

浙江大学实验报告

专业： 电气工程及其自动化
姓名： 潘谷雨
学号： 3220102382
日期： 2025.4.9
地点： 教二 115

课程名称： 电力电子技术 指导老师： 胡鹏飞、赵建勇 成绩： _____
实验名称： 单相桥式半控整流电路实验

一、实验目的和要求

1、实验目的

- (1) 加深对单相桥式半控整流电路带电阻性、电阻电感性负载时各工作情况的理解
- (2) 了解续流二极管在单相桥式半控整流电路中的作用，学会对实验中出现的问

2、实验报告要求

- (1) 分别画出电阻性负载、电阻电感性负载时 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 的曲线
- (2) 记录电阻性负载下 α 角分别为 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 的 U_d 、 U_{VT} 的波形
- (3) 记录电阻电感性负载下(接续流二极管) α 角分别为 30° 、 60° 、 90° 的 U_d 、 U_{VT} 的波形
- (4) 记录电阻电感性负载下(未接续流二极) α 角分别为 30° 、 60° 、 90° 的 U_d 、 U_{VT} 的波形
- (5) 分析续流二极管对消除失控现象的作用

二、实验内容和原理

1、实验原理

本实验线路如图 1 所示，两组锯齿波同步移相触发电路均在 DJK03-1 挂件上，它们由同一个同步变压器保持与输入的电压同步，触发信号加到共阴

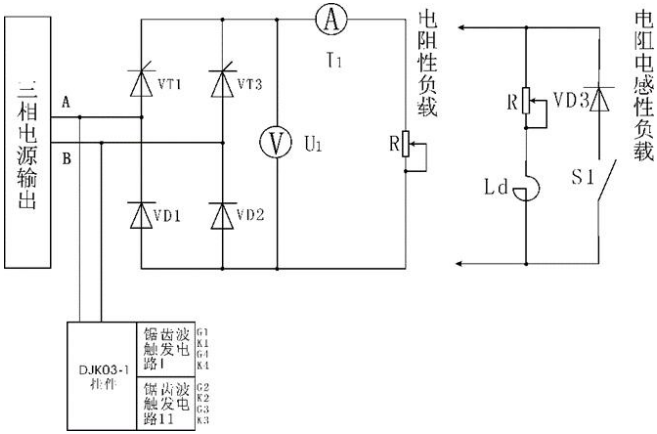


图 1 单相桥式半控整流电路实验线路图

2、实验内容

- (1) 锯齿波同步触发电路的调试
- (2) 单相桥式半控整流电路带电阻性负载
- (3) 单相桥式半控整流电路带电阻电感性负载
- (4) 单相桥式半控整流电路失控现象（了解）

三、主要仪器设备

序号	型 号	备 注
1	DJDK-3W 电源控制屏	该控制屏包含“三相电源输出”，“励磁电源”等几个模块。
2	DJK02 晶闸管主电路	该挂件包含“晶闸管”以及“电感”等几个模块。
3	DJK03-1 晶闸管触发电路	该挂件包含“锯齿波同步触发电路”模块。
4	DJK06 给定及实验器件	该挂件包含“二极管”等几个模块。
5	D42 三相可调电阻	/
6	双踪示波器	/
7	万用表	/

四、操作方法和实验步骤

1、通过操作控制屏左侧的自耦调压器，将输出的线电压调到 200V-220V 之间，断电后用两根导线将 200V 交流电压接到 DJK03-1 的“外接 220V”端，按下“启动”按钮，打开 DJK03-1 电源开关，用双踪示波器观察“锯齿波同步触发电路”各观察孔的波形。

2、锯齿波同步移相触发电路调试： $U_{\alpha}=0$ 时（RP2 电位器逆时针转到底），观察 α 是否大于等于 150° ，若不满足，调节 RP3。

3、单相桥式半控整流电路带电阻性负载

按图 1 接线，主电路接可调电阻 R，将电阻器调到最大阻值位置，按下“启动”按钮，用示波器观察负载电压 U_d 、晶闸管两端电压 U_{VT} 的波形，调节锯齿波同步移相触发电路上的移相控制电位器 RP2，观察并记录在不同 α 角时 U_d 、 U_{VT} 的波形，测量相应电源电压 U_2 和负载电压 U_d 的数值，记录于表中。

4、单相桥式半控整流电路带电阻电感性负载

- (1) 断开主电路后，将负载换成将平波电抗器 $L_d(700\text{mH})$ 与电阻 R 串联。

(2) 不接续流二极管 VD3，接通主电路，用示波器观察并记录不同控制角 α 时 U_d 、 U_{VT} 的波形，并测定相应的 U_2 、 U_d 数值。记录于表中。

