

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：交流调压仿真作业

作业次数：第3次

姓 名：邹滨阳

学 号：08022305

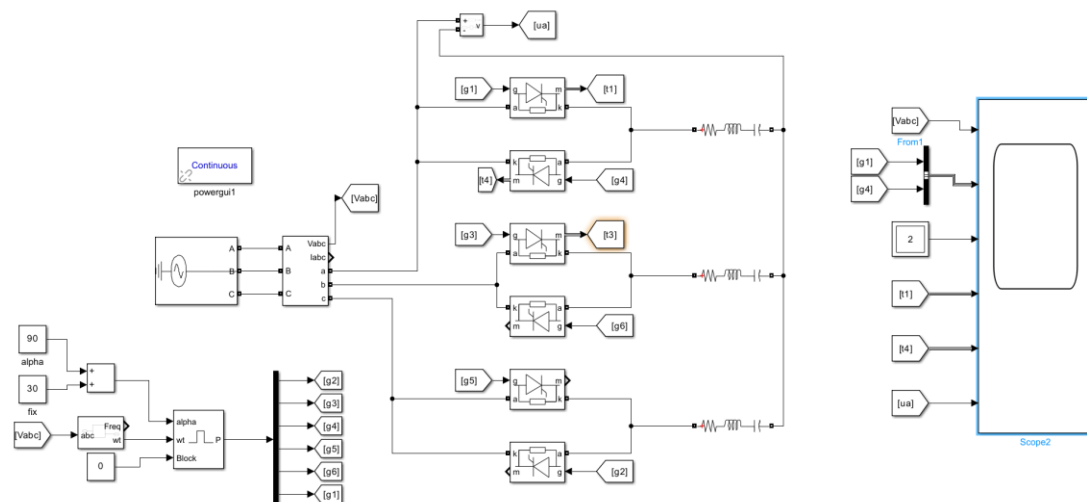
一. 作业目的

通过 MATLAB 仿真,理解和掌握该电路在不同相位角($\alpha=0/30/60/90/120$ 度)下对电阻负载的调压功能,以及输出电压和晶闸管两端电压波形的变化规律。

