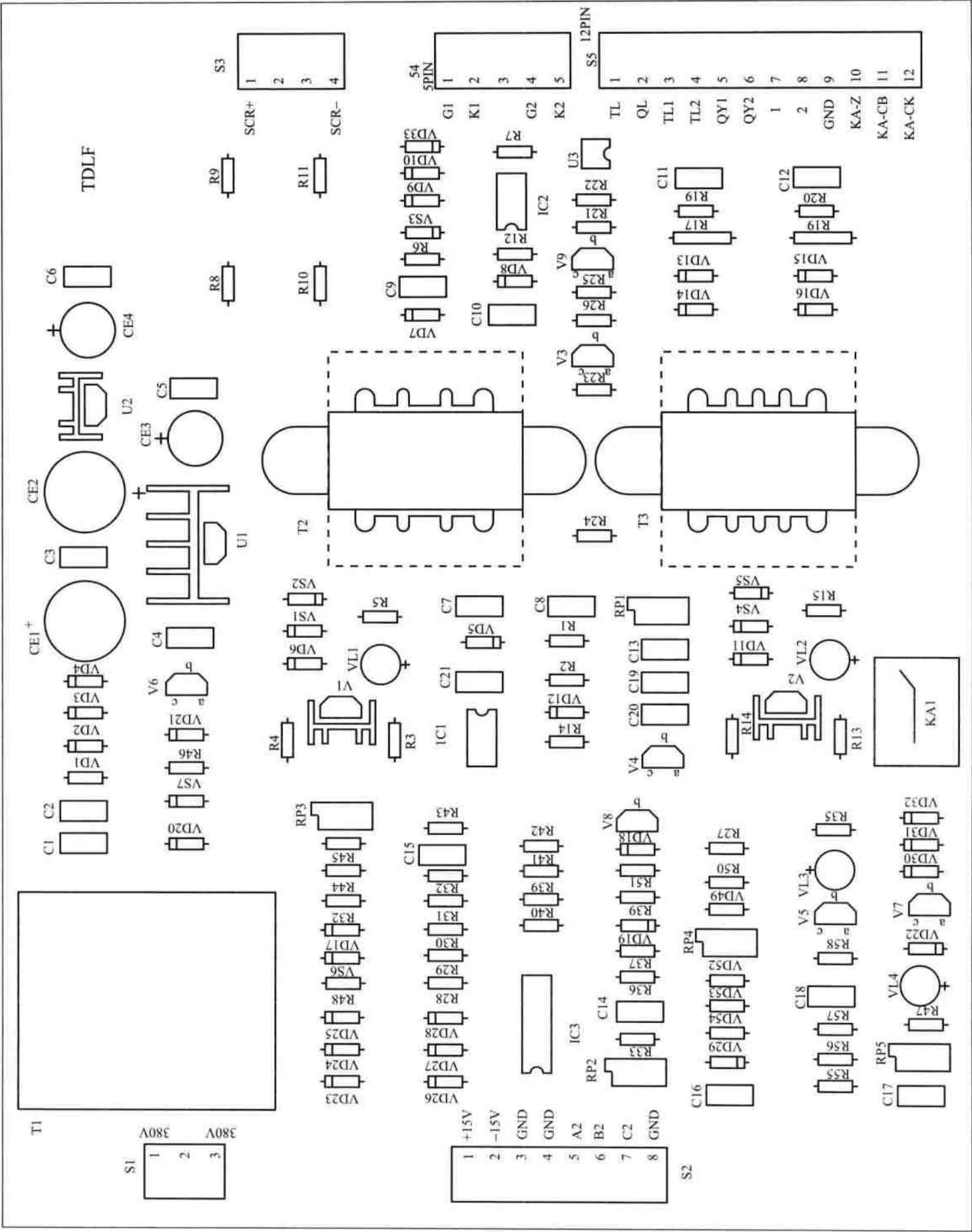


图 5.9 TDLF控制板的元器件布置图

5.4 KRSC6M-1/KRSC6F-1 软启动控制板

KRSC6M-1/KRSC6F-1 控制板是以 CPLD 芯片为核心单元制作的准数字化软启动控制板,主要用于三相晶闸管反并联交流相控调压电路,可实现交流电动机软启动,减少交流电动机直接启动时对电网及机械设备的冲击。KRSC6M-1 与 KRSC6F-1 之间的差别表现在,前者带输出脉冲变压器,可直接触发 1000A 的晶闸管;后者只带脉冲功率放大环节而不带脉冲变压器,可与外配高压脉冲分配器配合使用,组成低压或高压软启动系统。

5.4.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 应用 CPLD 芯片计数分频产生 6 路触发脉冲。
- (2) 脉冲相位准确,齐整度好。
- (3) 板内不带电源变压器,可交流输入供电。
- (4) 对同步电压及反馈等取样信号幅值要求低。
- (5) 输入与输出仅有 1 个接插件,使用比较方便。
- (6) 保护及启动完成后有独立接点引出,使用极为方便。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源:交流单相双 18V/0.5A 与 1 个 18V/1.5A。
- (3) 交流同步电源:三相四线、相电压 10V/0.5A。
- (4) 电流反馈信号:DC 2V 或三相 AC 100mA。
- (5) 触发脉冲移相范围: $\alpha=0^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 。
- (6) 脉冲不对称度:小于 0.5° 。
- (7) 脉冲信号宽度: 12° 。
- (8) 触发脉冲峰值电压:10V(KRSC6M-1),24V(KRSC6F-1)。
- (9) 触发脉冲最大电流:400mA。
- (10) 故障信号输出接点容量:AC 48V/2A 或 220V/1A。
- (11) 启动完成信号输出接点容量:AC 48V/2A 或 220V/1A。
- (12) 最大外形尺寸:KRSC6M-1 为 $355\text{mm}\times 205\text{mm}\times 40\text{mm}$,KRSC6F-1 为 $325\text{mm}\times 205\text{mm}\times 40\text{mm}$ 。

5.4.2 内部结构及工作原理

KRSC6M-1/KRSC6F-1 控制板的电路原理如图 5.11 所示,可分为触发脉冲形成、脉冲功率放大与整形、电流闭环调节器、控制板自身工作电源、运行状态指示



图 5.11 KRSC6M-1/KRSC6F-1 控制板的电路原理图

及工作模式设置环节。

5.4.3 应用技术

1. 主电路与同步变压器相位匹配

当 KRSC6M-1/KRSC6F-1 控制板用于主电路为三相晶闸管反并联交流电动机软启动电路时,同步变压器应为 Y/Y-12 接法(参见图 5.14),同步变压器原、副边均为三相四线制接线。

2. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1/C 为电流反馈系数设定电位器。接通 K_1 短接端子,当主电路为额定电流时,调整 RP_1 电位器,使 TP_2/I_f 点为 2V。

(2) RP_4/T 为移相范围校验电位器。在 K_{13} 短接端子接通时,调整 RP_4 检查触发脉冲移相范围:顺时针调节时, α 应从 150° 到 0° ,对应主电路中交流调压输出电压由小到大。

3. 正确接线

KRSC6M-1/KRSC6F-1 控制板的实物外形分别如图 5.12、图 5.13 所示,对外引出 7 个接插件:1 个主接插件 X_0 ,6 个触发脉冲输出接插件 $X_1 \sim X_6$ 。

(1) 主接插件 X_0 :对外引出共 32 线,接线方法见表 5.2 所列。

表 5.2 KRSC6M-1 与 KRSC6F-1 控制板主接插件 X_0 的接线方法

名 称	端子号	功能或电气参数	接线方法
触发级工作电源输入端	D_2	AC18V/1.5A	接供电电源变压器二次
	Z_2		
控制工作电源输入端	D_4	AC18V/0.5A	接带有中间抽头的供电变压器二次的双 18V
	Z_4	双 18V 工作电源中点	
	D_6	AC18V/0.5A	
同步电压信号输入端	Z_{24}	a 相:相电压 10V/0.1A(与主电路同相位)	接同步变压器二次 a 相
	D_{24}	b 相:相电压 10V/0.1A(与主电路同相位)	接同步变压器二次 b 相
	Z_{22}	c 相:相电压 10V/0.1A(与主电路同相位)	接同步变压器二次 c 相
	Z_6	三相同步信号中性点	接同步变压器一次星点
电流反馈信号连接端	Z_{30}	正端:直流电流信号 2V	选择直流反馈时接电流取样参考地,此时 Z_{32} 、 D_{32} 与 D_{30} 悬空
	Z_{14}	负端:直流电流参考地	
	Z_{32}	电流互感器二次电流信号,线电流 $I_{LN}/100mA$	选择交流反馈时,分别接三相电流互感器二次的 100mA,此时 Z_{30} 与 Z_{14} 悬空
	D_{32}		
	D_{30}		

续表 5.2

名 称	端子号	功能或电气参数	接线方法
控制信号连接端	Z ₁₀	接地为启动,悬空为停止	按使用时设定的功能需要选择接地或悬空
	D ₈	接地为封锁触发脉冲	
	D ₁₀	接地时故障记忆复位	
	D ₁₆	接地为故障状态,EX 灯亮,带记忆	
	Z ₁₂	控制信号接地点	
故障信号输出端	D ₂₀	常闭接线端,故障时闭合	按使用需要选常开接点或常闭接入故障报警或跳闸回路
	D ₂₂	常开接线端,故障时分断	
	D ₂₄	故障保护报警继电器公共端,触点容量为 AC 48V/2A	
启动完成信号输出端	D ₁₄	启动完成时触点闭合	接用户需要获得启动完成电路的输入,进行指示或实现与其他电路的同步动作
	D ₁₂	触点容量:AC48V/2A	

(2) 触发脉冲输出接插件:输出触发脉冲与晶闸管的正确对应连接关系如图 5.14 所示,接线方法见表 5.3 所列。

表 5.3 触发脉冲输出接线端子及接线方法

端子号	脉冲号	对应主电路桥臂号	KRSC6M-1	KRSC6F-1
X ₁	1	A 相正	G _n 接晶闸管控制极($n=1\sim 6$) K _n 接晶闸管阴极($n=1\sim 6$)	+24 接脉冲隔离与整形板+24V 端,C _n 接脉冲隔离与整形板 C 端($n=1\sim 6$)
X ₂	2	C 相负		
X ₃	3	B 相正		
X ₄	4	A 相负		
X ₅	5	C 相正		
X ₆	6	B 相负		

4. 短接端子功能

KRSC6M-1/KRSC6F-1 控制板内设计了几个用户可根据使用需要选择的端子,短接端子的名称及短接后所实现的功能见表 5.4 所列。

表 5.4 端子短接名称及短接后所实现的功能

名 称	短接端子号	代 号	短接时功能
最大启动 电流设定端	K ₁	1.0	设定最大启动电流为额定电流
	K ₂	1.5	设定最大启动电流为额定电流的 1.5 倍
	K ₃	2.0	设定最大启动电流为额定电流的 2 倍
	K ₄	3.0	设定最大启动电流为额定电流的 3 倍
	K ₅	4.0	设定最大启动电流为额定电流的 4 倍

续表 5.4

名 称	短接端子号	代 号	短接时功能
软启动 速度挡设定端	K ₆	A1	设定软启动挡位为慢速挡:启动时间为 180s
	K ₇	A2	设定软启动挡位为中速挡:启动时间为 40s
	K ₈	A3	设定软启动挡位为快速挡:启动时间为 10s
软停止 速度挡设定端	K ₉	D1	设定软停止速度为慢速挡:软停止时间为 180s
	K ₁₀	D2	设定软停止速度为中速挡:软停止时间为 40s
	K ₁₁	D3	设定软停止速度为快速挡:软停止时间 10s
工作方式 选择端	K ₁₂	L	软启动方式
	K ₁₃	T	手动调试,用 RP ₄ 电位器调试脉冲移相范围
停止方式 选择端	K ₁₄	S	停止时为软停止方式
	K ₁₅	F	停止时为自由停止方式

5. 发光二极管状态指示

KRSC6M-1/KRSC6F-1 控制板共有 14 个状态指示用发光二极管,各发光二极管的代号与状态指示含义见表 5.5。

表 5.5 各发光二极管点亮时的状态指示及含义

代 号	发光二极管点亮时指示的状态
+24	+24V 正常
SB	允许启动
PH	相序错或缺相
OL	过载
EX	当 X ₀ 的 D ₁₆ 端接地时为外部故障
ST	启动
RUN	启动完成,KA ₂ 继电器吸合
OK	无故障,继电器吸合
VL ₁ ~VL ₆	6 路脉冲正常指示

6. 典型应用举例及调试

图 5.14 是 1 台 380V/100kW 交流电动机软启动电力电子变流设备应用 KRSC6M-1 控制板作为中央控制单元的原理图,具体调试可参考以下步骤。

- (1) 按图 5.14 检查同步变压器及各触发脉冲与主电路晶闸管的连接是否正确。
- (2) 当控制板通电后,各发光二极管应指示正常。
- (3) 将 K₁₃/T 短接,调节电位器 RP₄,使脉冲移相范围满足在 0°~150°的变化。
- (4) 检查触发脉冲与主电路晶闸管的相位关系是否正确。

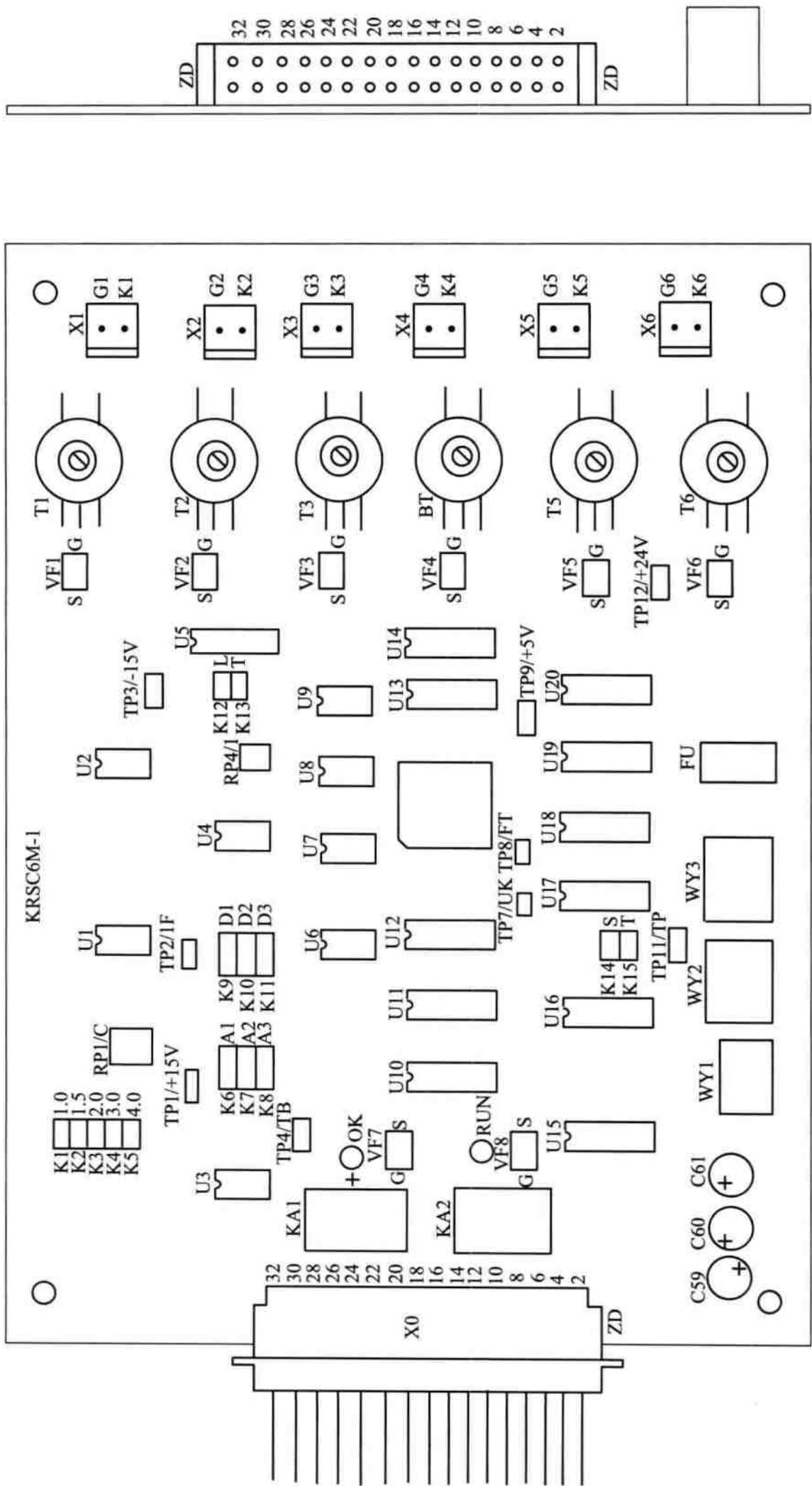


图 5.12 KRSC6M-1 控制板实物外形及元器件布置

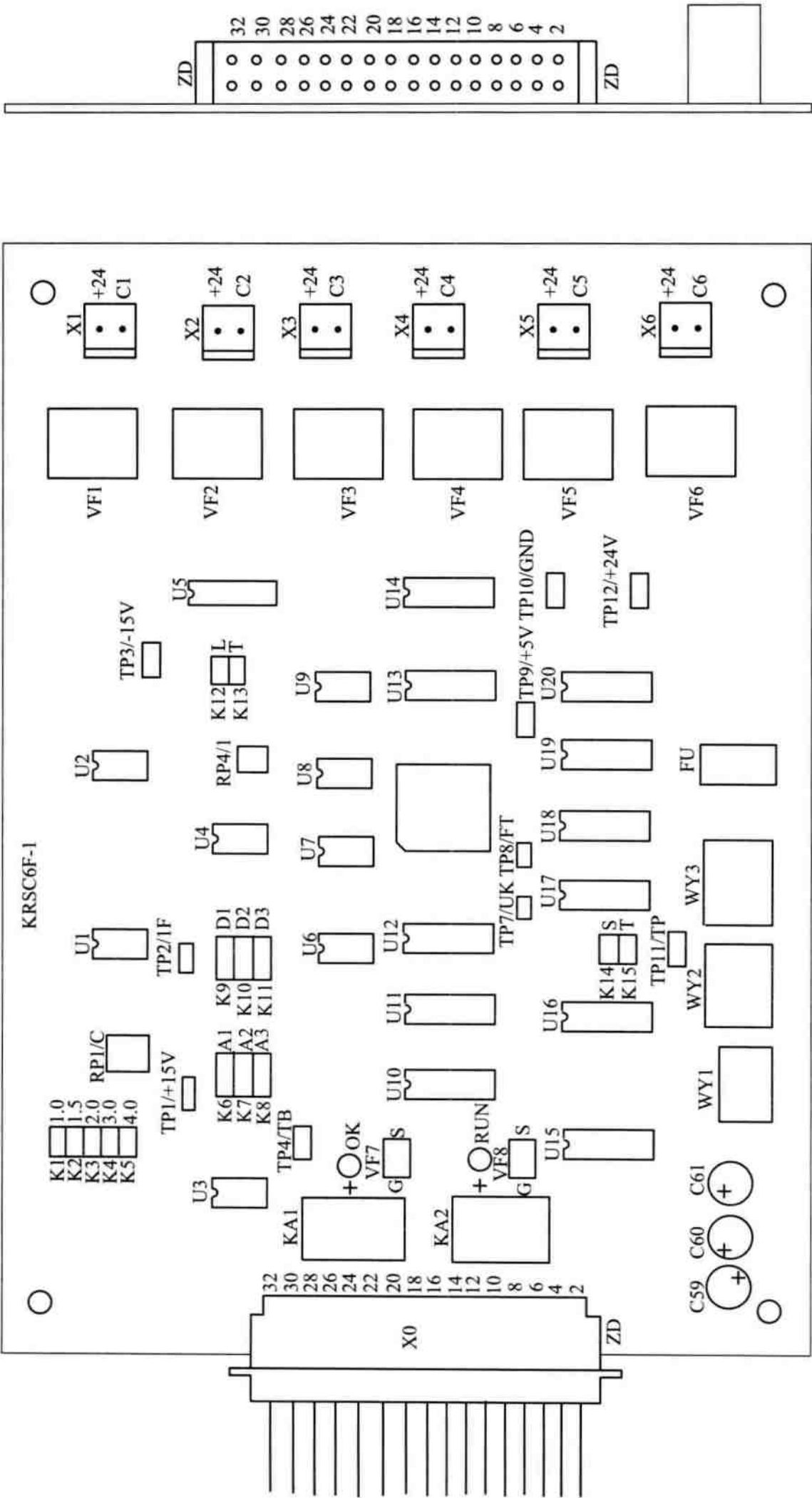


图 5.13 KRSC6F-1控制板的实物外形与元器件布置



图 5.14

- (5) 将 K_{13}/T 短接,将电位器 RP_4 逆时针旋转到底。
- (6) 带假负载,合主电路,顺时针缓慢调节 RP_4 ,用万用表分别测量三相电压。三相电压应在 $0\sim 380V$ 范围连续变化,中间不应有跳变现象,否则说明相位或者相序不正确。
- (7) 带电动机负载,合主电路,顺时针缓慢调节 RP_4 ,电动机应平稳加速到额定转速。
- (8) 调 RP_1/C 电位器,使电动机为额定电流时, TP_2 点的直流电压为 $2V$ 。
- (9) 建议采用限流软启动,短接 K_8/A_3 。(如采用电压斜坡软启动,应根据电动机惯量大小短接 K_6 、 K_7 、 K_8)。
- (10) 将 K_{12}/L 短接,使控制板处于软启动工作状态。
- (11) 设定最大启动电流倍数,建议初次设定为二倍,短接 $K_3/2.0$ 。
- (12) 合主电路,进行软启动操作。
- (13) 根据启动情况,调整启动电流倍数。
- (14) 建议采用电动机自由停车方式,将 K_{15}/F 短接(如果选择软停车,将 K_{14}/S 短接,还应根据电动机惯量大小短接 K_9 、 K_{10} 、 K_{11})。

7. 应用注意事项

- (1) 控制板先通电,主电路后通电。
- (2) 在对晶闸管软启动电力电子变流设备作绝缘测试时,应将控制板取下,否则可能造成控制板永久性损坏。
- (3) 电流反馈信号连接导线应分别用双绞线。
- (4) 不同信号的接点请按表 5.2 连接,以免相互干扰。
- (5) 如果需要改变电动机转向,只能改变电动机的连线端,而不能改变总的进线端。

5.5 KRSC6M-3 交流电动机软启动控制板

KRSC6M-3 是在 KRSC6M-1 的基础上改进的交流电动机软启控制板,其功能更强,电路构成更为合理。

5.5.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 内含脉冲变压器,输出直接触发晶闸管。
- (2) 同步电源与工作电源电压共用,简化了供电结构。
- (3) 单一输入与输出接插件,使用极为方便。
- (4) 应用 CPLD 编程,数字化产生触发脉冲,6 路脉冲均衡性好。
- (5) 板内仅两个可调电位器,可靠性高。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电(同步)电源:三相四线、相电压 18V/0.5A。
- (3) 电流反馈信号:AC 5A。
- (4) 触发脉冲移相范围 α : $0\sim 150^\circ$ 。
- (5) 脉冲不对称度:小于 0.5° 。
- (6) 脉冲信号宽度: 80° 。
- (7) 触发脉冲幅值电压:10V。
- (8) 触发脉冲最大电流:400mA。
- (9) 继电器接点容量:AC 48V/2A。

5.5.2 内部结构及工作原理

KRSC6M-3 交流电动机软启动控制板的内部结构及工作原理如图 5.15 所示, 包含有自身工作电源, 脉冲电流信号放大处理及调节器、控制功能选择和设定, 触发脉冲功率放大、隔离与整形环节四大功能块。

工作电源形成单元将外接的交流电压进行整流滤波, 稳压后提供板内外给定使用。同时, 板内的同步环节对输入的三相同步电压进行处理, 送往触发脉冲形成环节, 根据电流调节器按电流取样实际大小和用户设定的启动电流倍数及时间进行比较调节后输出, 决定触发脉冲的相位, 形成相应的 6 路触发脉冲, 再经脉冲功率放大、隔离、整形后输出去改变被触发 6 路晶闸管的相位, 从而调节了加到被控交流电动机定子上的线电压, 实现被控电动机的软启动。

5.5.3 应用技术

1. 正确接线

KRSC6M-3 控制板的实物主要元器件布置如图 5.16 所示, 共有 8 个接插件, 总计 23 根引出线。

(1) 主接插件 X_0 : KRSC6M-3 软启动控制板主接插件 X_0 对外引出共 11 根线, 接线方法见表 5.6 所列。

(2) 触发脉冲输出接插件: 共有 6 个接插件, 接插件 X_1 的 G_1 、 K_1 与 X_4 的 G_4 、 K_4 分别接主电路中接为反并联形式的位于 A 相的 2 个晶闸管的门-阴极; 接插件 X_3 的 G_3 、 K_3 与 X_6 的 G_6 、 K_6 分别接主电路中接为反并联形式的位于 B 相的 2 个晶闸管的门-阴极; 接插件 X_5 的 G_5 、 K_5 与 X_2 的 G_2 、 K_2 分别接主电路中接为反并联形式的位于 C 相的 2 个晶闸管的对应门-阴极。触发脉冲与晶闸管的对应关系如图 5.17 所示。

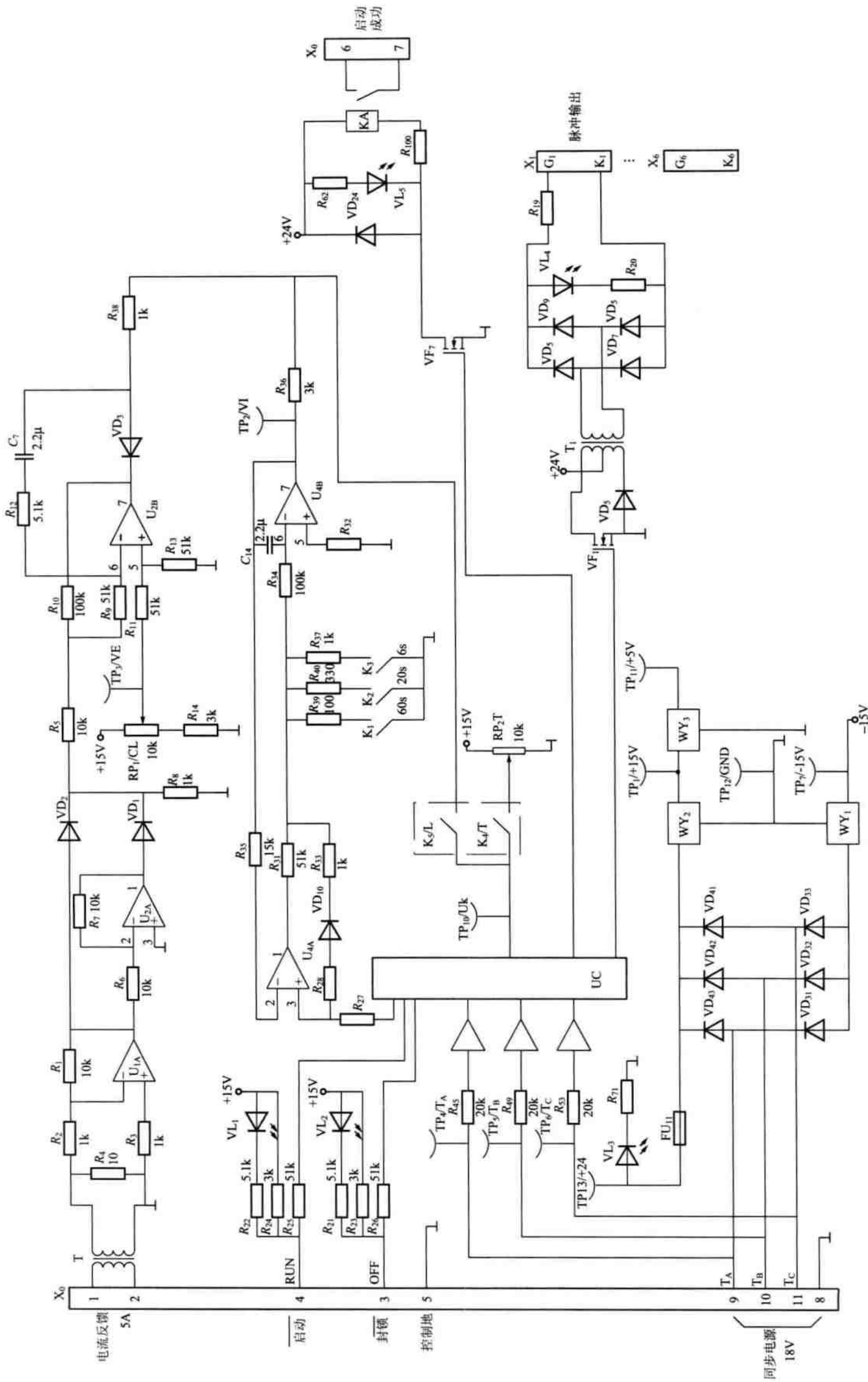


图 5.15 KRSC6M-3 软启动控制板的内部结构及工作原理

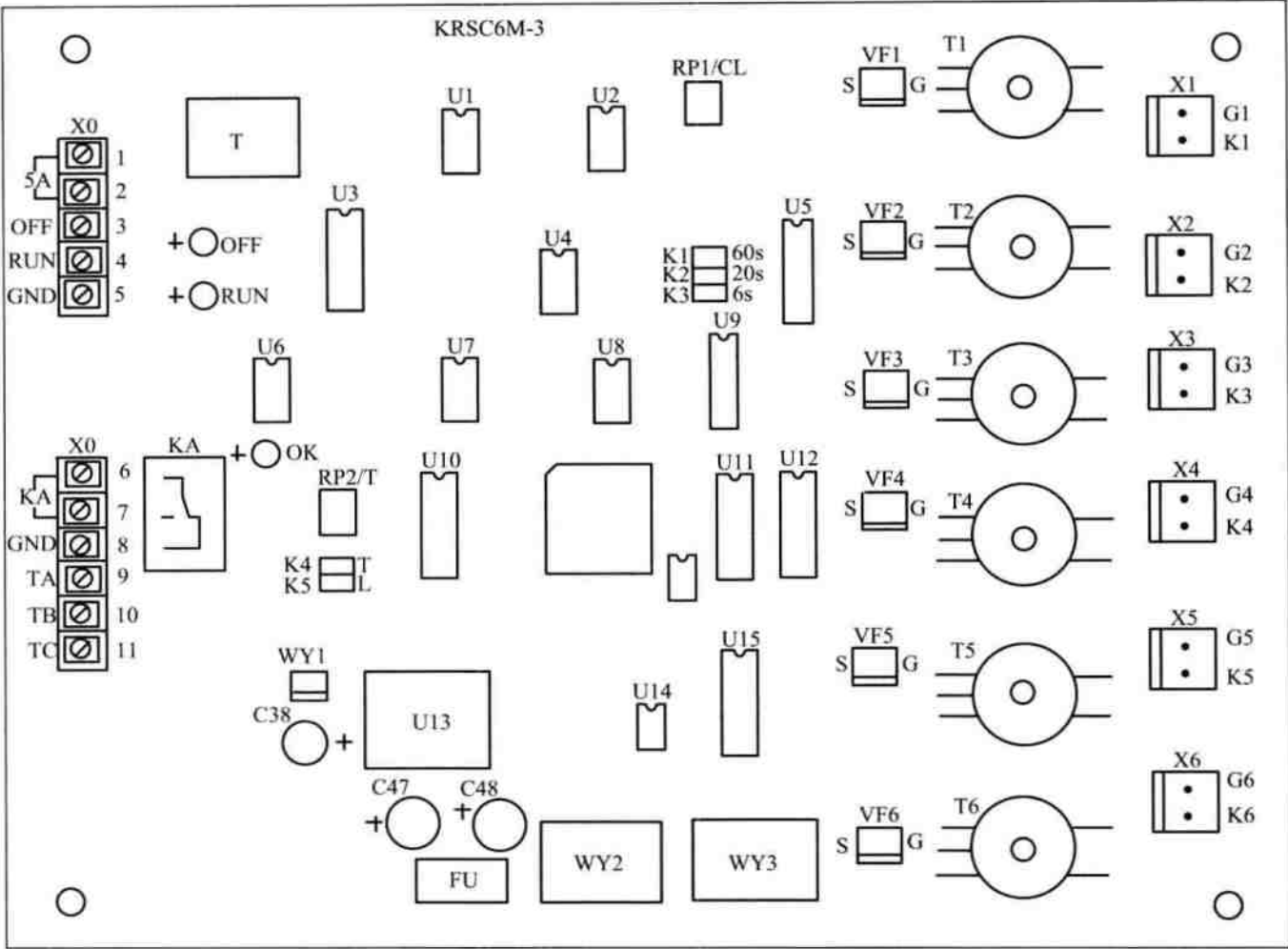


图 5.16 KRSC6M-3 软启动控制板实物主要元器件布置

表 5.6 KRSC6M-3 主接插件 X₀ 的接线方法

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
电流反馈 信号输入端	1	交流电流信号 5A/ I_{LN}	接用户主电路中交流取样互感器的 二次
	2		
控制信号 输入端	4	接参考地为启动,悬空为停止	按用户使用时所选定的功能与用法 接相应的状态
	3	接参考地时封锁触发脉冲	
	5	控制信号接地端	
启动完成 输出信号端	6	常开触点,启动完成时触点闭合	接用户启动完成执行或指示电路
	7		
同步及工作 电源连接端	8	电源中性点	接用户启动完成执行中性点
	9	a 相:相电压 18V/0.5A	接同步电源变压器二次 a 相
	10	b 相:相电压 18V/0.5A	接同步电源变压器二次 b 相
	11	c 相:相电压 18V/0.5A	接同步电源变压器二次 c 相

2. 主电路与同步变压器相位匹配

当 KRSC6M-3 软启动控制板用于主电路为三相晶闸管反并联交流调压系统时,同步变压器应为 $\Delta/Y-11$ 接法,触发脉冲与主电路晶闸管的正确对应连接关系可参见图 5.17 所示。

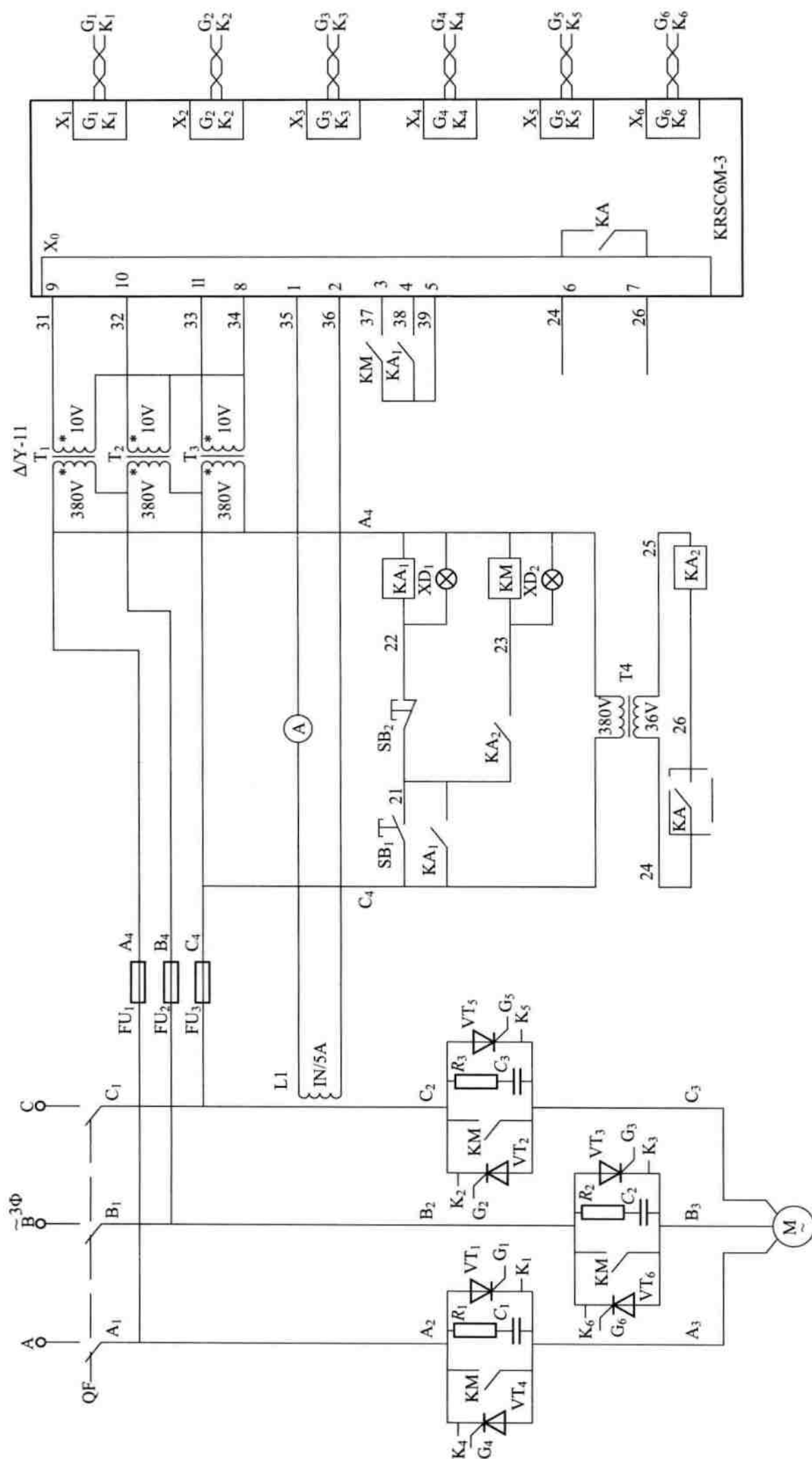


图5.17 KRSC6M-3 用于KRA-50/380电动机软启动电源装置

3. 各电位器的作用与调节

(1) RP_1/CL 为最大启动电流调节电位器,可设定启动电流范围为 $0.5\sim 4$ 倍:顺时针调节,启动电流增加。

(2) RP_2/T 为对控制板移相范围进行校验的可调电位器,在 K_4 短接端子接通时,调整 RP_2 检查触发脉冲移相范围:顺时针调节,触发控制角 α 应从 150° 到 0° ,用于控制交流调压系统时,主电路输出交流电压由小到大。

4. 短接端子功能

KRSC6M-3 控制板内设计了 5 个短接端子,用户使用时可通过短接不同的端子达到不同的功能,短接端子的名称及短接后实现的功能见表 5.7。

表 5.7 短接端子的名称与短接后所实现的功能

功 能	短接端子号	短接时功能
软启动 速度挡 选择端	K_1	短接后设定软启动速度慢速挡,对应软启动时间为 60s
	K_2	短接后设定软启动速度中速挡,对应软启动时间为 20s
	K_3	短接后设定软启动速度快速挡,对应软启动时间为 6s
工作方式 选择端	K_4/T	短接时进入手动调试,短接后用电位器 RP_2 调试脉冲移相范围
	K_5/L	短接后设定软启动方式

5. 发光二极管状态指示

KRSC6M-3 软启动控制板共有 10 个状态指示用发光二极管,各发光二极管的代号与状态指示含义见表 5.8。

表 5.8 发光二极管的代号和状态指示含义

代 号	发光二极管点亮时的状态指示含义
+24	+24V 正常
OFF	脉冲封锁
OK	启动完成,KA 继电器吸合
RUN	启动运行状态
$VL_1\sim VL_6$	6 路脉冲正常指示

6. 典型应用举例及实例调试

图 5.17 为一台 380V、50kW 交流电动机软启动电力电子变流设备中应用 KRSC6M-3 控制板的原理图,具体调试可参考以下步骤。

(1) 按图 5.17 检查同步变压器及各触发脉冲与主电路晶闸管的连接是否正确。

(2) 控制板通电后,各发光二极管指示应正常。

(3) 将 K_4/T 短接,将电位器 RP_2 逆时针旋转到底。

(4) 带假负载,合主电路,顺时针缓慢调节 RP_2 ,用万用表分别测量三相电压。三相电压应从 $0 \sim 380V$ 变化,中间不应有跳变现象,否则说明相位或者相序不正确。

(5) 如用示波器观察,调节电位器 RP_2 ,脉冲移相范围应在 $0^\circ \sim 150^\circ$ 内变化。

(6) 带电动机,顺时针缓慢调节 RP_2 ,电动机应平稳加速到全速。

(7) 建议采用限流软启动,短接 K_3 。(如采用时间软启动,应根据电动机惯量大小设定短接端子 K_1 、 K_2 、 K_3 的状态。)

(8) 将 K_5/L 短接,使控制板为软启动工作状态。

(9) 调 RP_1/CL 电位器为中间位置,最大启动电流约为 2 倍。

(10) 合 K_1 主电源,启动端 RUN 通过继电器 KA_1 接地,电力电子变流设备进入软启动运行状态。

(11) 根据启动情况,调整 RP_1/CL 电位器,改变启动电流倍数。

5.6 KZSC6M-1/KZSC6F-1 直流电动机调速控制板

KZSC6M-1/KZSC6F-1 直流电动机调速控制板内集成有自身工作电源、给定积分、双闭环 PI 调节器、电压电流反馈、移相控制、脉冲形成、脉冲放大环节,KZSC6M-1 板内还安装有脉冲变压器及脉冲整形环节。它们都具有丢失脉冲自动补偿、故障检测、综合逻辑控制等功能,其核心部件采用原装进口的高性能、高密度、大规模逻辑可编程器件 CPLD。电路除调节器外,脉冲的移相、定宽、调制均实现数字化,触发器部分不需任何调整,具有可靠性高,脉冲对称度高,抗干扰能力强,反应速度快等特点。

KZSC6M-1 与 KZSC6F-1 的区别仅在于,前者带输出脉冲变压器;后者只带脉冲功率放大器而不带脉冲变压器,当与 MF-1 脉冲隔离与整形板配合使用时,可适用于多个晶闸管串并联电路或其他需要增加触发功率的场合。

由于控制板采用了数字触发器,6 路脉冲对称度高且不需要任何调整,又由于有相序检测电路,所以现场调试一般不需要示波器即可完成。

5.6.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 内含全数字化脉冲形成电路。
- (2) 脉冲对称度高且不需调整。
- (3) 给定积分时间分挡并可细调。
- (4) 电流反馈可用小电流互感器。
- (5) 多种故障保护、状态诊断、锁存及指示。
- (6) 触发功率强,KZSC6M-1 可直接触发 1800A 以内的晶闸管。

- (7) 调试简单方便。
- (8) 采用大板结构及 CH2 型接插件,可靠性高。
- (9) 性能价格比高。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源:单相双交流 18V/0.5A 与 18V/1.5A。
- (3) 交流同步电源:三相四线、相电压 10V/0.5A。
- (4) 电压反馈信号:DC 2V 单端输入;AC 100mA 电流互感器输入。
- (5) 转速反馈信号:DC 5V 单端输入。
- (6) 控制精度及调速范围:直流测速机反馈 $\pm 0.5\%$,调速范围 1:100(300 转以上);交流测速机反馈 $\pm 0.5\%$,调速范围 1:100(100 转以上);直流电压反馈 $\pm 2\%$,调速范围 1:30。
- (7) 触发脉冲移相范围:整流运行 $\alpha=0^\circ\sim 150^\circ$;逆变运行 $\beta=30^\circ\sim 90^\circ$,均为数字自动限幅。
- (8) 6 路触发脉冲不对称度: $<0.5^\circ$ 。
- (9) KZSC6M-1 的触发脉冲幅值特性:触发脉冲峰值电压 10V;触发脉冲最大电流:600mA。
- (10) KZSC6F-1 的脉冲信号输出幅值特性:脉冲信号电压:24V;最大灌电流:3A(可并联带 KMF-1 脉冲隔离整形板 3 块)。
- (11) 故障保护输出信号接点容量:AC 48V/2A;DC 24V/2A。
- (12) 最大外形尺寸:KZSC6M-1 为 370mm \times 205mm \times 40mm;KZSC6F-1 为 340mm \times 205mm \times 40mm。

5.6.2 内部结构及工作原理

KZSC6M-1/KZSC6F-1 的电路原理如图 5.18 所示,其结构可分为: +5V、+15V、-15V、+24V 电源形成,给定积分环节,转速、电流双闭环调节器,限流、过流、过载保护环节,相序检测环节,外部故障保护执行环节,各种工作状态指示单元,逻辑环节,同步电路,脉冲形成及放大,输出脉冲变压器(KZSC6M-1)和故障继电器输出联锁电路,共 12 个单元电路。

5.6.3 应用技术

KZSC6M-1/KZSC6F-1 控制板适用于三相全控桥式晶闸管整流电路的触发控制,既可用于直流电动机调速系统,亦可用于交流电动机串级调速电力电子变流系统。

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 2000m。
- (2) 环境温度不低于 -10°C ,不高于 $+40^\circ\text{C}$ 。

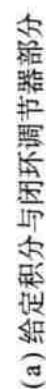
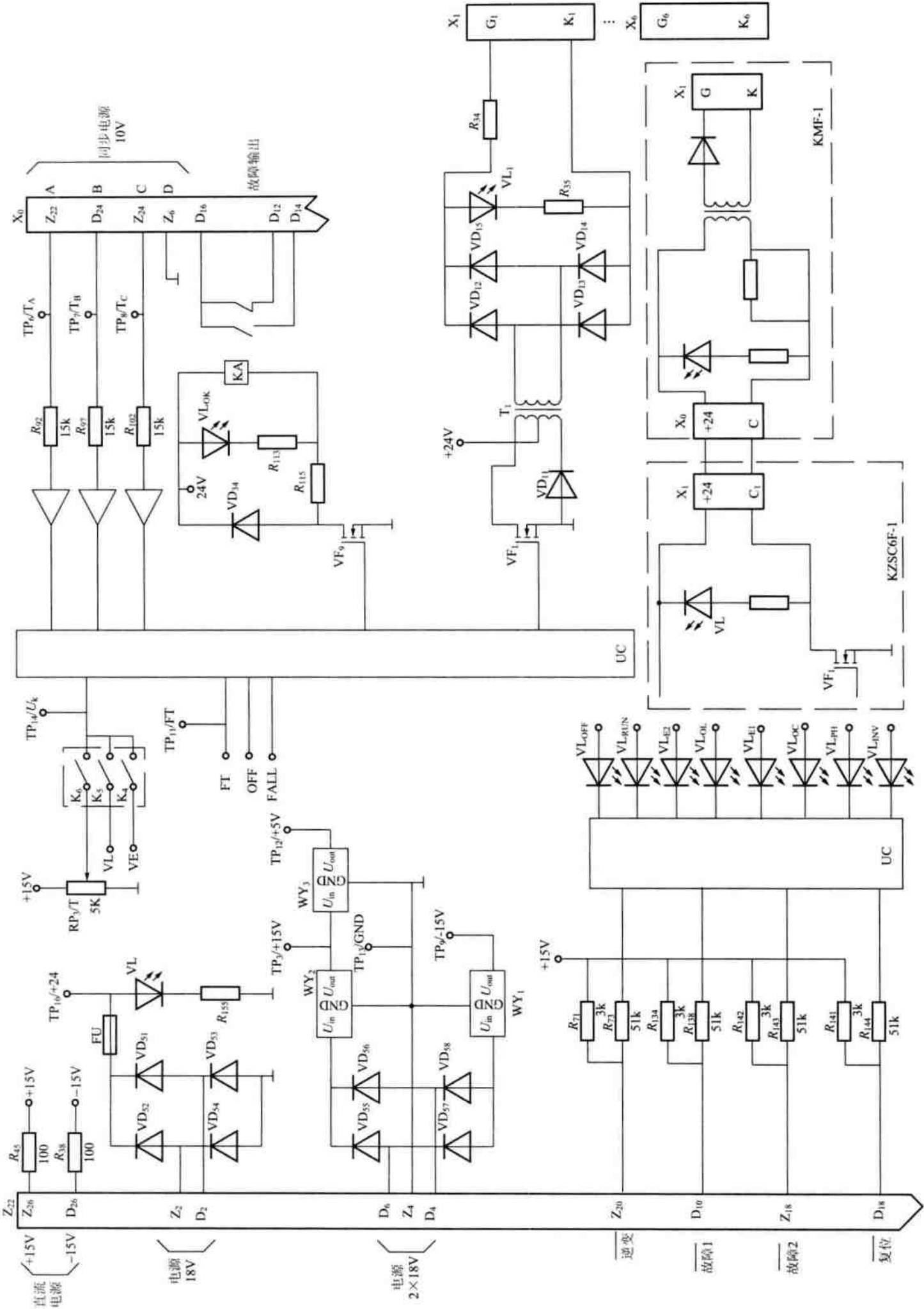


图5.18 KZSC6M-1/KZSC6F-1直流电动机调速控制板的电路原理图



(b) 触发脉冲形成部分

续图5.18

- (3) 空气最大相对湿度不超过 90%(在相当于空气温度 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 时)。
- (4) 运行地点无导电及爆炸性尘埃,无腐蚀金属和破坏绝缘的气体或蒸汽。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 正确安装

(1) KZSC6M-1 的外形与元器件布置如图 5.19 所示,KZSC6F-1 的外形与元器件布置如图 5.20,安装时建议上下左右各方向均留出 20mm 的空间,以便拆卸与安装。

(2) 主连接器用 0.3mm^2 多芯软导线连接,焊接处套上塑料套管,以防短路;转速反馈、电流反馈及电位器连接导线应用绞合线。

(3) 触发脉冲连接导线应用 0.3mm^2 多芯软导线。建议用不同颜色的导线表示极性,以防极性接错。

(4) 不同信号的接地点请参照表 5.10 连接,以免相互干扰。

3. 正确接线

(1) 触发脉冲接插件:触发脉冲输出接线端子共有 6 个,接线方法见表 5.9。

表 5.9 KZSC6M-1/KZSC6F-1 的触发脉冲输出接线方法

端子号	脉冲号	对应主电路桥臂号	KRSC6M-1	KRSC6F-1
X1	1	正 A 相	G _n 接晶闸管门极 K _n 接晶闸管阴极 (n=1~6)	+24 接脉冲隔离与整形板对应+24V 端 C _n 接脉冲隔离与整形板对应脉冲输入端 (n=1~6)
X2	2	负 C 相		
X3	3	正 B 相		
X4	4	负 A 相		
X5	5	正 C 相		
X6	6	负 B 相		

(2) 主接插件 X₀:对外共引出 32 根线,接线方法见表 5.10。

表 5.10 主接插件 X0 的接线方法

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
触发电源连接端	D ₂	AC 18V/1.5A	接电源变压器二次的相应绕组
	Z ₂		
工作电源连接端	D ₄	AC 18V/0.5A	接电源变压器二次的一个 18V
	Z ₄	双 18V 工作电源中点	接电源变压器二次的双 18V 中间头
	D ₆	AC 18V/0.5A	接电源变压器二次的另一个 18V
同步信号输入端	Z ₂₂	a 相:相电压 10V/0.1A	接同步变压器二次 a 相
	D ₂₄	b 相:相电压 10V/0.1A	接同步变压器二次 b 相
	Z ₂₄	c 相:相电压 10V/0.1A	接同步变压器二次 c 相
	Z ₆	三相同步信号中性点	接同步变压器二次中性点

续表 5.10

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
给定电位器 连接端	Z ₂₆	基准电源:DC +15V	接外部电路+15V 给定电位器
	D ₂₈	电压给定:DC 0~15V	接外部电路-15V 给定电位器
	Z ₁₄	给定参考接地点	接外部电路参考地
点动输入端	D ₃₀	点动电压:15V	接外部电路点动输入
供用户外部使用 直流电源输出端	D ₂₆	DC +15V,最大输出 20mA	接外部电路需要 +15V 电源的场合,应保证负载电流不超过 20mA
	Z ₂₆	DC -15V,最大输出 20mA	接外部电路需使用负电源的应用场合,应保证使用电流不超过 20mA
转速反馈 信号输入端	D ₂₂	转速反馈信号正端,使用时取直流信号,对应额定转速时,最大直流电压 5V	接转速反馈直流正
	Z ₁₂	转速直流反馈信号负端,为控制板参考接地点	接转速反馈直流参考地
电流反馈 信号输入端	Z ₂₈	电流反馈信号正端,输出额定电流时直流取样电压 2V	在电流反馈信号选择直流反馈时,接电流反馈正
	Z ₁₂	电流反馈信号负端,板内连接工作参考接地点	在电流反馈信号选择直流反馈时,接电流反馈参考地,此时端子 Z ₃₀ 、Z ₃₂ 、D ₃₂ 悬空
	Z ₃₀	交流反馈电流信号输入端 1	在电流反馈选用交流反馈时接主电路中三相电流互感器二次的 3 个 100mA 绕组,此时端子 Z ₂₈ 与 Z ₁₂ 悬空
	Z ₃₂	交流反馈电流信号输入端 2	
	D ₃₂	交流反馈电流信号输入端 3	
外部故障保护 选择输入端	D ₁₀	接地为故障状态,E ₁ 灯亮,选择带故障记忆外部故障保护	按用户选择的保护模式及方式接相应的状态
	Z ₁₈	接地为故障状态,E ₂ 灯亮,选择不带故障记忆外部故障保护	
	Z ₁₆	外部故障保护参考接地点	
运行状态选择 控制信号输入端	Z ₁₀	接地为运行状态,RUN 灯亮;悬空为停止运行,控制软启动	按用户选择的运行状态,使不同的引脚接地
	Z ₂₀	接地为逆变状态,INV 灯亮;悬空为整流状态	
	D ₁₈	接地时可使所有故障记忆复位	
	D ₈	接地时禁止触发脉冲输出,发光二极管 OFF 灯亮	
	Z ₁₂	运行状态选择控制信号参考接地点	
故障报警 接点输出端	D ₁₂	故障保护继电器常闭接点触点容量 AC 48V/2A 或 DC 24V/2A	按报警指示及分断主电路的不同要求,使用常开或常闭接点进行故障报警或指示
	D ₁₄	故障保护继电器常开接点触点容量 AC 48V/2A 或 DC 24V/2A	
	D ₁₆	故障保护继电器公共点	

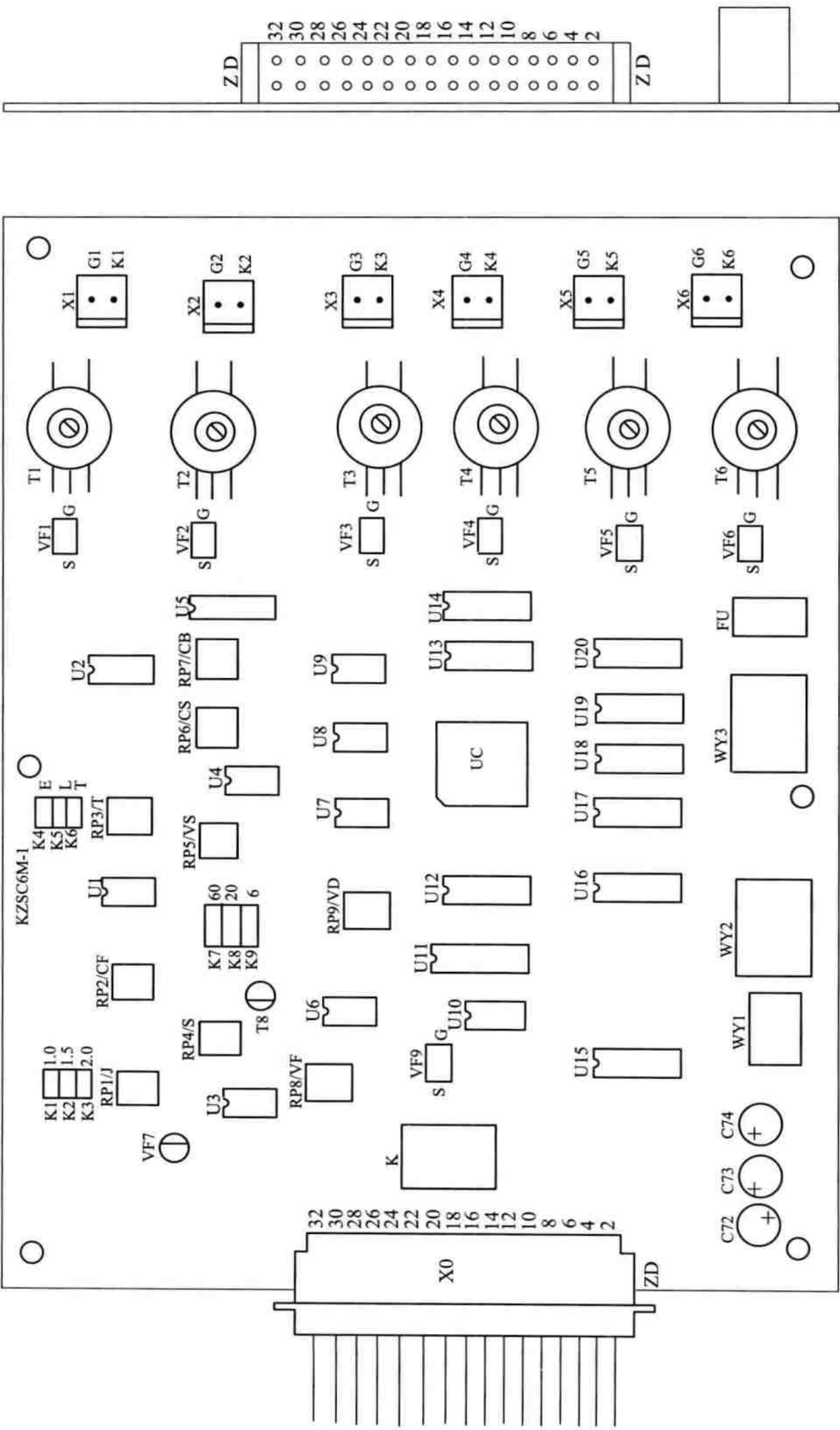


图 5.19 KZSC6M-1控制板的实物外形及元器件布置

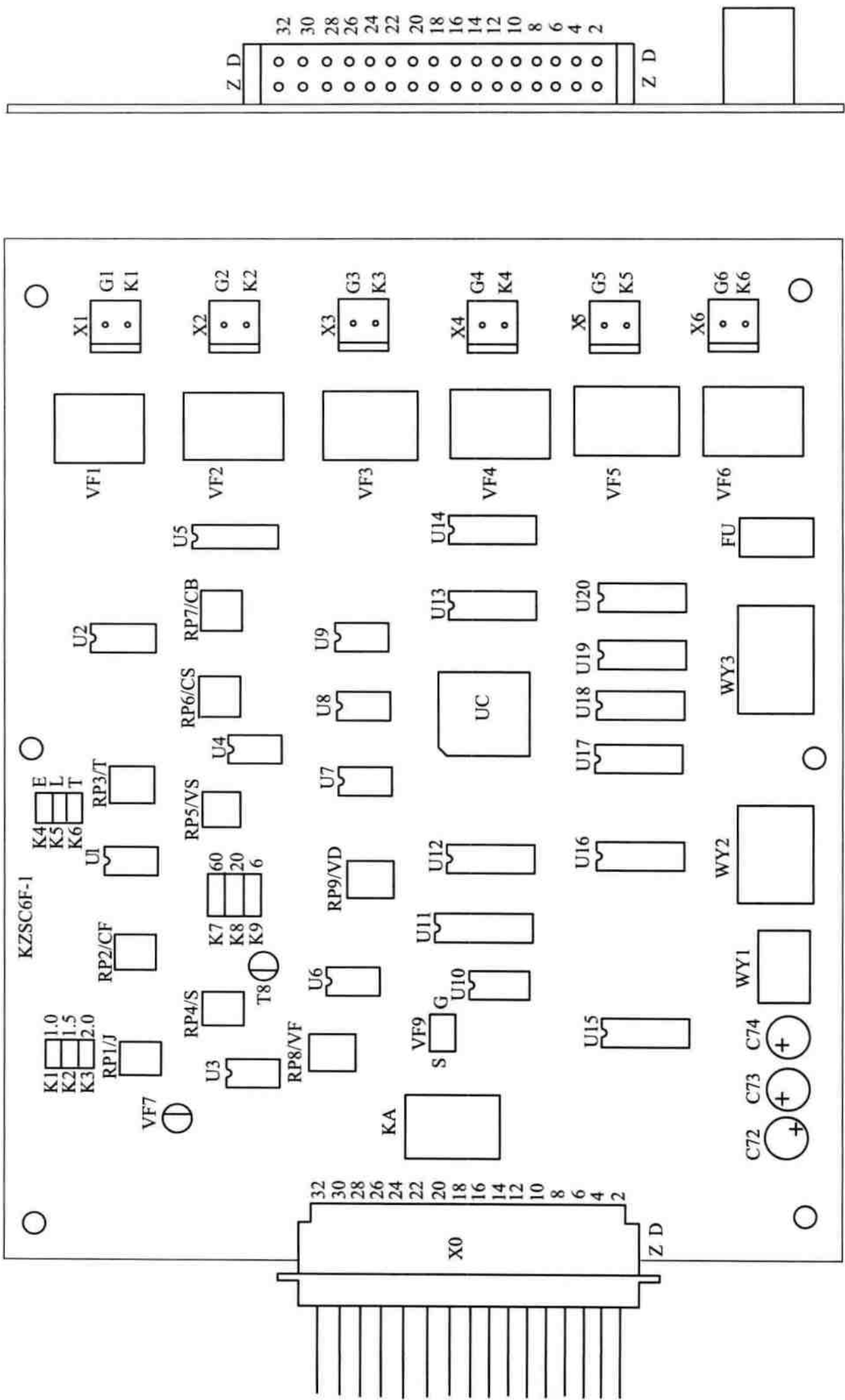


图 5.20 KZSC6F-1控制板的实物外形及元器件布置

4. 主电路与同步变压器相位匹配

主电路与同步电路应同相位,如主电路使用整流变压器,且接法为 Y/ Δ -11,则同步变压器应接为 Δ /Y-11;如主电路无变压器,则同步变压器应接为 Y/Y-12。

5. 发光二极管状态指示

KZSC6M-1/KZSC6F-1 控制板各有 11 个发光二极管用来显示控制板的工作状态,表 5.11 给出了各发光二极管的代号及发光时指示的状态。

表 5.11 发光二极管的代号及发光时指示的状态

代 号	发光二极管发光时指示的状态
E ₁	外部故障 1,对应于 X ₀ 的 D ₁₀ 输入端
E ₂	外部故障 2,对应于 X ₀ 的 Z ₁₈ 输入端
PH	相序错或缺相
OC	过电流保护状态
OL	过载保护状态
INV	逆变保护状态
RUN	启动运行,给定积分器解锁
OFF	输出脉冲被封锁,给定积分器锁零
OK	无故障,继电器吸合
+24	+24V 正常
VL ₁ ~VL ₆	6 路脉冲正常指示

6. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP₁/J 为点动转速设定电位器:顺时针调节,转速增大,最大点动转速为额定转速的 20%。

(2) RP₂/CF 为电流反馈值设定电位器:当主电路为额定输出电流时,调 RP₂ 使测试点 TP₄ 最大值为 2V。

(3) RP₃/T 为检查移相范围的电位器,当 K₆ 短接端子接通时,调整 RP₃ 可检查触发脉冲移相范围, α 应从 0°到 150°:顺时针调节,触发控制角 α 减少。

(4) RP₄/S 为给定积分器时间常数设定电位器,配合 K₇~K₉ 调整:顺时针调节,给定积分时间延长。

(5) RP₅/VS 为转速调节器积分时间常数设定电位器:顺时针调节,积分时间变长。

(6) RP₆/CS 为电流调节器积分时间常数设定电位器:顺时针调节,积分时间变长。

(7) RP₇/CB 为电枢压降补偿电位器:采用电枢电压反馈时使用;采用测速机反馈时,逆时针旋到底,取消该功能。

(8) RP_8/V 为转速反馈值设定电位器,可设定最高转速大小:顺时针调节,转速反馈值增加。

(9) RP_9/VD 为转速反馈微分时间常数设定电位器:顺时针调节,微分时间常数变大。

7. 短接端子功能

KZSC6M-1/KZSC6F-1 控制板的许多功能可按需要使用需要短接板上设计的短接端子来实现,表 5.12 给出了各短接端子短接后所实现的功能。

表 5.12 短接端子的名称及短接后所实现的功能

短接端子号	代 号	短接后所实现的功能
K_1	1.0	设定最大电流值等于设定值
K_2	1.5	设定最大电流值等于设定值的 1.5 倍
K_3	2.0	设定最大电流值等于设定值的 2 倍
K_4	E	设定系统进入开环运行状态,可由给定输入端(D_{28})直接控制脉冲移相
K_5	L	设定系统处于双闭环工作状态
K_6	T	设定用电位器 RP_3 检查脉冲移相范围
K_7	60	设定加速、减速时间挡为 10s~60s
K_8	20	设定加速、减速时间挡为 3s~20s
K_9	6	设定加速、减速时间挡为 1s~6s

8. 测试点及正常参数

KZSC6M-1/KZSC6F-1 板内设计了 16 个测试点,可通过测试这些点的参数来判断控制板的工作状态,表 5.13 给出了测试点的编号及正常运行时的测试点参数。

表 5.13 测试点的编号及正常运行时的测试点参数

测试点编号	代 号	测试点名称	参 数
TP_1	VE	外部给定电压测试点	DC 0~15V
TP_2	VL	电流调节器输出电压测试点	DC 0~8V
TP_3	+15V	正工作电源电压测试点	DC +15V
TP_4	IF	电流反馈信号测试点	DC 0~2V
TP_5	VI	给定积分器输出电压测试点	DC 0~8V
TP_6	T_A	A 相同步电压测试点	AC 10V 相电压
TP_7	T_B	B 相同步电压测试点	AC 10V 相电压
TP_8	T_C	C 相同步电压测试点	AC 10V 相电压
TP_9	-15V	负工作电源电压测试点	DC -15V
TP_{10}	VF	转速反馈信号测试点	DC 0~-8V

续表 5.13

测试点编号	代 号	测试点名称	参 数
TP ₁₁	FT	工作时钟 1 测试点	
TP ₁₂	+5V	+5V 工作电压测试点	DC +5V
TP ₁₃	GND	零电位点	0V
TP ₁₄	U _K	控制电压测试点	DC 0~9V
TP ₁₅	FP	工作时钟 2 测试点	
TP ₁₆	+24V	功放输出级工作电源电压测试点	DC +24V

9. 熔断器

KZSC6M-1/KZSC6F-1 板内直流 24V 电源设有熔断器 FU,当+24V 指示发光二极管不亮且 TP₁₆/+24 点无直流 24V 时,应检查熔断器 FU 是否损坏;如损坏,应更换为 2A 的熔断器。

10. 典型应用举例及调试

图 5.21 为 KZSC6M-1/KZSC6F-1 控制板用于直流电动机调速系统的原理图,调试步骤如下。

- (1) 合控制电源,控制板上各发光二极管指示应正常。
- (2) 检查同步电路与主电路的相位关系:将板上 K₆/T 短接,将电位器 RP₃/T 逆时针旋到底,带上适当电阻负载,合主电路,顺时针调节电位器 RP₃/T,主电路输出直流电压应由小到大平稳变化并不发生跃变,说明同步电压与主电路相位同步。
- (3) 反馈幅值调整:
 - ① 将控制板上 K₄/E 短接,检查励磁电源正常与否,带电动机负载;
 - ② 合主电路,调节外部给定电位器,电动机转速应能从零变化到额定转速,保持电动机在适当转速;
 - ③ 调整转速反馈量电位器 RP₈/V,测量 TP₁₀/VF 点电压,对应电动机额定转速时应为-8V;
 - ④ 调整电流反馈量电位器 RP₂/CF,测量 TP₄/IF 点电压,对应电动机额定电流时应为+2V。
- (4) 闭环状态调节:
 - ① 根据需要将控制板上 K₅/L 短接,使该电力电子变流设备进入闭环工作状态;
 - ② 根据需要选择控制板上 K₁~K₃ 的短接位置,使电动机运行,限制电动机最大电流;
 - ③ 根据电动机大小选择 K₇~K₉ 短接状态,将 RP₄/S 旋至中部;
 - ④ 合主电路,启动电动机运行,并提高电动机转速;
 - ⑤ 调节 RP₅/VS、RP₉/VD 电位器,改变电动机转速的响应速度及稳定性,使之达到最佳;

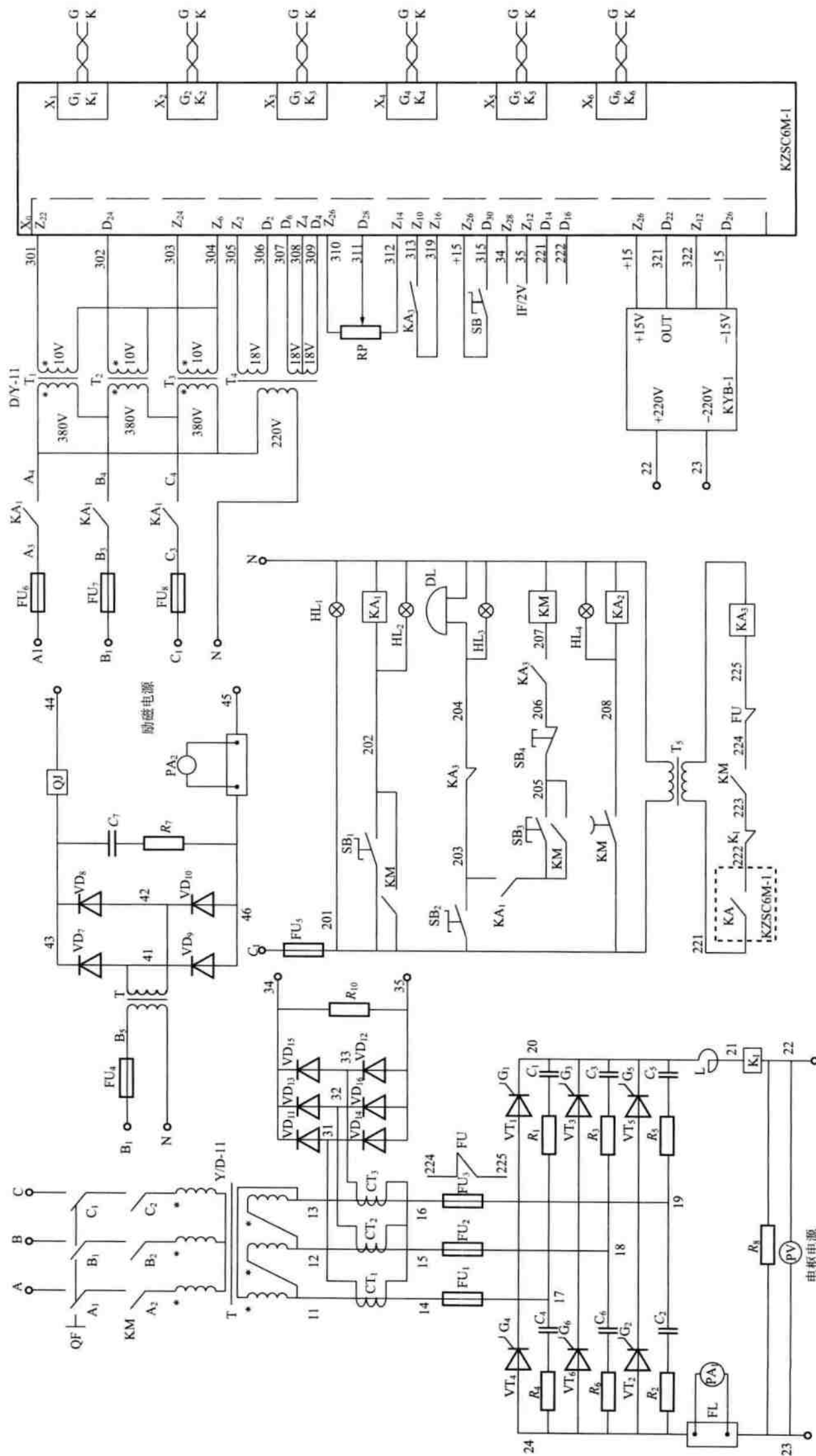


图 5.21 KZSC6M-1/KZSC6F-1控制板用于直流调速系统

- ⑥ 调节 RP_6/CS 电位器,可改变电枢电流的响应速度及稳定性;
- ⑦ 将转速给定调到最大,调节 RP_8/V 电位器,限制电动机最高转速;
- (5) 电枢压降补偿调整:

- ① 如果转速反馈信号采用电枢电压反馈,还应调节 RP_7/CB 电枢压降补偿电位器,采用测速机电压反馈时应将 RP_7 逆时针旋到底;
- ② 电动机空载时调到额定转速,保持并记录转速 n_e ;
- ③ 加大电动机负荷,转速将有所下降;
- ④ 顺时针调节 RP_7/CB 电位器,使转速接近额定转速 n_e ,注意不应有过补偿现象。

11. 应用注意事项

- (1) 在对应用 KZSC6M-1/KZSC6F-1 的晶闸管电力电子变流设备作绝缘测试时,应从电力电子变流设备上取下控制板,否则可能造成控制板永久性损坏。
- (2) 只有确认电流、转速反馈信号的极性正确时,才可从开环进入闭环运行。
- (3) 电流、转速反馈及给定电位器连接导线应分别用双绞线,以提高抗干扰能力。
- (4) 不同信号的接线点之间应按表 5.10 连接,以免相互干扰。

5.7 KZSC6M-4/KZSC6F-4 直流电动机调速控制板

KZSC6M-4/KZSC6F-4 直流电动机调速控制板是在 KZSC6M-1/KZSC6F-1 的基础上改进和完善功能而设计的,内部主要由工作电源、给定积分器、转速 PID 调节器、电流 PI 调节器、移相控制、脉冲形成、脉冲放大及脉冲变压器组成(KZSC6F-4 无脉冲变压器)。除调节外,脉冲的移相、定宽、调制均实现数字化,触发器部分不需任何调整,具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰能力强、反应速度快等特点。KZSC6F-4 与外接脉冲隔离和整形板配合使用,可以组成大电流、高电压直流调速系统。

5.7.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 3 个单相交流 18V 供电。
- (2) 同步电压为 3 个单相。
- (3) 电流反馈可交流也可直流;
- (4) 转速反馈可以采用交流测速机,也可用直流测速机,还可用电枢电压反馈。
- (5) 保护后有独立继电器接点输出。
- (6) 单一大板结构,分带脉冲变压器隔离和整形环节的 KZSC6M-4 与不带脉冲变压器隔离和整形环节的 KZSC6F-4 两种。
- (7) 脉冲产生全数字化,脉冲不对称度小。

(8) 触发脉冲为双窄脉冲模式。

2. 主要参数限制

(1) 主电路阀侧额定工作电压:380V/50Hz。

(2) 交流供电电源电压:单相双交流 18V/0.3A 与 1 路 18V/1A。

(3) 交流同步电源电压:三相四线、相电压 10V/0.1A。

(4) 转速反馈信号幅值:DC 0~15V 单端输入。

(5) 电流反馈信号:DC 0~2V 单端输入或 AC 0~100mA 电流互感器输入。

(6) 控制精度及调速范围:直流测速机反馈 $\pm 0.5\%$,1:100(最低转速 30 转/分以上);交流测速机反馈 $\pm 0.5\%$,1:100(最低转速 100 转/分以上);直流电压反馈 $\pm 2\%$,1:30。

(7) 触发脉冲移相范围:整流运行 $\alpha=0^\circ\sim 150^\circ$;逆变运行 $\beta=30^\circ\sim 90^\circ$,均为数字自动限位。

(8) 触发脉冲不对称度:小于 0.5° 。

(9) 脉冲信号宽度:每个脉冲宽度 12° ,采用互补双窄脉冲工作模式,2 个双窄脉冲间隔 60° 。

(10) KZSC6M-4 的触发脉冲特性:触发脉冲幅值电压 10V;触发脉冲最大电流 600mA。

(11) KZSC6F-4 的脉冲信号输出特性:脉冲信号幅值电压 24V;最大灌电流 1A。

(12) 过载保护时间:1 倍过载保护时间出厂时设置为 60s。

(13) 故障信号接点容量:AC 48V/2A、DC 24V/2A 或 AC 220V/1A。

5.7.2 内部结构及工作原理

KZSC6M-4/KZSC6F-4 控制板的电路原理如图 5.22 所示。其中, U_{3A} 与 U_{3B} 构成给定积分器, U_{4A} 为转速调节器, U_{4B} 为电流调节器,转速反馈经 U_{9A} 隔离放大,电流反馈经 U_{2B} 隔离放大,电流调节器输出电压控制数字触发器,数字触发器电路根据同步信号进行逻辑控制、计数,最终发出触发脉冲。

5.7.3 应用技术

1. 主电路与同步变压器相位匹配

KZSC6M-4/KZSC6F-4 控制板用于直流电动机调速系统时,应保证主电路与同步电路同相位,如主电路为整流变压器接 Y/ Δ -11 或 Δ /Y-11,则同步变压器应接为 Δ /Y-11,参见图 5.25;如主电路无整流变压器,则同步变压器可接为 Y/Y-12,且同步变压器原边中点应接电网零线。

2. 正确接线

KZSC6M-4/KZSC6F-4 的实物外形及主要元器件布置分别如图 5.23 和图 5.24 所示。

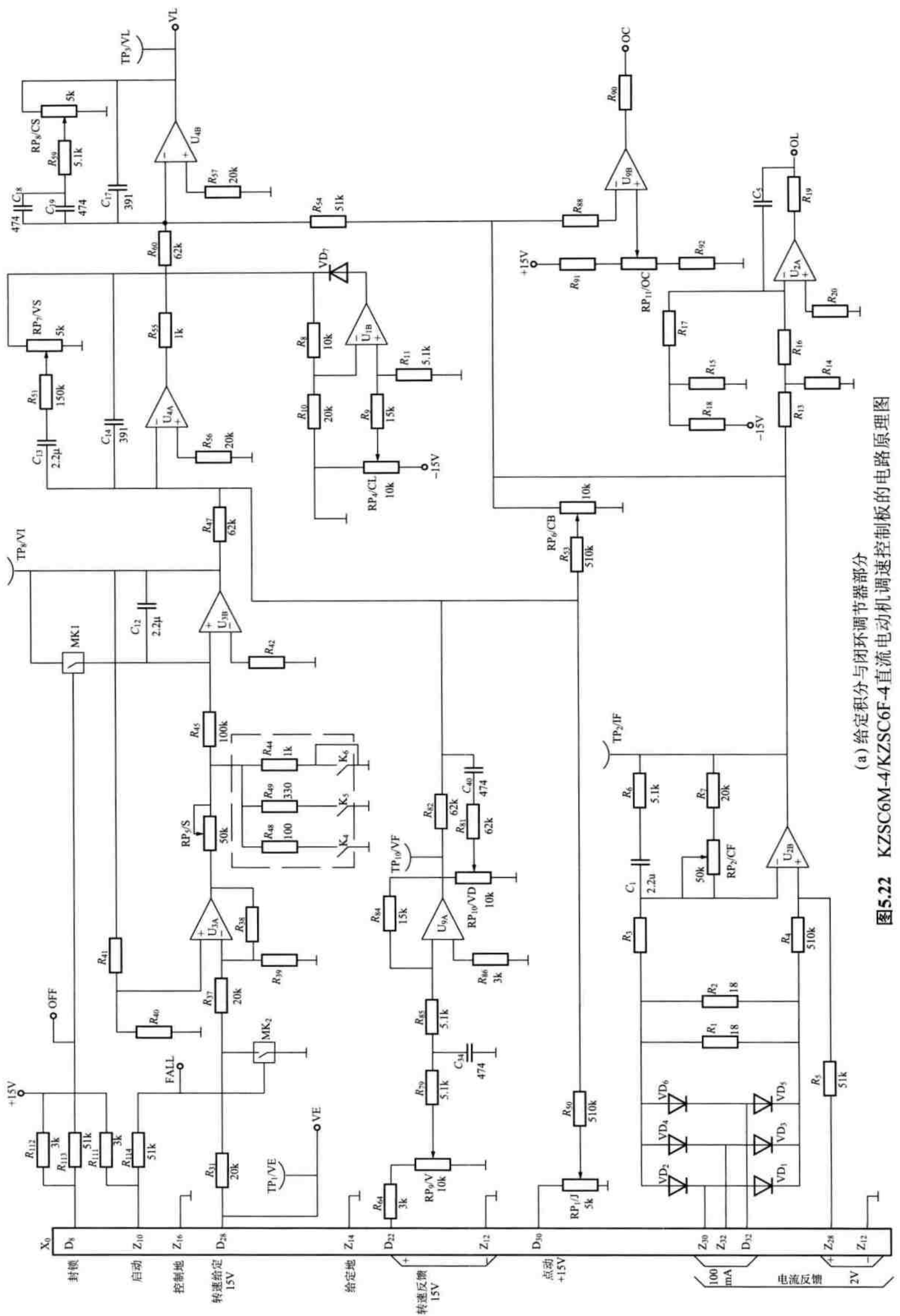


图5.22 KZSC6M-4/KZSC6F-4直流电动机调速控制板的电路原理图 (a) 给定积分与闭环调节器部分

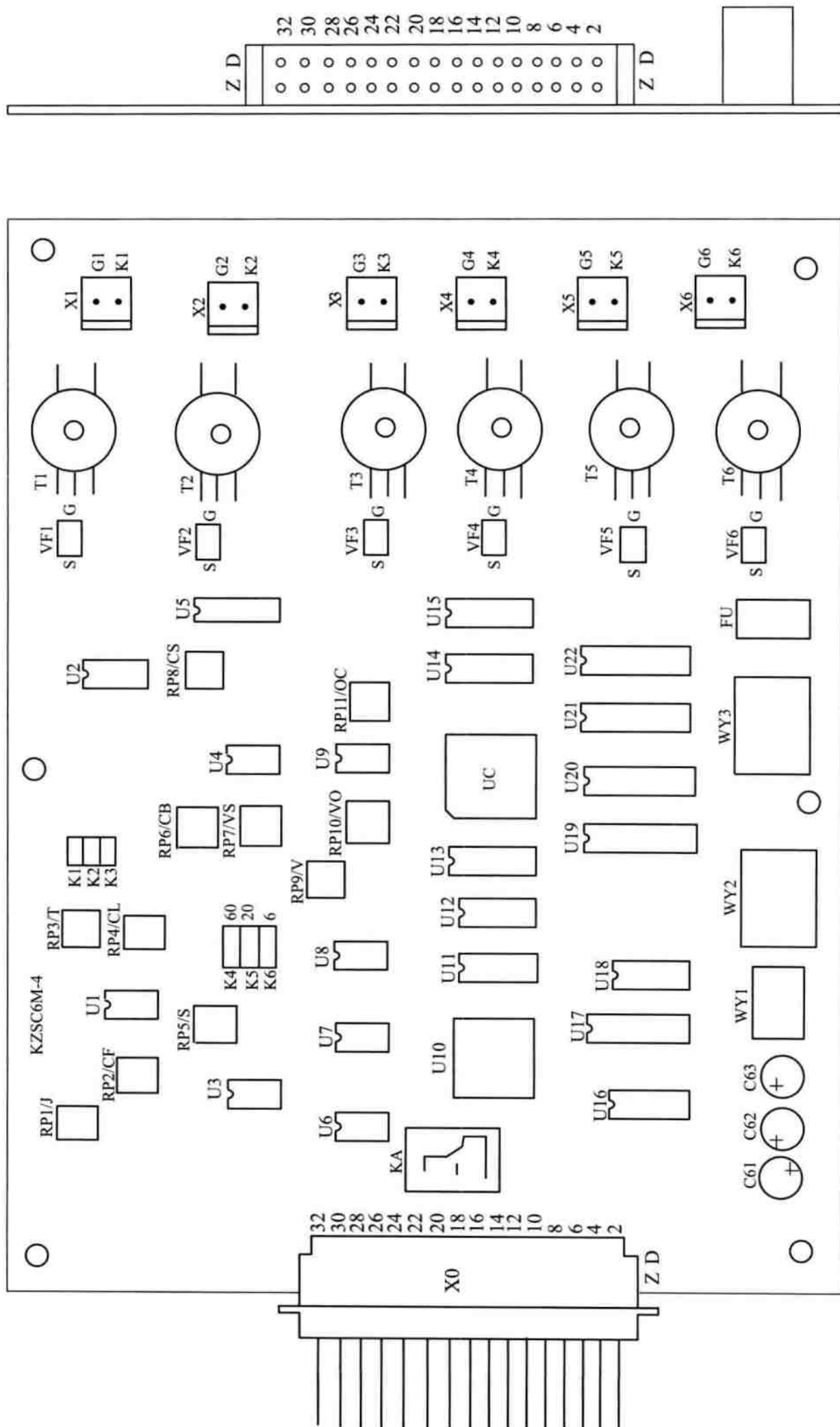


图5.23 KZSC6M-4控制板的实物外形及主要元器件布置

(1) 触发脉冲接插件:接线方法见表 5.14。

表 5.14 触发脉冲输出接插件的接线方法

端子号	脉冲号	名 称	KZSC6M-4	KZSC6F-4
X1	1	对应 A 相正半周晶闸管触发脉冲输出端	G ₁ 、K ₁ 接对应 A 相正半周 1#晶闸管门-阴极	+24V、C ₁ 接对应 A 相正半周 1#晶闸管触发脉冲隔离与整形环节输入+24V 及脉冲端
X2	2	对应 C 相负半周晶闸管触发脉冲输出端	G ₂ 、K ₂ 接对应 C 相负半周 2#晶闸管门-阴极	+24V、C ₂ 接对应 C 相负半周 2#晶闸管触发脉冲隔离与整形环节输入+24V 及脉冲端
X3	3	对应 B 相正半周晶闸管触发脉冲输出端	G ₃ 、K ₃ 接对应 B 相正半周 3#晶闸管门-阴极	+24V、C ₃ 接对应 B 相正半周 3#晶闸管触发脉冲隔离与整形环节输入+24V 及脉冲端
X4	4	对应 A 相负半周晶闸管触发脉冲输出端	G ₄ 、K ₄ 接对应 A 相正半周 4#晶闸管门-阴极	+24V、C ₄ 接对应 A 相负半周 4#晶闸管触发脉冲隔离与整形环节输入+24V 及脉冲端
X5	5	对应 C 相正半周晶闸管触发脉冲输出端	G ₅ 、K ₅ 接对应 C 相正半周 5#晶闸管门-阴极	+24V、C ₅ 接对应 C 相正半周 5#晶闸管触发脉冲隔离与整形环节输入+24V 及脉冲端
X6	6	对应 B 相负半周晶闸管触发脉冲输出端	G ₆ 、K ₆ 接对应 B 相负半周 6#晶闸管门-阴极	+24V、C ₆ 接对应 B 相负半周 6#晶闸管触发脉冲隔离与整形环节输入+24V 及脉冲端

(2) 主接插件 X₀:共 32 根线,接线方法见表 5.15。

表 5.15 主接插件 X₀ 的接线

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
末级脉冲功放电源连接端	D ₂	AC 18V/1A	接为控制板供电的电源变压器二次的独立 18V 绕组
	Z ₂		
工作电源连接端	D ₄	AC 18V/0.3A	接为控制板供电的有中间抽头的双 18V 绕组中的一个 18V
	Z ₄	双 18V 工作电源中点,与板上工作电源参考地相连	接为控制板供电的有中间抽头的双 18V 绕组的中间头
	D ₆	AC 18V/0.3A	接为控制板供电的有中间抽头的双 18V 绕组的另一个 18V
同步信号输入端	Z ₂₂	A 相同步信号输入:同步信号相电压幅值 10V/0.1A	接星形连接的同步变压器二次 a 相 10V
	D ₂₄	B 相同步信号输入:同步信号相电压幅值 10V/0.1A	接星形连接的同步变压器二次 b 相 10V
	Z ₂₄	C 相同步信号输入:同步信号相电压幅值 10V/0.1A	接星形连接的同步变压器二次 c 相 10V
	Z ₆	接星形连接的三相同步信号中性点,与控制板工作电源参考地相连	接星形连接的同步变压器中性点

续表 5.15

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
给定输入信号连接端	Z ₂₆	基准电源:DC +15V	当采用电位器给定时,接给定电位器的3个端;若采用计算机或其他环节给定,则Z ₂₆ 悬空,D ₂₈ 接0~15V输入,Z ₁₄ 接参考地
	D ₂₈	电压给定:DC 0~15V	
	Z ₁₄	给定信号参考接地点	
点动输入信号连接端	D ₃₀	点动电压:15V	在使用点动功能时,接点动信号输入
直流电源输出端	D ₂₆	板内电源提供给板外使用的DC +15V,最大输出负载能力为20mA	接板外需要使用正电源的环节
	Z ₂₆	板内电源提供给板外使用的DC -15V,最大输出负载能力为20mA	接板外需要使用负电源的环节
转速反馈信号	D ₂₂	转速直流反馈信号正端:直流取样电压5V(对应额定转速时)	接转速直流反馈环节输出的0~5V
	Z ₁₂	转速直流反馈信号负端:板内接控制板工作电源接地端	接转速直流反馈环节输出的参考地
电流反馈信号输入信号连接端	Z ₂₈	电流反馈取直流时反馈信号正端:直流取样电压,输出额定电流时为2V	采用直流电流反馈时接电流反馈正
	Z ₁₂	电流反馈取直流时反馈信号负端:板内接控制板工作电源接地端	采用直流电流反馈时接电流参考地,此时Z ₁₂ 、Z ₃₀ 、Z ₃₂ 、D ₃₂ 悬空
	Z ₃₀	电源反馈取交流时,接三相中的一相电流互感器(二次为100mA)输出端	选用交流电流反馈时接主电路中串联的电流互感器二次的三相0.1A,此时Z ₂₈ 、Z ₁₂ 悬空
	Z ₃₂	电源反馈取交流时,接三相中的一相电流互感器(二次为100mA)输出端	
	D ₃₂	电源反馈取交流时,接三相中的一相电流互感器(二次为100mA)输出端	
设定工作状态控制信号输入信号连接端	Z ₁₀	接地为运行状态,RUN灯亮,悬空为停止运行,控制软启动	按选定的控制工作状态,使相应的引脚接地
	Z ₂₀	接地为逆变状态,INV灯亮;悬空为整流状态	
	D ₁₈	接地时可使所有故障记忆复位	
	D ₈	接地时禁止触发脉冲输出,OFF灯亮	
	Z ₁₂	所有控制信号输入参考接地端	
故障输出输入信号连接端	D ₁₂	故障保护继电器输出常闭接点容量为AC 48V/2A或DC 24V/2A。	按故障保护后进行指示还是分断主电路的不同,选用常开或常闭接点串入保护电路
	D ₁₄	故障保护继电器输出常开接点容量为AC 48V/2A或DC 24V/2A	
	D ₁₆	故障保护继电器输出公共点	

3. 发光二极管状态指示

KZSC6M-4/KZSC6F-4 板内设计了 15 个状态指示发光二极管,发光二极管的代号与状态指示含义见表 5.16。

表 5.16 发光二极管代号与状态指示含义

代 号	发光二极管点亮时的状态指示
EX	外部故障 1,对应于 X_0 的 Z_{18} 输入端输入的信号
PH	相序错或缺相故障指示
OC	过电流故障指示
OL	过载故障指示
INV	逆变状态控制,对应于 X_0 的 Z_{20} 输入端输入的信号
RUN	启动运行,给定积分器解锁,对应于 X_0 的 Z_{10} 输入端输入的信号
OFF	输出脉冲被封锁,给定积分器锁零,对应于 X_0 的 D_8 输入端输入的信号
OK	无故障,继电器吸合
+24	+24V 正常指示
$VL_1 \sim VL_6$	6 路脉冲指示,发光指示脉冲正常

4. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1/J 为点动转速设定电位器:顺时针调节,点动转速增大,最大点动转速为额定转速的 20%。

(2) RP_2/CF 为电流反馈量放大倍数设定电位器:当主电路为额定输出电流时,调 RP_2 使测试点 TP_2 最大值为 2V。

(3) RP_3/T 为检查移相范围的电位器,当 K_3 短接端子接通时,调整 RP_3 可检查触发脉冲移相范围,正常时 α 应从 $0^\circ \sim 150^\circ$;顺时针调节,触发控制角 α 减少。

(4) RP_4/CL 为最大电流设定电位器:顺时针调节,最大电流设定值增大。

(5) RP_5/S 为给定积分器时间常数设定电位器,配合 $K_4 \sim K_6$ 调整,顺时针调节,给定积分时间延长。

(6) RP_7/CB 为电枢压降补偿电位器:采用电枢电压反馈时使用,采用转速反馈时逆时针旋到底。

(7) RP_7/VS 为转速调节器积分时间常数调节电位器。

(8) RP_6/CS 为电流调节器积分时间常数设定电位器。

(9) RP_8/V 为转速反馈量设定电位器:可设定最高转速,顺时针调节,转速反馈值减小,最高转速增加。

(10) RP_9/VD 为转速反馈微分时间常数设定电位器。

(11) RP_{11}/OC 为过电流保护设定电位器:过电流保护可设定范围为 1.3~3.7,顺时针调节,过流保护门槛增大。

5. 短接端子功能

KZSC6M-4/KZSC6F-4 板内设计了 6 个选择功能的短接端子,表 5.17 给出了各端子的代号及短接后所实现的功能。

表 5.17 短接端子的代号及短接后所实现的功能

短接端子号	代 号	短接后所实现功能
K ₁	E	设定控制板开环工作,短接后可由给定输入端(D28)直接控制脉冲移相
K ₂	L	设定控制系统处于双闭环工作状态
K ₃	T	设定用电位器 RP ₃ 检查脉冲移相范围
K ₄	60	设定加速、减速时间挡为 10s~60s
K ₅	20	设定加速、减速时间挡为 3s~20s
K ₆	6	设定加速、减速时间挡为 1s~6s

6. 测试点及正常参数

KZSC6M-4/KZSC6F-4 板内设计了 16 个测试点,表 5.18 给出了这些测试点的编号和正常工作时的参数。

表 5.18 测试点的编号和正常工作时的参数

测试点编号	代 号	测试点名称	正常参数
TP ₁	U _E	外部给定电压测试点	DC 0~15V
TP ₂	IF	电流反馈信号测试点	DC 0~2V
TP ₃	U _L	电流调节器输出电压测试点	DC 0~8V
TP ₄	+15V	正工作电源电压测试点	DC +15V
TP ₅	T _A	A 相同步电压测试点	AC 相电压:10V
TP ₆	T _B	B 相同步电压测试点	AC 相电压:10V
TP ₇	T _C	C 相同步电压测试点	AC 相电压:10V
TP ₈	U _I	给定积分器输出电压测试点	DC 0~8V
TP ₉	-15V	负工作电源电压测试点	DC -15V
TP ₁₀	U _f	转速反馈信号测试点	DC 0~-8V
TP ₁₁	U _K	控制电源电压测试点	DC 0~9V
TP ₁₃	+5V	+5V 工作电源电压测试点	DC +5V
TP ₁₄	GND	零电位点测试点	0V
TP ₁₆	+24V	+24V 工作电源电压测试点	DC +24V

7. 典型应用举例

KZSC6M-4/KZSC6F-4 控制板可用于主电路为三相桥式全控、三相桥式半控、三相半波可控整流的直流调速类电力电子变流设备。

图 5.25 为 KZSC6M-4 控制板应用于一台 KGF-200/230 直流电动机调速电力电子变流设备的原理图,可作为其应用于他电力电子变流设备的参考。

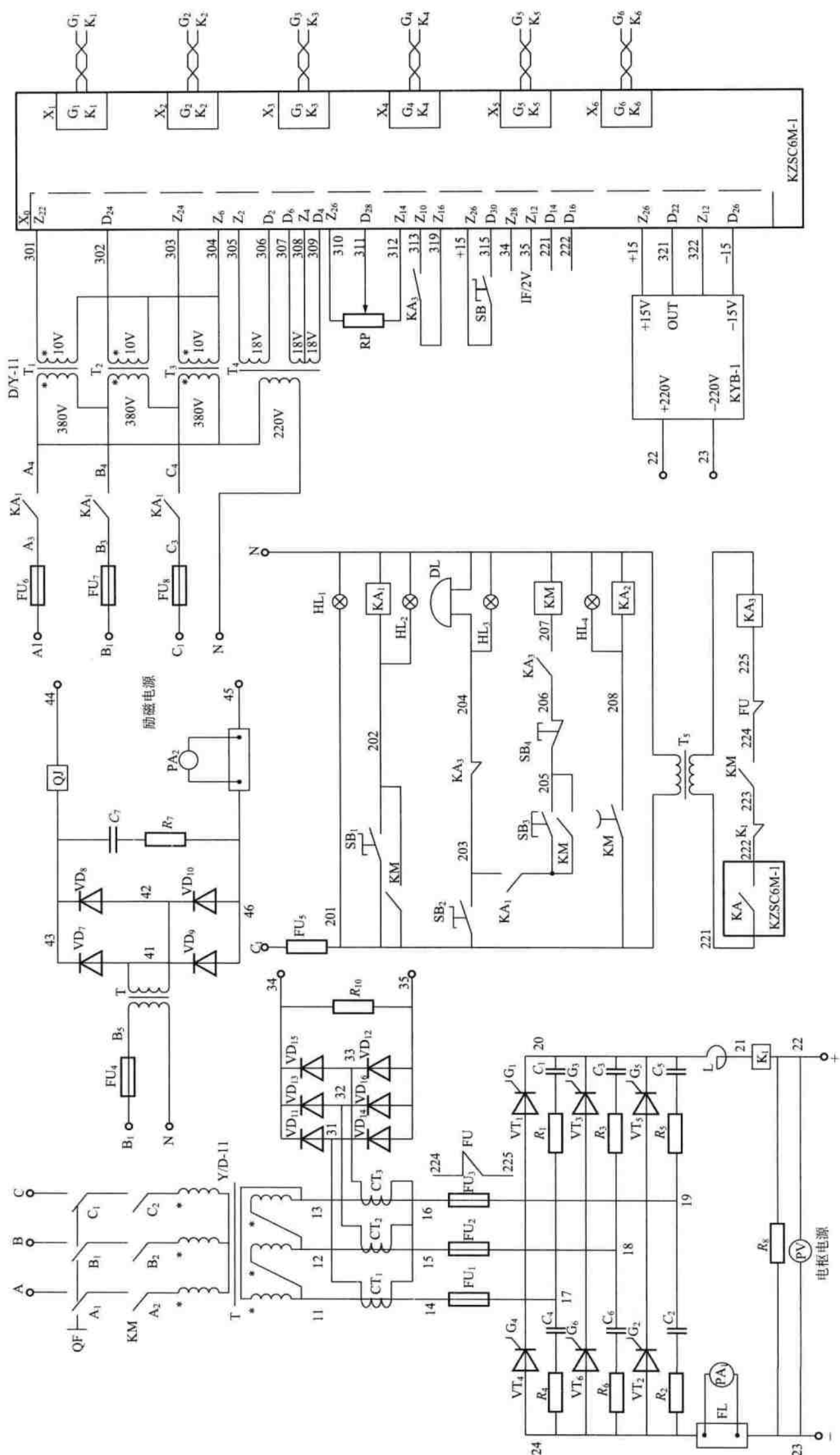


图 5.25 KZSC6M-4 控制板用于 KSF-200/230 直流电动机调速电力电子设备

8. 调试步骤

(1) 合控制电源,控制板上各发光二极管指示应正常。

(2) 检查同步电路与主电路相位关系:将板上 K_3/T 短接,将电位器 RP_3/T 逆时针旋到底,带上适当电阻负载,合主电路,顺时针调 RP_3/T ,主电路直流电压应由零到最大值平稳变化并不发生跃变,说明同步电压与主电路相位正确。

(3) 反馈量调整:

① 将控制板上 K_1/E 短接,检查励磁,带电动机负载;

② 合主电路,调节外部给定电位器,电动机转速应能从零变化到额定转速,保持电动机在适当转速运行;

③ 调整转速反馈量电位器 RP_9/V ,测量 TP_{10}/VF 点电压,对应电动机额定转速最大值应为 $-8V$;

④ 调整电流反馈量电位器 RP_2/CF ,测量 TP_4/IF 点电压,对应电动机额定电流最大值应为 $+2V$ 。

(4) 闭环状态调节:

① 将板上 K_2/L 短接,使该电力电子变流设备进入闭环工作状态;

② 调节能限流电位器 RP_4/CL 为中间位置;

③ 调节过流电位器 RP_{11}/OC 为中间位置;

④ 根据电动机大小选择 $K_4 \sim K_6$ 的短接状态,将电位器 RP_5/S 调为中间位置;

⑤ 合主电路,使电动机启动,并调节给定,提高电动机转速;

⑥ 调节电位器 RP_7/VS 、 RP_{10}/VD ,可改变电动机转速的响应速度及稳定性;

⑦ 调节电位器 RP_8/CS ,可改变电枢电流的响应速度及稳定性;

⑧ 将转速给定调节到最大,调节电位器 RP_9/V ,可限制电动机最高转速;

⑨ 调节能限流电位器 RP_4/CL ,可限制电动机最大工作电流;

⑩ 调节过流电位器 RP_{11}/OC ,可设定过流保护门槛值。

(5) 电枢压降补偿调整:

① 如果转速反馈采用电枢电压反馈,还应调节电枢压降补偿电位器 RP_6/CB ,先逆时针调到零位,再按需要增加;若采用测速发电机进行转速反馈,则该电位器保持逆时针旋到底;

② 在电动机空载时,将转速调到额定转速,保持并记录额定转速 n_e ;

③ 加大电动机负荷,转速将有所下降;

④ 顺时针调节电位器 RP_6/CB ,使转速略小于 n_e ,注意不应有过补偿现象。

5.8 KRSC6M-2/KRSC6F-2 节能型软启动控制板

在许多工况中,一些电动机经常处于空载或轻载运行,因而造成能源的大量浪

费。当电动机处于空载或轻载运行时降低供电电压,就可以减小电流,降低有功损耗,提高功率因数;当电动机处于重载时,迅速提供电网电压,加大电动机力矩,能够既满足负载要求又达到节能的目的。

KRSC6M-2/KRSC6F-2 节能型软启动控制板,正是为解决上述问题而开发的,当其用于三相交流电动机节能软启动晶闸管电力电子变流设备中时,不但可完成上述要求,而且还具有软启动、软停车功能。KRSC6M-2 与 KRSC6F-2 板的区别仅在于,前者带输出脉冲变压器;后者只带脉冲功率放大器而不带脉冲变压器,可与 KMF-2 脉冲隔离整形板配合使用。

该系列控制板的核心部件采用美国高性能、高密度的大规模复杂可编辑逻辑器件 CPLD。除调节器外,脉冲的移相、定宽、调制均实现数字化,触发器部分不需任何调整,而且具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰能力强、反应速度快等特点。

5.8.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 全数字化脉冲形成电路。
- (2) 脉冲对称度高且不需任何调整。
- (3) 可以设定为电压斜坡启动或限流软启动方式。
- (4) 具有软停车功能。
- (5) 电流反馈可直接采用交流电流互感器,亦可采用霍尔传感器。
- (6) 多种状态诊断、存锁及指示。
- (7) 触发脉冲功率大。
- (8) 调试简单方便。
- (9) 采用大板结构及 CH2 型接插件,可靠性高。
- (10) 性能价格比高。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源:单相最大值双路交流 18V/0.5A 及 1 路 18V/1.5A。
- (3) 交流同步电源:三相四线、相电压 10V/0.5A。
- (4) 电流反馈信号最大值:DC 2V 或三相 AC 100mA。
- (5) 过载保护时间:1.5 I_N 为 60s、2 I_N 为 30s、4 I_N 为 8s。
- (6) 触发脉冲移相范围: $\alpha=0^\circ\sim150^\circ$ 。
- (7) 触发脉冲不对称度:小于 0.5°。
- (8) 脉冲宽度:70°。
- (9) 触发脉冲幅值电压:KRSC6M-2 为 10V;KRSC6F-2 为 24V。
- (10) 触发脉冲最大电流:600mA。
- (11) 故障保护输出接点容量:AC 48V/2A。

(12) 最大外形尺寸(长 \times 宽 \times 高):KRSC6M-2 为 340mm \times 205mm \times 40mm; KRSC6F-2 为 310mm \times 205mm \times 40mm。

5.8.2 内部结构及工作原理

1. 内部电路结构

KRSC6M-2/KRSC6F-2 内部主要由 10 个单元电路组成:对 KRSC6M-2 型控制板来说,其内部还多了一个输出脉冲隔离变压器及整形环节,它的构成单元为:

+5V、+15V、-15V、+24V 电源,软启动、停止时间设定环节,启动电流设定环节,过载保护环节,外部故障保护,各种工作状态指示,运行状态设置及显示逻辑环节,同步电路,脉冲形成及放大环节,继电器输出联锁电路。

2. 工作原理

KRSC6M-2/KRSC6F-2 节能型交流电动机软启动板的内部结构及工作原理如图 5.26 所示。其中 U_{1A} 为电流取样信号放大器, U_{3A} U_{3B} 构成积分器, U_{6A} 与 U_{6B} 实现过流保护, U_{2A} 与 U_{2B} 实现过载保护, U_{3A} 与 U_{3B} 实现启动限流倍数设定和启动时间设置。 U_{6A} 与 U_{6B} 还完成轻载、空载及负载的判别,以决定是否需要降低电动机的定子电压,实现节能运行。

5.8.3 应用技术

KRSC6M-2/KRSC6F-2 节能型交流电动机软启动控制板适用于三相晶闸管反并联交流相控调压电路,主要用于三相交流电动机节能软启动晶闸管电力电子变流设备中做控制触发单元。

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 2000m。
- (2) 环境温度不低于 -10°C ,不高于 $+40^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气最大相对湿度不超过 90%(在相当于空气温度 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 时)。
- (4) 运行地点无导电及爆炸性尘埃,无腐蚀金属和破坏绝缘的气体或蒸汽。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 正确安装

(1) KRSC6M-2 和 KRSC6F-2 的实物外形与主要元器件布置分别如图 5.27 和图 5.28 所示,安装时建议各方均留出 20mm 的空间。

(2) 主连接器用 0.5mm^2 多芯软导线连接,焊接处套上塑料套管,以防短路;电流反馈连接导线应用绞合线。

(3) 触发脉冲连接导线应用 0.7mm^2 多芯软导线,建议用不同颜色的导线表示极性。

(4) 不同信号的接地点请参照表 5.19 连接,以免相互干扰。

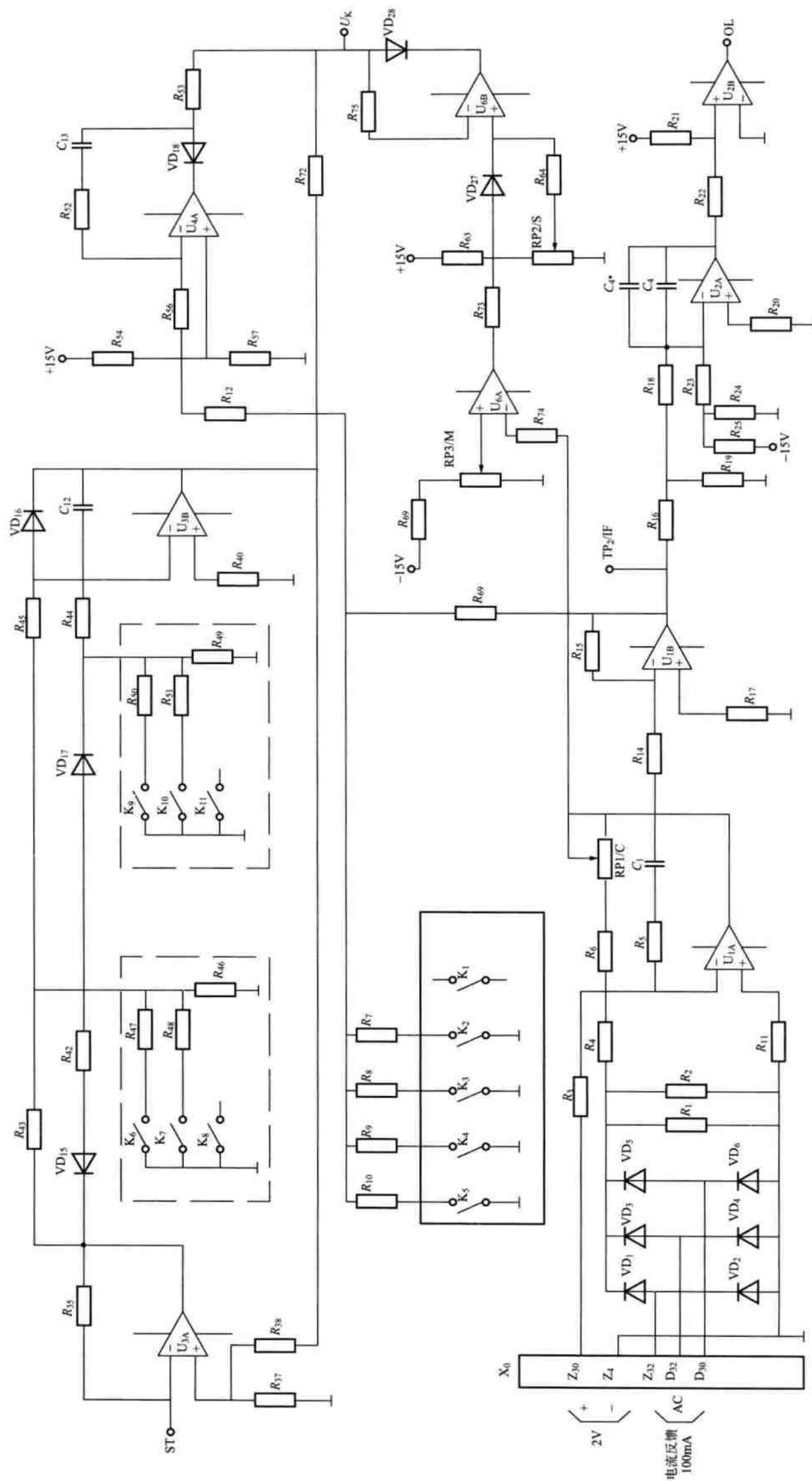
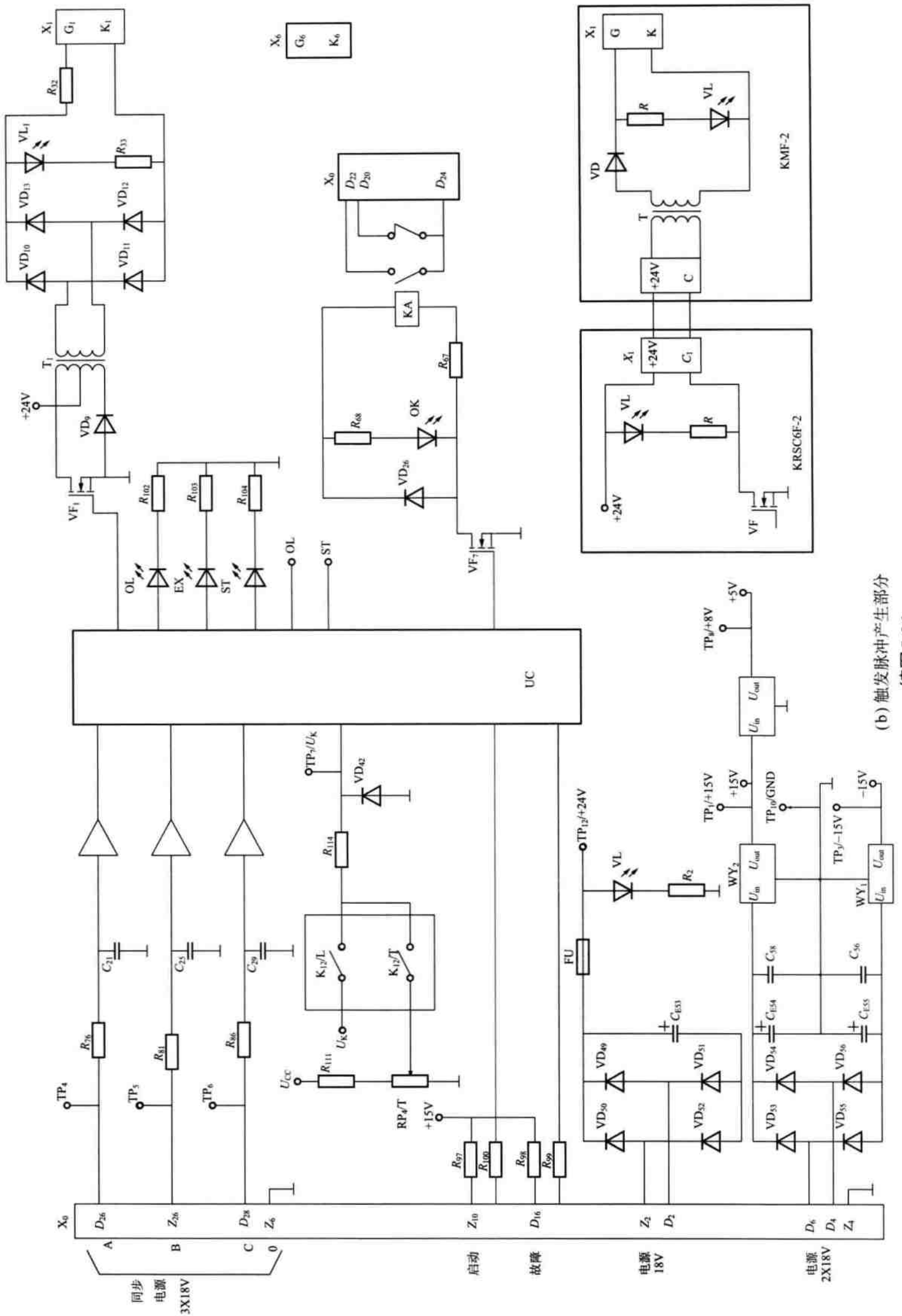


图5.26 KRSC6M-2/KRSC6F-2控制板的内部结构及工作原理



(b) 触发脉冲产生部分

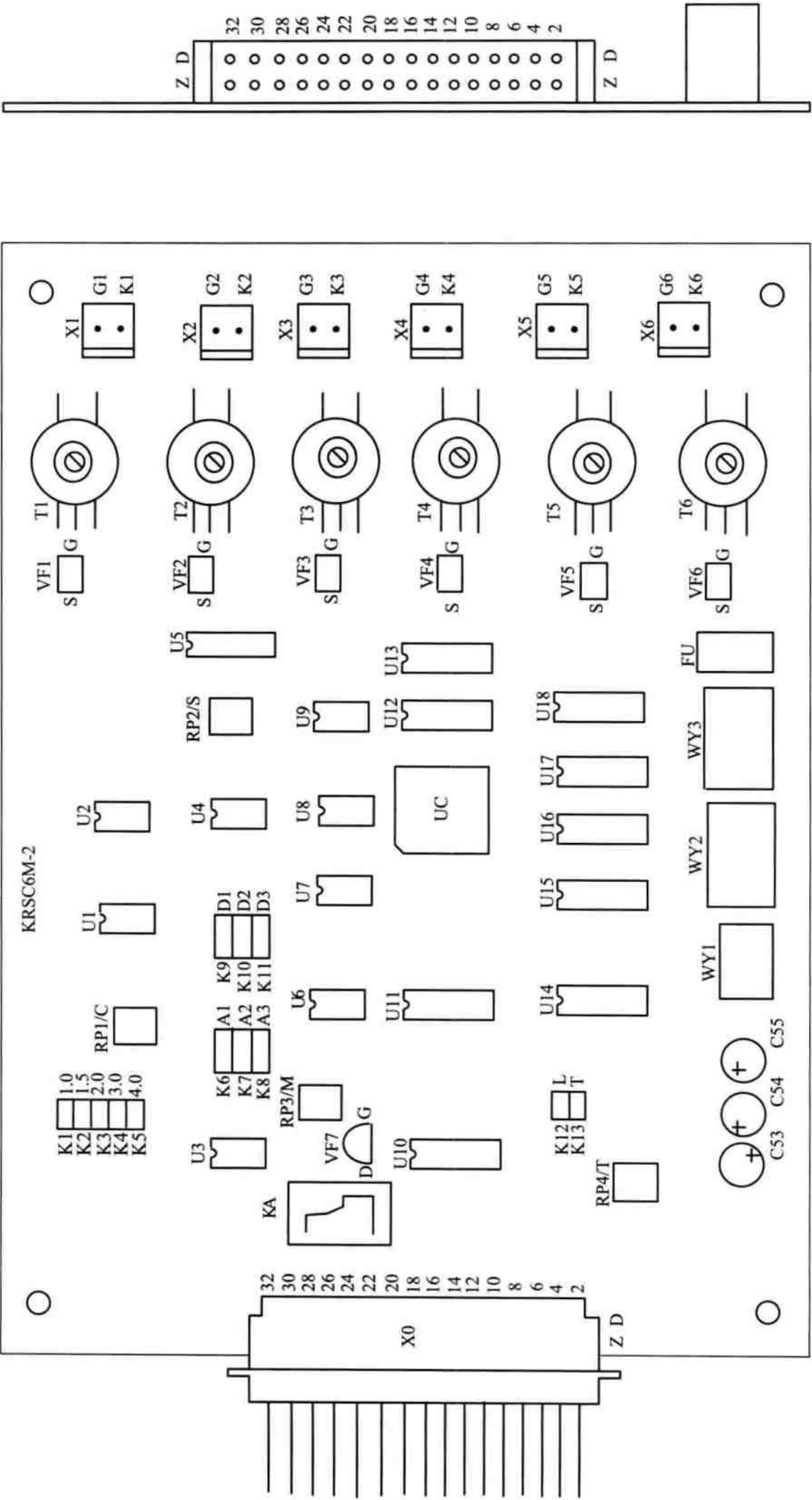


图5.27 KRSC6M-2控制板的实物外形及主要元器件布置

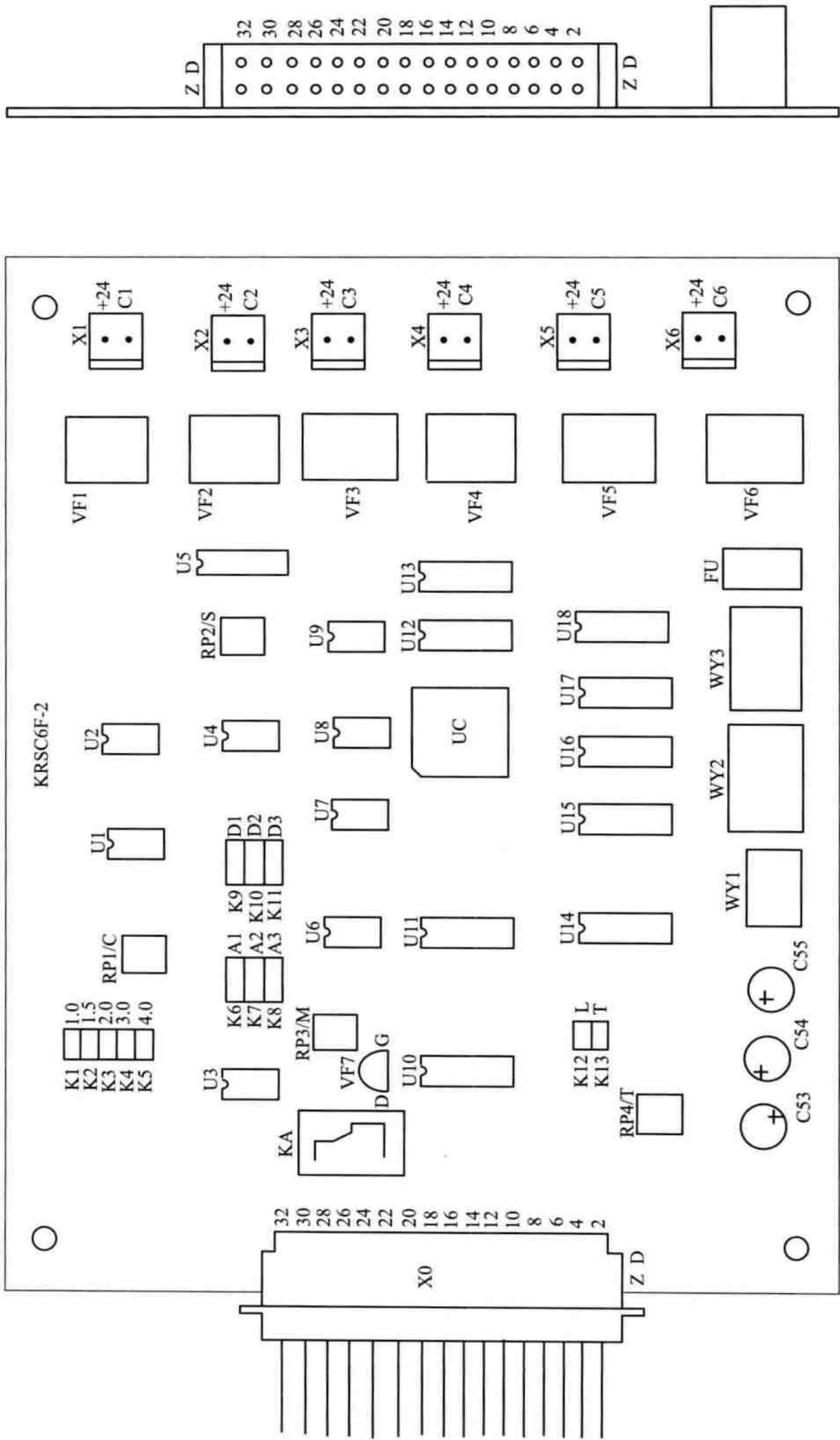


图5.28 KRSC6F-2控制板的实物外形及主要元器件布置

3. 正确接线

KRSC6M-2/KRSC6F-2 节能型交流电动机软启动控制板各对外引出 1 个主连接接插件 X₀ 及 6 个触发脉冲接插件,接线方法如下。

(1) 主连接器 X₀:对外共引出 32 根线,接线方法见表 5.19。

表 5.19 主接插件 X₀ 的接线方法

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
末级脉冲功放电源连接端	D ₂	AC 18V/1.5A	接供电电源变压器二次为末级脉冲功率放大单元供电的 18V 绕组
	Z ₂		
工作电源连接端	D ₄	AC 18V/0.5A	接供电电源变压器二次两个带中间抽头绕组中的一个 18V
	Z ₄	双 18V 工作电源中点,与板上工作电源参考地相连	接供电电源变压器二次两个带中间抽头绕组中的中点
	D ₆	AC 18V/0.5A	接供电电源变压器二次两个带中间抽头绕组中的另一个 18V
同步信号输入端	D ₂₉	A 相同步信号输入,同步信号相电压幅值为 10V/0.1A(与主电路同相位)	接连接为星形的同步变压器二次 a 相 10V
	Z ₂₆	B 相同步信号输入,同步信号相电压幅值为 10V/0.1A(与主电路同相位)	接连接为星形的同步变压器二次 b 相 10V
	D ₂₈	C 相同步信号输入,同步信号相电压幅值 10V/0.1A(与主电路同相位)	接连接为星形的同步变压器二次 c 相 10V
	Z ₆	接为星形的三相同步信号中性点,与控制板工作电源参考地相连	与接为星形的同步变压器二次中性点相连
电流反馈信号输入信号连接端	Z ₃₀	直流电压信号正端,对应幅值为 $2V/I_{LN}$	电流反馈选用直流反馈时,接直流电流取样信号正
	Z ₄	参考接地端	电流反馈选用直流反馈时,接直流电流取样信号参考地,此状况下 Z ₃₂ 与 D ₃₂ 及 D ₃₀ 悬空
	Z ₃₂	电流反馈交流幅值:线电流 $I_{LN}/100\text{mA}$	电流反馈选用交流时,接三相中每一相电流互感器二次的电流信号
	D ₃₂		
	D ₃₀		
设定工作状态控制信号输入信号连接端	Z ₁₀	接地为启动,悬空为停止(故障信号)	按设定的工作状态模式接地或悬空
	D ₁₆	接地为故障状态,EX 灯亮,带记忆	
	Z ₁₂	所有控制信号接地点	

续表 5.19

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
故障输出输入信号连接端	D ₂₀	故障保护,继电器输出常闭接点,故障时闭合	按设定的故障保护后进行指示还是分断主电路方式,而选用常开或常闭接点串入保护执行电路
	D ₂₂	故障保护,继电器输出常开接点,故障时分断	
	D ₂₄	故障保护继电器输出接点,公共点	

(2) 触发脉冲输出接线插件 X₁~X₆:接线方法见表 5.20。

表 5.20 触发脉冲输出接插件的接线方法

端子号	脉冲号	对应主电路桥臂号	KRSC6M-2	KRSC6F-2
X ₁	1	A 相正半周	G ₁ 、K ₁ 接对应 A 相正半周 1 # 晶闸管门-阴极	+24V、C ₁ 接对应 A 相正半周 1 # 晶闸管触发脉冲隔离与整形电路输入+24V 及脉冲输入端
X ₂	2	C 相负半周	G ₂ 、K ₂ 接对应 C 相负半周 2 # 晶闸管门-阴极	+24V、C ₂ 接对应 C 相负半周 2 # 晶闸管触发脉冲隔离与整形电路输入+24V 及脉冲输入端
X ₃	3	B 相正半周	G ₃ 、K ₃ 接对应 B 相正半周 3 # 晶闸管门-阴极	+24V、C ₃ 接对应 B 相正半周 3 # 晶闸管触发脉冲隔离与整形电路输入+24V 及脉冲输入端
X ₄	4	A 相负半周	G ₄ 、K ₄ 接对应 A 相负半周 4 # 晶闸管门-阴极	+24V、C ₄ 接对应 A 相负半周 4 # 晶闸管触发脉冲隔离与整形电路输入+24V 及脉冲输入端
X ₅	5	C 相正半周	G ₅ 、K ₅ 接对应 C 相正半周 5 # 晶闸管门-阴极	+24V、C ₅ 接对应 C 相正半周 5 # 晶闸管触发脉冲隔离与整形电路输入+24V 及脉冲输入端
X ₆	6	B 相负半周	G ₆ 、K ₆ 接对应 B 相负半周 6 # 晶闸管门-阴极	+24V、C ₆ 接对应 B 相负半周 6 # 晶闸管触发脉冲隔离与整形电路输入+24V 及脉冲输入端

4. 短接端子功能

KRSC6M-2/KRSC6F-2 板内设计了 6 个选择功能的短接端子,表 5.21 给出了各端子的代号及短接后所实现的功能。

5. 发光二极管状态指示

KRSC6M-2/KRSC6F-2 板内设计了 11 个状态指示发光二极管,发光二极管的代号与发光时的状态指示含义见表 5.22。

表 5.21 短接端子的代号及短接后所实现的功能

名 称	短接端子号	代 号	短接后所实现的功能
最大启动电 流设定端子	K ₁	1.0	设定最大启动电流为额定电流
	K ₂	1.5	设定最大启动电流为额定电流的 1.5 倍
	K ₃	2.0	设定最大启动电流为额定电流的 2 倍
	K ₄	3.0	设定最大启动电流为额定电流的 3 倍
	K ₅	4.0	设定最大启动电流为额定电流的 4 倍
软启动速度 挡设定端子	K ₆	A1	设定软启动速度为慢速挡,软启动时间为 180s
	K ₇	A2	设定软启动速度为中速挡,软启动时间为 40s
	K ₈	A3	设定软启动速度为快速挡,软启动时间为 10s
软停止速度 挡设定端子	K ₉	D1	设定软停止速度为慢速挡,软停止时间为 180s
	K ₁₀	D2	设定软停止速度为中速挡,软停止时间为 40s
	K ₁₁	D3	设定软停止速度为快速挡,软停止时间为 10s
工作方式设 定端子	K ₁₂	L	设定软启动方式为自动运行方式
	K ₁₃	T	设定为手动调试方式,用电位器 RP ₄ 调试脉冲移相范围进行手动软启动

表 5.22 发光二极管代号与状态指示含义

代表符号	发光二极管发光时的状态指示含义
EX	外部故障 1,对应于 X ₀ 的 Z ₁₈ 输入端输入的信号
OL	过载故障指示
RUN	启动运行,给定积分器解锁,对应于 X ₀ 的 Z ₁₀ 输入端输入的信号
OK	无故障,继电器吸合
+24	+24V 正常指示
VL ₁ ~VL ₆	6 路脉冲正常指示

6. 测试点及正常参数

KRSC6M-2/KRSC6F-2 板内设计了 12 个测试点,表 5.23 给出了这些测试点的编号和正常工作时的参数。

表 5.23 测试点的编号和正常工作时的参数

测试点编号	代 号	名 称	正常参数
TP ₁	+15V	正工作电源电压测试点	DC +15V
TP ₂	IF	电流反馈值测试点	DC 2V(主电路为额定电流时)
TP ₃	-15V	负工作电源电压测试点	DC -15V
TP ₄	T _B	B 相同步电压测试点	AC 10V 相电压

续表 5.23

测试点编号	代 号	名 称	正常参数
TP ₅	T _A	A 相同步电压测试点	AC 10V 相电压
TP ₆	T _C	C 相同步电压测试点	AC 10V 相电压
TP ₇	U _K	控制电源电压测试点	DC 0~12V
TP ₈	+5V	+5V 工作电源电压测试点	DC +5V
TP ₉	FT	时钟信号 1 测试点	
TP ₁₀	GND	零电位测试点	0V
TP ₁₁	FP	时钟信号 2 测试点	
TP ₁₂	+24V	+24V 工作电源电压测试点	DC +24V

7. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP₁/C 为电流反馈系数设定电位器:当电动机为额定电流时,调整该电位器,使 TP₂/IF 点电压最高为 2V。

(2) RP₂/S 为节能电压值设定电位器:当电动机轻载运行时,调整该电位器,在保证电动机能稳定运行的前提下,降低电动机运行电压。

(3) RP₃/M 为电流比较值设定电位器:当电动机轻载运行时,能使电动机运行在节能电压值下;当电动机重载运行时,能使电动机迅速运行在满电压下。

(4) RP₄/T 为检查移相范围的电位器:K₁₃ 短接端子接通时,调整 RP₄ 检查触发脉冲移相范围,顺时针调节时 α 应从 150°到 0°,即交流电压由小到大。

8. 熔断器

为防止触发脉冲功放级过流,KRSC6M-2/KRSC6F-2 节能型交流电动机软启动控制板对供电电源+24V 设有熔断器 FU,当 5 号(+24)发光二极管不亮且 TP₁₂ 点无直流 24V 时,应检查熔断器 FU 是否熔断损坏;如熔断损坏,应更换 2A 的熔断器芯。

9. 主电路与同步变压器相位匹配

当主电路为三相晶闸管反并联交流电动机软启动电路时,同步变压器应接为 Y/Y-12 接法,同步变压器原副边均接为三相四线,具体接线可参见图 5.29。

10. 典型应用举例

KRSC6M-2/KRSC6F-2 控制板可用于交流电动机软启动、交流调压控温等电力电子变流设备中,图 5.29 是 KRSC6M-2 控制板用于 KJA-100/380 交流电动机节能软启动电力电子变流设备的原理图。

11. 应用实例的调试步骤及调试方法

(1) 控制板通电:

① 当控制板通电后,各发光二极管指示应正常;

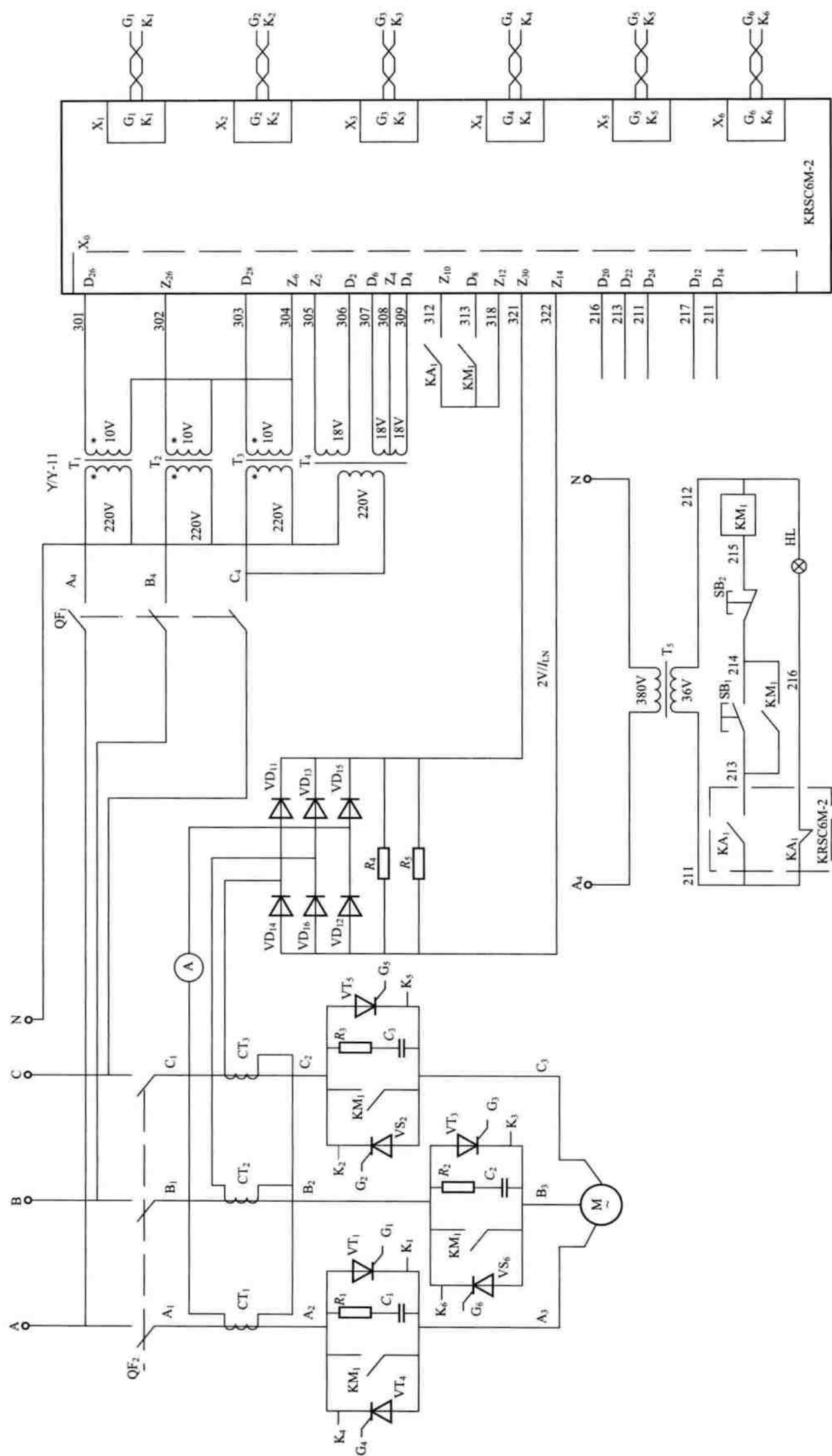


图5.29 KRSC6M-2控制板用于KJA-100/380交流电动机节能软启动电力电子变流设备

② 将电位器 $RP_2 \sim RP_4$ 逆时针旋到底。

(2) 检查相位关系:

① 将 K_{13}/T 短接, 调节电位器 RP_4 , 脉冲移相范围应在 $0 \sim 150^\circ$;

② 各触发脉冲与主电路晶闸管的相位关系必须正确;

③ 将 K_{13}/T 短接, 将电位器 RP_{14} 逆时针旋到底;

④ 带假负载, 合主电路, 顺时针缓慢调节 RP_4 , 用万用表分别测量经晶闸管调节后加到交流电动机定子侧的三相线电压, 三相线电压应从 $0 \sim 380V$ 变化, 中间不应有跳变现象, 否则说明相位或者相序不正确。

(3) 调整电流反馈系数:

① 带实际电动机, 合主电路, 顺时针缓慢调节 RP_4 , 电动机应平稳加速到全速;

② 调 RP_1/C 电位器, 当电动机运行电流为额定电流时, 测 TP_2 点的直流电压应为 $2V$ 。

(4) 启动方式设置:

① 建议采用限流软启动, 短接端子 K_8/A_3 (如采用时间软启动, 应根据电动机惯量大小设定 K_6 、 K_7 、 K_8) 的短接状态;

② 将 K_{12}/L 短接, 使控制板为软启动工作状态;

③ 设定最大启动电流倍数, 建议初次设定为 2 倍, 短接端子 $K_3/2.0$;

④ 合主电路, 合启动按钮, 进行软启动操作。根据运行情况, 调整启动电流倍数。

(5) 调整电流比较门槛及节能电压值:

① 当电动机在额定转速并在轻载下运行时, 缓慢顺时针调整电位器 RP_3/M , 使电压能迅速降至低电压;

② 缓慢顺时针调整电位器 RP_2/S , 不断提高电压, 使电动机在轻载下能稳定运行;

③ 加载后, 能迅速提供全电压。

(6) 分断启动按钮, 实现电动机软停车, 根据电动机惯量大小, 设定 $K_9 \sim K_{11}$ 的短接状态。

12. 应用注意事项

(1) 调试时应保证控制板先通电, 主电路后通电。

(2) 当应用 KRSC6M-2/KRSC6F-2 控制板的晶闸管电力电子变流设备需要作绝缘测试时, 应取下控制板, 否则可能造成控制板永久性损坏。

(3) 电流反馈信号连接导线应分别用绞合线。

(4) 不同信号的接点请按表 5.19 连接, 以免相互干扰。

(5) 如果需要改变电动机转向, 只能改变电动机的连线端, 而不能改变总的进线端, 不然会造成触发脉冲相序变化。

5.9 KC-13A 镉镍直流屏专用控制板

镉镍直流屏是试验站、变电站、发电厂、工矿企业等领域广泛应用的设备,其性能的优劣关系到所用单位供电系统能否正常工作。传统镉镍直流屏装置的控制部分多为分立器件构成的多块印制板插件箱,20 世纪 90 年代国内虽推出以 KJ 系列(或 KC 系列)集成移相触发器为核心的镉镍直流屏控制板,但都离不开多块控制板结构,所以存在控制系统结构复杂、体积大、外围元件多等弊端。陕西高科电力电子有限责任公司根据多年来从事镉镍直流屏制作及改造的经验,应用单片三相集成电路 TC787 以及数字和模拟集成电路,开发出单一大板的镉镍直流屏专用控制板,把镉镍直流屏的控制技术提高到一个新的档次。以该控制板为核心的控制系统已先后在攀枝花钢铁公司、兰州电机厂、威海高新区、昆明电气设备厂等单位使用,功能全、使用方便、工作可靠、性能稳定、不需外部干预且全自动程序控制。

5.9.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 三相同步变压器输入同步信号,并经板内整流电路整流后提供给板上电源。

(2) 同步信号输入可经板内电位器微调三相平衡,并可达到 $0^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 相移滤波的效果,以便更好地满足主电路不同接法同步的需要。

(3) 具有软启动功能,以防止电池严重缺电时对整流回路的冲击。

(4) 板内有单闭环比例积分调节器,可满足稳流或稳压充电功能。

(5) 全自动逻辑程序控制,控制板自动巡回检测系统的工作状态,当电池电压低于 210V 时进行恒流充电,恒流充电到用户设定的上限值(由用户在 240~270V 内任意设定,建议设定为 260V)时自动转入定时恒压充电。恒压充电的定时时间及恒压充电的电压值可分别由用户在 7h、8h、10h 与 220~270V 之间设定,恒压充电时间到便自动进入浮充充电状态。

(6) 浮流充电及恒压充电的电流截止值可由用户设定。

(7) 可人为干预从恒压或浮充进入恒流充电状态。

(8) 电池采样的门限及恒流充电的电流采样,恒压充电及浮充状态的电压采样均由板内电位器设定,不需外接电位器。

(9) 过流保护门槛及恒流、恒压状态的给定值均由板内电位器给定,不需外接给定电位器。

(10) 浮充状态的电压给定可由板内电位器给定,也可由用户外接电位器给定,两者由用户任选(建议一般用板内给定,这样使用方便)。

(11) 恒流、恒压、浮充的板内给定为同一电位器,给定值为同一电压值,用户

仅需调节恒流、恒压、浮充状态下的反馈值便可达到不同的控制效果。

(12) 具有过流保护、截流保护功能,保护门槛可调,过流保护后封锁输出触发脉冲。

(13) 内含脉冲功放及整形网络,可直接触发 1650A 以下的 6 个晶闸管。

(14) 可用于主电路为三相半波、三相半控桥、三相全控桥等电路拓扑的镉镍直流屏系统的控制。

(15) 输入、输出接插件采用螺丝固定,可靠性好,整个控制板平面安装。

2. 主要参数限制

(1) 电流信号取样值: $+0 \sim 75\text{mV}$ 。

(2) 电池电压及充电电压: $\leq 270\text{V}$ 。

(3) 可提供用户系统使用 $+15\text{V}$ 、 -15V 及 $+24\text{V}$ 电源(负载能力不大于 15mA)。

(4) 为便于用户观察充电状态,恒流充电时给出常闭接点信号,其他状态时给出常开接点信号,触点容量 $220\text{V}/2\text{A}$ ($380\text{V}/0.5\text{A}$)。

(5) 适用于 $20\text{A} \cdot \text{h}$ 、 $40\text{A} \cdot \text{h}$ 、 $60\text{A} \cdot \text{h}$ 、 $100\text{A} \cdot \text{h}$ 、 $200\text{A} \cdot \text{h}$ 系列镉镍直流屏系统的控制。

(6) 三相同步信号幅值相电压: $17\text{V}/0.5\text{A}$ 。

(7) 恒流充电上限值 $240 \sim 270\text{V}$ 可设定。

(8) 恒压充电时间: $7 \sim 10\text{h}$ 。

(9) 恒压充电电压值: $220 \sim 270\text{V}$ 可设定。

(10) 恒流充电转恒压充电切换门槛电压: $240 \sim 270\text{V}$ 可调。

(11) 外形尺寸: 长 \times 宽 \times 高 = $233\text{mm} \times 212\text{mm} \times 30\text{mm}$ 。

(12) 安装尺寸: 长 \times 宽 = $216\text{mm} \times 191\text{mm}$, $4-\Phi 4.3$ 。

5.9.2 内部结构及工作原理

KC-13A 镉镍直流屏控制板的总原理图如图 5.30 所示,内部结构可分为工作电源及同步环节、触发脉冲形成及脉冲功率放大与整形环节、闭环调节器、过流保护及电流反馈、恒压与恒流及浮充三态自动切换网络,共 5 部分。

1. 工作电源及同步环节

该环节的电路原理如图 5.31 所示。来自同步变压器的三相同步信号 u_a 、 u_b 、 u_c , 送给由 RP_1 、 R_{10} 、 C_5 、 RP_2 、 R_{14} 、 C_6 、 RP_3 、 R_{18} 、 C_7 组成的三相相移及滤波环节,由电阻 R_7 、 R_8 、 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{15} 、 R_{16} 把负半周电位抬高至大于 0V (即把同步信号的过零点提高到 7.5V ,以满足 TC787 单电源工作时不能承受负压这一要求),再经电阻 R_{99} 、 R_{100} 、 R_{101} 限流后直接送给 TC787 作为同步信号。另一方面,三相同步信号经两个三相半波半控整流电路整流、滤波,再由两个三端稳压器 7815 及 7915 稳压后向整个控制板提供工作电源 $+15\text{V}$ 及 -15V 。



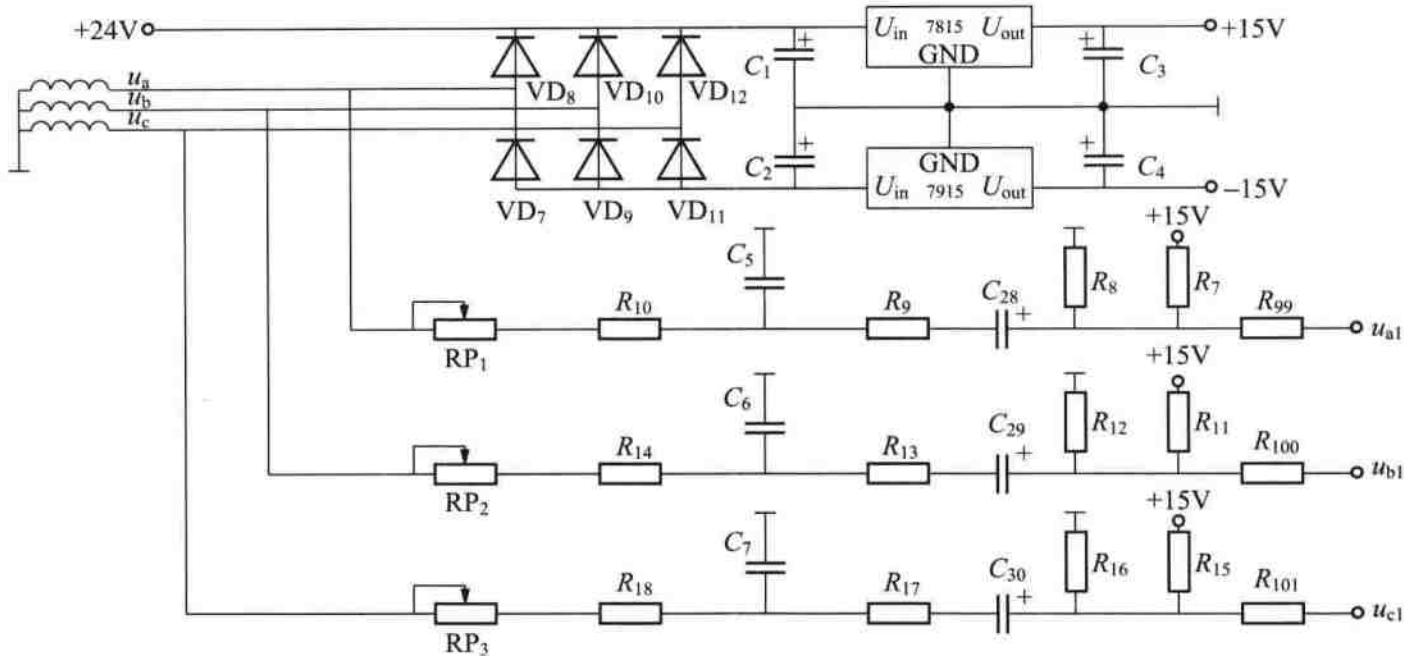


图 5.31 工作电源及同步环节

2. 触发脉冲形成及脉冲功率放大与整形环节

该环节的电路原理如图 5.32 所示。从同步环节来的 u_{a1} 、 u_{b1} 、 u_{c1} 给 TC787 专用芯片提供了三相同步信号，经 TC787 内部锯齿波形成环节后在引脚 16~引脚 14 形成对应于三相且彼此相位互差 120° 的锯齿波。这 3 路锯齿波与加在 TC787 引脚 4 的移相电压 U_K (来自闭环调节差分器环节) 相比较，取得相交点后形成触发脉冲，经 TC787 内部脉冲分配与调制网络处理后在引脚 12~引脚 7 输出 6 路依次相位互差 60° 的脉冲列调制波形。该脉冲列调制波形经晶体管 $V_1 \sim V_6$ 进行功率放大，再经脉冲变压器隔离及整形后输出 6 路触发脉冲。TC787 引脚 13 所接 C_X 为决定脉冲宽度的电容，引脚 5 为脉冲封锁端。

3. 闭环调节器部分

该部分的电路原理如图 5.33 所示。IC_{2B} 为比例积分调节器，把电位器 RP₆ 设定的给定与反馈值 U_f 进行比较，对其差进行 PI 调节，以保证 U_f 与 RP₆ 设定的绝对值 U_G 相等，从而达到稳定输出的功能。RP₆ 设定的 $-U_G$ 一经调好便不再改变，而 U_f 随着 KC-13A 控制板逻辑控制单元选择为恒流、恒压、浮充 3 种状态来自不同的反馈电位器之中间抽头。IC_{2A} 为差分器，它的作用是保证调节器 IC_{2B} 输出最大时 IC_{2A} 输出为零，把 TC787 输出脉冲的 α 角调整为 0° ；而当 IC_{2B} 输出最小时 IC_{2A} 输出为最大，把 TC787 输出脉冲的 α 角调整为 150° ，以满足 TC787 移相的负逻辑功能需要。

4. 过流保护及电流反馈部分

该部分的电路原理如图 5.34 所示，来自主回路电流取样分流器上的 mV 值信号经 IC_{3C}、IC_{3D} 两级高放大倍数的放大器放大后提供给电位器 RP₇、RP₈、RP₉。RP₇ 与 RP₈ 的中点值分别作为恒流充电状态下的电流反馈及浮充充电状态下的电

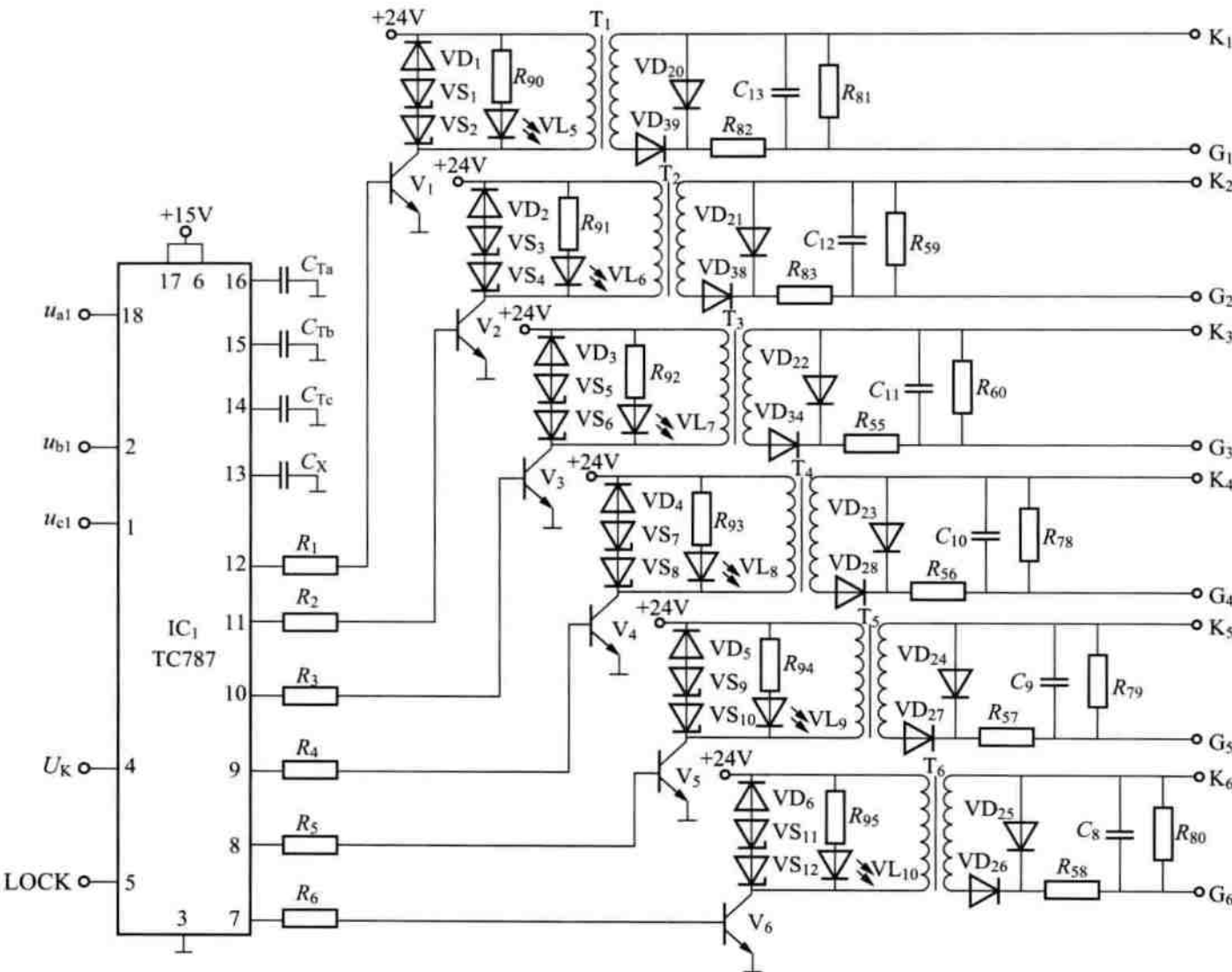


图 5.32 触发脉冲形成及功放环节

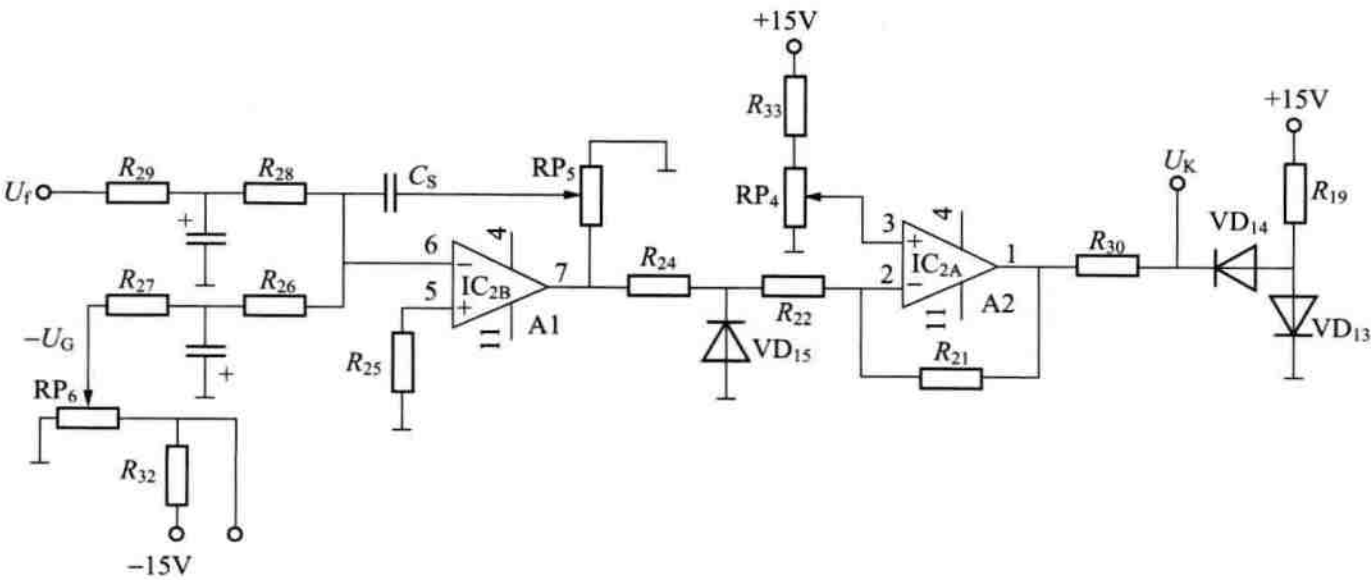


图 5.33 闭环调节器部分示意图

流截止反馈信号；而 RP₉ 的中点为过流保护实际取样值，与比较器 IC_{2c} 同相端设定的门槛值进行比较，当反馈值大于门槛值时，IC_{2c} 翻转并自保，带动后续电路封锁 TC787 的输出触发脉冲。

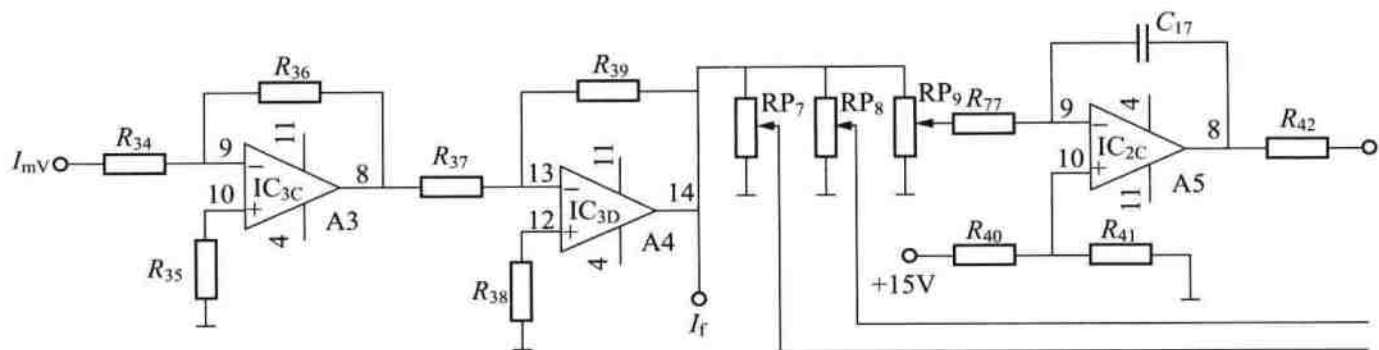


图 5.34 过流保护及电流反馈部分示意图

5. 恒流、恒压、浮充充电三态自动切换网络

该部分的原理框图如图 5.35 所示。当电池电压 $< 210\text{V}$ 时,比较器 A_6 、 A_7 均输出高电平,控制逻辑使反馈值 U_f 为电流反馈,系统运行于恒流充电状态,电池电压迅速上升;当电池电压高于用户设定的门槛值(由 RP_{12} 设定)时,比较器 A_6 输出低电平而 A_7 输出高电平,电池电压继续上升,直到 A_7 输出低电平时系统进入恒压充电状态,启动定时网络开始恒压充电定时(定时时间可以设定为 7h、8h、10h,出厂前均设定为 7h),定时时间到则系统进入自动浮充状态,保持在 RP_6 设定的电压值下,直到电池电压低于 210V 或人为干预(把板上 CL 端与 GND_1 或 GND_2 短接)系统才转入恒流充电状态。图 5.34 与图 5.35 中, I_f 为电流反馈放大器的输出;而图 5.35 中, U_T 为充电电压, U_{PT} 为电池电压。

