

如何使用任意波形发生器 进行旋转变压器模拟？

Copyright © 2019 Siglent Technologies, All Rights Reserved

访问 www.siglent.com 获得更多鼎阳仪器信息

联系鼎阳: market@siglent.com 或 拨打免费电话 400-878-0807

所谓旋转变压器，即是一种电磁传感器，通常被用于测量“旋转物体”的转轴角位移和角速度。这些“旋转物体”通常应用于汽车电子（凸轮/曲轴位置），航空（襟翼位置）以及舵机等工业领域。

当对使用旋转变压器的系统进行设计、测试及故障排查时，很有必要建立一个可以模拟实际旋转变压器输出的系统，尤其是当需要测量一个旋转变压器电路的操作限值以及随之产生的信号时。所建立的仿真系统使得我们可以通过添加一些已知误差信号到待测信号上，或者通过改变信号的幅度/频率/波形形状来确认故障点，从而控制和测试待测系统的限值。

接下来我们将介绍一下一个简单的模拟旋转变压器系统的方法。

一、旋转变压器基础知识

大部分旋转变压器的设计结构如下：作为转子的初级线圈，以及两个固定线圈（彼此成 90 度定位的定子）

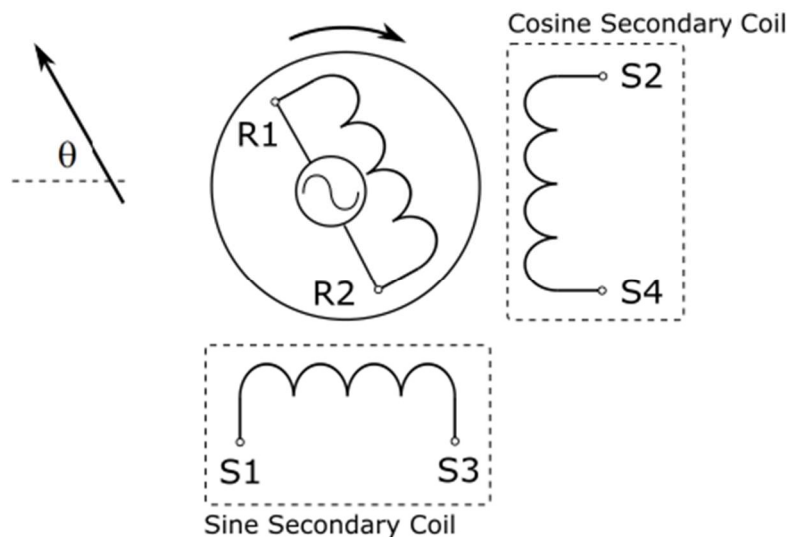


图 1 常见旋转变压器结构

初级线圈由交流电压 V_r 供电。初级线圈接收到的激励信号通常是正弦波，然后耦合到两个次级线圈上。大多数旋转变压器中，两个次级线圈的安装角度互为 90 度。由于每个次级线圈位于相对于初级线圈不同的位置，所以它们具有不同的耦合效率；又因为他们彼此之间角度差为 90 度，所以他们的输出的信号为正交的（相位相差 90 度）。随着转子角度的变化，次级线圈的输出信号将如图所示变化：