二. 完成情况

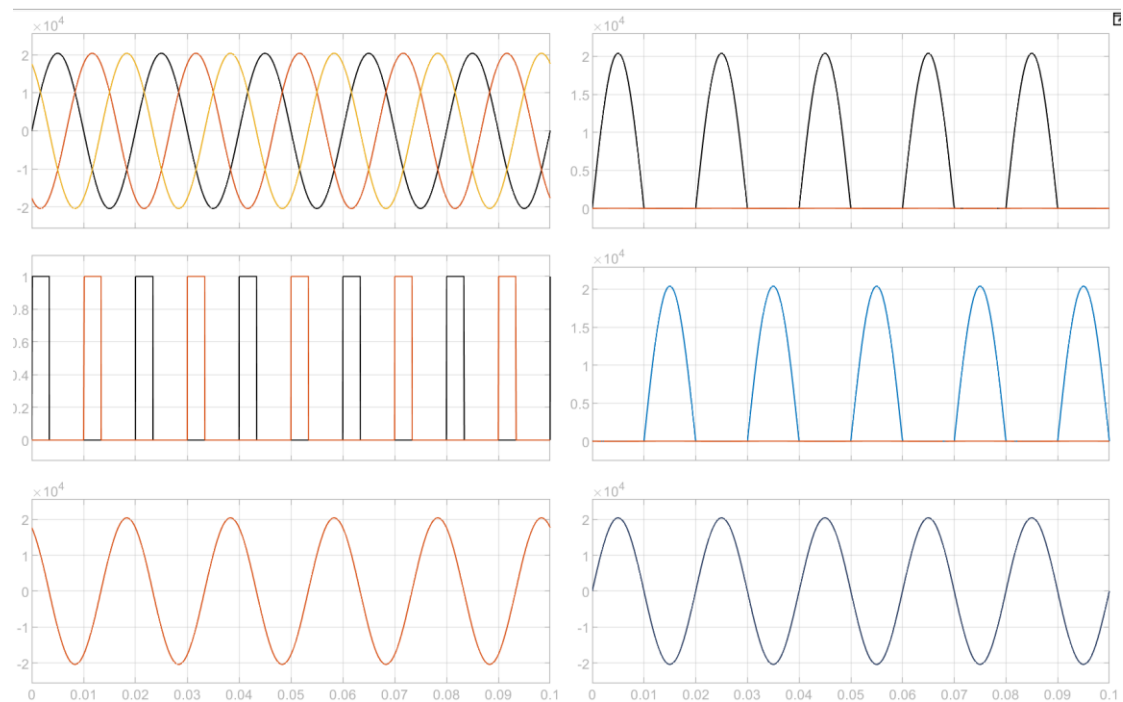
贴仿真模型和结果图,给出分析

- 1、必做：采用 AC-AC 三相无中中星型调压电路电阻负载， $\alpha=0/30/60/90/120$ ，输出电压和晶闸管两端电压波形。



其中电阻均为 $1\ \Omega$

当延迟角 $\alpha=0^\circ$ 时



第一张图是三相电压

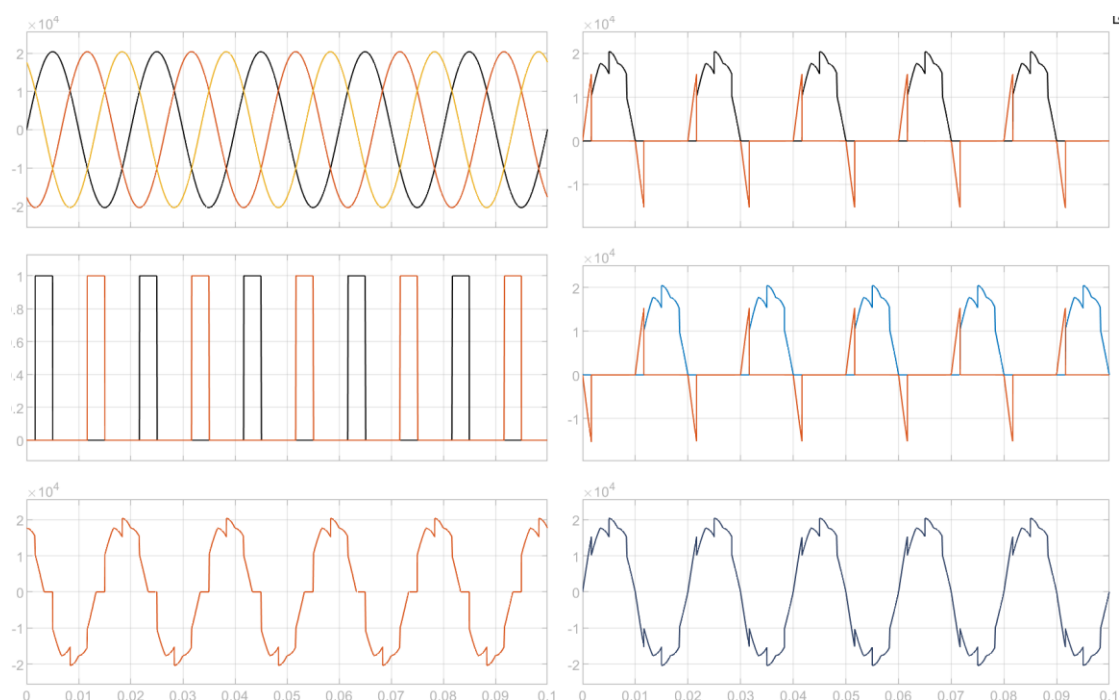
第二张图是 $g1$ 和 $g4$ 的触发电压

第三张图是电阻两端的电压，可以看到由于延迟角为 0，所以每一段时间均有 3 个晶闸管导通，所以三相负载 Y 连接的中点与三相电源的中点等电位，所以这个时候 R_a 的电压就等于 a 的相电压。

第四五张图是晶闸管 1 和 4 的电压和电流，由于延迟为 0，可以看到在相电压为正的时候，晶闸管 1 导通，电压为 0，电流为相电压/ R_a ，相电压为负的时候晶闸管 4 导通，电压为 0，电流为相电压/ R_a 。