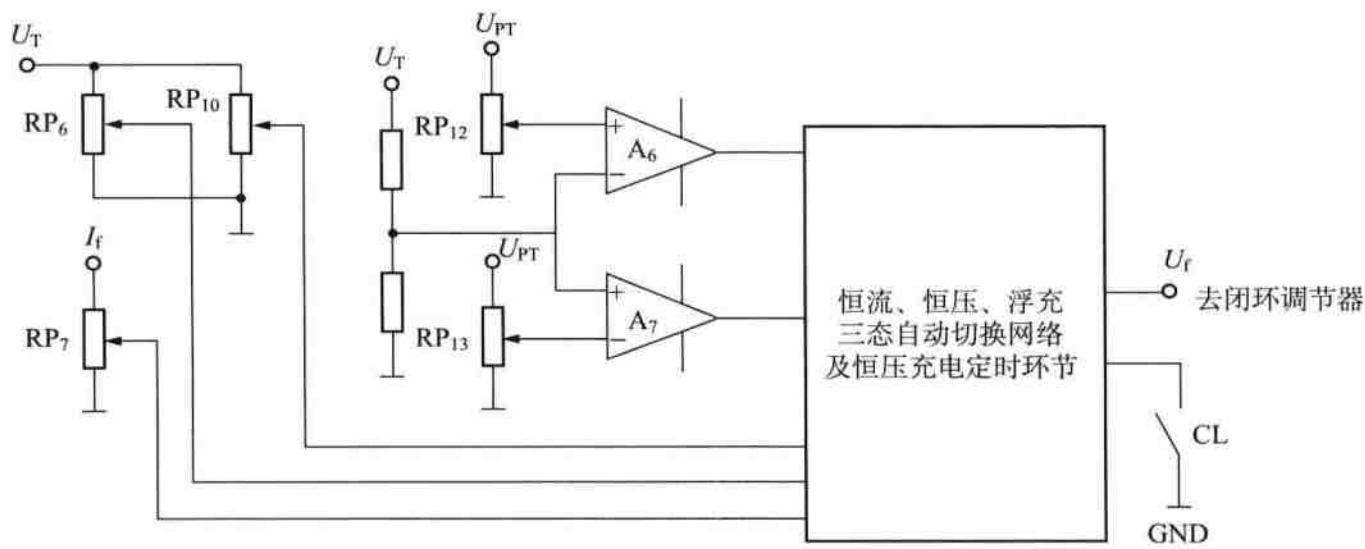


图 5.35 恒流、恒压、浮充三态切换网络及恒压充电定时环节原理框图

5.9.3 应用技术

1. 元器件布置

KC-13A 直流屏控制板内的电位器及主要元器件布置如图 5.36 所示,共有 13 个可调电位器,对外引出共 9 个接插件。

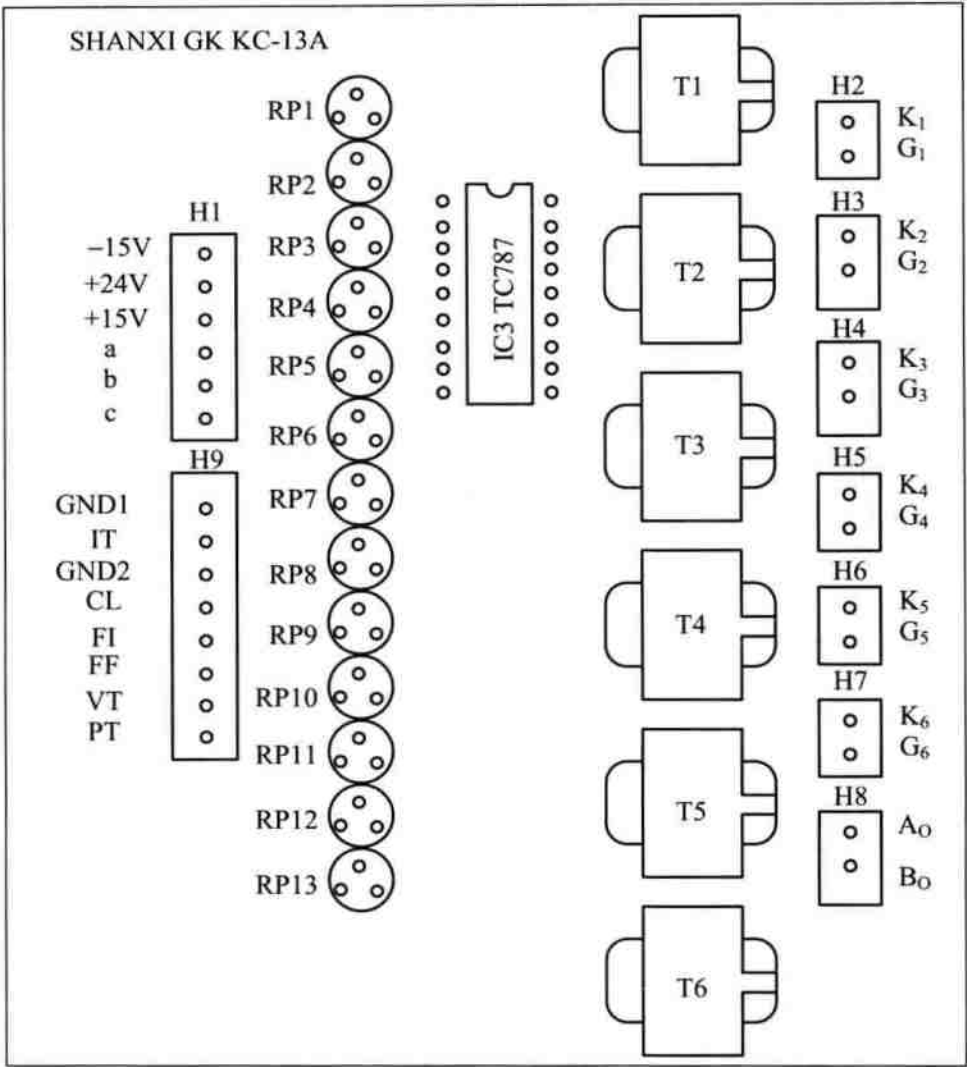


图 5.36 KC-13A 镉镍直流屏控制板主要元器件布置

2. 各电位器的作用及调节方法

(1) $RP_1 \sim RP_3$ 为三相同步电压调节电位器:当用户电网三相严重不平衡时,调节这 3 个电位器可使 TC787 输出 6 路彼此相位互差 60° 的脉冲;另一作用表现在,调节它们可使加在 TC787 引脚 18、引脚 1、引脚 2 的等效同步电压相对同步变压器副边绕组电压 u_a 、 u_b 、 u_c 的相位延迟 $0^\circ \sim 60^\circ$,以适应整流或其他电路结构随主变压器接法的不同对触发脉冲不同的需要。顺时针调节,加到 TC787 引脚 18、引脚 1、引脚 2 的同步电压幅值降低,即加到 TC787 引脚 18、引脚 1、引脚 2 的等效同步电压相对同步变压器副边绕组电压 u_a 、 u_b 、 u_c 相位的延迟角度增加;逆时针调节,加到 TC787 引脚 18、引脚 1、引脚 2 的同步电压幅值增加,即加到 TC787 引脚 18、引脚 1、引脚 2 的等效同步电压相对同步变压器副边绕组电压 u_a 、 u_b 、 u_c 相位的延迟角度减小。这 3 个电位器一般出厂前已调好,不需要再调节(建议主变压器与同步变压器均接为 $\Delta/Y-11$)。加到 TC787 引脚 18、引脚 1、引脚 2 的等效同步电压幅值可从板上的 a_1 、 b_1 、 c_1 点测得。

(2) RP_4 为差分器同相端偏置电位器,其中点电压决定了给定电位器 RP_6 中点为零时输出触发脉冲的相位,即 TC787 引脚 4 的电压最高值(RP_6 中点电压调为零)。顺时针调节,TC787 引脚 4 的电压降低(RP_6 中点给定为零时);逆时针调

节, TC787 引脚 4 的电压增加(RP_6 中点给定为零时)。该电位器出厂前已调好, 一般不需要用户再调节。 RP_4 中点的设定值可从板上 PZ 点测得。

(3) RP_5 为比例积分调节器的等效比例系数调节电位器: 顺时针调节, 比例积分调节器的等效放大倍数减小; 逆时针调节, 比例积分调节器的等效放大倍数增加。一般用户不需要调节。

(4) RP_6 为恒流、恒压、浮充状态下的公共给定调节电位器: 顺时针调节, 等效给定电压绝对值降低; 逆时针调节, 等效给定电压绝对值增加。使用中首先整定该电位器为固定值(如 6V)。 RP_6 设定值的测试点为板上的 gd 点。

(5) RP_7 为恒流充电时电流反馈值调节电位器: 顺时针调节, 等效电流反馈值减小; 逆时针调节, 等效电流反馈值增加。电流反馈值的测试点为板上的 if 点。

(6) RP_8 为浮充状态条件下限流调节电位器: 顺时针调节, 浮充状态下限流值减小; 逆时针调节, 浮充状态下限流值增加。一般 RP_8 的调节应使在浮充状态下最大充电电流为额定输入电流的 $1/3 \sim 1/4$ (如 20A·h 直流屏, 该值为 7~5A)。 RP_8 中点设定值可从板上 id 点测得。

(7) RP_9 为过流保护电流实际取样值调节电位器: 顺时针调节, 等效过流保护门槛增加; 逆时针调节, 等效过流保护门槛降低。 RP_9 中点设定值可从板上 iv 点测得。

(8) RP_{10} 为浮充充电状态下充电电压调节电位器: 逆时针调节, 浮充充电电压增加相当于浮充状态下反馈电压降低; 顺时针调节, 浮充充电电压降低相当于浮充状态下反馈电压增加。 RP_{10} 中点设定值可从板上 FF 点测得。

(9) RP_{11} 为恒压充电时电压反馈值调节电位器: 逆时针调节, 电压反馈值减小, 相当于恒压充电电压值升高; 顺时针调节, 电压反馈值增加, 相当于恒压充电电压值降低。 RP_{11} 中点设定值可从板上 U_f 点测得。

(10) RP_{12} 为恒流充电到恒压充电切换点调节电位器: 顺时针调节, 切换点电压升高, 即电位器中点电压降低; 逆时针调节, 切换点电压降低, 即电位器中点电压升高。 RP_{12} 中点电压可从板上 rr 点测得。

(11) RP_{13} 为电池电压降低到某一下门限值时自动进行恒流充电的门槛调节电位器: 顺时针调节, 门槛电压增加, 相当于该电位器中点电压降低; 逆时针调节, 门槛电压降低, 相当于该电位器中点电压增加。 RP_{13} 中点设定值可从板上 qq 点测得。

3. 正确接线

(1) 接插件 H_1 的 +15V、-15V 与 +24V 是提供给用户系统使用的, 当用户系统配套使用陕西高科电力电子有限责任公司生产的 JV-13A 电压自动补偿板时, +15V、-15V 与 +24V 分别接 JV-13A 的对应电源端。+15V、-15V、+24V 的负载电流不应大于 15mA。

(2) 接插件 H_1 的 a、b、c 与 H_9 的 GND₁ 分别接同步变压器副边相电压 17V,

要求同步变压器二次接法为星形,使用中对应电源 A、B、C 三相的三相同步电压及其中性点。建议把整流变压器与同步变压器均接为 $\Delta/Y-11$,如主变压器为 Δ/Δ 接法,此时同步变压器应改为 $Y/Y-10$ 接法,即以同步变压器的 $-u_b$ 作为板上 a 相同步,而以 $-u_c$ 作为板上 b 相同步, $-u_a$ 作为板上 c 相同步。也就是说,把同步变压器的 a、b、c 相连,作为中性点引出,接板上的 GND_1 ,而以 x、y、z 分别作为板上 c 相、a 相、b 相的同步电压)。

(3) 接插件 H_9 的 I_T 与 GND_2 之间接主回路电流取样分流器的两端,建议取样值为 $50\sim 75\text{mV}$ 且以正极性接入。请注意,分流器应串接在主回路负母线上,且 I_T 接分流器与电池负端相连的那头,而 GND_2 接分流器与可控硅整流桥负端相连的那头。 CL 与 GND_2 之间可接常开按钮,闭合该按钮可使充电状态人为切换到恒流状态。该按钮的接点容量大于 0.1A 即可,如用户系统不需要人为干预系统的工作状态,此按钮可以不接。

(4) 接插件 H_9 的 U_T 接主回路晶闸管桥式整流电路共阴极那端,而 PT 接电池的正端。剩下的 FI 在用户不需要外接浮充状态调节电位器时直接与 FF 端短接;而当用户需要外接浮充状态调节电位器时,该端接电位器(阻值不小于 $4.7\text{k}\Omega$,功率不小于 1W ,其两固定端一端接 GND_2 ,另一端通过 $2\text{k}\Omega$ 电阻接 $+15\text{V}$)的中间端,此时 FF 端悬空不接。

(5) 接插件 $H_2\sim H_7$ 的 $G_1、K_1\sim G_6、K_6$ 在用户应用系统为三相桥式全控整流电路时,分别接主电路中编号为 1、2、3、4、5、6 的 6 个晶闸管的门-阴极;而当用户系统为三相桥式半控整流电路(或三相半波整流电路),且 3 只晶闸管为共阴极接法时,应把 $G_1、K_1, G_3、K_3, G_5、K_5$ 分别与主电路中位于主整流变压器副边 a、b、c 三相的 3 个晶闸管的门-阴极相连, $G_2、K_2, G_4、K_4, G_6、K_6$ 端悬空;当用户系统为三相桥式半控整流电路(或三相半波整流电路)且 3 只晶闸管为共阳极接法时,应把 $G_2、K_2, G_4、K_4, G_6、K_6$ 分别与主电路中位于主整流变压器副边 a、b、c 三相的 3 个晶闸管门-阴极相连, $G_1、K_1, G_3、K_3, G_5、K_5$ 悬空。

(6) 接插件 H_8 的 AO 与 BO 为用户系统检测系统充电状态的接点信号:恒流充电时, AO 与 BO 之间为常闭;其他状态时, AO 与 BO 之间为常开。该接点可用来接指示灯或根据用户需要与其他控制电路相连。

4. 其他说明

(1) 板上有 4 个指示整流系统工作状态的发光二极管: VL_1 在恒流状态时发光亮(绿色); VL_2 在恒压状态时发光并以秒级闪烁(红色); VL_3 为指示浮充状态时的发光二极管(黄色),在浮充状态时发光; VL_4 为过流保护后的保护故障指示灯(红色)。

(2) 对于过流保护,板内有复位按钮 K ,故障排除后用户只需轻轻按一下 K ,系统便自动复位。

(3) 整个控制板的调试方法如下。

① 首先调整 RP_6 为某一固定值(如 $-5\sim-6V$),人为使系统进入恒流充电状态(把 CL 与 GND_1 短接 1 次),调整 RP_7 使该状态下的充电电流为额定电流值($20A \cdot h$ 为 $20A$ 、 $40A \cdot h$ 为 $40A$ 、 $60A \cdot h$ 为 $50\sim60A$ 、 $100A \cdot h$ 为 $90\sim100A$),整定 RP_{12} 使恒流充电到电池电压上升到对应整定值($240\sim270V$ 之间)时自动切换到恒压充电。此时,调整 RP_{11} 使恒压充电电压为 $220V$ (或 $230V$),运行 $7h$ 系统应自动进入浮充状态(为便于调试,在恒压状态运行一定时间后,用户可人为断掉控制板输入的三相 $17V$ 电源一次,再开机系统便直接进入浮充状态)。调整 RP_{10} 或用户外接电位器,使浮充电压位于 $220V$ (电池电压),并整定 RP_8 把浮充状态下的最大充电电流限制在额定电流的 $1/2$ ($20A \cdot h$ 为 $10A$ 、 $40A \cdot h$ 为 $20A$ 、 $60A \cdot h$ 为 $30A$ 、 $100A \cdot h$ 为 $50A$)之内。最后人为加假负载,使充电电流短时间为额定充电电流的 1.5 倍,调整 RP_9 使保护电路动作,此时 $RP_6\sim RP_{12}$ 各电位器均整定到正常值。

② 在电池两端并一个负载,使电池以额定电流的 1.5 倍放电(此时应断开充电开关,但控制回路不应断电)。当电池电压放电到 $210V$ 以下时,调整 RP_{13} 使恒流充电的发光二极管及板上继电器 K 动作,则 RP_{13} 的值便整定好了。

5. 典型应用举例

KC-13A 控制板全自动运行及外围接线极为简单的设计,使其可方便地用作主电路结构为三相桥式全控、三相桥式半控或三相半波可控整流的直流屏系统核心控制部件。图 5.37 是 KC-13A 控制板用于主电路为三相桥式全控整流的镉镍直流屏控制系统的原理图,板内继电器 K 的触点给出恒流状态指示。该系统已成功地在攀枝花钢铁公司、兰州电机厂、天水长城成套开关厂等单位使用过。

5.10 KGS 高性能直流调速控制板

KGS 高性能晶闸管直流调速控制板采用大规模集成电路 TC787 来完成主回路中晶闸管的触发脉冲形成,板内不但含有三相全控桥的 6 路触发脉冲形成单元,而且设计有控制直流电动机励磁的单相半桥触发脉冲形成环节,还设计有过压、过流、欠励、缺相、超速保护单元及脉冲功放与隔离整形电路,其输出可直接触发容量为 $1650A$ 以下的晶闸管。整个控制板采用单一大板结构,具有体积小、设计合理、调整方便、运行可靠、易维修等优点。

5.10.1 主要设计特点和参数限制

(1) 随转速与电压反馈信号的不同,可构成转速、电流双闭环或电压、电流双闭环调速系统。

(2) 具有过流、电流截止、过压(或超速)、缺相、错相保护及报警功能,保护门槛可调,保护后可封锁触发脉冲并给出分断主回路的接点信号(接点容量 $220V/$

器 A_2 便以 Q 点的电压 U_Q 与电阻 R_{24} 决定的电流,以 R_{24} 与 C_{E8} 决定的时间常数积分,其输出端电压 $|-U_{g2}|$ 缓慢上升。当 $|-U_{g2}|$ 上升到绝对值与 U_{g1} 相等时,通过电阻 R_{26} 的负反馈作用使电子开关 A_1 同相端输入为零,积分器 A_2 的输出便维持在绝对值为 U_{g1} 的值上,一旦因某种原因使 $|-U_{g2}| < U_{g1}$,则 A_1 又输出高电平, A_2 又进行积分;相反,当 $|-U_{g2}| > U_{g1}$ 时,则 A_1 输出负电平(近似负电源电压),电容 C_{E8} 便通过 R_{24} 、 R_{23} 及 A_1 输出级放电,直到 $|-U_{g2}| = U_{g1}$ 为止。电位器 RP_6 中点电压决定了积分器 A_2 在 A_1 输出高电平时的积分上升时间,而 RP_5 中点电压决定了 A_1 输出低电平时积分器 A_2 的下降时间,故调节 RP_6 与 RP_5 中点电压可调节积分上升及下降时间在数秒至数十分钟。

2. 转速(或电压)闭环调节器

KGS 选用的转速(或电压)闭环调节器电路原理如图 5.39 所示。该闭环调节器是双闭环系统中的外环,此处选用 PI 调节器,一则可实现输出与给定无差;二则较易调整,易于在启动过程中保持电流环的最大给定,实现最大转矩启动。

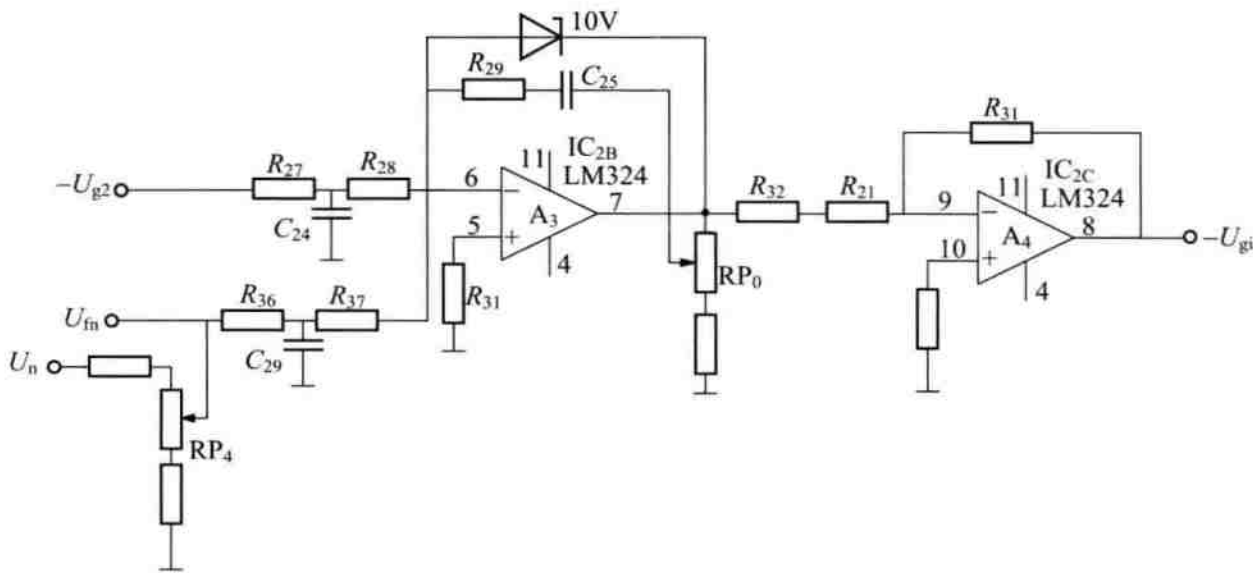


图 5.39 转速(或电压)闭环调节器

U_{fn} 为来自测速发电机输出的转速反馈值(或来自直流电动机电枢回路的电压反馈值),随用户所取转速反馈或直流电压反馈的不同,可构成转速或电压闭环控制。该调节器的输出直接送给电流调节器作为给定,建议 U_{fn} 取正极性,最大幅值为 10V,在调试时电阻 R_{29} 与电容 C_{25} 应随被控电动机磁时间常数的不同而进行调整。

3. 电流内环调节器

KGS 直流调速控制板的电流内环同样采用 PI 调节器,电路原理如图 5.40 所示。 U_{gi} 来自转速调节器的输出; U_{fi}^* 为电流截止环节的输出;而 U_{fi} 为电流反馈值,该电流反馈可通过霍尔电流传感器从电枢直流回路测取,亦可从交流进线上通过电流互感器取样并经用户外配电路整流后的电压信号取得,建议采用正极性,最大幅值为 10V。电阻 R_{55} 与电容 C_{26} 为电流内环调节器的比例及积分常数,使用中应根据实际情况进行调整确定。该调节器的输出 U_p 直接送到差分器。

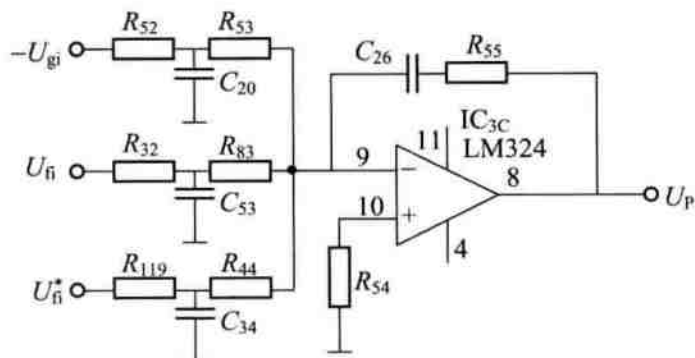


图 5.40 电流调节器

4. 差分器环节

KGS 选用差分器的目的是为了与该系统选用的移相触发器 TC787 相匹配，其原理电路如图 5.41 所示。由于 TC787 在移相控制端（引脚 4）为最大电压时，输出触发脉冲的相位对应主电路相应相交流电压为 $\alpha = 150^\circ$ ；而当引脚 4 为零电压时，输出触发脉冲的相位对应主电路相应相交流电压为 $\alpha = 0^\circ$ ，这很难在无差分器时实现稳速及稳流功能。加入差分器的作用就是实现给定电压 $U_g = 0$ 时，TC787 引脚 4 的电压最高，而当 U_g 为最大时，TC787 引脚 4 电压为零，达到给定与反馈信号变化趋势相同的目的。图中，电位器 RP_9 实现输出最高电压限幅，而二极管 VD_{24} 用来消去负电压，以防单电源工作的 TC787 承受负的移相电压而损坏。

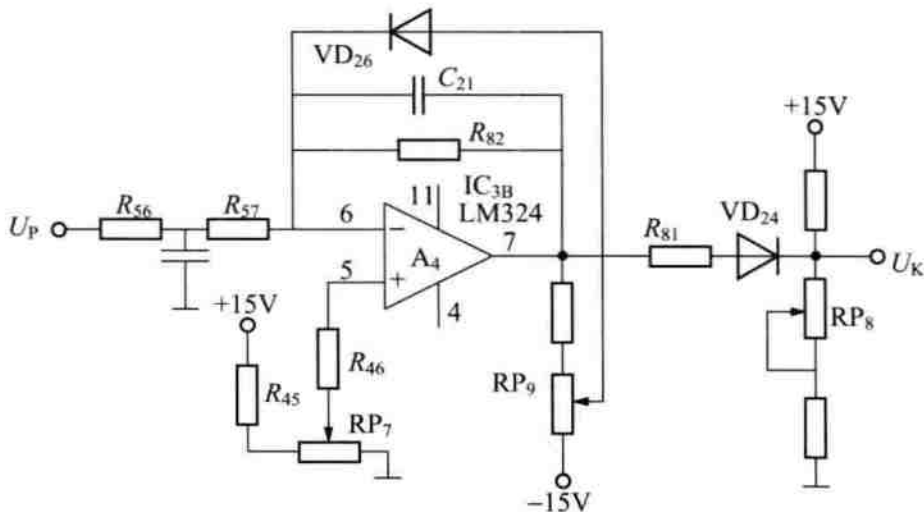


图 5.41 差分器电路

5. 主电路触发脉冲形成环节

KGS 直流调速控制板采用专用晶闸管触发电路 TC787 来产生主电路中用于三相整流的 6 只晶闸管的触发脉冲，其应用电路如图 5.42 所示。 u_a 、 u_b 、 u_c 三相同步电压来自同步变压器，电位器 $RP_{16} \sim RP_{18}$ 用来调节输出触发脉冲相对于主回路电压过零点的延迟角度。接于 u_a 相的 RP_{16} 、 C_4 、 R_{87} 、 R_{88} 、 C_{E5} 、 R_{89} 、 R_{90} 、 R_{91} 用来实现同步电压与 TC787 输入幅值的匹配，防止单电源工作的 TC787 承受负电压及过大的电流损坏。接于引脚 16~引脚 14 的 3 个电容 C_{16} 、 C_{15} 、 C_{14} 分别对应三相锯齿波电容，接于 TC787 引脚 4 的控制电压 U_k 来自差分器的输出。

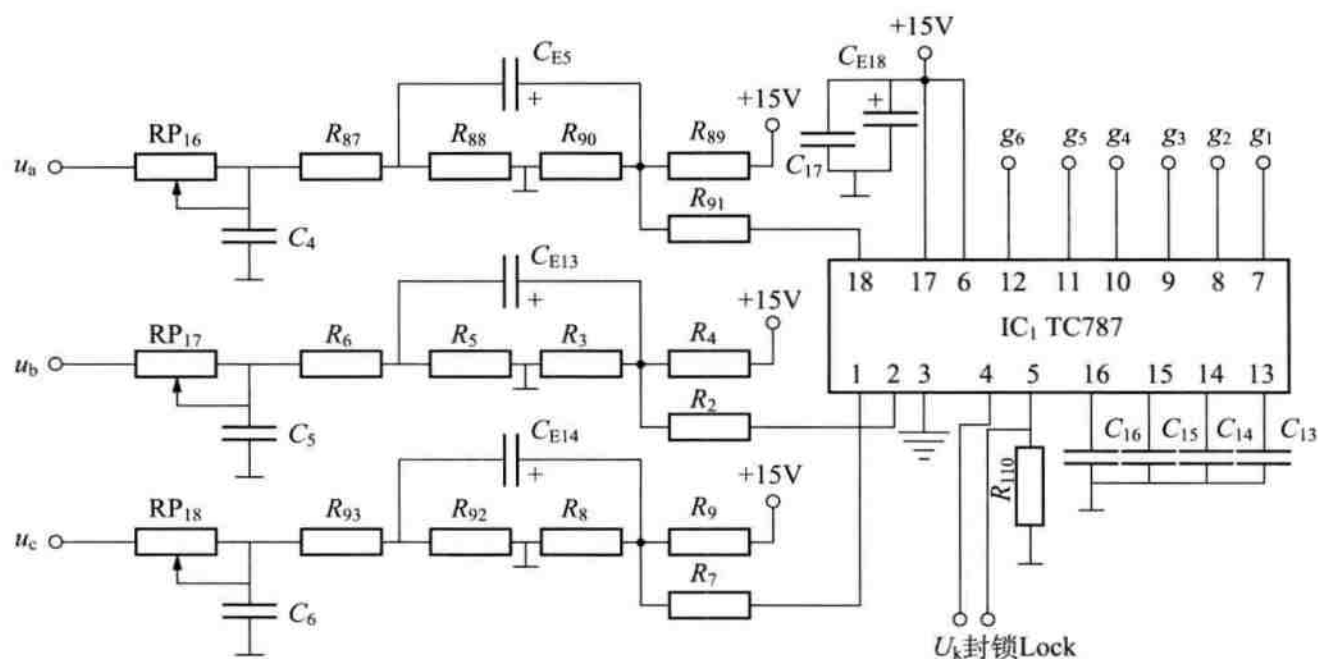


图 5.42 主电路触发脉冲形成电路

6. 脉冲功放及整形环节

KGS 直流调速板采用的触发脉冲功放及整形环节如图 5.43 所示。发光二极管 VLE₅ 用来显示脉冲是否正常。稳压管 VS₅、VS₆ 及二极管 VD₁₅ 用来在脉冲 g₁ 从高电平变为低电平、晶体管 V₈ 由导通变为关断时,为脉冲变压器 T₁ 提供反向电压,防止 T₁ 因单向脉冲工作而饱和,这样可缩小脉冲变压器的体积。二极管 VD₁₆、VD₁₇ 用来对输出脉冲进行整形,消去负半周。电阻 R₉₆ 与电容 C₇ 为抗干扰网络,防止干扰脉冲引起被触发晶闸管的误触发。

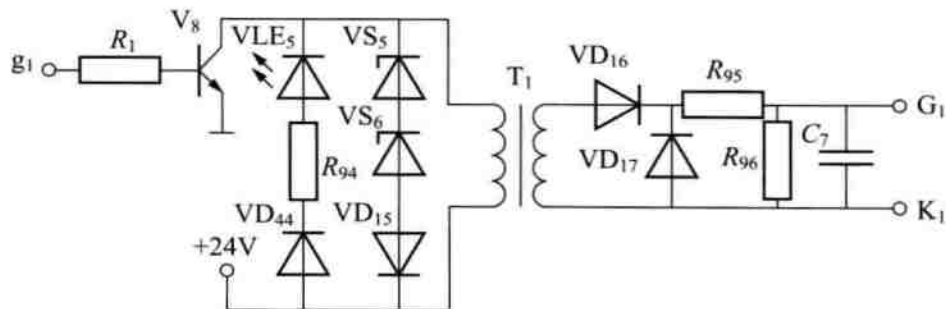


图 5.43 触发脉冲功放及整形环节

7. 过流保护环节

过流保护电路的原理如图 5.44 所示,U_{fl} 来自电流反馈环节的输出。当电流反馈值 U_{fl} 小于比较器 A₆ 反相端设定的过流保护门槛值时,A₆ 输出低电平,封锁信号 U_{LOCK} 无效,晶体管 V₂ 不导通,继电器 K₁ 不动作,主电路不被分断;一旦发生过流则 U_{fl} 大于门槛电压,比较器 A₆ 输出高电平,封锁脉冲信号 U_{LOCK} 封锁 TC787 的输出脉冲,同时晶体管 V₂ 导通,继电器 K₁ 动作,串于主接触器线包回路中的常闭触点分断主回路,同时发光二极管 VL_{OL} 给出过流指示。

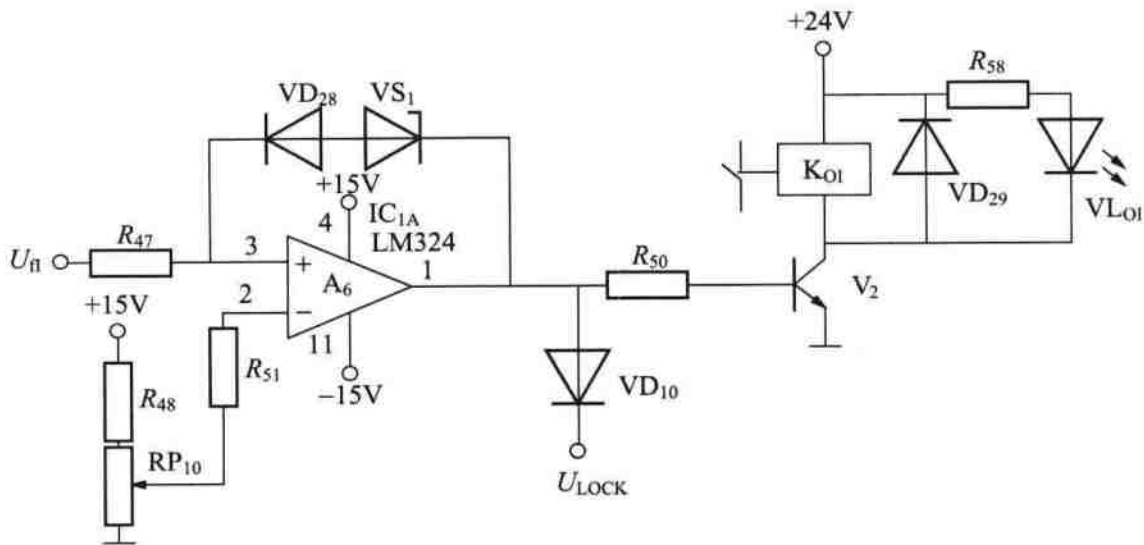


图 5.44 过流保护电路

8. 过压(或超速)保护

过压(或超速)保护电路的原理如图 5.45 所示。当 KGS 选用电压外环时为过压保护,选择转速外环时为超速保护,其工作原理同过流保护。 U_{in} 为来自电压(或转速)反馈信号,它们与 KGS 的外环反馈信号为同一信号。

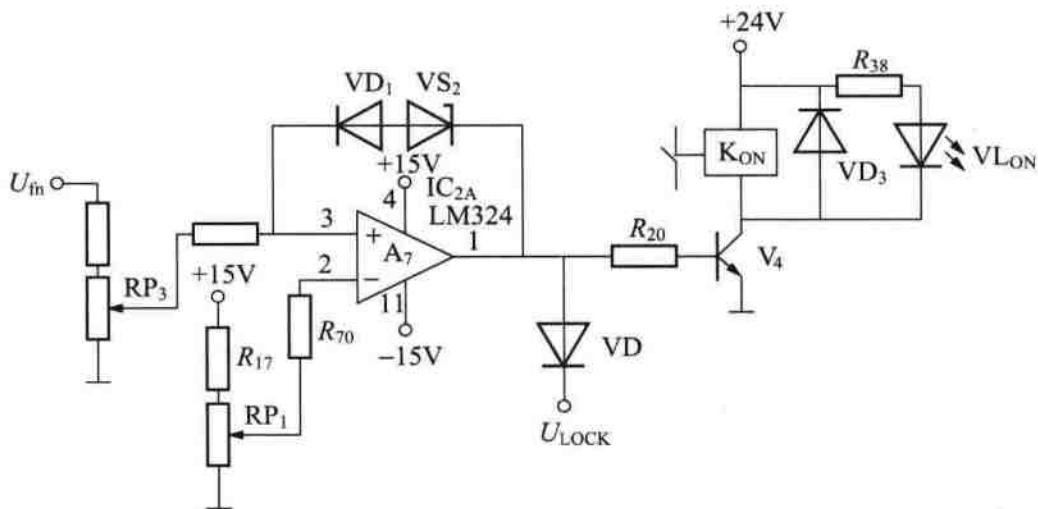


图 5.45 过压(或超速)保护电路

9. 电流截止保护

电流截止保护的电路原理如图 5.46 所示, U_{in} 来自电流反馈。当电枢回路中的电流取样反馈值 U_{in} 小于比较器 A_8 反相端设定的门槛值时, A_8 输出低电平,二极管 VD_{22} 截止,电流截止环节对触发脉冲的相位无任何影响;一旦 U_{in} 大于 A_8 反相端设定的门槛值时, A_8 输出高电平,二极管 VD_{22} 导通,相当于在电流调节器的反相端施加了一个幅值近似为正电源电压的反馈,电流调节器输出负限幅值,差分器输出正限幅值,将 TC787 的触发脉冲推到 $\alpha=150^\circ$,使主回电路电压降为最低值。

10. 欠励保护电路

增加该电路的目的是防止直流电动机在失磁情况下飞车引起机械部分的损坏或造成其他的事故,电路原理如图 5.47 所示。 U_{fl} 来自励磁电路电流的反馈,而封锁脉冲信号 U_{LOCK} 用来封锁 TC787 的输出脉冲,继电器 K_{LM} 的常闭触点用来断开给

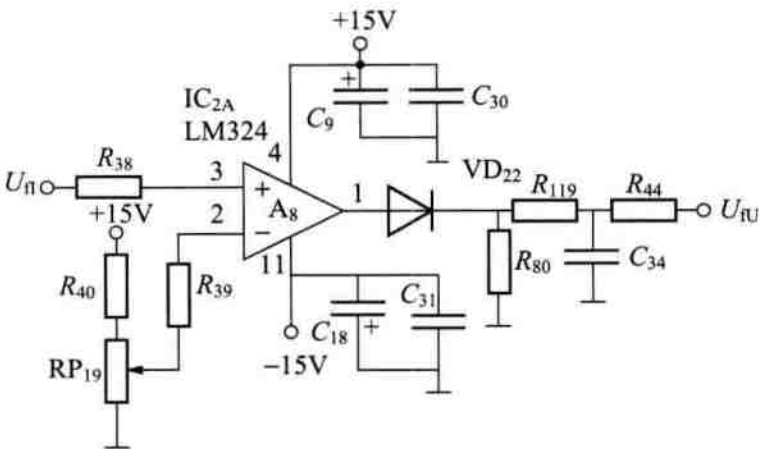


图 5.46 电流截止保护

电枢供电的主电路中的接触器。当来自励磁回路的电流反馈值 U_{FL} 小于比较器 A_{10} 同相端设定的门槛值时, A_{10} 、 A_{11} 均输出高电平, TC787 的触发脉冲被封锁, 晶体管 V_5 导通, 继电器 K_{LM} 动作, 其常闭触点分断给电枢供电的主电路, 发光二极管 VL_{LM} 给出欠励指示。

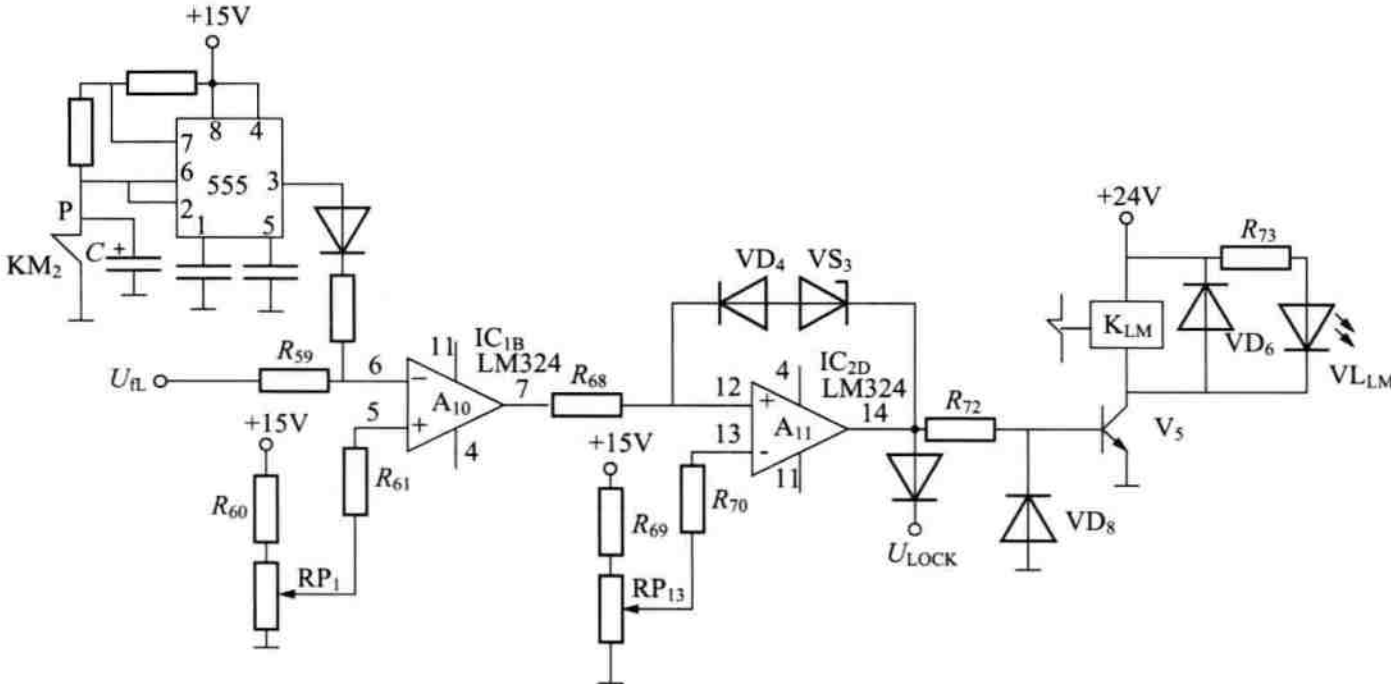


图 5.47 欠励保护

11. 缺相及错相保护电路

KGS 选用三相错相、缺相保护厚膜集成电路 TH201 进行缺相及错相保护, 电路原理如图 5.48 所示。 u_a 、 u_b 、 u_c 来自三相同步变压器的二次侧, 要求三相同步变压器的二次侧接法为星形, 且同步电压的相电压幅值为 30V。在三相相序正常时, TH201 引脚 14 输出高电平, 相序正常指示绿色发光二极管点亮, 晶体管 V_7 与 V_1 均导通, 继电器 K_{LP} 动作, 其常开触点闭合, 保证主电路接触器正常吸合, 封锁 TC787 的封锁脉冲信号无效, 触发脉冲不被封锁; 一旦三相缺相或错相, TH201 引脚 13 输出高电平, 引脚 12 输出低电平, 接于引脚 13 与地之间的红色发光二极管给出相序不正常指示, 同时晶体管 V_7 与 V_1 均截止, 封锁 TC787 的输出脉冲信号 U_{LOCK} 高电平有效, 同时使继电器 K_{LP} 失电, 其常开触点断开, 分断给电枢供电的主回路。

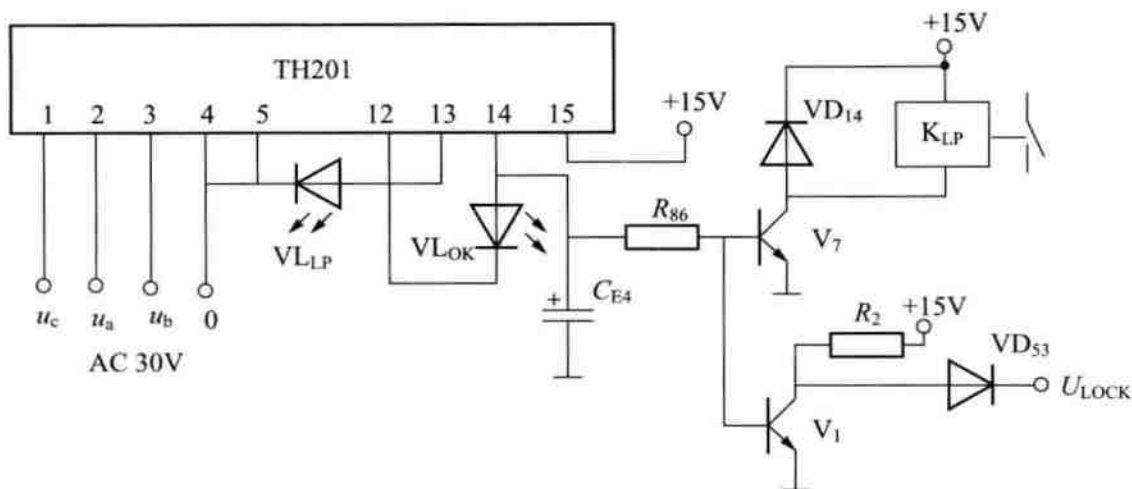


图 5.48 缺相、错相保护电路

12. 励磁回路单相半控桥触发脉冲形成

为既适用于固定励磁的直流电动机调速系统，又可用于可调励磁的直流电动机调速系统，KGS 控制板设计了可调励磁回路单相半控桥触发脉冲形成单元，电路原理如图 5.49 所示。接于 TCA785 引脚 12 的电容 C_{48} 决定输出脉冲的宽度。接于引脚 10 的电容 C_{49} 与接于引脚 9 的电阻 R_{84} 和电位器 RP_{14} 决定了锯齿波的斜率及幅度。引脚 5 为同步电压输入端。引脚 11 为移相电压输入端，该端输入的控制电压 U_K^* 来自励磁电流闭环调节器的输出。

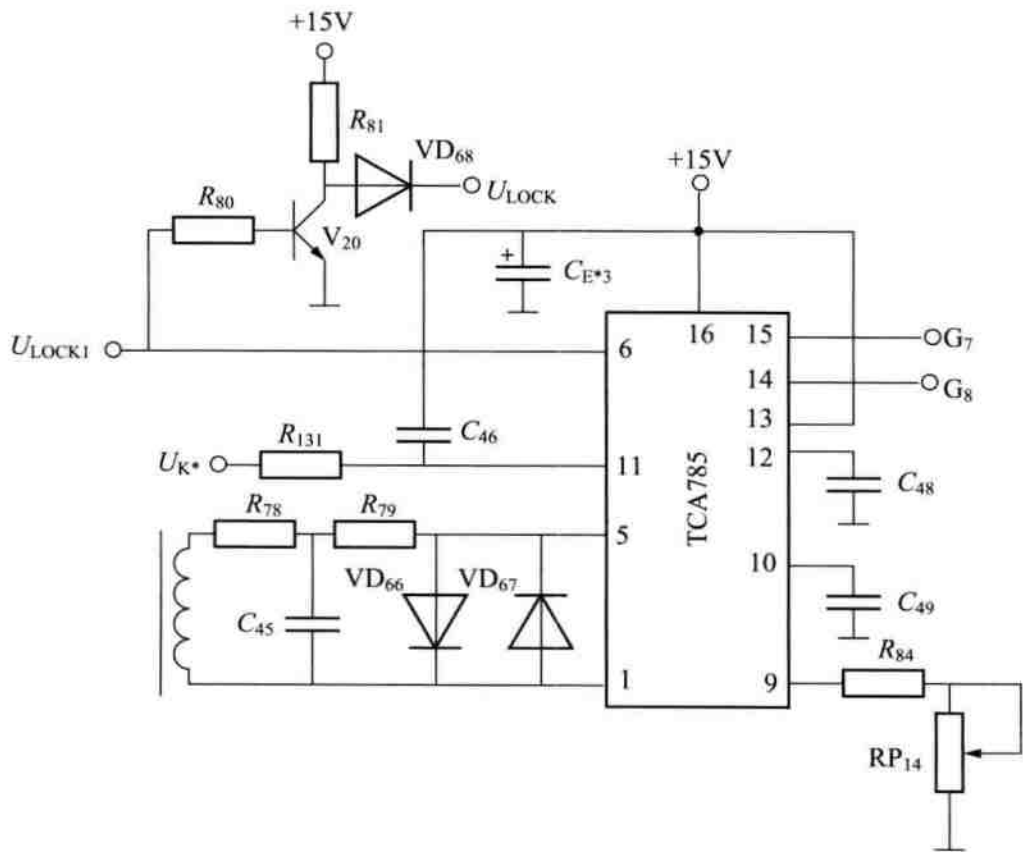


图 5.49 励磁回路触发脉冲形成

13. 励磁回路的闭环调节器

为了保证励磁电流的稳定，提高调速精度，励磁回路仍然采用电流闭环调节，

电路原理如图 5.50 所示。 U_{gL} 来自用户的励磁给定, U_{fL} 为励磁回路电流反馈值 (注意: $-U_{gL}$ 为负极性, 而 U_{fL} 为正极性)。为保证励磁回路电流高度稳定, 其闭环调节器由 A_{13} 及外围器件一起构成, 同时选用 PI 调节器。 A_{14} 为差分器, 它是为了满足 TCA785 与 TC787 具有相同的负逻辑关系而添加的 (TCA785 在引脚 11 为最高电压时, 输出触发脉冲对应励磁回路交流电源电压相位为 $\alpha=150^\circ$; 而当引脚 11 为零电压时, 输出触发脉冲对应励磁回路交流电源电压相位为 $\alpha=0^\circ$)。

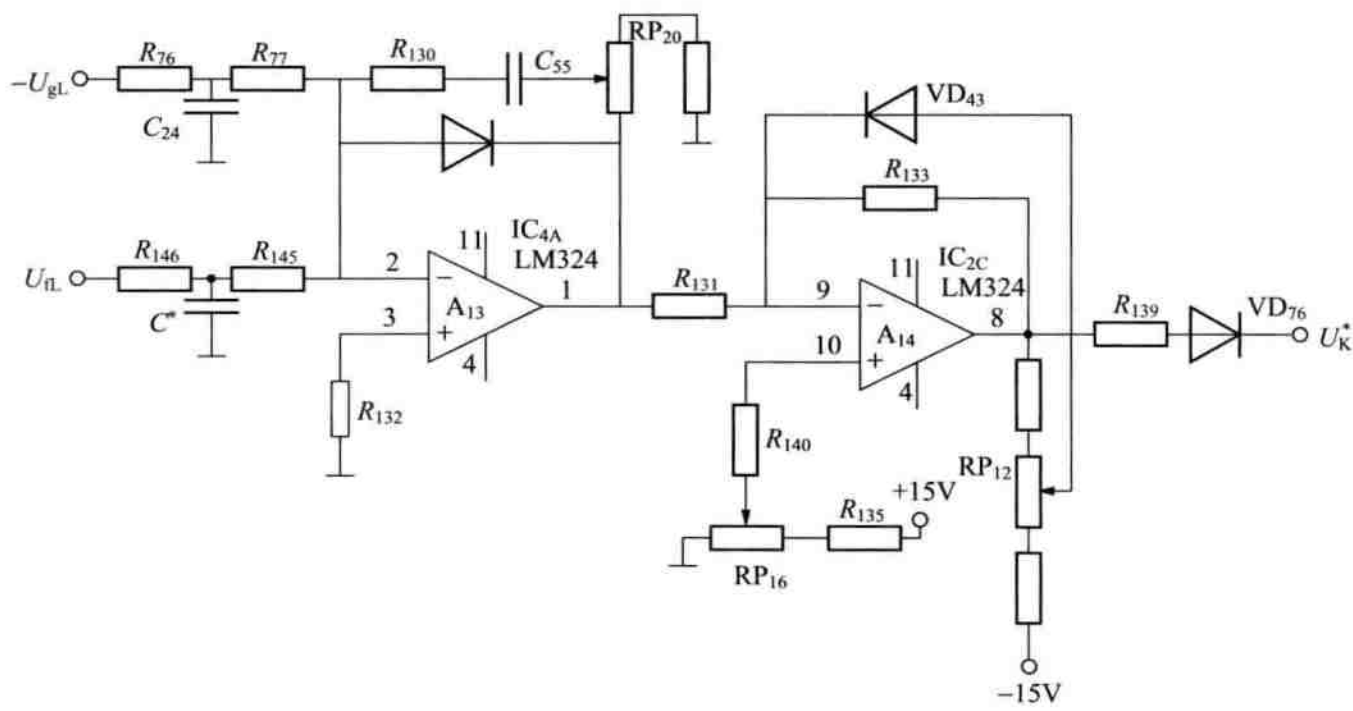


图 5.50 励磁回路闭环调节器

14. 控制电源环节

KGS 直流调速板应用单一电源同步变压器, 其变压器接法和要求的电压 (相电压) 值如图 5.51 所示。

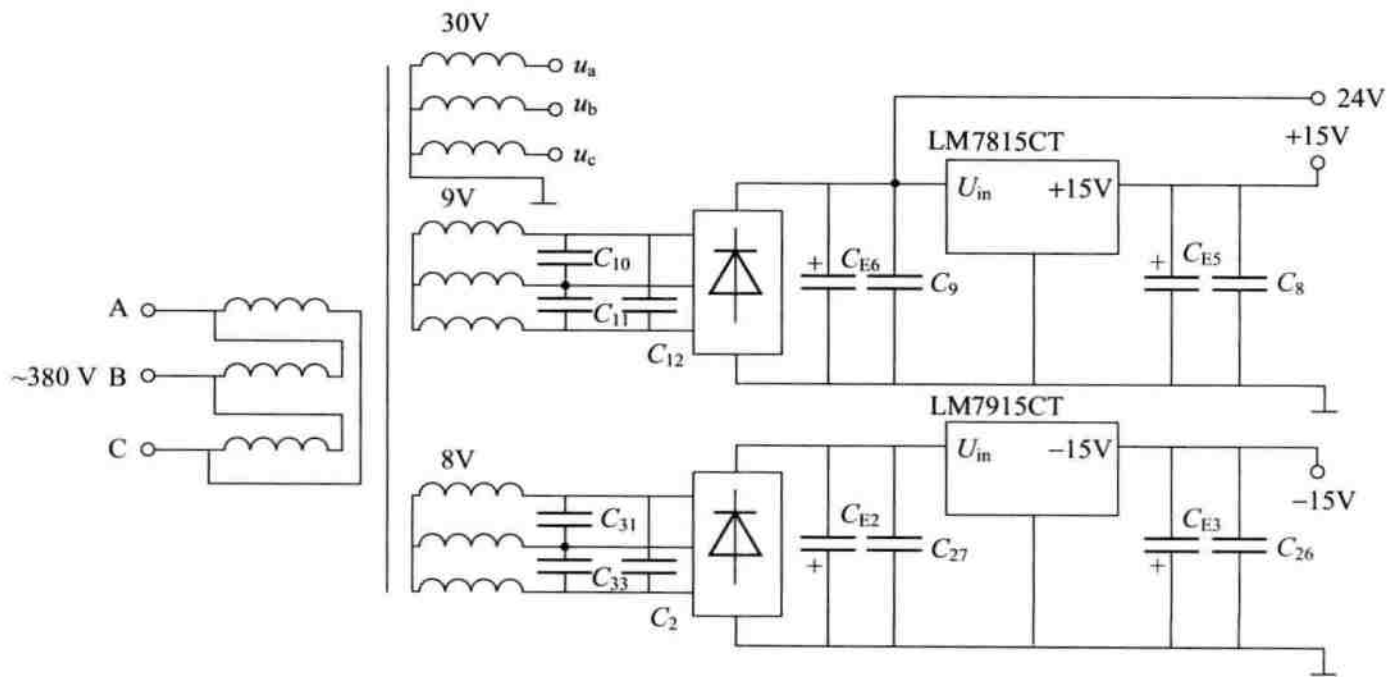


图 5.51 KGS 直流调速板的工作电源

5.10.3 应用技术

KGS 直流调速板的元器件布置如图 5.52 所示,共有 19 个电位器,对外引出共 6 个接插件。

1. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_{16} 、 RP_{17} 、 RP_{18} 为加到 TC787 引脚 18、引脚 2、引脚 1 的三相同步电压幅值调节电位器:顺时针调节,加到 3 个同步电压输入端的同步电压幅值减小,即 TC787 输出触发脉冲的相位相对于主电路对应晶闸管阳-阴极间电压的滞后角度增大;逆时针调节,加到 TC787 的 3 个同步电压输入端的同步电压幅值增加,即 TC787 输出触发脉冲的相位相对于主电路对应晶闸管阳-阴极间电压的滞后角度减小。

(2) RP_6 和 RP_5 为分别对应给定积分上升时间和下降时间的调节电位器。顺时针调节 RP_6 ,给定积分的上升时间增加;逆时针调节,给定积分的上升时间减小。顺时针调节 RP_5 ,给定积分的下降时间增加;逆时针调节,给定积分的下降时间减小。

(3) RP_7 为给定电压 $U_g=0$ 时差分器输出最高电压的调节电位器:顺时针调节差分器输出电压增加;逆时针调节,差分器输出电压减小。一般该电位器在出厂前已调好,用户无需再调节。该电位器的最佳位置为 $U_g=10V$ 时,在无反馈条件下 $\alpha=0^\circ$ 。

(4) RP_9 为 $U_g=0$ 并保证 $\alpha=150^\circ$ 时的限幅调节用电位器:顺时针调节,限幅值增加;逆时针调节,限幅值减小。

(5) RP_{10} 为过流保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛增加;逆时针调节,保护门槛减小。

(6) RP_1 为超速或过压保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛减小;逆时针调节,保护门槛增加。

(7) RP_{19} 为电流截止保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛减小;逆时针调节,保护门槛增加。

(8) RP_{11} 为欠励保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛减小;逆时针调节,保护门槛增加。

(9) RP_2 为板内给定电位器:顺时针调节,电枢给定电压增加;逆时针调节,电枢给定电压减小。当用户使用板外电位器控制时,该电位器无用,建议此时去掉该电位器。

(10) RP_{15} 为励磁电流给定电位器:顺时针调节,励磁电流给定值减小;逆时针调节,励磁电流给定值增加。

(11) RP_4 为实际转速(或电压)反馈值调节电位器:顺时针调节,实际转速(或电压)反馈值减小;逆时针调节,实际转速(或电压)反馈值增加。

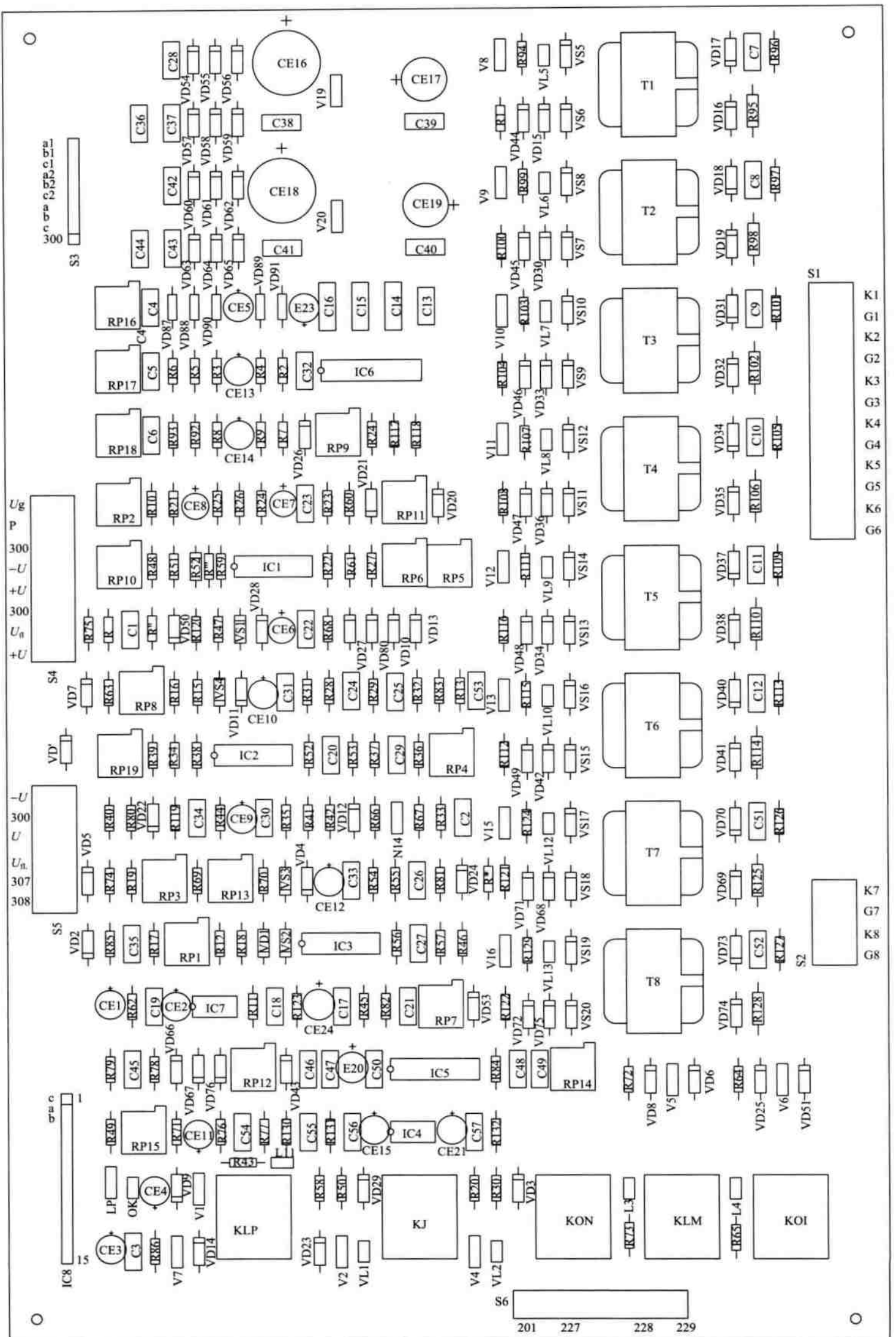


图5.52 KGS直流调速板的元器件布置

(12) RP_8 为励磁电流过流保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛减小;逆时针调节,保护门槛增加。

(13) RP_{14} 为励磁触发脉冲形成单元锯齿波幅值调节电位器:顺时针调节,锯齿波幅值增加;逆时针调节,锯齿波幅值减小。该电位器出厂前一般已调好,用户无需再调节。

(14) RP_{16} 为励磁电流给定 $U_{gL}=0$ 时励磁触发脉冲形成单元差分器最大输出电压调节电位器:顺时针调节,差分器输出电压减小;逆时针调节,差分器输出电压增加。该电位器的正确位置是 $U_{fL}=0$ 、 $U_{gL}\neq 0$ 时,TCA785 输出触发脉冲相位对应励磁回路中交流电压 $\alpha=0^\circ$ 的位置。该电位器出厂前已调整好,用户无需再调节。

(15) RP_{12} 为励磁回路最大 α 角调节电位器:顺时针调节, α_{\max} 角增大;逆时针调节, α_{\max} 角减小。该电位器在出厂前已调整好,用户无需再调节。

(16) RP_3 为超速(或过压)保护转速或电压实际取样值调节电位器:顺时针调节,取样值减小;逆时针调节取样值增加。

2. 正确接线

(1) 接插件 S_3 为控制电源及同步电压输入连接插座: u_{a1} 、 u_{b1} 、 u_{c1} 及 u_{a2} 、 u_{b2} 、 u_{c2} 分别接同步变压器中电源相电压为 9V 及 8V 的 2 个三相绕组; u_a 、 u_b 、 u_c 分别接对应同步电源变压器中相电压为 30V 的三相(注意相序不要接错),GND 端接星形连接的三相同步电源变压器的中性点。

(2) 接插件 S_1 的 G_1 、 K_1 与 G_4 、 K_4 分别接三相整流电路中对应电网 A 相电压的共阴极与共阳极接法的 2 个晶闸管的门-阴极, G_3 、 K_3 与 G_6 、 K_6 分别接三相整流电路中对应电网 B 相电压的共阴极与共阳极接法的两个晶闸管的门-阴极, G_5 、 K_5 及 G_2 、 K_2 分别接三相整流电路中对应电网 C 相电压的共阴极与共阳极接法的 2 个晶闸管的门-阴极。

(3) 接插件 S_2 的 G_7 、 K_7 与 G_8 、 K_8 分别接可调励磁半控整流电路中 2 只分别对应电网电压正负半周的晶闸管的门-阴极。被控电动机为固定励磁的电动机调速系统时,该接插件输出悬空。

(4) 接插件 S_6 的 201、227 串于给电枢整流桥供电的三相交流接触器的线包回路中,而 228、229 串于给励磁整流桥供电的单相交流接触器的线包回路中。

(5) 接插件 S_5 的 U_{fL} 与 $-U$ 、GND 及 $+U$ 一起接励磁回路励磁电流取样的霍尔元件(当励磁回路电流取样为霍尔元件时)。在励磁回路取样元件为电流互感器时, U_{fL} 与 GND 接单相整流后的励磁信号输出,其 307 与 308 接复位按钮(常开接点的两端)。

(6) 接插件 S_4 的 U_n 与 $+U$ 、 $-U$ 、GND 在电枢回路电流取样环节为霍尔电流传感器时,接正与负端取样的霍尔电流传感器的对应端;而当电枢回路电流取样使用交流电流互感器时, U_n 与 GND 分别接三相整流后的电流信号输出。

3. 典型应用举例

KGS 直流调速控制板可方便地应用于固定励磁或可调励磁的主电路结构为三相全控桥、三相半控桥的直流调速系统中。

(1) 用于主电路为三相全控桥的可调励磁直流调速系统:如图 5.53 所示。这类系统的直流电动机额定电枢电压可为+220V 与+440V,在电动机电枢额定电压为+220V 时,A、B、C 三相来自变压器的二次侧;而当电动机电枢额定电压为+440V 时,A、B、C 三相直接来自三相 380V 电网。电枢电流及励磁电流均通过霍尔元件取样,并选用转速电流双闭环,此类系统一般有很宽的调整范围和很高的调速精度。霍尔电流传感器的容量可根据调速电动机的不同额定容量选用不同的值。 R_{M1} 与 R_{M2} 分别为两个霍尔电流传感器的测量电阻, KM_1 与 KM_2 的线包回路中分别串有 KGS 中 S 引出的保护后分断各自主电路的接点信号。该系统运行于超速保护模式。

(2) 用于主电路为三相半控的固定励磁系统:如图 5.54 所示,选用电枢回路电压作为反馈,构成电压、电流双闭环系统,保护方式为过压、过流、电流截止、缺相错相保护,这类系统可在调速范围及精度要求不高的场合使用,并具有无需安装测速发电机这一优点。选用交流侧电流互感器对电流信号进行取样。同样,KGS 中 S 引出的故障信号直接串联于为电枢及励磁回路供电的交流接触器的线包回路中。因此,这样的系统可用于额定电枢电压为+220V 或+440V 的直流调速系统。

5.11 KCZ6F-1 数字模拟混合式晶闸管控制板

KCZ6F-1 是应用陕西高科电力电子有限责任公司独有的 SGK198 专用集成电路开发的,具有数字化控制,输出脉冲对称性好,使用中可用同步变压器,也可不用同步变压器,自对相等优点,是在 KCZS6M-3 的基础上根据许多直流电弧炉工艺的特殊要求而开发的控制板,既可用于直流电弧炉电源控制系统,也可用来取代 KCZ6.2、KCZ6-2T、JQC3.1 三相晶闸管全桥控制板用于三相可控整流及三相交流调压系统或有源逆变系统中,同时可按使用需要实现开环、闭环控制。

5.11.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 直接 380V 供电,内含自身工作所需的+15V、+5V、+24V 电源生成环节。

(2) 具有缺相、外部故障(如冷却水系统故障)、自身工作电源欠压、被控制系统过压、过流保护功能。

(3) 内含脉冲功率放大环节和给定积分功能,带有闭环调节器,输出 6 路双窄脉冲。

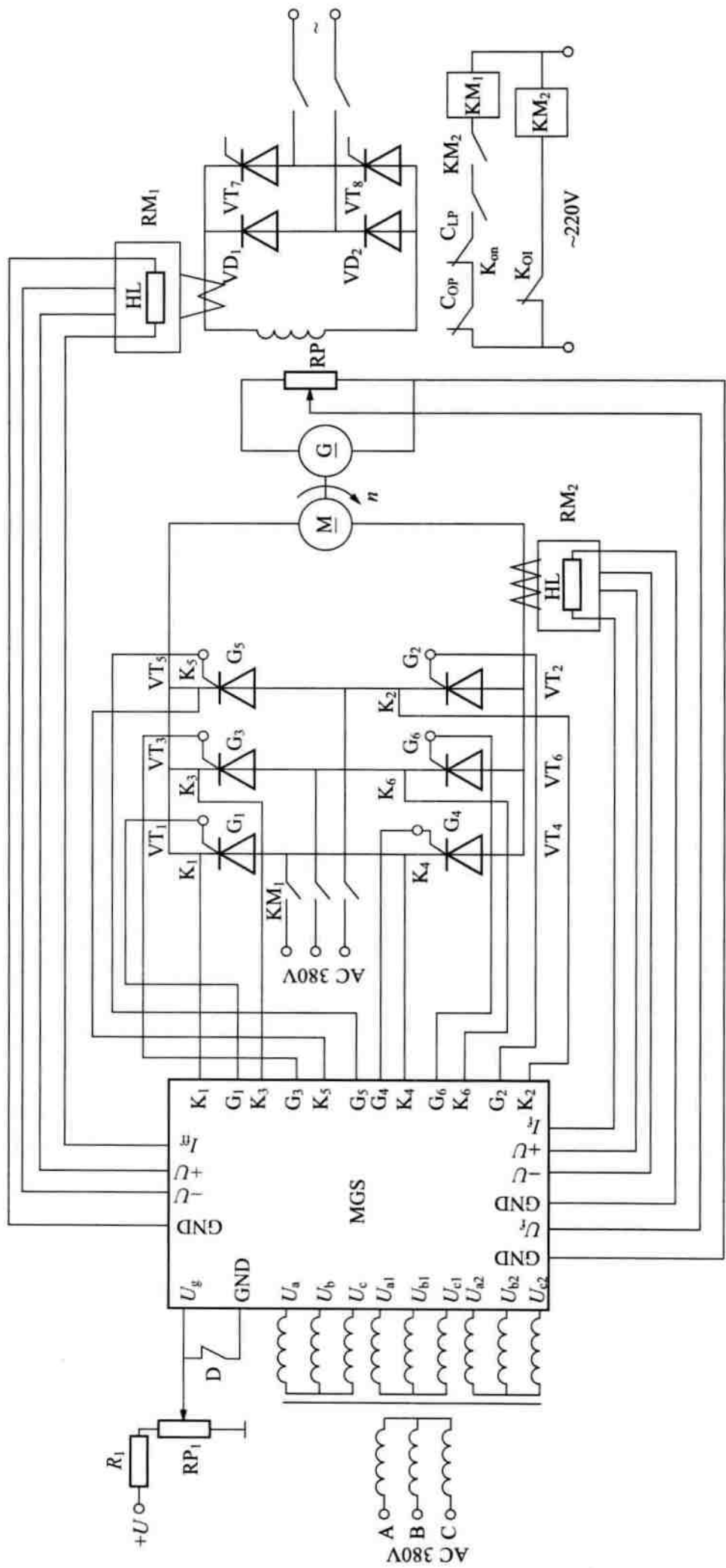


图5.53 KGS用于可调励磁直流调速系统

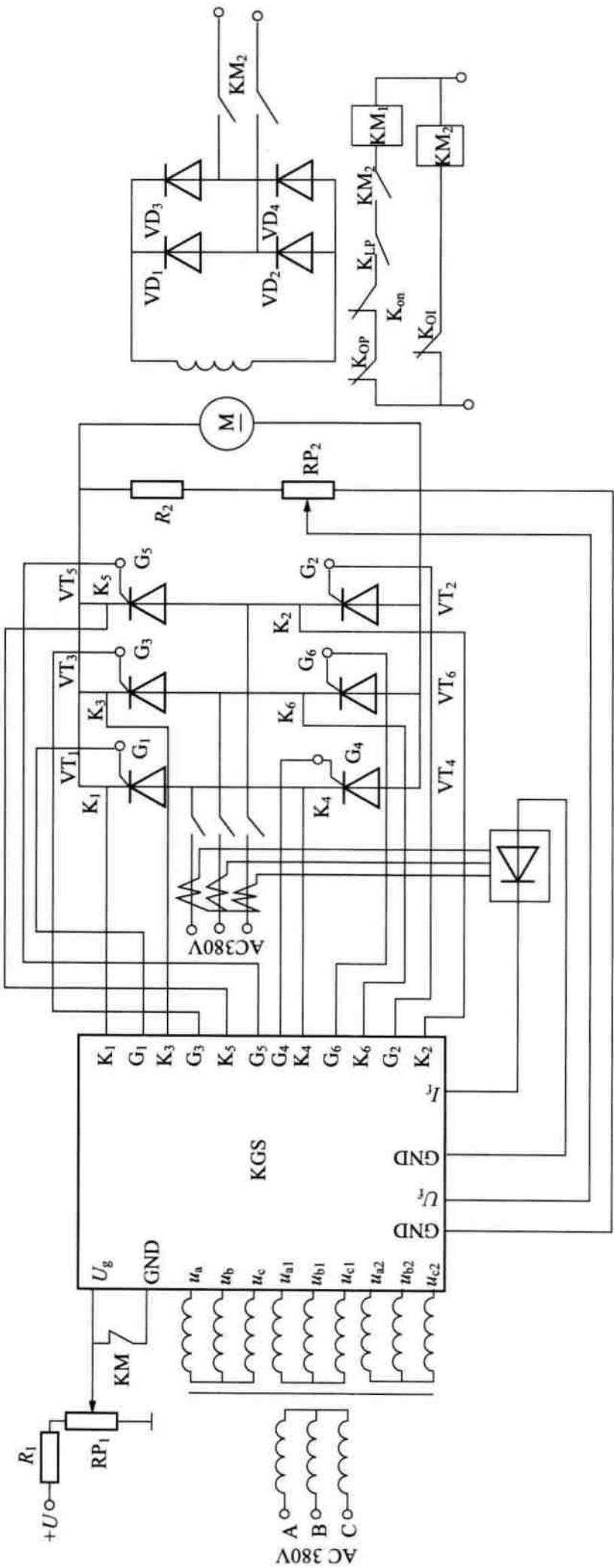


图5.54 KGS用于固定励磁直流调速系统

(4) 共有 6 个电位器,用来调节过压和过流保护的门槛、闭环反馈系数的大小及移相触发的最大和最小 α 角,使控制性能更加优化。

(5) PI 调节器自动跟踪用户给定值,从而满足直流电弧炉起弧、扑缩、熔炼等不同工况条件下电流值不相同的需要,使起弧更加容易、弧压稳定、保证不断弧。

2. 主要参数限制

(1) 供电电源 380V,负载电流最大 0.05A。

(2) 电压及电流取样值最大取值范围 0~10V/0.01A。

(3) 同步电压输入范围 30V~380V/0.1A(可通过调整限流电阻 R_{1A} 、 R_{2A} 、 R_{1B} 、 R_{2B} 、 R_{1C} 、 R_{2C} 的值来实现)。

(4) +15V、-15V 电源外接负载时最大负载能力 20mA。

(5) +24V、 $g_1 \sim +24V$ 、 g_6 最大脉冲负载电流 100mA,最高空载电压幅值 +24V。

(6) 通过脉冲末级单元的匹配可触发容量在 5A~3000A/100V~2500V 范围内的 6 只晶闸管。

(7) 保护继电器触点容量:直流 24V/3A 或交流 220V/3A 或交流 380V/0.5A。

(8) 每路输出触发脉冲最大宽度:两个间隔 60° 宽度为 $500\mu s$ 的双窄脉冲。

5.11.2 内部结构及工作原理

图 5.55 是用于大电流输出的晶闸管可控整流类电力电子变流系统的晶闸管 KCZ6F-1 控制板的电路原理图(见书后插页),可分为工作电源、给定积分、闭环调节器、触发脉冲形成、同步环节、脉冲功放与整形、电子保护电路、锁零电路几个功能部分。限于篇幅,本节仅分析工作电源、触发脉冲形成、脉冲功放与整形、电子保护电路的工作原理,其他部分的原理分析可参考本书的姊妹篇《常用电力电子变流设备的调试与维修基础》和《常用电力电子变流设备的调试与维修实例》。

1. 工作电源

电路原理如图 5.56 所示。该工作电源为线性电源,采用了两级稳压,电源变压器二次的双绕组交流电压(双 18V)经单相双半波整流、电容滤波后,一则提供脉冲末级功放部分的 +24V,二则由三端稳压器 U_2 (7815) 与 U_1 (7915) 稳压后作为控制板的正负工作电源。为了满足 SGK198 CPLD 触发脉冲形成主芯片的 +5V 工作电源的需要,该电路中对 +24V 电源经 7815 与 7805 进行了两次稳压,这种结构使电源变压器二次绕组减少了一个,同时简化了单相整流电路个数。电阻 R_{31} 是为了减小三端稳压器 U_3 (7805) 的输入与输出压差,减小 7805 的功耗而增加的。

2. 触发脉冲形成电路

图 5.57 是以陕西高科电力电子有限责任公司应用 CPLD 芯片编程后制作的专用晶闸管触发集成电路 SGK198 为核心的触发脉冲形成单元,可分为 U/f 变换器、脉冲宽度设定和 6 路相位互差 60° 的触发脉冲形成 3 个环节。差分运算放大器

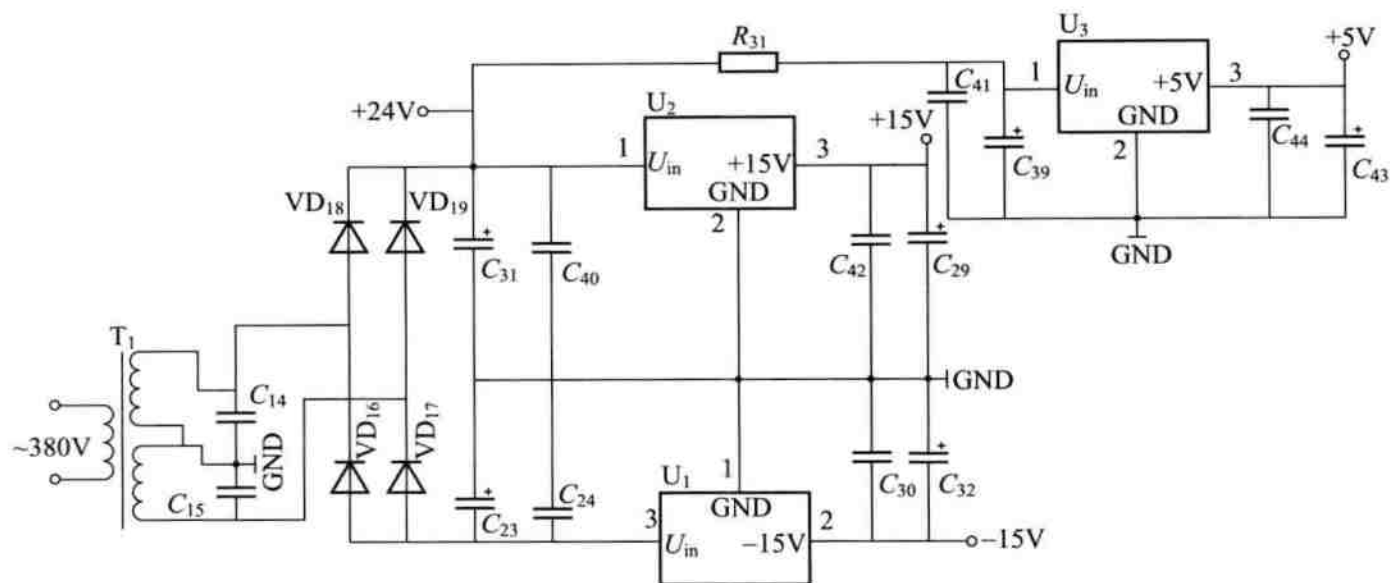


图 5.56 KCZ6F-1 自身工作电源

IC_{2A} 与比较器 IC_{2B}、IC_{4C} 构成了 U/f 变换器，把闭环调节器输出的电压变为与其相适应的频率信号：当电容 C_{45} 两端的电压低于 IC_{4C} 引脚 9 的电压时，IC_{4C} 输出高电平，二极管 VD₂₇ 截止，电容 C_{45} 经电源电压 +15V 与电阻 R_{69} 、 R_{68} 、 R_{67} 进行充电；在其两端电压高于 IC_{4C} 引脚 9 端给定的电压时，IC_{4C} 输出低电平，电容 C_{45} 经 R_{67} 、VD₂₇、IC_{4C} 引脚 14 放电；当放电放到 C_{45} 两端电压低于 IC_{4C} 引脚 9 端的电压时，IC_{4C} 输出高电平，电容 C_{45} 的放电结束， C_{45} 又重新充电……如此周而复始将闭环调节器输出的电压转换为与此电压成反比的频率信号。可以看出，当闭环调节器输出电压高时，电容 C_{45} 充电到大于该值的时间就长，所以 U/f 环节输出的频率就低；反之，输出频率就高，在 SGK198 内采用对此频率计数的方法来决定输出触发脉冲的时间，计数器计满便输出触发脉冲，在 U/f 输出频率高时，计数历时时间短，何时开始计数取决于 SGK198 引脚 5~引脚 10 输入的三相 6 路同步方波信号的下降沿的时刻。因在同步电压形成环节中通过匹配电阻电容 (R_{1A} 、 R_{2A} 、 C_{56} ， R_{1B} 、 R_{2B} 、 C_{53} ， R_{1C} 、 R_{2C} 、 C_{50}) 已保证了起始计数时刻刚好对准相电压交点的自然换相点，所以当 U/f 输出频率增高时，相当于输出触发脉冲左移（对应 α 角度减小）；当 U/f 输出频率降低时，相当于输出触发脉冲右移（对应触发控制角 α 增大）， U/f 变换单元输出最高与最低脉冲频率值便决定了使用中的最大触发控制角 α_{\max} 与最小触发控制角 α_{\min} 。

比较器 IC_{3A} 与 IC_{3B} 及外围元器件一起构成脉冲宽度设定环节，也是一个压控振荡器。SGK198 引脚 4 输出的方波信号 MK 与比较器 IC_{3A} 引脚 4 输入的阈值电压比较，输出同频率的方波脉冲信号。该脉冲信号决定了微分电容 C_{25} 和上拉电阻 R_{32} 设定的脉冲上升与下跳沿的微分脉冲宽度。此微分脉冲与 IC_{3B} 引脚 6 的阈值比较，在其引脚 1 输出对应每个触发脉冲的 6 路脉冲列，与 SGK198 内部的脉冲相与，从而决定了输出 6 路脉冲的宽度。

3. 脉冲功放电路

脉冲功放电路如图 5.58 所示。晶体管 $V_1 \sim V_6$ 起脉冲功率放大作用，发光二

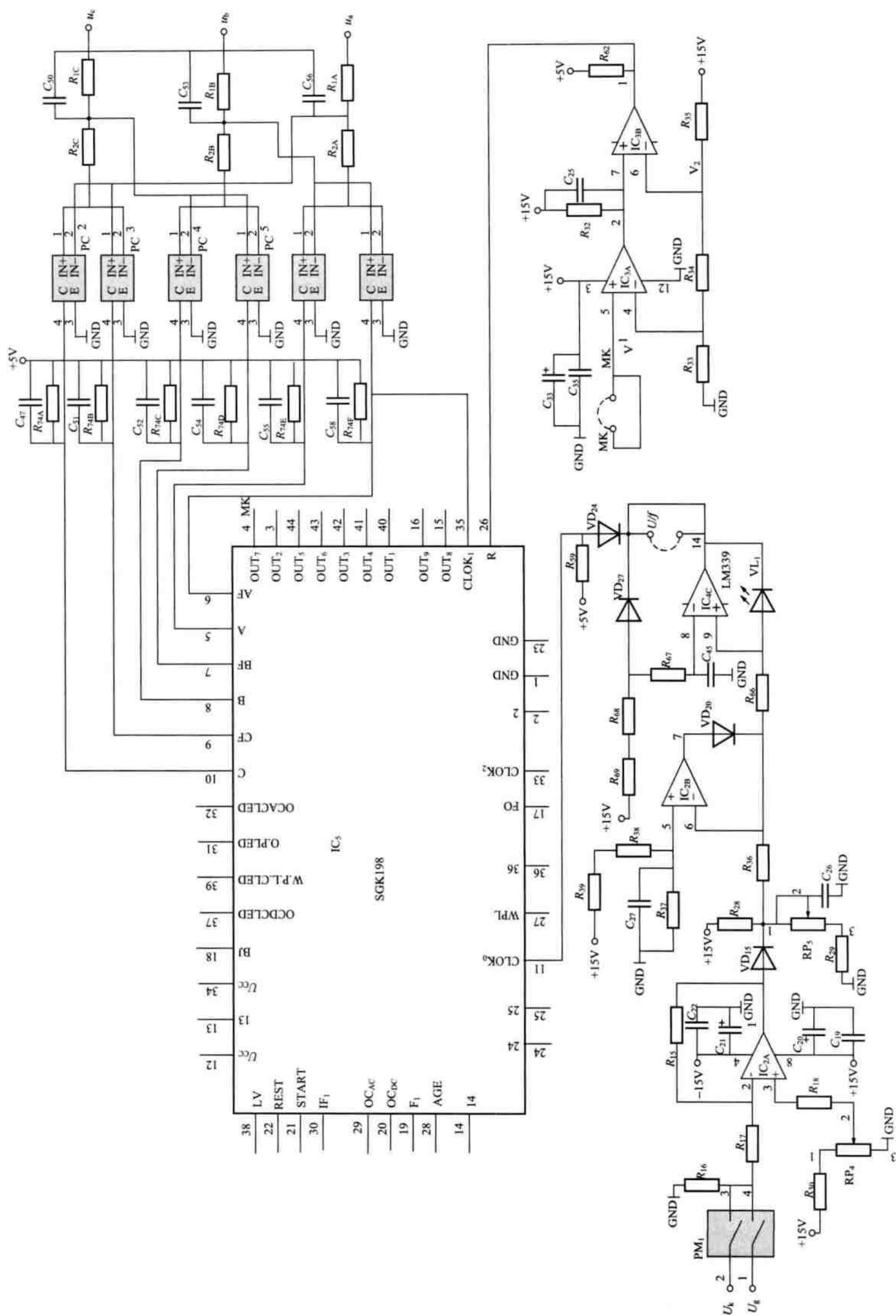


图 5.57 以 SGK198 为核心构成的触发脉冲形成电路

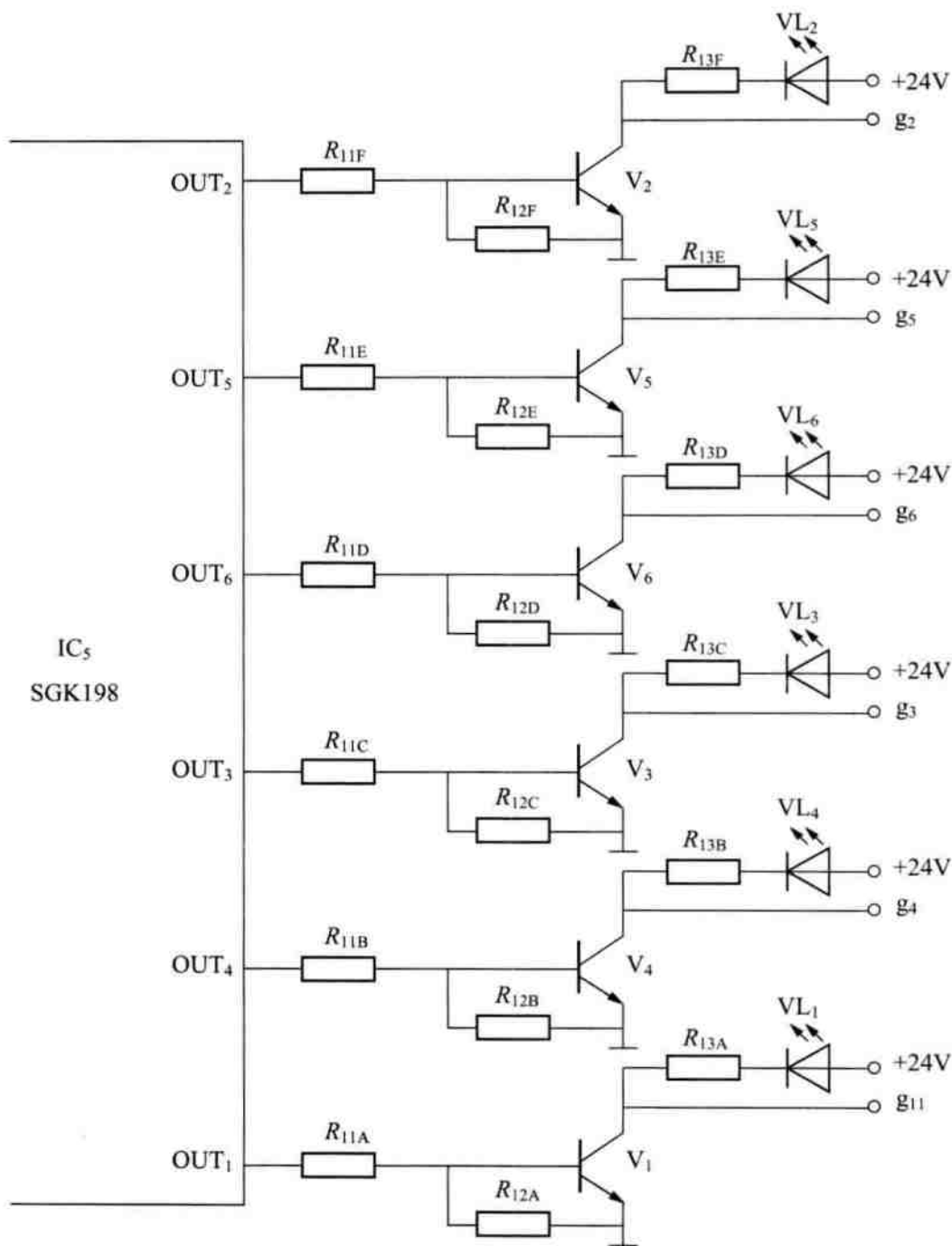


图 5.58 脉冲功放电路

极管 VL₁ ~ VL₆ 用来指示脉冲正常与否,接于晶体管 V₁ ~ V₆ 基极的电阻 R_{11A}/R_{12A} ~ R_{11F}/R_{12F} 分别起限流与抗干扰作用。该控制板有 6 路触发脉冲,所以有相同工作原理的脉冲功放电路 6 个。

4. 保护电路

图 5.59 是 KCZ6F-1 应用的保护电路。由于 SGK198 的内部保护通过脉冲沿触发内部的触发器进行,因而该控制板设计有直流侧过流与交流侧过流、欠压及外部故障保护电路。

图 5.59(a)是欠压保护电路的原理图。正常工作时,因工作电源电压 +15V 减去稳压管 VS 的稳压值高于比较器 IC_{3D} 引脚 10 的电压,比较器 IC_{3D} 输出高电平,SGK198 内部触发器不翻转,其输出触发脉冲不被封锁;一旦发生电源欠压,则电源电压减去稳压管 VS 的稳压值低于比较器 IC_{3D} 引脚 10 的阈值电压,比较器 IC_{3D}

输出低电平,封锁 SGK198 输出的触发脉冲,同时发光二极管 VL 发光、给出欠压故障指示。

图 5.59(b)与(c)分别是 KCZ6F-1 控制板的直流侧过流与交流侧过流保护电路的原理图。在不发生直流侧过流与交流侧过流故障时,比较器 IC_{4A} 与 IC_{4B} 因其同相端的取样值低于反相端的阈值值均输出低电平,SGK198 引脚 20 与引脚 29 同时输入低电平,其内部触发器不翻转,所以输出触发脉冲不被封锁;发生直流侧

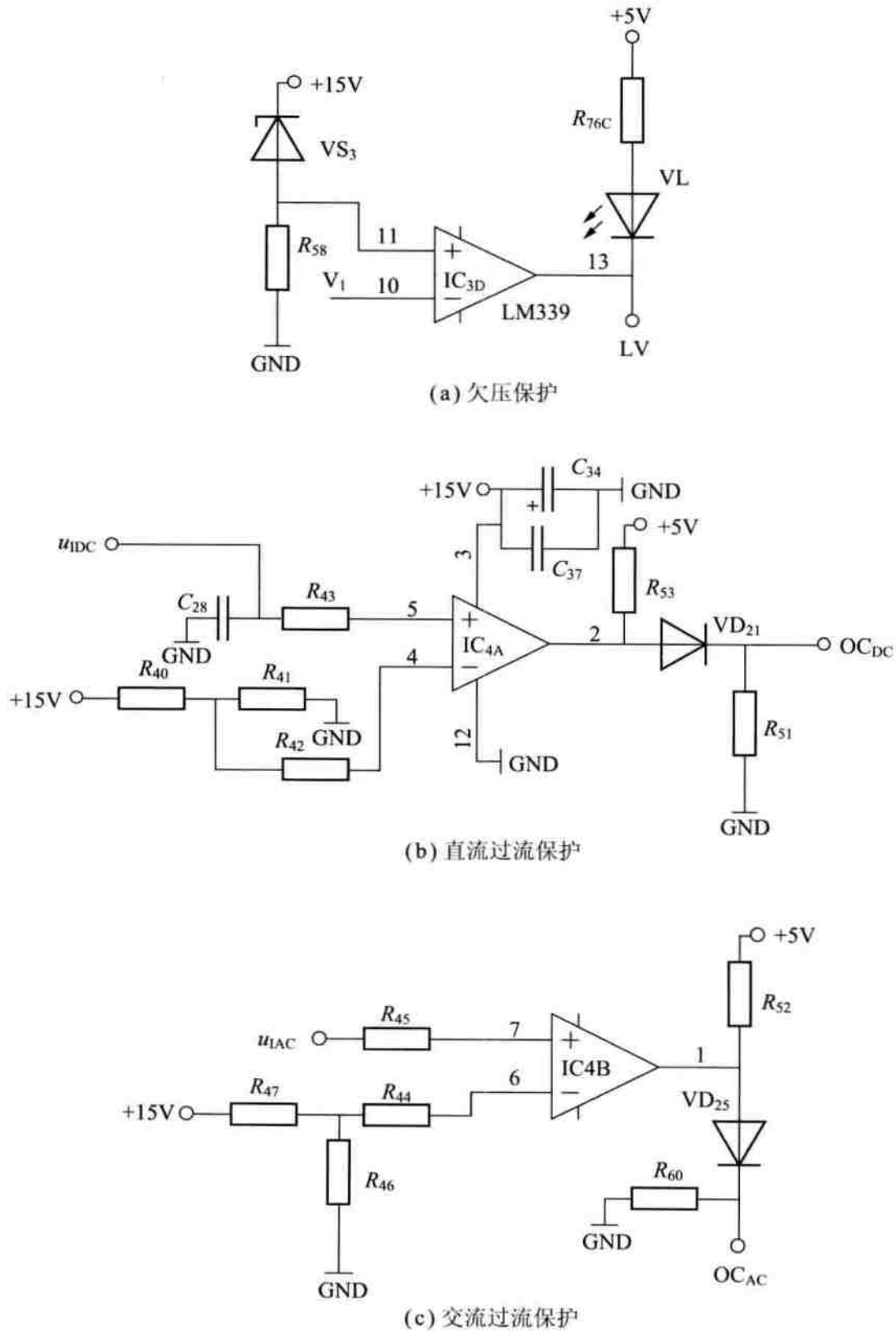


图 5.59 KCZ6F-1 应用的保护电路

K 常开接点闭合,比较器 IC_{4D} 输出高电平,SGK198 引脚 27 输入高电平,其内部触发器翻转,封锁 SGK198 的输出脉冲;另一方面,SGK198 引脚 39 输出低电平,外部故障的指示发光二极管 VL_{WPL} 发光指示故障类型。

另应说明的是,在 SGK198 内部将交流侧过流(或直流侧过流)、外部故障、欠压、缺相诸保护的报警信号进行了逻辑或,而实现了综合保护输出,如图 5.59(e)所示。只要发生任一种故障,SGK198 引脚 18 都输出高电平,晶体管 V_7 导通,继电器 KA 动作,分断主电路或给出综合报警信号,同时发光二极管 VL_0 发光指示有故障发生。

还应提到,在 SGK198 内部通过对引脚 5~引脚 10 输入的 6 路同步电压方波上升及下降沿的检测,通过内部电路实现三相电压是否缺相的判断,所以在控制板上未设计专用的三相同步电压缺相保护电路。

5. 锁零电路

为了防止反馈端因零漂或干扰输入的信号不为零,造成尽管用户给定输出电流值为零,但闭环调节器却正向饱和,而导致直接合闸启动,造成很大的浪涌冲击,KCZ6F-1 设计了对闭环调节器锁零的电路,如图 5.60 所示。在用户给定值 U_g 为零时,比较器 IC_{1D} 的输出为高电平,场效应管 VF_8 导通,将闭环调节器的输入输出短接,防止闭环调节器饱和输出最大值;一旦用户给定不为零,则比较器 IC_{1D} 的反相端输入高于同相端的电压,比较器 IC_{1D} 输出低电平,场效应管 VF_8 截止,相当于开关断开,此时输出触发脉冲相位仅仅由闭环调节器的输出确定。

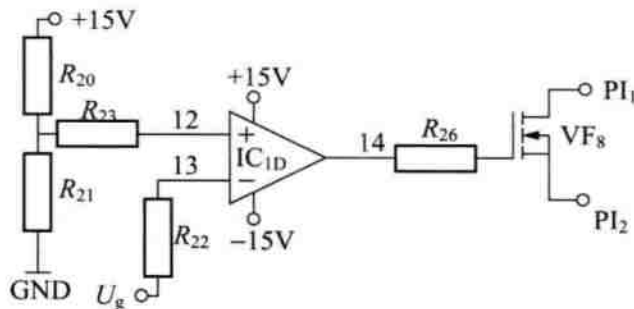


图 5.60 闭环调节器的锁零电路

6. 调节器部分

这部分的电路原理如图 5.61 所示。 IC_{1C} 为闭环调节器,把来自前级给定积分器的输出 $-U_{GD}$ 经 R_8 、 C_3 、 R_9 构成的 T 型滤波器滤波后与反馈环节的电流反馈信号 U_f 进行比较,对其误差进行比例积分调节,以保证 U_f 与给定积分器输出的绝对值 U_{GD} 相等,从而达到稳定输出电流的功能。 IC_{2A} 为差分器,它的作用是为了满足 SGK198 移相触发脉冲与用户调节输出电流的给定电压 U_g 为负逻辑的需要而增加的。

7. 反馈环节

这部分的电路原理如图 5.62 所示。来自主回路的电流信号若为交流信号,则

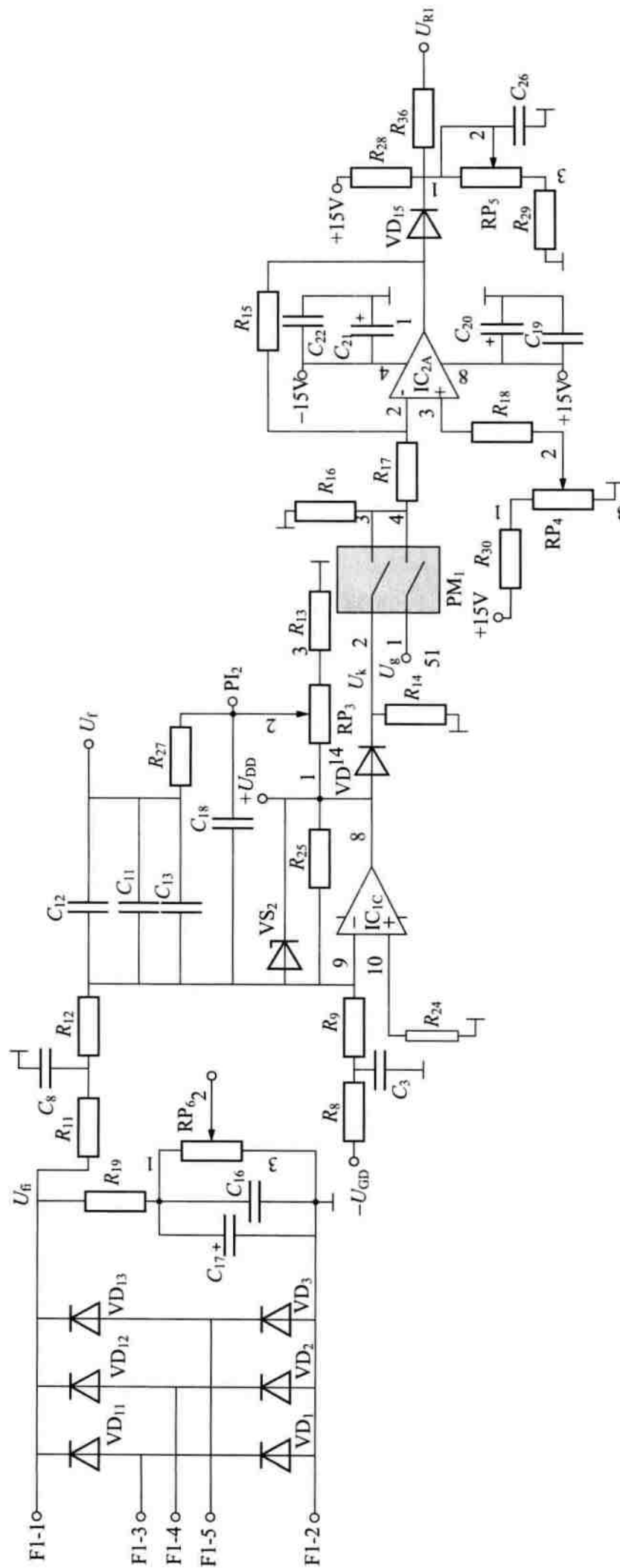


图5.61 调节器部分

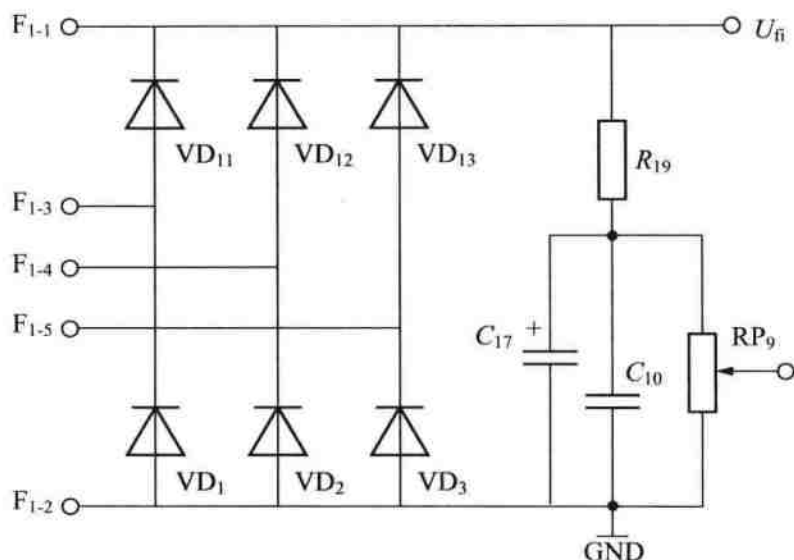


图 5.62 反馈环节

经外接在交流电流互感器二次的电阻变换为 $0 \sim 10\text{V}$ 的电压信号,由 $\text{VD}_1 \sim \text{VD}_3$ 及 $\text{VD}_{11} \sim \text{VD}_{13}$ 整流为直流,从 F_{1-1} 与 F_{1-2} 两点输出,提供给闭环调节器;当反馈信号为直流电流传感器输出的信号时,直流从 F_{1-1} 和 F_{1-2} 两点接入供给后续闭环调节器作为反馈信号,使用中交流反馈与直流反馈仅可选其中一种。

5.11.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 2000m。
- (2) 使用环境温度为 $0\sim+40^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气相对湿度为 $\leq 90\%$ (相对环境温度为 20°C 时)。
- (4) 周围无导电、易爆尘埃,无腐蚀和破坏绝缘的气体。
- (5) 无剧烈振动及冲击。

2. 应用注意事项

(1) KCZ6F-1 中的 KC198 专用控制芯片为 CMOS 器件,使用中要谨防静电造成击穿损坏,切忌直接用手触摸各引脚,也不要万用表去量测引脚。

(2) 采用平面安装,外形尺寸为长 \times 宽 \times 高 $=270\text{mm}\times 210\text{mm}\times 2\text{mm}$,安装孔距为长 \times 宽 $=255\text{mm}\times 195\text{mm}$,安装孔径为 $4\times\Phi 4.5$ 。图 5.63 给出了其元器件布置图。

(3) 安装时背面距导电安装板的距离应大于 20mm, 上下左右应留有拔接插件的空间, 下方 200mm 内应无发热较大的元器件。

(4) 连接导线面积应为 $\geq 0.3\text{mm}^2$ 的软导线;各反馈保护信号、给定电位器及脉冲输出线要用双绞线,每100mm不得少于8~10绞;从该控制板的输出 g_1 、 $+24\text{V} \sim g_6$ 、 $+24\text{V}$ 至被触发的6路晶闸管门-阴极驱动板之间的引线应尽可能短,并尽可能使用双绞线或同轴电缆屏蔽线。

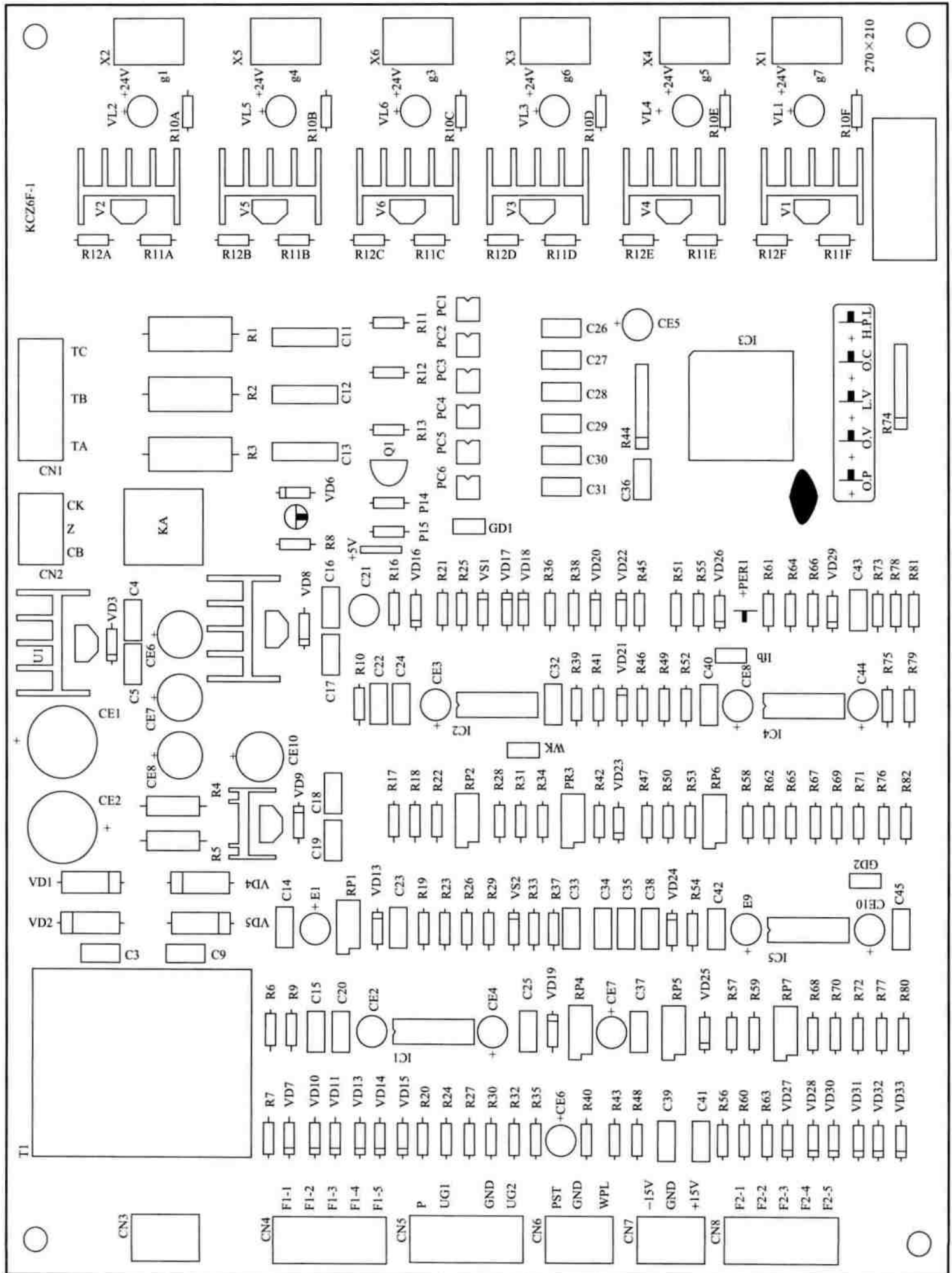


图5.63 KCZ6F-1数字式晶闸管控制板元器件布置图

(5) 标准使用时不用同步变压器,直接用于工作系统线电压 $\leq 660\text{V}$ (标准产品出厂时按 380V 焊接的限流电阻,高于 660V 或低于 380V 订货时应说明)的系统中,当用户系统工作电压高于 660V 或电压很低(低于 10V)时,建议使用同步变压器,同步变压器二次侧线电压为 380V 。无论是否使用同步变压器,同步电压都应按下述方法连接:对应 G_1 、 K_1 与 G_4 、 K_4 脉冲的那个臂的同步电压接控制板 CN_1 的 T_A ,对应 G_3 、 K_3 与 G_6 、 K_6 脉冲的那个臂的同步电压接 CN_1 的 T_B ,而对应 G_5 、 K_5 与 G_2 、 K_2 脉冲的那个臂的同步电压接 CN_1 的 T_C 。

3. 正确接线

(1) 接插件 X_1 、 X_4 、 X_3 、 X_6 、 X_5 、 X_2 各自的引脚 $1(+24\text{V})$ 与引脚 $2(g_i, i=1\sim 6)$ 接脉冲隔离与整形末级板的对应输入端。

(2) 接插件 CN_3 的引脚 1 与引脚 3 接 380V 供电电源。

(3) 接插件 CN_7 的引脚 $1(-15\text{V})$ 、引脚 $2(\text{GND})$ 、引脚 $3(+15\text{V})$ 为提供给用户使用的两路电源,允许负载能力为 20mA 。

(4) 接插件 CN_5 的引脚 $5(\text{P})$ 、引脚 $4(U_{G1})$ 、引脚 $3(\text{GND})$ 在用户使用需要给定积分时,直接接给定电位器($10\text{k}\Omega$),引脚 3 接地端,引脚 5 接固定端,而引脚 4 接滑动端,并把 CN_5 的引脚 $1(U_{G2})$ 悬空;当用户使用不需要给定积分时,则应把 CN_5 的引脚 2 接电位器的接地端,引脚 5 接固定端,而引脚 1 接滑动端,并把 CN_5 的引脚 $4(U_{G1})$ 悬空,同时将 TR_1 的 1 、 2 点接通。

(5) 接插件 CN_6 的引脚 $1(\text{RST})$ 与引脚 $2(+15\text{V})$ 之间接外部故障保护接点(在故障时为断开),用来进行外部故障时的保护(如冷却系统故障),不用此保护功能时可不接线; CN_6 的引脚 $3(\text{RST})$ 与引脚 $2(\text{GND})$ 之间接复位按钮,用来对保护进行复位(两点短接进行复位)。

(6) 接插件 CN_2 的引脚 $1(\text{CB})$ 、引脚 $2(\text{Z})$ 、引脚 $3(\text{CK})$ 为综合故障保护继电器的 1 组常开与常闭接点,触点容量为 $220\text{V}/1\text{A}$ 或 $380\text{V}/0.5\text{A}$ 。常开或常闭接点中任 1 对接点接保护或报警电路,都可作为分断用户主电路的动作接点。

(7) 当用户系统电压取样为交流取样时,接插件 CN_8 的引脚 $1\sim$ 引脚 3 接用户系统电压取样环节的输出,此时引脚 $5(F_{2-1})$ 与引脚 $4(F_{2-2})$ 悬空;若用户系统电压取样为直流,则电压取样接引脚 4 与引脚 5 (引脚 5 为正端),此时引脚 $1\sim$ 引脚 3 悬空。使用中电压取样可为交流,亦可为直流取样,幅值为 $0\sim 10\text{V}/0.1\text{A}$ 。

(8) 若用户系统电流取样应用交流取样,则接插件 CN_4 的引脚 $1\sim$ 引脚 3 接用户系统电流取样环节的输出,此时引脚 4 与引脚 5 悬空;若用户系统电流取样值为直流(如为霍尔电流传感器),则接插件 CN_4 的引脚 $5(F_{1-1})$ 取样端的正端,而引脚 $4(F_{1-2})$ 取样端的负端,此时引脚 $1\sim$ 引脚 3 悬空。使用中电流取样可为交流,亦可为直流,该取样输入应为把电流信号转换为电压信号,幅值为 $0\sim 10\text{V}/0.1\text{A}$ 。

4. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 为给定积分上升时间调节电位器:顺时针调节,给定积分时间变长;

逆时针调节,给定积分时间减小。

(2) RP_2 为不构成闭环的物理量——电流(或电压)实际取样值调节电位器:顺时针调节,取样值降低,相当于保护门槛提高;逆时针调节,取样值增加,相当于保护门槛降低。

(3) RP_3 为 PI 调节器 IC_{1C} 比例放大倍数微调电位器:顺时针调节,等效放大倍数增大;逆时针调节,等效放大倍数减小。

(4) RP_4 为最大触发控制角 α_{\max} 调节电位器:顺时针调节, α_{\max} 减小;逆时针调节, α_{\max} 增大。

(5) RP_5 为最小触发控制角 α_{\min} 调节电位器:顺时针调节, α_{\min} 减小;逆时针调节, α_{\min} 增大。

(6) RP_6 用来调节对应闭环控制的物理量——电压(或电流)的实际等效取样值大小:顺时针调节,取样值减小,相当于保护门槛提高;逆时针调节,取样值增加,相当于保护门槛降低。

5. 其他说明

(1) 接插件 CN_4 对应构成闭环的反馈量输入通道,需要构成什么量的闭环,则在该通道接该量的取样值。如要构成电流闭环,该通道则接电流取样值,此时 CN_8 通道接电压取样值;若构成电压闭环,则该通道接电压取样值,此时 CN_8 通道接电流取样值。

(2) 板内拨码开关 PM_1 为开环与闭环转换拨码开关,1 位拨通 ON 为开环控制,2 位拨通 ON 为闭环控制。

(3) TR_1 为 U_{G2} 功能选择跳线,1、2 接通开环为给定输入接通,3、2 接通为触发控制角电压输出接通。

5.12 KZSC6M-2 非独立弱磁直流调速控制板

KZSC6M-2 非独立弱磁直流电动机调速控制板适用于他励直流电动机恒转矩调速和恒功率调速,主要由工作电源、给定积分器、转速调节器、电流调节器、电枢电势检测、移相控制、脉冲形成、脉冲放大及脉冲变压器组成,与 KZC2M-2 配合使用,可以完成对电动机电枢电路及励磁电路的非独立弱磁控制与触发。

5.12.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 仅可实现直流电动机的电枢控制,板内不含对励磁的控制。
- (2) 单一大板结构。
- (3) 对外引出 7 个接插件。
- (4) 故障保护可靠,故障显示明确。

- (5) 可交流,也可直流反馈。
- (6) 与外励磁控制板配合可构成完整控制系统。
- (7) 板内设计有多个可选择端子,使应用更加方便灵活。
- (8) 板内设计有多个测试点,可方便测试工作状态。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路侧额定工作电压:380V(50Hz)。
- (2) 交流供电电源:三个单相交流,双交流 18V/0.5A 及 18V/1A。
- (3) 交流同步电源:三相四线、相电压 10V 负载电流 0.1A。
- (4) 电流反馈信号最大值:DC 2V 单端输入。
- (5) 转速反馈信号最大值:DC 5V 单端输入。
- (6) 弱磁升速范围:1:2。
- (7) 控制精度及范围:直流测速机反馈 $\pm 0.5\%$,1:100(最低转速 30 转/分以上);交流测速机反馈 $\pm 0.5\%$,1:100(最低转速 100 转/分以上)。
- (8) 触发脉冲移相范围: $\alpha=0^\circ\sim 150^\circ$ 。
- (9) 脉冲不对称度:小于 0.5° 。
- (10) 脉冲信号宽度每个单脉冲 12° ,互补双窄脉冲工作,两脉冲间隔 60° 。
- (11) 触发脉冲幅值电压:10V。
- (12) 触发脉冲最大值电流:600mA。
- (13) 故障保护继电器接点容量:AC 48V/2A 或 220V/1A。
- (14) 最大外形尺寸:370mm \times 205mm \times 40mm。

5.12.2 内部结构及工作原理

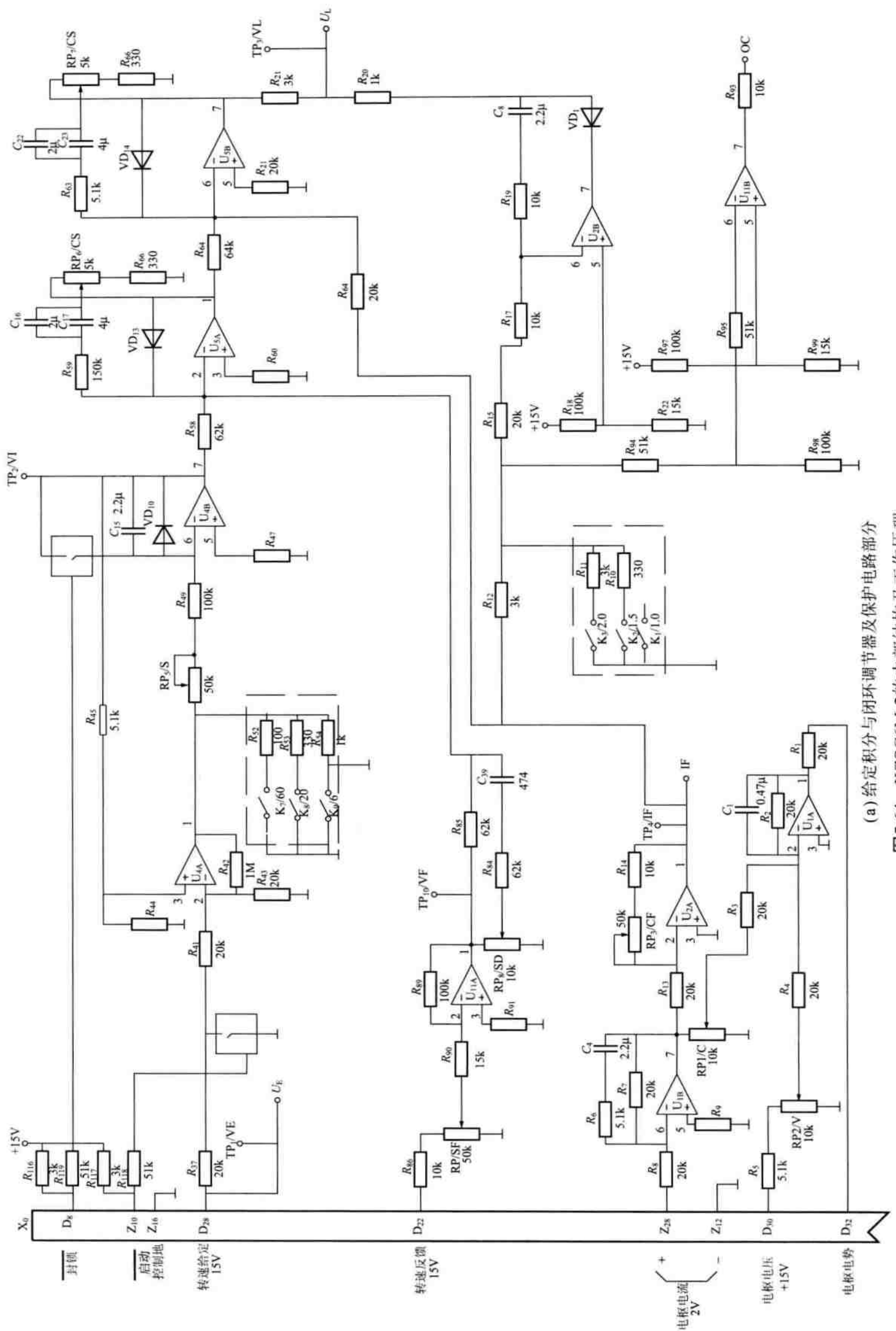
KZSC6M-2 的内部结构及工作原理如图 5.64 所示。图 5.64(a)是其给定积分、闭环调节器及保护电路部分, U_{5A} 与 U_{5B} 分别为转速与电流闭环调节器;而 U_{4A} 与 U_{4B} 组成积分时间可调节与设定的给定积分器。图 5.64(b)是其触发脉冲形成部分。

5.12.3 应用技术

KZSC6M-2 非独立弱磁直流电动机调速控制板可用于主电路结构为三相桥式全控或半控整流的系统中晶闸管的触发与控制,构成直流调速控制系统。

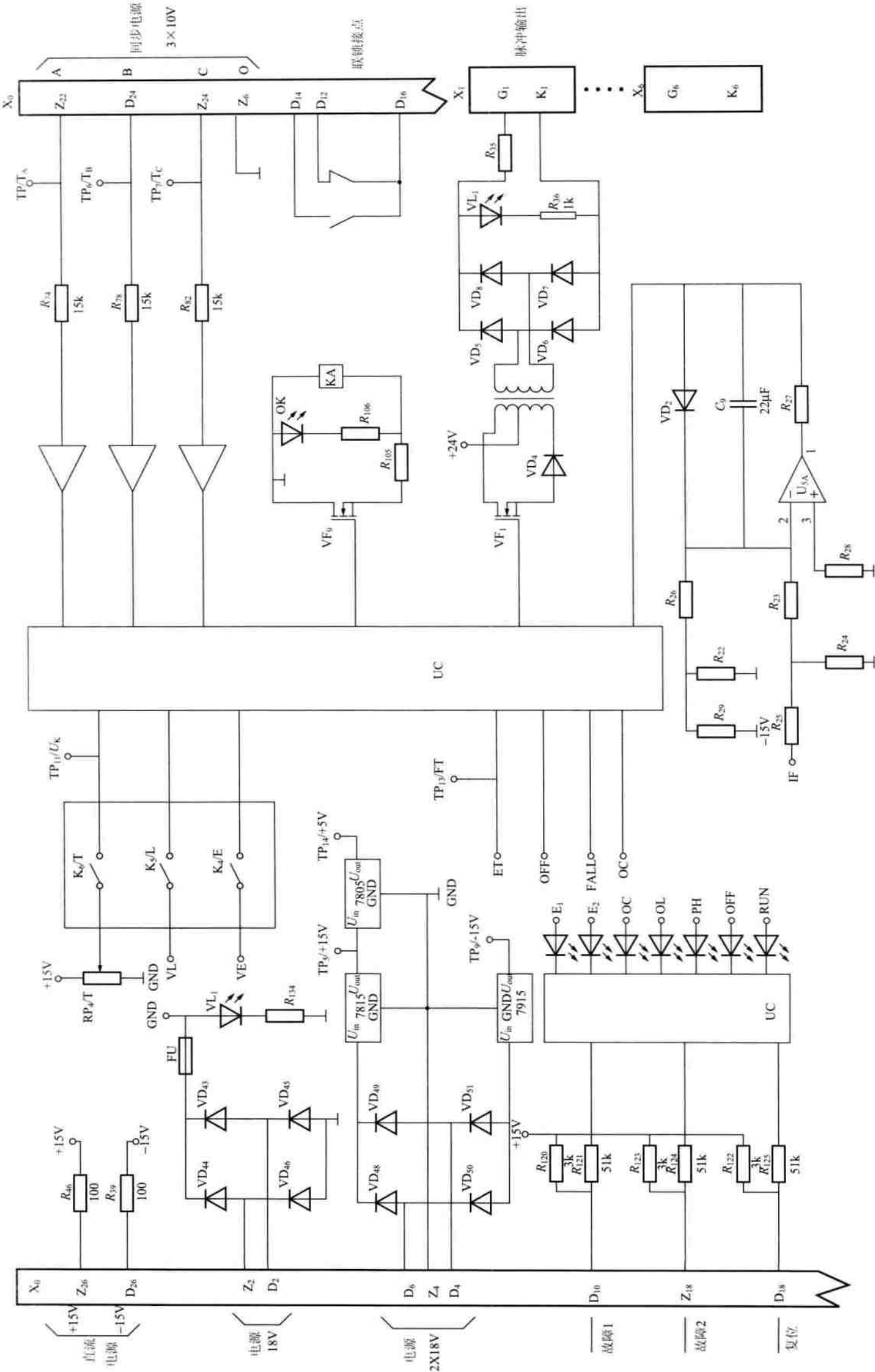
1. 主电路与同步电路相位匹配

同步电路应与主电路同相位,对主电路使用整流变压器的场合,如主变压器接法为 Y/ Δ -11,则同步变压器接法应为 Δ /Y-11;如主电路无整流变压器,则同步变压器接法应为 Y/Y-12。



(a) 给定积分与闭环调节器及保护电路部分

图5.64 KZSC6M-2的内部结构及工作原理



(b) 触发脉冲形成部分
续图5.64

2. 正确接线

KZSC6M-2 的实物外形与主要元器件布置如图 5.65 所示,对外引出共有 7 个接插件:1 个主接插件和 6 个脉冲输出接插件。

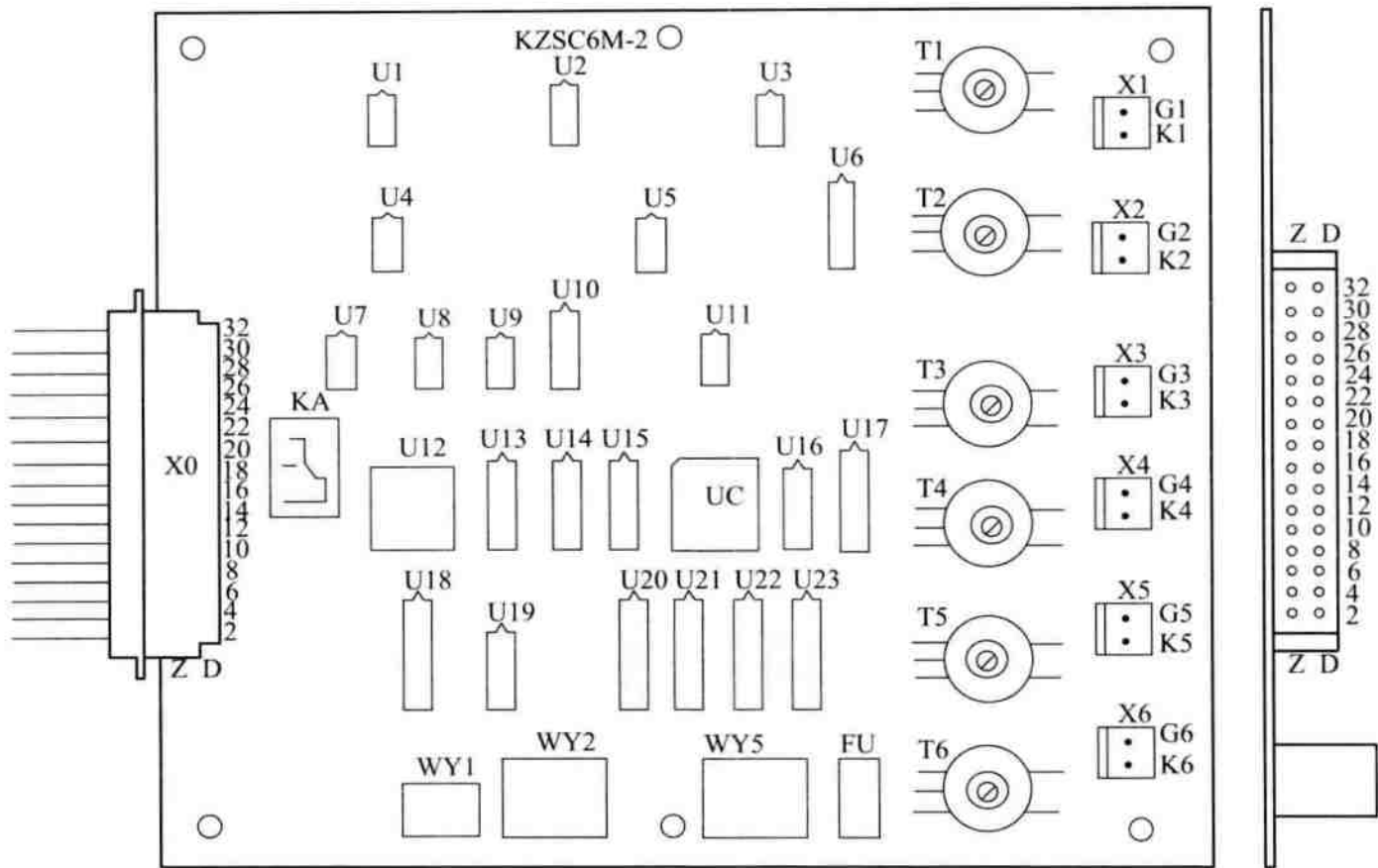


图 5.65 KZSC6M-2 的实物外形与主要元器件布置

(1) 主接插件 X₀:对外引出共 32 根线,接线方法见表 5.24。

表 5.24 主接插件 X₀ 的接线方法

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
末级脉冲功率放大触发电源连接端	D ₂	AC 18V/1A	接给脉冲功率放大触发部分提供供电变压器二次的 18V 绕组
	Z ₂		
工作电源连接端	D ₄	AC 18V/0.5A	接供电电源变压器二次有中间抽头的双 18V 绕组中的一个 18V
	Z ₄	双 18V 工作电源中点,与板上工作电源参考地相连	接供电电源变压器二次有中间抽头的双 18V 绕组的中间抽头
	D ₆	AC 18V/0.5A	接供电电源变压器二次有中间抽头的双 18V 绕组的另一个 18V
同步信号输入端	Z ₂₂	a 相同步信号输入:同步信号相电压幅值 10V/0.5A	接二次为星形接法的同步变压器二次 a 相
	D ₂₄	b 相同步信号输入:同步信号相电压幅值 10V/0.5A	接二次为星形接法的同步变压器二次 b 相
	Z ₂₄	c 相同步信号输入:同步信号相电压幅值 10V/0.5A	接二次为星形接法的同步变压器二次 c 相
	Z ₆	接为星形的三相同步信号中性点,与控制板工作电源参考地相连	接二次为星形接法的同步变压器二次星点

续表 5.24

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
转速给定输入 信号连接端	Z ₂₆	基准电源:DC +15V	接转速给定电位器(10k Ω ,1W) 一个固定端
	D ₂₈	电压给定:DC 0~15V	接转速给定电位器中间滑动端
	Z ₁₄	给定信号参考接地点	接转速给定电位器另一个固定端
直流电源输 出端	D ₂₆	板内电源提供板外使用 DC +15V,最大输出负载能力为 20mA	提供给板外需要 +15V 电源的 场合
	Z ₂₆	板内电源提供板外使用 DC -15V,最大输出负载能力为 20mA	提供给板外需要 -15V 电源的 场合
转速反馈信号 输入信号连接端	D ₂₂	对应额定转速时,直流取样电 压 5V	选用电动机转速反馈时,接转速 直流反馈信号正端,引脚 D ₃₀ 悬空
电流反馈信号 输入信号连接端	Z ₂₈	输出额定电流时,直流电流取样 变换后的电压为 2V	接电流反馈取直流时反馈信号 正端
反馈信号接 地端	Z ₁₂	板内接控制板工作电源接地点	接转速与电流反馈环节参考地
电枢电压输 入端	D ₃₀	电枢电压反馈值 0~+15V	选用电动机电枢电压反馈时,接 电动机电枢电压反馈环节输出,引 脚 D ₂₂ 与 D ₃₂ 悬空
电枢电势输 入端	D ₃₂	电枢电势输入值 0~-10V	选用电动机电枢电压反馈时,接 电动机电枢电压反馈环节输出,引 脚 D ₂₂ 与 D ₃₀ 悬空
设定工作状态 控制信号输入信 号连接端	D ₁₀	接地为故障状态,E ₁ 灯亮,不带 故障记忆	按所选定的使用功能使相应引 脚接地
	Z ₁₈	接地为故障状态,E ₂ 灯亮,带故 障记忆	
	Z ₁₀	接地为运行状态,RUN灯亮;悬 空为停止运行,控制软启动	
	D ₁₈	接地时可使所有故障记忆复位	
	D ₈	接地时禁止触发脉冲输出,OFF 灯亮	
	Z ₁₆	所有控制信号输入参数接地点	
故障输出输入 信号连接端	D ₁₂	故障保护继电器输出常闭接点	按对故障执行电路是指示还是 分断主电路的应用不同,选不同的 接点串入故障保护执行电路中
	D ₁₄	故障保护继电器输出常开接点	
	D ₁₆	故障保护继电器输出公共点,无 故障时 D ₁₄ 与 D ₁₆ 接通	

3. 发光二极管状态指示

KZSC6M-2 设计了 15 个状态指示发光二极管,发光二极管的代号及点亮时所代表的状态见表 5.25。

表 5.25 发光二极管的代号及点亮时所代表的状态

代 号	发光二极管点亮时所代表的状态
E ₁	外部故障 1,对应于 X ₀ 的 D ₁₀ 输入端
E ₂	外部故障 2,对应于 X ₀ 的 Z ₁₈ 输入端
PH	相序错或缺相故障指示
OC	过电流故障指示
OL	过载故障指示
RUN	启动运行,给定积分器解锁
OFF	输出脉冲被封锁,给定积分器锁零
OK	无故障,继电器吸合
+24	+24V 正常指示
VL ₁ ~VL ₆	6 路脉冲正常指示

4. 短接端子功能

KZSC6M-2 板内设计了 9 个选择功能的短接端子,表 5.26 给出了这些短接端子的代号及短接后的功能。

表 5.26 短接端子代号及短接后的功能

短接端子号	代 号	短接后的功能
K ₁	1.0	最大启动电流值等于设定值
K ₂	1.5	最大启动电流值等于设定值的 1.5 倍
K ₃	2.0	最大启动电流值等于设定值的 2.0 倍
K ₄	E	可由给定输入端(D ₂₈)直接控制脉冲移相
K ₅	L	设定控制系统处于双闭环工作状态
K ₆	T	用电位器 RP ₁ 检查脉冲移相范围
K ₇	60	设定加速、减速时间挡为 10~60s
K ₈	20	设定加速、减速时间挡为 3~20s
K ₉	6	设定加速、减速时间挡为 1~6s

5. 各电位器的作用与调节方地法

- (1) RP₁/C 为电枢反电势设定电位器:顺时针调节,电枢电势设定值增加。
- (2) RP₂/V 为电枢电压反馈量设定电位器:顺时针调节,电枢电压反馈量增加。

(3) RP_3/CF 为电流反馈量设定电位器:当主电路为额定输出电流时,调 RP_3 使测试点 TP_4 为 2V。

(4) RP_4/T 为移相范围检查电位器:当 K_6/T 短接端子接通时,调节 RP_4 可检查触发脉冲移相范围, α 应从 0° 到 150° ,顺时针调节, α 减少。

(5) RP_5/S 为给定积分器时间常数设定电位器:配合 $K_7 \sim K_9$ 调节,顺时针调节,时间延长。

(6) RP_6/VS 为转速调节器稳定度调节电位器“可按实际输出转速稳定状况,顺时针或逆时针进行调节。

(7) RP_7/CS 为电流调节器稳定度调节电位器:可按实际输出电流稳定状况,顺时针或逆时针进行调节。

(8) RP_8/SD 为转速反馈微分时间常数设定电位器:顺时针调节,转速反馈微分时间常数增加。

(9) RP_9/SV 为转速反馈量调节电位器:可设定最高转速,顺时针调节,转速反馈量降低,最高转速值增加。

6. 测试点及正常参数

KZSC6M-2 板内共设计了 16 个测试点,正常工作时测试点的参数见表 5.27。

表 5.27 测试点的代号和正常工作时的参数

测试点序号	代 号	测试点名称	参 数
TP_1	U_E	外部给定电压测试点	DC 0~15V
TP_2	U_I	给定积分器输出电压测试点	DC 0~8V
TP_3	U_L	电流调节器输出电压测试点	DC 0~8V
TP_4	I_F	电流反馈信号测试点	DC 2V/额定电流
TP_5	+15V	工作电源电压测试点	DC +15V
TP_6	T_B	B 相同步电压测试点	AC 10V 相电压
TP_7	T_C	C 相同步电压测试点	AC 10V 相电压
TP_8	T_A	A 相同步电压测试点	AC 10V 相电压
TP_9	-15V	负工作电压测试点	DC -15V
TP_{10}	U_F	转速反馈信号测试点	DC -8V/额定转速
TP_{11}	U_K	控制电源电压测试点	DC 0~9V
TP_{12}	FP	时钟 2 测试点	
TP_{13}	FT	时钟 1 测试点	
TP_{14}	+5V	+5V 工作电源电压测试点	DC +5V
TP_{15}	GND	零电位点测试点	0V
TP_{16}	+24V	+24V 工作电压测试点	DC +24V

7. 典型应用举例与调试

KZSC6M-2 用于直流电动机调速系统的原理如图 5.66 所示,该系统完成了 KZSC6M-2 所没有的弱磁控制功能。具体调试步骤如下。

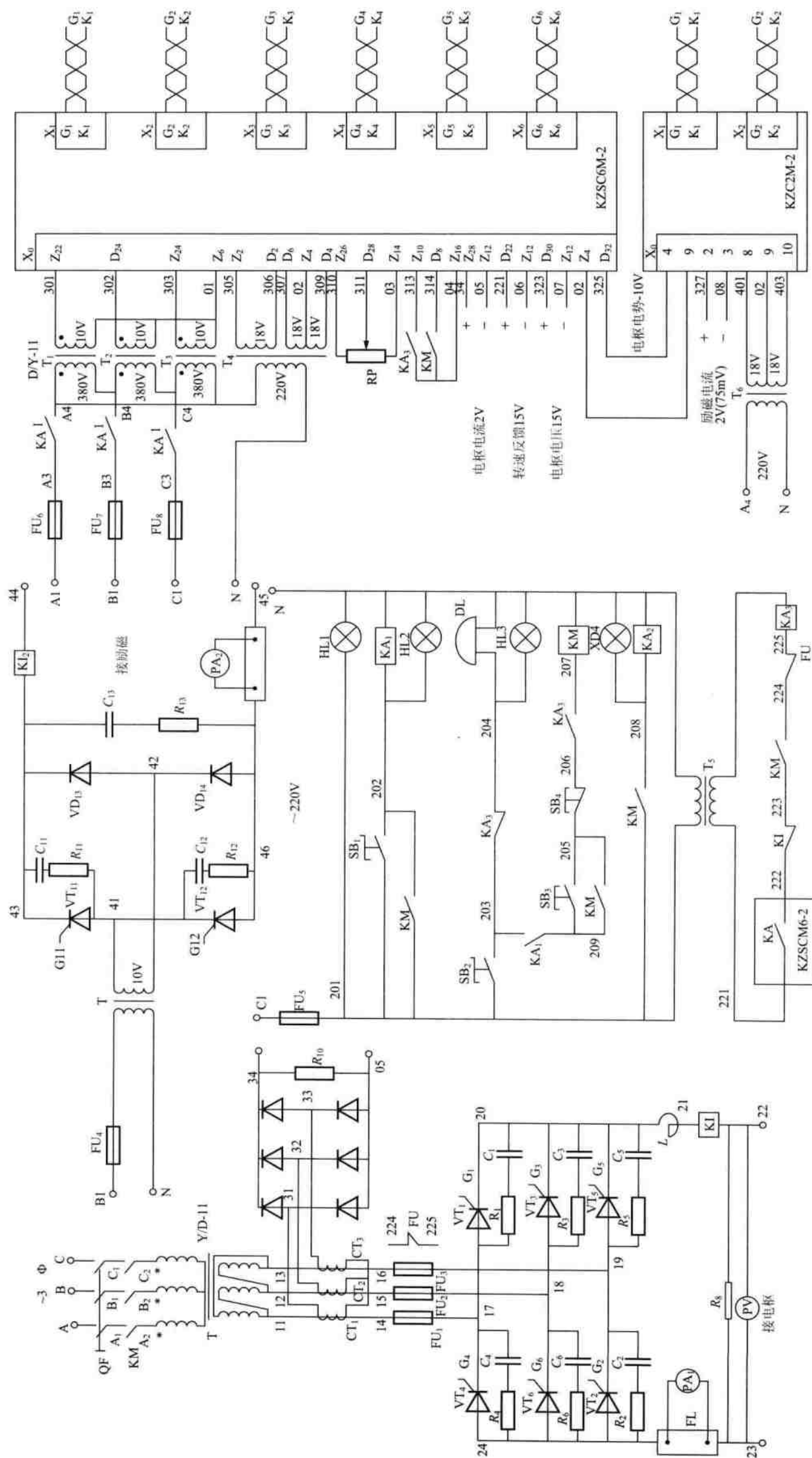


图 5.66 KZSC6M-2 非独立弱磁直流电动机调速系统

(1) 合控制电源,控制板上各发光二极管指示应正常。

(2) 调 KZC2M-2 励磁板:

① 将 K_1/T 短接,连接好励磁电流反馈;

② 调 RP_3/CG 为零,调 RP_1/CL 使励磁电流为允许最小值;

③ 顺时针调 RP_5/E 到最大,调 RP_3/CG 使励磁电流为额定值。

(3) 检查电枢回路同步电路与主电路的相位关系,调 KZSC6M-1 板。

将板上 K_6/T 短接,将电位器 RP_4/T 逆时针旋到底,带上适当电阻负载,合主电路,顺时针调 RP_4/T ,主电路直流电压由小到大平稳变化,并且不发生跃变,说明同步与主电路相位正确。

(4) 反馈量调整:

① 将控制板上 K_4/E 短接,检查励磁,带电动机负载;

② 合主电路,调节外部给定电位器,电动机转速应能从零变化到额定转速,保持电动机在适当转速;

③ 调整转速反馈量电位器 RP_9/SF ,测量 TP_{10}/VF 点电压,对应电动机额定转速为 $-4V$;

④ 调整电流反馈量电位器 RP_3/CF ,测量 TP_4/IF 点电压,对应电动机额定电流为 $2V$ 。

(5) 闭环状态调节:

① 将控制板上 K_5/L 短接,使被控直流电动机调速电力电子变流设备进入闭环工作状态;

② 选择控制板上 K_1 、 K_2 、 K_3 短接,可限制电动机最大电流;

③ 根据电动机大小选择 K_7 、 K_8 、 K_9 短接,将 RP_5/S 旋至中部;

④ 合主电路,合启动,调转速给定电位器;

⑤ 调节 RP_6/VS 、 RP_7/CS 、 RP_8/SD 电位器,将电动机转速的响应速度及稳定性调到合适的值。

(6) 电动机反电势调整:

① 将电位器 RP_1/C 逆时针旋到底;

② 将电动机调到额定转速,调 RP_2/V ,使输出端 D_{32} 为 $-8V$;

③ 加大电动机负荷,调 RP_1/C ,使输出端 D_{32} 保持为 $-8V$ 。

(7) 调弱磁升速状态的检验:

① 将电动机调到额定转速;

② 调 RP_5/E ,使励磁电流为额定值的 95% ;

③ 加大转速给定,电动机应进入弱磁升速。

8. 注意事项

(1) 注意电流、电压反馈信号的极性为正极性,确保构成负反馈系统。

(2) 电流、电压反馈及给定电位器连接导线应分别用绞合线。

(3) 不同信号的接地点请按表 5.24 连接,以免相互干扰。

5.13 KFSC6M-1 充放电控制板

KFSC6M-1 充放电控制板是在原 KBSC6M-1 的基础上改进设计的,基础上增加了电流、电压给定积分器等功能,进一步减少了主电路在各种操作状态下的电流冲击,提高了放电时的可靠性,可用于各种晶闸管稳压、稳流类电力电子变流设备。

5.13.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 调试极为方便。
- (2) 大多数参数的设定都由电路内部自动完成。
- (3) 需要用户调整的电位器只有最大电压及最大电流的设定值。
- (4) 具有极强的通用性和互换性。
- (5) 与 KBSC6M-1 接插件基本兼容,只减少了 2 个外部故障输入端。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路侧额定工作电压:380V,50Hz。
- (2) 交流供电电源:单相双交流 18V/0.5A 与 1 组交流 18V/1.5A。
- (3) 交流同步电源:三相四线、相电压 10V/0.5A。
- (4) 电压反馈信号最大值:双端输入或单端输入 DC 12V。
- (5) 电流反馈信号:双端输入或单端输入 DC 1V 或双端输入或单端输入 DC 75mV。
- (6) 触发脉冲移相范围:整流运行 $\alpha=0^{\circ}\sim 150^{\circ}$;逆变运行 $\beta=30^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。
- (7) 触发脉冲不对称度:小于 0.5° 。
- (8) 脉冲信号宽度每个 12° ,应用两间隔 60° 的双窄脉冲。
- (9) 触发脉冲电压幅值:10V。
- (10) 触发脉冲最大电流:400mA。
- (11) 软启动时间:5s。
- (12) 最大外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=345mm \times 205mm \times 35mm。
- (13) 故障信号接点容量:AC 48V/2A。

5.13.2 内部结构及工作原理

KFSC6M-1 的内部结构及工作原理如图 5.67 所示。 U_{4A} 为反相与滤波单元, U_{4B} 为闭环调节器, U_{3A} 、 U_{3B} 、 U_{6A} 为过流、过压保护,板内还集成有电压与电流的给定积分器及电流取样信号的放大和输出脉冲环节。

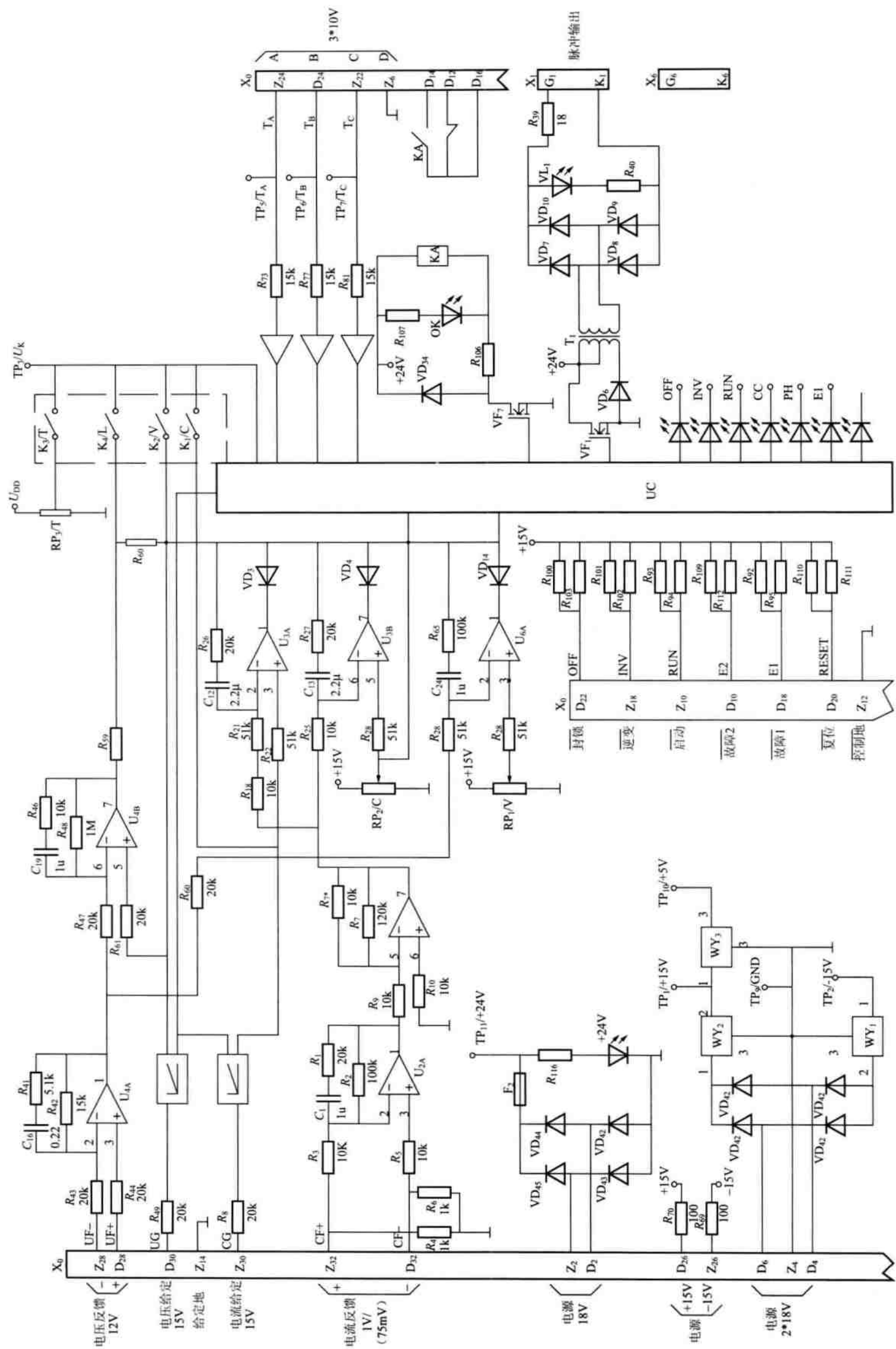


图5.67 KFSC6M-1充电电控板的内部结构及工作原理

5.13.3 应用技术

主要元器件布置如图 5.68 所示。

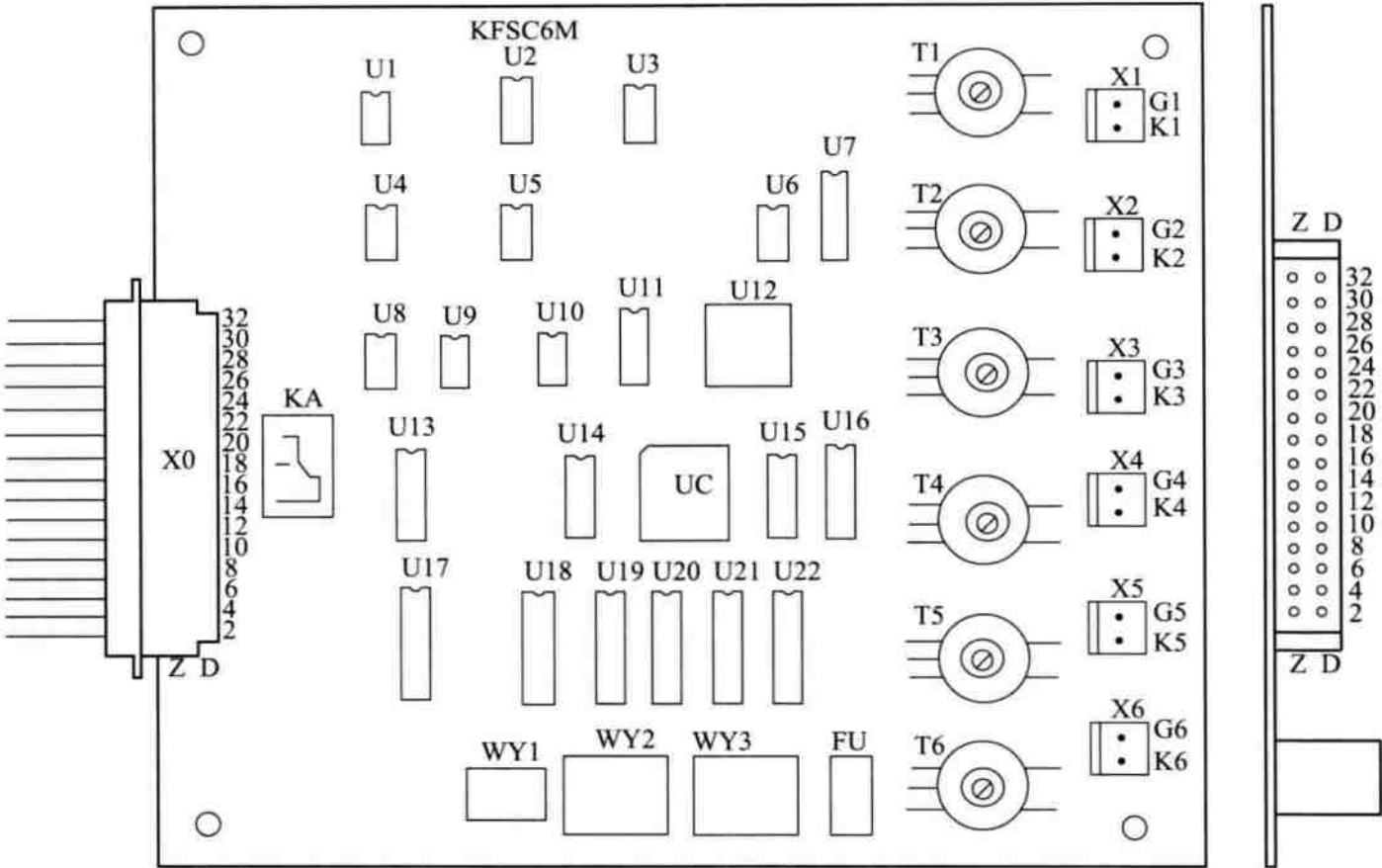


图 5.68 KFSC6M-1 的实物外形及主要元器件布置

1. 正确接线

KFSC6M-1 共对外引出 7 个接插件：1 个主接插件 X₀ 和 6 个脉冲输出接插件。

(1) 主接插件 X₀：共引出 32 根线，接线方法见表 5.28。

表 5.28 主接插件 X₀ 的接线方法

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
末级脉冲功放 电源连接端	D ₂	AC 18V/1.2A	接供电电源变压器二次的一个交流 18V 绕组
	Z ₂		
工作电源连接端	D ₄	AC 18V/0.5A	接供电电源变压器具有带中间抽头的双交流 18V 绕组中的一个 18V
	Z ₄	双 18V 工作电源中点，与板上工作电源参考地相连	接供电电源变压器具有带中间抽头的双交流 18V 绕组中的中间头
	D ₆	AC 18V/0.5A	接供电电源变压器具有带中间抽头的双交流 18V 绕组中的另一个 18V

续表 5.28

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
同步信号输入端	Z ₂₄	a 相同步信号输入;同步信号相电压幅值 10V/0.1A	接二次接为星形的同步变压器 a 相 10V
	D ₂₄	b 相同步信号输入;同步信号相电压幅值 10V/0.1A	接二次接为星形的同步变压器 b 相 10V
	Z ₂₂	c 相同步信号输入;同步信号相电压幅值 10V/0.1A	接二次接为星形的同步变压器 c 相 10V
	Z ₆	同步信号中性点	接二次接为星形的同步变压器二次的星形点
给定输入信号连接端	D ₃₀	电压给定:DC 0~15V,稳压运行时,稳流时接 Z ₃₀ 端	外接给定电压信号的输入,Z ₃₀ 悬空
	Z ₃₀	电流给定:DC 0~15V,稳流运行时,稳压时接 D ₃₀ 端	外接给定电流信号的输入,D ₃₀ 悬空
	Z ₁₄	给定接地点	接外部给定环节的参考接地点
直流电源输出端	D ₂₆	板内电源提供板外使用的 DC +15V,最大输出负载能力为 20mA	接外部需要+15V 的电路输入
	Z ₂₆	板内电源提供板外使用的 DC -15V,最大输出负载能力为 20mA	接外部需要-15V 的电路输入
电压反馈信号输入端	D ₂₈	电压反馈信号正端:直流取样电压 12V,最大共模电压±15V	接电压反馈环节的输出信号正
	Z ₂₈	电压反馈信号负端:板内连接工作参考地	接电压反馈环节的输出信号负
电流反馈信号输入端	Z ₃₂	电流反馈信号正端:直流互感器信号 1V(或 75mV、将 R ₇ * 电阻分断)	接电流反馈环节的输出信号正
	D ₃₂	电流反馈信号负端:板内连接工作参考地	接电流反馈环节的输出信号负
外部故障输入	D ₁₈	接地为故障状态,E ₁ 灯亮,选择带故障记忆的外部故障保护	按用户选定的故障保护方式,而使不同引脚接地
	D ₁₀	接地为故障状态,E ₂ 灯亮,选择不带故障记忆的外部故障保护	
	Z ₁₆	外部故障保护参考接地点	
设定工作状态控制信号输入端	Z ₁₀	接地为运行状态,RUN 灯亮;悬空为停止运行,控制软启动	按用户选定的工作模式设定状态,使不同的引脚接地
	Z ₁₈	接地为逆变状态,INV 灯亮;悬空为整流状态	
	D ₂₀	接地时可使所有故障记忆复位	
	D ₂₂	接地时禁止触发脉冲输出,OFF 灯亮	
	Z ₁₂	控制信号接地点	

续表 5.28

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
故障输出输入端	D ₁₂	故障保护继电器输出常闭接点	按故障保护后是接指示灯指示还是分断主电路的不同而选择常开或常闭接点,接入继电操作电路
	D ₁₄	故障保护继电器输出常开接点	
	D ₁₆	故障保护继电器输出公共点	

(2) 脉冲输出接线插件:6 个接线端子 $X_1 \sim X_6$,应用时 X_i 中的 $G_i、K_i(i=1 \sim 6)$ 接主电路中对应的晶闸管 $VT_i(i=1 \sim 6)$ 的门-阴极。为抗干扰,应采用双绞线或屏蔽线。

2. 主电路与同步变压器相位匹配

主电路与同步变压器应同相位,如主电路接有整流变压器,且接法为 $\Delta/Y-11$,则同步变压器接法应为 $\Delta/Y-11$;如主电路为交流相控调压,主变压器接法为 $Y/Y-12$ 点,则同步变压器接法应为 $Y/Y-12$ 。

3. 短接端子功能

KFSC6M-1 的许多功能可以按需要短接板上设计的短接端子来实现,表 5.29 是各短接端子短接后的功能。

表 5.29 短接端子代号及短接后的功能

短接端子号	代 号	短接后的功能
K ₁	C	RUN 端接地时,可由电流给定输入端(Z_{30})直接控制脉冲移相
K ₂	V	RUN 端接地时,可由电压给定输入端(D_{30})直接控制脉冲称相
K ₃	T	电位器 RP_3 可直接控制脉冲移相,顺时针旋转, α 由大变小
K ₄	L	系统处于稳流或稳压闭环工作状态

4. 发光二极管状态指示

KFSC6M-1 板内有 15 个状态指示发光二极管,表 5.30 给出了各发光二极管的代号及点亮时所指示的状态。

表 5.30 发光二极管的代号及点亮时所指示的状态

代 号	发光二极管点亮时所指示的状态
OFF	输出脉冲被封锁
INV	逆变保护状态
RUN	运行
PH	相序错或缺相故障指示
OC	过电流保护状态
E ₁	外部故障,对应于 X_0 的 D_{18} 输入端

续表 5.30

代 号	发光二极管点亮时所指示的状态
E ₂	外部故障,对应于 X ₀ 的 D ₁₀ 输入端
+24	+24V 正常
OK	无故障,继电器吸合
VL ₁ ~VL ₆	6 路脉冲指示

5. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP₁/V 为最大输出电压设定电位器:有电压反馈时可设定最大输出电压,顺时针调节,输出电压增大。

(2) RP₂/C 为最大输出电流设定电位器:有电流反馈时可设定最大输出电流,顺时针调节,输出电流增大。过电流保护值为最大输出电流设定值的 1.5 倍,由内部自动设定。

(3) RP₃/T 为移相范围检查电位器:当 K₃ 短接端子接通时,调整 RP₃ 可检查触发脉冲移相范围,整流时 α 应从 0°到 150°,逆变时 β 应从 90°到 30°(相当于 α 从 90°到 150°)。顺时针调节, α 值减少。

6. 测试点的正常参数

KFSC6M-1 板内设计了 11 个测试点,可通过测试这些点的参数来判断控制板的工作状态,表 5.31 给出了测试点的代号及正常工作时的参数。

表 5.31 各测试点的正常工作参数

测试点序号	代 号	名 称	参 数
TP ₁	+15V	正工作电源电压测试点	DC +15V
TP ₂	-15V	负工作电源电压测试点	DC -15V
TP ₃	U _K	控制电源电压测试点	DC 0~12V
TP ₄	FT	时钟信号 1 测试点	
TP ₅	T _A	a 相同步电压测试点	交流相电压:10V
TP ₆	T _B	b 相同步电压测试点	交流相电压:10V
TP ₇	T _C	c 相同步电压测试点	交流相电压:10V
TP ₈	FP	时钟信号 2 测试点	
TP ₉	GND	零电位点	0V
TP ₁₀	+5V	+5V 工作电源电压测试点	DC +5V
TP ₁₁	+24V	+24V 工作电源电压测试点	DC +24V

7. 典型应用实例与调试

KFSC6M-1 充放电控制板适用于主电路结构形式为三相全控桥晶闸管整流电路、三相全控桥晶闸管有源逆变电路,也可用于主电路接为三相三线制的三相晶闸管反并联交流调压电路。它可用作蓄电池充放电电力电子变流设备的中央控制单元,还可用于各种交直流稳压、稳流、电镀、电解、电冶炼、电加热电力电子变流设备及交流相控调压系统。

图 5.69 是 KFSC6M-1 用于 KCFA-100/300 充放电装置的电路原理图,调试步骤如下。

(1) 合控制电源,控制板上各发光二极管应指示正常。

(2) 控制板内部手动调节:将板上 $K_3(T)$ 短接,把板上电位器 RP_3/T 逆时针旋到底,带上适当负载,合主电路。顺时针调节 RP_3 ,主电路直流电压应由小到大平稳变化,且不发生振荡,并大于额定电压,说明同步与主电路相位正确。

(3) 控制板外部手动开环调节:如是稳压电源,将板上 $K_2(V)$ 短接, $K_1(C)$ 断开;如是稳流电源,则将 $K_1(C)$ 短接, $K_2(V)$ 断开,合主电路以后,调节外部给定电位器,主电路输出直流电压也应从零平稳变化到大于额定电压。

(4) 闭环自动调节:将控制板上 $K_4(L)$ 短接,带上适当负载,合主电路,电力电子变流设备进入稳流或稳压的闭环工作状态。

(5) 使用电压反馈时,调板上电位器 RP_1/V ,设定限压值。

(6) 使用电流反馈时,调板上电位器 RP_2/C ,调整限流值。

(7) 在闭环工作状态下,如果系统发生振荡,则可以调整 PI 调节器时间常数,电流环为 R_{20} 、 C_{11} ,电压环为 R_{43} 、 C_{23} 。一般情况下,改变比例电阻或积分电容均可使系统稳定工作。

(8) 在逆变状态下合主电路,电力电子变流设备进入逆变稳流工作状态。

8. 应用注意事项

(1) 当电流反馈信号取自分流器时,除将板内 R_7^* 分断外,还应保证电压反馈信号在靠近分流器端取电压,并注意电流、电压反馈信号的极性。

(2) 当电流反馈信号取自互感器且电压反馈信号直接取自直流侧时,还应将电压反馈信号负端 D_{28} 接控制板地 Z_2 端。

(3) 为防止主电路合闸冲击,控制板应先通电,主电路后通电,主电路通电后合运行端。

5.14 KDSC6M-1 稳压/稳流电力电子变流设备控制板

KDSC6M-1 稳压/稳流电力电子变流设备控制板以复杂可编程逻辑芯片 CPLD 作为核心单元,内部可切换电压与电流反馈构成稳压或稳流系统,以满足不同场合的使用要求。