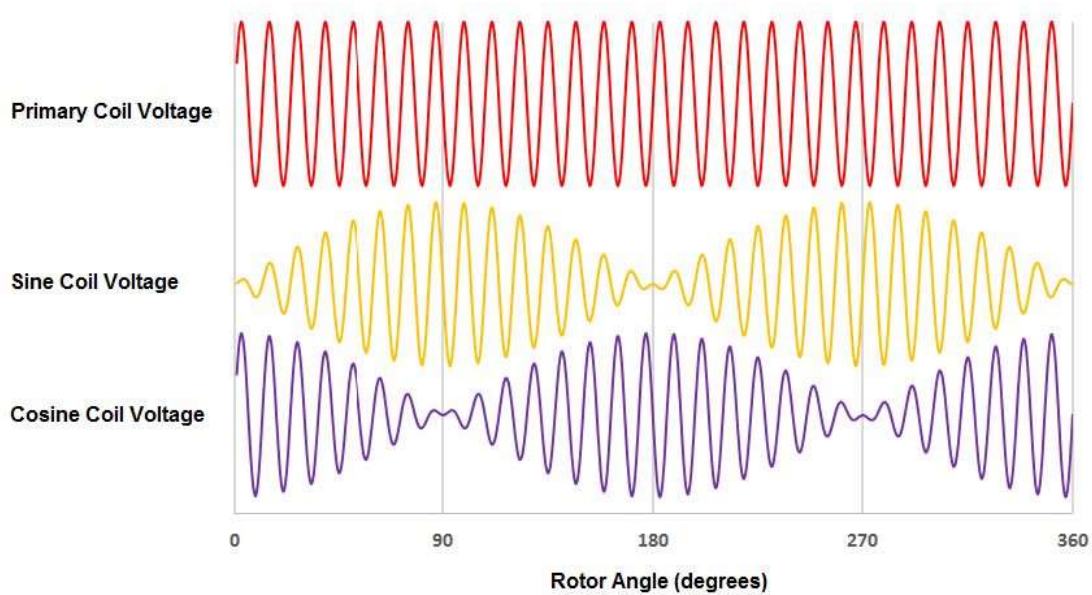


图 2 旋转变压器输出波形

从图中我们可以看出，每个轴角都有对应的电压值。通过测量次级线圈的瞬时电压，可以确定转子的角度。

二、仿真实验

1、仿真仪器

在本文所提的仿真实验中，我们将使用任意波形发生器为初级线圈提供激励电压。该任意波形发生器将用于同时调制另一台双通道信号发生器的输出。如前所述，这些输出将代表次级正弦和余弦线圈所输出的信号。

1. SDG1062X: 作为给次级线圈输入调制信号的调制源。所选的仪器的带宽应该能够与您正在模拟的旋转变压器的初级线圈的最小和最大频率规格相匹配。许多旋转变压器的初级线圈信号的频率从 5 k 到 20 kHz 不等，电压从几百 mV 到几百 V 不等。 这些更高的电压用于激励次级线圈。
2. SDG2042X:用于模拟次级线圈。该仪器应具有单个外部调制输入，独立相位控制和双边带 AM (DSB-AM) 调制的功能，以上功能将应用于模拟旋转变压器的正弦和余弦信号。
3. 双通道示波器（我们使用 SDS5022X 超级荧光示波器）：对模拟系统输出信号进行验证。选择具有适当带宽的示波器非常重要。（所选示波器带宽至少是待测信号的 2-3 倍，如果待测信号是方波的时候，则需要选择更高带宽的示波器）本文中我们选用的示波器还具有搜索&导航功能和 Zoom 功能，