第六张图是晶闸管 1 和 4 和电阻的 A 总电源，可以看到由于晶闸管一直有一个在导通，所以 A 总电压一直等于电阻的电压也就是 A 相电压

当延迟角 $\alpha=30^\circ$ 时

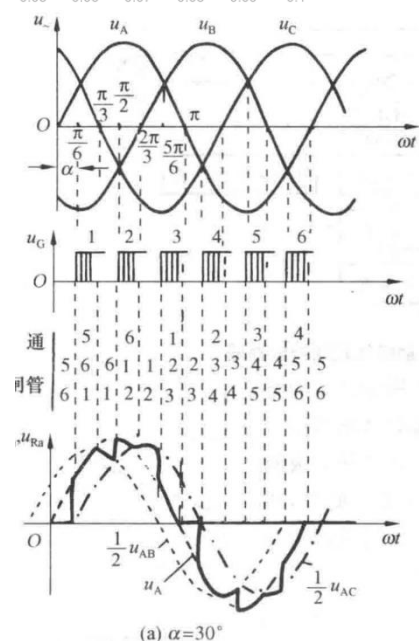


第一张图是三相电压

第二张图是 g_1 和 g_4 的触发电压，可以看到延迟角为 30°

第三张图是电阻两端的电压，可以看到由于延迟角为 30° ，所以 0 到 30° 时候，只有晶闸管 5 和 6 开启，A 相断路，这时候电阻的电压和电流均为 0； 30° 到 60° 时，5，6，1 导通，所以三相均导通，所以三相负载 Y 连接的中点与三相电源的中点等电位，所以这个时候 R_a 的电压就等于 a 的相电压，之后同理； 60° 到 90° 时，6，1 导通，只有 A 相和 B 相导通，并且 R_a 与 R_b 大小相等，所以 R_a 电阻电压为 AB 线电压的一半，之后同理；而 90° 到 120° ，三相均导通，所以 R_a 电压等于 a 的相电压； 120° 到 150° 时，只有 AC 相导通，所以 R_a 电压等于 AC 线电压的一半。 150° 到 180° ，三相均导通，所以 R_a 电压等于 a 的相电压。之后的 180° 到 360° 同理。

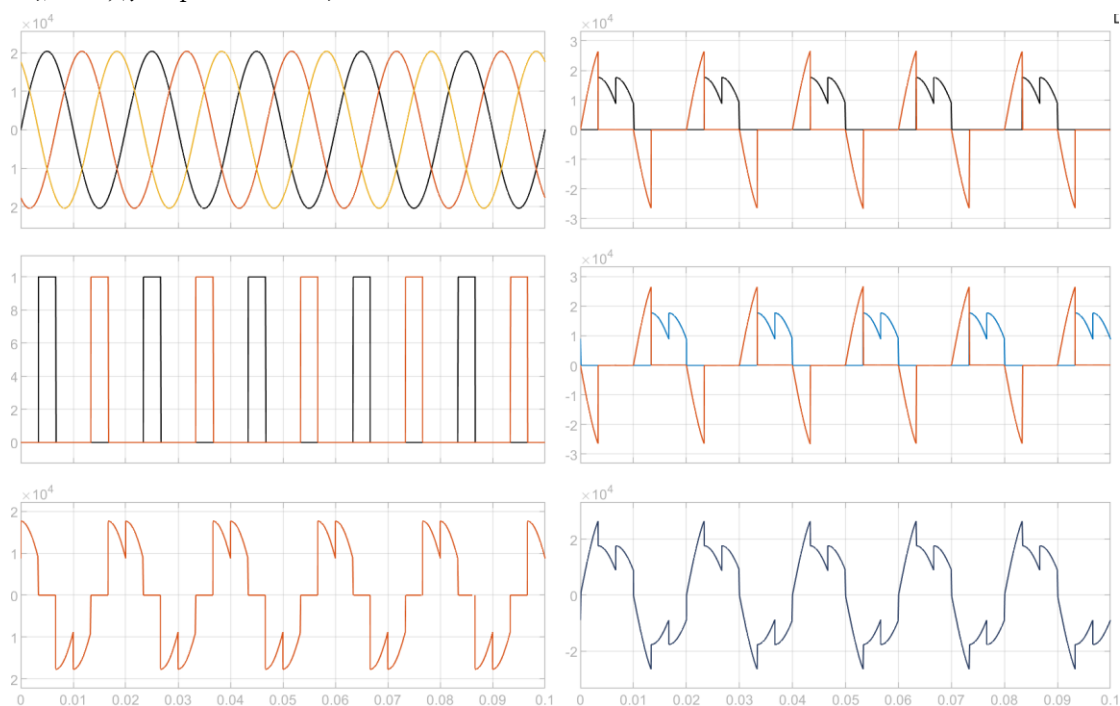
第四五张图是晶闸管 1 和 4 的电压和电流，由于延迟为 30° ，可以看到在晶闸管关断的时候，也就是 0 到 30° 和 180° 到 210° 时候，晶闸管 1 有明显的正向电压和反向电压，晶闸管 4 有明显



