

浙江大学实验报告

专业： 电子信息工程

姓名： 邢毅诚

学号： 3190105197

日期： 2021-10-22

地点： 教二-125

课程名称： 电力电子技术

指导老师： 余勇祥

成绩：

实验名称： 三相桥式全控整流及有源逆变

实验类型： 验证实验

同组学生姓名： 王斌浩

一、 实验目的

1. 熟悉 TC787 三相移相触发电路的内部结构和工作原理。
2. 掌握 TC787 三相移相触发电路的调试步骤和方法。
3. 熟悉三相桥式全控整流及有源逆变电路的接线及工作原理。

二、 实验内容

1. 了解 TC787 三相移相触发电路的结构、原理、调试步骤和方法。
2. 三相桥式全控整流电路，观察整流三相桥式全控整流时电路的波形。
3. 三相桥式有源逆变电路，观察逆变状态下电路的波形。

三、 实验设备及仪器

1. MPE-I 电力电子探究性实验平台
2. NMCL-33E 触发电路和晶闸管主电路
3. NMCL-35 三相组式变压器
4. NMCL-331 阻容吸收和电抗器
5. NMCL-03D 可调电阻盘
6. NMCL-31B-A 直流电表
7. 示波器
8. 万用表

四、 实验内容与实验数据

1. TC787 触发电路

TC787 触发电路的电路图如下图所示：

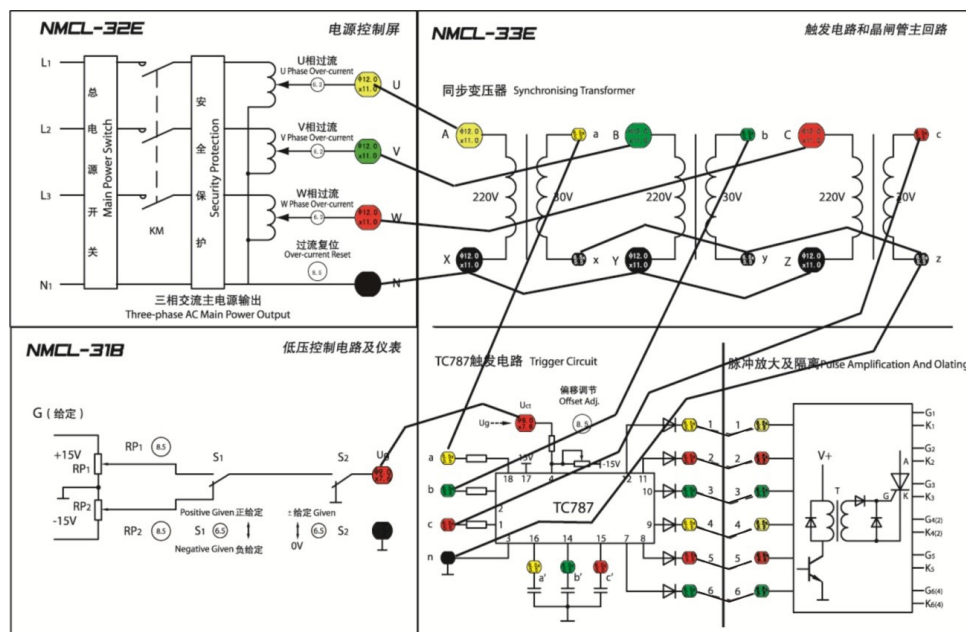


图 1: 触发电路接线图

按照对应电路图进行接线，合上“实验台总电源开关”，按下“电源开关”绿色的闭合按钮，观察三相交流主电源电压表，调节实验台左侧面的三相调压器，使三相电压表所指示的线电压值为 150V。将 NMCL-31B 面板上的拨动开关：低压电源开关和 S1、S2 都向上拨，将 RP1 给定电压“ U_g ”调到 0V，用示波器观察 NMCL-33E 挂箱面板上相应部分的波形，测得波形如下图所示：

