

电气与控制实验科学技术

王科俊 主编

电力电子实验技术

DIAN LI DIAN ZI SHI YAN JI SHU

游江 巩冰 编著

黑龙江人民出版社

· 电气与控制实验科学技术 · 王科俊 主编

江南大学图书馆



91142437

7M921/87:11

电力电子技术

游 江 巩 冰 编著



出版发行 黑龙江人民出版社
地址 哈尔滨市南岗区
邮编 150008
网址 www.jlpress.com
电子邮箱 jlpress@yeah.net
印刷 哈尔滨市太平区新华印刷厂
开本 16开
印张 13.5印张
字数 322千字
印数 3000册
版次 2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷
书号 ISBN 978-7-303-07882-2
定价 32.00元(含全1本)

黑龙江人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气与控制实验科学技术/王科俊 主编. —哈尔滨:黑龙江人民出版社,2008.7

ISBN 978-7-207-07885-8

I. 电… II. 王… III. 电气控制—实验—研究 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据字(2008)第 110906 号

责任编辑:李荣焕

装帧设计:李若聘

电力电子实验技术

游 江 巩 冰 编著

出版发行 黑龙江人民出版社
通讯地址 哈尔滨市南岗区宣庆小区 1 号楼
邮 编 150008
网 址 www.longpress.com
电子邮箱 hljrmcbs@yeah.net
印 刷 哈尔滨太平洋彩印有限公司
开 本 16 开
印 张 135 印张
字 数 355 万字
印 数 2000 套
版 次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-207-07885-8/TP·14
定 价 350.00 元(全套 14 本)

(如发现本书有印制质量问题,印刷厂负责调换)

本社常年法律顾问:北京市大成律师事务所哈尔滨分所律师赵学利、赵景波

前言

“电力电子技术”是电气工程学科的一门主干课程,在学习了课程原理的基础上进行有针对性和启发性的实验研究有助于学生将书本知识与实际物理系统融会贯通,并更深入的体会电力电子电路的特点和规律,培养学生的实践技能、动手能力和分析问题、解决问题的能力。基于此,在借鉴国内同行专家的教学成果的基础上,并结合作者积累和体会编写了这本《电力电子实验技术》。

全书共分两章,第一章主要对 MCL-II 型电机电力电子及电气传动教学实验台进行了介绍,对实验中要使用到的主要芯片的结构和原理进行了详细的说明,并对 Matlab 中的 Simulink 的 SimPowerSystem 工具箱进行了简要的介绍以方便使用本书提供的仿真模型。第二章主要介绍了本书设置的实验项目,对于每个实验,除了给出实验目的、实验原理和实验内容和步骤等项目外,还给出了基于 Matlab/Simulink 的仿真模型,读者可以方便的设置或修改模型参数,研究电力电子系统在不同条件下的工作特性。

本书可作为电气工程及其自动化、自动化及其相关本科专业电力电子技术实验用书,并可供大专、职业技术学院相近专业选用,同时也可供相关工程技术人员参考。

本书的编写得到了哈尔滨工程大学和哈尔滨工程大学自动化学院的大力资助,王科俊教授、彭秀艳教授给予了大力支持和帮助,在此深表谢意!

本书由游江和巩冰编写,其中游江编写了第一章的 1.3 节和第二章的 2.11-2.20 节,巩冰编写了第一章的 1.1-1.2 节和第二章的 2.1-2.10 节,最后由游江负责全书的统稿。本书由哈尔滨工程大学孟繁荣副教授主审,他对本书提出了很多建设性的意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误及不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2008 年 6 月

内容简介

本书是按照“电力电子技术”课程的教学大纲和教学内容的要求,配合 MCL-Ⅱ 型电机电力电子及电气传动教学实验台而编写的实验教材,内容包括基本的晶闸管整流和有源逆变电路实验,晶闸管交流调压实验、直流升降压斩波电路实验、PWM 逆变电路实验等。还设置了半桥型开关稳压电源的性能研究、整流电路的有源功率因数校正研究和移相控制全桥零电压开关 SPWM 变换器研究等研究性实验项目,并给出了所有实验的基于 Matlab 的原理仿真模型。

本书内容设置合理、深入浅出并富有启发性,有助于培养学生的创新能力。

本书可作为电气工程及其自动化、自动化及其相关本科专业电力电子技术实验用书,并可供大专、职业技术学院相近专业选用,同时也可供相关工程技术人员参考。

主编

2008年8月

目 录

第1章 电力电子实验技术基础篇	1
1.1 MCL 系列电机电力电子及电气传动教学实验台介绍	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 MCL 系统挂箱介绍和使用说明	2
1.2 现代电力电子芯片介绍	13
1.2.1 集成模块驱动电路 EXB840	13
1.2.2 UC3842 脉宽调制器	14
1.2.3 移相控制芯片 UC3875	19
1.2.4 SG3525A 系列脉宽调制器控制电路	21
1.3 SIMULINK 仿真及电力系统模块库简介	26
1.3.1 Simulink 入门	26
1.3.2 电力系统(SimPower System)的模块库简介	33
第2章 电力电子实验技术实验篇	39
2.1 单结晶体管触发电路及单相半波可控整流电路实验	39
2.2 锯齿波同步移相触发电路实验	45
2.3 单相桥式全控整流电路实验	47
2.4 单相桥式半控整流电路实验	52
2.5 三相半波可控整流电路的研究	56
2.6 三相桥式半控整流电路实验	60
2.7 单相桥式有源逆变电路实验	65
2.8 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验	68
2.9 单相并联逆变电路实验	75
2.10 单相交流调压电路实验	80
2.11 三相交流调压电路实验	85
2.12 电力晶体管(GTR)特性与驱动电路研究	89
2.13 功率场效应晶体管(MOSFET)特性与驱动电路研究	97
2.14 绝缘栅双极型晶体管(IGBT)特性与驱动电路研究	100
2.15 直流斩波电路的性能研究	104
2.16 单相正弦(SPWM)逆变电源研究	111
2.17 单相交直交变频电路的性能研究	116
2.18 半桥型开关稳压电源的性能研究	118
2.19 整流电路的有源功率因数校正研究	121
2.20 移相控制全桥零电压开关 PWM 变换器研究	126
参考文献	132

第1章 电力电子实验技术基础篇

1.1 MCL 系列电机电力电子及电气传动教学实验台介绍

1.1.1 概述

MCL 系列电机电力电子及电气传动教学实验台是浙江求是公司生产的新一代综合性的实验系统。该实验台采用组件式结构,可根据不同内容进行组合,故结构紧凑,使用方便灵活。

