

东南大学自动化学院

《电机与电力电子技术》仿真作业

作业名称：单相桥式电路仿真

作业次数：第1次

姓 名：邹滨阳

学 号：08022305

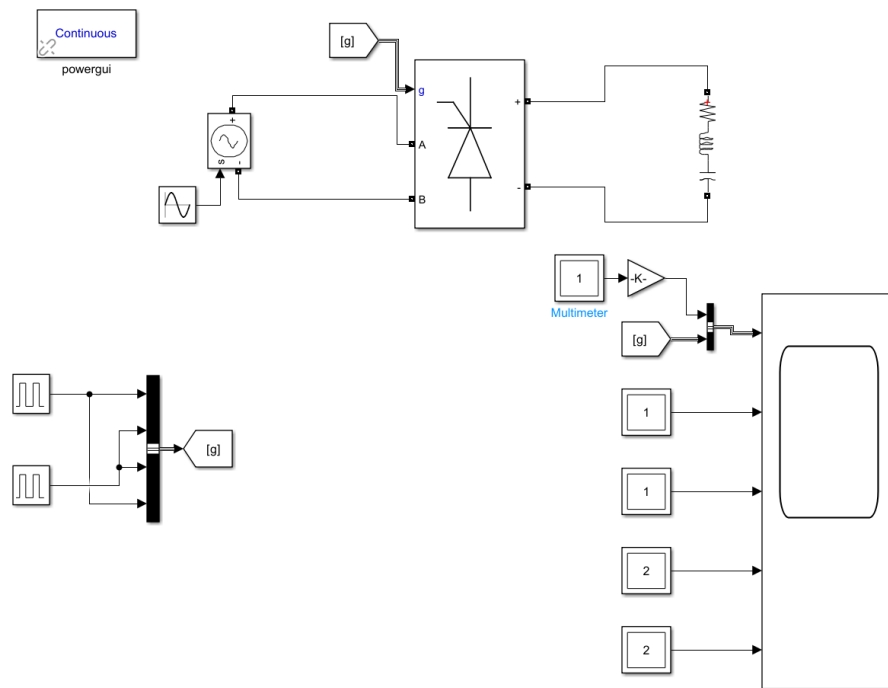
一. 作业目的

通过查找网上的资料，了解了各个元件的名称，同时通过查找的方式放置了相关元件，成功基于 matlab simscape 搭建单相半波可控整流电路，之后通过查看学长的建议，成功得到了仿真结果。

