

浙江大学实验报告

专业： 电子信息工程

姓名：

学号：

日期： 2022.10.21

地点： 教二 125

课程名称： 电力电子技术 I 指导老师： 马皓/王正仕/石健将 成绩：

实验名称： 三相桥式全控整流及有源逆变电路 实验类型： 验证性 同组学生姓名： 郭涛

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式步骤和方法
3. 掌握三相桥式全控整流及有源逆变电路的接线及工作原理

实验内容

1. 了解 TC787 三相移相触发电路的结构、原理、调式步骤和方法
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

实验电路图

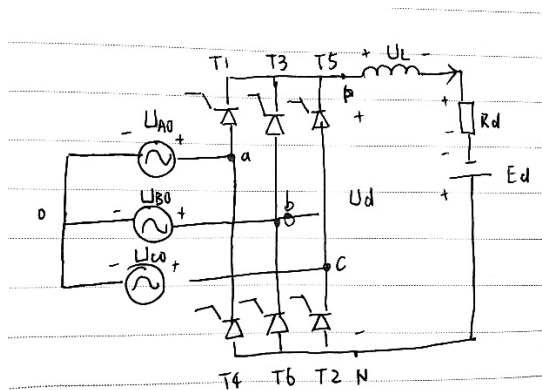


图 1. 三相桥式有源逆变

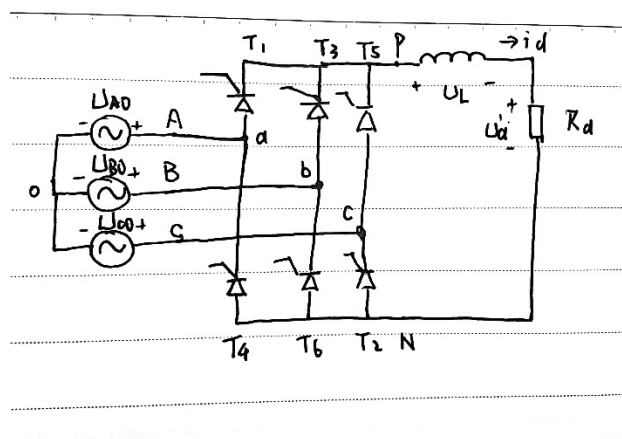


图 2. 三相桥式全控整流 电阻-电感负载

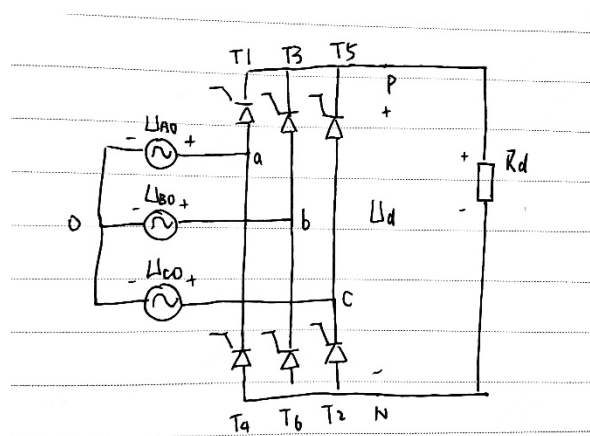


图 3. 三相桥式全控整流 电阻负载

实验结果

一、三相桥式有源逆变

按照要求接好电路后，将 NMCL-318 给定电压 U_g 调节至 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° 、 150° 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_g 和交流输入电压 U_2 数值，并与理论计算值比较。

α	90°	120°	150°
$U_d(\text{实测})/\text{V}$	4	-58	-104V
U_2/V	48	51	52

$U_d(\text{理论}) / V$	0	-59.65	-105.34
----------------------	---	--------	---------

表 1. 三相桥式有源逆变实验数据

$\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 120^\circ$

$\alpha =150^{\circ}$

二、三相桥式全控整流

按照要求接好电路后，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° 、 60° 、 70° 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_g 和交流输入电压 U_2 数值，并与理论计算值比较。

α	0°	30°	60°	70°
$U_d(\text{实测})/\text{V}$	107	97	60	37
U_2/V	47.5	47.9	49	49.7
$U_d(\text{理论})/\text{V}$	111.10	97.03	57.31	39.76

表 2. 三相桥式全控整流负载电感电阻实验数据

三相桥式全控整流负载为电感电阻波形图：

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\alpha = 70^\circ$$

三相桥式全控整流负载为全电阻波形图：
 $\alpha = 70^\circ$

实验结果分析

一、 三相桥式有源逆变

通过直流电压表测量负载两端电压 U_d ，记录数据；再通过万用表直接测量交流输入电压 U_2 ；在三相桥式有源逆变电路中，理论值

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2$$

α	90°	120°	150°
$U_d(\text{实测})/\text{V}$	4	-58	-104
$U_d(\text{理论})/\text{V}$	0	-59.65	-105.34
相对误差%	\	-2.77%	-1.27%

表 3. 三相桥式有源逆变实验处理数据

发现实际实验中理论值和实测值相近，但是略有偏差，误差来源可能是电压表和万用表精度不准，存在一定的偏差；也有实际电压值一直在波动造成的偏差；理论值推导时有用到电感值趋近无穷大的条件，但在实际实验中无法做到，所以也会存在误差；