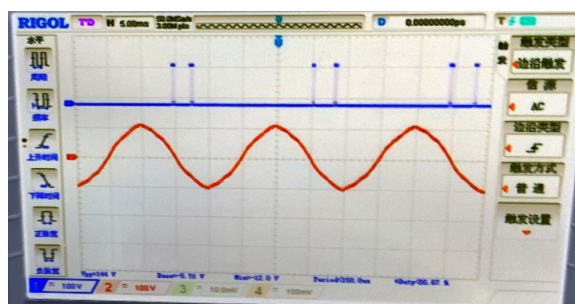


图 2: TC787 出发电路波形

其中，上方的信号便是触发信号，由于晶闸管在触发导通后，即使去掉控制信号，也能维持导通状态，且输出信号不能做到输出波形稳定，因此采用这种方式输出脉冲信号。

当“ U_g ”为 0 时，触发角 $\alpha = 150^\circ$ ，随着 U_g 增加， α 将逐渐减小，当 U_g 约为 4.5V 时， $\alpha = 90^\circ$

2. 三相桥式有源逆变

三相桥式有源逆变的电路图如下图所示：

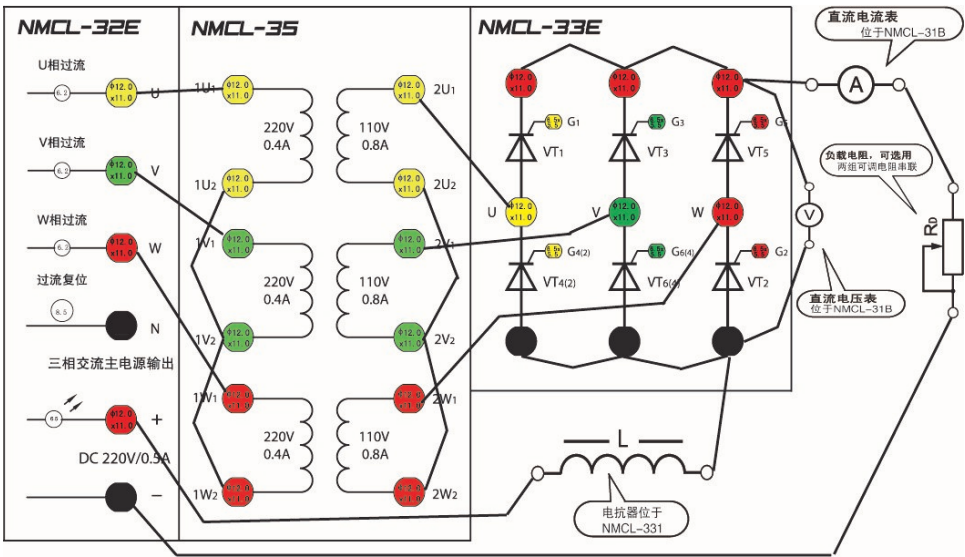


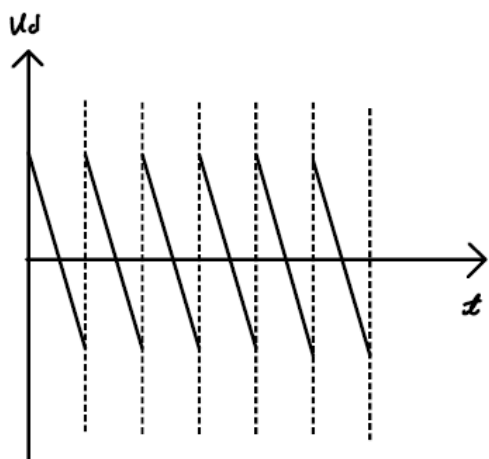
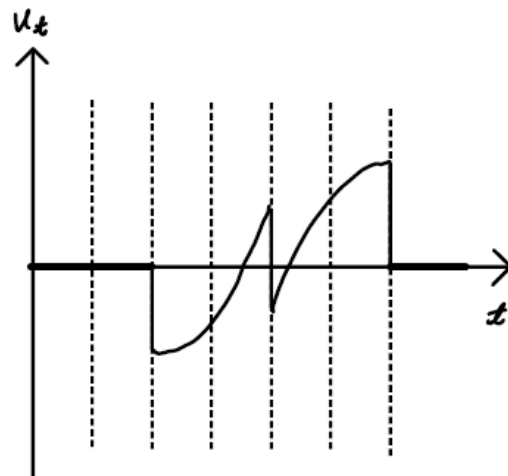
图 3: 三相桥式有源逆变