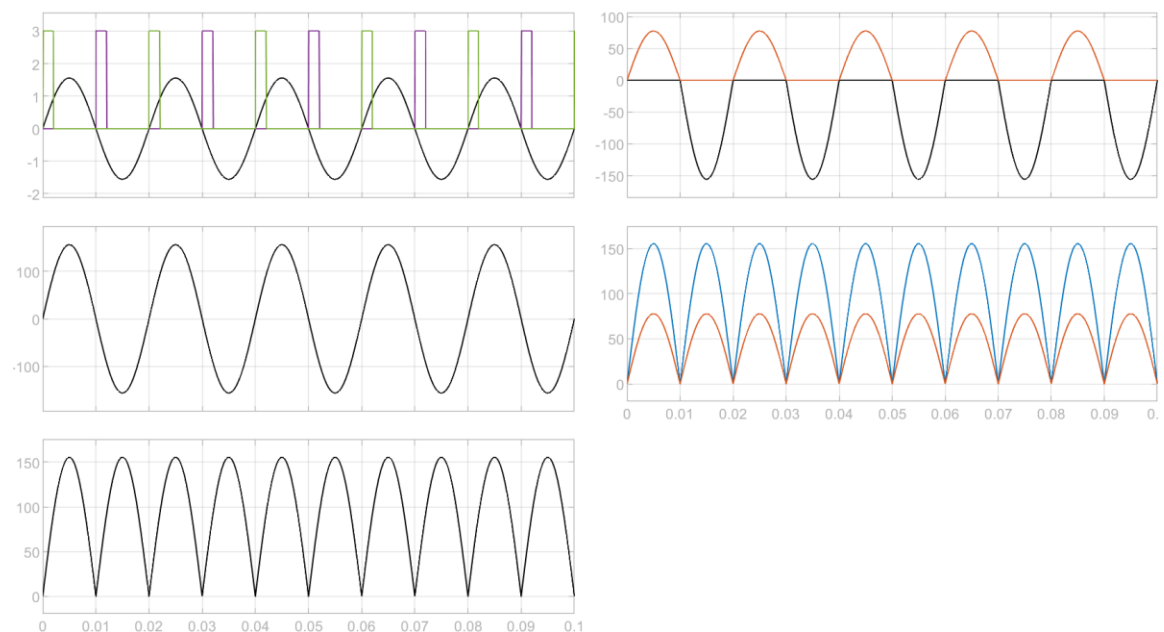
二. 完成情况

贴仿真模型和结果图，给出分析

- 1、必做：采用 matlab 整流电路集成模块，搭建基本“单相全控桥式整流”电阻负载电路，实现基本功能



$R=2\ \Omega$ $L=0\text{H}$ $C=0\text{F}$ 延迟角 $\alpha=0$ 时仿真后得到结果：



第一个图包括了输入电压 u_1 , 变压器转化后电压 u_2 , 触发电压 g_1 , 触发电压 g_2 。由于 α 的值为 0, 所以并没有出现延迟, 在每次出现正反变化时都会开启和关闭相关晶闸管。

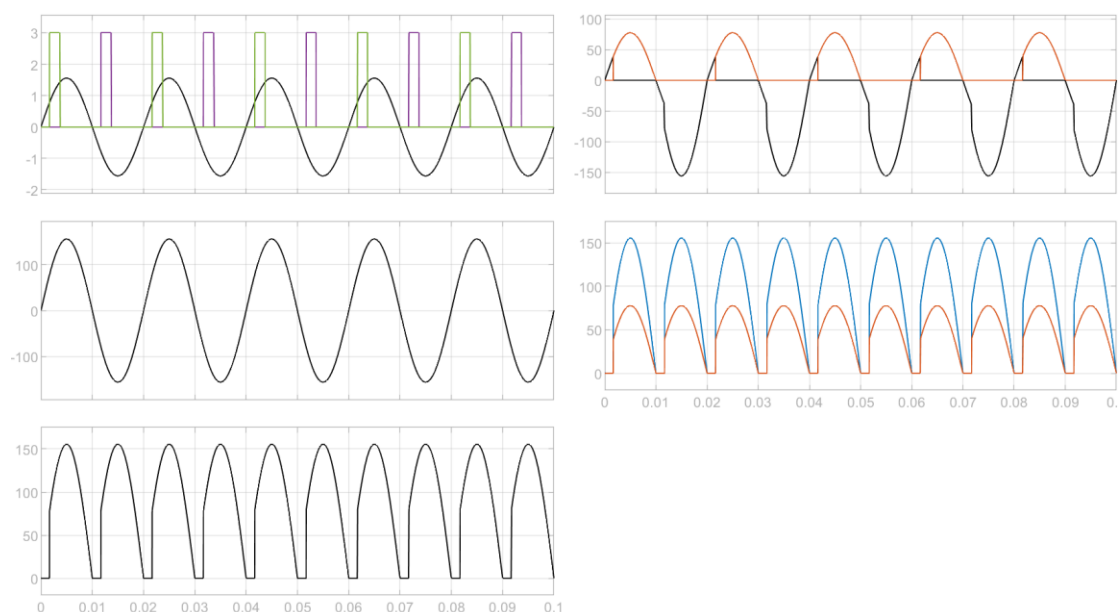
第二个图代表了经过 universal bridge 前的输入电压。

第三个图代表了经过 universal bridge 后的输出电压, 可以看出经过单相全控桥式整流后, 成功整流了输出恒为正。

第四个图表示了某一晶闸管的电压 u_{vt1} 和电流 i_{vt1} , 可以看出在关断时, 没有导通, 所以相当于断路, 电压与负载电压图像一致, 但是电流为 0, 而在导通时, 相当于短路, 没有电压, 但是有电流与负载电流一致。

第五个图代表了负载电压和负载电流, 可以看出还是基本呈现为正弦波, 同时由于电阻为 2, 所以有两倍关系。

延迟角 $\alpha = 30^\circ$ 时仿真后得到结果:



