

# 浙江大学实验报告

专业： 电子信息工程  
姓名： \_\_\_\_\_  
学号： \_\_\_\_\_  
日期： 2022.11.1  
地点： 教二 125

课程名称： 电力电子技术 I 指导老师： 马皓 成绩： \_\_\_\_\_  
实验名称： 单相交流调压电压电路 同组人： 江一博

=====

## 一、 实验目的

1. 加深理解单相交流调压电路的原理。
2. 加深理解交流调压感性负载时对触发脉冲移项范围的要求。

## 二、 实验内容

1. 单相交流调压器带电阻性负载。
2. 单相交流调压器带电阻—电感性负载。

## 三、 实验步骤

### 1. TCA785 触发电路调试

先调试触发电路，按照图 3.1 接好触发电路的接线，此时晶闸管主电路不接连线，主电路与交流电源也不接连线。合上“实验台电源总开关”，闭合 NMCL-32E 上的“绿色“按钮，合上主电源，调节三相调压器旋钮至三相电压表显示的线电压达到 30v，将 TCA785 触发电路上“宽脉冲、窄脉冲”选择开关拨向“窄脉冲”方向(右侧)，拨通 NMCL-31B 面板上的低压电源开关。

通过预习了解 TCA785 集成触发电路的原理，可以知道“2”、“1”端脉冲相位差  $180^\circ$ ，用双踪示波器网时观察“1”、“a”端的波形，慢慢调节 TCA785 触发电路上的“偏移调节”电位器，同时察输出脉冲的移相范围，应该在  $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

### 2. 单相交流调压电路带电阻性负载

调节“偏移调节”电位器使移相触发角  $\alpha=180^\circ$ 。按下红色按钮，断开主电源，接上晶闸管主电路。电抗器不接入，电阻 R 选用两个 NMCL-03D 面板上的可调电阻串联，并将电阻值调节到最大  $420\Omega$ 。

接好线之后再按下绿色按钮，用示波器观察负载电压  $u$ 、晶闸管两端电压  $u$  的波形，调节“偏移调节”电位器，观察不同  $\alpha$  角时各波形的变化，并记录  $\alpha=30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 150^\circ$  时的负载电压  $u_d$  和晶闸管两端电压  $u$  的波形。可通过调整示波器的光标时间之差 ( $30^\circ$  对应  $1.67\text{ms}$ ) 来确定触发角  $\alpha$  的大小。

### 3. 单相交流调压器接电阻—电感性负载

满节“偏移调节”电位器使移相触发角  $\alpha=180^\circ$ ，按下红色按钮，断开主电源，接入电抗器。选择电感为  $L=700\text{mH}$ ， $R_d=420\Omega$  (假设  $R_L \approx 0$ 。即可求得负载阻抗角  $\phi \approx 27.6^\circ$ )。

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R_d + R_L}$$

(在实验过程中，欲改变阻抗角，只需改变电阻器的阻值即可，不需要定量计算，)

接通主电源，调节“偏移调节”电位器，观察在不同  $\alpha$  角时波形的变化情况。记录心  $\alpha > \phi$  (波形断续)， $\alpha = \phi$  (波形连续)， $\alpha < \phi$  (波形失控) 三种情况下，负载两端电压  $u$  和流过负载的电流的波形。

将 TCA78 触发电路上“宽脉冲、窄脉冲”选择开关，分别拨向“窄脉冲”和“宽脉冲”，观察在波形失控状态下，负载电压和电流波形的不同变化。

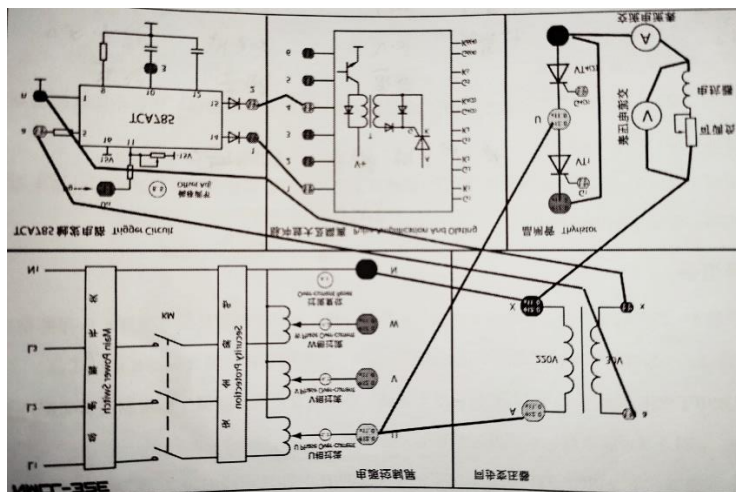


图 1. 交流调压电路接线图

#### 四、 实验数据记录、处理和分析

数据记录与处理：

1. 电阻负载下， $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 150^\circ$  时的负载电压  $u_d$  和晶闸管两端电压  $u_T$  的波形：

2. 电阻-电感负载下， $\alpha = \varphi, \alpha > \varphi, \alpha < \varphi$ 三种情况下，负载电压  $u_d$  和负载电流  $i_d$  的波形：

### 3. 电阻负载下 $u_d$ 、 $u_o$ 和 $\alpha$ 的关系：

触发角 $\alpha$	负载电压 $U_d$ (V)	输入电压 $U_o$ (V)	$U_d/U_o$
$30^\circ$	164	176	0.9318
$60^\circ$	140	176	0.7954
$90^\circ$	96	177	0.5424
$150^\circ$	14	180	0.0778