的反向电压和正向电压，这是因为 0 到 30° 时候 5, 6 导通，所以晶闸管的电压等于 A 相电压减去 Y 连接的中点的电压，也就是 BC 线电压的一半，所以这里表现的电压不是 A 相电压的图像， 180° 到 210° 亦是如此。但是当在其余时候，当晶闸管导通的时候电流就等于 R_a 的电压/电阻。

第六张图是晶闸管 1 和 4 和电阻的 A 总电源，该图和图 3 唯一的区别就是多了一段两个晶闸管均关断时候的电压值，也就是 0 到 30° 和 180° 到 210° ，该电压来源于 A 相电压与 BC 线电压的一半的差值。

当延迟角 $\alpha=60^\circ$ 时



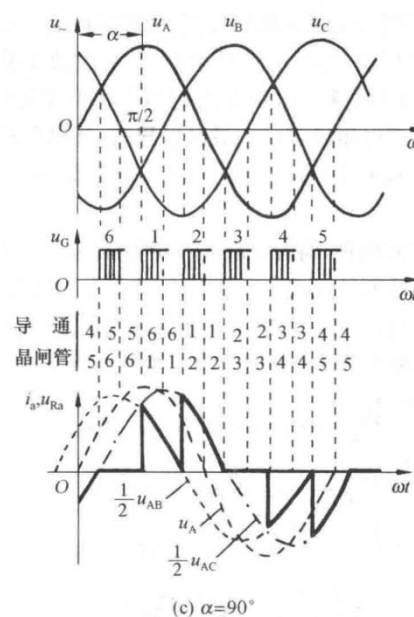
第一张图是三相电压

第二张图是 g_1 和 g_4 的触发电压，可以看到延迟角为 60°

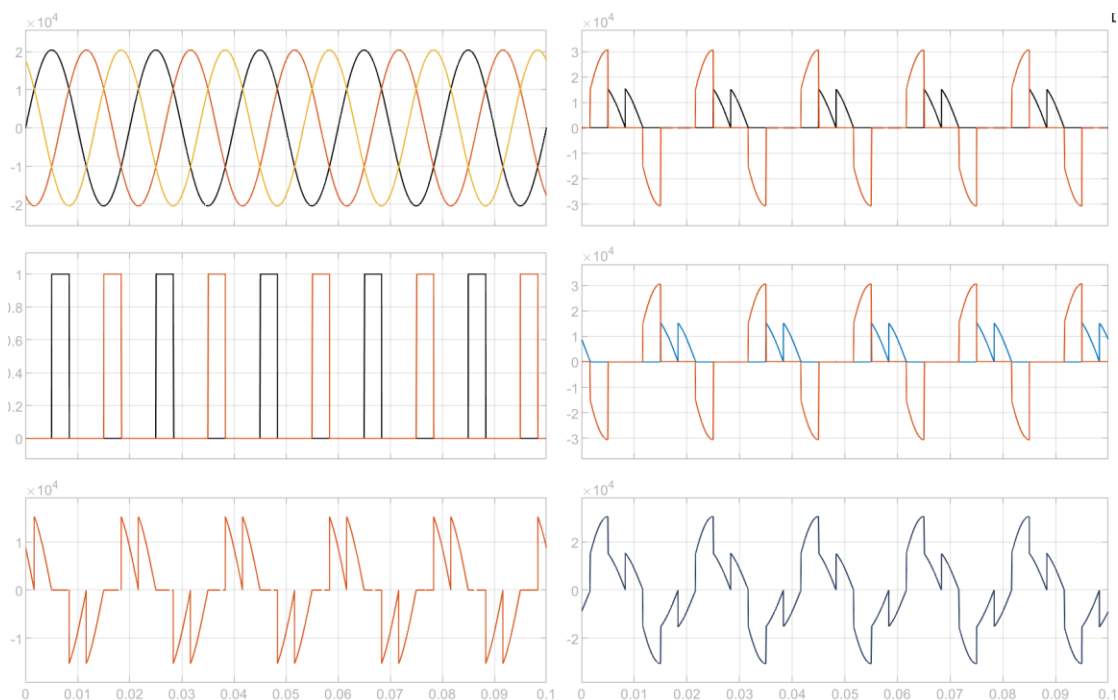
第三张图是电阻两端的电压，可以看到由于延迟角为 60° ，所以 0 到 60° 时候，只有晶闸管 5 和 6 开启，A 相断路，这时候电阻的电压和电流均为 0； 60° 到 120° 时，6, 1 导通，只有 A 相和 B 相导通，并且 R_a 与 R_b 大小相等，所以 R_a 电阻电压为 AB 线电压的一半，之后同理； 120° 到 180° 时，只有 AC 相导通，所以 R_a 电压等于 AC 线电压的一半。之后的 180° 到 360° 同理。