第一个图包括了输入电压 u_1 , 变压器转化后电压 u_2 , 触发电压 g_1 , 触发电压 g_2 。由于 α 的值为 30, 所以有相关延迟, 在每次出现正反变化延迟 30° 后都会开启和关闭相关晶闸管。

第二个图代表了经过 universal bridge 前的输入电压。

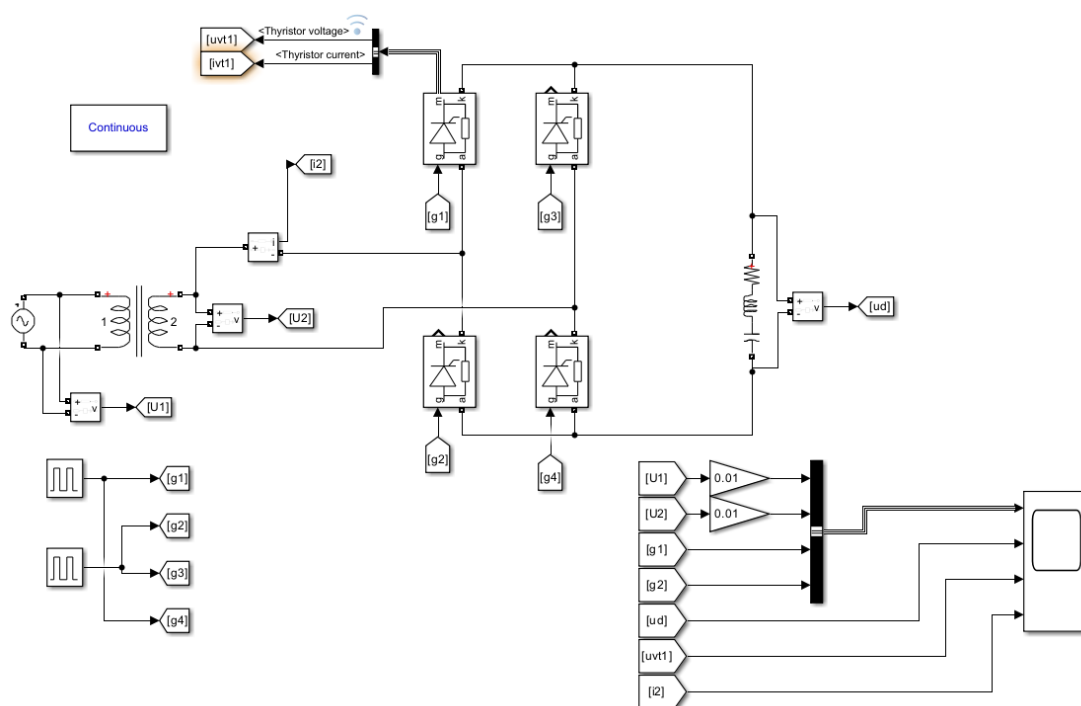
第三个图代表了经过 universal bridge 后的输出电压, 可以看出经过单相全控桥式整流后, 成功整流了输出恒为正, 但是在延时期期间, 由于没有导通, 所以没有电压。

第四个图表示了某一晶闸管的电压 u_{vt1} 和电流 i_{vt1} , 可以看出在关断时, 没有导通, 所以相当于断路, 电压与负载电压图像一致, 但是电流为 0, 而在导通时, 相当于短路, 没有电压, 但是有电流与负载电流一致。而正向部分, 由于四个晶闸管均关断, 所以分压, 电压为一半, 所以会与电流衔接上。

第五个图代表了负载电压和负载电流, 可以看出还是基本呈现为正弦波, 同时由于电阻为 2, 所以有两倍关系。但是由于延迟, 在 $0 \sim 30^\circ$ 期间晶闸管关断, 所以并没有电压, 但是一经触发, 立刻开通, 所以呈现导通, 构成如图所示的电压。