(3) 接上续流二极管 VD3，接通主电路，用示波器观察并记录不同控制角 α 时 U_d 、 U_{VT} 的波形，并测定相应的 U_2 、 U_d 数值。记录于表中。

五、实验数据记录和处理

(1) 单相桥式半控整流电路带电阻性负载

读出电表数据，根据计算公式 $U_d = 0.9U_2(1 + \cos\alpha)/2$ ，得到实验数据如表 1 所示。

表 1 电源电压 U_2 和负载电压 U_d 数值（电阻性负载）

角度 $\alpha/^\circ$	30°	60°	90°	120°	150°
U_2/V	216	215	216	217	218
U_d/V	164.6	123.3	89.4	35.1	10.4
U_d/U_2	0.7620	0.5735	0.4139	0.1618	0.0477
U_d 计算值	181.38	145.13	97.20	48.83	13.14
U_d/U_2 计算值	0.84	0.68	0.45	0.23	0.06

当 $\alpha = 30^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 1.1 所示（ U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作）。

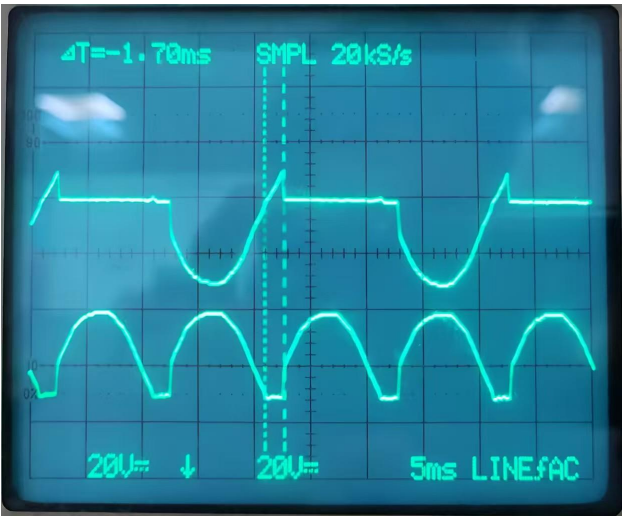


图 1.1 U_d 、 U_{VT} 波形（ $\alpha = 30^\circ$ ）

当 $\alpha = 60^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 1.2 所示（ U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作）。

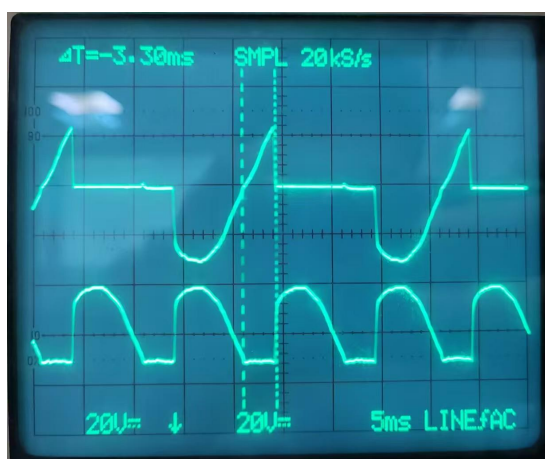


图 1.2 U_d 、 U_{VT} 波形 ($\alpha = 60^\circ$)

当 $\alpha = 90^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 1.3 所示 (U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作)。

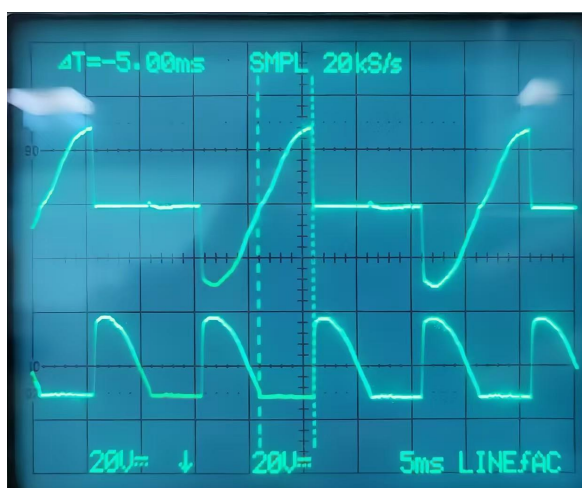


图 1.3 U_d 、 U_{VT} 波形 ($\alpha = 90^\circ$)

当 $\alpha = 120^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 1.4 所示 (U_{VT} 在上； U_d 在下，经反向操作)。