1. 技术参数

(1) 输入电源: AC380V 50Hz $\pm$ 1Hz

(2) 工作条件: 环境温度: $-5 \sim 40^{\circ}\text{C}$

相对湿度: $< 75\%$

海拔: $< 1000\text{m}$

(3) 装置容量: $< 1\text{KVA}$

(4) 电机容量: $< 200\text{W}$

(5) 外形尺寸: 长 1600mm $\times$ 宽 700mm (长 1300mm $\times$ 宽 700mm)

2. 组件配置

(1) 实验机组

■ 直流电动机: $P_N = 185\text{W}$, $U_N = 220\text{V}$, $I_N = 1.1\text{A}$, $n = 1500\text{r/min}$

■ 绕线式异步电机: $P_N = 100\text{W}$, $U_N = 220\text{V}$, $I_N = 0.55\text{A}$, $n = 1350\text{r/min}$

■ 直流复励发电机 M01: $P_N = 100\text{W}$, $U_N = 200\text{V}$, $I_N = 0.5\text{A}$, $n = 1500\text{r/min}$

■ 三相笼型异步电动机 M04: $P_N = 100\text{W}$, $U_N = 220\text{V}$, $I_N = 0.48\text{A}$, $n = 1400\text{r/min}$

■ 直流方波无刷电机 M15: $P_N = 40\text{W}$, $U_N = 36\text{V}$, $I_N = 1.3\text{A}$, $n = 1500\text{r/min}$

(2) 实验挂箱

■ MCL-05 单结晶体管, 正弦波, 锯齿波触发电路

■ MCL-06 单相并联逆变器, 斩波器

■ MCL-07 IGBT、VDMOS、GTR 电力电子器件实验箱

■ MCL-03 速度变换器, 转速调节器, 电流调节器

■ MCL-08 直流斩波电路 (Buck - Boost) 和电流控制型脉宽调制开关稳压电源实验箱

■ MCL-04 反号器, 转矩极性鉴别器, 零电流检测器, 逻辑控制器

■ MCL-09 微机控制的 SPWM 变频调速及空间矢量控制变频调速实验箱

■ MCL-10A 全桥 DC/DC 变换、直流脉宽调速系统实验箱

■ MCL-11 单相交流调压实验、单相正弦波 (SPWM) 逆变电路实验

■ MCL-13A 采用 DSP 控制的变频调速实验箱

■ MCL-14A 采用 DSP 控制的直流方波无刷电机调速实验箱

■ MCL-15 整流电路的有源功率因数校正实验箱

■ MCL-16 直流斩波电路 (升压斩波、降压斩波)、单相交直交变频电路的性能研究、半桥型开关稳压电源的性能研究

■ MCL-17 软开关

■ MCL-18 速度变换器, 转速调节器, 电流调节器, 电流互感器, 电压互感器, 过流保护, 给定, 电

流反馈

- MCL-20 给定、触发电路, I 组晶闸管, 平波电抗器, RC 阻容吸收, 二极管三相整流桥
- MCL-22 现代电力电子电路和直流脉宽调速系统实验
- MCL-33 触发电路, I 组晶闸管, II 组晶闸管, 平波电抗器, RC 阻容吸收, 二极管三相整

流桥

- MEL-11 电容箱
- MEL-02 三相芯式变压器
- MCL-34 挂箱: 反号器 (AR), 转矩极性鉴别器 (DPT), 零电流检测器 (DPZ), 逻辑控制器 (DLC)

(3) 选配挂箱

- MEL-03 挂箱: 可调电阻器
- 电机导轨及测速发电机: 直流发电机 M01: $P_N = 100\text{W}$, $U_N = 200\text{V}$
- MEL-13 组件: 电机导轨及测功机、测速发电机。

1.1.2 MCL 系统挂箱介绍和使用说明

1. MCL-18 挂箱

MCL-18 由 G (给定), 零速封锁器 (DZS), 速度变换器 (FBS), 转速调节器 (ASR), 电流调节器 (ACR), 过流过压保护等部分组成。

(1) G (给定):

原理图如图 1.1.1。

它的作用是得到下列几个阶跃的给定信号:

- (a) 0V 突跳到正电压, 正电压突跳到 0V;
- (b) 0V 突跳到负电压, 负电压突跳到 0V;
- (c) 正电压突跳到负电压, 负电压突跳到正电压。

正负电压可分别由 RP1、RP2 两多圈电位器调节大小 (调节范围为 $0 \sim \pm 13\text{V}$ 左右)。数值由面板右边的数显窗读出。

只要依次扳动 S1、S2 的不同位置即能达到上述要求。

(a) 若 S1 放在“正给定”位, 扳动 S2 由“零”位到“给定”位即能获得 0V 突跳到正电压的信号, 再由“给定”位扳到“零”位能获得正电压到 0V 的突跳;

(b) 若 S1 放在“负给定”位, 扳动 S2, 能得到 0V 到负电压及负电压到 0V 的突跳;

(c) S2 放在“给定”位, 扳动 S1, 能得到正电压到负电压及负电压到正电压的突跳。

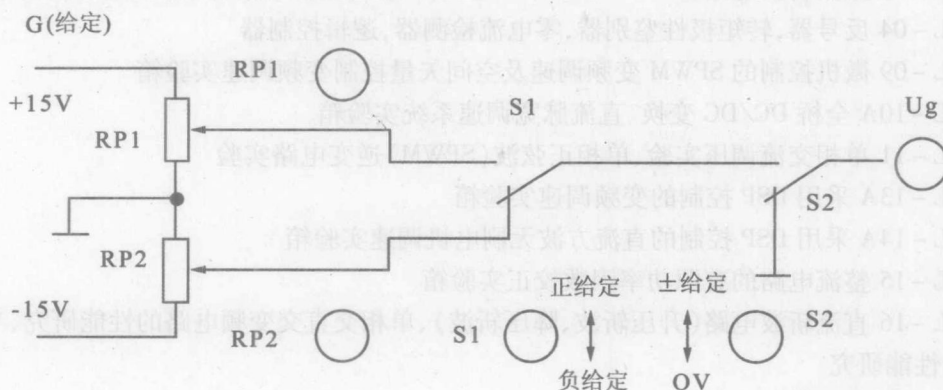


图 1.1.1 给定原理图

使用注意事项:给定输出有电压时,不能长时间短路,特别是输出电压较高时,否则容易烧坏限流电阻。

(2) FBC + FA + FT(电流变送器与过流过压保护):