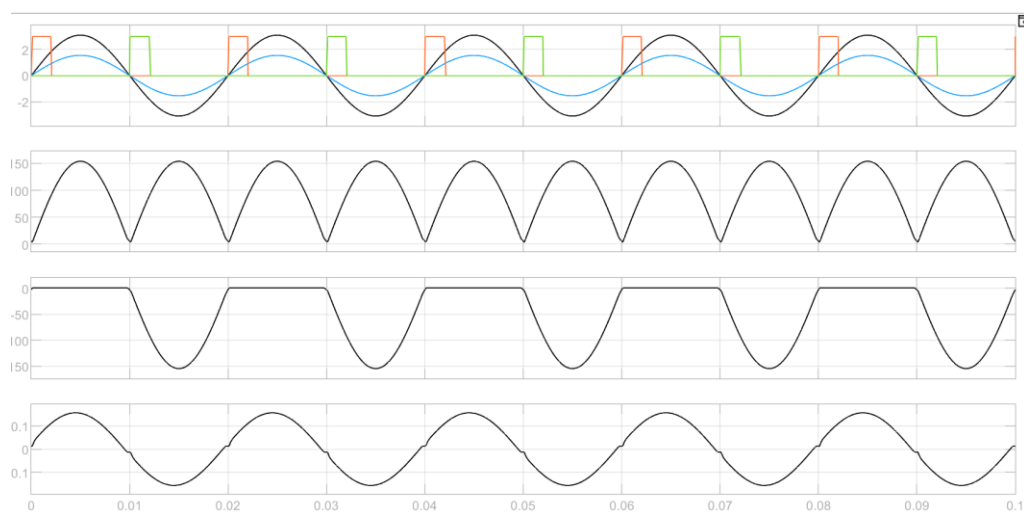
2、必做: 采用 matlab 分立元件 (晶闸管), 搭建基本 “单相全控桥式整流” 电

阻负载电路，实现基本功能



$R=1000\ \Omega$ $L=0H$ $C=0F$

延迟角 $\alpha = 0$ 时仿真后得到结果：

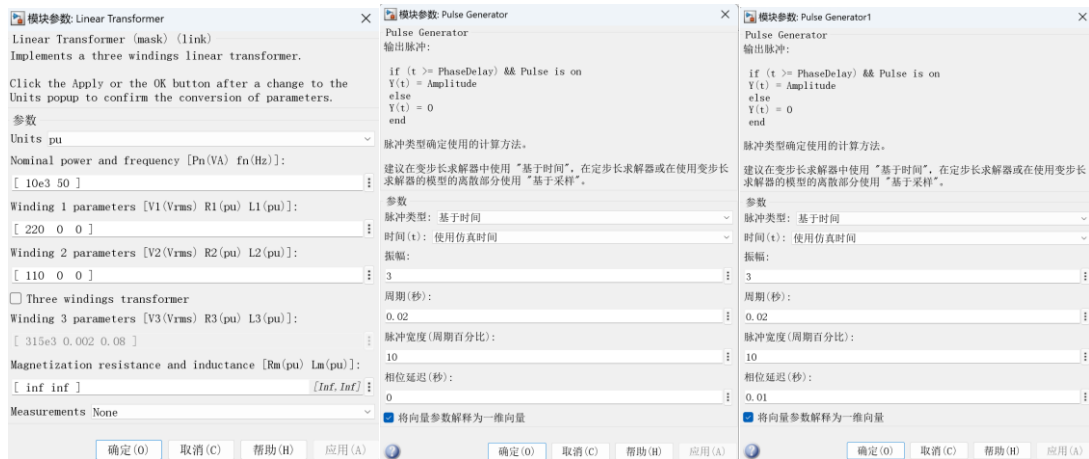


第一个图包括了输入电压 u_1 ，变压器转化后电压 u_2 ，触发电压 g_1 ，触发电压 g_2 。可以看到由于变压器数据如下，所以 u_2 为 u_1 的一半，由于 α 的值为 0，所以并没有出现延迟，在每次出现正负变化时都会开启和关闭相关晶闸管。