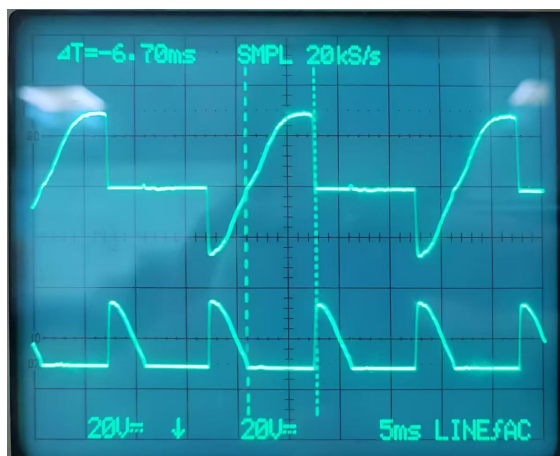


图 1.4 U_d 、 U_{VT} 波形 ($\alpha = 120^\circ$)

当 $\alpha = 150^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 1.5 所示（ U_{VT} 在上； U_d 在下，经反向操作）。

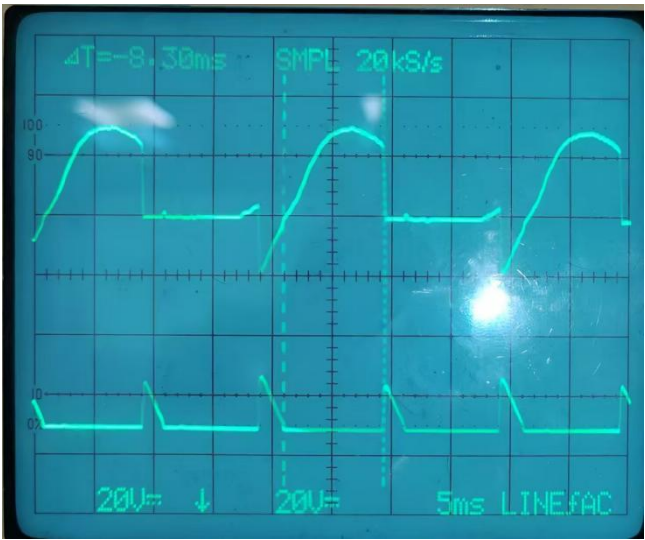


图 1.5 U_d 、 U_{VT} 波形（ $\alpha = 150^\circ$ ）

（2）单相桥式半控整流电路带电阻电感性负载

A、不接续流二极管 VD3

读出电表数据，根据计算公式 $U_d = 0.9U_2(1 + \cos\alpha)/2$ ，得到实验数据如表 2 所示。

表 2 电源电压 U_2 和负载电压 U_d 数值（电阻电感性负载、不接续流二极管）

角度 $\alpha/^\circ$	30	60	90
U_2/V	215	215	216
U_d/V	172.1	133.5	86.6
U_d/U_2	0.8005	0.6209	0.4009
U_d 计算值	180.54	145.13	97.20
U_d/U_2 计算值	0.84	0.68	0.45

当 $\alpha = 30^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 2.1 所示（ U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作）。

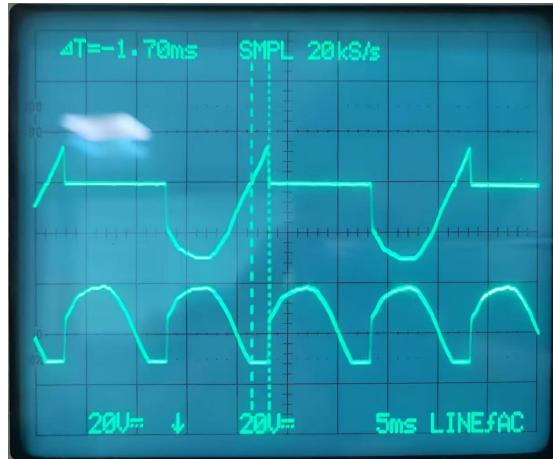


图 2.1 U_d 、 U_{VT} 波形 ($\alpha = 30^\circ$)

当 $\alpha = 60^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 2.2 所示 (U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作)。

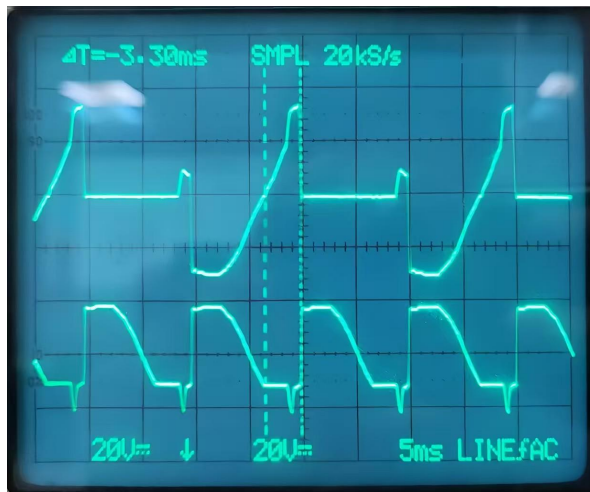


图 2.2 U_d 、 U_{VT} 波形 ($\alpha = 60^\circ$)

