



高等院校“十三五”规划教材

GAODENG YUANXIAO SHISANWU GUIHUA JIAOCAI



主 编 陈 艳 吴 敏 沈 放

主 审 万 彬

DIANLI DIANZI JISHU SHIYAN JIAOCHENG

电力电子技术实验教程

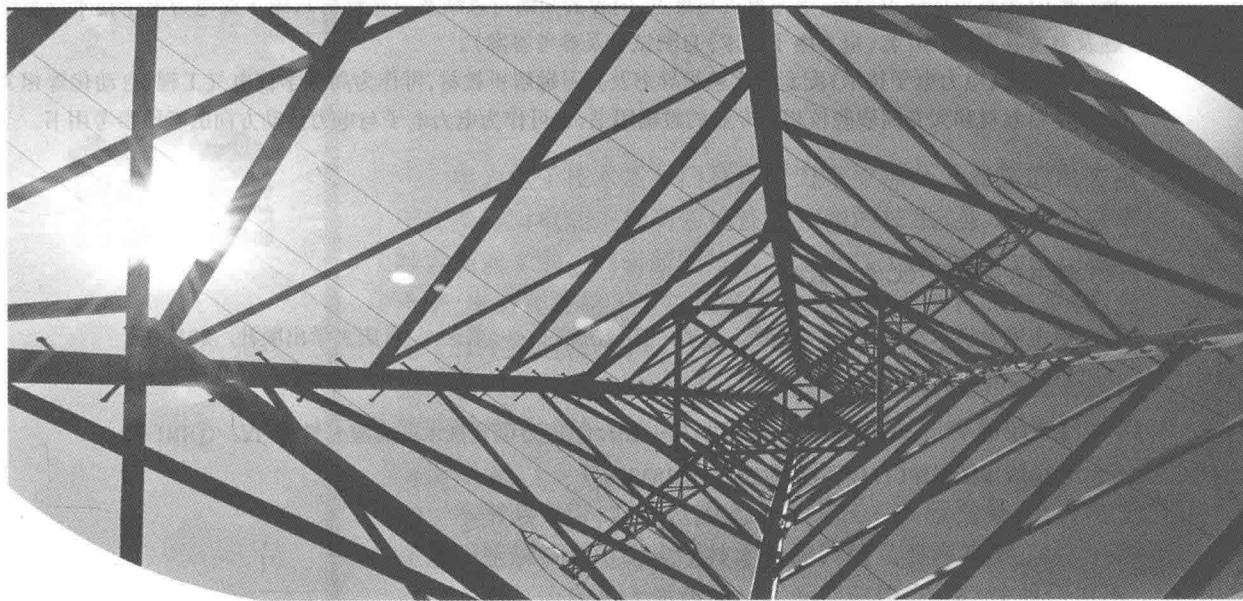


重庆大学出版社



高等院校“十三五”规划教材

GAODENG YUANXIAO SHISANWU GUIHUA JIAOCAI



DIANLI DIANZI JISHU SHIYAN JIAOCHENG

电力电子技术实验教程

主 编 陈 艳 吴 敏 沈 放

副主编 涂剑鹏 谢风连

主 审 万 彬

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书共3篇:第1篇电力电子技术实验指导(含验证性实验和综合性实验),第2篇电力电子技术习题解析(含10个章节的学习要点、学习重点与难点、内容的归纳与总结及习题解析),第3篇电力电子技术自测试题及参考答案(含10套《电力电子技术》自测试卷及参考答案)。

本书是《电力电子技术》配套的实验指导书及其习题解析教材,可作为高等学校电气工程、自动化等相关专业本科教材和大专高职院校相关专业的教辅用书,也可作为电力电子与电力传动方向的考研参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子技术实验教程 / 陈艳, 吴敏, 沈放主编. — 重庆: 重庆大学出版社, 2017.8

ISBN 978-7-5689-0707-1

I. ①电… II. ①陈… ②吴… ③沈… III. ①电力电子技术—实验—教材 IV. ①TM1-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第184275号

电力电子技术实验教程

主 编 陈 艳 吴 敏 沈 放

主 审 万 彬

策划编辑:曾显跃

责任编辑:李定群 版式设计:曾显跃

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆市魏承印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.25 字数:314千

2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5689-0707-1 定价:32.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