此单元有三种功能:一是检测电流反馈信号,二是发出过流信号,三是发出过压信号。电路如图 1.1.2 所示。

(a) 电流变送器

电流变送器适用于晶闸管直流调速装置中,与电流互感器配合,检测晶闸管变流器交流进线电流,以获得与变流器电流成正比的直流电压信号、零电流信号和过电流逻辑信号等。

电流互感器的输出接至输入 TA1, TA2, TA3, 反映电流大小的信号经三相桥式整流电路整流后加至 9R1、9R2、VD7 及 RP1、9R3、9R20 组成的各支路上,其中:

9R2 与 VD7 并联后再与 9R1 串联,在其中点取零电流检测信号。

将 RP1 的可动触点输出作为电流反馈信号,反馈强度由 RP1 进行调节。

将可动触点 RP2 与过流保护电路相连,输出过流信号,可调节过流动作电流的大小。

(b) 过流保护(FA)

当主电路电流超过某一数值后(2A 左右),由 9R3、9R20 上取得的过流信号电压超过运算放大器的反向输入端,使 D 触发器的输出为高电平,使晶体三极管 V 由截止变为导通,结果使继电器 K 的线圈通电,继电器 K 由释放变为吸引,它的常闭触点接在主回路接触器的线圈回路中,使接触器释放,断开主电路,并使发光二极管亮,作为过流信号指示,告诉操作者已经过流跳闸。

SA 为解除记忆的复位按钮,当过流动作后,如过流故障已经排除,则须按下以解除记忆,恢复正常工作。

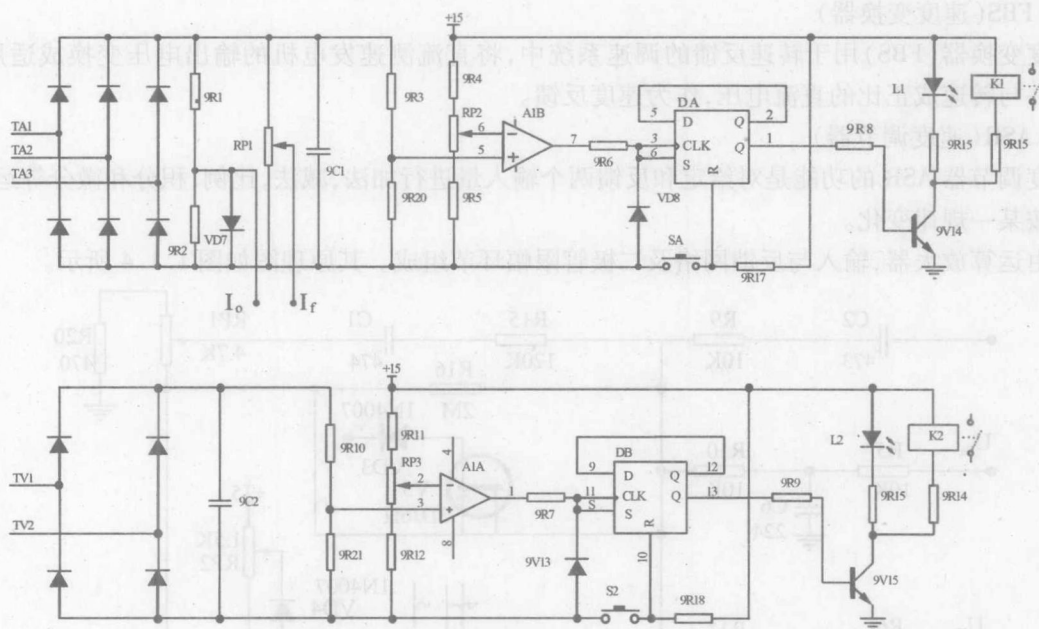


图 1.1.2 电流变送器与过流保护原理图

(3) 零速封锁器(DZS)

零速封锁器的作用是当调速系统处于停车状态,即速度给定电压为零,同时转速也确为零时,封锁调节系统中的所有调节器,以避免停车时各放大器零漂引起晶闸管整流电路有输出使电机爬行的不正常现象。原理电路如图 1.1.3 所示。

(4) 电源输入输出端:

面板下部的 L1、L2、L3 三接线柱表示三相电源的输入, U、V、W 表示电源输出端。在进行实验时, 调压器的输出端接到 L1、L2、L3, U、V、W 接到晶闸管或电机, 在 L1、U、L2、V、L3、W 间接有电流互感器, L1、L2 间接有电压互感器, 当电流过大或电压过高时, 过流保护和过压保护动作。

(5) FBS(速度变换器)

(6) ASR(速度调节器)