第四五张图是晶闸管 1 和 4 的电压和电流，由于延迟 60° ，可以看到在晶闸管关断的时候，也就是 0 到 60° 和 180° 到 240° 时候，晶闸管 1 有明显的正向电压和反向电压，晶闸管 4 有明显的反向电压和正向电压，这是因为 0 到 60° 时候 5, 6 导通，所以晶闸管的电压等于 A 相电压减去 Y 连接的中点的电压，也就是 BC 线电压的一半，所以这里表现的电压不是 A 相电压的图像， 180° 到 240° 亦是如此。但是当在其余时候，当晶闸管导通的时候电流就等于 R_a 的电压/电阻。

第六张图是晶闸管 1 和 4 和电阻的 A 总电源，该图和图 3 唯一的区别就是多了一段两个晶闸管均关断时候的电压值，也就是 0 到 60° 和 180° 到 240° ，该电压来源于 A 相电压与 BC 线电压的一半的差值。



当延迟角 $\alpha=90^\circ$ 时



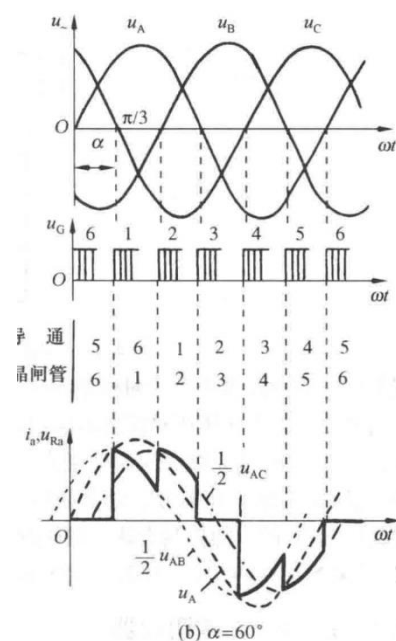
第一张图是三相电压

第二张图是 g_1 和 g_4 的触发电压，可以看到延迟角为 90°

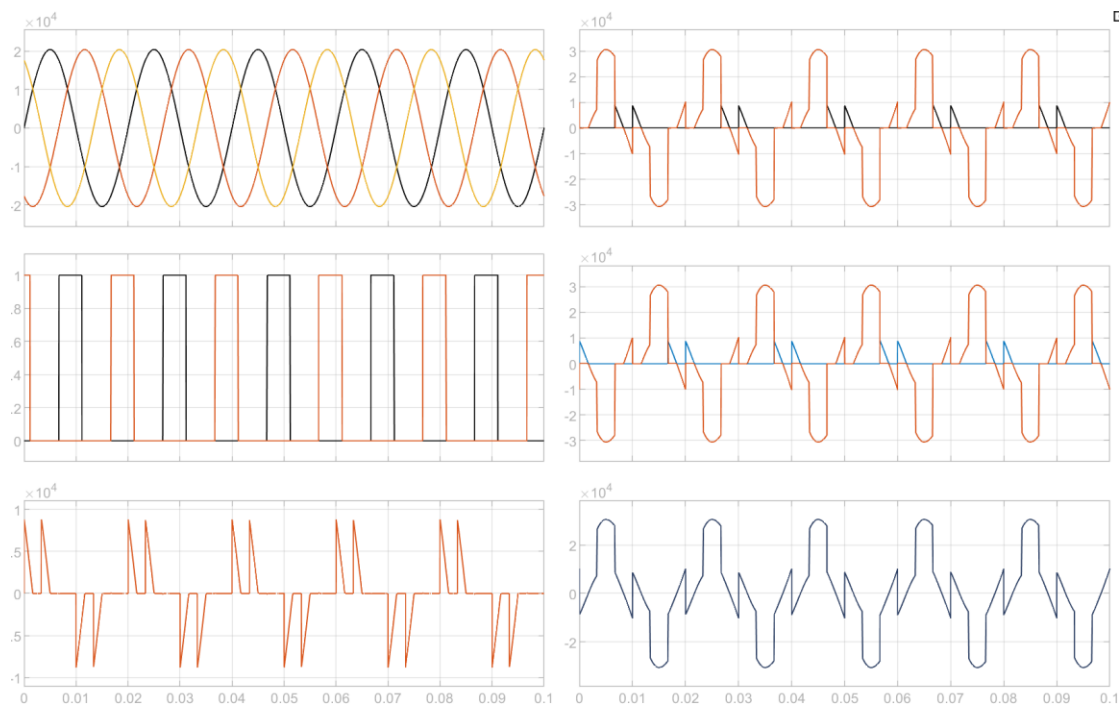
第三张图是电阻两端的电压，可以看到由于延迟角为 90° ，所以 0 到 30° 时候，只有晶闸管 4 和 5 开启，AC 相导通，并且 R_a 与 R_c 大小相等，所以 R_a 电阻电压为 AC 线电压的一半； 30° 到 90° 时，5, 6 导通，A 相断路，这时候电阻的电压和电流均为 0； 90° 到 150° 时，只有 AB 相导通，所以 R_a 电压等于 AB 线电压的一半； 150° 到 180° 时，只有 AC 相导通，所以 R_a 电压等于 AC 线电压的一半。之后的 180° 到 360° 同理。