以及配备了一个 10.1 英寸的大电容触摸屏，使我们更容易进行实验验证。

2、仪器设置

用一根 BNC 线从 SDG1062X 的通道 1 连接到 SDG2042X 的 Aux In /Out 口，如下图所示：

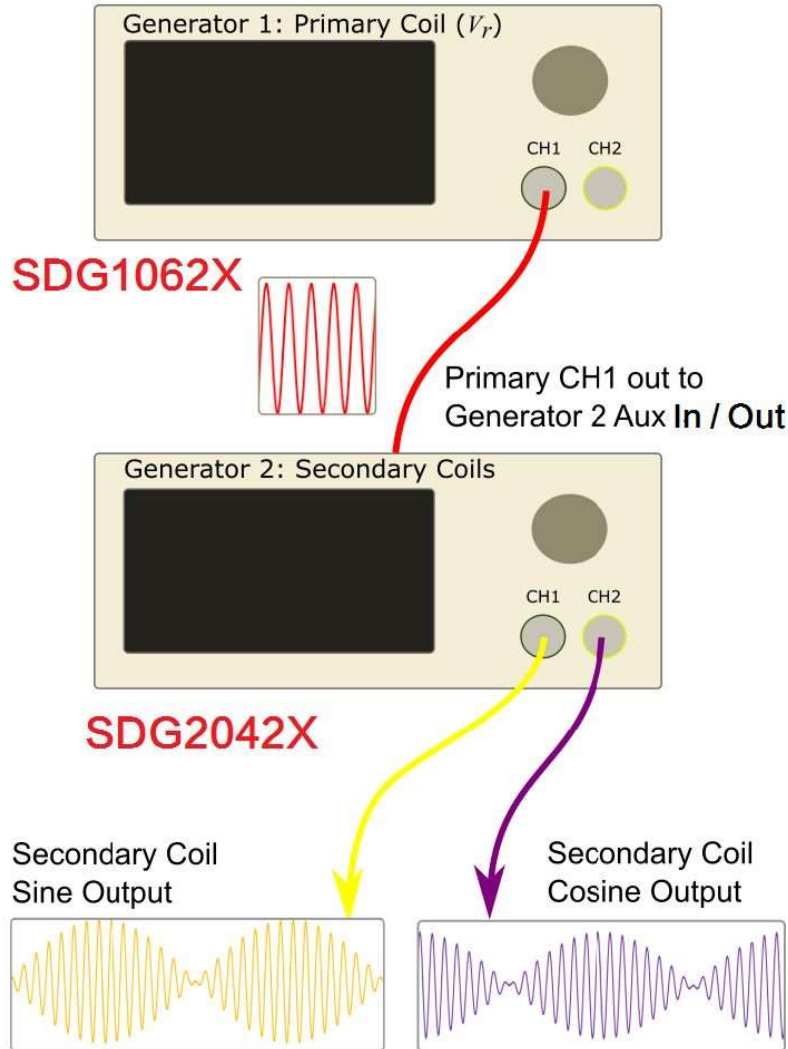


图 3 模拟系统仪器连接示意

详细步骤：

1. 把 SDG2042X 的两路输出（即所模拟的次级线圈的输出）接到示波器上。
2. 将 SDG1062X（即初级线圈）所输出的正弦波（ V_r ）调至仪器所能输出的最低频率。一般情况下， V_r 的频率范围大概在 5k-20kHz 之间。SDG1062X 将用于调制次级线圈发生器的输出信号，其电压设置应该从 10Vpp 开始，然后逐渐调整。
3. 设置 SDG2042X 的 CH1 输出频率为 1Hz，电压为 10Vpp 的正弦波。（或者设置为旋转变压器电路的最大电压）。

- 把 SDG2042X 的输出波形设为经过 DSB-AM 调制的。
- 设置 SDG2042X 的 CH2 输出与 CH1 相同的正弦调制信号，仅将相位偏移设置为 90 度。这将保证我们所模拟的次级线圈的信号相位相差 90 度，符合实际情况。

SDG2042X 的信号输出频率模拟的是次级线圈输出频率，其反映了实际的旋转变压器初级线圈的旋转频率大小。需确保将 CH1 和 CH2 都设置为相同的频率。

注：SDG2000X 系列函数/任意波形发生器具有通道复制功能和通道耦合功能，可使得以上步骤更加简单。

要在两个通道之间耦合频率，请按 Utility> 通道复制耦合>通道耦合= 打开。然后，任一通道的频率变化都将应用于另一个通道。这可以让你同时改变两个通道的频率。

如果要将设置从一个通道复制到另一个通道，请按 Utility>通道复制耦合> 通道复制> CH1 => CH2 即可。

- 打开 SDG1062X 的通道 1 和 SDG2042X 的两个通道。
- 验证模拟系统的性能。调节 SDG1062X 的频率（转子的变化率），进行验证，直到测试到该模拟器系统的极限。