它由运算放大器、输入与反馈网络及二极管限幅环节组成。其原理图如图 1.1.4 所示。

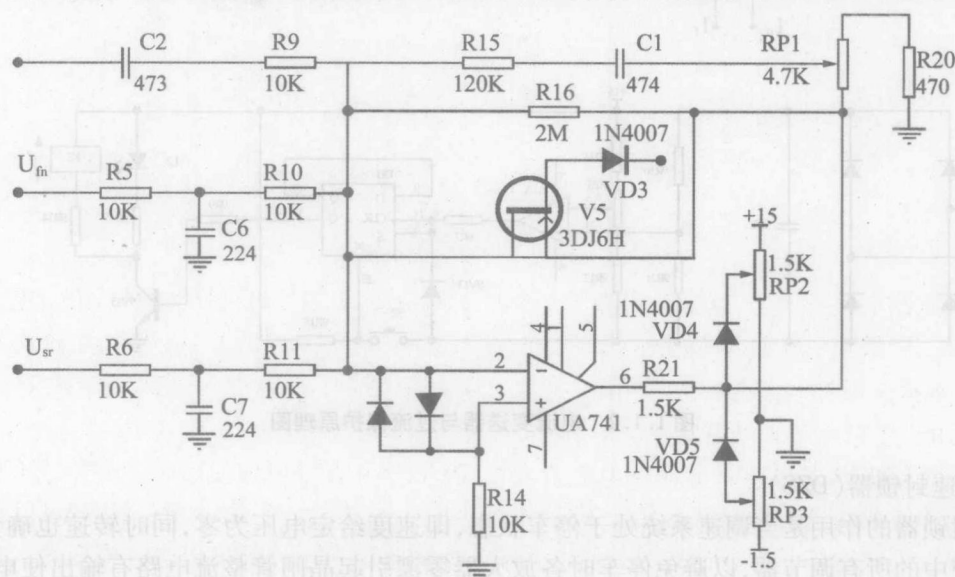


图 1.1.4 速度调节器

转速调节器 ASR 也可当作电压调节器 AVR 来使用。

速度调节器采用电路运算放大器,它具有两个输入端,同相输入端和倒相输入端,其输出电压与两个输入端电压之差成正比。电路运算放大器具有开环放大倍数大,零点漂移小,线性度好,输入电流极小,输出阻抗小等优点,可以构成理想的调节器。图 1.1.6 中,由二极管 VD4,VD5 和电位器 RP2,RP3 组成正负限幅可调的限幅电路。由 C2,R9 组成反馈微分校正网络,有助于抑制振荡,减少超调,R15,C1 组成速度环串联校正网络。场效应管 V5 为零速封锁电路,当 4 端为 0V 时 VD5 导通,将调节器反馈网络短接而封锁,4 端为 -13V 时,VD5 夹断,调节器投入工作。RP1 为放大系数调节电位器。

元件 RP1,RP2,RP3 均安装在面板上。电容 C1 两端在面板上装有接线柱,电容 C2 两端也装有接线柱,可根据需要外接电容。

(7) ACR(电流调节器)

电流调节器适用于可控制传动系统中,对其输入信号(给定量和反馈量)时进行加法、减法、比例、积分、微分,延时等运算或者同时兼做上述几种运算,以使其输出量按某种预定规律变化。它由下述几部分组成:运算放大器,两极管限幅,互补输出的电流放大级、输入阻抗网络、反馈阻抗网络等。其原理图如图 1.1.5 所示。

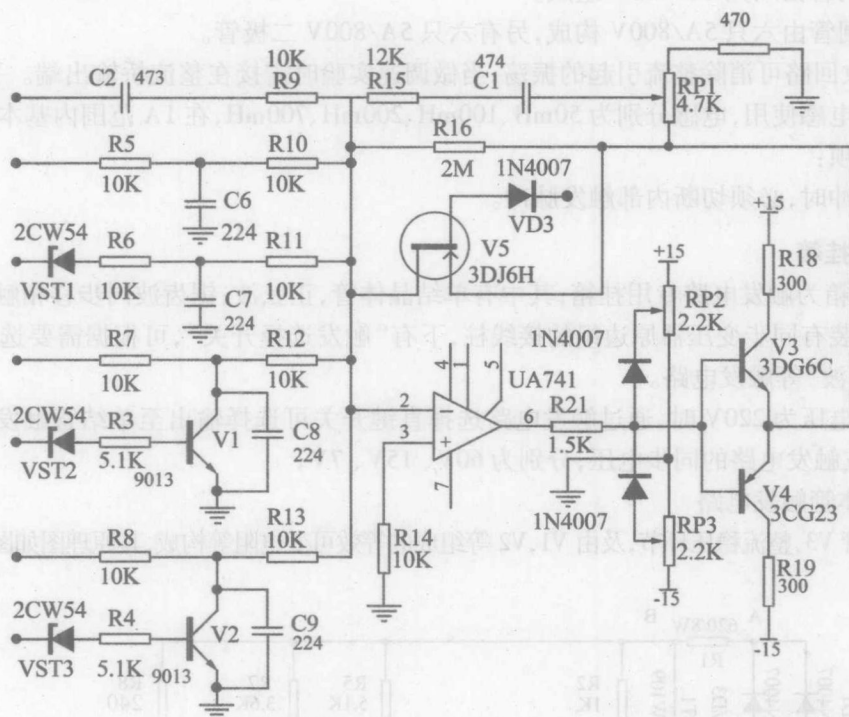


图 1.1.5 电流调节器

电流调节器与速度调节器相比,增加了 4 个输入端,其中 2 端接过流推 β 信号,来自电流变换器的过流信号 U_β ,当该点电位高于某值时,VST1 击穿,正信号输入,ACR 输出负电压使触发电路脉冲后移。 U_z 、 U_f 端接逻辑控制器的相应输出端,当这二端为高电平时,三极管 V1、V2 导通将 U_{gt} 和 U_{gt} 信号对地短接,用于逻辑无环流可逆系统。

晶体管 V3 和 V4 构成互补输出的电流放大级,当 V3、V4 基极电位为正时,V4 管(PNP 型晶体管)截止,V3 管和负载构成射极跟随器。如 V3、V4 基极电位为负时,V3 管(NPN 型晶体管)截止,V4 管和负载构成射极跟随器。接在运算放大器输入端前面的阻抗为输入阻抗网络。改变输入和反馈阻抗网络参数,就能得到各种运算特性。

元件 RP1、RP2、RP3 装在面板上,C1、C2 的数值可根据需要,由外接电容来改变。

2. MCL-33 挂箱:

MCL-33 由脉冲控制及移相,双脉冲观察孔,Ⅰ组晶闸管,Ⅱ组晶闸管及二极管,RC 吸收回路,平波电抗器 L 组成。

本实验台提供相位差为 60° , 经过调制的“双窄”脉冲(调制频率大约为 $3 \sim 10\text{kHz}$), 触发脉冲分别由两路功放进行放大, 分别由 U_{br} 和 U_{bf} 进行控制。当 U_{bf} 接地时, 第一组脉冲放大电路进行放大。当 U_{br} 接地时, 第二组脉冲放大电路进行工作。脉冲移相由 U_a 端的输入电压进行控制, 当 U_a 端输入正信号时, 脉冲前移, U_a 端输入负信号时, 脉冲后移, 移相范围为 $10^\circ \sim 160^\circ$ 。偏移电压调节电位器 RP 调节脉冲的初始相位, 不同的实验初始相位要求不一样。

双脉冲观察孔输出相位差为 60° 的双脉冲, 同步电压观察孔输出相电压为 30V 左右的同步电压, 用双踪示波器分别观察同步电压和双脉冲, 可比较双脉冲的相位。

使用注意事项: 单双脉冲及同步电压观察孔在面板上都为小孔, 仅能接示波器, 不能输入任何信号。

(1) 脉冲控制。

面板上部的档直键开关控制接到晶闸管的脉冲, 1、2、3、4、5、6 分别控制晶闸管 VT1、VT2、VT3、VT4、VT5、VT6 的触发脉冲, 当直键开关按下时, 脉冲断开, 弹出时脉冲接通。