第四五张图是晶闸管 1 和 4 的电压和电流，由于延迟 90° ，可以看到在晶闸管关断的时候，也就是 30° 到 90° 和 210° 到 270° 时候，晶闸管 1 有明显的正向电压和反向电压，晶闸管 4 有明显的反向电压和正向电压，这是因为 30 到 90° 时候 5, 6 导通，所以晶闸管的电压等于 A 相电压减去 Y 连接的中点的电压，也就是 BC 线电压的一半，所以这里表现的电压不是 A 相电压的图像， 180° 到 240° 亦是如此。但是当在其余时候，当晶闸管导通的时候电流就等于 R_a 的电压/电阻。

第六张图是晶闸管 1 和 4 和电阻的 A 总电源，该图和图 3 唯一的区别就是多了一段两个晶闸管均关断时候的电压值，也就是 30 到 90° 和 210° 到 270° ，该电压来源于 A 相电压与 BC 线电压的一半的差值。



当延迟角 $\alpha=120^\circ$ 时



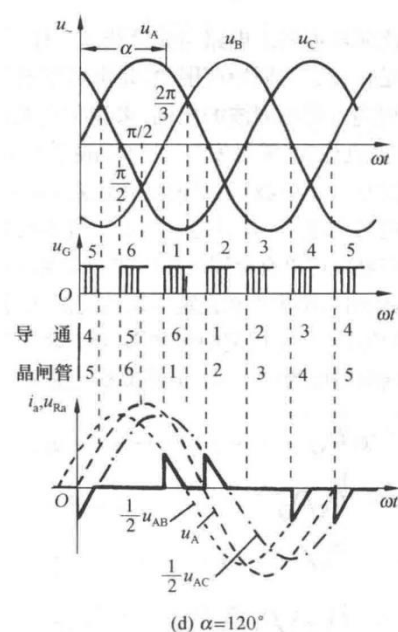
第一张图是三相电压

第二张图是 g_1 和 g_4 的触发电压, 可以看到延迟角为 120°

第三张图是电阻两端的电压, 可以看到由于延迟角为 120° , 所以 0 到 30° 时候, 只有晶闸管 4 和 5 开启, AC 相导通, 并且 R_a 与 R_c 大小相等, 所以 R_a 电阻电压为 AC 线电压的一半; 30° 到 60° 时, 没有一个晶闸管导通, 所以电压电流为 0; 60° 到 90° 时, 5, 6 导通, A 相断路, 这时候电阻的电压和电流均为 0; 90° 到 120° 时, 没有一个晶闸管导通, 电压电流为 0; 120° 到 150° 时, 只有 AB 相导通, 所以 R_a 电压等于 AB 线电压的一半; 150° 到 180° 时, 没有一个晶闸管导通, 所以电压电流均为 0。之后的 180° 到 360° 同理。

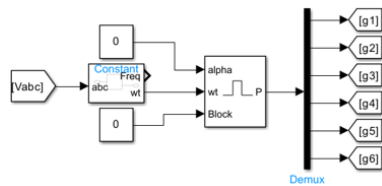
第四五张图是晶闸管 1 和 4 的电压和电流, 由于延迟 120° , 单独提取 0 到 180° 来看, 对于晶闸管 1 来说, 只有 120° 到 150° 的时候 1 导通, 所以这时电压为 0, 电流等于 R_a 电压/电阻; 但是在 30° 到 60° , 90° 到 120° , 150° 到 180° 时候, 所有晶闸管均关断; 而在 0 到 30° , 由于晶闸管 4 导通, 所以晶闸管 1 被短路, 均为 0; 而 60° 到 90° , 5, 6 导通, 晶闸管 1 的电压等于 A 相电压减去 Y 连接的中点的电压。