按照对应电路图进行接线，将 NMCL-318 给定电压 “U_g” 调到 0V，闭合 NMCL-32E 上的 “绿色” 按钮，合上主电源。调节 U_g，用示波器观察记录 $\alpha = 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ 时，整流输出电压波形 u_d 、晶闸管两端电压波形 u_T ，记录相应的 U_d 和交流输入电压 U_2 数值，测量得到数据如下图所示：

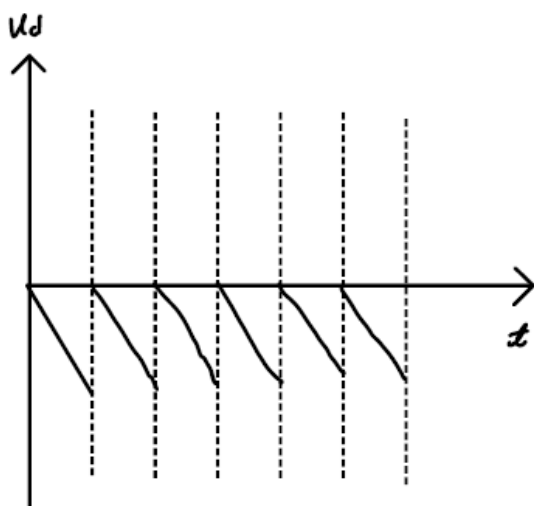
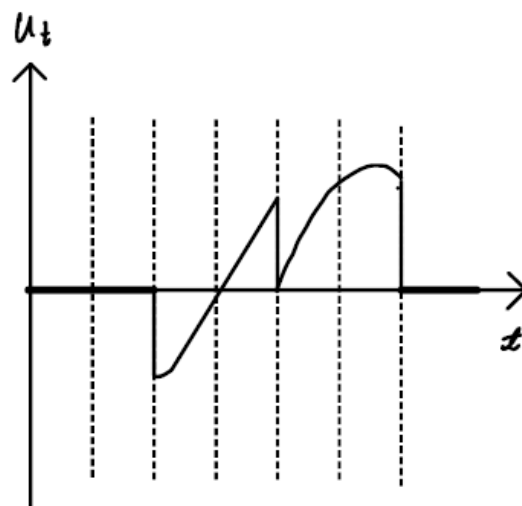
α	90°	120°	150°
U_d/V (实测)	0	-61	-108
U_2/V	49	51	52
U_d/V (理论)	0	-60	-105

表 1: 三相桥式有源逆变数据

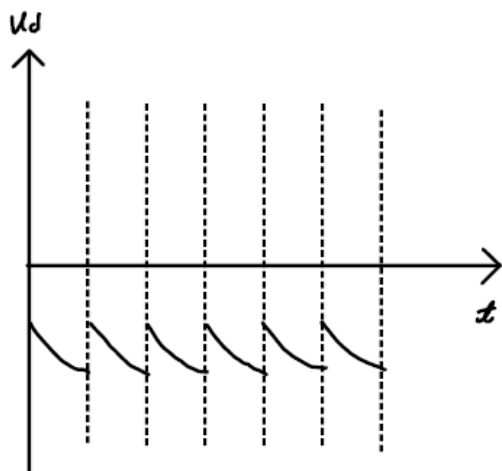
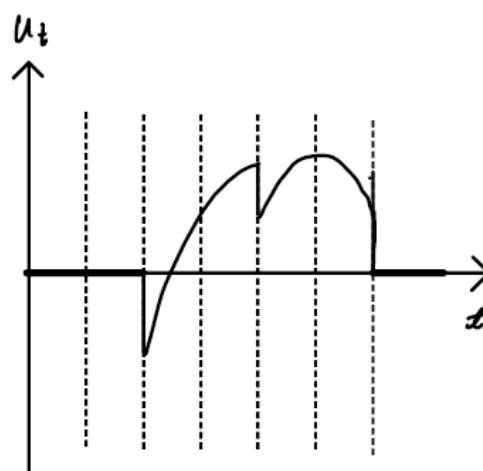
测得 90° 时的波形图如下图所示：