当 $\alpha = 90^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 2.3 所示 (U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作)。

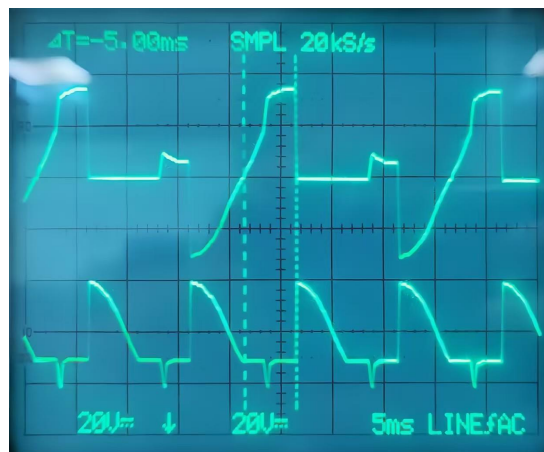


图 2.3 U_d 、 U_{VT} 波形 ($\alpha = 90^\circ$)

B、接上续流二极管 VD3

读出电表数据，根据计算公式 $U_d = 0.9U_2(1 + \cos\alpha)/2$ ，得到实验数据如表 3 所示。

表 3 电源电压 U_2 和负载电压 U_d 数值（电阻电感性负载、接续流二极管）

角度 $\alpha/^\circ$	30°	60°	90°
U_2/V	216	217	218
U_d/V	169.8	131.8	83.4
U_d/U_2	0.7861	0.6074	0.3826
U_d 计算值	181.38	146.48	98.10
U_d/U_2 计算值	0.84	0.68	0.45

当 $\alpha = 30^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 2.4 所示（ U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作）。

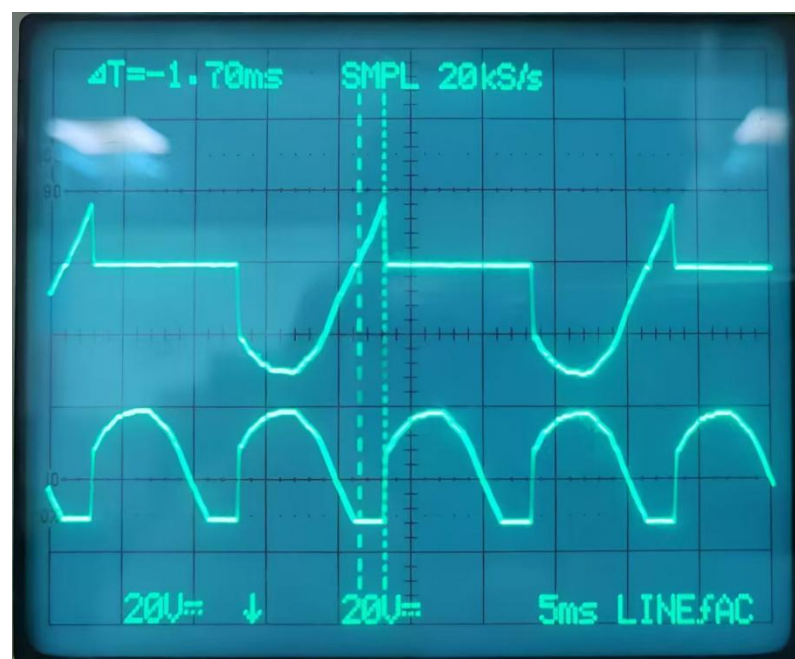


图 2.4 U_d 、 U_{VT} 波形（ $\alpha = 30^\circ$ ）

当 $\alpha = 60^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 2.5 所示（ U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作）。