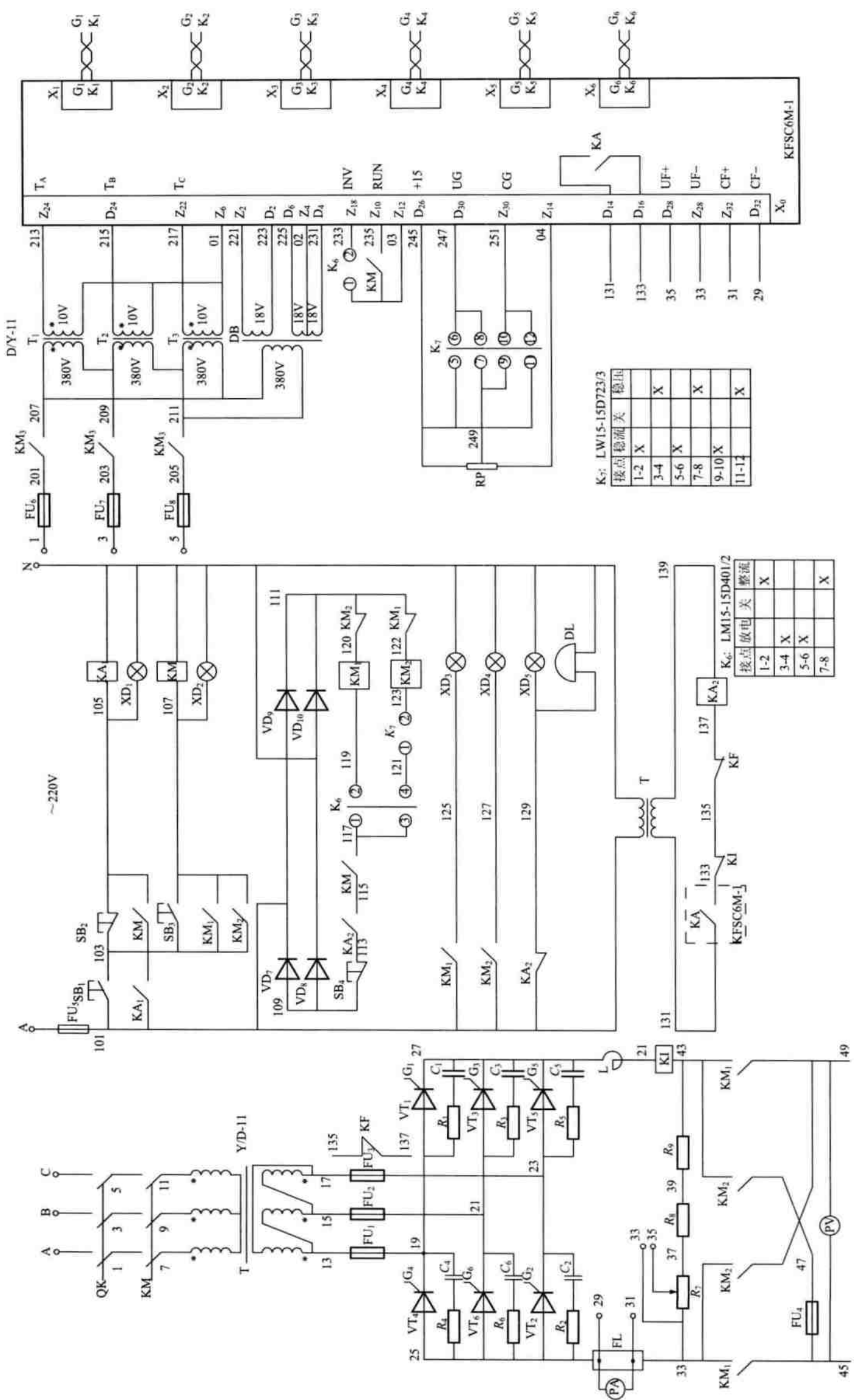


图5.69 KFSC6M-1用于KCF A-100/300充电装置

5.14.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 一块控制板既可用于稳压,也可用于稳流状态。
- (2) 内含脉冲功率放大、隔离与整形环节,输出可直接触发晶闸管。
- (3) 板内设计有启动与封锁逻辑。
- (4) 采用 CPLD 作为脉冲形成单元输出触发脉冲。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V/50Hz。
- (2) 工作交流供电电源:三个交流单相双交流 18V/0.5A 及一个交流 18V/1.2A。
- (3) 交流同步电源:三相四线、相电压 10V/0.5A。
- (4) 电压反馈信号最大值:DC 12V。
- (5) 电流反馈信号最大值:DC 1V 或 DC 75mV。
- (6) 触发脉冲移相范围:整流运行 $\alpha=0\sim150^\circ$ 。
- (7) 触发脉冲不对称度:小于 0.5° 。
- (8) 脉冲信号宽度:采用双窄脉冲模式间隔 60° ,单脉冲宽度 12° 。
- (9) 触发脉冲电压幅值:10V;
- (10) 触发脉冲最大电流:400mA。
- (11) 最大外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=280mm \times 205mm \times 35mm。

5.14.2 内部结构及工作原理

图 5.70 是 KDSC6M-1 控制板的内部结构及工作原理图,包含给定积分器、闭环调节器、触发脉冲形成、脉冲功率放大、隔离与整形环节及直流电源。

5.14.3 应用技术

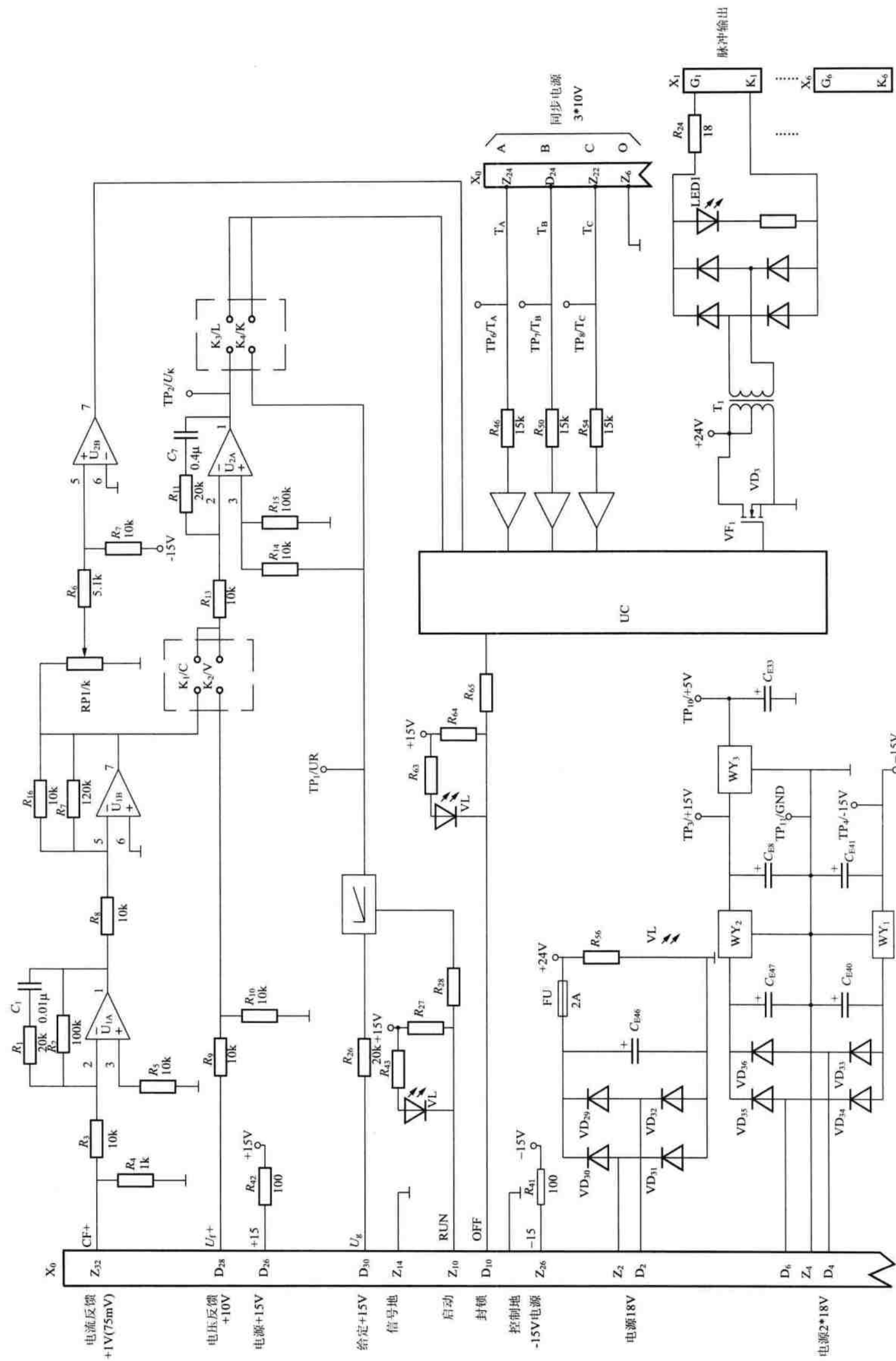
KDSC6M-1 控制板的实物外形及主要元器件布置如图 5.71 所示,共有 7 个接插件:1 个主接插件 X_0 ,6 个输出脉冲接插件 $X_1\sim X_6$ 。

1. 正确接线

- (1) 主接插件 X_0 :共 32 个接线端子,接线方法见表 5.32。
- (2) 脉冲输出接插件:共有 6 个接线端子 $X_1\sim X_6$,分别接主电路中对应的 6 个晶闸管的门-阴极。为抗干扰,应采用双绞线或屏蔽线。

2. 各电位器的作用与调节方法

KDSC6M-1 板内仅有 1 个电位器 RP_1/K ,为过电流保护值设定电位器:顺时针调节,过电流保护门槛增加。



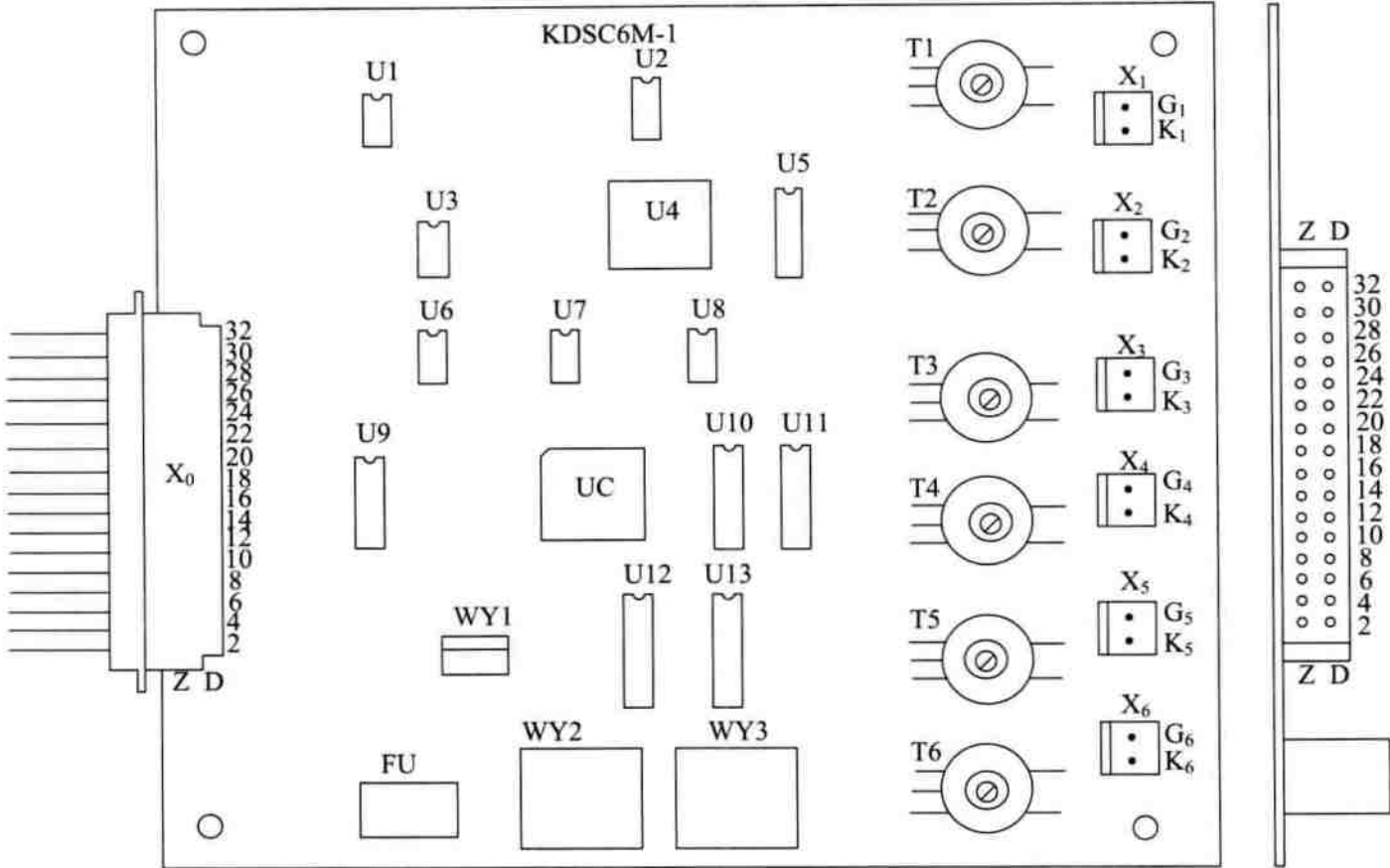


图 5.71 KDSC6M-1 的实物外形及主要元器件布置

表 5.32 主接插件 X₀ 的接线方法

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
末级脉冲功放 电源连接端	D ₂	AC 18V/1.2A	接电源变压器二次提供的交流 18V 绕组
	Z ₂		
工作电源连接端	D ₄	AC 18V/0.5A	接电源变压器二次具有中间抽头的双交流 18V 绕组中一个
	Z ₄	双 18V 工作电源中点,与板上工作电源参考地相连	接电源变压器二次具有中间抽头的双交流 18V 绕组的中间抽头
	D ₆	AC 18V/0.5A	接电源变压器二次具有中间抽头的双交流 18V 绕组中另一个
同步信号输入端	Z ₂₄	a 相同步信号输入;同步信号相电压幅值 10V/0.5A	接二次为星形接法的同步变压器 a 相 10V
	D ₂₄	b 相同步信号输入;同步信号相电压幅值 10V/0.5A	接二次为星形接法的同步变压器 b 相 10V
	Z ₂₂	c 相同步信号输入;同步信号相电压幅值 10V/0.5A	接二次为星形接法的同步变压器 c 相 10V
	Z ₆	接为星形的三相同步信号中性点,与控制板工作电源参考地相连	接二次为星形接法的同步变压器星形点

续表 5.32

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
直 流 电 源 输 出 端	D ₂₆	DC +15V,最大输出 20mA	接外部电路需要正电源 +15V 的电路 输入
	Z ₂₆	DC -15V,最大输出 20mA	接外部电路需要负电源 -15V 的电路 输入
给 定 反 馈 信 号 连 接 端	D ₃₀	给定:0~+15V	接用户给定电路的输出
	D ₂₈	电压反馈:取样电压+10V	接电压反馈环节的输出
	Z ₃₂	电流反馈:取样电压+1V (或 75mV,将 R ₆ 分断)	接电流反馈环节的输出
	Z ₁₄	信号地负端	接外部给定电路及反馈环节参考地
控 制 信 号 连 接 端	Z ₁₀	接地为运行状态,RUN 灯 亮;悬空为停止运行	按用户选定的控制状态使相应引脚接地
	D ₁₀	接地时禁止触发脉冲输 出,OFF 灯亮	
	Z ₁₂	所有控制信号接地点	

3. 发光二极管状态指示

KDSC6M-1 板内有 9 个状态指示发光二极管,各发光二极管的代号及点亮时所指示的状态见表 5.33。

表 5.33 发光二极管的代号及点亮时指示的状态

代 号	发光二极管点亮时所指示的状态
RUN	启动运行,给定积分器解锁
OFF	输出脉冲被封锁,给定积分器锁零
+24	+24V 正常
VL ₁ ~VL ₆	6 路脉冲指示

4. 主电路与同步电路相位匹配

主电路与同步变压器应同相位,如 KDSC6M-1 控制板应用时,主电路使用整流变压器且整流变压器接法为 $\Delta/Y-11$,则同步变压器接法也应为 $\Delta/Y-11$;如主电路整流变压器接法为 $Y/Y-12$ 或为交流相控调压应用,则同步变压器接法为 $Y/Y-12$ 。

5. 短接端子功能

KDSC6M-1 的许多功能可以按需要短接板上设计的短接端子来实现,表 5.34 给出了各短接端子短接后的功能。

表 5.34 短接端子代号及短接后的功能

功 能	短接端子	短接后的功能
稳压稳流	K ₁ /C	稳流状态
	K ₂ /V	稳压状态
开环闭环	K ₃ /L	闭环、稳流或稳压工作状态
	K ₄ /K	开环、外部电位器经给定积分器直接控制脉冲移相

6. 典型应用举例

图 5.72 给出了 KDSC6M-1 用于直流电力电子变流设备中的电路原理图,系统工作于稳流状态。

5. 15 KHSC6M-1/KHSC6F-1 化工电解电力电子变流设备控制板

KHSC6M-1/KHSC6F-1 化工电解用晶闸管整流电力电子变流设备控制板在原 KBSC6M-1 触发板的基础上增加了电流、电压给定积分器、外部开环给定等功能,进一步减少了主电路在各种操作状态下的电流冲击,提高了被控制电力电子变流设备运行时的可靠性。KHSC6F-1 与 KMF-4 脉冲放大末级板配合使用,可触发多只并联的大电流晶闸管,使被控电力电子变流设备输出电流容量达数万安培。

5. 15. 1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 设计有独立的 2 个闭环调节器,使用中可选择稳压或稳流运行。
- (2) 集成有将输入的 3 个独立单相交流电源变为控制板工作直流电源的环节。
- (3) 对电流反馈值要求低。
- (4) 可柜内按需要编程选择工作方式。
- (5) 同步电压输入为 3 个独立的单相。
- (6) 具有多种保护功能,保护状态显示明确。
- (7) 调试极为方便,触发器部分不需调整,大多数参数的设定都由电路内部自动完成,所以具有极强的通用性和互换性。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压:380V,50Hz。
- (2) 交流供电电源:3 个单相,即带中间抽头的双交流 18V/0.5A 和 1 个交流 18V/1.2A。

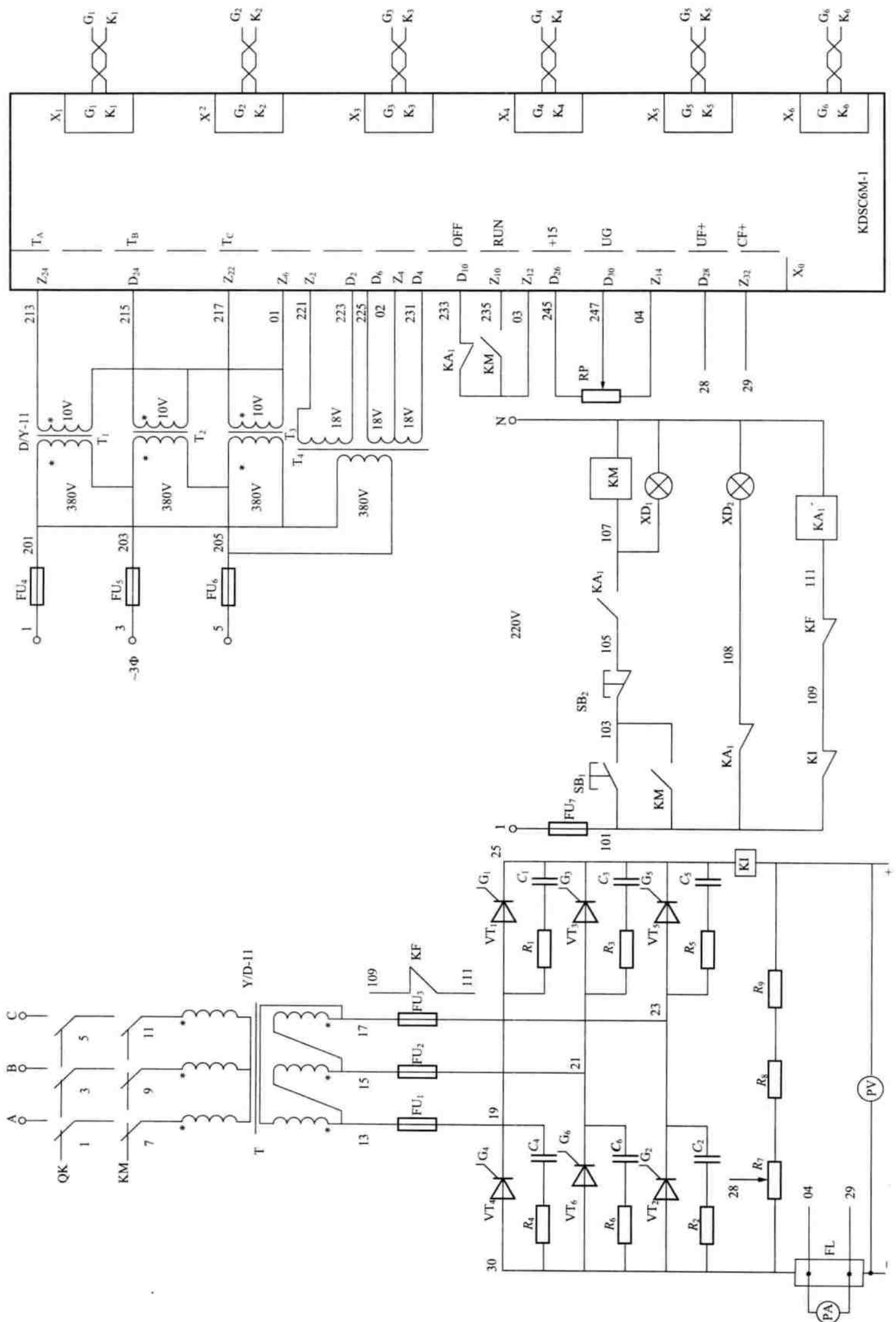


图 5.72 KDSC6M-1 用于直流电力电子设备中

- (3) 交流同步电源:三相四线、交流相电压 10V/0.5A。
- (4) 电压反馈信号最大值:DC 12V,双端输入或单端输入。
- (5) 电流反馈信号最大值:DC 1V,双端输入或单端输入;DC 75mV,双端输入或单端输入(此时应将板内 R_7 * 去掉)。
- (6) 触发脉冲移相范围:整流运行 $\alpha=0^\circ\sim150^\circ$ 。
- (7) 最大脉冲不对称度:小于 0.5° 。
- (8) 脉冲信号宽度:脉冲宽度 20° 、间隔 60° 的脉冲,脉冲形式为双窄。
- (9) 触发脉冲特性(KHSC6M-1):脉冲峰值电压为 10V;脉冲最大电流为 600mA。
- (10) 脉冲信号输出特性(KHSC6F-1):脉冲峰值电压为 24V;脉冲最大灌电流为 300mA。
- (11) 给定积分可设置软启动时间:5~15s。
- (12) 最大外形尺寸(长×宽×高):KHSC6M-1 为 340mm×205mm×35mm, KHSC6F-1 为 310mm×205mm×35mm。
- (13) 故障保护输出信号接点容量:AC 48V/2A 或 220V/0.5A。

5.15.2 内部结构及工作原理

KHSC6M-1/KHSC6F-1 的内部结构及工作原理如图 5.73 所示。它的内部设计有 2 个独立的电压与电流给定和反馈及闭环调节器通道,触发脉冲的产生应用可编程逻辑芯片,板内同时设计有过流保护、触发脉冲功率放大环节、工作状态可编程选择环节、自身工作电源和多种保护逻辑和显示单元。

5.15.3 应用技术

KHSC6M-1/KHSC6F-1 适合在三相桥式全控、三相双反星形、三相半波可控、三相桥式半控、三相同相逆并联及双反星形同相逆并联结构的电化学、电解、电镀用电力电子变流设备中作控制单元使用,可用于各种交直流稳压、稳流、电冶炼、电加热等电力电子变流设备及交流相控调压系统。

KHSC6M-1/KHSC6F-1 的实物外形及主要元器件布置如图 5.74 和图 5.75 所示,它们各对外引出 7 个接插件:1 个主接插件 X_0 ,6 个触发脉冲输出接插件 $X_1\sim X_6$ 。

1. 正确接线

主接插件 X_0 :对外引出共 32 根线,接线方法见表 5.35。

2. 主电路与同步电路相位匹配

主电路与同步电路应同相位,当主电路中使用整流变压器,且整流变压器接法为 $\Delta/Y-11$ 时,同步变压器也应接为 $\Delta/Y-11$ 。

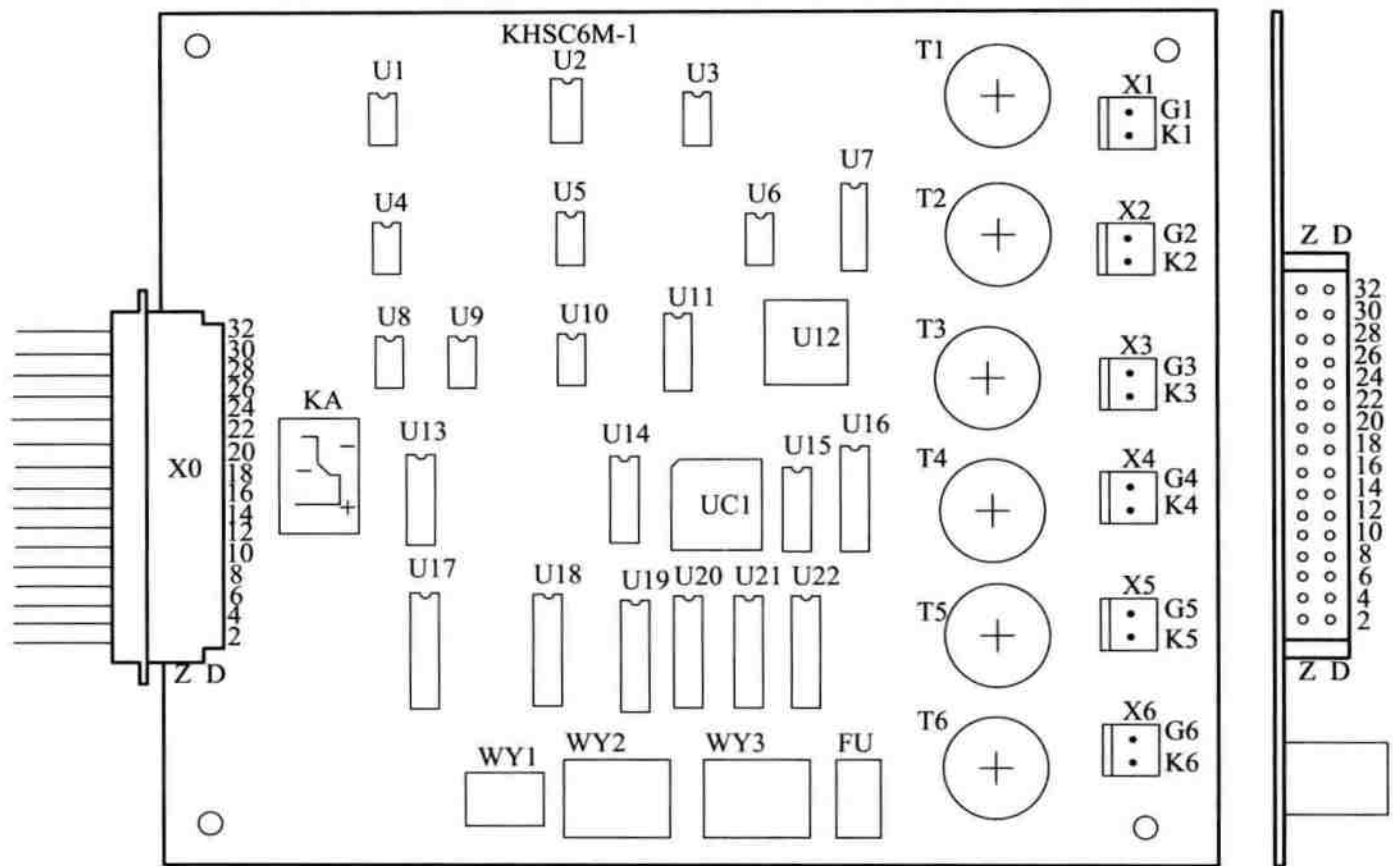


图 5.74 KHSC6M-1 的实物外形及主要元器件布置

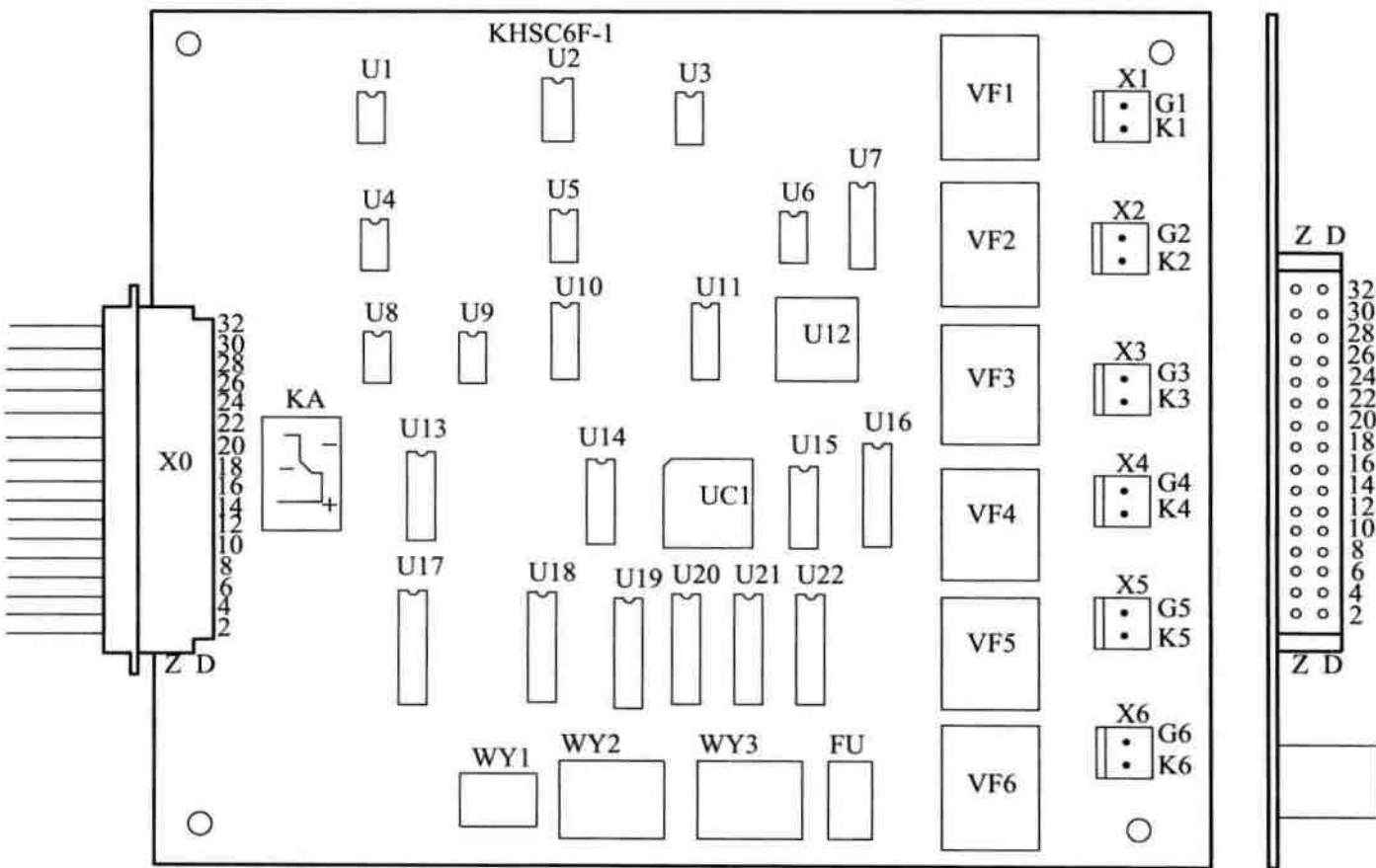


图 5.75 KHSC6F-1 的实物外形及主要元器件布置

表 5.35 主接插件 X₀ 的接线方法

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
末级脉冲功放 电源连接端	D ₂	AC 18V/1.2A	接供电电源变压器二次提供的 独立 18V/1.2A 绕组
	Z ₂		
工作电源连 接端	D ₄	AC 18V/0.5A	接供电电源变压器二次具有中 间抽头的一个交流 18V
	Z ₄	双 18V 工作电源中点,与板上工 作电源参考地相连	接供电电源变压器二次具有中 间抽头的中间抽头
	D ₆	AC 18V/0.5A	接供电电源变压器二次具有中 间抽头的另一个交流 18V
同步信号输 入端	D ₂₂	a 相同步信号输入:同步信号相 电压幅值 10V/0.5A	接二次为星形连接的同步变压 器二次 a 相 10V
	Z ₂₂	b 相同步信号输入:同步信号相 电压幅值 10V/0.5A	接二次为星形连接的同步变压 器二次 b 相 10V
	Z ₂₀	c 相同步信号输入:同步信号相电 压幅值 10V/0.5A	接二次为星形连接的同步变压 器二次 c 相 10V
	Z ₆	接星形连接的同步变压器二次信 号中性点,与控制板工作电源参考 地相连	接二次为星形连接的同步变压 器二次星点
给定输入信号 连接端	D ₂₄	基准电源:DC +15V,最大输 出 20mA	接需要 +15V 电源的给定环节 作为供电电源
	D ₃₀	电压给定:DC 0~15V,稳压运行 时用,稳流时接 +15V	稳压应用时接电压给定环节输 出,引脚 Z ₃₀ 接 +15V
	Z ₃₀	电流给定:DC 0~15V,稳流运行 时用,稳压时接 +15V	稳流应用时,接电流给定环节输 出,引脚 D ₂₄ 接 +15V
	Z ₁₄	给定接地点	接给定单元参考地端
调节器输出	D ₂₄	DC 0~10V	可供外部电路(如显示控制移相 脉冲角度)
直流电源输 出端	D ₂₆	板内电源提供板外使用的 DC +15V,最大输出负载电流为 20mA	接外部电路需 +15V 电源的场合
	Z ₂₆	板内电源提供板外使用的 DC -15V,最大输出负载电流为 20mA	接外部电路需 -15V 电源的场合
电压反馈信号 输入端	D ₂₈	电压反馈信号正端:直流取样电 压 12V,最大共模电压 ±15V	接电压反馈环节输出正
	Z ₂₈	电压反馈信号负端	接电压反馈环节参考地

续表 5.35

名 称	端子号	功能或参数	接线方法
电流反馈信号 输入端	Z ₃₂	电流反馈信号正端:直流互感器 信号 1V(或使用 75mV,用 75mV 时,将 R ₇ * 电阻分断)	接电流反馈环节输出正
	D ₃₂	电流反馈信号负端:板内连接工 作参考地	接电流反馈环节参考地
设定工作状态 控制信号输入端	D ₈	接地为运行状态,RUN 灯亮;悬 空为停止运行	按用户选定的工作状态,使不同 的引脚接地
	D ₁₈	接地时可使所有故障记忆复位	
	D ₂₀	接地时禁止触发脉冲输出,OFF 灯亮	
	D ₁₆	接地为故障状态,E ₁ 灯亮,带故 障记忆	
	Z ₈	接地为故障状态,E ₂ 灯亮,带故 障记忆	
	Z ₁₂	所有控制信号输入参考接地点	
故障输出输 入端	D ₁₂	故障保护继电器输出常开接点	按故障保护后执行电路是指示 还是分断主电路的不同,选常开或 常闭接点,串入故障保护执行电 路中
	D ₁₀₄	故障保护继电器输出常闭接点	
	D ₁₄	故障保护继电器输出公共点	

3. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP₁/M 为稳流环调零电位器:在稳流给定为零时,调整此电位器,使输出电流为零。

(2) RP₂/CS 为电流给定积分器积分时间设定电位器:顺时针调节,电流给定积分器积分时间变长。

(3) RP₃/VS 为电压给定积分器积分时间设定电位器:顺时针调节,电压给定积分器积分时间变长。

(4) RP₄/C 为最大输出电流设定电位器:有电流反馈时可设定最大输出电流,顺时针调节,输出电流增大。过电流保护值为最大输出电流设定值,由内部自动设定为最大输出电流值的 1.5 倍。

4. 发光二极管状态指示

KHSC6M-1/KHSC6F-1 板内各有 14 个状态指示发光二极管,各发光二极管的代号及点亮时所指示的状态,见表 5.36。

表 5.36 发光二极管的代号及点亮时所指示的状态

代 号	发光二极管点亮时所指示的状态
E ₁	外部故障 1,对应于 X ₀ 的 D ₁₆ 输入端的输入信号
E ₂	外部故障 2,对应于 X ₀ 的 Z ₈ 输入端的输入信号
PH	相序错或缺相故障指示
OC	过电流保护状态
OFF	输出脉冲被封锁
RUN	启动运行,给定积分器解锁
OK	无故障,继电器吸合
+24	+24V 正常
VL ₁ ~VL ₆	6 路脉冲指示

5. 测试点的正常参数

KHSC6M-1/KHSC6F-1 板内设计了 11 个测试点,各测试点的序号及正常工作参数见表 5.37。

表 5.37 各测试点的正常工作参数

测试点序号	代 号	名 称	参 数
TP ₁	+15V	正工作电源电压测试点	DC +15V
TP ₂	-15V	负工作电源电压测试点	DC -15V
TP ₃	FT	时钟信号 1 测试点	100~520kHz
TP ₄	T _A	a 相同步电压测试点	交流相电压:10V
TP ₅	T _B	b 相同步电压测试点	交流相电压:10V
TP ₆	T _C	c 相同步电压测试点	交流相电压:10V
TP ₇	U _K	控制电源电压测试点	DC 0~12V
TP ₈	FP	时钟信号 2 测试点	
TP ₉	GND	零电位点测试点	0V
TP ₁₀	+5V	+5V 工作电源电压测试点	DC +5V
TP ₁₁	+24V	+24V 工作电源电压测试点	DC +24V

6. 典型应用举例与调试

图 5.76 给出了 KHSC6F-1 控制板与 6 块三单元脉冲隔离整形末级板配合,用于主电路结构形式为双反星形可控整流的电化学用电力电子变流设备中的电路图,其中每个整流臂由 3 只晶闸管并联。调试步骤如下。

(1) 将板上电位器 RP₁~RP₄ 旋至中间位置,合控制板电源,板上各发光二极管指示应正常。

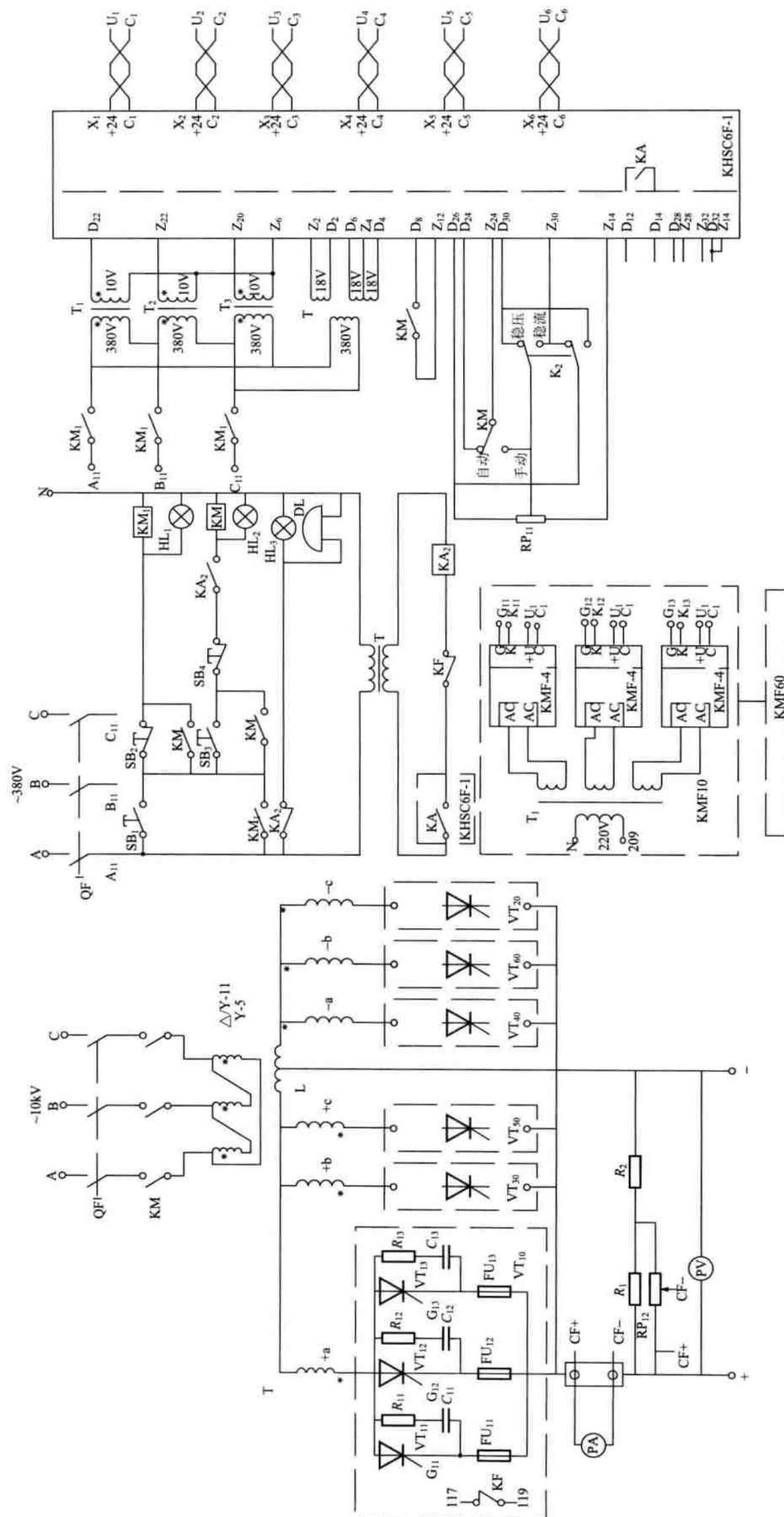


图5.76 KHSC6F-1控制板用于KHS-10000A/120V电化学电力电子变流设备

(2) 开环手动调节:将板外 K_1 开关旋到手动位置,调节给定电位器 RP_1 为零给定,带上适当负载,合主电路。调节给定电位器 RP_1 ,测试点 TP_7/U_K 电压应从 $0\sim 120V$ 变化,主电路直流电压应由小到大平稳变化,中间不发生跳变,说明同步电路与主电路相位关系正确。

(3) 闭环稳压调节:将板外 K_1 开关旋到自动位置, K_2 开关旋到稳压位置,带上适当负载,合主电路,合启动端,电力电子变流设备进入稳压工作状态。检查各晶闸管是否导通。

(4) 闭环稳流调节:将板外 K_1 开关旋到自动位置, K_2 开关旋到稳流位置,带上额定负载,合主电路,合启动端,电力电子变流设备进入稳流工作状态。当给定为零时,调板内 RP_1/M 调零电位器,使主电路电流为零。调板内 RP_4/C 限流电位器,可限制主电路最大输出电流。检查各并联晶闸管的均流状况。

(5) 在闭环工作状态下,如果系统发生振荡,可以调整 PI 调节器的时间常数,电流环为 R_{26} 、 C_{12} ,电压环为 R_{43} 、 C_{18} 。一般情况下改变比例电阻或积分电容均可使系统稳定工作。

7. 应用注意事项

(1) 当电流反馈信号取自分流器时,电压反馈信号应在靠近分流器端取电压,并注意电流、电压反馈信号的极性,还应将电流反馈信号端 D_{32} 接 Z_{14} 地端。

(2) 当电流反馈信号取自互感器,电压反馈信号直接取自直流侧时,还应将电压反馈信号端 Z_{28} 接控制板地 Z_{14} 端。

(3) 为防止主电路合闸冲击,控制板应先通电,主电路后通电,主电路通电时或通电后合控制板启动端。

5.16 KGPSV 晶闸管中频电力电子变流设备控制板

KGPSV 晶闸管中频电力电子变流设备是一种静止变频装置。它利用晶闸管元件,将工频三相交流电变换成单相中频交流电来满足熔炼、透热、淬火等加工工艺的需要。应用 KGPSV 晶闸管中频电力电子变流设备控制板制作的中频电力电子变流设备对负载适应性强,使用范围广,与感应熔炼炉配套既可用于各种金属的冶炼、加热;选用不同类型的坩埚模,还可用于对特殊金属和非金属材料的加热熔化,因此,可应用于锻造、冶炼、精密铸造、热处理、焊接、弯管、晶体生长及各种特殊金属材料和非金属材料的熔化化验分析等领域。

5.16.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 启动方式采用可重复的连续扫频锁相技术。

(2) 抗干扰能力强,软启动功能进一步完善。

(3) 可保证设备在轻载、重载、冷炉、热炉整个工艺范围内可靠地启动,提高了设备大范围跟踪负载变化的能力。

(4) 采用电压、电流双闭环调节方式运行,保证设备运行过程的平稳性、可靠性。

(5) 对运行过程的电压电流信号参数进行有效的调节,提高了设备的运行精度,尤其适用于对设备运行精度要求高的场合。

(6) 保护方式采用特殊电压电流峰值保护法,改变平均值保护法带来的延时现象,使得保护更快更准确。

(7) 对过压现象使其转化为过流保护,充分利用晶闸管元件耐过流冲击能力强,而遇过压易击穿损坏的特性。

(8) 控制的节能方式采用切换电流调节器与功率因数调节器相互配合方式,在设备的运行过程中,根据负载的变化情况同时调节整流桥的功率因数角和逆变桥的功率因数角,改变负载的动态阻抗,改善负载匹配特性,减少损耗,提高效率。

(9) 控制电路采用模拟电路和数字电路相结合的大规模集成电路,提高了控制精度,增强了抗干扰能力,控制功能多样化。

(10) 控制板不用同步变压器,不用对相位,控制电路自动判断相序,自动跟踪电网电压相位,减少了调试工作量。

(11) 输出脉冲与电源进线相序无关,不管输入三相交流电压相序如何排列,都可保证被控制中频电力电子变流设备正常工作,对相序变化频繁的供电环境或更换用户总供电变压器以及整套中频电力电子变流设备搬家后重新安装,引起的供电电源相序变化问题,控制板都能自动适应解决。

(12) 整流触发脉冲形成、功率放大,隔离和整形环节直接设计在控制板上,整流元件触发输出可直接接晶闸管;逆变触发脉冲功率放大环节设计在控制板上,而逆变脉冲隔离和整形末级板专门设计装于板外,最靠近晶闸管安装,提高了逆变桥触发脉冲的前沿陡度。

(13) 控制板内整流桥触发脉冲采用双窄脉冲,而且每个脉冲经过调制,减小了脉冲功率放大与脉冲变压器的体积和损耗,为整流桥元件的触发提供准确可靠的宽松环境。

(14) 整流触发末级部分可触发 6 组晶闸管元件,逆变触发部分一般可触发 4 组快速晶闸管元件,当有快速晶闸管串并联情况时,外配特殊中频脉冲隔离和整形末级板便可触发多只快速晶闸管。

(15) 控制板供电方式采用单一交流 18V 输入,内部采用 2 路 7815 分片供电,减少 7815 供电压力,提高供电质量,使控制板工作更加稳定、可靠。

(16) 控制板上的指示用发光二极管旁有汉字注释,使被控制晶闸管中频电力电子变流设备的调试、运行、保护状态更直观,方便了操作人员在现场快速判断问题。

(17) 对外接线端子编号采用汉语拼音或常用电气符号表示,使得在没有图的

情况下,也可以判断出接线方向,方便设备长期使用、维护。

(18) 印制板经计算机排版绘制,走线之间保持一定的爬电距离;同时对控制板进行了绝缘处理,防止灰尘多,空气湿度大的场合给控制板带来不利影响。

(19) 考虑到国内某些地方电网大范围波动的情况,设备的进线电压运行范围允许宽达 -15% 到 $+15\%$ 。

(20) 保护电路部分对过压、过流保护采用峰值保护法,改变了通常由RC滤波形成的平均值保护电路的延缓现象,当有故障保护时,控制电路能迅速拉逆变后封脉冲,对过压保护增加了逆变桥中晶闸管同时触发导通功能,从而将过压保护转化为过流保护,充分利用晶闸管元件耐过流冲击(毫秒级)遇过压(微秒级)易损坏的特性。现场调试只需要调整截压、截流值;过压值、过流值不用现场整定,控制电路自动推算其峰值保护值。

(21) 控制电路的调节器有4个:常用的电压、电流双闭环调节器,逆变桥功率因数调节器,切换调节器,其参数出厂时已设置好,现场调试通常不需要修改。设备运行过程中,4个调节器相互协调,保证进线功率因数最高,使设备输出运行功率最大,减少了运行损耗,缩短了被加热材料的熔化时间,节能效果明显。

(22) 应用其控制中频电力电子变流设备,在运行过程中,控制电路根据负载的实际情况,不断调整整流桥的触发角,同时调整逆变桥的功率因数角(改变直流等效阻抗,使得负载与电源输出尽量匹配)。当设备发生截压、截流时,首先调整逆变功率因数角,使得设备脱离截压、截流状态,提高进线功率因数,逆变功率因数角的调整有一定的范围;当超过逆变角的调整范围后,控制电路根据负载情况调整整流桥的功率因数角。这样,利用软件就扩大了设备的恒功率区间,提高了设备的有效功能。一般情况下,利用此软件功能可提高功效近 10% ,节电近 10% 。

(23) 控制电路启动方式采用锁相技术进行连续的自动扫频,大范围无级变频为搜捕谐振电路的频率创造了有利的条件,搜集到谐振频率后利用锁相技术进行跟踪启动设备。这种软启动功能为在冷态、热态、轻载、重载等情况下,保证启动设备 100% 的成功率做出了强有力的支持,从本质上解决了通常控制中频电力电子变流设备冷炉及重载难于可靠启动的问题。

(24) 控制板上有过压、过流、水压低、电网电压低、缺相等保护。其中,水压保护采用平均值延时电路防止水压抖动引起误保护,设备正常运行时, $+15V_1$ 、 $+15V_2$ 、Power、电压调节、4个发光二极管灯亮;在设备启动过程中,逆变延迟角 φ 太小、 φ 太光灯有忽亮忽暗现象,提示专业人员判断问题。

(25) 由于大量的调试工作,判断工作由控制板自动完成,所以现场调试工作非常方便,1块万用表,1个小平口螺丝刀就可完成调试工作。一般情况下,只要控制板对外接线正确,其他器件之间接线正确,水、电正常,半小时左右即可调好一台设备,经过在各种型号的多台中频电源设备上使用及对以往旧设备的改造,效果非常明显。

2. 主要参数限制

- (1) 输入工作电源电压:交流 18V/1.5A。
- (2) 输出+15V 负载能力:20mA。
- (3) 输出+24V 脉冲负载能力:1A 脉宽 $20\mu\text{s}$ 。
- (4) 输出中频频率可调节范围:400Hz~4kHz。
- (5) 输出中频脉冲宽度: $20\mu\text{s}$ 。
- (6) 输出中频脉冲幅值:+24V。
- (7) 整流触发脉冲宽度: 20° 调制列脉冲。
- (8) 整流触发脉冲幅度:+12V。
- (9) 可触发整流用晶闸管最大容量:2000A/1600V。
- (10) 中频取样电压有效值:25V。
- (11) 工频电流取样值取值范围:三相 0~10V。

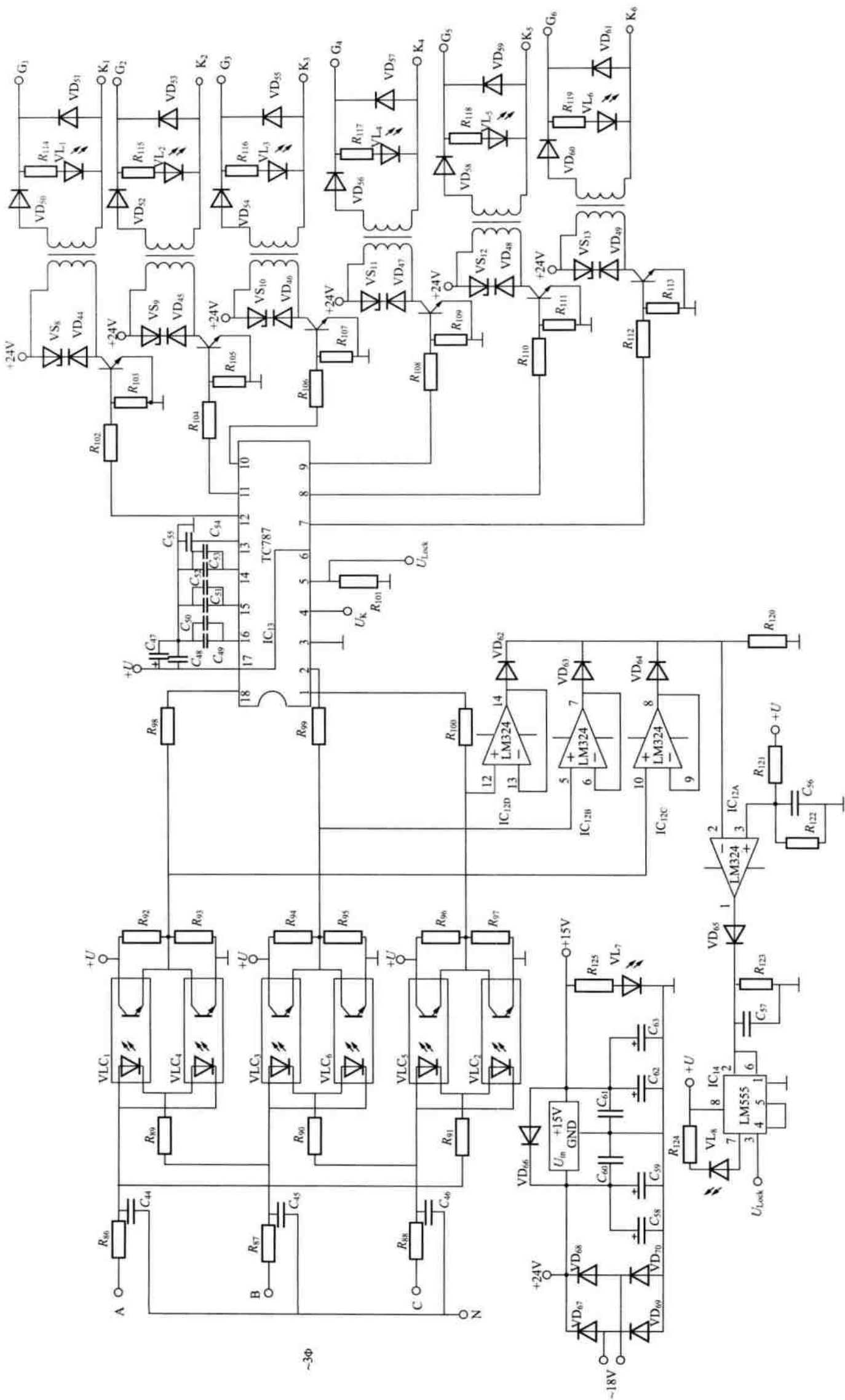
5.16.2 内部结构及工作原理

图 5.77 是 KGPSV 中频电力电子变流设备控制板的原理图。该控制板共应用了 5 片时基电路 LM556、4 片运算放大器 LM324、6 片光耦合器 TLP521、1 个比较器 LM339、1 片模拟开关选通门 CD4066、1 片晶闸管触发器专用集成电路 TC787、1 个锁相环 4046、1 片时基电路 555,共 20 片集成电路。

来自用户三相整流桥端或同步变压器二次的三相交流电压,经电阻与电容滤波移相后提供给光耦合器 $\text{VLC}_1 \sim \text{VLC}_6$ 。检测出过零点形成同步信号,在 TC787 内部形成三相锯齿波。该锯齿波与来自逆变桥触发控制单元调节器的输出进行比较,产生三相整流桥中 6 个整流臂的触发脉冲,经 6 路脉冲功率放大后触发三相全控整流桥中的 6 只晶闸管。

逆变控制单元中,锁相环 CD4046(IC_{11})与运算放大器 IC_{4C} 一起构成压控振荡器,在主电路未起振(中频无输出)时触发逆变桥中的晶闸管导通,在负载上形成中频电压。随着此扫频他激频率从高朝低变化,在达到中频电源系统的固有频率时,锁相环便把频率锁定在此。 IC_{4A} 与 IC_{4B} 为比较器,对锁相环输出的频率进行整形。电容 C_{39} 与 C_{40} 为微分电容。作为单稳使用的 IC_{10A} 与 IC_{10B} 对微分脉冲进一步整形后输出,最终由 MOSFET VF_1 与 VF_2 进行功率放大及电平匹配后提供给中频脉冲末级板隔离,触发主电路中互为对角线上的 2 路快速晶闸管。

中频脉冲变压器 T 一次侧的电压 u_M 来自对主电路中频电压进行取样的中频互感器的二次侧,由比较器 IC_{4C} 整形后提供给锁相环 CD4046。在主电路逆变输出中频电压频率低于固有谐振频率时,CD4046 作为压控振荡器使用,其振荡频率由 C_{34} 、 C_{35} 、 R_{69} 、 R_{70} 共同确定,主电路逆变桥按此压控振荡器输出频率开始扫频。随着主电路的中频输出, u_M 信号产生,频率调节器 IC_{3C} 输出电压下降,使压控振荡器输出频率下降,在 CD4046 输出频率与 u_M 端中频电压反映的频率相同时,频率调



(a) 整流触发部分

图5.77 KGPS V 晶闸管中频电力电子变流设备控制板的原理图

注: IC₁~IC₃: LM339 IC₄: LM324 IC₅: 4066 VLC₁~VLC₆: TLP521



续图5.77

节器输出便稳定在固定频率值上。从而,CD4046 输出便锁定在主电路中,由补偿用中频电容与感应线圈共同确定的中频频率上运行。

IC_{9B} 为频率-电压变换器,将中频频率信号变换为电压信号,提供给频率表显示中频电源的运行频率。IC_{1C} 为电压调节器,IC_{2C} 为电流调节器,IC_{2A} 为功率调节器,可以保证该中频电源启动时为恒压运行,当输出电流达到一定值时进行恒功率运行。 U_f 同样来自对主电路中频电压进行取样的电压互感器的二次侧,VD₈~VD₁₁ 单相整流桥与 IC_{7A} 及外围器件一起构成过压保护环节,RP₁ 为截压门槛调节电位器。 $i_a \sim i_c$ 为来自主电路中对三相全控整流桥输入电流进行取样的互感器二次侧的电流取样信号,由 VD₂₀~VD₂₅ 组成的三相整流桥整流成直流,由运算放大器 IC_{1A} 变换为正极性,作为过流保护环节 IC_{7B} 的输入信号。由此可见,RP₂ 用来调节电流取样值的大小,RP₃ 用来调节校准频率表,而 RP₄ 用来调节校准频率表。IC_{8B} 用做集中故障保护,IC_{8A} 作为启动控制单元。

5.16.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔高度不超过 2000m。
- (2) 环境温度不高于+40℃和不低于+5℃。
- (3) 相对湿度不大于 95%(环境温度 20℃时)。
- (4) 没有导电和易燃易爆的尘埃,没有腐蚀金属和损坏绝缘的气体及蒸汽的场所。
- (5) 在无剧烈震动和冲击的室内使用。
- (6) 电源电压波动不大于±15%及波形畸变率不大于±10%。
- (7) 使用控制的冷却水进水温度不高于 35℃,不低于 5℃,正常工作压力应保持在 0.2MPa 内,水流畅通,水冷系统应在 0.3MPa 水压下 30 分钟无渗漏,水质硬度不超过 pH8,绝缘电阻在 20kΩ 以上,不溶解物不超过 0.03mg/L,pH 6~9。
- (8) 电源柜与负载应以墙隔开,被控制中频电力电子变流设备四周与墙应保持一定的距离。

2. 正确安装

KGPSV 控制板的实物外形及元器件布置如图 5.78 所示(见书后插页)该控制板对外引出了 9 个接插件,共 25 根引线。接插件的 G₁、K₁~G₂、K₂ 共 12 根线,分别接主电路中三相全控整流桥 6 个整流臂的晶闸管门-阴极;为抗干扰,应两两分别使用紧密双绞线连接。接插件的 U_M 接主电路中中频电压互感器二次侧的一个 25V 绕组;同样,为抗干扰,应使用紧密双绞合线连接。接插件中的 U_G、GND 及 +U 接用户给定电位器,其中 +U 与 GND 接两固定端,而 U_G 接给定电位器的中间端,要尽可能使引线最短,并使用屏蔽线。18V₁ 与 18V₂ 接电源变压器二次的 18V 绕组。

3. 典型应用举例

图 5.79 是 KGPSV 控制板用于中频电力电子变流设备的原理图。 U_T 为电压互感器, CT_1 和 CT_3 为电流互感器。MJM2.0 为二单元中频脉冲末级板, 紧挨晶闸管 $VT_7 \sim VT_{10}$ 安装, 且输出与各自的晶闸管应用紧密双绞线连接。主回路采用三相全控整流桥, 在 KGPS 系列控制板的控制下, 将三相 50Hz 交流电变成电压可调的脉动直流, 平波电抗器将脉动的直流电滤波变成光滑平稳的直流电, 再由逆变桥将直流电变成单相中频交流电供给负载。负载部分是感应圈及补偿中频电容组成的并联振荡电路, 对负载适应性强。

主电路的进线侧有合分闸用断路器、熔断器、抑制电流上升率的限流电感、交流进线阻容吸收电路、晶闸管元件及其阻容保护电路。使用中, 通过调节整流桥中晶闸管的触发控制角改变整流桥的输出电压达到调节设备的输出功率, 通过调节逆变桥中晶闸管的触发角改变负载阻抗, 提高功率因数。该中频电力电子变流设备的输出频率由并联振荡谐振频率决定, 并联负载的频率由感应器的分布电感与补偿电容决定, 逆变桥的频率取自负载回路, 并且可做一定范围的调整以适应恒功率特性。

4. 可控制的系统参数

表 5.38 给出了 KGPSV 控制板用于中频电力电子变流设备中时可控制的系统参数。对输出功率容量 1500kW 以上的设备, 逆变桥多用 2~3 个晶闸管并联组成 1 个桥臂, 而整流桥常用大电流高电压的晶闸管元件(如 KP500A/2600V), 且为了使触发更可靠, 几乎都使用对 KGPSV 控制板输出的整流触发脉冲再进行第二次功率放大的方法。

表 5.38 KGPSV 可控制的中频电力电子变流设备主要特性

型 号	输入电压/V	输入电流/A	输出电压/V	输出功率/kW	额定频率/kHz	冷却方式
KGPS(F)-25	380/180	40/100	750/300	25	1~2.5~4	水、风
KGPS(F)-50	380/260	80/140	750/450	50	1~2.5~4	水、风
KGPS(F)-70	380	115/190	750/450	70	1~2.5~4	水、风
KGPS(F)-100	380	164	750	100	1~2.5~4	水、风
KGPS(F)-160	380	262	750	160	1~2.5~4	水、风
KGPS(F)-250	380	410	750	250	1~2.5~4	水、风
KGPS(F)-350	380	574	750	350	1~2.5~4	水
KGPS(F)-500	380	820	750	500	1~2.5~4	水
KGPS(F)-600	380	984	750	600	1~2.5~4	水
KGPS(F)-750	380/585	1230/880	750/1000	750	1~2.5~4	水
KGPS(F)-1000	585	1171	1000	1000	0.5~1~2.5	水
KGPS(F)-1500	660	1538	1200	1500	0.25~0.5~1	水
KGPS(F)-2000	660	2050	1200	2000	0.25~0.5~1	水
KGPS(F)-2500	660	2563	1200	2500	0.25~0.5~1	水
KGPS(F)-3000	660	3075	1200	3000	0.25~0.5~1	水

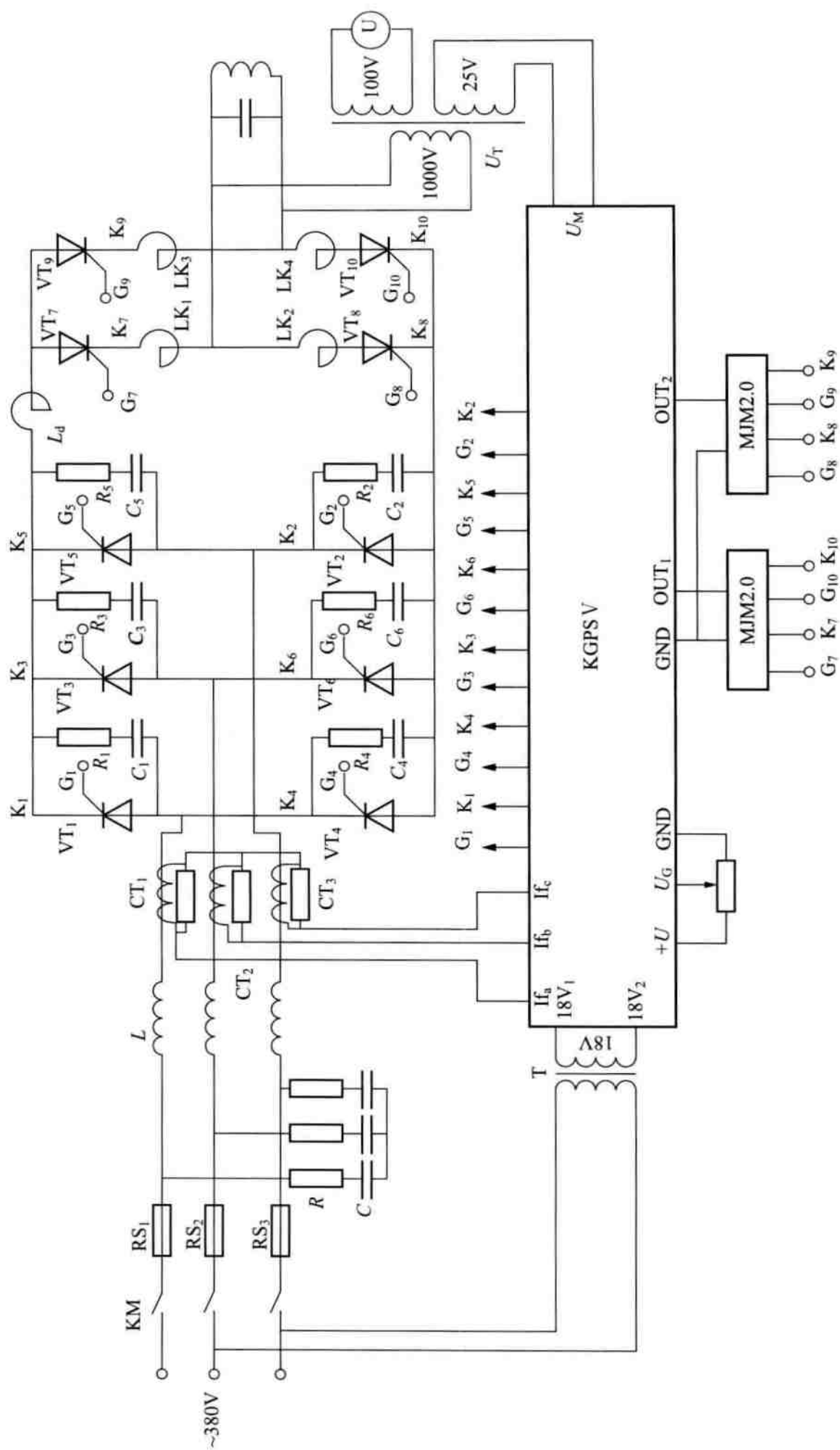


图 5.79 KGPS V 控制板用于晶闸管中频电力电子变流设备

5. 调试方法

1) 开机通电前的准备

(1) 检查三相交流电电源侧、直流电源侧、补偿电容器、炉体感应圈等通电设备是否有短路现象,外壳对地绝缘是否满足要求,水路是否畅通、是否有渗漏现象;采用风冷的要检查风机是否正常,若有问题必须在开机送电以前解决好,以保证人身与设备的安全。

(2) 检查二次配线的接头处是否有松动、是否掉线,检查表头的指针及控制柜门上的按钮、电位器好坏等,经检查正常后方可通电。

2) 开机调试的一般步骤

(1) 检查门上功率给定电位器是否逆时针旋到最小位置,将启动停机开关打到停机位置。

(2) 合上控制回路开关,合上主回路开关。

(3) 将启动/停机开关打到启动位置,使进线断路器合闸。

(4) 顺时针慢慢旋转功率给定电位器到所需功率。

3) 调试后停机一般步骤

(1) 将功率给定电位器逆时针旋到最小位置,将启动/停机开关打到停机位置。

(2) 分开主电路开关。

(3) 分开控制回路供电电源开关。

4) 控制板空载调试

(1) 控制板预设置。将控制板上的小开关打到“重启”、“自调”位置,“ U_f ”、“ I_f ”电位器顺时针转到底,截压、截流设置在灵敏位置上。

(2) 逆变角扫频频率上限设置。“F 上限”频率应设置好,调试时可调整控制板上的“频率表”电位器,以示波器波形作为参考,校正柜门上的频率表(用毫安表改装),使其读数到标称频率的 1.5 倍。

(3) 启动设置。若启动过程中电源出现重复启动现象,请在控制板端子上互换 U_{f1} 、 U_{f2} 接线位置,调整中频电压取样信号的极性。

(4) 逆变最小角 α_{\min} 设置。设备启动成功后,调 α_{\min} 电位器,一般让中频电压与直流电压比值为 1.2~1.35 比较合理;当快速晶闸管元件老化或快速晶闸管元件关断能力太差或负载太重时,比值调大一些。为运行可靠,通常选中频电压与直流电压比值为 1.5,也可根据实际使用情况而定。

(5) 逆变角最大 α_{\max} 设置。将小开关打到“调 α_{\max} ”位置,重新启动设备,调整 α_{\max} 电位器,一般让中频电压与直流电压比值为 1.5 比较合理,特殊情况根据情况而定,比值调好后停机,将小开关打到“自动”位置。

(6) 截压值设置。重新启动被控电力电子变流设备,将功率给定电位器调到最大, U_f 电位器调到截压值,顺时针整定值变小,逆时针整定值变大。验证截压值是否调好,可逆时针旋转一点 U_f 电位器,若截压值不变,说明已调好;反之,再调 U_f 。

5) 加载调截流值

给炉内加满冷料,重新启动设备,启动后将门上给定电位器调到最大,调 I_t 电位器,顺时针整定值减小,逆时针整定值变大,调到所需额定值为好。

6) 特别注意

除非控制板特别说明,一般情况下使用时不允许再调整 α_{\max} 电位器。

6. 应用与选型时应注意的问题

用户需要控制板组装新设备或作备用板或者对旧设备进行改造时,应告知电源柜进线电压、电源柜中频输出电压、中频输出频率,主回路结构比较复杂的情况应进一步说明主回路接线方式,以方便提供对应的控制板。

5.17 KGPSⅥ恒功率晶闸管中频电力电子变流设备控制板

KGPSⅥ中频电力电子变流设备控制板是在 KGPSⅤ的基础上开发的,它将 KGPSⅤ的多片集成电路改为可编程 CPLD 芯片,所以集成度更高,外形尺寸更小,可靠性更高,使用更方便可靠。

5.17.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 逆变采用扫频式零压软启动方式,启动性能优于普通零压软启动电路,并设有自动重复启动电路,可防止中频电力电子变流设备偶尔启动失败,使启动成功率达到 100%。频率跟踪电路采用的是平均值取样方案,提高了逆变的抗干扰能力,而且仅需取样中频电压信号,而无需槽路电容器的电流信号,免去了外接中频电流互感器、确定取样电流相位的烦恼。因此,在调试和使用现场中,也不会由于中频输出线或取样电流互感器的相位接反,而产生设备不能启动的问题。

(2) 逆变电路中还加有逆变角调节电路,可以自动调节负载阻抗的匹配,达到恒功率输出,应用其作为控制核心单元可以制成“快速熔炼”的中频电力电子变流设备,达到省时、节电、提高网侧功率因数的目的。逆变部分的主要控制电路均在 SGK199 大规模集成电路的内部,且全为数字电路。

(3) 仅用 7 只集成电路、6 只晶体管、6 只微调电位器、32 个引出端子,安装十分方便,适用于各种晶闸管并联谐振中频电源中。

(4) 大多数参数的设定都由电路内部自动完成,需要用户调整的只有 6 个电位器,所以具有极强的通用性和互换性。

(5) 整流触发器部分不需要任何调整,而且具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰能力强、反应速度快等特点,又有相序自适应电路,无需同步变压器,所以现场调试中免去了调相序、对同步的工作,仅需把 3 只共阳极晶闸管的门极线接至控制

板相应的接线端上,整流部分便能投入运行。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路进线额定电压随板内限流电阻 R_3 、 R_7 、 R_{11} 的不同,可为 100~660V/50Hz。
- (2) 控制供电电源:单相 17V/2A。
- (3) 中频电压反馈信号最大值:AC 12V/15mA。
- (4) 电流反馈信号最大值:AC 12V/5mA 三相输入。
- (5) 整流触发脉冲移相范围: $\alpha=0\sim150^\circ$ 。
- (6) 整流触发脉冲不对称度: $<1^\circ$ 。
- (7) 整流触发脉冲信号每个脉冲宽度: $\geq 600\mu\text{s}$,应用双窄脉冲、脉冲间隔 60° 。
- (8) 整流触发脉冲特性:触发脉冲峰值电压 $\geq 12\text{V}$,触发脉冲峰值电流 $\geq 1\text{A}$,触发脉冲前沿陡度 $\geq 0.5\text{A}/\mu\text{s}$ 。
- (9) 逆变脉冲频率:200Hz~8kHz。
- (10) 逆变触发脉冲信号宽度: $1\div(16\times\text{逆变频率})$ 。
- (11) 逆变触发脉冲特性:触发脉冲峰值电压 $\geq 22\text{V}$,触发脉冲峰值电流 $\geq 3\text{A}$,触发脉冲前沿陡度: $\geq 2\text{A}/\mu\text{s}$ (逆变用触发脉冲变压器是外接的)。
- (12) 最大外形尺寸:246mm \times 180mm \times 30mm。
- (13) 故障信号输出接点容量:AC 3A/220V 或 DC 3A/24V。

5.17.2 内部结构及工作原理

KGPSⅥ恒功率晶闸管中频电力电子变流设备控制板主要由自身工作电源、调节器、移相控制、保护电路、相序自适应电路、启动演算电路、逆变频率跟踪、逆变脉冲形成、脉冲放大及脉冲变压器组成,如图 5.80 所示(见书后插页)。其核心部件采用由 ASIC-2 集成电路开发的智能化控制芯片 SGK199,使控制电路除调节器外,其余均实现数字化。

5.17.3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 2000m。
- (2) 环境温度不低于 -10°C ,不高于 $+40^\circ\text{C}$ 。
- (3) 空气最大相对湿度不超过 90%($20^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 时)。
- (4) 运行地点无导电及爆炸性尘埃,无腐蚀金属和破坏绝缘的气体或蒸汽。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 正确安装

KGPSⅥ控制板的实物外形与元器件布置如图 5.81 所示。 G_1 、 $K_1\sim G_6$ 、 K_6 触

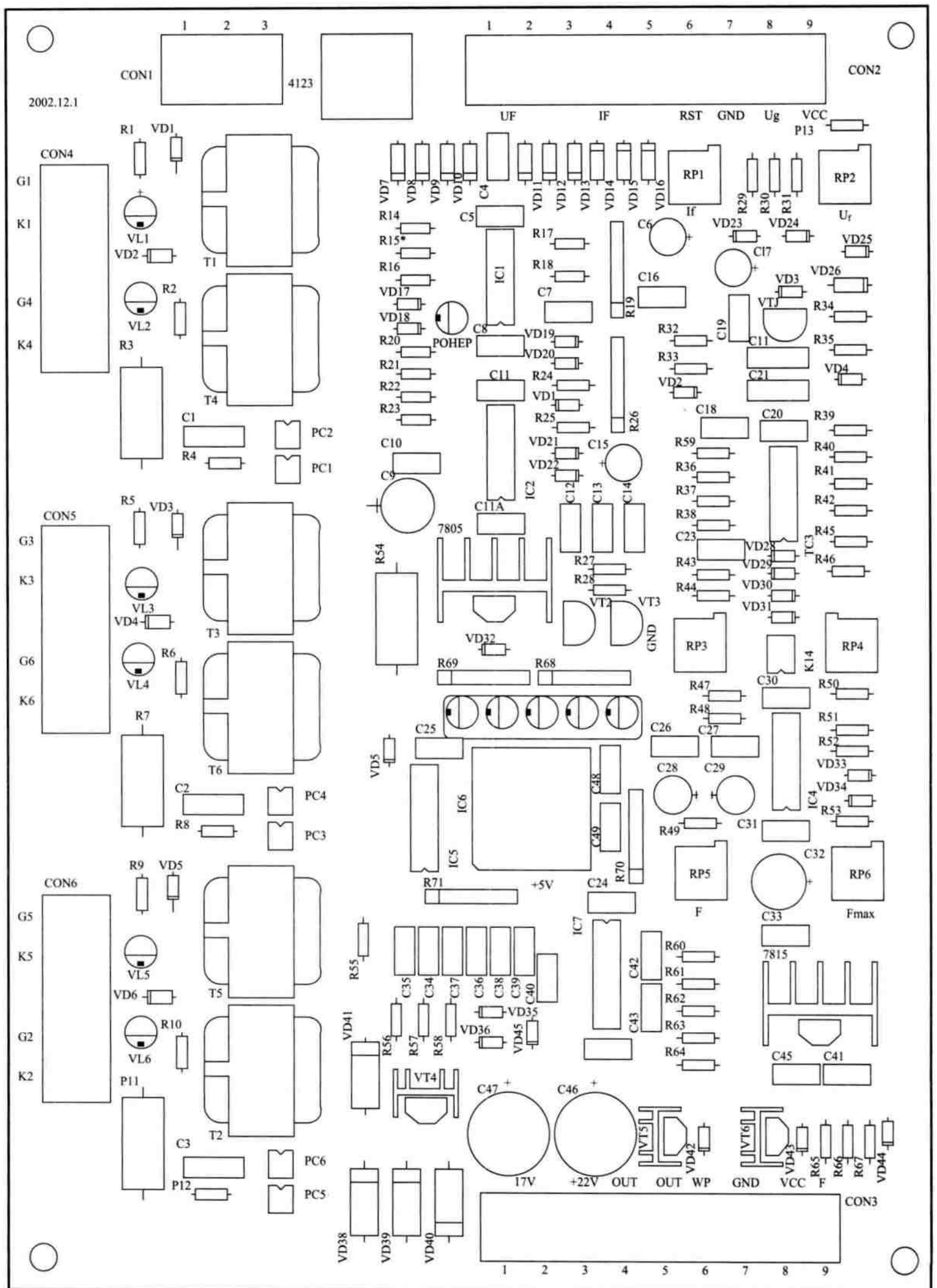


图 5.81 KGPSVI控制板的实物外形与元器件布置

发脉冲连接导线选用截面积为 0.7mm² 的多芯软导线连接,建议用不同颜色的导线表示极性;其余连接导线用截面积为 0.5mm² 的多芯软导线连接。

如果使用此控制板的中频电力电子变流设备不需要复位、报警功能和外接频率表,端子 CON2-1、CON3-6(WP)、CON3-8(U_{cc})、CON3-9(F)可不用。

3. 正确接线

KGPSⅥ控制板对外引出共有 32 个接线端子,接线方法见表 5.39。

表 5.39 接插件各端子的接线方法

名 称	对应端子号	功能与参数	接线方法
故障输出信号连接端	CON1-1 CON1-2	常开接点 AC 3A/220V,DC 3A/24V 常开接点的定触点,接电源 N 线	接用户故障保执行电路
电压反馈信号连接端	CON2-1 CON2-2	U _i ,中频电压;0~12V	接中频电压互感器二次的 0~12V
电流反馈信号连接端	CON2-3 CON2-4 CON2-5	I _t ,AC 三相 0~12V	接串于主电路中三相进线母线上的电流互感器二次,经电阻变换为 0~12V
控制信号连接端	CON2-6	RST 悬空为运行状态,接地为停止运行和故障复位	接用户启动或复位按钮
	CON2-7	GND 控制信号接地端(与给定共用)	
给定信号连接端	CON2-7	GND 给定接地端	采用电位器给定时,3 端外接给定电位器,滑动端接 CON2-8;采用给定单元给定时,接用户给定单元的输 出 (CON2-8、CON2-7)
	CON2-8	U _g ,给定;DC 0~+15V	
	CON2-9	U _{cc} ,DC +15V,最大输出 20mA	
电源输入端	CON3-1 CON3-2	18V 参考地 AC 18V/2A	接供电电源变压器二次的 18V/2A 绕组
逆变脉冲输出端	CON3-3 CON3-4 CON3-5	+22V 逆变输出公共端 E 端 OUT,逆变输出端,最大输出 1.5A OUT,逆变输出端,最大输出 1.5A	接逆变桥中互为对角线的一组中频脉冲隔离与整形末级板的输入(CON3-3、CON3-4) 接逆变桥中互为对角线的另一组中频脉冲隔离与整形末级板的输入(CON3-3、CON3-5)
外部故障输入信号输入端	CON3-6 CON3-7	W _P 接地为故障状态,OH 灯亮,带 3s 延时 GND 外故障接地端	接外部故障(如水温高)的输入接点信号
频率表连接端	CON3-8 CON3-9	U _{cc} ,频率表正端 F,频率表负端(5mA 输出)	分别接外部频率表的正负端
整流脉冲输出端	G ₁ ~G ₆ K ₁ ~K ₆	接 1~6 号晶闸管控制极 接 1~6 号晶闸管阴极	分别接主电路中三相全控桥中 6 个晶闸管的门-阴极

4. 发光二极管状态指示

KGPSⅥ板内设计有直接指示运行状态的发光二极管,发光二极管的代号及点亮时所指示的状态见表 5.40。

表 5.40 发光二极管的代号及点亮时所指示的状态

代 号	发光二极管点亮时所指示的状态
POWER	控制板带电,工作
WPL	水压低故障
OC	过电流故障
LV	控制板欠电压故障
OV	中频过电压故障
OP	三相输入缺相故障
VL ₁ ~VL ₆	6 路整流脉冲指示,正常为微亮或不亮,过亮表示 SCR 门极接反或开路

5. 各电位器的作用及调节方法

(1) $RP_1(I_f)$ 为最大输出电流设定电位器:有电流反馈时可设定最大输出电流,顺时针调节,输出电流减小,最大调节范围约 2 倍额定电流。

(2) $RP_2(U_f)$ 为最大中频输出电压设定电位器:有电压反馈时可设定最大中频输出电压,顺时针调节,输出电压减小,最大调节范围约 2 倍额定电压。

(3) $RP_3(\theta_{\max})$ 为最大逆变引前角设定电位器:顺时针调节,最大逆变引前角增大,调节范围为 $40^\circ\sim60^\circ$ 。

(4) $RP_4(\theta_{\min})$ 为最小逆变引前角设定电位器:顺时针调节,最小逆变引前角增大,调节范围为 $20^\circ\sim40^\circ$ 。

(5) $RP_5(F)$ 为外接频率表设定电位器:顺时针调节,频率表读数增大,最大调节范围约为最低他激频率的 3 倍。

(6) $RP_6(F_{\max})$ 为最大他激逆变频率设定电位器:顺时针调节,最大他激频率增大,最大调节范围约为最低他激频率的 2 倍。

6. 典型应用举例与调试

图 5.82 为一台 KGPS-160kW 中频电力电子变流设备的电路原理图,可作为其他电力电子变流设备的设计参考。由于控制电路已经对启动、停机的逻辑进行了设计,因此不必考虑主回路与控制回路的上电顺序。

1) 调试需准备的工具

(1) 1 台 20MHz 示波器。示波器的电源线是三芯插头时,注意“地线”千万不能接,示波器外壳对地需绝缘,仅使用一踪探头,示波器的 X 轴、Y 轴均需校准,探头需在测试信号下补偿好。

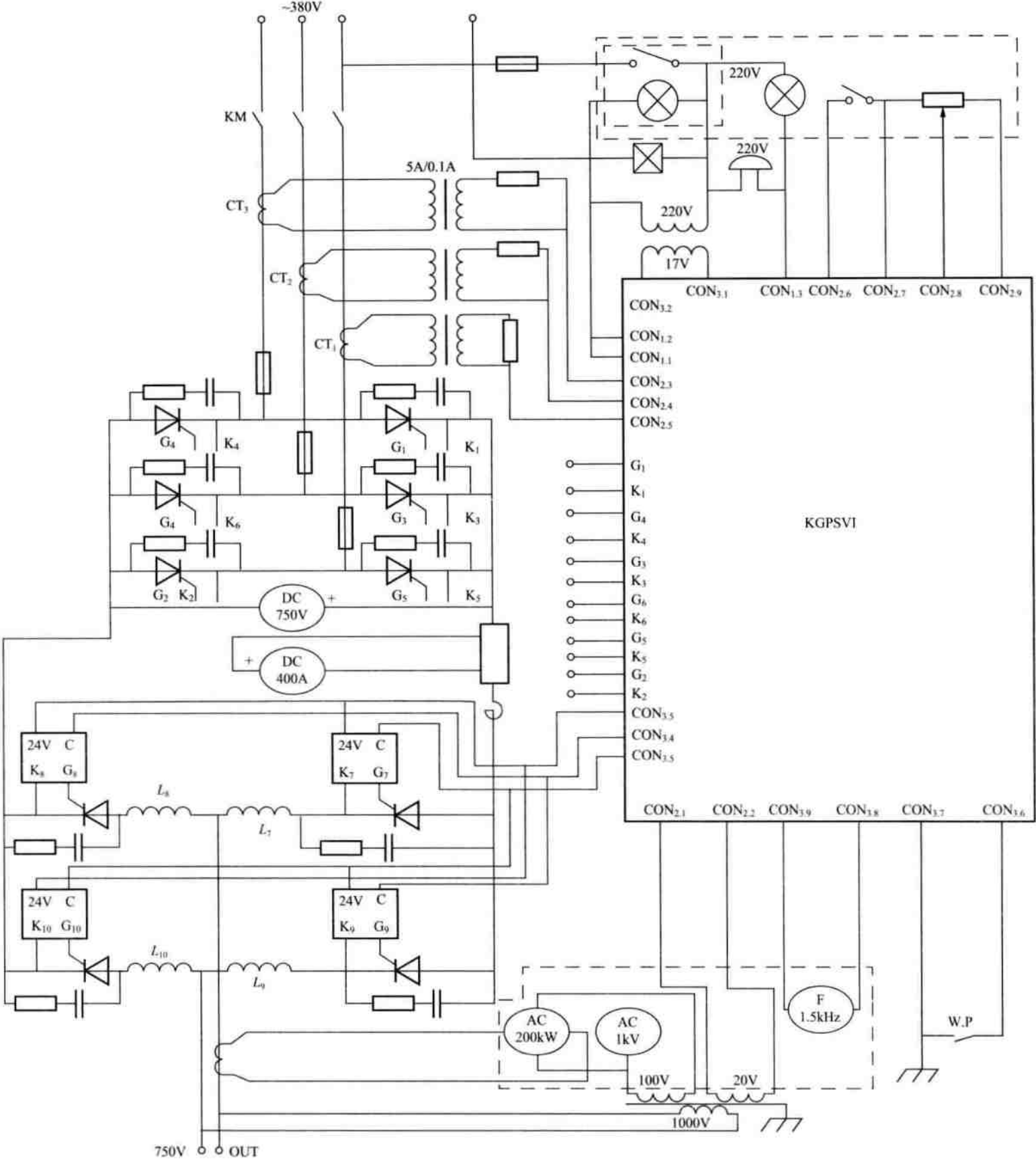


图5.82 KGPSVI控制板用于KGPS-160kW中频电力电子变流设备

(2) 若无高压示波器探头,应当用电阻做一个分压器,以适应 600V 以上电压的测量。

(3) 一个阻值 $\leq 500\Omega$ 、功率 $\geq 500W$ 的电阻性负载。

2) 整流部分的调试

(1) 为了调试的安全,调试前应该使逆变桥不工作。例如,把平波电抗器的一端断开,再在整流桥直流输出端口并接一个阻值 $\leq 500\Omega$ 、功率 $\geq 500W$ 的电阻性负载。先将电路板上的 I_f 微调电位器 RP_1 顺时针旋至最高端(调试过程发生短路时,可以提供过流保护),主控板上的 DIP-1 开关拨在 ON 位置。做好用示波器测量整流桥输出直流电压波形的准备,把面板上的给定电位器逆时针旋至最小。

(2) 接通三相供电电源(可以不分相序),检查是否有缺相报警指示;若有,可以检查进线快速熔断器是否损坏。

(3) 把面板上的给定电位器顺时针旋大,直流电压波形应该几乎全放开($\alpha \approx 0^\circ$),6 个波头全在。若中频电力电子变流设备为 380V 输入,此时的直流电压表应指示在 530V 左右;若中频电力电子变流设备为 660V 输入,此时的直流电压表应指示在 900V 左右。再把面板上的给定电位器逆时针旋至最小,直流电压波形几乎全关闭,此时的 α 角约为 120° 。输出直流波形在整个移相范围内应该是连续平滑的。

(4) 若在调试中发现出不来 6 个整流波头,则应检查 6 只整流晶闸管的门-阴极与 KGPSVI 板输出的触发脉冲序号是否接对,晶闸管的门极线是否接反或短路。

(5) 在此调试过程中也应检查面板上的给定电位器是否接反,接反了则会出现直流电压几乎为最大,只有把给定电位器顺时针旋到头时,直流电压才会有减小的现象。

3) 电流调节器的调试

(1) 在断电状态下把逆变桥接入,使逆变触发脉冲投入,去掉整流桥输出端口所接的电阻性负载。把电路板上的 U_f 微调电位器 RP_2 顺时针旋至最高端(调试过程发生逆变过压时,可以提供过压保护)。主控板上的 DIP-1 开关拨在 ON 位置,面板上的给定电位器逆时针旋至最小。

(2) 上电数秒钟后,把面板上的给定电位器顺时针慢慢地旋大,这时逆变桥会出现两种工作状态:一种是逆变桥起振,另一种是逆变桥直通。此时需要的是逆变桥直通,若逆变桥为起振状态,可在停电的状态下,调节中频电压互感器的相位,即把中频电压互感器 12V 绕组的输出线对调一下,就不会起振了。缓慢增大面板上给定电位器给定的操作中,应密切注意电流表的反应,若电流表的指示迅速增大,则应迅速把给定电位器逆时针旋下来,此时表明电流取样电路有问题,系统处于电流开环状态,应检查电流互感器是否接对,特别是 5A/0.1A 电流互感器的原、副边是否接反,电流互感器二次 0.1A 绕组上的 68Ω 电阻是否接上。正常的表现是随着给定电位器的给定缓慢加大,电流表的指示也跟着增大;当停止旋转给定电位器时,电流表的指示能稳定在某一刻度上。

(3) 当出现直通现象时,把面板上的给定电位器给定值增大,使电流表的指示接近额定值的 50% 左右。用交流电压表测量 CON2-3、CON2-4、CON2-5 端子间的电压,3 个电压应该是大致相等的;若相差太大,说明电流互感器的同名端接错,必须改正,否则会影响电流调节器的正常工作。

(4) 继续把面板上的给定电位器顺时针旋到头,电流表的指示应接近额定值。逆时针调节主控制板上的 RP_1 电流反馈微调电位器,使直流电流表指示到额定输出电流,完成了额定电流的整定。

这样整流桥的调试就基本完成,可以进行逆变桥的调试。

需要指出的是,当平波电抗器的直流电阻较小时,在直通状态下作额定电流的整定,会出现直流电流振荡的现象,可在直流回路里串 1 只电阻加以解决。另外,采用水冷却的中频电力电子变流设备在进行此项调试时,必须通水冷却。

当调试场地的电源不能提供中频电力电子变流设备的额定电流时,额定电流的整定,可放在现场满负荷运行时进行。但是,应先在小电流的状况下,判定一下电流取样回路的工作是否正常。

4) 逆变部分的调试

(1) 校准频率表(RP_5)。将主控制板上的 DIP 开关均拨在 OFF 位置,使面板上的给定电位器逆时针旋至给定值最小。把示波器接在图 5.79 中 VT_5 或 VT_6 的漏极与控制板工作电源地之间,测逆变触发脉冲的他激频率(他激频率可以通过 RP_6 来调节)。调节 RP_5 微调电位器,使频率表的读数与示波器测得的相一致。

若中频电力电子变流设备用的是专用中频频率表,则可免去此步调试。但还是推荐使用直流毫安表头改制的频率表,一方面是可以测得最高他激频率,另一方面是价格便宜。

(2) 起振逆变器(RP_6)。首先检查逆变晶闸管的门-阴极线连接是否正确;逆变末级上的发光二极管亮度是否正常,不亮则说明逆变末级板输入脉冲线的接线端子接反了。再把主控制板上 CON_{3.5} 对外的连线断开,看逆变末级板上熄灭的发光二极管是否处在逆变桥的对角线位置。

把主控板上的 DIP 开关均拨在 OFF 位置,把面板上的给定电位器逆时针旋到底,使等效给定为零,调节控制板上的 RP_6 微调电位器,使最高他激频率高于槽路谐振频率的 1.2 倍,并把 RP_3 、 RP_4 微调电位器旋在中间位置。把面板上的给定电位器顺时针稍微旋大,这时从频率表中可以看出他激频率开始从高往低扫描,逆变桥进入工作状态,开始起振。若不起振,表现为他激信号反复作扫频动作,可调节中频电压互感器的相位,即把中频电压互感器 12V 绕组的输出线对调一下。

若把中频电压互感器 12V 绕组的输出线对调后,仍然不能启动中频电力电子变流设备,此时应确认一下槽路的谐振频率是否正确。可以用电容/电感表测量一下电热电容器的电容量及感应器的电感量,计算出槽路的谐振频率。当槽路的谐振频率处在最高他激频率的 0.6~0.9 倍的范围内时,启动应该是很容易的。再者,检查一下逆变晶闸管是否有损坏的。

(3) 整定逆变引前角。逆变起振后,可做整定逆变引前角的工作,把 DIP 开关均打在 OFF 位置,用示波器观察电压互感器 100V 绕组的波形,调节主控板上 RP_4 微调电位器,使逆变换相引前角在 22° 左右,此时中频输出电压与直流电压的比为 1.2 左右(若换相重叠角较大,可适当增大逆变换相引前角),此步整定的是最小逆变引前角,一般希望它尽可能的小。当然,过小的逆变换相引前角会使逆变换相失败,表现为中频电压升高时,出现重复启动。

再把 DIP-2 开关打在 ON 位置,调节 KGPSⅥ型控制板上 RP_3 微调电位器,整定最大逆变换相引前角。根据不同中频输出电压的要求,最大逆变换相引前角亦不同,如中频电力电子变流设备的三相输入电压为 380V,额定中频输出电压为 750V 时,要求最大逆变换相引前角在 42° 左右,此时中频输出电压与直流电压的比为 1.5。一般希望它尽可能的大些,这在系统输入电压偏低时,仍可保证中频输出电压到额定值。当系统输入电压偏高时,由于有电压调节器的作用,中频输出仍然不会出现过电压。

此项调试工作应在 50% 额定中频输出电压下进行。注意,必须先调 1.2 倍关系,再调 1.5 倍关系;否则,顺序反了会出现互相牵扯的问题。有时由于电压表不准,给调试带来错误的结论,所以应以示波器测得的引前角为准。

调试中若出现逆变引前角过大的现象,应检查槽路谐振频率是否过低。

(4) 额定输出电压的整定。在轻负荷的情况下整定额定输出电压,把 KGPSⅥ控制板上的 DIP 开关均拨在 OFF 位置,使 RP_2 微调电位器顺时针旋至最大,把面板上的给定电位器顺时针旋大,使逆变桥工作。继续把面板上的给定电位器顺时针旋至最大,此时输出的中频电压接近额定值,逆时针调节 RP_2 微调电位器,使输出的中频电压达到额定值。

在这项调试中,可见到这样的现象:直流电压升到最大值后,中频输出电压却还能继续随给定电位器的旋大而上升。

在整定额定输出电压时,应在直流电流低于额定电流的条件下进行,否则会由于电流限幅的作用,使中频输出电压调不上去。

至此,6 只微调电位器全部调完,调试过程结束。

7. 应用注意事项

(1) 若对晶闸管中频电力电子变流设备做绝缘耐压测试,请取下 KGPSⅥ控制板,否则可能造成控制板永久性损坏。

(2) SGK199 是一种 CMOS 器件,使用时应注意。器件的两个相邻引脚之间严禁短路,否则有可能损坏芯片,为保证器件的安全,应切忌用万用表直接测量器件的引脚。

(3) 当控制板接入主回路后,控制板上标有“DANGER HIGH VOLTAGE”(注意高压)的区域便带有高压电,敬请注意,以免触电。

(4) 过压保护:控制电路上已经把过压保护电平固定在额定输出电压的 1.2

倍上,当进行额定电压整定时,过压保护已自动整定好了。若认为 1.2 倍不合适,可改变控制板上 R_{28} 的电阻值,增大 R_{28} ,过压保护电平增高;反之减小。

(5) 过流保护:控制电路上已经把过流保护电平固定在额定直流电流的 1.5 倍上,当进行额定电流的整定时,过流保护就自动整定好了。若认为 1.5 倍不合适,可改变控制板上 R_{27} 的电阻值,增大 R_{27} ,过流保护电平增高;反之减小。

(6) 额定电流整定:若电流调节器整定步骤中没有进行额定电流整定,可在系统运行于重负荷时,逆时针调节控制板上的 RP_1 电流反馈微调电位器,使直流电流表达达到额定值。这与一般的中频电力电子变流设备的电流整定是一样的。

(7) 他激频率:一定要使他激频率高于槽路可能的最大谐振频率,否则系统由于他激频率的“拽着”而不能正常运行。他激频率高于槽路可能的最大谐振频率 1.2 倍是合适的。

(8) 恒功率输出:对熔炼负载来说,恒功率输出是很重要的,要想使恒功率区的范围大,就要使逆变引前角从最小变到最大的范围尽可能的大,同时负载阻抗的匹配也很重要。即使不是熔炼性负荷,这样做也有利于提高整流的功率因数。

5.18 KGPSⅦ恒功率中频电力电子变流设备控制板

KGPSⅦ是应用 CPLD 芯片开发的扫频式晶闸管中频电源控制板,自从 1998 年投放市场以来,几乎占据了国内该领域近 80% 的市场份额,近十年来在国内累计有近万块的使用量。

5.18.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 单一小板结构,内部仅使用 7 片集成电路,其中 6 片为光耦合器,结构紧凑,外形尺寸小。

(2) 内含晶闸管三相全控桥的 6 路触发脉冲形成与功率放大单元,输出可直接触发容量在 2500A 以内的三相全控桥中的 6 只晶闸管。

(3) 自身具有截流、截压、缺相、过压、过流及欠电压保护与显示功能。

(4) 采用扫频启动方式,自动他激转自激工作,重载或冻炉启动容易。

(5) 应用 1 个 CPLD 芯片(SGK199)解决了三相全控整流及单相全桥逆变控制脉冲的形成。

(6) 有故障保护综合输出的接点,方便使用者进行报警、显示及分断主电路的保护。

(7) 三相全控桥触发脉冲有相序自适应功能,极大地方便了用户的使用。

(8) 不需要同步变压器,直接以三相全控整流桥中端口输入的交流电压经光

耦合器隔离整形后作为同步信号。

(9) 内含中频电压调节器、电流调节器、阻抗调节器、逆变角调节器,适应了晶闸管中频电力电子变流设备的工作状况。

(10) 使用者调节输出功率或电压的给定信号,通过压控振荡器变为脉冲信号,以计数分频的方式产生三相全控整流桥中6个晶闸管的6路触发脉冲,具有脉冲相位对称度好,适应性强等优点。

(11) 输入1路18V工频电源,便可满足板内+15V、+24V及+5V三种工作电压的需要。

(12) 由于不同容量与工作频率的中频电力电子变流设备对逆变触发脉冲功放板的要求是不同的,所以该板设计将中频脉冲末级板外接。

2. 主要参数限制

(1) 供电电源电压:单路交流18V/0.5A。

(2) +24V电源对外负载能力:脉冲宽度小于 $100\mu\text{s}$ 时为1A。

(3) 输出整流触发脉冲最大负载能力:400mA。

(4) 输出逆变脉冲最大负载能力:400mA。

(5) 电流检测输入幅值:交流0~15V。

(6) 中频电压检测输入幅值:25V。

(7) 保护继电器触点容量:交流220V/3A、直流+24V/3A或交流380V/0.5A。

(8) 输出调节给定电压范围:0~10V。

(9) 同步电压允许取值范围:100~660V(标准产品为380V)。

5.18.2 内部结构及工作原理

KGPSⅦ晶闸管中频电力电子变流设备控制板的电路原理如图5.83所示(见书后插页),虚线框内的部分为使用中外接的。该控制板以CPLD芯片SGK199为核心,可分为工作电源、欠压保护、截压与截流、恒功率调节、过压与过流保护、外部故障保护、整流触发脉冲形成、整流触发脉冲功放、整流触发脉冲宽度设定、复位电路、整流脉冲同步环节、中频逆变脉冲功放、故障显示报警、中频电压与工频电流检测、扫频脉冲形成、他激转自激控制、自激中频触发脉冲形成,共17个单元电路。其工作电源、欠压保护部分同图5.56与图5.59(a),本节仅给出几个主要单元电路的工作过程分析。

1. 同步环节

KGPSⅦ改进了常用同步变压器作为同步环节的方法,而以光耦合器对主回路电压进行隔离耦合来获得同步信号,同步信号直接取自整流电路中晶闸管的阴极电压,所以触发脉冲具有相位自适应功能。图5.84是同步环节的原理图,光耦合器用来起隔离及整形作用。 u_a 、 u_b 、 u_c 为三相同步信号,直接由晶闸管的门-阴极引线 K_4 、 K_6 、 K_2 从主回路的三相进线取得; u_{Ta} 、 u_{Tb} 、 u_{Tc} 、 $-u_{Ta}$ 、 $-u_{Tb}$ 、 $-u_{Tc}$ 为同步环节

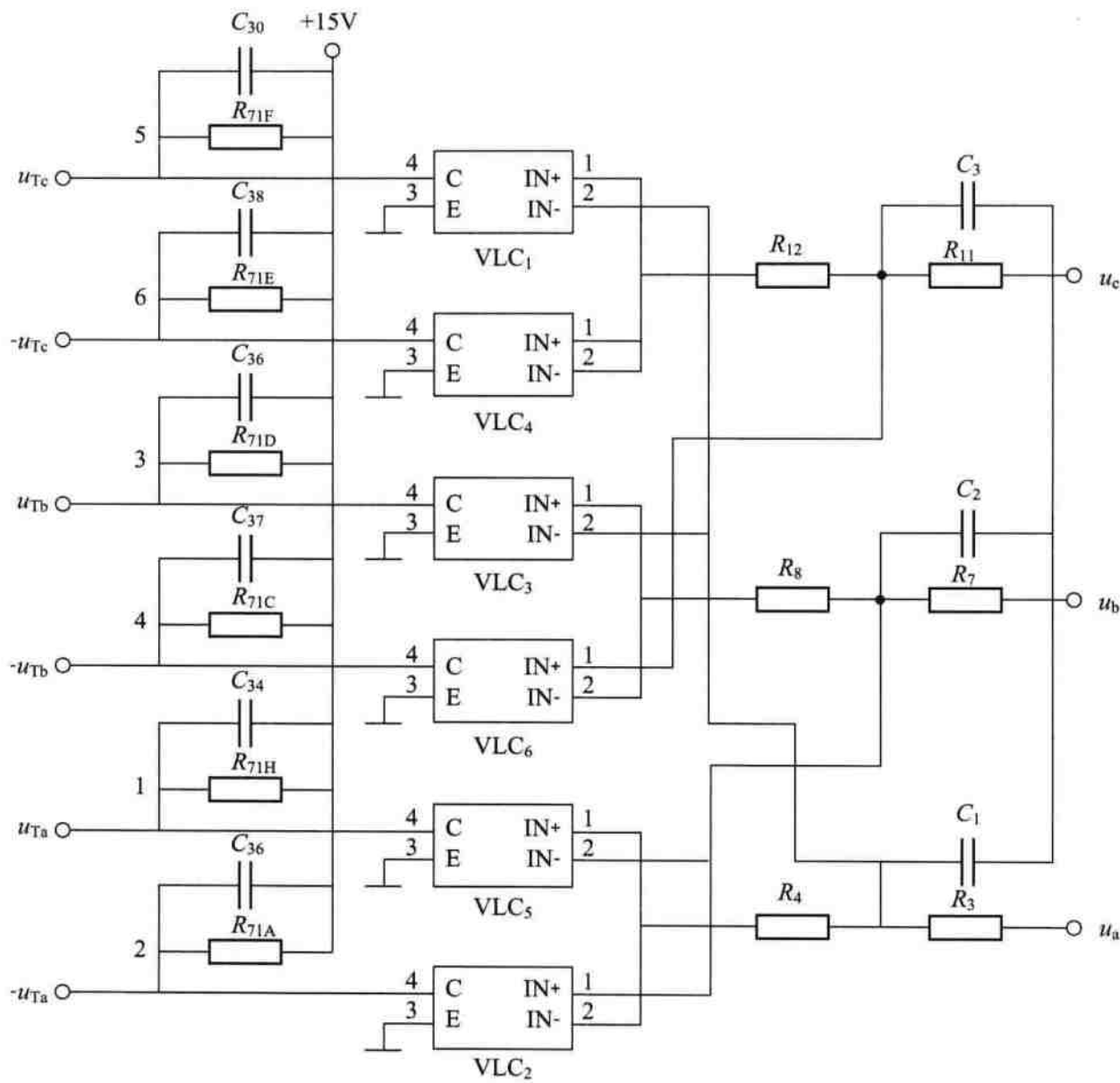


图 5.84 同步环节

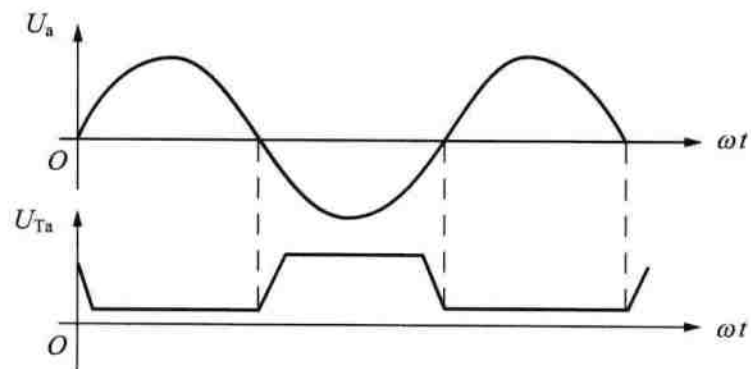


图 5.85 同步环节输入、输出的正常工作波形

的输出,图 5.85 给出了同步环节的输出波形。

2. 整流触发脉冲形成

这部分电路包括三相同步、数字触发、末级驱动等电路。触发部分采用的是数字触发,具有可靠性高、脉冲均衡性好、调试容易等特点。数字触发器的特征是用时钟脉冲计数的办法来实现移相。该数字触发器的时钟脉冲振荡器是一种电压控

制振荡器,输出脉冲频率受 α 移相控制电压 U_k 的控制; U_k 降低,则振荡频率升高。而计数器的计数量是固定的(256),计数器脉冲频率高,意味着计一定脉冲数所需时间短,即延时时间短, α 角小;反之 α 角大。计数器开始计数时刻同样受同步信号控制,在 $\alpha=0^\circ$ 时开始计数。现假设在某移相控制电压 U_k 值时,根据压控振荡器的控制电压与频率间的关系确定输出振荡频率为25kHz,则计数到256个脉冲所需的时间为 $(1/25000) \times 256 = 10.2(\text{ms})$,相当于约 180° 电角度。该触发器的计数清零脉冲在同步电压(线电压)的 0° 处,这相当于三相全控桥式整流电路的 $\alpha=0^\circ$ 位置,从清零脉冲起,延时10.2ms产生的输出触发脉冲,即接近于三相桥式整流电路某一相晶闸管 $\alpha=150^\circ$ 位置。如果需要得到准确的 $\alpha=150^\circ$ 触发脉冲,可以调节一下电阻 R_{17} 与 R_{19} 的阻值。显然,有3套相同的触发电路,而压控振荡器和 U_k 控制电压为公用,这样在1个周期中产生6个相位差 60° 的触发脉冲。数字触发器的优点是工作稳定,特别是用HTL或CMOS数字集成电路,可以有很强的抗干扰能力。

图5.86给出了以SGK199为核心的触发脉冲形成单元原理图,可分为 U/f 变换器、脉冲宽度设定和6路相位互差 60° 的触发脉冲形成3个环节。比较器 IC_{3D} 、 IC_{1C} 构成 U/f 变换器,把闭环调节器输出的电压变为与其相适应的频率信号:当电容 C_5 两端的电压低于 IC_{1C} 引脚9的电压时, IC_{1C} 输出高电平,二极管 VD_{17} 截止,电容 C_5 经电源电压+15V与电阻 $R_{16} \sim R_{14}$ 进行充电;在 C_5 两端电压高于 IC_{1C} 引脚9给定的电压时, IC_{1C} 输出低电平,电容 C_5 经 R_{14} 、 VD_{17} 、 IC_{1C} 引脚14放电,当放电放到 C_5 两端电压低于 IC_{1C} 引脚9的电压时, IC_{1C} 输出高电平,电容 C_5 的放电结束,又被重新充电……如此周而复始,将闭环调节器输出的电压转换为与电压成比例的频率信号。同时可以看出,当闭环调节器输出电压高时,电容 C_5 充电到大于该值的时间就长,所以 U/f 环节输出的频率就低;反之,输出频率就高。在SGK199内采用对此频率计数的方法来决定输出触发脉冲的时间,计数器计满便输出触发脉冲。在 U/f 输出频率高时,计数历时时间便短,何时开始计数取决于SGK199引脚5~引脚10输入的三相6路同步方波信号的下降沿的时刻。由于同步电压形成环节通过匹配电阻电容(R_3 、 R_4 、 C_1 、 R_7 、 R_8 、 C_2 、 R_{11} 、 R_{12} 、 C_3)已保证了起始计数时刻刚好对准相电压交点的自然换相点,所以当 U/f 输出频率增高时,相当于输出触发脉冲左移(对应 α 角度减小);当 U/f 输出频率降低时,相当于输出触发脉冲右移(对应触发控制角 α 增大), U/f 变换单元输出最高与最低脉冲频率值便决定了使用中的最大触发控制角 α_{\max} 与最小触发控制角 α_{\min} 。

比较器 IC_{2D} 与 IC_{2C} 及外围元器件一起构成脉冲宽度设定环节。自然可以看到,它也是一个压控振荡器。自SGK199引脚4输出的方波信号MK与 IC_{2D} 引脚4输入的门槛电压比较,输出同一频率的方波脉冲信号,决定了微分电容 C_{10} 和上拉电阻 R_{23} 设定的脉冲上升与下跳沿的微分脉冲宽度。此微分脉冲与 IC_{2C} 引脚8的门槛比较,在其引脚14输出对应每个触发脉冲的6路脉冲列,与SGK199内部的脉冲相与,从而决定了输出6路脉冲的宽度。

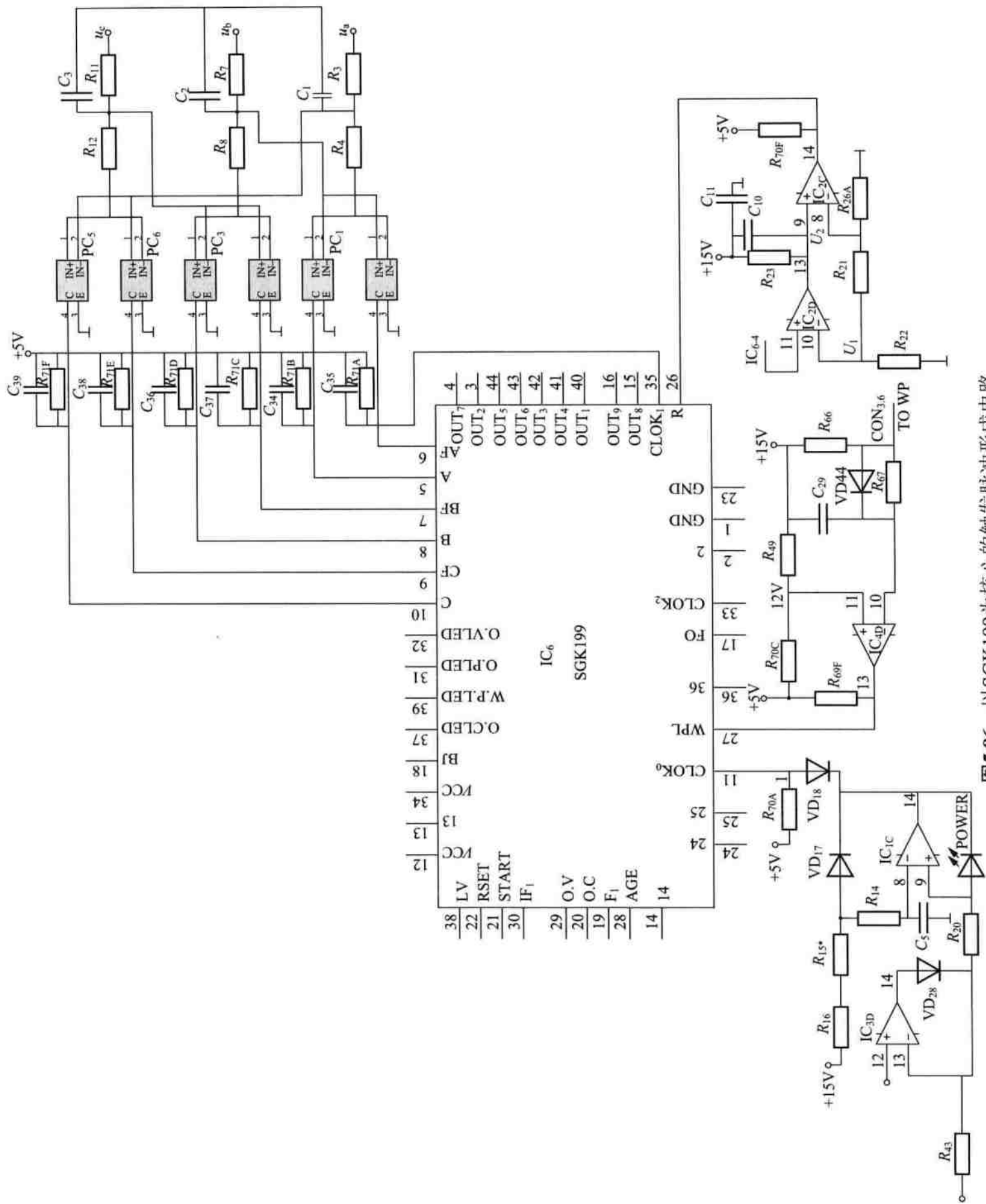


图5.86 以SGK199为核心的触发脉冲形成电路

3. 整流脉冲功放电路

电路原理如图 5.87 所示。该脉冲功放电路巧妙地应用 1 片晶体管阵列集成电路 UA2003 及 1 个晶体管 V_4 实现了对 6 路晶闸管触发脉冲的放大。 $T_1 \sim T_6$ 为脉冲变压器,接于其二次的发光二极管 $VL_1 \sim VL_6$ 指示 6 路触发脉冲的有无及正常与否。二极管 $VD_1 \sim VD_6$ 用来削去脉冲的负半波。SGK199 引脚 4 输出的 OUT_7 信号为 6 路脉冲的“或”信号。由于 UA2003 的输入与输出反相作用,只有 UA2003 引脚 16 与引脚 10~引脚 15 中某个引脚同时为低电平时,晶体管 V_4 才导通工作,此时对应的脉冲变压器一次才获得脉冲电压信号,其二次才有脉冲输出,保证了每隔 60° 仅有 $G_1、K_1 \sim G_6、K_6$ 6 路触发脉冲中的 1 路输出。电阻 R_{56} 与 R_{57} 为限流电阻,用来防止过大的脉冲电流烧坏 UA2003。应特别注意的是,由于 UA2003 是双列直插式 16 引脚集成电路,散热能力有限,因而要求 SGK199 输出的 6 路脉冲的总宽度不能太宽,且每路脉冲最理想的状态应为高频调制脉冲。

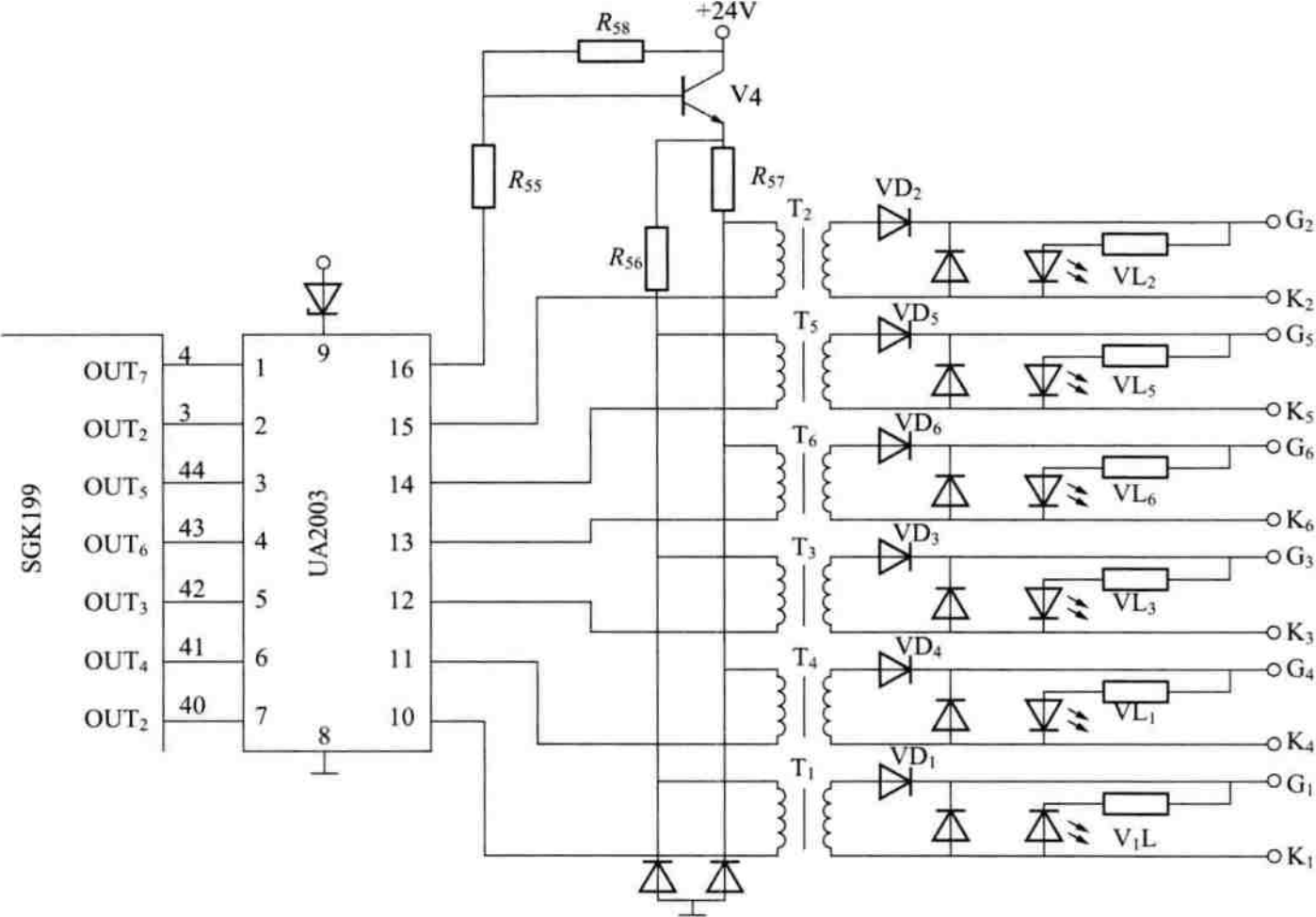


图 5.87 整流脉冲功放电路

4. 逆变控制用中频脉冲功放电路

为保证中频触发脉冲的前后沿具有很好的陡度,图 5.88 中应用场效应晶体管作为中频触发脉冲的功率放大器件。为减小 SGK199 输出引脚的拉电流及实现对场效应晶体管的可靠驱动,同样应用 UA2003 来起匹配与信号放大作用。由于中频电力电子变流设备的输出功率较大,所以逆变桥中应用了 8 只快速晶闸管,两两

并联承担 1 个桥臂中的逆变用电力电子器件,因而逆变控制用中频脉冲功放电路中应用了 4 只具有双二次绕组的中频脉冲变压器。电容 C_{42} 与 C_{43} 为微分电容,是为了解决脉冲宽度不能太宽的问题而添加的。接于脉冲变压器二次的整形二极管应为具有很好频率特性的快速二极管。逆变控制用中频脉冲功放电路中各主要测试点的工作波形如图 5.89 所示, u_{VF1GE} 与 u_{VF2GE} 为图 5.88 中场效应晶体管 VF_1 与 VF_2 的栅源极驱动脉冲信号。

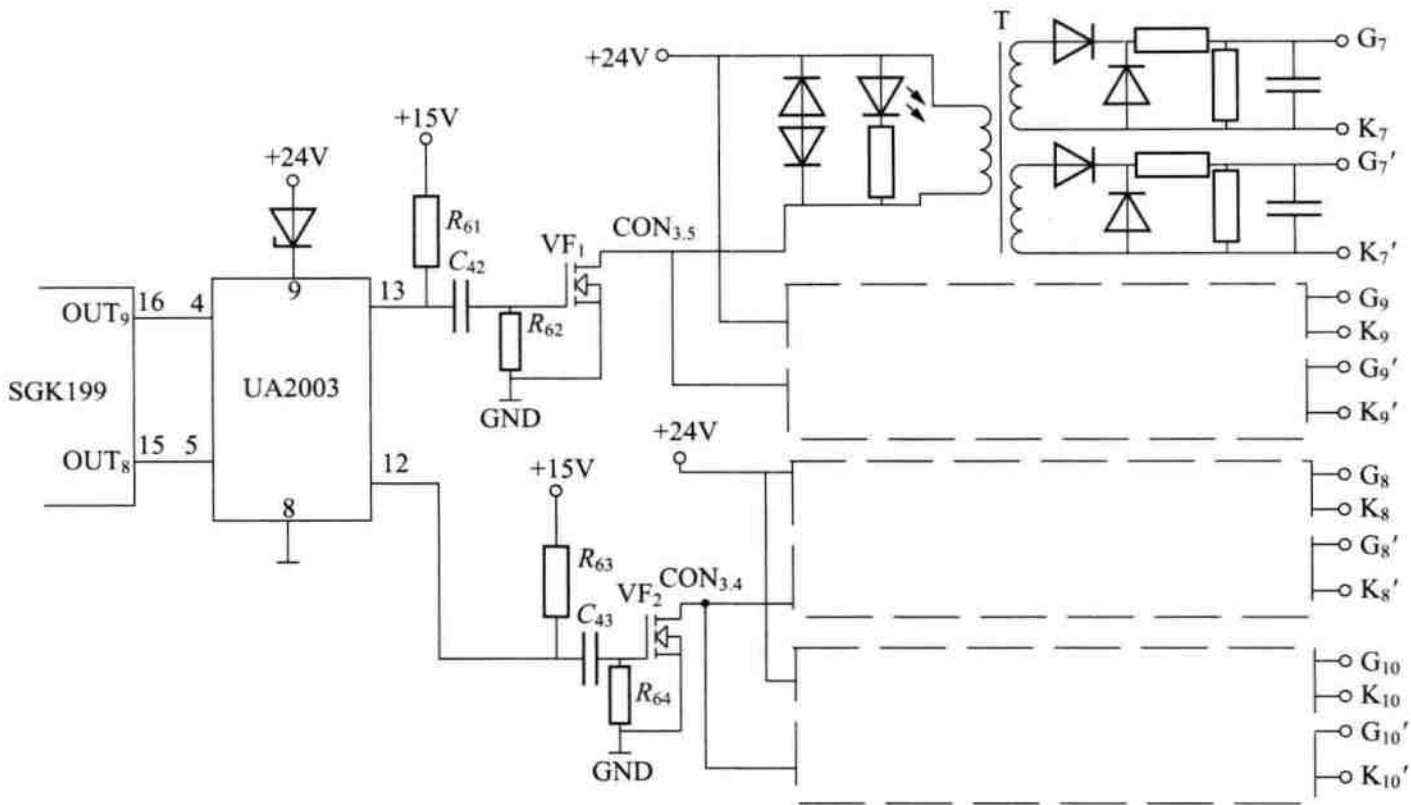


图 5.88 逆变控制用中频触发脉冲功放电路

5. 扫频脉冲形成

该控制板逆变触发部分采用的是扫频式零压软启动。由于自动调频的需要,虽然逆变电路采用的是自励工作方式,控制信号也是取自负载端,但是主回路上无需附加启动电路,不需要预充磁或预充电的启动过程,主回路简化带来的问题是控制电路较为复杂。

启动过程大致是这样的。在逆变电路启动前,先以一个高于槽路谐振频率的他激信号去触发逆变晶闸管,当电路检测到主回路直流电流时,便控制他激信号的频率从高向低扫描;当他激信号频率下降到接近槽路谐振频率时,中频电压便建立起来,并反馈到自动调频电路。自动调频电路一旦投入工作,便停止他激信号的频率扫描,转由自动调频电路控制逆变引前角,使设备进入稳态运行。

若一次启动不成功,即自动调频电路没有抓住中频电压反馈信号,此时他激信号便会一直扫描到最低频率。重复启动电路一旦检测到他激信号进入到最低频段,便再进行一次启动,把他激信号再推到最高频率,重新扫描一次,直至启动成功。重复启动的周期为 0.5s,完成一次启动到满功率运行的时间不超过 1s。

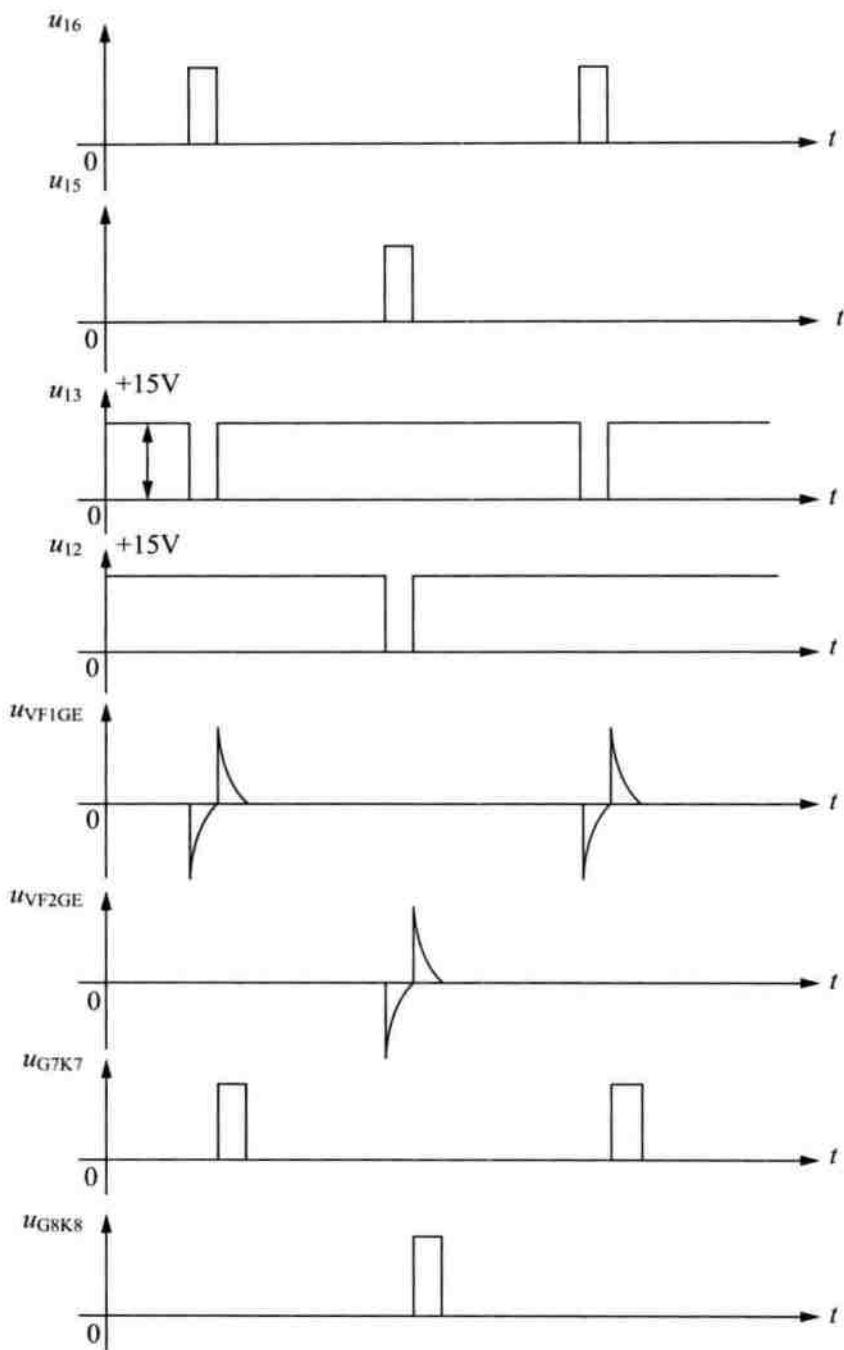


图 5.89 逆变控制用中频脉冲功放电路中各主要测试点的正常工作波形

扫频式中频电力电子变流设备,在启动过程中先由用户的主控制板上输出一从高于固有频率趋向固有频率变化的可变频率信号,经 SGK199 内部电路 2 分频,再由逆变控制用中频脉冲功率放大电路放大隔离与整形后去触发逆变桥中的晶闸管工作,从而在主电路中形成中频电压。该中频电压经电压互感器检测反馈到主控制板内,在扫频频率与固有频率相同时,达到主电路工作模式从他激到自激的转换,中频电力电子变流设备便以主电路中由电容 C_{11} 及电炉的感应圈等效电感 L_0 决定的固有频率稳定运行,所以扫频脉冲形成电路的性能决定着这种启动方式的电力电子变流设备能否可靠启动。

图 5.90 给出了本系统中应用的扫频脉冲形成电路的原理图。启动过程中,SGK199 引脚 33 输入他激频率信号,经内部电路分频后从引脚 16 与引脚 15 输出,在他激转自激转换完成后,从引脚 30 (IFI) 输入信号,此时引脚 33 输入为恒低电

平。当来自调节器输出的电压 U_K 很小时(在给定为零时接近 10V),在控制板通电后,电源电压经过 RP_6 、 R_{52} 、 R_{53} 给电容 C_{26} (或 $C_{26} + C_{27} + C_{28}$ 的组合)充电。当充到大于引脚 7 与引脚 8 的电压时,比较器 IC_{4B} 与 IC_{4C} 分别输出低电平与高电平,电容 C (C_{26} 或 $C_{26} + C_{27} + C_{28}$ 的组合)通过 R_{52} 与 VD_{34} 及 IC_{4B} 的引脚 1 放电;当放电低于 IC_{4B} 与 IC_{4C} 引脚 7 及引脚 8 的电压时, IC_{4B} 引脚 1 与 IC_{4C} 引脚 14 又分别输出高电平与低电平,电容 C_{26} (或 $C_{26} + C_{27} + C_{28}$ 的组合)又通过 RP_6 及 R_{52} 、 R_{53} 充电……如此周而复始,在引脚 33 端输入了一频率很高的脉冲信号。该脉冲信号的频率由 R_{52} 、 R_{53} 与 RP_6 及电容 C_{26} (或 $C_{26} + C_{27} + C_{28}$ 的组合)确定,但由于此时 SGK199 引脚 22 与引脚 23 输入的启动信号 START 及复位信号 RESET 没有到来,所以 SGK199 引脚 16 与引脚 15 无逆变控制用中频触发脉冲信号输出。

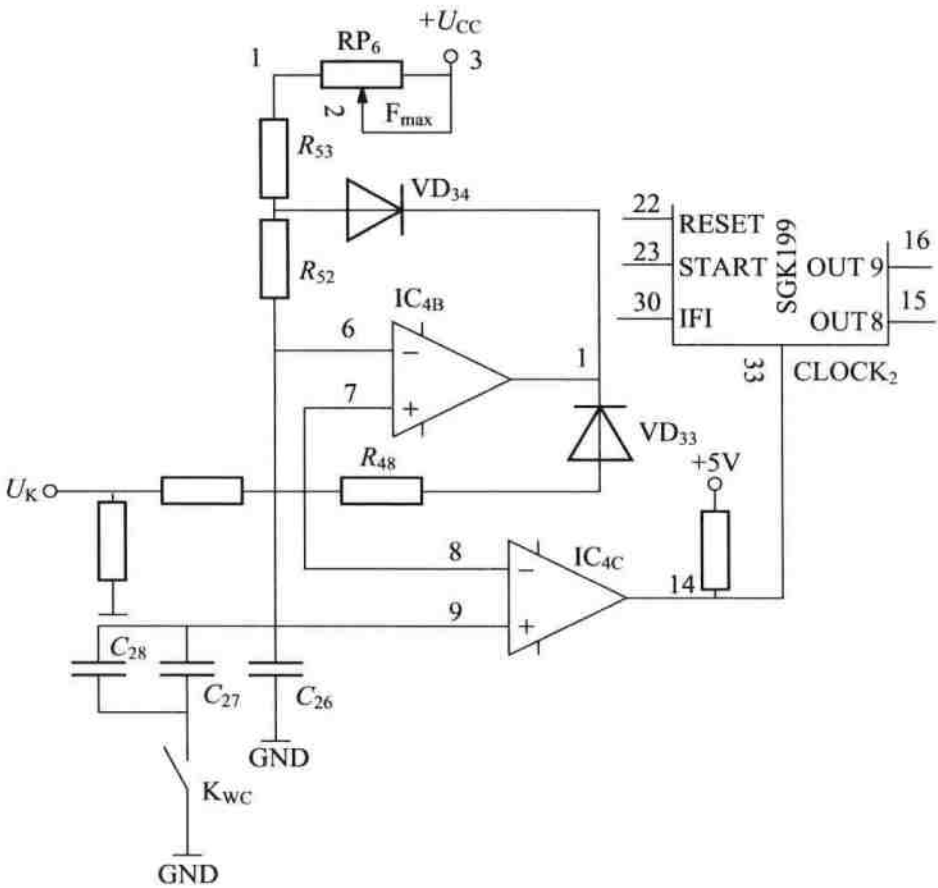
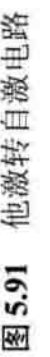


图 5.90 扫频脉冲形成电路

在用户按启动按钮后,SGK199 引脚 22 与引脚 23 输入有效信号,内部电路开放其引脚 16 与引脚 15 的中频脉冲信号输出。同时,随着用户给定调功电位器的调节,输出功率给定 U_K 电压线性上升, IC_{4B} 与 IC_{4C} 翻转的频率降低,所以 SGK199 引脚 33 输入的频率线性下降。

6. 他激转自激电路

采用扫频启动的中频电力电子变流设备启动成功与否的关键取决于他激是否可靠、迅速地转为自激。图 5.91 给出了应用扫频启动方式及自对相触发控制的中频电力电子变流设备控制板中他激转自激环节原理图, IC_{1B} 、 IC_{4A} 、 IC_{4C} 为比较器, IC_{3A} 为差分器, IC_{3B} 为频率调节器, IC_{4B} 与外围器件一起构成压控振荡器。



电位器 RP_6 与电阻 R_{53} 、 R_{52} 一起决定了电容 C_{26} (或 $C_{27} + C_{28} + C_{26}$) 的充电电流。在起始阶段, C_{26} (或 $C_{27} + C_{28} + C_{26}$) 两端的电压低于比较器 IC_{4B} 同相端的电压, IC_{4B} 引脚 1 输出高电平, 二极管 VD_{26} 不导通; 当 C_{26} (或 $C_{26} + C_{27} + C_{28}$) 两端的电压大于比较器 IC_{4B} 同相端的电压时, IC_{4B} 引脚 1 输出低电平, 电容 C_{26} (或 $C_{26} + C_{27} + C_{28}$) 通过 R_{52} 、 VD_{34} 及 IC_{4B} 引脚 1 放电……如此周而复始, 在电容 C_{26} (或 $C_{27} + C_{28} + C_{26}$) 两端形成振荡的三角波频率信号, 通过比较器 IC_{4C} 在其引脚 14 形成了脉冲频率。该脉冲频率由电位器 RP_6 与电阻 R_{53} 、 R_{52} 及电容 C_{26} (或 $C_{26} + C_{27} + C_{28}$) 的参数和由前级频率调节器 IC_{3B} 引脚 7 输出的电压高低决定: 当 IC_{3B} 引脚 7 输出电压较低时, 该频率便高; 当 IC_{3B} 引脚 7 输出电压较高时, 该频率便低。

在中频启动前, 因启动控制开关 K_{WA} 处于闭合状态, 且由于输出频率调节电位器 RP_0 给定值为零, 比较器 IC_{1B} 输出为高电平, 二极管 VD_{30} 与 VD_{31} 均导通, 频率调节器 IC_{3B} 负向饱和, 输出为接近零伏, 虽然压控振荡器 IC_{4B} 及比较器 IC_{4C} 输出频率为最高值 f_{max} , 但因比较器 IC_{4A} 输出为低电平, 通过 SGK199 的 AGE (引脚 28) 从内部封锁了其引脚 15 与引脚 16 的中频触发脉冲输出。

当用户断开启动脉冲控制开关 K_{WA} , 并调节功率设定电位器大于比较器 IC_{1B} 引脚 6 的门槛电压时, IC_{1B} 引脚 1 输出低电平, VD_{30} 与 VD_{31} 均截止, 相当于该支路断开。另一方面, 功率调节器 IC_{3C} (参见图 5.94) 输出从原来的最大值 (设定为 10V) 逐渐下降, 整流触发脉冲输出, 主电路中直流回路电压从零开始增加, 差分器 IC_{3A} 输出电压逐渐降低, 频率调节器 IC_{3B} 引脚 7 输出电压逐渐从零开始上升, 因而决定了压控振荡器 IC_{4B} 引脚 1 及比较器 IC_{4C} 引脚 14 的脉冲频率从最大值开始下降。此时, 因比较器 IC_{4A} 输出高电平, SGK199 内部开放引脚 15 与引脚 16 的中频脉冲输出, 经图 5.88 所示中频脉冲功放电路放大后触发图 5.95 所示逆变桥中的晶闸管, 从而在负载上形成中频振荡信号, 且该信号中与负载回路固有振荡频率相同的信号幅值为最大。该最大幅值的固有振荡频率输出中频信号, 通过中频电压互感器的 25V 绕组取样, 再经图 5.92 中降压变压器 YH 降压、比较器 IC_{1A} 比较后, 从 SGK199 引脚 30 输入, 经内部整形电路整形后, 再分为对应正、负半周的触发脉冲从 SGK199 的 FO (引脚 17) 输出。此时, 因功率调节电位器 IC_{3C} 的输出值较低, 比较器 IC_{3A} 输出变为较小值, 频率调节器 IC_{3B} 输出较高值, 比较器 IC_{4A} 输出高电平, 通过 SGK199 引脚 28 (AGE) 输入他激转自激完成信号, SGK199 引脚 17 (FO) 输出自激频率信号, 电子开关 IC_{7B} 输出使引脚 1 与引脚 3 相通, 从而将自激信号提供给 SGK199 引脚 33 (CLOCK₂), 经内部电路处理后, 从 SGK199 的引脚 15 与引脚 16 输出, 作为图 5.88 所示中频逆变触发脉冲放大电路的输入。从图 5.90 显见, 调节电位器 RP_6 与电容 C_{26} (或 $C_{27} + C_{28} + C_{26}$) 的大小可调整最高他激扫描频率的高低; 调节电位器 RP_3 的大小可调节最大的中频逆变触发延迟角; 而 RP_4 的大小则决定了最小中频逆变触发延迟角的大小; 电位器 RP_5 用来微调频率表显示值, 以便使显示值与实际值相符。

7. 中频电压与工频电流的检测

图 5.92 给出了应用扫频方式及具有自对相功能的中频电力电子变流设备的中频电压与工频电流取样电路的原理图。25V 为中频电压互感器的一个二次绕组的输出,而 u_{ia} 、 u_{ib} 、 u_{ic} 为串于主电路三相工频交流输入母线上的两级电流互感器二次经电阻转换后的电压信号,经整流后提供给主控制板作为电压与电流的反馈信号。使用中应注意的是,为保证调节的及时性,电容 C_6 与 C_4 的电容量不可取得太大。

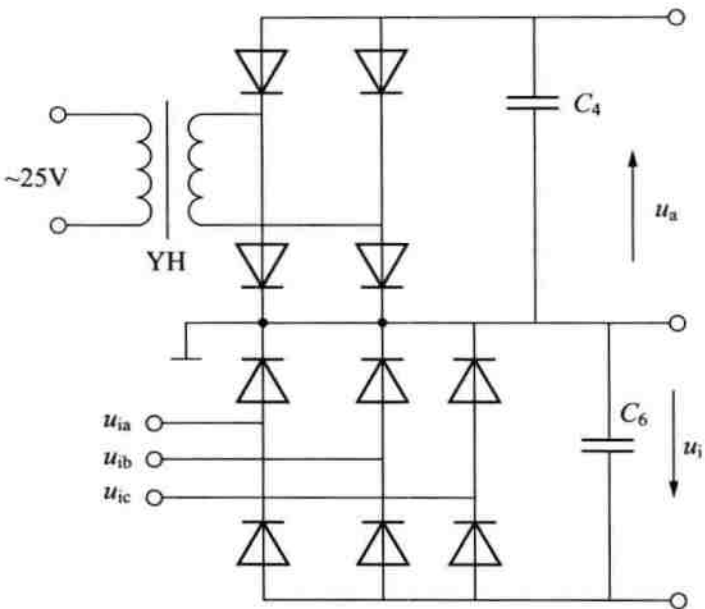


图 5.92 中频电压与工频电流取样电路

8. 自激中频触发脉冲形成

图 5.93 给出了自激中频触发脉冲形成电路的原理图。在中频电力电子变流设备未启动运行时,因来自中频电压互感器 YH 二次的电压为零,在电路设计时配置的 IC_{1A} 引脚 4 的电压高于引脚 5 的电压, IC_{1A} 输出恒定低电压。在中频电力电子变流设备启动过程中, YH 二次电压不断上升,达到一定值时,由于他激信号产生的脉冲在主电路中形成的谐振频率电压相对较高,所以在 IC_{1A} 引脚 5 与引脚 4

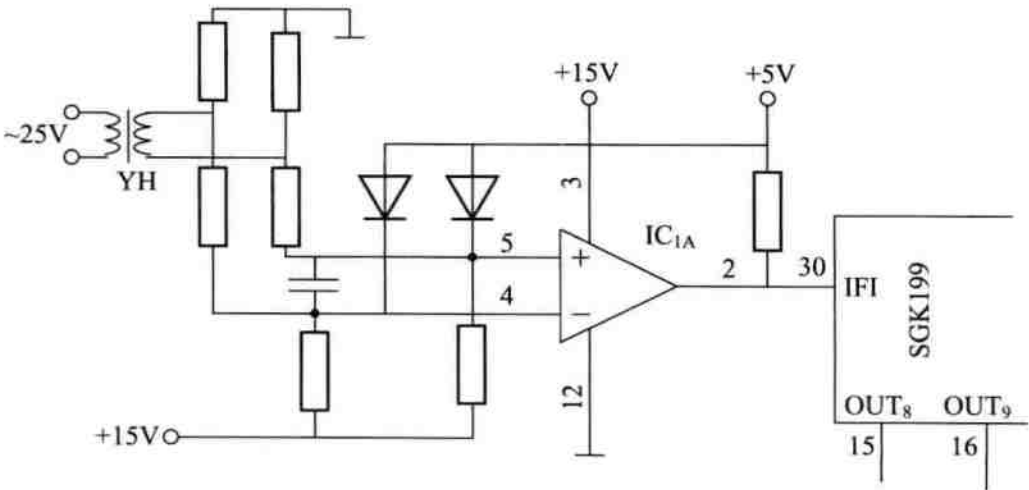


图 5.93 自激中频触发脉冲形成电路

形成交变电压,使 IC_{1A} 引脚 5 的电压按高于或低于引脚 4 的电压周期性变化,所以在 IC_{1A} 的输出引脚 2 形成与主电路中固有频率相同的方波信号,经 SGK199 内部电路匹配后从引脚 15 与引脚 16 输出正常工作的两路逆变控制用中频触发脉冲信号。

9. 恒功率闭环调节器

为了保证中频电力电子变流设备输出恒功率运行,具有较高的工作效率,KGPSⅧ中频电力电子变流设备控制板中应用恒功率调节器,如图 5.94 所示。在启动过程中,中频启动成功后,由于负载较轻,工频电流取样值较小,电流变换后的等效电压 u_i 较低,不足以使稳压管 VS_3 击穿,进而使晶体管 V_3 导通,相当于二极管 VD_{24} 断开,此时中频电压取样信号经 VD_{23} 整流后反馈,闭环调节器为电压闭环调节器。当输出功率达到一定值时,工频电流取样值变的较大, u_i 电压的幅值足以使稳压管 VS_3 反向击穿,促使晶体管 V_3 饱和导通,二极管 VD_{24} 导通。由于此时电流反馈值大于电压反馈值,所以二极管 VD_{23} 反向截止,自动从电压闭环转为了电流闭环,实现了恒功率调节。另应看到,在 IC_{3C} 的同相端引脚 10 设置有很小的正偏置电压,从而保证了只要给定电压(RP_0 中点电压)大于零, U_{kl} 便为稳压管限幅最大值 10V;当 U_g 与 U_f 增加时,差分器输出随之下降,使运放同时完成了调节器与差分器的功能。

5.18.3 典型应用举例

图 5.95 是 KGPSⅧ用于国内某大型机械厂生产的中频弯管用 KGPS-1000kW/1kHz 中频电力电子变流设备的原理图。图中,KGPSⅧ控制板外扩展了 4 块双单元脉冲末级板,用以实现逆变桥 8 个快速晶闸管与 KGPSⅧ控制板输出中频触发脉冲的匹配。

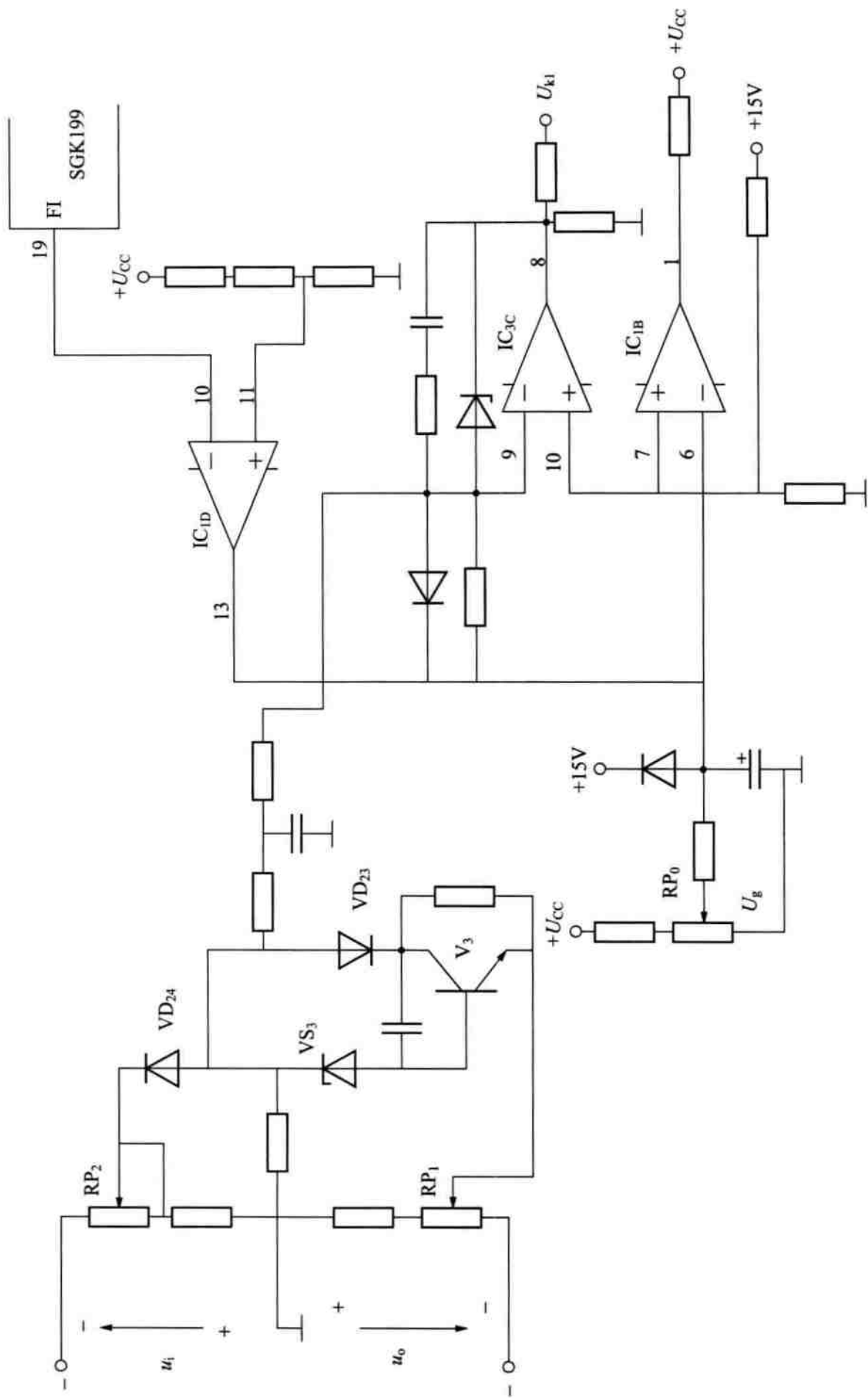
5.19 KGPSⅧ12 脉波晶闸管中频电力电子变流设备控制板

KGPSⅧ是适用于大功率中频控制的低谐波控制触发板,适合在较大功率或要求 12 脉波整流的电力电子变流设备中用作触发控制。

5.19.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 采用 2 片智能化控制芯片 SGK199,控制电路除调节器外均实现数字化。
- (2) 整流触发器部分不需要任何调整,而且具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰能力强、反应速度快等优点。



IC1: LM339

图5.94 恒功率调节器

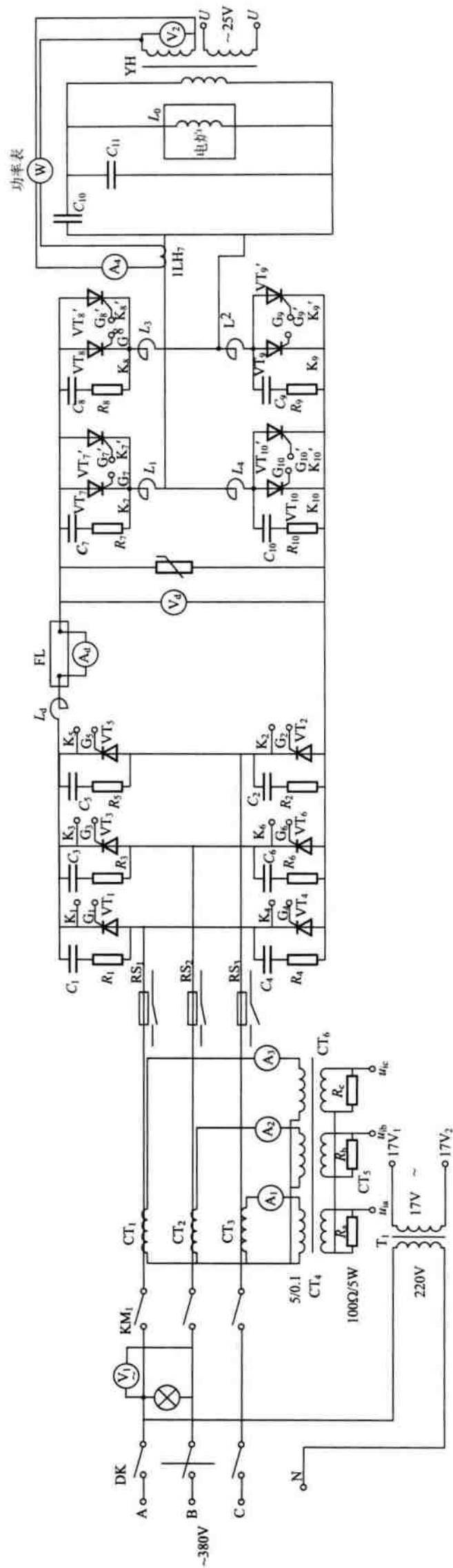


图 5.95 应用扫频启动方式的KGPS-1000kW/1kHz中频电力电子变流设备的原理图

(3) 具有相序自适应电路,无需同步变压器,现场调试中免去了调相序、对同步的工作,仅需把2个三相全控桥中各自6只晶闸管的门-阴极线接至控制板相应的接线端上,整流部分便能投入运行。

(4) 逆变采用扫频式零压软启动方式,启动性能优于普通的零压软启动电路,并设有自动重复启动电路,可防止中频电力电子变流设备偶尔的启动失败,使启动成功率达到100%。

(5) 频率跟踪电路采用的是平均值取样方案,提高了逆变的抗干扰能力。

(6) 仅需取样中频电压信号,而无需槽路电容器的电流信号,免去了外接中频电流互感器、确定取样电流相位的烦恼。

(7) 在调试和使用现场,不会由于中频输出线或取样电流互感器的相位接反,而产生中频电力电子变流设备不能启动的问题。

(8) 逆变电路中还加有逆变角调节电路,可以自动调节负载阻抗的匹配,达到恒功率输出,应用其可以制成“快速熔炼”的中频电力电子变流设备,达到省时、节电、提高网侧功率因数的目的。

(9) 逆变部分的主要电路均在KC199大规模集成电路的内部用程序实现,避免了模拟电路调试的烦恼。

(10) 全板仅使用9只集成电路、14只晶体管、12只微调电位器、47个引出端子,安装十分方便。

(11) 电路的集成化程度很高,故障率极低,适用于各种晶闸管并联谐振中频电力电子变流设备中。

(12) 用于中频电力电子变流设备中时,大多数参数的设定都由电路内部自动设定,只有6只电位器的参数设定需要用户调整,所以具有极强的通用性和互换性。

(13) 用于中频电力电子变流设备中时,基本上是2套单相逆变桥控制电路的合成,核心部分增加了电流平衡调节器电路。当负载不平衡或进线电压不同造成2个可控整流桥电流不平衡时,它可以自动调节2个可控整流桥的电流,使之趋向一致。

2. 主要参数限制

(1) 随着输入限流电阻 R_3 、 R_7 、 R_{11} 的不同,主电路进线额定电压范围可达100~660V(50Hz)。

(2) 控制供电电源:单相17V/2A。

(3) 中频电压反馈信号最大值:AC 12V/15mA。

(4) 电流反馈信号最大值:AC 12V/5mA 三相输入。

(5) 整流触发脉冲移相范围: $\alpha=0^\circ\sim150^\circ$ 。

(6) 整流触发脉冲不对称度:小于 1° 。

(7) 整流触发脉冲每个信号宽度: $\geq 600\mu\text{s}$ 、采用间隔 60° 的双窄脉冲。

- (8) 整流触发脉冲特性: 触发脉冲峰值电压 $\geq 12\text{V}$, 触发脉冲峰值电流 $\geq 1\text{A}$, 触发脉冲前沿陡度 $\geq 0.5\text{A}/\mu\text{s}$ 。
- (9) 逆变频率: $400\text{Hz}\sim 8\text{kHz}$ 。
- (10) 逆变触发脉冲信号宽度: $1\div(16\times\text{逆变频率})$ 。
- (11) 逆变触发脉冲特性: 触发脉冲峰值电压 $\geq 22\text{V}$, 触发脉冲峰值电流 $\geq 3\text{A}$, 触发脉冲前沿陡度 $\geq 2\text{A}/\mu\text{s}$ (逆变用触发脉冲变压器是外接的)。
- (12) 故障信号输出接点容量: $\text{AC } 5\text{A}/220\text{V}$ 或 $\text{DC } 5\text{A}/24\text{V}$ 。

5. 19. 2 内部结构及工作原理

KGPSⅧ12 脉波晶闸管中频电力电子变流设备控制板的电路原理如图 5. 96 所示(见书后插页), 该控制板可以看作是在 2 块 KGPSⅦ的基础上增加了均流调节器, 用来实现 2 个受该板控制的中频电力电子变流设备中整流桥的电流平衡, 主要由自身工作电源、调节器、移相控制、保护电路、相序自适应电路、启动演算电路、逆变频率跟踪、逆变脉冲形成、脉冲放大及脉冲变压器、均流调节器等组成。

5. 19. 3 应用技术

1. 工作环境

- (1) 海拔不超过 2000m 。
- (2) 环境温度不低于 -10°C , 不高于 $+40^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气最大相对湿度不超过 90% ($20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 时)
- (4) 运行地点无导电及爆炸性尘埃, 无腐蚀金属和破坏绝缘的气体或蒸汽。
- (5) 无剧烈振动和冲击。

2. 正确安装

KGPSⅧ控制板的元器件布置如图 5. 97 所示(见书后插页), 对外引出共 14 个接插件, 安装时周围应留有不小于 20mm 空间, 以利接线。它的外形尺寸长 \times 宽 \times 高= $295\text{mm}\times 246\text{mm}\times 30\text{mm}$, 安装孔距为 $285\text{mm}\times 236\text{mm}$, 安装孔为 $4-\Phi 5$ 。 $G_1\sim G_{12}$ 、 $K_1\sim K_{12}$ 触发脉冲连接导线用 0.7mm^2 多芯软导线, 建议用不同颜色的导线表示极性, 其余连接导线用 0.5mm^2 多芯软导线。

如果所装的中频电源不需要复位功能、报警功能、内接频率表的话, 端子 $\text{CON}_{2.1}$ 、 $\text{CON}_{2.6}$ 、 $\text{CON}_{3.8}$ 、 $\text{CON}_{3.9}$ 可不用。

3. 正确接线

该控制板共有 47 个接线端子, 接线方法见表 5. 41。

表 5. 41 KGPSⅧ控制板的接线方法

名 称	端子号	标记符号	接线方法
电源零线连接端	CON1-1	N	通常与 1-2 短接

续表 5.41

名 称	端子号	标记符号	接线方法
故障输出接点连接端	CON1-2		常开接点 AC 5A/220V,DC 10A/24V 常开接点的定触头,接主电路三相电源零线
电压反馈信号连接端	CON2-1 CON2-2	U_f	接中频电压互感器二次的绕组 20V
1 号整流桥电流反馈信号连接端	CON2-3	i_{a1}	接串接于 1 号可控整流桥三相交流输入线上的电流互感器二次侧经电压变换后的三相 12V
	CON2-4	i_{b1}	
	CON2-5	i_{c1}	
状态控制信号连接端	CON2-6	RST	悬空为运行状态,接地为停止运行和故障复位,接用户复位或启动按钮的一端
	CON2-7	GND	控制信号接地端(与给定共用),接地为停止运行和故障复位,接用户复位或启动按钮的一端
功率给定输入连接端	CON2-7	GND	给定接地端,接功率给定电位器的一个固定端
	CON2-8	U_G	接功率给定电位器的中间滑动头,给定值为 DC 0 ~ +15V
	CON2-9	U_{DD}	接功率给定电位器的另一个固定端。固定值为:DC +15V,最大需求输出电流为 20mA
2 号整流桥电流反馈信号连接端	CON2-10	i_{a2}	接串接于 2 号可控整流桥三相交流输入线上的电流互感器二次侧经电压变换后的三相 12V
	CON2-11	i_{b2}	
	CON2-12	i_{c2}	
工作电源连接端	CON3-1	17V ₁	接用户提供的供电变压器二次的交流 17V 一端
	CON3-2	17V ₂	接用户提供的供电变压器二次的交流 17V 另一端
逆变脉冲输出连接端	CON3-3	+24V	逆变输出脉冲公共端 E 端 +24V,接中频脉冲功放输入正端
	CON3-4	OUT ₁	逆变输出端,最大输出 1.5A,接一路中频脉冲功放输入负端
	CON3-5	OUT ₂	逆变输出端,最大输出 1.5A,接另一路中频脉冲功放输入负端
外部信号故障输入连接端	CON3-6	WPL	接地为故障状态,WPL 灯亮,带 3s 延时,接外部故障报警电路一输出端
	CON3-7	GND	外部故障接地端,接外部故障报警电路另一输出端
频率表连接端	CON3-8	U_{cc}	接频率表正端
	CON3-9	F	接频率表负端,5mA 输出负载能力
1 号晶闸管整流桥用触发脉冲输出连接端	1A、1B、1C	G_{i1} 、 K_{i1} $i=1\sim 6$	分别接 1 号可控整流桥中 6 只晶闸管的门-阴极。为抗干扰,同组线应用紧密绞合线
2 号晶闸管整流桥用触发脉冲输出连接端	2A、2B、2C	G_{i2} 、 K_{i2} $i=1\sim 6$	分别接 2 号可控整流桥中 6 只晶闸管的门-阴极。为抗干扰,同组线应用紧密绞合线