(2) Ⅰ桥晶闸管由六只 $5\text{A}/800\text{V}$ 组成。

(3) Ⅱ桥晶闸管由六只 $5\text{A}/800\text{V}$ 构成, 另有六只 $5\text{A}/800\text{V}$ 二极管。

(4) RC 吸收回路可消除整流引起的振荡, 当做调速实验时需接在整流桥输出端。平波电抗器可作为电感性负载电感使用, 电感分别为 50mH 、 100mH 、 200mH 、 700mH , 在 1A 范围内基本保持线性。

使用注意事项:

外加触发脉冲时, 必须切断内部触发脉冲。

3. MCL-05 挂箱

MCL-05 挂箱为触发电路专用挂箱, 其中有单结晶体管, 正弦波, 锯齿波同步移相触发电路。

面板左上方装有同步变压器原边组的接线柱, 下有“触发选择开关”, 可根据需要选择“单结管”, “正弦波”, “锯齿波”等触发电路。

当外加同步电压为 220V 时, 通过触发电路选择直键开关可选择输出至单结管触发电路, 正弦波触发电路, 锯齿波触发电路的同步电压, 分别为 60V 、 15V 、 7V 。

(1) 单结晶体管触发电路

由单结晶体管 V3, 整流稳压环节, 及由 V1、V2 等组成的等效可变电阻等构成, 其原理图如图 1.1.6 所示。

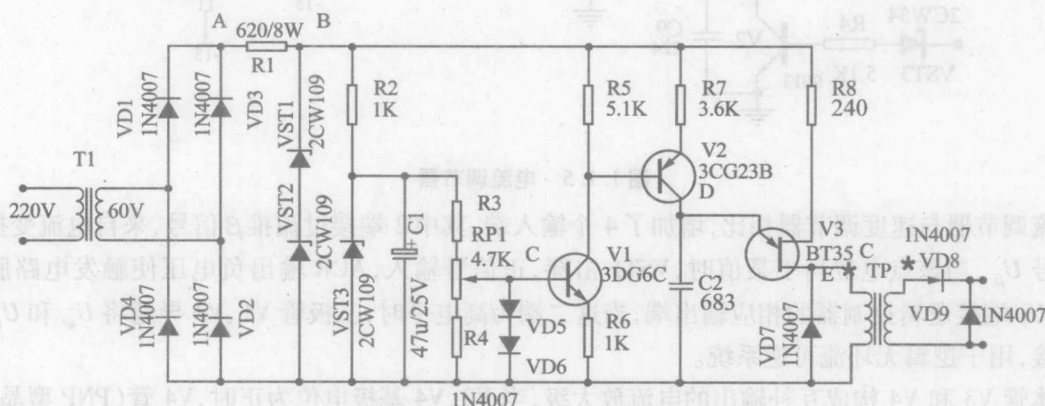


图 1.1.6 单结晶体管触发电路

由同步变压器副边输出 60V 的交流同步电压, 经全波整流, 再由稳压管 VST1、VST2 进行削波, 而得到梯形波电压, 其过零点与晶闸管阳极电压的过零点一致, 梯形波通过 R7、V2 向电容 C2 充电, 当充电电

压达到单结晶体管的峰点电压时,单结晶体管 V3 导通,从而通过脉冲变压器输出脉冲。同时 C3 经 V3 放电,由于时间常数很小, U_{C2} 很快下降至单结晶体管的谷点电压,V3 重新关断,C2 再次充电。每个梯形波周期,V3 可能导通,关断多次,但只有第一个输出脉冲起作用。电容 C2 的充电时间常数由等效电阻等决定,调节 RP3 的滑动触点可改变 V1 的基极电压,使 V1、V2 都工作在放大区,即等效电阻可由 RP1 来调节,也就是说一个梯形波周期内的第一个脉冲出现时候(控制角)可由 RP1 来调节。

元件 RP1 装在面板上,同步信号已在内部接好。

(2) 正弦波同步触发电路

正弦波同步触发电路由同步移相和脉冲形成放大等环节组成,其原理图如图 1.1.7 所示。

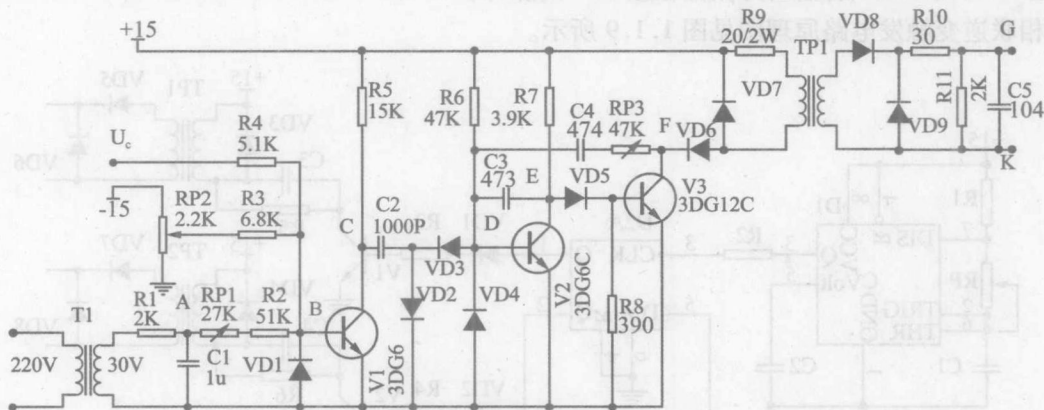


图 1.1.7 正弦波触发电路

同步信号由同步变压器副边提供。晶体管 V1 左边部分为同步移相环节,在 V1 的基极上综合了同步信号 U_T ,偏移电压 U_b 及控制电压 U_a ,RP2 可调节 U_b ,调节 U_a 可改变触发电路的控制角。脉冲形成放大环节是一集基耦单稳态脉冲电路,V2 的集电极耦合到 V3 的基极,V3 的集电极通过 C4、RP3 耦合到 V2 的基极。当同步移相环节送出负脉冲时,使单稳电路翻转,从而输出脉宽可调的触发脉冲。