图 4: 整流输出电压波形 $u_d(\alpha = 90^\circ)$ 图 5: 晶闸管电压波形 $u_t(\alpha = 90^\circ)$

测得 120° 时的波形图如下表所示：

图 6: 整流输出电压波形 $u_d(\alpha = 120^\circ)$ 图 7: 晶闸管电压波形 $u_t(\alpha = 120^\circ)$

测得 150° 时的波形图如下图所示：

图 8: 整流输出电压波形 $u_d(\alpha = 150^\circ)$ 图 9: 晶闸管电压波形 $u_t(\alpha = 150^\circ)$

3. 三相桥式全控整流

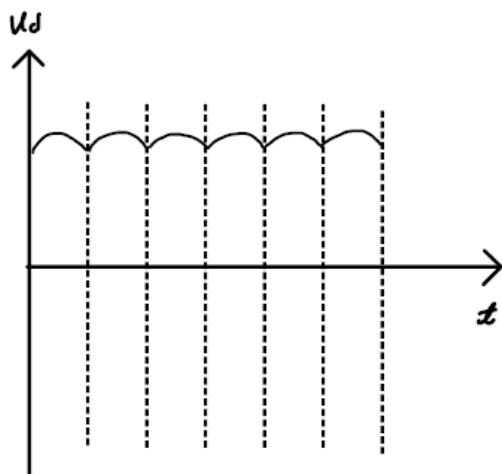
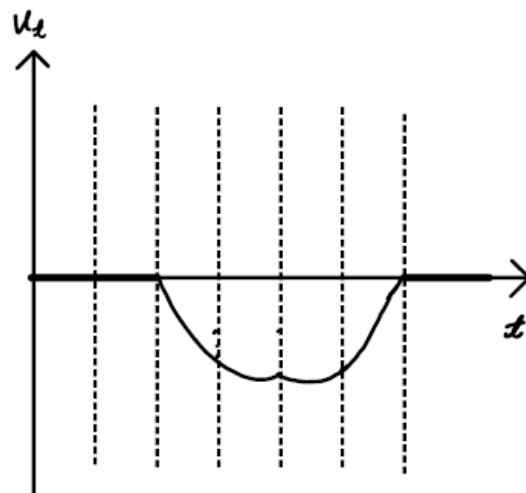
三相桥式全空整流的电路图与三相桥式有源逆变的电路图相同，按照对应电路图进行接线，将 NMCL-318 给定电压 “U_g” 调到 0V，闭合 NMCL-32E 上的 “绿色” 按钮，合上主电源。调节 U_g，用示波器观察记录 $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 70^\circ$ 时，整流输出电压波形 u_d 、晶闸管两端电压波形 u_t ，记录相应的 U_d 和交流输入电压 U_2 数值，测量得到数据如下图所示：