电力电子技术是一门利用电力半导体开关器件的电力电子变换器对电能进行高效变换和控制的技术,是 20 世纪后半叶发展起来的一门崭新的技术。如今,它已发展成为一门横跨电子、电力和控制 3 个领域新型的工程技术学科。编写《电力电子技术实验教程》的目的是帮助学生更好地学习电力电子技术这门课程,实验指导部分对提高学生的实践动手能力起关键性的作用,习题解析和试卷部分帮助学生理解和巩固所学的理论知识。

本书共 3 篇,内容包括电力电子技术实验指导、电力电子技术习题解析和电力电子技术自测试题及参考答案。

本书是由南昌大学科学技术学院陈艳、吴敏、沈放任主编,涂剑鹏、谢风连任副主编。其中,陈艳编写第 1 篇实验 1—实验 4,第 2 篇第 1 章;吴敏编写第 1 篇实验 5—实验 8 及附录 1,第二篇第 3—6 章;沈放编写第 1 篇实验 9—实验 12 及附录 2,第二篇第 2 章、第 7—10 章;涂剑鹏编写第 1 篇实验 13—实验 16,第 3 篇目测试卷一—试卷五及参考答案;谢风连编写第 1 篇实验 17—实验 20,第 3 篇目测试卷六—试卷十及参考答案。同时,本书得到了南昌大学科学技术学院罗小青、吴静进、何尚平的帮助,在此表示感谢!

承蒙南昌职业学院万彬高级工程师对全书进行了审阅,并提出了许多宝贵的意见,特此致谢!

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中疏漏和错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2017 年 6 月

目 录

第 1 篇 电力电子技术实验指导

实验 1	单相锯齿波移相触发电路的研究	1
实验 2	单相全波可控整流电路	3
实验 3	单相桥式半控整流电路	5
实验 4	三相桥式全控整流电路	7
实验 5	单相 SPWM 电压型逆变电路研究	9
实验 6	直流斩波电路研究	11
实验 7	单相交流调压电路	16
实验 8	单相交流调功电路	18
实验 9	半桥开关电源电路的研究	20
实验 10	晶闸管直流电机调速电路研究	22
实验 11	PWM 直流电机调速电路研究	24
实验 12	鼠笼三相异步电动机变压调速电路研究	26
实验 13	鼠笼三相异步电动机(VVVF)变频调速电路研究	28
实验 14	绕线三相异步电动机串级调速电路研究	30
实验 15	带电流截止负反馈的转速负反馈直流调速系统	33
实验 16	转速、电流双闭环直流调速系统	40
实验 17	转速、电流、电流变化率三闭环直流调速系统	45
实验 18	转速、电流、电压三闭环直流调速系统	49
实验 19	转速、电流双闭环控制的鼠笼转子异步电动机变压调速系统	53
实验 20	转速、电流双闭环控制的绕线转子异步电动机串级调速系统	59
附录 1	实验注意事项	65
附录 2	电枢回路 R 、 L 参数及时间常数 T_e 、 T_m 的实验测定	66

第 2 篇 电力电子技术习题解析

第 1 章	绪论	70
	学习指导	70
第 2 章	电力电子器件	73
	学习指导	73
	习题解析	76

第3章 直流-直流变换电路	80
学习指导	80
习题解析	82
第4章 逆变电路	90
学习指导	90
习题解析	91
第5章 整流电路	95
学习指导	95
习题解析	97
第6章 交流-交流变换电路	113
学习指导	113
习题解析	115
第7章 PWM 控制技术	119
学习指导	119
习题解析	121
第8章 软开关技术	125
学习指导	125
习题解析	126
第9章 电力电子器件应用的共性问题	128
学习指导	128
习题解析	129
第10章 电力电子技术的典型应用	133
学习指导	133
习题解析	135
附录 电力电子技术抽样考核题集	141

第3篇 电力电子技术自测试题及参考答案

《电力电子技术》自测试卷一	147
《电力电子技术》自测试卷二	149
《电力电子技术》自测试卷三	151
《电力电子技术》自测试卷四	153
《电力电子技术》自测试卷五	155
《电力电子技术》自测试卷六	157
《电力电子技术》自测试卷七	159
《电力电子技术》自测试卷八	161
《电力电子技术》自测试卷九	163
《电力电子技术》自测试卷十	165
《电力电子技术》自测试卷一参考答案	168
《电力电子技术》自测试卷二参考答案	172
《电力电子技术》自测试卷三参考答案	176
《电力电子技术》自测试卷四参考答案	179