第六张图是晶闸管 1 和 4 和电阻的 A 总电源, 是对第 3, 4, 5 张图的整合。



三. 问题与解决方案

1. 针对触发信号相位的探究

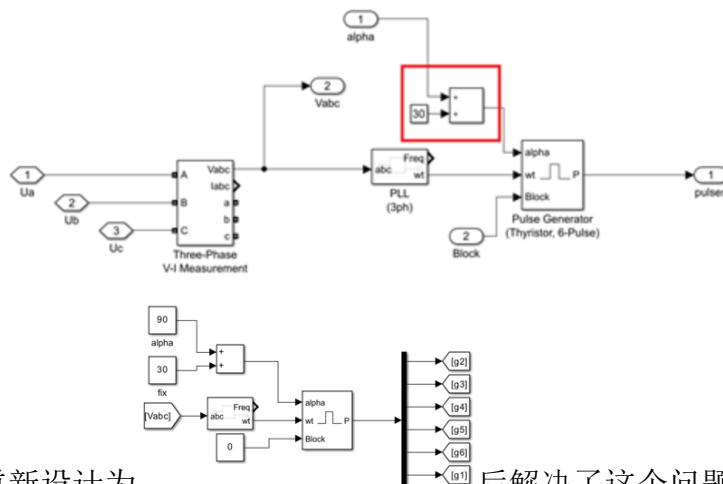


发现这个图的输出结果是延迟角为 30° 的结果，查找共享文档后发现 simulink 自带的六脉冲发生器是针对三相桥式电路的，所以要进行修改。

○ 三相交流调压电路触发信号设计 (08017320_朱邦钊)

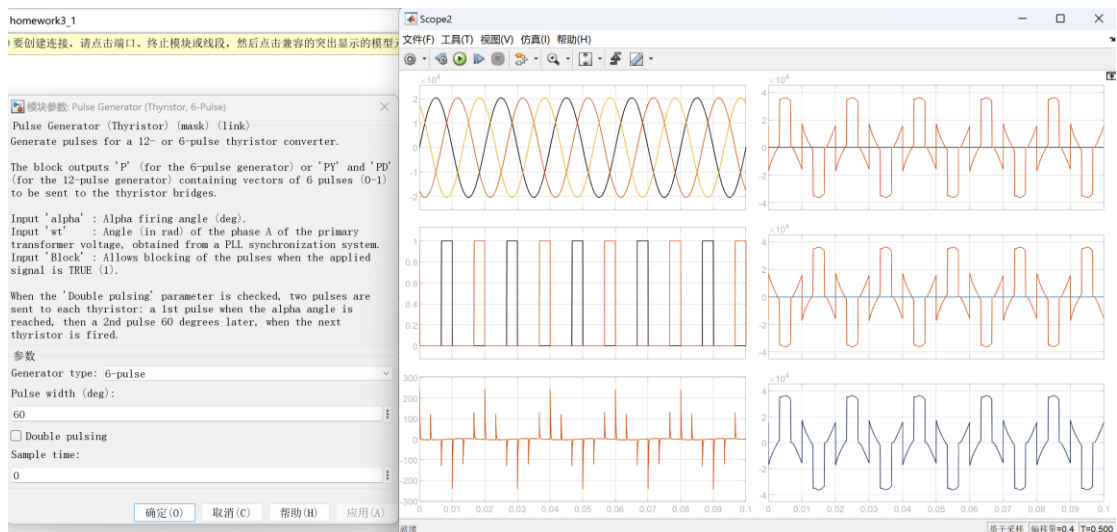
simulink 自带的六脉冲发生器是针对三相桥式电路的，其 $\alpha=0$ 处是相电压的交点，而我们的三相调压电路是以电源相应波形起点为 $\alpha=0$ 处的。显而易见，这两个电路的触发电路存在 30° 的相位偏差。其实这个问题很好解决，只需要在我们给定的 α 角相应的减去三十度即可。即想看 α 角为 0° 的波形就应该输入 -30° ，想看 90° 的波形就应该输入 60° 。