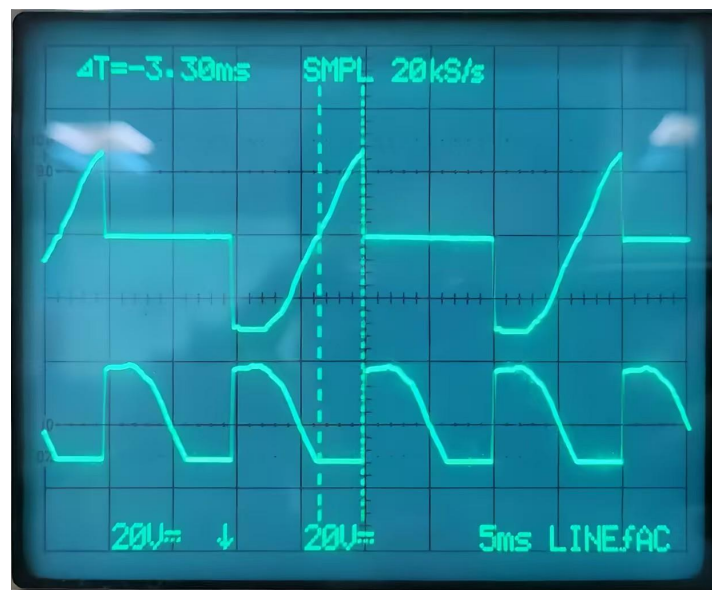


图 2.5 U_d 、 U_{VT} 波形 ($\alpha = 60^\circ$)

当 $\alpha = 90^\circ$ ，输出直流电压 U_d 、晶闸管电压 U_{VT} 波形如图 2.6 所示 (U_{VT} 在上； U_d 在下，经过反向操作)。

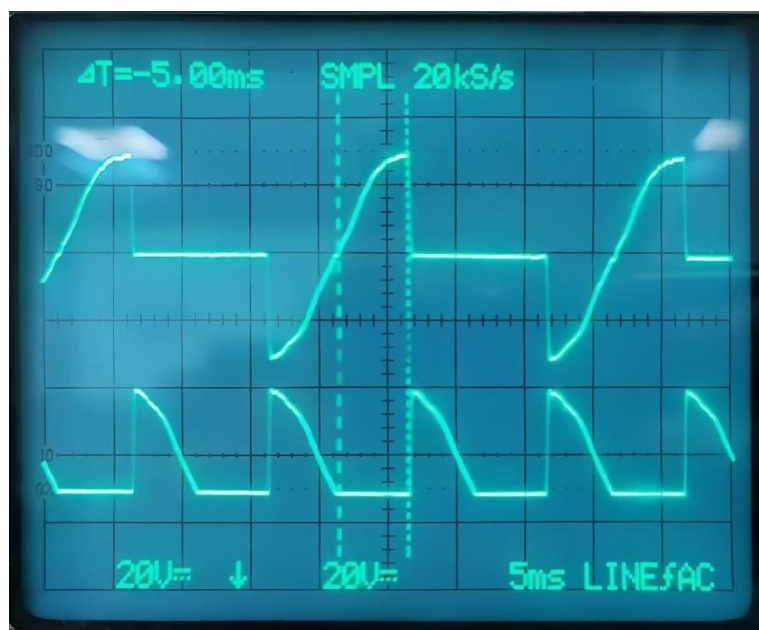


图 2.6 U_d 、 U_{VT} 波形 ($\alpha = 90^\circ$)