《电力电子技术》自测试卷五参考答案	182
《电力电子技术》自测试卷六参考答案	185
《电力电子技术》自测试卷七参考答案	189
《电力电子技术》自测试卷八参考答案	193
《电力电子技术》自测试卷九参考答案	196
《电力电子技术》自测试卷十参考答案	199
参考文献	202

第 1 篇

电力电子技术实验指导

实验 1 单相锯齿波移相触发电路的研究

(1) 实验目的

- ①了解锯齿波移相触发电路的工作原理。
- ②了解锯齿波移相触发电路的一般特点。

(2) 实验内容

用示波器观察触发电路各测试点,记录各点波形,分析电路的工作原理。

(3) 实验设备与仪器

- ①“触发电路挂箱 I (DST01)”——DT02 单元。
- ②“电源及负载挂箱 I (DSP01)”或者“电力电子变换技术挂箱 II a (DSE03)”——DP01 单元。

③慢扫描双踪示波器、数字万用表等测试仪器。

(4) 实验电路的组成及实验操作

1) 实验电路的组成

集成单相锯齿波移相触发电路的面板布置如图 1.1.1 所示,图中给出了集成电路的内部原理示意图。集成电路由同步检测电路、锯齿波形成电路、偏移电路、移相电压以及锯齿波电压综合比较放大电路和功率放大电路组成。

2) 实验操作

打开系统总电源,系统工作模式设置为“电力电子”。将主电源电压选择开关置于“1”的位置,即将主电源相电压设定为 220 V;取出主电路的一路输出“U”和输出中线“LO1”连接到