4. 各电位器的作用及调节方法

(1) $RP_1(I_{I1})$ 为 1 号整流桥最大输出电流截流设定电位器及两桥电流平衡微调电位器:有电流反馈时可设定最大输出电流,顺时针调节,输出电流值减小,最大调节范围约为 2 倍额定电流。过电流无需调节,当截流值调整好后,过电流自动成为 1.4 倍的截流值。当两桥电流不平衡时,微调 RP_1 和 RP_7 ,可以使两路电流趋向一致。

(2) $RP_2(U_I)$ 为最大中频输出电压截压设定电位器:有电压反馈时,可设定最大中频输出电压,顺时针调节,中频输出电压值减小,最大调节范围约为 2 倍额定电压。过电压无需调节,当截压值调整好后,过电压自动设为 1.2 倍截压值。

(3) $RP_3(\theta_{\max})$ 为最大逆变引前角设定电位器:顺时针调节, θ_{\max} 增大,调节范围为 $40^\circ\sim60^\circ$ 。

(4) $RP_4(\theta_{\min})$ 为最小逆变引前角设定电位器:顺时针调节, θ_{\max} 增大,调节范围为 $20^\circ\sim40^\circ$ 。

(5) $RP_5(F)$ 为外接频率表设定电位器:顺时针调节,频率表读数增大,最大调节范围约 3 倍逆变他激频率。

(6) $RP_6(f_{\max})$ 为最大他激逆变频率设定电位器:顺时针调节,他激逆变频率增大,最大调节范围约为 2 倍额定频率。

(7) $RP_7(2I_I)$ 为 2 号整流桥最大输出电流截流设定电位器及两桥电流平衡微调电位器:当两桥电流不平衡时,微调 RP_1 和 RP_7 ,可以使两路电流趋向一致。

5. 发光二极管状态指示

KGPSⅧ控制板内共有 23 个状态指示发光二极管,各发光二极管的代号及点亮时所指示的状态见表 5.42。

表 5.42 发光二极管代号及点亮时所指示的状态

代 号	发光二极管点亮时所指示的状态
POWER ₁	控制板对应 1 号整流桥工作电源正常指示
POWER ₂	控制板对应 2 号整流桥工作电源正常指示
WPL	水压低故障指示
1OC	1 号整流桥过电流故障指示
2OC	2 号整流桥过电流故障指示
LV	控制板工作电源欠压故障指示
OV	中频过电压故障指示
1OP	1 号整流桥三相输入缺相故障指示
2OP	2 号整流桥三相输入缺相故障指示
VL ₁₁ ~VL ₁₆	1 号整流脉冲指示,正常为微亮或不亮,太亮表示晶闸管门-阴极接反或开路
VL ₂₁ ~VL ₂₆	2 号整流脉冲指示,正常为微亮或不亮,太亮表示晶闸管门-阴极接反或开路

6. 典型应用举例与调试

图 5.98 是 KGPSⅧ控制板用于 2500kW 中频电力电子变流设备系统中的原理图。整流变压器二次为一个三角形、一个星形接线,彼此移相 30° ,经整流后得到 12 脉波,再由 2 个逆变桥逆变成中频电提供给负载。DLQ 为高压断路器, MJM1.0 为中频脉冲功率放大板, MJF6.0 为对整流触发脉冲进行第 2 次功率放大的脉冲功放板。调试步骤如下。

1) 调试需准备的工具

(1) 1 台 20MHz 示波器,若示波器的电源线是三芯插头时,注意“地线”千万不能接,示波器外壳对地需绝缘;仅使用一踪探头,示波器的 X 轴、Y 轴均需校准,探头需在测试信号下补偿好。

(2) 若无高压示波器探头,应用电阻做一个分压器,以适应 600V 以上电压的测量。

(3) 1 个阻值 $\leq 500\Omega$ 、功率 $\geq 500W$ 的电阻性负载。

2) 整流部分的调试(RP₁)

(1) 为了调试的安全,调试前应该使逆变桥不工作。例如,把平波电抗器的一端断开,再在整流桥直流口接入一个阻值 $\leq 500\Omega$ 、功率 $\geq 500W$ 的电阻性负载。电路板上的 I_f 微调电位器 RP₁ 顺时针旋到底,使电流取样值为最高值(以防调试过程发生短路时,可以提供过流保护)。将主控板上的 DIP-1 开关拨在 ON 位置。用示波器做好测量整流桥输出直流电压波形的准备,把面板上的“给定”电位器逆时针旋至最小。

(2) 可以不分相序分别接通两路三相供电电源,检查是否有缺相报警指示;若有,可以检查进线快速熔断器是否损坏。

(3) 把面板上的给定电位器顺时针旋大,则对应每次接通的三相供电电源,直流电压波形应该几乎全放开($\alpha \approx 0^\circ$),6 个波头全在。若中频电源为 380V 输入,此时的直流电压表应指示在 530V 左右(若中频电源为 660V 输入,此时的直流电压表应指示在 900V 左右)。再把面板上的给定电位器逆时针旋至最小,直流电压波形几乎全关闭,此时的 α 角约为 120° 。输出直流波形在整个移相范围内应该是连续平滑的。

(4) 若在调试中每接通一个三相供电主电源,发现输出不是 6 个整流波头,则应检查 6 只整流晶闸管门-阴极与 KGPSⅧ输出的触发脉冲的序号是否一一对应、连接正确,晶闸管的门-阴极线是否接反或短路。当两路三相同时输入时,整流电路输出为 12 脉波。

(5) 在此调试过程中,也应检查面板上的给定电位器是否接反,接反了会出现给定电位器顺时针调到最大,整流后的直流输出电压为零;逆时针调到最大整流电压,直流电压为最大的;直流电压几乎为最大,只有把给定电位器顺时针旋到头时,直流电压才会有减小的现象。

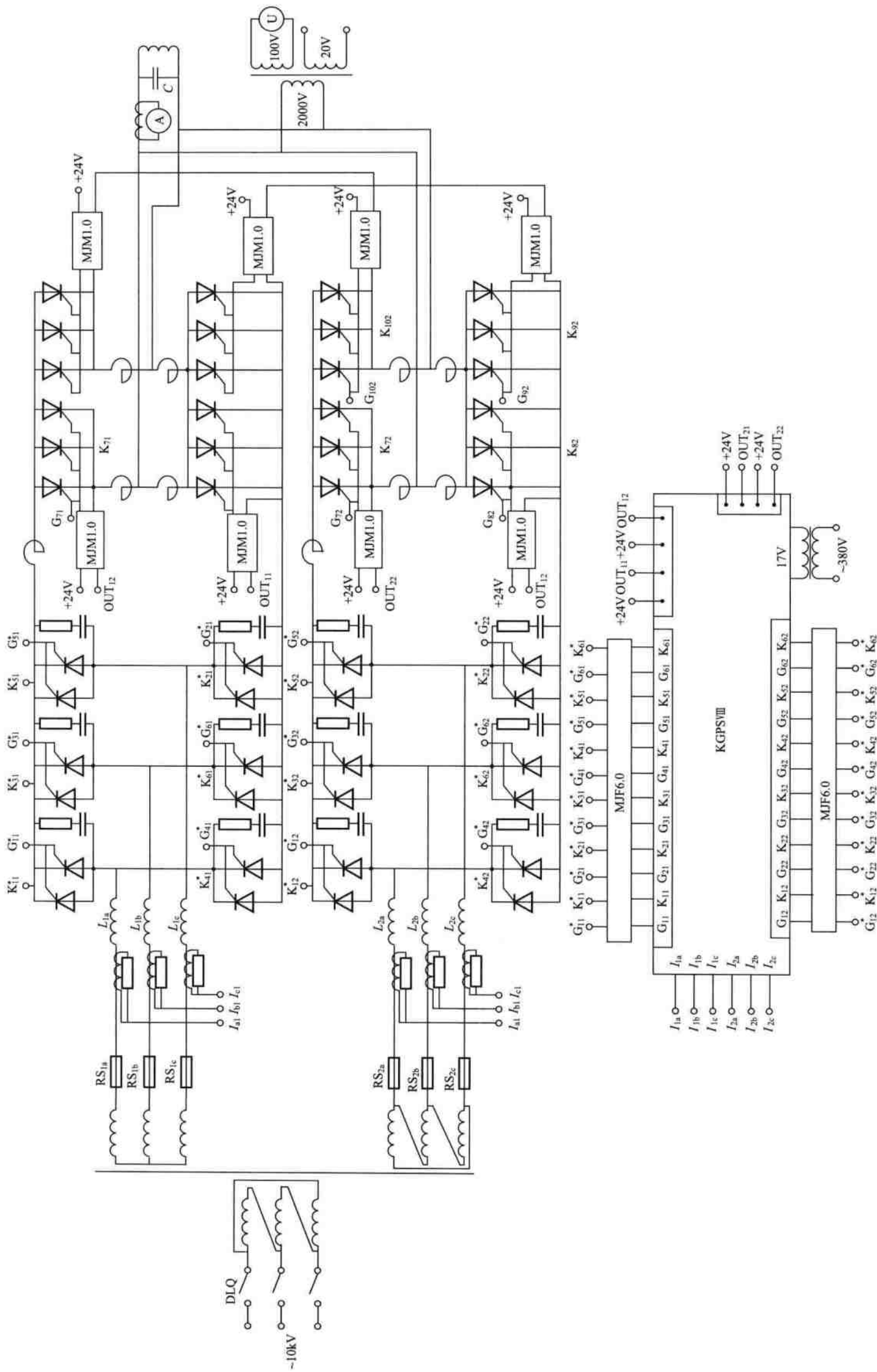


图 5.98 KGPSⅧ控制板用于2500kW中频电力电子变流设备系统

(6) 当两路三相电压接入整流输出都正常时,停电状态下把逆变桥接入,使逆变触发脉冲投入,去掉整流桥端口的电阻性假负载。把板上 U_i 微调电位器 RP_2 顺时针旋至最高端(以防调试过程发生逆变过压时,可以提供过压保护),并使 KGPS VIII 上的 DIP-1 开关拨在 ON 位置,面板上的给定电位器逆时针旋至最小。

(7) 上电数秒钟后,把面板上的给定电位器顺时针慢慢地旋大,这时逆变桥会出现 2 种工作状态:一种是逆变桥起振,另一种是逆变桥直通。此时需要的是逆变桥直通。若逆变桥为起振状态,可在停电的状态下,调节中频电压互感器的相位,即把中频电压互感器 20V 绕组的输出线对调一下,就不会起振了。在缓慢旋大面板上给定电位器的操作中,应密切注意电流表的反应,若电流表的指示迅速增大,则应迅速把给定电位器逆时针旋下来,此时表明电流取样电路有问题,系统处于电流开环状态,应检查电流互感器是否接对,特别是 5A/0.1A 电流互感器的原、副边是否接反,0.1A 绕组上的 68Ω 电阻是否接上。正常的表现是,随着给定电位器的缓慢加大,电流表的指示也跟着增大;当停止旋转给定电位器时,电流表的指示能稳定在某一刻度上。

(8) 出现直通现象时,把面板上的给定电位器顺时针旋大,使电流表的指示接近额定值的 50% 左右。用交流电压表分别测量 CON2-3~CON2-5 与 CON2-10~CON2-12 端子间的电压,3 个电压应该是大致相等的。若相差太大,说明电流互感器的同名端接错,必须改正,否则会影响电流调节器的正常工作。

(9) 继续把面板上的给定电位器顺时针旋到头,电流表的指示应接近额定值。逆时针调节主控制板上的 RP_1 电流反馈微调电位器,使直流电流表指示到额定输出电流,完成额定电流的整定。

这样整流桥的调试就基本完成,可以进行逆变桥的调试。

需要指出的是,当平波电抗器的直流电阻较小时,在直通状态下作额定电流的整定,会出现直流电流振荡的现象,可在直流回路里串一电阻加以解决。另外,由于中频电力电子变流设备多采用水冷却,所以在作此项调试时,必须通水冷却。

当调试场地的电源不能提供中频电力电子变流设备的额定电流时,额定电流的整定,可放在现场满负荷运行时进行。但是,应先在小电流的状况下判定一下电流取样回路的工作是否正常。

3) 逆变部分的调试

(1) 调电位器 RP_5 校准频率表。

把主控制板上的 DIP 开关均拨在 OFF 位置,将面板上的“给定”电位器逆时针旋至最小。把示波器接在板内晶体管 VT_5 或 VT_6 的集射极之间,用示波器测逆变触发脉冲的他激频率,并用电位器 RP_6 来调节他激频率的最高值,同时调节电位器 RP_5 微调电位器,使频率表的显示值与示波器测得的值一致。

若中频电力电子变流设备用的是专用中频频率表,则可免去此步调试。但还是推荐使用直流毫安或微安表头改制的频率表,这一方面是可以测得最高他激频率,另一方面是价格便宜。

(2) 调电位器 RP_6 起振逆变器。

首先检查逆变桥中晶闸管的门阴极线连接是否正确,逆变桥中晶闸管末级板上的发光二极管 VL 亮度是否正常,不亮则说明逆变脉冲末级隔离整形板的输入脉冲线接线端子线接反了。再把主控制板上 CON3-5 对外的连线断开,看熄灭的发光二极管 LED 逆变级是否处在逆变桥的对角线位置。

把主控板上的 DIP 开关均拨在 OFF 位置,把面板上的“给定”电位器逆时针旋到底,调节控制板上的 RP_6 微调电位器,使最高他激频率高于槽路谐振频率的 1.2 倍,将 RP_3 、 RP_4 微调电位器旋在中间位置。把面板上的“给定”电位器顺时针稍微旋大,这时从频率表中可以看出他激频率开始从高往低扫描,逆变桥进入工作状态,开始起振。若不起振,表现为他激信号反复作扫频动作,可调节中频电压互感器的相位,即把中频电压互感器 20V 绕组的输出线对调一下。

若把中频电压互感器 25V 绕组的输出线对调后,仍然启动不起来,此时应确认一下槽路的谐振频率是否正确。可以用电容/电感表测量一下电热电容器的电容量及感应器的电感量,计算出槽路的谐振频率,当槽路的谐振频率处在最高他激频率的 0.6~0.9 倍的范围内时,启动应该是很容易的。再者检查一下逆变桥中晶闸管是否有损坏的。

(3) 调电位器 RP_3 与 RP_4 整定逆变引前角。

逆变桥起振后,可做整定逆变引前角的工作,把 DIP 开关均打在 OFF 位置,用示波器观察电压互感器 100V 绕组的波形,调节主控板上电位器 RP_4 微调电位器,使逆变换相引前角在 22° 左右,此时中频输出电压与直流电压的比为 1.2 左右(若换相重叠角较大,可适当增大逆变换相引前角)。此步整定的是最小逆变引前角,一般希望它尽可能的小。当然,过小的逆变换相引前角会使逆变换相失败,表现为中频电压升高时,出现重复启动。

再把 DIP-2 开关打在 ON 位置,调节板上 RP_3 微调电位器,整定最大逆变换相引前角。根据不同中频输出电压的要求,最大逆变换相引前角亦不同,如中频电力电子变流设备的三相输入电压为 380V,额定中频输出电压为 750V 时,要求最大逆变换相引前角在 42° 左右,此时中频输出电压与直流电压的比为 1.5。一般希望它尽可能的大些,这在系统输入电压偏低时,仍可保证中频输出电压到额定值;当系统输入电压偏高时,由于有电压调节器的作用,中频输出仍然不会出现过电压。

此项调试工作应在 50% 额定中频输出电压下进行。注意,必须先调 1.2 倍关系,再调 1.5 倍关系;否则,顺序反了会出现互相牵扯的问题。有时由于电压表不准,给调试带来错误的结论,所以应以示波器测得的引前角为准。

调试中若出现逆变引前角过大的现象,应检查槽路谐振频率是否过低。

(4) 调电位器 RP_2 对额定输出电压进行整定。

在轻负荷的情况下整定额定输出电压,把板上 DIP 开关均拨在 OFF 位置,将 RP_2 微调电位器顺时针旋至最大,把面板上的给定电位器顺时针旋大,逆变桥工作。继续把面板上的给定电位器顺时针旋至最大,此时输出的中频电压接近额定

值,逆时针调节 RP_2 微调电位器,使输出的中频电压达到额定值。

在这项调试中,可见到这样的现象:直流电压升到最大值后,中频输出电压却还能继续随给定电位器的旋大而上升。

在整定额定输出电压时,应在直流电流低于额定电流的条件下进行,否则会由于电流限幅的作用,使中频输出电压调不上去。

(5) 调电位器 RP_1 和 RP_7 对 2 个整流桥输出的电流平衡性进行调节与整定。

在轻负荷的情况下整定额定输出电压,把板上 DIP 开关均拨在 OFF 位置,将 RP_1 和 RP_7 微调电位器顺时针旋至最大,把面板上的给定电位器顺时针旋大,逆变桥工作。继续把面板上的给定电位器顺时针旋至最大,此时输出的中频电压接近额定值,逆时针调节 RP_1 和 RP_7 微调电位器,使 2 个整流桥输出的电流值相等或接近。

至此,7 只微调电位器全部调完,调试结束。

7. 应用注意事项

(1) 在对晶闸管中频电力电子变流设备做绝缘耐压测试时,应取下控制板,否则可能造成控制板永久性损坏。

(2) SGK199 是一种 CMOS 器件,使用时应注意器件的 2 个相邻引脚之间发生短路的问题,否则将导致芯片损坏。为保证器件的安全,忌用万用表直接测量器件的引脚。

(3) 当控制板接入主回路后,控制板上标有“DANGER HIGH VOLTAGE”(注意高压)的区域便带有高压电,敬请注意,以免触电。

第 6 章 晶闸管电力电子变流设备 配套末级板及电压取样板

6.1 概 述

电力电子变流设备中往往使用多只晶闸管器件,按不同的电路拓扑结构,这些晶闸管的阴极电位会不相同,且有很大的电位差。为防止不同晶闸管的阴极发生短路,需要把触发脉冲产生电路输出的触发脉冲,经隔离后加到各个被触发晶闸管的门-阴极。另一方面,由于触发电路产生的触发脉冲功率很小,输出脉冲电流为毫安与微安级,需经过功率放大。另一方面,因电力电子变流设备控制的功率较大,被触发晶闸管的阴极电位不但较高,而且流过的电流也大,而产生触发脉冲的电路多为控制电路,电压较低,出于防止主电路的高电压进入控制电路造成危害,同时防止主电路对控制脉冲形成电路的干扰,消除耦合及干扰的多重需要,必须对控制触发电路输出的触发脉冲进行放大后,先由隔离整形电路处理,功率匹配后,再加到被触发晶闸管的门-阴极,这便是晶闸管电力电子变流设备配套末级板的工作。还应看到,晶闸管电力电子变流设备输出电压相对较高,无法直接接入控制电路作为保护与调节信号,这就需要专门的电压检测单元对较高电压进行处理,变为与控制电路匹配的电压信号,作为晶闸管触发集成电路和各种触发控制板不可分离的使用单元,表 6.1 中给出了陕西高科电力电子有限责任公司生产的在国内有很大使用量的晶闸管电力电子变流设备配套末级板与电压取样板的型号、主要特点和参数限制。

表 6.1 晶闸管电力电子变流设备配套末级板及电压取样板简表

型 号	主要特点	参数限制
KMF-1 KMF-2	一单元脉冲末级板,性能类似于 MJ1.1	工作电源电压:24V/0.5A 最大触发脉冲电流:1A 外形尺寸(长×宽×高): KMF-1 为 85mm×60mm×45mm KMF-2 为 80mm×60mm×45mm
KMF-4	为并联应用而设计的脉冲变压器,外壳为 ABS 塑料,环氧树脂封装,带有脉冲指示端,使用极为方便,性能类似于 MJ1.1	强触发脉冲电流:1A 脉冲前沿上升时间: $<1\mu\text{s}$ 外形尺寸:长×宽×高=80mm×60mm×45mm

续表 6.1

型 号	主要特点	参数限制
KMF-5 KMF-7	为适应双窄脉冲触发板配套使用而开发的,所以脉冲不调制;采用塑料压模件外壳,环氧树脂封装,具有前沿陡度好,高可靠性、防震、防潮等特点	工作电源电压:24V/0.5A 最大触发脉冲电流:1A 外形尺寸:长×宽×高=80mm×60mm×45mm
KMF-6 KMF-8	在 KMF-5/KMF-7 的基础上改型而成,适用于宽脉冲列工作,脉冲宽度可达 90°,其余指标同 KMF-5、KMF-7	工作电源电压:24V/0.5A 工作调制频率:30kHz 外形尺寸:长×宽×高=80mm×60mm×45mm
MJ1.2	为单个晶闸管配套的一单元脉冲隔离及脉冲整形板,可用来触发 2500A 以下的 1 个晶闸管	脉冲变压器变比:1:1,2:1 或 3:2 外形尺寸:长×宽×高=100mm×75mm×34mm 安装尺寸:93mm×68mm
MJ2.0	单独 2 个晶闸管脉冲隔离与整形环节的集成,可用来触发 2 个 1650A 以下的晶闸管,调制脉冲工作,带有脉冲正常指示,可在单相桥式半控或单相桥式全控电路中与不带脉冲变压器的晶闸管控制板配合使用	脉冲变压器变比:2:1 一次侧、二次侧隔离电压:2500V _{RMS} 外形尺寸:长×宽×高=90mm×68mm×28mm 安装尺寸:80mm×56mm,4-Φ3.5
MJ3.0	单独 3 个晶闸管脉冲隔离与脉冲整形环节的集成,可用来触发电流容量 1650A 以下晶闸管,调制脉冲工作,带有脉冲正常指示,可在三相桥式全控及三相桥式半控整流或三相交流调压晶闸管类电力电子设备中与不带脉冲变压器的触发控制板(如 KCZ6.0、KCZ6.2)配套使用	脉冲变压器变比:2:1 输出最大脉冲电流:600mA 一次侧、二次侧隔离电压:2500V _{RMS} 外形尺寸:长×宽×高=98mm×90mm×28mm 安装尺寸:88mm×80mm,4-Φ3.5
MJ4.0	可看作是 2 块 MJ2.0 的合成,广泛用于单相桥式全控或单相全控交流调压系统,与不带脉冲变压器的晶闸管触发控制板(如 JQC1.0、KJZ2)等配套使用	外形尺寸:长×宽×高=128mm×90mm×28mm 安装尺寸:118mm×80mm,4-Φ4.5 其余参数同 MJ2.0
MJ6.0	可看作是 2 块 MJ3.0 的集成,广泛应用于三相桥式全控或三相全控交流调压系统,与不带脉冲变压器的晶闸管触发控制板(如 KCZ6.0、KCZ6.1、KCZ6.3)等配套使用	外形尺寸:长×宽×高=191mm×96mm×28mm 安装尺寸:181mm×82mm,4-Φ4.5 其余参数同 MJ3.0
MJ1.1~ MJ6.1	专为触发大电流(3000A 以上)的晶闸管设计的,采用光电隔离技术,省去了常规的脉冲变压器;工作时每路需独立的电源,从而构成电子式触发电路,且触发脉冲带有强触发功能,脉冲前沿<0.4μs,MJ1.1~MJ6.1 分别对应触发 1~6 个并联晶闸管;特别适用于电化学用晶闸管电力电子设备中多个并联晶闸管的触发,从而保证各个并联晶闸管触发脉冲相位彼此误差最小	工作供电电源电压:交流 14V 强触发脉冲幅度:≥6A 输出脉冲上升沿最大延时:0.4μs 可触发晶闸管的最大电流容量:4500A,最多可同时触发 6 个 4500A 的晶闸管 一次侧、二次侧隔离电压: $U_{iso} \geq 2500V_{RMS}$

续表 6.1

型 号	主要特点	参数限制
KYB-1	专为电力电子设备中电压取样而设计的，由高阻输入网络和差模运算放大器组成，所需工作电源可由系统中应用的触发板提供，用于将主电路的直流高压变换成控制板所需要的电压反馈信号	工作电源： $\pm 15\text{V}/20\text{mA}$ 输入额定电压：直流 440V、220V 或 110V 最大输出电压：8V 外形尺寸：长 \times 宽 \times 高=140mm \times 120mm \times 30mm

6.2 KMF-1 脉冲隔离与整形末级板

KMF-1 脉冲隔离与整形板用于主控制板不带脉冲隔离与整形环节，或使用中有多个晶闸管并联的场合作触发脉冲隔离与整形及匹配环节。

6.2.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 单一小板结构。
- (2) 外形尺寸小。
- (3) 通用性强，可用于 2500A 以下晶闸管触发。
- (4) 内含指示脉冲正常与否的发光二极管。
- (5) 板内不含工作电源，需外接电源+24V。

2. 主要参数限制

- (1) 主电路阀侧额定工作电压：380V(50Hz)。
- (2) 触发脉冲峰值电压：10V。
- (3) 触发脉冲最大电流：1A(配 KBSC6F-1)。
- (4) 脉冲前沿陡度：1 μs 。
- (5) 最大外形尺寸：长 \times 宽 \times 高=85mm \times 60mm \times 40mm。

6.2.2 内部结构及工作原理

KMF-1 脉冲隔离与整形板的电路原理如图 6.1 所示。T 为脉冲隔离用脉冲变压器。 R_2 、C 为抗干扰环节。VL 指示脉冲正常与否。 VD_1 与 VD_2 消去触发脉冲的负脉冲，保证加到被触发晶闸管门-阴极的触发脉冲为正脉冲。

6.2.3 应用技术

1. 正确安装

KMF-1 脉冲隔离与整形板的实物外形与元器件布置如图 6.2 所示，使用中平行安装，对角线螺丝固定。它对外引出共 2 个插件。

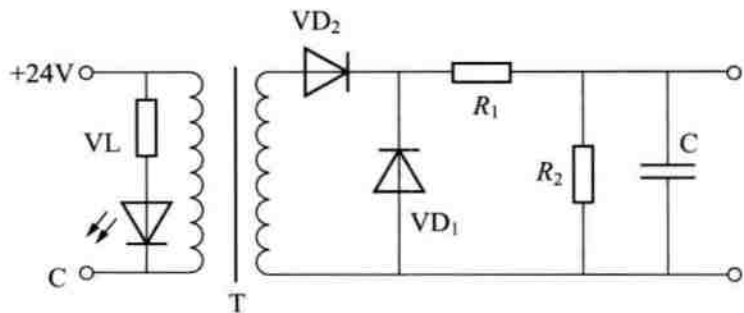


图 6.1 KMF-1 脉冲隔离与整形板的电路原理图

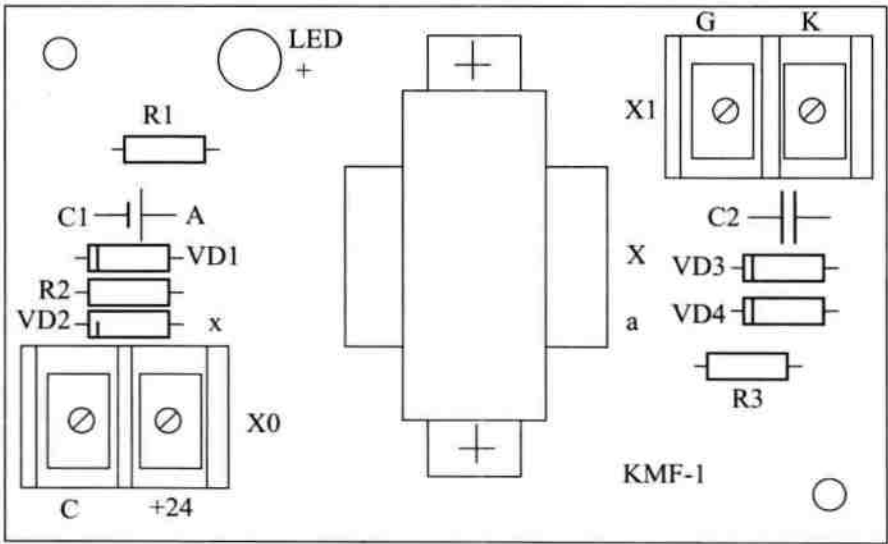


图 6.2 KMF-1 脉冲分配板实物外形与元器件布置

2. 正确接线

输入 C 与 +24V 分别接用户触发脉冲形成末级板的输出，而 G、K 接相应的晶闸管的门-阴极。为抗干扰，输入与输出线都应采用紧密双绞线。

3. 典型应用举例

图 6.3 是 KMF-1 脉冲隔离与整形板作为 KCZ2 单相晶闸管触发板的脉冲隔离与整形环节，用于单相半波可控整流电路的原理图。

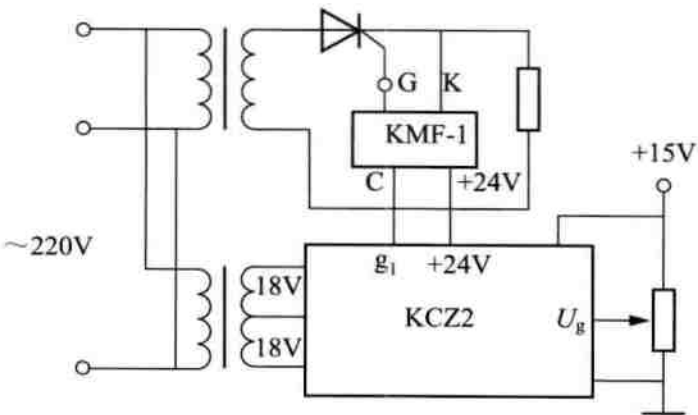


图 6.3 KMF-1 作为 KCZ2 的脉冲隔离与整形环节用于单相半波可控整流电路

6.3 KMF-4 低压脉冲隔离放大与整形模块

KMF-4 脉冲放大器采用 ABS 外壳,环氧树脂封闭封装,主要用于 1 个桥臂中有多只晶闸管并联的场合;与晶闸管电力电子变流设备控制板配合使用,可触发多只并联 2500A 晶闸管,使电力电子变流设备输出容量达数万安培。当 G、K 端接晶闸管门-阴极,有脉冲电流时,发光二极管 VL 亮。

6.3.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 防潮防腐包装,对环境适应能力强。
- (2) 工作时需独立供电。
- (3) 输出脉冲前沿陡度小于 $0.4\mu\text{s}$,适应并联晶闸管的触发。
- (4) 不同的同一型号模块触发脉冲前沿陡度小。
- (5) 模块型结构,便于安装使用。

2. 主要参数限制

- (1) 供电电源:AC 9V/0.5A。
- (2) 输入信号特性:24V/20mA。
- (3) 额定隔离电压:380V/50Hz。
- (4) 触发脉冲电压:10V。
- (5) 强触发脉冲电流:2A。
- (6) 触发脉冲平均电流:500mA。
- (7) 触发脉冲前沿上升时间: $<1\mu\text{s}$ 。
- (8) 最大外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=80mm \times 60mm \times 45mm。

6.3.2 内部结构及工作原理

KMF-4 脉冲隔离放大与整形模块的内部结构及工作原理如图 6.4 所示。它应用光耦合器对脉冲进行隔离,由时基电路 555 对脉冲进行整形,电力场效应晶体管进行脉冲功率放大后输出。

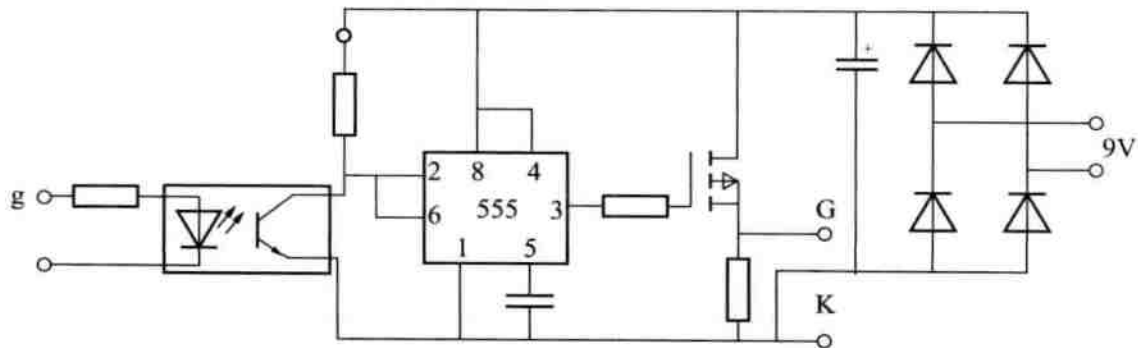


图 6.4 KMF-4 脉冲隔离放大与整形模块的内部结构及工作原理

6.3.3 应用技术

1. 正确接线

KMF-4 脉冲隔离放大与整形模块的实物外形如图 6.5 所示。它对外仅有 6 个接线端子： g 、 $+U$ 接用户脉冲产生电路的输出，而 AC_1 与 AC_2 接供电电源变压器二次的 $9V/0.5A$ 绕组，剩余的 G 、 K 与被触发晶闸管的门-阴极相连。

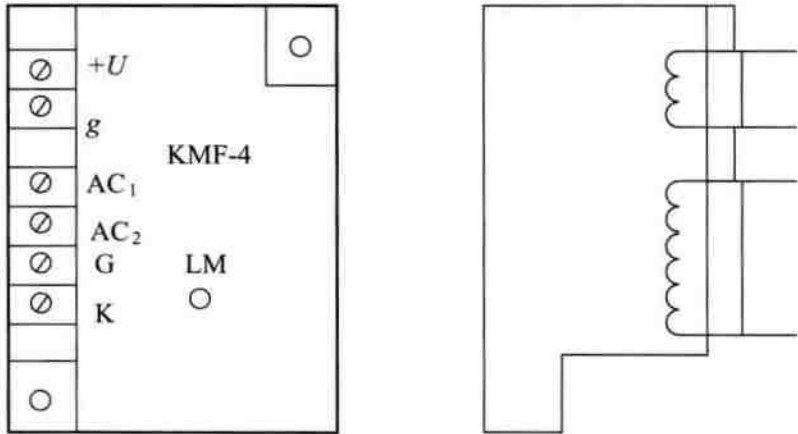


图 6.5 KMF-4 脉冲隔离放大与整形模块的实物外形

2. 典型应用举例

KMF-4 具有良好的脉冲前沿陡度和大的输出脉冲电流幅值，可用作三相或多相电力电子变流系统中同桥臂上多个并联晶闸管的触发脉冲末级板单元。图 6.6 给出了 KMF-4 模块用来触发整流类电力电子变流设备中 3 只并联晶闸管构成 $12kA/50V$ 大电流整流系统双反星形可控整流的原理图。该双反星形可控整流系统为 1 个 $12kA/50V$ 直流电弧炉电源系统，共用 18 只 KMF-4 脉冲末级功放隔离及整形模块。

6.4 KMF-5/KMF-6 脉冲隔离与整形末级板

KMF-5 脉冲隔离与整形末级板可配各种双窄脉冲触发板使用，KMF-6 脉冲分配器可配各种宽脉冲触发板使用。

6.4.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 绝缘耐腐蚀外壳封装，对环境适应性强。
- (2) 内部不含脉冲功率放大的电力电子器件。
- (3) 使用中不需要独立供电电源。
- (4) 输出直接触发 1 只晶闸管。

- (5) 负载能力强,抗干扰能力强。
- (6) 适用于低压电力电子设备中。

2. 主要参数限制

- (1) 输入信号特性:24V/0.5A、KMF-5 不调制双窄脉冲,每个脉冲宽度 15°;24V/0.3A、KMF-6 为 90°调制、宽脉冲,调制频率 30kHz。
- (2) 额定隔离电压:380V/50Hz。
- (3) 触发脉冲峰值电压:10V。
- (4) 触发脉冲最大电流:KMF-5 为 1A;KMF-6 为 400mA。
- (5) 最大外形尺寸:80mm×60mm×45mm。

6.4.2 内部结构及工作原理

KMF-5/KMF-6 脉冲隔离和整形末级板的电路原理如图 6.7 所示。它们的不同在于,内部应用的散热器及元器件散热考虑的不同。

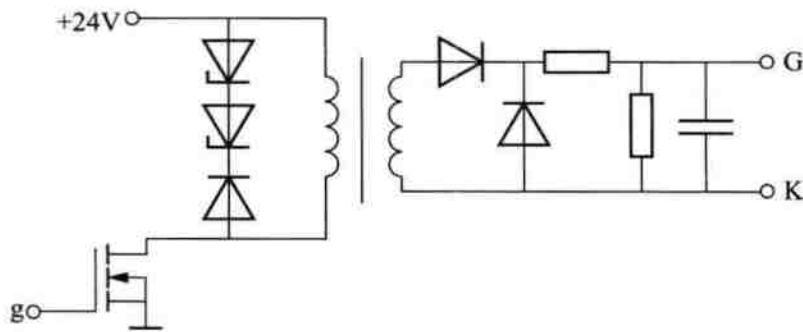


图 6.7 KMF-5/KMF-6 脉冲隔离与整形末级板的电路原理图

6.4.3 应用技术

KMF-5/KMF-6 可用于主电路电压较低的(100V 以内)隔离与整形单元,它们的接线方法与实物外形如图 6.8 和图 6.9 所示。应注意的是,当用户脉冲形成部分输出为双窄不调制脉冲时,可选用 KMF-5;在输出脉冲为单调制宽脉冲时,可选用 KMF-6。它们可用于没有晶闸管串并联使用时对触发脉冲的隔离与整形。图 6.10 是 KMF-5 与 KCZ6.0 配合用于三相桥式全控整流系统中的原理图。

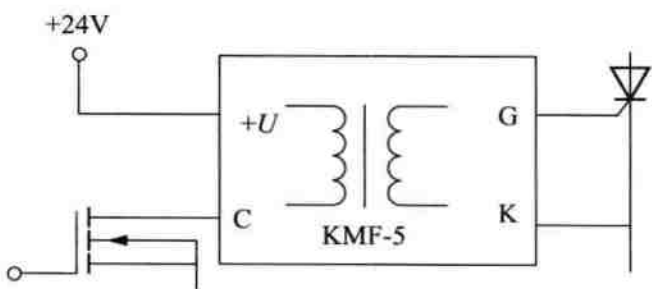


图 6.8 KMF-5 脉冲隔离和整形末级板接线方法

- (5) 负载能力强,抗干扰能力强。
- (6) 用于较高电压的系统中作脉冲隔离整形单元。

2. 主要参数限制

- (1) 输入信号特性:KMF-7 为 24V/0.5A,不调制双窄脉冲,每个脉冲宽度 15° ;KMF-8 为 24V/0.3A,输出脉冲宽度为 90° ,调制频率为 30kHz。
- (2) 额定隔离电压:3000V/50Hz。
- (3) 触发脉冲峰值电压:10V。
- (4) 触发脉冲最大电流:KMF-7 为 1A;KMF-8 为 400mA。
- (5) 最大外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=80mm \times 60mm \times 45mm。

6.5.2 内部结构及工作原理

KMF-7 与 KMF-8 脉冲隔离和整形末级板的内部电路完全相同,区别仅在于内部应用的散热器及元器件散热考虑的不同。

6.5.3 应用技术

1. 应用注意事项

KMF-7/KMF-8 脉冲隔离与整形单元可以看做是 KMF-5/KMF-6 的改进型,它们在 KMF-5/KMF-6 的基础上提高了内部一次与二次的耐压,隔离与耐压强度较 KMF-5/KMF-6 高了近 10 倍,适用于主电路电压较高(高于 300V)的电力电子变流设备系统作为脉冲隔离与整形单元。在这类系统中,当用户脉冲形成部分输出为不调制双窄脉冲时,可选用 KMF-7;而当用户脉冲形成部分输出为单宽调制脉冲时,可选用 KMF-8。应注意的是,由于不同的 KMF-7/KMF-8 脉冲隔离与整形单元输出的脉冲上升沿误差较大,因而不建议将这两种脉冲隔离与整形环节用于有多个晶闸管串联或并联的系统。

2. 正确接线

KMF-7/KMF-8 脉冲隔离与整形环节的接线方法及外形同图 6.8 与图 6.9。为抗干扰,应保证输入与输出线都使用紧密绞合线。

3. 典型应用举例

图 6.11 给出了 KMF-8 脉冲隔离与整形环节用作进线电压为 660V 的三相桥式可控整流电路中末级板的原理图。该电路为中频感应加热电力电子变流设备中的一部分。

6.6 MJ1.2 一单元触发脉冲末级板

晶闸管的触发脉冲末级板在晶闸管设备中具有十分重要的作用。触发脉冲末

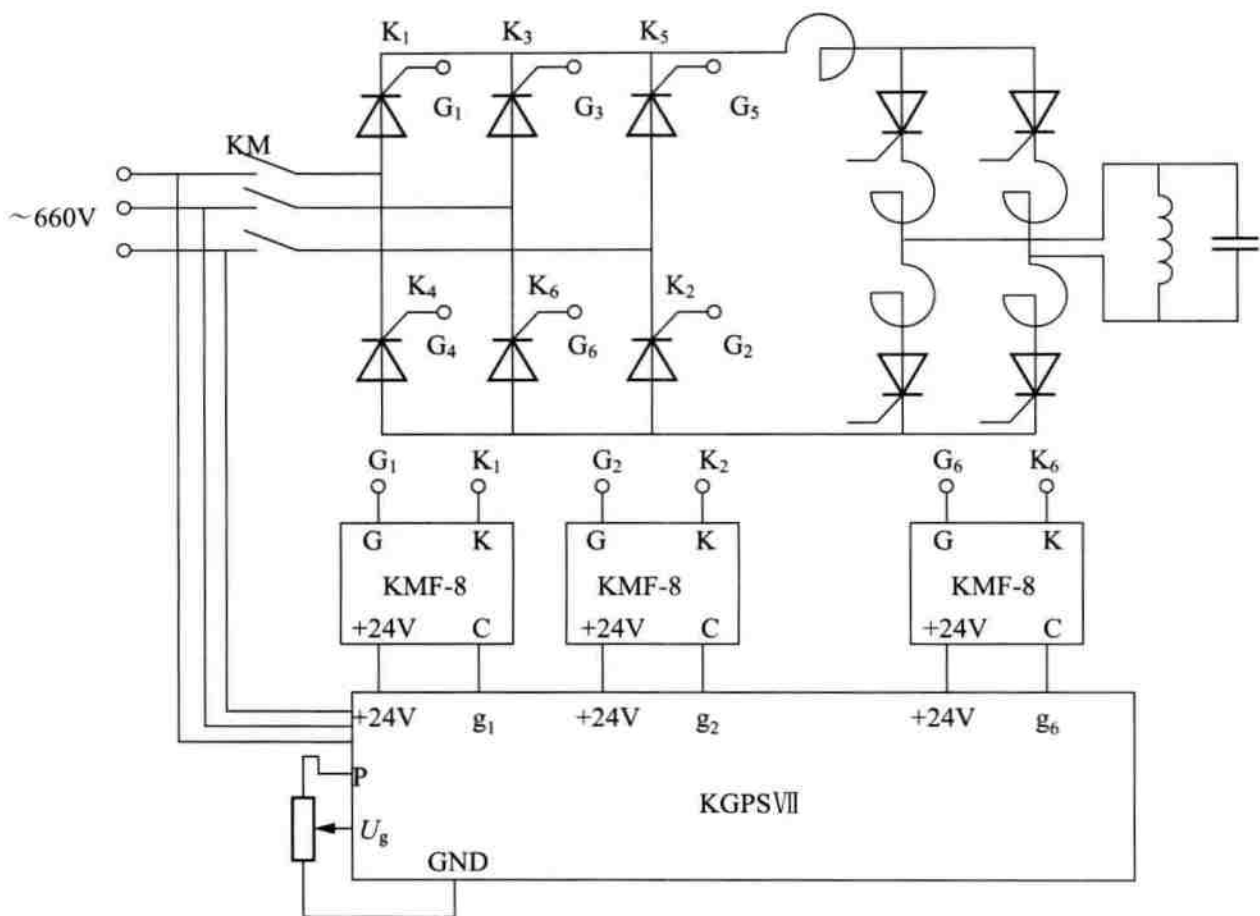


图 6.11 KMF-8 用于中频电力电子变流设备系统

级板对触发脉冲处理得不好,会造成晶闸管的误触发或不触发,轻则使系统不能正常工作,重则会烧坏晶闸管。MJ1.2 触发脉冲末级板可用于工频及中频系统,来触发普通晶闸管或中频快速晶闸管。一单元触发脉冲末级板中的脉冲变压器为 E 型叠片式,适用于用户触发脉冲触发板输出的触发脉冲为非调制、单宽脉冲或双窄脉冲的场合,或用户电力电子变流设备容量很大的场合。为防干扰需触发脉冲末级板紧挨晶闸管安装使用。

6.6.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 单个晶闸管配套的一单元脉冲及脉冲整形板,可用来触发 $5 \sim 3000\text{A}/100 \sim 3500\text{V}$ 的晶闸管一单元。

(2) $+24\text{V}$ 、 g_1 要求提供电流为脉冲电流 150mA ,其最大脉冲宽度对工频 50Hz 而言应小于 2ms ;对用于中频系统的触发脉冲末级板,中频频率为 $1\text{kHz} \sim 4\text{kHz}$ 时,最大脉冲宽度应小于 $20\mu\text{s}$ 。

(3) 输出负载能力: G 、 K 端允许最大输出脉冲电流为脉冲电流 400mA 。

2. 主要参数限制

(1) 脉冲变压器变比:分 $1:1$ 、 $2:1$ 及 $3:2$ 三种。

(2) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高= $100\text{mm} \times 75\text{mm} \times 35\text{mm}$ 。

- (3) 安装尺寸:93mm×68mm。
- (4) 实物外形和元器件布置图如图 6.12 所示,触发脉冲形成单元输出的 g_1 、+24V 与功率放大电路 MJ1.2 之间的连线应使用双绞线(每厘米不低于 3 绞)相连。

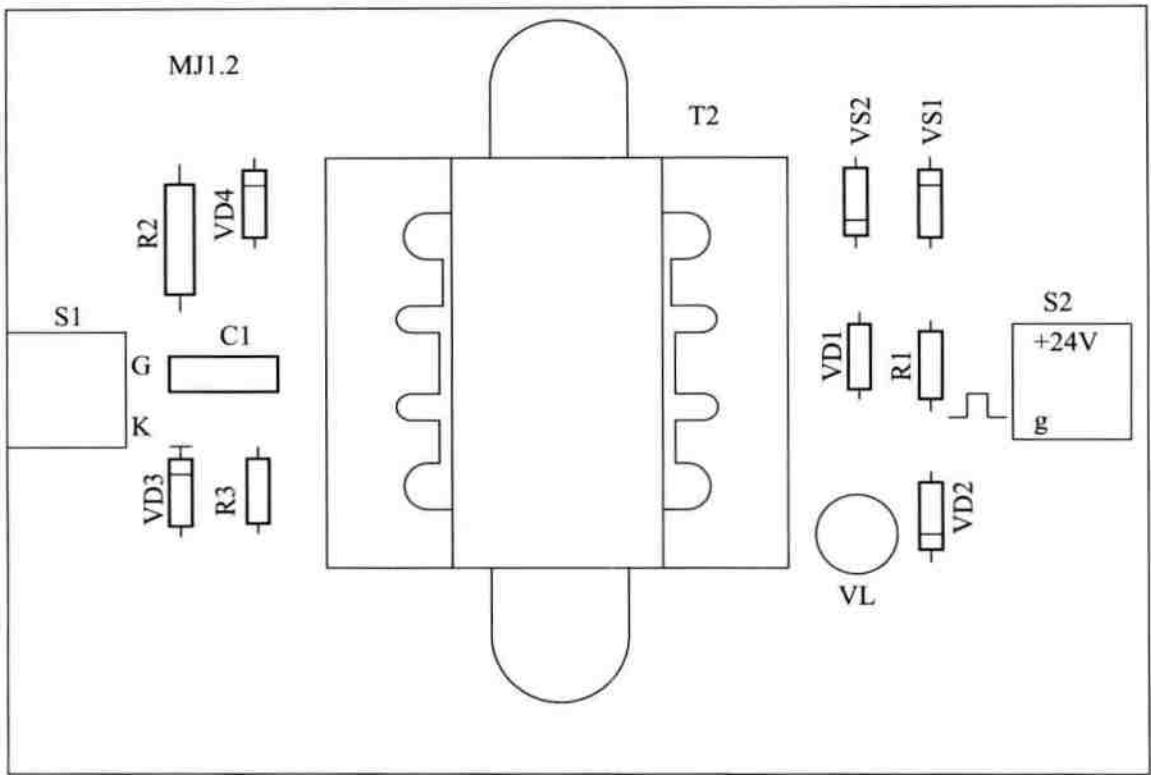


图 6.12 一单元触发脉冲末级板的实物外形和元器件布置

6.6.2 内部结构及工作原理

MJ1.2 的电路原理如图 6.13 所示。来自移相触发板的脉冲 g_1 为高电平时,脉冲变压器 T 的原边无电流流过,二次侧无感应电压,G、K 端子之间无触发脉冲输出;一旦 g_1 为低电平,则脉冲变压器原边有电流流过,其二次侧便有感应电压。该脉冲电压经二极管 VD_3 、 VD_4 整形并削去负半波后提供给被触发晶闸管,使其可靠触发。二极管 VD_1 及稳压管 VS_1 、 VS_2 给脉冲变压器在脉冲消失时的电感能量提供通路。由于稳压管 VS_1 、 VS_2 的存在,保证了耦合到 T 二次侧的脉冲为正负脉冲,防止脉冲变压器的饱和。电阻 R_2 为用户调试时检查栅极触发电流大小的测量电阻。 R_3 、 C_1 构成抗干扰网络,防止干扰脉冲造成晶闸管的误触发。 R_1 、 VL_2 为工作时脉冲正常提供指示,让用户在不接示波器的情况下随时了解触发脉冲是否正常。

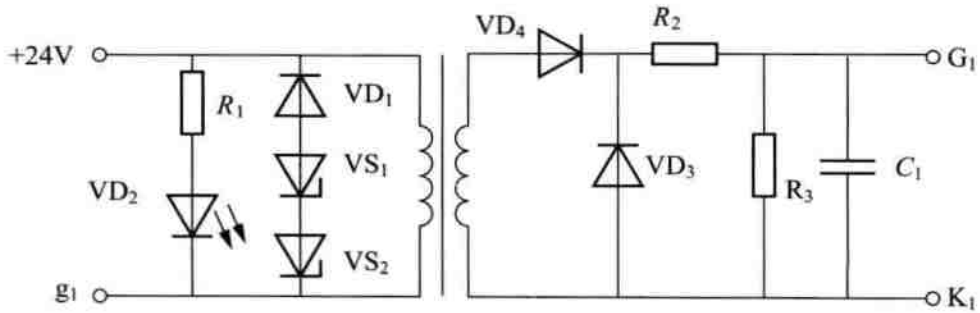


图 6.13 晶闸管触发脉冲末级板的电路原理图

6.7 MJ2.0 二单元触发脉冲末级板

二单元晶闸管触发脉冲末级板在一单元触发脉冲末级板的基础上增加了 1 个单元,是为单相半控桥式可控整流、单相双半波可控整流、单相交流调压系统设计的,每个单元的工作原理与一单元晶闸管触发脉冲末级板相同。

6.7.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 单独 2 个晶闸管脉冲隔离与整形环节的集成,可用来触发 2 个电流容量在 1650A 以下的晶闸管。
- (2) 调制脉冲工作,带有脉冲正常指示。
- (3) 可用在单相桥式半控或单相桥式全控整流或交流调压电路中,与不带脉冲变压器的晶闸管控制板配合使用。

2. 主要参数限制

- (1) 脉冲变压器变比:分为 1 : 1、2 : 1 及 3 : 2 三种。
- (2) 一次侧、二次侧隔离电压:交流有效值 2500V。
- (3) +24V、 g_1 , +24V、 g_2 要求提供电流为脉冲电流 150mA,脉冲宽度应为高频调制的双窄脉冲列;若为未调制的宽脉冲,每个脉冲宽度应不宽于 300 μ s。
- (4) 输出负载能力: G_1 、 K_1 , G_2 、 K_2 允许最大输出电流为脉冲电流为 400mA。
- (5) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=90mm \times 68mm \times 28mm。
- (6) 安装尺寸:80mm \times 56mm,4- Φ 4.5。

6.7.2 内部结构及工作原理

二单元晶闸管触发末级板的电路原理如图 6.14 所示。

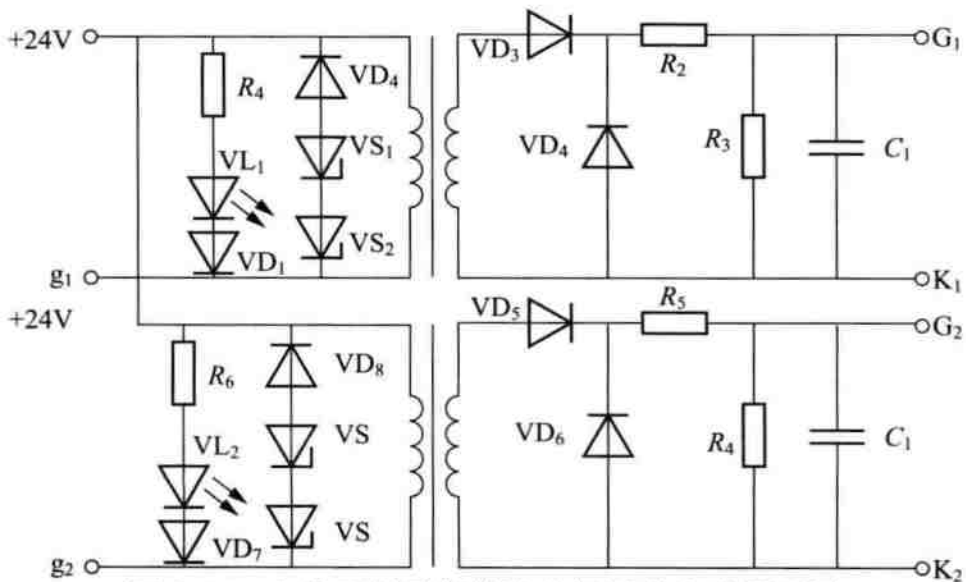


图 6.14 2 单元晶闸管触发末级板的电路原理图

6.7.3 应用技术

1. 正确安装

二单元晶闸管触发脉冲末级板实际元器件布置如图 6.15 所示。接插件 S₁ 的 g₁、g₂、+24V 分别接脉冲触发板的 2 路脉冲输出，而接插件 S₂ 的 G₁、K₁；G₂、K₂ 分别接单相双半波或单相半桥系统中 2 个晶闸管的门-阴极。

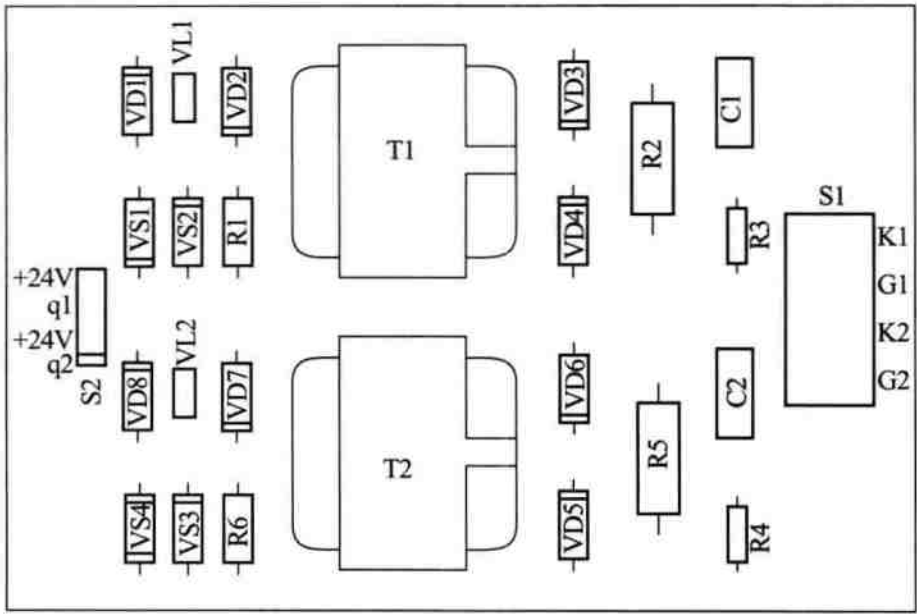


图 6.15 二单元晶闸管触发末级板的实际元件布置

2. 应用注意事项

- (1) 二单元触发脉冲末级板只适用于工频系统，中频触发脉冲系统没有二单元触发脉冲末级板。
- (2) 当用户交流装置中晶闸管容量较大或触发控制板与晶闸管安装距离较远时，应将二单元触发脉冲末级板尽可能靠近晶闸管安装。

3. 典型应用举例

图 6.16 给出了 MJ2.0 二单元晶闸管触发脉冲末级板用于单相桥式半控整流系统的原理图，触发脉冲的产生应用了 JQC1.0 移相触发板。

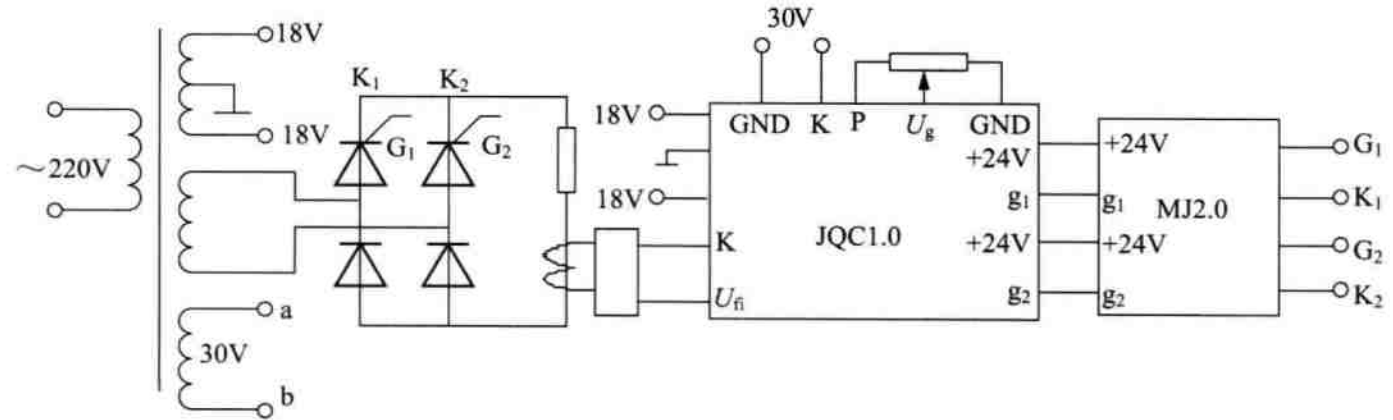


图 6.16 MJ2.0 二单元晶闸管触发脉冲末级板用于单相桥式半控整流系统

6.8 MJ3.0 三单元触发脉冲末级板

MJ3.0 在二单元触发脉冲末级板的基础上增加了 1 个单元,是为三相半波或三相桥式半控整流或三相半波逆变电路中晶闸管的触发而设计的,还可以用于主功率器件为双向晶闸管的三相交流调压系统。它是与 KCZ6.0、KCZ6.1、KCZ6.3 配套使用的触发脉冲末级板。

6.8.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 单独 3 个晶闸管脉冲隔离与脉冲整形环节的集成,可用来触发 1650A 以下的晶闸管三单元。

(2) 调制脉冲工作,带有脉冲正常指示。

(3) 可用在三相桥式全控及三相桥式半控整流或三相交流调压晶闸管类电力电子变流设备中,与不带脉冲变压器的触发控制板(如 KCZ6.0、KCZ6.2)配套使用。

2. 主要参数限制

(1) 脉冲变压器变比:分为 1:1、2:1、3:2 三种。

(2) 输出最大脉冲电流:600mA。

(3) +24V、 g_1 , +24V、 g_2 , +24V、 g_3 要求提供电流为脉冲电流 150mA,脉冲宽度应为高频调制的双窄脉冲列;若为未调制的宽脉冲,每个脉冲宽度应不宽于 300 μ s。

(4) 输出负载能力: G_1 、 K_1 , G_2 、 K_2 , G_3 、 K_3 允许最大输出电流为脉冲电流 400mA。

(5) 一次侧、二次侧隔离电压:2500V。

(6) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=98mm \times 90mm \times 30mm。

(7) 安装尺寸:88mm \times 80mm,4- Φ 4.5。

6.8.2 内部结构及工作原理

MJ3.0 三单元晶闸管触发末级板的电路原理如图 6.17 所示。

6.8.3 应用技术

1. 正确安装

MJ3.0 三单元晶闸管触发脉冲末级板的元器件布置如图 6.18 所示。接插件 S_1 的 +24V、 g_1 , +24V、 g_2 , +24V、 g_3 分别接脉冲触发板的 3 路脉冲输出,而接插件 S_2 的 G_1 、 K_1 , G_2 、 K_2 , G_3 、 K_3 分别接主电路中 3 个共阴极或共阳极接法的晶闸管门-阴极。

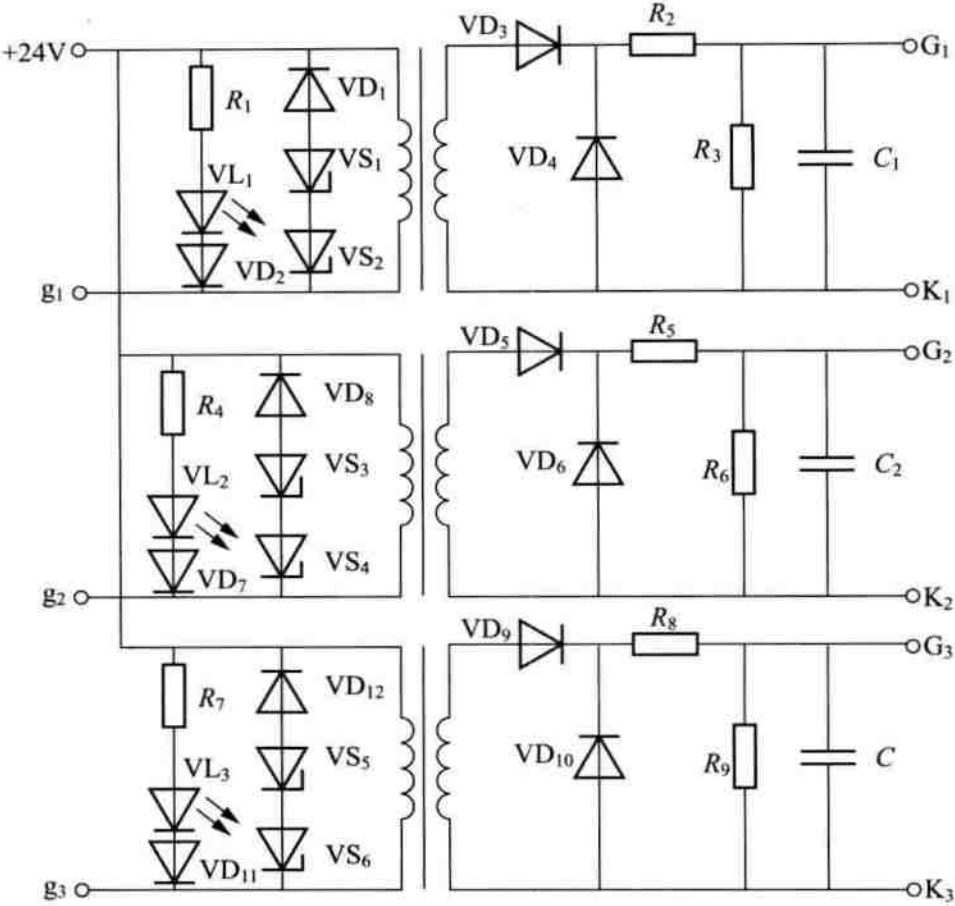


图 6.17 三单元晶闸管触发末级板的电路原理图

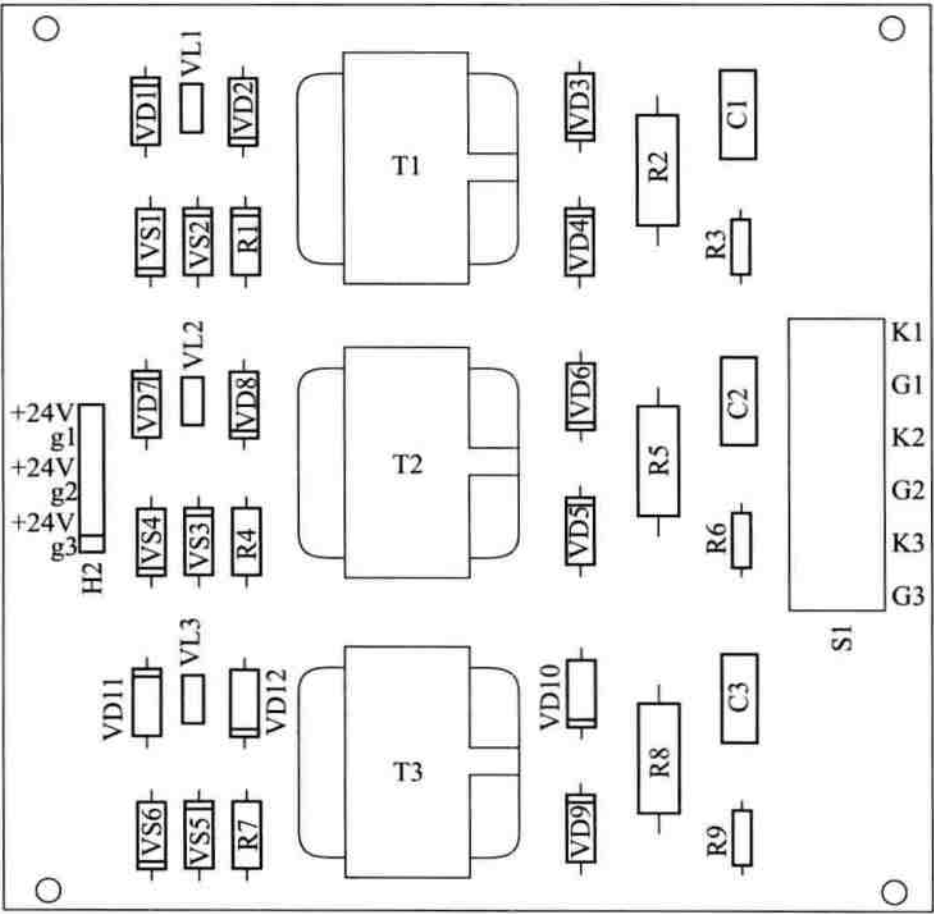


图 6.18 MJ3.0 三单元晶闸管触发末级板的元器件布置

2. 典型应用举例

图 6.19 给出了三单元末级板用于三相半控桥整流系统的原理图, $g_1 \sim g_3$ 来自 KCZ6.0 移相触发板的输出。

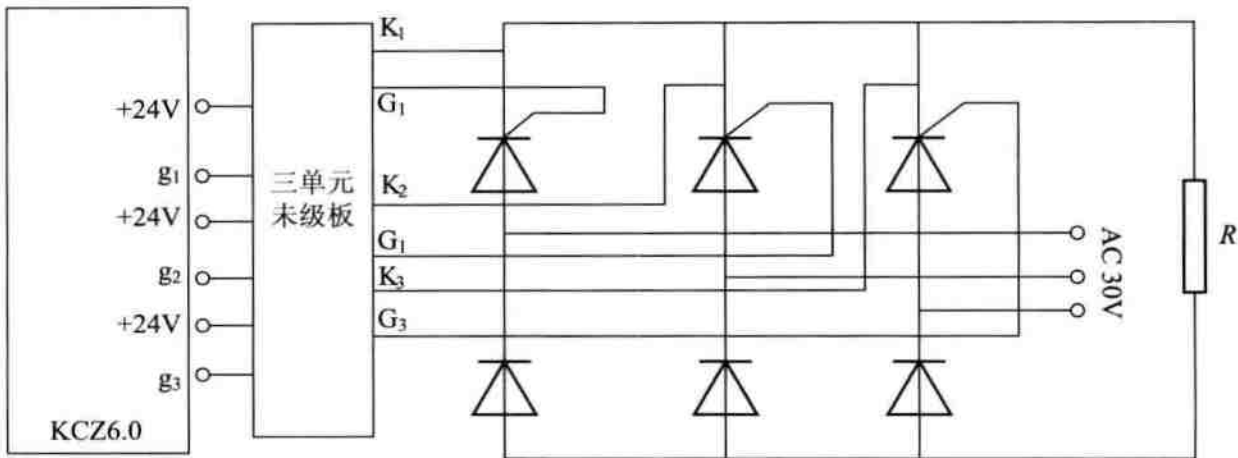


图 6.19 MJ3.0 三单元末级板用于三相半控桥整流系统

3. 应用注意事项

- (1) MJ3.0 三单元触发脉冲末级板仅适用于工频系统, 中频触发脉冲系统没有三单元触发脉冲末级板。
- (2) 当用户交流装置中晶闸管容量较大或触发控制板与晶闸管安装距离较远时, 三单元触发脉冲末级板尽可能靠近晶闸管安装。

6.9 MJ4.0 四单元触发脉冲末级板

MJ4.0 四单元触发脉冲末级板可看作是 2 块 MJ2.0 的合成, 广泛用于单相桥式全控或单相全控交流调压系统, 与不带脉冲变压器的晶闸管触发控制板(如 JQC1.0、KCZ2 等)配套使用。四单元晶闸管触发脉冲末级板在三单元触发脉冲末级板的基础上增加了 1 个单元, 是为单相桥式全控整流或单相桥式逆变工作电路及单相全控交流调压系统中的 4 个晶闸管的触发而设计的。

6.9.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) $+24V$ 、 g_1 , $+24V$ 、 g_2 , $+24V$ 、 g_3 , $+24V$ 、 g_4 要求提供电流为脉冲电流 150mA, 脉冲宽度应为高频调制的双窄脉冲列; 若为未调制的宽脉冲, 每个脉冲宽度应不宽于 $300\mu s$ 。
- (2) 输出脉冲负载能力: G_1 、 K_1 , G_2 、 K_2 , G_3 、 K_3 , G_4 、 K_4 允许最大输出电流为脉冲电流 400mA。
- (3) 可触发 5~1650A/100~2500V 晶闸管四单元。

2. 主要参数限制

- (1) 脉冲变压器变比:分为 1 : 1、2 : 1 及 3 : 2 三种。
- (2) 一次侧、二次侧隔离电压:2500V。
- (3) 外形尺寸:长×宽×高=128mm×90mm×30mm。
- (4) 安装尺寸:118mm×80mm,4-Φ4.5。

6.9.2 工作原理

MJ4.0 四单元触发末级板的电路原理如图 6.20 所示。

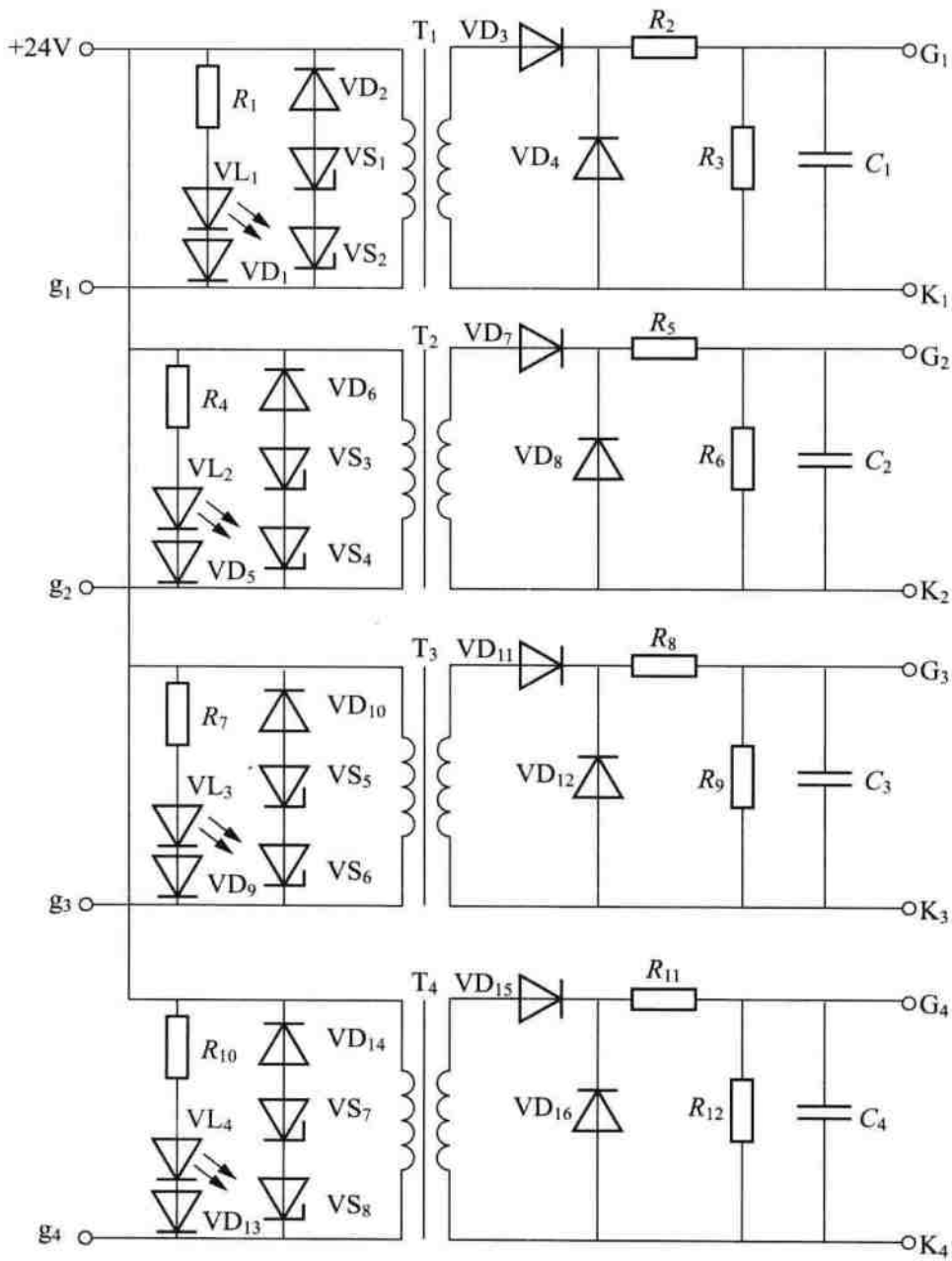


图 6.20 MJ4.0 四单元触发末级板的电路原理图

6.9.3 应用举例

1. 正确安装

MJ4.0 四单元触发脉冲末级板的元器件布置如图 6.21 所示。接插件 S₁ 的

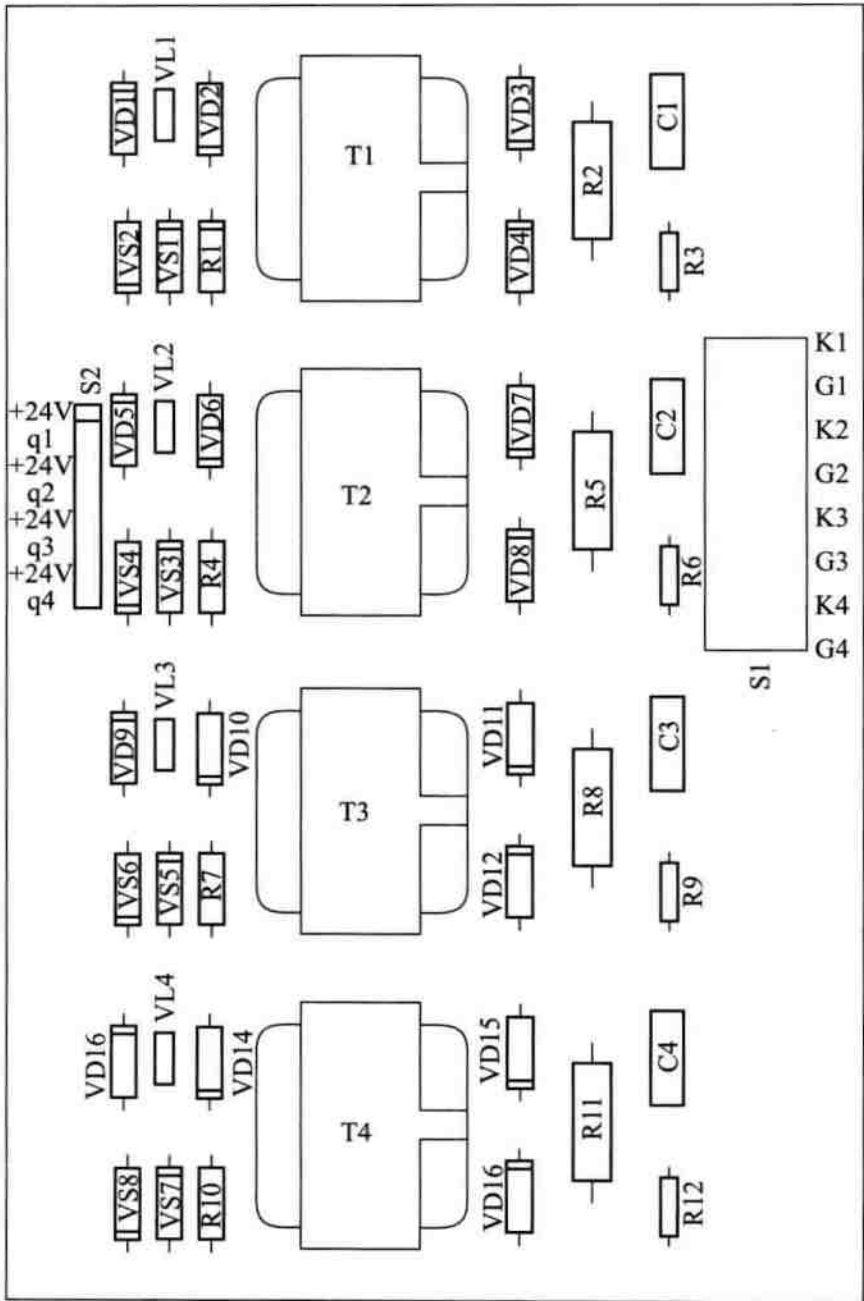


图 6.21 MJ4.0 四单元晶闸管触发末级板的元器件布置

+24V、 g_1 、+24V、 g_2 、+24V、 g_3 、+24V、 g_4 分别接脉冲触发板的 4 路脉冲输出，而接插件 S₂ 的 G₁、K₁、G₂、K₂、G₃、K₃、G₄、K₄ 分别接主电路中 4 个晶闸管的门-阴极。

2. 典型应用举例

图 6.22 给出了四单元末级板用于单相桥式全控整流系统的原理图，触发脉冲的产生应用了 KCZ2 型触发脉冲控制板。

3. 应用注意事项

- (1) MJ4.0 四单元触发脉冲末级板仅适用于工频系统，中频触发脉冲系统没有四单元触发脉冲末级板。
- (2) 当用户使用该触发脉冲末级板的电力电子变流设备中晶闸管容量较大或触发控制板与晶闸管安装距离较远时，应把四单元触发脉冲末级板尽可能靠近晶闸管安装。

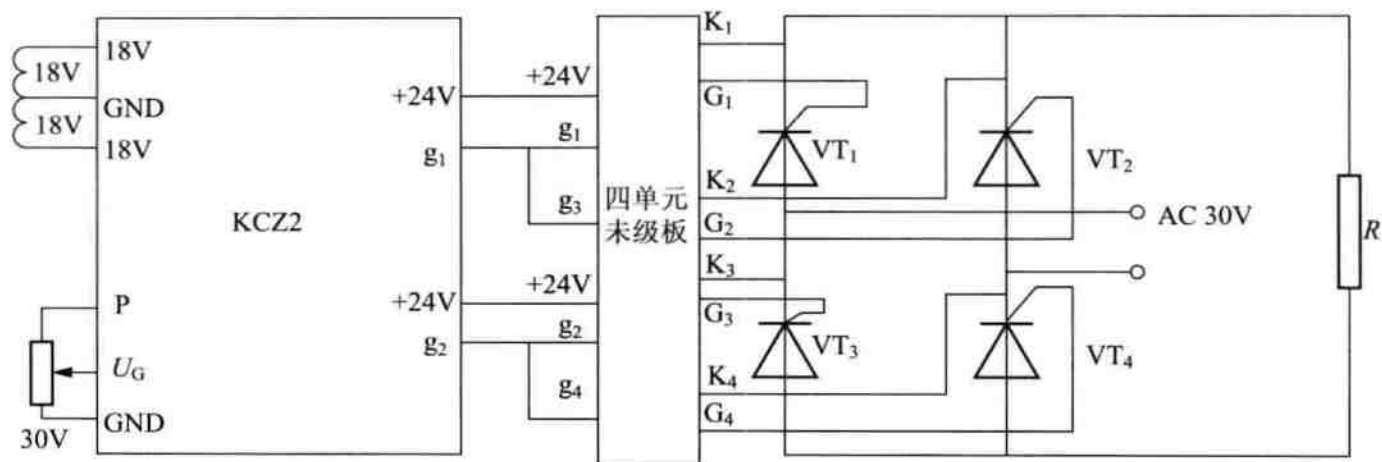


图 6.22 MJ4.0 四单元末级板用于单相桥式全控整流系统

6.10 MJ6.0 六单元触发脉冲末级板

MJ6.0 六单元触发脉冲末级板可看作是 2 块 MJ3.0 的集成,广泛应用于三相桥式全控或三相全控交流调压系统,与不带脉冲变压器的晶闸管触发控制板(如 KCZ6.0、KCZ6.1、KCZ6.3 等)配套使用。它是专为三相桥式可控整流、三相桥式逆变及三相交流调压系统中 6 只晶闸管的触发而设计的。

6.10.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 在四单元触发脉冲末级板的基础上增加了 2 个单元。
- (2) $+24\text{V}$ 、 g_1 , $+24\text{V}$ 、 g_2 , $+24\text{V}$ 、 g_3 , $+24\text{V}$ 、 g_4 , $+24\text{V}$ 、 g_5 , $+24\text{V}$ 、 g_6 要求提供电流为脉冲电流 150mA,脉冲宽度应为高频调制的双窄脉冲列;若为未调制的宽脉冲,每个脉冲宽度应不宽于 $300\mu\text{s}$ 。
- (3) 输出负载能力: G_1 、 K_1 , G_2 、 K_2 , G_3 、 K_3 , G_4 、 K_4 , G_5 、 K_5 , G_6 、 K_6 允许最大输出电流为脉冲电流 400mA。
- (4) 可触发 $5\sim 1650\text{A}/100\sim 4500\text{V}$ 晶闸管六单元。

2. 主要参数限制

- (1) 脉冲变压器变比:分为 1:1、2:1 及 3:2 三种。
- (2) 输出最大脉冲电流:600mA。
- (3) 一次侧、二次侧隔离电压: $2500\text{V}_{\text{RMS}}$ 。
- (4) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=191mm \times 96mm \times 30mm。
- (5) 安装尺寸:长 \times 宽=181mm \times 82mm,4- $\Phi 4.5$ 。

6.10.2 工作原理

MJ6.0 六单元触发末级板的电路原理如图 6.23 所示。

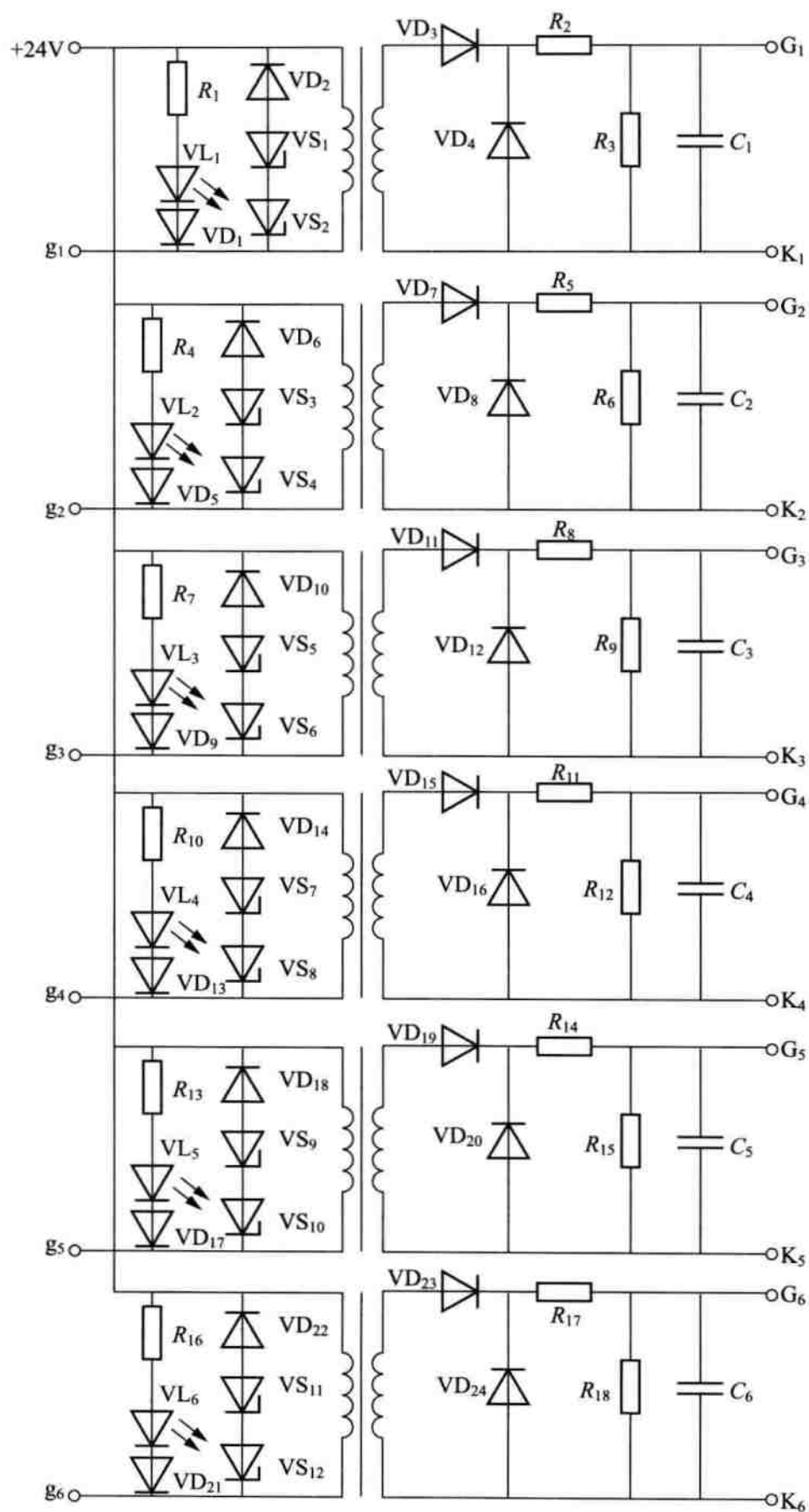


图 6.23 MJ6.0 六单元晶闸管触发末级板的电路原理

6. 10. 3 应用技术

1. 正确安装

MJ6.0 六单元触发脉冲末级板的元器件布置如图 6.24 所示。接插件 S₁ 的 +24V、g₁、+24V、g₂、+24V、g₃、+24V、g₄、+24V、g₅、+24V、g₆ 分别接脉冲触发板的

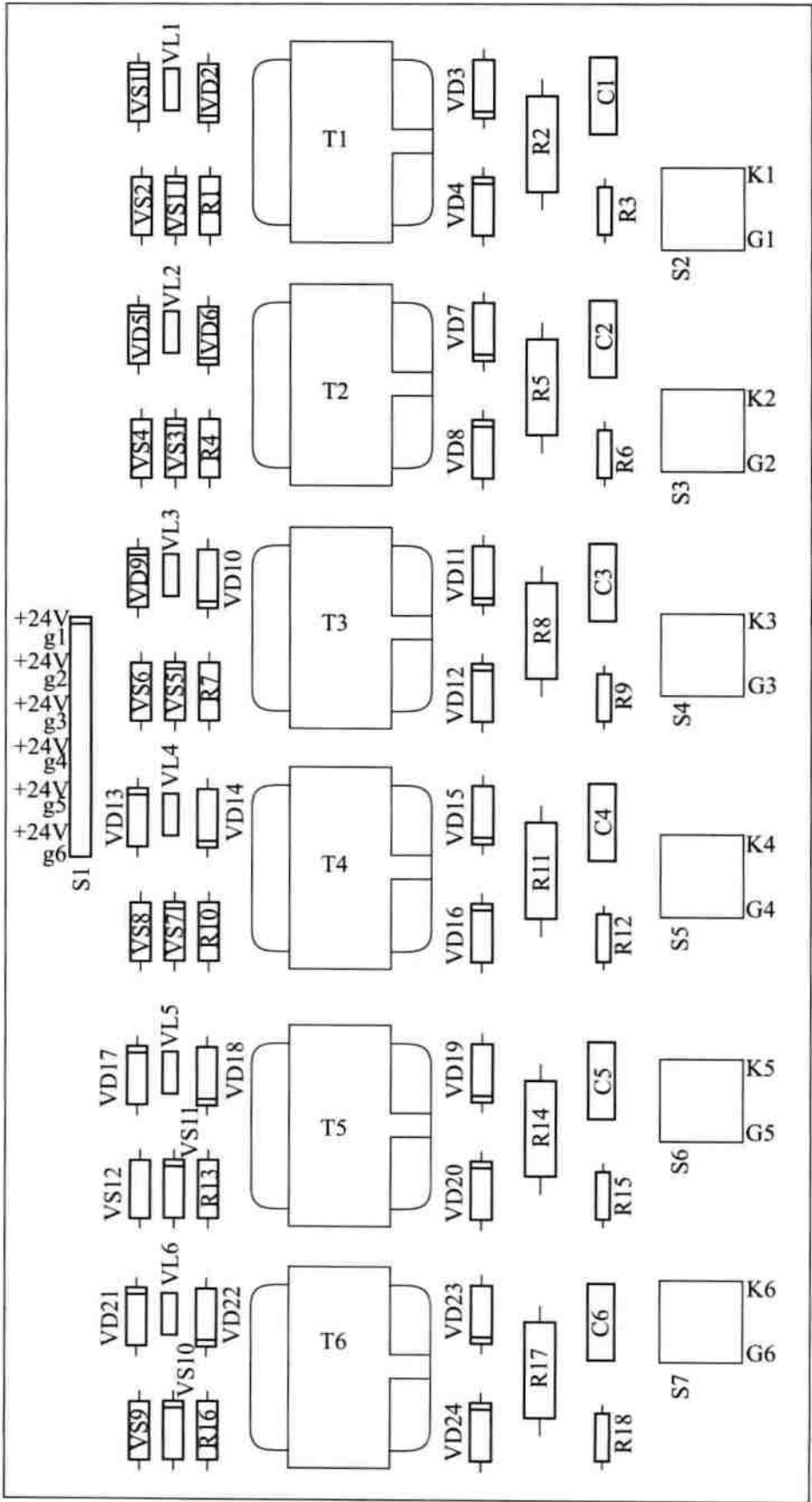


图 6.24 MJ6.0 六单元晶闸管触发末级板的元器件布置

6 路脉冲输出,而接插件 S_2 的 $G_1、K_1、G_2、K_2、G_3、K_3、G_4、K_4、G_5、K_5、G_6、K_6$ 分别接主电路中 6 个晶闸管的门-阴极。

2. 典型应用举例

图 6.25 给出了六单元末级板用于三相交流调压系统的原理图,触发脉冲的产生应用 KCZ6.1 移相触发板。

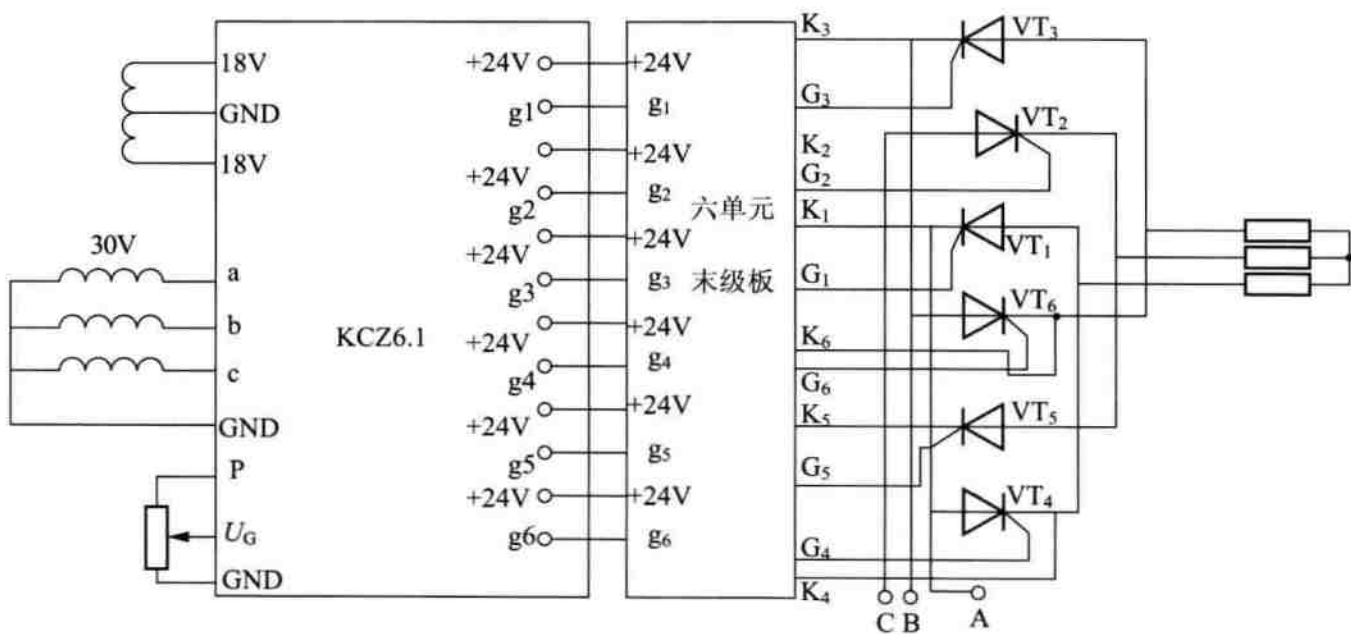


图 6.25 六单元末级板用于三相交流调压系统

3. 应用注意事项

- (1) MJ6.0 六单元触发脉冲末级板仅适用于工频系统,中频触发脉冲系统没有六单元触发脉冲末级板。
- (2) 当用户交流装置中晶闸管容量较大或触发控制板与晶闸管安装距离较远时,应将六单元触发脉冲末级板尽可能靠近晶闸管安装。

6.11 KYB-1 电压变换板

电压变换板主要用于将主电路的直流高压变换成控制板所需的电压反馈信号。电压变换板由高阻输入网络及差模运算放大器组成,所需工作电源可由触发板提供,使用时将 X_0 接插件的正负端直接接到主电路。

6.11.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 直流工作输入与输出电位不隔离。
- (2) 多路输入电压范围可选择。
- (3) 输出为直流,最大值为 8V。
- (4) 变换精度高。

(5) 需外部提供工作电源才可工作。

2. 主要参数限制

(1) 输入额定电压:DC 440V,220V,110V。

(2) 最大输出电压:8V。

(3) 工作电源:±15V/20mA。

(4) 最大外形尺寸:长×宽×高=140mm×120mm×30mm。

6. 11. 2 工作原理

KYB-1 电压变换板的电路原理如图 6. 26 所示。它的内部安装有多个电阻和 2 个二极管、1 个运算放大器,输入的直流电压经多个大阻值电阻降压分压后,提供给高精度运算放大器,进行放大后输出。

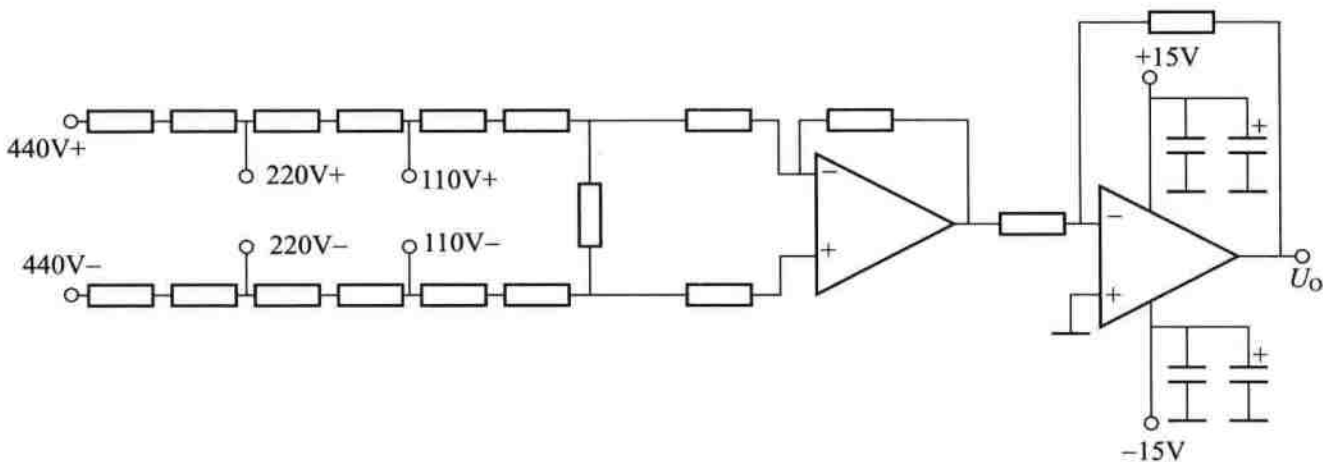


图 6. 26 电压变换板的电路原理图

6. 11. 3 应用技术

1. 正确接线

KYB-1 电压变换板的外形与元器件布置如图 6. 27 所示。它对外引出共 2 个接插件,10 个接线端子,接线方法如下。

(1) 接插件 S₁ 的 440V+ 与 440V-、220V+ 与 220V-、110V+ 与 110V- 按用户使用中的具体电压,选 1 组接相应的端子。

(2) 接插件 S₂ 的 +15V、-15V、GND 接用户提供的正负电源及参考地;剩余的 OUT 为经电压变换后的输出电压,接用户需要的取样电压输入端。

2. 典型应用举例

图 6. 28 给出了 KYB-1 电压变换板用于 440V 直流电动机调速系统中对电枢电压进行取样的原理图。该板的输出直接提供给 KGS 直流电动机调速控制板,构成直流电动机和电压、电流双闭环调速系统。

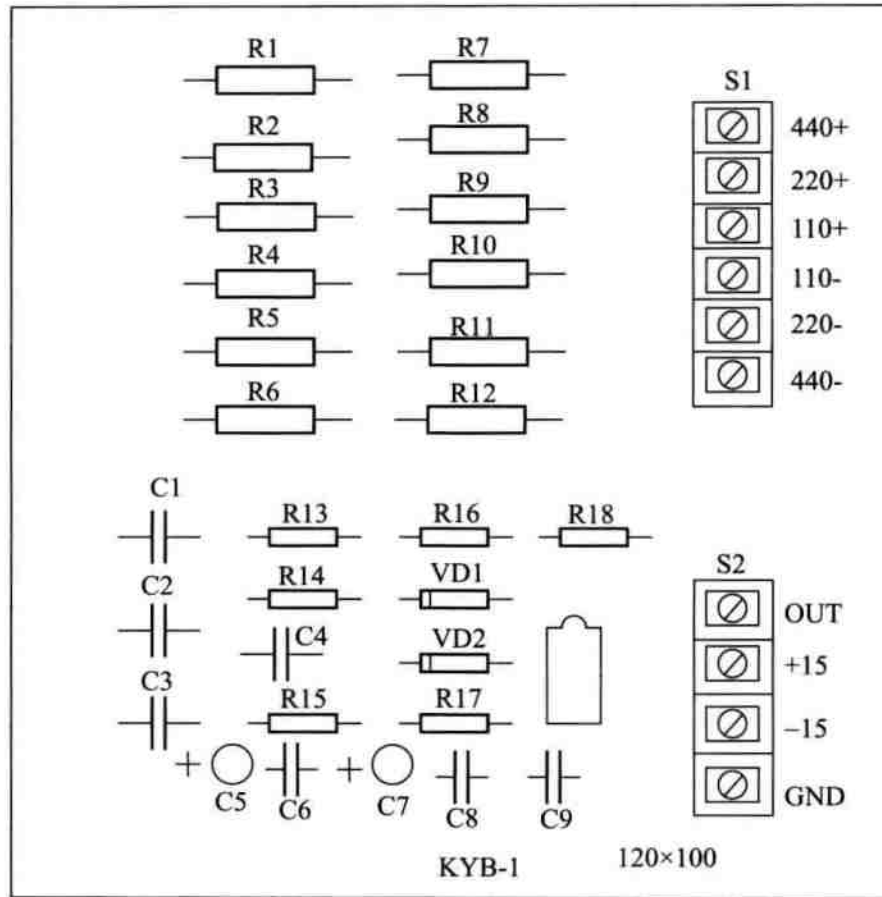


图 6.27 KYB-1 电压变换板的外形与元器件布置

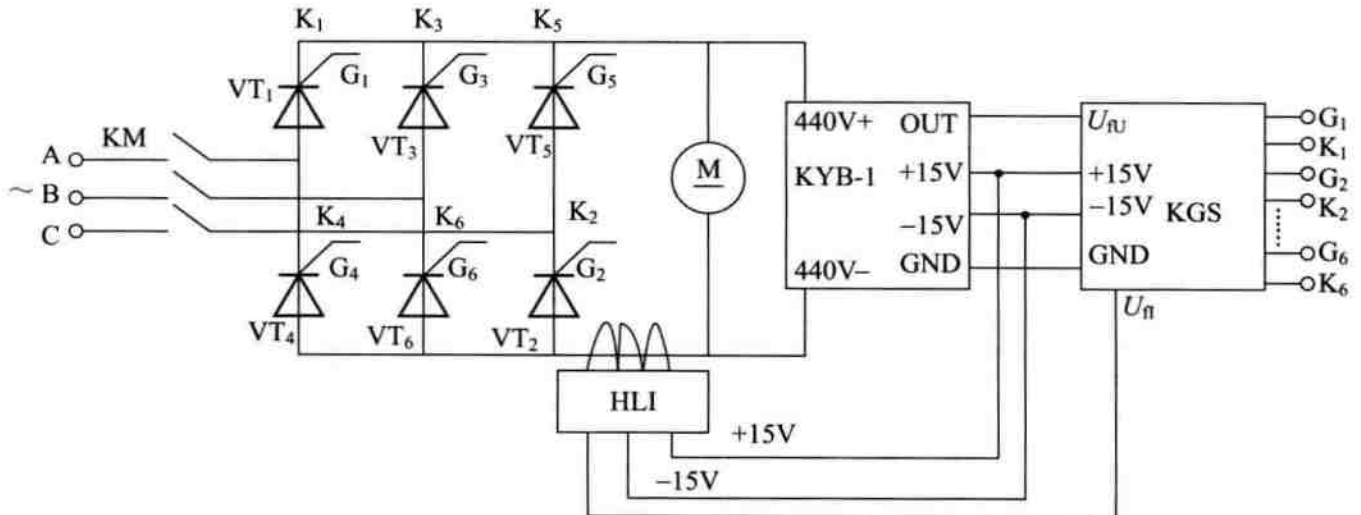


图 6.28 KYB-1 电压变换板用于 440V 直流电动机调速系统中对电枢电压进行取样

第 7 章 GTR 基极驱动 集成电路及驱动板

7.1 概 述

电力晶体管 GTR(Great Transistor)是在普通小功率晶体管的基础上发展起来的,尽管它的工作原理与小功率晶体管并无大的区别,但在结构上,电力晶体管内部可以看做是数个甚至数百个小功率晶体管的并联,保证其可靠工作的前提是设法使这些晶体管同时饱和导通和快速可靠截止,这无疑增加了 GTR 基极驱动电路的设计难度,由此决定了电力 GTR 应用的关键问题之一是基极驱动电路的最优设计与应用。GTR 是电力电子器件从半控进入全控的开端器件之一,在电力电子器件的发展历史上有着划时代的意义。20 世纪 80 年代至 90 年代,GTR 是变频调速、开关电源等电力电子变流设备中的主流元器件,如今在电力电子行业仍有应用。国内从事 GTR 基极驱动电路及驱动板研制和开发的单位相对较少,表 7.1 列出了陕西高科电力电子有限责任公司生产的 GTR 的基极驱动器和驱动控制板的型号、主要参数、设计特点、应用领域。

表 7.1 GTR 基极驱动集成电路和驱动控制板简表

型 号	设计特点	主要参数	应用领域
HL201	单列直插式 16 引脚厚膜电路封装,内部设置微分变压器实现信号隔离,具有响应速度快的优点,有贝克钳位端,双电源工作,输入与输出间绝缘隔离,适用于 75A 以下的 GTR 直接驱动	工作电源电压: $-5 \sim -7\text{V}$, $+8 \sim +10\text{V}$ 输入驱动信号: $>10\text{V}$, $<5\text{mA}$ 最大输出电流: $\geq \pm 2.5\text{A}$ 输入、输出间隔离电压: $\geq 2500\text{V}$	各种 GTR 的 基极驱动
HL202	单列直插式 20 引脚标准厚膜集成电路封装,在 HL201 的基础上增加了退饱和保护和负电源电压的欠压保护,内置光耦合器实现信号隔离,隔离性好、输出功率大,可驱动电流容量 100A 以内的 GTR,增加放大后可驱动电流容量 400A 以内的 GTR	工作电源电压: $-5.5 \sim -7\text{V}$, $+8 \sim +10\text{V}$ 输入驱动信号: $>13\text{V}$, $<50\text{mA}$ 最大输出电流: $\geq 2.5\text{A}$ 负电源欠电压保护电压: $5 \pm 0.5\text{A}$	各种 GTR 的 基极驱动

续表 7.1

型 号	设计特点	主要参数	应用领域
GTC3.0	单相半桥多功能电力 GTR 基极驱动板,应用了 HL202,内含积分器和 PWM 脉冲形成电路,积分上升和下降时间可调,具有退饱和和负电源欠电压就地分散保护及过电压、欠电压、过电流、直通、短路集中式保护功能,且各保护门槛可人为设定,可以直接驱动额定容量为 100A/1200V 以下的二单元 GTR 模块	工作电源电压:3 个独立的交流:18V/0.5A,2 路电位彼此隔离的 9V 和 2 路电位彼此隔离的交流 7V 外形尺寸:长×宽×高=198mm×140mm×40mm	单相直流 PWM 调速系统,单相半桥逆变器及开关电源等
GTC3.1	以自保护型 GTR 基极驱动厚膜集成电路 HL202 为核心单元,具有对被驱动 GTR 退饱和及负电源欠电压就地分散式保护功能,可用于二单元 GTR 模块的直接驱动	工作电源电压:直流+15V、交流 9V 及交流 7V,共 3 个电位彼此隔离的电源 驱动 GTR 最大容量:100A/1200V 外形尺寸:长×宽×高=130mm×65mm×30mm	单相和三相逆变系统
GTC3.2	可以看做是 2 个 GTC3.1 控制板的集成,5 个独立电源,可以用来驱动额定容量为 100A/1200V 以内的单相半桥逆变器中的 2 个 GTR 模块,2 块或 3 块同时使用可用于单相或三相桥式逆变器	工作电源电压:直流+15V、双交流 9V 及双交流 7V,或直流+15V、双+11V 及双+9V,共 5 个电位彼此隔离的电源 外形尺寸:长×宽×高=110mm×130mm×30mm	GTR 单相或三相逆变系统
GTC3.4	可以看做是 4 块 GTC3.1 的集成,可对被驱动 GTR 进行退饱和及负电源欠电压就地分散保护。可实现额定容量 100A/1200V 以下的单相全桥逆变器中 4 个 GTR 的直接驱动	工作电源电压:1 路+15V、4 路交流 9V 及 4 路交流 7V,或一路直流+15V、4 路直流+9V,4 路直流+11V,共 9 个电位彼此隔离的电源 外形尺寸:长×宽×高=220mm×130mm×30mm	GTR 单相桥式逆变器
GTC3.6	内含 6 个独立的可驱动 200A/1200V 以下 GTR 模块的全部电路及提供工作电源的整流部分。输入可直接接用户的控制脉冲形成电路,可对被驱动的 6 个 GTR 中的每一个进行有效快速的过电流、欠驱动、过驱动及本驱动单元欠电压的就地分散保护,输出可直接与主电路中 GTR 的基极、集电极及发射极相连	工作电源:共 13 路电位彼此隔离的电源,1 路+15V,6 路交流 9V、6 路交流 7V,或 6 路直流 11V 及 6 路直流 9V 外形尺寸:长×宽×高=310mm×130mm×30mm	主电路为三相桥式 GTR 逆变器的开关电源及变频器等

7.2 HL201 GTR 基极驱动厚膜集成电路

HL201 GTR 基极驱动厚膜集成电路适用于 75A 以下 GTR 的直接驱动。它采用厚膜工艺制造,内置微分变压器实现输入、输出隔离,具有可靠性高、受环境因素影响小、性能优良及价格便宜的优点;它响应速度快,具有贝克钳位端,外接高压快速二极管 MUR1100 就可实现贝克钳位,输出功率大。

7.2.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

HL201 采用标准单列直插式 16 引脚厚膜封装。它的引脚排列如图 7.1 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 7.2。

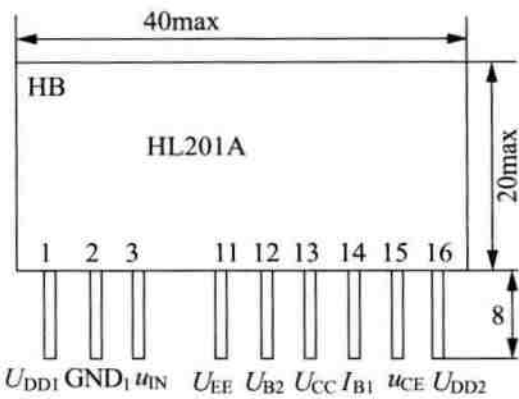


图 7.1 HL201 的引脚排列

表 7.2 HL201 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
1	U_{DD1}	输入级电源端	接用户提供工作电源, +9~+15V
2	GND	输入级地端	接用户提供工作电源地
3	u_{IN}	控制脉冲输入端	接用户控制脉冲形成电路输出
11	U_{EE}	输出功率放大级负电源端	接用户提供的独立-6V(-6V 应与输入级+15V 电位隔离)
12	I_{B2}	驱动 GTR 负电流输出端	通过电阻与电感并联的网络接被驱动 GTR 基极
13	U_{CC}	输出功率放大级电源端	通过限流电阻接引脚 16
14	I_{B1}	驱动 GTR 正电流输出端	通过电阻接被驱动 GTR 基极
15	u_{CE}	被驱动 GTR 集-射极电压监测端	通过快恢复二极管(如 MUR1100)接被驱动 GTR 集电极, 二极管阳极接该端
16	U_{DD2}	功率放大输出级正电源连接端	接用户提供的独立+9V(+9V 应与输入级+15V 电位隔离)

7.2.2 内部结构及工作原理

HL201 的内部结构及工作原理如图 7.2 所示。来自用户控制回路的脉冲信号经 V_1 功放后带动隔离微分变压器 T_1 , 再由脉冲放大和整形电路整形、放大后输出。当输出脉冲为高电平时, 由电阻 R_2 限流后使晶体管 V_2 导通, 驱动外接 GTR 饱和导通, 过饱和驱动电流经接于引脚 15 的贝克钳位二极管分流; 当输出脉冲为低电平时, V_2 截止, PNP 电力晶体管 V_3 导通, 迅速抽出被驱动 GTR 基-射结的剩余载流子, 使被驱动 GTR 快速关断。

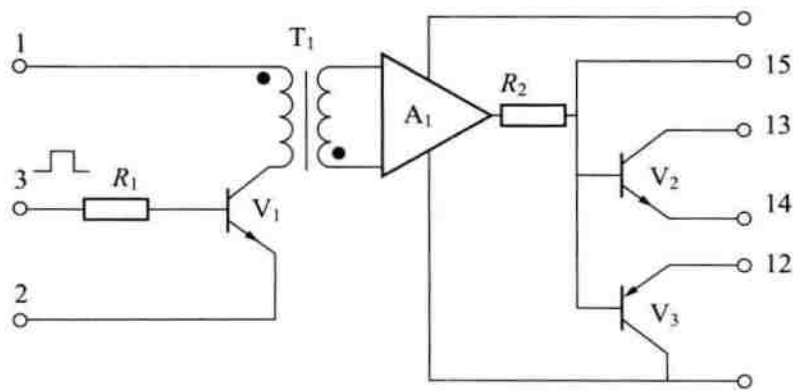


图 7.2 HL201 的内部结构及工作原理

7.2.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 对电源的适应范围宽。
- (2) 输出驱动电流大。
- (3) 工作频率范围宽。
- (4) 电路为厚膜封装, 提高了对环境的适应性。

2. 主要参数限制

- (1) 供电电源电压: $U_{DD} = +8 \sim 10V$, $U_{EE} = -5 \sim -7V$ 。
- (2) 最大输出电流: 前沿 $\geq \pm 2.5A$, 前沿上升时间 $< 1\mu s$, 平顶 $1.5A$ 。
- (3) 输入驱动信号: 高电平 $\geq 5V$, 最大灌电流 $\leq 5mA$ 。
- (4) 输入、输出响应时间: $\leq 1.5\mu s$ 。
- (5) 输入与输出间隔离电压: 工频 $2500V$, $1min$ 。

7.2.4 应用技术

1. 典型工作波形

图 7.3 给出了 HL201 工作时输入电压与输出电流的典型波形。

2. 正确接线

图 7.4 给出了 HL201 的典型应用接线图。二极管 VD 应选取快恢复二极管,

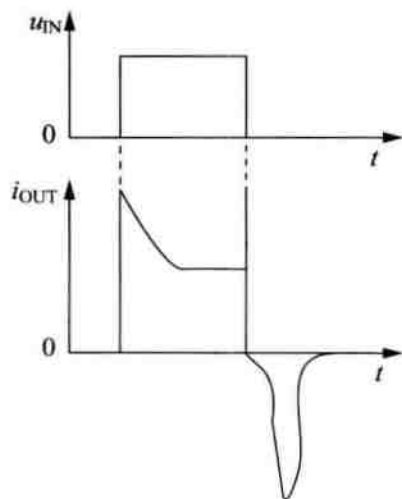


图 7.3 HL201 工作时的典型波形

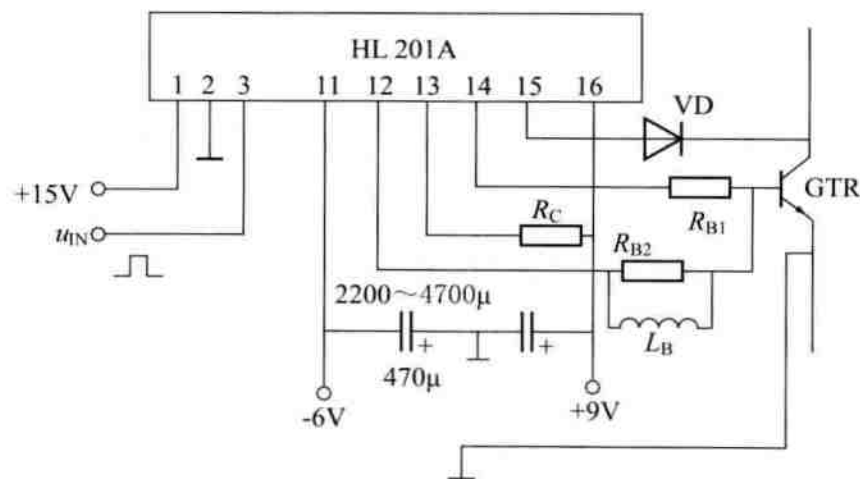


图 7.4 HL201 的典型应用接线图

如 FR107、MUR1100 等。

3. 参数选取及计算

HL201 输出的正驱动电流最大值可由式(7.1)计算：

$$I_{B1} = (U_{CC} - U_{ce(sat)}) / (R_C + R_{B1}) \tag{7.1}$$

对于额定电流容量为 50A 的达林顿 GTR, I_{B1} 取 0.5A 左右, 75A 的 GTR, I_{B1} 取 1A 左右, R_{B1} 一般取 1Ω。故

$$R_C = (U_{CC} - U_{ce(sat)}) / I_{B1} - 1 \tag{7.2}$$

式中, U_{DD} 为给 HL201 提供的供电电压, $U_{ce(sat)}$ 为被驱动 GTR 的饱和压降。通常, 电阻 R_C 为 5~10Ω, 电感 L_B 一般为几微亨, 使用中通常取 $R_{B2} > R_C$ 。

4. 典型应用举例

图 7.5 给出了应用 HL201 驱动 GTR 制成的斩波式开关电源的原理图, 所用的功率 GTR 为 50A 三级达林顿型, 输入信号由 PWM 发生器集成电路 TL494 产生。

7.3 HL202 GTR 基极驱动厚膜集成电路

HL202 在 HL201 基础上增加了退饱和及负电源电压的欠电压保护功能。它

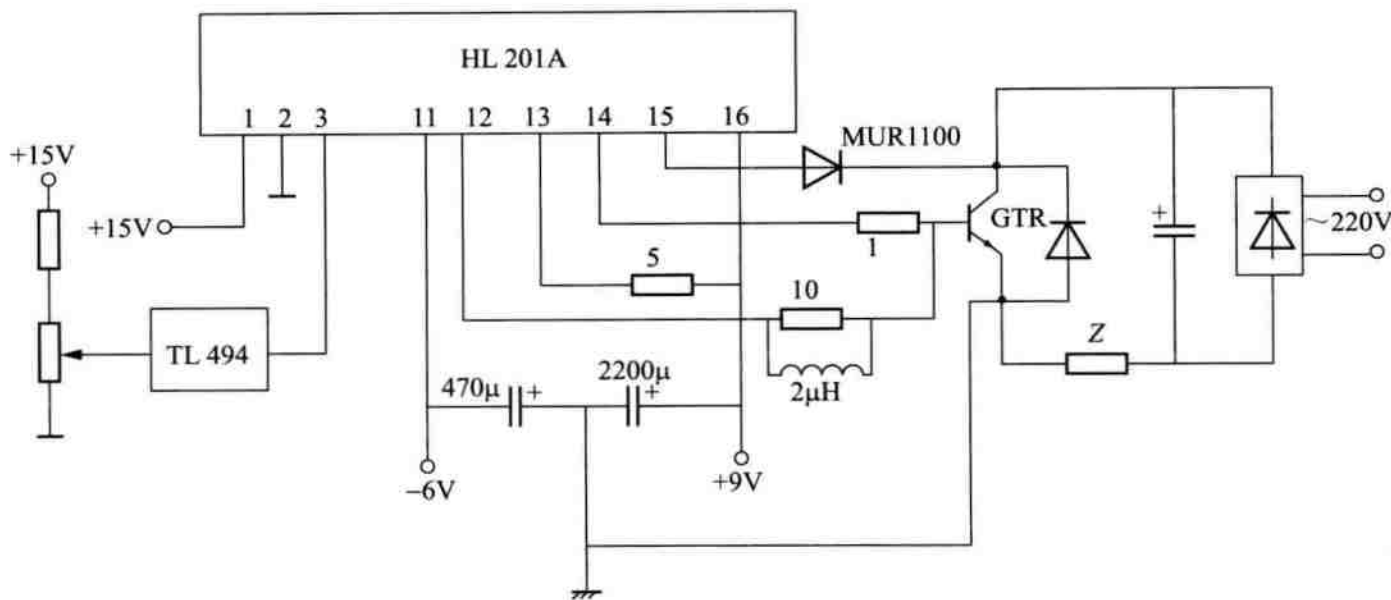


图 7.5 HL201 用于斩波器系统

可实现对被驱动 GTR 的过电流快速分散就地式保护,一旦被驱动的电力晶体管因过电流而退饱和,其集-射极电压将迅速上升到某值(可由 HL202 电路的外接元件进行调整),HL202 能在 $3\mu\text{s}$ 内自动封锁正向驱动电路,在被驱动电力晶体管的基-射极施加负驱动电压,使被驱动的 GTR 可靠关断。另一方面,当 HL202 工作的负电源电压低于 -5V 时能自动封锁输出脉冲,实现负电源电压的欠电压保护功能。

7.3.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

HL202 采用标准单列直插式 20 引脚厚膜集成电路封装。它的外形及引脚排列如图 7.6 所示,各引脚的名称、功能及用法如下。

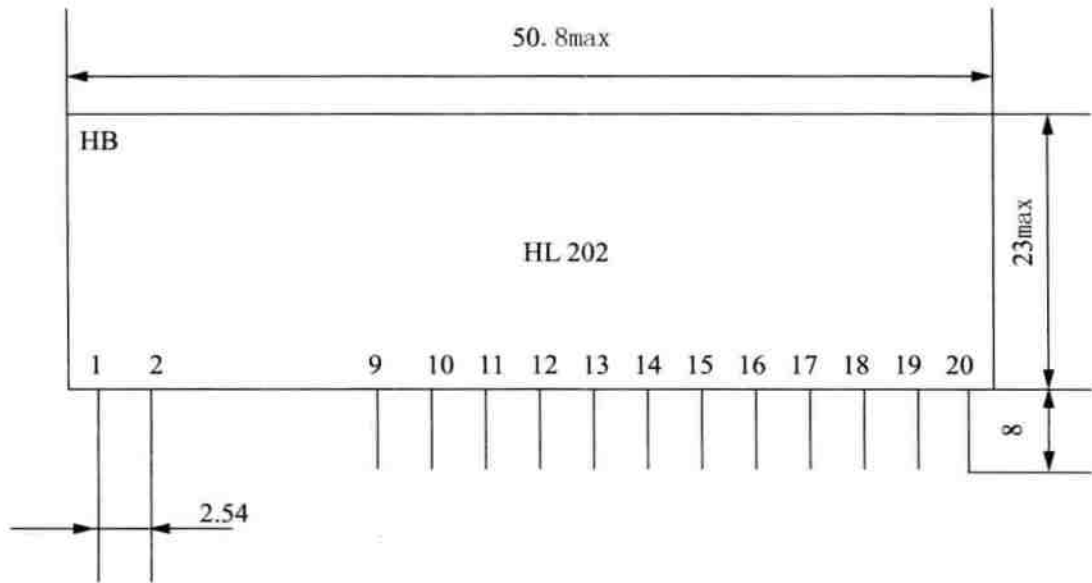


图 7.6 HL202 的引脚排列图

1. 驱动信号输入端

引脚 1、引脚 2:驱动信号输入端。应用中引脚 1 接用户脉冲形成部分输出;而引脚 2 通过电阻、电容接用户控制脉冲形成部分的电源,还通过电阻和电容接用户

控制电源的地。

2. 电源端

引脚 20: 驱动电路正电源连接端。应用中接用户为 HL202 提供的隔离正电源, 一般取 +9V。

引脚 17: 驱动电路负电源连接端。应用中接用户为 HL202 提供的与引脚 20 电源共地的负隔离电源, 一般取 -6V。

3. 参考地端

引脚 12: 驱动电路参考地端。应用中直接接被驱动 GTR 的发射极及电源地端。

4. 控制端

引脚 9: 退饱和保护死区时间设置端。该端所接电容大小决定了 HL202 在保护后输出脉冲的最窄宽度, 应用中通过 $0.047\mu\text{F}$ 的电容接负电源。

引脚 10: 退饱和电压检测输入端。该端通过并联的电阻与电容接引脚 13, 引脚 13 检测到的实际 u_{CE} 电压值提供给内部的欠饱和保护电路。典型应用中, 电容为 $0.047\mu\text{F}$ 、电阻为 100Ω 。

引脚 16: 退饱和保护门槛电压设置端。该端外加电压的大小决定了退饱和动作的快慢, 应用中通过一固定端分别接正、负电源, 而可调端接该端的电位器。为保证该端电压的可调范围及灵敏度, 外接电位器最好选用多圈电位器, 电阻值选 $0.5\sim 1\text{k}\Omega$ 。

引脚 13: 贝克钳位输出端。该端可通过驱动电流流入被驱动的电力晶体管的集电极, 对基极驱动电流的分流实现贝克钳位, 防止被驱动 GTR 过饱和。同时, 该端还为退饱和保护提供实际检测信号。应用中该引脚通过快恢复二极管接至被驱动 GTR 集电极。对二极管的要求是, 其耐压 U_{RRM} 大于被驱动晶体管工作母线电压的 $2\sim 3$ 倍, 而其恢复时间 $t_{\text{rr}} \leq 1\mu\text{s}$ 。

5. 输出端

引脚 15: 正驱动电流输出端。当 HL202 用来驱动电流容量 $< 50\text{A}$ 的 GTR 时, 该端直接接被驱动 GTR 的基极; 当 HL202 用来经功率放大后驱动电流容量在 $150\sim 400\text{A}$ 以下的 GTR 时, 该端外接进行功率放大的 NPN 晶体管的基极。

引脚 14: 内部接输出级互补功率放大的 NPN 开关晶体管集电极。该端外接电阻 R_{Cl} 值的大小决定着 HL202 输出的正向驱动电流值, 当 HL202 直接驱动容量为 50A 以下的电力晶体管时, R_{Cl} 一般取 $5\sim 10\Omega$ 。该端通过电阻接 HL202 工作的正电源, 该电阻的取值随被驱动的电力晶体管的容量不同而不同。而当 HL202 经功率放大后驱动 $150\sim 400\text{A}$ 以下的电力晶体管时, 该端外接功率放大开关晶体管的集电极后接正电源。

引脚 17: 接输出级互补功率放大 PNP 开关晶体管集电极。该端到负电源之间

连接电阻 R_{C2} 值的大小决定着 HL202 输出的负向驱动电流值。当 HL202 直接驱动容量为 50A 以下的电力晶体管时,该端通过电阻 R_{C2} 接 HL202 工作的负电源,对该电阻的取值要求 $R_{C2} > R_{C1}$;而当 HL202 经功率放大后用来驱动 150~400A 以下的 GTR 时,则该端直接外接功率放大 PNP 晶体管集电极后再接 HL202 工作的负电源。

引脚 18:负基极电流输出端。当 HL202 直接用来驱动电流容量为 50A 以下的 GTR 时,该端直接通过防止基极电流振荡的小电感接引脚 15,通过 1Ω 的电阻接被驱动的 GTR 基极;而当 HL202 经功率放大后驱动电流 150~400A 以下的 GTR 时,该端外接 PNP 功率放大开关晶体管的基极。

引脚 19:退饱和和保护信号引入端。该端为 HL202 的退饱和和保护电路提供一个实际集-射极电压的输入信号。应用中,它一方面通过 100Ω 的电阻接 HL202 的工作正电源;另一方面,通过快恢复二极管接至被驱动电力晶体管的集电极。对该二极管的要求是,反向耐压 U_{RRM} 大于被驱动 GTR 工作母线电压的 2~3 倍,而其恢复时间 $< 1\mu s$ 。

7.3.2 内部结构及工作原理

HL202 的内部结构及工作原理如图 7.7 所示。在其内部集成有 2 个光耦合器 VLC_1 和 VLC_2 ,2 个小功率开关晶体管 V_1 和 V_2 ,1 个脉冲整形逻辑 A 及 1 个脉冲匹配、保护封锁逻辑 S。

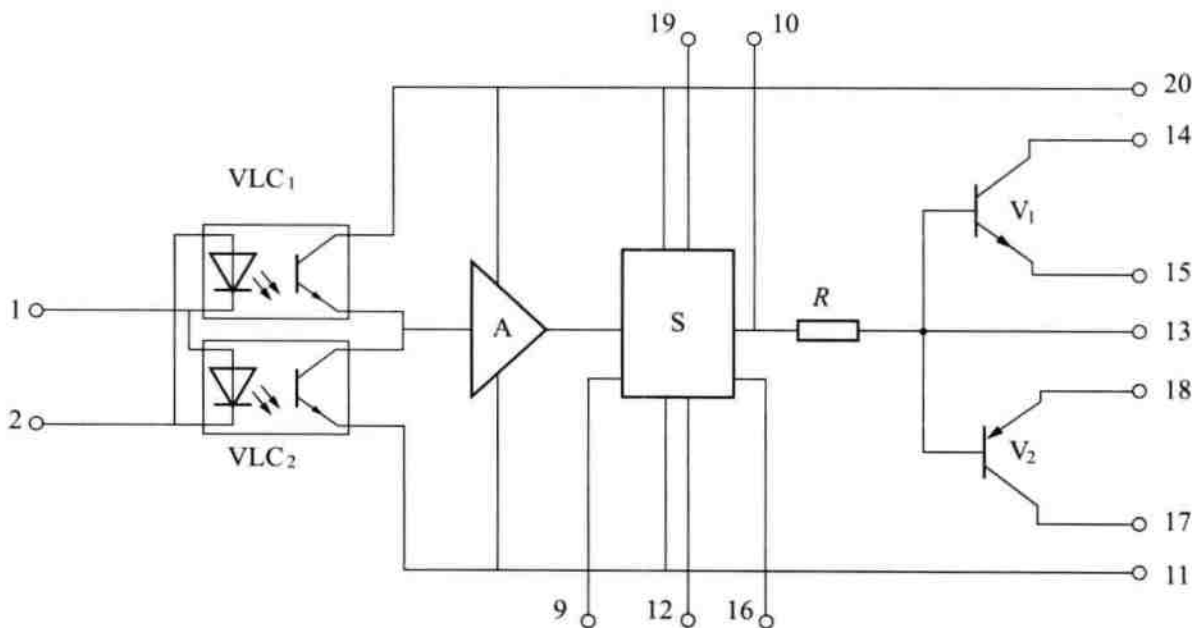


图 7.7 HL202 内部结构及工作原理

用户脉冲形成部分的输出脉冲接 HL202 引脚 1。在该脉冲的高电平区间,上部光耦合器 VLC_1 截止,下部光耦合器 VLC_2 中的二极管导通发光,其电流流过引脚 1、引脚 2 后经过电阻与电容加速网络到脉冲形成部分的地。此时,光耦合器 VLC_2 二次侧晶体管饱和导通输出低电平,经脉冲整形环节,脉冲匹配及保护网络输出低电平,末级功率放大晶体管 V_1 截止, V_2 导通,给被驱动的晶体管基-射极施

加负偏置电压,保证被驱动 GTR 可靠截止。当脉冲形成环节输出为低电平时,光耦合器 VLC_1 中的发光二极管导通发光(光耦合器 VLC_2 中的发光二极管因受反压而截止,相应的二次侧晶体管也截止),其二次侧晶体管饱和导通,脉冲整形环节输出高电平。设被驱动的 GTR 未退饱和,则退饱和保护电路不动作。同时,由于 HL202 工作的负电源电压未出现欠电压,欠电压保护环节亦不动作,脉冲匹配及保护网络输出高电平,末级功率放大电路中的 NPN 晶体管 V_1 导通,PNP 晶体管 V_2 截止,向被驱动的 GTR 基极提供足够的驱动电流,保证被驱动 GTR 运行于准饱和状态。一旦被驱动的 GTR 退饱和或 HL202 工作负电源电压低于 $-4.5V$,则脉冲匹配及保护封锁逻辑 S 输出低电平,晶体管 V_2 导通, V_1 截止,被驱动的 GTR 因基-射极反偏而可靠截止。

7.3.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 内部集成有光耦合器,以实现信号隔离,隔离电压可达 $2500V$ 以上,从而满足了其用于晶体管逆变系统中被驱动的多个晶体管发射极电位不等的需要。

(2) 内部设计有抗被驱动 GTR 过饱和的贝克钳位电路,用户可在贝克钳位端外接高反压快速二极管实现贝克钳位,防止被驱动的 GTR 过饱和。

(3) 有退饱和的保护功能,一旦被驱动的 GTR 因过电流或其他原因退饱和,内部电路可保证在 $3\mu s$ 内切断正向驱动电流,防止被驱动的 GTR 退出饱和区进入放大区而遭受二次击穿损坏,可使被驱动的 GTR 运行于临界饱和的最优状态。

(4) 采用双电源工作,输出功率大,可直接驱动电流 $100A$ 以内的三级或两级达林顿晶体管,增加功率放大环节后还可驱动电流 $150\sim 400A$ 的电力晶体管。

(5) 为防止工作负电源电压不足造成的晶体管关断过程中基-射极负偏压不足造成的不可靠关断,内部还设计有自身工作负电源电压的欠电压保护电路,一旦负电源电压比额定值低 $0.5V$,则负电源电压保护电路动作,封锁被驱动 GTR 的驱动脉冲,使其可靠截止,保证被驱动的 GTR 不再导通。

2. 主要参数限制

(1) 工作正电源电压 U_{DD} : $+8\sim +10V$ 。

(2) 工作负电源电压 U_{EE} : $-5.5\sim -6V$ 。

(3) 输出最大正向驱动电流: $0.5A$ 。

(4) 输出最大反向驱动电流: $-3A$ 。

(5) 输入驱动脉冲幅值: 高电平 $>13V$, 低电平 $<0.5V$ 。

(6) 欠饱和门槛电压可调范围: $0.5\sim 5.5V$ 。

(7) 输入、输出隔离电压 $U_{iso(RMS)}$: $2500V$ 交流, $50Hz$ $1min$ 。

7.3.4 应用技术

1. 应用注意事项

(1) 当 HL202 引脚 9 的外接电容 C_1 为 $0.047\mu\text{F}$ 时,退饱和和保护动作的延迟时间为 $3\mu\text{s}$ 。也就是说,在被驱动的 GTR 退饱和 $3\mu\text{s}$ 之后,HL202 能自动封锁正向驱动电流。退饱和的动作延迟时间大小与电容 C_1 的容量成比例, C_1 越大,则延迟时间越长,如被驱动的 GTR 导通时的冲击电流较大,则应适当延长死区时间。

(2) 退饱和和保护门槛电平在引脚 16 悬空时为 5V。当需改变退饱和和保护电平时,需外接电位器来改变引脚 16 的电平。

(3) 引脚 18 所接的电感 L 为几微亨,选择适当的电感值,可使被驱动 GTR 的关断过程最优,并避免被驱动的 GTR 基极电流的振荡。

(4) 引脚 14 外接串联电阻的取值可按式(7.3)计算

$$R_{C1} = (U_{DD} - U_{CES} - U_{BE}) / I_{BI} (\Omega) \quad (7.3)$$

式中, U_{DD} 为 HL202 工作的正电源电压,单位为 V; U_{CES} 为 HL202 内部末级功率放大 NPN 开关晶体管 V_1 的饱和压降,单位为 V; U_{BE} 为被驱动 GTR 的基-射极电压降,三级达林顿晶体管约为 2.1V,两级达林顿晶体管约为 1.4V,单管 GTR 约为 0.7V,单位为 V; I_{BI} 为被驱动 GTR 所希望的基极驱动电流,单位为 A。

当被驱动 GTR 的基极电流为 0.5~1.5A 时, R_{C1} 为 5~10 Ω 。

(5) 引脚 17 的外接电阻 R_{C2} 决定着被驱动 GTR 关断过程中的负电流大小,较小的 R_{C2} 可使 HL202 提供较大的负关断电流,加速被驱动 GTR 的快速关断,减小关断损耗。但过快的关断反而会减小被驱动的电力晶体管的反向安全工作区,过大的 R_{C2} 将使被驱动 GTR 的关断过程变长,增加了关断过程中的损耗,甚至不能保证被驱动的 GTR 可靠关断。因而 R_{C2} 的取值要综合考虑关断损耗、反向安全工作区及关断时间等众多因素,一般取 $R_{C2} > R_{C1}$ 。

(6) HL202 合理应用的接线和推荐参数如图 7.8 所示。用它驱动 GTR 时,被驱动的 GTR 退饱和后的保护波形如图 7.9 所示。

2. 典型举例

HL202 可用于主功率器件为 GTR 供电的直流电动机斩波调速、PWM 正反转可逆调速、位置伺服系统以及交流电动机的变频调速、开关电源及正弦波逆变电源等领域,取代分立式 GTR 驱动电路,使被驱动 GTR 高效地工作。

图 7.10 给出了应用 SG3524 作为 PWM 脉冲发生器,用 HL202 来驱动的直流电动机斩波调速系统的原理图。图中应用 SG3524 内部的运算放大器构成闭环调节器,而以其内部的比较器实现了集中过电流保护,因而该系统具有较好的稳速效果和较大的调速范围。在该应用中,HL202 工作的正电源电压选 9V,负电源电压选 -6V,电阻 R_{C1} 选 10 Ω ,电阻 R_{C2} 选 15 Ω ,欠饱和保护的延迟时间选 $1.5\mu\text{s}$,因而决定了 C_1 为 $0.022\mu\text{F}$ 。由于被驱动的 GTR 为 50A,直流母线电压为 220V,故应用

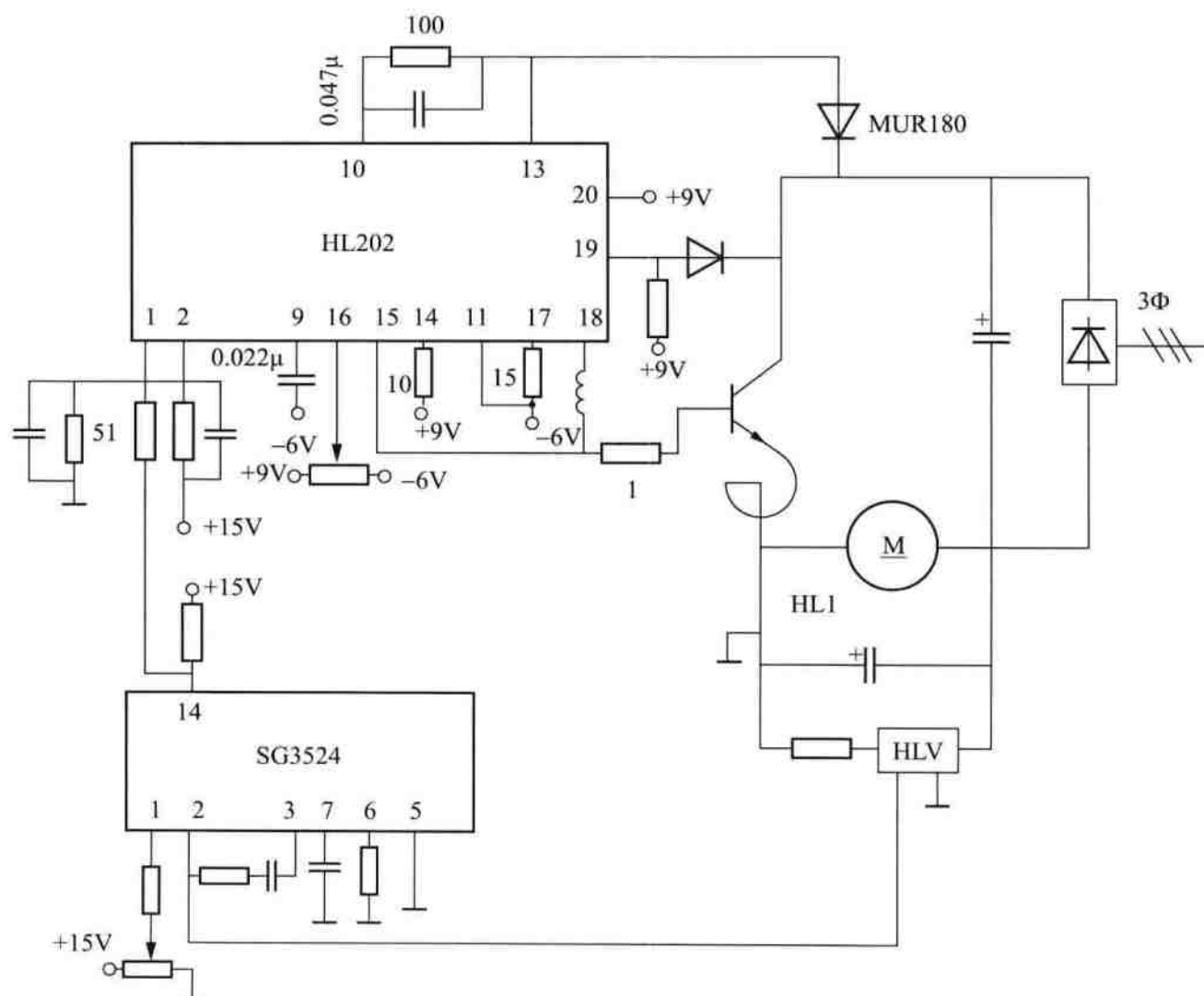


图 7.10 HL202 用于直流电动机斩波调速系统

(2) 可用于 100A/1200V 以下的二单元 GTR 的直接驱动, 稍加功率放大便可用于 150~400A 二单元 GTR 的直接驱动。

(3) 具有退饱和、负电源欠压就地分散保护及过流、过压、欠压、直通、短路集中式保护功能,且各自的保护门槛可人为调节与设定。

(4) 本身含有 PWM 脉冲形成单元, 输出 PWM 脉冲的频率和宽度可调, 故可方便地用于开关电源、单相 PWM 直流调速等系统。

(5) 本身含有给定积分器, 给定积分的上升及下降时间可调, 用户可方便地应用它把阶跃给定变为斜坡给定, 实现软启动。

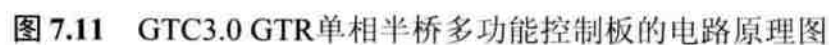
(6) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=198mm \times 148mm \times 30mm

7.4.2 内部结构及工作原理

GTC3.0 GTR 单相半桥多功能驱动板的电路原理如图 7.11 所示。

2. 输入参数

(1) c_1 、 d_1 与 c_2 、 d_2 之间的电压不小于 7V 而不大于 8V, a_1 、 b_1 与 a_2 、 b_2 之间的输入电压不小于 11V 而不大于 12V, 其需求电流容量为 1A。



(2) Q、S、R 之间及 U、V 之间所接的 3 个 18V 绕组分别要求电流容量为 0.5A 及 0.2A。

(3) L 端输入峰值信号为 0~10V 的信号,其电流需求为 $100\mu\text{A}$,而 X、e 之间要求输入电压为 0~10V,电流需求不大于 1mA。

3. 输出参数

(1) W(+15V)、M(-15V)最大负载能力为 50mA,而 f、N、Y、I 最大负载能力为 5mA。

(2) p、d 对外负载能力为 10mA。

(3) C_i 、 B_i 、 E_i ($i=1,2$)最大负载能力为脉冲电流 1A。

(4) A、B 之间允许施加交流 380V/1A、220V/3A。

4. 极限参数

(1) 工作电源电压:3 路单相交流 18V/0.5A,2 路 11V 与 8V/1A。

(2) 2 路 11V 及 2 路 8V 电源之间隔离电压 $U_{\text{iso(RMS)}} \geq 2500\text{V}$,50Hz,1min。

(3) 输出 PWM 脉冲频率:100~10kHz。

(4) 积分上升与下降可调最大时间:1min 至数十分钟。

(5) 输出驱动脉冲高电平拉电流为 3A,灌电流幅值 $\leq 4\text{A}$ 。

(6) 工作温度范围 T_A :0~+40℃。

(7) 存储温度范围 T_{stg} : -10~+80℃。

7.4.3 应用技术

GTC3.0 GTR 单相半桥多功能驱动板的元器件布置如图 7.12 所示,共有 9 个接插件,9 个可调电位器。

1. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 R 为 PWM 脉冲及过流、直通、短路保护部分的参考地,而 M、W 分别为供给用户的 -15V 及 +15V,剩余的 L 为主电路中所加霍尔元件的输出。应用中,该接插件为与霍尔电流传感器连接。

(2) 接插件 S_2 的 R 为过流、直通、短路保护与 PWM 脉冲形成部分参考地 (GND),M、W 分别为提供给用户的 -15V 及 +15V 方便用户在使用该驱动控制板的电力电子变流设备面板上接故障指示发光二极管。该发光二极管的阴极接 M,阳极分别接 N(过流指示)、V(过压指示)、f(欠压指示)、I(直通、短路指示),剩余的 d、p 用来在故障保护(过压、欠压、过流、直通、短路)状态下给用户系统提供同步状态指示信号(d 为低电平,p 为高电平)。

(3) 接插件 S_3 的 Q、R、S 接具有中间抽头的双 18V 绕组。其中,R 接中间抽头,而 Q、S 分别接 18V,为该控制板提供工作电源。

(4) 接插件 S_4 的 A、B 之间为常闭接点,用于故障状态下分断用户系统的主电路,使用中用户可将其串入主接触器的线包回路中。

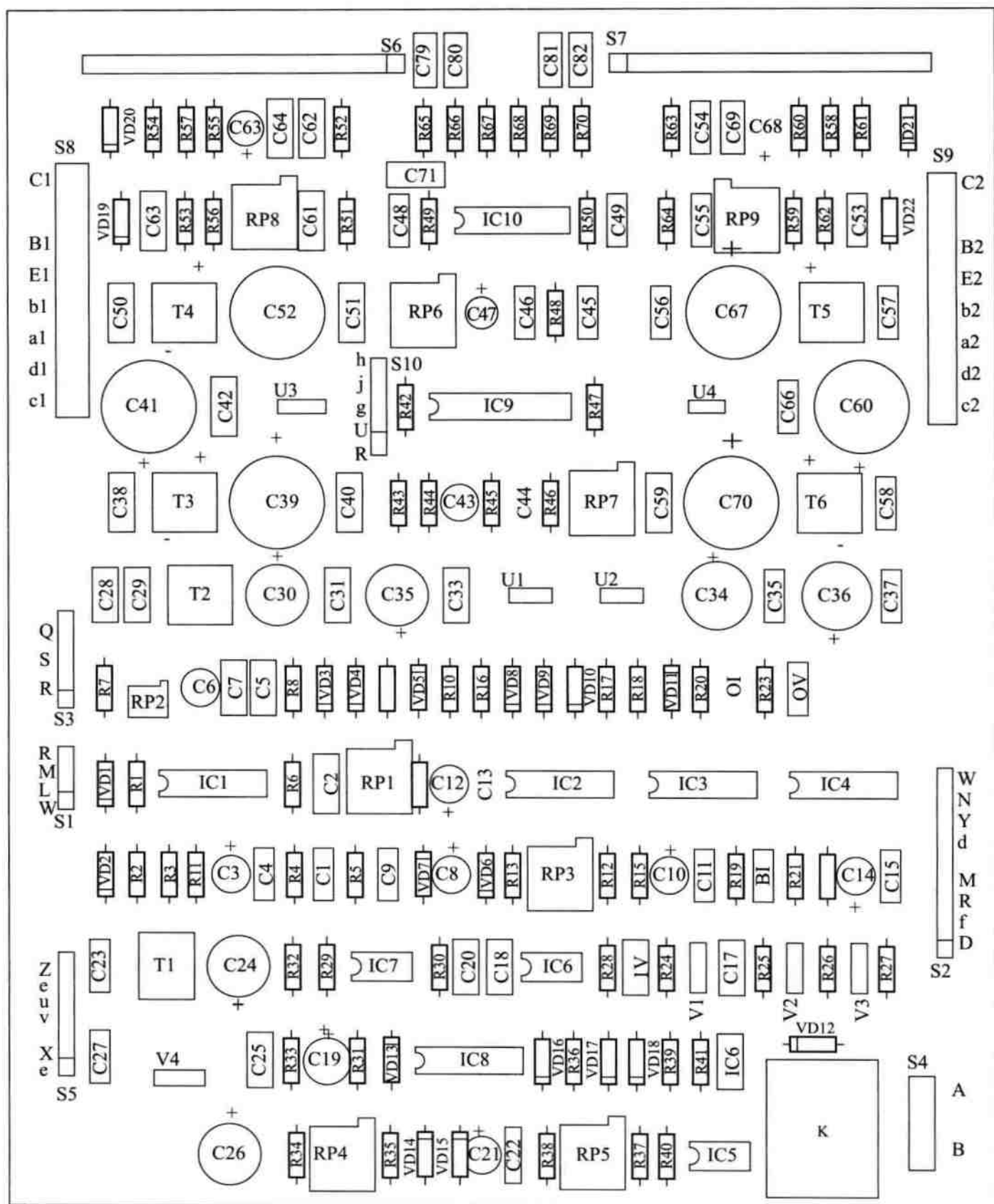


图 7.12 GTC3.0 GTR 单相半桥多功能控制板的元器件布置

(5) 接插件 S_5 的 e 为过压、欠压保护部分的参考地电位, 应与过流、直通、短路保护和 PWM 脉冲形成部分的地电位相隔离, 为主电路中整流后直流侧的负电位。Z、e 之间接主接触器的辅助常闭触点, 而 u、v 之间接控制电源变压器二次侧的另一个具有独立悬浮地电位的 18V 绕组, 剩余的 X、e 之间接主电路中 U_d 的电压取样值。

(6) 接插件 S_8 的 C_1 、 B_1 、 E_1 分别接被驱动半桥逆变器中一个 GTR 的集电极、

基极及发射极,而 a_1 、 b_1 及 c_1 、 d_1 分别接控制电源变压器二次侧一组具有悬浮地电位的 9V 及 7V 绕组。

(7) 接插件 S_9 的 C_2 、 B_2 、 E_2 分别接被驱动半桥逆变器中另一个 GTR 的集电极、基极及发射极,而 a_2 、 b_2 及 c_2 、 d_2 分别接控制电源变压器二次侧另一组具有悬浮地电位的 9V 及 7V 绕组。

(8) 接插件 S_{10} 的 R 为 PWM 脉冲形成部分参考地电位, g 为板内 PWM 脉冲形成器 SG3526 输出的 +5V 标准电压, U 为调节 PWM 脉冲宽度的控制电压输入端。应用中,建议在 g、U、R 之间接 1 只阻值不大于 10k Ω 的电位器,电位器的滑动端接 U,而两固定端分别接 g、R,该电位器一般装于用户系统机壳上作外部控制用。剩余的 h、j 为用户不使用 SG3526 作为 PWM 脉冲形成单元,而以自己的电路产生 PWM 脉冲(如微机产生)进行半桥逆变器控制时的 PWM 脉冲输入连接端,此时建议将 SG3526 拔掉,而接插件 g、U、R 之间的电位器亦不需要接。

2. 各电位器的作用及调节方法

(1) RP_1 为过流保护门槛调节电位器:顺时针调节保护门槛值减小;逆时针调节,保护门槛值增加。

(2) RP_2 为直通(短路)保护门槛调节电位器:顺时针调节,保护门槛值减小;逆时针调节,保护门槛值增加。

(3) RP_3 为过流保护延时动作时间调节电位器:顺时针调节,过流保护动作延时时间变长;逆时针调节,过流保护动作延时时间变短。

(4) RP_4 为过压保护动作门槛值调节电位器:顺时针调节,保护动作门槛值减小;逆时针调节,保护动作门槛值增加。

(5) RP_5 为欠压保护动作门槛值调节电位器:顺时针调节,保护动作门槛值减小;逆时针调节,保护动作门槛值增加。

(6) RP_6 为内控时输出 PWM 脉宽调节电位器:顺时针调节,输出 PWM 脉冲宽度增加;逆时针调节,输出 PWM 脉冲宽度减小。采用外控方式时,该电位器无用。

(7) RP_7 为输出 PWM 脉冲频率调节电位器:顺时针调节,输出 PWM 脉冲频率增加;逆时针调节,输出 PWM 脉冲频率减小。

(8) RP_8 为欠饱和保护动作门槛值调节电位器:顺时针调节,保护动作门槛值下降;逆时针调节,保护动作门槛值增加。

(9) RP_9 为欠饱和保护动作门槛值调节电位器:顺时针调节,保护动作门槛值增加;逆时针调节,保护动作门槛值减小。

3. 典型应用举例

GTC3.0 可用于主电路为单相半桥 GTR 逆变器的开关电源、直流调速、变频电源等电力电子变流设备系统,图 7.13 给出了其用于单相变频电源系统中,以板内 PWM 脉冲作为控制的原理图。其中, K 为 GTC3.0 板内故障保护继电器的接点信号。

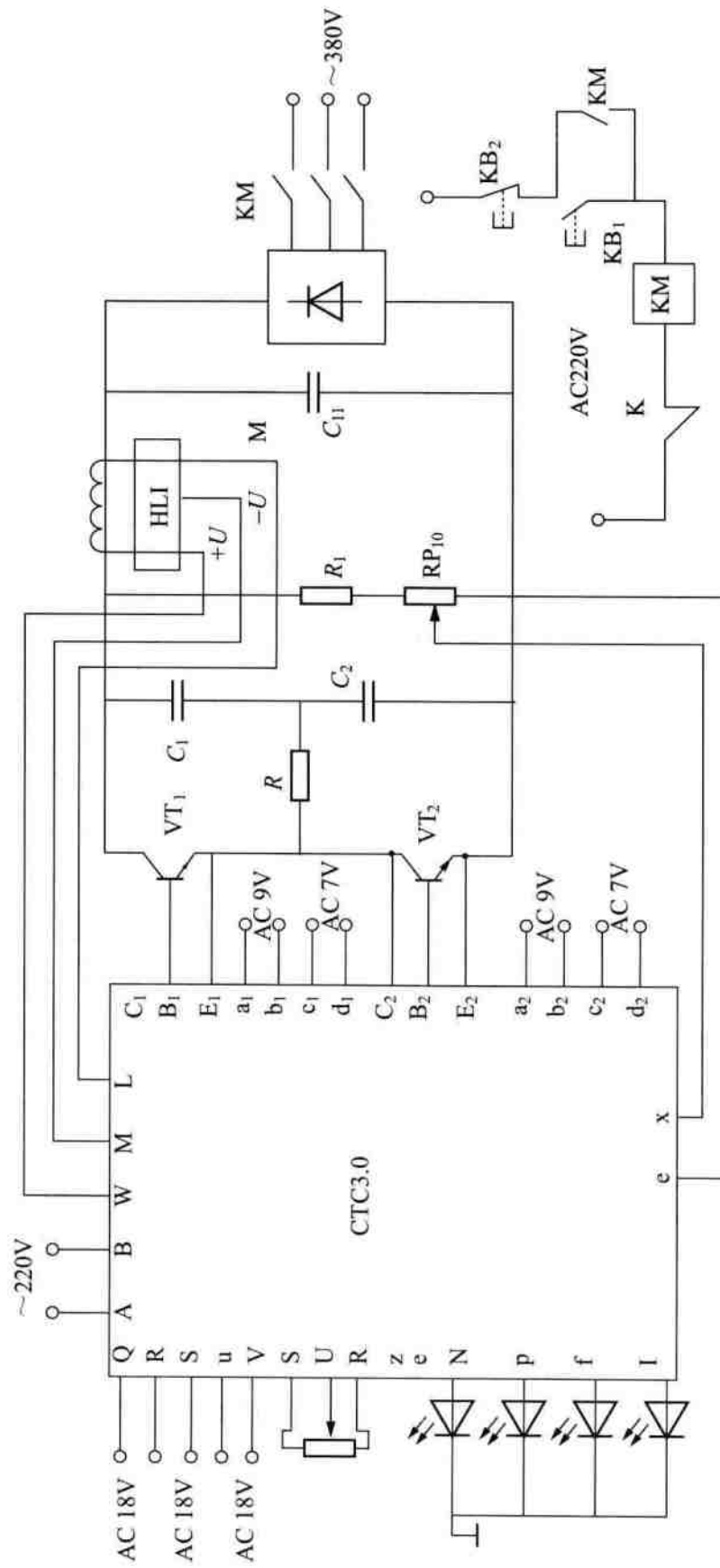


图7.13 GTC3.0用于单相变频电源系统

7.5 GTC3.1 GTR 单管驱动板

GTC3.1 电力 GTR 单管驱动板是陕西高科电力电子有限责任公司的第三代 GTR 单管驱动板。

7.5.1 主要设计特点和参数限制

- (1) 以自保护型 GTR 基极驱动厚膜集成电路 HL202 为核心单元。
- (2) 可用于 100A/1200V 以下单管 GTR 的直接驱动,稍加功率放大便可用于 150~400A 以下的单管 GTR 基极驱动。
- (3) 具有退饱和及负电源欠压就地分散保护功能。
- (4) 2 个独立电源工作,工作电源可为交流,亦可为直流。

7.5.2 内部结构及工作原理

GTC3.1 电力 GTR 单管驱动板的电路原理如图 7.14 所示,它是在图 7.8 所示 HL202 的典型应用电路基础上增加工作电源及抗干扰环节形成的。来自用户脉冲形成电路的输出驱动脉冲,在高电平期间,使 HL202 内部光耦合器一次的发光二极管发光,促成光耦合器二次的光敏晶体管导通,把脉冲信号耦合到 HL202 的功率放大级,经放大整形后加到被驱动 GTR 基-射极;在控制脉冲为低电平时,HL202 因内部光耦合器中的发光二极管不发光,二次光敏晶体管不导通,功率放大级输出负驱动电压,使被驱动 GTR 快速截止。一旦发生被驱动 GTR 欠饱和或过流或短路的非正常状况,则 HL202 通过接于被驱动 GTR 集电极的二极管检测到故障信号,内部电路动作,迅速使被驱动 GTR 基射极驱动脉冲宽度降至 $3\mu\text{s}$ 以内,进行有效的保护。

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压:1 路交流 11V 与 9V/1.5A 及 1 路+15V/10mA。
- (2) 输入脉冲高电平峰值:不小于 10V,不大于+20V。
- (3) 输入拉电流幅值:10mA。
- (4) 输出驱动脉冲电压幅值:2~5V。
- (5) 输出驱动脉冲电流幅值:拉电流 $\leq 1.5\text{A}$,灌电流幅值 $\leq 3\text{A}$ 。
- (6) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=130mm \times 65mm \times 30mm。
- (7) 工作温度范围 T_A : 0~+40℃。
- (8) 存储温度范围 T_{stg} : -10~+80℃。
- (9) 被驱动 GTR 欠驱动门槛值:5.5V。

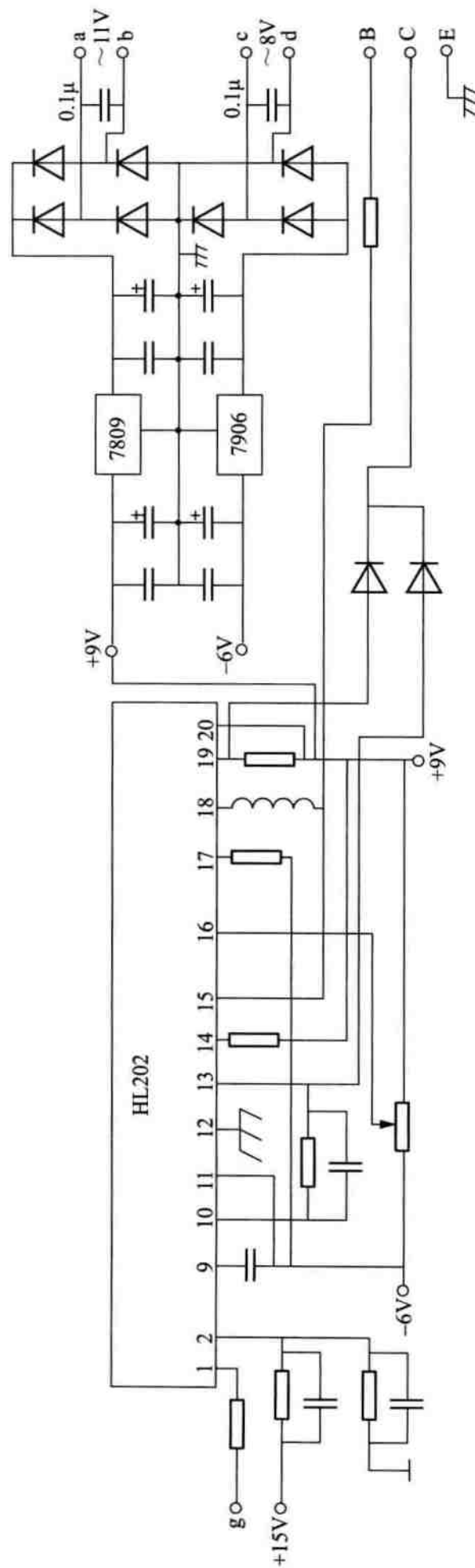


图7.14 GTC3.1电力GTR单管驱动板的电路原理图

7.5.3 应用技术

1. 正确接线

GTC3.1 GTR 单管驱动板的元器件布置如图 7.15 所示。其对外连接共有 2 个接插件,板内仅有 1 个可调电位器。

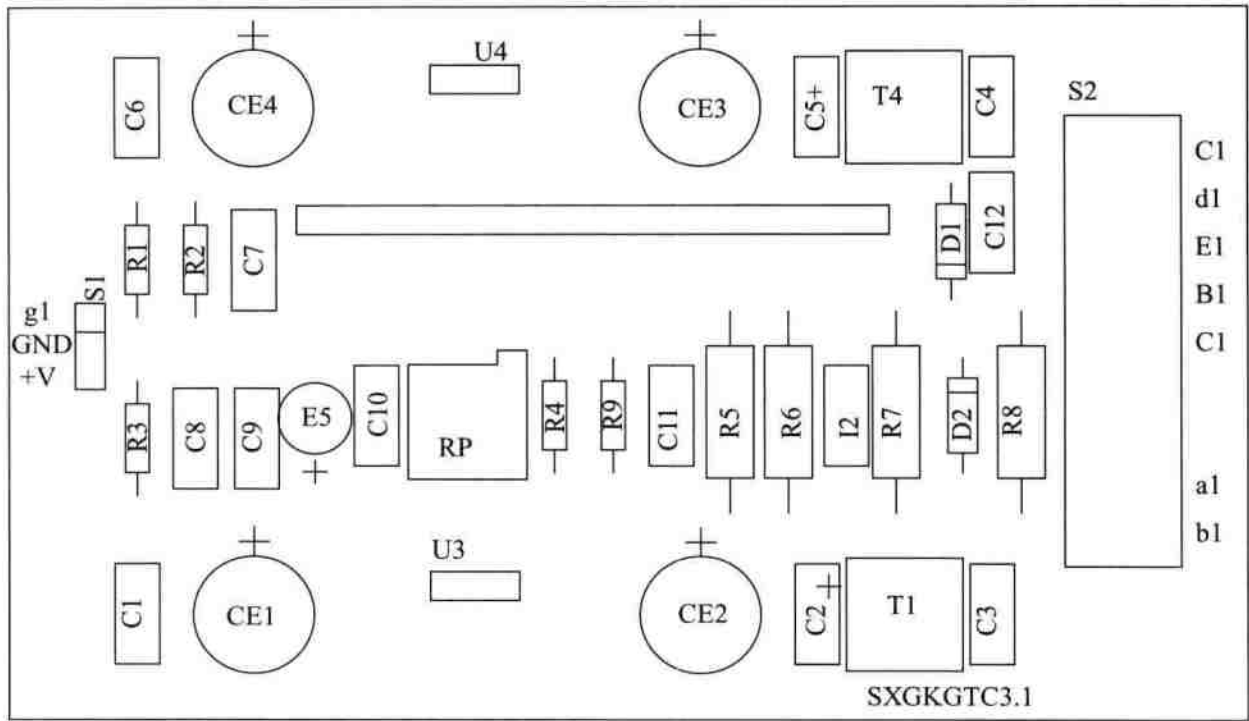


图 7.15 GTC3.1 GTR 单管驱动板的元器件布置图

(1) 接插件 S_1 的 g_1 与 GND 之间为用户的控制脉冲输入端,要求提供的脉冲高电平不小于 10V,低电平不高于 2V,要求提供脉冲的拉电流能力为高电平 5mA。