第二个图代表了输出电压 u_2 ，也是负载电压，可以看出经过单相全控桥式整流后，成功整流了输出恒为正。

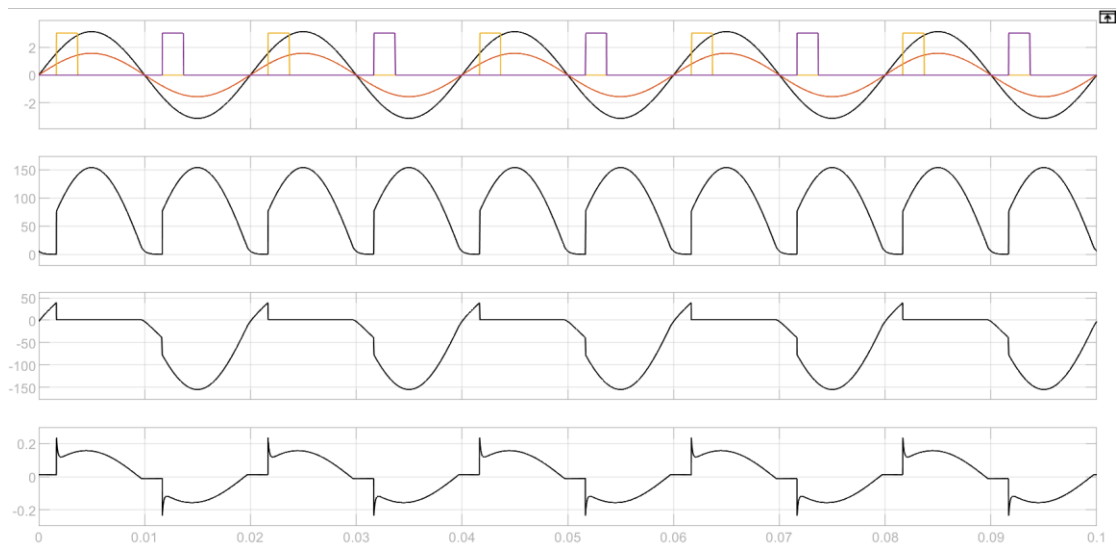
第三个图表示了左上晶闸管的电压 u_{vt1} ，可以看出在关断时，没有导通，所以相当于断路，电压与 u_2 图像一致，而在导通时，相当于短路，没有电压。

第四个图代表了电流 i_2 ，可以看出还是基本呈现为正弦波



变压器和两个触发电压， $\alpha = 0$

延迟角 $\alpha = 30$ 时仿真后得到结果：



第一个图包括了输入电压 u_1 ，变压器转化后电压 u_2 ，触发电压 g_1 ，触发电压 g_2 。由于 α 的值为 30，所以有相关延迟，在每次出现正负变化延迟 30° 后都会开启和关闭相关晶闸管。

第二个图代表了输出电压 u_2 ，也是负载电压，可以看出经过单相全控桥式整流后，成功整流了输出恒为正，但是由于延迟，在 $0 \sim 30^\circ$ 期间晶闸管关断，所以并没有电压，但是一经触发，立刻开通，所以呈现导通，构成如图所示的电压。

第三个图表示了左上晶闸管的电压 u_{vt1} ，可以看出在关断时，没有导通，所以相当于断路，电压与 u_2 图像一致，而在导通时，相当于短路，没有电压。而晶闸管在 g_2 触发时关断， g_1 触发时开通，所以截取的是这部分的图像。同时在负向部分，由于另外两个晶闸管导通，所以这是晶闸管电压等于副边电压。而在正向延迟部分，由于四个晶闸管均关断，所以会有分压，电压为二分之一。