(3) **选做：**单相桥式半控整流电路，失控波形和加入续流二极管后的波形

失控状态如图 3.1 所示， U_d 半周期为正弦，半周期保持为零； U_{VT} 始终导通，保持为零。

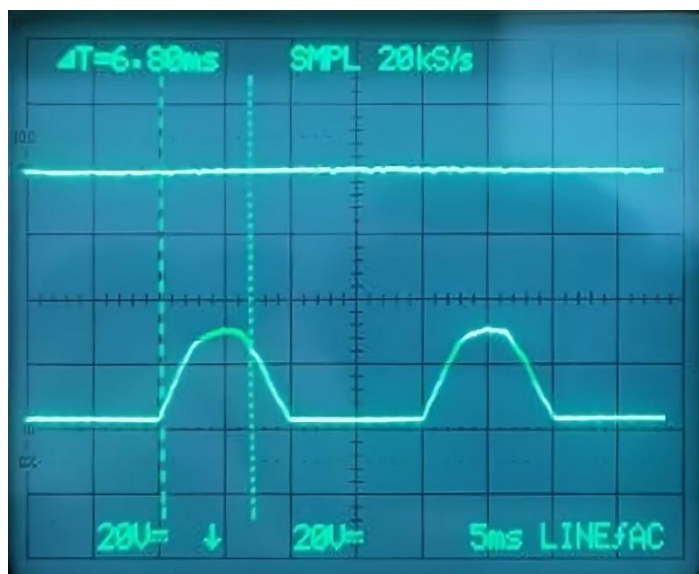


图 3.1 U_d 、 U_{VT} 失控波形

加入续流二极管后，消除失控状态，得到波形如图 3.2 所示。

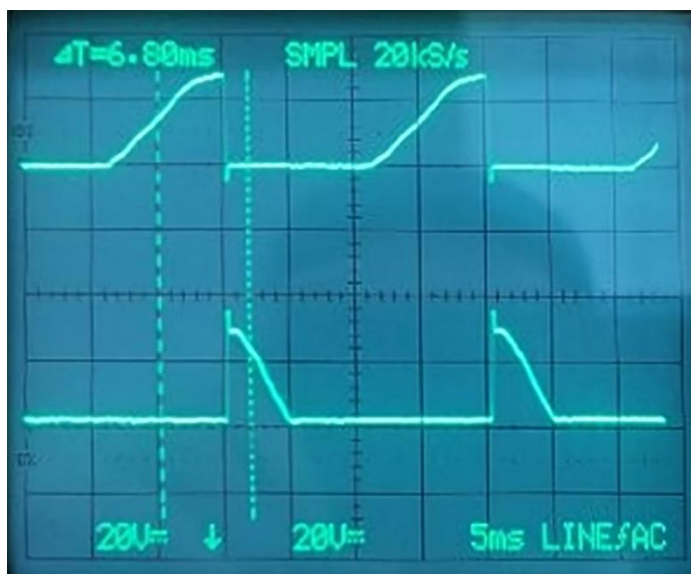


图 3.2 续流二极管后 U_d 、 U_{VT} 波形

六、实验结果与分析

1、实验波形分析

(1) 电阻性负载

电阻性负载下， U_d 、 U_{VT} 理论波形如图 1.6 所示，晶闸管不导通时，无输出电流情况下两端电压为相电压，有输出电流情况下为线电压。实验记录波形与理论基本符合。

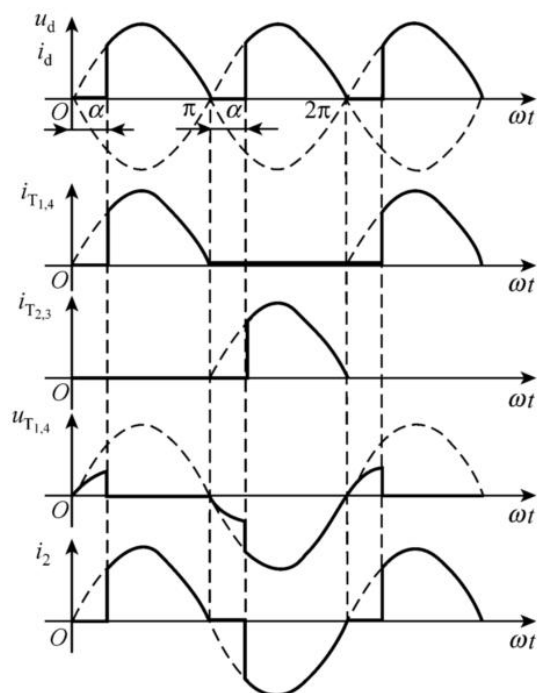


图 1.6 U_d 、 U_{VT} 波形示意图（电阻性负载）

（2）电阻电感性负载

电阻电感性负载下，负载电感 L_d 中感应电势 e_L 的作用，使得交流电压过零时晶闸管不会关断，不接续流二极管时 U_d 、 U_{VT} 理论波形如图 2.7 所示，输出电压出现负值，晶闸管不导通时两端电压均为线电压。与理论相比，实验记录波形中，电压过零时仍会基本维持为 0，在 $\alpha=60^\circ$ 与 $\alpha=90^\circ$ 情况下会出现负向电压，这是因为实验所用电感不够大，无法达到电流连续效果。