(2) 接插件 S_2 的 C_1 、 B_1 、 E_1 分别接被驱动 GTR 的集极、基极、发射极,要求提供的脉冲电流不低于 1A;剩余的 a_1 、 b_1 及 c_1 、 d_1 分别接具有独立悬浮地电位的 2 路交流电压(11V、8V)或 2 路直流电压(12V、9V),要求提供的电流容量为 1.5A。

(3) 板内电位器用来调节欠饱和保护动作门槛值:顺时针调节,门槛值增加;逆时针调节,门槛值减小。断开该电位器中点与 HL202 引脚 16 的连接,则 HL202 内自动将欠饱和保护门槛设定为 5.5V。

2. 典型应用举例

图 7.16 给出了 GTC3.1 GTR 单管驱动板用于直流斩波系统的原理图。

7.6 GTC3.2 GTR 单相半桥驱动板

GTC3.2 GTR 单相半桥驱动板是陕西高科电力电子有限责任公司的第三代 GTR 单相半桥驱动板。

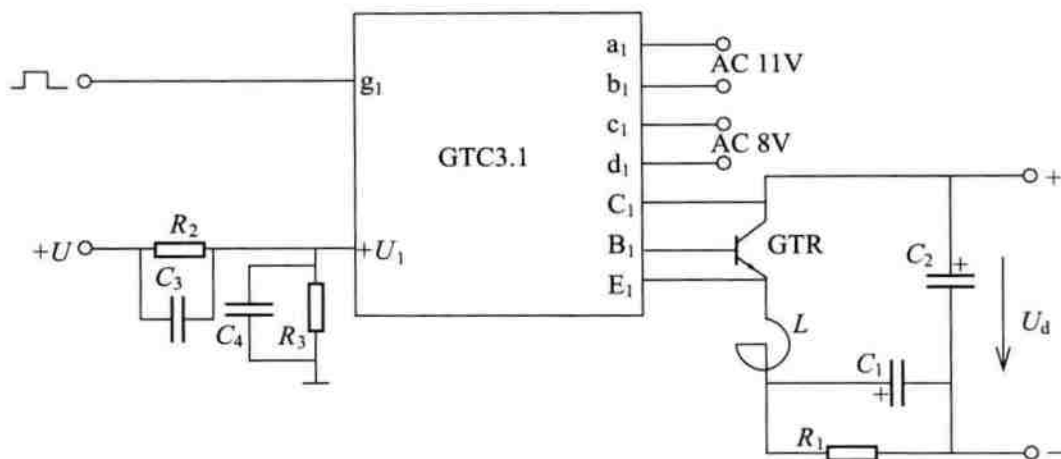


图 7.16 GTC3.1 GTR 单管驱动板用于直流斩波系统

7.6.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 以自保护型 GTR 基极驱动厚膜集成电路 HL202 为核心。
- (2) 可用于 100A/1200V 以下的单相半桥中 2 个 GTR 的直接驱动；稍加功率放大，便可用于 150~400A 单相半桥逆变器中 2 个 GTR 的驱动。
- (3) 具有退饱和及负电源欠压就地分散保护功能。
- (4) 4 路独立电源工作，工作电源可为双交流，也可为双直流。

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压：2 路交流 11V 与 9V/1.5A 及 1 路 +15V/10mA。
- (2) 输入脉冲高电平峰值：不小于 10V，不大于 +20V。
- (3) 输入拉电流幅值：10mA。
- (4) 输出驱动脉冲电压幅值：2~5V。
- (5) 输出驱动脉冲电流幅值：拉电流 $\leq 1.5\text{A}$ ，灌电流幅值 $\leq 3\text{A}$ 。
- (6) 外形尺寸：长 \times 宽 \times 高 = 110mm \times 130mm \times 30mm。
- (7) 工作温度范围 T_A ：0~+40℃。
- (8) 存储温度范围 T_{stg} ：-10~+80℃。
- (9) 被驱动 GTR 欠驱动门槛值 5.5V。

7.6.2 内部结构及工作原理

GTC3.2 GTR 单相半桥驱动板的电路原理如图 7.17 所示。它的内部集成有 2 个相同的单元电路，其中每个单元电路与图 7.14 完全一样。

7.6.3 应用技术

GTC3.2 GTR 单相半桥驱动板的元器件布置如图 7.18 所示，共有 3 个接插件，2 个可调电位器。

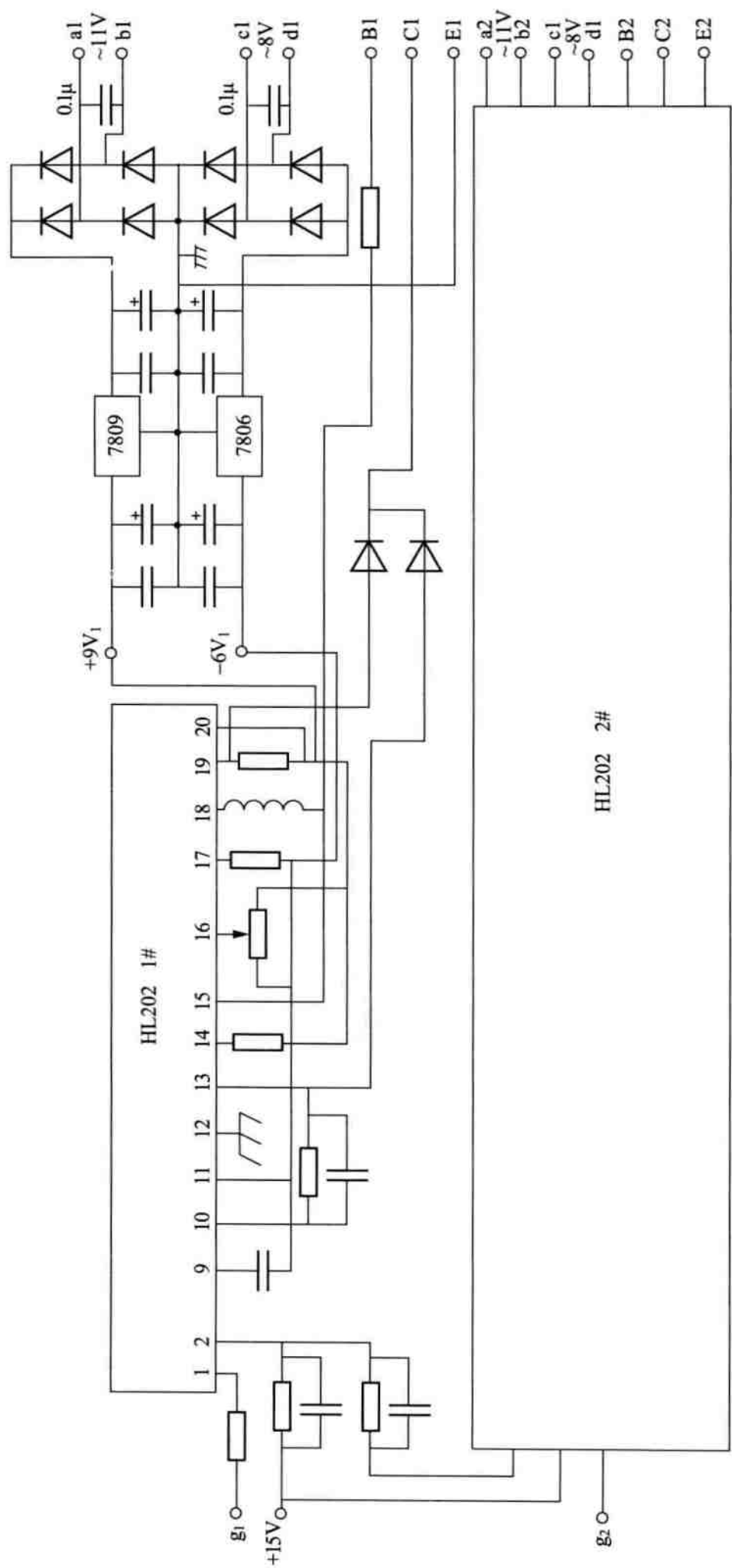


图 7.17 GTC3.2 GTR 单相半桥驱动板的电路原理图

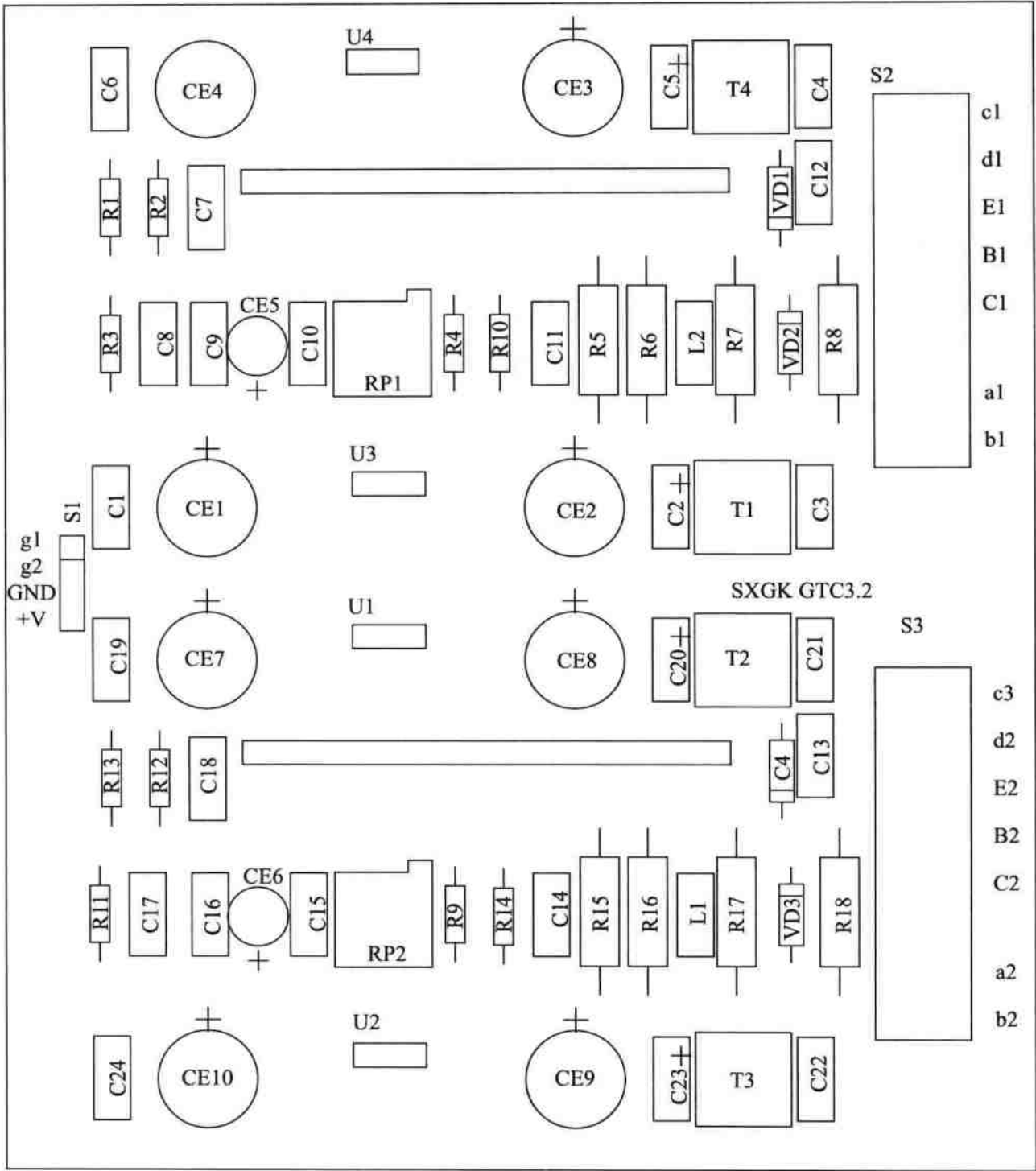


图 7.18 GTC3.2 GTR 单相半桥驱动板的元器件布置图

1. 正确接线

- (1) 接插件 S₁ 的 g₁、GND 及 g₂、GND 分别对应用户半桥逆变器中 2 个 GTR 的控制输入端,脉冲高电平不小于 10V,低电平不高于 2V,脉冲电流能力为高电平 5mA。
- (2) 接插件 S₂ 的 C₁、B₁、E₁ 接被驱动半桥逆变器中高端 GTR 的集电极、基极、发射极,要求提供的脉冲电流不低于 1A;剩余的 a₁、b₁ 及 c₁、d₁ 分别接具有独立悬浮地电位的 2 路交流电压(11V、8V)或 2 路直流电压(12V、9V),要求提供的电流容量为 1A。
- (3) 接插件 S₃ 的 C₂、B₂、E₂ 接被驱动半桥逆变器中低端 GTR 的集电极、基

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压:4 路交流 11V 与 9V/1.5A 及 4 路+15V/10mA。
- (2) 输入脉冲高电平幅值:不小于 10V,不大于+2.0V。
- (3) 输入拉电流幅值:10mA。
- (4) 输出驱动脉冲电压幅值:2~5V。
- (5) 输出驱动脉冲电流幅值:拉电流 $\geq 1.5\text{A}$,灌电流幅值 $\geq 3\text{A}$ 。
- (6) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=220mm \times 130mm \times 30mm。
- (7) 工作温度范围 T_A :0~+40℃。
- (8) 存储温度范围 T_{stg} :-10~+80℃。
- (9) 被驱动 GTR 欠驱动门槛值 5.5V。

7.7.2 内部结构及工作原理

GTC3.4 GTR 单相全桥驱动板的电路原理如图 7.20 所示。其中,每个虚线框内的单元是相同的,输入为 4 路脉冲, g_2 与 g_4 同相位, g_1 与 g_3 同相位。

7.7.3 应用技术

GTC3.4 GTR 单相全桥驱动板的元器件布置如图 7.21 所示,共有 5 个接插件,4 个可调电位器。

1. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 $g_1 \sim g_4$ 与 GND 分别对应用户单相全桥逆变器 4 个电力 GTR 驱动的控制输入端,要求提供的脉冲高电平不小于 10V,低电平不高于 2V,提供的脉冲电流能力为高电平 5mA。

(2) 插件 $S_i (i=2 \sim 5)$ 的 C_i 、 B_i 、 $E_i (i=1 \sim 4)$ 接被驱动单相全桥逆变器 4 个与 $g_1 \sim g_4$ 相对应的 GTR 的集电极、基极、发射极,要求提供的脉冲电流不低于 1A;剩余的 a_i 、 b_i 及 c_i 、 $d_i (i=1 \sim 4)$ 接具有独立悬浮地电位的 4 路交流电压(11V、8V)或 4 路直流电压(12V、9V),要求提供的电流容量为 1.5A。

2. 各电位器的作用及调节方法

板内电位器 $RP_i (i=1 \sim 4)$ 用来调节欠饱和保护动作门槛值:顺时针调节,门槛值增加;逆时针调节,门槛值减小。断开该电位器中点与 HL202 引脚 16 的连接,则 HL202 内自动将欠饱和保护门槛设定为 5.5V。

3. 典型应用举例

图 7.22 给出了 GTC3.4 GTR 单相全桥驱动板用于单相全桥逆变器系统的原理图。

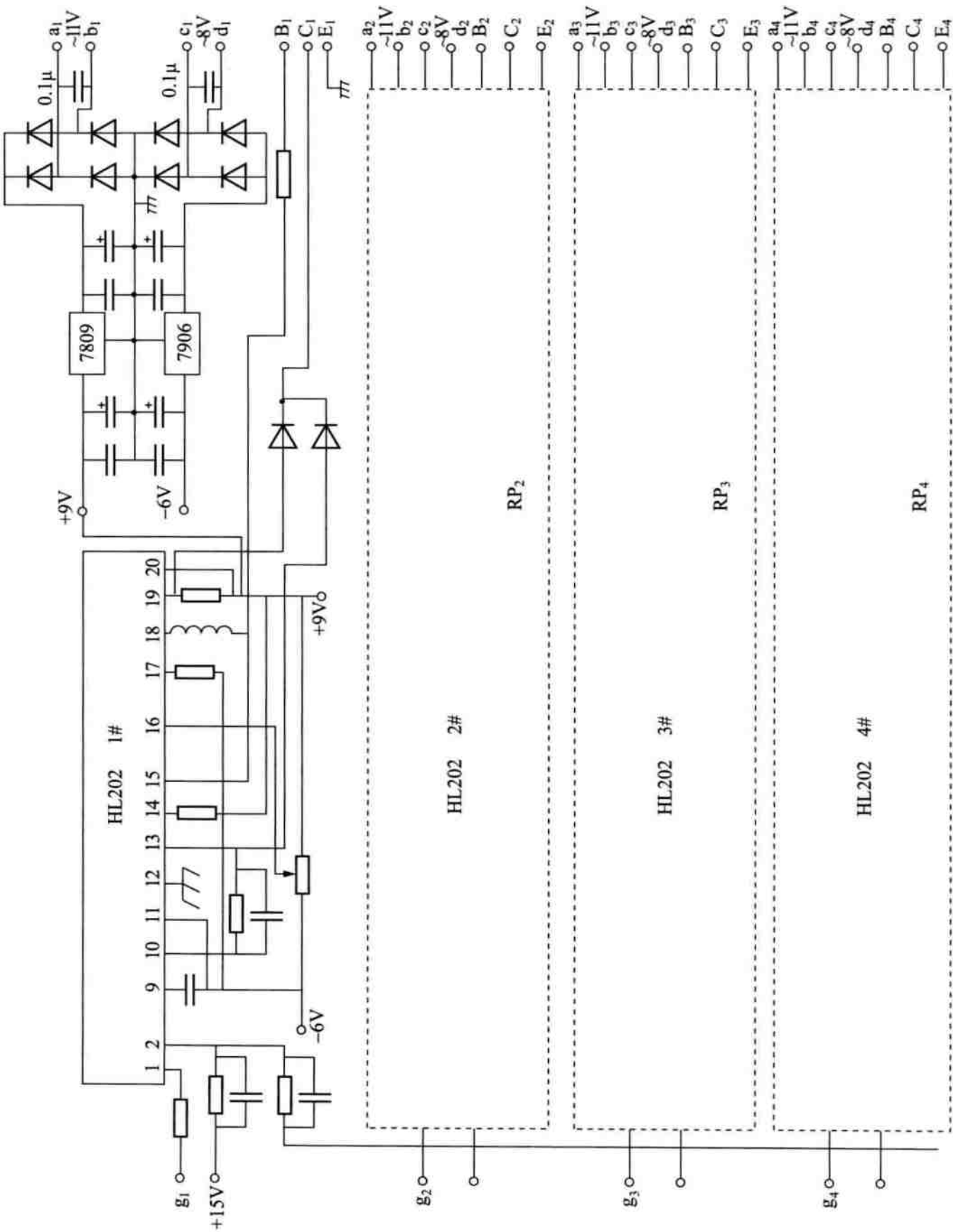


图 7.20 GTC3.4 GTR 单相全桥驱动板的电路原理图

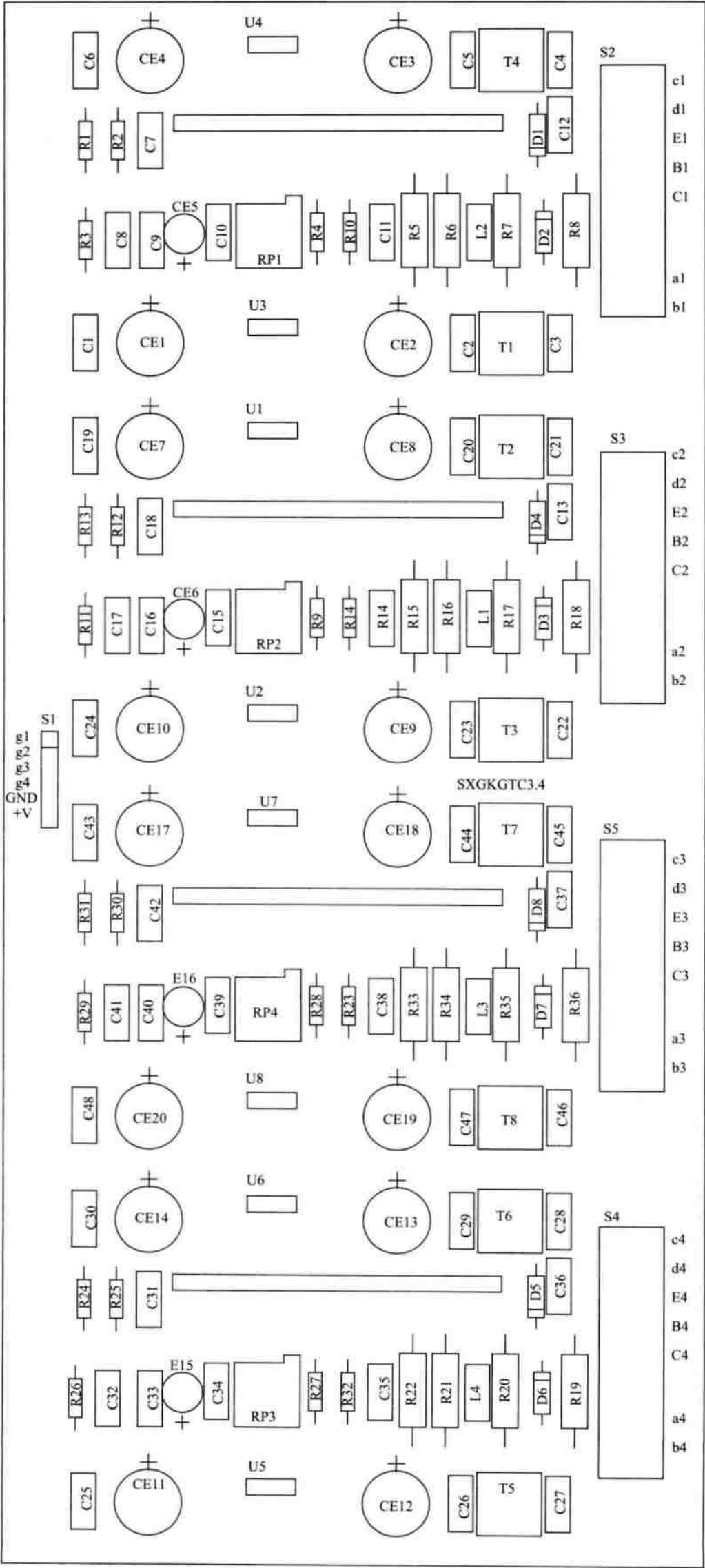


图 7.21 GTC3.4 GTR 单相全桥驱动板的元器件布置图

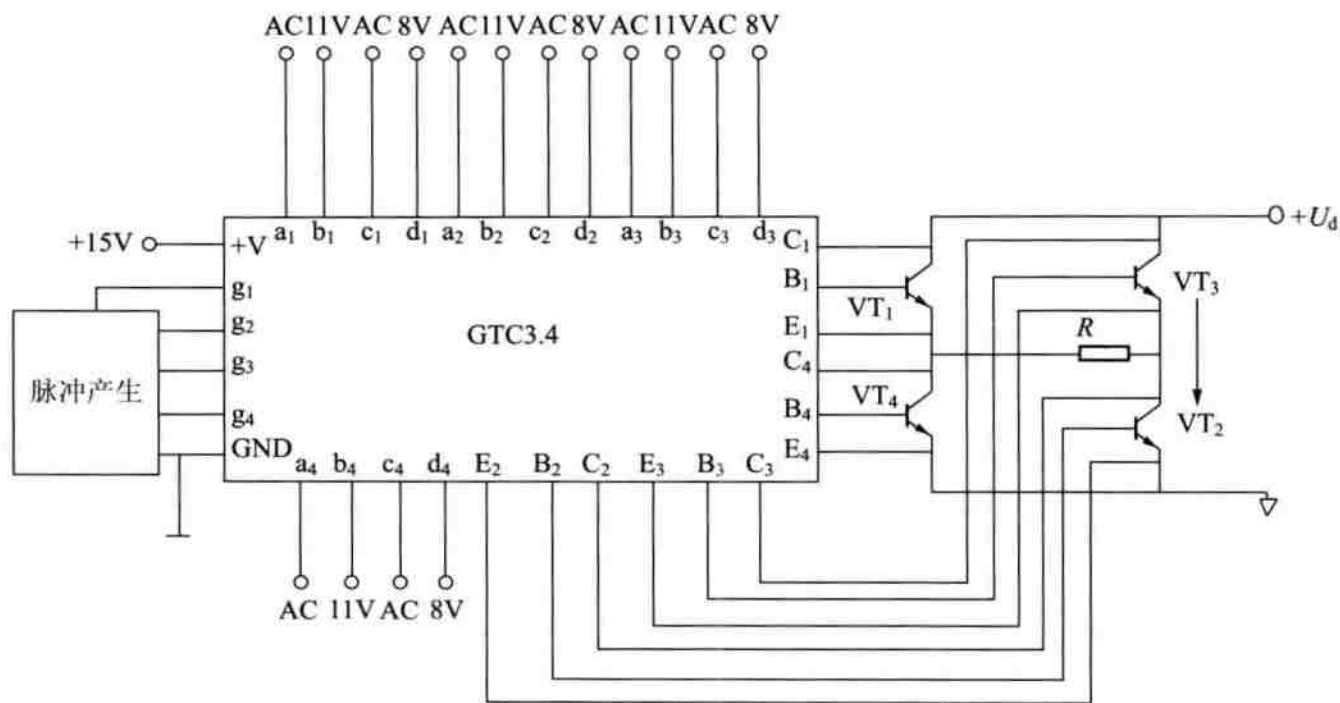


图 7.22 GTC3.4 GTR 单相全桥驱动板用于逆变器系统

7.8 GTC3.6 GTR 三相全桥驱动板

GTC3.6 是陕西高科电力电子有限责任公司的第三代 GTR 三相全桥驱动板。

7.8.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 以自保护型 GTR 基极驱动厚膜集成电路 HL202 为核心。
- (2) 可用于 100A/1200V 以下的三相全桥 6 只 GTR 的直接驱动;稍加功率放大,便可用于 150~400A 的三相全桥逆变器 6 只 GTR 的驱动。
- (3) 具有退饱和及负电源欠压就地分散保护功能。
- (4) 12 个独立电源工作,工作电源可为 6 路交流 11V 及 8V,也可为 6 路直流 12V 与 9V。

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压:6 路交流 11V 与 9V/1.5A 及 6 路+15V/10mA。
- (2) 输入脉冲高电平幅值:不小于 10V,不大于+20V。
- (3) 输入拉电流幅值:10mA。
- (4) 输出驱动脉冲电压幅值:2~5V。
- (5) 输出驱动脉冲电流幅值:拉电流 $\geq 1.5\text{A}$,灌电流幅值 $\geq 3\text{A}$ 。
- (6) 外形尺寸:长 \times 宽 \times 高=310mm \times 130mm \times 30mm。
- (7) 工作温度范围 T_A :0~+40 $^{\circ}\text{C}$ 。
- (8) 存储温度范围 T_{stg} : -10~+80 $^{\circ}\text{C}$ 。

(9) 被驱动 GTR 欠驱动门槛值:5.5V。

7.8.2 内部结构及工作原理

GTC3.6 GTR 三相全桥驱动板的电路原理如图 7.23 所示,共有 6 个单元,每个单元可驱动 1 个 GTR。

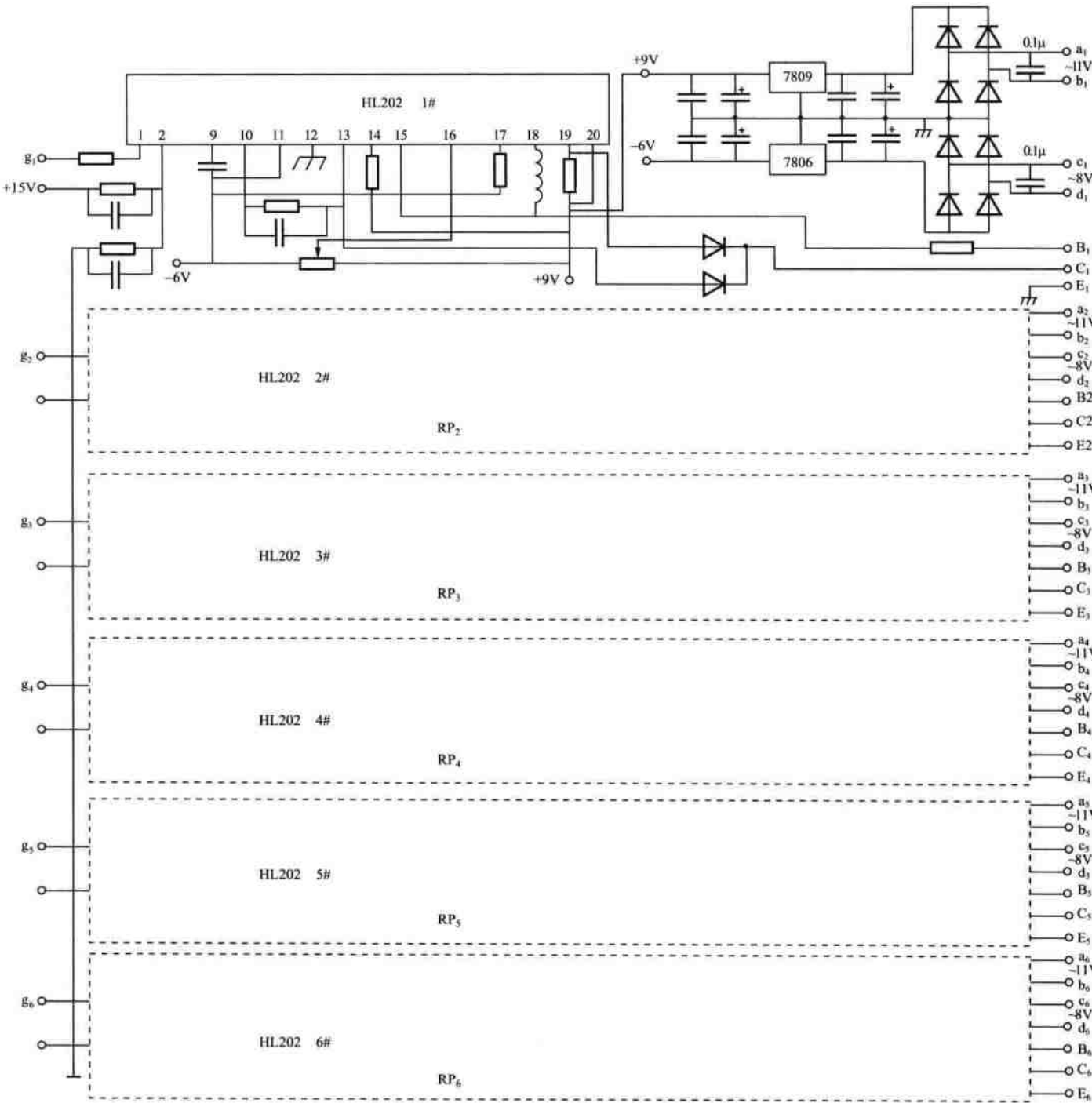


图 7.23 GTC3.6 GTR 三相全桥驱动板的电路原理图

7.8.3 应用技术

GTC3.6 GTR 三相全桥驱动板的元器件布置如图 7.24 所示(见书后插页),共有 7 个接插件,6 个可调电位器。

1. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 $g_1 \sim g_6$ 与 GND 分别对应用户单相全桥逆变器 6 个电力晶体管 GTR 驱动的控制输入端,要求提供的脉冲高电平不小于 10V,低电平不高于 2V,提供的脉冲电流能力为高电平 5mA。

(2) 接插件 $S_i (i=2 \sim 7)$ 的 C_i, B_i, E_i 接被驱动三相全桥逆变器 6 个与 $g_1 \sim g_6$ 相对应的 GTR 的集电极、基极、发射极,要求提供的脉冲电流不低于 1A;剩余的 a_i, b_i 及 $c_i, d_i (i=1 \sim 6)$ 接具有独立悬浮地电位的 6 组交流电压(11V、8V)或 6 组直流电压(12V 与 9V),要求提供的电流容量为 1.5A。

2. 各电位器的作用及调节方法

板内电位器 $RP_i (i=1 \sim 6)$ 用来调节欠饱和保护动作门槛值:顺时针调节,门槛值增加;逆时针调节,门槛值减小。断开该电位器中点与 HL202 引脚 16 的连接,则 HL202 内自动将欠饱和保护门槛设定为 5.5V。

3. 典型应用举例

图 7.25 给出了 GTC3.6 GTR 三相全桥驱动板用于三相全桥逆变系统中的原理图。

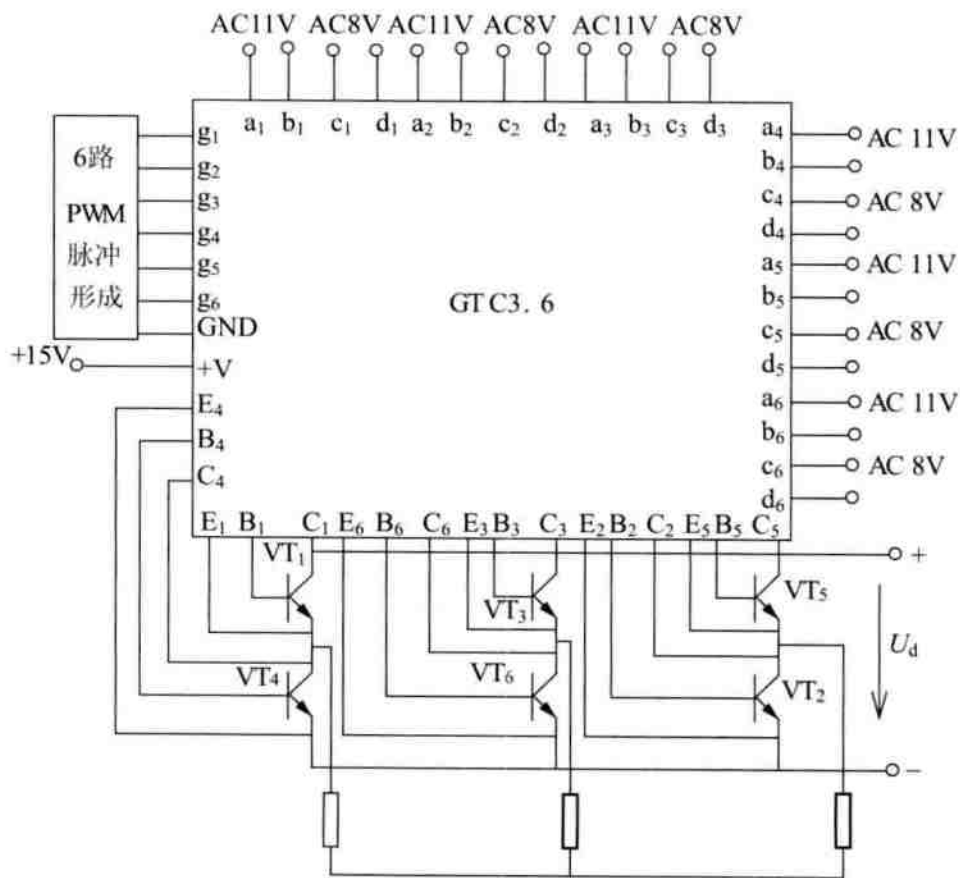


图 7.25 GTC3.6 电力晶体管 GTR 三相全桥驱动板用于三相逆变系统

第 8 章 电力 MOSFET 栅极驱动集成电路及驱动板

8.1 概 述

电力电子技术形成独立学科至今已 50 多年, 尽管可供电力电子系统设计工程师们使用的电力电子器件已多达几十种, 但在所有电力电子器件中, 还没有一种电力电子器件的工作频率可与电力 MOS 场效应晶体管(MOSFET)相媲美, 尽管限于材料和半导体工艺等原因, 现在还难以制造出同时兼有高电压、大电流的电力 MOSFET。MOSFET 优良的自均流特性使其极易并联, 所以其扩大功率使用并不存在很大障碍。MOS 场效应晶体管(MOSFET)因具有电压驱动、控制功率小、开关频率高等优良性能, 成为电力电子变流设备中高频应用的理想器件。如今电力场效应晶体管的实用高频开关频率已达近 1MHz, 美国国际整流器公司(IR)生产的电力场效应晶体管额定电压 20V 系列的通态压降已降至 2mΩ, 而额定电压 600V 系列的通态压降已降至 100mΩ, 且最高开关频率已达 1MHz, 正由于此, MOSFET 已成为当今开关电源、DC/DC 变换器、家用电器等领域使用的电力电子变流设备中广泛应用的器件。

与所有全控型电力电子器件一样, MOSFET 应用的关键问题之一同样是栅极驱动电路的设计。如今几乎世界上各生产 MOSFET 的公司, 都在生产 MOSFET 的同时推出了配套的栅极驱动电路, 形成了一个庞大的家族, 且各自形成了自己的系列产品, 给从事电力 MOSFET 应用的工程技术人员带来了极大的方便。有关这些常用 MOSFET 栅极驱动集成电路的详细介绍可参见本书的姊妹篇——《MOSFET、IGBT 驱动集成电路应用》, 表 8.1 简要列出本章中用到的 3 种电力 MOSFET 驱动集成电路及 MTC3. X 系列电力场效应晶体管驱动板的主要特点和参数。

表 8.1 3 种电力 MOSFET 栅极驱动集成电路及 MTC3. X 系列电力场效应晶体管栅极驱动板的主要性能和参数

型 号	主要特点	主要参数限制
IR2110	应用无闩锁 CMOS 技术制作的电力 MOSFET/IGBT 专用栅极驱动集成电路, 内部为自举操作设计了悬浮电源, 有较宽的输出栅极驱动电压范围; 多种封装形式可供选用, 可驱动变流器中同桥臂 2 个电力 MOSFET	允许驱动 MOSFET 工作最高母线电压: 500V 焊接温度 T_L (焊接时间 $\leq 10s$): 300℃ 最高工作频率 f_{max} : 400kHz 输出栅极驱动电流最大值 I_{omax} : 2A

续表 8.1

型 号	主要特点	主要参数限制
IR2125	高速高压 MOS 栅极驱动器集成电路,可直接用于母线工作电压 500V 的系统中,驱动 N 沟道的 MOSFET/IGBT 一单元,内部含有故障封锁端,单一标准的双列直插式 8 引脚封装	工作母线最高工作电压:500V 最大输出驱动电流 I_{O+}/I_{O-} :2A 开通关断时间典型值 t_{on}/t_{off} :150/150ns 输入与 TTL 及 CMOS 兼容自身工作电源电压 U_B :0.5~20V 输出驱动电压 U_O : $U_B \pm 0.5V$
IR2133 IR2233	为高电压、高速度的电力 MOSFET 驱动而设计的专用集成电路,内部集成了相互独立的 3 组半桥驱动电路,可对上下桥臂提供死区时间,特别适用于三相变频电源等场合,输入与 TTL 及 CMOS 电平均兼容内部集成有独立的运算放大器,保护功能齐全	最高结温 T_{jmax} :125℃ 工作电源电压 U_{DD} :15V 存储温度范围 T_{stg} : $-55 \sim +150^{\circ}C$ 用于驱动的 MOSFET 最高工作母线电压:IR2133 为 625V,IR2233 为 1200V
MTC3.1	专为驱动单管电力 MOSFET 而设计的,以美国 IR 公司的 IR2125 为核心,内部使用单一+15V 电源,驱动用户系统的最高工作直流母线电压为+310~+160V,也可为直接交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动,设计有对 IR2125 的输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节,可用来驱动 50A/1200V 以下的 1 个电力 MOSFET,允许使用于工作母线最高电压为 500V 的系统中作单个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元;也可多块控制板同时使用,用于单相半桥、单相全桥或三相全桥主功率器件为电力 MOSFET 的电力电子变流系统	输入供电电压最大与最小值:交流供电时为 $\sim 220V \pm 10\%$,直流供电时为+160~310V。 可驱动电力 MOSFET 的最大容量:100A/200V~50A/1200V。 允许使用系统被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压 U_{dmax} :+500V。 允许最高使用工作频率 f_{max} :40kHz。 工作环境温度范围 T_A : $0 \sim +40^{\circ}C$ 。 存储环境温度范围 T_{stg} : $-25 \sim +65^{\circ}C$
MTC3.2	专为驱动单相半桥中 2 个电力 MOSFET 而设计的,以美国 IR 公司的 IR2110 为核心,内部使用单一+15V 电源,与用户系统的连接可为直流+310~+160V,也可为交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动,设计有对 IR2110 的输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节,可用来驱动 50A/1200V 以下的单相半桥逆变器中的 2 个电力 MOSFET,允许使用于工作母线电压最高为 500V 的系统中作 2 个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元;也可多块控制板同时使用,用于单相半桥、单相全桥或三相全桥主功率器件为电力 MOSFET 的电力电子变流系统	输入供电电压最大与最小值:交流供电时为 $\sim 220V \pm 10\%$,直流供电时为+160~310V 可驱动电力 MOSFET 的最大容量:100A/200V~50A/1200V 允许使用系统被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压 U_{dmax} :+500V 允许最高使用工作频率 f_{max} :40kHz 工作环境温度范围 T_A : $0 \sim +40^{\circ}C$ 。 存储环境温度范围 T_{stg} : $-25^{\circ}C \sim +65^{\circ}C$

续表 8.1

型 号	主要特点	主要参数限制
MTC3.4	为驱动单相全桥中 4 个电力 MOSFET 而设计,以美国 IR 公司生产的 IR2110 为核心,内部使用单一+15V 电源,与用户系统的连接可为直流+310~+160V,也可为交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动,设计有对 IR2110 的输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节,可用来驱动 50A/1200V 以下的单相全桥中 4 个电力 MOSFET,允许使用于工作母线最高电压为 1200V 的系统中作单相全桥中的 4 个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元;也可多块控制板同时使用,用于单相半桥、单相全桥或三相全桥主功率器件为电力 MOSFET 的电力电子变流系统	输入供电电压最大与最小值:交流供电时为~220V±10%,直流供电时为+160~310V 可驱动电力 MOSFET 的最大容量:100A/200V~50A/1200V 允许使用系统被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压 U_{dmax} :+500V 允许最高使用工作频率 f_{max} :40kHz 工作环境温度范围 T_A :0~+40℃ 存储环境温度范围 T_{sig} : -25℃~+65℃
MTC3.6	专为三相 MOSFET 变流器中 6 个电力 MOSFET 驱动而设计,其输入信号与 5V CMOS 或 LS TTL 电路输出信号兼容,具有被驱动电力 MOSFET 故障电流和欠电压保护功能。它以美国 IR 公司的 IR2233 为核心,内部工作电源由开关电源产生,可交流 220V 供电;也可直流 310V 供电,输入信号增加了高速光耦合器,抗干扰能力更强;输出经带有负偏置的放大缓冲电路进行驱动功率放大,使驱动电力 MOSFET 的可靠性更高	工作电源:交流供电时为~220V±10%,直流供电时为+160~310V 可驱动电力 MOSFET 的最大容量:100A/200V~50A/1200V 允许使用系统被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压 U_{dmax} :+500V 允许最高使用工作频率 f_{max} :40kHz 工作环境温度范围 T_A :0~+40℃ 存储环境温度范围 T_{sig} : -25℃~+65℃

8.2 IR2110 两输出大电流桥臂 MOSFET 栅极驱动集成电路

IR2110 是美国 IR 公司利用其独有的高压集成电路及无闩锁 CMOS 技术,于 1990 年前后投放市场的电力 MOSFET 专用驱动集成电路。经过 20 多年的发展,IR 公司依靠自身在高频 MOS 器件及驱动电路方面雄厚的技术实力和生产工艺,已批量推出了 IR21 系列几十种电力 MOS 器件的栅极驱动集成电路,其技术处于世界先进行列。IR2110 的研制成功,使 MOSFET 的驱动电路设计大为简化,加之它可实现对被驱动 MOSFET 的最优驱动,又具有快速完整的保护功能,因而它的应用可极大地提高控制系统的可靠性,并极大地缩小控制板的尺寸。

8.2.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

IR2110 有标准双列直插式 14 引脚(DIP-14)、双列直插式少引出 1 个引脚的

DIPw/o-14、标准双列直插式 DIP-16 和双列直插式少引出 2 个引脚的 DIPw/o-16 4 种封装外形,其引脚排列如图 8.1 所示。表 8.2 给出了不同封装形式相同功能的引脚对照。现以 DIP-14 封装为例说明各引脚的名称、功能及用法,见表 8.3。

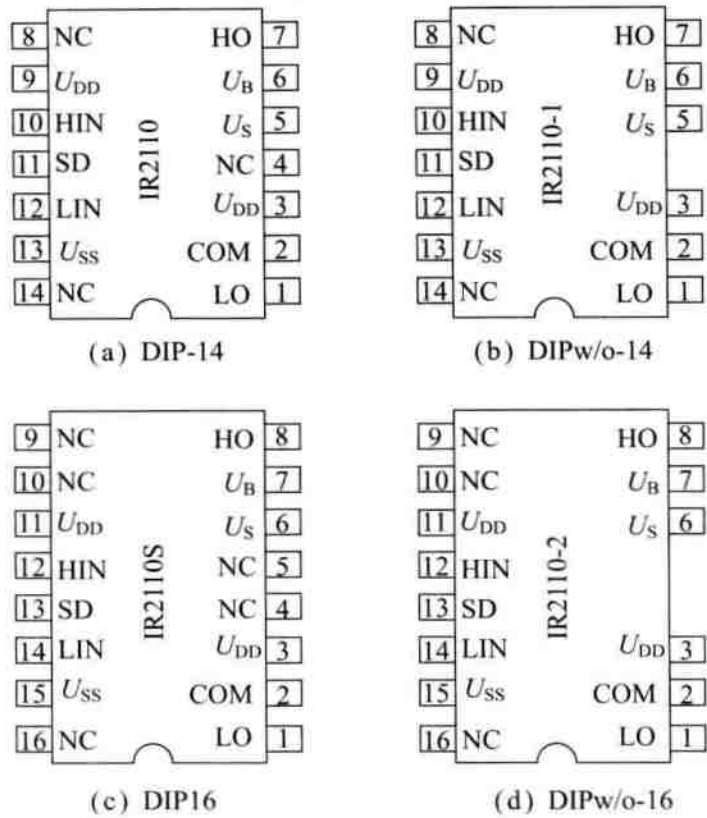


图 8.1 IR2110 的引脚排列

表 8.2 不同封装外形的 IR2110 引脚对照表

引脚符号	不同封装的引脚号			
	DIP-14	DIPw/o-14	DIP-16	DIPw/o-16
LO	1	1	1	1
COM	2	2	2	2
UDD	3	3	3	3
NC	4、8、14	8、14	4、5、9、10、16	9、10、16
U _s	5	5	6	6
U _B	6	6	7	7
HO	7	7	8	8
UDD	9	9	11	11
HIN	10	10	12	12
SD	11	11	13	13
LIN	12	12	14	14
U _{ss}	13	13	15	15

表 8.3 IR2110 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
1	LO	对应引脚 12 的驱动信号输出端	分别通过电阻接主电路中同桥臂下上通道电力 MOSFET 的栅极。为防止干扰,通常分别在引脚 1 与引脚 2、引脚 7 与引脚 5 之间并接 1 只 10kΩ 的电阻
7	HO	对应引脚 10 的驱动信号输出端	
2	COM	下通道电力 MOSFEET 驱动输出参考地端	与引脚 13(U_{SS})直接相连,同时接主电路桥臂中下通道电力 MOSFET 的源极
3	U_{DD1}	下通道互锁输出级电源输入端	直接接用户提供的输出级电源正极,且通过较高品质的电容接引脚 2;而引脚 6 通过阴极连接到该端、阳极连接到引脚 3 的高反压快恢复二极管,与用户提供的输出级电源相连,对 U_{DD} 的参数要求为大于 $-0.5V$ 、小于或等于 $+20V$
6	U_B	上通道互锁输出级电源输入端	
4、8、14	NC	空脚	悬空
5	U_S	上通道电力 MOSFET 驱动信号输出参考地端	与主电路中上通道被驱动电力 MOSFET 的源极相连
9	U_{DD2}	输入级工作电源端	接用户提供的工作电源,为抗干扰,该端应通过高性能去耦网络接地。该端可与引脚 3 (U_{DD})使用同一电源,也可分开使用 2 个独立的电源。
10	HIN	驱动逆变桥中同桥臂上 2 个电力 MOS 器件的驱动脉冲信号输入端	接用户脉冲形成部分的对应 2 路输出,2 个信号的限制为 $U_{SS}-0.5V\sim U_{DD}+0.5V$ 。 U_{DD} 与 U_{SS} 分别为连接到 IR2110 引脚 13(U_{SS})与引脚 9(U_{DD})的电压值
12	LIN	驱动逆变桥中同桥臂下 2 个电力 MOS 器件的驱动脉冲信号输入端	
11	SD	保护信号输入端	该脚接高电平时,IR2110 的输出信号全被封锁,其对应输出端恒为低电平,而当该端接低电平时,则 IR2110 的输出跟随引脚 10 和引脚 12 而变化。应用中,该端接用户故障(过电流、过电压)保护电路的输出。对信号的限制同 LIN 及 HIN
13	U_{SS}	参考地端	直接与工作供电电源地端相连,所有去耦电容的一端应接该端,同时与引脚 2 直接相连

8.2.2 内部结构及工作原理

IR2110 的内部结构及工作原理框图如图 8.2 所示,其内部集成有 1 个逻辑信号输入级及 2 个独立的、分别以高压、低压为基准的输出通道。它主要由 3 个独立的施密特触发器、2 个 RS 触发器、2 个 U_{DD2}/U_{DD1} 电平转换器、1 个脉冲放大环节、1

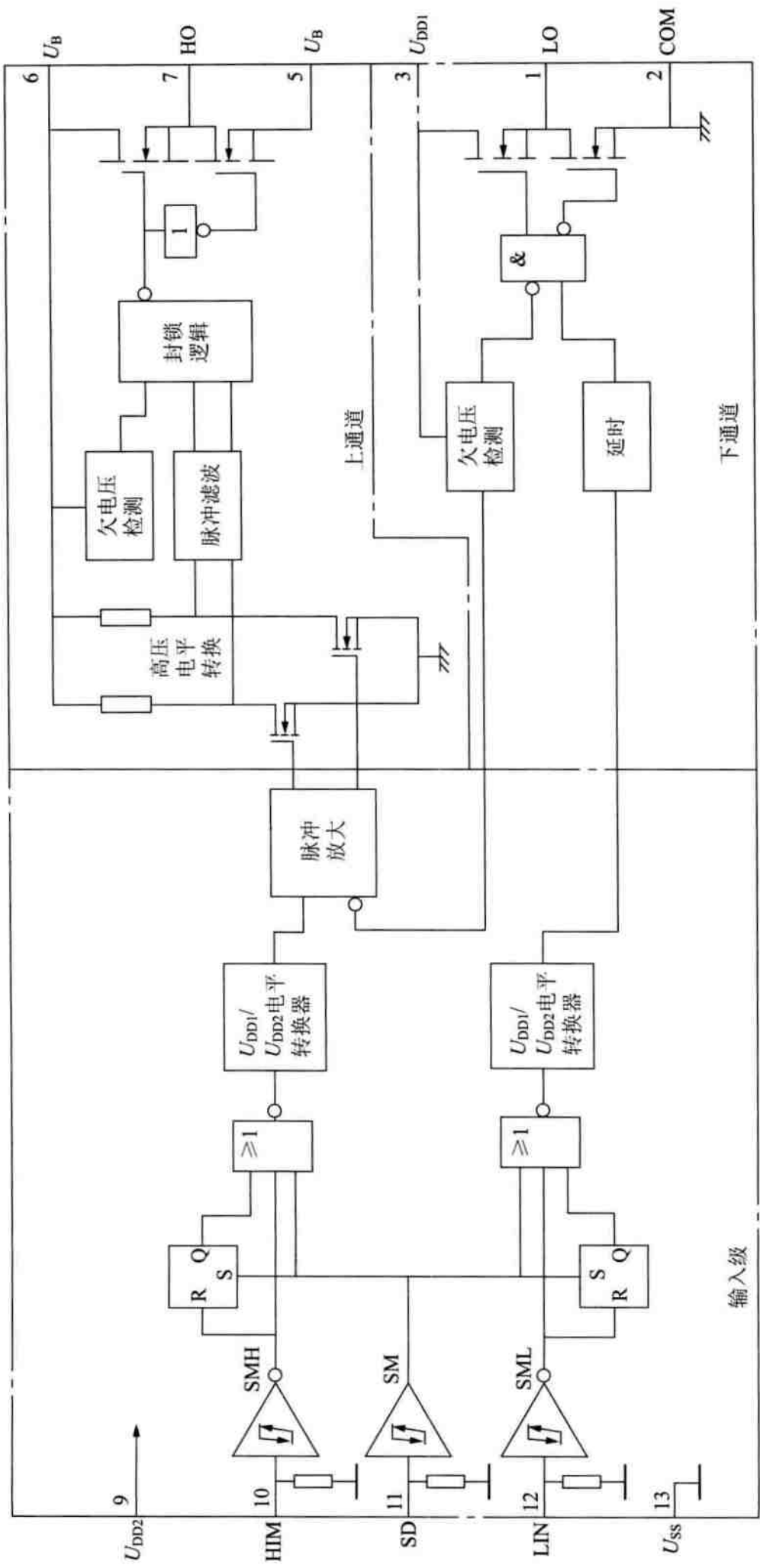


图 8.2 IR2110的内部结构及工作原理框图

个脉冲滤波环节、1 个高压电平转换网络及 2 个或非门、6 个 MOS 场效应晶体管、1 个具有反相输出的与非门、1 个反向器和 1 个逻辑网络组成。

2 个输出通道(上通道及下通道)的控制脉冲通过逻辑电路与输入信号相对应,当保护信号输入端为低电平时,同相输出的施密特触发器 SM 输出为低电平,2 个 RS 触发器的置位信号无效,则 2 个或非门的输出跟随 HIN 及 LIN 变化,控制输入信号有效;而当 SD 端输入高电平时,因 SM 输出高电平,2 个 RS 触发器置位,2 个或非门输出恒为低电平,控制输入信号无效,此时即使 SD 变为低电平,但由于 RS 触发器由 Q 端维持高电平,所以 2 个或非门输出将保持低电平,直到施密特触发器 SMH 和 SML 输出脉冲的上升沿到来,2 个或非门才因 RS 触发器翻转为低电平而跟随 HIN 及 LIN 变化。由于逻辑输入级中的施密特触发器具有 $0.1U_{DD}$ 的滞后带,因而整个逻辑输入级具有良好的抗干扰能力,并可接受上升时间较长的输入信号,再则逻辑电路以其自身的逻辑电源为基准,这就决定了逻辑电源可用比输出工作电源电压低得多的电源电压。

为了将逻辑信号电平转变为输出驱动信号电平,片内应用了 2 个抗干扰性能很好的 U_{DD2}/U_{DD1} 电平转换电路,该电路的逻辑地电位(U_{SS})和功率电路地电位(COM)之间允许有 $\pm 5V$ 的额定偏差,因此决定了逻辑电路不受由于输出驱动开关动作而产生的耦合干扰的影响。

集成于片内下通道内的延时网络实现了 2 个通道的传输延时,此种结构简化了控制电路时间上的要求。2 个通道分别应用了 2 个相同的、交替导通的、推挽式连接的低阻场效应晶体管,分别由 2 个 N 沟道的电力 MOSFET 驱动,因而其输出的峰值电流可达 2A 以上。由于是推挽式结构,驱动容性负载时上升时间比下降时间长,对于上通道,很窄的开通和关断脉冲由脉冲发生器产生,并分别由 HIN 的上升和下降沿触发,脉冲发生器产生的 2 路脉冲用以驱动 2 个高压 DMOS 电平转换器。这两个转换器接着又对工作于悬浮电位上的 RS 触发器进行置位或复位,这便是以地电位为基准的 HIN 信号电平转换为悬浮电位的过程。

由于每个高压 DMOS 电平转换器仅在 RS 触发器置位或复位时开通一段很短的开关脉冲时间,因而使功耗达到最小。再则, U_S 端快速 du/dt 瞬变造成的 RS 触发器的误触发,可通过一个鉴别电路与正常的下拉脉冲有效地区别开来。这样,上通道基本上可承受任意幅值的 du/dt 值,并保证了上通道的电平转换电路即使在 U_S 端电压降到比 COM 端还低 4V 时仍能正常工作。对于下通道,由于正常工作时,SD 为低电平, U_{DD} 不发生欠电压,所以施密特触发器 SML 的输出使下通道中的或非门输出跟随 LIN 而变化。此变化的逻辑信号经下通道中的 U_{DD2}/U_{DD1} 电平转换器后加给延时网络,由延时网络延时一定的时间后加到与非门电路,其同相和反相输出分别用来控制 2 个互补输出级中的低阻场效应晶体管驱动级中的 MOS 管。当 U_{DD2} 或 U_{DD1} 低于电路内部整定值时,下通道中的欠电压检测环节动作,在封锁下通道输出的同时封锁上通道的脉冲产生环节,使整个芯片的输出被封锁;而当 U_B 欠电压时,上通道中的欠电压检测环节输出仅封锁上通道的输出脉冲。

8.2.3 主要设计特点和参数

1. 主要设计特点

(1) 内部应用自举技术来实现同一集成电路同时输出 2 个驱动逆变桥中高端与低端的通道信号。它的内部为自举操作设计了悬浮电源, 悬浮电压保证了 IR2110 可直接用于母线电压为 $-4 \sim +500\text{V}$ 的系统中来驱动电力 MOSFET。同时器件本身允许驱动信号的电压上升率达 $\pm 50\text{V/ns}$, 故保证了芯片自身有整形功能, 实现了不论其输入信号前后沿的陡度如何, 都可保证加到被驱动 MOSFET 栅极上的驱动信号前后沿很陡, 因而可极大地减少被驱动功率器件的开关时间, 降低开关损耗。

(2) 功耗很小, 故可极大地减小应用它来驱动电力 MOS 器件时栅极驱动电路的电源容量, 从而可减小栅极驱动电路的体积和尺寸。当其工作电源电压为 15V 时, 其功耗仅为 1.6mW 。

(3) 输入级电源与输出级电源可应用不同的电压值, 因而保证了输入与 CMOS 或 TTL 电平兼容, 而输出具有较宽的驱动电压范围。它允许的工作电压范围为 $5 \sim 20\text{V}$, 允许逻辑地与工作地之间有 $-5 \sim +5\text{V}$ 的电位差。

(4) 内部不但集成有独立的逻辑电源与逻辑信号相连接来实现与用户脉冲形成部分的匹配, 还集成有滞后和下拉特性的施密特触发器的输入级, 以及对每个周期都有上升或下降沿触发的关断逻辑和 2 个通道上的延时及欠电压封锁单元, 这就保证了当驱动电路电压不足时封锁驱动信号, 防止被驱动电力 MOS 器件退出饱和区、进入放大区而损坏。

(5) 自身可对输入的 2 个通道信号之间产生合适的延时, 保证了加到被驱动逆变桥中同桥臂上的 2 个电力 MOS 器件的驱动信号之间有互锁时间间隔, 因而防止了被驱动的逆变桥中 2 个电力 MOS 器件同时导通, 发生直流电源直通短路的危险。

(6) 应用了无闩锁 CMOS 技术, 因而决定了其输入/输出可承受大于 2A 的反向电流。它的最高工作频率高, 内部对信号的延时极小。对 2 个通道来说, 其典型开通延时为 120ns , 而关断延时为 94ns , 且 2 个通道之间的延时误差不超过 $\pm 10\text{ns}$, 因而决定了 IR2110 可用来实现最高工作频率大于 1MHz 的栅极驱动。

(7) 输出级采用推挽结构来驱动电力 MOSFET, 因而可输出最大 2A 的驱动电流, 且开关速度较快。当所驱动电力 MOS 器件的栅-源极等效电容为 1000pF 时, 该开关时间的典型值为 25ns 。

2. 主要参数限制

(1) 最大高端工作电源电压范围 $U_B: -0.3 \sim 525\text{V}$ 。

(2) 门极驱动输出脉冲电流最大值 $I_{o\max}: 2\text{A}$ 。

(3) 最高工作频率 $f_{\max}: 1\text{MHz}$ 。

- (4) 工作电源电压取值范围 $U_{DD}:-0.3\sim 25\text{V}$ 。
- (5) 存储温度取值范围 $T_{\text{stg}}:-55\sim +150^{\circ}\text{C}$ 。
- (6) 工作温度范围 $T_A:-40\sim +125^{\circ}\text{C}$ 。
- (7) 允许最高结温 $T_{j\text{max}}:150^{\circ}\text{C}$ 。
- (8) 逻辑电源电压取值范围 $U_{DD}:-0.3\text{V}\sim U_{SS}+25\text{V}$ 。
- (9) 允许参考电压 U_S 临界上升率 $du_S/dt:50000\text{V}/\mu\text{s}$ 。
- (10) 高边悬浮电源参考电压取值范围 $U_S:U_B-25\text{V}\sim U_B+0.3\text{V}$ 。
- (11) 高边悬浮输出电压取值范围 $U_{HO}:U_S-0.3\text{V}\sim U_B+0.3\text{V}$ 。
- (12) 逻辑输入电压取值范围 $U_{IN}:U_{SS}-0.3\text{V}\sim U_{DD}+0.3\text{V}$ 。
- (13) 逻辑输入参考电压取值范围 $U_{SS}:U_{DD}-25\text{V}\sim U_{DD}+0.3\text{V}$ 。
- (14) 低边输出电压取值范围 $U_{LO}:-0.3\text{V}\sim U_{DD}+0.3\text{V}$ 。
- (15) 功耗 P_D :DIP-14 封装为 1.6W ,DIP-16 封装为 1.6W 。

3. 推荐工作条件

- (1) 高端悬浮电源绝对值电压取值范围 $U_B:U_S+10\text{V}\sim U_S+20\text{V}$ 。
- (2) 高端悬浮电源参考电压 $U_S:500\text{V}$ 。
- (3) 低端输出电压取值范围 $U_{LO}:0\sim U_{DD}$ 。
- (4) 低端工作电源电压取值范围 $U_{DD}:10\sim 20\text{V}$ 。
- (5) 逻辑电源电压取值范围 $U_{DD}:U_{SS}+5\text{V}\sim U_{SS}+20\text{V}$ 。
- (6) 逻辑电源参考电压取值范围 $U_{SS}:-5\sim +5\text{V}$ 。
- (7) 逻辑输入电压取值范围 $U_{IN}:U_{SS}\sim U_{DD}$ 。
- (8) 允许工作环境温度范围 $T_A:-40\sim +125^{\circ}\text{C}$ 。

8.2.4 应用技术

1. 应用注意事项

IR2110 通常用来驱动单管斩波和单相半桥、单相全桥、三相全桥变流器或其他电路结构中 2 个相串联或以其他方式连接的高压 N 沟道电力 MOSFET,其下通道的输出直接用来驱动变流器(或以其他方式连接)中的低端电力 MOSFET,而上通道输出则用来驱动需要高电位栅极驱动的高端电力 MOSFET,它的应用需注意下述问题。

(1) IR2110 的典型应用连接如图 8.3 所示。通常,它的输出级工作电源是一悬浮电源,这是通过自举技术由固定的电源得来的。充电二极管 VD 的耐压能力必须大于高压母线的峰值电压,为了减小功耗,推荐采用 1 只超快恢复的二极管。自举电容 C 的值依赖于开关频率、占空比和电力 MOSFET 栅极电容的充电需要。应注意的是,自举技术要保证自举电容两端的电压不低于欠电压封锁临界值,否则将产生保护性关断。对于 5kHz 以上的开关应用,通常采用 $0.1\mu\text{F}$ 的电容。

(2) 为了向需开关的容性负载提供瞬态电流,应用中应在 U_{DD} 和 COM 间、 U_{DD}

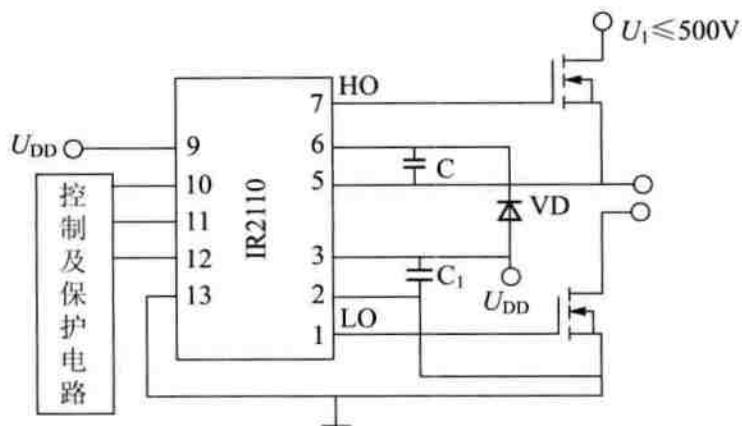


图 8.3 IR2110 的典型应用连接图

和 U_{SS} 间连接 2 个旁路电容,这 2 个电容及 U_B 和 U_S 间的储能电容都要与器件就近连接。建议 U_{DD} 与地之间的旁路电容用 1 个 $0.1\mu\text{F}$ 的陶瓷电容和 1 个 $1\mu\text{F}$ 的钽电容并联,而逻辑电源 U_{DD} 与 COM 间并联有 1 个 $0.1\mu\text{F}$ 的陶瓷电容就足够了。

(3) 大电流的电力 MOSFET 相对需要较大的栅极驱动能力,IR2110 的输出即使对这些器件也可进行快速的驱动。为了尽量减小栅极驱动电路中的电感,每个 MOSFET 应分别连接到 IR2110 引脚 2 和引脚 5 作为栅极驱动信号的参考地。对于较小功率的 MOSFET/IGBT,可在输出处串 1 个栅极电阻,栅极电阻的值取决于电磁兼容(EMI)的需要、开关损耗及最大允许 du/dt 值。

(4) IR2110 的总功耗是高压母线电压、 U_{DD} 电压值、开关频率、占空比、传输栅极驱动电量、工作结温的函数,总功耗可分为高压开关损耗和低压损耗两部分。高压开关损耗可用式(8.1)来计算:

$$P_{D(HV)} = U_H I_{LK} d + (U_{BON} + U_{BOFF}) Q_P f \quad (8.1)$$

式中, U_H 为高压母线电压; I_{LK} 为 U_B 到地的漏电流; d 为高压侧开关通断的占空比; Q_P 为高压电平转换脉冲的平均电荷量; U_{BON} 及 U_{BOFF} 为开通脉冲及关断脉冲的平均电压; f 为高压通道的开关频率。

显见, $U_H I_{LK} d$ 为静态高压开关损耗,而 $(U_{BON} + U_{BOFF}) Q_P f$ 为动态高压开关损耗。由于电平转换损耗通常比漏电损耗要大得多,因而静态损耗通常可忽略。实验证明:当 U_B 为定值时,对容性负载来说,在一定的工作温度下,随着被驱动的 MOSFET 工作开关频率的提高,在固定的高压母线电压 U_H 下, P_D 值将线性增大,并且随着被驱动 MOSFET 工作电路中高压母线电压的提高, P_D 值也增大。而实际上,在电平转换期间, U_S 是变化的。

低压功耗可用式(8.2)来计算:

$$P_{D(LV)} = U_B I_{Q_{tot}} + 2U_{bias} Q_G f + U_{bias} Q_{cmos} f \quad (8.2)$$

式中, U_{bias} 为低压偏压,假设 $U_{DD} = U_{BS}$, U_{BS} 为 IR2110 上通道输出功率放大级的工作电源电压, U_{bias} 即图 8.3 中电容 C 两端的电压; $I_{Q_{tot}}$ 为总静态电流; f 为开关频率; Q_G 为每次驱动 MOSFET 传输的栅极电荷量; Q_{cmos} 为与内部 CMOS 电路有关的开关损耗电荷量。

显见, $U_B I_{Q_{tot}}$ 为静态低压损耗, 而 $2U_{bias} Q_G f + U_{bias} Q_{cmos} f$ 为动态低压开关损耗。由于此时静态损耗通常比动态损耗小得多, 因而可忽略静态损耗。实验证明: 在 $U_{DD} = U_{BS}$ 条件下, 对一定的容性负载来说, 随着开关频率的提高, $P_{D(LV)}$ 值线性增大, 并且随着容性负载电容值的增大, $P_{D(LV)}$ 也增大。

(5) 功率输出驱动级的电源 U_B 可与逻辑输入部分的电源 U_{DD} 使用同一电源, 通过自举技术来产生。接于 U_{DD} 与 U_B 之间的二极管应为超快恢复二极管, 且其电流定额取决于被驱动 MOSFET 的容量与工作频率, 一般 1A 的电流容量即可满足使用, 其反压不应低于 600V。接于 U_B 与 U_S 之间的电容应为低串联电感、高稳定性、低漏电、高频率特性的钽电容或瓷片电容, 电容量选 $0.1 \sim 10 \mu F$ 均可。自举电容的电容量可按式(8.3)计算:

$$C_{BOOT} \geq 2I_{QBS} t_{on} / (U_{DD} - 1.5 - 10) \quad (8.3)$$

式中, I_{QBS} 为高边通道的静态电流; t_{on} 为高边通道功率器件的每周导通时间; U_{DD} 为逻辑部分的电源电压。

(6) 当 U_{DD} 与 U_B 使用不同的独立电源时, 应注意 2 个电源电位上严格隔离, 且 U_{DD} 的地端为引脚 COM, 而 U_B 的参考地端为 U_S , 此时接于 U_{DD} 与 U_B 之间的二极管已不需要。

(7) IR2110 可直接用来驱动电流小于几十安、母线电压不高于 600V 的电力 MOSFET; 驱动更大功率的 MOSFET 时, 可采用图 8.4 所示放大缓冲电路, 在输入控制脉冲改变状态时, R 在几十纳秒内限制通过 IRFD9110 (VF_1) 与 IRFD110 (VF_2) 的导通电流。当输入信号改变状态为低电平时, 驱动用 MOSFET IRFD110 (VF_4) 的栅极电容快速放电, 从而使被驱动 MOSFET 快速关断; 在输入信号变为高电平时, VF_4 的栅极输入电容通过 R 快速充电, 其导通时间将延迟——此延迟时间由 R 与被驱动 MOSFET 栅极输入电容 C_2 决定的时间常数限制。

图 8.5(a) 和 (b) 分别给出了应用上述缓冲器后, IR2110 驱动电力 MOSFET 模块输出及缓冲器输出与 MOSFET 模块漏极电流的关系。

(8) 不论使用功率放大缓冲器与否, IR2110 应使用尽可能短的连线与被驱动电力 MOSFET 器件相连, 并尽可能使用双绞线或同轴电缆屏蔽线。使用功率放大输出级时, 从 IR2110 至功率放大输出级输入及功率放大输出级至被驱动 MOSFET 的引线都应为尽可能短的双绞线或同轴电缆屏蔽线。

(9) 使用 IR2110 驱动电力 MOSFET 时, 应采用单点接地技术, 集中接地点应为被驱动 MOSFET 源极。用多个 IR2110 来驱动桥式电路时, 应将下通道中 2 个电力 MOSFET 器件的源极用较粗的短线相连, 并将该公共线作为集中接地点。

(10) 参考图 8.5, 当应用功率放大输出级时, 并于 VF_3 与 VF_4 之间的电容 C 应为低串联电感的高质量电容, 其电容量与布线质量、被驱动电力 MOSFET 器件的容量、开关电流的大小有关, 典型取值范围为 $10 \sim 1000 \mu F$ 。

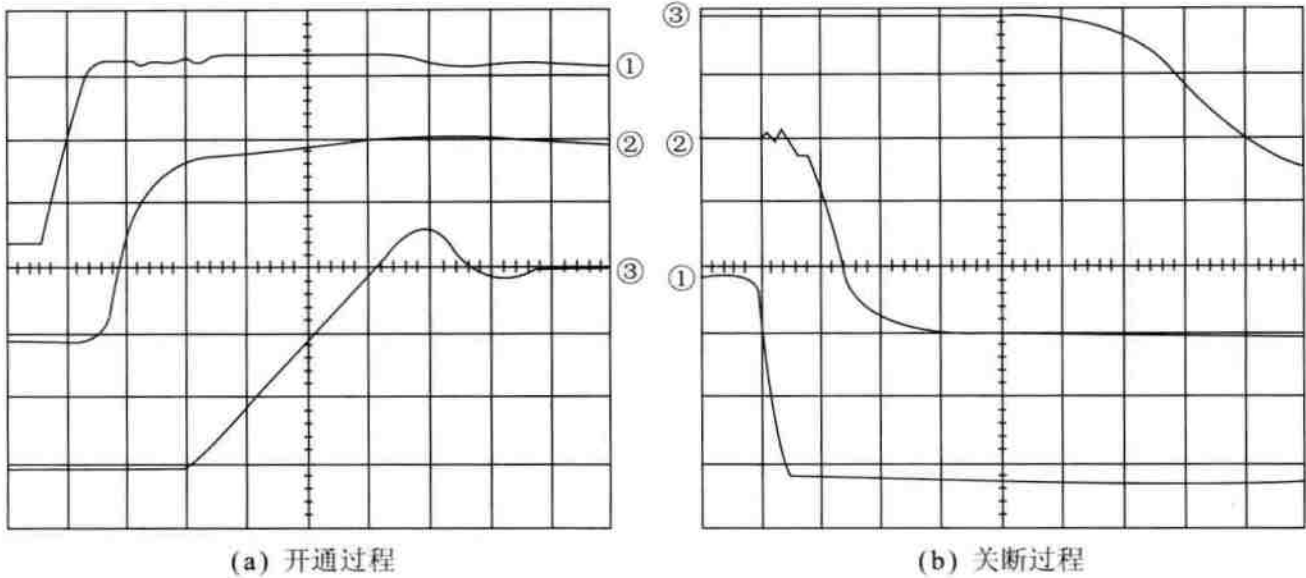


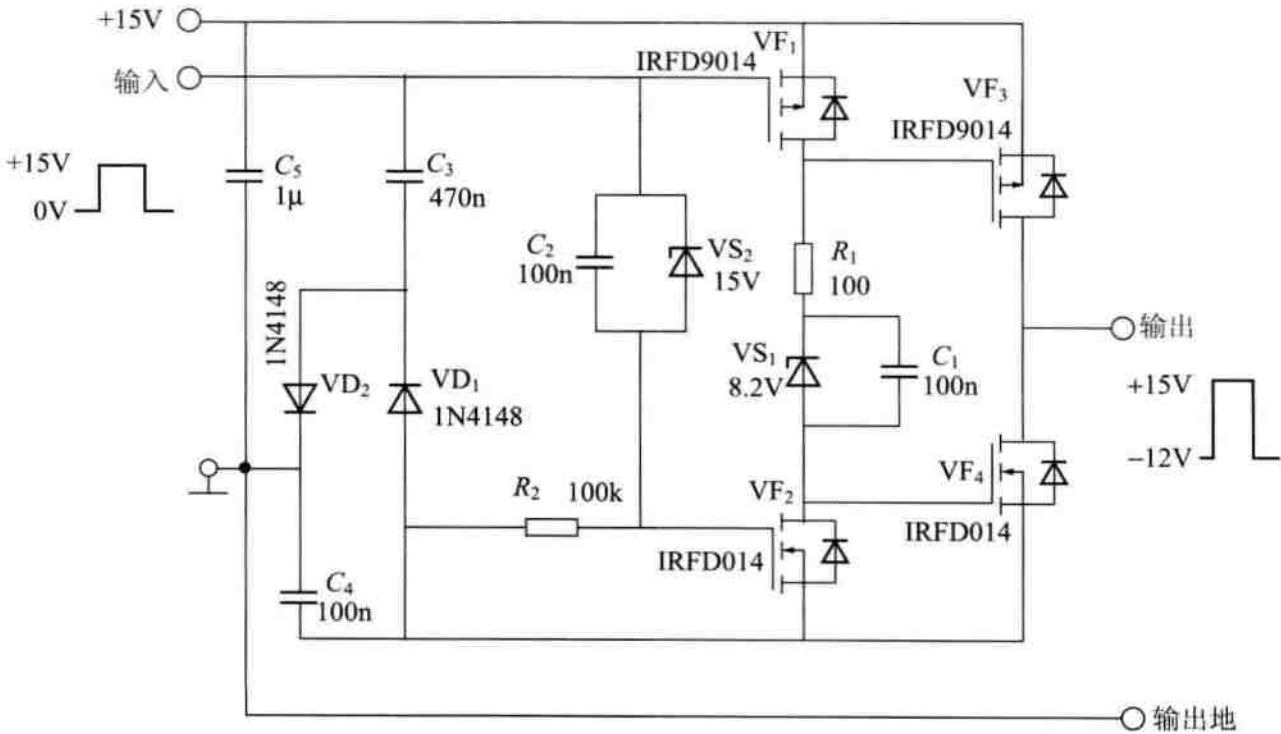
图 8.5 IR2110 输出经功率放大后驱动 MOSFET 模块的典型波形(感性负载为 60A)

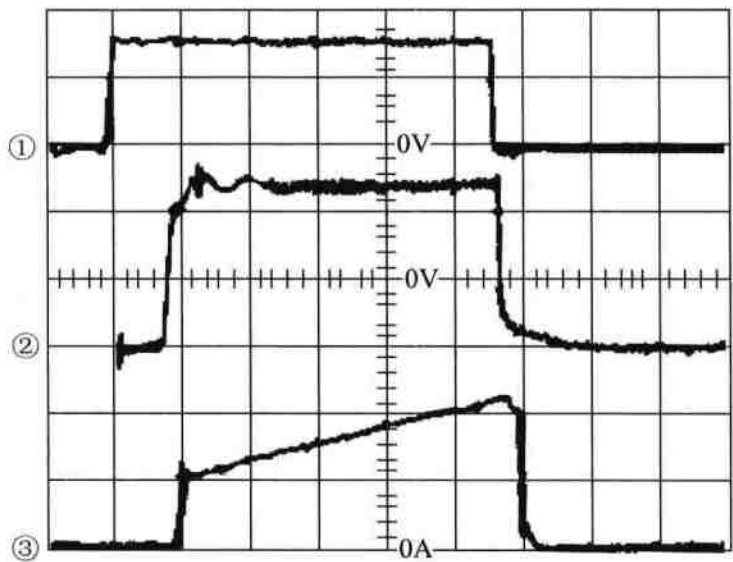
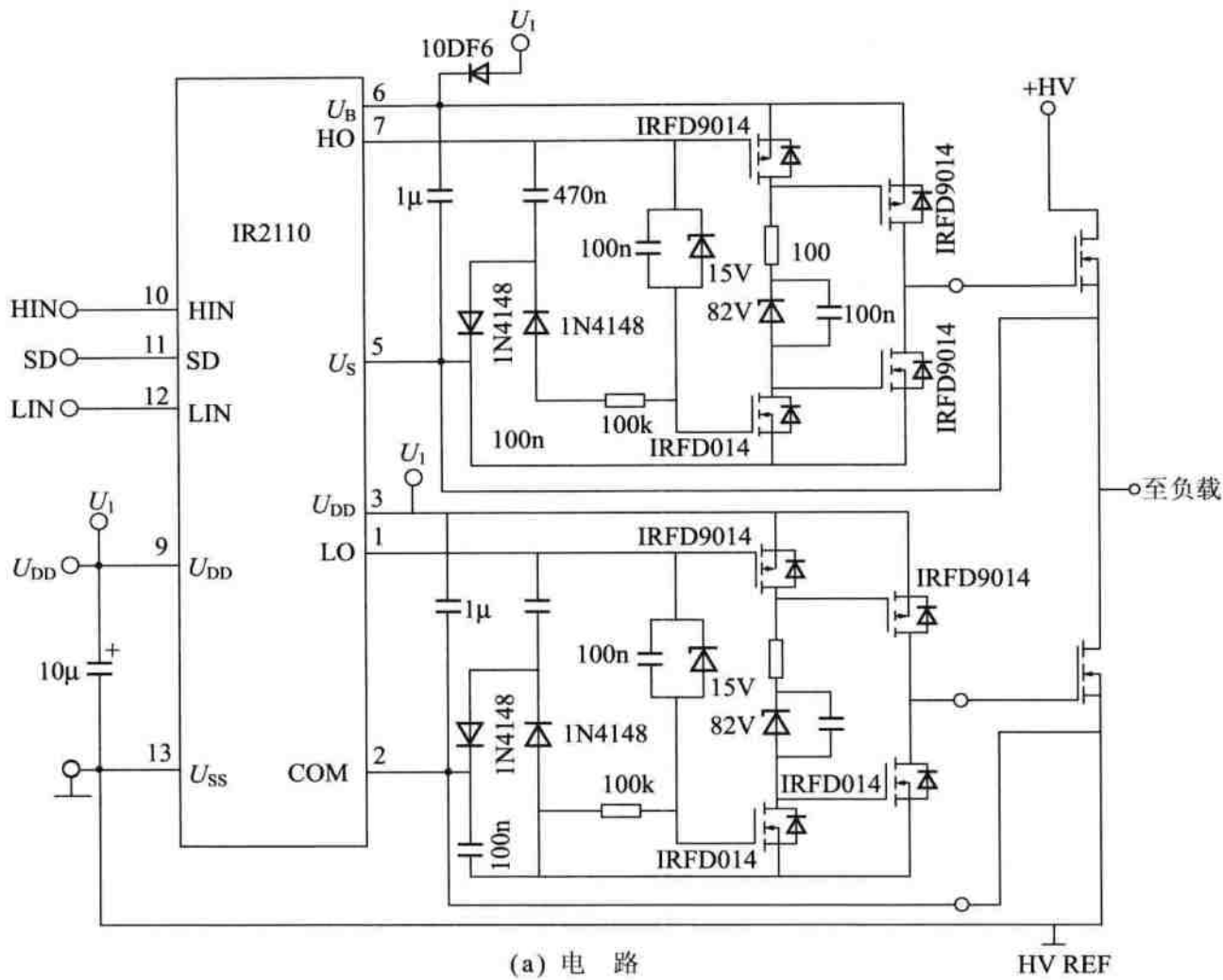
① IR2110 输出 ② 放大缓冲器输出 ③ MOSFET 漏极电流

(11) 应用 IR2110 驱动电力 MOSFET 时,若采用单极性电源 U_{DD} 工作,由于 IR2110 本身不可提供负偏置,为了使被驱动电力 MOSFET 可靠关断,此时可应用图 8.6 所示负充电泵电路来形成负偏置。图 8.7(a)给出了应用负充电泵构成的实际半桥电力 MOSFET 模块驱动器电路,图 8.7(b)给出了该电路的实际工作波形。

(12) 对于小功率电力 MOSFET,应用图 8.6 所示电路有点复杂,此时可采用图 8.8(a)所示简化电路。图 8.8(b)给出了相应的工作波形。

(13) 应用 IR2110 直接驱动电力 MOSFET 时,在图 8.9(a)所示典型电路中经常看到图 8.9(b)所示负向过冲。这种过冲很容易引起电路工作的噪声,影响电路的正常工作,解决的办法有 2 个。

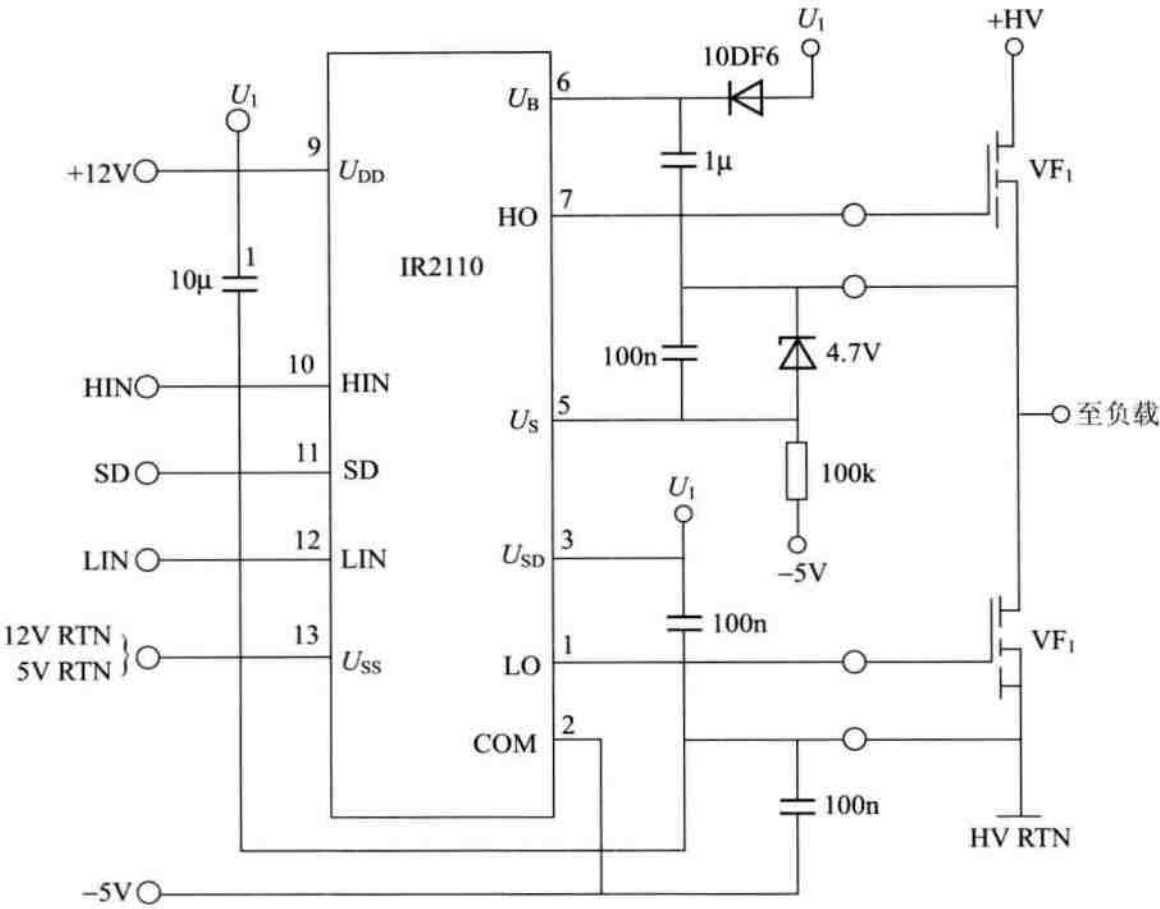




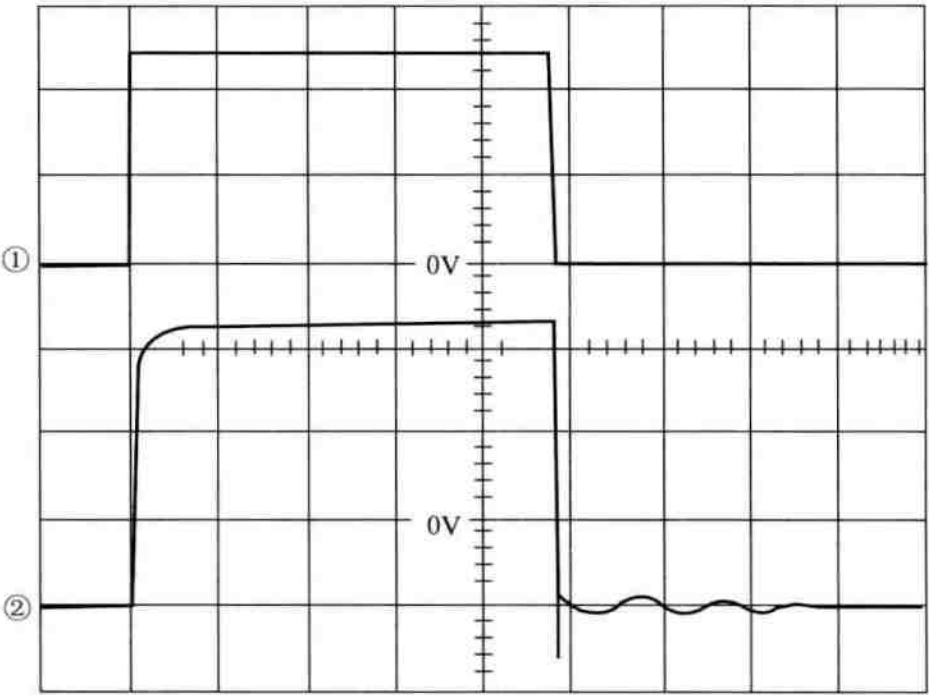
(b) 工作波形

图 8.7 具有负偏置的半桥驱动器电路及工作波形

① 缓冲级输入 10V/div ② MOSFET 栅源极电压 ③ 漏极电流



(a) 电路



(b) 工作波形

图 8.8 简化后的负偏压电路及工作波形

① IR2110 输入(5V/div, 2μs/div) ② MOSFET 栅源极电压波形

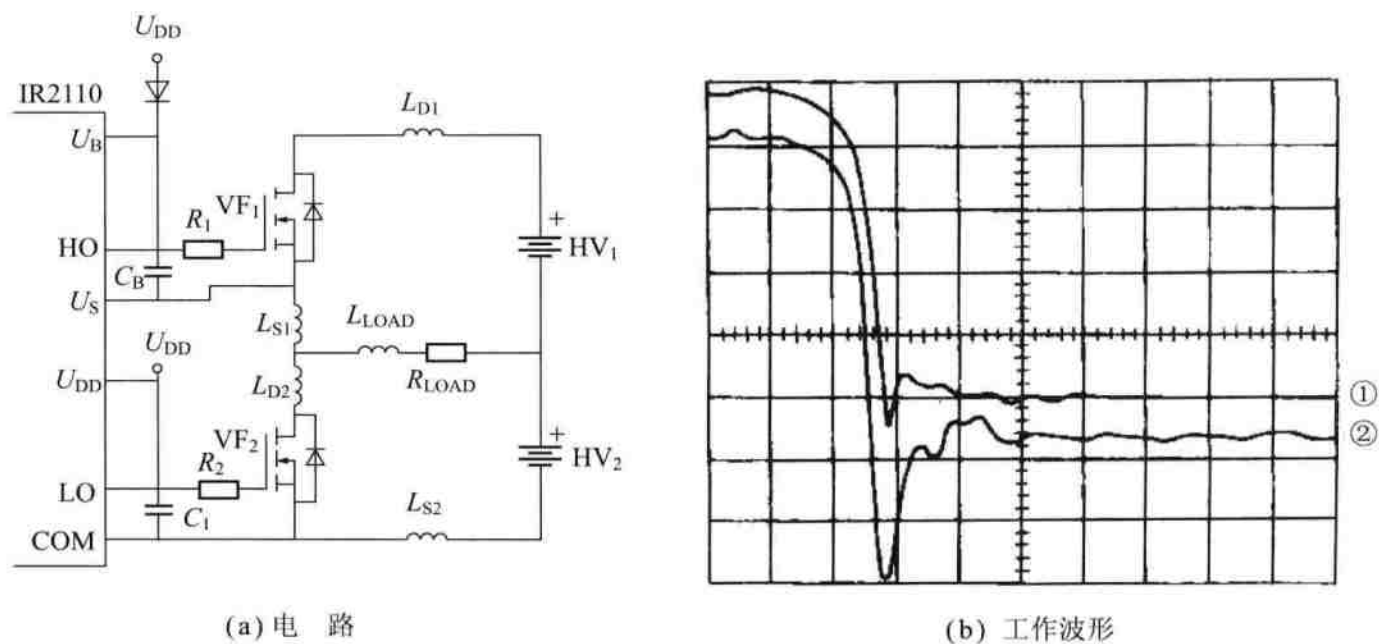


图 8.9 应用 IR2110 驱动 MOSFET 的典型电路及工作波形

① 续流二极管上的负过冲 ② IR2110 U_S 引脚的负过冲

注： L_{D1} 、 L_{S2} 、 L_{S1} 、 L_{D2} 为分布参数。

① 通过增加 IR2110 与被驱动器件栅极之间的电阻来降低被驱动器件的关断速度,以减小关断过程中的电压过冲,图 8.10 给出了典型的串联电阻与负向过冲之间的关系。

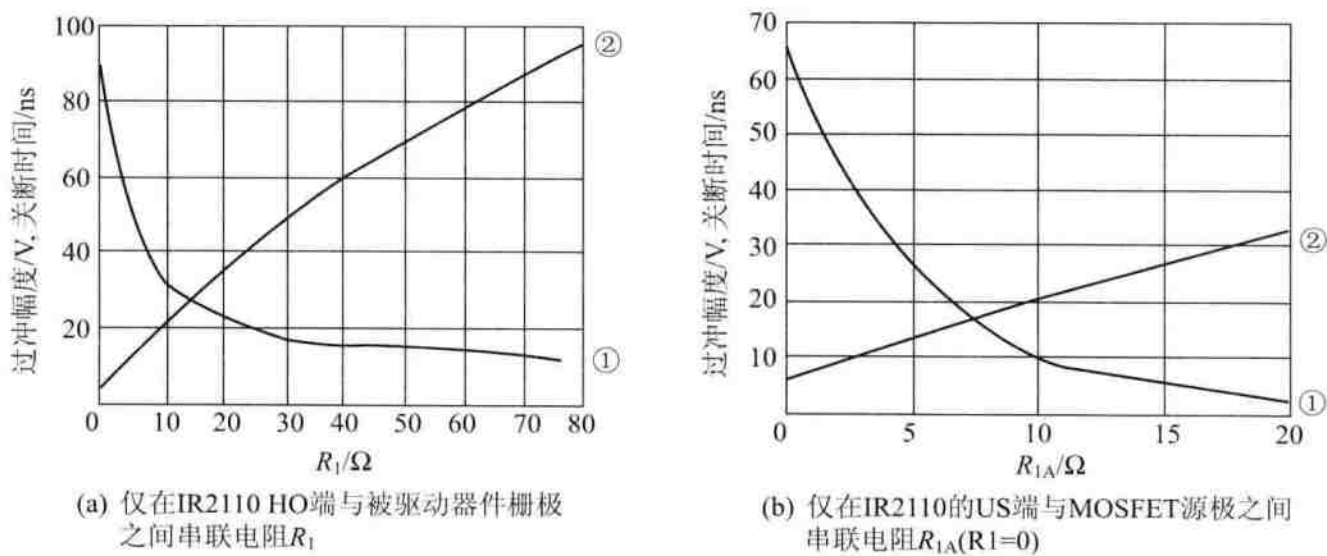


图 8.10 串联电阻与负向过冲的关系

① 过冲幅度 ② 关断时间

② 在 U_S 与 U_{DD} 参考地 COM 之间串接高压超快开通时间及超快恢复时间的二极管,同时在 U_S 与被驱动 MOSFET 源极之间串联电阻,其电路如图 8.11(a) 所示。这种处理方法的典型工作波形如图 8.10(b) 所示。

(14) 尽管 IR2110 允许用来驱动工作母线电压为 600V 的电力 MOSFET,但考虑到实际电路工作时电路中分布电感 L 存在引起 $L di/dt$ 的影响,因而 IR2110 一般用于输入为单相交流 220V、整流后直流电压为 310V 或直流母线电压低于 310V 的系统;对于采用三相 380V 进线、整流直流电压为 510V 的变流系统,应用

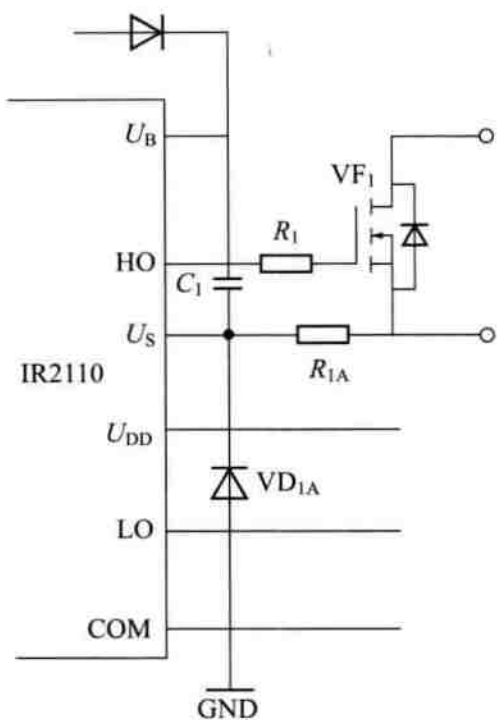


图 8.11 限制反向过冲的另一种方法

IR2110 电压安全裕量太小,一般不采用。

(15) IR2110 引脚 1 与引脚 13 提供了 2 个接地端,这是为抑制干扰而设计的,内部并没有连通;单电源使用中,必须用外电路将其短接。

(16) 调试中观测波形时,应注意示波器的地线问题,防止由于双通道示波器内部地线相通造成同时观察高端及低端通道引起系统短路。使用中最好把示波器的地线接于被驱动电力 MOSFET 器件源极上,而不是 IR2110 引脚上。

(17) 排列印制电路板上元器件时,应尽可能减小被驱动电力 MOSFET 器件的栅极充放电回路的长度及所包围元器件的面积,以尽可能减少干扰的影响。这有利于提高开关速度、抑制振荡、减小分布电感的影响及 IR2110 的功耗,被驱动 MOSFET 的源极应独立地直接接于 IR2110 引脚 2 或引脚 5。图 8.12 给出了 IR2110 使用中合理排列的印制板图。

(18) 若需要在 IR2110 的输出与被驱动电力 MOSFET 栅极之间串联电阻,则应保证该电阻是低串联电感的金属膜或氧化膜电阻。

2. 典型应用举例

IR2110 可用于单管斩波电路和单相半桥、单相全桥、三相全桥变流器及其他电路拓扑结构的电路。

(1) 在单管 MOSFET 构成的斩波器系统中的应用:如图 8.13 所示,悬浮电源 U_B 是通过自举技术获得的, C 为自举电容, VD 为充电二极管, VD_1 为续流二极管。在这种应用中,IR2110 仅用了 1 个单独的电源 U_{DD} ,下通道的输入直接接地,其逻辑电路电源与主电路为共地电位。

(2) 在正向变流器系统中应用:如图 8.14 所示。IR2110 的下通道及上通道共用一个输入脉冲信号,因而决定了其输出 HO 与 LO 同相位。当上通道输出 HO

都为正方向(从左到右),所以称为正向式变流器。BHL 为负载电流取样环节,为向保护电路提供过电流取样信号。

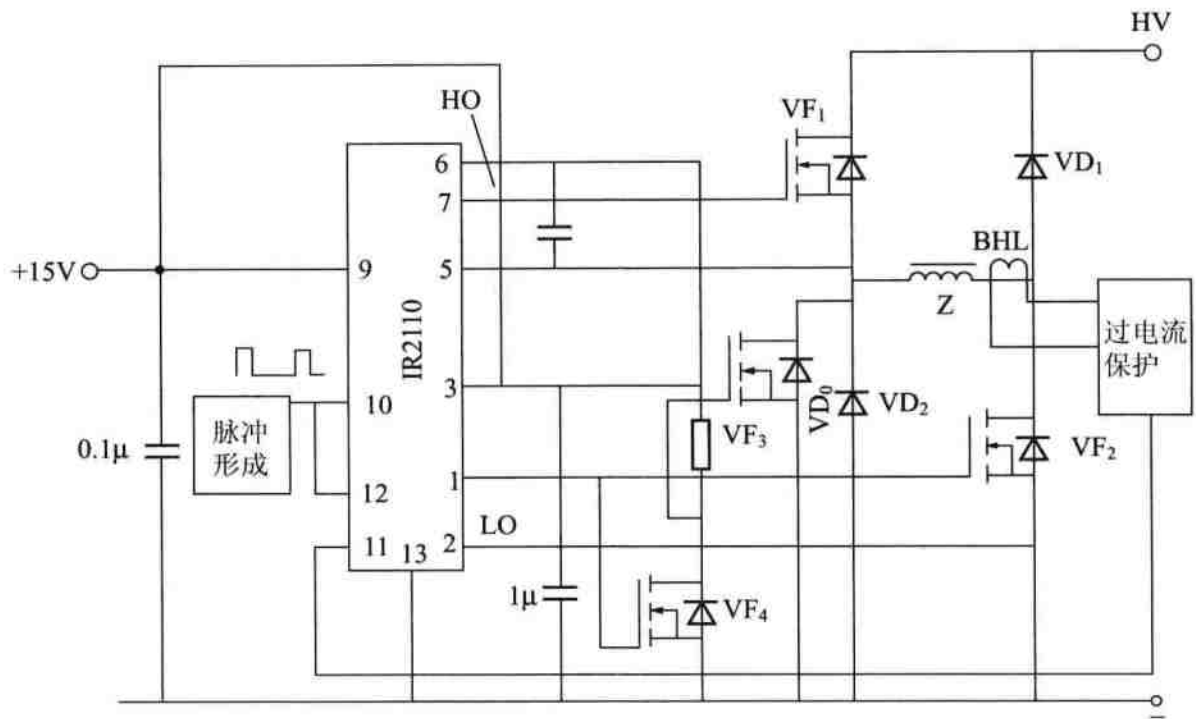


图 8.14 IR2110 用于正向变流器系统

(3) 2 片 IR2110 驱动 H 桥 4 只电力 MOSFET,如图 8.15 所示。这种电路常用于可逆直流调速系统、不间断电源、VVVF 电源等领域。负载 Z 可以为直流电动机,也可以为 VVVF 电源中的滤波器和变压器等。TA 为电流取样环节,取样信号提供给过电流保护电路,构成过电流保护。 U_f 为电压反馈信号,用来构成闭环调压网络。在控制电路输出的上下通道信号的作用下,VF₁、VF₂ 和 VF₃、VF₄ 交替轮流导通,从而在负载 Z 上形成一个交替变化的交流电压和电流。

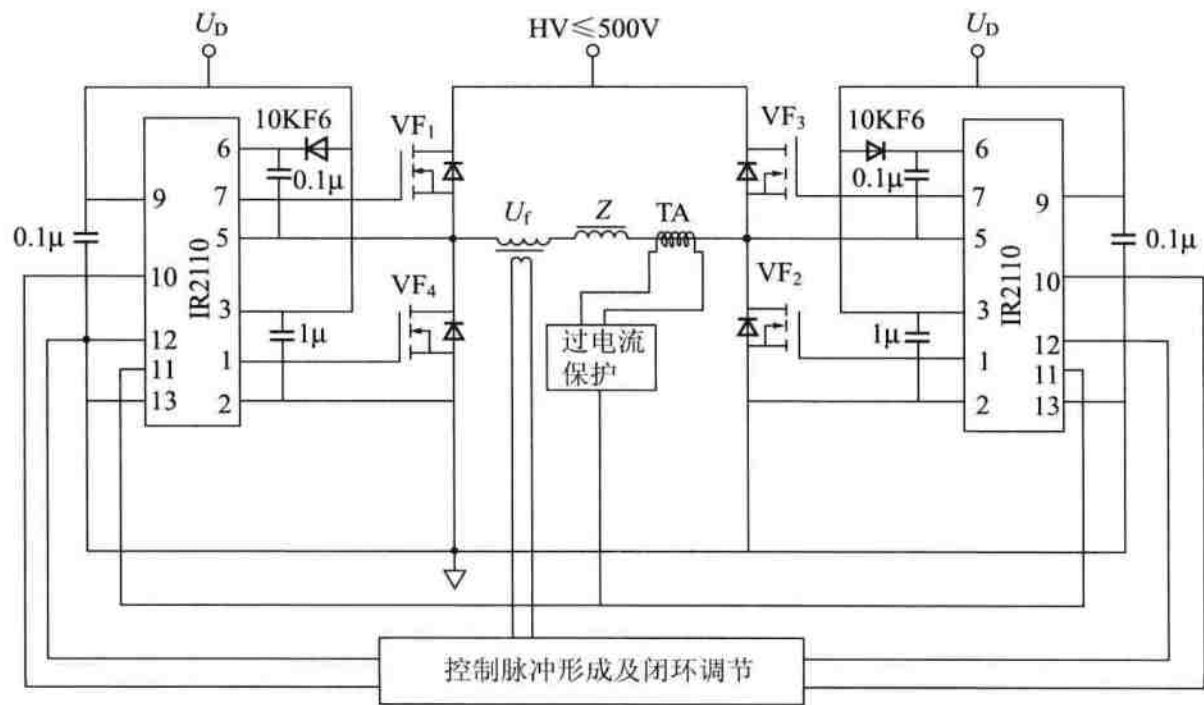


图 8.15 2 片 IR2110 用于 H 型桥式变流器系统

8.3 IR2125 带有电流限制的 MOSFET/IGBT 驱动集成电路

IR2125 是一个高压、高速 MOSFET/IGBT 驱动集成电路,内部集成有过流限制和保护电路,采用先进的高压集成电路和无闩锁 CMOS 技术制作,整个芯片封装在标准的集成电路内部。它的输入与标准的 CMOS 和 TTL 电平兼容,其对应驱动低端通道 MOSFET/IGBT 的集成电路为 IR2121;IR2125 中具有大电流脉冲缓冲级设计的输出驱动特性,可把交叉导通时间降到最小。保护电路检测被驱动 MOSFET/IGBT 的过电流,并限制栅极驱动电压。巧妙的设计使用户可通过外接电容来设置逐周电流限制的间隔,并可编程检测到过电流与封锁脉冲之间的时间间隔。由于内部采用了自举技术,因而 IR2125 可用来驱动一个工作于电路中高端或低端的 N 沟道 MOSFET/IGBT,并可用于工作母线电压低于 500V 的任意场合。

8.3.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

IR2125 采用标准双列直插式 8 引脚封装,封装外形及引脚排列如图 8.16 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 8.4。

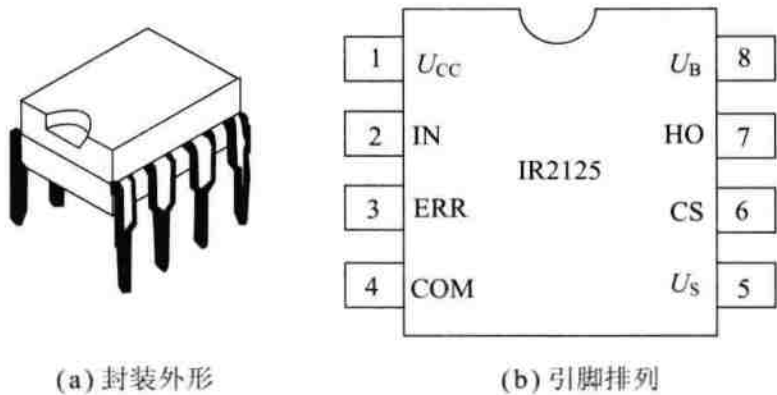


图 8.16 IR2125 的封装外形及引脚排列

表 8.4 IR2125 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
1	U_{CC}	逻辑输入级电源连接端	直接接用户为该芯片逻辑部分工作提供的正电源;为抗干扰,该端应接去耦网络到地
2	IN	控制逻辑信号输入端	接用户控制脉冲,形成电路的输出
3	ERR	设置逐周限制电流电容连接端	按用户要求接合适电容到引脚 COM
4	COM	工作参考地端	接 U_{CC} 的地
5	U_S	驱动输出参考地端	通过电容接 U_B 端的同时与被驱动 MOSFET/IGBT 的源(或射)极相连
6	CS	电流检测输入端	接被驱动 MOSFET/IGBT 工作电流取样环节的正输出端

续表 8.4

引脚号	符号	引脚名称	功能及用法
7	OUT	驱动信号输出端	通过电阻与被驱动 MOSFET/IGBT 的栅极相连
8	U_B	驱动输出级电源连接端(又称高边悬浮电源连接端)	按用户决定是采用自举技术产生还是接独立于 U_{CC} 的隔离电源。采用自举技术产生时,分别通过一个阴极接该端的二极管及电容接引脚 8 及引脚 5

8.3.2 内部结构及工作原理

IR2125 的内部结构及工作原理框图如图 8.17 所示,内部集成有 3 个带有施密特触发器特性的比较器、2 个欠压检测环节、2 个 RS 触发器、2 个电平移位网络、2 个脉冲增益放大网络、2 个脉冲滤波器、1 个预驱动器单元、1 个放大器、1 个缓冲输出级、1 个错误(或称故障)定时器、1 个由电流放大器控制的开关及 1 个 500ns 消隐脉冲形成单元、2 个电压源、1 个三端输入的与门,共计 14 个单元电路。

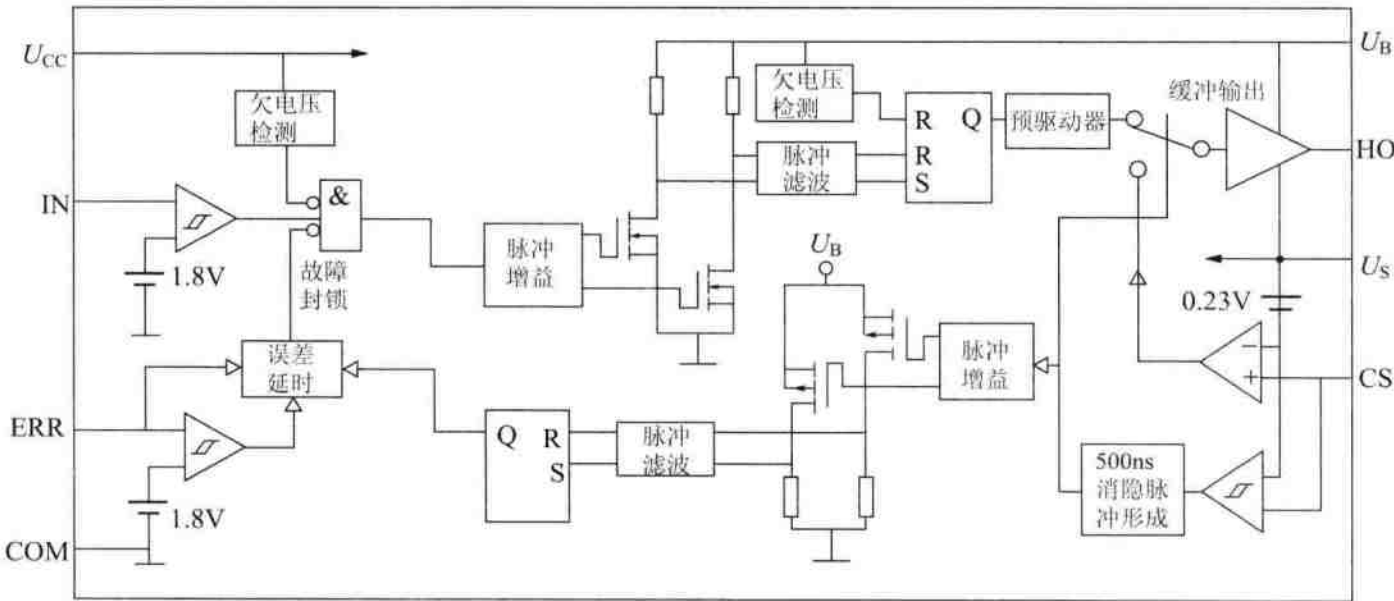


图 8.17 IR2125 的内部结构及工作原理框图

不发生欠电压及过电流故障时,欠电压及过电流保护单元输出均为无效状态,与门两反相输入端均为无效电平。此时,用户从 IN 端输入的控制脉冲与 1.8V 的固定偏移比较,该施密特触发器输出经上通道脉冲增益电路功放后,由上通道电平移位网络进行电平匹配,再经上脉冲滤波环节滤去干扰脉冲,然后控制 RS 触发器按输入脉冲周期而置高电平与低电平,RS 触发器输出经预驱动器后,由输出缓冲放大器进行功放后驱动外接 MOSFET/IGBT。

发生输出级 U_B 欠压故障时,输出级欠压保护环节输出低电平,直接使 RS 触发器清零,驱动输出级恒为低电平。一旦发生逻辑电源 U_{CC} 欠压,则输入级欠压保护环节动作,与门输出恒为低电平,经脉冲放大、电平移位、脉冲滤波后使 RS 触发器清零,输出变为恒低电平。一旦发生过流,则过流比较器翻转,500ns 消隐脉冲

电路输出,经下通道的电平移位网络(电平下移)由下半部的脉冲滤波器滤波后使 RS 触发器输出脉冲。该脉冲控制故障定时器输出脉冲,从而使与门输出脉冲的宽度减小,进行逐脉冲限流。严重过流时,电流放大器输出高电平,在 500ns 消隐脉冲的作用下直接从输出端降低被驱动 MOSFET/IGBT 的导通时间。

8.3.3 主要设计特点和参数

1. 主要设计特点

- (1) 悬浮通道设计、内部自举工作、允许工作母线电压范围从低压到 500V。
- (2) 对负的瞬态电压上升率无限制。
- (3) 栅极驱动电源范围宽达 12~18V。
- (4) 有欠压封锁功能。
- (5) 故障指示条件和关断时间可编程。
- (6) 具有电流检测和限制闭环,可限制被驱动 MOSFET/IGBT 的工作电流。
- (7) 输出与输入同相。

2. 主要参数限制

- (1) 高边悬浮电源电压 U_B : $-0.3 \sim 525V$ 。
- (2) 高边悬浮电源参考电压 U_S : $U_B - 25 \sim U_B + 0.3$ 。
- (3) 高边悬浮输出电压 U_{OH} : $U_S - 0.3 \sim U_B + 0.3$ 。
- (4) 逻辑输入电源电压 U_{CC} : $-0.3 \sim 25V$ 。
- (5) 逻辑输入电压范围 U_{IN} : $-0.3 \sim U_{CC} + 0.3V$ 。
- (6) 错误(故障)信号电压 U_{ERR} : $-0.3 \sim U_{CC} + 0.3V$ 。
- (7) 电流检测输入电压: $U_S - 0.3 \sim U_B + 0.3$ 。
- (8) 允许的临界电压上升率 dU_S/dt : $5kV/\mu s$ 。
- (9) 功耗 P_D : $1W$ 。
- (10) 允许最高结温 T_{jmax} : $150^\circ C$ 。
- (11) 存储温度 T_{stg} : $-55 \sim 150^\circ C$ 。
- (12) 焊接温度(焊接时间 10s) T_L : $-55 \sim 260^\circ C$ 。

3. 推荐工作条件

- (1) 高边悬浮电源电压 U_B : $U_S + 12V \sim U_S + 18V$ 。
- (2) 高边悬浮电源参考电压 U_S : $500V$ 。
- (3) 高边悬浮输出电压 U_{OH} : $U_S \sim U_B$ 。
- (4) 逻辑电源电压 U_{CC} : $18V$ 。
- (5) 逻辑输入电压 U_{IN} : $0 \sim U_{CC}$ 。
- (6) 错误(故障)信号电压 U_{ERR} : $0 \sim U_{CC}$ 。
- (7) 电流检测信号电压 U_{CS} : $U_S \sim U_B$ 。
- (8) 工作温度范围 T_A : $-40 \sim 125^\circ C$ 。

4. 动态电参数(典型值/最大值)

- (1) 开通延迟时间 t_{on} :150/200ns。
- (2) 关断延迟时间 t_{offd} :150/190ns。
- (3) 开通上升时间 t_r :43/60ns。
- (4) 故障关断延时 t_{sd} :1.7/2.2ns。
- (5) 关断下降时间 t_f :25/96ns。
- (6) CS 端关断延时 t_{CSd} :0.7/1.2ns。
- (7) CS 端到输出封锁延时 t_{errd} :9/12ns。

8.3.4 应用技术

IR2125 的应用注意事项可参考 IR2117 及 IR2104(见《MOSFET、IGBT 驱动集成电路及应用》)。

1. 典型应用电路

IR2125 的典型应用电路如图 8.18 所示。电流取样电阻 R_s 可按用户的实际工作应用电流选取,也可为一个电流取样的传感器。

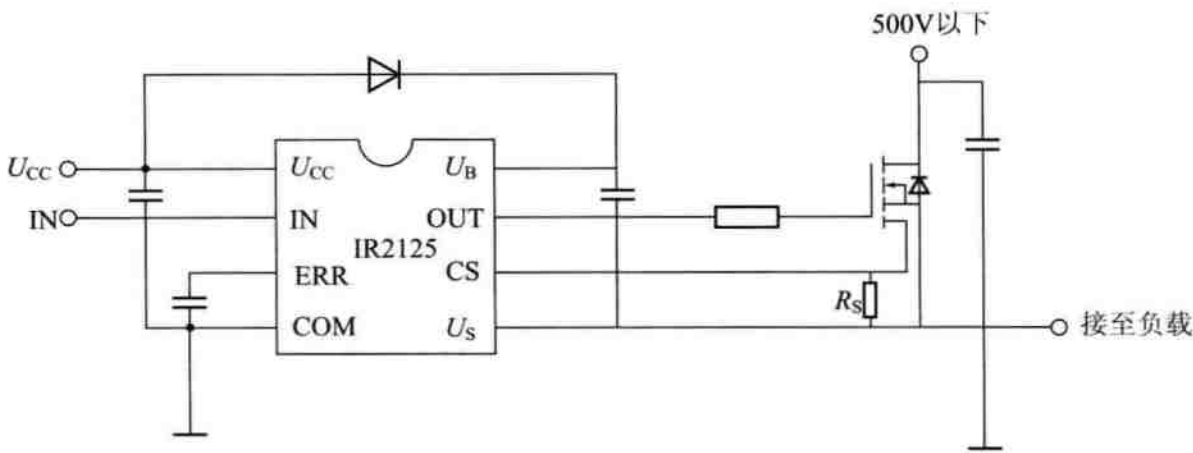


图 8.18 IR2125 的典型应用电路

2. 典型应用举例

图 8.19 给出了应用 2 片 IR2125 及 2 片 IR2121 构成的单相 MOSFET 变流器的原理图,这种变流器是开关电源、小功率直流调速、DC-DC 变换器等场合的多用线路。图中应用了对每个 MOSFET 进行电流限制的方案,Z 可以为变压器,也可以为电阻负载或感性负载。

8.4 IR2133/IR2233 三相全桥 6 个 MOSFET 的栅极驱动集成电路

美国 IR 公司的 IR2133/IR2233 系列驱动集成电路是专为高电压、高速度的电力 MOSFET 驱动而设计的,内部集成了互相独立的 3 组半桥驱动电路,可对上下

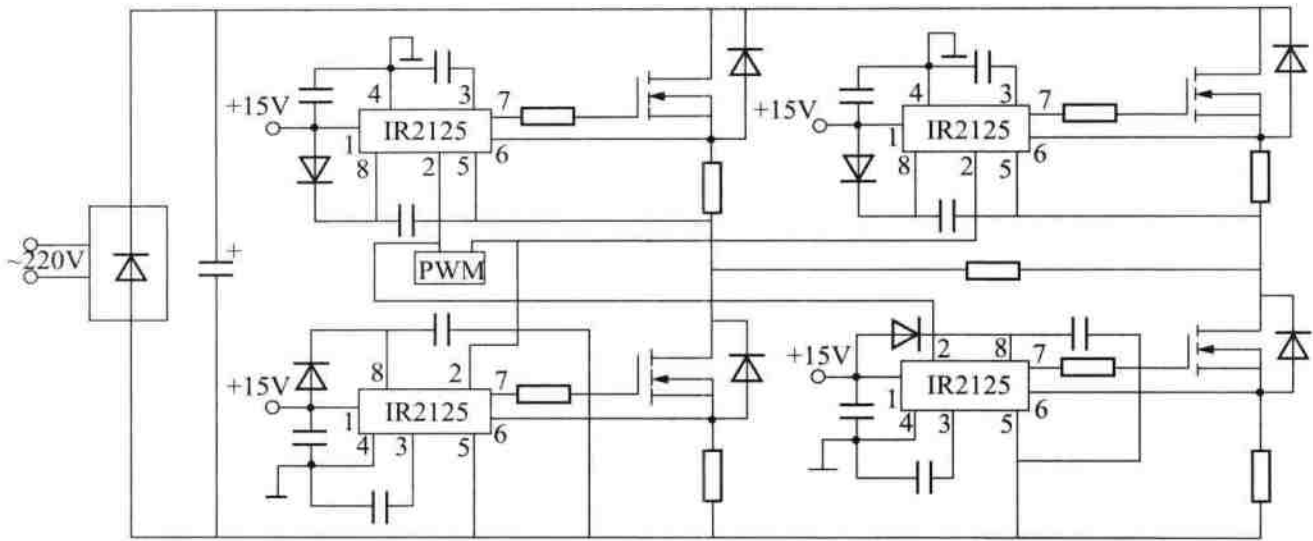


图 8.19 多个 IR2125 用于单相变流系统

桥臂提供死区时间,特别适合于三相电源变换等方面的应用。其输入信号与 5V CMOS 或 LS TTL 电路输出信号兼容,可直接驱动电力 MOSFET。而且其内部集成了独立的运算放大器,可通过外部桥臂的串联电阻取样电流构成模拟反馈输入,具有故障电流保护功能和欠电压保护功能。故障时,可关闭 6 个输出通道,同时能提供具有锁存的故障信号输出,此故障信号可由外部信号清除。各通道良好的延迟时间匹配简化了其在高频领域的应用。

8.4.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

IR2133/IR2233 有标准双列直插式 DIP-28、双列扁平表面贴装式 SOIC-28、方形 PLCC-44 共 3 种封装形式,其引脚排列如图 8.20 所示。表 8.5 给出了 3 种不同封装形式的引脚功能对照。以 DIP-28 封装为例,各引脚的名称、功能及用法见表 8.6。

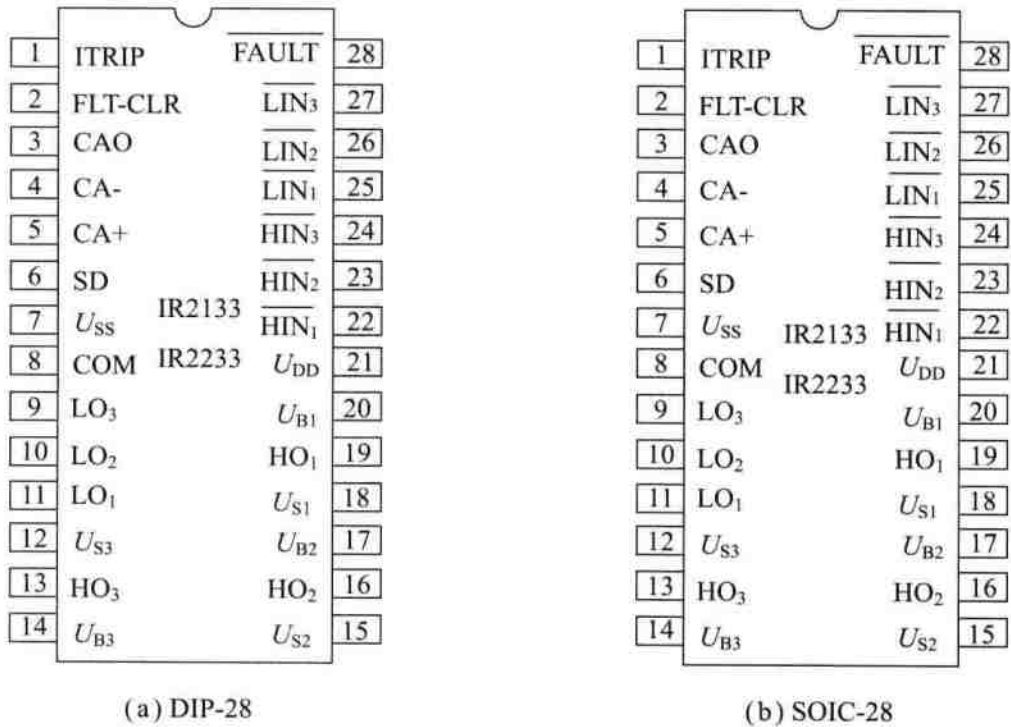
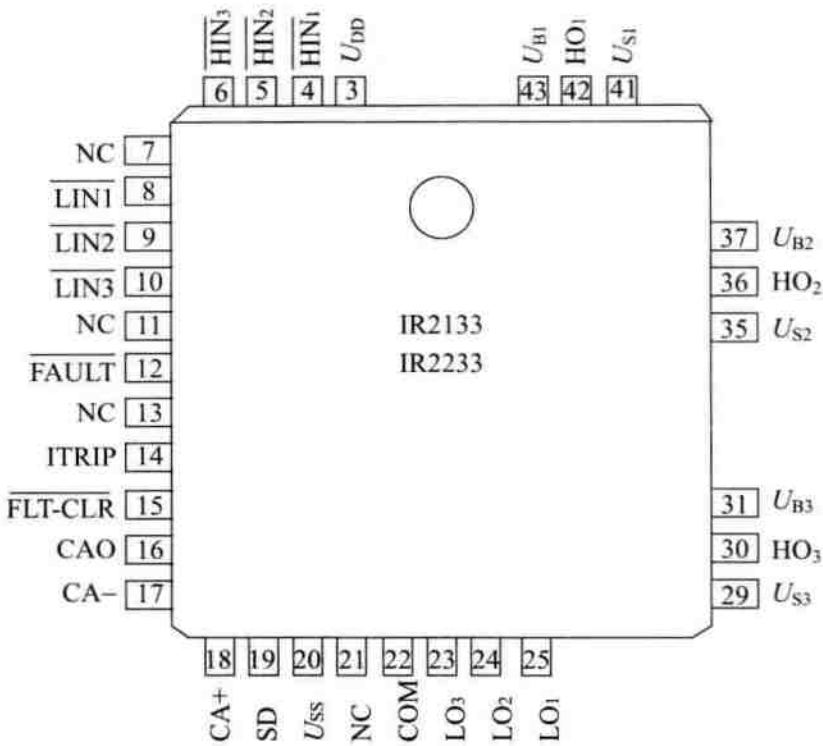


图 8.20 IR2133/IR2233 的引脚排列



(c) PLCC-44

续图 8.20

表 8.5 IR2133/IR2233 不同封装形式的引脚功能对照

引脚符号	不同封装形式的引脚号			备 注
	DIP-28	SOIC-28	PLCC-44	
ITRIP	1	1	14	<div>① PLCC-44 封装的 FLT-CLR 低电平有效, 而 SOIC-28 及 DIP-28 封装的 FLT-CLR 高电平有效</div> <div>② PLC-44 封装的引脚 7、11、13、21 为空脚, 使用中悬空</div> <div>③ PLCC-44 封装的引脚 1、2、26、27、28、32、33、34、38、39、40、44 未引出</div>
FLT-CLR	2	2	15	
CAO	3	3	16	
CA-	4	4	17	
CA+	5	5	18	
SD	6	6	19	
USS	7	7	20	
COM	8	8	22	
LO ₃	9	9	23	
LO ₂	10	10	24	
LO ₁	11	11	25	
US ₃	12	12	29	
HO ₃	13	13	30	
UB ₃	14	14	31	
US ₂	15	15	35	
HO ₂	16	16	36	
UB ₂	17	17	37	
US ₁	18	18	41	
HO ₁	19	19	42	
UB ₁	20	20	43	
U _{DD}	21	21	3	
HIN ₁	22	22	4	
HIN ₂	23	23	5	
HIN ₃	24	24	6	
LIN ₁	25	25	8	
LIN ₂	26	26	9	
LIN ₃	27	27	10	
FAULT	28	28	12	

表 8.6 IR2133/IR2233 的引脚名称、功能及用法

引脚号	符 号	名 称	功能及用法
22、23、24	$\overline{\text{HIN}}_1$ 、 $\overline{\text{HIN}}_2$ 、 $\overline{\text{HIN}}_3$	高端逻辑输入端	对应 3 路高端栅极驱动输出 (HO_1 、 HO_2 、 HO_3) 的逻辑输入端,接用户控制脉冲形成电路对应 3 路高端驱动信号的输出
25、26、27	$\overline{\text{LIN}}_1$ 、 $\overline{\text{LIN}}_2$ 、 $\overline{\text{LIN}}_3$	低端逻辑输入端	对应 3 路低端栅极驱动输出 (LO_1 、 LO_2 、 LO_3) 的逻辑输入端,接用户控制脉冲形成电路对应的 3 路低端驱动信号输出
28	$\overline{\text{FAULT}}$	故障输出端	发生低端侧过电流或欠压保护时,输出逻辑低电平,接外部故障报警指示灯或小功率扬声器
21	U_{DD}	工作电源连接端	提供逻辑电源和低端侧控制电源,接用户提供的正电源,为抗干扰应接去耦网络到地
1	ITRIP	过电流信号输入端	发生过电流时关闭驱动输出,接用户电流传感器或电阻取样环节
2	FLT-CLR	清除故障输入端	输入信号可清除故障锁存,接用户外部复位的电路输出
6	SD	关闭驱动输入端	输入信号强制关闭驱动芯片输出,接用户外部保护电路的输出
3	CAO	内部集成的电流放大器输出端	可在该端与引脚 4 之间接不同的反馈网络,将电流放大器设置为不同的类型,该放大器可作用用户控制系统闭环调节器
4	CA $^-$	内部集成的电流放大器反相输入端	构成同相输入放大器时,通过反馈网络接 CAO 的同时通过电阻接地;构成反相输入放大器时,通过电阻接输入信号
5	CA $^+$	内部集成的电流放大器反相输入端	构成同相输入放大器时通过电阻接输入信号,构成反相输入放大器时通过电阻接地
7	U_{SS}	逻辑电源地端	逻辑输入信号参考地,接电源 U_{DD} 地及作为系统地端
8	COM	低端输出公共端	低端栅极驱动信号的参考地端,接被驱动低端电力 MOSFET 公共地,同时与 GND 合理相连
20、17、14	U_{B1} 、 U_{B2} 、 U_{B3}	高端浮动电源端	对应 3 路高端栅极驱动电源,自举形成该电源时,分别通过阴极接此端的超快恢复二极管接 U_{DD} ,同时通过高质量电容接引脚 U_{S1} 、 U_{S2} 、 U_{S3} 。若使用独立电源,由该端分别与对应的电源端相连
19、16、13	HO_1 、 HO_2 、 HO_3	高端驱动输出端	提供 3 路高端栅极驱动输出,分别通过电阻接高端对应的三相 MOSFET 栅极
18、15、12	U_{S1} 、 U_{S2} 、 U_{S3}	高端浮动电源地端	对应 3 路高端驱动电源地,分别接高端被驱动 3 个 MOSFET 源极,同时在 U_{B1} 、 U_{B2} 、 U_{B3} 应用自举技术产生时,分别通过电容接引脚 U_{B1} 、 U_{B2} 及 U_{B3}
11、10、9	LO_1 、 LO_2 、 LO_3	低端驱动输出端	提供 3 路低端栅极驱动输出,分别通过电阻接低端被驱动电力 MOSFET 栅极

8.4.2 内部结构及工作原理

IR2133/IR2233 的内部结构及工作原理框图如 8.21 所示,由 3 路输入信号发生器单元、3 路脉冲发生器电平转换单元、3 个锁存/欠电压检测单元、1 个电流比较器、1 个电流放大器、1 个故障逻辑、1 个或门和 6 路输出驱动电路构成。

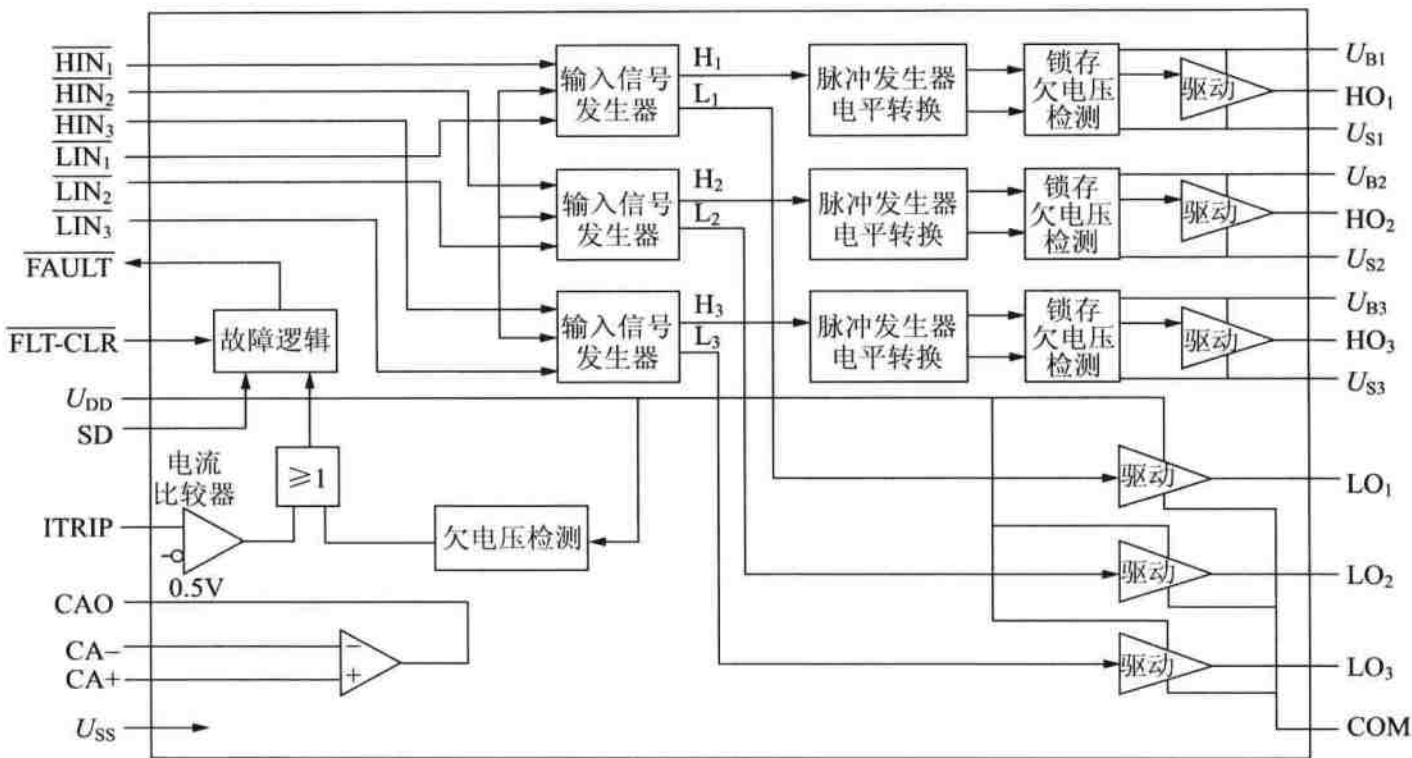


图 8.21 IR2133/IR2233 的内部结构及工作原理框图

当用户外接封锁信号 SD 为低电平,内部不发生欠压及过流保护时,这些封锁及保护信号无效。从 $\overline{HIN_1} \sim \overline{HIN_3}$ 及 $\overline{LIN_1} \sim \overline{LIN_3}$ 引脚输入的控制脉冲经输入信号发生器进行整形、滤波和处理后,对应 $\overline{LIN_1} \sim \overline{LIN_3}$ 的信号直接经输出驱动器功率放大后驱动逆变桥中低端的 3 个 MOSFET;而对应 $\overline{HIN_1} \sim \overline{HIN_3}$ 的信号先经内部集成的脉冲发生器电平转换网络进行电平移位,然后由锁存欠电压检测单元锁存,再经输出驱动器功率放大后驱动逆变桥中高端的 3 个 MOSFET。一旦发生任何一个欠压(U_{DD} 或 U_{B1} 或 U_{B2} 或 U_{B3}),则相应的欠压保护环节动作封锁 6 路驱动输出。当该电路驱动的三相 MOSFET 变流器发生过流故障时,从 ITRIP 端输入的电流感应信号使过流比较器输出为高电平,或当 SD 端封锁信号为高电平时,故障逻辑电路动作,一方面输出低电平 FAULT 信号,向外报警;另一方面,内部电路使 6 路输出全被封锁。

8.4.3 主要设计特点和参数

1. 主要设计特点

IR2133/IR2233 的输入信号与 15V CMOS 电平或 LS TTL 电路输出信号均兼容,其高电平最小值 U_{IH} 为 2.2V,低电平最大值 U_{IL} 为 0.8V。为防止噪声干扰,

输入电路中还设计了 310ns 的输入滤波电路。当 6 路输入驱动信号中的一路为低电平时,其相对应的驱动输出为高电平。另外,输入控制逻辑电路还为同一桥臂的高端和低端驱动输出信号提供了死区时间,以避免同一桥臂上的被驱动电力 MOSFET 器件在开关转换过渡期间同时导通。如果同一桥臂的高端和低端输入信号同时为低电平,则输入控制逻辑电路可关闭同一桥臂的高端和低端驱动输出。

2. 主要特性参数

IR2133/IR2233 的主要特性参数见表 8.7。表中的参数测试条件为 $U_{\text{BIAS}} = U_{\text{DD}} = U_{\text{B1}} = U_{\text{B2}} = U_{\text{B3}} = 15\text{V}$, $U_{\text{S1}} = U_{\text{S2}} = U_{\text{S3}} = U_{\text{SS}}$, $T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$;除非另外说明,静态时 U_{IN} 、 U_{TH} 和 I_{IN} 参数的参考点均为 U_{SS} ; U_{O} 和 I_{O} 参数的参考点为 U_{SS} 和 U_{S1} 、 U_{S2} 、 U_{S3} ,而动态时的负载电容值为 100pF。

表 8.7 IR2133/IR2233 的主要特性参数

名 称	符 号	测试条件	额定值			单 位
			最小值	典型值	最大值	
输入电压逻辑“1”(输出为低电平)	U_{IH}		2.2			V
输入电压逻辑“0”(输出为高电平)	U_{IL}				0.8	
故障清除输入电压逻辑“0”	$U_{\text{FLT-CLR,IL}}$				0.8	
故障清除输入电压逻辑“1”	$U_{\text{FLT-CLR,IN}}$		2.2			
关闭信号 SD 高电平最低阈值	$U_{\text{SD,TH+}}$			1.8		
关闭信号 SD 低电平最高阈值	$U_{\text{SD,TH-}}$			1.5		
过电流信号 I_{TRIP} 高电平最低阈值	$U_{\text{ITRIP,TH+}}$			485		mV
过电流信号 I_{TRIP} 低电平最高阈值	$U_{\text{ITRIP,TH-}}$			400		
高电平输出电压($U_{\text{BIAS}} - U_{\text{O}}$)	U_{OH}	$U_{\text{IH}} = 0\text{V}$, $I_{\text{O}} = 0\text{A}$			100	
低电平输出电压 U_{O}	U_{OL}	$U_{\text{IH}} = 5\text{V}$, $I_{\text{O}} = 0\text{A}$			100	
电源 U_{BS} 静态电流	I_{QBS}	$U_{\text{IH}} = 0\text{V}$ 或 5V		50		μA
电源 U_{DD} 静态电流	I_{QCC}	$U_{\text{IH}} = 0\text{V}$ 或 5V		4.0		mA
U_{BS} 和 U_{DD} 电源欠电压高电平最低阈值	$U_{\text{BSUV+}}$	IR2133/IR2233		8.7		V
U_{BS} 和 U_{DD} 电源欠电压低电平最高阈值	$U_{\text{BSUV-}}$	IR2133/IR2133		8.3		
U_{BS} 和 U_{DD} 电源欠电压封锁保护滞环	U_{BSUVH}	IR2133/IR2233		0.4		

续表 8.7

名 称	符 号	测试条件	额定值			单 位
			最小值	典型值	最大值	
高电平输出拉电流	I_{O+}		200	250		mA
低电平输出灌电流	I_{O-}		420	500		
导通延迟时间	t_{on}	$U_{IH}=0V$ 或 $5V$ $U_{S1}=U_{S2}=U_{S2}=0\sim$ $600V$ 或 $1200V$		700		ns
关断延迟时间	t_{off}			700		
导通上升时间	t_r			75		
关断下降时间	t_f			35		
关闭信号 SD 使输出关闭延迟时间	t_{sd}	$U_{IN}=U_{ITRIP}=U_{SD}=0V$ 或 $5V$		700		
过电流信号 I_{TRIP} 使输出关闭延迟时间	t_{itrip}	$U_{IN}=U_{ITRIP}=0V$ 或 $5V$		700		
过电流信号 I_{TRIP} 使故障输出 FAULT 延迟时间	t_{fli}	$U_{IN}=U_{ITRIP}=0V$ 或 $5V$		500		
输入滤波时间 (\overline{HIN} , \overline{LIN} 和 SD)	$t_{flt,in}$	$U_{IN}=0V$ 或 $5V$		310		
清除故障信号 $\overline{FLT-CLR}$ 清除故障输出 FAULT 延迟时间	t_{fltclr}	$U_{IN}=U_{ITRIP}=0V$ 或 $5V$		650		
死区时间	t_{dead}	$U_{IN}=0V$ 或 $5V$		200		

3. 主要参数限制

IR2133/IR2233 系列驱动器的主要参数限制见表 8.8。

表 8.8 IR2133/IR2233 系列驱动器的主要参数限制

符 号	参数定义	最小值	最大值	单 位
U_{B1}, U_{B2}, U_{B3}	高端悬浮工作电源电压 (IR2133)	-0.3	625	V
	高端悬浮工作电源电压 (IR2233)	-0.3	1225	
U_{S1}, U_{S2}, U_{S3}	高端悬浮电源参考电压	$U_{B1}-0.3$	$U_{B1}+0.3$	
$U_{HO1}, U_{HO2}, U_{HO3}$	高端悬浮电源输出电压	$U_{B2}-0.3$ 、 $U_{B3}-0.3$	$U_{B2}+0.3$ 、 $U_{B3}+0.3$	
U_{DD}	工作电源电压	0.3	25	
U_{SS}	低端驱动参考电压	$U_{DD}-25$	$U_{DD}+0.3$	
$U_{LO1}, U_{LO2}, U_{LO3}$	低端输出驱动电压	-0.3	$U_{DD}+0.3$	
U_{IN}	逻辑输入电压 (\overline{HIN} 、 \overline{LIN} 、ITRIP、SD 和 $\overline{FLT-CLR}$)	$U_{SS}-0.3$	$U_{DD}+0.3$	

续表 8.8

符 号	参数定义	最小值	最大值	单 位
U_{IN}, U_{AMP}	误差放大器输入电压	$U_{SS}-0.3$	$U_{DD}+0.3$	V
U_{OUT}, U_{AMP}	误差放大器输出电压	$U_{SS}-0.3$	$U_{DD}+0.3$	
U_{FLT}	\overline{FAULT} 输出电压	$U_{SS}-0.3$	$U_{DD}+0.3$	
du_s/dt	允许临界电源电压上升率	—	50	V/ns
P_D	功耗@ $T_A \leq 25^{\circ}\text{C}$ (DIP-28 封装)	—	1.5	W
	功耗@ $T_A \leq 25^{\circ}\text{C}$ (SOIC-28 封装)	—	1.6	
	功耗@ $T_A \leq 25^{\circ}\text{C}$ (PLCC-44 封装)	—	2.0	
R_{thJA}	结对壳的热阻(DIP-28 封装)	—	83	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
	结对壳的热阻(SOIC-28 封装)	—	78	
	结对壳的热阻(PLCC-44 封装)	—	63	
T_{jmax}	最高允许结温	—	125	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	存储温度范围	-55	+150	
T_L	焊接温度(焊接时间 $\leq 10\text{s}$)	—	300	

4. 推荐工作条件

IR2133/IR2233 系列驱动器的推荐工作条件见表 8.9。

表 8.9 IR2133/IR2233 系列驱动器的推荐工作条件

符 号	参数定义	最小值	最大值	单 位
U_{B1}, U_{B2}, U_{B3}	高边悬浮电源电压	$U_{S1}(U_{S2}, U_{S3})$ +10 或 12	$U_{S1}(U_{S2}, U_{S3})$ +10 或 12	V
U_{S1}, U_{S2}, U_{S3}	高边悬浮电源参考电压(IR2133)		600	
	高边悬浮电源参考电压(IR2233)		1200	
$U_{HO1}, U_{HO2}, U_{HO3}$	高边悬浮输出电压	U_{S1}, U_{S2}, U_{S3}	U_{B1}, U_{B2}, U_{B3}	
U_{DD}	工作电源电压	10 或 12	20	
U_{SS}	低边驱动参考电压	-5	+5	
$U_{LO1,2,3}$	低边驱动输出电压	0	U_{DD}	
U_{IN}	逻辑输入电压(\overline{HIN} 、 \overline{LIN} 、ITRIP、SD 和 $\overline{FLT-CLR}$)	U_{SS}	U_{DD}	
$U_{IN,AMP}$	误差放大器输入电压(CA+ & CA-)	U_{SS}	U_{DD}	
$U_{OUT,AMP}$	误差放大器输出电压(CAO)	U_{SS}	U_{DD}	
U_{FLT}	\overline{FAULT} 输出电压	U_{SS}	U_{DD}	

8.4.4 应用技术

IR2133/IR2233 可用来驱动三相或单相变流器中的电力 MOSFET。

1. 应用注意事项

(1) 如果要求驱动电路输出的正向脉冲宽度较宽,则必须加大自举电容容量,否则会造成欠压保护电路工作。

(2) 如果驱动电路与被驱动的电力 MOSFET 器件距离较远,则连接线应使用双绞线。

(3) 驱动电路输出串联电阻一般为 $10\Omega \sim 33\Omega$;而对于小电流的电力 MOSFET 器件,串联电阻应该增加到 $30\Omega \sim 50\Omega$ 。

(4) 变流器电路带轻负载或低功率因数负载时,直流侧会出现反向电流,这时电流放大器输出会出现负值。为避免发生这种现象,电流放大器可设计成带电压偏移的差分输入形式。

(5) 为了增强系统的抗干扰能力,可使用高速光耦合器,如 6N136、TLP2531 等元件,将控制部分(如上述 PWM 控制电路)与驱动电路隔离,这样可使控制电路的逻辑地和驱动电路的逻辑地相互独立。

(6) 若 U_{B1} 、 U_{B2} 、 U_{B3} 是通过 U_{DD} 应用自举技术产生的,则自举电路中应用的二极管必须是超快恢复高耐压的,而所用电容应为低串联电感、高稳定容量、高频率特性的优质电容。

(7) IR2233/IR2133 可直接驱动几十安的 MOSFET 器件,对电流容量更大的电力 MOSFET 器件可增加外部缓冲放大电路(参考图 8.4)。

(8) IR2133/IR2233 可通过外部电路达到对被驱动的电力 MOSFET 器件实现负偏压的目的,这部分电路可参考图 8.6。

2. 典型应用电路

图 8.22 为 IR2233 的典型应用电路,功率开关器件全为电力 MOSFET,此电路可将直流电压 U_d 逆变为三相交流输出电压 u_A 、 u_B 、 u_C 。直流电压 U_d 来自三相桥式整流电路,交流最大输入线电压为 460V。逆变电路功率元件选用耐压为 1200V 的 MOSFET。驱动电路使用 IR2233,单电源 +15V 供电电压经二极管隔离后又分别作为 3 路高端驱动输出供电电源,电容 C_1 、 C_2 和 C_3 分别为高端 3 路输出的供电电源的自举电容。PWM 控制电路为变流器提供 6 路控制信号、SD 信号及 FLT-CLR 控制信号。 R_7 为变流器直流侧的电流检测电阻,将电流 I_d 转换为电压信号 U_s ,并送入 IR2233 驱动芯片的过电流信号输入 ITRIP 端,同时将电压信号 U_s 送到 IR2233 内部电流运算放大器的同相输入 CA+ 端,并将放大器的输出电压 U_{CAO} 送到 PWM 控制电路。电阻 R_9 和 R_{10} 可根据系统对过电流的要求来选取。如电流 I_d 过大,IR2233 将关闭 6 路驱动输出。

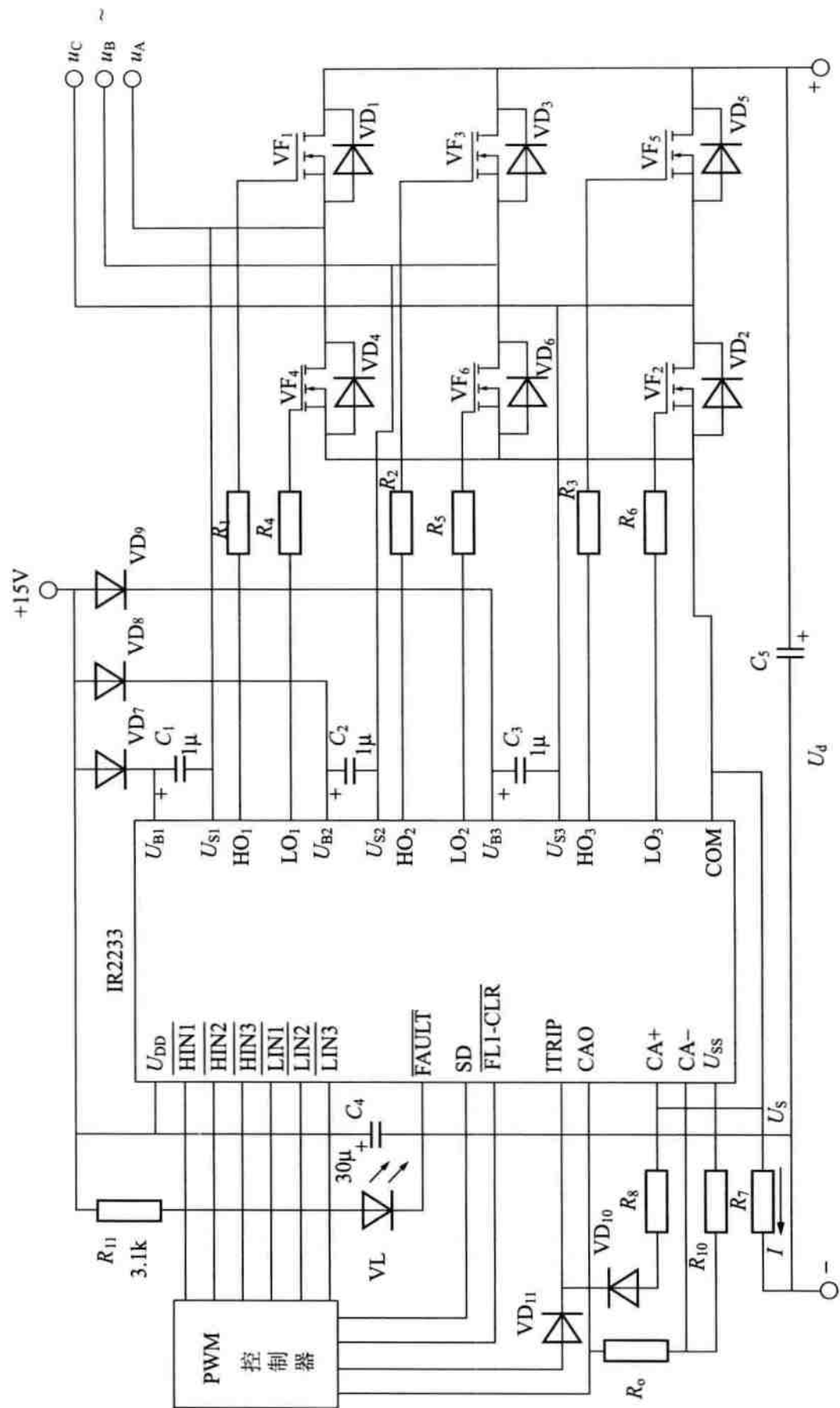


图 8.22 由IR2223驱动的三相MOSFET变流器

8.5 MTC3.1 电力 MOSFET 单管栅极驱动板

MTC3.1 电力 MOSFET 栅极驱动板是专为驱动单管电力 MOSFET 而设计的,以美国 IR 公司的 IR2125 为核心。工作时内部使用单一+15V 电源,与用户系统的工作母线电压连接为+310V~+160V,也可为直接交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动,设计有对 IR2125 的输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节。其可用来驱动 50A/1200V 以下的 1 个电力 MOSFET,允许使用于工作母线最高电压为 500V 的系统中作单个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元;也可多块控制板同时使用,用于单相半桥、单相全桥或三相全桥主功率器件为电力 MOSFET 的电力电子变流系统。

8.5.1 接线方法

图 8.23 给出了 MTC3.1 电力 MOSFET 栅极驱动板的对外接线图。该控制板对外共引出 3 个接插件,10 根接线,接线方法见表 8.10。

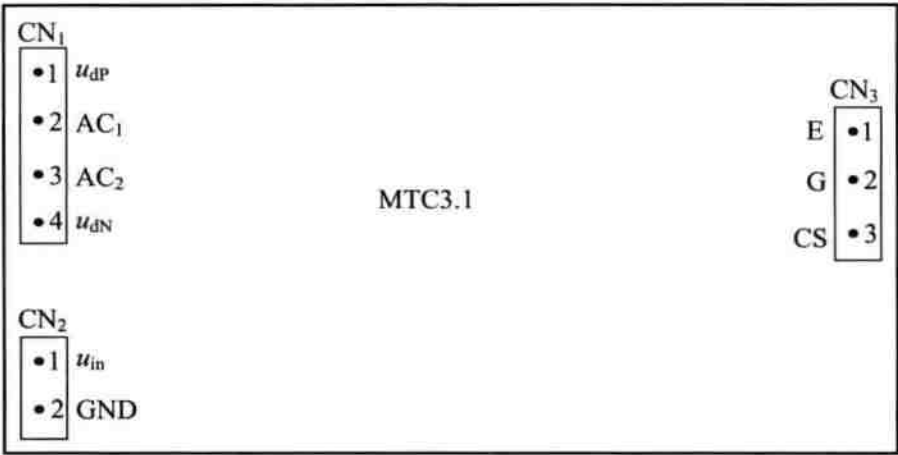


图 8.23 MTC3.1 电力 MOSFET 栅极驱动板的对外接线图

表 8.10 MTC3.1 电力 MOSFET 栅极驱动板的接线方法

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线方法
CN ₁	1	u_{dp}	直流供电电源连接端正	使用直流供电时接用户提供的直流正端,允许输入电压+160V~+310V,使用交流供电时悬空
	2	AC ₁	交流供电电源连接端 1	使用交流供电时接用户提供的交流 220V,使用直流供电时悬空
	3	AC ₂	交流供电电源连接端 2	使用交流供电时接用户提供的参考零线,使用直流供电时悬空
	4	u_{dN}	直流供电电源连接端负	使用直流供电时接用户提供的参考地端,允许输入电压+160V~+310V,使用交流供电时悬空

续表 8.10

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线方法
CN ₂	1	u_{in}	被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输出正端,允许使用高电平为+15V
	2	GND	被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入参考地端	接被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输入参考地
CN ₃	1	E	栅极驱动电路输出信号参考地端	与 CN ₃ 引脚 2 输出的栅极信号线形成绞合线,接被驱动电力 MOSFET 的源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G	栅极驱动电路输出信号连接端	与 CN ₃ 引脚 1 输出的源极信号线形成绞合线,接被驱动电力 MOSFET 的栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	3	CS	被驱动电力 MOSFET 源极电流检测信号输入端	通过对被驱动电力 MOSFET 源极电流的取样,进行过流保护监控。一旦取样值超过内部设定的 0.23V,则迅速封锁输出驱动脉冲

8.5.2 内部构成及工作原理

图 8.24 给出了 MTC3.1 电力 MOSFET 栅极驱动板的电路原理图。该控制板应用 UC3842 单片 PWM 脉冲形成单元作为控制部分,以自激方式的开关电源提供整个控制板工作需要的+15V 电源,而驱动输出线的工作电源是应用自举技术产生的。图中应用小功率电力 MOSFET 管 IRFD9014 及 IRF014 对 IR2125 输出的脉冲信号功率进行了放大,从而保证了对外驱动电流能力(脉冲电流)可以达到 5A 以上。另在输出电路中增加负偏置电路向被驱动电力 MOSFET 关断时提供一负的偏压,使被驱动电力 MOSFET 快速关断。 R_G 与 R_{GE} 用来调整被驱动电力 MOSFET 开通与关断过程中驱动信号的前后沿陡度,应结合被驱动电力 MOSFET 关断过程中漏源极的电压过冲及导通过程中漏源极之间通态压降来折中考虑。

8.5.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 对外仅 3 个接插件,输入与输出及强电与弱电信号线安全隔离,方便应用。
- (2) 输入供电电源既可交流,也可直流,给应用带来了很大的方便。直流供电

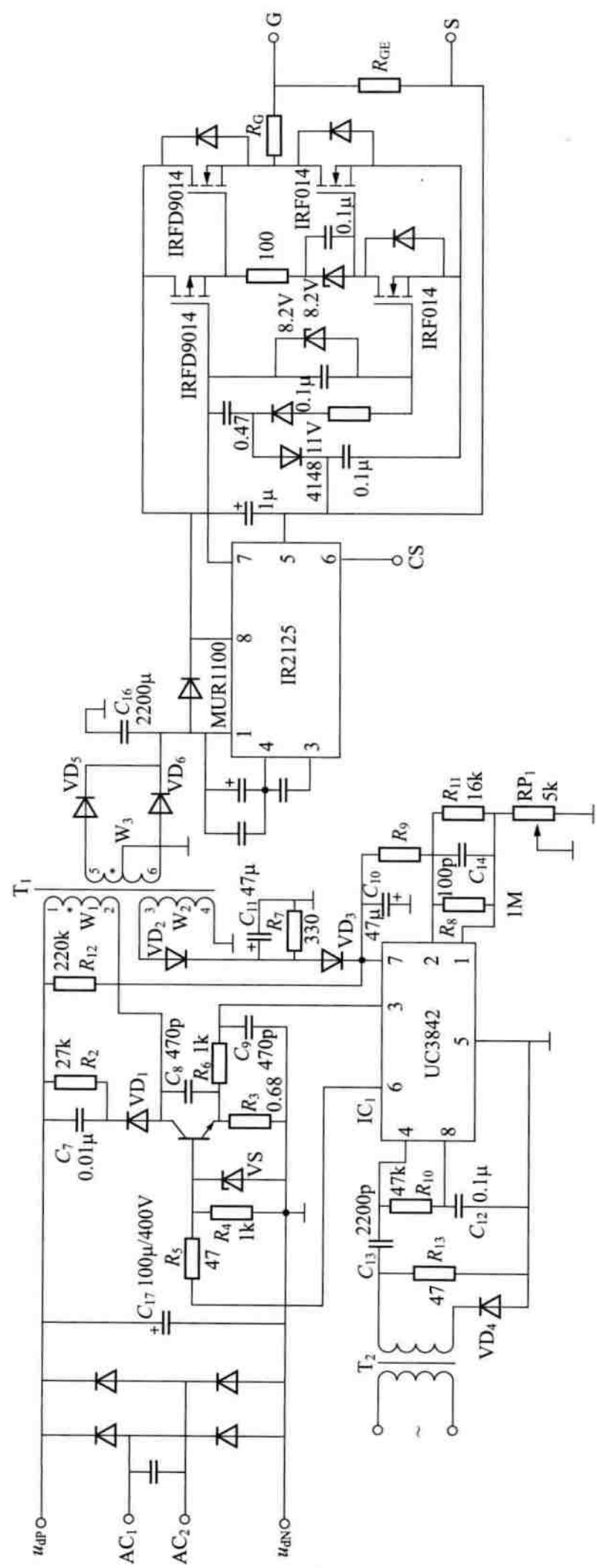


图 8.24 MTC3.1 电力 MOSFET 栅极驱动板的电路原理图

时,电源直接来自用户主电路,可防止驱动电路先于主电路断电对被驱动电力 MOSFET 的危害。

(3) 增加了输出驱动信号的功率放大与负偏压电路,既扩大可被驱动电力 MOSFET 的功率容量,又使关断过程可靠性增加。

(4) 有对被驱动电力 MOSFET 的过流及短路保护功能。

2. 主要参数限制

(1) 输入供电电压最大与最小值:交流供电时为 $\sim 220\text{V} \pm 10\%$,直流供电时为 $+160\text{V} \sim 310\text{V}$ 。