调节元件均装在面板上,同步变压器副边已在内部接好。

(3) 锯齿波同步移相触发电路

锯齿波同步移相触发电路由同步检测,锯齿波形成,移相控制,脉冲形成,脉冲放大等环节组成,其原理图如图 1.1.8 所示。

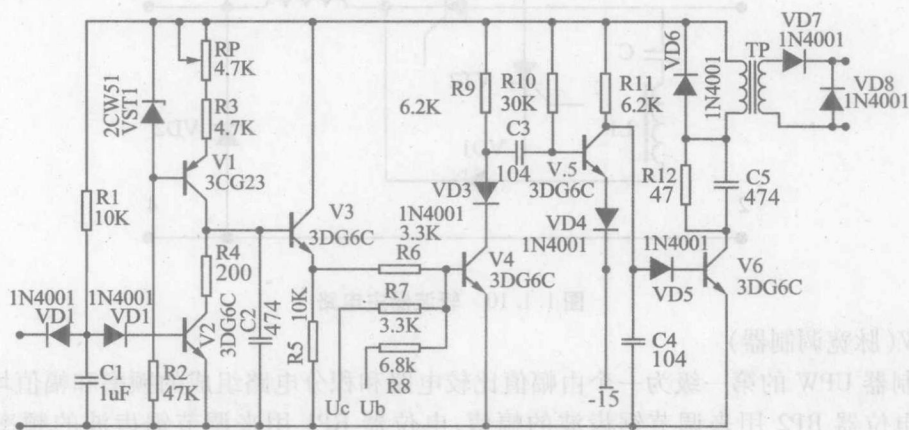


图 1.1.8 锯齿波触发电路

由 VD1、VD2、C1、R1 等元件组成同步检测环节,其作用是利用同步电压来控制锯齿波产生的时刻和宽度。由 VST1、V1、R3 等元件组成的恒流源电路和 V2、V3、C2 等一起组成锯齿波形成环节。控制电压 U_a ,偏移电压 U_b 及锯齿波电压在 V4 基极综合叠加,从而构成移相控制环节。V5、V6 构成脉

冲形成放大环节,脉冲变压器输出触发脉冲。

元件 RP 装在面板上,同步变压器副边已在内部接好。

5. MCL-06 使用说明

MCL-06 为单相并联逆变和直流斩波器专用挂箱。

(1) 单相并联逆变触发电路

以 555 集成时基电路为基础振荡电路,通过双 D 触发器二分频得到相位差 180° 的触发脉冲,经三极管 V1、V2 功率放大后交替触发主电路的两个晶闸管。振荡频率由电位器 RP 进行调节,555 的输出“3”接至 4013 的 CLK 端,输出为相位相差 180° 的脉冲。

单相并联逆变触发电路原理图见图 1.1.9 所示。

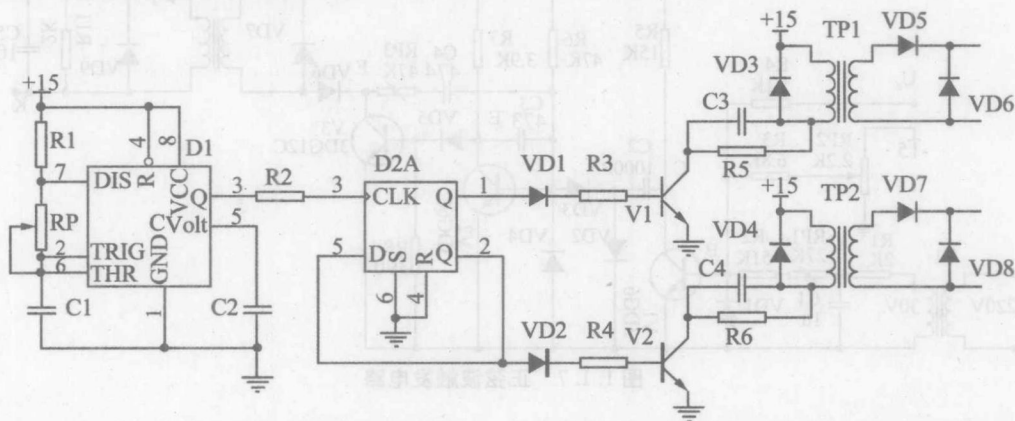


图 1.1.9 锯齿波触发电路

(2) 斩波器主电路

图 1.1.10 所示的是一脉宽可调的逆阻型斩波器,晶闸管 VT1 为主晶闸管,VT2 为辅助晶闸管,用来控制输出电压的脉宽,C 和 L1 组成换流振荡环节。

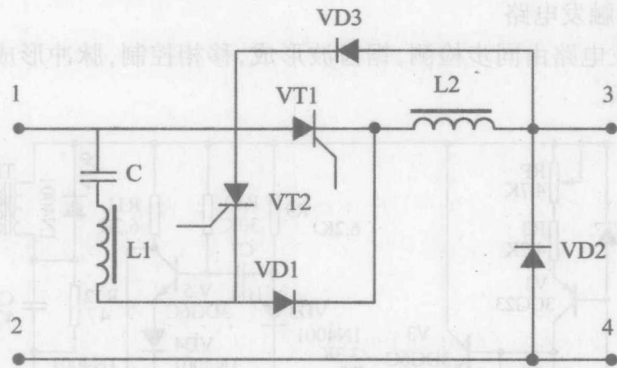


图 1.1.10 斩波器主电路

(3) UPW(脉宽调制器)

脉宽调制器 UPW 的第一级为一个由幅值比较电路和积分电路组成的频率和幅值均可调的锯齿波发生器。电位器 RP2 用来调节锯齿波的幅值,电位器 RP1 用来调节锯齿波的频率。电路如图 1.1.11 所示。

由第二比较器产生的方波接至电路的输入端,则在方波的前沿和后沿分别产生两个脉冲,如图所示,其后沿脉冲随方波的宽度变化而移动,前沿脉冲相位则保持不变。将此两脉冲通过功放级送至面板上的主晶闸管和辅助晶闸管,其中前沿脉冲送主晶闸管 VT1,后沿脉冲送辅助晶闸管 VT2。