测量得到数据如下图所示：

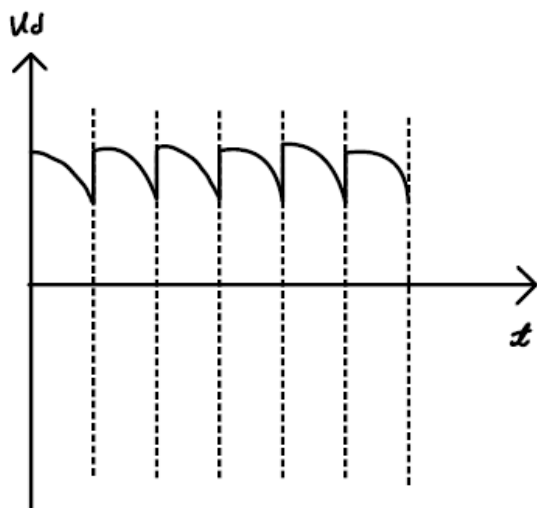
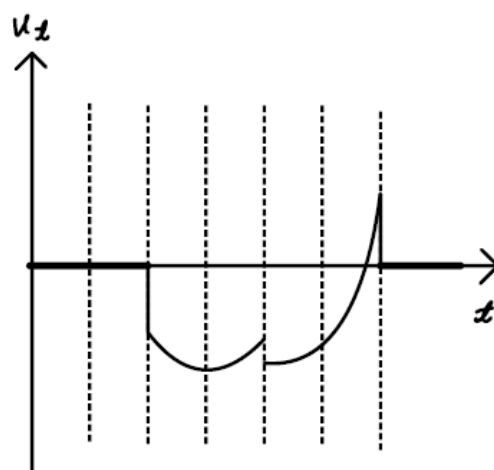
α	0°	30°	60°
U_d/V (实测)	108	94	52
U_2/V	48	48	49
U_d/V (理论)	112	97	56

表 2: 三相桥式全控整流

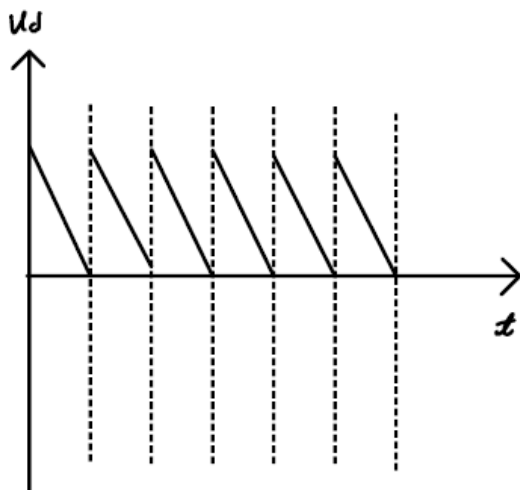
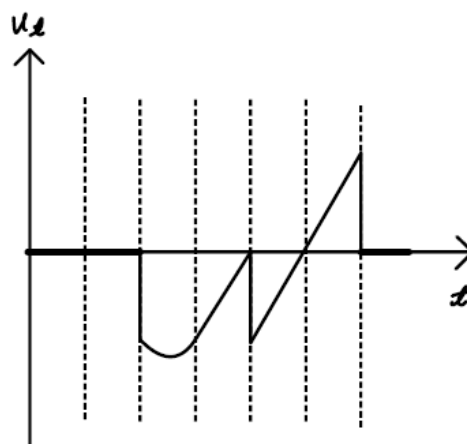
测得 0° 时的波形图如下图所示：