(2) 可驱动电力 MOSFET 的最大容量: $100\text{A}/200\text{V} \sim 50\text{A}/1200\text{V}$ 。

(3) 允许使用系统被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压: $+500\text{V}$ 。

(4) 允许最高使用工作频率 $f_{\max}: 40\text{kHz}$ 。

(5) 工作环境温度范围 $T_A: 0 \sim +40^\circ\text{C}$ 。

(6) 存储环境温度范围 $T_C: -25^\circ\text{C} \sim +65^\circ\text{C}$ 。

8.5.4 应用技术

1. 应用注意事项

(1) MTC3.1 电力 MOSFET 栅极驱动板单块可用来驱动 1 个 MOSFET,可用于主功率器件为 MOSFET 的斩波器中,多块可用于 MOSFET 单相或多相变频器中。

(2) 为增加抗干扰性,输入与输出引线应使用双绞线或同轴电缆屏蔽线,且与被驱动电力 MOSFET 之间的引线应尽可能短。

(3) 应用过流输入端对被驱动电力 MOSFET 进行过流等保护时,可以在被驱动电力 MOSFET 源极串联电阻,也可直接应用霍尔电流传感器来检测电流信号。

(4) 应用多块 MTC3.1 驱动板于单相半桥变流器或单相全桥变流器或三相全桥变流器时,若驱动控制脉冲来自同一个参考地的脉冲形成单元,则应对控制脉冲形成电路的输出信号经独立隔离后接图 8.24 中输入信号 u_{in} 端,不然会引起短路等故障。

2. 正常工作波形

图 8.25 给出了 MTC3.1 正常工作时的输入/输出波形对应关系, u_{in} 、 u_{GE} 、 u_{CS} 分别为输入的驱动脉冲、被驱动电力 MOSFET 栅-源极电压波形及源极电流取样信号波形。

3. 典型应用举例

图 8.26 给出了 MTC3.1 驱动板用于直流斩波器的原理图,MOSFET 容量为 $30\text{A}/1000\text{V}$ 。该斩波器用于直流电动机的调速系统中,调速系统工作于转速闭环控制状态,转速的反馈由与直流电动机同轴的测速发电机获得。MTC3.1 工作于

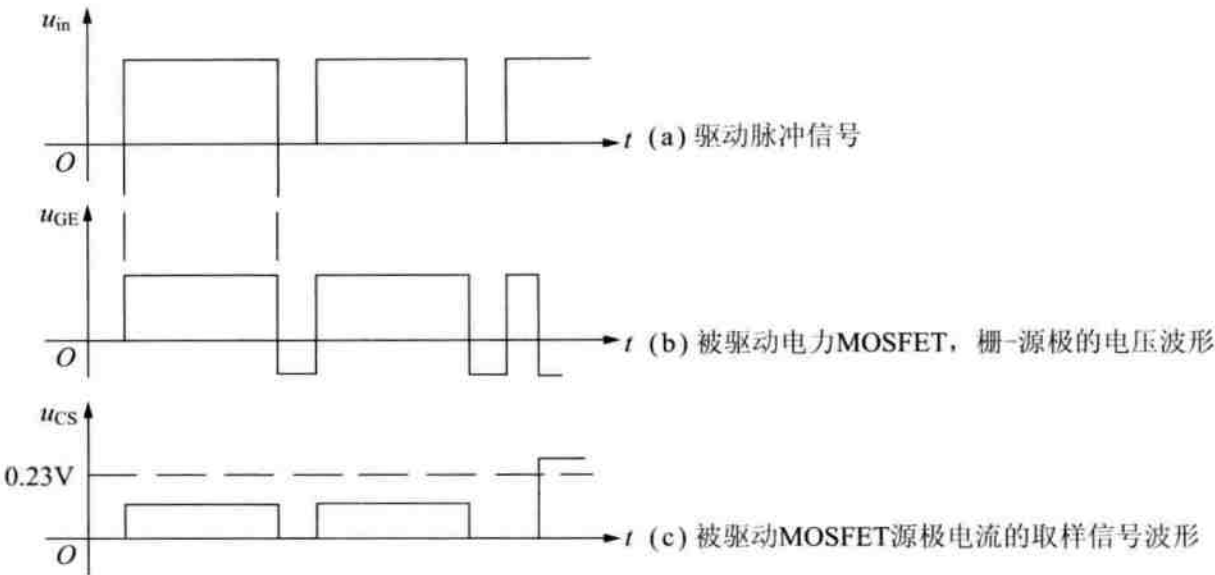


图 8.25 MTC3.1 驱动板的正常工作波形

直流供电模式，控制板的工作电源来自斩波调速系统的主电路。被驱动电力 MOSFET 工作电流的监测应用了霍尔电流传感器 HL。与被驱动 MOSFET VF 并联的高频电容 C 起尖峰过电压保护作用，它用来吸收被驱动电力 MOSFET VF 通断过程中漏-源极产生的尖峰过电压给电力 MOSFET 造成的开关过电压应力。

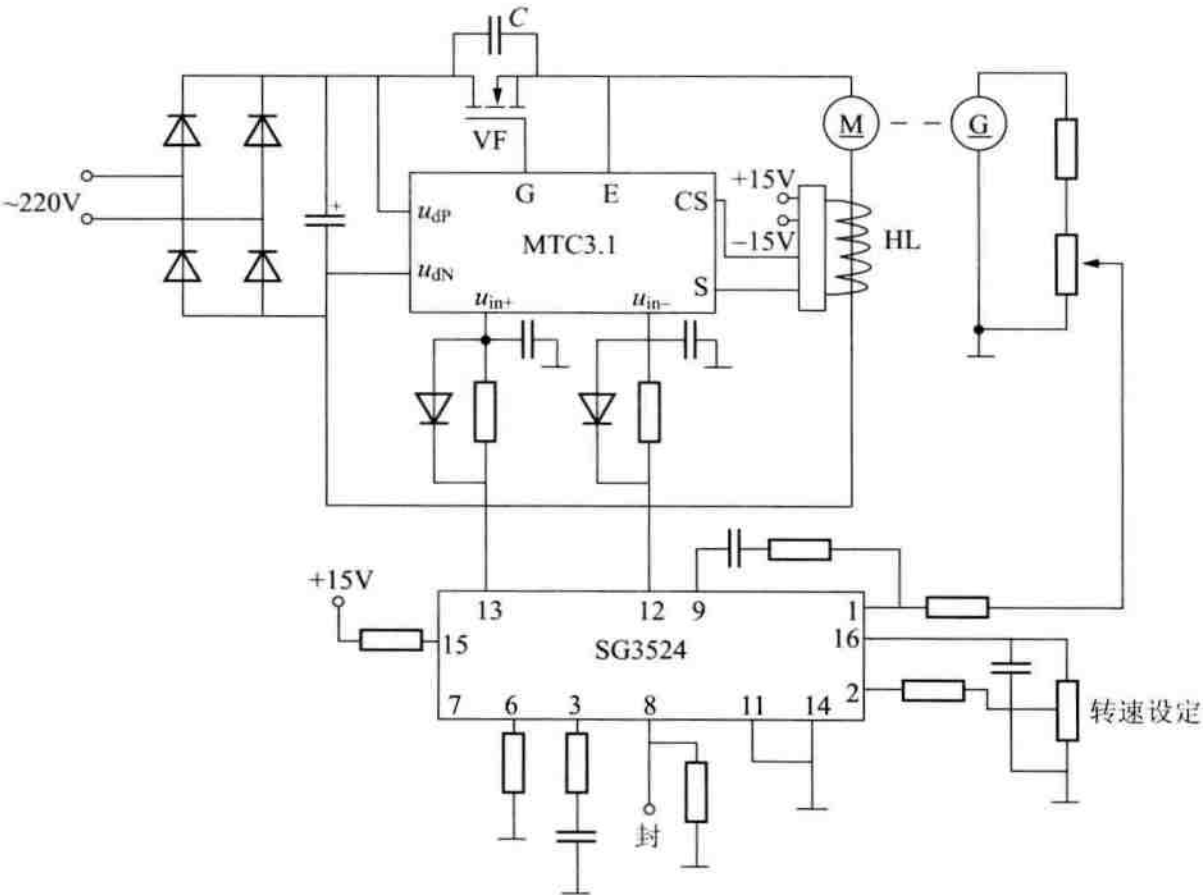


图 8.26 MTC3.1 栅极驱动板用于直流斩波器

8.6 MTC3.2 单相半桥电力 MOSFET 驱动板

MTC3.2 电力 MOSFET 栅极驱动板是专为驱动单相半桥中的 2 个电力 MOSFET 而设计的,以美国 IR 公司的 IR2110 为核心。内部使用单一+15V 电源,与用户系统的工作母线电压连接为+310V~+160V,也可为直接交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动,设计有对 IR2110 输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节,可用于驱动容量为 50A/1200V 以下的单相半桥中的 2 个电力 MOSFET,允许使用于工作母线最高电压为 500V 的系统中作 2 个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元;也可多块控制板同时使用,用于单相半桥、单相全桥或三相全桥主功率器件为电力 MOSFET 的电力电子变流系统中作电力 MOSFET 的驱动单元。

8.6.1 接线方法

图 8.27 给出了 MTC3.2 电力 MOSFET 栅极驱动板的对外接线图,对外共引出 4 个接插件,共有 13 根接线,接线方法见表 8.11。

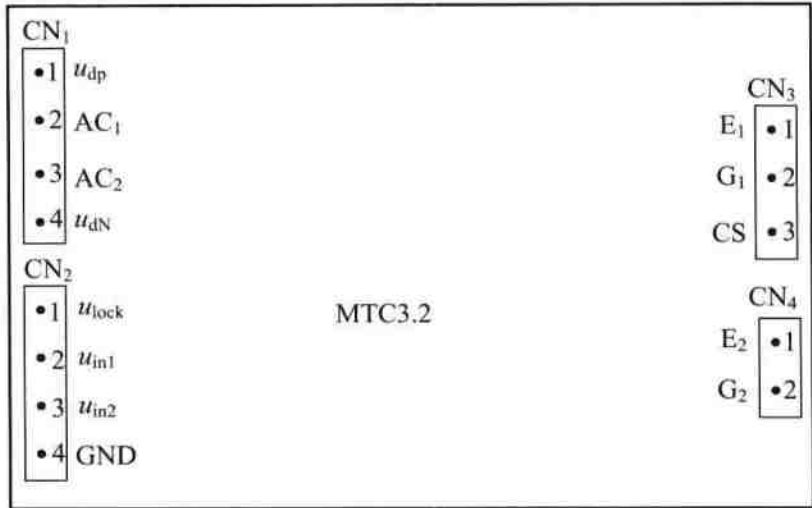


图 8.27 MTC3.2 电力 MOSFET 栅极驱动板的对外接线图

表 8.11 MTC3.2 电力 MOSFET 栅极驱动板的接线方法

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线方法
CN ₁	1	u_{dp}	直流供电电源连接端正	使用直流供电时接用户提供的直流正端,允许输入直流电压+160V~+310V,使用交流供电时悬空
	2	AC ₁	交流供电电源连接端 1	使用交流供电时接用户提供的交流 220V,使用直流供电时悬空
	3	AC ₂	交流供电电源连接端 2	使用交流供电时接用户提供的参考零线,使用直流供电时悬空
	4	u_{dN}	直流供电电源连接端负	使用直流供电时接用户提供的参考地端,允许输入直流电压+160V~+310V,使用交流供电时悬空

续表 8.11

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线方法
CN ₂	1	u_{lock}	驱动输出信号封锁端	输入高电平,同时封锁上下通道输出栅极驱动信号,使用中接外部保护电路输出
	2	u_{in1}	上通道被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接上通道被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输出正端,允许使用高电平为+15V
	3	u_{in2}	下通道被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接下通道被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输出正端,允许使用高电平为+15V
	4	GND	被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入参考地端	接被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输入参考地
CN ₃	1	E_1	上通道被驱动电力 MOSFET 栅极驱动电路输出信号参考地端	与 CN ₃ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接被驱动上通道电力 MOSFET 的源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G_1	上通道被驱动电力 MOSFET 栅极驱动电路输出信号连接端	与 CN ₃ 引脚 1 输出的源极信号线相绞后接上通道被驱动电力 MOSFET 的栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	3	CS	被驱动电力 MOSFET 源极电流检测信号输入端	通过对被驱动下通道电力 MOSFET 源极电流的取样,进行过流保护监控。一旦取样值超过内部设定的 0.23V,则迅速封锁输出驱动脉冲
CN ₄	1	E_2	下通道被驱动电力 MOSFET 源极连接端	与 CN ₄ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接下通道被驱动电力 MOSFET 的源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G_2	下通道被驱动电力 MOSFET 栅极连接端	与 CN ₄ 引脚 1 输出的源极信号线相绞后接下通道被驱动电力 MOSFET 的栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m

8.6.2 内部结构及工作原理

图 8.28 给出了 MTC3.2 电力 MOSFET 栅极驱动板的电路原理图。该板应用 UC3842 单片 PWM 脉冲形成单元作为控制部分,以自激方式的开关电源提供整个控制板工作需要的+15V 电源,而驱动输出线的工作电源是应用自举技术产生的。图中应用小功率电力 MOSFET 管 IRFD9110 及 IRFD110 对 IR2110 输出的脉冲信号功率进行了放大,从而保证了对外驱动电流能力(脉冲电流)可以达到 5A 以上。另在输出电路中增加负偏置电路向被驱动电力 MOSFET 关断时提供负偏压,使被驱动电力 MOSFET 快速关断。 R_G 与 R_{GE} 用来调整被驱动电力 MOSFET 开通与关断过程中驱动信号的前后沿陡度,这两个电阻的取值应结合被驱动电力 MOSFET 关断过程中漏源极的电压过冲及导通过程中漏源极之间通态压降来折中考虑。

8.6.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 对外引出 4 个接插件,输入与输出及强电与弱电信号线安全隔离,方便应用。

(2) 输入供电电源既可交流,也可直流,给应用带来了很大的方便。直流供电应用时,直流电源直接来自用户主电路,可防止驱动电路先于主电路断电对被驱动电力 MOSFET 的危害。

(3) 增加了输出驱动信号的功率放大与负偏压电路,既可扩大被驱动电力 MOSFET 的功率容量,又使关断过程可靠性增加。

(4) 不含被驱动电力 MOSFET 的过流及短路保护功能。

2. 参数限制

(1) 输入供电电压最大与最小值:交流供电时为 $\sim 220\text{V} \pm 10\%$,直流供电时为 $+160\text{V} \sim 310\text{V}$ 。

(2) 可驱动电力 MOSFET 的最大容量: $100\text{A}/200\text{V} \sim 50\text{A}/1200\text{V}$ 。

(3) 允许使用系统被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压: $+500\text{V}$ 。

(4) 允许最高使用工作频率 f_{\max} : 40kHz 。

(5) 工作环境温度范围 T_A : $0 \sim +40^\circ\text{C}$ 。

(6) 存储环境温度范围 T_C : $-25^\circ\text{C} \sim +65^\circ\text{C}$ 。

8.6.4 应用技术

1. 应用注意事项

(1) 不带被驱动电力 MOSFET 的过流与短路等保护功能,使用中应当外加专门的保护电路。

(2) 不带同桥臂上下 2 个电力 MOSFET 驱动脉冲之间的互锁时间间隔,这部分电路由用户在控制脉冲形成电路中考虑,死区时间一般取 $0.5 \sim 2\mu\text{s}$ 。

(3) 可用来驱动 2 个 MOSFET,可用于主功率器件为 MOSFET 的斩波器中,多块板可用于 MOSFET 单相或多相变频器中。

(4) 为增加抗干扰性,其输入/输出引线应使用双绞线或同轴电缆屏蔽线,且与被驱动电力 MOSFET 之间的引线应尽可能短。

(5) 应用过流输入端对被驱动电力 MOSFET 进行过流等保护时,可以在被驱动电力 MOSFET 的负母线上串联电阻,也可直接应用霍尔电流传感器来检测电流信号。

(6) 应用多块驱动板于单相全桥或三相全桥变流器时,若驱动控制脉冲来自同一个参考地的脉冲形成单元,则应对控制脉冲形成电路的输出信号经独立隔离后接图 8.28 中输入信号 u_{in} 端,不然会引起短路等故障。

2. 正常工作波形

图 8.29 给出了 MTC3.2 正常工作时的输入/输出波形对应关系, u_{in1} 、 u_{G1E1} 、 u_{G2E2} 、 u_{LOCK} 分别为该控制板输入的驱动脉冲、被驱动电力 MOSFET 栅-源极电压波形及源极封锁输入信号波形。

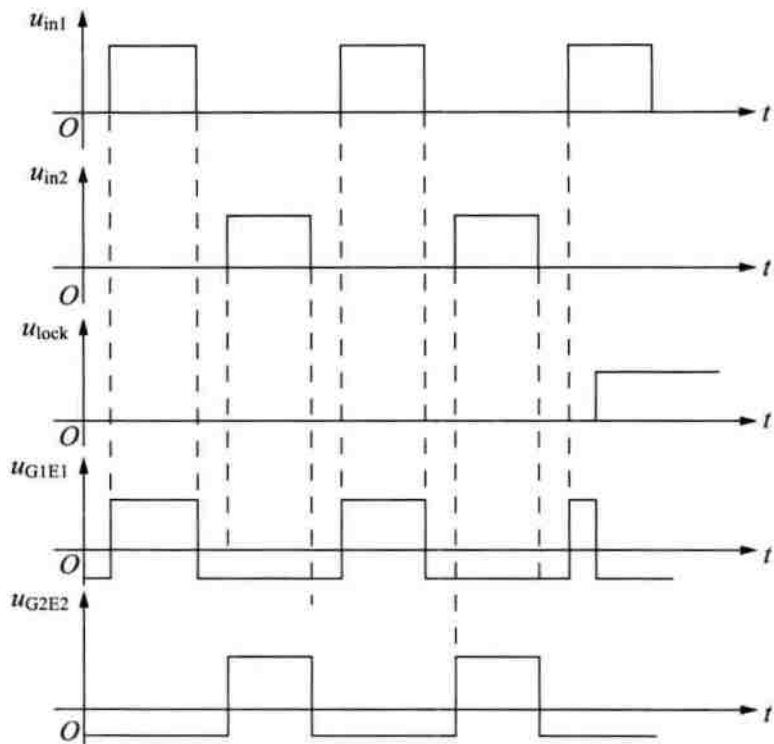


图 8.29 MTC3.2 半桥电力 MOSFET 栅极驱动器的正常工作波形

3. 应用举例

图 8.30 给出了 MTC3.2 单相半桥电力 MOSFET 驱动板用于半桥变流器的

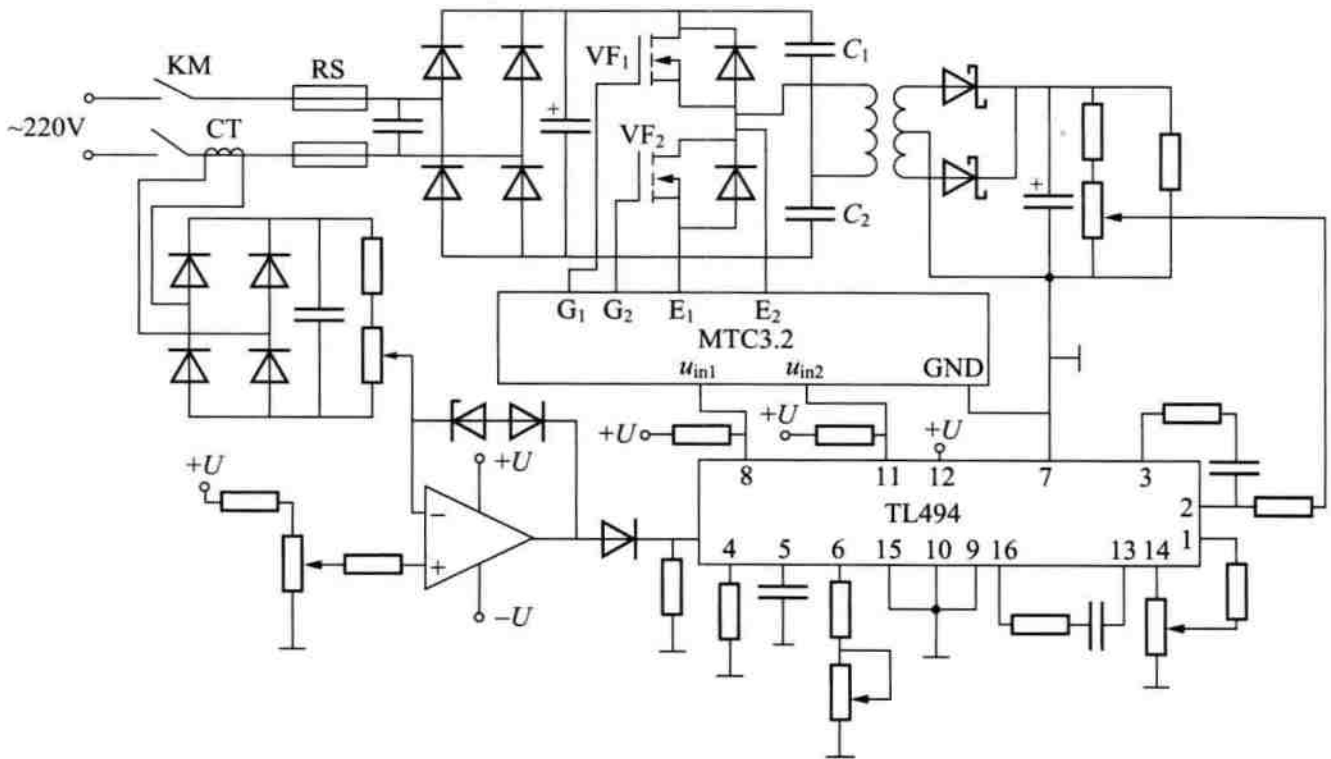


图 8.30 MTC3.2 单相半桥电力 MOSFET 驱动板用于半桥变流器

原理图。该半桥变流器中 1 个桥臂应用 2 只电解电容来代替 2 个电力 MOSFET，所以输出电压降低了一半，使用电力 MOSFET 的数量也减少了一半，这种电路在低压及小功率场合有很好的应用前景。MTC3.2 驱动板的工作电源取自单相 220V 交流，整个电路工作于闭环稳压状态，同时电路中应用交流侧的电流取样环节进行过流及短路保护。PWM 脉冲形成电路应用 TL494，高频整流管应用肖特基二极管。

8.7 MTC3.4 单相全桥电力 MOSFET 驱动板

MTC3.4 电力 MOSFET 栅极驱动板是专为驱动单相全桥中的 4 个电力 MOSFET 而设计的，以美国 IR 公司的 IR2110 为核心。内部使用单一 +15V 电源，与用户系统的工作母线电压连接为 +310V~+160V，也可为直接交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动，设计有对 IR2110 输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节，可用来驱动 50A/1200V 以下的单相全桥中的 4 个电力 MOSFET。允许使用于工作母线最高电压为 500V 的系统中作单相全桥中的 4 个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元；也可多块板同时使用，用于多相全桥主功率器件为电力 MOSFET 的电力电子变流系统。

8.7.1 接线方法

图 8.31 给出了 MTC3.4 电力 MOSFET 栅极驱动板的对外接线图，对外共引出 6 个接插件，17 根接线，接线方法见表 8.12。

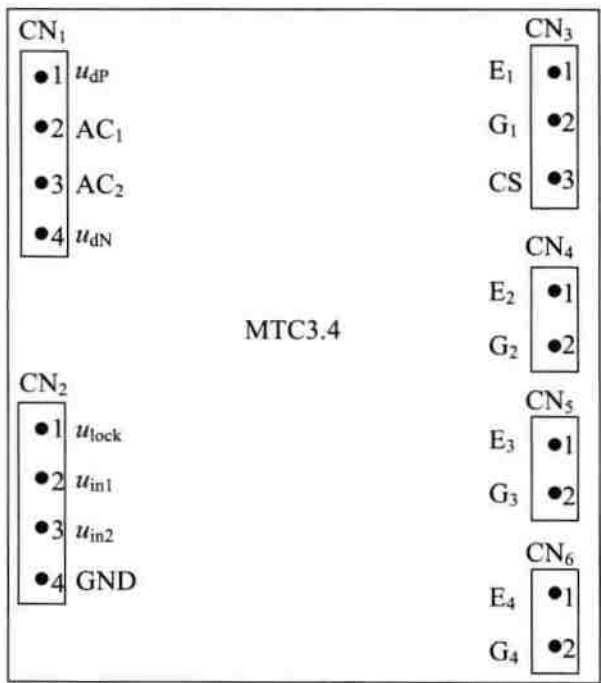


图 8.31 MTC3.4 电力 MOSFET 栅极驱动板的对外接线图

表 8.12 MTC3.4 电力 MOSFET 单相全桥驱动板的接线方法

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线用法
CN ₁	1	u_{dp}	直流供电电源连接端正	使用直流供电时接用户提供的直流正端,允许输入直流电压+160V~+310V,使用交流供电时悬空
	2	AC ₁	交流供电电源连接端 1	使用交流供电时接用户提供的交流 220V,使用直流供电时悬空
	3	AC ₂	交流供电电源连接端 2	使用交流供电时接用户提供的参考零线,使用直流供电时悬空
	4	u_{dN}	直流供电电源连接端负	使用直流供电时接用户提供的参考地端,允许输入直流电压+160V~+310V,使用交流供电时悬空
CN ₂	1	u_{lock}	驱动输出信号封锁端	输入高电平,同时封锁单相全桥 4 个通道输出的栅极驱动信号,接外部保护电路输出
	2	u_{in1}	单相全桥变流器一条对角线被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接单相全桥变流器一条对角线中 2 个被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输出正端,允许使用高电平为+15V
	3	u_{in2}	单相全桥变流器另一条对角线被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接单相全桥变流器另一条对角线中 2 个被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输出正端,允许使用高电平为+15V
	4	GND	被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入参考地端	接被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输入参考地
CN ₃	1	E ₁	全桥电力 MOSFET 变流器一个变流臂上通道被驱动电力 MOSFET 源极连接端	与 CN ₃ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接全桥电力 MOSFET 变流器一个变流臂上通道被驱动电力 MOSFET 源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₁	全桥电力 MOSFET 变流器一个变流臂上通道被驱动电力 MOSFET 源极连接端	与 CN ₃ 引脚 1 输出的源极信号线相绞后接全桥电力 MOSFET 变流器一个变流臂上通道被驱动电力 MOSFET 栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	3	CS	单相全桥电力 MOSFET 变流器负直流母线电流的取样信号输入端	通过对单相全桥电力 MOSFET 变流器负直流母线电流的取样,进行过流保护监控,一旦取样值超过内部设定的 0.23V,则迅速封锁输出驱动脉冲

续表 8.12

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线用法
CN ₄	1	E ₂	全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂下通道被驱动电力 MOSFET 源极连接端	与 CN ₄ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂下通道被驱动电力 MOSFET 源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₂	全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂下通道被驱动电力 MOSFET 栅极连接端	与 CN ₄ 引脚 1 输出的源极信号线相绞后接全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂下通道被驱动电力 MOSFET 栅极。为抗干扰,该引线长度应小 0.5m
CN ₅	1	E ₃	全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂上 MOSFET 源极连接端	与 CN ₅ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂上通道被驱动电力 MOSFET 源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₃	全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂上 MOSFET 源极连接端	与 CN ₅ 引脚 1 输出的源极信号线相绞后接全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂上通道被驱动电力 MOSFET 栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
CN ₆	1	E ₄	全桥电力 MOSFET 变流器一个变流臂下 MOSFET 源极连接端	与 CN ₆ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂下通道被驱动电力 MOSFET 源极,为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₄	全桥电力 MOSFET 变流器一个变流臂下 MOSFET 源极连接端	与 CN ₆ 引脚 1 输出的源极信号线相绞后接全桥电力 MOSFET 变流器另一个变流臂下通道被驱动电力 MOSFET 栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m

8.7.2 内部结构及工作原理

图 8.32 给出了 MTC3.4 电力 MOSFET 栅极驱动板的电路原理图。该板应用 TOP Switch 开关控制来形成自身需要的工作电源,以美国 IR 公司的专用 MOSFET 驱动芯片 IR2110 为核心芯。为了提高驱动能力,使用了带负偏压形成电路的放大缓冲电路,因而整个控制板可驱动 100A 以下的电力 MOSFET。每个支路的 R_{Gi} 与 R_{GEi} ($i=1\sim4$) 用来调整被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号的前后沿陡度,以达到被驱动电力 MOSFET 关断过程中漏源极电压不会太高,而通态压降又较低的最优化结果。

8.7.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 对外引出 6 个接插件, 输入/输出及强电与弱电信号线安全隔离, 方便应用。
- (2) 输入供电电源既可交流, 也可直流, 给应用带来了很大的方便。直流供电应用时, 电源直接来自用户主电路, 可防止驱动电路先于主电路断电对被驱动电力 MOSFET 的危害。
- (3) 增加了输出驱动信号的功率放大与负偏压电路, 既扩大可被驱动电力 MOSFET 的功率容量, 又使关断过程可靠性增加。
- (4) 不含被驱动电力 MOSFET 的过流及短路保护功能。

2. 主要参数限制

- (1) 输入供电电压最大与最小值: 交流供电时为 $\sim 220\text{V} \pm 10\%$, 直流供电时为 $+160\text{V} \sim 310\text{V}$ 。
- (2) 可驱动电力 MOSFET 的最大容量: $100\text{A}/200\text{V} \sim 50\text{A}/1200\text{V}$ 。
- (3) 允许使用系统被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压: $+500\text{V}$ 。

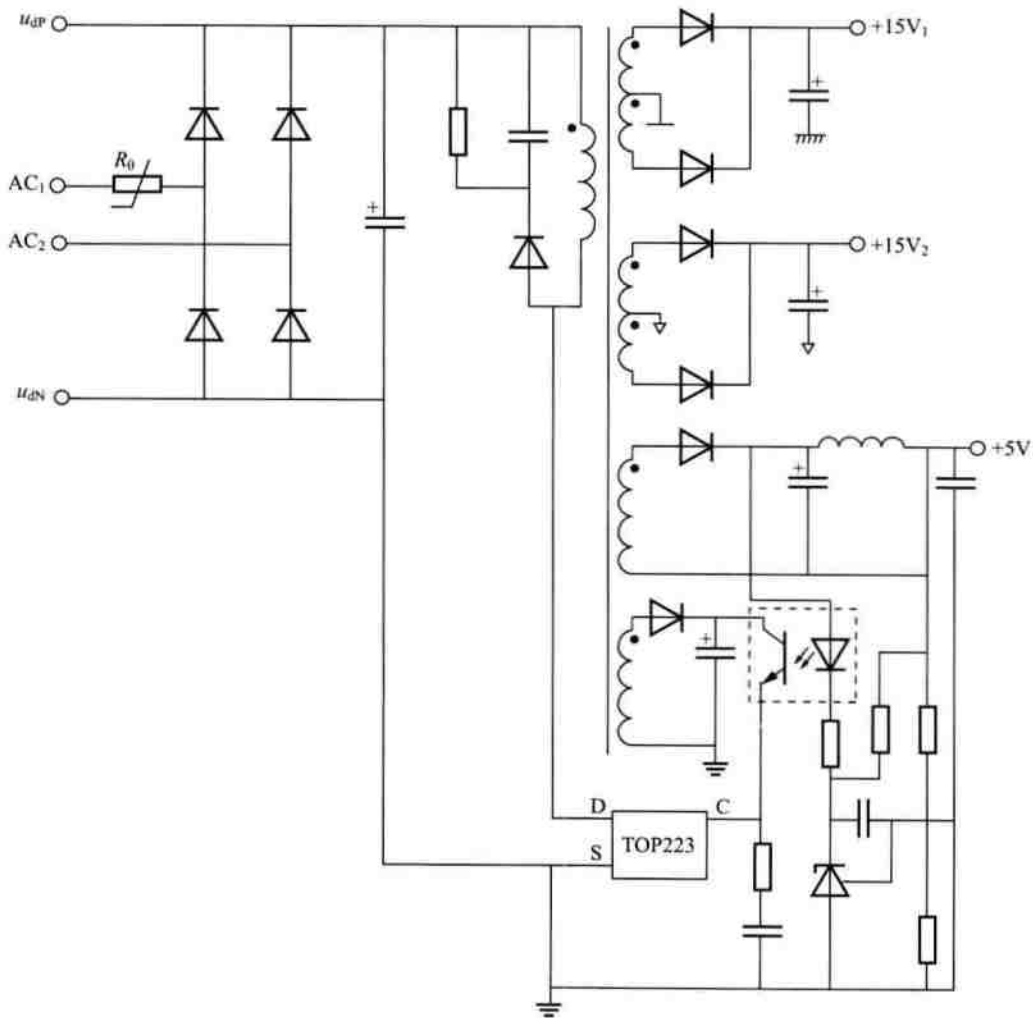
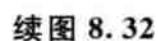


图 8.32 MTC3.4 单相全桥电力 MOSFET 驱动板的电路原理图



- (4) 允许最高使用工作频率 $f_{\max}: 40\text{kHz}$ 。
- (5) 工作环境温度范围 $T_A: 0 \sim +40^\circ\text{C}$ 。
- (6) 存储环境温度范围 $T_C: -25^\circ\text{C} \sim +65^\circ\text{C}$ 。

8.7.4 应用技术

1. 应用注意事项

(1) 不带被驱动电力 MOSFET 的过流与短路等保护功能,使用中应当外加专门的保护电路。

(2) 不带同桥臂上下 4 个电力 MOSFET 驱动脉冲之间的互锁时间间隔,这部分电路由用户在控制脉冲形成电路中考虑,死区时间一般取 $0.5 \sim 2\mu\text{s}$ 。

(3) 单块板可用来驱动 4 个 MOSFET,可用于主功率器件为 MOSFET 的单相全桥变流器中,多块板可用于 MOSFET 多相电力电子变流器中。

(4) 为增加抗干扰性,输入/输出引线应使用双绞线或同轴电缆屏蔽线,且与被驱动电力 MOSFET 之间的引线应尽可能短。

(5) 在应用过流输入端对被驱动电力 MOSFET 进行过流等保护时,可以在被驱动电力 MOSFET 变流器的负母线上串联电阻,也可直接应用霍尔电流传感器来检测电流信号。

(6) 多块板用于多相变流器时,若驱动控制脉冲来自同一个参考地的脉冲形成单元,则应对控制脉冲形成电路的输出信号经独立隔离后接各自对应的图 8.32 中输入信号 u_{in} 端,不然会引起短路等故障。

2. 正常工作波形

图 8.33 给出了 MTC3.4 正常工作时的输入/输出波形对应关系, u_{in1} 、 u_{in2} , u_{G1E1} 、 u_{G2E2} 、 u_{G3E3} 、 u_{G4E4} , u_{LOCK} 分别为该控制板输入的驱动脉冲。被驱动电力 MOSFET 栅-源极电压波形及保护封锁信号波形。

3. 典型应用举例

图 8.34 给出了 MTC3.4 单相全桥电力 MOSFET 驱动板用于低纹波系列开关电源系统的原理图。图中被驱动的电力 MOSFET 型号为 IRF450,工作开关频率为 35kHz。为降低输出直流电压中的纹波,该开关电源在采用常规的电感电容滤波基础上,又增加了有源滤波,使输出电压的纹波含量小于 20mV,而输出电压分 +150V、-150V、+250V、-250V、+600V、-600V 几种规格,成功的用于为空军某雷达修理厂研制的“战时雷达中继维修保障车”维修电源系统中。 R_0 为具有负温度系数的热敏限流电阻,启动合闸后,该电阻较大的阻值限制了给电容 C_1 充电的电流,避免了合闸过程的冲击电流,正常运行时该电阻阻值又变得较小。整个系统工作于闭环稳压状态,反馈电压取样应用了霍尔电压传感器,串于主电路中的霍尔电流传感器检测工作时主电路的电流,为过流保护及短路保护提供取样信号。该电源既应用 SG3526 内部的过流比较器进行过流保护,同时使用专门的比较器进行逆变桥的直通与短路保护。MTC3.4 驱动板的工作电源直接取自单相变流器中主电路中的直流 310V。 U_{RS} 为保护后的复位信号,来自用户的复位电路。

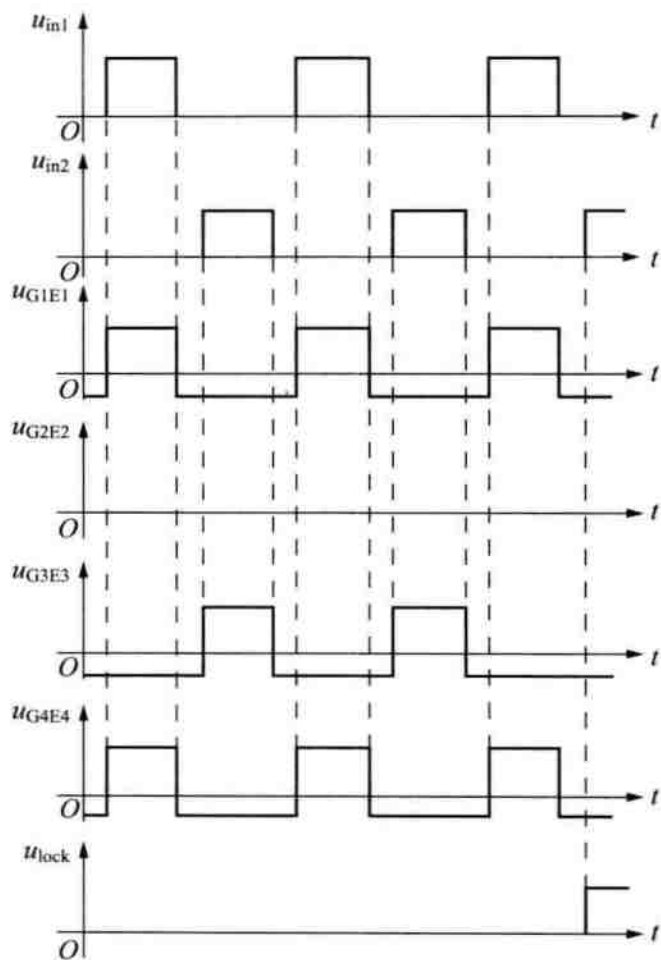


图 8.33 MTC3.4 单相全桥电力 MOSFET 栅极驱动器的正常工作波形

8.8 MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 驱动板

MTC3.6 三相电力 MOSFET 驱动板是专为三相 MOSFET 变流器中 6 个电力 MOSFET 驱动而设计的,以美国公司的 IR2233 驱动芯片为核心,输入信号与 5V CMOS 或 LS TTL 电路输出信号兼容,具有对被驱动电力 MOSFET 故障电流和欠电压保护功能。内部工作电源由开关电源产生,使用中既可交流 220V 供电。也可直流 310V 供电,输入信号增加了高速光耦合器,使抗干扰能力更强,输出经带有负偏置的放大缓冲电路进行驱动功率放大,使驱动电力 MOSFET 的可靠性更高。

8.8.1 接线方法

MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 驱动板对外引出共 8 个接插件,有 25 根引线,其对外接线如图 8.35 所示,接线方法见表 8.13。

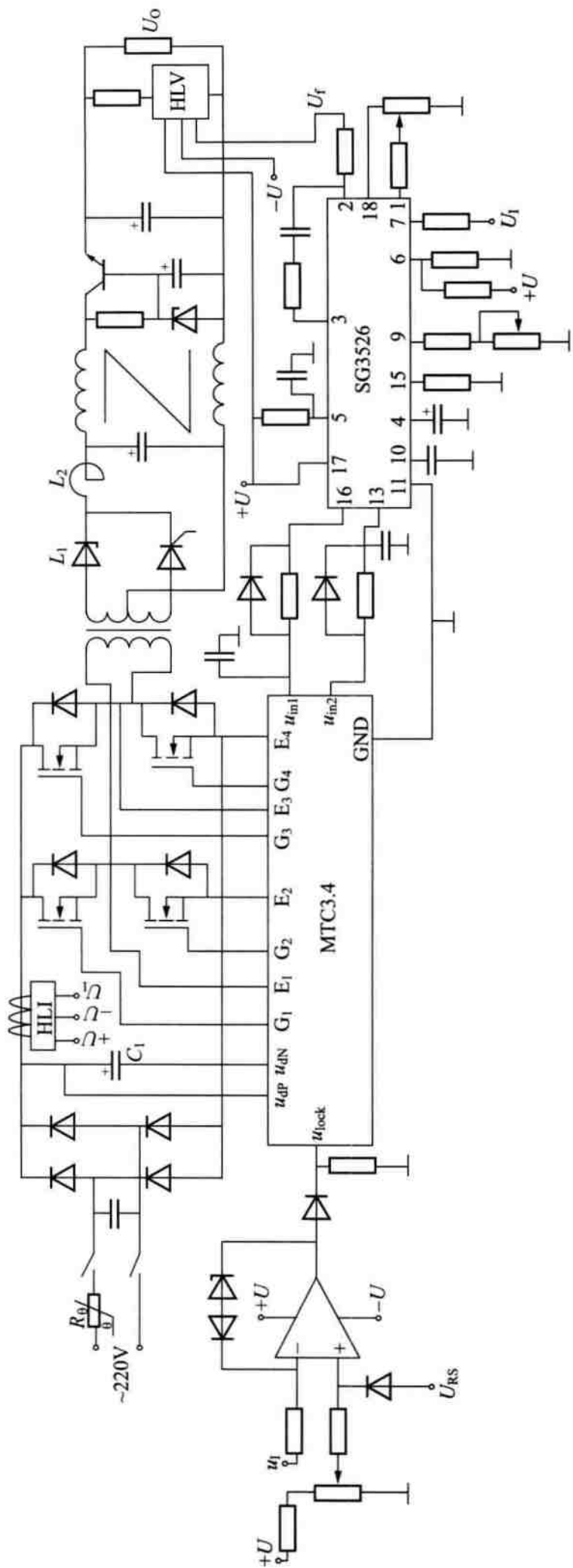


图 8.34 MTC3.4 单相全桥驱动板用于高精度低纹波开关电源系统

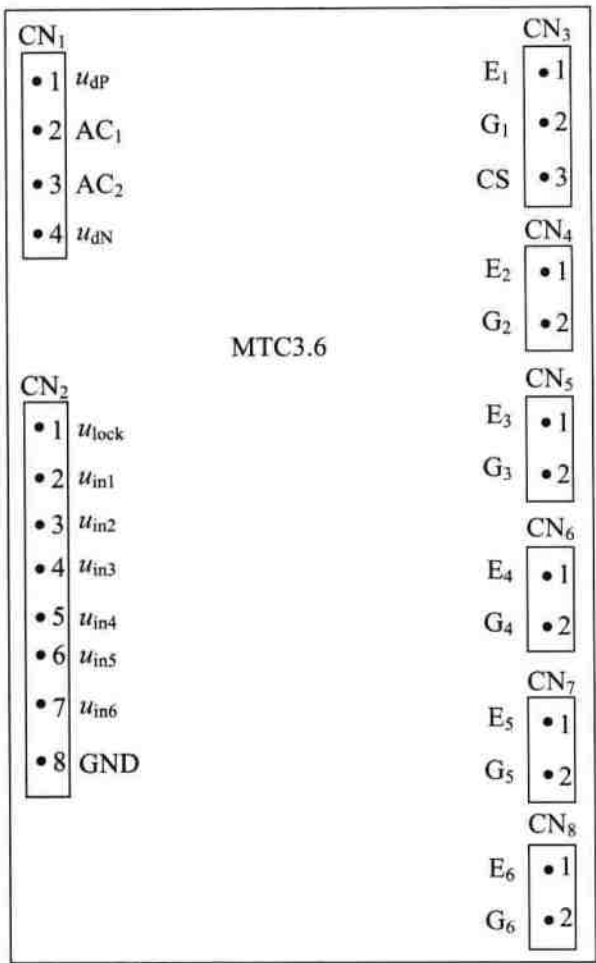


图 8.35 MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 栅极驱动板的对外接线图

表 8.13 MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 的接线方法

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线方法
CN ₁	1	u_{dp}	直流供电电源连接端正	使用直流供电时接用户提供的直流正端,允许输入直流电压+160V~+310V,使用交流供电时悬空
	2	AC ₁	交流供电电源连接端 1	使用交流供电时接用户提供的交流 220V,使用直流供电时悬空
	3	AC ₂	交流供电电源连接端 2	使用交流供电时接用户提供的参考零线,使用直流供电时悬空
	4	u_{dN}	直流供电电源连接端负	使用直流供电时接用户提供的直流电源参考地端,允许输入直流电压+160V~+310V,使用交流供电时悬空
CN ₂	1	u_{lock}	驱动输出信号封锁端	输入高电平,同时封锁三相全桥变流器中 6 个通道输出的栅极驱动信号,接外部保护电路输出
	2	u_{in1}	被驱动三相全桥变流器 1# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接驱动信号形成电路输出,对应三相全桥变流器 1# 电力 MOSFET 控制脉冲正端,允许使用高电平为+15V

续表 8.13

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线方法
CN ₂	3	u_{in2}	被驱动三相全桥变流器 2# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接驱动信号形成电路输出, 对应三相全桥变流器 2# 电力 MOSFET 控制脉冲正端, 允许使用高电平为 +15V
	4	u_{in3}	被驱动三相全桥变流器 3# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接驱动信号形成电路输出, 对应三相全桥变流器 3# 电力 MOSFET 控制脉冲正端, 允许使用高电平为 +15V
	5	u_{in4}	被驱动三相全桥变流器 4# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接驱动信号形成电路输出, 对应三相全桥变流器 4# 电力 MOSFET 控制脉冲正端, 允许使用高电平为 +15V
	6	u_{in5}	被驱动三相全桥变流器 5# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接驱动信号形成电路输出, 对应三相全桥变流器 5# 电力 MOSFET 控制脉冲正端, 允许使用高电平为 +15V
	7	u_{in6}	被驱动三相全桥变流器 6# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输入正端	接驱动信号形成电路输出, 对应三相全桥变流器 6# 电力 MOSFET 控制脉冲正端, 允许使用高电平为 +15V
	8	GND	被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号输入参考地端	接被驱动电力 MOSFET 栅极驱动信号形成电路输入参考地
CN ₃	1	E ₁	三相全桥变流器 1# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出参考地连接端	与 CN ₃ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接 1# MOSFET 源极。为抗干扰, 该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₁	三相全桥变流器 1# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出连接端	与 CN ₃ 引脚 1 输出的栅极信号线相绞后接 1# MOSFET 栅极。为抗干扰, 该引线长度应小于 0.5m
	3	CS	三相全桥电力 MOSFET 变流器负直流母线电流的取样信号输入端	通过对三相全桥电力 MOSFET 变流器负直流母线电流的取样, 进行过流保护监控。一旦取样值超过内部设定的 0.23V, 则迅速封锁输出驱动脉冲
CN ₄	1	E ₂	三相全桥变流器 2# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出参考地连接端	与 CN ₄ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接 1# MOSFET 源极。为抗干扰, 该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₂	三相全桥变流器 2# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出连接端	与 CN ₄ 引脚 1 输出的栅极信号线相绞后接 2# MOSFET 栅极。为抗干扰, 该引线长度应小于 0.5m
CN ₅	1	E ₃	三相全桥变流器 3# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出参考地连接端	与 CN ₅ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接 3# MOSFET 源极。为抗干扰, 该引线长度应小于 0.5m

续表 8.13

接插件号	引脚号	符 号	名 称	接线方法
CN ₅	2	G ₃	三相全桥变流器 3# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出连接端	与 CN ₃ 引脚 1 输出的栅极信号线相绞后接 3# MOSFET 栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
CN ₆	1	E ₄	三相全桥变流器 4# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出参考地连接端	与 CN ₆ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接 4# MOSFET 源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₄	三相全桥变流器 4# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出连接端	与 CN ₆ 引脚 1 输出的栅极信号线相绞后接 4# MOSFET 栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
CN ₇	1	E ₅	三相全桥变流器 5# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出参考地连接端	与 CN ₇ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接 5# MOSFET 源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₅	三相全桥变流器 5# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出连接端	与 CN ₇ 引脚 1 输出的栅极信号线相绞后接 5# MOSFET 栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
CN ₈	1	E ₆	三相全桥变流器 6# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出参考地连接端	与 CN ₈ 引脚 2 输出的栅极信号线相绞后接 6# MOSFET 源极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m
	2	G ₆	三相全桥变流器 6# 电力 MOSFET 栅极驱动信号输出连接端	与 CN ₈ 引脚 1 输出的栅极信号线相绞后接 6# MOSFET 栅极。为抗干扰,该引线长度应小于 0.5m

8.8.2 内部结构及工作原理

图 8.36 给出了 MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 栅极驱动板的电路原理图。它以 UC3844 为 PWM 脉冲形成电路,以开关电源来产生 6 路电力 MOSFET 驱动电路所需要的工作电源及保护电路所需要的工作电源,以 IR2233 为驱动板的控制核心,并对 IR2233 每路输出的驱动信号进行功率放大后向外输出。电路中应用负偏置电路来形成被驱动电力 MOSFET 关断时的负偏压,每个高端电力 MOSFET 驱动输出级的工作电源应用自举技术来产生。 R_0 为具有负温度系数的限流电阻,用来限制合闸时开关电源中给电容 C 充电的电流。

8.8.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 对外引出 8 个接插件,输入与输出及强电与弱电信号线安全隔离,方便应用。
- (2) 输入供电电源既可交流,也可直流,给应用带来了很大的方便。直流供电应用时,电源直接来自用户主电路,可防止驱动电路先于主电路断电对被驱动电力 MOSFET 的危害。

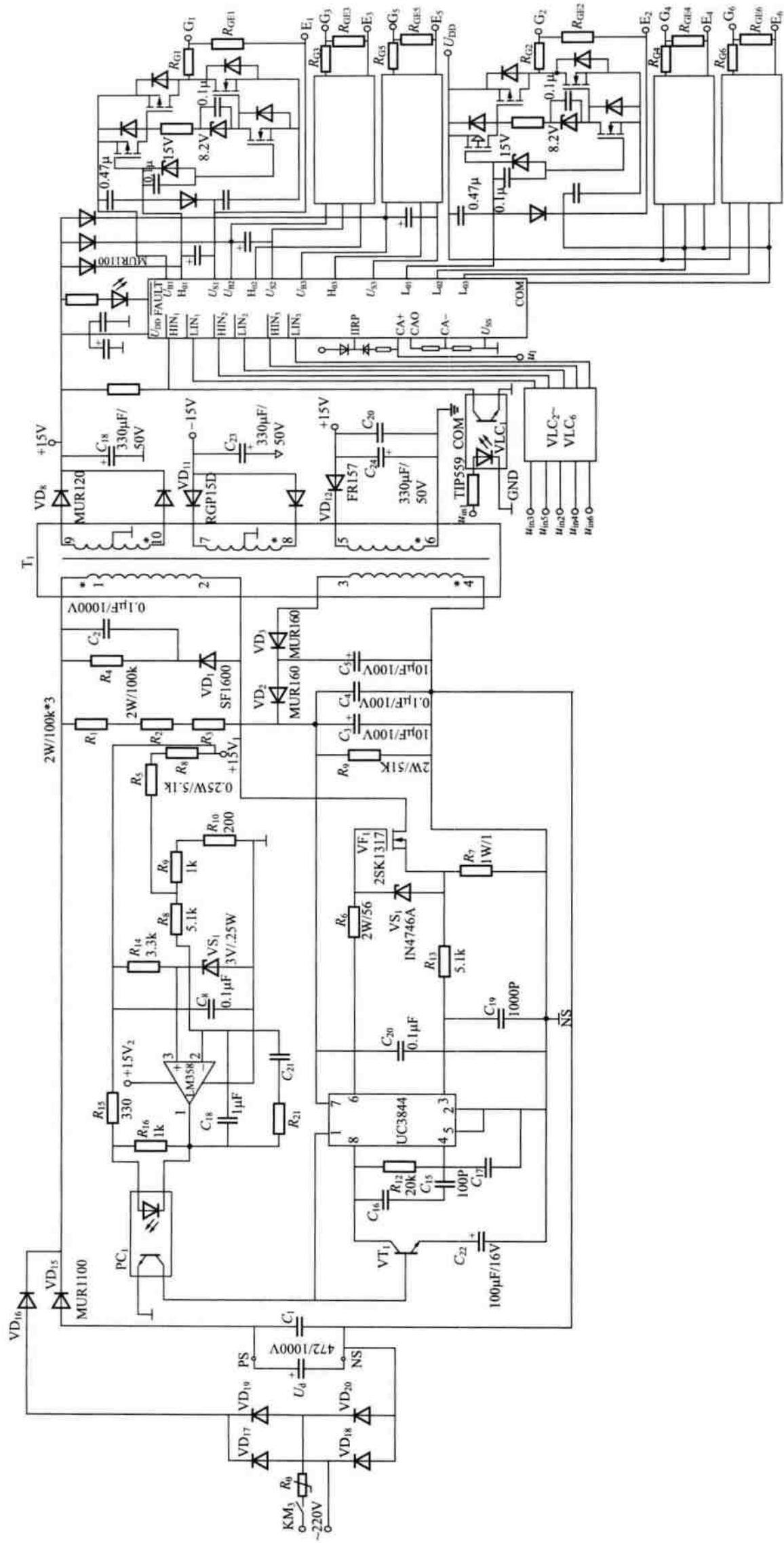


图 8.36 MTC3.6的电路原理图

(3) 增加了输出驱动信号的功率放大与负偏压电路,既扩大可被驱动电力 MOSFET 的功率容量,又使关断过程可靠性增加。

(4) 不含被驱动电力 MOSFET 的过流及短路保护功能。

2. 主要参数限制

(1) 输入供电电压最大与最小值:交流供电时为 $\sim 220\text{V} \pm 10\%$,直流供电时为 $+160\text{V} \sim 310\text{V}$ 。

(2) 可驱动电力 MOSFET 的最大容量: $100\text{A}/200\text{V} \sim 50\text{A}/1200\text{V}$ 。

(3) 允许使用系统被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压: $+500\text{V}$ 。

(4) 允许最高使用工作频率 f_{\max} : 40kHz 。

(5) 工作环境温度范围 T_A : $0 \sim +40^\circ\text{C}$ 。

(6) 存储环境温度范围 T_C : $-25 \sim +65^\circ\text{C}$ 。

8.8.4 应用技术

1. 应用注意事项

(1) 不带被驱动电力 MOSFET 的过流与短路等保护功能,使用中应当外加专门的保护电路。

(2) 不带同桥臂上下 2 个电力 MOSFET 驱动脉冲之间的互锁时间间隔,这部分电路由用户在控制脉冲形成电路中考虑,死区时间一般取 $0.5 \sim 2\mu\text{s}$ 。

(3) 单块板可用来驱动 6 个 MOSFET,可用于主功率器件为 MOSFET 的三相电力电子变流设备中,多块板可用于主功率器件为 MOSFET 的多相电力电子变流设备中。

(4) 为增加抗干扰性,输入/输出引线应使用双绞线或同轴电缆屏蔽线,且与被驱动电力 MOSFET 之间的引线应尽可能短。

(5) 应用过流输入端对被驱动电力 MOSFET 进行过流等保护时,可以在被驱动电力 MOSFET 直流负母线上串联电阻,也可直接应用霍尔电流传感器来检测电流信号。

(6) 多块板用于多相变流器时,若驱动控制脉冲来自同一个参考地的脉冲形成单元,则应对控制脉冲形成电路的输出信号经独立隔离后接图 8.36 中各输入信号 $u_{in i}(i=1 \sim 6)$ 端,不然会引起短路等故障。

2. 正常工作波形

图 8.37 给出了 MTC3.6 正常工作时的输入/输出波形对应关系, u_{in1} 、 u_{in2} 、 u_{in3} 、 u_{in4} 、 u_{in5} 、 u_{in6} 、 u_{G1E1} 、 u_{G2E2} 、 u_{G3E3} 、 u_{G4E4} 、 u_{G5E5} 、 u_{G6E6} 、 u_{LOCK} 分别为输入驱动脉冲、被驱动电力 MOSFET 栅-源极电压波形及故障保护封锁信号波形。

图 8.38 给出了 MTC3.6 三相电力 MOSFET 驱动板用于三相小功率变流器中的原理图。该变流器输入为三相 380V,系统工作于开环运行状态,逆变控制用 PWM 脉冲由 80C51 单片机最小系统产生。不但应用了 IR2233 内部的过电流保

护,还应用了串于主电路中的霍尔电流传感器检测直流电流信号,并进行过流及短路保护。电阻 R_0 为电容 C_1 与 C_2 的充电限流电阻。在开始运行时,电容 C_1 与 C_2 通过 R_0 充电,当电容 C_1 与 C_2 上的电压上升到一定值时,控制电路动作,接触器 KM_2 闭合,短接充电电阻。

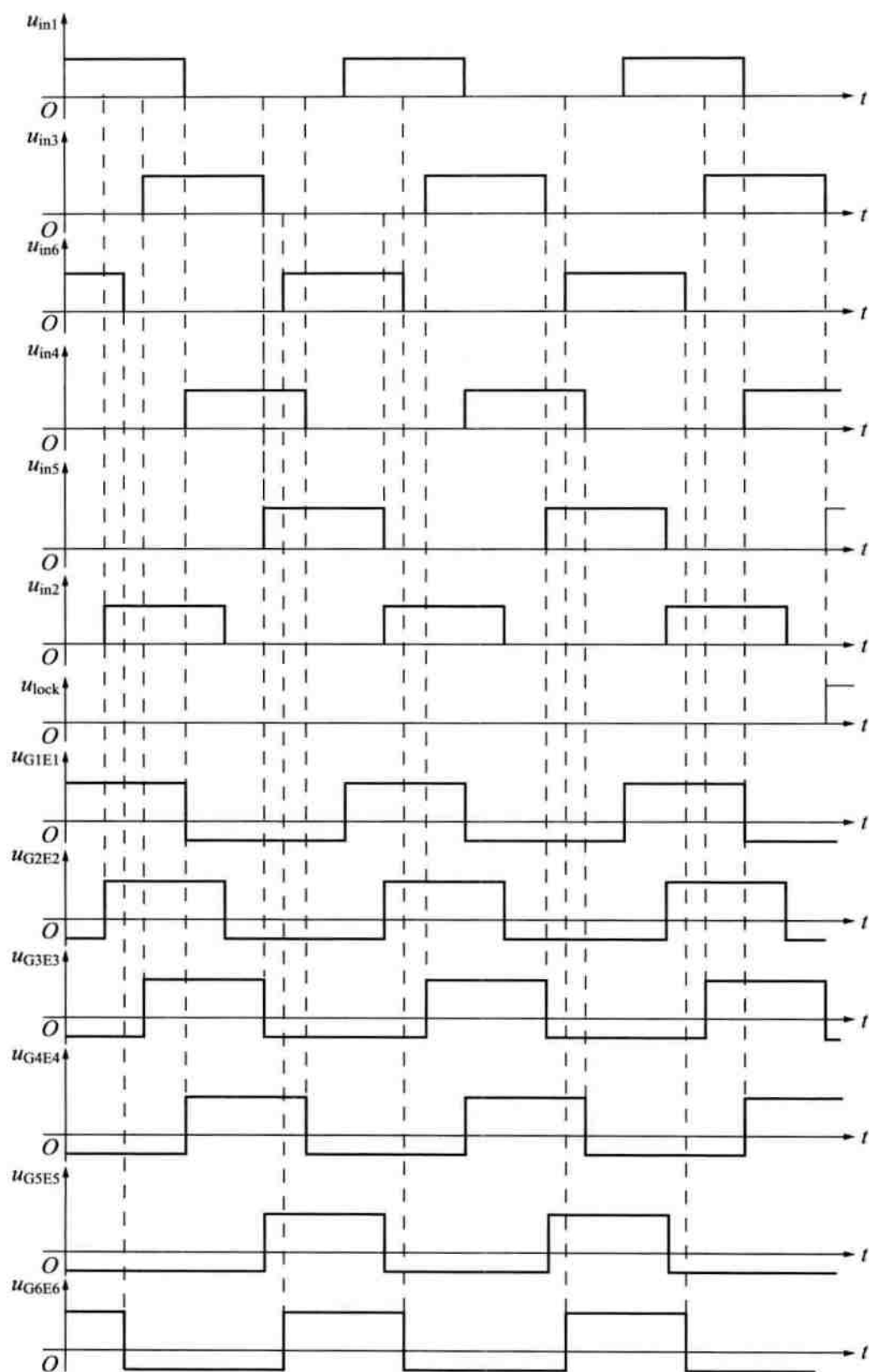


图 8.37 MTC3.6 三相全桥电力 MOSFET 栅极驱动器的正常工作波形

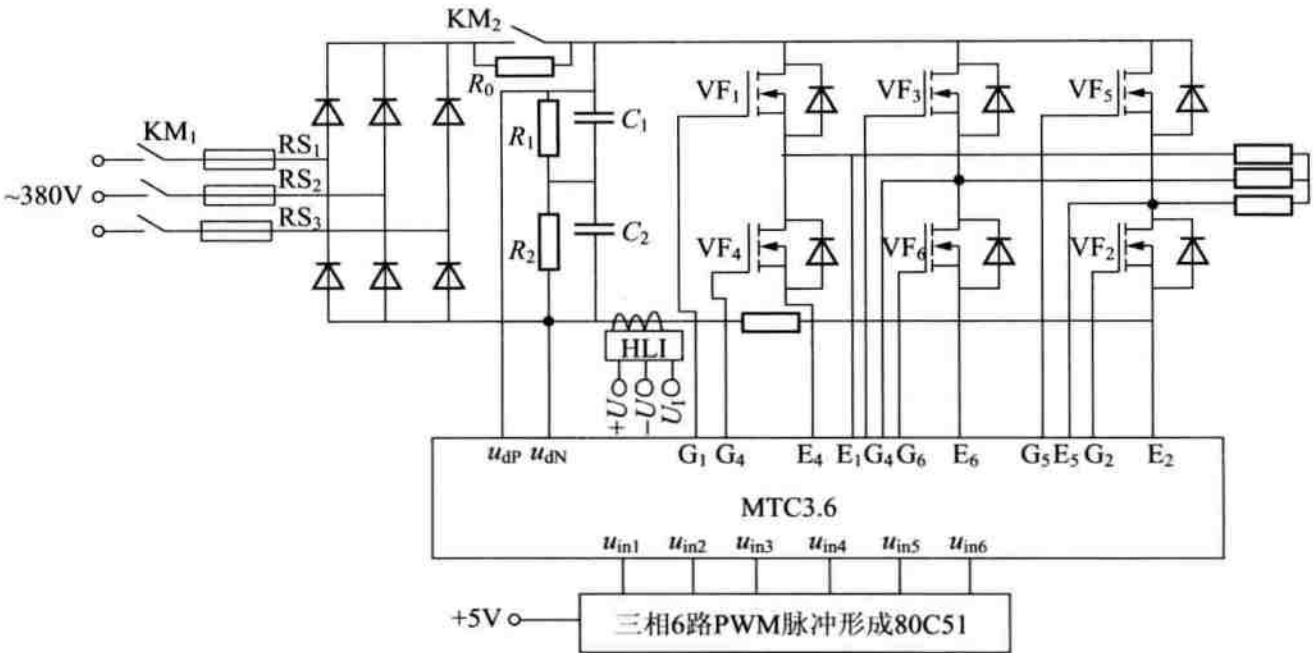


图 8.38 MTC3.6 三相电力 MOSFET 驱动板用于三相变流器

第 9 章 IGBT 栅极驱动集成电路及驱动板

9.1 概 述

绝缘栅控双极型晶体管 IGBT(Insulate Gate Bipolar Transistor),摒弃了电力晶体管 GTR 和场效应晶体管 MOSFET 的缺点,而充分发挥了二者的优点,不但驱动功率小,而且开关频率高、输出功率大,经过近 30 年的发展,如今已成为电力电子器件家族中应用最为广泛的器件之一。其单只可控制功率仅次于电力二极管、晶闸管和 GTO,如今的单管容量已达 3500A/3500V,不但完全取代了电力晶体管,而且逐步挤占着晶闸管和 GTO 的应用空间。

与所有全控型电力电子器件一样,IGBT 应用的关键是其可靠的驱动和故障条件下的快速保护问题。伴随着 IGBT 的诞生和不断发展,其驱动电路一直是该器件应用研究的热门课题,世界各 IGBT 器件研制技术发达的国家都在生产 IGBT 的同时开发出具有自己特点的驱动电路,如日本三菱的 M57 系列、富士公司的 EXB 系列、美国 IR 公司的 IR 系列、IXYS 公司的 SHI 系列、我国的 HL 系列,国内有关 IGBT 的驱动技术研究如火如荼。近几年 IGBT 的使用量逐年扩大,为给使用 IGBT 的电力电子同仁提供点参考,本节选择在国内有较大使用量的几种 IGBT 栅极驱动电路及陕西高科电力电子有限责任公司应用这几种驱动电路开发的栅极驱动板做介绍。表 9.1 给出了几种 IGBT 栅极驱动集成电路和驱动板的型号、主要特点、主要参数。

9.2 HL402A(B)具有自保护功能的 IGBT 厚膜驱动集成电路

HL402A 是我国自行研制的,具有自主知识产权的 IGBT(也可用于电力 MOSFET)栅极驱动集成电路,具有工作频率高、输出电流大、自身带有降栅压与软关断双重保护功能,且降栅压与软关断时间可通过外接电容方便地进行调节等优点,该驱动集成电路由陕西高科电力电子有限责任公司生产。

表 9.1 IGBT 栅极驱动集成电路和驱动板简表

分类	型 号	主要特点	主要参数	应用领域
I G B T 栅极驱动集成电路	HL402A HL402B	具有自主知识产权的国产 IGBT 栅极驱动器,采用标准的单列直插式 17 引脚厚膜集成电路封装,有降栅压及软关断双重保护功能。它的降栅压延迟时间、降栅压时间、软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,能适应不同饱和压降 IGBT 的栅极驱动;用内置有静电屏蔽层的高速光耦合器实现信号隔离,抗干扰能力强、响应速度快、隔离电压高;可直接驱动 200A/1200V 或 400A/600V 以下的 IGBT	工作电源电压 U_{DD} : 15~18V U_{EE} : -12~-10V 输入驱动信号: 10mA ~20mA 降栅压及软关断门槛电压: $8\pm0.5V, 8.5\pm0.8V$ 降栅压报警信号延迟时间及软关断信号延迟时间: $\leq 1\mu s$	用于各种电力电子变流设备中容量不大于 200A/1200V 或 400A/600V 的 IGBT 栅极驱动
	HL403A HL403B	具有自主知识产权的国产 IGBT 栅极驱动器,在 HL402 的基础上对外附加了功率放大晶体管,输出峰值电流可达 6A,可直接驱动 200~600A/1200V 以下的 IGBT,其余参数同 HL402	工作电源电压 U_{DD} : 15~18V U_{EE} : -12~-10V 频率 40kHz,脉宽 $2\mu s$ 时输出峰值电流: 6A	各种电力电子变流设备中不大于 600A/1200V 的 IGBT 栅极驱动
I G B T 栅极驱动板	IGC-2.1	一单元 IGBT 驱动板,可直接与用户控制脉冲形成电路接口,2 个独立电源工作;具有降栅压、软关断双重保护功能,在降栅压和软关断的同时能输出报警信号,可用来封锁用户脉冲形成部分的输出;又可给出触点信号,用来分断用户系统的主电路;同时,降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,可适用于不同饱和压降的 IGBT 驱动和保护	供电电源电压: 1 路独立的 AC 20V/0.1A 及 1 路独立的 DC 15V/0.1A 可驱动 IGBT 的最大容量: 200A/1200V 或 400A/600V 保护后输出接点容量: AC 220V/1A 外形尺寸: 长×宽×高=94mm×70mm×26mm	IGBT 斩波器中实现主斩波管 IGBT 的驱动和保护
	IGC-2.2	在 IGC2.1 的基础上改进而成,1 路保护输出,是 2 个对应驱动器独立的输出信号线“与”;输出级可驱动 2 个独立的一单元 IGBT 模块,也可驱动单相半桥桥臂 2 个 IGBT、2 个共阴极或 2 个共阳极的 IGBT 模块	供电电源电压: 2 路独立的 AC 18V/0.1A 及 1 路独立的 DC 15V/0.1A 外形尺寸: 长×宽×高=126mm×93mm×26mm 其余参数同 IGC-2.1	单相桥式 IGBT 逆变器或三相桥式 IGBT 逆变器 IGBT 的驱动单元
	IGC-2.4	在 IGC2.2 的基础上改进而成,输入与用户控制脉冲形成电路兼容,输出可直接驱动 IGBT 模块;输出级相当于 2 个 IGC2.2 的功能,可驱动 4 个独立的一单元 IGBT 模块,也可驱动单相全桥逆变器中的 4 个 IGBT	工作电源: 1 路 DC +15V、4 路交流 20V/0.1A,共 5 路电位彼此隔离的电源 外形尺寸: 长×宽×高=168mm×148mm×25mm 其余参数同 IGC-2.1	单相桥式 IGBT 逆变器 IGBT 的驱动单元

续表 9.1

分类	型 号	主要特点	主要参数	应用领域
I G B T 栅 极 驱 动 板	IGC-2.6	三相全桥 IGBT 逆变器中 6 个 IGBT 的专用驱动板,可对被驱动 IGBT 进行降栅压和软关断双重保护,降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,从而实现对不同饱和压降 IGBT 的栅极最优驱动和保护;可完成从用户脉冲形成部分到被驱动 IGBT 之间的最优驱动匹配	工作电源:1 路 DC+15V、6 路 AC 20V/0.1A,共 7 路电位彼此独立的电源 其余参数同 IGC-2.1 外形尺寸:长×宽×高=238mm×148mm×30mm	三相全桥 IGBT 逆变器 IGBT 的驱动单元
	IGC-2.7	专为大功率斩波器 IGBT 驱动而设计的,应用 HL403B 作为主驱动芯片,与 IGC2.1~IGC2.6 相比,板内增加了 PWM 脉冲形成,可内控或外控 PWM 脉冲的频率,具有过流或过压及短路集中式保护等功能,可实现对被驱动 IGBT 单管的软关断、降栅压及欠饱和等保护,并可对保护进行记忆和自保;可驱动 IGBT 模块的最大容量为 600A/1200V	工作电源电压:3 路交流双 20V/0.2A 及 1 路 20V/0.1A 输出最大负载能力:±15V/20mA 占空比调节范围:10%~100% 外形尺寸:长×宽×高=190mm×107mm×25mm 安装尺寸:长×宽=177mm×94mm,4-Φ4.5	大功率 IGBT 斩波器、交流调速或直流调速能耗制动回路驱动 IGBT 开关
	IGC3.2T	在 IGC2.2 的基础上改进而成,以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心。在 HL403B 脉冲输出端外加 1 对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路,以扩大其输出脉冲电流,输出驱动电流峰值可达到±6A,可用于 600A/1200V 以下二单元 IGBT 模块的直接栅极驱动	供电电源电压:2 路独立的交流 20V/0.1A 及 1 路 DC 15V/0.1A 电源 保护输出接点容量:交流 380V/0.5A 或 220V/1A。 其余参数同 IGC-2.2	单相桥式 IGBT 逆变器或三相桥式 IGBT 逆变器中 IGBT 的驱动单元
	IGC3.4T	在 IGC2.4 的基础上改进而成,以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心。在 HL403B 脉冲输出端外加 1 对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路,以扩大其输出脉冲电流,输出驱动电流峰值可达到±6A,可用于 600A/1200V 以下 2 个二单元或 4 个独立 IGBT 模块的直接栅极驱动	工作电源:1 路 DC+15V,4 路交流 20V/0.1A,共 5 路电位彼此隔离的电源 保护输出接点容量:交流 380V/0.5A 或 220V/1A 外形尺寸:长×宽×高=220mm×150mm×30mm	单相桥式 IGBT 逆变器中 IGBT 的驱动单元
	IGC3.6T	在 IGC2.6 的基础上改进而成,以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心单元。在 HL403B 脉冲输出端外加 1 对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路,以扩大其输出脉冲电流,输出驱动电流峰值可达到±6A,可用于 600A/1200V 以下的 3 个二单元或 6 个独立 IGBT 模块的直接栅极驱动	工作电源:1 路 DC+15V,6 路 AC 20V/0.1A,共 7 路电位彼此独立的电源 保护输出接点容量:交流 380V/0.5A 或 220V/1A	三相全桥 IGBT 逆变器中 IGBT 的驱动单元

9.2.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

HL402 的外形尺寸及引脚排列如图 9.1 所示。它采用标准单列直插式 17 引脚厚膜集成电路封装,对外共有 15 个引脚,各引脚的名称、功能及用法如下:

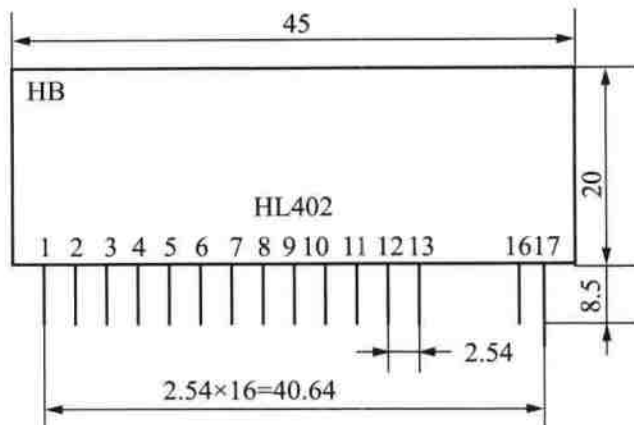


图 9.1 HL402 的外形尺寸及引脚排列示意图

引脚 1(U_{EE}):驱动输出脉冲负极连接端,接被驱动 IGBT 的发射极。

引脚 2(U_{DD}):被驱动 IGBT 脉冲功率放大输出级正电源连接端,接驱动输出级电源正端,要求提供的电源电压为 $+25 \sim +28V$ 。

引脚 3(U_G):驱动输出脉冲正极连接端,经串联电阻 R_G 后直接接被驱动 IGBT 的栅极。电阻 R_G 的取值随被驱动 IGBT 容量的不同而不同,当被驱动的 IGBT 容量为 $50A/1200V$ 时, R_G 的典型阻值为 $0 \sim 20\Omega$,功率为 $1W$ 。

引脚 4(GND):被驱动的 IGBT 脉冲功率放大输出级正电源参考地端,接用户为输出级提供的正电源地端。

引脚 5(SC):软关断斜率电容器 C_5 的一个接线端及驱动信号的封锁引入端,可通过光耦合器二次侧并联于 C_5 两端(集电极接引脚 5,发射极接引脚 10,发光二极管接用户集中封锁信号输入)来直接封锁被驱动 IGBT 的脉冲输出。

引脚 10(GND):软关断斜率电容器 C_5 的另一个连接端(引脚 10 在内部已与引脚 4 接通)。 C_5 的大小决定着被驱动的 IGBT 软关断斜率的快慢, C_5 推荐值为 $1000 \sim 3000pF$ 。

引脚 6(I_O):软关断报警信号输出端,最大负载能力为 $20mA$ 。它作为被驱动的输入信号封锁端,既可通过光耦合器(引脚 6 接光耦合器阴极)来封锁控制脉冲形成部分的脉冲输出,也可通过光耦合器来带动中间继电器分断被驱动 IGBT 所在的主电路。

引脚 7(NC):空脚,悬空。

引脚 8(U_{OI}):降栅压报警信号输出端,最大输出电流为 $5mA$ 。该端可通过光耦合器(引脚 8 接光耦合器阴极)来封锁控制脉冲形成部分的脉冲输出,也可通过光耦合器来带动继电器分断被驱动的 IGBT 所在的主回路。

引脚 9(U_{IN1}):降栅压信号输入端,需经快恢复二极管(二极管阳极接该端)接

至被驱动 IGBT 的集电极,需要降低动作门槛电压值时,可再反串入稳压二极管(稳压管的阴极接引脚 9)。需要注意的是,快恢复二极管必须是高耐压、超高速快恢复型,其反向恢复时间应不超过 50ns,经反串稳压二极管后,由原来的动作门槛电压(8.5V)减去稳压管的稳压值即为新的保护门槛电压。降栅压功能可通过将引脚 13 与引脚 10 短接而删除。

引脚 11(C_2)、引脚 10(GND):降栅压延迟时间电容器 C_6 的连接端。 C_6 的大小决定着降栅压延迟时间的长短,推荐电容值为 0~200pF,电容量大时短路电流峰值较大,所以此电容一般可不接。

引脚 12(C_1)、引脚 10(GND):降栅压时间定时电容器 C_7 的连接端。当该电容器较大时,降栅压时间较长后被驱动的 IGBT 才关断,这意味着造成被驱动的 IGBT 损坏的危险性在增加,所以 C_7 的值不能取得太大;但 C_7 的值也不能取得太小,过小的 C_7 值将造成被驱动的 IGBT 快速降栅压后关断,这有可能导致回路中本身存在的分布电感因被驱动的 IGBT 快速关断,而引起过高的 di/dt 产生尖峰过电压 $L di/dt$ 击穿被驱动的 IGBT。所以, C_7 的取值要适当,一般推荐使用值为 510~1500pF。

引脚 16(U_{IN-}):内置静电屏蔽层的高速光耦合器输入侧二极管阴极连接端。当引脚 17 通过电阻接正电源时,直接接用户脉冲形成部分的输出;当引脚 17 接脉冲形成部分的脉冲输出时,直接接控制脉冲形成部分的地。

引脚 17(U_{IN+}):内置静电屏蔽层的高速光耦合器输入侧二极管阳极连接端,通过电阻接正电源,亦可通过电阻接用户脉冲形成单元输出端。应注意的是,该端接正电源时,因引脚 16 接脉冲形成电路的输出,故输入脉冲的高电平对应被驱动 IGBT 的关断,而输入脉冲的低电平对应被驱动 IGBT 的导通,反之,该端接脉冲形成电路的输出正端,而引脚 16 接控制脉冲形成电路的参考地时,输入脉冲的高电平对应被驱动 IGBT 导通,而输入脉冲的低电平对应被驱动 IGBT 关断。无论是接用户脉冲形成部分的输出,还是接正电源,要求提供的电流幅值为 12mA,串入的电阻值(k Ω)可按式(9.1)计算:

$$R = (U_{IN} - 2V) / 12mA \quad (9.1)$$

9.2.2 内部结构及工作原理

HL402 的内部结构及工作原理如图 9.2 所示。VLC 为带静电屏蔽的光耦合器,用来实现与输入信号的隔离。由于它具有静电屏蔽功能,因而显著提高了 HL402 抗共模干扰的能力。 A_1 为脉冲放大器,晶体管 V_1 、 V_2 用来实现驱动脉冲功率放大。 A_2 为降栅压比较器,正常情况下引脚 9 输入的 IGBT 集电极电压 U_{CE} 不高于 A_2 反相端由稳压管 VS_2 设定的基准电压 U_{REF} , A_2 不翻转,晶体管 V_3 不导通,故从引脚 17、引脚 16 输入的驱动脉冲信号经 A_1 整形后不被封锁,驱动脉冲经 V_1 、 V_2 放大后提供给被驱动的 IGBT 使之导通或关断。一旦被驱动 IGBT 退饱和,则引脚 9 输入的集电极电压取样信号 U_{CE} 高于 A_2 反相端设置的基准电压

U_{REF} , 比较器 A_2 翻转输出高电平, 使晶体管 V_3 导通, 由稳压管 VS_1 将驱动器输出的栅极电压 U_{GE} 降低到 10V。此时, 软关断定时器 P 在降栅压比较器 A_2 翻转达到设定的时间后, 输出正电压使晶体管 V_4 导通, 将栅极电压软关断降到 IGBT 的栅极-发射极阈值电压, 给被驱动的 IGBT 提供一个负的驱动电压, 保证被驱动 IGBT 可靠关断。图 9.3 给出了 HL402 正常工作时的波形, 而图 9.4 给出了 HL402 保护动作后的输出波形。

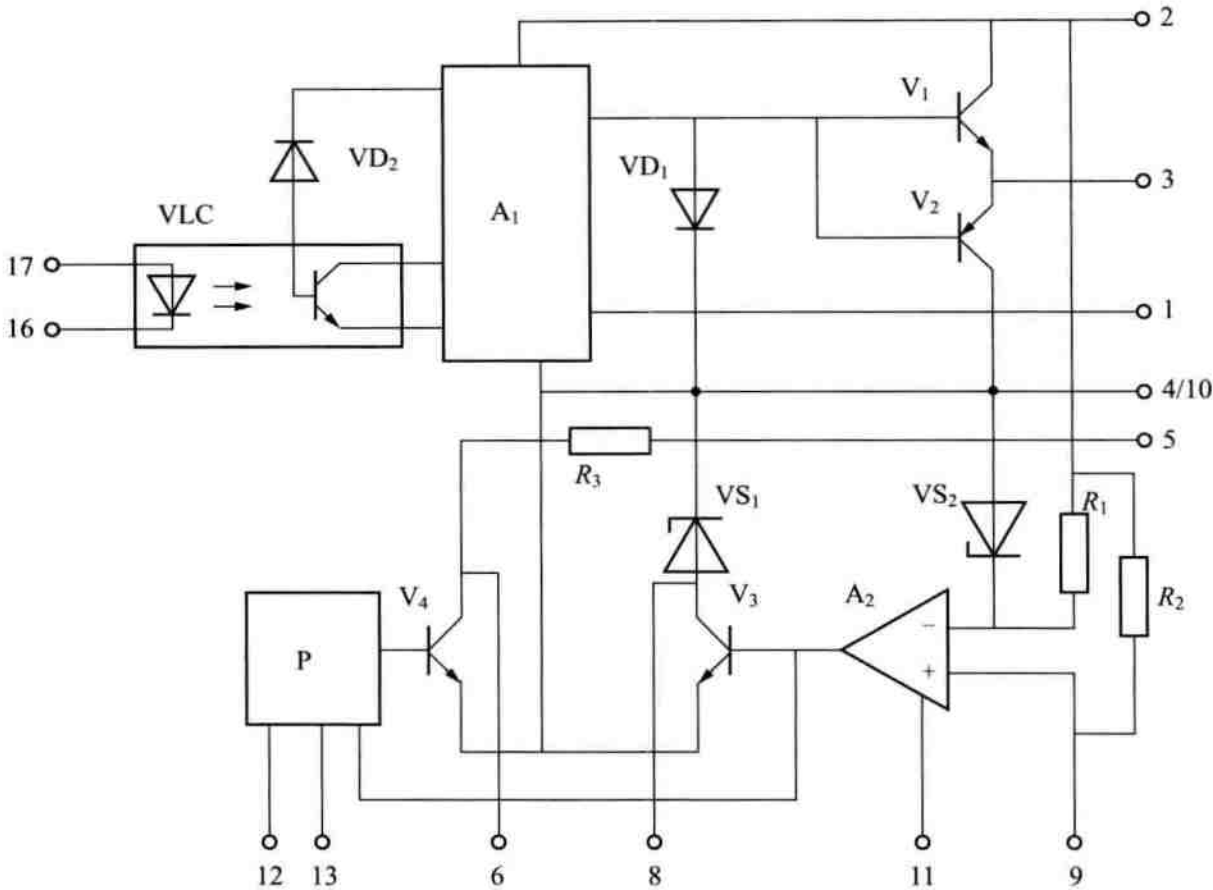


图 9.2 HL402 的内部结构及工作原理

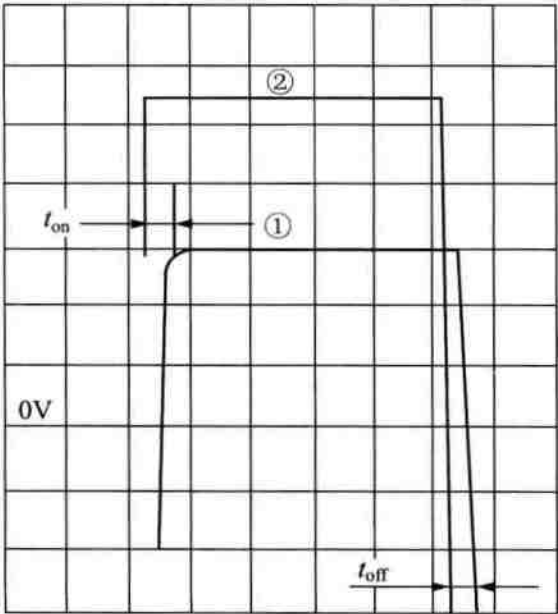


图 9.3 HL402 的正常波形

① U_{CE} (5V/div) ② U_{in} (10V/div) t : 2 μ s/div

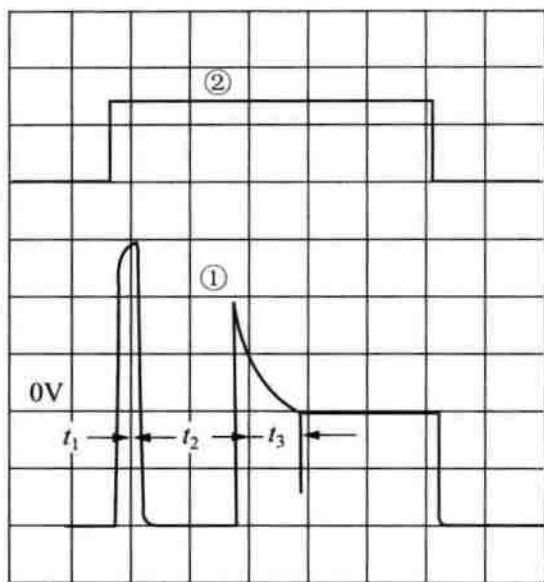


图 9.4 HL402 保护动作后的输出波形

① U_{GE} (5V/div) ② U_{in} (10V/div) t : 5 μ s/div

9.2.3 主要设计特点和参数

1. 主要设计特点

HL402 内置有静电屏蔽层的高速光耦合器实现信号隔离,抗干扰能力强、响应速度快、隔离电压高。它具有对被驱动 IGBT 进行降栅压、软关断的双重保护功能,在软关断及降栅压的同时能输出报警信号,实现封锁脉冲或分断主回路的保护。它输出驱动电压幅值高,正向驱动电压可达 15~17V,负向驱动电压可达 10~12V,因而可用来直接驱动 150A/1200V 以下的 IGBT。

2. 主要参数限制

- (1) 供电电源电压 U_C : 30V (U_{DD} 为 15~18V, U_{EE} 为 -10~-12V)。
- (2) 光耦输入峰值电流 I_f : 20mA。
- (3) 正向输出电流 $+I_G$: 2A (脉宽 $< 2\mu$ s、频率为 40kHz、占空比 < 0.05 时)。
- (4) 负向输出电流 $-I_G$: 2A (脉宽 $< 2\mu$ s、频率为 40kHz、占空比 < 0.05 时)。
- (5) 输入、输出隔离电压 U_{iso} : 2500V 工频, 1min。

3. 推荐工作参数

- (1) 电源电压 U_C : 25V ($U_{DD} = +15V$, $U_{EE} = -10V$)。
- (2) 光耦合器输入峰值电流 I_f : 10~12mA。

4. 特性参数

- (1) 输出正向驱动电压 $+U_G$: $\geq U_{DD} - 1V$ 。
- (2) 输出负向驱动电压 $-U_C$: $\geq U_{EE} - 1V$ 。
- (3) 输出正电压响应时间 t_{on} : $\leq 1\mu$ s (输入信号上升沿 $< 0.1\mu$ s, $I_f = 0 \rightarrow 10mA$)。

(4) 输出负电压响应时间 $t_{\text{off}} : \leq 1\mu\text{s}$ (输入信号下降沿 $< 0.1\mu\text{s}$, $I_f = 10 \rightarrow 0\text{mA}$)。

(5) 软关断报警信号延迟时间 $t_{\text{ALM1}} : < 1\mu\text{s}$ (不包括光耦合器 VLC_3 的延迟时间), 输出电流 $< 20\text{mA}$ 。

(6) 降栅压报警信号延迟时间 $t_{\text{ALM2}} : < 1\mu\text{s}$ (不包括光耦合器 VLC_2 的延迟时间), 输出电流 $< 5\text{mA}$ 。

(7) 降栅压动作门槛电压 $U_{\text{CE}} : 8 \pm 0.5\text{V}$ 。

(8) 软关断动作门槛电压 $U_{\text{CE}} : 8.5 \pm 0.8\text{V}$ 。

(9) 降栅压幅值: $8 \sim 10\text{V}$ 。

9.2.4 应用技术

1. 使用注意事项

(1) 典型应用接线如图 9.5 所示, $C_1 \sim C_4$ 需尽可能靠近 HL402 引脚 2、引脚 1、引脚 4 安装。

(2) 为尽可能避免高频耦合及电磁干扰, 由 HL402 输出到被驱动 IGBT 栅-射极的引线需要采用双绞线或同轴电缆屏蔽线, 引线长度应不超过 1m 。

(3) 由 HL402 引脚 9、引脚 13 接至 IGBT 集电极的引线必须单独分开走, 不得与栅极和发射极引线绞合, 以免引起交叉干扰。

(4) 在典型接线图中, 光耦合器 VLC_1 可输入脉冲封锁信号, 当 VLC_1 导通时, HL402 输出脉冲立即被封锁至 -10V 。光耦合器 VLC_2 提供软关断报警信号, 它

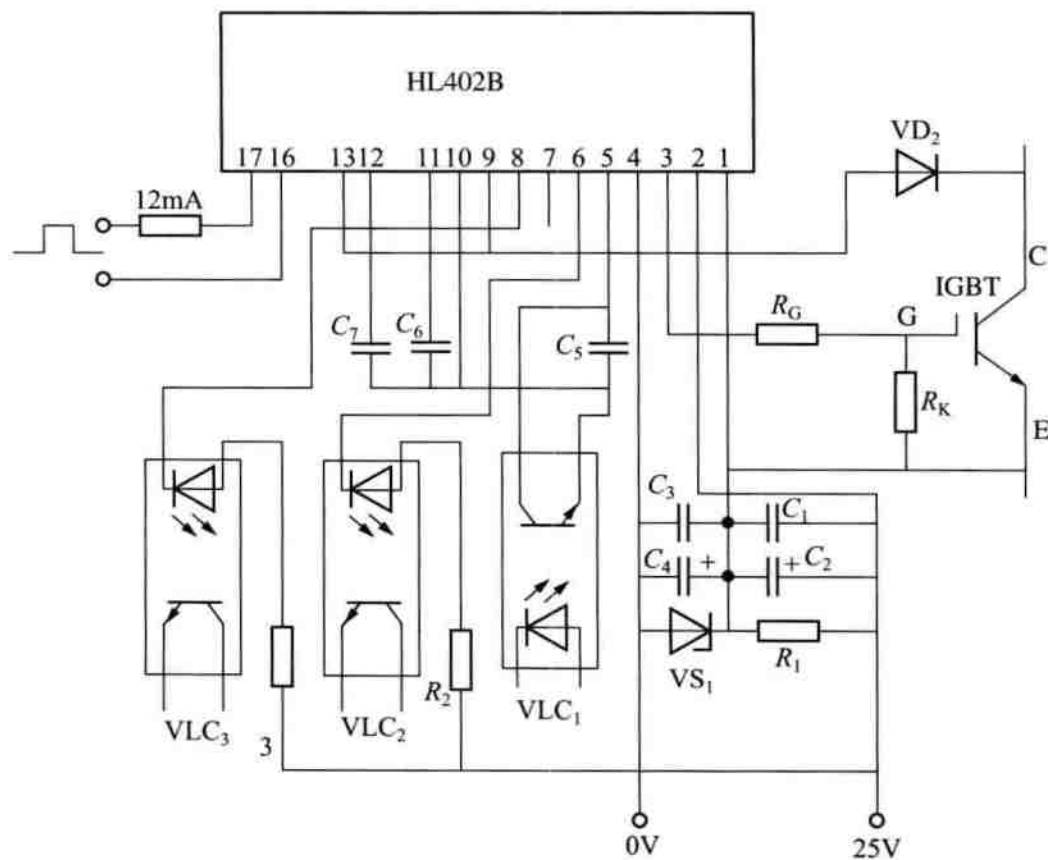


图 9.5 HL402 的典型应用接线

在驱动器软关断的同时导通光耦合器 VLC_3 , 提供降栅压报警信号。

(5) 在不需要封锁和报警信号时, $VLC_1 \sim VLC_3$ 可不接。

(6) 在高频应用时,为了避免 IGBT 受到多次过电流冲击,可在光耦合器 VLC₂ 输出数次或 1 次报警信号后,将输入引脚 16、引脚 17 间的信号封锁。

(7) 通过调整电容器 $C_5 \sim C_7$ 的值, 可以将保护波形中的降栅压延迟时间 t_1 、降栅压时间 t_2 、软关断斜率时间 t_3 调整至合适的值。

(8) 对于低饱和压降的 IGBT ($U_{CES} \leq 2.5V$), 可不接降栅压延迟时间电容器 C_6 , 从而使降栅压延迟时间 t_1 最小。此种情况下, 降栅压时间定时电容器 C_7 取 $750pF$ 便可得到降栅压定时时间为 $6\mu s$ 。软关断斜率电容器 C_5 可取 $1000pF$ 左右, 由此决定的软关断时间 t_3 为 $2\mu s$ 。

(9) 对于中饱和压降的 IGBT ($2.5\text{V} \leq U_{\text{CES}} \leq 3.5\text{V}$), 一般推荐 C_6 取 $0 \sim 100\text{pF}$, 降栅压延迟时间 t_1 为 $1\mu\text{s}$, C_5 取 1500pF , C_7 取 1000pF , 降栅压时间 t_2 为 $8\mu\text{s}$, 而软关断时间 t_3 为 $3\mu\text{s}$ 。

(10) 对于高饱和压降的 IGBT ($U_{CES} \geq 3.5V$), $C_5 \sim C_7$ 推荐取值分别为 C_5 取 $3000pF$, C_6 取 $200pF$, C_7 取 $1200pF$, 此时降栅压延迟时间 t_1 约为 $2\mu s$, 降栅压时间 t_2 约为 $10\mu s$, 软关断时间 t_3 约为 $4\mu s$ 。

(11) 在高频使用场合,出现软关断时能封锁输入信号的应用电路如图 9.6 所示。LM555 在电源合闸时置“1”,输入信号 u_{in} 通过与门 4081 进入 HL402 的引脚 17、引脚 16;出现软关断时,光耦合器 VLC_1 导通,晶体管 V_2 截止, V_2 集电极电压经 $10k\Omega$ 电阻、 $330pF$ 电容延迟 $5\mu s$ 后,使 LM555 置“0”,通过与门 4081 将输入信

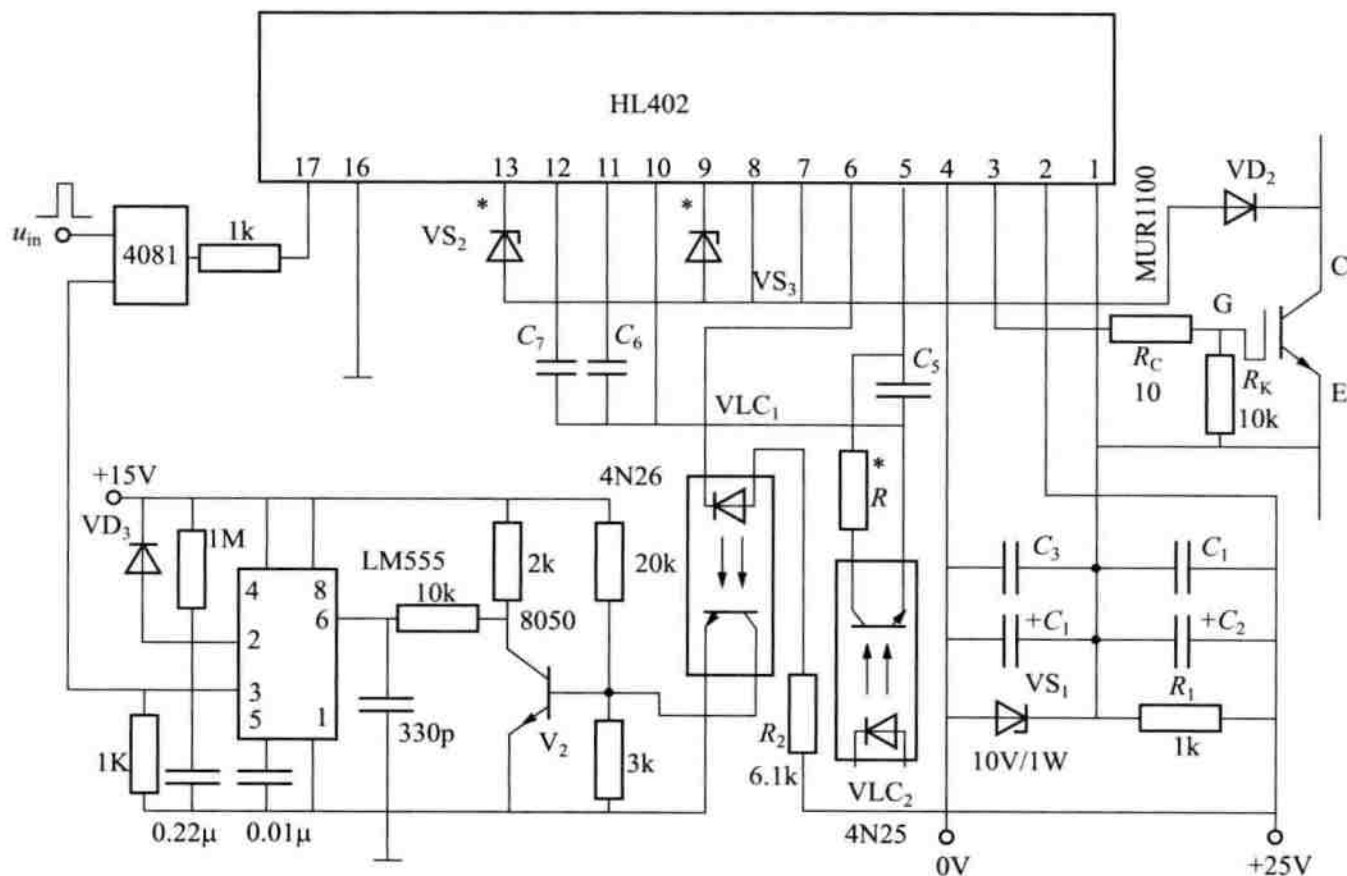


图 9.6 高频领域中 HL402 的应用接线

号封锁。此电路延迟 $5\mu\text{s}$ 动作是为了使 IGBT 软关断后再停止输入信号,避免立即停止输入信号造成的硬关断。 C_1 、 C_3 的典型值为 $0.1\mu\text{F}$, C_2 、 C_4 为 $100\mu\text{F}/25\text{V}$, VS_2 、 VS_3 可取 $0\sim 5\text{V}$ 。

2. 典型应用举例

HL402 可用作一切额定容量不大于 $150\text{A}/1200\text{V}$ 或 $300\text{A}/600\text{V}$ 的主功率电力电子器件为 IGBT 或电力 MOSFET 的电力电子变流系统的驱动电路,以完成对 IGBT 或电力 MOSFET 的最优驱动,防止 IGBT 或电力 MOSFET 因驱动电路不理想造成的损坏。

(1) 在开关电源系统中的应用:图 9.7 给出了应用 4 个 HL402 完成开关电源系统中 4 个 IGBT 驱动的原理图。IGBT 的驱动脉冲由 SG3526 产生、HL 为霍尔电流传感器,用于过电流、短路等故障的保护。

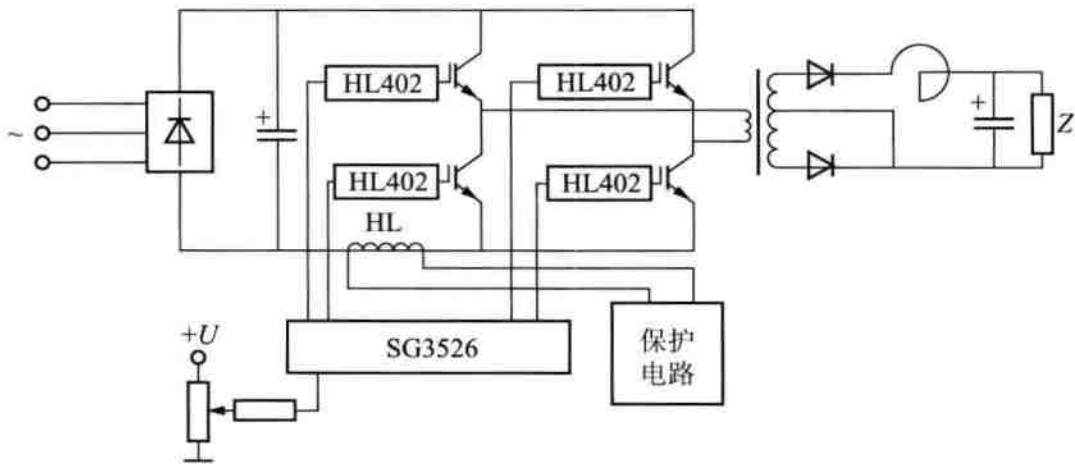


图 9.7 多只 HL402 在开关电源系统中的应用

(2) 在直流斩波电源系统中的应用:图 9.8 给出了直流斩波调速系统中应用 HL402 驱动 IGBT 的原理图。该系统是闭环稳速系统,其转速的反馈信号来自测速传感器,可通过调节 PWM 调制器 TL494 输出的 PWM 脉冲宽度来实现直流电动机转速的调节,因而该系统可获得很宽的调速范围和较高的调速精度。

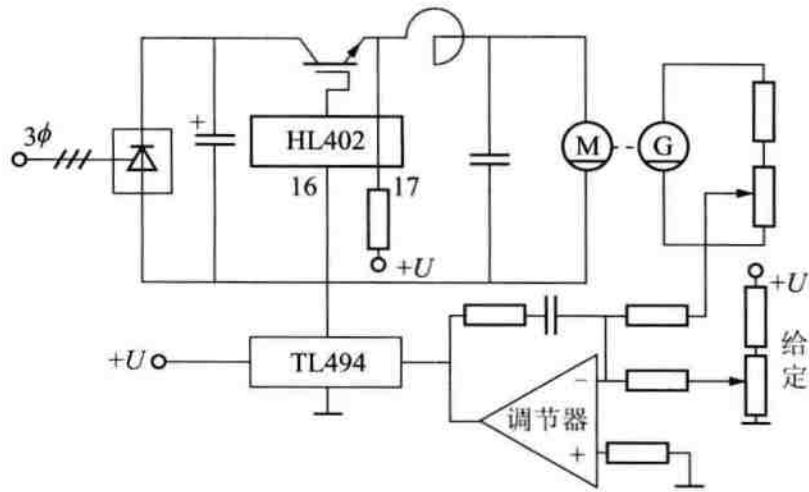


图 9.8 HL402 在直流斩波系统中的应用

9.3 HL403A(B)可驱动 600A IGBT 模块的厚膜集成电路

HL403A(B)是在 HL402A(B)的基础上改进后的厚膜集成驱动器,外加功放单元后可直接驱动 600A/1200V 的功率 IGBT。

9.3.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

HL403A(B)的引脚排列如图 9.9 所示。A 型与 B 型的差别仅在于内部电路,而外部特性及用法完全相同。它采用标准单列直插式 17 引脚厚膜集成电路封装。除了引脚 3 和引脚 4 与 HL402A(B)不同外,其余引脚的名称、功能及用法与 HL402A(B)完全相同。HL403 的引脚 3 为正向驱动脉冲输出端,与外接 NPN 功率放大晶体管的基极相连;引脚 4 为反向栅极驱动脉冲输出端,与外接 PNP 晶体管的基极相连。

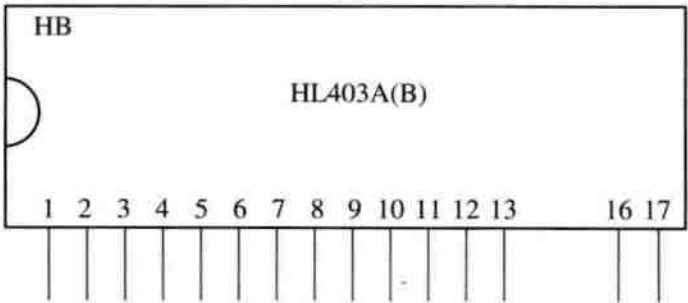


图 9.9 HL403A(B)的引脚排列

9.3.2 内部结构及工作原理

HL403A(B)的内部结构及工作原理如图 9.10 所示。与 HL402A(B)的差别仅在于它把 HL402B 内的反向放大晶体管移到了厚膜集成电路之外,工作原理几乎完全与 HL402 相同。

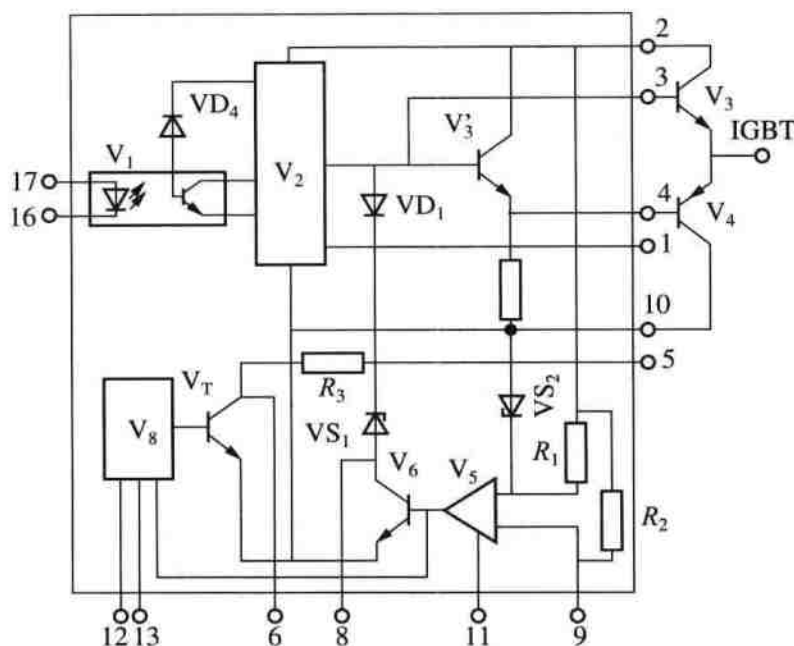
9.3.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 通过外接功率放大晶体管,使驱动能力增强。
- (2) 可直接驱动 200~600A/1200V 以下的 IGBT。
- (3) 可通过改变稳压管的值来完成对不同饱和压降 IGBT 管的栅极驱动。
- (4) 具有对被驱动 IGBT 的完善保护功能。

2. 主要参数限制

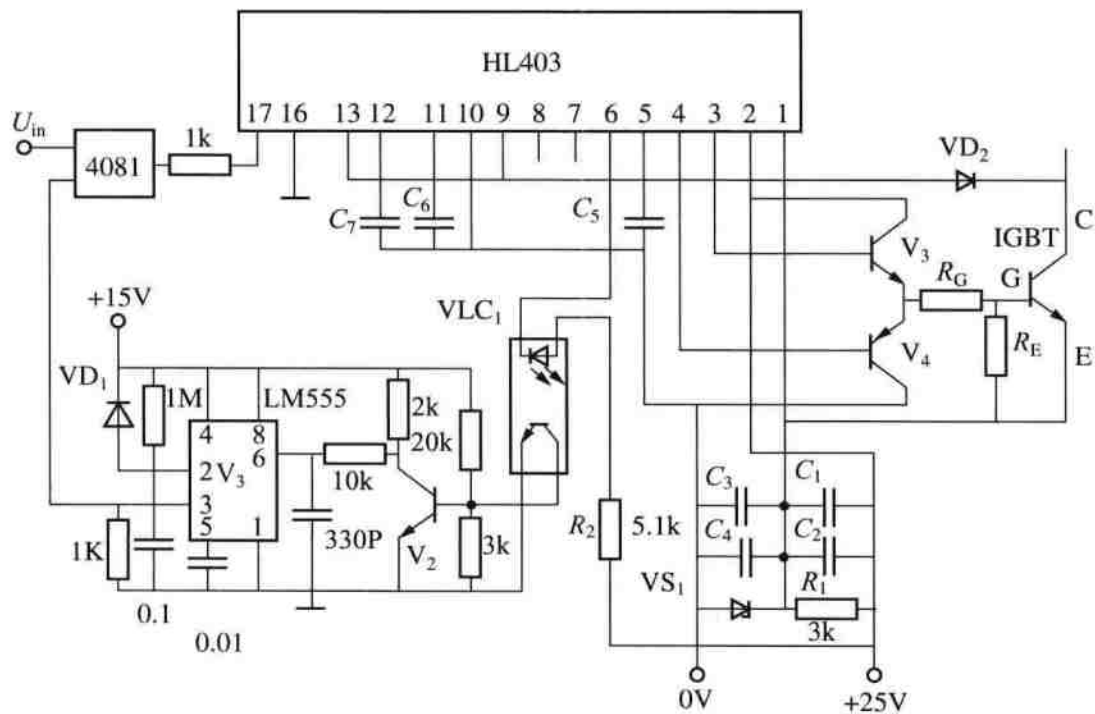
HL403 除可输出最大脉冲峰值电流为 6A (脉宽 2 μ s) 外,其余参数限制同 HL402。



9.3.4 应用技术

1. 在高频应用下的典型接线

图 9.11 给出了这种应用的典型接线图。由图可知,它与 HL402 的差别在于增加了外部的 2 个功率放大晶体管,其驱动功率增大了,所以它的典型应用接线可以用于一切应用 HL402 的地方。



在高频应用中出现软关断时能封锁输入信号的应用电路如图 9.12 所示。LM555 在电源合闸时置“1”，输入信号 U_{in} 通过与门 4081 加至 HL403 引脚 17、引脚 16。当出现软关断时，VLC₁ 中的晶体管导通、V₂ 截止，V₂ 的集电极电压经

10kΩ 电阻、330pF 电容延迟 5μs 后使 LM555 置“0”，通过与门 4081 将输入信号封锁。此电路延迟 5μs 动作，是为了使 IGBT 软关断后再停止输入信号，避免立即停止输入信号造成硬关断。

2. HL403 输出的降栅压和软关断波形试验

HL403 输出的降栅压和软关断波形很容易通过模拟试验来确定，如图 9.12 所示。该图将典型应用接线图中的电阻 R_1 改为电位器 RP，其电阻值取 1~2kΩ，将二极管 VD₂ 的阴极端接至 RP 的中点，IGBT 的栅-射极用等效电容 C_{GE} 代替 (0.1μF 左右)。当电位器 RP 的中点在左边时，从示波器上可以看到正常的输入波形 U_{in} 及输出波形 U_{GE} ，如图 9.13(a) 所示；逐渐将电位器 RP 的中点向右移时，就可以看到很理想的降栅压波形和软关断波形如图 9.13(b) 所示。根据观察到的图 9.13(b) 降栅压和软关断波形，通过选择电容器 $C_5 \sim C_7$ 的值，就可以将降栅压延迟时间 t_1 、降栅压时间 t_2 、软关断时间 t_3 整定到所需的值。这样电容 $C_5 \sim C_7$ 值的确定变得较直观和方便，使电路的调试比较容易。

IGBT 能承受的短路时间是在低频(几赫兹)下测出的，在高频情况下，短路即使每次软关断前导通的时间不长(约 10μs)，但由于电流幅值高、重复次数较多，产生的热积累也会造成 IGBT 损坏。为此在出现软关断后，可由图 9.11 中的光耦 VLC₁ 的输出信号使引脚 17、引脚 16 的输入信号截止，从而保证被驱动 IGBT 不致损坏。

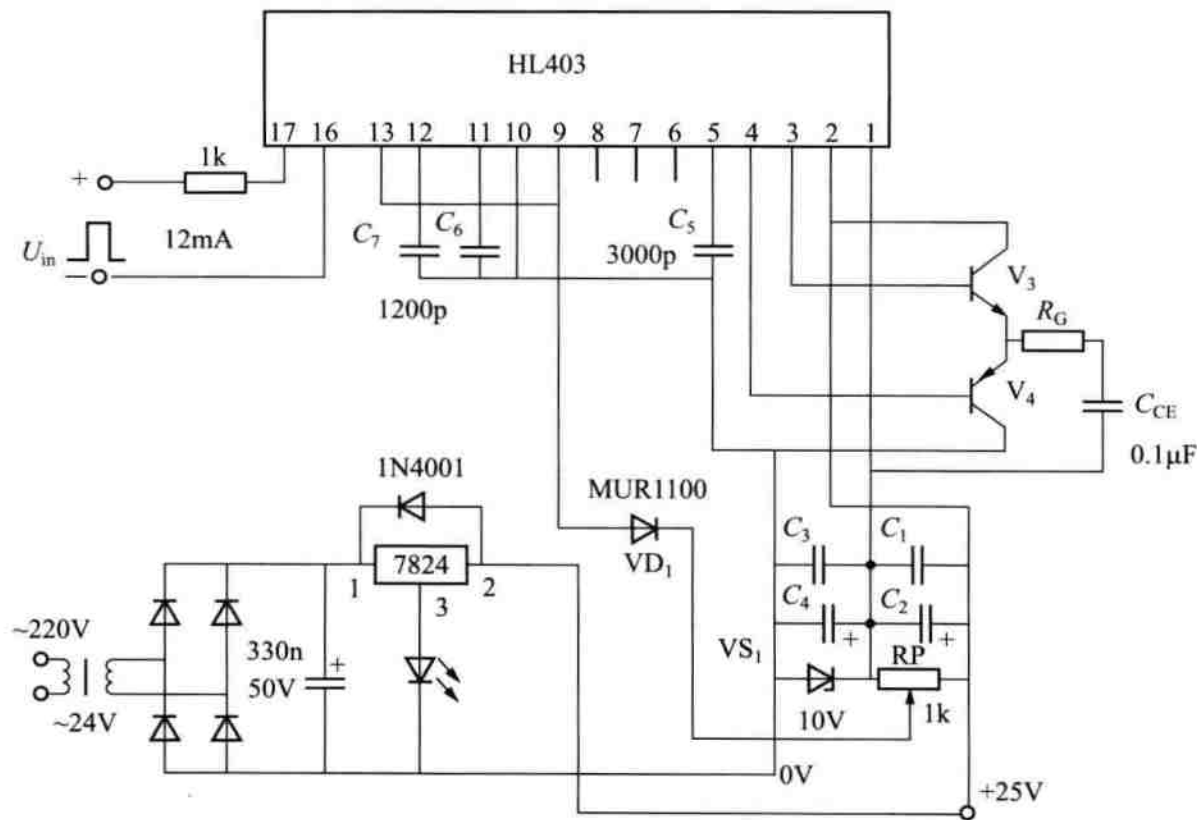


图 9.12 HL403 降栅压及软关断输出波形的模拟试验电路图

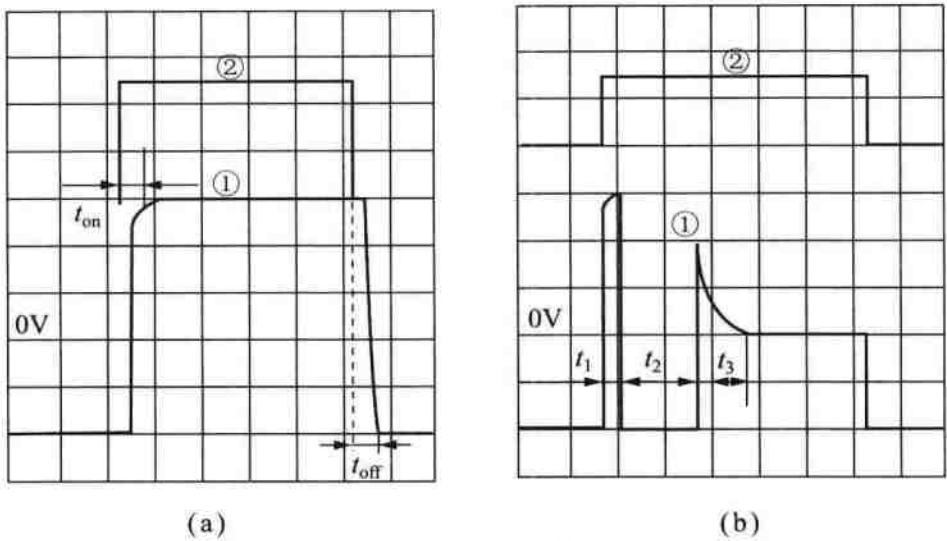


图 9.13 HL403 的输出波形

(a) 正常输出波形。 t_{on} 为输出正电压响应时间, t_{off} 为输出负电压响应时间。① U_{GE} : 5V/格; ② U_{IN} : 10V/格; 横轴为时间: 2 μ s/格
 (b) 保护动作时的输出波形。 t_1 为降栅压延迟时间, t_2 为降栅压时间, t_3 为软关断时间。
 ① U_{GE} : 5V/格; ② U_{IN} : 10V/格; 横轴为时间: 5 μ s/格

9.4 IGC2.1 单管大功率 IGBT 栅极驱动板

IGC2.1 是陕西高科电力电子有限责任公司的第二代 IGBT 栅极驱动板, 以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL402 为核心。

9.4.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 两个独立电源工作, 工作时需提供一个电位彼此独立的交流 18V/0.1A 及一个直流 15V/0.1A 电源。其中, 交流 20V 用作单管 IGBT 栅极的驱动电源, 而直流 15V 电源与用户系统脉冲形成部分为同一电源。

(2) 可用于 200A/1200V 或 400A/600V 以下单管 IGBT 的直接栅极驱动。

(3) 具有降栅压、软关断双重保护功能, 在软关断及降栅压的同时能输出报警信号, 既可用来封锁用户脉冲形成部分的输出, 又可给出触点信号, 用来分断用户系统的主电路。

(4) 降栅压延迟时间、降栅压时间、软关断斜率均可通过外接电容器进行整定, 故可适用于不同饱和压降 IGBT 的驱动和保护。

2. 主要参数限制

(1) 可直接驱动 400A/600V 或 200A/1200V 的 IGBT 模块。对容量大于此参数的 IGBT, 应在输出与被驱动 IGBT 之间增加功率放大环节。

(2) 从电网吸取的电流为 100mA, 要求脉冲输入级直流 +15V 提供的电流值

也不超过 20mA。

(3) 保护输出继电器触点容量为交流 380V/1A 或 220V/3A。

9.4.2 内部结构及工作原理

IGC2.1 单管大功率 IGBT 栅极驱动板的内部结构及工作原理如图 9.14 所示。它在 HL402 典型应用电路的基础上,增加了降栅压和软关断集中保护继电器,以及驱动级工作电源。

9.4.3 应用技术

1. 元器件布置

IGC2.1 单管大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置如图 9.15 所示,其外形尺寸为长 \times 宽 \times 高=70mm \times 94mm \times 30mm,与外部的连接共有 3 个接插件。

2. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 a_1 、 b_1 接电源变压器二次侧的 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压; G_1 、 C_1 、 E_1 分别接被驱动大功率 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(2) 接插件 S_2 的 $+U$ 、GND、 g_1 分别接用户系统的工作电源、正电源的参考地和驱动脉冲信号; F 为用户外部故障保护后输入的高电平脉冲信号,该信号可直接用来封锁栅极驱动板的脉冲输出。

(3) 接插件 S_3 的 A、B 之间为常闭接点,用来在被驱动 IGBT 过流或其他故障情况保护时输出分断用户系统主电路的信号,使用中可串入用户继电器操作电路分断主电路,或接指示灯进行故障指示报警。

3. 应用注意事项

(1) 要防止输出的驱动信号中接 IGBT 栅极的 G_1 与接发射极的 E_1 彼此短路。

(2) 为避免干扰,建议供电电源到该驱动板插座之间及驱动板输出与被驱动 IGBT 之间的引线要尽可能的短,其往返引线长度不要超过 1m,并尽可能使用双绞线或同轴电缆屏蔽线。

4. 典型应用举例

IGC2.1 可用作 IGBT 斩波器系统驱动控制板,图 9.16 是直接应用 IGC2.1 驱动 100A/600V 的 IGBT 构成小功率直流电动机调速系统的原理图。该系统中斩波控制脉冲的形成应用 PWM 集成电路 SG3525,系统工作于转速单闭环和过流保护状态,IGC2.1 需要的工作电源由电源变压器供给,电流检测应用霍尔电流传感器,转速反馈使用了测速发电机。

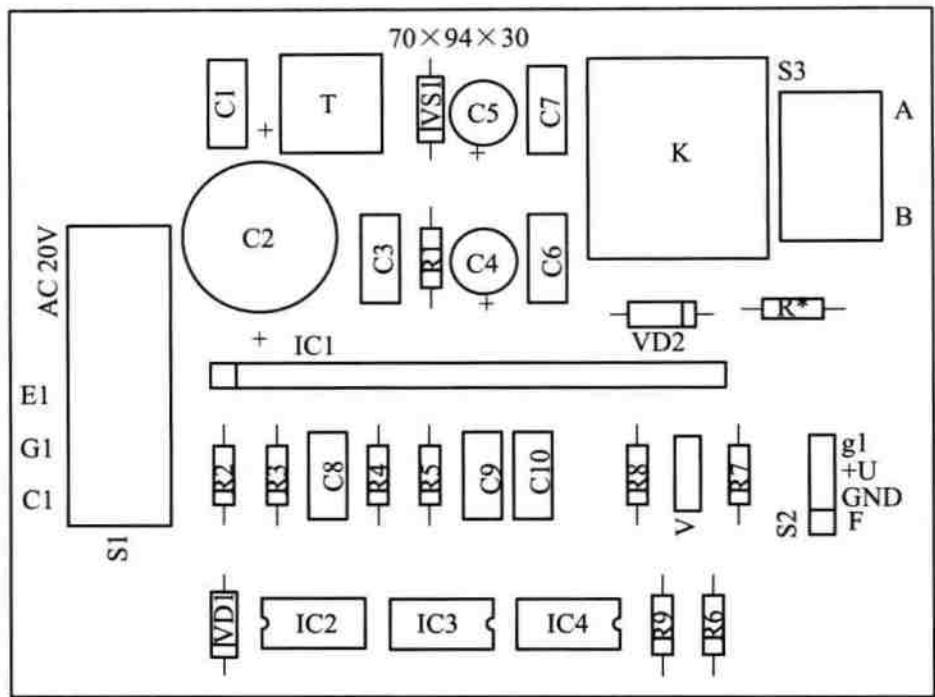


图 9.15 IGC2.1 单管大功率 IGBT 栅极驱动板的外形及元器件布置

9.5 IGC2.2 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板

IGC2.2 是陕西高科电力电子有限责任公司的第二代 IGBT 栅极驱动板,以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL402 为核心。

9.5.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 3 路独立电源工作:2 个电位彼此独立的交流 20V/0.1A 及 1 个直流 15V/0.1A 电源。其中,交流 21V 分别用作单相半桥系统中 2 个 IGBT 栅极的驱动电源,而直流 15V 电源与用户系统脉冲形成部分为同一电源。

(2) 可用于 200A/1200V 或 400A/600V 以下二单元 IGBT 的直接栅极驱动。

(3) 具有降栅压、软关断双重保护功能,在软关断及降栅压的同时能输出报警信号,既可用来封锁用户脉冲形成部分的输出,又可给出触点信号,使用户用来分断自己系统的主电路。

(4) 降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,故可适用于不同饱和压降 IGBT 的驱动和保护。

2. 主要参数限制

(1) IGC2.2 输出的电流可直接驱动 400A/600V 或 200A/1200V 的 IGBT 模块;对容量大于此参数的 IGBT,应在输出与被驱动 IGBT 之间增加放大环节。

(2) 每个驱动回路从电网吸取的电流不大于 100mA,要求直流+15V 提供的电流值不超过 20mA。

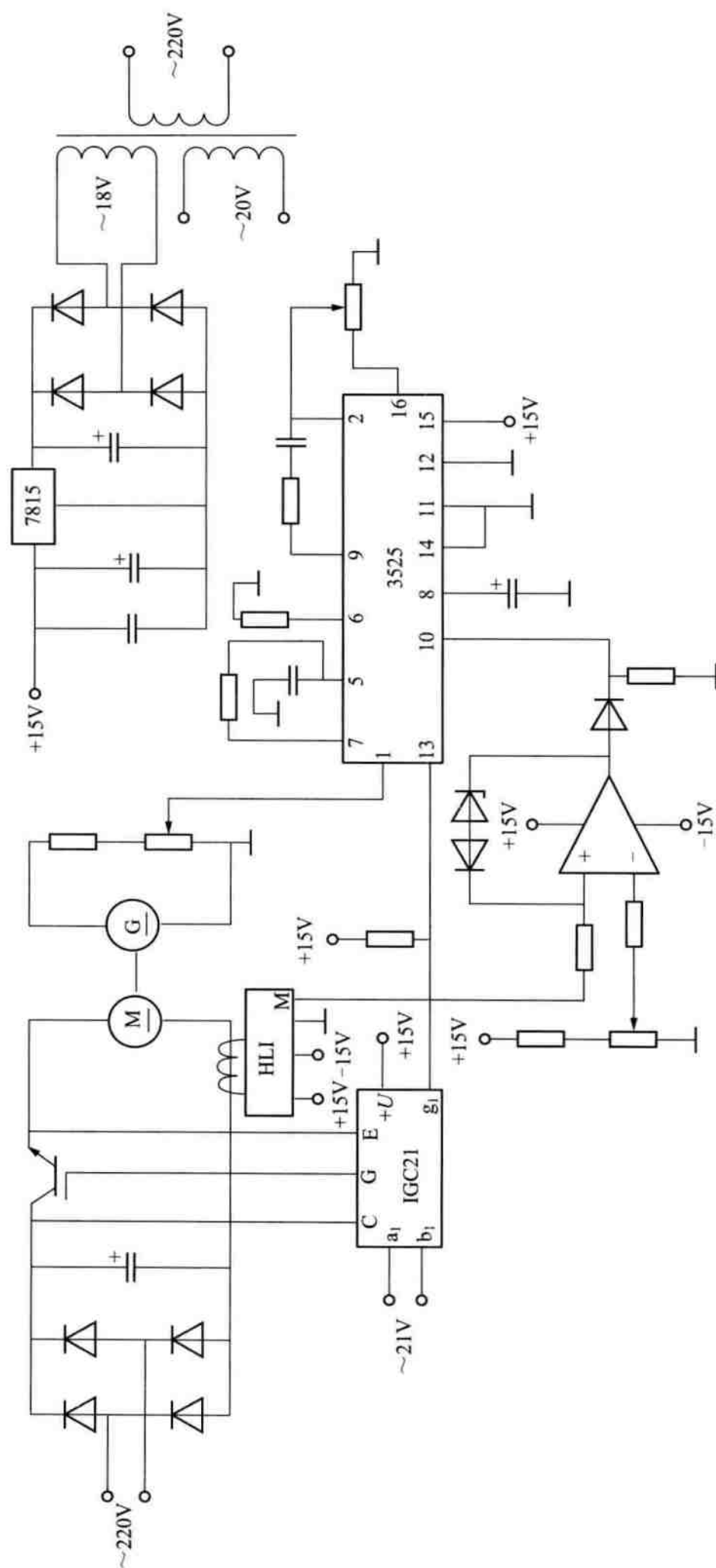


图 9.16 IGC2.1 用于小功率斩波调速系统

- (3) 保护后提供给用户使用的继电器触点容量为交流 380V/1A 或 220V/3A。
- (4) 允许 2 路交流输入最高电压 22V,最低电压不低于 19V。

9.5.2 内部结构及工作原理

IGC2.2 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板的电路原理如图 9.17 所示。它可以看作是 2 个独立 IGC2.1 驱动板的组合,每个工作单元的原理完全同 IGC2.1。

9.5.3 应用技术

1. 元器件布置

IGC2.2 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置如图 9.18 所示,外形尺寸为长 \times 宽 \times 高=127mm \times 94mm \times 25mm,与外部的连接有 4 个接插件。

2. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 a_1 、 b_1 接电源变压器二次侧的一个 21V 绕组,亦可直接输入单独具有悬浮地电位的 26V 直流电压; G_1 、 C_1 、 E_1 分别接被驱动的 2 个大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_1 对应的 IGBT 栅极、集电极及发射极。

(2) 接插件 S_2 的 a_2 、 b_2 接电源变压器二次侧的另一个 21V 绕组,亦可直接输入单独具有悬浮地电位的 28V 直流电压;其 G_2 、 C_2 、 E_2 分别接被驱动的 2 个大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_2 对应的 IGBT 栅极、集电极及发射极。

(3) 接插件 S_3 的 +U、GND、 g_1 、 g_2 分别接用户系统的工作电源、正电源的参考地及驱动脉冲信号;而其 F 端为外部故障保护后提供给该驱动板的高电平封锁脉冲信号,可直接用来封锁驱动板的输出脉冲。

(4) 接插件 S_4 的 A、B 之间为常闭接点,用来在被驱动 IGBT 过流或其他故障情况保护时输出分断用户系统主电路的信号。

3. 应用注意事项

(1) 防止输出的驱动信号中接 IGBT 栅极的 G_1 、 G_2 与接发射极的 E_1 、 E_2 彼此短路。

(2) 为避免干扰,建议供电电源到该驱动板插座之间及驱动板输出与被驱动 IGBT 之间的引线要尽可能短,其往返引线共计长度不超过 1m,并尽可能使用绞线或同轴电缆屏蔽线。

(3) 用于单相半桥逆变系统时,为避免直通,建议在用户系统的驱动脉冲形成部分增加 g_1 与 g_2 信号之间的互锁时间间隔。该间隔一般为 $1\sim 5\mu\text{s}$,随用户使用系统的载波频率而定。

4. 典型应用举例

IGC2.2 可用于单相半桥逆变器,驱动 1 个 IGBT 逆变桥臂上下 2 个 IGBT,多块共同使用可用于单相全桥或三相全桥 IGBT 逆变器。图 9.19 给出了该驱动板

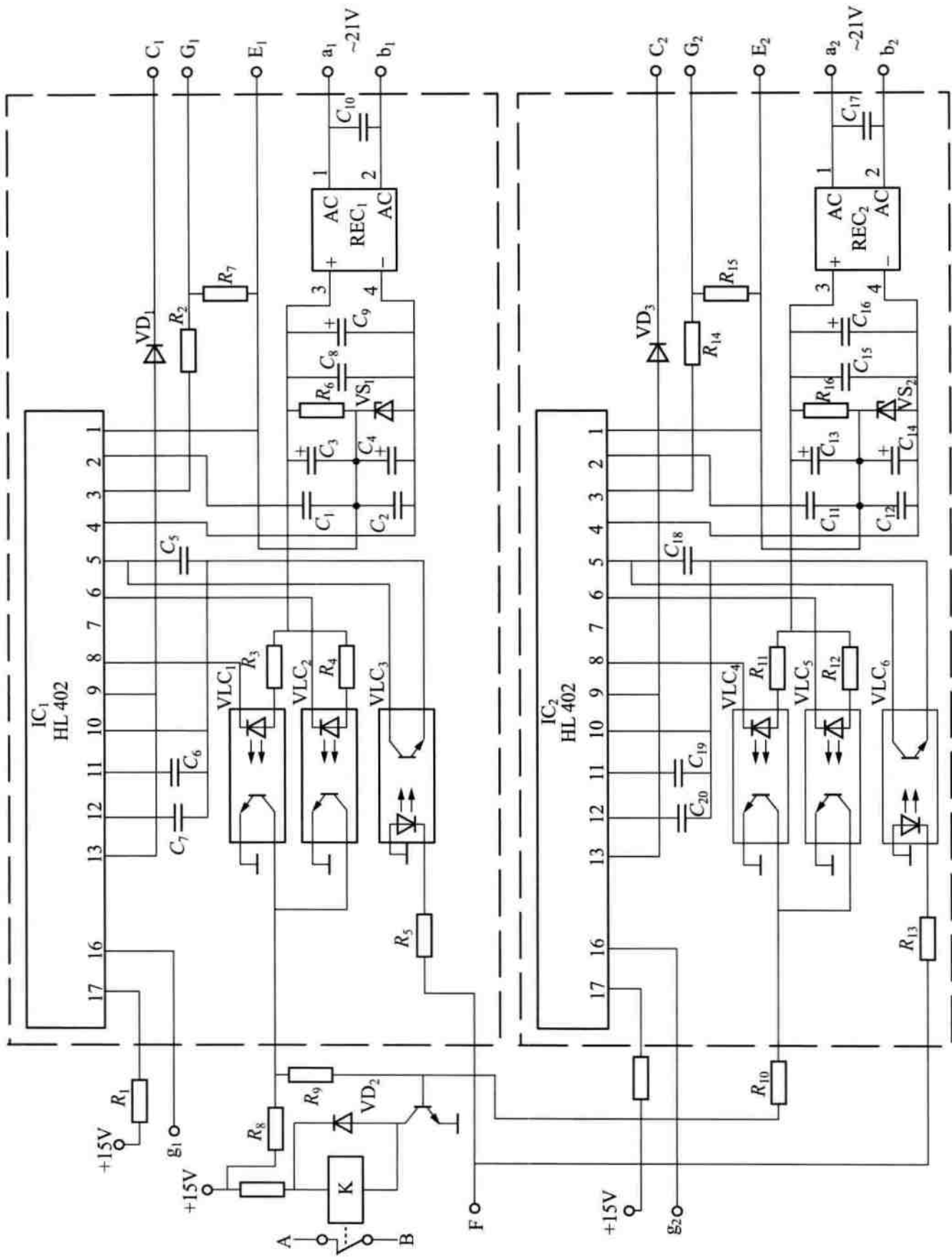


图9.17 IGC2.2单相半桥大功率IGBT栅极驱动板的电路原理

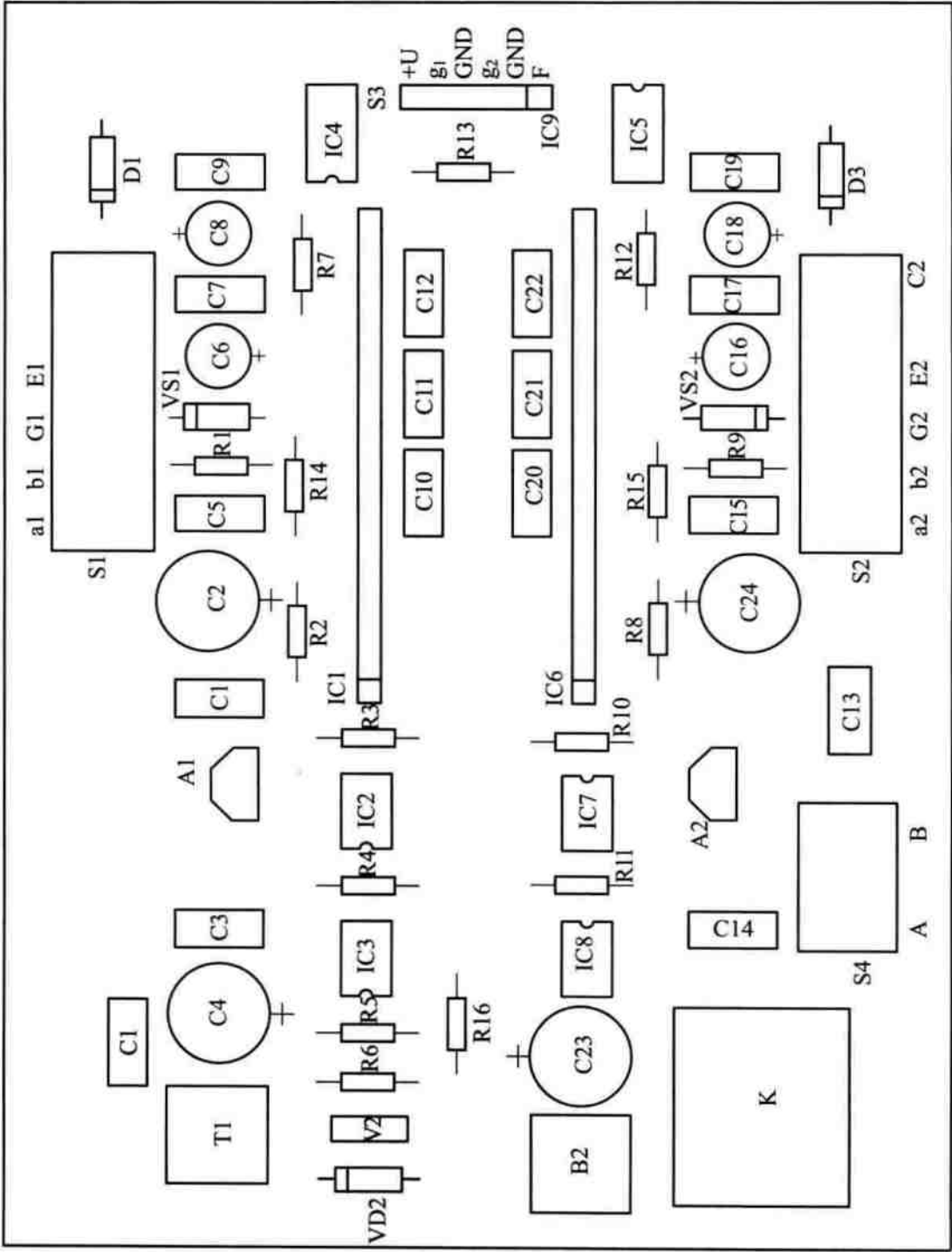


图 9.18 IGC2.2 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板的外形及元器件布置

用于单相半桥 IGBT 逆变器系统的原理图。此单相半桥逆变器用来进行 SPWM 逆变,从而获得正弦波输出。SPWM 脉冲的产生应用单片机最小系统来实现,同桥臂上下 2 个 IGBT 驱动信号之间的互锁时间由 VD、R、C 构成的上升沿延时电路实现。IGC2.2 驱动板需要的 3 路独立工作电源应用开关电源来产生。

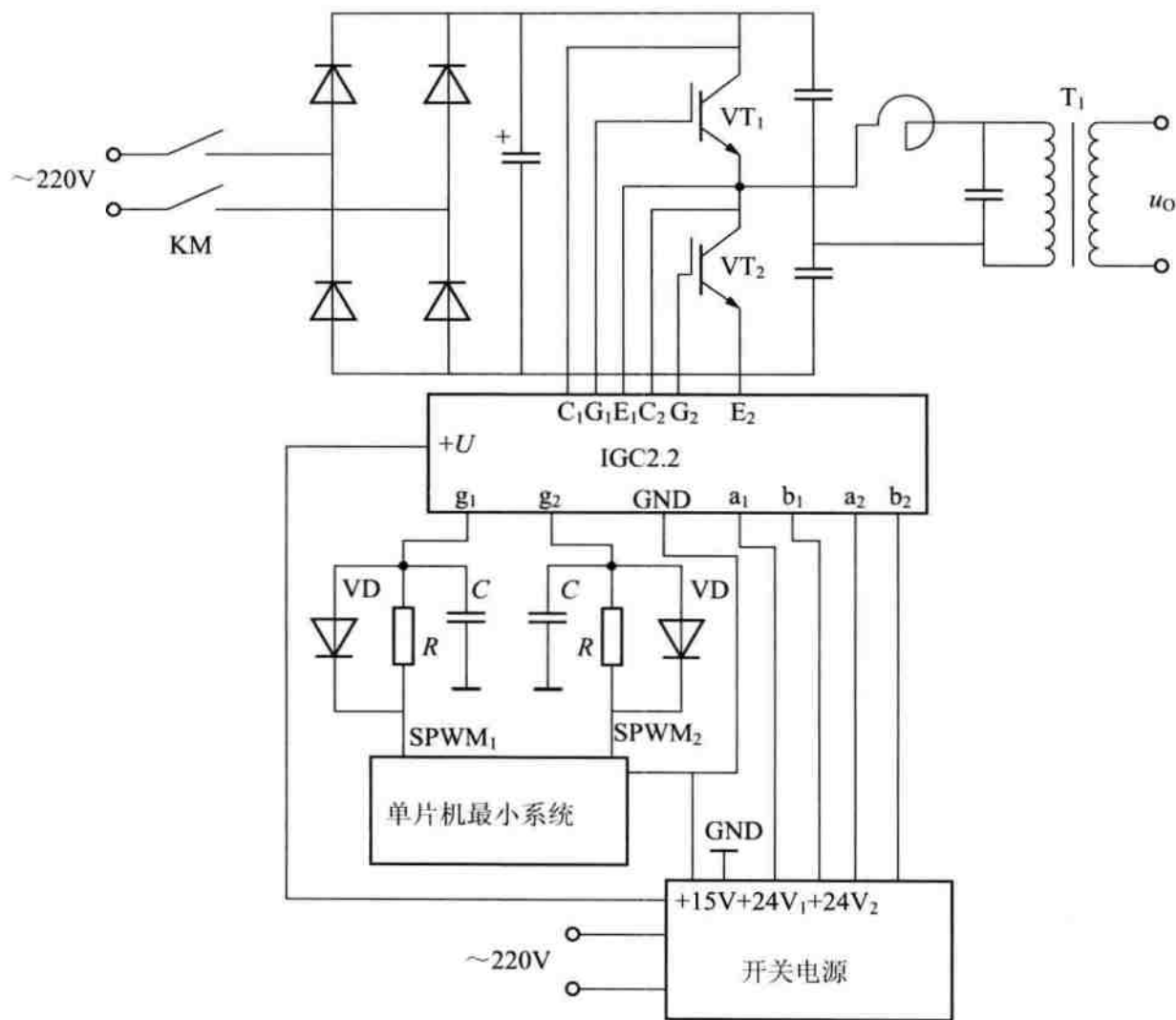


图 9.19 IGC2.2 驱动板用于单相半桥逆变系统

9.6 IGC3. 2T 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板

IGC3. 2T 是陕西高科电力电子有限责任公司的第三代 IGBT 栅极驱动板。以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心。它在 HL403B 脉冲输出端外加 1 对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路,扩大其输出脉冲电流,使输出驱动电流峰值可达到 $\pm 6\text{A}$ 。

9.6.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 3 个独立电源工作:2 个电位彼此独立的交流 21V/0.1A 及 1 个直流 15V/0.1A 电源。其中,双交流 21V 分别用作单相半桥系统中 2 个 IGBT 栅极的驱动电

源,而直流 15V 电源与用户系统脉冲形成部分为同一电源。

(2) 可用于 600A/1200V 以下二单元 IGBT 模块的直接栅极驱动。

(3) 具有降栅压、软关断双重保护功能,在软关断及降栅压的同时能输出报警信号,既可用于封锁用户脉冲形成部分的输出;又可给出触点信号,使用户用来分断自己系统的主电路。

(4) 降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,故可适用于不同饱和压降的 IGBT 的驱动和保护。

2. 主要参数限制

(1) 驱动单元输出的电流,可直接驱动 600A/1200V 的 IGBT 模块二单元。

(2) 每个驱动回路从电网吸取的电流为 100mA,要求直流+U 提供的电流值也不超过 100mA。

(3) 提供给用户的保护用继电器触点容量为交流 380V/1A 或 220V/3A。

(4) 允许交流供电最高电压:22V。

(5) 交流供电最低电压:19V。

(6) 存储温度范围 T_{stg} : $-10\sim+80^{\circ}\text{C}$ 。

(7) 工作温度范围 T_{A} : $0\sim+70^{\circ}\text{C}$ 。

9.6.2 内部结构及工作原理

IGC3.2T 大功率 IGBT 栅极驱动板的电路原理如图 9.20 所示。它的内部包含有驱动输出级工作电源、脉冲功率放大及匹配环节,并且应用 2 对互补推挽的晶体管对 HL403 输出的驱动信号进行功率放大。

9.6.3 应用技术

1. 元器件布置

IGC3.2T 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板内的接插件布置如图 9.21 所示,它与外部的连接有 4 个接插件。

2. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 a_1 、 b_1 接电源变压器二次侧的一个 20V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压; G_1 、 C_1 、 E_1 分别接被驱动的 2 个大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_1 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(2) 接插件 S_2 的 a_2 、 b_2 接电源变压器二次侧的另一个 20V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压; G_2 、 C_2 、 E_2 分别接被驱动的 2 个大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_2 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(3) 接插件 S_3 的 +U、GND、 g_1 、 g_2 分别接用户系统的工作电源、正电源的参考地及 2 路驱动脉冲信号;F 端为外部故障保护后提供给该控制板的封锁脉冲信号,可直接用来封锁驱动板的驱动脉冲输出。

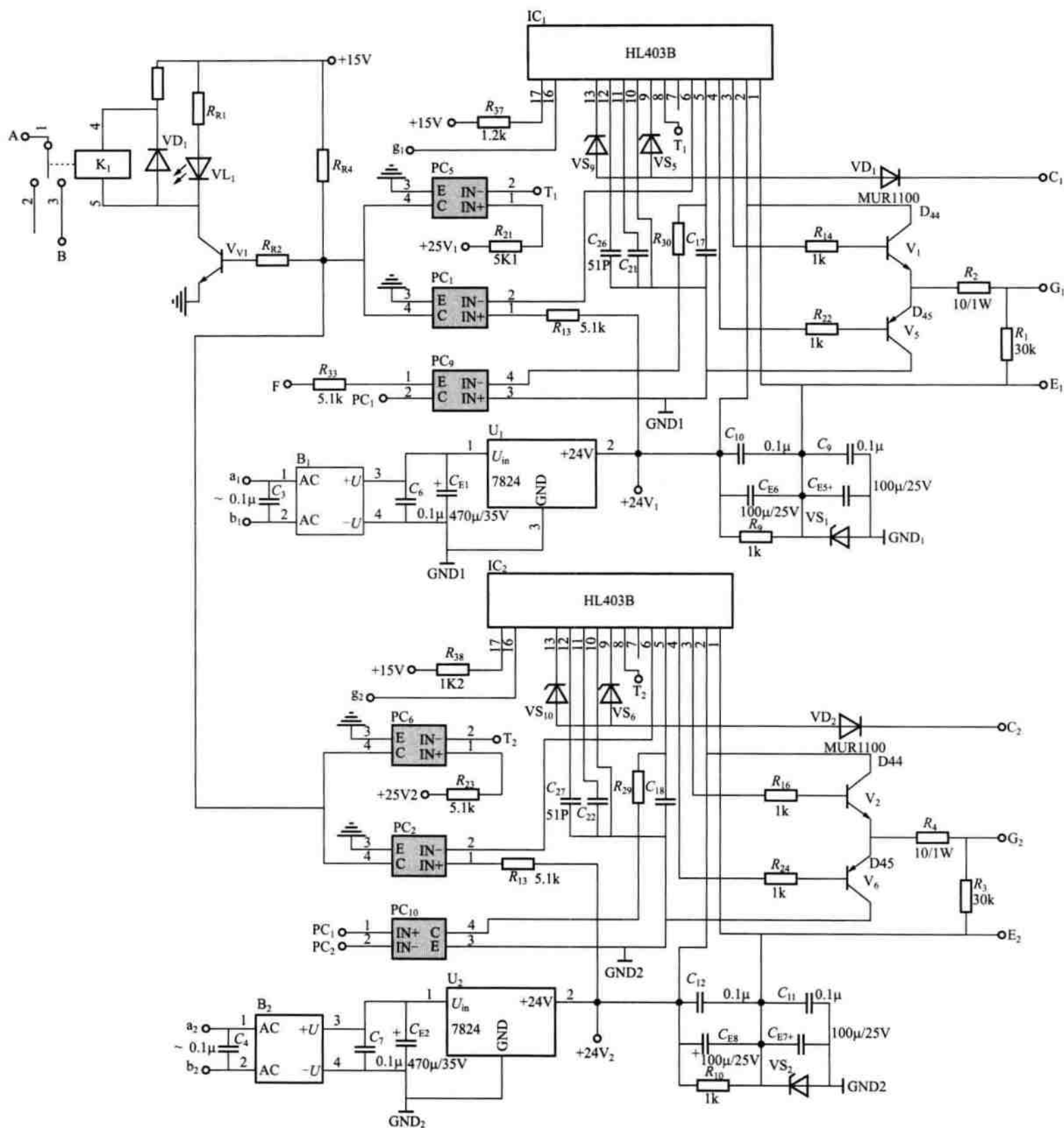


图 9.20 IGC3.2T 大功率 IGBT 栅极驱动板的电路原理图

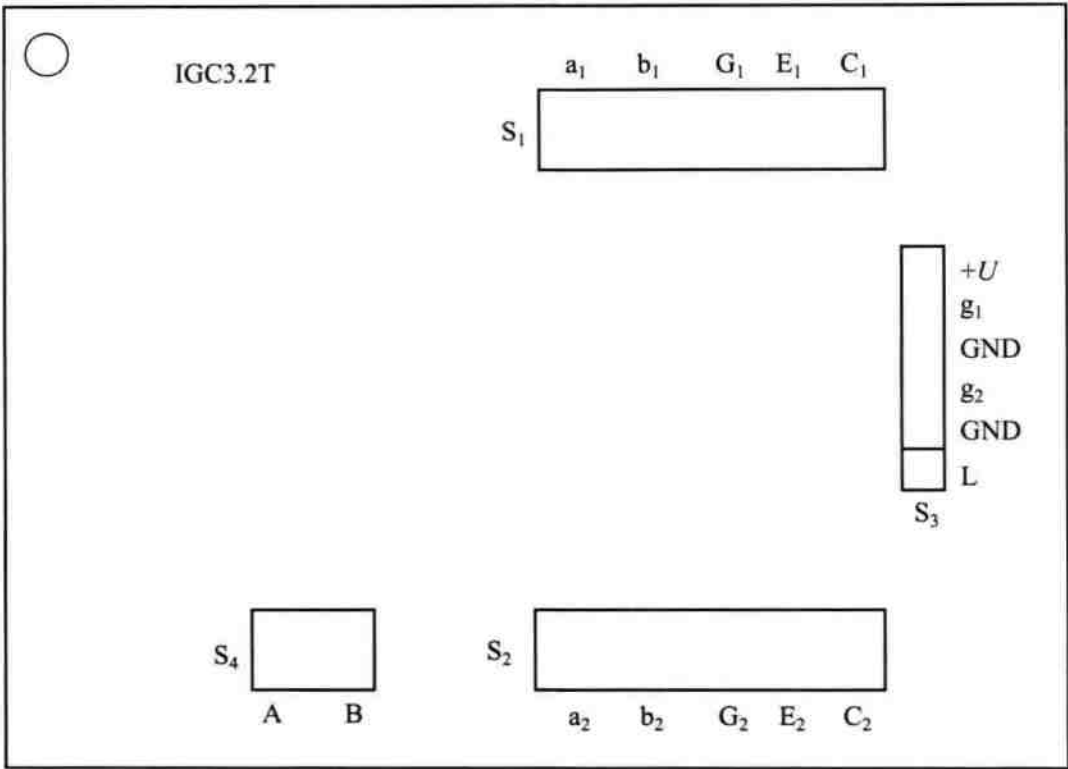


图 9.21 IGC3.2T 单相半桥大功率 IGBT 栅极驱动板内的接插件布置

(4) 接插件 S₄ 的 A、B 之间为常闭接点,在被驱动 IGBT 过流或其他故障情况保护时输出分断用户系统主电路的信号,使用中可串入用户合闸或报警回路中进行分断主电路或故障保护使用。

3. 应用注意事项

(1) 防止输出的驱动信号中接 IGBT 栅极的 G₁、G₂ 与接发射极的 E₁、E₂ 彼此短路。

(2) 为避免干扰,建议供电电源到该驱动板插座之间及驱动板输出与被驱动 IGBT 之间的引线要尽可能的短,其往返引线长度不要超过 0.5m,并尽可能使用绞线或同轴电缆屏蔽线。

(3) 用于单相全桥逆变系统时,为避免直通,建议在用户系统的驱动脉冲形成部分增加 g₁ 与 g₂ 信号之间的互锁时间间隔,该间隔一般为 1~5μs。

4. 典型应用举例

IGC3.2 驱动板的典型应用可参见图 9.19。把 IGC2.2 板换为 IGC3.2 驱动板,电路可以照常工作。

9.7 IGC2.4 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板

IGC2.4 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL402 为核心。

9.7.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 5 路独立电源工作:4 路电位彼此独立的交流 21V/0.1A 及 1 路直流 15V/0.1A 电源。其中,4 路交流 21V 分别用作单相全桥系统 4 个 IGBT 栅极的驱动电源,而直流 15V 电源与用户系统脉冲形成部分为同一电源。

(2) 可用于 200A/1200V 或 400A/600V 以下 2 个二单元 IGBT 的直接栅极驱动。

(3) 具有降栅压、软关断双重保护功能,在软关断及降栅压的同时能输出报警信号,既可用于封锁用户脉冲形成部分的输出;又可给出触点信号,用来分断用户系统的主电路。

(4) 降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,故可适用于不同饱和压降 IGBT 的栅极驱动和保护。

2. 主要参数限制

(1) 每个驱动单元输出的电流可直接驱动标称容量为 400A/600V 或 200A/1200V 的 IGBT 模块 1 个单元,整个驱动板可驱动 4 个单元。对容量大于此参数的 IGBT,应在输出与被驱动 IGBT 之间增加放大环节。

(2) 每个驱动回路从电网吸取的能量为 100mA,要求直流+15V 提供的电流值也不超过 20mA。

(3) 提供给用户的保护用继电器触点容量为交流 380V/1A 或 220V/3A。

(4) 允许供电电源交流输入的最高值为:4 路交流 22V。

(5) 允许交流供电电源的最小值为:4 路交流 19V。

(6) 存储温度范围 T_{stg} : $-10\sim+85^{\circ}\text{C}$ 。

(7) 工作温度范围 T_{A} : $0\sim+70^{\circ}\text{C}$ 。

9.7.2 内部结构及工作原理

IGC2.4 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的电路原理如图 9.22 所示,可以看做是 4 块 IGC2.1 或 2 块 IGC2.2 的组合。

9.7.3 应用技术

1. 元器件布置

IGC2.4 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置如图 9.23 所示,外形尺寸为长 \times 宽 \times 高=185mm \times 94mm \times 30mm,与外部的连接有 6 个接插件。

2. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 a_1 、 b_1 接电源变压器二次侧的第 1 路交流 21V 绕组,亦可直

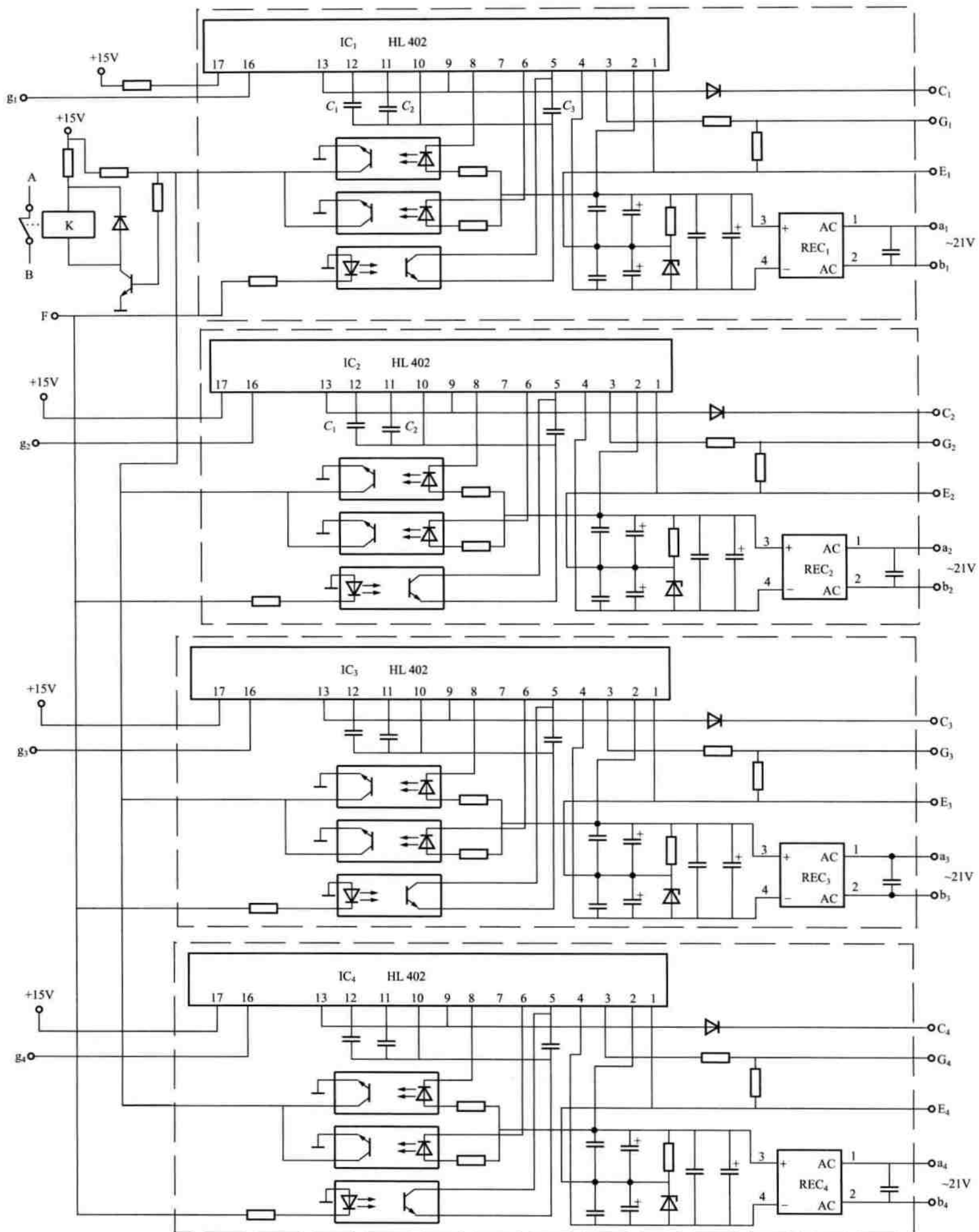


图 9.22 IGC2.4 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的电路原理图

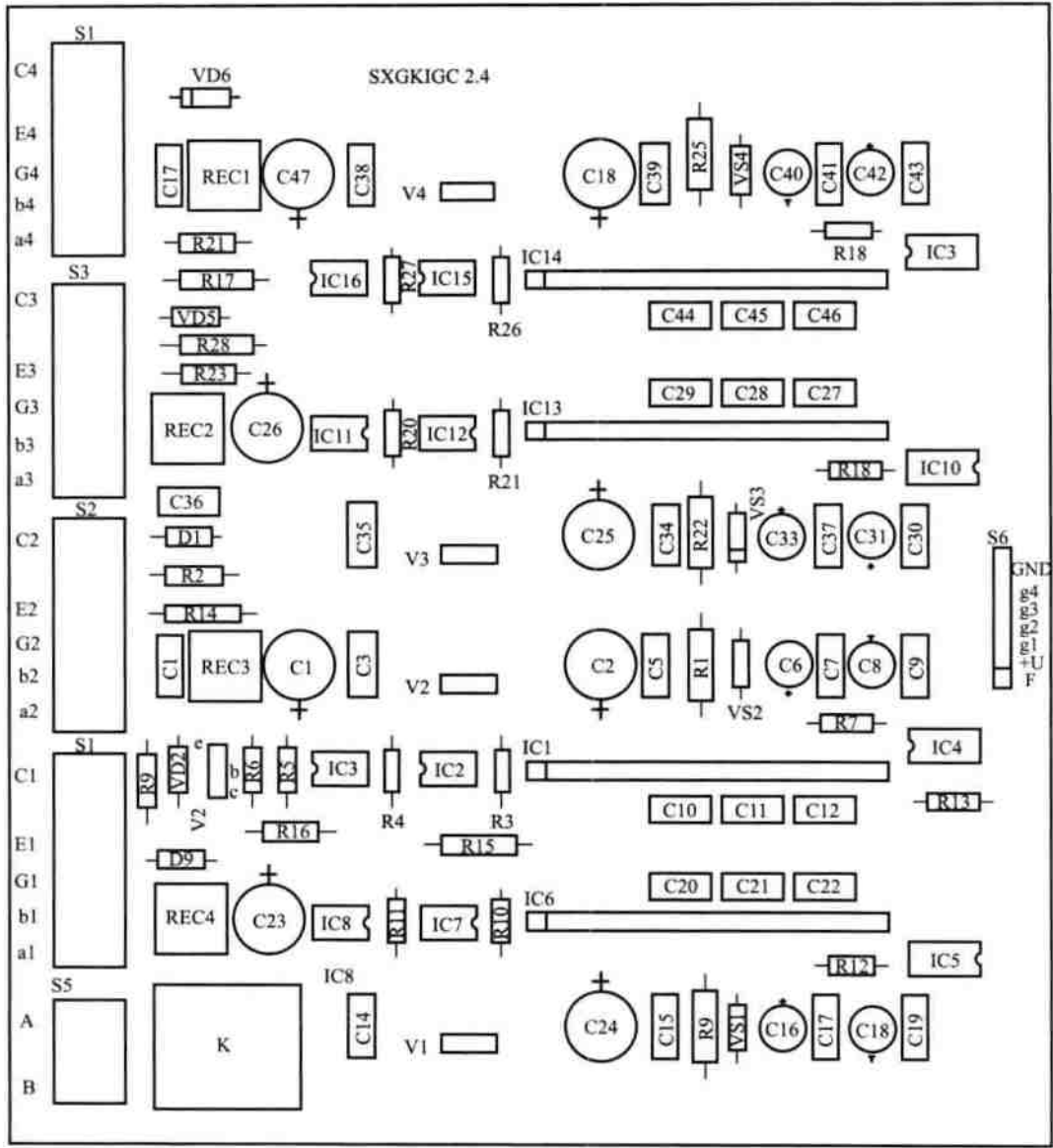


图 9.23 IGC2.4 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置

接输入单独具有悬浮地电位的 28V 直流电压；其 G_1 、 C_1 、 E_1 分别接被驱动 4 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_1 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(2) 接插件 S_2 的 a_2 、 b_2 接电源变压器二次侧的第 2 路交流 21V 绕组，亦可直接输入单独具有悬浮地电位的 28V 直流电压； G_2 、 C_2 、 E_2 分别接被驱动 4 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_2 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(3) 接插件 S_3 的 a_3 、 b_3 接电源变压器二次侧的第 3 路交流 21V 绕组，亦可直接输入单独具有悬浮地电位的 28V 直流电压； G_3 、 C_3 、 E_3 分别接被驱动 4 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_3 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(4) 接插件 S_4 的 a_4 、 b_4 接电源变压器二次侧的第 4 路交流 21V 绕组，亦可直接输入单独具有悬浮地电位的 28V 直流电压； G_4 、 C_4 、 E_4 分别接被驱动 4 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_4 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(5) 接插件 S_5 的 A、B 之间为常闭接点，用来在被驱动 IGBT 过流或其他故障情况保护时输出分断用户系统主电路的信号，使用中可串入用户合分闸回路或进行故障保护使用。