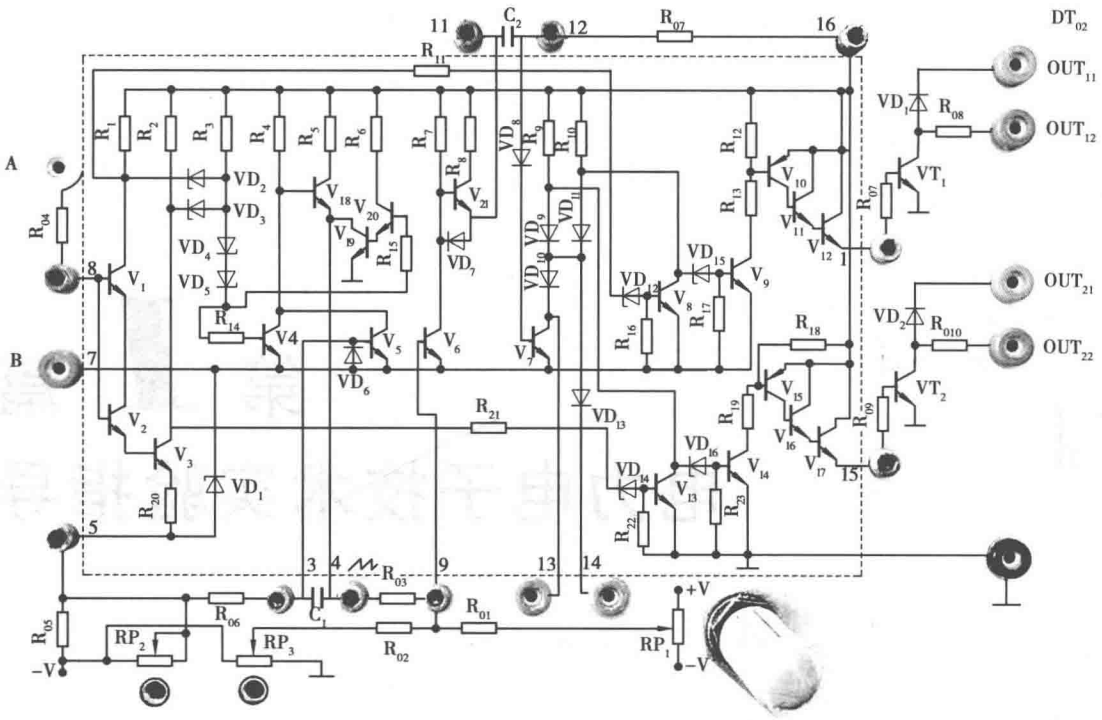


图 1.1.1 集成单相锯齿波移相触发电路

“DP01”单元隔离变压器的交流输入端“U”和“LO1”；“DP01”单元的同步信号输出端“A”和“B”连接到锯齿波移相触发电路(DT02)的同步信号输入端“A”和“B”。然后依次闭合控制电路、挂箱上的电源开关以及主电路。调节 DT02 单元的移相控制电位器“RP₁”，用示波器分别观测触发器单元各测试点，并记录各点波形，参考教材相关章节的内容，分析电路工作原理。实验完毕后，依次切断主电路、挂箱电源开关、控制电路以及系统总电源开关，最后拆除实验导线。

(5) 实验报告

- ①观察并记录触发电路各测试点的电压波形。
- ②分析触发电路的组成和工作原理。
- ③分析锯齿波触发电路与单结晶体管触发电路的区别。

实验2 单相全波可控整流电路

(1) 实验目的

- ①掌握单相全波可控整流电路的基本组成和工作原理。
- ②熟悉单相半全波可控整流电路的基本特性。

(2) 实验内容

验证单相全波可控整流电路的工作特性。

(3) 实验设备与仪器

- ①“电力电子变换技术挂箱Ⅱa(DSE03)”——DE08、DE09单元。
- ②“触发电路挂箱Ⅰ(DST01)”——DT02单元。
- ③“电源及负载挂箱Ⅰ(DSP01)”或“电力电子变换技术挂箱Ⅱa(DSE03)”——DP01、DP02单元。
- ④慢扫描双踪示波器、数字万用表等测试仪器。

(4) 实验电路的组成及实验操作

1) 实验电路的组成

实验电路主要由触发电路、脉冲隔离、功率开关(晶闸管)、电源及负载组成。主电路原理示意图如图1.2.1所示。单相全波可控整流电路又称单相双半波可控整流电路,它采用带中心抽头的电源变压器配合两只晶闸管形成全波可控整流电路。就其输入输出特性而言与桥式全控整流电路类似,区别在于电源变压器的结构、晶闸管上的耐压以及整流电路的管压降大小。其电路自身特点决定了单相全波整流电路适合应用于低输出电压的场合。

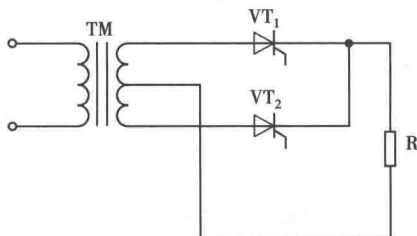


图 1.2.1 单相全波可控整流电路示意图

2) 实验操作

打开系统总电源,系统工作模式设置为“电力电子”。将主电源面板上的电压选择开关置于“1”的位置,即主电源相电压输出设定为 220 V。按如图 1.2.2 所示完成实验接线。将 DT02 单元的控制电位器逆时针旋到头,经指导教师检查无误后,可上电开始实验。依次闭合控制电路、挂箱上的电源开关、主电路;用示波器监测负载电阻两端的波形,顺时针缓慢调节 DT02 单元的控制电位器,观察并记录负载电压波形及变化情况,分析电路工作原理。实验完毕后,依次关闭系统主电路、挂箱上的电源开关、控制电路以及系统总电源。