图 10: 整流输出电压波形 $u_d(\alpha = 0^\circ)$ 图 11: 晶闸管电压波形 $u_t(\alpha = 0^\circ)$

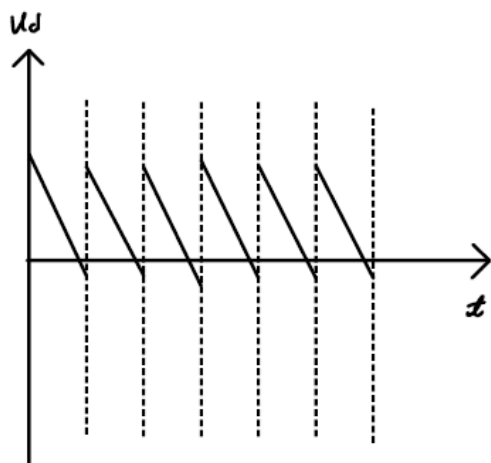
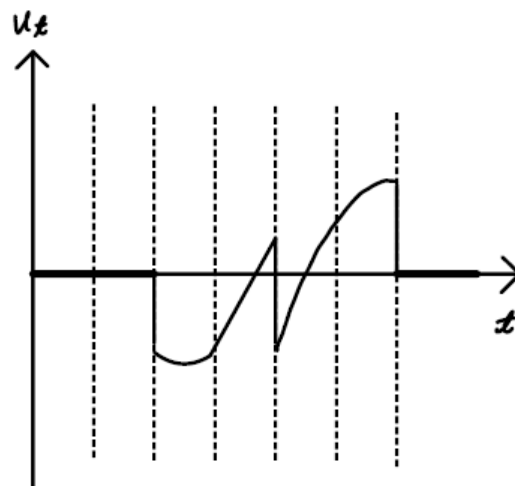
测得 30° 时的波形图如下表所示：

图 12: 整流输出电压波形 $u_d(\alpha = 30^\circ)$ 图 13: 晶闸管电压波形 $u_t(\alpha = 30^\circ)$

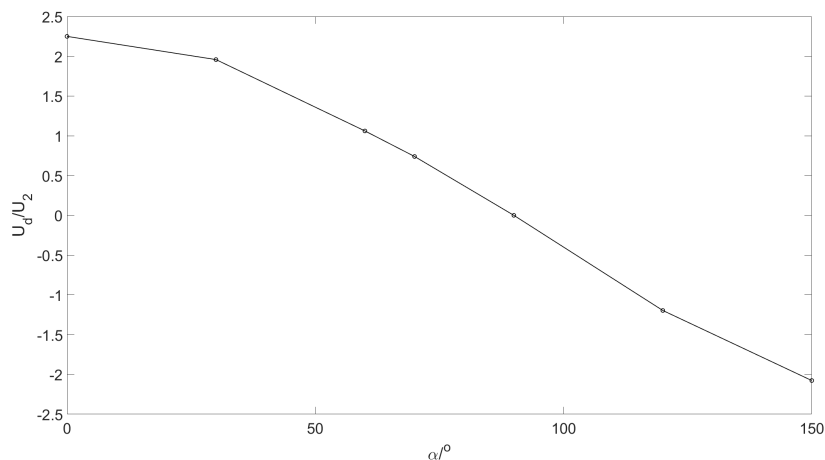
测得 60° 时的波形图如下图所示：

图 14: 整流输出电压波形 $u_d(\alpha = 60^\circ)$ 图 15: 晶闸管电压波形 $u_t(\alpha = 60^\circ)$

测得 90° 时的波形图如下图所示：

图 16: 整流输出电压波形 $u_d(\alpha = 90^\circ)$ 图 17: 晶闸管电压波形 $u_t(\alpha = 90^\circ)$

根据所测得数据，绘制三相桥式全空整流电路的输入-输出特性 $U_d/U_2 = f(\alpha)$ 曲线如下图所示：

图 18: $U_d/U_2 = f(\alpha)$

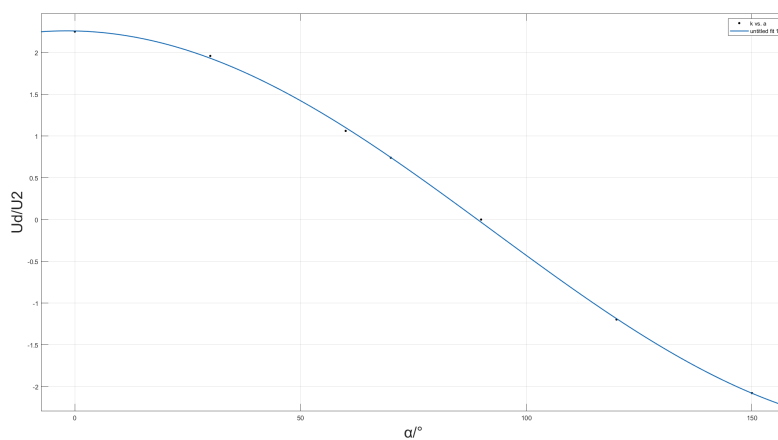
根据所学知识，我们可以推导得：

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sqrt{6}U_s \sin(\omega t + \frac{\pi}{6}) d\omega t = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_s \cos\alpha \quad (1)$$