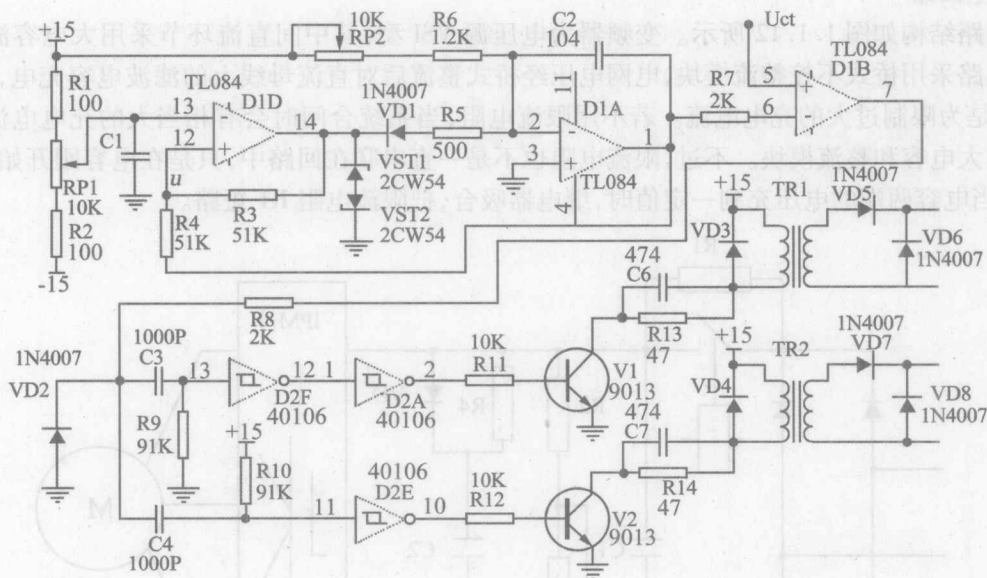


图 1.1.11 脉宽调制器 UPW 主电路

6. MCL-07 挂箱

MCL-07 挂箱由 GTR 驱动电路、MOSFET 驱动电路、IGBT 驱动电路、PWM 发生器、主电路等部分组成。

(1) GTR 电路: 内含普通光耦、比较器、贝克箝位电路、GTR 功率器件、串并联缓冲电路、保护电路等。可对光耦的特性(延迟时间、上升时间、下降时间), 贝克电路对 GTR 通、关断特性的影响, 不同的串、并联电路对 GTR 开关的影响以及保护电路的工作原理等进行研究和分析。

(2) MOSFET 电路: 内含高速光耦、比较器、推挽电路、MOSFET 功率器件等。可对高速光耦、推挽驱动电路、MOSFET 的开启电压、导通电阻 R_{on} 、跨导 g_m 、反向输出特性、转移特性、开关特性进行研究。

(3) IGBT 电路: 采用富士 IGBT 专用驱动芯片 EXB841, 线路典型, 外扩过流保护电路。可对 EXB841 的驱动电路各点波形以及 IGBT 的开关特性进行研究。

使用注意事项:

(a) 面板上有比较多的钮子开关控制电源, 需注意扭子开关的通断。

(b) GTR 采用较低频率的 PWM 波形驱动, MOSFET、IGBT 采用较高的 PWM 波形驱动。

(c) 由于接线头采用防转动叠插头, 使用时需注意防转动叠插头导线的导通, 以免观察不到波形。

7. MCL-08 挂箱

MCL-08 挂箱由直流变换电路(Buck-Boost 电路)和电流控制型脉宽调制开关稳压电源组成。

(1) 直流斩波电路: 控制回路采用 555 波形发生器, 由光耦进行隔离经过推挽电路驱动 GTR。555 产生波形的占空比可由电位器进行调节, 频率约为 8kHz 左右。斩波电路主回路的功率器件采用 GTR (10A, 800V), 输入电压为 15V, 输出电压为 7.5~30V 之内可调。

按流过电感 L 的电流在周期开始时是否从 0 开始, 可分为连续或不连续工作状态两种模式。实验中, 可分别观察两种模式下, 电感电流 i_L 、二极管电流 i_{VD} 、GTR 电流 i_{VT} 等波形。

(2) 开关电源

采用 UC3842 构成电流控制型脉宽调制开关稳压电源, 通过实验使学生对开关电源的工作原理以及 UC3842 的应用有一定的了解, UC3842 脉宽调制器的具体说明可参见本章 1.2 节的有关内容。

8. MCL-09 挂箱:

MCL-09 挂箱为电机变频调速专用挂箱, 它由主回路和控制回路组成, 现分别说明:

(1) 主回路

主回路结构如图 1.1.12 所示。变频器为电压源 VSI 型,其中间直流环节采用大电容滤波,主回路整流电路采用桥式不控整流模块,电网电压经桥式整流后对直流母线上的滤波电容充电,串联限流电阻 R1 是为限制过大的充电电流。若不用限流电阻,当系统合闸时会有相当大的充电电流,可能会烧毁滤波大电容和整流模块。不过,限流电阻也不是一直串联在回路中,只是在电容刚开始充电时进行限流,当电容两端的电压充到一定值时,继电器吸合,把限流电阻 R1 短路。

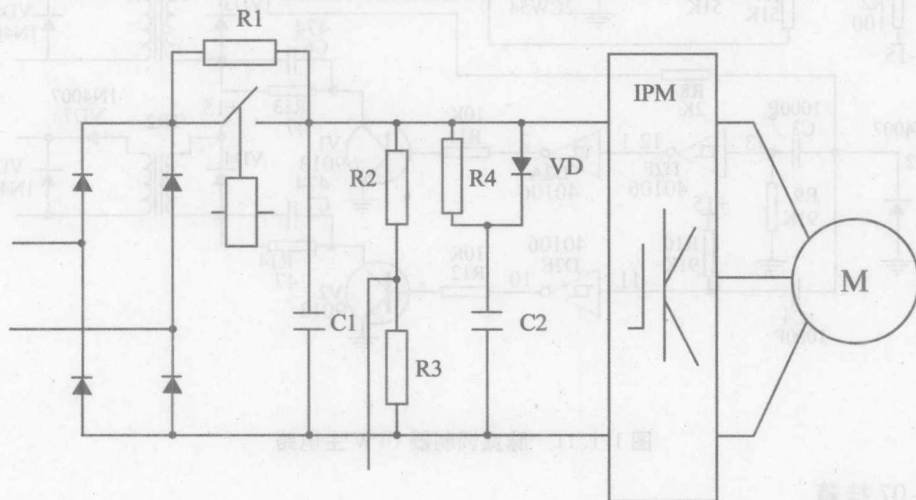


图 1.1.12 变频调速主电路

直流环节滤波电容为 $2200\mu\text{F}/450\text{V}$,电路中电容 C2、二极管 VD 和电阻 R4 构成一个典型的吸收缓冲电路。主回路工作时,因为功率器件开关频率很高,开关动作时会在直流环节中产生电流突变,若直流环节存在电感,则可能在功率器件两端产生很大的尖峰电压,吸收缓冲电路的作用就是吸收消除此尖峰电压。