第四个图代表了电流 i_2 ，受到了延迟角期间两个晶闸管都关断的影响，这时候没有电流，而在导通瞬间有跳变，然后回归正弦波。

产生疑问：为什么第一个仿真中没有出现这个毛刺，但是第二个仿真中出现毛刺



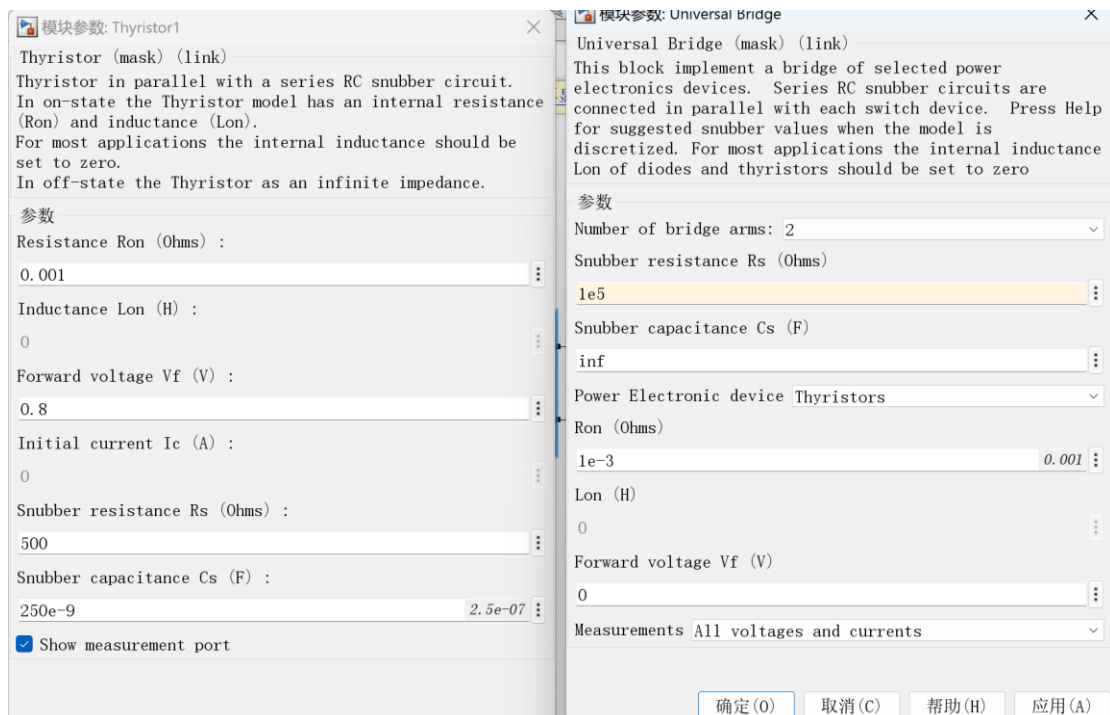
变压器和两个触发电压， $\alpha = 0$

三. 问题与解决方案

为什么第一个仿真中没有出现这个毛刺，但是第二个仿真中出现毛刺

四. 关于毛刺问题的探讨

在电力电子电路中，特别是在使用晶闸管（Thyristor）的整流电路里，"snubber resistance" R_s 是一个用来抑制电压和电流尖峰（spikes）的组件。这些尖峰通常是由电路中的寄生电感在晶闸管开关动作时产生的，因为电感对电流变化有抵抗作用，当电流突然中断时，会在电感两端产生很高的电压尖峰。