(5) 实验报告

- ①通过实验,分析单相全波可控整流电路的工作原理和工作特性。
- ②拟订数据表格,分析实验数据。

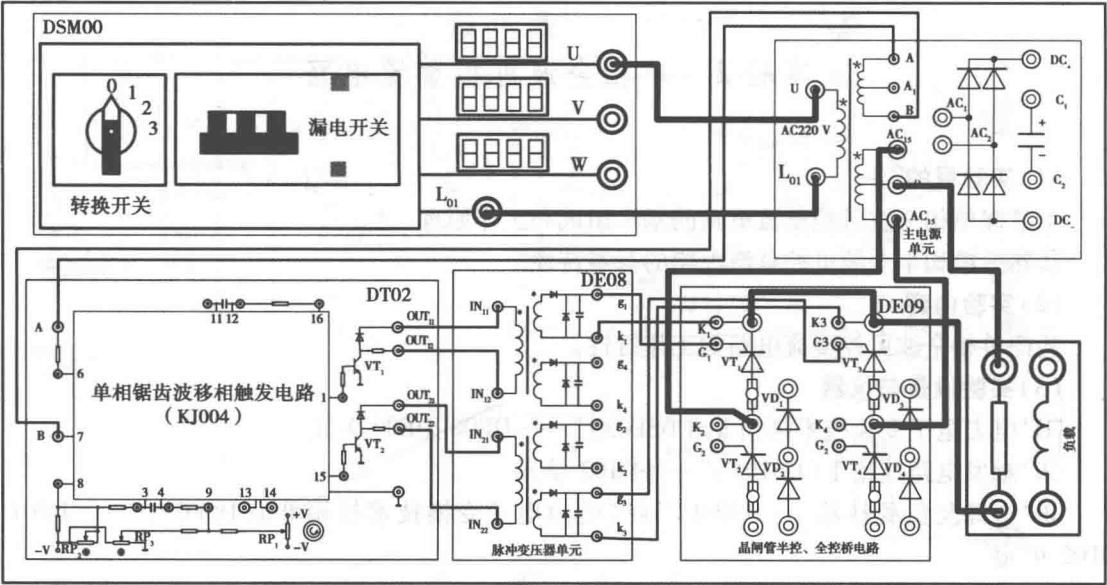


图 1.2.2 单相锯齿波移相触发的单相全波可控整流电路

- ③观察并绘制有关实验波形。
- a. 带电阻负载时的整流电压波形。
 - b. 带电阻串联大电感负载时的整流电压波形。

实验3 单相桥式半控整流电路

(1) 实验目的

- ①掌握单相桥式半控整流电路的基本组成。
- ②熟悉单相桥式半控整流电路的基本特性。

(2) 实验内容

验证单相桥式半控整流电路的工作特性。

(3) 实验设备与仪器

- ①“电力电子变换技术挂箱Ⅱa(DSE03)”——DE08、DE09 单元。
- ②“触发电路挂箱Ⅰ(DST01)”——DT02 单元。
- ③“电源及负载挂箱Ⅰ(DSP01)”或“电力电子变换技术挂箱Ⅱa(DSE03)”——DP01、DP02 单元。
- ④慢扫描双踪示波器、数字万用表等测试仪器。

(4) 实验电路的组成及实验操作

1) 实验电路的组成

实验电路主要由触发电路、脉冲隔离、功率开关(晶闸管)、续流二极管、电源及负载组成。主电路原理如图 1.3.1 所示。半控整流电路是全控整流电路的简化,单相全控整流电路采用两只晶闸管来限定一个方向的电流流通路径。实际上,每个支路只要有一个晶闸管来限定电流路径对于可控整流电路来说就可以满足要求,于是将全控桥电路中的上半桥或者下半桥的一对管替换成二极管,就构成了单相半控整流电路。

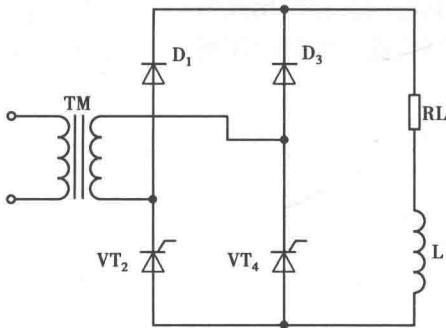


图 1.3.1 单相桥式半控整流电路示意图

2) 实验操作

打开系统总电源,将系统工作模式设置为“电力电子”。且将主电源面板上的电压选择开关置于“1”的位置,即主电源相电压输出设定为 220 V。按如图 1.3.2 所示完成实验接线。将 DT02 单元的控制电位器逆时针旋到头,经指导教师检查无误后,可上电开始实验。依次闭合控制电路、挂箱上的电源开关、主电路;用示波器监测负载电阻两端的波形,顺时针缓慢调节 DT02 单元的控制电位器,观察并记录负载电压波形及变化情况,分析电路工作原理。依次关断系统主电路、挂箱上的电源开关、控制电路电源;将负载换成电阻串联大电感,在负载两端反