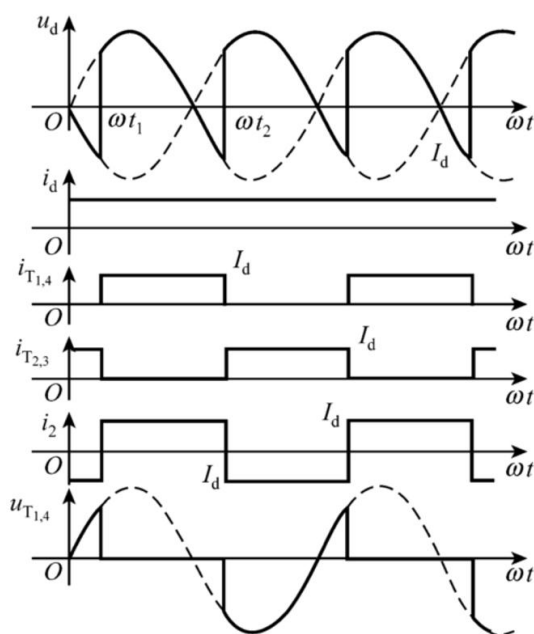


图 2.7 U_d 、 U_{VT} 波形示意图（电阻电感性负载、不接续流二极管）

接续流二极管时 U_d 理论波形如图 2.8 所示。 U_d 、 U_{VT} 理论波形与电阻性负载相同，实验记录波形与理论基本符合。

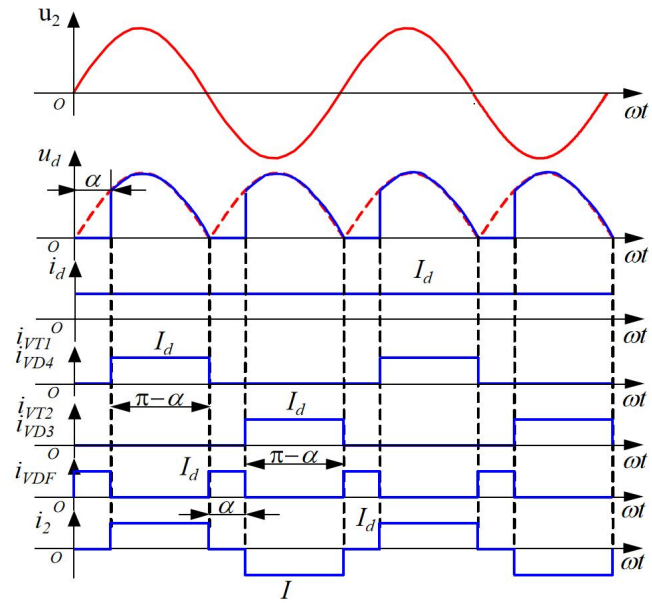


图 2.8 U_d 波形示意图（电阻电感性负载、接续流二极管）

2、电阻性负载、电阻电感性负载时 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 的曲线

（1）电阻性负载

带电阻性负载时 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 的曲线如图 1.7 所示。

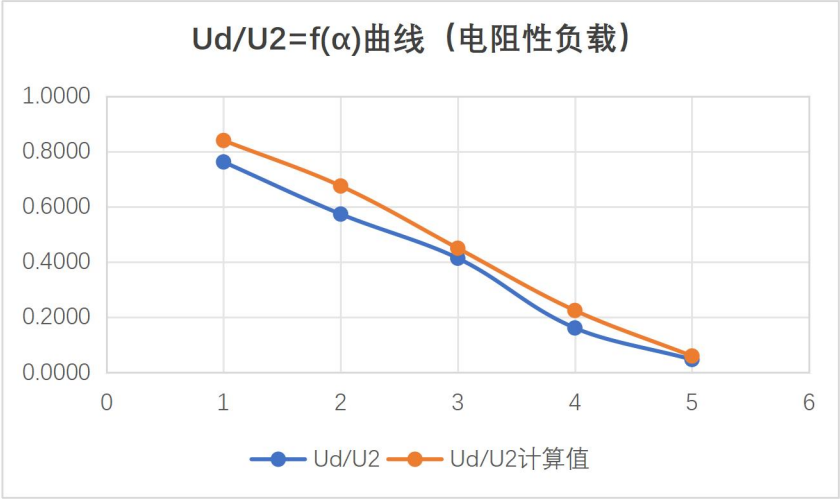


图 1.7 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 曲线（电阻性负载）

（2）电阻电感性负载

A、未接续流二极管

带电阻电感性负载、未接续流二极管时 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 的曲线如图 2.9 所示。

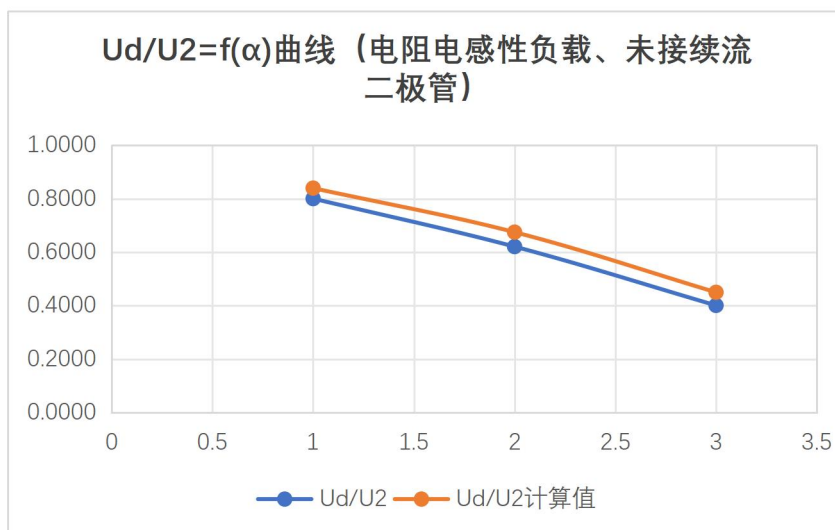


图 2.9 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 曲线（电阻电感性负载、未接续流二极管）

B、接续流二极管

带电阻电感性负载、接续流二极管时 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 的曲线如图 2.10 所示。