下图显示了在调节 SDG1062X 的频率和 SDG2042X 的频率时的示波器所显示的图像：

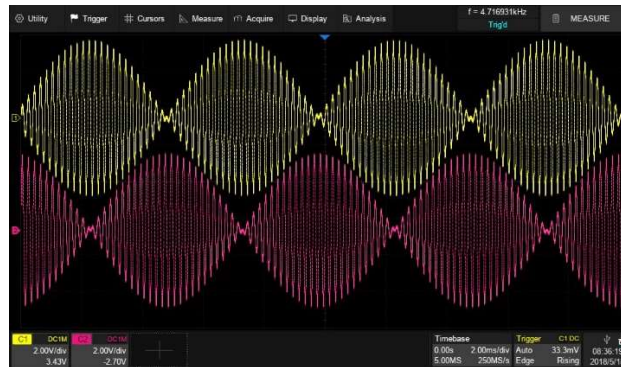


图 4 初级线圈为 5kHz，次级线圈为 100Hz

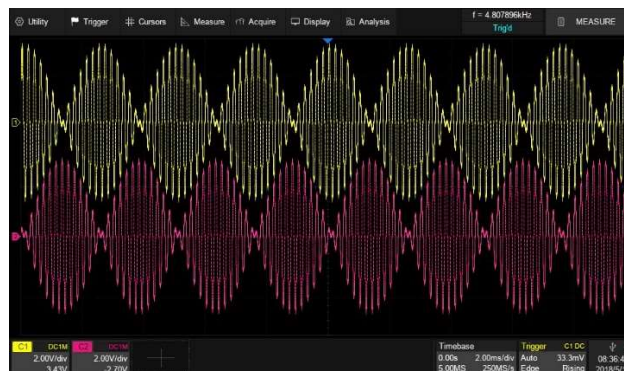


图 5 初级线圈为 5kHz，次级线圈为 200Hz

注：不要输入过高的电压以免使模拟次级线圈的任意波形发生器过载。大约 10Vpp 左右的电压就足以

实现调制。下图即显示了当输出过高电压时的调制输出。

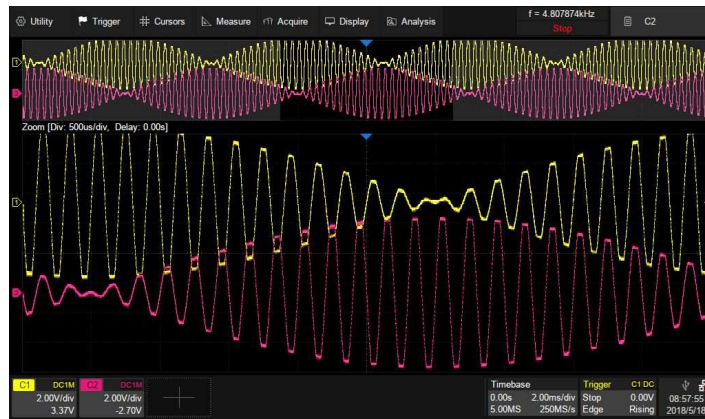


图 6 输出电压设置为 14V，过高，此时波形的边缘已经接近方波



图 7 输入正确范围内的电压（10Vpp），我们可以看到此时波形的边缘是光滑的

比较 SDG1032X（初级线圈）的调制频率和 SDG2042X（次级线圈）的调制参数。如果 SDG2042X（次级线圈）的调制输入频率较低，则其输出可能出现“台阶”，如下所示：

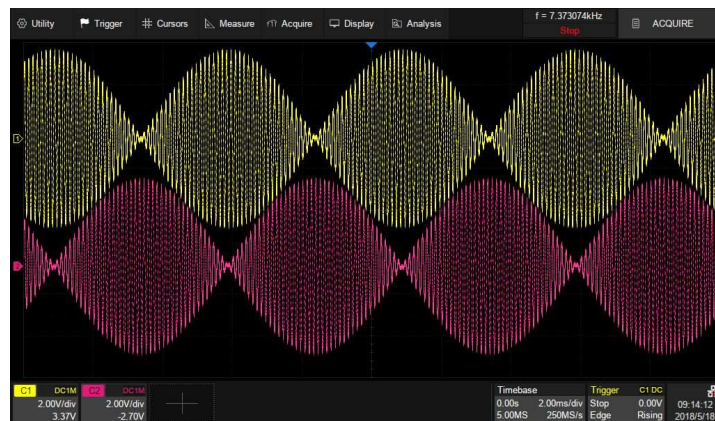


图 8 初级线圈的频率设置过高时，次级线圈输出的波形

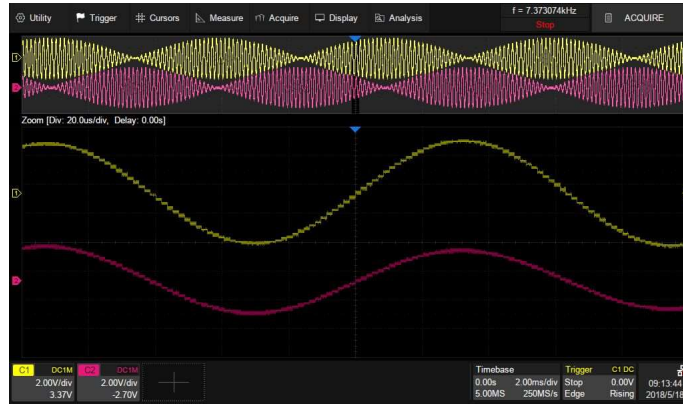


图 9 当初级线圈输出的频率过高时，对次级线圈所输出的波形进行 Zoom 设置，观察波形细节

如果这种情况对模拟结果有影响,我们可以通过在每个次级线圈输出上(即SDG1032X的CH1和CH2)放置低通滤波器来平滑台阶。这与对DAC(模数转换器)输出的镜像进行滤波是类似的原理。SDG1000X系列和SDG2000X系列都具有工作在600kHz的调制采样时钟,因此添加的低通滤波器通带截止频率在 $600\text{kHz}/2=300\text{kHz}$ (Nyquist Limit = 采样率的一半)即可。