向并联续流二极管,并且上电,重复上述操作,观察并记录负载电压波形。实验完毕后,依次关断系统主电路、挂箱电源开关、控制电路以及系统总电源。

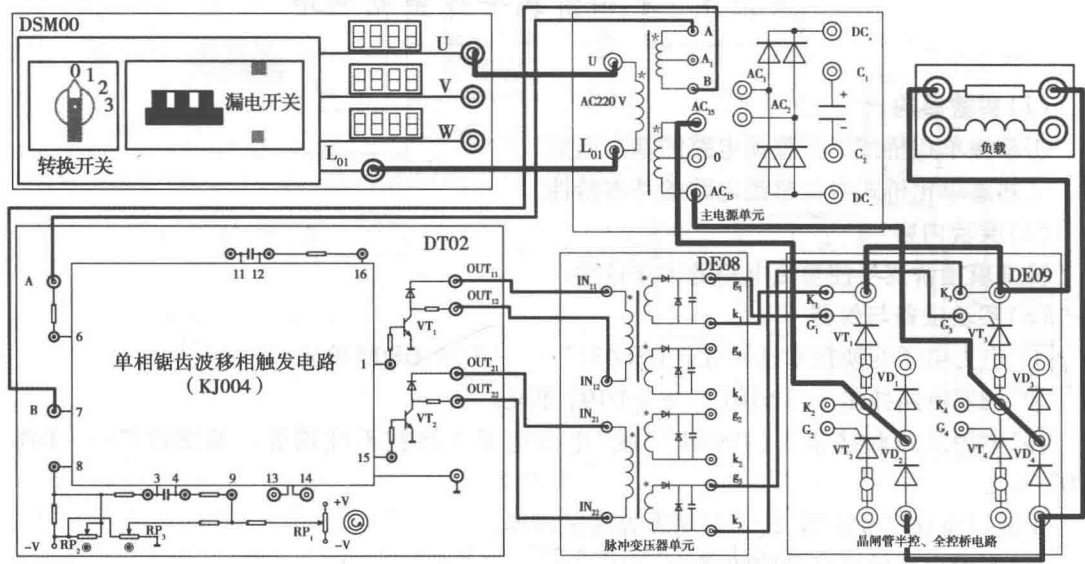


图 1.3.2 锯齿波触发单相桥式半控整流电路

(5) 实验报告

- ①通过实验,分析单相半控整流电路的工作特性和工作原理。
- ②拟订数据表格,分析实验数据。
- ③观察并绘制有关实验波形。
 - a. 带电阻负载时的整流电压波形。
 - b. 带电阻串联大电感负载时的整流电压波形。
- ④分析电感负载并联反向续流二极管的作用。

实验4 三相桥式全控整流电路

(1) 实验目的

- ①掌握三相桥式全控整流电路的基本组成和工作原理。
- ②熟悉三相桥式全控整流电路的基本特性。

(2) 实验内容

- ①验证三相桥式全控整流电路的工作特性。
- ②验证不同负载对整流输出电压波形的影响。

(3) 实验设备与仪器

①“电力电子变换技术挂箱Ⅳ(DSE05)”或“可控硅主电路挂箱(DSM01)”——DM01单元。

②“触发电路挂箱Ⅱ(DST02)”——DT04单元。

③主控“信号检测电路”——DD05单元。

④“电源及负载挂箱Ⅰ(DSP01)”——DP03单元(灯泡负载)。

⑤主控“电机接口电路”——DD11、DD16单元(电阻和电感负载)。

⑥慢扫描双踪示波器、数字万用表等测试仪器。

(4) 实验电路的组成及实验操作

1) 实验电路的组成

实验电路主要由触发电路、脉冲隔离、功率开关(晶闸管)、电源及负载组成。负载选择灯泡或者电阻要根据设备配置情况而定。三相全控桥主电路包含6只晶闸管,在工作时,同时有不处在同一相上的两只管导通,每隔 60° 会有一次换相,输出电压在每个交流电源周期内会有6次相同的脉动,就输出电压纹波而言,较三相半波可控整流电路小一半。其示意图如图1.4.1所示。