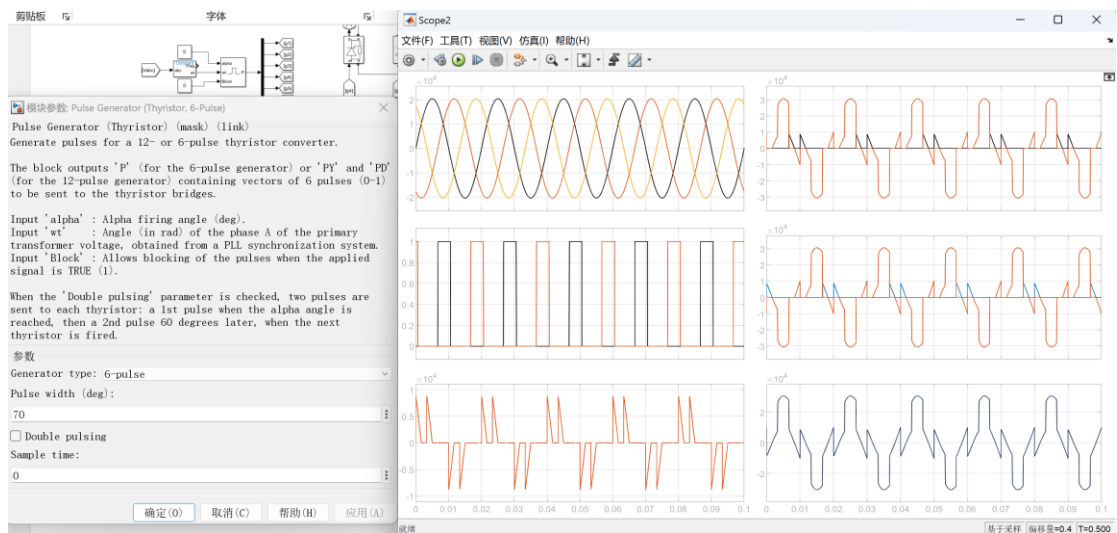
但是 simulink 自己封装的六脉冲发生器模块不允许写入负的 α 角，我自己实验发现如果给负的 α 角，它都会自动认为 α 角是 0 。于是我就将这个 1~6 的脉冲序列进行了轮转，即将原来的脉冲 6 变为脉冲 1，脉冲 1 变为脉冲 2，脉冲 2 变为脉冲 3，... 如此下来我们的脉冲就由落后 30 度变为了超前 30 度，这样我们想看相应 α 角下的三相调压电路结果，就只需给 simulink 的六脉冲发生器一个 $\alpha + 30$ 度即可，我将其封装进脉冲发生模块内，即得到了新的脉冲发生模块。



重新设计为 后解决了这个问题，也就是把脉冲前移，同时加上了一个修正角。

2，针对触发信号脉宽的研究





同时参考以下问题，可以得出针对延迟角度为 120° 这种中间出现全部晶闸管断路的情况，一定要关注到宽脉冲角度要超过 60° ，这样才能保住晶闸管在经过全关闭后仍能进行触发。

24)

查询 MATLAB 帮助文档

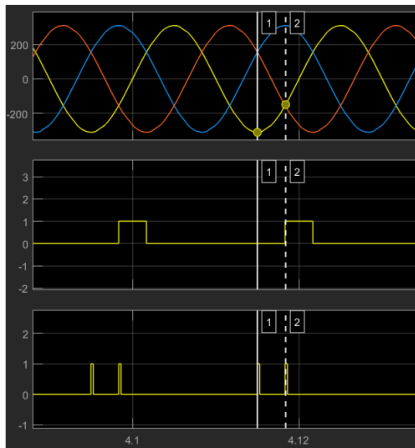
(<https://ww2.mathworks.cn/help/physmod/sps/powersys/ref/synchronized6pulsegenerator.html>) 可知，同步六脉冲发生器的 α 角起始计算点为三个线对线电压之和过零点，然而过零点在一个周期内有许许多个，对于宽脉冲和双窄脉冲，计算起始点是不同的过零点，它们之间相隔了六十度。

在交流调压电路中， α 角则是从相电压波形过零点之后开始计算。

因此，对于宽脉冲触发，同步六脉冲发生器的 α 角应在所需的交流调压 α 角基础上增加 30° 度。

对于双窄脉冲触发，同步六脉冲发生器的 α 角应在所需的交流调压 α 角基础上增加 90° 度。

如下图为同步六脉冲发生器的 α 角设定为 0° 度时的波形：



四．问题的探讨

无