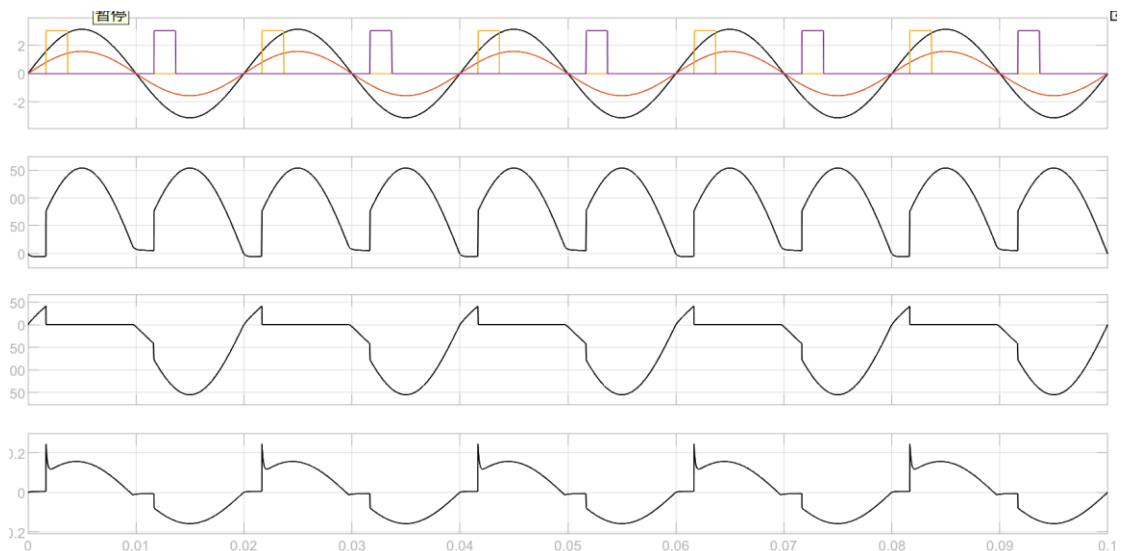
Snubber Resistance 的作用：

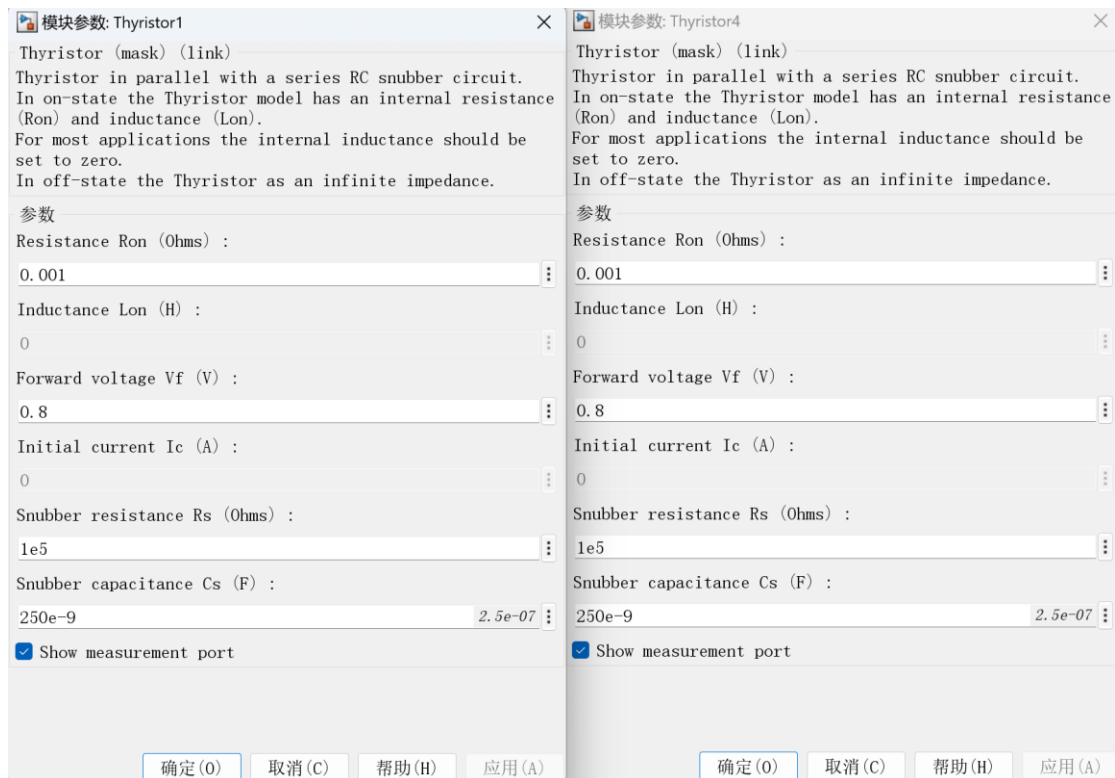
1. **抑制电压尖峰：**当晶闸管关断时，电路中的寄生电感会产生一个很高的反向电动势（反电动势），这个电压尖峰可能会损害晶闸管或其他电路组件。通过在晶闸管上并联一个适当大小的电阻 R_s ，可以限制这个电压尖峰。
2. **减少电流尖峰：**电阻 R_s 还有助于减少晶闸管导通时的电流尖峰。当晶闸管导通时，如果电路中有较大的电感，电流会迅速上升，形成电流尖峰。电阻 R_s 可以提供额外的电流路径，帮助减少这个尖峰。
3. **保护晶闸管：**由于晶闸管在关断时不能承受过高的电压， R_s 通过限制电压尖峰，有助于保护晶闸管不受损害。