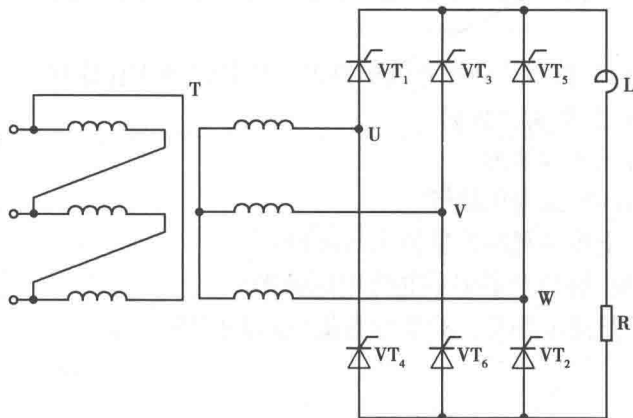


图 1.4.1 三相桥式全控整流电路示意图

2)实验操作

打开系统总电源,系统工作模式设置为“电力电子”。将主电源面板上的电压选择开关置于“1”的位置,即主电源相电压输出设定为 52 V。按如图 1.4.2 所示完成实验接线。将 DG01 单元的正给定电位器逆时针旋到头,经指导教师检查无误后,可上电开始实验。依次闭合控制电路、挂箱上的电源开关;将 DT04 单元脉冲的初始相位整定到 $\alpha = 120^\circ$ 的位置,闭合主电路;用示波器监测负载电阻两端的波形,顺时针缓慢调节 DG01 单元的正给定电位器,观察并记录负载电压波形跟随 α 的变化情况,分析电路工作原理。实验完毕后,依次断开系统主电路、挂箱上的电源开关、控制电路;改变负载特性,将电 DD11 单元的电感 L_l 串入负载回路,重复实验,记录负载电压波形跟随 α 的变化情况。若系统配有直流电动机,还可将电动机作为负载,重复上述实验操作,记录相关波形。实验完毕后,依次断开系统主电路、挂箱上的电源开关、控制电路以及系统总电源。

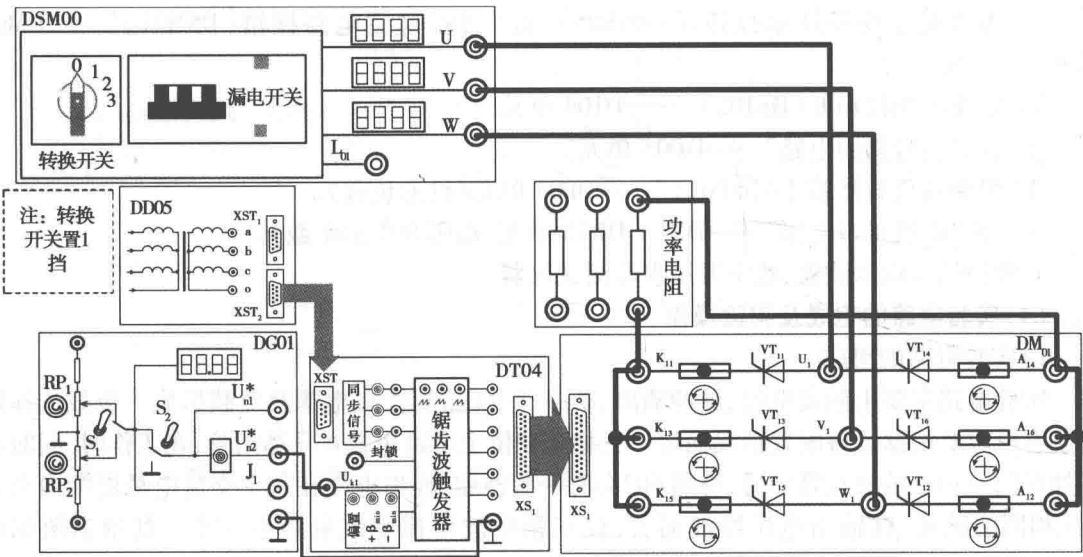


图 1.4.2 锯齿波移相触发的三相桥式全控整流电路

(5)实验报告

- ①通过实验,分析三相桥式全控整流电路的工作特性及工作原理。
- ②拟订数据表格,分析实验数据。
- ③观察并绘制有关实验波形。
 - a. 带电阻负载时的整流电压波形。
 - b. 带电阻串联大电感负载时的整流电压波形。
 - c. 带反电动势(电动机)负载时的整流电压波形。
- ④分析三相全控整流电路与三相半控整流电路的区别。