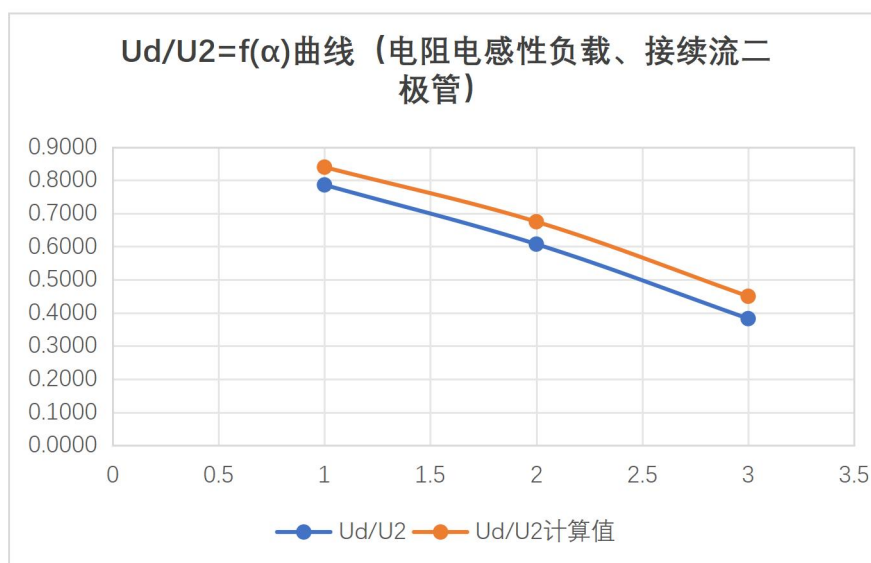


图 2.10 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 曲线（电阻电感性负载、接续流二极管）

由图可见，记录值波形基本符合计算值波形，显示余弦函数特征，实验基本符合预期。可以观察到实际 $U_d/U_2=f(\alpha)$ 普遍小于计算值，说明实际输出直流电压偏小，与电路损耗有关，电路中的导线、晶闸管等元件存在电阻，会产生电压降，使得实际输出电压降低。

2、分析续流二极管对消除失控现象的作用

以电路左上的晶闸管 VT1 为例， U_2 刚从负半周转为正半周时，晶闸管保持导通，出现失控现象，此时的 $U_d=U_2$ 。但有续流二极管的情况下，在 U_2 处于负半周而右上的晶闸管未导通时，续流在续流二极管上进行，左上晶闸管关闭。即使右上晶闸管触发脉冲丢失， U_2 刚从负半周转为正半周时，左上晶闸管依然关闭状态， U_d 为 0，不会出现失控现象。

七、思考、心得与体会

1、实验心得与体会

通过本次实验，我对单相桥式半控整流电路不同负载条件下的电路工作特性有了更深入的理解，让我对电路的基本工作原理有了直观的认识，不仅巩固了理论知识，还提高了动手操作能力和对实验数据的分析处理能力。实际测量与理论计算值的差异让我意识到理论计算只是理想情况下的参考，实际应用中需要考虑各种因素对电路性能的影响。在实验过程中，我遇到了一些数据记录不准确、接线接触不良的问题，通过反复调试和与同学讨论解决，让我明白与同学的交流协作能够帮助我更好地完成实验任务，拓宽思路。我将继续加强实验技能的培养，提高对电路分析和设计的能力，为今后学习打下坚实的基础。

2、思考题：

(1) 单相桥式半控整流电路在什么情况下会发生失控现象？

若无续流二极管，当 α 突然增大至 180° 或触发脉冲丢失时，会发生一个晶闸管持续导通而两个二极管轮流导通的情况。这使得 U_d 的波形半周期为正弦，另外半周期为零，其平均值保持恒定，这样的波形称为不可控波形，此时电路发生失控现象。

(2) 在加续流二极管前后，单相桥式半控整流电路中晶闸管两端的电压波形如何？

加续流二极管之前，晶闸管在导通时两端电压为 0；电源电压变为负之后，理论上由于负载中电感的存在仍有电流通过，晶闸管仍然导通，晶闸管两端电压波形在负半周时一直为零；待另一只晶闸管导通后关断，两端电压为电源线电压。实际实验中由于电感不够大，电压过零时电流仍出现断续现象，电流为 0 时两端电压为电源相电压，出现反向电流时两端电压为电源线电压。

加入续流二极管之后，晶闸管在导通时两端电压为 0；电压变为负之后，电感的电流经过续流二极管续流，晶闸管得以关断，晶闸管两端的电压波形随着输入电压的变化而变化。