即：

$$\frac{U_d}{U_2} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot \cos\alpha \quad (2)$$

根据式子，使用 cftools 工具对其进行拟合，拟合图像如下图所示：

图 19: $U_d/U_2 = f(\alpha)$ 拟合曲线

拟合曲线如下：

$$\frac{U_d}{U_2} = -0.123 + 2.381\cos(0.01669\alpha) - 0.07153\sin(0.01669\alpha) \quad (3)$$

将角度值转换为弧度制后，可得拟合曲线：

$$\frac{U_d}{U_2} = -0.123 + 2.381\cos(0.956\alpha) - 0.07153\sin(0.956\alpha) \quad (4)$$

与理论曲线大致相同，可以认为实验结果正确。

五、 思考题

1. 三相桥式全控整流及有源逆变电路，为什么对进线电压和触发脉冲，有相位关系的要求？

由于相位角 α 的计算，便是根据进线电压以及触发脉冲的相位差计算而来。因此，如果进线电压和触发脉冲之间没有严格的相位关系，那么相位角 α 也无法确定大小。

2. 实验中，如何正确判断移相触发角 α 的大小？

通常来讲，可以通过第一个实验，根据 U_g 以及输出电压的波形判断相位角 α ，如当 $U_g=4.5V$ 时， $\alpha=90^\circ$ 。但在实际实验中我们发现，使用这种方法判断相位角不仅十分繁琐，而且在实际测量时所测得的角度并不是十分准确。因此，可以在三相桥式有源逆变以及三相桥式全控整流电路中，通过测量 U_d 和 U_t 的相位差以获得相位角 α

3. $\alpha=70^\circ$ 时，电阻-电感负载下和电阻负载下的输出电压波形 u_d ，会有什么不同。

左下图为电感-电阻负载下的输出电压波形，右下图为电阻负载下的输出电压波形。

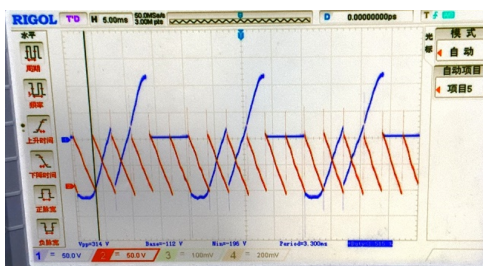


图 20: 电感-电阻负载输出波形

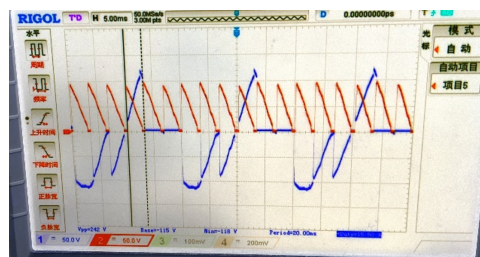


图 21: 电阻负载输出波形

可以发现，在电阻负载时， $u_d < 0$ 部分的电压波形被截断，原因在于没有电感提供电压，晶闸管关断，进而导致在电阻负载的情况下，电压小于 0 的部分的波形被阻断。

六、 心得与体会

在本次实验中，我们进行了三相桥式全空整流及有源逆变电路的相关实验。在实验的过程中，我了解到了如何通过触发脉冲以及相电压的波形去测量相位角 α ，同时进一步加深了自己对交流-直流整流相关技术的了解。