实验5 单相 SPWM 电压型逆变电路研究

(1) 实验目的

- ①掌握单相 SPWM 逆变电路的基本组成。
- ②熟悉单相 SPWM 逆变电路的基本特性。

(2) 实验内容

- ①验证单相 SPWM 逆变电路的工作特性。
- ②观测单相 SPWM 逆变电路的工作波形。

(3) 实验设备与仪器

- ①“触发电路挂箱 I (·DST01)”——DT03 单元。
- ②“电源及负载挂箱 I (DSP01)”或“电力电子变换技术挂箱 II a (DSE03)”——DP01、DP02 单元。
- ③“电力电子变换技术挂箱 II a (DSE03)”——DE10、DE11 单元。
- ④慢扫描双踪示波器、数字万用表等测试仪器。

(4) 实验电路的组成及实验操作

1) 实验电路的组成

实验电路主要由单相 SPWM 波形发生器、光电隔离驱动、功率开关器件 (MOSFET) 组成的单相全桥电路、直流电源及负载组成。

2) 实验操作

打开系统总电源,系统工作模式设置为“电力电子”。将主电源面板上的电压选择开关置于“1”的位置,即主电源相电压输出设定为 220 V。按如图 1.5.1 所示完成实验接线。将 DT03 单元的钮子开关 S_1 拨向上,波形发生器设置为 SPWM 工作模式;调解电位器 RP_3 ,设置

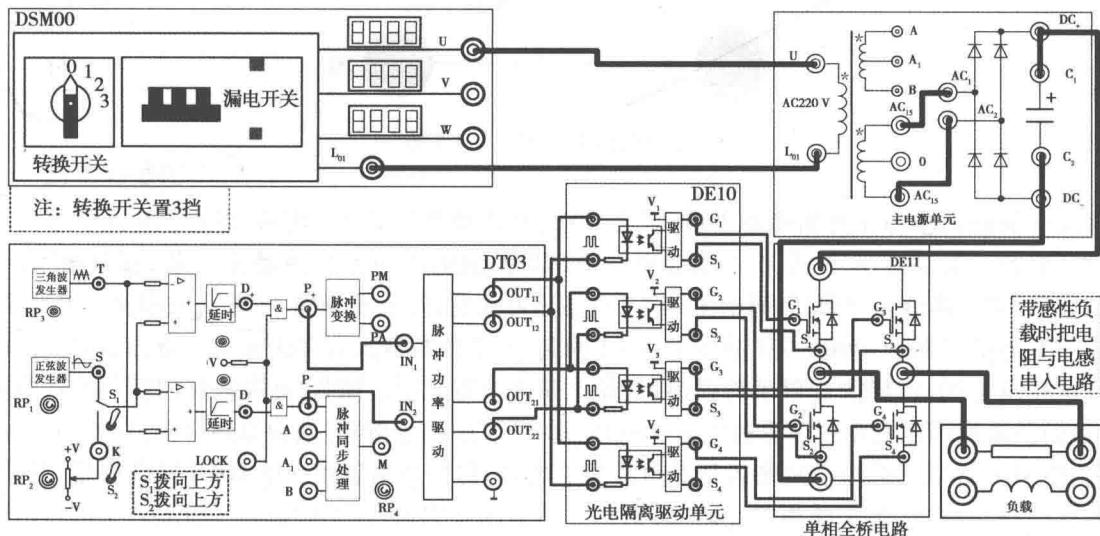


图 1.5.1 单相 SPWM 逆变电路实验研究

三角波发生器的输出频率为 1 kHz;并将正弦波给定电位器 RP_1 逆时针旋到头(正弦波频率为 0),经指导教师检查无误后,可上电开始实验。依次闭合控制电路、挂箱上的电源开关,最后闭合主电路;用示波器监测负载电阻两端的波形,顺时针缓慢调节 RP_1 ,观察并记录负载电压波形的变化情况,分析电路工作原理。实验完毕后,依次断开系统主电路、挂箱上的电源开关、控制电路以及系统总电源。

(5) 实验报告

- ①通过实验,掌握单相 SPWM 逆变电路的工作特性。
- ②观察并绘制有关实验波形。