电容电压的检测用电阻 R2 和 R3 分压进行检测,分别控制继电器 K 和过压保护电路。

功率器件采用三菱智能 IGBT 模块。内含过压、过流、过热保护,是一种新型的功率器件。具有驱动电路简单、可靠性高等优点。

电机采用三相鼠笼式异步电机、三角形接法,功率为 120W ,电压为 220V 。

(2) 控制回路

控制回路主芯片采用美国英特尔公司的电动机专用变频芯片 80C196MC,内含六路 PWM 输出,其低电平有效,可直接驱动隔离控制电路和驱动电路的光电耦合器,因此可直接用于控制三相逆变器中的六个主开关器件驱动级。

80C196MC 的具体说明可参考有关资料。

9. MCL-10 挂箱:

MCL-10 为直流脉宽调速专用挂箱,原理框图如图 1.1.13。

在结构上分为两部分:主回路和控制回路。

(1) 主回路:

二极管整流桥把输入的交流电变为直流电,正常情况下,交流输入为 220V ,经过整流后变为 300V 直流电,电阻 R1 为起动限流电阻,滤波电容 C 为 $470\mu\text{F}/450\text{V}$ 。四只功率 MOS 管构成 H 桥,根据脉冲占空比的不同,在直流电机上可得到 + 或 - 的直流电压。H 桥的具体工作原理可参考有关资料。

在 VT2 和 VT4 的源极回路中,串接两取样电阻,其上的电压分别反映流过 VT2、VT4 的电流,经过差放放大,在“21”端输出一反映电流大小的电压,作为双闭环控制系统的电流反馈信号。

电阻 R2 在本实验箱中有两个作用。第一,可用来观察波形,R2 的阻值为 1Ω ,其上的电压波形反

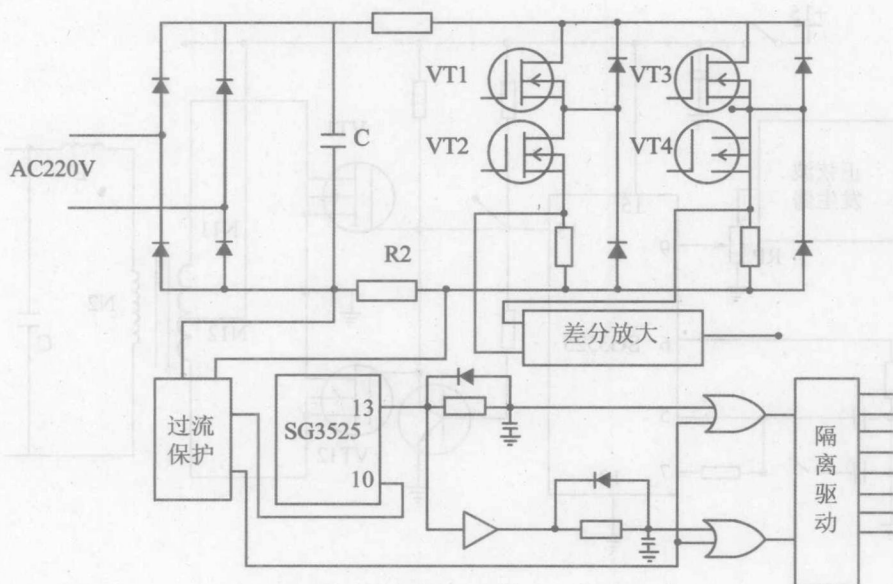


图 1.1.13 直流脉宽调速原理框图

映了主回路的电流波形。第二,作为过流保护用。当 R2 的电压超过整定值后,过流保护电路动作,关闭脉冲,从而保护功率 MOS 管。

(2) 控制回路

控制回路采用 SG3525 构成,SG3525 的具体参数可参见本章 1.2 节介绍。

SG3525 的 13 脚输出占空比可调(改变 9 脚电压)的脉冲波形(占空比调节范围不小于 0.1 ~ 0.9),同时频率可通过充放电时间的不同而改变(通过钮子开关 S1 调节),经过 RC 移相后,输出两组互为倒相,死区时间为 $5\mu\text{s}$ 左右的脉冲(观察“33”端和“34”端),经过光耦隔离后,分别驱动四只 MOS 管,其中 VT1、VT4 驱动信号相同,VT2、VT3 驱动信号相同。

为了保证系统的可靠性,在控制回路设置了保护线路,一旦出现过流,保护电路输出两路信号,分别封锁 SG3525 的脉冲输出和与门的信号输出。

面板的左端为正、负给定。当钮子开关 S5 打向“± 给定”,S4 打向“正给定”时,“24”端输出 -15V,同时调节电位器 RP3,“23”可得到 0 ~ 12V 的正电压输出;当 S4 打向“负给定”时,调节 RP4,“23”可得到 0 ~ 12V 的负电压输出。当钮子开关 S5 打向“0”时,“23”端输出 0V,同时“24”端输出为 0V,封锁控制电路的工作。

10. MCL-11 挂箱:

MCL-11 挂箱分成两部分:正弦波逆变电源和单相交流调压。

(1) 正弦波逆变电源

正弦波逆变电源的功能是把直流电逆变成交流电。该实验电路框图如图 1.1.14 所示。

由波形发生器产生 50Hz、幅度可变的正弦波,送入 SG3525 中的第 9 端、第 5 脚(为锯齿波)比较后,输出经调制后(调制频率约为 10kHz)的 SPWM 波形,经过倒相器反相后,得到两路互为反相的 PWM 驱动信号,分别驱动功率场效应管 VT1、VT2,使 VT1、VT2 交替导通,从而在高频变压器的副边得到 SPWM 波形,经过 LC 滤波后,得到 50Hz 的正弦波,幅度可通过电位器 RP 进行改变。

(2) 单相交流调压电路

采用自关断器件的单相交流调压电路和采用传统的晶闸管组成的调压电路相比,具有功率因数高、电网污染少、波形畸变小等优点。其原理框图如图 1.1.15 所示。

输入交流电压为 220V,经过同步变压器 T 后,分别形成两路互为倒相的方波,宽度为 180° ,分别对应正弦波的正半周和负半周,由 SG3525 进行调制(调制频率约为 2.5kHz)后,经过隔离及驱动电