二、 三相桥式全控整流

通过直流电压表测量负载两端电压 U_d ，记录数据；再通过万用表直接测量交流输入电压 U_2 ；在三相桥式有源逆变电路中，理论值

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2$$

α	0°	30°	60°	70°
$U_d(\text{实测})/\text{V}$	107	97	60	37
$U_d(\text{理论})/\text{V}$	111.10	97.03	57.31	39.76
相对误差%	-3.69%	-0.31%	4.70%	-6.94%

表 4. 三相桥式全控整流负载电感点组实验处理数据

发现是实际实验中，理论值和实测值之间存在一定的偏差；原因可能是三相电源端并不是理想电源，还存在电感、电阻的干扰，从实测的波形图也可以发现波形中有一小片段的波形存在换流，这说明电源端存在电感干扰；其次，电压表和万用表精度不高也会有影响；试验次数较少也会引入偶然误差。

实验现象讨论

一、实验波形讨论

观察书本的波形和实际实验得到的波形，发现类似，验证了波形的正确性。有源逆变得到的三组波形中，因为移相触发角都大于等于 90° ，所以负载 U_d 会有一部分为负电压， 90° 时 U_d 会被坐标轴对半分， 120° 时 U_d 的最大值会刚好出现在坐标轴上， 150° 时晶体管 u_T 会有 30° 的角度波形在坐标轴下方，负载 u_d 的波形则会全部都在坐标轴的下方。

全控整流的四组实验中，因为移相触发角小于 90° 度，因为负载 u_d 的平均值会在坐标轴的上方，而且 60° 时会有 u_d 最小值落在坐标轴上， 30° 时晶体管 u_T 会有 30° 的波形出现在坐标轴上方， 0° 时波形就和书本上的一模一样，负载 u_d 以六分之一一个原周期进行波动，晶体管在导通时电压为 0，否则会负电压。

二、三相桥式全控整流电路的输入——输出特性

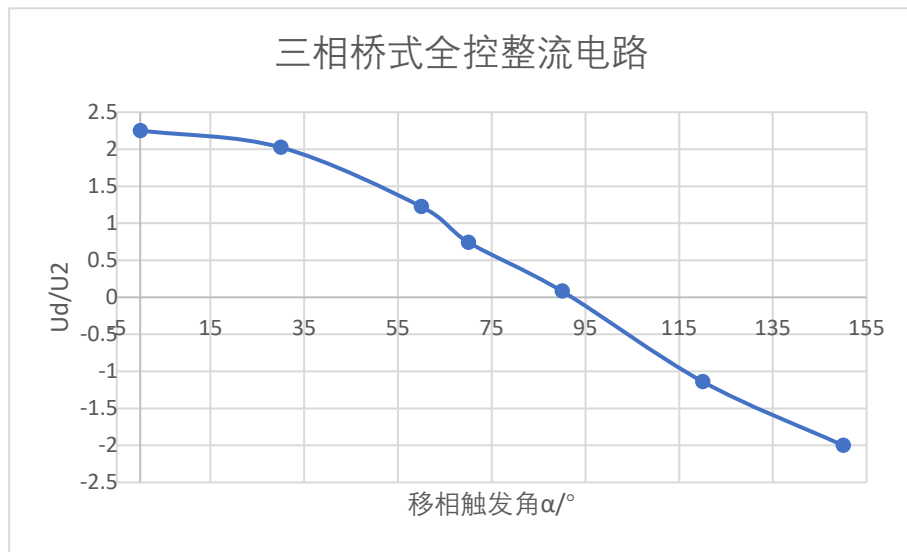


图 1. 三相桥式输入输出特性曲线

发现 $f(\alpha)$ 在 α 小于 90° 时会大于0，在 α 大于 90° 时会小于零，而且越接近 90° ， $f(\alpha)$ 的绝对值越小。理想波形应为

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

也可以发现实际的波形正弦性不错，和理论波形较为接近，形状类似于余弦函数

思考问题

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？

全控整流时移相触发角小于 90° ，有源逆变的移相触发角大于等于 90° ；因为当移相触发角大于 90° 后，负载电压就会小于零，全控整流的电路就会变成有源逆变。

2. 在实验中，如何正确判断移相触发角 α 的大小？

从波形上可以判断出一些特殊的移相触发角，普通的移相触发角需要使用 cursor 调出对应角度的时间片段，然后通过比对晶体管两端电压高于坐标轴或者低于坐标轴的角度大小和移相触发角的大小进行判断；特殊的移相触发角比如 90° ，负载两端电压波形会出现被坐标轴对半分的情况， 60° or 120° 时会出现负载电压最小值刚好落在坐标轴或者最大值刚好落在坐标轴上的情况，此时，就可以通过直接判断波形来判断是否达到了预期的移相触发角。

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

电阻电感负载下，会有 $u_d < 0$ 的波形部分，原因是此时电感电流存在续流，保持电路导通；但在纯电阻负载时，不会有 $u_d < 0$ 的波形部分，因为此时不存在电感电流续流的，所以当 u_d 等于0时，晶体管和二极管就会关断，不会保持电流，在负电压的情况下保持导通