(6) 接插件 S_6 的 +U、GND、 $g_1 \sim g_4$ 分别接用户系统的工作电源、正电源的参

3. 应用注意事项

(2) 为避免干扰,建议供电电源到该驱动板插座之间及驱动板输出与被驱动 IGBT 之间的引线要尽可能短,往返长度不要超过 1m,并尽可能使用绞线或同轴电缆屏蔽线。

(3) 用于单相全桥逆变系统时,为避免直通,建议在用户系统的驱动脉冲形成部分增加 g_1 、 g_3 与 g_2 、 g_4 信号之间的互锁时间间隔,间隔时间一般为 $1\sim 5\mu s$ 。

4. 典型应用举例

IGC2.4 可作为主功率器件为 IGBT 或 MOSFET 的单相全桥逆变器的驱动单元使用。图 9.24 给出了其用于单相全桥 IGBT 逆变系统的原理图,IGBT 的驱动



脉冲信号来自 PWM 集成电路 SG3526 的输出。该逆变器用于单相桥式变频,以制成大电流输出的直流电源,系统工作于输出电流的闭环控制模式,4 路驱动支路需要的交流供电来自工频降压变压器,脉冲输入级的供电电源来自线性稳压电源。高频整流的肖特基二极管目前还难以制造成大电流容量,所以在整流输出应用了多个双半波整流的并联,将高频整流变压器的二次侧制成多绕组变压器。同桥臂 2 个 IGBT 驱动信号之间的互锁时间在 SG3526 内部形成,该系统构成电流闭环,电流的检测应用霍尔电流传感器。

9.8 IGC3.4T 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板

IGC3.4T 是陕西高科电力电子有限责任公司的第三代 IGBT 栅极驱动板,以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心。在 HL403B 脉冲输出端外加 1 对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路,以扩大其输出脉冲电流,使输出驱动电流峰值可达到 $\pm 6\text{A}$ 。

9.8.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 5 路独立电源工作:4 路电位彼此独立的交流电源及 1 路直流电源。其中,4 路交流分别用作单相全桥系统 4 只 IGBT 栅极的驱动电源,而直流电源与用户系统脉冲形成部分为同一电源。

(2) 可用于 600A/1200V 以下 2 个二单元或 4 个独立 IGBT 模块的直接栅极驱动。

(3) 具有降栅压、软关断双重保护功能,在软关断及降栅压的同时能输出报警信号,既可用来封锁用户脉冲形成部分的输出;又可给出触点信号,用来分断用户系统的主电路。

(4) 降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,故可适用于不同饱和压降 IGBT 的驱动和保护。

2. 主要参数限制

(1) 每路交流输入电压最高值:22V。

(2) 每路交流输入电压最低值:19V。

(3) 每路交流输入电流最大值:0.1A。

(4) 直流输入电压幅值:15V。

(5) 直流输入电源电流容量:20mA。

(6) 工作温度范围 T_A : $0\sim 70^\circ\text{C}$ 。

(7) 存储温度范围 T_{stg} : $-10\sim +85^\circ\text{C}$ 。

(8) 输出驱动脉冲峰值电流(最大脉冲宽度 $t_w \leq 2\mu\text{s}$): $\pm 6\text{A}$ 。

(9) 保护后输出故障报警接点容量:220V/2A 或 380V/1A。

9.8.2 内部结构及工作原理

IGC3.4T 单相全桥 IGBT 栅极驱动板的电路原理如图 9.25 所示。它的内部集成有 4 只 IGBT 驱动的工作电源 HL403B、驱动脉冲功率放大、集成保护报警电路,可以看做是 2 块 IGC3.2T 栅极驱动板功能的组合。在未发生欠驱动或被驱动 IGBT 过流或短路故障时,用户脉冲形成电路输出的 4 路驱动脉冲经隔离、整形、功率放大后提供给被驱动 IGBT;一旦被驱动的 IGBT 发生过流、欠驱动或短路等故障,则发出封锁脉冲信号的同时给出分断主电路或进行故障指示的接点信号。

9.8.3 应用技术

1. 元器件布置

IGC3.4T 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置如图 9.26 所示,外形尺寸为长 \times 宽 \times 高=220mm \times 150mm \times 30mm,安装孔距为长 \times 宽=205mm \times 125mm,安装孔为 4- Φ 5。它与外部的连接有 6 个接插件。

2. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 a_1 、 b_1 接电源变压器二次侧的第 1 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压。 G_1 、 C_1 、 E_1 分别接被驱动 4 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_1 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(2) 接插件 S_2 的 a_2 、 b_2 接电源变压器二次侧的第 2 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压;其 G_2 、 C_2 、 E_2 分别接被驱动 4 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_2 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(3) 接插件 S_3 的 a_3 、 b_3 接电源变压器二次侧的第 3 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压;其 G_3 、 C_3 、 E_3 分别接被驱动 4 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_3 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(4) 接插件 S_4 的 a_4 、 b_4 接电源变压器二次侧的第 4 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压;其 G_4 、 C_4 、 E_4 分别接被驱动 4 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_4 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(5) 接插件 S_6 的 $+U$ 、 GND 、 $g_1 \sim g_4$ 分别接用户系统的工作电源、正电源的参考地及 4 路驱动脉冲信号; F 端为用户外部故障保护后提供给本驱动板的高电平封锁脉冲信号,可直接封锁驱动板的脉冲输出。

(6) 接插件 S_5 的 A 、 B 之间为常闭接点,在被驱动的 4 只中任一只发生 IGBT 过流或其他故障情况保护时输出分断用户系统主电路或进行故障指示的接点信号,按具体使用功能的不同,可用来串接在合分闸电路中或接故障指示灯。

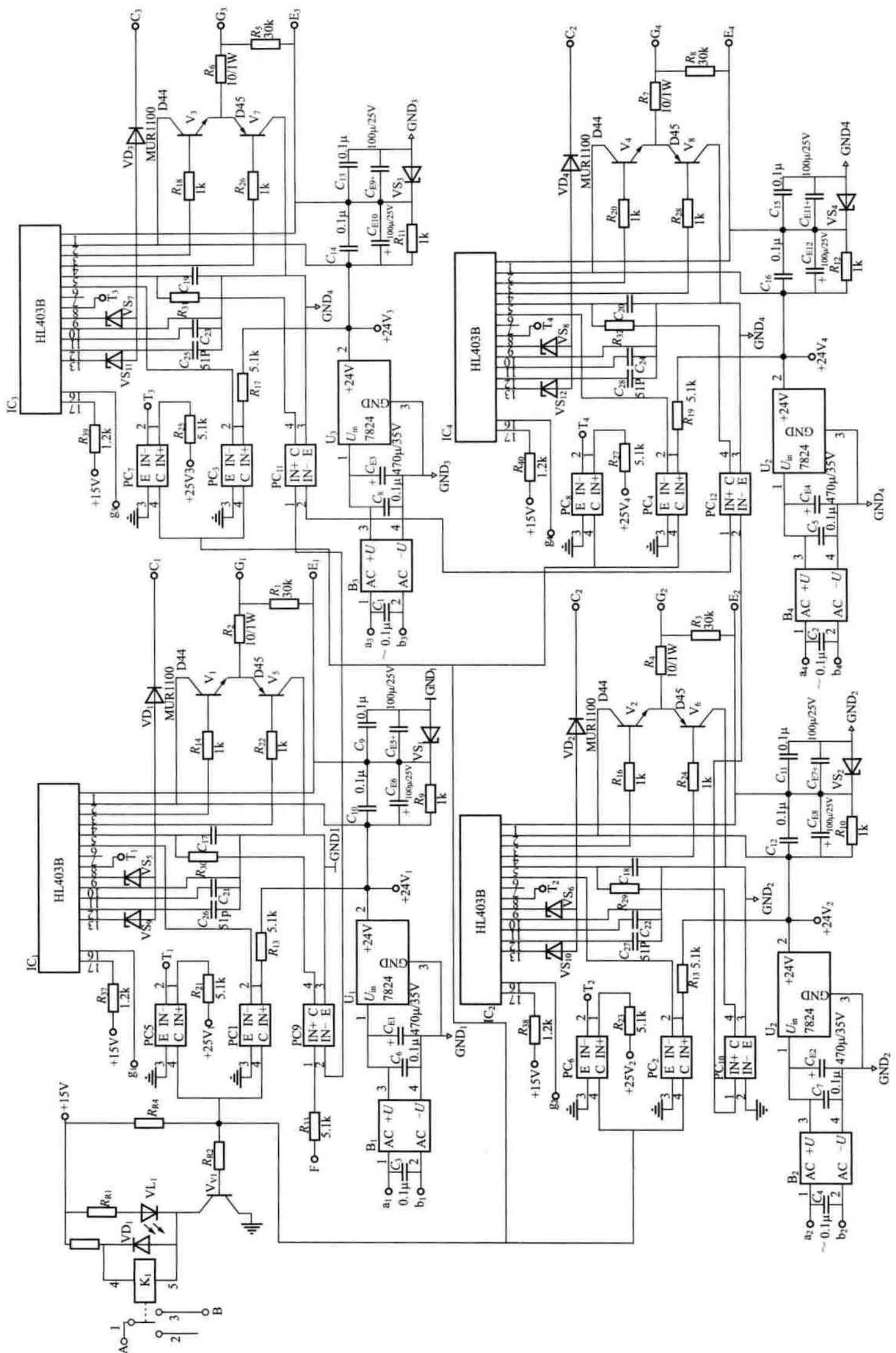


图 9.25 IGC3.4T单相全桥大功率IGBT驱动板的电路原理图

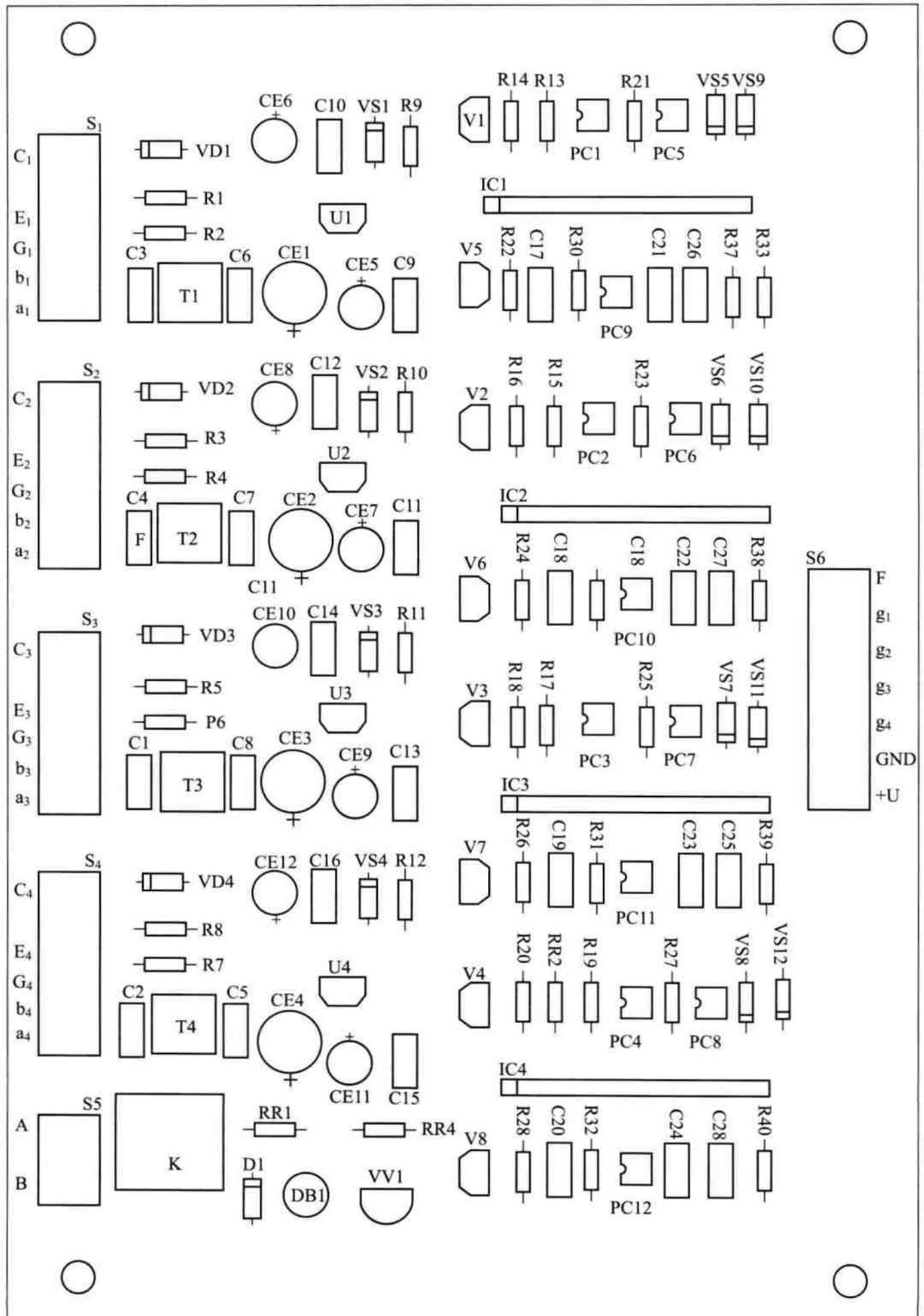


图 9.26 IGC3.4T 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置

3. 正常工作波形

IGC3.4T 单相大功率 IGBT 驱动板内集成有 4 个相同的工作单元, 正常工作波形如图 9.27 所示。

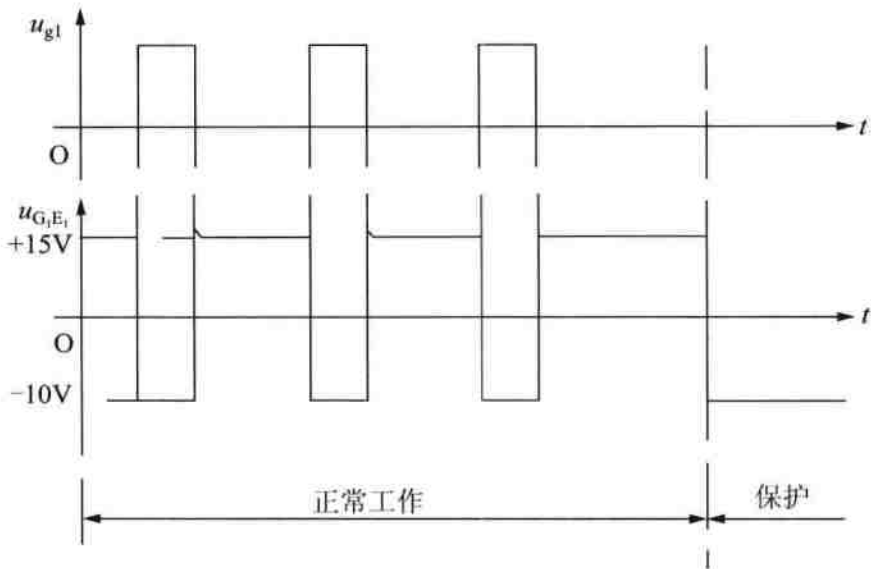


图 9.27 IGC3.4T 单相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的正常工作波形

4. 应用注意事项

(1) 不带同桥臂 2 个 IGBT 驱动信号之间死区时间形成电路, 这部分电路可由用户在驱动脉冲形成电路中考考虑。

(2) 防止输出的驱动信号中接 IGBT 栅极的 G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 与接发射极的 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 彼此短路。

(3) 为避免干扰, 建议供电电源到该驱动板插座之间及驱动板输出与被驱动 IGBT 之间的引线要尽可能短, 长度不要超过 1m, 并尽可能使用绞线或同轴电缆屏蔽线。

5. 典型应用举例

IGC3.4T 可看作是 IGC2.4 在输出驱动能力上的放大, 应用中可驱动更大电流的 IGBT。图 9.24 所示实例中, 只要把 IGC2.4 换为 IGC3.4, 并把主电路中的电力电子器件容量增大, 则该电路便可以直接使用。

9.9 IGC2.6 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板

IGC2.6 是陕西高科电力电子有限责任公司的第二代 IGBT 栅极驱动板, 以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL402 为核心。

9.9.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 7 路独立电源工作: 6 路电位彼此独立的交流 20V/0.1A 及 1 路直流 15V/

0.1A 电源。其中,6 路交流 20V 分别用作三相全桥系统 6 只 IGBT 栅极的驱动电源,而直流 15V 电源与用户系统脉冲形成部分为同一电源。

(2) 可用于 200A/1200V 或 400A/600V 以下 3 个二单元 IGBT 的直接栅极驱动。

(3) 具有降栅压、软关断双重保护功能,在软关断及降栅压的同时能输出报警信号,既可用于封锁用户脉冲形成部分的输出,又可给出一触点信号,用来分断用户系统的主电路。

(4) 降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,故可适用于不同饱和压降 IGBT 的驱动和保护。

2. 主要参数限制

(1) 每个驱动单元输出的电流可直接驱动标称容量为 400A/600V 或 200A/1200V 的 IGBT 模块;对容量大于此参数的 IGBT,应在输出与被驱动 IGBT 之间增加功率放大环节。

(2) 每个驱动回路从电网吸取的能量为 100mA,要求直流+15V 提供的电流值也不超过 100mA。

(3) 提供给用户的保护用继电器触点容量为交流 380V/1A 或 220V/3A。

9.9.2 内部结构及工作原理

IGC2.6 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的电路原理如图 9.28 所示。

9.9.3 应用技术

1. 元器件布置

IGC2.6 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置如图 9.29 所示,正确接线外形尺寸为长×宽×高=280mm×94mm×30mm,与外部的连接有 8 个接插件。

2. 正确接线

(1) 接插件 $S_1 \sim S_6$ 的 $a_1 \sim a_6$ 、 $b_1 \sim b_6$ 接电源变压器二次侧的 6 个 20V 绕组,亦可直接输入单独具有悬浮地电位的 28V 直流电压; $G_1 \sim G_6$ 、 $C_1 \sim C_6$ 、 $E_1 \sim E_6$ 分别接被驱动的 6 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 $g_1 \sim g_6$ 对应 6 个 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(2) 接插件 S_7 的 +U、GND、 $g_1 \sim g_6$ 分别接用户系统的工作电源+15V、参考地及 6 路驱动脉冲信号;F 端为用户外部故障保护后提供给本驱动板的高电平封锁脉冲信号,可直接封锁驱动板的驱动脉冲输出。

(3) 接插件 S_8 的 2 个引出端子之间为常闭接点,用于被驱动 IGBT 过流或其他故障保护时输出分断用户系统主电路的信号。

zh.qitubk.com 奇兔电子书下载

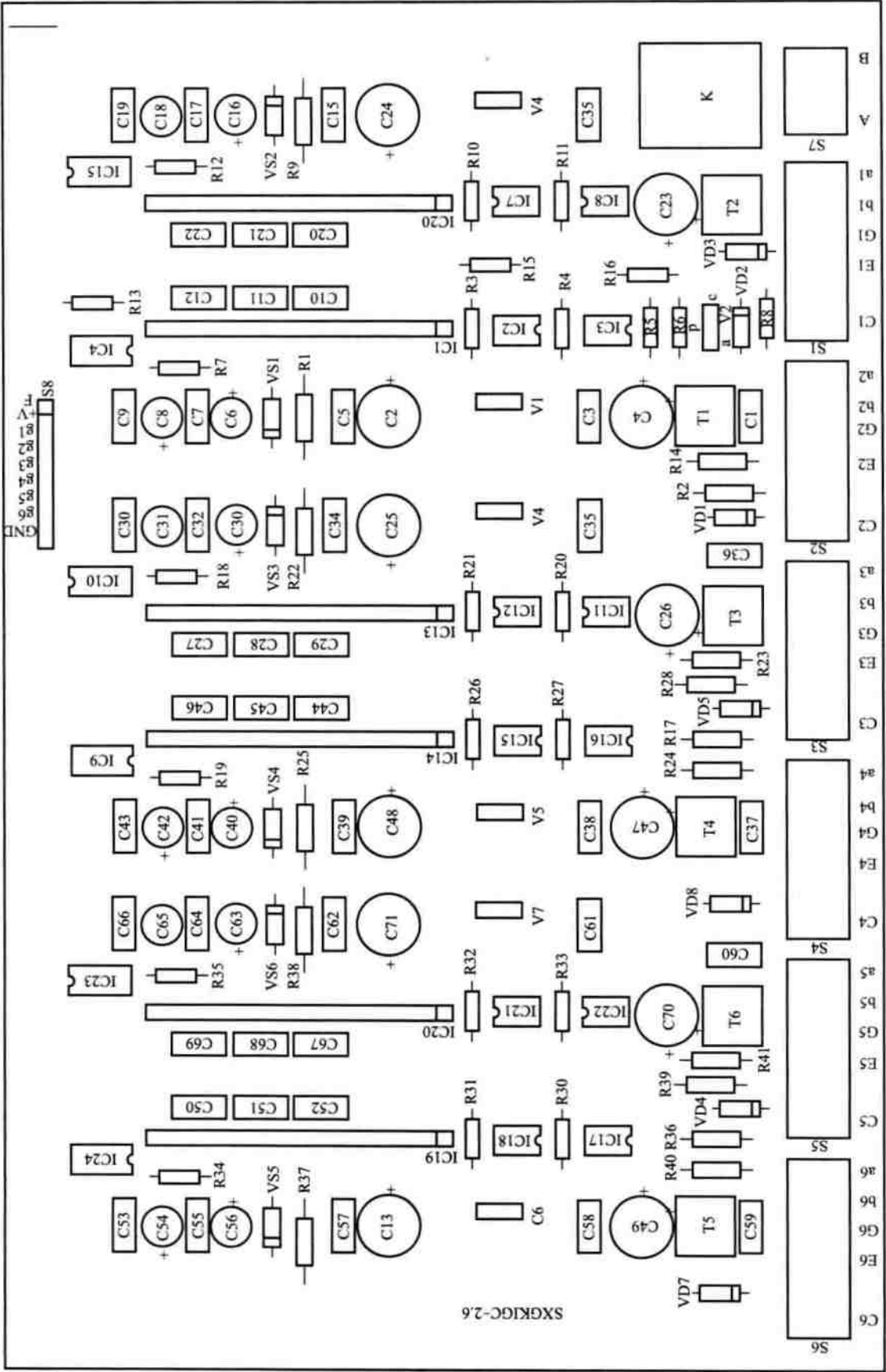


图 9.29 IGC2.6 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置

3. 应用注意事项

(1) 防止输出的驱动信号中接 IGBT 栅极的 $G_1 \sim G_6$ 与接发射极的 $E_1 \sim E_6$ 彼此短路。

(2) 为避免干扰,建议供电电源到该驱动板插座之间及驱动板输出与被驱动 IGBT 之间的引线要尽可能短,往返长度不要超过 1m,并尽可能使用绞线或同轴电缆屏蔽线。

(3) 用于三相全桥逆变系统时,为避免直通,建议在用户系统的驱动脉冲形成部分增加 g_1 与 g_4 、 g_3 与 g_6 、 g_5 与 g_2 信号之间的互锁时间间隔,时间间隔一般为 $1 \sim 5 \mu s$ 。

4. 典型应用举例

IGC2.6 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板可用作主功率器件为 IGBT 或 MOSFET 的三相全桥逆变器的驱动单元,图 9.30 给出了其应用于三相全桥 IGBT 逆变系统的原理图。图中 IGBT 的驱动脉冲信号来自三相 SPWM 脉冲形成单元的输出,SPWM 脉冲的产生应用 89C196。该逆变器可用来进行三相桥式变频,以实现交流调速、三相变频电源等电力电子变流设备。同桥臂 2 个 IGBT 驱动信号之间的互锁时间在三相 SPWM 脉冲形成单元内部形成,电流的检测应用霍尔电流传感器。电阻 R_0 为电容 C_1 与 C_2 的充电限流电阻,在开始运行时,电容 C_1 与 C_2 通过 R_0 充电,当电容 C_1 与 C_2 上的电压上升到一定值时,控制电路动作,接触器 KM_2 闭合,短接充电电阻。

9.10 IGC3.6T 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板

IGC3.6T 是对陕西高科电力电子有限责任公司在 IGC2.6 的基础上改型设计的第三代 IGBT 栅极驱动板,以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心。HL403B 脉冲输出端外加一对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路,扩大了输出驱动脉冲电流,输出驱动电流峰值可达到 $\pm 6A$ 。

9.10.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 7 路独立电源工作:6 路电位彼此独立的交流 20V/0.1A 及 1 路直流 15V/0.1A 电源。其中,6 路交流 20V 分别用作三相全桥系统 6 只 IGBT 栅极的驱动电源,而直流 15V 电源与用户系统脉冲形成部分为同一电源。

(2) 可用于 600A/1200V 以下 3 个二单元 IGBT 模块的直接栅极驱动。

(3) 具有降栅压、软关断双重保护功能,在软关断及降栅压的同时能输出报警信号,既可用于封锁用户脉冲形成部分的输出,又可给出触点信号,用来分断用户系统的主电路。

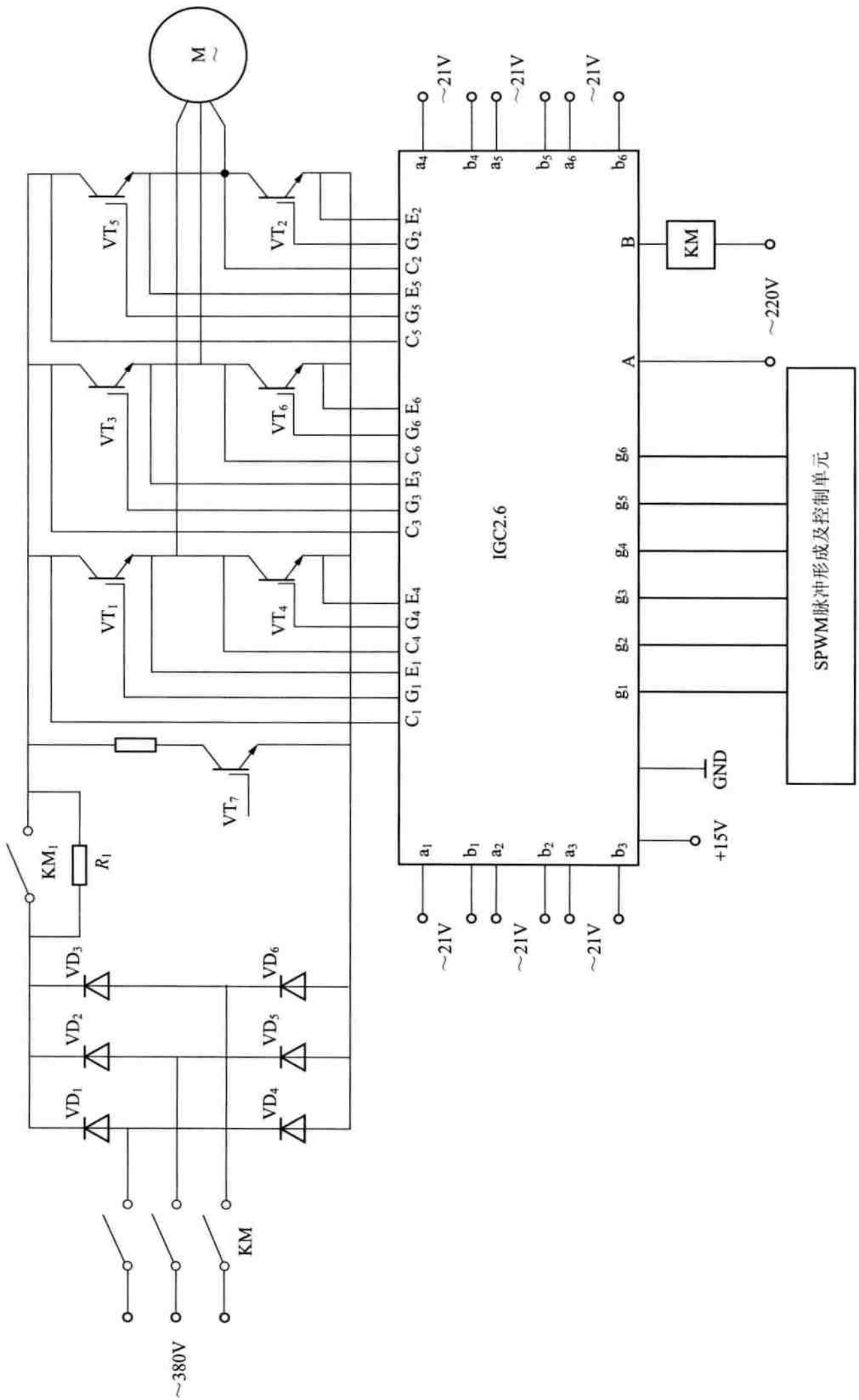


图 9.30 IGC2.6 三相全桥 IGBT 驱动板用于三相全桥 IGBT 逆变系统

(4) 降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,故可适用于不同饱和压降 IGBT 的驱动和保护。

2. 主要参数限制

- (1) 每路交流输入电压最高值:22V。
- (2) 每路交流输入电压最低值:19V。
- (3) 每路交流输入电流最大值:0.1A。
- (4) 直流输入电压幅值:15V。
- (5) 直流输入电源电流容量:20mA。
- (6) 工作温度范围 T_A :0~70℃。
- (7) 存储温度范围 T_{sig} : -10~+85℃。
- (8) 输出驱动脉冲峰值电流(最大脉冲宽度 $t_w \leq 2\mu\text{s}$): $\pm 6\text{A}$ 。
- (9) 保护输出故障报警接点容量:220V/2A 或 380V/1A。

9.10.2 内部结构及工作原理

IGC3.6T 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的电路原理如图 9.31 所示(见书后插页)。

9.10.3 应用技术

1. 元器件布置

IGC3.6T 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的安装孔为 4- $\Phi 5$,元器件布置如图 9.32 所示。它与外部的连接有 8 个接插件。

2. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 a_1 、 b_1 接电源变压器二次侧的第 1 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压; G_1 、 C_1 、 E_1 分别接被驱动 6 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_1 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(2) 接插件 S_2 的 a_2 、 b_2 接电源变压器二次侧的第 2 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压; G_2 、 C_2 、 E_2 分别接被驱动 6 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_2 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(3) 接插件 S_3 的 a_3 、 b_3 接电源变压器二次侧的第 3 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压; G_3 、 C_3 、 E_3 分别接被驱动 6 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_3 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(4) 接插件 S_4 的 a_4 、 b_4 接电源变压器二次侧的第 4 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压; G_4 、 C_4 、 E_4 分别接被驱动 6 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_4 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(5) 接插件 S_5 的 a_5 、 b_5 接电源变压器二次侧的第 5 路 21V 绕组,亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压; G_5 、 C_5 、 E_5 分别接被驱动 6 只大功率

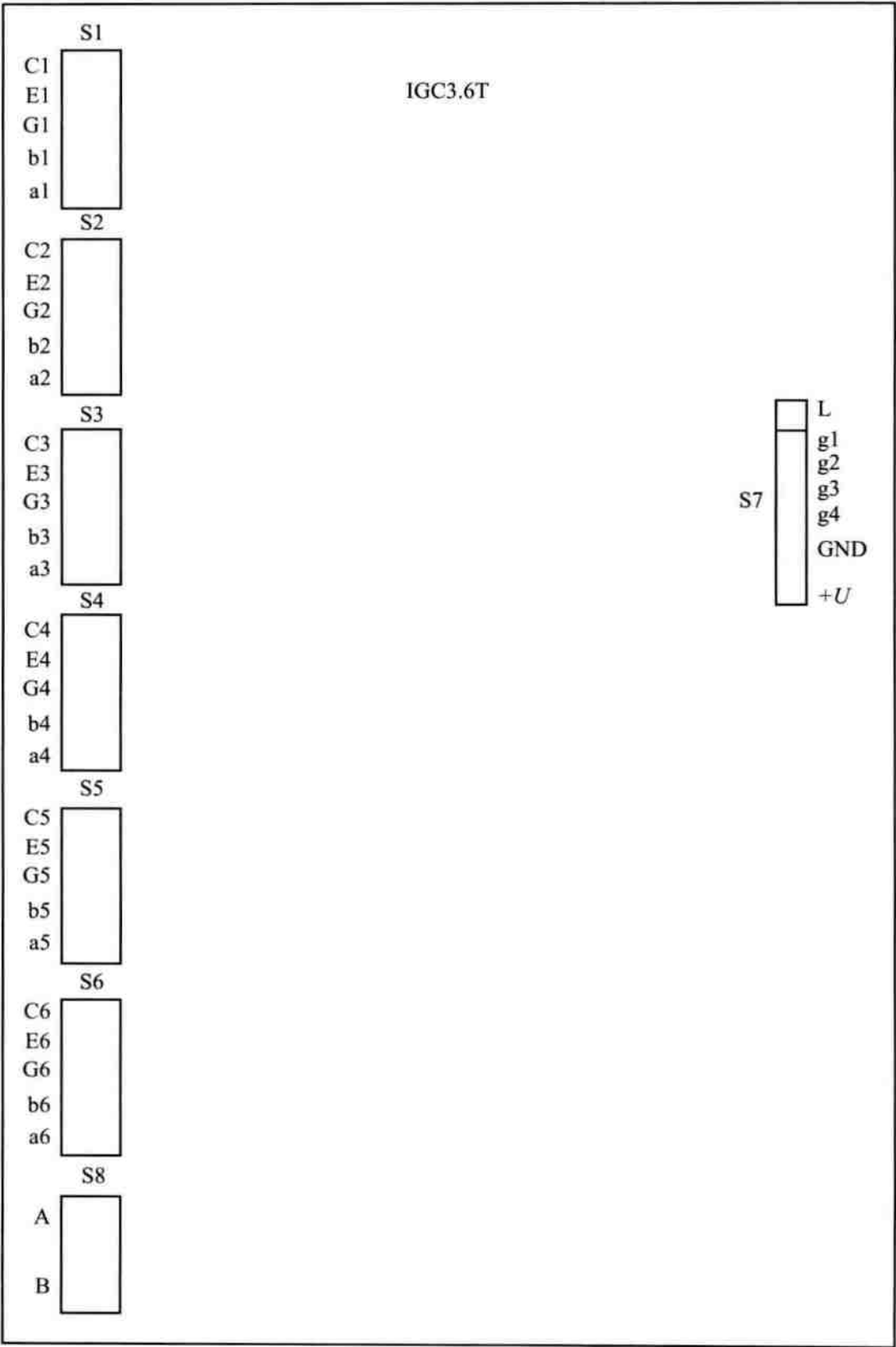


图 9.32 IGC3.6T 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板的元器件布置

IGBT 中与输入脉冲信号 g_5 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(6) 接插件 S_6 的 a_6 、 b_6 接电源变压器二次侧的第 6 路 21V 绕组，亦可直接单独输入具有悬浮地电位的 28V 直流电压； G_6 、 C_6 、 E_6 分别接被驱动 6 只大功率 IGBT 中与输入脉冲信号 g_6 对应 IGBT 的栅极、集电极及发射极。

(7) 接插件 S_7 的 $+U$ 、 GND 、 $g_1 \sim g_6$ 分别接用户系统的工作电源、参考地及 6 路驱动脉冲信号； F 为用户外部故障保护后提供给用户系统的高电平封锁脉冲信号，

可直接用来封锁驱动板输出的 6 路驱动脉冲。

(8) 接插件 S_8 的 A、B 之间为常闭接点,在被驱动 IGBT 过流或其他故障情况保护时,用来输出分断用户系统主电路的信号。

3. 应用注意事项

(1) 防止输出的驱动信号中接 IGBT 栅极的 $G_1 \sim G_6$ 与接发射极的 $E_1 \sim E_6$ 彼此短路。

(2) 为避免干扰,建议供电电源到该驱动板插座之间及驱动板输出与被驱动 IGBT 之间的引线要尽可能短,往返长度之和不要超过 1m,并尽可能使用双绞线或同轴电缆屏蔽线。

(3) 用于三相全桥逆变系统时,为避免直通,建议在用户系统的驱动脉冲形成部分增加 g_1 与 g_4 、 g_3 与 g_6 、 g_5 与 g_2 信号之间的互锁时间间隔,时间间隔一般为 $1 \sim 5 \mu s$ 。

4. 典型应用举例

IGC3.6T 三相全桥大功率 IGBT 栅极驱动板可作为主功率器件为 IGBT 或 MOSFET 的三相全桥逆变器的驱动单元使用,图 9.33 给出了其应用于 75kW 无刷直流电动机调速系统的原理图。图中 IGBT 的驱动脉冲信号来自专用集成电路 MC33035,有关整个系统详细工作原理的分析可参考本书的姊妹篇《常用电力电子变流设备调试与维修实例》第 6 章。该调速系统工作于转速电流双闭环模式,被控制电动机功率为 75kW,调速精度高达 0.1%,所用 IGBT 为英飞凌公司生产的 400A/1200V。同桥臂 2 个 IGBT 驱动信号之间的互锁时间在三相 SPWM 脉冲信号处理单元内部形成,电流的检测应用霍尔电流传感器,转速的检测应用编码器。

9.11 IGC2.7 IGBT 斩波器控制板

IGC2.7 在 IGC2.1 的基础上增加了 PWM 脉冲形成、外部故障(过流、过压、超速等)保护电路、驱动级欠饱和、短路保护、软关断及降栅压等保护自保持电路,并将 HL402 改为 HL403B,驱动功率更大。与 IGC2.1 单管驱动板相比,它可驱动的 IGBT 容量大为提高,性能更加完备。

9.11.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 应用 SG3525 作为 PWM 脉冲形成芯片,输出 PWM 脉冲频率可调范围为 $0.5 \sim 200 kHz$ 。

(2) 以 IGBT 专用厚膜驱动器 HL403B 为核心,外加功率放大可驱动 600A/600V、300A/1200V 以下的 IGBT 单管式模块。

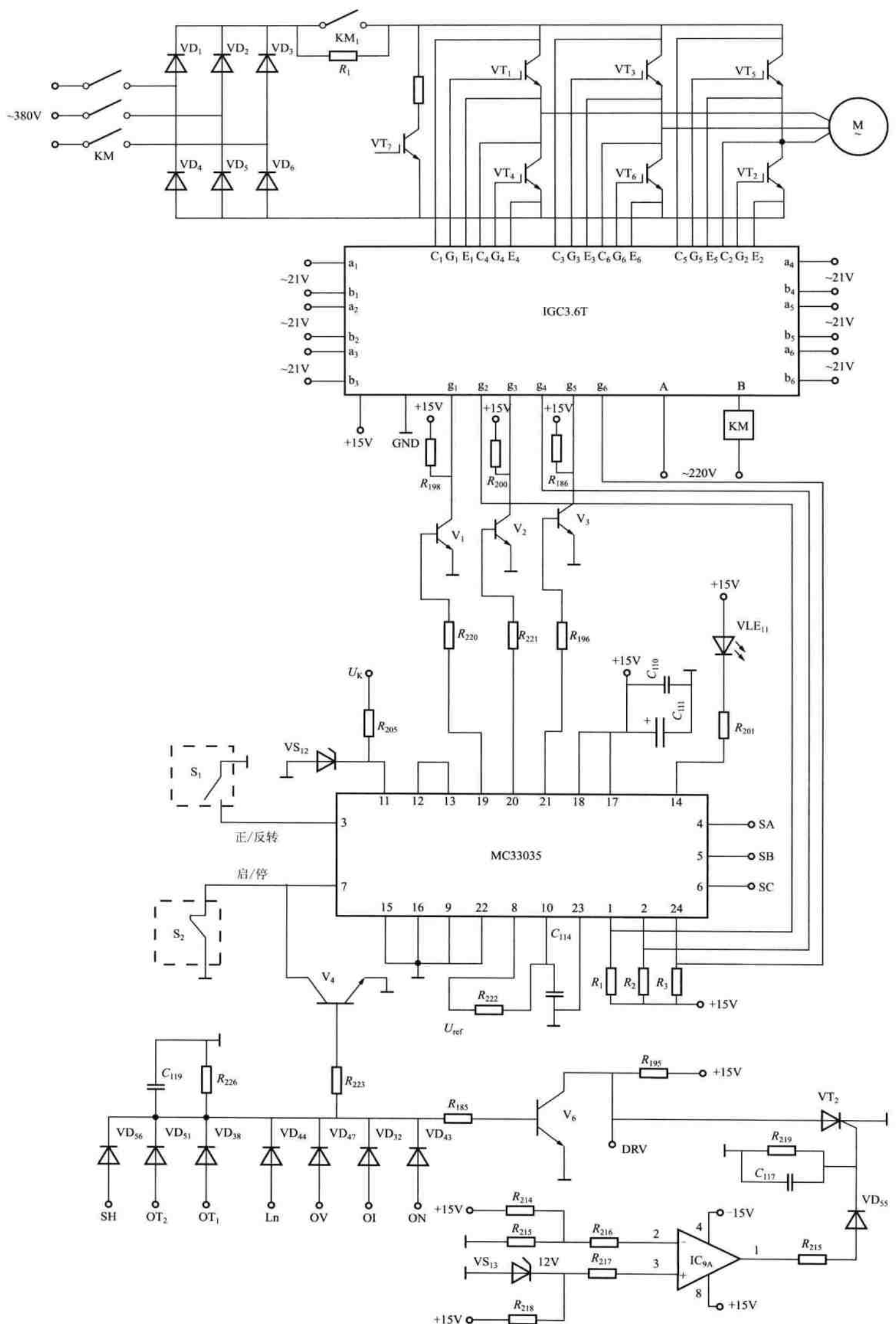


图 9.33 IGC3.6T三相全桥IGBT驱动板用于75kW无刷直流电动机调速系统

(3) 在 IGC2.1 单管驱动板的基础上,增加外部电路故障(过流或过压)保护、末级部分软关断、降栅压及欠饱和等保护自保持电路,使被驱动 IGBT 运行在更安全的状况,保护更迅速、更完善。

(4) 结构紧凑、控制板尺寸小、布线合理,满足了高频工作的需要。

(5) 可用于直流斩波器、交流调速或直流调速的能耗制动回路中驱动单管功率 IGBT。

2. 主要参数限制

(1) 外部电路故障保护输入电压信号:0~12V/100 μ A。

(2) 工作电源电压:2 路交流 18V/0.2A 及 1 路 20V/0.1A。

(3) 提供用户使用 ± 15 V 电源,最大负载能力:20mA。

(4) 可板外外控及板内内控调整 PWM 脉冲占空比,调节范围:10%~100%。

(5) 外控时输入调整 PWM 脉冲宽度的电压信号范围 U_k :0~5V。

9.11.2 工作原理

IGC2.7 IGBT 单管斩波器控制板的电路原理如图 9.34 所示。集成电路 SG3525 完成 PWM 脉冲形成,HL403B 加互补功率放大晶体管输出级完成大功率 IGBT 的驱动,借助于 HL403B 内保护电路实现被驱动 IGBT 的短路、欠饱和、软关断及降栅压保护,保护后的信号分别经 VLC_1 、 VLC_2 隔离后送出,由晶体管 V_1 与 NE555 构成的电路自保后封锁掉 PWM 脉冲,从而使被驱动功率 IGBT 的栅-射极间为反偏压而可靠截止;另外,当用户主电路因其他原因而产生故障(如过压或过流)时,比较器 IC_{2A} 动作,使 IC_{2B} 动作,通过 VLC_3 直接从驱动级封锁加到被驱动功率 IGBT 栅-射极的驱动电压,使被驱动 IGBT 承受反偏压而可靠关断。同时,晶体管 V_2 导通,继电器 K 动作,给出常闭接点 K 断开信号(~ 380 V/0.5A 或 ~ 220 V/3A),使用户分断主电路接触器或进行其他保护操作。

9.11.3 应用技术

IGC2.7 的外形尺寸为长 \times 宽 \times 高=187mm \times 107mm \times 30mm,安装尺寸为长 \times 宽=177mm \times 94mm,孔距为 4- $\Phi 4.5$ 。其元器件布置如图 9.35 所示,对外引出 3 个接插件。

1. 正确接线

(1) 接插件 S_1 的 a、GND、b 接电源变压器的二次侧绕组,要求电压为双 18V,中间抽头接 GND,两个数值相等、相位互差 180°的 18V 分别接 a 和 b。 L_1 、 L_2 分别给出故障(外部故障)保护条件下,封锁用户系统或与用户系统同步的电平信号,其中 L_1 在正常状态下为高电平,在保护状态下为低电平;而 L_2 与 L_1 刚好相反,在正常状态下为低电平,在保护状态下为高电平。 I_1 接霍尔电流传感器的输出信号正,

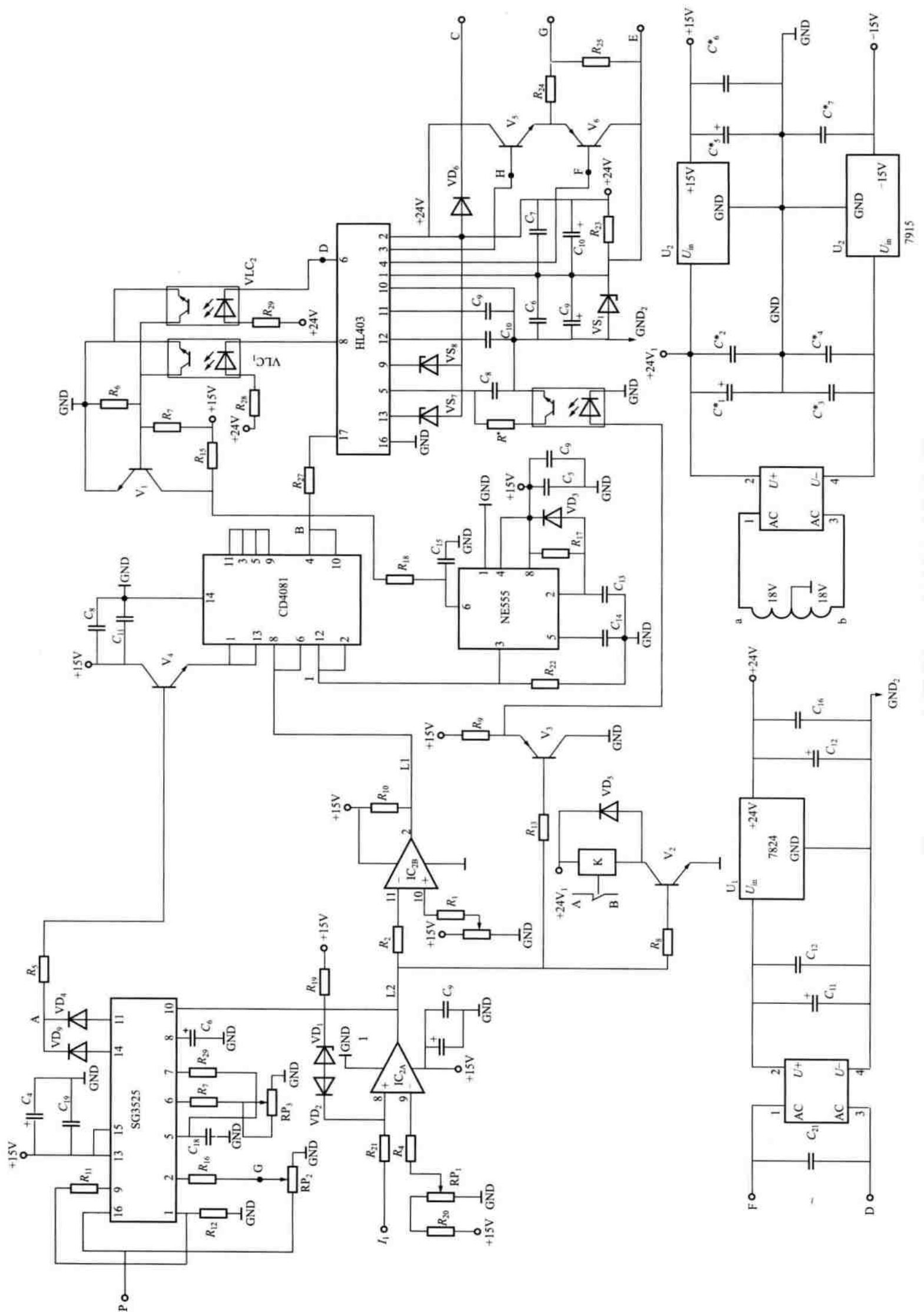


图 9.34 IGC 2.7 单管斩波 IGBT 驱动板的电路原理图

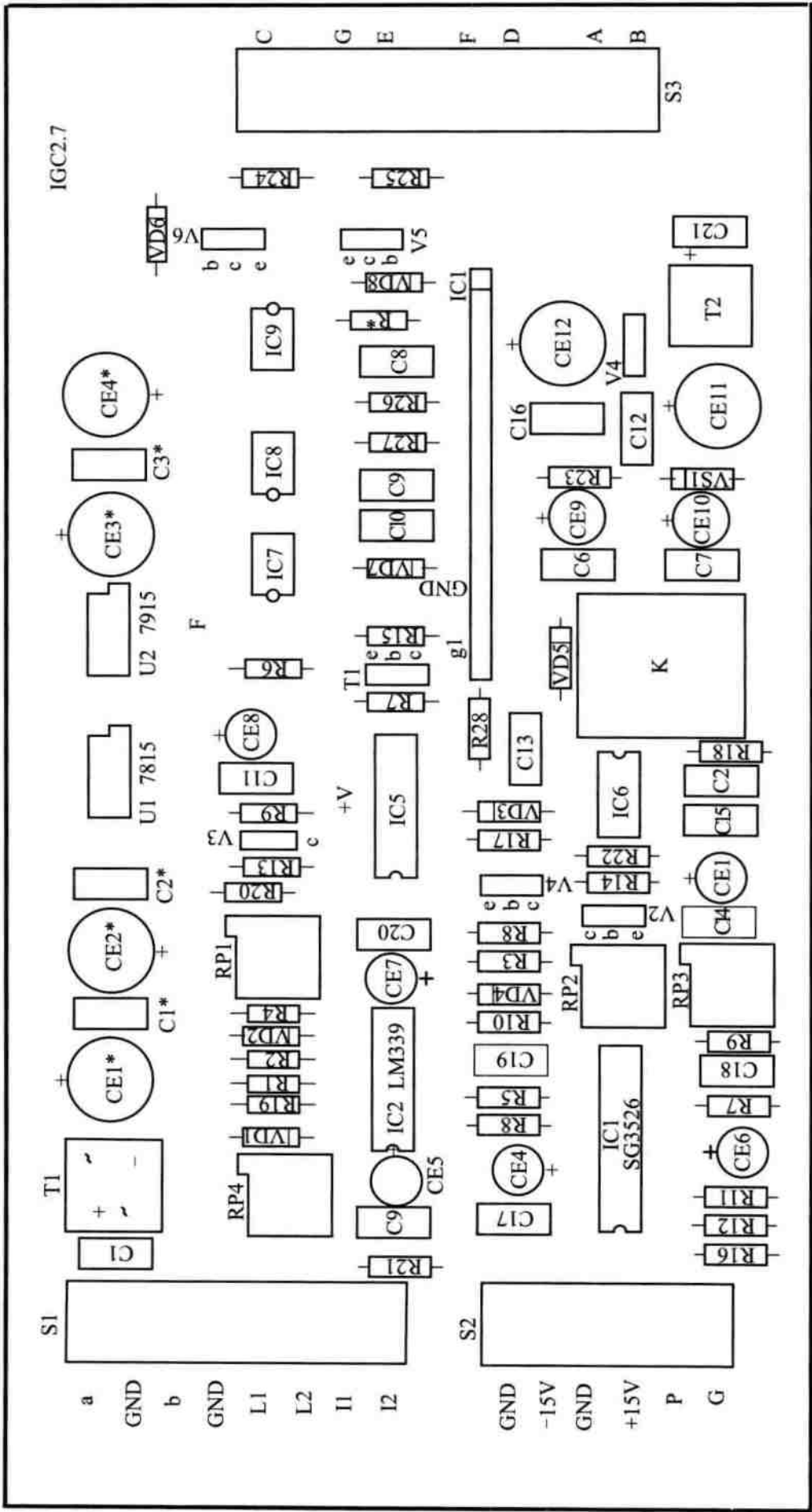


图 9.35 IGC2.7 单管斩波驱动板的元器件布置

I_2 接霍尔电流传感器取样原参考地端。

(2) 接插件 S_2 的 GND、+15V、-15V 分别接霍尔电流传感器工作时所需的参考地、正电源及负电源连接端, ±15V 的最大负载电流能力为 20mA。P、G 与 GND 端可以外接阻值不小于 10k、功率不小于 1W 的电位器, 作为外部控制 PWM 脉冲宽度的给定, 此时应把板内的输出调节电位器 RP_2 中间头断开, 以免 RP_2 与外接电位器之间互相影响。应注意的是, G 接该电位器的中间头, 而 P 与 GND 分别接两固定端。

(3) 接插件 S_3 的 C、G、E 分别接被驱动功率 IGBT 的集电极、栅极及发射极, 且随着被驱动 IGBT 的不同, 板内的电阻 R_{24} 的选用阻值应有所不同, 其推荐值见表 9. 2。

表 9. 2 不同容量的 IGBT 所采用 R_{24} 的推荐值

IGBT 额定值	600V	50A	75A	100A	150A	200A	300A	400A	600A	
	1200V	25A		50A	75A	100A	150A	200A	300A	600A
R_{24} 阻值(Ω)		50	33	25	15	12	8. 2	5	3. 3	1. 5
R_{24} 功率(W)		0. 5	0. 5	1. 0	1. 0	1. 0	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0

为避免干扰, 使被驱动 IGBT 可靠工作, S_3 到 IGBT 栅-射极之间的引线应短于 0. 5m, 且 G、E 引出的两根线要尽可能采用双绞线或同轴电缆屏蔽线。同时应注意, 在相同容量条件下, 由于不同公司生产的 IGBT 的栅极参数是有区别的, 所以 R_{24} 的最终值应以被驱动 IGBT 工作的性能最佳(即 U_{CE} 过冲尖峰电压及导通与关断压降几个因素的折中)为最好。

F、D 之间接驱动级的工作电源, 该电源可为直流(+28V/0. 2A), 亦可为交流(22V/0. 2A)。为把干扰降到最小, 建议从直流供电电流(F、D 之间接直流)或交流电源变压器二次侧(F、D 之间接交流)到 S_3 插座之间的引线采用双绞线或同轴电缆屏蔽线, 且引线越短越好。

A、B 之间为用户系统故障保护后, 给出的常闭接点信号(380V/1A~或 220V/3A~), 使用户可用来分断用户系统主电路。

2. 正常工作波形

IGC2. 7 的关键芯片为 HL403 和 SG3525, 图 9. 36 给出了正常工作时几个关键引脚(以 A、B、C、D、F、H 来标记)在输出端接 IGBT 时的波形及保护后同引脚的工作波形。

3. 调试方法

IGC2. 7 是专为大功率 IGBT 驱动而设计的控制板, 可用作额定容量不大于 600A/600V 及 300A/1200V 的 IGBT 斩波系统中 PWM 脉冲的产生及驱动控制板。该板共需输入 3 路交流电源。

IGC2. 7 在出厂前已进行仔细的调试, 一般不需要进行复杂的调试, 其用于配

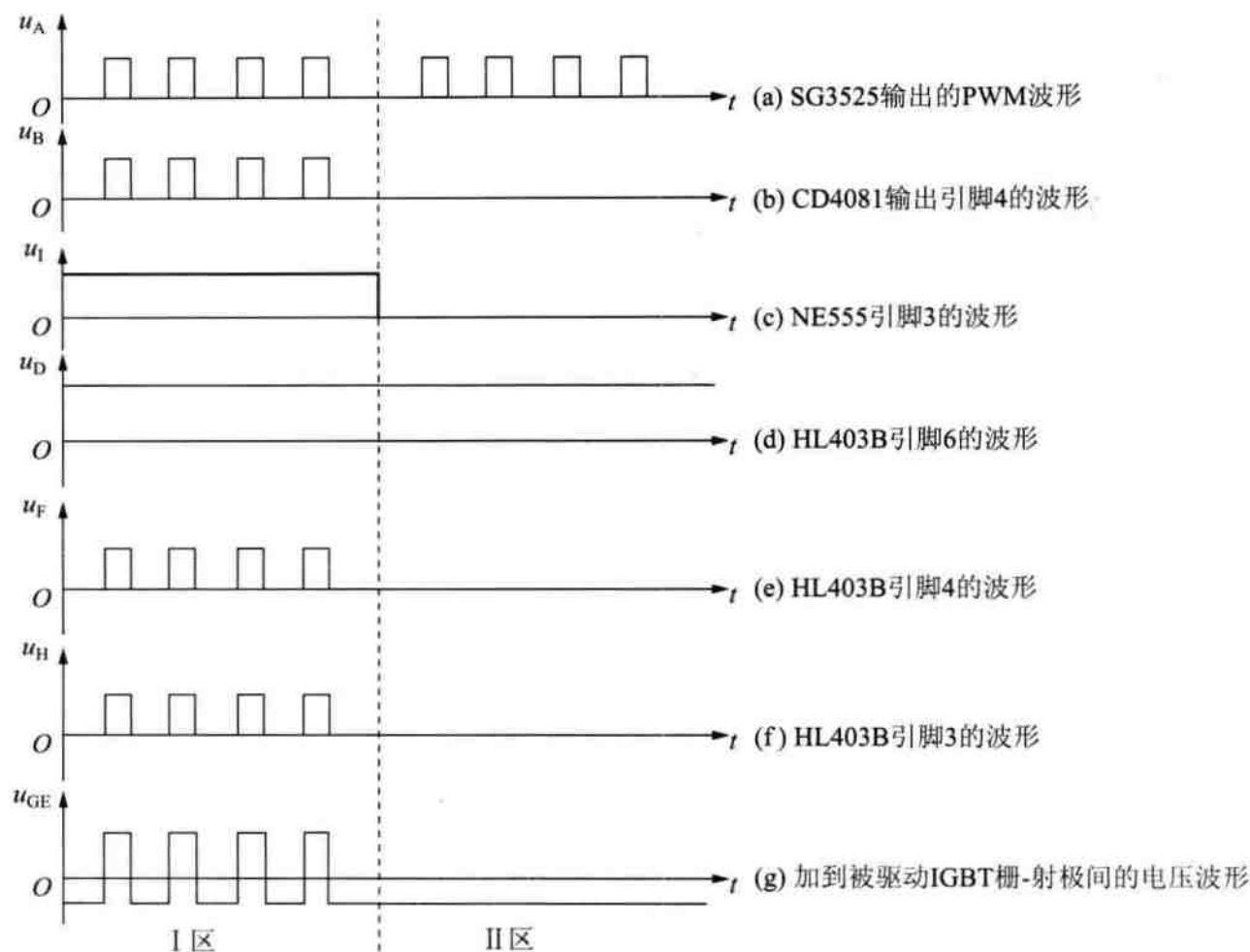


图 9.36 IGC2.7 正常工作时几个关键引脚的工作波形

注:各波形的参考地均为各自的工作电源地, I 区为正常工作波形, II 区为发生欠驱动(被驱动 IGBT 欠饱和导通)时的波形

套斩波系统时的调试步骤如下。

(1) 通电,用万用表检测+15V、-15V 及+24V。测试应分别以 7815 与 7824 的外壳为参考地测试,幅值及纹波含量应符合要求。

(2) 用示波器测试电路中各关键引脚的波形,参考图 9.36 所示的正常工作波形,应确保正确无误。

(3) 模拟被驱动 IGBT 欠饱和故障,可以看到其驱动波形从正常工作的状态变为保护后的波形。

(4) 模拟外部电路故障,即从 I_1 与 GND 引脚之间输入可调直流电压,当该电压大于设定阈值时,保护电路的动作无误, L_1 与 L_2 分别输出高电平与低电平。

(5) 按用户系统需要的工作频率调整 RP_3 , 整定 PWM 脉冲的频率为 10~20kHz。

(6) 接通 IGC2.7 与被驱动 IGBT 斩波器之间的引线,给主电路送电,测试被驱动 IGBT 集射极的电压波形。若电压过冲太高,则应增大栅极串联的电阻 R_{24} 和减小栅射极并联的电阻 R_{25} ;若电压过冲很小,但被驱动的 IGBT 集射极电压波形上升下降沿陡度不理想或导通段压降较大,则应减小电阻 R_{24} 与增大电阻 R_{25} 。最后,按两者的折中较优方案确定 R_{24} 与 R_{25} 的阻值。

(7) 按用户要求的保护过载倍数, 根据实际电流取样值的大小调整保护门槛值, 电位器 RP_1 的中点电压为用户需求的保护倍数对应值。

4. 应用注意事项

- (1) 防止输出的驱动信号中接 IGBT 栅极的“G”与接发射极的“E”彼此短路。
- (2) 为避免干扰, 建议供电电源到该驱动板插座之间及驱动板输出与被驱动 IGBT 之间的引线要尽可能短, 长度之和不要超过 1m, 并尽可能使用绞线或同轴电缆屏蔽线。
- (3) 如对主电路中的电流取样信号使用交流, 应在用户外电路中将其变换为直流, 且保证不超量程(10V)。
- (4) 若外部电路使用该驱动板输出的+15V 或-15V 电源, 应确保最大负载不超过 20mA。

5. 典型应用举例

IGC2.7 可用作主功率器件为 IGBT 或 MOSFET 的斩波器系统的驱动单元, 图 9.37 给出了其用做 75kW 无刷直流电动机调速系统中能耗制动单元的原理图, 所用 IGBT 为英飞凌公司生产的 400A/1200V IGBT。

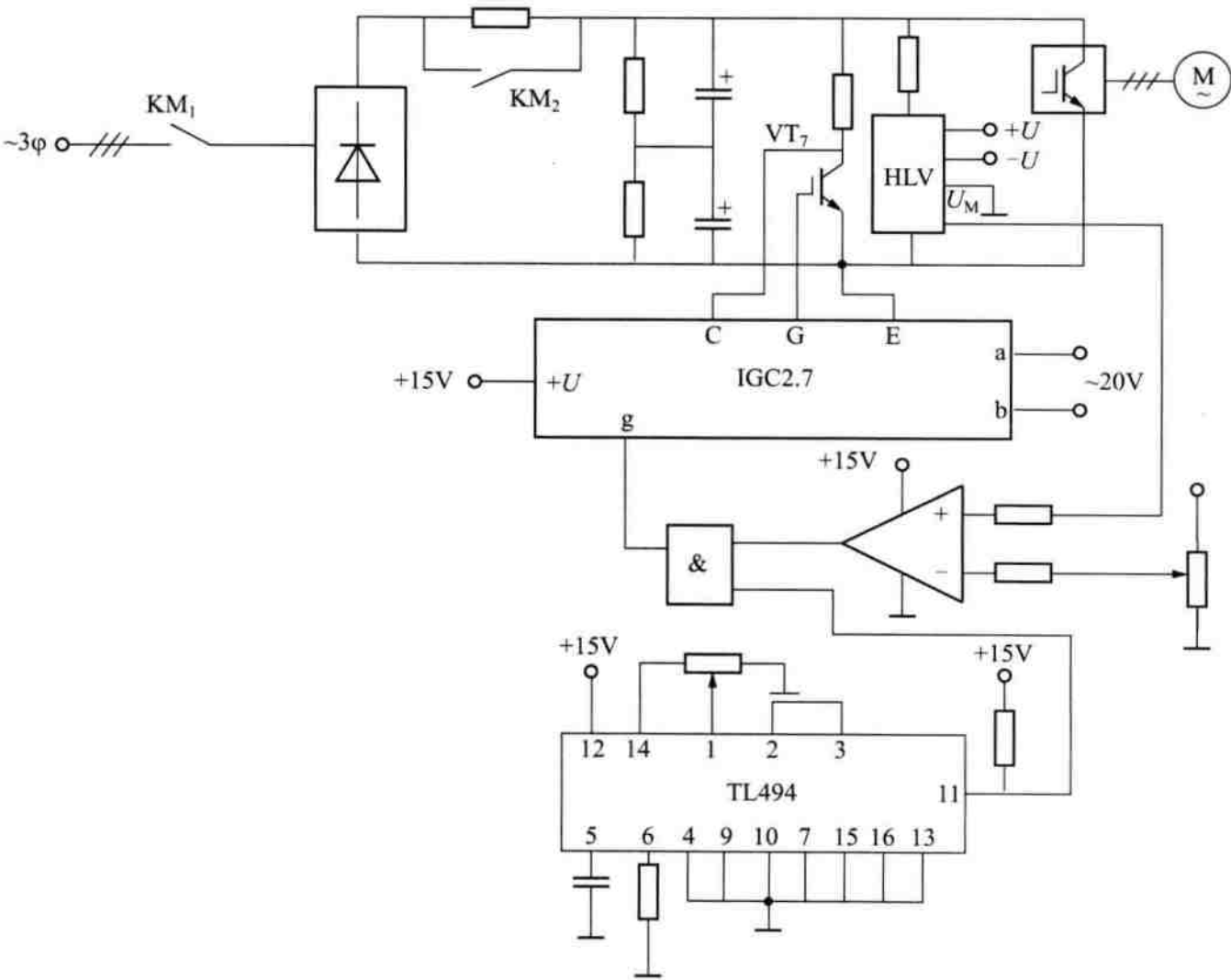


图 9.37 IGC2.7 用做交流调速系统能耗制动单元

第 10 章 电力电子变流设备 集成保护电路及保护板

10.1 概 述

电力电子变流设备发生故障后的可靠迅速保护,是其长期稳定工作,不发生事故的根本保证。一个设计完善的电力电子变流系统,不但要满足正常运行时损耗小,稳定性高,而且要在故障或非正常运行状况发生时,及时、迅速地进行保护,向操作者或中央控制室发出声光报警,并迅速分断故障的主电路,避免事故扩大。随着电力电子变流技术的飞速发展,其保护技术也取得了长足的进步,各电力电子变流设备的制造厂家和科研人员都把电力电子变流设备保护集成电路和保护控制板的开发放在极为重要的地位。表 10.1 给出了陕西高科电力电子有限责任公司几种电力电子变流设备保护集成电路和保护板的主要性能和关键参数。

表 10.1 几种电力电子变流设备的保护集成电路和保护板简表

型 号	主要性能	关键参数
HL601A	双电平保护器集成电路,单列直插 15 引脚厚膜集成电路封装,对外引出 9 个引脚,正负双电源工作,保护动作延时时间可通过外接电容调节,保护动作门槛内部设置固定,可对电力电子变流设备进行 2 级保护	正工作电源电压 U_{DD} : +15V 负工作电源电压 U_{EE} : -15V 第 1 级保护门槛: +7.5V 第 2 级保护门槛: +8.5V
HL602A	专为门极可关断晶闸管 GTO 设计的三电平保护厚膜集成电路,标准 20 引脚封装,对外引出 10 个引脚,3 级保护动作门槛内部电路设置和调节,也可用于主功率器件为非 GTO 的其他电力电子变流设备进行三电平保护	正工作电源电压 U_{DD} : +15V 负工作电源电压 U_{EE} : -15V 第 1 级保护门槛: +5.5V 第 2 级保护门槛: +7.0V 第 3 级保护门槛: 8.5V
TH201A	三相交流电源断相或错相保护电路,单列直插式 15 引脚厚膜集成电路封装,交流输入需零线	工作电源电压: +15~+18V 输入电压: 三相相电压 220V 或 30V 可使用交流电源工作频率: 50~400Hz
TH221A	三相交流电源断相或错相保护器厚膜集成电路,单列直插式 13 引脚标准厚膜集成电路封装,可检测出三相电源是否断相或错相,并进行相应的保护	工作电源电压: +15~+24V 输入电压: 三相交流线电压 380V 或 30V 可使用交流电源工作频率: 50~400Hz

续表 10.1

型 号	主要性能	关键参数
HM231	三相交流电源断相保护电路,单列直插式 13 引脚厚膜集成电路封装,交流输入不需零线	工作电源电压: +15 与 +24V 三相交流输入电压: 380V 或 30V 工作频率: 50~400Hz
THP	专为三相电力电子变流设备缺相及错相保护设计的保护板,输入可为交流相电压 30V~380V 任意值,推荐输入取样电压为 30V 或 380V,保护后输出 2 个电平信号和 1 个触点信号,对外接线仅 2 个接插件,工作电源电压允许单相或三相	输入电压范围: 三相相电压 30V~380V 工作电源电压: 单相 18V 或三相 9V 保护输出接点容量: 220V/3A 或 380V/1A
BHB2	专为电力电子变流设备设计的两电平保护板,输入可为正极性,也可为负极性,双电源工作,动作延迟时间可调节,输入取样信号可交流也可直流,保护输出既有电平信号,也有触点信号	输入取样电压范围: 0~15V 保护输出接点容量: 220V/3A 或 380V/1A
BHB3	专为电力电子变流设备设计的三电平保护板,输入可为正极性,也可为负极性,双电源工作,动作延迟时间可调节,输入取样信号可交流也可直流,保护输出既有电平信号也有触点信号	输入取样电压范围: 0~15V 保护输出接点容量: 220V/3A 或 380V/1A
THP2	应用 TH221A 开发的缺相与错相保护板,允许输入取样电压范围宽,使用中不需要零线,保护后输出接点信号的同时输出电平信号,工作电源电压范围宽,工作电源电压可交流三相 10V,也可单相 10V	输入电压范围: 三相线电压 380V~30V 工作电源电压: +15V
THP3	应用 HM231 为核心单元设计的三相缺相保护板,仅可进行缺相保护,不能进行错相保护,允许使用输入电压最大达 380V,最小 30V,对外仅 9 根线,使用极为方便,工作电源电压可为直流,也可为交流,输出接点及电平信号,单工作电源即可正常工作	保护后接点容量: 220V/5A 工作电源电压: +15V、+24V、-15V

10.2 HL601A 双电平保护器厚膜集成电路

双电平保护器厚膜集成电路 HL601A 能实现过电流、过电压、过温度等信号的双电平保护,具有动作门限准确、动作迅速及可靠性高等特点。内部设计有 2 级翻转电平,当达到第 1 级翻转电平时(额定值的 120%)给出报警信号,在过门信号消失时能自动复位,此电平能提醒值班人员通过控制计算机采取降低给定值的措施。当达到第 2 级翻转电平时(150%),电路自动翻转并保持和记忆翻转状态,使

被保护器件自动封锁。此保护电路适用于以晶闸管、GTR、IGBT、MOSFET、GTO等电力电子器件为主功率器件的电力电子变流设备。

10.2.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

HL601A 为单列直插式 15 引脚封装的厚膜集成电路，引脚排列如图 10.1 所示，各引脚的名称、功能及用法见表 10.2。它的外形尺寸为长×宽×厚=40mm×28mm×6mm。

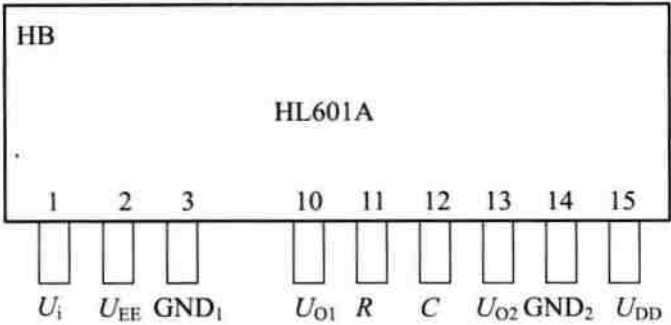


图 10.1 HL601A 的引脚排列

表 10.2 HL601A 的引脚说明

引脚号	符号	名称	功能及用法
1	U_i	检测信号输入端	接用户被保护信号检测电路输出端
2	U_{EE}	负电源电压输入端	使用中接用户负电源，一般取 $-15V$ ，为抗干扰应接去耦电容到引脚 14
3	GND_1	输入级地端	接用户被保护信号输入级地端及输入级供电电源 U_{EE}
10	U_{O1}	第 1 级保护动作输出端	保护动作时输出由高电平降为低电平，接第 1 级保护动作用户外部执行电路输入参考地
11	R	复位端	高电平复位，通过电阻接常开复位按钮的一端
12	C	保护动作延时时间电容设置端	通过延时电容器接工作电源参考地端
13	U_{O2}	第 2 级保护动作输出端	保护动作后输出由低电平变为高电平，接第 2 级保护动作用户外部执行电路输入
14	GND_2	输出级参考地端	接输出级的参考地及工作电源 U_{DD} 与 U_{EE} 参考地
15	U_{DD}	正电源端	一般接 $+15V$ ，为 HL601A 正常工作提供电源，为抗干扰应接去耦网络到地（引脚 14）

10.2.2 内部结构及工作原理

HL601A 的内部结构及工作原理如图 10.2 所示,内部由绝对值电路、双电平比较器、保持电路 3 部分组成。来自用户电路的被保护信号取样值可以是任意极性,取样值通过绝对值电路转化为正信号,当其大于第 1 级保护电平门槛时,第 1 级保护动作,输出端(引脚 10)由高电平(大于 9V)转换为低电平(小于 1V),经过外电路提醒值班人员或主控计算机采取控制措施,通常采用降低被保护信号给定值的措施。如采取措施后被控制量值确实降为低于第 1 级动作门槛,则系统正常运行;如不能进行控制,被控制量的检测值继续增加,达到第 2 级保护信号门槛时,则第 2 级比较器动作,经保持电路记忆动作状态,以便操作人员检查故障原因,并及时采取处理措施。

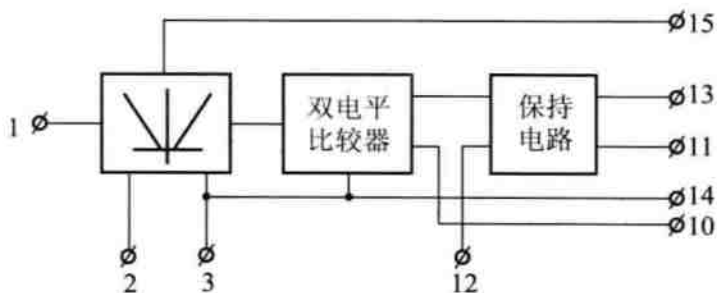


图 10.2 HL601A 的内部结构及工作原理

10.2.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 输入电压范围宽。
- (2) 每级保护延迟时间可单独调节。
- (3) 保护动作门槛不可调。
- (4) 保护输出可通过外接功放电路后驱动继电器等。

2. 主要参数限制

- (1) 电源电压： $\pm 15\text{V} \pm 10\%$ 。
- (2) 电源电流： $\leq 10\text{mA}$ 。
- (3) 保护动作门槛电压：第 1 级 $6 \pm 0.5\text{V}$ ，第 2 级 $8 \pm 0.5\text{V}$ 。
- (4) 保护输出电压：第一级高电平 $> 9\text{V}$ ，低电平 $< 1\text{V}$ ；第二级高电平 $> 12\text{V}$ ，低电平 $< 1\text{V}$ 。
- (5) 第 2 级保护最小动作延迟时间： $< 1\mu\text{s}$ 。
- (6) 第 2 级保护延迟时间可按(10.1)式计算：

$$t_d = 3.6 \times 10^{-3} C + 0.6(\mu\text{s}) \quad (10.1)$$
- (7) 最大负载能力：高电平拉电流 $\leq 10\text{mA}$ ，低电平灌电流 $\leq 10\text{mA}$ 。

10.2.4 应用技术

HL601A 可用作各种电力电子变流设备的保护元件。

1. 典型应用波形

HL601A 的典型工作波形如图 10.3 所示。

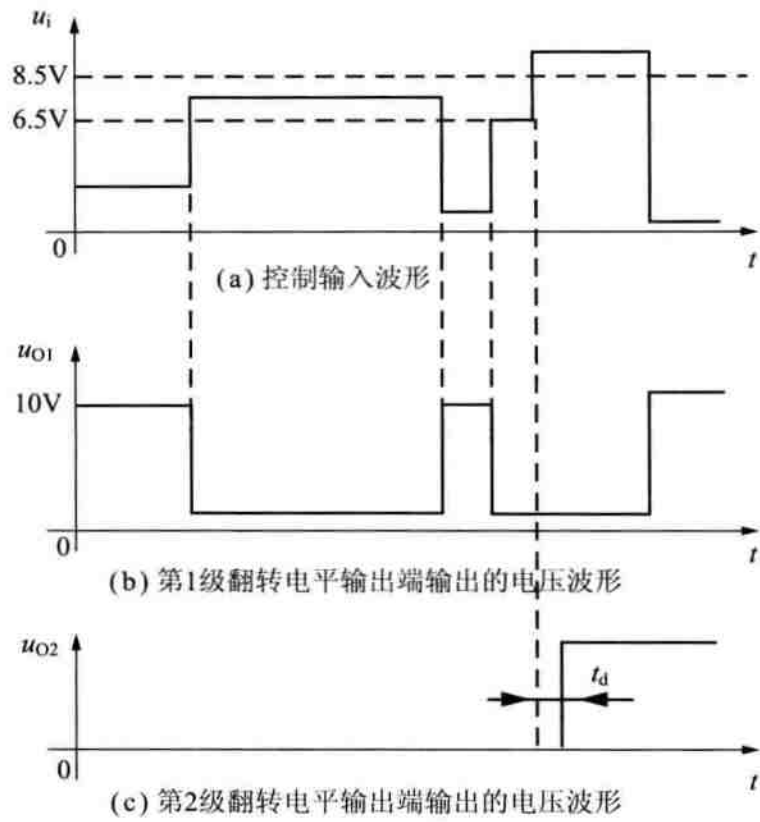


图 10.3 HL601A 保护后的输出波形

2. 典型应用举例

图 10.4 给出了 HL601A 的典型应用接线。

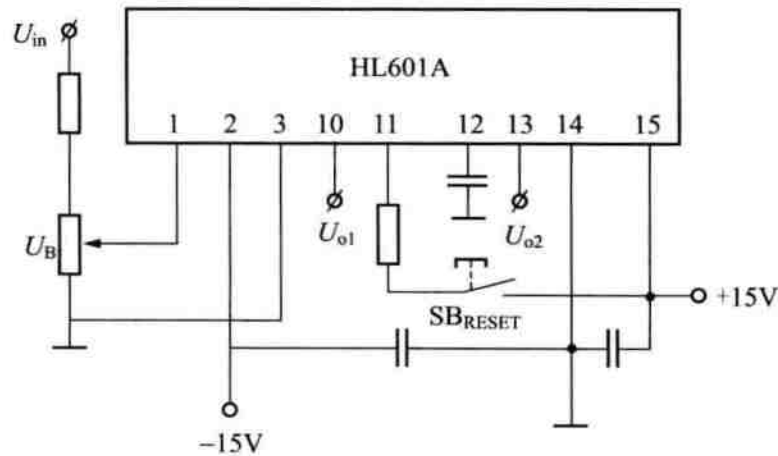


图 10.4 HL601A 的典型应用接线

图 10.5 给出了 HL601A 用作三相交流变频调速系统过压保护的原理图。为了保证电位隔离,应用霍尔电压传感器来检测直流侧的电压,并经功放后作为 HL601A 的保护输入。HL601A 保护后的第 1 级输出用作封锁脉冲,而第 2 级保

护输出用来分断主回路进行集中式保护。

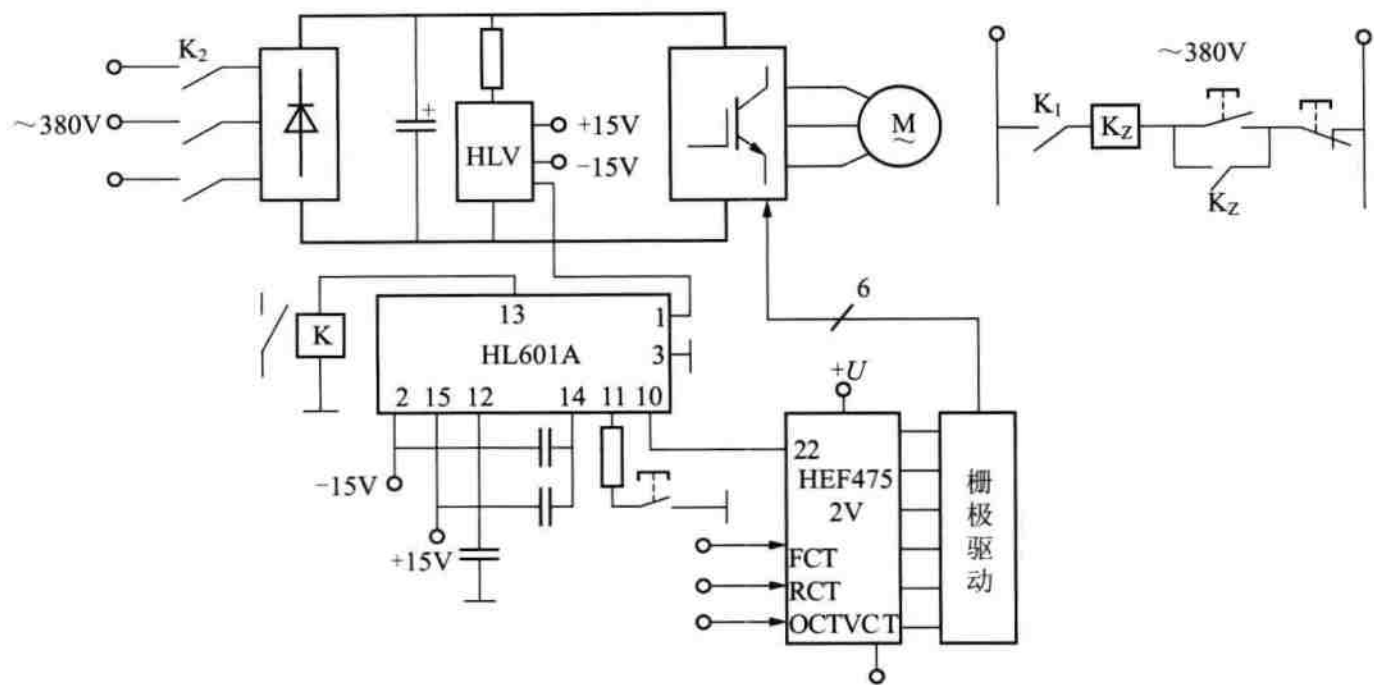


图 10.5 HL601A 用于三相 SPWM IGBT 变频调速系统

10.3 HL602A GTO 专用三电平保护厚膜集成电路

三电平厚膜保护器集成电路 HL602A 是专为 GTO 的过流保护设计的保护电路,也用于其他需要三电平保护的场合。它具有动作门限准确、动作迅速及可靠性高等特点。由于 GTO 具有最大可关断阳极电流这一参数,当过电流值小于最大可关断阳极电流时,采取封锁正栅极脉冲,施加负栅极脉冲,关断阳极电流的保护措施;当过电流值大于最大可关断阳极电流时,如果施加负栅极脉冲,不仅不能关断 GTO,反而会使 GTO 因为关不断而损坏,此时应保持正驱动脉冲使 GTO 继续导通,所以 GTO 的过流保护必须采用三电平保护器才能实现完善的保护。

10.3.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

HL602A 采用标准单列直插式 20 引脚厚膜集成电路封装。它的引脚排列及外形尺寸如图 10.6 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 10.3。

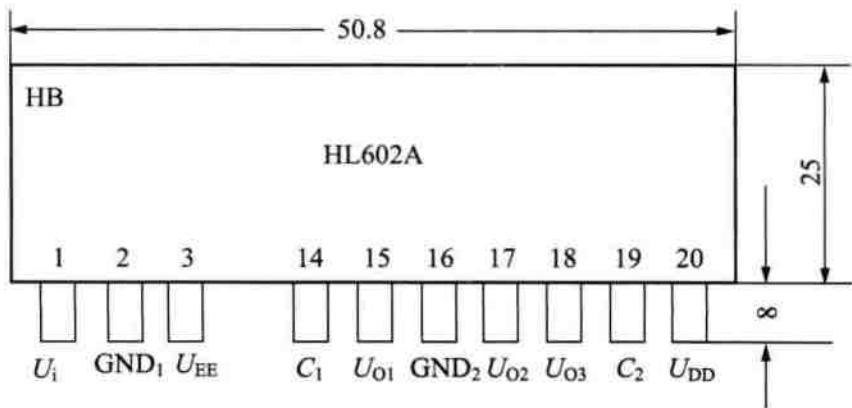


图 10.6 HL602A 的引脚排列

表 10.3 HL602A 的引脚说明

引脚号	符 号	名 称	功能及用法
1	U_i	被保护量检测信号输入端	接被保护量的取样信号
2	GND_1	被保护量检测信号输入电压参考地端	接被保护量的取样信号参考地及 U_{EE} 与 U_{DD} 电源参考地端
3	U_{EE}	负电源连接端	接用户为 HL602A 工作提供的负电源,一般取 $-15V$,为抗干扰应通过去耦网络接工作参考地
14	C_1	第 2 级翻转电平动作延迟电容连接端	接电容到 GND_2 ,该电容正比于第 2 级翻转电平动作的延迟时间
15	U_{O1}	第 1 级翻转电平输出信号端	可接用户第 1 级保护执行电路,作封锁或其他应用(低电平有效)
16	GND_2	电源参考地端	接用户为 HL602 工作提供的正负电源地端
17	U_{O2}	第 2 级翻转电平输出信号端	接用户第 2 级保护电路,做封锁或其他应用(高电平有效)
18	U_{O3}	第 3 级翻转电平输出信号端	接用户第 3 级保护电路,做封锁或其他应用(高电平有效)
19	C_2	第 3 级翻转电平动延迟电容连接端	接电容到 GND_2 ,该电容的大小正比于第 3 级翻转电平动作的延迟时间
20	U_{DD}	工作正电源端	接用户为 HL602A 提供的正工作电源,为抗干扰应接去耦网络到参考地

10.3.2 内部结构及工作原理

HL602A 的内部结构及工作原理如图 10.7 所示,它由绝对值电路、三电平比较器、2 个输出保持电路共 4 部分组成。HL602A 引脚 1 的任意极性故障取样信号,经绝对值电路变换为正极性后送给三电平比较器。当该绝对值大于 HL602A 内部设定的第 1 级翻转电平($5.5 \pm 0.5V$)时,第 1 级电平比较器瞬时翻转,引脚 15 输出动作信号(由低电平变为高电平)。由于该比较器不带自锁,所以一旦引脚 1 输入的 U_i 小于第 1 级翻转电平,引脚 15 又因内部比较器的恢复而从高电平变为低电平。当引脚 1 输入的电压 U_i 大于 HL602A 内部设定的第 2 级翻转电平($7 \pm 0.5V$)时,第 2 级比较器根据引脚 14 所接电容 C_1 的大小,按第 2 级保护延时时间的计算公式(10.2)决定的延时时间翻转到高电平,并封锁 GTO 的正触发脉冲,给出负栅极脉冲关断 GTO,第 2 级比较器输出端引脚 17 由低电平翻转为高电平并自保持。当引脚 1 输入的电压 U_i 大于 HL602A 内部设定的第 3 级翻转电平($8.5 \pm 0.5V$)时,第 3 级比较器根据引脚 19 所接电容 C_2 按第 3 级保护延时时间的计算公式(10.3)决定的延时翻转,输出引脚 18 从低电平变为高电平并自保持,继续保持正栅极脉冲,使 GTO 继续保持导通。此时如设定 $t_{d2} > t_{d3}$,则当输入电平瞬时达

到第 3 级翻转电平时,仅引脚 18 由低电平跳变至高电平,引脚 17 保持低电平不变。

$$t_{d2}=1.5\times10^{-3}C_1+2(\mu s) \tag{10.2}$$

$$t_{d3}=1.5\times10^{-3}C_2+0.6(\mu s) \tag{10.3}$$

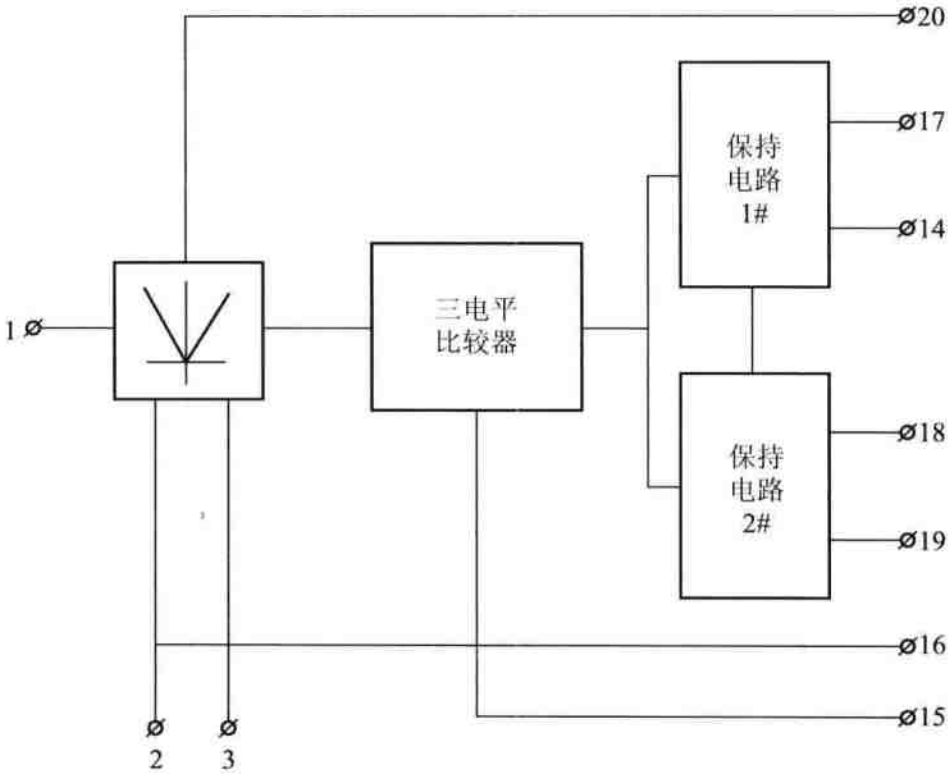


图 10.7 HL602A 的内部结构及工作原理

10.3.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 双电源工作,工作时耗电小。
- (2) 动作时间可通过外接电容调节,提高了抗干扰能力。
- (3) 输出可通过放大驱动继电器。
- (4) 输入电压范围宽。

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压:±15V。
- (2) 工作电源最大电流: $I_{max}\leq100\text{mA}$ 。
- (3) 输出负载能力:引脚 15 $\leq3\text{mA}$,引脚 17 $\leq50\text{mA}$,引脚 18 $\leq50\text{mA}$ 。
- (4) 保护后输出电压:高电平 U_{1H} 、 U_{2H} 、 $U_{3H}\geq24\text{V}$,低电平 U_{1L} 、 U_{2L} 、 $U_{3L}\leq1\text{V}$ 。
- (5) 输入电压 U_i 取值范围: $+5\text{V}\leq u_i\leq+15\text{V}$ 。
- (6) 翻转电平门槛电压:第 1 级 $U_1=5.5\pm0.5\text{V}$,第 2 级 $U_2=7\pm0.5\text{V}$,第 3 级 $U_3=8.5\pm0.5\text{V}$ 。
- (7) 保护动作状态翻转最小延迟时间:第 1 级 $t_{d1min}<1\mu s$,第 2 级 $t_{d2min}<2\pm$

0.5 μ s,第2级与第3级的翻转时间还可通过外接电容器 C_1 与 C_2 任意整定。

10.3.4 应用技术

1. 典型应用接线

图 10.8 给出了 HL602A 的典型应用接线,SB_{RESET} 用来进行故障保护后的复位。

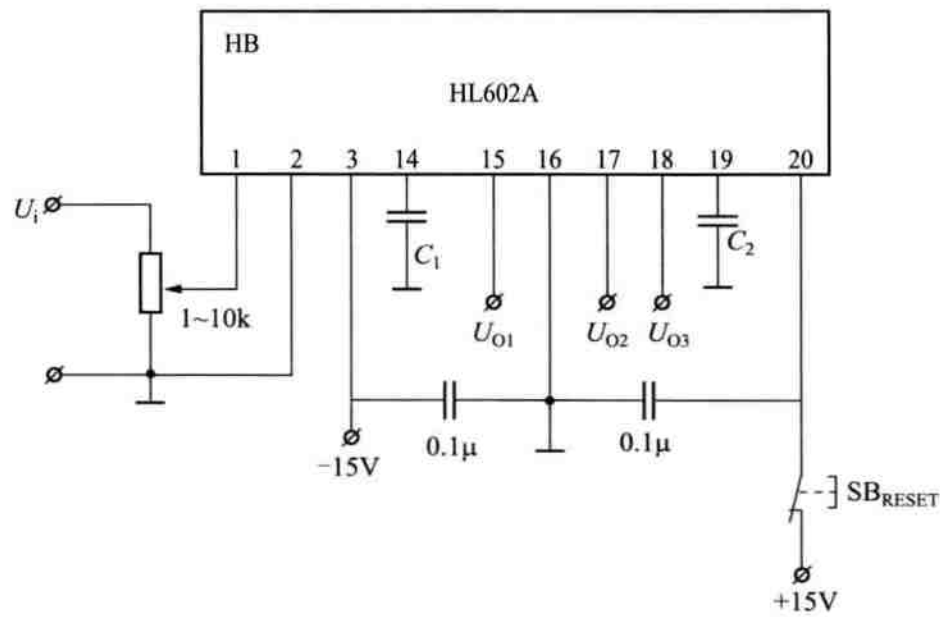


图 10.8 HL602A 的典型应用接线

2. 典型工作波形

图 10.9 给出了 HL602A 各引脚的正常工作波形,此波形对 HL602A 工作过程中判断其工作是否正常具有很大的帮助作用。

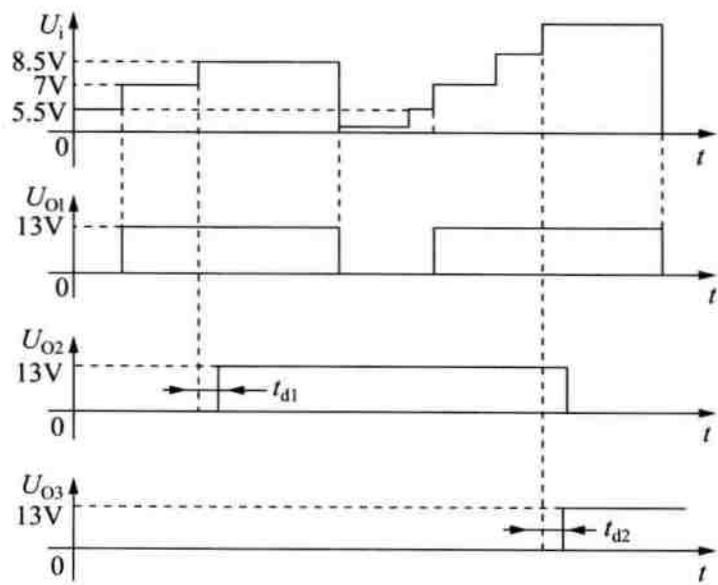


图 10.9 HL602A 的典型工作波形

3. 应用注意事项

HL602A 的第2级翻转电平信号动作延迟时间 t_{d2} 一般取 5~20 μ s。为了保护

可靠,高倍数过载的延迟时间一般取较小的值,故第 3 级翻转电平信号的延迟时间 t_{d3} 一般取 $1\sim 5\mu\text{s}$ 。由于 HL602A 具有 3 级动作门槛,不仅能可靠保护 GTO 元件,而且能构成动作时间随过载倍数的增大而减小的保护电路,使 GTR 和晶闸管装置的过载保护更可靠。此时只要给定时电容 C_1 、 C_2 选择合适的值,将 U_1 、 U_2 输出信号经 2 只二极管相加即可。图 10.10 给出了应用 HL602A 构成具有反时限保护的原理图,图中要求电容值 $C_2 < C_1$ 。

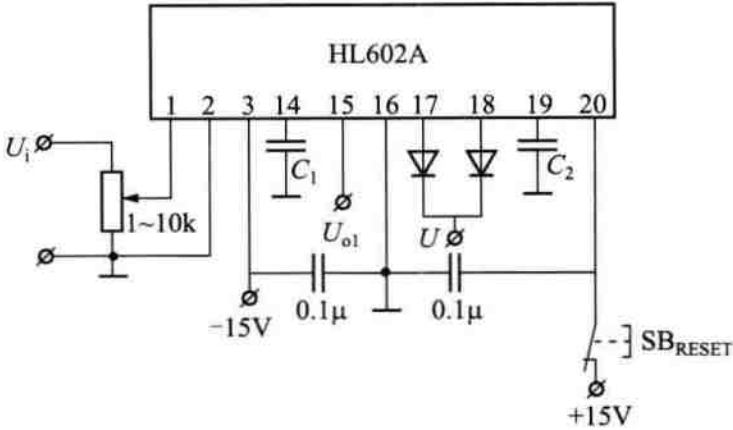


图 10.10 应用 HL602A 构成的反时限保护电路

4. 典型应用举例

图 10.11 给出了 HL602A 用于 GTO 直流斩波器系统的原理图。为了实现控制回路与主电路的电位隔离,应用霍尔电流传感器进行电流取样,并对取样值进行放大后送给 HL602A 作为输入检测信号。图中应用 HL602A 的第 1 级保护输出封锁 PWM 脉冲,而第 2 级保护输出封锁 GTO 的正触发脉冲,开启关断负脉冲去关断 GTO。当过流信号达到第 3 级保护动作时,分断主回路且保持 GTO 导通。

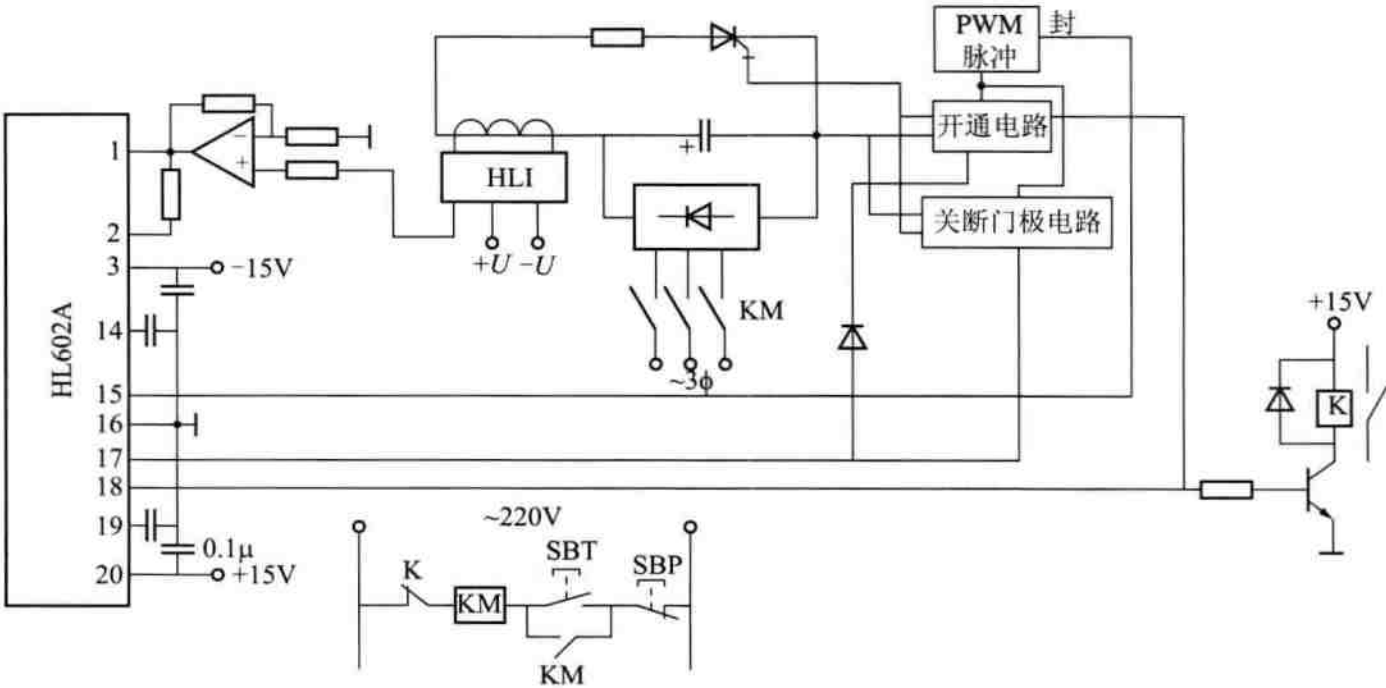


图 10.11 HL602A 用于 GTO 直流斩波系统

10.4 TH201 交流三相缺相/错相保护厚膜集成电路

交流三相电源相序检测厚膜电路 TH201 是专门为了判别三相交流电源的相序是否正确而开发的,当三相电源缺相或错相时能对系统进行可靠的保护。它可以用作三相交流电动机调速系统的缺相或错相保护电路,亦可用于其他需要进行三相工作检测及保护(如电力系统供配电)的系统,还可以用于三相交流电动机或变压器的启动回路,防止因电动机或变压器缺相长期运行造成的发热烧坏。

10.4.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

TH201 的引脚排列如图 10.12 所示。它采用标准单列直插式 15 引脚(SIP-15)厚膜集成电路封装,对外共引出 9 个引脚,各引脚的名称、功能及用法见表 10.4。

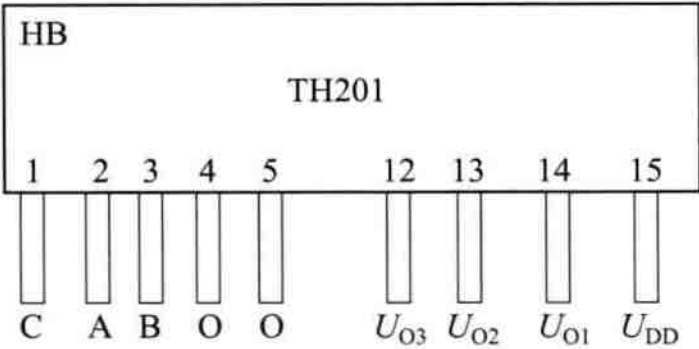


图 10.12 TH201 的引脚排列

表 10.4 TH201 各引脚的名称、功能及用法

引脚号	符 号	名 称	功能及用法
1	C	交流 C 相输入端	直接接变压器二次侧的 30V C 相电压,或通过 68~100kΩ 2W 电阻接相电压为 220V 电网 C 相
2	A	交流 A 相输入端	直接接变压器二次侧的 30V A 相电压,或通过 68~100kΩ 2W 电阻接相电压为 220V 电网 A 相
3	B	交流 B 相输入端	直接接变压器二次侧的 30V B 相电压,或通过 68~100kΩ 2W 的电阻接相电压为 220V 电网 B 相
4、5	0	工作电源参考地端	接三相交流电网的零线,或二次侧为星形接法的相电压为 30V 之电源变压器的中性点
12	U_{O3}	相序正常指示发光二极管阴极连接端	接通过阴极连接到该端的发光二极管,阳极接引脚 14
13	U_{O2}	相序错误和缺相保护指示发光二极管阳极连接端	通过阳极连接到该端的发光二极管接引脚 5 和引脚 4
14	U_{O1}	相序正常指示输出端	接通过阴极接于该端的发光二极管,阳极接引脚 12,并通过电解电容接本芯片工作参考地
15	U_{DD}	工作电源端	直接接用户为该芯片工作提供的供电电源,一般接 +15V,为抗干扰应接去耦网络到电源参考地

10.4.2 内部结构及工作原理

TH201 的内部结构及工作原理框图如图 10.13 所示。来自三相交流电源的三相交流信号经取样电路降压并处理后,变为直流电压送给缺相、错相及相序鉴别电路。相序正确且不错相时,这两个电路输出一种状态;一旦发生缺相或错相,则输出另一种状态。这两种状态之一通过功放电路输出相应的电平,驱动指示灯或继电器进行保护。

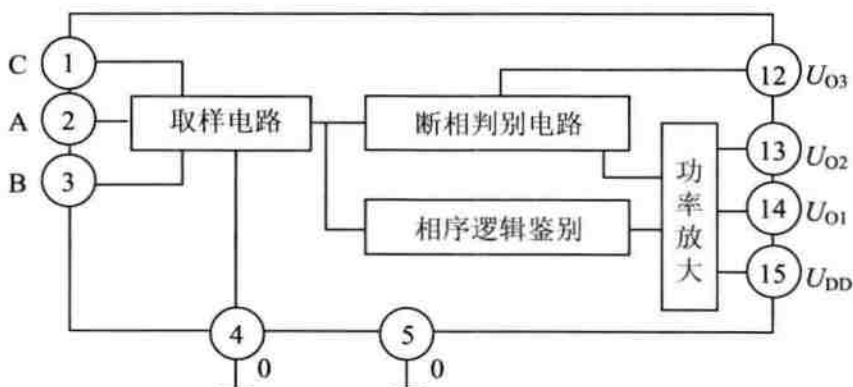


图 10.13 TH201 的内部结构及工作原理

10.4.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 陶瓷基片散热性好。
- (2) 负载电流能力强。
- (3) 输入电压范围宽。
- (4) 输出需功率放大后带动继电器。

2. 主要参数限制

- (1) 工作电源电压 U_{DD} : +12~+18V。
- (2) 工作温度范围 T_A : -10~+70℃。
- (3) 输入交流相电压范围: 30~220V(大于 30V 时,需串限流电阻)。
- (4) 输入 220V 相电压时需串入的电阻: 68~75kΩ。

10.4.4 应用技术

1. 正常工作状况

TH201 应用中,在 3 个交流输入端外接 3 个 68~100kΩ 电阻(2W)后,接入三相四线制 380V 或不串联输入电阻直接接三相 30V(有效值)测其相序。引脚 4 接三相交流电源的零线,引脚 5 接控制电源的地,引脚 4 与引脚 5 相连。当三相相序正常时,引脚 14 输出相对较高的电平,引脚 13 为低电平,接于引脚 14 与引脚 12 之间的发光二极管亮;当三相缺一相、两相或三相相序接错时,引脚 14 输出低电

平,接于引脚 13 和地之间的发光二极管亮,同时引脚 14 输出的低电平信号经外电路驱动继电器或封锁脉冲。

2. 应用注意事项

(1) 在采用降压变压器作为三相电源电压的取样环节时,其二次必须接为带中性点的星形,且必须把降压变压器的中性点与工作电源参考地及引脚 4 与引脚 5 相连,不然动作会不正常。

(2) 应用于三相高压保护系统,使用降压变压器进行缺相保护时,若降压变压器输出的三相电压 220V 或 380V 为三角形接线,则有可能因缺相而在所缺的那一相感应出电压,造成保护电路不可靠,此时应选用 HM231 或 TH221A。

(3) 用作相电压为 30~220V 三相系统缺相保护时,图 10.14 在三相中串联的电阻取值应按算式(10.4)计算,该电阻值选的太大,保护电路有可能不动作;选取太小,则会危及 TH201A 的安全可靠运行。

$$R=(68\sim75/220)U_i$$

(10.4)

3. 典型应用举例

图 10.14 给出了 TH201 用作三相 380V 系统缺相或错相保护的原理图。TH201 输出直接驱动晶体管经功放后带动继电器,一旦发生错相或缺相,则继电器动作分断主电路。

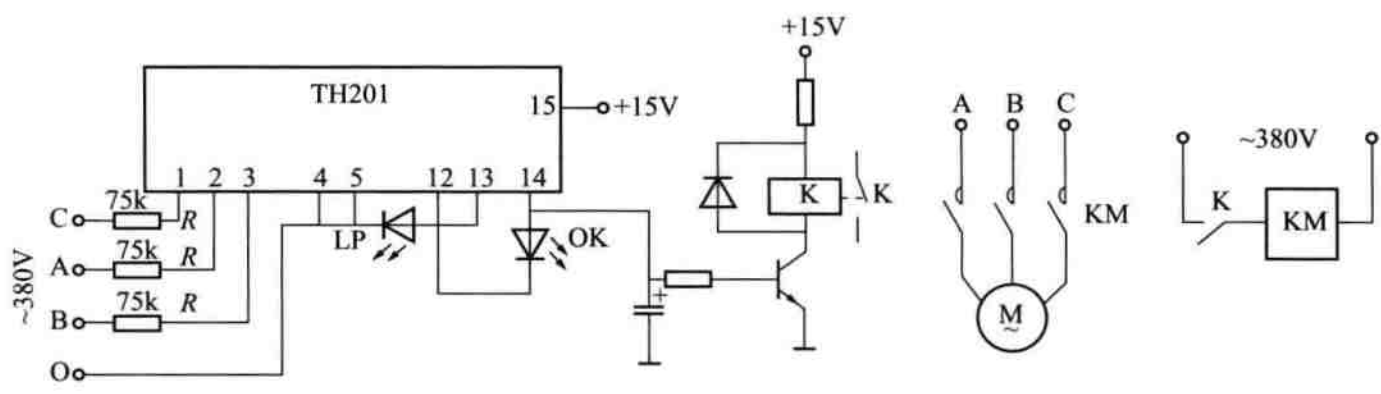


图 10.14 TH201 直接用于三相交流电动机缺相运行保护系统

图 10.15 给出了 TH201 经三相隔离降压变压器用于三相晶闸管整流系统的原理图。TH201 的输出经电平匹配后直接接 TC787 的脉冲封锁端,一旦发生缺相或错相,则 TH201 的保护电路动作,封锁 TC787 的输出脉冲。

10.5 TH221A 不需零线的三相交流电源相序检测
保护厚膜集成电路

交流三相电源厚膜相序保护器 TH221A 采用表面贴装工艺,性能优良,使用方便可靠,体积小并具有防潮、防腐等优点,还能自动检测、指示三相电源是否错相或缺相,输出可直接驱动直流继电器,当三相缺相或相序不正常时切断供电电源进

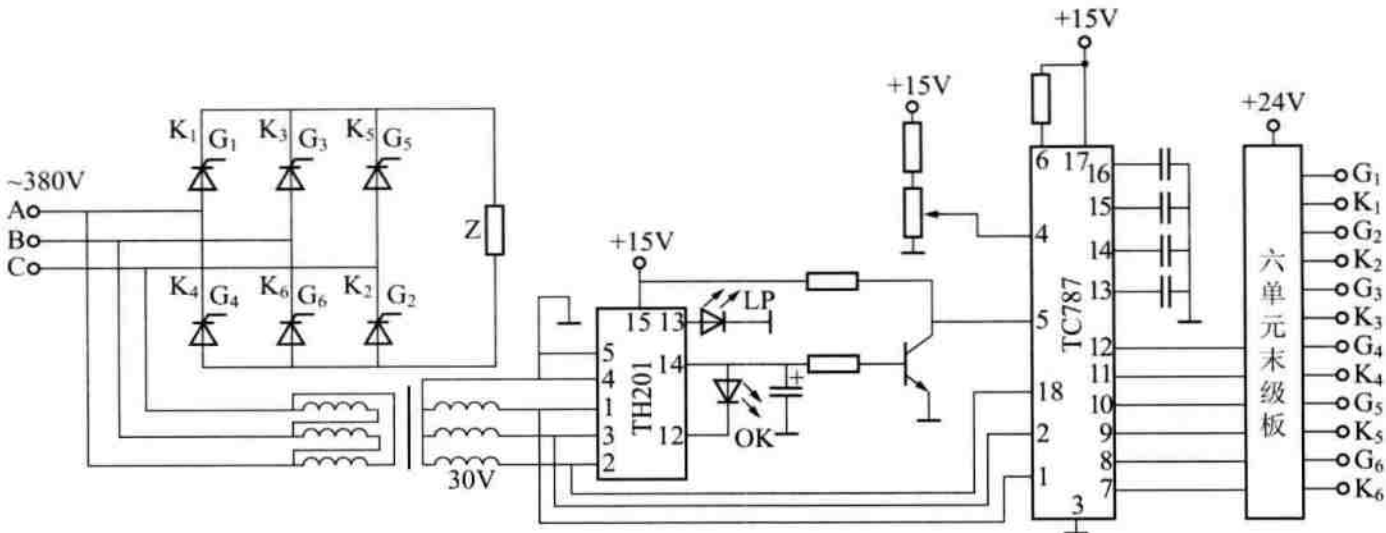


图 10.15 TH201 经三相隔离降压变压器后用于三相晶闸管整流系统缺相或错相保护

而保护电力电子变流设备。

10.5.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

TH221A 的引脚排列如图 10.16 所示。它采用单列直插式标准 17 引脚封装，各引脚的名称、功能及用法见表 10.5。

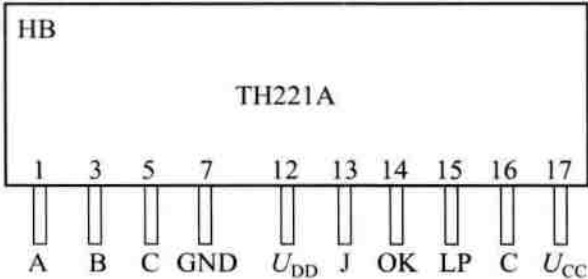


图 10.16 TH221A 的引脚排列

表 10.5 TH221A 的引脚说明

引脚号	符 号	名 称	功能及用法
1	A	交流 A 相输入端	直接接三相降压变压器二次侧的 A 相线电压 18~30V, 或通过电阻 (750kΩ~1MΩ) 接电网 A 相 220~380V
3	B	交流 B 相输入端	直接接三相降压变压器二次侧的 B 相线电压 18~30V, 或通过电阻 (750kΩ~1MΩ) 接电网 B 相 220~380V
5	C	交流 C 相输入端	直接接三相降压变压器二次侧的 C 相线电压 18~30V, 或通过电阻 (750kΩ~1MΩ) 接电网 C 相 220~380V
7	GND	工作直流电源参考地端	与用户提供的控制电源地相连
12	U _{DD}	直流继电器电源输入端	随用户选取继电器电压等级是 6V、9V、12V、24V 不同而接 6V、9V、12V、24V

续表 10.5

引脚号	符 号	名 称	功能及用法
13	J	外接继电器连接端	当外接继电器与所接电源 U_{DD} 同等级时,直接接继电器一端,继电器线圈的另一端接引脚 13;否则,应串联电阻接继电器线圈一端
14	OK	相序正常发光二极管阴极连接端	接相序正常的绿色发光二极管阴极
15	LP	相序错误或错相发光二极管阳极连接端	接相序不正常红色发光二极管阳极,阴极接引脚 7
16	C	电容连接端	相序正常与否输出端,通过电容($47\mu\text{F}/25\text{V}$)接工作参考地,相序正常时输出高电平,缺相或错相时输出低电平
17	U_{CC}	TH221A 工作正电源连接端	直接接用户提供的 +15V 或 +12V 控制电源,为抗干扰应接去耦网络到引脚 7

10.5.2 内部结构及工作原理

TH221A 的内部结构及工作原理如图 10.17 所示。它的内部结构与 TH201 基本相同,由取样电路、错相判断电路、缺相判断电路、功率放大电路 4 部分组成。与 TH201 不同的是,TH201 采用相电压,而 TH221A 采用线电压进行是否错相或缺相判别。

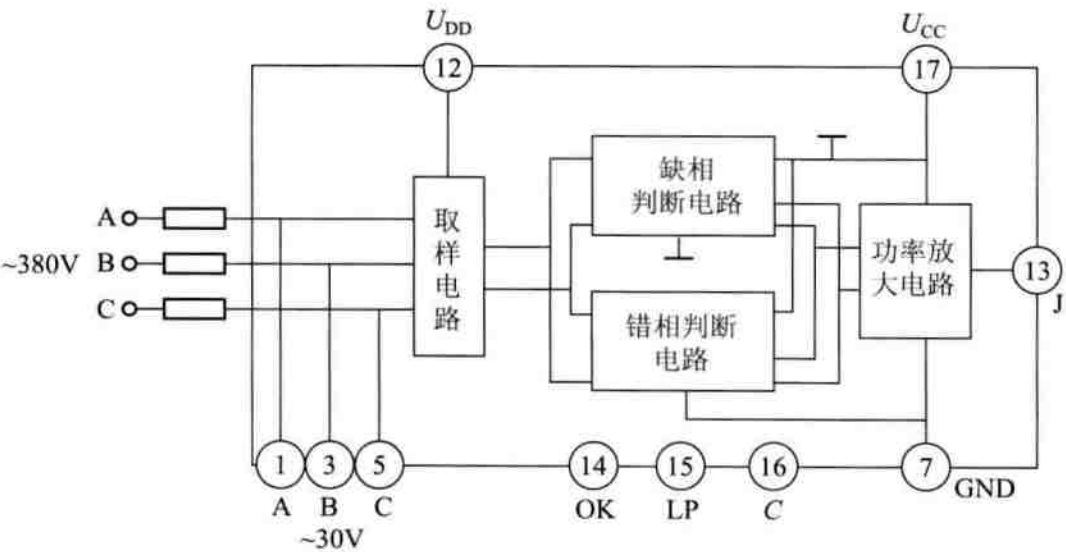


图 10.17 TH221A 的内部结构及工作原理

1. 取样电路

取样电路将引脚 1、引脚 3、引脚 5 输入的三相较高交流电压,降低为适合输入鉴别集成电路的单相直流电压。此直流电压的大小不受输入电压波动的影响,为稳定且纹波很小的信号电压。如果三相电压中有一相或一相以上为零时,取样电路将输出部分电压为零或全部为零的方波电压,与三相正常时输出的理想直流电

压完全不同。

2. 错相判断电路

该电路将取样电路输出的信号进行逻辑鉴别,相序正确时错相判断电路不工作,功放电路也不工作,直流继电器不动作。如相序错误,则输出信号经功放电路放大后输出低电平,外接直流继电器动作,按用户的使用状况封锁脉冲或切断电源装置的供电。

3. 缺相判断电路

当三相电源缺相时,取样电路输出的直流电压降为零电压,缺相判断电路工作,经功率放大电路后输出低电平,驱动外接直流继电器动作,按用户的使用状况执行分断主电路或封锁脉冲等动作。

4. 功率放大电路

该电路将相序逻辑鉴别电路、错相判断电路输出的故障信号进行电流放大,驱动外接继电器工作。如无故障信号时,该部分电路不工作。

10.5.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 适应输入三相电压范围宽。
- (2) 直接驱动继电器。
- (3) 使用中不需要零线,保护更加可靠。
- (4) 对供电电源电流的需求小,使用功耗小。

2. 主要参数限制

- (1) 继电器工作电压:最大 24V。
- (2) 各引脚最大负载电流: $\leq 10\text{mA}$ 。
- (3) 工作电源电压:15~18V。
- (4) 外形尺寸:长×宽×高=50mm×20mm×6mm。
- (5) 输入交流线电压:直接接入 30V 三相线电压或串入 $750\text{k}\Omega\sim 1\text{M}\Omega/2\text{W}$ 电阻后接入三相线电压 380V。

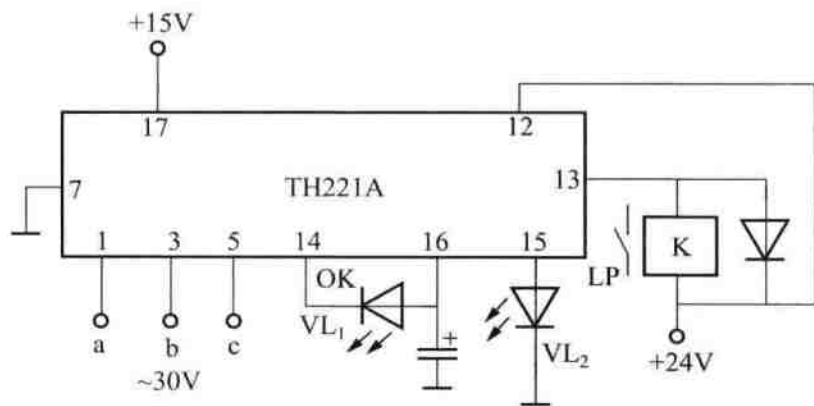
10.5.4 应用技术

1. 典型应用接线

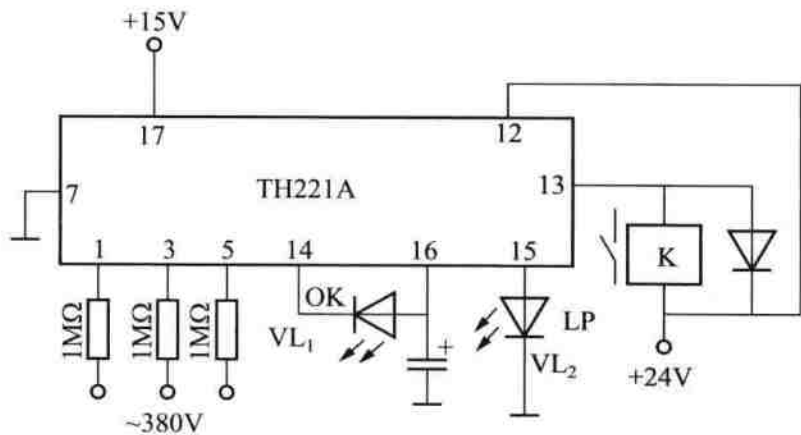
TH221A 可用于三相交流线电压为 30V 或 380V 的系统中进行缺相或错相保护,图 10.18 给出了其典型应用接线。

2. 应用注意事项

- (1) 使用中不需要零线,所以当使用降压变压器时,该变压器二次可为三角



(a) 直接应用于线电压30V的系统



(b) 串电阻用于线电压380V的系统

图 10.18 TH221A 的典型应用接线

形,也可为不用引出星点的星形。

(2) 用于电压高于 380V 的系统时,可使用降压变压器把系统母线电压降至 380V 或 30V。

(3) 用于线电压为 30~380V 的三相系统进行缺相或错相保护时,图 10.18 中所串联的电阻 $R(\text{k}\Omega)$ 可按式(10.5)进行计算。式中, U_i 为输入的实际线电压。

$$R = (750 \sim 1000 / 380) U_i \quad (10.5)$$

(4) 用于系统输入电压低于 30V 的系统进行缺相或错相保护时,应将输入电压用升压变压器升至 30V 或 380V,再应用图 10.18 所示典型电路。

(5) 用于高压系统(如 10kV、35kV、6kV)进行错相与缺相保护时,典型接线图中的三相交流电压可取自高压开关柜中 PT 单元电压互感器的二次输出 100V。

(6) 允许使用输出级继电器为 6V、9V、12V、24V,此时引脚 12 所接电源应与所选继电器电压相同。

(7) 允许使用单一 +15V 电源工作,此时继电器可选 6V、9V、12V,应用接线如图 10.19 所示。图中, R 的取值应为对 +15V 电源与继电器的线包直流电阻分压后保证继电器 K 线包两端电压为选定的额定电压(如 +6V、+9V 或 +12V),计算公式为(10.6)。

$$R_c = R_k [(U_{DD} - U_N) / U_N] \quad (10.6)$$

式中, R_K 为继电器 K 线包的直流电阻; R 为继电器线路支路外部串联的电阻, 单位为 Ω ; U_N 与 U_{DD} 分别为继电器 K 的额定电压和 TH221A 的工作电源电压, 单位为 V。

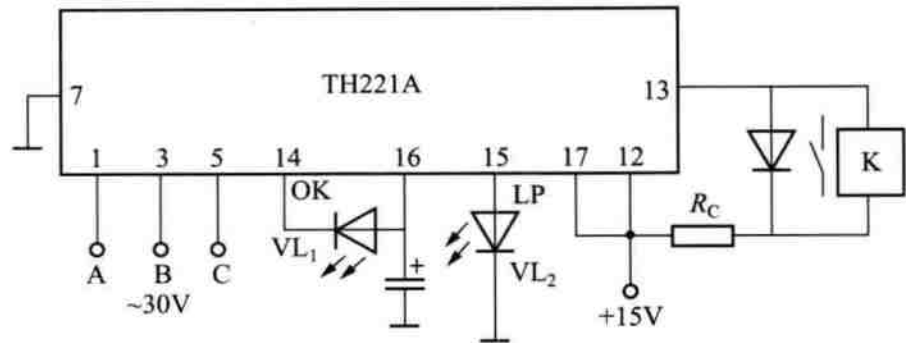


图 10.19 TH221A 单电源使用时的接线

TH221A 可方便地用于三相缺相或错相保护电路, 图 10.20 给出了该电路用于交流电力回收类电力电子变流设备的原理图。图中接触器 KM 控制的为二重桥逆变输出。为了防止某个逆变桥输出缺相, 应用了 2 片 TH221A 进行缺相或错相保护。TH221A 逻辑部分与功率放大电路使用了 2 个不同的直流电源 +15V 与 +24V, 所以继电器线包的额定电压为 +24V。

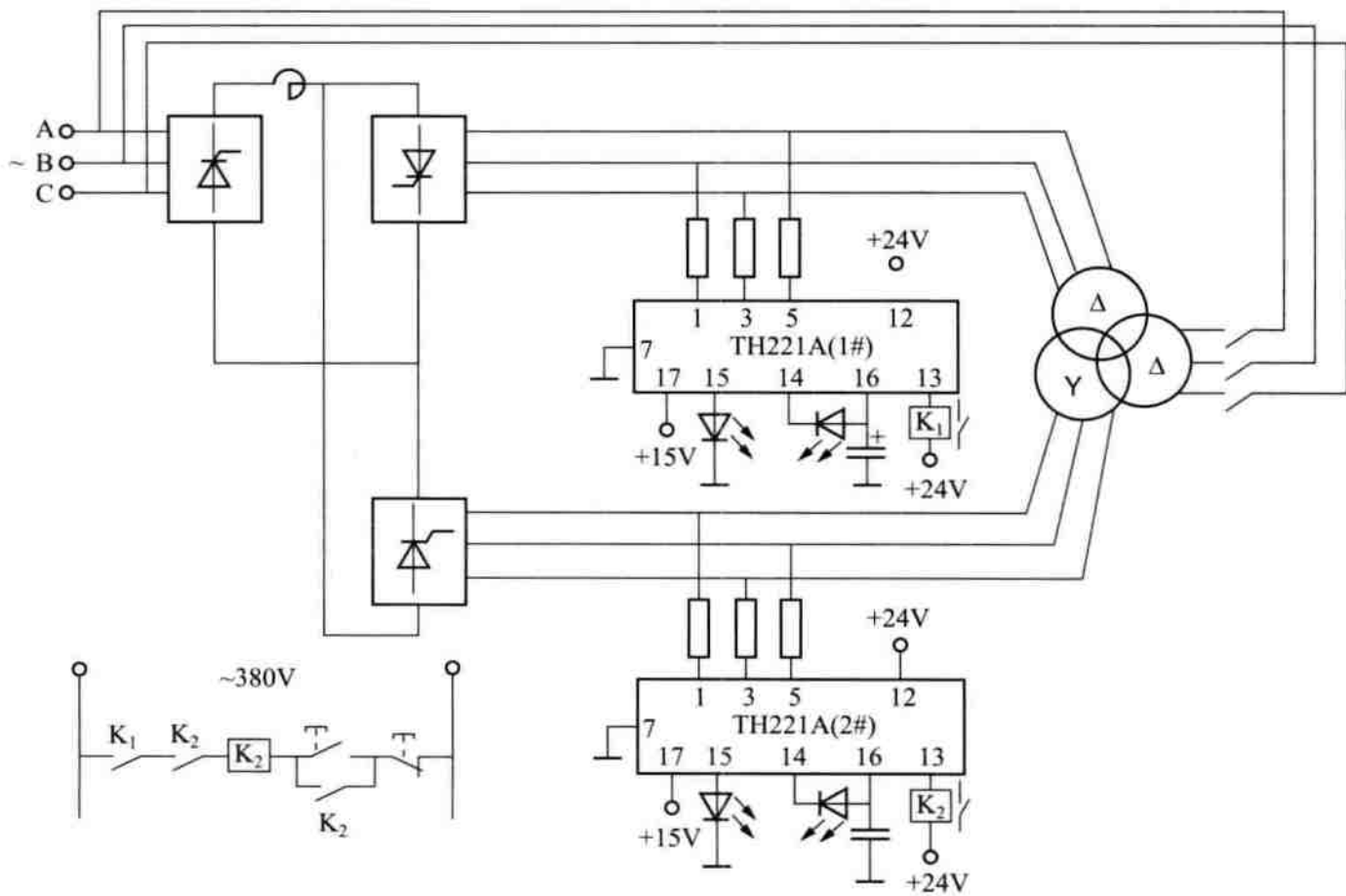


图 10.20 2 只 TH221A 用于三相二重桥逆变类电力电子变流设备中进行缺相或错相保护

10.6 HM231 三相交流电源缺相保护厚膜集成电路

HM231 是一种专用厚膜集成电路, 可以自动、快速检测出三相电源缺相, 并迅

速发出保护信号,避免因三相交流电源缺相造成的不必要损失。该电路可以广泛用于矿山、石油、机械、电力、煤炭及化工和冶金等一切应用三相交流电源的场合。

10.6.1 各引脚的排列、名称、功能及用法

HM231 采用 13 引脚单列直插式标准封装,引脚排列如图 10.21 所示,各引脚的名称、功能及用法见表 10.6。

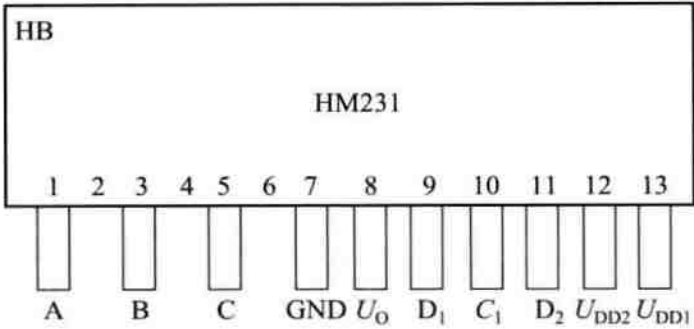


图 10.21 HM231 的引脚排列

表 10.6 HM231 的引脚说明

引脚号	符 号	名 称	功能及用法
1	A	交流 A 相连接端	直接接三相降压变压器二次侧的 A 相 30V 线电压,或通过 1MΩ(1/2W)电阻接电网 A 相 380V
3	B	交流 B 相输入端	直接接三相降压变压器二次侧的 B 相 30V 线电压,或通过 1MΩ(1/2W)电阻接电网 B 相 380V
5	C	交流 C 相输入端	直接接三相降压变压器二次侧的 C 相 30V 线电压,或通过 1MΩ(1/2W)电阻接电网 C 相 380V
7	GND	工作直流电源参考地端	接 HM231 工作直流电源参考地端
8	U _O	保护信号输出端	当 HM231 的 U _{DD2} 取 +24V 或 12V 时,该端直接接 +24V 或 12V 继电器的一端,继电器的另一端接 U _{DD1}
9	D ₁	不缺相指示发光二极管的连接端	与 GND 之间接发光二极管,该端接发光二极管阳极
10	C ₁	电解电容连接端	接 47μF/25V 电解电容正端,电解电容负端接工作电源参考地
11	D ₂	缺相指示发光二极管连接端	接发光二极管的阳极,发光二极管阴极接工作电源参考地
12	U _{DD2}	为 HM231 保护输出,外接与继电器动作相同的另一电源	接 +24V、+15V 或 +12V,接 15V 时 U _O 输出应串联电阻接 12V 继电器到地
13	U _{DD1}	HM231 工作正电源连接端	接用户提供的正工作电源,一般取 +15V

10.6.2 内部结构及工作原理

HM231 的内部结构及工作原理如图 10.22 所示,由取样电路、相位鉴别电路及功率放大环节 3 个单元组成。

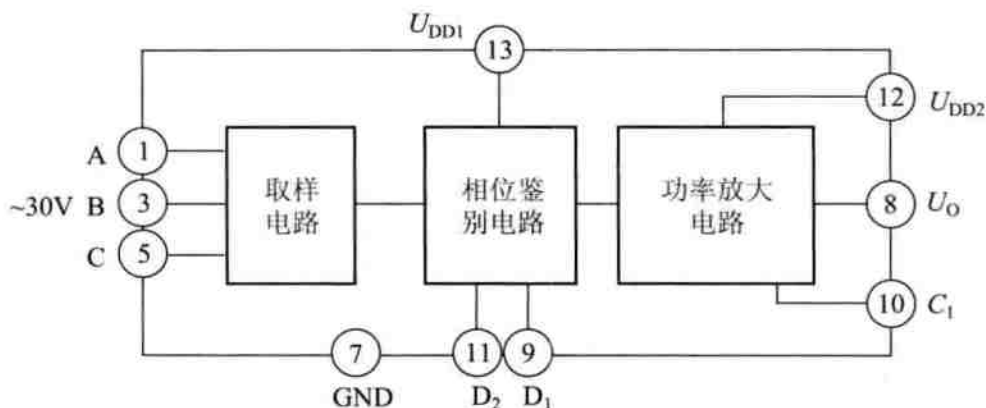


图 10.22 HM231 的内部结构及工作原理

1. 取样电路

取样电路的构成及原理与 TH221A 完全相同,此处不再赘述。

2. 相位鉴别电路

相位鉴别电路由专用集成电路构成,它能检测出取样电路输出的电压是否有零压出现,如为理想的直流电压,则引脚 9 输出约 10mA 的电流使绿色发光二极管发亮,表示三相电压正常,无缺相的情况发生。如取样电路提供的电压中有零电压情况出现,则引脚 9 的输出电压为零,此时绿色发光二极管熄灭;同时,引脚 11 输出约 10mA 电流,使红色发光二极管发亮,表示有缺相的情况出现。与此同时,相位鉴别电路输出信号电压给功率放大电路。

3. 功率放大电路

功率放大电路由功率放大晶体管等元件构成,它将相位鉴别电路提供的缺相故障信号,由引脚 10 端所接的外接电容 $47\mu\text{F}/25\text{V}$ 保持住,并放大至能推动继电器 J 动作的电流,在缺相时使继电器 J 动作,向后级保护电路提供继电器 J 触点的动作信号。

10.6.3 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

厚膜电路 HM231 体积小、使用方便、外接元件少,使用中不需任何调试。它仅用来检测三相交流电源是否缺相,但不能判断出三相电源的相序,故本身无相序检测和相序错误保护功能。

2. 主要参数限制

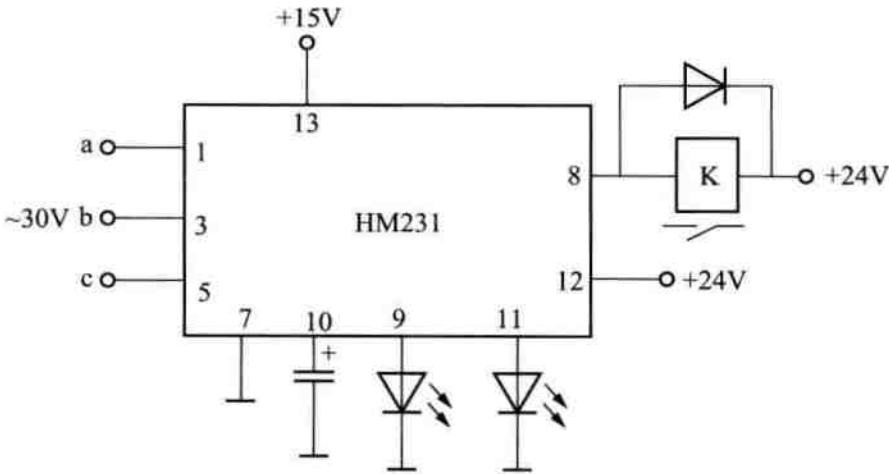
(1) 工作电源电压: U_{DD1} 为 $+12\sim+15\text{V}$, U_{DD2} 为 $+12\sim+24\text{V}$ 。

- (2) 电源工作电流： $\leq 10\text{mA}$ 。
- (3) 输入三相交流线电压有效值：30V(直接输入)，380V(每相串联 $1\text{M}\Omega$ 电阻，功率为 $1/2\text{W}$)；
- (4) 保护后引脚 8 端的低电平信号： $< 4\text{V}$ 。

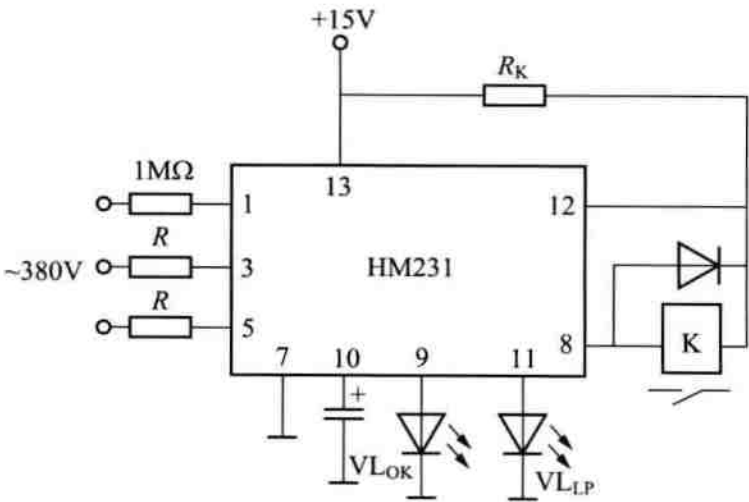
10.6.4 应用技术

1. 典型应用接线

HM231 可用作三相系统缺相保护，图 10.23 给出了其典型应用接线。



(a) 直接用于三相30V系统(双电源供电)



(b) 串联电阻用于380V系统(单+15V供电)

图 10.23 HM231 的典型应用接线

2. 应用注意事项

- (1) 使用中不需要零线，所以当使用降压变压器时，变压器二次可为三角形，也可为不用引出星点的星形。
- (2) 用于电压高于 380V 的系统时，可使用降压变压器把系统母线电压降至 380V 或 30V。
- (3) 用于线电压为 30V~380V 范围内的三相系统进行缺相或错相保护时，图 10.23 中所串联的电阻 $R(\text{k}\Omega)$ 可按式(10.7)进行计算。式中， u_i 为输入的实际线

电压。

$$R=(50/19)u_i$$

(10.7)

- (4) 用于系统输入电压低于 30V 的系统中进行缺相或错相保护时,应将输入电压用升压变压器升至 30V 或 380V,再应用图 10.23 所示典型电路。
- (5) 用于高压系统(如 10kV、35kV、6kV)进行错相与缺相保护时,典型接线中的三相交流电压可取自高压开关柜中 PT 单元电压互感器二次输出 100V。
- (6) 允许使用输出级继电器为 6V、9V、12V、24V,此时引脚 12 所接电源应与所选继电器电压相同。

(7) 允许使用单一+15V 电源工作,此时继电器可选 6V、9V、18V,应用接线如图 10.23(b)所示。图中 R_c 的取值应为对+15V 电源与继电器的线包直流电阻分压后保证继电器 K 线包两端电压为标称的额定电压(如+6V、+9V 或+12V),电阻 R_c 的计算可参见式(10.6)。

3. 典型应用举例

- (1) 用于三相供配电系统:图 10.24 给出了 HM231 用于三相直接 380V 输入的变压器供配电电力电子变流设备中进行缺相监控的原理图,电阻 R 可取 $1M\Omega$ (1/2W)。该电路可保证供电电网在不缺相时正常运行,缺相时进行可靠的保护。
- (2) 用于直流斩波系统:图 10.25 给出了 HM231 用于三相变压器降压隔离输入的直流斩波系统中进行缺相保护的原理图。一旦发生缺相,则 HM231 保护电路动作,输出封锁斩波器的控制脉冲,进行缺相保护。

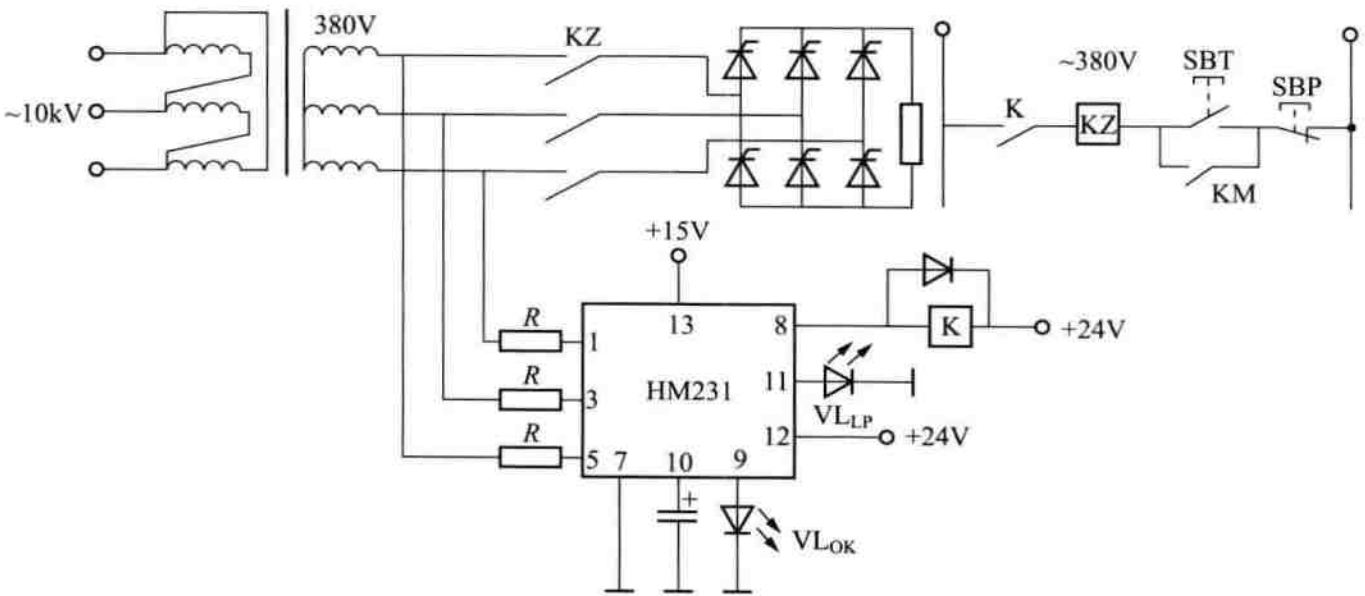
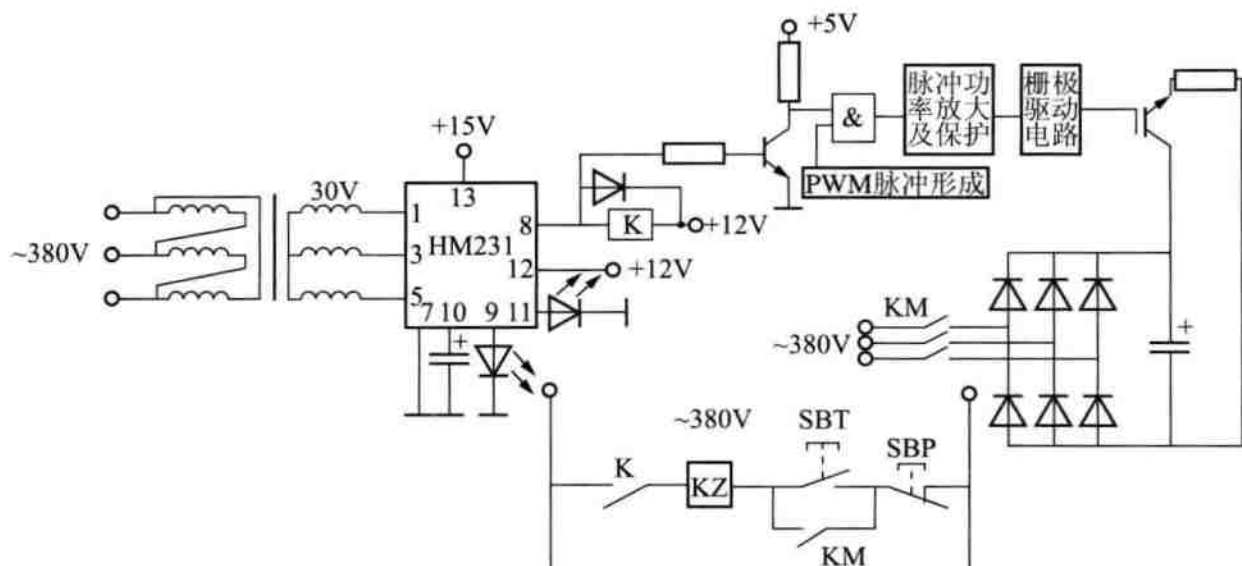


图 10.24 HM231 用于三相直接 380V 输入的三相可控整流系统缺相保护

10.7 THP 三相缺相(错相)保护板

THP 三相缺相(错相)保护板是专为三相电源缺相或错相引起三相系统故障而设计的,其以 TH201 专用三相缺相/错相保护厚膜集成电路为核心。



zh.qitubk.com 奇兔电子书下载

保护后不但输出一组继电器操作接点,而且给出高电平和低电平信号,以使用户封锁控制系统脉冲或报警。

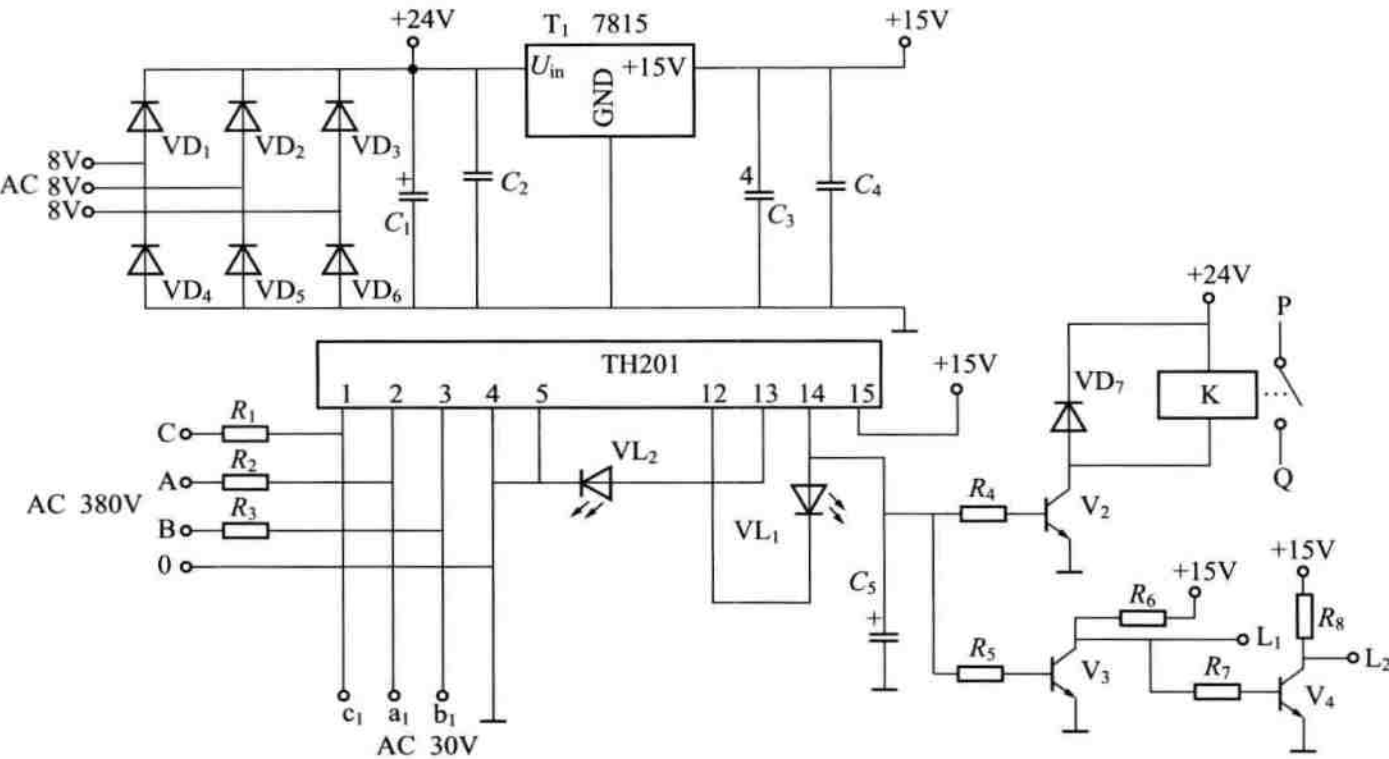


图 10.26 THP 三相缺相(错相)保护板的电路原理图

10.7.3 应用技术

1. 外形尺寸及元器件布置

THP 三相缺相(错相)保护板的外形尺寸:长×宽×高=100mm×70mm×40mm,元器件布置如图 10.27 所示。

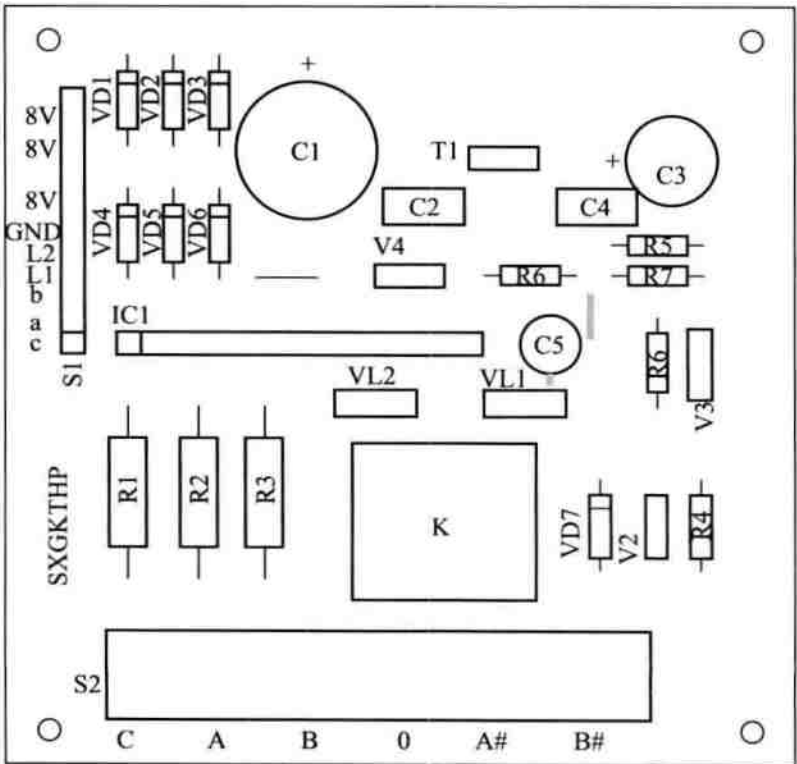


图 10.27 THP 三相缺相(错相)保护板的元器件布置

2. 正确接线

接插件 S₁ 的 3 个交流 8V 接三相电源变压器的二次侧,从电源吸取的电流为 30mA;亦可接二次侧电压为交流 18V 的单相电源变压器的二次侧,从电源吸取的电流为 50mA。当用户系统设计有降压变压器时,S₁ 的 a、b、c 及 GND 分别接二次相电压为 30V 的三相电源变压器的二次侧,变压器二次侧应为星形接法,其中性点应接 GND。此时,S₂ 的 A、B、C、0 不接任何信号,处于悬空状态,剩余的 L₁、L₂ 分别接保护后提供给用户的信号。L₁ 在保护动作后为高电平,正常时为低电平;而 L₂ 在保护动作后为低电平,在正常情况下为高电平。S₂ 的 A、B、C、0 用于用户系统中没有降压变压器时,直接以交流三相 380V 输入进行相序检测,缺相或错相保护时进行 A、B、C 三相信号输入,此处 0 为三相电网零线连接端(此时 S₁ 的 a、b、c、GND 应悬空)。S₂ 的 A[#]、B[#] 之间为常闭接点,容量为 380V/1A 或 220V/5A,用在故障时分断用户系统主电路。

3. 典型实用举例

图 10.28 给出了 THP 保护板用于三相交流电动机缺相保护系统的原理图。图中 KM 为主接触器,交流电动机的定子绕组为星形接法。

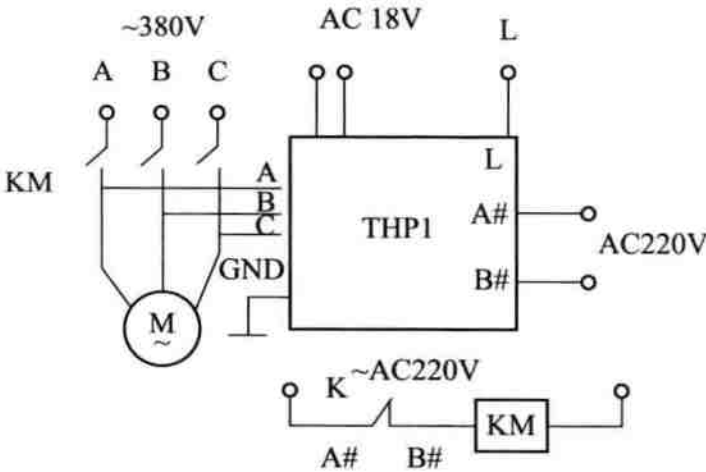


图 10.28 THP 保护板用于三相交流电动机缺相保护系统

10.8 THP1 三相缺相(错相)保护板

THP1 三相缺相(错相)保护板也是专为解决三相电源缺相或错相引起三相系统故障而设计的,以 TH221 专用三相缺相及错相保护厚膜集成电路为核心。与 THP 三相缺相(错相)保护板相比,它的输入电压范围更宽,应用中不需要接零线,因而更加灵活、方便。

10.8.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 可直接施加三相线电压 30V 或串联电阻后输入三相线电压 100~380V,

故可适用于用户系统有三相电源变压器或电压互感器及无三相电源变压器的使用领域。随着串联电阻值的增加,允许使用于线电压 660V 的场合。

(2) 工作电源电压可为三相交流相电压 8V 或单相交流 18V。

(3) 当三相电源不缺相或相序正常时,板内绿色发光二极管亮。而当三相电源缺相或相序有错时,板内的红色发光二极管亮,并给出封锁外部电路的高电平信号;同时,板内继电器动作,其常开触点可用来分断用户系统的主电路。

(4) 对外连接有 2 个接插件,一个接强电,一个接弱电,满足了不同用户的需要。

(5) 可用于三相相序检测、错相或缺相报警,故适用于三相交流电动机的保护,并可广泛用于一切使用三相交流电的工业领域做相序监控及保护。

(6) 输出高电平 15V 及低电平($<1V$)提供用户使用,可用来封锁脉冲或进行其他应用。

(7) 安装及外形尺寸与 THP、THP2 互换,更换交流输入电阻后可直接替换 THP 三相缺相(错相)保护板,也可直接取代 THP2 三相缺相保护板。

2. 主要参数限制

(1) 输入保护用交流线电压最大值:三相 $380V \pm 10\%$ 。

(2) 输入保护用交流线电压最小值:三相 $30V \pm 10\%$ 。

(3) 工作电源电压:单相交流 $18V \pm 15\%$ 或三相交流相电压 $8V \pm 15\%$ 。

(4) 保护继电器输出接点容量:220V/1A 或 +24V/1A 或 380V/1A。

(5) 工作环境温度范围 $T_A: 0 \sim 70^\circ\text{C}$ 。

(6) 存储温度范围: $-10 \sim +80^\circ\text{C}$ 。

10.8.2 内部结构及工作原理

THP1 三相缺相(错相)保护板的内部结构及工作原理如图 10.29 所示。它可以将三相线电压 380V 直接作为输入信号,亦可以将经三相变压器降压后的三相交流线电压 30V 作为输入信号,保护后不但输出 1 组继电器操作接点,而且给出高电平和低电平信号,以使用户封锁控制系统脉冲或报警。

10.8.3 应用技术

1. 外形尺寸及元器件布置

THP1 三相缺相(错相)保护板的外形尺寸为长 \times 宽 \times 高=100mm \times 70mm \times 40mm,元器件布置如图 10.30 所示。

2. 正确接线

接插件 S_1 的 3 个交流 8V 接三相电源变压器的二次侧,从电源吸取的电流为 30mA;亦可接二次侧电压为交流 18V 的单相电源变压器的二次侧,从电源吸取的电流为 50mA。当用户系统设计有降压变压器时, S_1 的 a、b、c 分别接二次相电压

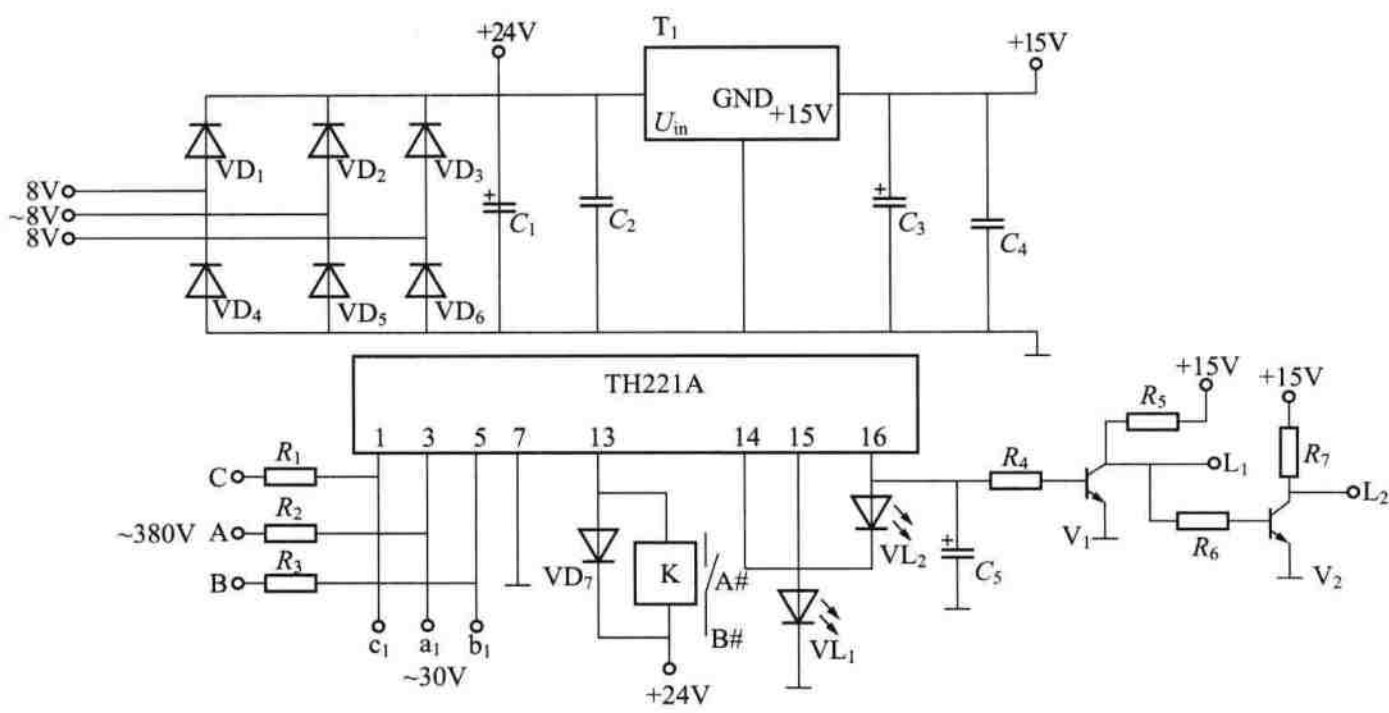


图 10.29 THP1 三相缺相(错相)保护板的内部结构及工作原理

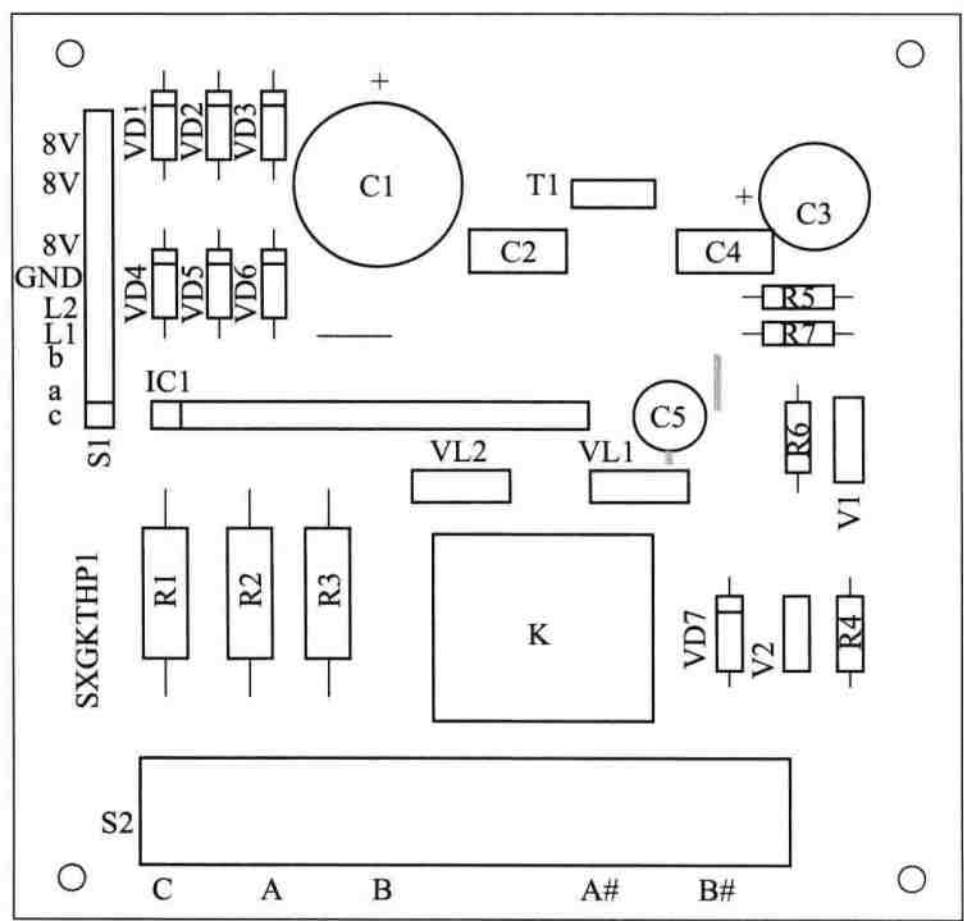


图 10.30 THP1 三相缺相(错相)保护板的元器件布置

为 30V 的三相电源变压器的二次侧三相电压。此时，S₂ 的 A、B、C 不接任何信号，处于悬空状态，剩余的 L₁、L₂ 分别接保护后提供给用户的信号。L₁ 在保护动作后为高电平，正常时为低电平；而 L₂ 在保护动作后为低电平，在正常情况下为高电平。S₂ 的 A、B、C 用在用户系统中没有降压变压器时，直接以交流三相 380V 输入进行相序检测，缺相或错相保护时进行 A、B、C 三相信号输入，此时 S₁ 的 a、b、c 应