Snubber Resistance 的影响：

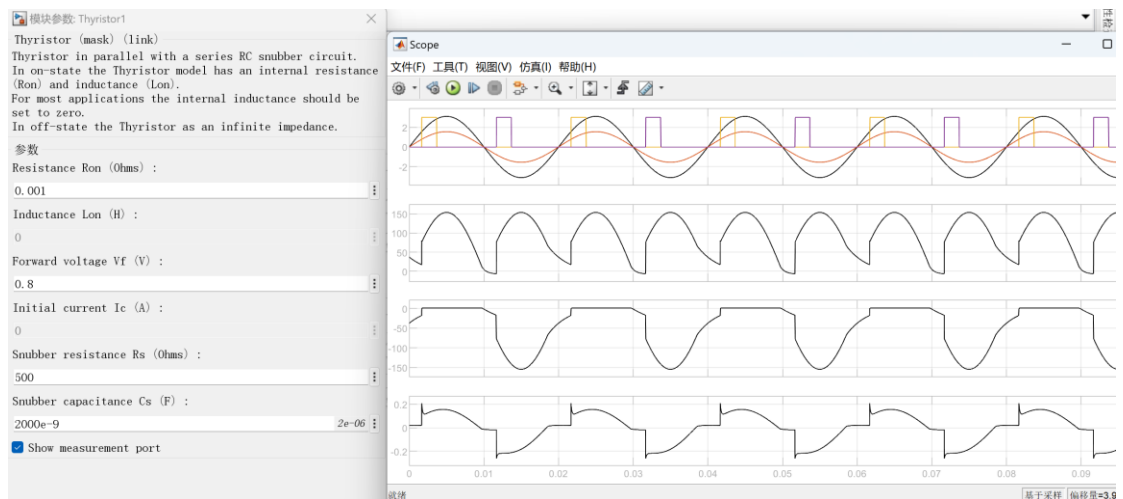
- **值变大：**如果 R_s 的值增加，它将更有效地限制电压尖峰，因为更大的电阻会吸收更多的能量。然而，这也意味着在晶闸管导通时，电阻会消耗更多的功率，可能导致效率降低。
- **值变小：**如果 R_s 的值减小，它对电压尖峰的抑制作用会减弱，这可能导致更大的电压尖峰和电流尖峰。这可能会增加电路中其他组件的应力，甚至可能导致损坏。

对 R_s 进行修改，增大后，让电流毛刺显著减小，从而消除了这个尖峰。





同样的 C_s 也会对图像产生影响，因为在电力电子电路中，**snubber capacitance C_s** （也称为吸收电容）与 **snubber resistance R_s** （吸收电阻）一起使用，形成一个称为“snubber”的电路。**Snubber** 电路的主要目的是减少或消除由于开关操作引起的电压和电流尖峰，这些尖峰可能对电路中的半导体器件造成损害。



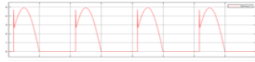
但是翻阅资料发现该问题已经被记录，所以不再进行更细节的探究

○ 晶闸管分路后的信号究竟是什么 (08017422_王一博)

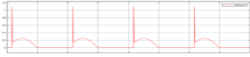
这两个信号与电表测量得到的信号很像，可能会认为是电流与电压信号
但实际上这两路信号与外部电表测出的电压电流信号有些许差异。(以下均为定性分析，没搞懂具体的分压，无法做定量分析)

这个发现是在我进行纯电阻负载时尝试提高输出电阻时发现的。在负载电阻较小的时候，一般不会有这个现象，当负载较大时就会显现：

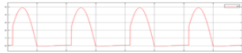
这个是负载电阻 10Ohms 时，分路出来的信号之一，是其中的电流信号。



下图是负载电阻 200Ohms 时，分路出来的信号。



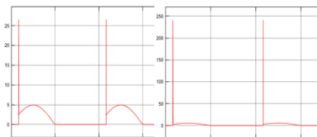
下图是 10Ohms 时电表测得的电流信号



明显看出分路得到的信号有一小段冲击电流，并且负载越大，冲击电流越明显。当 200Ohms 时，冲击电流已经是平均电流的十倍以上。

为什么会有这个冲击电流?这个要从晶闸管的缓冲电容 (C_s) 与缓冲电阻 (R_s) 分析。

以上波形均为 $C_s=4.7e-7F$ 和 $R_s=10Ohms$ 时的波形。经过实验发现，如果将 R_s 缩小十倍，则冲击电流最高值大约增加，但是不是十倍，大约是 $K/(K+C)$ ，其中 K 是电阻的缩小倍数， C 是常数。



左图 $R_s=10Ohms$ 右图 $R_s=1Ohms$