表 1.  $U_d$ 、 $U_o$ 、 $\alpha$  记录

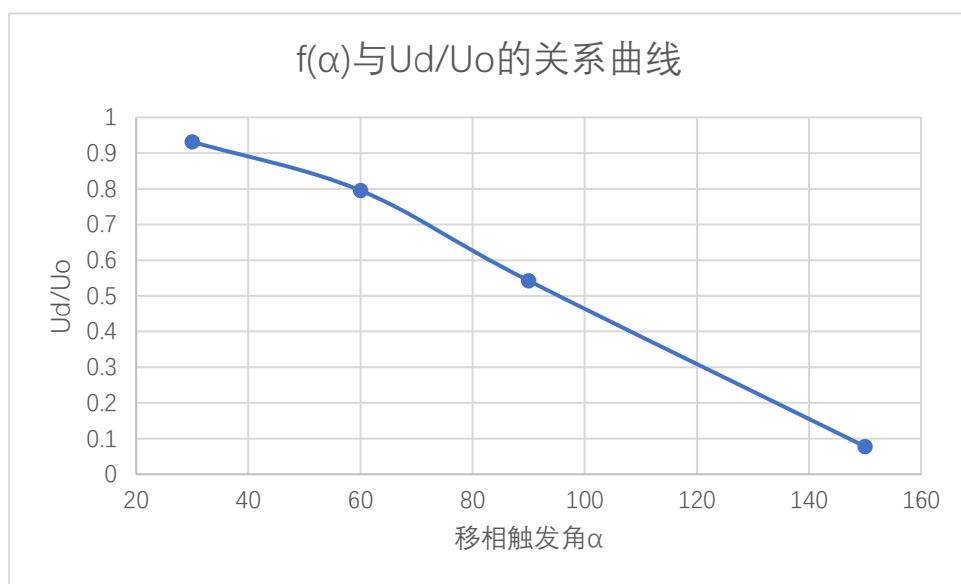


图 2.  $U_d/U_o$ - $\alpha$  拟合曲线

### 实验结果分析：

(1) 对实验得到的波形进行分析，在电阻负载下，每半个周期前  $\alpha$  角度中，晶闸管不导通，负载电压为 0，

由晶闸管承受输入的电压；当  $\alpha$  角度后，晶闸管导通，负载两端电压与输入一致，晶闸管两端电压为导通压降。

(2) 负载为电感-电阻时，由于电感的续流作用，输入电压过零时，输出电流仍然存在，所以负载电压波形可能为负，当  $\alpha > \phi$  时，此时电路处于断流状态，晶闸管导通之前电流降为 0，晶闸管关断，此时负载电压为 0；当  $\alpha = \phi$  时，此时为临界状态，电流即将为 0 的时刻和晶闸管恰好导通一致，因此负载电压波形恰好连续；当  $\alpha < \phi$  时，此时为失控状态，调节  $\alpha$  角会失去对电流的控制，因此负载电压波形存在缺口，而电流波形只有下半周期的正弦波。

(3) 负载为电感-电阻时， $\alpha$  与  $\phi$  的大小关系反映了交流调压电路的工作状态。当  $\alpha = \phi$  时，电路处于临界状态，电流、电压波形恰好连续；当  $\alpha < \phi$  时，电路处于失控状态，无法对电路进行调节；当  $\alpha > \phi$  时，输出电压受导通角的影响，可以通过改变  $\alpha$  角调节电压和电流有效值。

(4) 由图 4.1 可知输入电压  $U_0$  不变时， $\alpha$  越大，输出电压有效值越小，但两者之间不是线性关系。通过理论计算可知

$$U_d = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_o^2 d\omega t} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_\alpha^\pi [\sqrt{2}U_0 \sin \omega t]^2 d\omega t} = U_0 \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi}}$$

可得，

$\alpha$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$150^\circ$
$U_d/U_0$ 测量值	0.932	0.7954	0.5424	0.0778
$U_d/U_0$ 理论值	0.985	0.897	0.707	0.179

表 2.  $U_d/U_0$  实测和理论值的比较记录

实验结果与理论的变化趋势大致一致， $U_d/U_0$  随着  $\alpha$  的增大而变小，而且整体误差较大，原因可能是交流电表引入的误差，输入侧电网电压不稳定等。

## 五、思考题

1. 电阻负载下、电阻-电感负载下，脉冲移相触发角  $\alpha$  的移相范围分别是什么？

电阻负载下  $0 < \alpha < \pi$ ，电阻-电感负载中为了实现对电路的控制，需要  $\phi < \alpha < \pi$ ，其中  $\phi$  为负载阻抗角，

$$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R_d + R_L}。$$

2. 电阻-电感负载，当  $\alpha < \phi$  时，触发脉冲使用单窄脉冲和宽脉冲，有怎样不同的结果？

使用单窄脉冲时，电流降为 0 时，由于没有门极电流，晶闸管关断，会出现只有半边有波形的情况；触发脉冲使用宽脉冲时，电流降为 0 时，由于晶闸管的门极电流仍然存在，且  $U_{AK} > 0$ ，所以晶闸管继续导通，输出电压波形和电流波形为连续的正弦波。