悬空。S₂ 的 A[#]、B[#] 之间为常闭接点,容量为 380V/1A 或 220V/3A,用在故障时分断用户系统主电路。

3. 典型实用举例

图 10.31 给出了 THP1 保护板用于三相交流电动机缺相保护的原理图。图中 KM 为主接触器,交流电动机的定子绕组为星形接法。

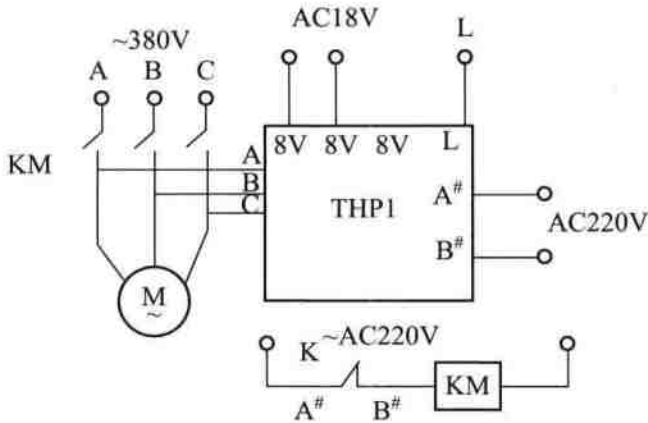


图 10.31 THP1 保护板用于三相交流电动机缺相保护

10.9 THP2 三相缺相(错相)保护板

THP2 三相缺相(错相)保护板是专为解决三相电源缺相或错相引起三相系统故障而设计,以 HM231 专用三相缺相保护厚膜集成电路为核心。

10.9.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

(1) 允许直接施加三相 30V 或串联电阻后输入 100~380V,故可适用于用户系统有三相电源变压器或无三相电源变压器的场合。

(2) 工作电源电压可为三相交流 8V 或单相交流 18V。

(3) 当三相电源不缺相时,板内绿色发光二极管亮。而当三相电源缺相时,板内红色发光二极管亮,并给出封锁外部电路的高电平信号;同时,板内继电器动作,其常开触点可用来分断用户系统的主电路。

(4) 对外连接为 2 个接插件,一个接强电,一个接弱电,满足了不同用户的需要。

(5) 可用于三相相序检测、缺相报警,故适用于三相交流电动机的保护,并可广泛用于一切使用三相交流电的工业领域做相序监控及保护。

(6) 输出高电平 15V 及低电平(<1V)提供用户使用,可用来封锁脉冲或进行其他应用。

2. 主要参数限制

(1) 输入保护用交流电压最大值:三相 380V ±10%。

- (2) 输入保护用交流电压最小值:三相 30V ±10%。
- (3) 工作电源电压:单相交流 18V ±15%或三相 8V ±15%。
- (4) 保护继电器输出接点容量:220V/2A 或+24V/2A。
- (5) 工作环境温度范围 T_A :0~70℃。
- (6) 存储温度范围 T_{stg} : -10~+80℃。

10.9.2 内部结构及工作原理

THP2 三相缺相保护板的内部结构及工作原理如图 10.32 所示。它可以将三相 380V 直接作为输入信号,亦可以将经三相变压器降压后的三相交流 30V 作为输入信号,保护后不但输出 1 组继电器操作接点,而且给出高电平和低电平信号,以使用户封锁控制系统脉冲或报警。

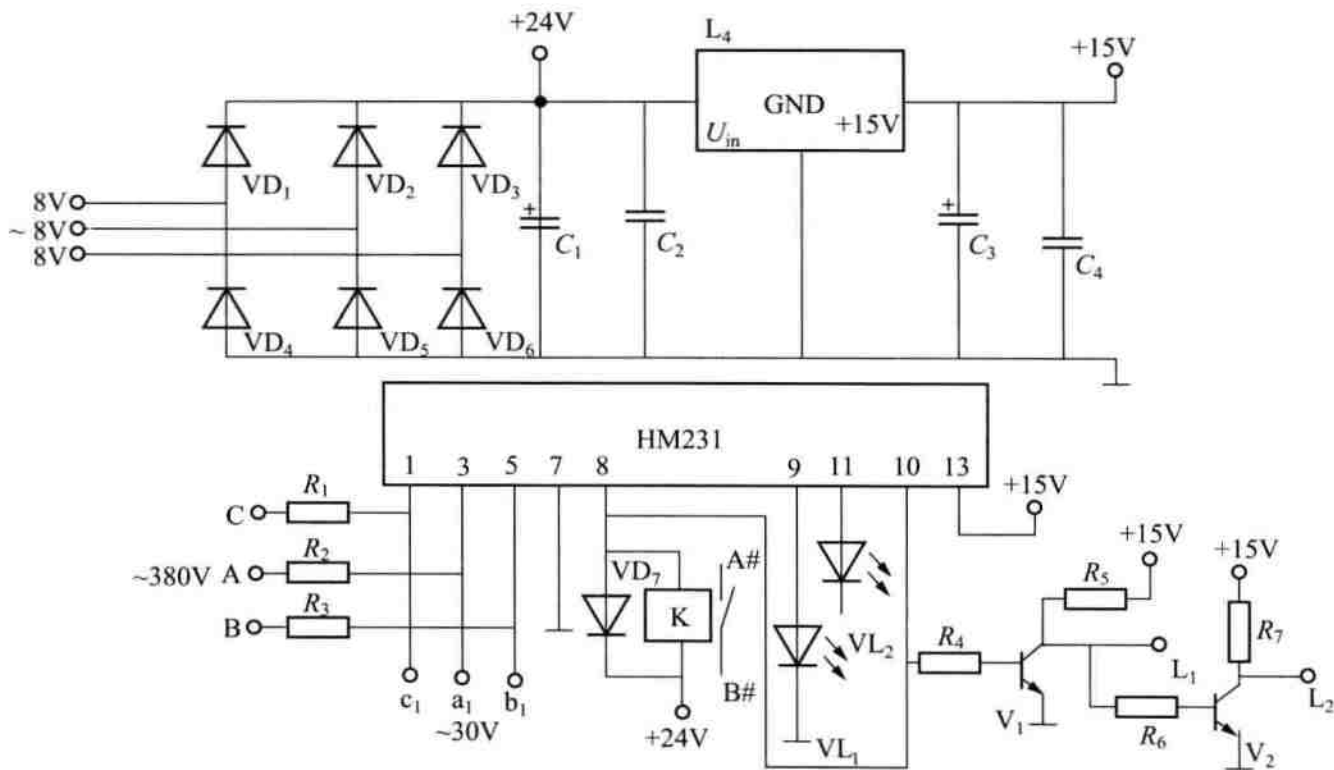


图 10.32 THP2 三相缺相保护板的内部结构及工作原理图

10.9.3 应用技术

1. 外形尺寸及元器件布置

THP2 三相缺相保护板的外形尺寸:长×宽×高=100mm×70mm×40mm, 元器件布置如图 10.33 所示。

2. 正确接线

接插件 S_1 的 3 个交流 8V 接三相电源变压器的二次侧,从电源吸取的电流为 30mA;亦可接二次侧电压为交流 18V 的单相电源变压器的二次侧,从电源吸取的电流为 50mA。当用户系统设计有降压变压器时, S_1 的 a、b、c 分别接二次相电压为 30V 的三相电源变压器的二次侧,变压器二次侧应为星形接法,其中性点应接

GND。此时, S_2 的 A、B、C 不接任何信号, 处于悬空状态, 剩余的 L_1 、 L_2 分别接保护后提供给用户的信号。 L_1 在保护动作后为高电平, 正常时为低电平; 而 L_2 在保护动作后为低电平, 在正常情况下为高电平。 S_2 的 A、B、C 用在用户系统中没有降压变压器时, 直接以交流三相 380V 输入进行是否缺相检测, 此时 S_1 的 a、b、c 应悬空。 S_2 的 A^* 、 B^* 为常闭接点, 容量为 380V/1A 或 220V/3A, 用在故障时分断用户系统主电路。

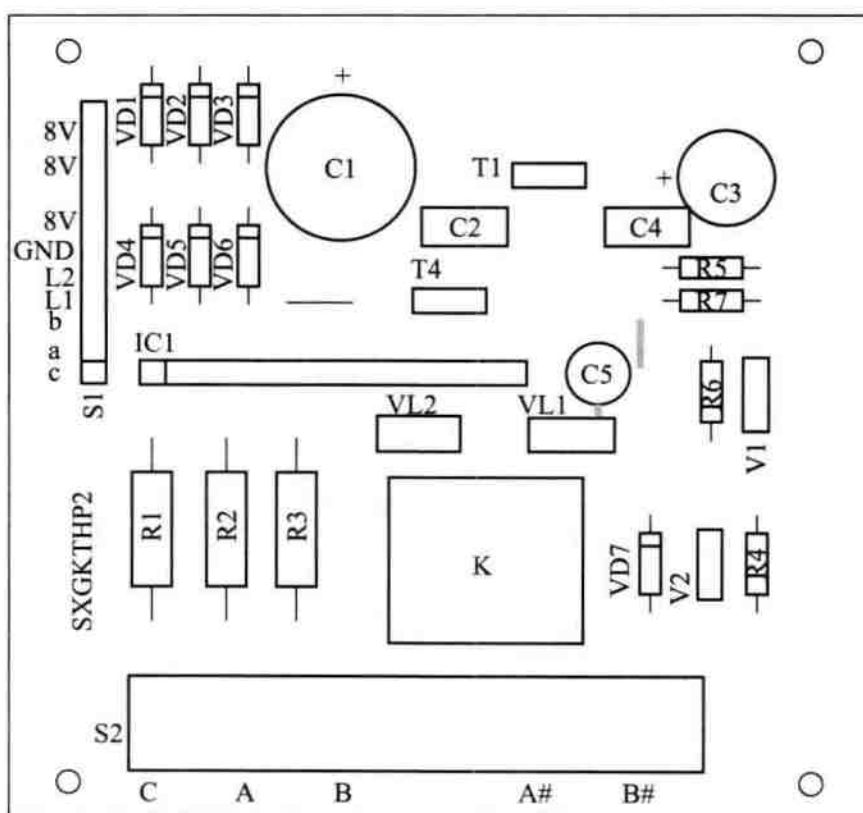


图 10.33 THP2 三相缺相(错相)保护板的元器件布置

3. 典型实用举例

图 10.34 给出了 THP2 保护板用于三相交流电动机缺相保护的原理图。图中 KM 为主接触器,交流电动机的定子绕组为星形接法。

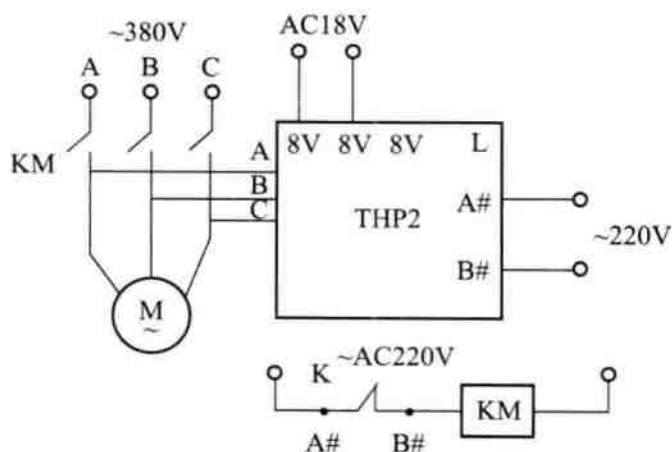


图 10.34 THP2 保护板用于三相交流电动机缺相保护

10.10 BHB2 双电平保护板

BHB2 双电平保护板以厚膜集成电路 HL601A 为核心。

10.10.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 供电电源为单一交流电源 380V。
- (2) 输出封锁信号有高电平和低电平供用户选择。
- (3) 取样信号可为交流也可为直流。
- (4) 具有独立复位端。
- (5) 带有独立复位端口。
- (6) 输出 1 组常开和常闭接点。
- (7) 内部供电电源可供外电路使用。

2. 主要参数限制

- (1) 供电电压: $380\text{V} \pm 10\%$ 。
- (2) 取样信号: 交流三相 $0 \sim 10\text{V}$ 或 $0 \sim 10\text{mA}$, 直流 $0 \sim 10\text{V}$ 。
- (3) 保护后输出高电平幅值: $+12\text{V}$ 。
- (4) 保护后输出低电平幅值: $< 0.8\text{V}$ 。
- (5) 保护继电器接点容量: $1\text{A}/220\text{V}$ 或 $1\text{A}/380\text{V}$ 或 $24\text{V}/3\text{A}$ 。
- (6) $+15\text{V}$ 与 -15V 负载能力: 20mA 。
- (7) 使用环境温度范围 $T_A: 0 \sim +70^\circ\text{C}$ 。
- (8) 存储温度范围 $T_{\text{stg}}: -10 \sim +85^\circ\text{C}$ 。

10.10.2 内部结构及工作原理

BHB2 双电平保护板的电路原理如图 10.35 所示。来自供电电源的 380V, 经整流变压器 T 隔离、降压匹配, 由单相整流桥整流滤波, 三端稳压器稳压后, 作为整个控制板的工作电源。来自用户系统的取样信号, 若为直流, 则直接由引脚 U_{dp} 与引脚 U_{dn} 之间输入。如为交流, 则从 I_a 、 I_b 、 I_c (可为电压信号, 也可为电流信号) 输入, 经三相桥式不控整流电路整流、电容 C_1 滤波后由 R_0 与电位器 RP 分压后提供给 HL601A, 与内部门槛电压进行比较: 当高于第 1 级门槛时, U_{LOCK1} 输出低电平, U_{LOCK2} 输出高电平, 提供给用户作为外围电路的记忆或提醒信号, 引脚 13 输出 U_{LOCK3} 为低电平。如果取样信号继续增加, 高于第 2 级门槛电平时, U_{LOCK1} 输出低电平, U_{LOCK2} 输出高电平状态不变, 引脚 13 输出 U_{LOCK3} 由低电平变为高电平, 提供给用户作为封锁信号; 同时, 晶体管 VT 导通, 继电器 K 动作, 分断用户系统主电路。图中 SB_1 为复位按钮。

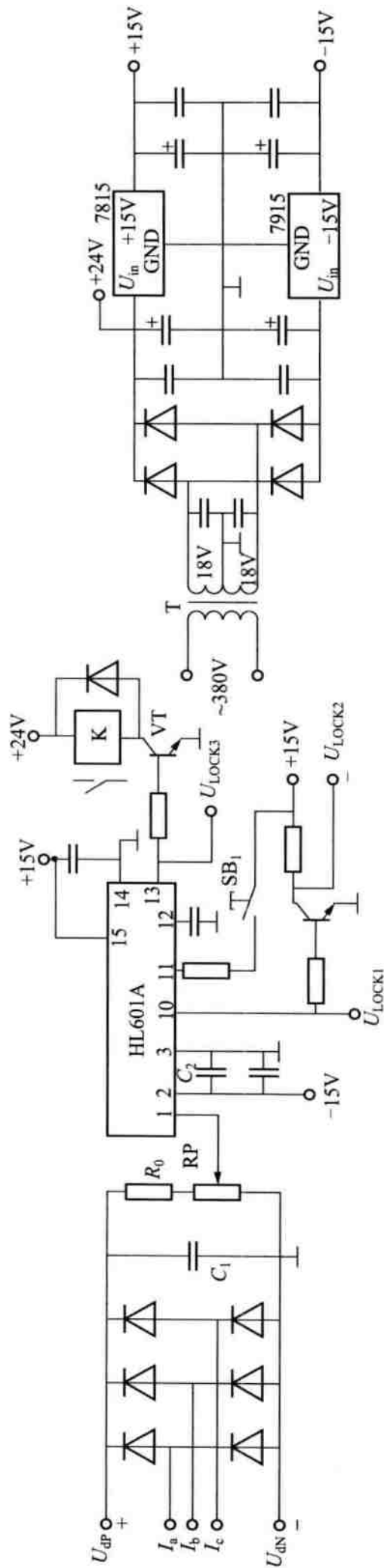


图 10.35 BHB2 双电平保护板的电路原理图

10.10.3 应用举例

1. 正确接线

BHB2 双电平保护板的接插件布置如图 10.36 所示,它对外引出有 4 个接插件,接线方法如下。

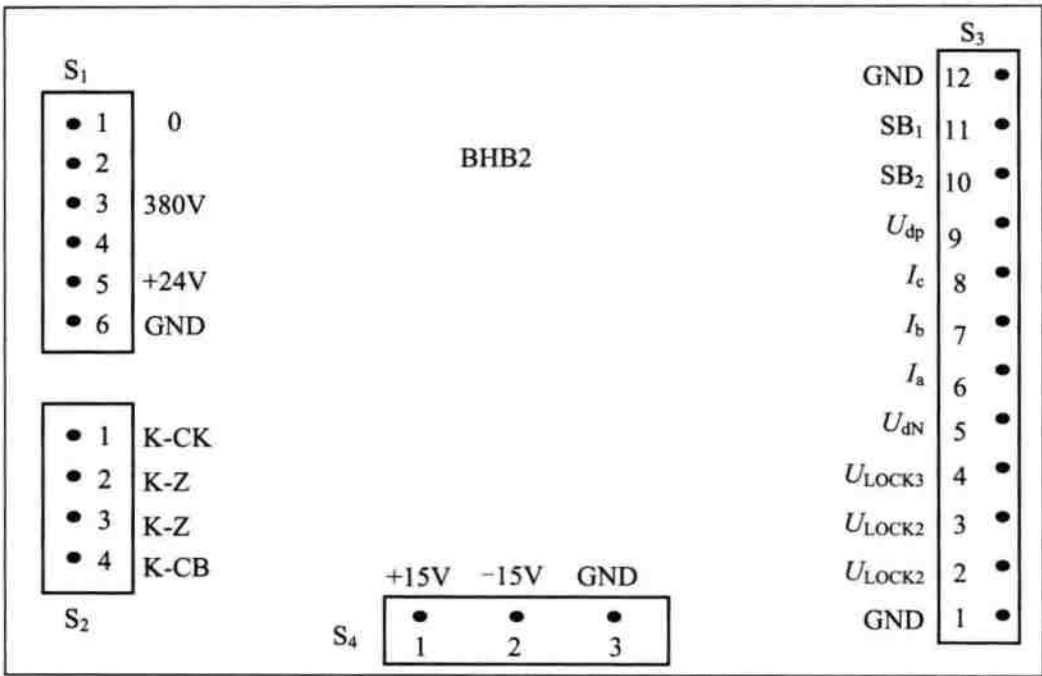


图 10.36 BHB2 双电平保护板的接插件布置

(1) 接插件 S₁ 的 S_{1.1} 与 S_{1.3} 之间接交流供电电压 380V,需要电网供给的电流容量为 5mA,使用中接用户提供的 380V 电源;当选用交流供电时,S_{1.5} 与 S_{1.6} 悬空。

(2) 接插件 S₁ 的 S_{1.5} 与 S_{1.6} 之间接 +24V,用在直流为板内供电的场合,对直流供电电流的需求为 1A,此时 S_{1.1} 与 S_{1.3} 悬空。剩余的引脚 S_{1.5} 与 S_{1.6} 为空脚,使用中悬空。

(3) 接插件 S₂ 的 S_{2.1} 与 S_{2.2} 之间为常开接点,S_{2.3} 与 S_{2.4} 之间为常闭接点,可按用户需求接入继电操作分断用户主电路或显示电路进行保护后的指示。

(4) 接插件 S₃ 的 S_{3.1} 与 S_{3.12} 为直流参考地。S_{3.2} 为第 1 级保护动作输出的低电平信号,未保护前输出高电平。S_{3.3} 为第 1 级保护动作输出的高电平封锁信号,未保护前为低电平。S_{3.4} 为第 2 级保护动作输出的高电平封锁信号,保护动作前为低电平。S_{3.6} ~ S_{3.8} 是取样信号为交流时的输入引脚,而 S_{3.5}、S_{3.9} 为直流取样信号输入,其中 S_{3.9} 接取样信号正端,S_{3.5} 接直流信号参考地。S_{3.10} 与 S_{3.11} 之间接外部复位按钮。

(5) 接插件 S₄ 的 S_{4.1} 与 S_{4.2} 分别为板内 +15V、-15V 对板外供电的输出接线端子,S_{4.3} 为直流参考地。

2. 应用注意事项

(1) 取样信号为交流时,应从 S₃ 的 S_{3.6} ~ S_{3.8} 输入,此时 S_{3.5} 与 S_{3.9} 悬空。

- (2) 取样信号为直流时,应从 S_3 的 $S_{3.5}$ 与 $S_{3.9}$ 输入,此时 $S_{3.6} \sim S_{3.8}$ 悬空。
- (3) 取样信号应用传感器或互感器与主电路强电电路进行隔离。
- (4) 弱电信号线应多使用双绞线,且尽可能与强电信号线隔离。

3. 典型应用举例

图 10.37 给出了 2 块 BHB2 用于三相输入的直流电源系统的原理图。其中,电流取样分别为交流与直流,所以保护系统有很高的可靠性。这在直流传感器失效后尤为有用,可防止以直流反馈构成的闭环系统,因直流反馈环节失效引起的电流不受控而导致事故。图中直流电流取样应用了霍尔电流传感器,而交流电流取样应用了电流互感器,供电电源选择了+24V,系统工作于直流闭环控制、交流与直流同时参与保护的工作状态, u_a 、 u_b 、 u_c 为三相同步信号。

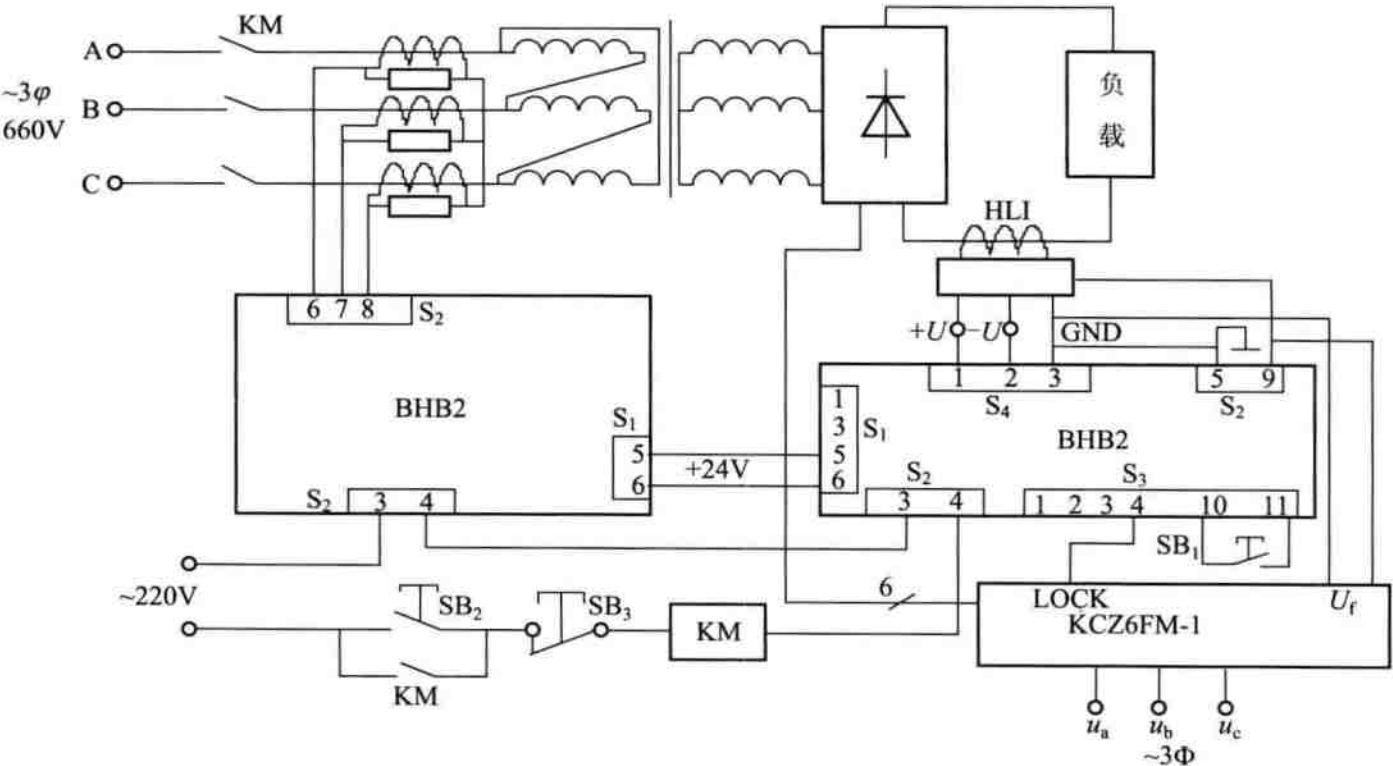


图 10.37 BHB2 双电平保护板用于三相输入的直流电源系统

10.11 BHB3 三电平保护板

BHB3 保护板以厚膜集成电路 HL602 为核心,可用于电力电子变流设备中进行三电平保护。

10.11.1 主要设计特点和参数限制

1. 主要设计特点

- (1) 供电电源为单一交流电源 380V。
- (2) 输出封锁信号可高电平也可低电平供用户选择。
- (3) 随着输出输入取样信号大小的不同,输出几级保护电平,供用户按不同的

需要选用。

- (4) 取样信号可交流也可直流。
- (5) 通过断开供电电源提供复位功能。
- (6) 输出 1 组常开和常闭接点。
- (7) 内部供电电源可供外电路使用。
- (8) 保护门槛内部自动设定,不需要外接电位器进行调节。

2. 主要参数限制

- (1) 供电电压: $380\text{V} \pm 10\%$ 。
- (2) 取样信号: 交流三相 $0 \sim 10\text{V}$ 或 $0 \sim 10\text{mA}$ 、直流 $0 \sim 10\text{V}$ 。
- (3) 保护后输出高电平幅值: $+12\text{V}$ 。
- (4) 保护后输出低电平幅值: $< 0.8\text{V}$ 。
- (5) 保护继电器接点容量: $3\text{A}/220\text{V}$ 或 $1\text{A}/380\text{V}$ 或 $24\text{V}/5\text{A}$ 。
- (6) $+15\text{V}$ 与 -15V 负载能力: 20mA 。
- (7) 使用环境温度范围 $T_A: 0 \sim +70^\circ\text{C}$ 。
- (8) 存储温度范围 $T_{\text{sig}}: -10 \sim +85^\circ\text{C}$ 。

10.11.2 内部结构及工作原理

BHB3 三电平保护板的电路原理如图 10.38 所示。来自供电电源的 380V , 经整流变压器 T 隔离、降压匹配, 由单相整流桥整流滤波、三端稳压器稳压后作为工作电源。来自用户系统的取样信号, 若为直流, 则直接由引脚 U_{dp} 与引脚 U_{dn} 输入; 如为交流, 则从 I_a 、 I_b 、 I_c (可为电压信号, 也可为电流信号) 输入, 经三相桥式不控整流电路整流、电容 C_1 滤波, 由 R_0 与电位器 RP 分压后提供给 HL602A, 与内部门槛电压进行比较: 高于第 1 级门槛时, U_{LOCK1} 输出低电平, U_{LOCK2} 输出高电平, 提供给用户作为外围电路的记忆或提醒信号, 引脚 17 输出 U_{LOCK3} 与引脚 18 输出 U_{LOCK4} 为低电平。如果取样信号继续增加, 高于第 2 级门槛电平时, U_{LOCK1} 输出低电平, U_{LOCK2} 输出高电平状态不变, 引脚 17 输出 U_{LOCK3} 由低电平变为高电平, 再次提供给用户处理。当取样信号继续增加, 高于第 3 级门槛电平时, U_{LOCK1} 输出低电平, U_{LOCK2} 与 U_{LOCK3} 输出高电平状态不变, 引脚 18 输出 U_{LOCK4} 由低电平变为高电平, 作为封锁信号; 同时, 晶体管 VT 导通, 继电器 K 动作, 分断用户系统主电路。图中 SB_1 为复位按钮。

10.11.3 应用举例

1. 正确接线

BHB3 双电平保护板的元器件布置如图 10.39 所示, 它对外引出有 4 个接插件, 接线方法如下。

- (1) 接插件 S_1 的 $S_{1.1}$ 与 $S_{1.3}$ 之间接交流供电电压 380V , 需要电网供给的电流

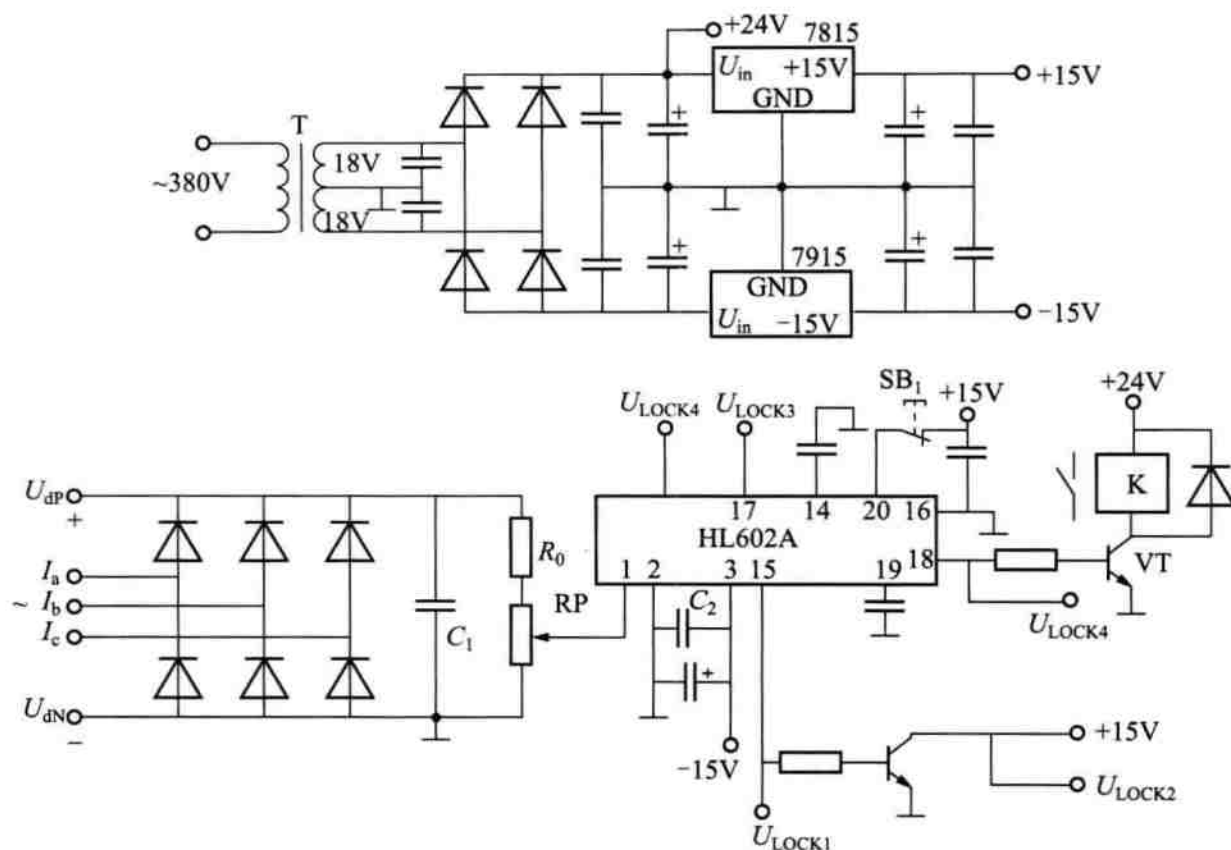


图 10.38 BHB3 三电平保护板的电路原理图

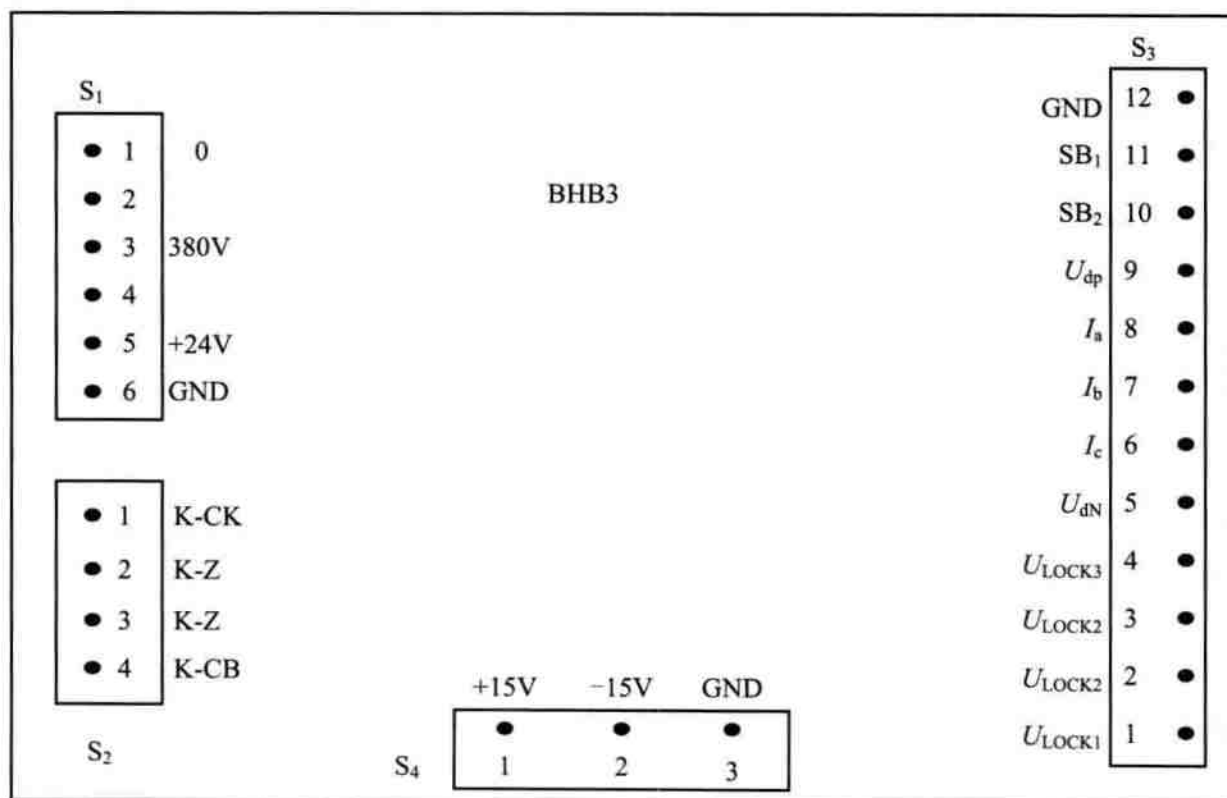


图 10.39 BHB3 三电平保护板的元器件布置图

容量为 5mA,使用中接用户提供的 380V 电源;选用交流供电时, $S_{1.5}$ 与 $S_{1.6}$ 悬空。

(2) 接插件 S_1 的 $S_{1.5}$ 与 $S_{1.6}$ 之间接 +24V, 用在直流为板内供电的场合, 对直流供电电流的需求为 1A, 此时接插件 S_1 的 $S_{1.1}$ 与 $S_{1.3}$ 悬空。剩余的引脚 $S_{1.5}$ 与 $S_{1.6}$ 为空脚, 使用中悬空。

(3) 接插件 S_2 的 $S_{2.1}$ 与 $S_{2.2}$ 之间为常开接点, $S_{2.3}$ 与 $S_{2.4}$ 之间为常闭接点, 可按用户需求接入继电分断用户主电路或显示电路进行保护后的指示。

(4) 接插件 S_3 的 $S_{3.12}$ 为直流参考地, $S_{3.1}$ 为第 1 级保护动作输出连接端, 未保护前输出低电平, 保护动作后输出高电平; $S_{3.2}$ 为第 1 级保护动作输出的低电平信号, 未保护前输出高电平; $S_{3.3}$ 为第 2 级保护动作输出的高电平封锁信号, 未保护前为低电平; $S_{3.4}$ 为第 3 级保护动作输出的高电平封锁信号, 保护动作前为低电平。保护动作后输出高电平, 可按用户使用需要选择接不同的引脚。

(5) 接插件 S_3 的 $S_{3.6} \sim S_{3.8}$ 是取样信号为交流时的输入引脚, 而 $S_{3.5}$ 、 $S_{3.9}$ 之间为直流取样信号输入。其中, $S_{3.9}$ 接取样信号正端, $S_{3.5}$ 接直流信号参考地, $S_{3.10}$ 与 $S_{3.11}$ 接外部断电复位按钮。

(6) 接插件 S_4 的 $S_{4.1}$ 与 $S_{4.2}$ 分别为板内 +15V、-15V 对板外供电的输出(负载能力为 10mA)接线端子, $S_{4.3}$ 为直流参考地。

2. 应用注意事项

- (1) 取样信号为交流时, 应从 S_3 的 $S_{3.6} \sim S_{3.8}$ 输入, 此时 $S_{3.5}$ 与 $S_{3.9}$ 悬空。
- (2) 取样信号为直流时, 应从 S_3 的 $S_{3.5}$ 与 $S_{3.9}$ 输入, 此时 $S_{3.6} \sim S_{3.8}$ 悬空。
- (3) 取样信号应用传感器或互感器与主电路强电电路进行隔离。
- (4) 弱电信号线应多使用双绞线, 且尽可能与强电信号线隔离。

3. 应用举例

图 10.40 给出了 2 块 BHB3 与 IGBT 驱动板 IGC3.6T 相结合, 一起用于三相输入的 AC-DC-AC 变流系统的原理图。其中, 电流取样分别应用交流与直流, 所以保护系统有很高的可靠性。这在直流传感器失效后尤为有用, 可防止以直流反馈构成的闭环系统, 因直流反馈环节失效引起的电流不受控而导致事故。直流电流取样应用了霍尔电流传感器, 而交流电流取样应用了电流互感器, 供电电源选择了交流 380V, 系统工作于直流闭环控制、交流与直流同时参与保护的工作状态。图中 BJ 代表第 1 级保护动作, BJ_1 与 BJ_2 之间为“或”的关系, 高电平输入时向用户提醒报警; TY 代表第 2 级保护动作, TY_1 与 TY_2 之间也为“或”的关系, 高电平输入时使输出 PWM 的脉冲宽度变窄; LOCK 表示第 3 级保护动作, $LOCK_1$ 与 $LOCK_2$ 之间还为“或”的关系, 高电平输入时封锁输出的 SPWM 脉冲, 同时分断用户系统的主电路。

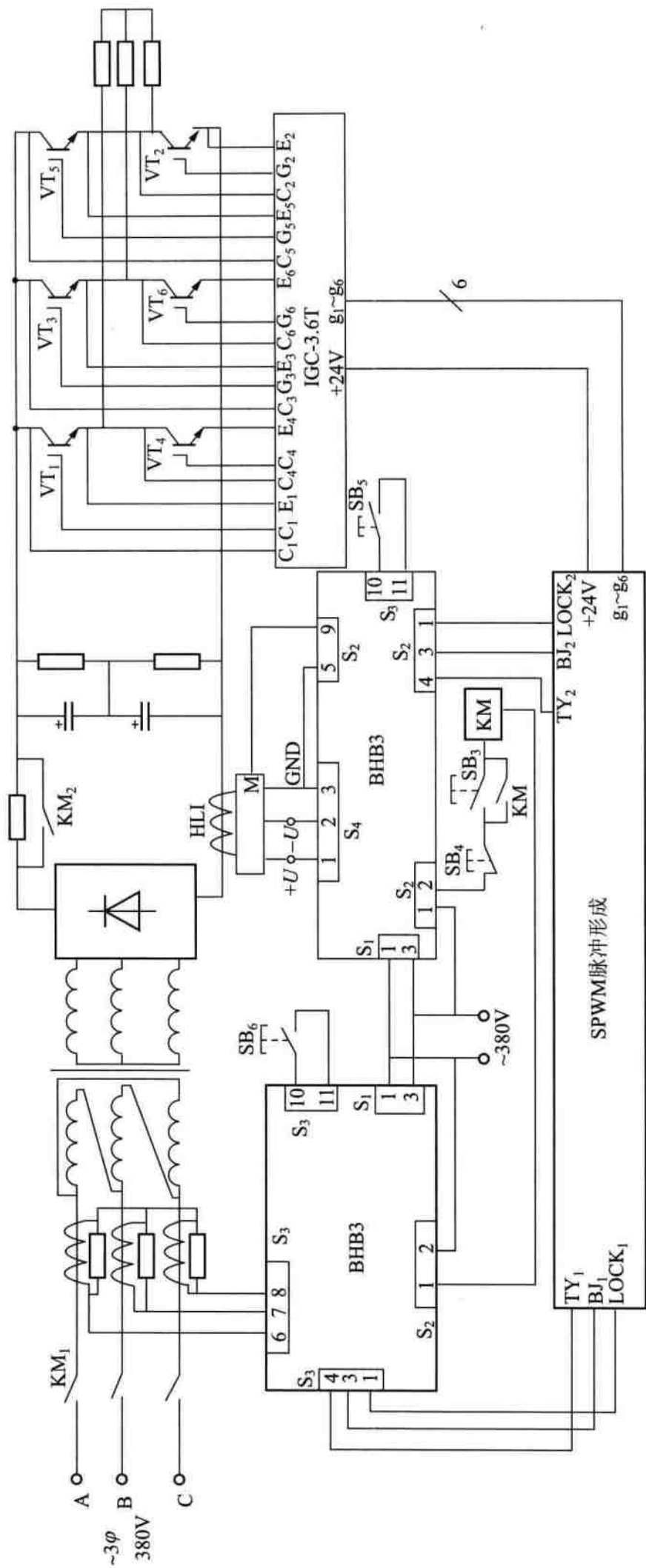


图 10.40 2块BHB3三电平保护板用于三相输入的AC-DC-AC变流系统

附录 电力电子变流设备 介绍及选型

附录 1 电力电子变流设备举例

下面介绍一些常用电力电子变流设备及其特点,这些设备均由陕西高科电力电子有限责任公司生产。

1. 晶闸管直流电弧炉电源

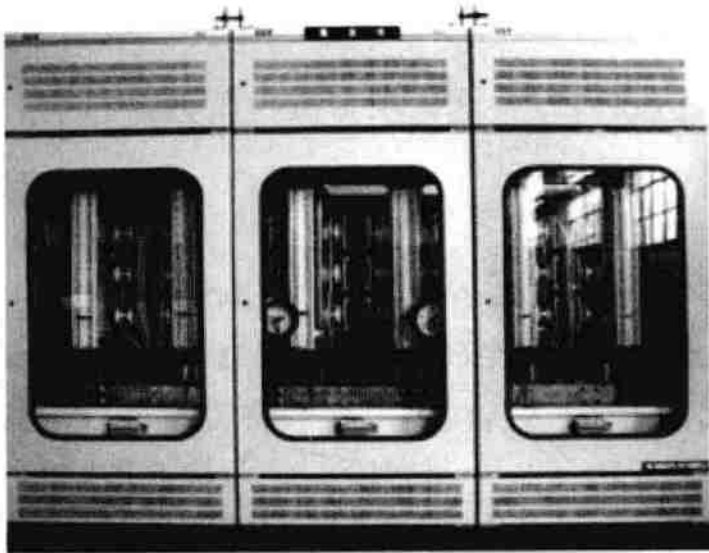
如附表 1 和附图 1 所示,本系列电源吸收了德国 AEG、SIEMENS、美国 ALD 等世界著名公司的直流电弧炉电源技术的优点,在研制成我国第一台大功率(75V/20kA)晶闸管直流电弧炉电源的基础上,一改传统的二极管整流带饱和电抗器调压方案,使我国直流电弧炉电源技术水平上了一个新台阶。经几代改型完善,现已系列化批量化生产,并为北京 621 所、宝鸡有色金属加工厂、中国航空材料研究院、沈阳真空研究所、上海第五钢厂、抚顺特殊钢股份有限公司、北京火箭研究院、宝鸡钛业股份有限公司等国内多家有色冶金行业配套。该电源具有效率高、调节精度高、响应速度快、均流效果好、稳定性高的优点,总成本较二极管整流带饱和电抗器调压方案低廉,工况 PLC 监控,状态全中文显示,且过载能力强,在 2/3 的主元器件损坏的情况下仍可满功率运行不停机,完全满足电弧炉熔化、起弧及补缩等工艺过程要求。

附表 1 晶闸管直流电弧电源参数

型 号	整流变压器 交流输入		整流柜额定 直流输出电压		整流柜主电路 连接方式	外形尺寸/mm		
	相 数	电压/kV	电压 /V	电流 /kA		宽	深	高
KHST-65000/75	3	6,10,35	75	65	两双反星形同相逆并联 框并联	6000	1000	2200
KHST-35000/75	3	6,10,35	75	35	双反星形同相逆并联	3000	1000	2200
KHST-30000/75	3	6,10,35	75	30	双反星形同相逆并联	3000	1000	2200
KHST-25000/75	3	6,10,35	45	25	双反星形同相逆并联	3000	1000	2200
KHST-20000/75	3	6,10,35	45	20	双反星形同相逆并联	3000	1000	2200
KHST-15000/75	3	6,10,35	75	15	双反星形非同相逆并联	3000	1000	2200
KHST-12000/75	3	6,10,35	75	12	双反星形非同相逆并联	3000	1000	2200
KHST-10000/75	3	6,10,35	75	10	双反星形非同相逆并联	3000	1000	2200

续附表 1

型 号	整流变压器 交流输入		整流柜额定 直流输出电压		整流柜主电路 连接方式	外形尺寸/mm		
	相 数	电压/kV	电压 /V	电流 /kA		宽	深	高
KHST-8000/75	3	0.38,6,10,35	75	8	双反星形	1600	1000	2200
KHST-6000/75	3	0.38,6,10,35	75	6	双反星形	1000	1000	2200



电弧炉电源



1t真空自耗电弧炉系统

附图 1 晶闸管直流电弧炉电源

2. KGPS(KGPF)中频感应加热电源

如附表 2 及附图 2 所示,本系列产品是最新研制的第 6 代和第 7 代中频感应加热设备,应用拥有自立知识产权的全数字化扫频控制板,其最大功率容量已达 6000kW,先后在国内目前最大的弯管系统之一——中国石化集团公司的 $\Phi 720\text{mm}$ 弯管线及多家大型钢铁公司的炼钢炉上使用。采用优质快速晶闸管或高频晶闸管,具有稳压、稳流、恒功率调节功能及可靠性高、装置容量大、频率控制范围宽、重炉启动容易、对负载变化及种类适应性强等优点,可广泛应用于晶体生长、金属熔炼、淬火、透热、弯管等领域。

附表 2 KGPS(KGPF)中频感应加热电源参数

型 号	交流输入 电压/V	交流输入 相电流/A	中频输出 电压/V	中频输出 功率/kW	频率范围 /kHz	外形尺寸/mm		
						宽	深	高
KGPF-25/2.5	三相 380	三相 48	300	25	0.4,0.5, 1,2.5, 4,8	800	600	1800
KGPF-50/2.5	三相 380	三相 90	450	50		800 (1000)	600 (800)	1800 (2000)

续附表 2

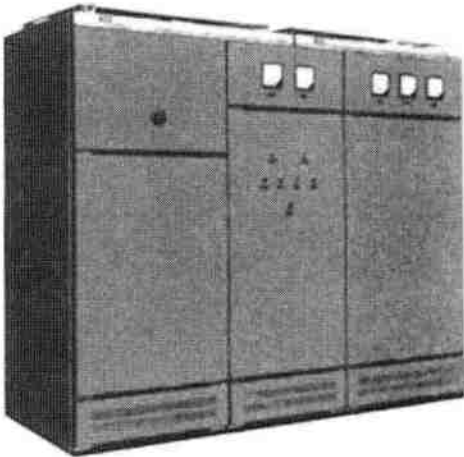
型 号	交流输入 电压/V	交流输入 相电流/A	中频输出 电压/V	中频输出 功率/kW	频率范围 /kHz	外形尺寸/mm		
						宽	深	高
KGPF(S)-100/2.5	三相 380	三相 180	750	100	0.4,0.5, 1,25,4, 8	1000	800	2000
KGPS-160/1.0	三相 380	三相 300	750	160		1200	1000	2200
KGPS-250/1.0	三相 380	三相 420	750	250		1200	1000	2200
KGPS-500/1.0	三相 380	三相 840	750	500		1600	1000	2200
KGPS-800/1.0	三相 660	三相 1148	1000	800		2400	1000	2200
KGPS-1000/0.5	三相 660	三相 1440	1000	1000		2400	1000	2200
KGPS-1500/0.5	三相 660	三相 1830	1200	1500		2400	1000	2200



2t中频熔炼炉



φ720弯管机组
应用于徐州石油机械厂的
弯管机组

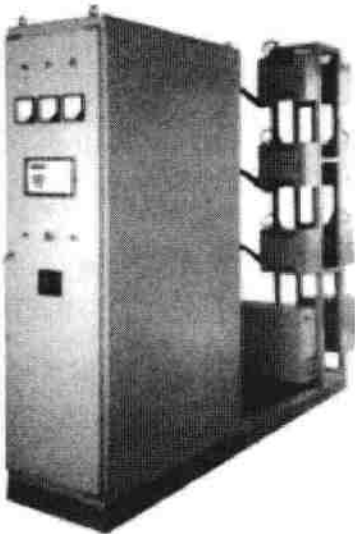


0.5~8kHz中频电源外观图

附图 2 KGPS(KGPF)中频感应加热电源

3. 功率因数补偿及滤波装置

本装置(附图 3)是与电弧炉电源及电解、电镀电源配套的设备,用来对整流装置的功率因数和产生的高次谐波进行补偿和滤波,以改善电网质量,提高电网功率因数,实现电网的绿色化。产品分全自动补偿和手动补偿两种系统,应用陕西高科电力电子有限责任公司专门设计的控制器及滤波器多路切换装置,可保证电网功



附图 3 功率因数补偿及滤波装置

率因数范围为 0.92~1.0,从而实现最大节能。容量范围为 100~50 000kvar。

4. 矿热炉用低频电源

矿热炉用低频电源(附表 3)针对矿热炉目前大都采用 50Hz 交流供电,是低电压大电流负载,短网上的电抗压降较大的特点,采用降低频率的办法,使短网上电抗降低,从而使短网的电压损失减少。由于输出频率很低(一般应用在 0.05~10Hz),相当于直流,电弧稳定,发热效率高,可显著提高电网的功率因数,使一般矿热炉电网的功率因数从 0.7 提高到 0.9 以上,提高了入炉功率,还可解决长期存在的趋肤效应问题,使电极烧损均匀,降低电极烧损;并可在炉内产生电磁搅拌,从而使热力均匀,铁水升温快,加速了还原反应,缩短冶炼时间,从而提高产品质量和产量。当发生炉内短路时,立即封锁触发脉冲,有效防止高压跳闸,按下“复位”按钮,又可重新开始生产。高压开关当作隔离开关使用,大大延长了高压开关的寿命。可节电 10%~15%,具有十分巨大的节能效果。

附表 3 矿热炉用低频电源参数

型 号	交流输入 电压/kV	输入电压 频率/Hz	输入电压 相数	输出电压 相数	输出电压 频率/Hz	输出电压 /V	输出电流 /kA
KGDPS-8/5	10 或 35	50	3	3	0.05~10	40~150	8
KGDPS-16/5							16
KGDPS-24/5							24
KGDPS-36/5							36
KGDPS-48/5							48
KGDPS-60/5							60
KGDPS-75/5							75

5. 大功率电解、碳化硅、电镀电源

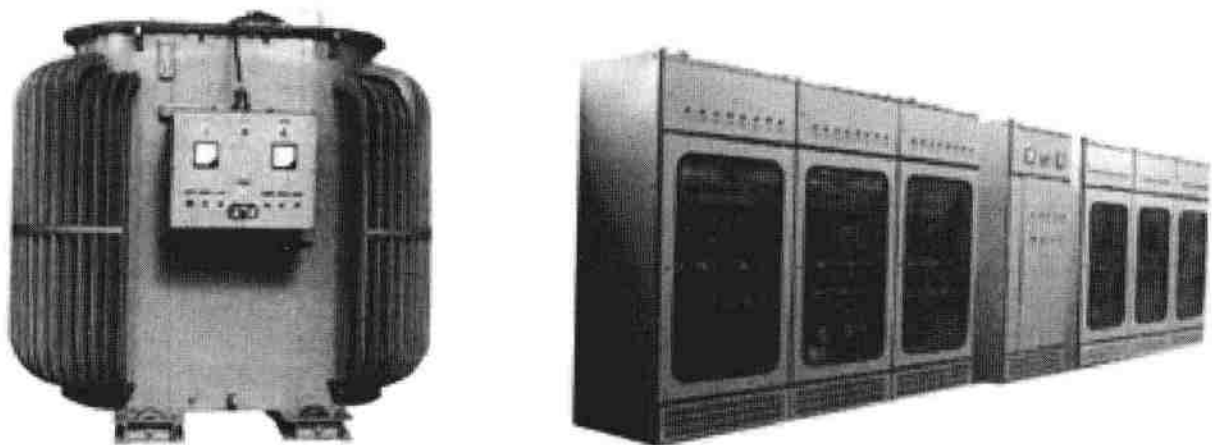
大功率电解、碳化硅、电镀电源(附表 4 和附图 4)分油浸型、油浸水冷型和柜式水冷型三种,采用引进的美国 GE 公司生产线生产的整流管或晶闸管,其管芯应用丹麦进口的硅单晶制作,分不可控二极管硅整流型和晶闸管可控整流型。不可控二极管硅整流型外配多级有载调压整流变压器粗调,而以饱和电抗器细调或直接以增加有载调压开关级数细调来调节整流输出直流电压。晶闸管可控整流型输出电压的调节通过改变晶闸管的导通角直接完成,对用户要求调压范围宽的场所,亦可与整流变压器中的有载调压开关配合调压。晶闸管可控整流装置应用陕西高科电力电子有限责任公司的专利产品——模块型末级触发单元,可保证各并联晶闸管触发的同时性,实现良好的动态均流效果。各系列产品均具有过流保护、冷却系统故障、过压、元器件失效、水温过高、母线温度过高、熔断器熔断等保护及报警功能,各种保护及报警均应用西门子 PLC 监控,全中文界面,人机对话功能极强。

附表 4 大功率电解、碳化硅、电镀电源参数

型 号	配套整流变压器交流输入		直流输出		主电路连接方式	外形尺寸/mm			备 注
	相 数	电压/kV	电压/V	电流/kA		宽	深	高	
Z(K)HS-45000/××××	3	6,10,35	350~150	35	三相桥式同相逆并联	3200	1200	2600	用于电解、碳化硅系统、整流变压器外附
			150~30		双反星形同相逆并联				
Z(K)HS-40000/××××	3	6,10,35	350~150	30	三相桥式同相逆并联	3200	1200	2600	
			150~30		双反星形同相逆并联				
Z(K)HS-35000/××××	3	6,10,35	350~150	35	三相桥式同相逆并联	3000	1200	2600	
			150~30		双反星形同相逆并联				
Z(K)HS-30000/××××	3	6,10,35	350~150	30	三相桥式同相逆并联	3000	1200	2600	
			150~30		双反星形同相逆并联				
Z(K)HS-28000/××××	3	6,10,35	350~150	28	三相桥式同相逆并联	3000	1200	2600	
			150~30		双反星形同相逆并联				
Z(K)HS-20000/××××	3	6,10,35	350~150	20	三相桥式同相逆并联	3000	1200	2200	
			150~30		双反星形同相逆并联				
Z(K)HS-15000/××××	3	6,10,35	350~150	15	三相桥式同相逆并联	3000	1200	2200	
			150~30		双反星形				
Z(K)HS-12500/××××	3	6,10,35	350~150	12.5	三相桥式同相逆并联	3000	1200	2200	
			150~30		双反星形				
Z(K)HS-12500/××××	3	6,10,35	350~150	12.5	三相桥式同相逆并联	1600	1200	2200	
			150~30		双反星形				

续附表 4

型 号	配套整流变压器交流输入		直流输出		主电路连接方式	外形尺寸/mm			备 注
	相 数	电压/kV	电压/V	电 流/kA		宽	深	高	
Z(K)HS-10000/××××	3	6,10,35	350~150	10	三相桥式	1600	1200	2200	用于电解、碳化硅系统、整流变压器外附
			150~30		双反星形				
Z(K)HS-8000/××××	3	6,10,35	350~150	8	三相桥式	1600	1000	2200	
			150~30		双反星形				
Z(K)HS-6000/××××	3	0.38,6,10	350~150	6	三相桥式	1000	800	2200	
			150~30		双反星形				
Z(K)HS-5000/××××	3	0.38,6	350~150	5	三相桥式	1000	800	2200	
			150~30		双反星形				
Z(K)DS-5000/××××	3	0.38	3~30	5	双反星形	1000	800	2200	用于电镀系统变压器外附
Z(K)DS-4000/××××	3	0.38	3~30	4	双反星形	1000	800	2200	
Z(K)DS-3000/××××	3	0.38	3~30	3	双反星形	800	800	2200	
Z(K)DS-1500/××××	3	0.38	3~30	1.5	双反星形	800	800	2200	用于电镀系统变压器柜内
Z(K)DS-1000/××××	3	0.38	3~30	1	双反星形	800	800	2200	



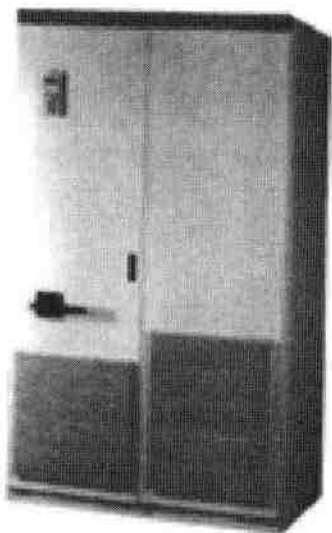
附图4 大功率电解、碳化硅、电镀电源

6. 直流调速装置

如附图5及附表5所示,直流调速装置包括直流电动机励磁控制和直流电动机电枢供电控制两类,应用全进口控制软件,全数字化控制,具有性能稳定、控制精度高、抗干扰能力强、调速范围宽、控制方式灵活等优点。

7. 同步机及直流电动机励磁装置

本系列装置是吸收国内外先进技术研发出的供同步发电机、同步电动机、直流电动机励磁的装置,采用单一控制板、模块化结构,具有调试维护方便、结构紧凑、抗干扰性强、强励倍数可调及失频整步等优点,见附表6、附表7及附图6。



附图5 直流调速装置

附表5 直流调速装置参数

型 号	整流变压器交流输入		整流柜额定直流输出		转速调 节范围	整流 变压器	整流柜外形尺寸/mm		
	相 数	电压/V	电压/V	电流/A			宽	深	高
KSF-200/×××	3	380	230/460	200	1 : 50	内置/外附	800	800	2200
KSF-300/×××	3	380	230/460	300	1 : 50	内置/外附	800	800	2200
KSF-400/×××	3	380	230/460	400	1 : 50	外附	800	800	2200
KSF-500/×××	3	380	230/460	500	1 : 50	外附	800	800	2200
KSF-800/×××	3	380	230/460	800	1 : 50	外附	800	800	2200
KSF-1000/×××	3	380	230/460	1000	1 : 50	外附	1000	800	2200

附表 6 同步发电机及直流发电机励磁装置参数(部分)

型 号	发电机电压/V	额定直流输出		整流变压器	整流柜外形尺寸/mm		
		电压/V	电流/A		宽	深	高
KGLF-100/40	6300	40	100	柜 内	1000	800	2200
KGLF-100/200	6300	200	100	外 附	1000	800	2200
KGLF-300/200	6300	200	300	外 附	1000	800	2200
KGLF-400/170	6300	170	400	外 附	1000	800	2200
KGLF-500/200	6300	200	500	外 附	1000	800	2200

附表 7 同步电动机及直流电动机励磁装置参数(部分)

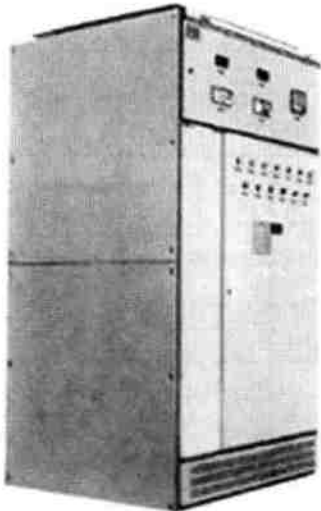
型 号	整流变压器交流输入		整流柜额定直流输出		强励倍数	整流 变压器	整流柜外形尺寸/mm		
	相 数	电压/V	电压/V	电流/A			宽	深	高
KGLF-130/50	3	380	50	130	1.2~1.8	柜 内	800	800	2200
KGLF-200/90	3	380	90	200	1.2~1.8	柜 内	800	800	2200
KGLF-300/170	3	380	170	300	1.2~1.8	柜 内	800	800	2200
KGLF-450/170	3	380	170	450	1.2~1.8	外 附	800	800	2200
KGLF-600/75	3	380	75	600	1.2~1.8	外 附	800	800	2200

8. 交流调压(调功)装置

交流调压(调功)装置(附图 7)具有高度稳压(恒功率)控制效果,采用进口高性能绝缘式晶闸管模块或引进美国 GE 公司生产线生产的平板型大功率晶闸管,全集成电路与数字化配合控制,具有电路简单、体积小、效率高、稳压精度高及抗干扰性能强等优点,功率范围可达 3~2500kW。



附图 6 同步电动机及直流电动机
励磁装置外观



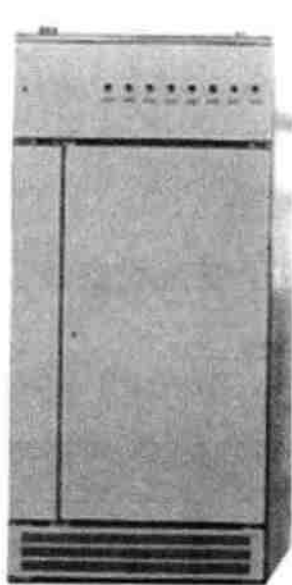
附图 7 交流调压(调功)装置

9. 直流合闸(直流屏)电源装置

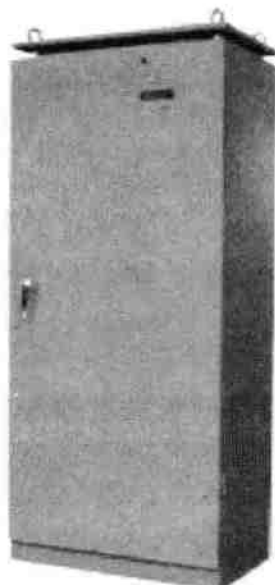
如附图 8 所示,本装置是专为供配电系统中高压开关合、分闸及故障保护系统设计的电源,有晶闸管整流及高频开关直流模块两种方案,两种方案均可实现对蓄电池的恒电流充电、稳压充电和自动浮充充电功能。可按用户要求配备免维护电池或镉镍电池,应用陕西高科电力电子有限责任公司的专用控制板作为核心单元,具有恒流、恒压、浮充三种状态,三种状态可全自动切换,无需人工操作,便于实现自动化。产品设有过流和短路保护指示,并具有手动、自动调节功能。在额定容量范围 $10\sim 400\text{A}\cdot\text{h}$ 内有多种规格供用户选择,输入供电电压为双交流。

10. 同步电动机及异步电动机软启动装置

在 8096 单片机系统控制下,采用晶闸管按可控调压方案实现电动机的软启动,可降低启动电流,以保证供电电网电压稳定,可用于频繁启动的大功率交流电动机系统中。现已批量生产,并配套中国石化集团、中国石油天然气集团公司、鞍山钢铁公司、首都钢铁公司、攀枝花钢铁公司等国内大中型企业,功率范围为 $7.5\sim 680\text{kW}$ (附图 9)。



附图 8 直流合闸
(直流屏)电源装置

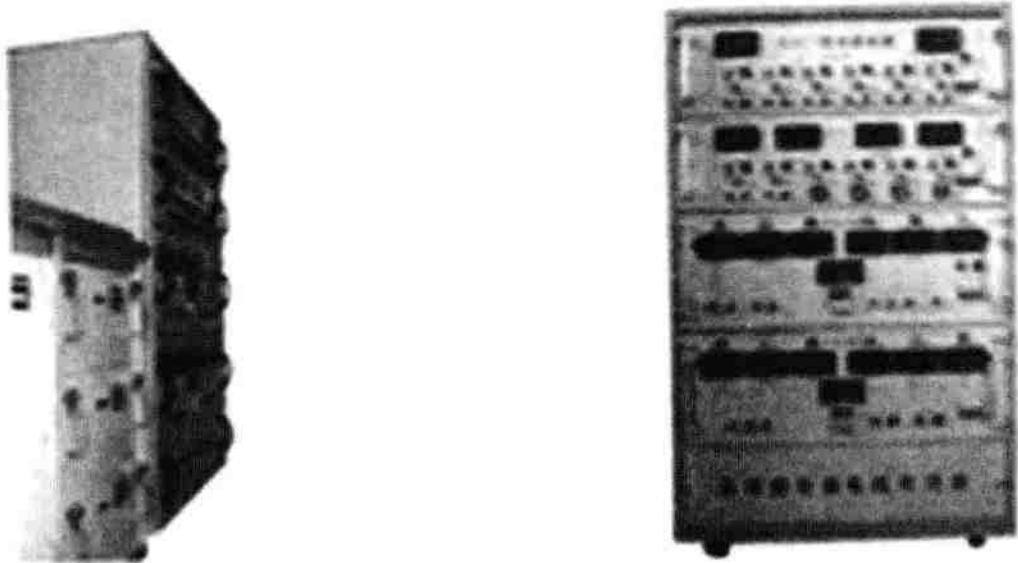


附图 9 同步电动机及异步电动机软启动装置



11. IGBT 或 MOSFET 开关型直流稳压电源

该电源(附图 10)主电路采用电力半导体器件 IGBT 或 MOSFET,因此具有工作频率高、滤波器尺寸小、重量轻及效率高等优点,是取代线性晶体管稳压电源的新一代产品。额定输出电压在 $24\sim 1800\text{V}$ 范围内数挡可选,纹波含量低于 0.1% ,是陕西高科电力电子有限责任公司拥有自主知识产权的产品,已配套中国人民解放军某导弹部队。



附图 10 用于某导弹部队的组合开关电源

附录 2 电力电子变流设备控制板和电力电子器件驱动板选型指南

在国内,许多公司都已开发出了各种电力半导体器件的系列控制板和驱动板,附表 8~附表 12 给出了如今已在国内有一定使用量,并已定型系列化生产的产品型号、性能特点及主要参数。

1. 晶闸管触发控制板

附表 8 给出了常用的晶闸管触发控制板和晶闸管类电力电子变流设备控制板(陕西高科电力电子有限责任公司生产)的主要型号及性能参数。

附表 8 常用晶闸管触发控制板

分 类	型 号	性能特点	主要参数
单相 触发 控制板	JQC1.0	采用平面安装方式的单相全控、单相半控桥或双半波及半波晶闸管整流的移相触发控制板,内含 PI 调节器、脉冲功率放大电路、过压和过流保护、给定积分器及控制板自身工作的电源,可供用户作给定、保护及取样电路使用,需外配脉冲变压器和整形电路才可触发晶闸管	工作电压:交流双 18V 输入同步电压:AC 30V 输入移相电压 U_K 范围:0~10V 移相范围:0°~178° 反馈信号幅值 U_I :AC 0~10V 保护输出接点容量:220V/1A 外形尺寸(长×宽×高):170mm×105mm×22mm
	JQC1.1	以 TCA785 为主芯片,是专为单相调功控温系统设计开发的晶闸管触发控制板,采用电子开关控制输出脉冲的通断,其余性能同 JQC1.0,可用于工业电炉及其他需调功控温的场合	工作电压:交流双 18V 输入同步电压:AC 30V 输入移相电压 U_K 范围:0~10V 移相范围:0°~178° 保护输出接点容量:220V/1A 外形尺寸(长×宽×高):147mm×157mm×25mm

续附表 8

分 类	型 号	性能特点	主要参数
单相 触发 控制板	KCZ2	主芯片为 TCA785,是晶闸管单相开环触发板,适用于主电路为单相桥式全控、单相桥式半控、单相双半波整流等系统作晶闸管的触发,输出为脉冲列,内含工作电源部分,可用于单相直流或交流调压、调速装置	工作电压:交流双 18V 输入移相电压 U_K 范围:0~10V 移相范围:0°~178° 保护输出接点容量:220V/1A 外形尺寸(长×宽×高):147mm×86mm×30mm
	KCZ4-1T	主芯片为 TCA785,是晶闸管单相闭环触发板。它不需外接同步变压器、电源变压器及脉冲变压器,可用于单相桥式全控、半控、半波整流及调压系统作晶闸管的触发,所以可用于电动机励磁、小功率直流调速、小功率电解和电镀及直流电源等系统	工作电压:交流双 18V 输入移相电压 U_K 范围:0~10V 移相范围:0°~180° 外形尺寸(长×宽×高):260mm×155mm×55mm
	KCZ4-1TS2	弥补了 KCZ4-1T 控制板只能用于单闭环系统的不足,既可用于单闭环系统,又可用于双闭环系统,是保护功能完善的晶闸管三相多功能闭环控制板。它在 KCZ4-1T 控制板的基础上增加了较多功能,可直流反馈,亦可交流反馈,可电压反馈,亦可电流反馈,灵活性强。板内含有保护后的复位环节	工作电源电压:220V 反馈信号幅值:电压反馈为 0~10V,电流反馈为 0~100mA 输入移相控制电压范围:直流 0~10V 移相范围:0°~180° 保护后输出节点容量:220V/1A 或 380V/0.5A 外形尺寸(长×宽×高):260mm×155mm×55mm
	KBC2M-1	单相闭环控制触发板,具有稳压、稳流、限压、限流等功能,板内带有双闭环 PI 调节器,锯齿波脉冲形成电路,自身带工作电源和脉冲变压器,适用于单相半控桥式整流电路	交流供电电压:交流双 18V 闭环反馈电压:直流 12V 单端输入移相范围:0°~180° 脉冲宽度:25° 外形尺寸(长×宽×高):208mm×125mm×35mm
	KKC2M-1	单相开环过零触发板,可用于交流调压、调功、整流系统,带软启动功能,可相控或过零触发用,还可与自动化仪表接口,实现闭环控制	外形尺寸(长×宽×高):205mm×140mm×30mm 其余参数同 KBC2M-1
	KBC4M-1	单相全桥闭环控制触发板,有稳压或稳流、限压或限流等功能,可控制单相全桥进行有源逆变,自身带有软启动功能,可用于充、放电或单相稳压、稳流电源系统	外形尺寸(长×宽×高):208mm×165mm×30mm 其余参数同 KBC2M-1
	KCZB	通用三相晶闸管触发控制板,内含给定积分、过压、过流、电流截止、缺相等保护功能,板内自带脉冲功率放大和整形电路,输出可直接触发三相电路中的晶闸管。板内还含有一个闭环调节器,可按用户的设定,对控制系统的输出电压(或电流)或其他参数进行闭环调节,可从多个实施给定信号的控制台位进行控制	电源电压:两组三相交流 9V 同步电压:三相交流 30V 输出最大脉冲峰值电流:400mA 外形尺寸(长×宽×高):255mm×190mm×30mm

续附表 8

分 类	型 号	性能特点	主要参数
三相 触发 控制板	KCZB1.1	在 KCZB 的基础上增加了保护自复位功能,特别适用于晶闸管三相全控桥、三相半控桥、三相半波、双反星形系统中使用,已出口到东南亚	保护后继电器输出接点容量: 220V/1A、380V/0.5A 外形尺寸(长×宽×高):242mm× 203mm×30mm
	KCZ6-1T	主芯片为 TC787,不需要外配同步变压器及电源变压器,具有自对相及相位自适应功能,板内含脉冲形成、整形、功率放大、脉冲隔离、可直接触发晶闸管。板内还含有给定积分、过电压和过电流、电流截止、负载短路等保护功能,应用 IP 闭环调节器,使比例和积分部分单独解耦调节,其性能比常规使用的 PI 调节器要优越得多,而且在工程实际应用中调节更为方便。可在三相全控桥、三相半控桥、三相半波、双反星形整流系统、直流电动机调速系统及三相交流调压系统中用作晶闸管的触发	工作电源电压:单相交流 220V 同步输入电压:三相交流 30~ 380V 内的任意值 输出脉冲移相范围:0°~177° 移相控制电压:0~12V
	KCZ6-1TS2	在 KCZ6-1T 板的基础上增加了很多功能,既可用于单闭环系统,又可用于双闭环系统	工作电源电压:单相交流 380V 允许同步电压:24~660V 线电压 输入移相控制电压范围:直 流 0~10V 输出脉冲移相范围:0°~177° 外形尺寸(长×宽×高):280mm× 190mm×52mm
	KCZ6-2T	需外配脉冲末级板(一单元 6 个或三单元 2 个),可满足不同容量晶闸管及不同晶闸管变流装置触发的要求。使用同一种控制板,通过改变脉冲变压器类型,使其可满足单个晶闸管或多个晶闸管并联系统的需要。其余指标同 KCZ6-1T。适用于三相全控(半控)桥、三相零式、双反星形及三相交流可控开关,根据不同的反馈信号,可组成直流调速系统、恒电压系统、恒电流及温控系统	工作电源电压:单相交流 380V 同步输入电压:三相交流 30~ 380V 内的任意值 输出脉冲移相范围:0°~177° 移相控制电压:0~12V
	KCZ6-3T	主芯片为 3 只 TCA785 和 1 只 KJ041,具有同步电压频率自动跟踪与自适应功能,输出 6 路相位互差 60°的触发脉冲,输出脉冲为双窄脉冲,脉冲宽度可以通过改变板内的电容进行调节。输出 6 路触发脉冲的不平衡度或不对称度小,板内含有电源变压器、脉冲功放单元,具有适应同步电压幅值范围宽、留有故障时封锁输出脉冲的接口等优良性能,可用于三相全控或三相半控系统作为晶闸管的触发控制单元	工作电源电压:单相 380V,50Hz 输出脉冲幅值:6 路双窄脉冲,幅 值 24V 输出脉冲电流峰值:每路最 大 200mA 可自跟踪与自适应同步电压频率 变化范围:45~160Hz 保护后输出继电器触点容量:直 流 24V/5A 或交流 220V/2A 移相控制电压 U_k 范围:0~10V 外形尺寸(长×宽×高):310mm× 190mm×55mm

续附表 8

分 类	型 号	性能特点	主要参数
三相 触发 控制板	KCZ6-3T	主芯片为 3 只 TCA785 和 1 只 KJ041,具有同步电压频率自动跟踪与自适应功能,输出 6 路相位互差 60°的触发脉冲,输出脉冲为双窄脉冲,脉冲宽度可以通过改变板内的电容进行调节。输出 6 路触发脉冲的不平衡度或不对称度小,板内含有电源变压器、脉冲功放单元,具有适应同步电压幅值范围宽、留有故障时封锁输出脉冲的接口等优良性能,可用于三相全控或三相半控系统作为晶闸管的触发控制单元	工作电源电压:单相 380V,50Hz 输出脉冲幅值:6 路双窄脉冲,幅值 24V 输出脉冲电流峰值:每路最大 200mA 可自跟踪与自适应同步电压频率变化范围:45~160Hz 保护后输出继电器触点容量:直流 24V/2A 或交流 220V/2A 移相控制电压 U_K 范围:0~10V 外形尺寸(长×宽×高):310mm×190mm×55mm
	KCZS6M-1	采用 SGK-198 专用集成电路芯片开发的全数字式晶闸管开环触发控制板,数字化控制,输出脉冲对称性好,具有缺相、外部故障(如冷却水系统故障)、自身工作电源欠压保护功能。使用中可用同步变压器也可不用同步变压器,具有自对相序功能等优良性能,可用来取代模拟式触发控制板 KCZ6.0	供电电源 380V,负载电流最大 0.1A 同步输入电压范围:30~380V/0.1A 输出脉冲移相范围:0°~150° 移相控制电压:0~12V 外形尺寸(长×宽×高):195mm×245mm×55mm
	KCZS6M-2	在 KCZ6SM-1 的基础上增加了过压、过流保护及给定积分功能,可用于三相可控整流及三相交流调压系统	外形尺寸(长×宽×高):215mm×260mm×55mm 其余参数同 KCZS6M-1
	KCZS6M-3	在 KCZ6SM-2 的基础上增加 1 个闭环调节器,可用来取代 KCZ6.2、KCZ6-1T、JQC3.1 而用于三相可控整流及三相交流调压系统	外形尺寸(长×宽×高):230mm×255mm×55mm 其余参数同 KCZS6M-1
	KCZ6F-1	在 KCZS6M-3 的基础上增加了许多直流电弧炉工艺的特殊要求而开发的控制板,既可用于直流电弧炉电源控制系统,也可用来取代 KCZ6.2、KCZ6-1T、JQC3.1 而用于三相可控整流及三相交流调压系统	外形尺寸(长×宽×高):270mm×210mm×55mm 其余参数同 KCZS6M-1
	JQC-3.1	三相半控晶闸管触发控制板,具有稳压、稳流功能供选择,主芯片为 TCA785,板内含有脉冲封锁单元,保证启动或停机时主电路中主接触器在零电流下合闸及分闸,具有可进行过压、过流保护及保护后延时自动复位等功能,保护到延时复位的时间可以调节	工作电压:三路交流 8V、9V 及 30V 给定积分时间:0~30s 内可调 保护后自动复位时间:0~10s 移相范围:0~10V 外形尺寸(长×宽×高):220mm×217mm×38mm

续附表 8

分 类	型 号	性能特点	主要参数
三相 触发 控制板	KCZ6.0	采用平面安装的开环三相晶闸管触发板,用 TC787 作为主控制芯片,输出为脉冲列,板内含有脉冲功率放大及为自身工作提供直流电源的整流电源部分,具有独立封脉冲端,可用于三相桥式全控、半控及三相半波或双反星形电路中作晶闸管的移相触发用	工作电源电压:交流双 18V 及三相 30V 移相控制电压 U_K 范围:12~0V 外形尺寸(长×宽×高):152mm×68mm×23mm
	KCZ6.1	开环三相晶闸管触发板,与 KCZ6.0 板相比,增加了差分器,控制逻辑为正逻辑,同时增加了给定积分器、过流(或过压)保护功能,给定积分时间可由用户整定,输出同样为脉冲列	工作电源电压:交流双 18V 输入同步信号:三相 30V 输入移相控制电压 U_K :0~12V 保护输出接点容量:220V/2A 外形尺寸(长×宽×高):152mm×112mm×22mm
	KCZ6.2	单闭环三相晶闸管触发板,在 KCZ6.1 的基础上增加了 1 路保护功能和 PI 调节器,有最大 α 和最小 α 角限制功能,板内含有脉冲功率放大、反馈系数调节、保护门槛可按用户要求整定等功能	工作电源电压:交流双 18V 及三相 30V 控制电压 U_{CC} :0~12V 移相范围:0°~177° 外形尺寸(长×宽×高):144mm×103mm×22mm
	KCZ6.3	开环三相晶闸管触发板,性能与 KCZ6.1 的差别仅在于 KCZ6.3 为反逻辑(即给定 U_K 最大,控制角 α 最大)工作,而 KCZ6.1 板给定 U_K 最大,控制角 α 最小	输入信号 U_i 范围:0~10V 允许最大脉冲电流:150mA 保护输出接点容量:交流 220V/1A 外形尺寸(长×宽×高):152mm×95mm×22mm
	KCZ6.4	在 KCZ6.2 的基础上改 PI 调节器为开关控制,在反馈回路中增加了低零漂高放大倍数的放大器,特别适用于在低反馈取样值(如 mV 级)的系统中进行闭环调节和控制,可用于交流调压控温系统的温度控制和调节	输出电源电压:±15V, +24V 输入工作电压:双交流 18V 输入同步工作电压:三相 30V 移相控制电压范围 U_K :0~12V 反馈取样信号范围:0~75mV 外形尺寸(长×宽×高):142mm×128mm×22mm
	KCZ6.5	具有相位自适应功能的数字化三相全控(半控)触发控制板,使用中不需要确定三相电压的相位,无需外配同步变压器和电源变压器,内含脉冲变压器,具有故障封锁、缺相检测判断和保护功能,输出为脉冲列。可直接触发 2500A 以下的 6 个晶闸管	输入电源电压范围:AC 单相 220V 同步电压范围:三相 24~380V 移相范围:0°~178° 控制电压 U_K :0~5V 外形尺寸(长×宽×高):192mm×154mm×45mm
	KBSC3M-1	三相半控桥控制触发板,内含 PI 调节器,限压、限流、过流保护等功能,板内主要由电源、闭环调节器、移相控制、脉冲形成、脉冲功率放大及脉冲变压器组成。适用于三相半控桥及三相半波控制系统	移相范围:0°~210° 外形尺寸(长×宽×高):275mm×205mm×35mm 其余指标同 KFSC6M-1

续附表 8

分 类	型 号	性能特点	主要参数
三相 触发 控制板	KKSC6M-1	三相开环过零触发板,适用于三相交流调压、调功、整流系统,带软启动,可相控和过零触发,输出为双窄脉冲,占空比可调,板内带有故障指示发光二极管,可配自动化仪表使用,可以组成闭环控制系统	给定电压:1~5V 或直流 4~20mA 外形尺寸(长×宽×高):295mm×200mm×30mm 其余指标同 KFSC6M-1
	KBSC6M-1 KBSC6F-1	三相闭环触发控制板,内含 PI 调节器,具有限压、限流、过流、缺相等多种保护和指示功能,适用于三相交流调压、整流及有源逆变系统。KBSC6M-1 与 KBSC6F-1 的差别在于前者带脉冲变压器,后者不带	外形尺寸(长×宽×高): KBSC6M-1 为 340mm×205mm×35mm KBSC6F-1 为 310mm×205mm×35mm
晶闸 管类 中频 电力 电子 变流 设备 控制 板	KGPSⅢ	专为中频电源开发的零压启动板,内含三相晶闸管整流桥和单相晶闸管逆变桥触发控制电路及保护电路,适用于工作频率为 400Hz~2.5kHz、功率为 250~1000kW 的晶闸管中频电源系统,采用零压启动方式,单块大板结构	工作电源电压:交流双 18V 及一路独立的交流 18V 给定电压:直流 0~10V 取样信号:交流 0~10V
	KGPSⅣ 型控制板	应用专利技术开发的晶闸管中频电源触发控制板,它由三个获专利的专用模块单元构成,具有过压、过流、截压、截流保护功能,启动方式为撞击式,采用单块大板结构	工作电源电压:交流双 18V 同步工作电源电压:交流三相 30V 及直流 20V 移相电压范围:0~10V 外形尺寸(长×宽×高):97mm×120mm×20mm
	KGPSⅤ 型控制板	单块大板结构,采用扫频启动方式,是应用锁相环构成的晶闸管中频扫频式控制板,具有使用调试方便、保护功能齐全、调整方便等优点	工作电源电压:交流双 18V 移相电压范围:直流 0~10V
	KGPSⅥ	单块大板结构,应用可编程逻辑智能化控制芯片 SGK199,自对相,扫频启动,数字触发,具有可靠性高、脉冲对称度好、抗干扰能力强、反应速度快等特点,又由于有相序自适应电路,所以无需同步变压器	主电路进线额定电压:100~660V (50Hz) 控制供电电源:单相 17V/2A 整流触发脉冲移相范围:0°~130° 逆变频率:400Hz~8kHz 外形尺寸(长×宽×高):246mm×180mm×30mm
	KGPSⅦ	12 脉波晶闸管中频电源控制板,控制核心由两个可编程逻辑智能化控制芯片 SGK199 组成,自对相,扫频启动,具有可靠性高、脉冲对称度高、抗干扰能力强、反应速度快等特点,又由于有相序自适应电路,无需同步变压器	外形尺寸(长×宽×高):295mm×246mm×30mm 其余指标同 KGPSⅥ

续附表 8

分 类	型 号	性能特点	主要参数
晶 闸 管 类 电 力 电 子 变 流 设 备 控 制 板	KGS	专为直流电动机调速而设计的控制板,内含双闭环调节器,具有过压、过流、缺相、错相、电流截止等保护功能。输出八路触发脉冲,可触发给电动机电枢供电电路中的 6 个晶闸管及控制电动机励磁的单相桥式半控励磁回路中的 2 个晶闸管	输入三相同步电压:三相 30V 输入控制电压:交流两组 16V 及 14V 输入给定控制电压:0~10V 外形尺寸(长×宽×高):327mm×202mm×30mm
	KCZ1	专为小功率直流电动机调速而开发的控制板,主芯片为 TCA785,内含双闭环调节器,过流保护单元,并带有脉冲隔离、脉冲整形及抗干扰环节。输出可直接触发 4 个晶闸管,可方便地用于单相全控桥、单相半控桥式及双半波电路作晶闸管的触发	输入工作电压:交流双 18V、0.5A 输入移相电压 U_K 范围:0~12V 移相范围 α : $0^\circ \sim 170^\circ$ 输入反馈电压或转速值:0~-12V 直流 输入反馈电流 I_f 范围:交流 0~10V/0.1A 外形尺寸(长×宽×高):164mm×149mm×30mm
	TDLF	专为同步电动机励磁而开发的控制板,板内含有 PI 调节器,可进行恒流或恒压控制,内含脉冲形成、脉冲功率放大、脉冲整形、脉冲变压器及失步保护、失步自整定、过压、过流、负载短路等保护与报警显示功能	工作电源电压:单相 220V 同步电压:三相 3~380V 移相控制电压范围:0~10V 反馈电压(或电流):0~10V
	KC-13A	专为晶闸管镍镉直流屏开发的控制板,板内含有脉冲形成、脉冲功率放大及整形部分,并含给定积分、单闭环 PI 调节器。它能自动对直流屏系统的电池电压进行采样。当电池电压<210V 时进行恒流充电,当电池电压充到 270V 以上时自动切换到恒压充电。恒压充电 7h 后自动转入浮充状态	供电电压:三相 17V(相电压) 输出脉冲最大电流:400mA 电流取样输入值:直流 75mV 电池电压取样值:直流 0~260V
	KFSC6M-1	专为蓄电池充、放电电源设计的控制板,内含给定积分、PI 调节器、限压、限流、过流、缺相等多种保护及指示功能,适用于三相全控桥式及三相反并联交流调压系统	供电电压:交流三路 18V 交流同步电压:三相四线制 10V、0.5A 电压、电流反馈信号幅值分别为 12V 及 0~1V 外形尺寸(长×宽×高):45mm×205mm×35mm
	KDSC6M-1	专为稳压或稳流电源而设计的触发控制板,内含给定积分器、PI 调节器,触发脉冲形成、脉冲功率放大和隔离单元,输出可直接触发晶闸管,适用于主电路为三相桥式全控的系统	外形尺寸(长×宽×高):80mm×205mm×35mm 其余参数同 KKSC6M-1

续附表 8

分 类	型 号	性能特点	主要参数
晶闸管类 电力电子 变流设备 控制板	KZSC6M-1 KZSC6F-1	专为直流电动机调速系统开发的双闭环控制板,内含自身工作电源形成的整流环节、给定积分、双闭环 PI 调节器、电压和电流反馈、移相控制、脉冲形成、脉冲功率放大等单元,并有丢脉冲自动补偿、故障检测、综合逻辑控制等功能。KZSC6M-1 板上直接带有脉冲变压器,输出可直接触发晶闸管;而 KZSC6F-1 板上不带脉冲变压器,需外配脉冲末级板才可触发晶闸管	电 流 反 馈 信 号: 直 流 2V 或 交 流 100mA 外形尺寸(长×宽×高): KZSC6M-1: 70mm × 205mm × 40mm KZSC6F-1: 340mm × 205mm × 40mm
	KZC2M-2	为单相直流调速开发设计的触发控制板,既可用于单相系统直流电动机的电枢控制,也可用于其励磁控制回路。板内含转速闭环、电流闭环的双闭环调节器及脉冲形成电路、直流工作电源及脉冲变压器	供电电源电压:交流双 18V/0.5A 电 流 反 馈 信 号: 单 端 输 入 直 流 2V 或 直 流 75mV 外形尺寸(长×宽×高):205mm×145mm×30mm
	KRSC6M-1 KRSC6F-1	为三相交流电动机软启动装置开发的专用控制板,亦可用于需要软启动功能的晶闸管交直流电源系统。脉冲的移相、定宽调制均实现数字化,触发器部分在使用中不需要任何调整,用户使用中仅需调整保护门槛设定电位器。KRSC6M-1 与 KRSC6F-1 的区别是,前者带有脉冲变压器,而后者不带	脉冲信号宽度:70° 故障及启动完成输出信号接点容量:48V/2A 直流 外形尺寸(长×宽×高): KRSC6M-1: 355mm × 205mm × 40mm KRSC6F-1: 325mm × 205mm × 40mm
	KLSC6M-1 KLSC6F-1	为三相交流同步电动机设计的励磁控制触发板,具有全数字化、触发部分使用时不需任何调整、可靠性高、脉冲对称度好、抗干扰能力强及反应速度快等优点。采用测滑差投励方式,保证了投励转速为额定转速的 95%,提高了投励成功率	电压反馈信号:直流 50V 脉冲信号宽度:12° 双窄脉冲间隔:60° 外形尺寸(长×宽×高): KLSC6M-1: 305mm × 205mm × 40mm KLSC6F-1: 275mm × 205mm × 40mm
	KHSC6M-1 KHSC6F-1	专为电化学整流器如电解、电镀系统设计的控制板,在 KBSC6M-1 及 KBSC6F-1 的基础上增加了电流、电压给定积分器、外部开环给定等功能,适用于三相桥式全控整流及双反星形晶闸管整流类电力电子变流设备中作控制单元使用。KHSC6M-1 自身带有脉冲变压器和整形电路,输出可直接触发晶闸管,而 KHSC6F-1 不带脉冲变压器	脉冲对称度:<0.5° 软启动时间:5~15s 故障保护接点输出容量:直流 48V/2A 外形尺寸(长×宽×高): KHSC6M-1: 340mm × 205mm × 35mm KHSC6F-1: 310mm × 205mm × 35mm
	KZSC6M-2	为他励直流电动机恒转矩调速和恒功率调速开发的非独立励磁控制板,板内含给定积分器、转速调节器、电流调节器、电枢电势检测、移相控制脉冲功率放大及脉冲变压器等功能单元,输出可直接触发晶闸管,适用于三相桥式全控晶闸管整流系统	移相范围 α :0°~150° 外形尺寸(长×宽×高):370mm×205mm×40mm 其余参数同 KFSC6M-1

2. 晶闸管类电力电子变流设备配套件

附表 9 给出了晶闸管类电力电子变流设备配套件(陕西高科电力电子有限责任公司生产)的型号、性能特点及主要参数。

附表 9 晶闸管类电力电子变流设备的配套件型号、性能特点及主要参数

分 类	型 号	性能特点	主要参数
脉冲变压器	MB1	外壳为塑料压模件,可直接焊接在印刷板上使用,可按用户的要求制成变比为 1:1、2:1 或 3:1。适用于调制脉冲列工作	工作调制脉冲频率:5~16kHz 一次侧、二次侧耐压及其对外壳耐压:2500V _{RMS} ,1min 外形尺寸(长×宽×高):25mm×25mm×25mm 安装孔距:50mm,4-Φ4.5
	MB2	应用 E 型铁心绕制,线圈采用软线引出,使用中需用螺钉固定,有二次侧单绕组和双绕组两种类型,宽脉冲及调制脉冲均可工作	一次侧、二次侧耐压及其对外壳耐压:2500V _{RMS} ,1min 外形尺寸(长×宽×高):38mm×30mm×32mm 安装孔距:50mm×50mm,4-Φ4.5
同步变压器	MB	有三相、单相两种类型,适用于单相及三相晶闸类电力电子变流设备中作同步电源,单相变比分 380V/30V 和 220V/30V 两种。三相一次侧、二次侧为开口接线,用户可按主电路的主变压器接法将同步变压器接为△/Y或Y/Y形式,并可随绕组头尾相连次序的不同而满足不同接法点数的需要	铁心形式:单相 C 型铁心 容量:单相为 15V·A,三相为 25V·A 外形尺寸:三相类型的长×宽×高为 74mm×40mm×60mm 安装孔距:50mm×50mm,4-Φ4.5
脉冲末级板	MJ1	为单个晶闸管配套的一单元脉冲及脉冲整形板,可用来触发电流容量在 2500A 以下的 1 个晶闸管	脉冲变压器变比:1:1、2:1 或 3:2 外形尺寸(长×宽×高):100mm×75mm×34mm 安装尺寸:93mm×68mm,4-Φ4.5
	MJ2	2 个单独晶闸管脉冲隔离与整形环节的集成,可用来触发 2 个容量在 1650A 以下的晶闸管,调制脉冲工作,带有脉冲正常指示,可用在单相桥式半控或单相桥式全控电路中与不带脉冲变压器的晶闸管控制板配合使用	脉冲变压器变比:2:1 一次侧、二次侧隔离电压:2500V _{RMS} 外形尺寸(长×宽×高):90mm×68mm×28mm 平面安装孔距:80mm×56mm,四孔 4-Φ4.5
	MJ3	是 3 个单独晶闸管脉冲隔离与脉冲整形环节的集成,可用来触发容量在 1650A 以下的晶闸管,调制脉冲工作,带有脉冲正常指示。可用在三相桥式全控及三相桥式半控整流或三相交流调压晶闸管类电力电子变流设备中,与不带脉冲变压器的多种触发控制板如 KCZ6.0、KCZ6.2、KHSC6F-1 配套使用	脉冲变压器变比:2:1 输出最大脉冲电流:600mA 一次侧、二次侧隔离电压:2500V _{RMS} 外形尺寸(长×宽×高):98mm×90mm×28mm 平面安装孔距:88mm×80mm,4-Φ4.5

续附表 9

分 类	型 号	性能特点	主要参数
脉冲末级板	MJ4	可看做 2 块 MJ2 的合成,广泛用于单相桥式全控或单相全控交流调压系统,与不带脉冲变压器的晶闸管触发控制板(如 JQC1.0、KJZ2 等)配套使用	外形尺寸(长×宽×高):128mm×90mm×28mm 平面安装孔距:118mm×80mm, 4-Φ4.5 其余参数同 MJ2
	MJ6	可看做 2 块 MJ3 的集成,广泛应用于三相桥式全控或三相全控交流调压系统,与不带脉冲变压器的晶闸管触发控制板(如 KCZ6.0、KCZ6.1、KCZ6.3、KHSC6F-1 等)配套使用	外形尺寸(长×宽×高):191mm×96mm×28mm 平面安装孔距(长×宽):181mm×82mm,4-Φ4.5 其余参数同 MJ3
	MJ1.1~MJ6.1	专为触发大电流晶闸管如电流容量在 3000A 以上的晶闸管设计的,采用光电隔离技术,省去了常规的脉冲变压器。工作时每路需独立的电源,从而构成电子式触发电路,且触发脉冲带有强触发功能,脉冲前沿<0.4μs, MJ1.1~MJ6.1 分别对应触发 1~6 个并联晶闸管。特别适合于电化学等晶闸管电力电子变流设备中作多个并联晶闸管的触发用,从而保证各个并联晶闸管触发导通时刻彼此误差极小	工作供电电源电压:AC 14V 强触发脉冲幅度:≥6A 输出脉冲上升沿最大延时:0.4μs 可触发晶闸管的最大电流容量:4500A,最多可同时触发 6 个 4500A 的晶闸管 一次侧、二次侧隔离电压:U _{iso} ≥2500V _{RMS}
	KMF-1 KMF-2	一单元脉冲末级板,性能指标类似于 MJ1	工作电源电压:DC 24V/0.5A 最大触发脉冲电流:1A 外形尺寸(长×宽×高): KMF-1:85mm×60mm×45mm KMF-2:80mm×60mm×45mm
	KMF-4	为并联应用而设计的脉冲触发模块,外壳为 ABS 塑料,环氧树脂封装,带有脉冲指示端,对外接线端子连接,使用极为方便,性能类似于 MJ1.1	强触发脉冲电流:1A 脉冲前沿上升时间<1μs 外形尺寸(长×宽×高):80mm×60mm×45mm
	KMF-5 KMF-7	为适应双窄脉冲触发板配套使用而开发的,所以脉冲不调制。采用塑料压模件外壳,环氧树脂封装,具有前沿陡度好、高可靠性、防震、防潮等特点	工作电源电压:24V/0.5A 最大触发脉冲电流:1A 外形尺寸(长×宽×高):80mm×60mm×45mm
	KMF-6 KMF-8	在 KMF-5 与 KMF-7 的基础上改型而成,适用于宽脉冲列工作,脉冲宽度可达 90°,其余指标同 KMF-5、KMF-7	工作电源电压:24V/0.5A 工作调制频率:30kHz 外形尺寸(长×宽×高):80mm×60mm×45mm

续附表 9

分 类	型 号	性能特点	主要参数
取样及 保护板	KYB-1	专为电力电子变流设备中电压取样而设计的,由高阻输入网络和差模运算放大器组成,所需工作电源可由系统中应用的触发板提供,用于将主电路的直流高压变换成控制板所需要的电压反馈信号	工作电源:DC $\pm 15\text{V}/20\text{mA}$ 输入额定电压:DC 440V、220V或 110V 最大输出电压:DC 8V 外形尺寸(长 \times 宽 \times 高):140mm \times 120mm \times 30mm
	KLB-1	无功电流检测板,用于将同步电动机的无功电流信号转换成电压信号	输入额定电压:DC 440V、220V或 110V 输入额定电流:AC 5A 输出电压信号:DC 5V 外形尺寸(长 \times 宽 \times 高):140mm \times 130mm \times 30mm
	KLMC-1	主要用于同步电动机直流励磁回路的自动灭磁保护系统	额定励磁电压: $<200\text{V}$ 最大外形尺寸(长 \times 宽 \times 高):150mm \times 140mm \times 40mm
直流屏配套 控制板	JC-13A	专为 KC-13 型镉镍屏控制板配套的输出直流电压稳压切换板,用来控制串在主电路中硅链的个数,以实现输出直流电压的稳定	工作电源电压:DC $\pm 15\text{V}$ 输入电压:DC 220~260V 输出接点容量:DC 24V/2A、220V/0.1A 分为 5 路

3. 电力晶体管驱动板

电力晶体管(GTR)应用的关键问题是其基极驱动电路与保护电路的合理设计。为防止驱动电路不良而造成 GTR 二次击穿等故障引起的损坏,陕西高科电力电子有限责任公司开发出 GTC 系列电力晶体管专用 GTR 基极驱动板。附表 10 给出了它们的型号、设计特点和性能、主要参数及应用领域。

附表 10 电力晶体管 GTR 基极驱动板简表

型 号	性能特点	主要参数	应用领域
GTC3.0	单相半桥多功能电力 GTR 基极驱动板,用 HL202 作为核心控制单元。内含积分器和 PWM 脉冲形成电路,积分上升和下降时间可调,具有退饱和及负电源欠压就地分散保护和过压、欠压、过流、直通、短路集中式保护功能,且各自的保护门槛可人为调节与设定。可以直接驱动额定容量为 100A/1200V 以下的二单元 GTR 模块	工作电源电压:3 路独立的 AC 18V/0.5A;2 路电位彼此隔离的 AC 9V 和 2 路电位彼此隔离的 AC 7V 外形尺寸(长 \times 宽 \times 高):198mm \times 140mm \times 40mm	单相直流 PWM 调速系统,单相半桥逆变器及开关电源等

续附表 10

型 号	性能特点	主要参数	应用领域
GTC3. 1	以自保护型 GTR 基极驱动厚膜集成电路 HL202 为核心,具有对被驱动 GTR 退饱和及负电源欠压就地分散式保护功能,可用于 100A/1200V 的一单元 GTR 模块的直接驱动	工作电源电压:DC 15V、AC 9V 及 AC 7V 共 3 个电位彼此隔离的电源 驱动 GTR 最大容量:100A/1200V 以内 外形尺寸(长×宽×高):130mm×65mm×30mm	GTR 斩波器,多块使用,可用于单相和三相逆变系统
GTC3. 2	可以看做 2 个 GTC3.1 控制板的集成,需要 5 个独立电源才可工作。可以用来驱动额定容量为 100A/1200V 以内的单相半桥逆变器中的 2 个 GTR 模块,2 个或 3 个同样的控制板同时使用,可用于单相或三相桥式逆变器	工作电源电压:DC 15V、双 AC 9V 及双 AC 7V 或 DC 15V、双 DC 11V 及双 DC 9V 共 5 个电位彼此隔离的电源 外形尺寸(长×宽×高):110mm×130mm×30mm	GTR 单相或 GTR 三相逆变系统
GTC3. 4	可以看做 4 块 GTC3.1 控制板的集成,可对被驱动 GTR 进行退饱和及负电源欠压就地分散保护,可用来实现额定容量在 100A/1200V 以内的单相全桥逆变器中 4 个 GTR 的直接驱动	工作电源电压:1 路 DC 15V、4 路 AC 9V 及 4 路 AC 7V,或 1 路 DC 15V、4 路 DC 9V,4 路 DC 11V 共 9 个电位彼此隔离的电源 外形尺寸(长×宽×高):220mm×130mm×30mm	GTR 单相桥式逆变器
GTC3. 6	内含 6 个独立的可驱动 200A/1200V 以内 GTR 模块的全部电路及提供工作电源的整流部分。输入可直接接用户的控制脉冲形成电路,可对被驱动的 6 个 GTR 中的每一个进行有效快速的过流、欠驱动、过驱动及本驱动单元欠压的就地分散保护。输出可直接与主电路中 GTR 的基极、集电极和发射极相连	工作电源:共 13 个电位彼此隔离的电源,其中 1 路 DC 15V,6 路 AC 9V、6 路 AC 7V;亦可 6 路 DC 11V、6 路 DC 9V 外形尺寸(长×宽×高):310mm×130mm×30mm	主电路为三相桥式 GTR 逆变器的开关电源及变频器等

4. IGBT 栅极驱动板

IGBT 因驱动功率小、工作频率高,是当今大量应用的电力电子器件。IGBT 应用的关键问题之一同样是驱动问题。附表 11 给出了陕西高科电力电子有限责任公司应用 HL402 和 HL403 开发并得到众多用户肯定的系列 IGBT 栅极驱动板的型号、性能特点、主要参数及应用领域。

附表 11 系列 IGBT 栅极驱动板的性能

型 号	性能特点	主要参数	应用领域
IGC-2.1	一单元 IGBT 驱动板,它可以直接与用户控制脉冲形成电路接口,双独立电源工作。具有降栅压、软关断双重保护功能,在降栅压和软关断的同时能输出报警信号,可用来封锁用户脉冲形成部分的输出,又可给出触点信号,用来分断用户系统的主电路。降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定,适用于不同饱和压降 IGBT 的驱动和保护	供电电源电压:1 路独立的 AC 20V/0.1A 及 1 路独立的 DC 15V/0.1A 可驱动 IGBT 的最大容量: 200A/1200V 或 400A/600V 保护后输出接点容量: AC 220V /1A 外形尺寸(长×宽×高): 94mm×70mm×26mm	用于 IGBT 斩波器,实现主斩波管 IGBT 的驱动和保护
IGC-2.2	是在 IGC2.1 的基础上改进的,保护输出 1 路,是 2 个对应驱动器独立的输出信号线“与”。从输出级来看,可驱动 2 个独立的一单元 IGBT 模块,亦可驱动单相半桥桥臂中的 2 个 IGBT 或 2 个共阴极、2 个共阳极的 IGBT 模块	供电电源电压:2 路独立的 AC 20V/0.1A 及 1 路独立的 DC 15V/0.1A 外形尺寸(长×宽×高): 126mm×93mm×26mm 其余参数同 IGC-2.1	用于单相桥式 IGBT 逆变器或三相桥式 IGBT 逆变器
IGC3.2	是在 IGC2.2 的基础上改进的,以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心,在 HL403B 脉冲输出端外加 1 对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路,以扩大其输出脉冲电流,使输出驱动电流峰值达到±6A,可用于 600A/1200V 以下的二单元 IGBT 模块的直接栅极驱动	供电电源电压:2 路独立的交流 20V/0.1A 及 1 路直流 15V/0.1A 电源 保护后输出接点容量:交流 380V/0.5A 或 220V/1A 其余参数同 IGC-2.2	用于单相桥式 IGBT 逆变器或三相桥式 IGBT 逆变器
IGC-2.4	是在 IGC2.2 的基础上改进的,输入与用户控制脉冲形成电路兼容,输出可直接驱动 IGBT 模块。从输出级来看,相当于 2 个 IGC2.2 的功能,可驱动 4 个独立的一单元 IGBT 模块,亦可驱动单相全桥逆变器中的 4 个 IGBT	工作电源:1 路 DC 15V、4 路交流 20V/0.1A,共 5 路电位彼此隔离的电源 外形尺寸(长×宽×高): 168mm×148mm×25mm 其余参数同 IGC-2.1	用于单相桥式 IGBT 逆变器
IGC3.4T	在 IGC2.4 的基础上改进的,以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心,在 HL403B 脉冲输出端外加 1 对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路,以扩大其输出脉冲电流,使输出驱动电流峰值达到±6A,可用于 600A/1200V 以下的 2 个二单元或 4 个独立的 IGBT 模块的直接栅极驱动	工作电源:1 路 DC 15V、4 路交流 20V/0.1A,共 5 路电位彼此隔离的电源 保护后输出接点容量:交流 380V/0.5A 或 220V/1A 外形尺寸(长×宽×高): 220mm×150mm×30mm	用于单相桥式 IGBT 逆变器

续附表 11

型 号	性能特点	主要参数	应用领域
IGC-2. 6	为三相全桥 IGBT 逆变器中的 6 个 IGBT 驱动而设计的专用控制板, 可对被驱动 IGBT 进行降栅压和软关断双重保护, 降栅压延迟时间、降栅压时间及软关断斜率均可通过外接电容器进行整定, 从而实现对不同饱和压降 IGBT 的栅极最优驱动和保护, 可完成从用户脉冲形成部分到被驱动 IGBT 之间的最优驱动匹配	工作电源: 1 路 DC 15V、6 路 AC 20V/0. 1A, 共 7 路电位彼此独立的电源 外形尺寸(长×宽×高): 238mm×148mm×30mm 其余参数同 IGC-2. 1	用于三相全桥 IGBT 逆变器
IGC3. 6	是在 IGC2. 6 的基础上改进的, 以自保护型 IGBT 栅极驱动厚膜集成电路 HL403B 为核心, 在 HL403B 脉冲输出端外加 1 对由 PNP 和 NPN 晶体管构成的推挽电路, 以扩大其输出脉冲电流, 使输出驱动电流峰值达到±6A, 可用于 600A/1200V 以下的 3 个二单元或 6 个独立的 IGBT 模块的直接栅极驱动	工作电源: 1 路 DC 15V、6 路 AC 20V/0. 1A, 共 7 路电位彼此独立的电源 保护后输出接点容量: 交流 380V/0. 5A 或 220V/1A	用于三相全桥 IGBT 逆变器
IGC-2. 7	专为大功率斩波器中的 IGBT 驱动而设计的, 以 HL403B 作为主驱动芯片, 与 IGC2. 1~IGC2. 6 系列驱动板相比, 板内增加了 PWM 脉冲形成电路, 可内控或外控 PWM 脉冲的频率, 具有过流或过压及短路集中式保护等功能, 可实现对被驱动 IGBT 单管的软关断、降栅压及欠饱和等保护, 并可对保护结果进行记忆和自保, 可驱动 IGBT 模块的最大容量为 600A/1200V	工作电源电压: 3 路交流双 20V/0. 2A 及 1 路 20V/0. 1A 输出最大负载能力: ±15V/20mA 占空比调节范围: 10%~100% 外形尺寸(长×宽×高): 190mm×107mm×25mm 安 装 尺 寸(长×宽): 177mm×94mm, 4-Φ4. 5	用于大 功 率 IGBT 斩波器或交流调速或直流调速的能耗制动回路中驱动 IGBT 开关

5. MOSFET 栅极驱动板

电力 MOSFET 因驱动功率小、工作频率高, 是当今大量应用的电力电子器件。MOSFET 应用的关键问题之一是驱动问题。附表 12 给出了陕西高科电力电子有限责任公司应用 IR2125、IR2233、IR2110 开发并经众多用户使用得到肯定的系列 MOSFET 栅极驱动板的型号、性能特点、主要参数及应用领域。

附表 12 MTC3X 系列电力场效应晶体管栅极驱动板

型 号	性能特点	主要参数	应用领域
MTC3.1	专为驱动单管电力 MOSFET 而设计,以 IR2125 为核心,工作时内部使用单一 15V 电源,工作电源可为直流 310~160V,也可直接交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动,设计有对 IR2125 的输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节,可用来驱动 50A/1200V 以下的单管电力 MOSFET。允许用于工作母线最高电压为 500V 的系统中作为单个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元,也可同时使用多块控制板,用于单相半桥、单相全桥或三相全桥主功率器件为电力 MOSFET 的电力电子变流设备中	<p>输入供电电压最大与最小值:交流供电时为$\sim 220\text{V} \pm 10\%$,直流供电时为 160~310V</p> <p>可驱动电力 MOSFET 的最大容量:100A/200V~50A/1200V</p> <p>允许被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压 U_{dmax}:500V</p> <p>允许最高使用工作频率 f_{max}:40kHz</p> <p>工作环境温度范围 T_{A}:0~40℃</p> <p>存储温度范围 T_{stg}: -25~65℃</p>	主电路为电力 MOSFET 斩波器的各种电力电子变流设备
MTC3.2	专为驱动单相半桥中的 2 个电力 MOSFET 而设计,以 IR2110 为核心,工作时内部使用单一 15V 电源,与用户系统的连接可为直流 310~160V,也可交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动,设计有对 IR2110 的输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节,可用来驱动容量在 50A/1200V 以内的单相半桥中的 2 个电力 MOSFET。允许用于工作母线电压最高为 500V 的系统中作为 2 个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元,也可同时使用多块控制板,用于单相全桥或三相全桥主功率器件为电力 MOSFET 的电力电子变流系统	<p>输入供电电压最大与最小值:交流供电时为$\sim 220\text{V} \pm 10\%$,直流供电时为 160~310V</p> <p>可驱动电力 MOSFET 的最大容量:100A/200V~50A/1200V</p> <p>允许被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压 U_{dmax}:500V</p> <p>允许最高使用工作频率 f_{max}:40kHz</p> <p>工作环境温度范围 T_{A}:0~40℃</p> <p>存储温度范围 T_{stg}: -25~65℃</p>	主电路为电力 MOSFET 单相半桥及单相或三相全桥的各种电力电子变流设备
MTC3.4	专为驱动单相全桥中的 4 个电力 MOSFET 而设计,以 IR2110 为核心,工作时内部使用单一 15V 电源,与用户系统的连接可为直流 310~160V,也可交流 220V 输入。为对被驱动电力 MOSFET 提供可靠的驱动,设计有对 IR2110 的输出进行功率放大及应用外接负偏置电路形成电力 MOSFET 关断过程中的负偏压环节,可用来驱动容量在 50A/1200V 以内的单相全桥中的 4 个电力 MOSFET。允许用于工作母线最高电压为 1200V 的系统中作为单相全桥中的 4 个电力 MOSFET 或小功率 IGBT 的驱动单元,也可同时使用多块控制板,用于多个单相全桥构成的主功率器件为电力 MOSFET 的多相电力电子变流系统	<p>输入供电电压最大与最小值:交流供电时为$\sim 220\text{V} \pm 10\%$,直流供电时为 160~310V</p> <p>可驱动电力 MOSFET 的最大容量:100A/200V~50A/1200V</p> <p>允许被驱动电力 MOSFET 最高工作母线电压 U_{dmax}:500V</p> <p>允许最高使用工作频率 f_{max}:40kHz</p> <p>工作环境温度范围 T_{A}:0~40℃</p> <p>存储温度范围 T_{stg}: -25~65℃</p>	主电路为电力 MOSFET 的单相全桥或以单相全桥为基本单元的各种电力电子变流设备

续附表 12

型 号	性能特点	主要参数	应用领域
MTC3.6	专为三相 MOSFET 变流器中的 6 个电力 MOSFET 驱动而设计,输入信号与 5V CMOS 或 LS TTL 电路输出信号兼容,具有对被驱动电力 MOSFET 的故障过流和欠电压保护功能。它以 IR2233 为核心,内部工作电源由开关电源产生,使用中既可由交流 220V 供电,又可由直流 310V 供电。输入信号增加了高速光耦合器,使抗干扰能力更强。输出经带有负偏置的放大缓冲电路进行驱动功率放大,使驱动电力 MOSFET 的可靠性更高	工作电源电压:交流供电时为 $\sim 220\text{V}\pm 10\%$,直流供电时为 160~310V 可驱动电力 MOSFET 的最大容量:100A/200V~50A/1200V 允许被驱动电力 MOSFET 的最高工作母线电压 U_{dmax} :500V 允许最高使用工作频率 f_{max} :40kHz。 工作环境温度范围 T_{A} :0~40℃ 存储温度范围 T_{stg} : -25~65℃	主电路为电力 MOSFET 的三相全桥或以三相全桥为基本单元的各种电力电子变流设备

参 考 文 献

- [1] 李宏. 电力电子设备用器件与集成电路应用指南. 第 1 册. 电力半导体器件及其驱动集成电路. 北京: 机械工业出版社, 2001
- [2] 李宏. 电力电子设备用器件与集成电路应用指南. 第 2 册. 控制用集成电路. 北京: 机械工业出版社, 2001
- [3] 李宏. 电力电子设备用器件与集成电路应用指南. 第 3 册. 传感、保护用和功率集成电路. 北京: 机械工业出版社, 2001
- [4] 李宏. 电力电子设备用器件与集成电路应用指南. 第 4 册. 其他配套元器件. 北京: 机械工业出版社, 2001
- [5] 李宏. 常用电力电子变流设备调试与维修实例. 北京: 科学出版社, 2011
- [6] 李宏. 常用电力电子变流设备调试与维修基础. 北京: 科学出版社, 2011
- [7] 李宏. 晶闸管触发器集成电路及应用. 北京: 科学出版社, 2011
- [8] 李宏. MOSFET、IGBT 驱动集成电路及应用. 北京: 科学出版社, 2013
- [9] 王勤等. MOSFET 驱动电路研究. 电源世界, 2000, (3)
- [10] 郑安平. IR2 $\times\times\times$ 三相功率驱动芯片的原理及应用. 国外电子元器件, 2000, (7)
- [11] 曹仁贤. 六输出高压驱动器 IR2130 的应用. 国外电子元器件, 1996, (9)
- [12] 宋筱. 高压高速功率 MOSFET 驱动器——IR2110. 国外电子元器件, 1997, (1)
- [13] 马瑞卿等. 自举式 IR2110 集成驱动电路的特殊应用. 电力电子技术, 2000, (1)
- [14] 侯振义等. 高速 MOSFET 驱动电路的设计考虑. 电源世界, 1999, (3)
- [15] 吴晓萌. 桥式驱动器 Si9976Dy 的原理与应用. 国外电子元器件, 1996, (1)
- [16] 车杰等. 高压隔离驱动器 HT04 应用. 国外电子元器件, 1995, (10)
- [17] 李宏. 浅谈大功率 IGBT 的驱动问题. 电气传动, 1992, (4)
- [18] 西安电力电子技术所. HL401A 使用说明书. 1997
- [19] 陕西高科电力电子有限责任公司. 最新大功率绝缘栅双极晶体管(IGBT)应用技术资料汇编. 1998
- [20] 三社电机. GH-038 使用说明书. 1999
- [21] 三社电机. GH-039 使用说明书. 1999
- [22] 张海星等. 性能优良的混合双 IGBT、MOSFET 驱动器 SKHI21/22. 国外电子元器件, 1997, (8)
- [23] MITSUBISHI Electric Corporation. MITSUBISHI Semiconductor Power Module MOSFET. 1995
- [24] 毛兴武. UC1727 隔离高端 IGBT 驱动器及其应用介绍. 国外电子元器件, 1995, (11)
- [25] 史平君等. 与众不同的 SKM 系列 IGBT 功率模块. 国外电子元器件, 1996, (9)
- [26] 易映萍. IGBT 的驱动与保护. 中国电源, 1999, (4)
- [27] 范建伟等. M5795L/M57962L 型 IGBT 厚膜驱动电路. 国外电子元器件, 1999, (2)
- [28] 黄采伦等. EXB 系列 IGBT 驱动模块及应用. 国外电子元器件, 1999, (6)
- [29] 王淑红, 高永生. IGBT 智能化驱动板 SCALE. 国外电子元器件, 2004, (7)
- [30] 陕西高科电力电子有限责任公司. 自产高性能专用控制及驱动印制电路板说明资料汇编. 2006

- [31] 李宏等. 高性能大功率 MOSFET 和 IGBT 驱动 IC——IR2110 及应用. 集成电路应用, 1991,(6)
- [32] 李宏等. 高性能集成六输出高压 MOS 门极驱动器——IR2130 及其电力电子技术中的应用. 电气传动自动化, 1994,(2)
- [33] 停滞时间控制同步降压 MOSFET 驱动器 TPS2832/TPS2833. 路秋生摘译. 电子元器件应用, 2000,(1)
- [34] 利达电子公司. 双输入、高速大电流功率 MOSFET 驱动器 EL7144C. 国外电子元器件, 1996,(1)
- [35] 利达电子公司. 高速、双路功率 MOSFET 驱动器 EL7202C/7212C/7222C. 国外电子元器件, 1996,(1)
- [36] 林建伟. MOSFET 隔离驱动器 UC3724/UC3725. 国外电子元器件, 1997,(7)
- [37] 姜守仁. 超大功率交流固态继电器及应用. 国外电子元器件, 1996,(1)
- [38] International Rectifier. Solving Noise Problems in High Power High Frequency Control IC Driven Power Stages. International Rectifier DT92-1B
- [39] International Rectifier. High Current Buffer for Control ICs. International Rectifier DT92-2A
- [40] International Rectifier. Using Standard Control ICS to Generate Negative Gate Bias for MOSFETs&IGBTs. International Rectifier DT92-3B
- [41] Jamie Cate. 3-Phase Bridge Drive with Overcurrent Protection. International Rectifier DT94-11
- [42] Chris Choi, Dana Wilhelm. Design Check List for IR21×× Control ICs. International Rectifier DT94-15A
- [43] International Rectifier. Keeping the Boot Strap Capacitor Charged in Buck Converters. International Rectifier DT94-1A
- [44] International Rectifier. Miniaturization of the Power Electronics for Motor Drive. International Rectifier DT93-6B
- [45] International Rectifier. Simple High Side Drive Provides Fast Switching and Continuous On-Time. International Rectifier DT92-4A
- [46] International Rectifier. Current Sensing with the IR2130. International Rectifier DT92-6A
- [47] Concept Company. 1SC2060P Description & Application Manual: Single-Channel High-Frequency Scale-2 Driver Core. Concept Intelligent Power Electronics. 2009
- [48] Concept Company. 1SC2060P2Ax-17 Preliminary Date Sheet. Concept Intelligent Power Electronics. 2010
- [49] Concept Company. 2SP0115T Description & Application Manual. Concept Intelligent Power Electronics. 2010
- [50] Concept Company. 2SP0115T2Ax-06 Preliminary Date Sheet. Concept Intelligent Power Electronics. 2010
- [51] TOSHIBA Company. Photocoupler GaAlAs IRED LED+Photo IC TLP358/TLP358F; Industrial Inverter MOSFET /IGBT Gate Driver Induction Heating. 1996
- [52] International Rectifier. IR2114S/IR21141S/IR2214S/IR22141S Half-Bridge Driver IC. Interna-

- tional Rectifier Data Sheet No. PD60213 revC. 2005
- [53] International Rectifier. IR22381QPBF/IR21381QPBF 3-Phase AC Motor Controller IC. International Rectifier Data Sheet No. PD60232 revC. 2008
- [54] International Rectifier. IR2133/IR2135 (J&S) & (PBF)/IR2233/IR2235 (J&S) 3-Phase Bridge Driver. International Rectifier Data Sheet No. PD60107 revU. 2004
- [55] International Rectifier. IRS212(7, 71, 8, 81)(S)PBF Current Sensing Single Channel Driver. International Rectifier Data Sheet No. PD60299. 2007
- [56] International Rectifier. IRS21844/IRS21844 (S) PBF. Half-Bridge Driver . International Rectifier Data Sheet No. PD60252revA. 2006
- [57] ST Company. L6390 High-Voltage High and Low Side Driver. 2009
- [58] ST Company. TD352 Advanced IGBT/MOSFET Driver. 2009
- [59] Steve Clement, et al. HV Floating MOS-Gate Driver IC Control Integrated Circuit Designers' Manual. International Rectifier AN-918B
- [60] International Rectifier. Six-output 600V Drivers Simplify Three-phase Motor Drivers for Low/High-Side Switching. International Rectifier AN-985B

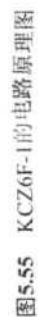
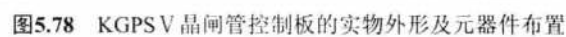


图 5.55 KCZ6F-1 的电路原理图



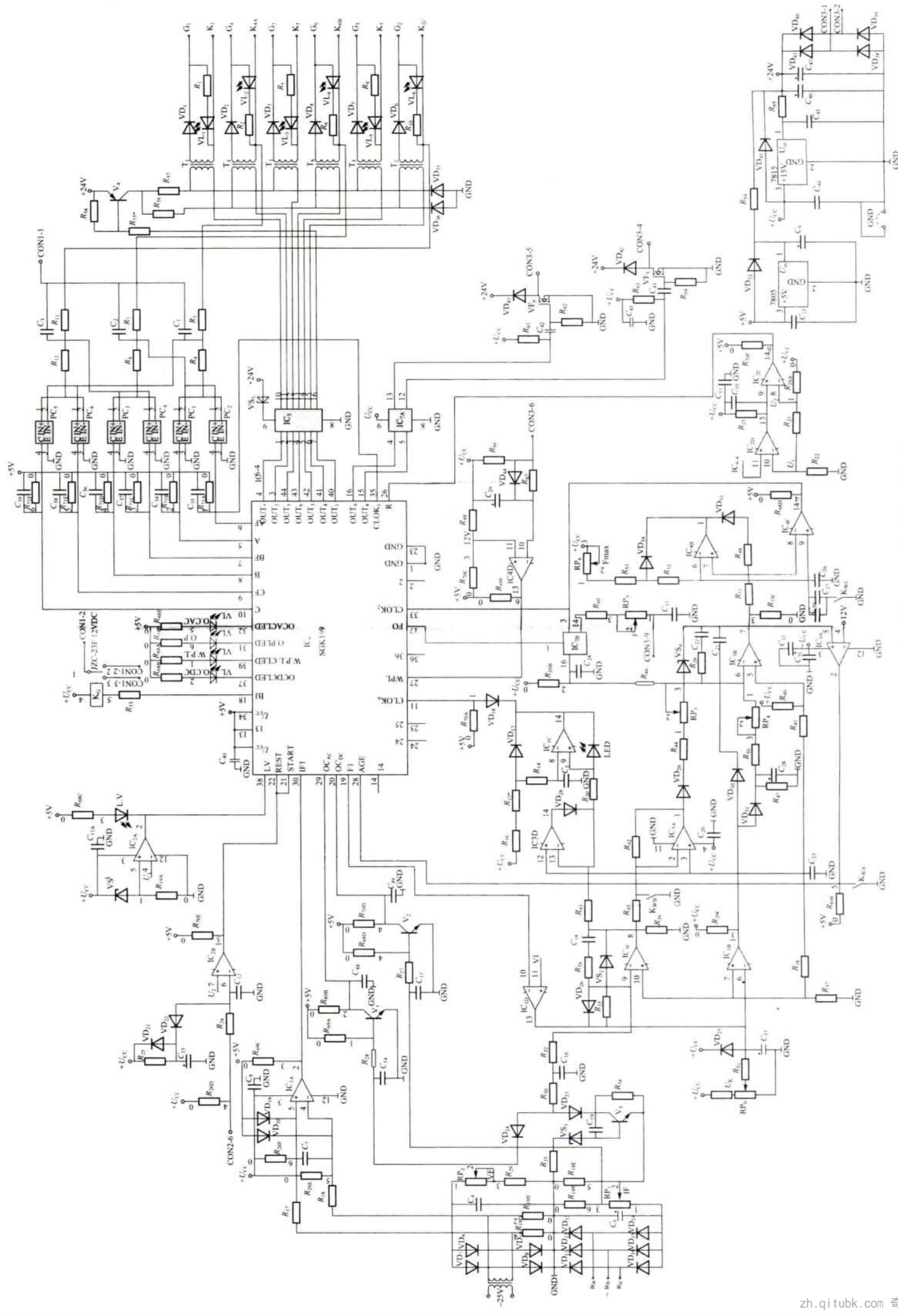


图 5.80 KGPSVI恒功率晶体管中频电力电子变流设备控制板的电路原理图

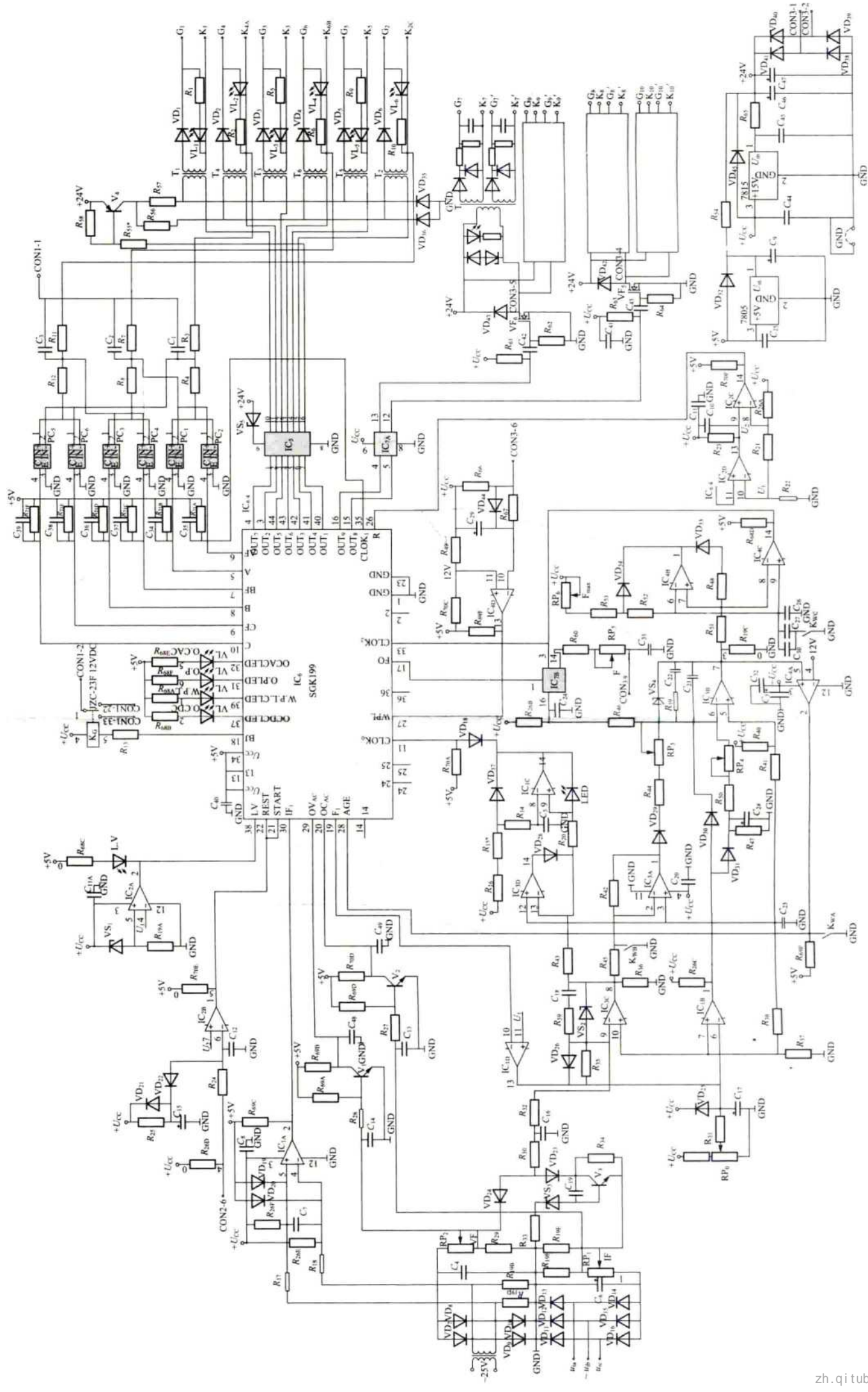


图 5.83 KGPSV8000 中频电力电子变流设备控制板的原理图

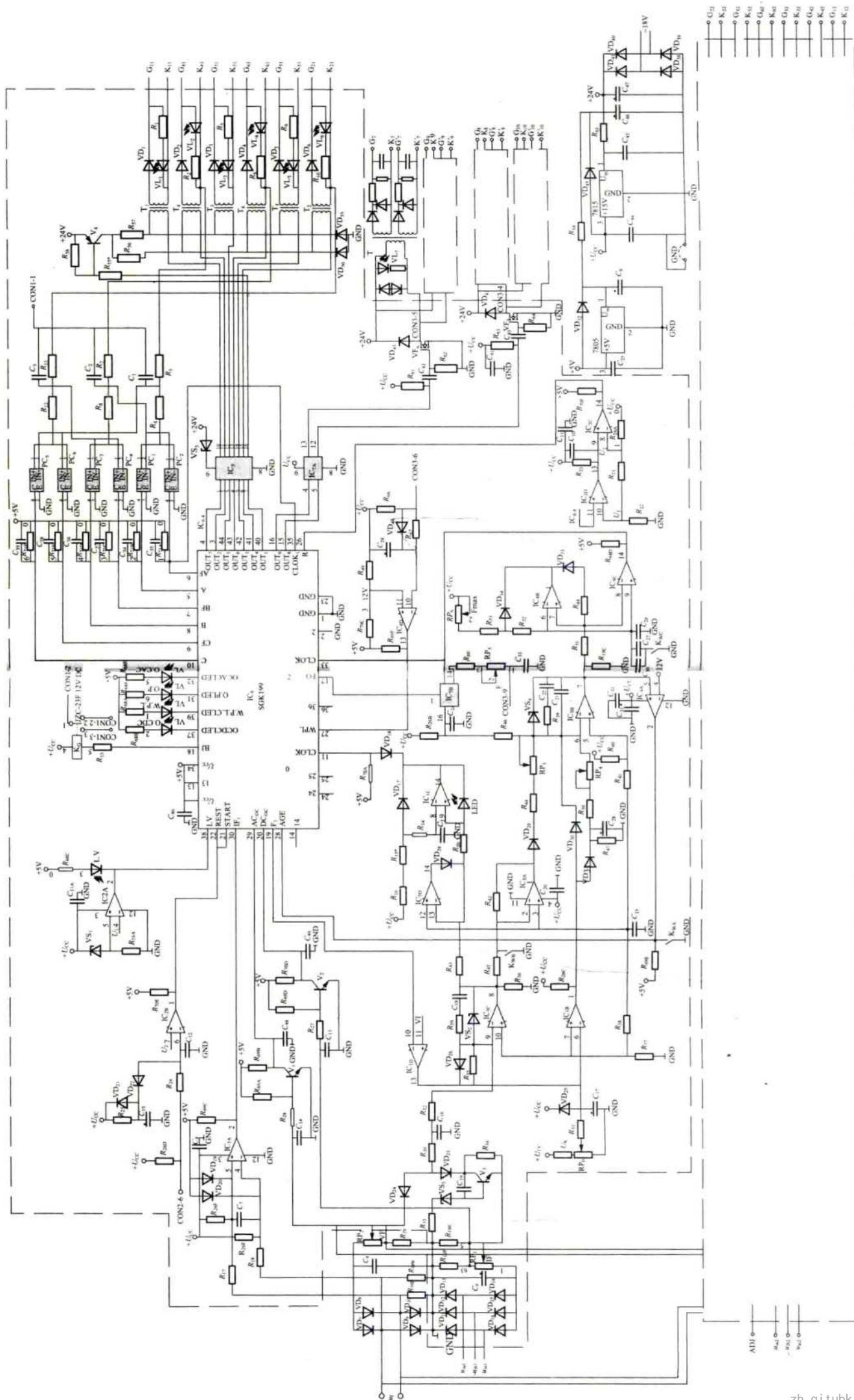


图 5.96 KGPS VIII 12 脉波晶闸管中频电力电子变流设备控制板的电路原理图



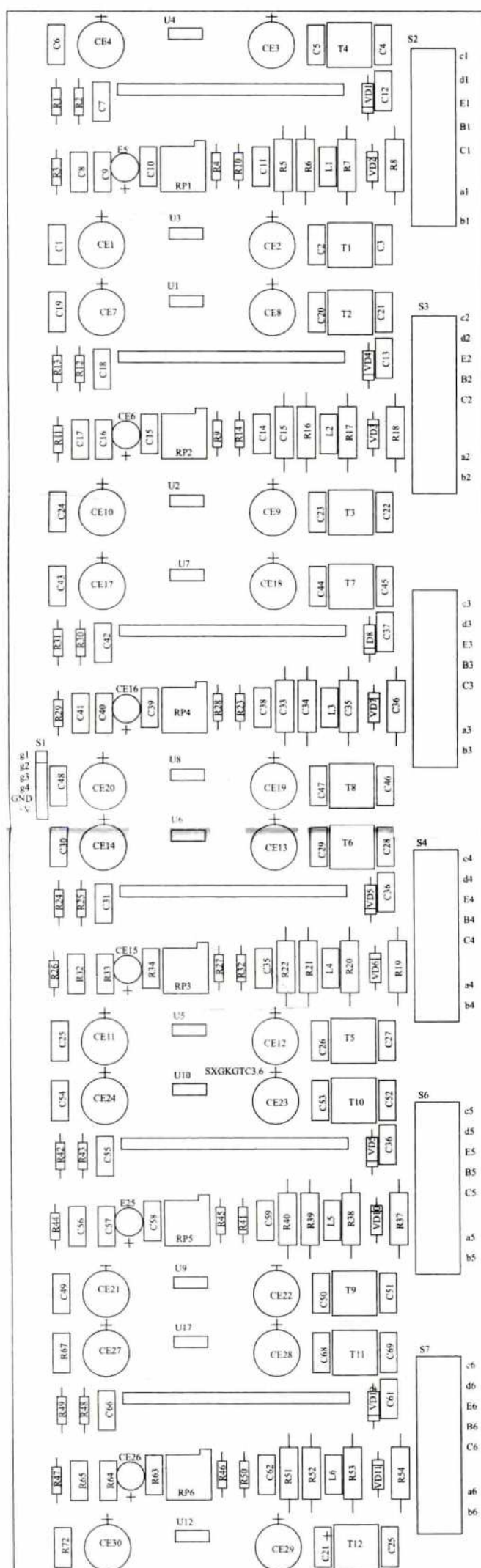


图 7.24 GTC3.6 GTR三相全桥驱动板的元器件布置图

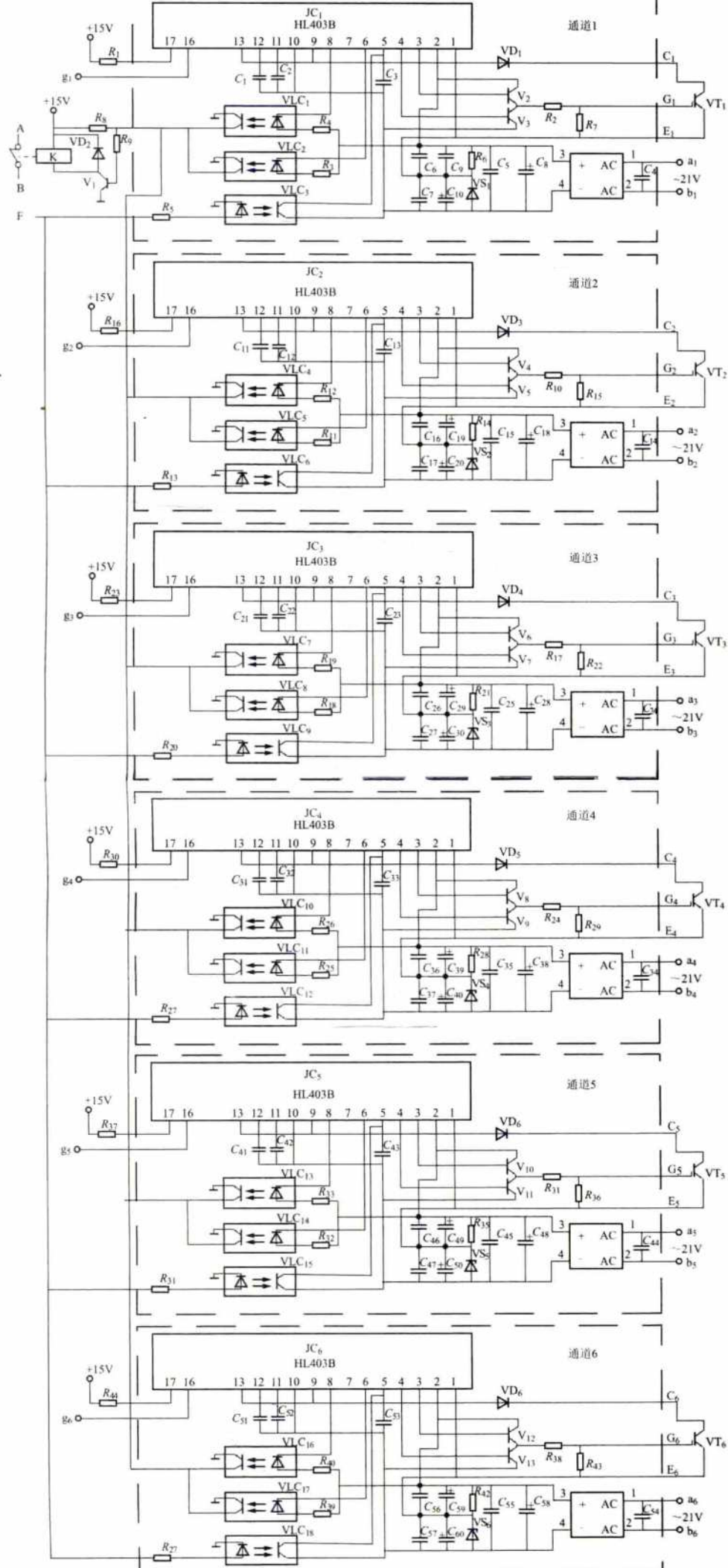


图 9.31 IGC3.6T三相全桥大功率IGBT栅极驱动板的电路原理图

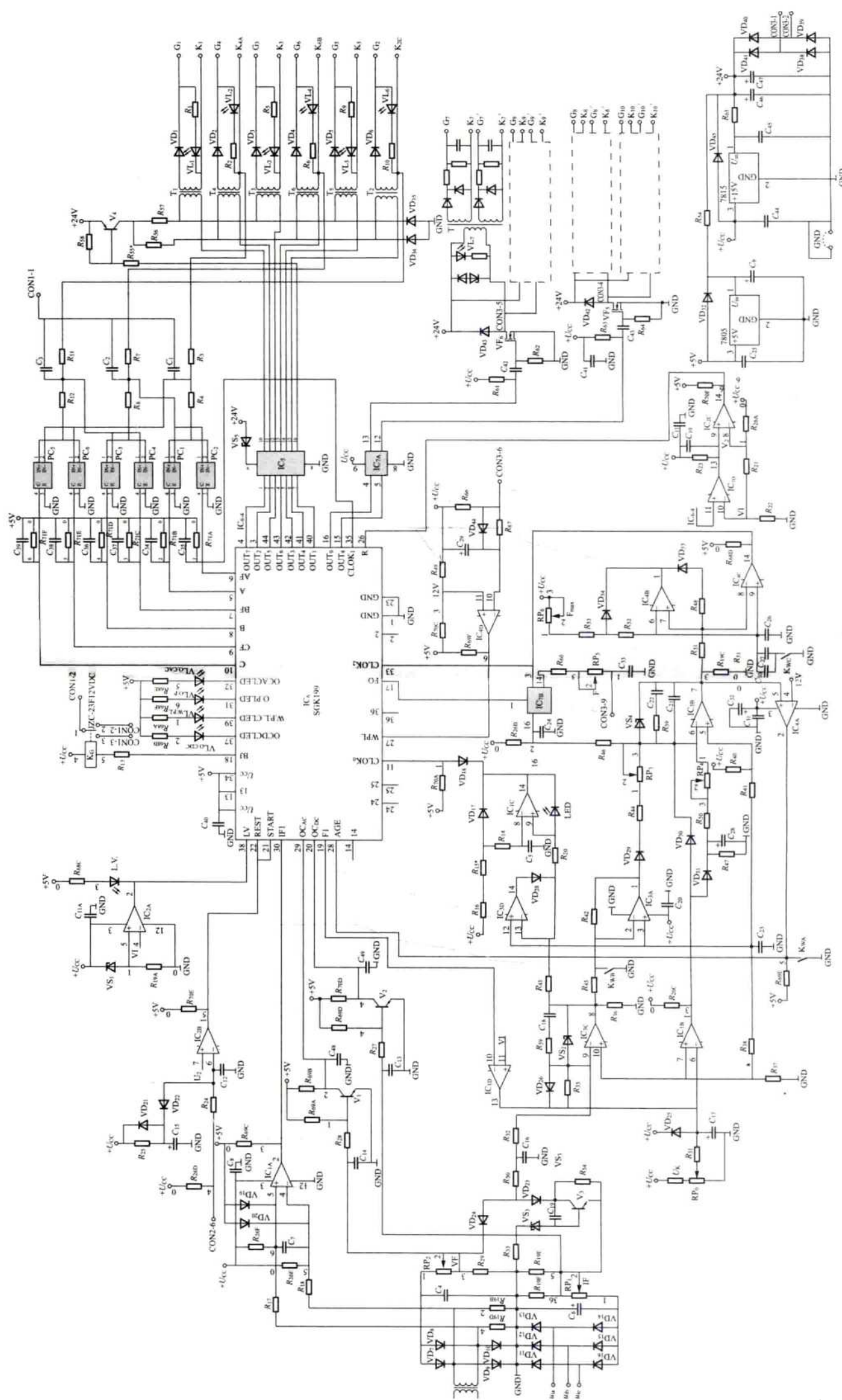


图 1.32 KGPS-VII型晶闸管中频电力电子变流设备控制板电路原理图



图 4.35 KCZ6-1T 的内部结构及工作原理

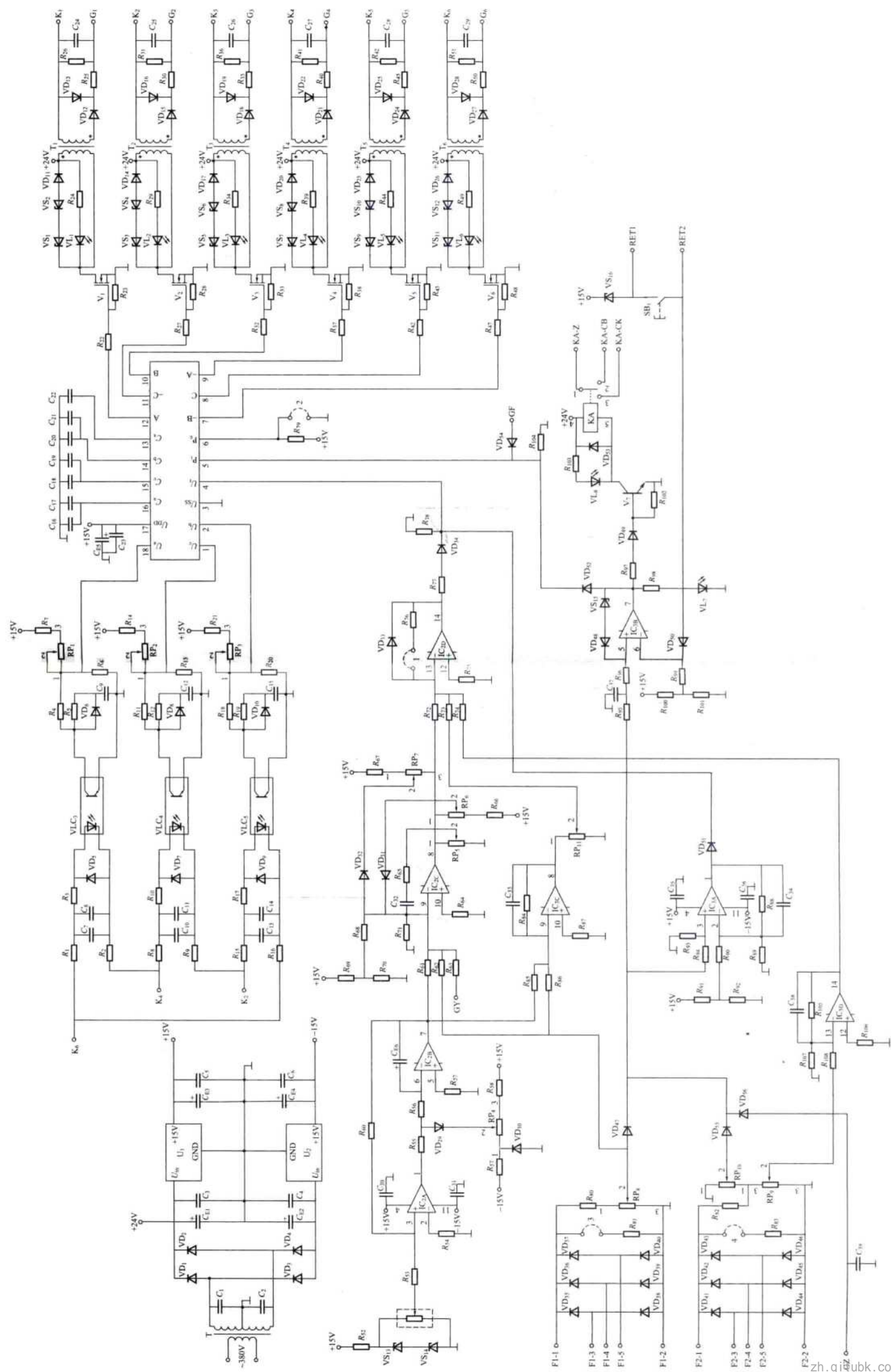


图 4.40 KCZ6-1TS2 的电路原理图



图 4.58 KCZS6M-1 数字式晶闸管开环触发电板的电路原理图

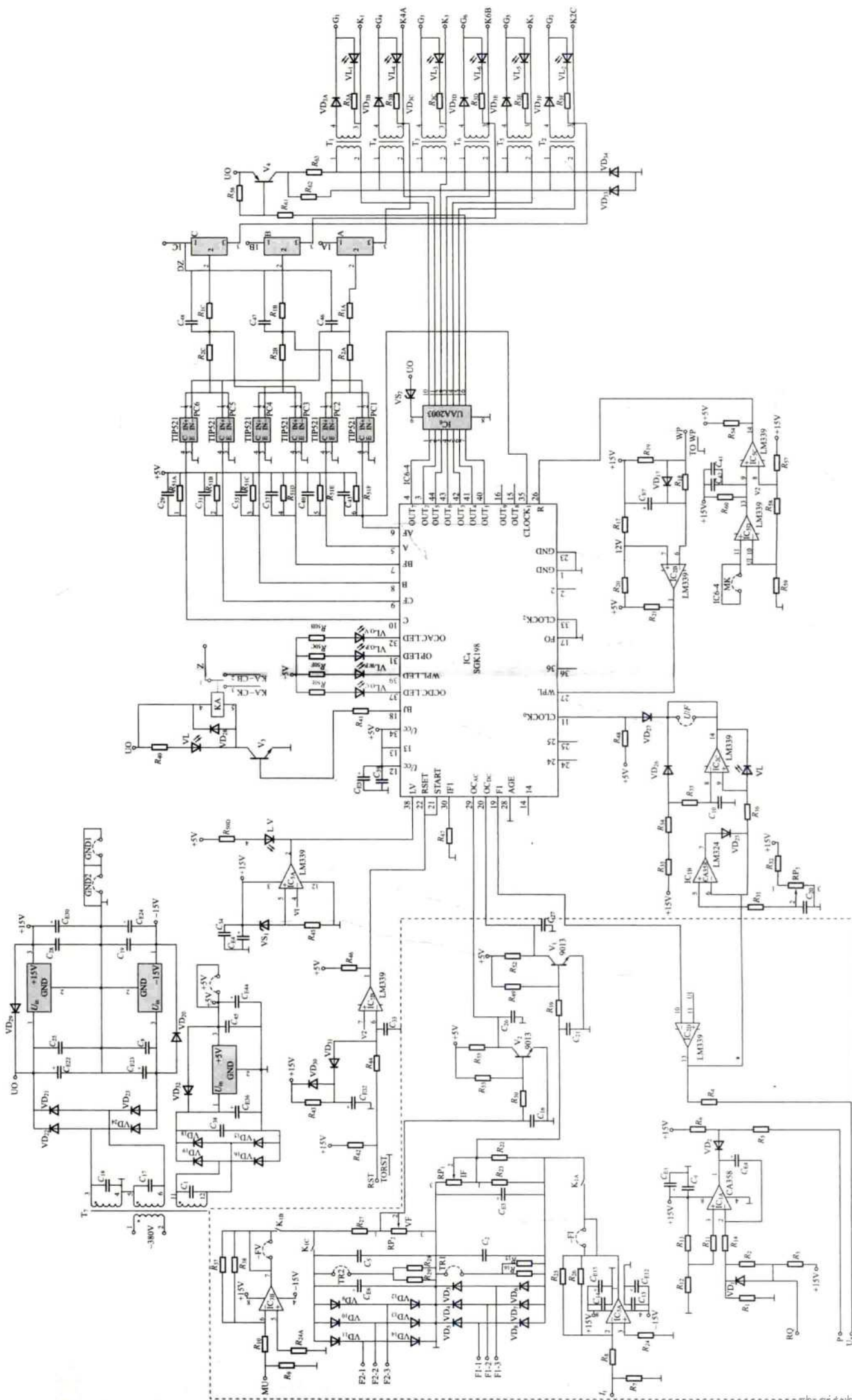


图 4.61 KCZS6M-2 的内部结构及工作原理

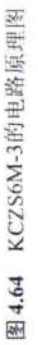


图 4.64 KCZS6M-3 的电路原理图

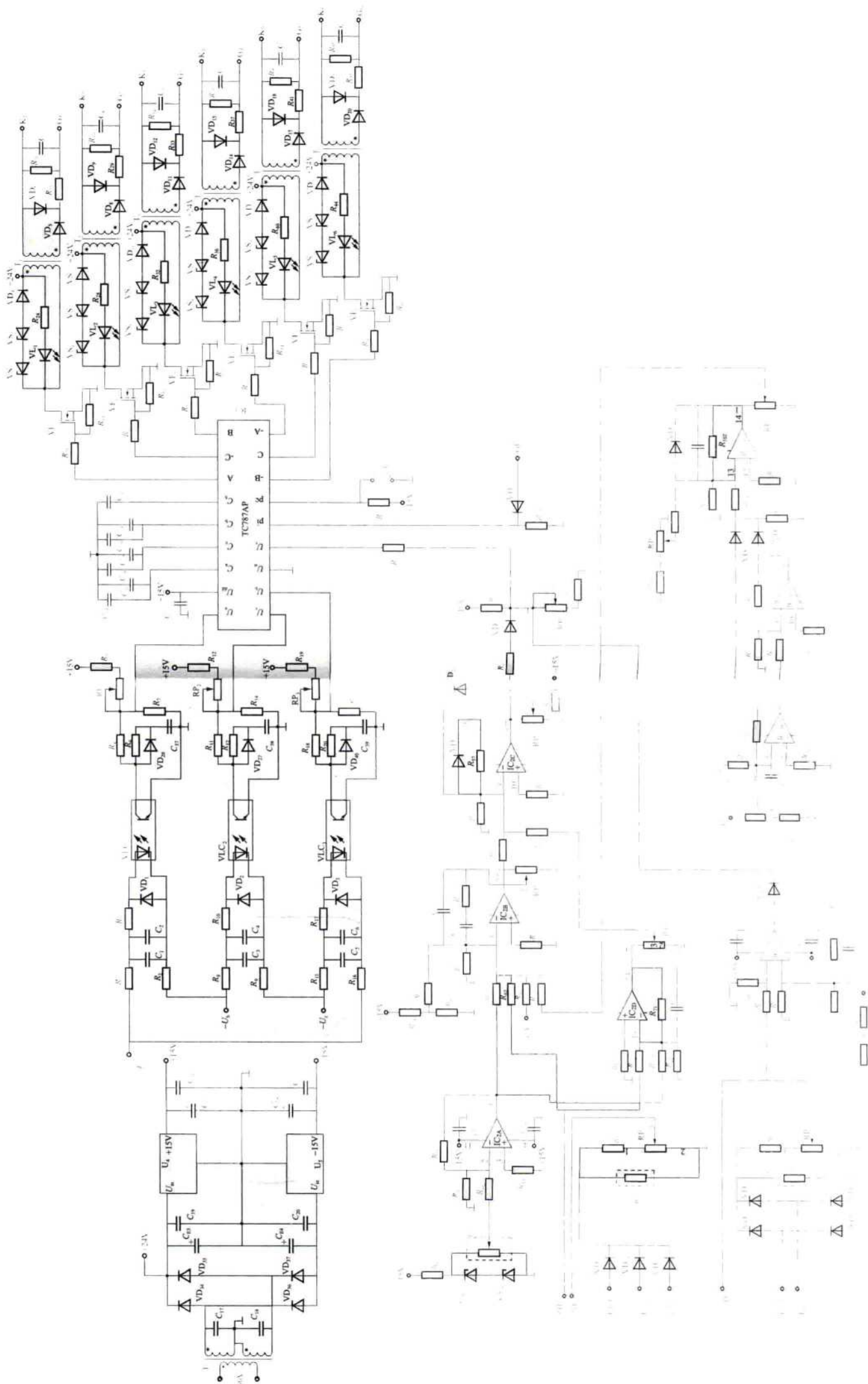


Fig. 5.2 $KClF_2$ and AlF_3 in AlF_3 and AlF_3 and AlF_3

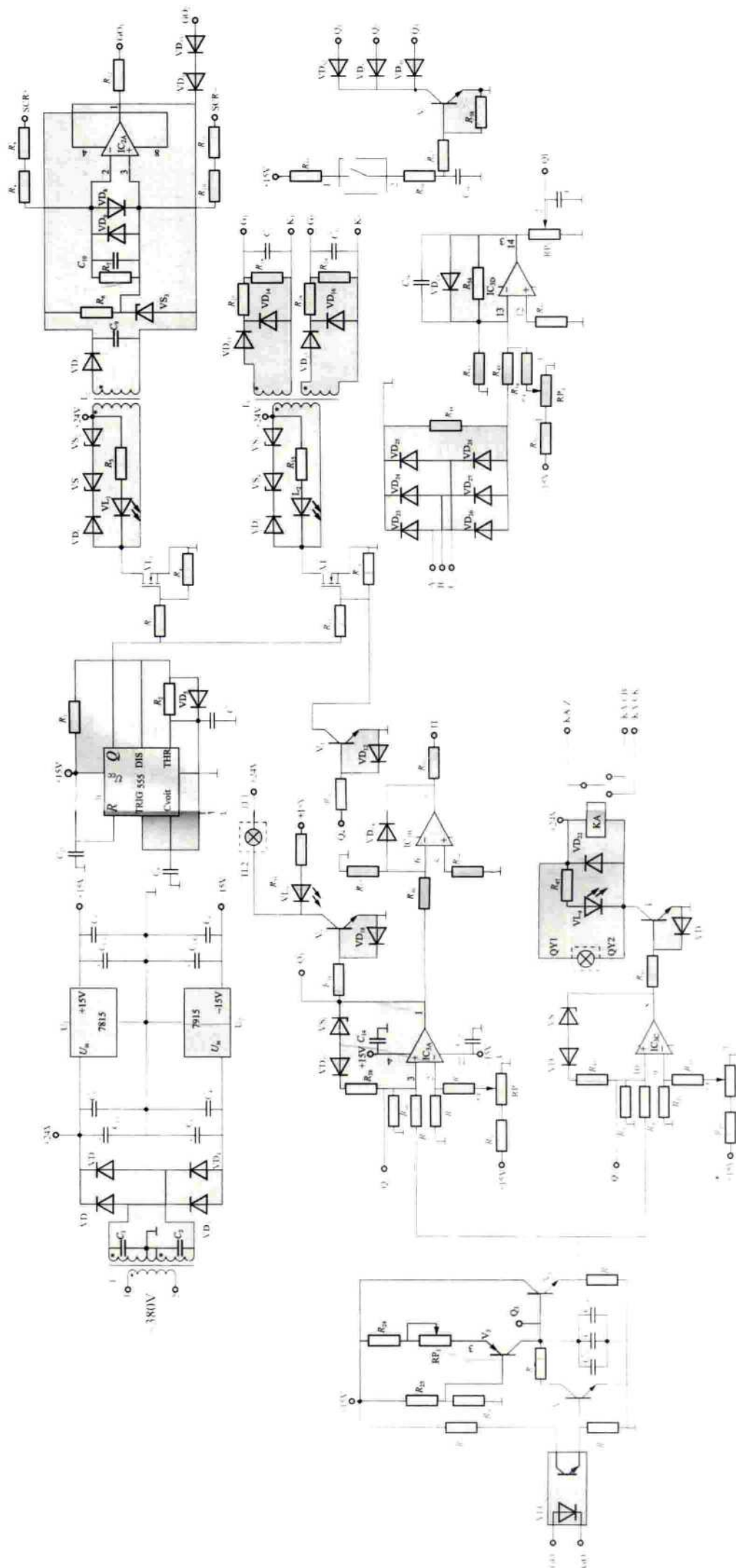


图5.8 TDLT控制板的电路原理图