设计滤波器,使通带低于第一个镜像的频率。

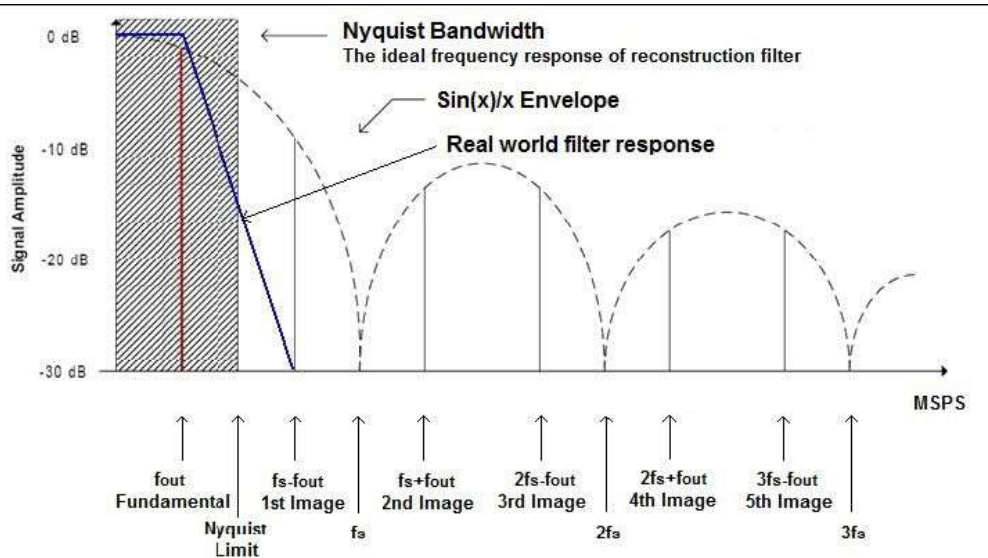


图 10 奈奎斯特采样定理

三、结论

使用任意波形发生器模拟旋转变压器系统提供了一种简单的方法来验证和解决旋转变压器的电路和软件的操作。鼎阳科技 SDG1000X 系列以及 SDG2000X 系列函数/任意波形发生器应用提供了灵活而快速的测试解决方案。

关于鼎阳硬件智库

鼎阳硬件设计与测试智库（简称鼎阳硬件智库）由深圳市鼎阳科技有限公司领衔创办，是中国第一家“智力众筹”模式的硬件智库。

鼎阳硬件智库顺势顺势，倡导“连接-分享-协作-创造”的理念，高举志愿者服务的大旗，相信互联网是“爱”的大本营，相信人们都有发自内心分享的愿望。

鼎阳硬件智库选择硬件领域最普遍的七类问题：电源，时钟，DDR，低速总线，高速总线，EMC，测试测量进行聚焦。寻找“最针尖”的问题进行研讨，针对“最针尖”的问题组织专家答疑，将硬件大师积累的宝贵知识和经验变成公众财富，惠及更多硬件人。鼎阳硬件智库的运作载体包括“线上”的微信公众号分享，微信群，网站，网络社区论坛，博客，邮件群等多种互联网工具和“线下”的专家论坛和专家把脉。“线上”的分享坚持原创，坚持干货，保持专注和深耕。“线下”专家论坛邀请硬件相关的一线实战派专家分享“最干货”的硬件设计与测试知识与经验，面对面相互研讨；“线下”的专家把脉，通过大数据连接，促使具体问题和最熟悉这个具体问题的专家“精准匹配”，远程问诊和现场解决问题相结合。

鼎阳硬件智库，群策群力，连接所有硬件人。

有硬件问题，找鼎阳硬件智库。



扫码关注鼎阳硬件智库，为您提供更多硬件干货