应用文档

SIGLENT® 鼎阳

使用任意波形发生器模拟旋转变压器

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

1. 概述

旋转变压器是一种电磁传感器，通常被用于测量“旋转物体“的转轴角位移和角速度。它常用于汽车应用（凸轮/曲轴位置），航空（襟翼位置），以及伺服电机等工业领域。本文将介绍一种使用鼎阳科技 SDG2000X 系列任意波形发生器模拟简单的旋转变压器的方法。

2. 旋转变压器基本原理

在设计、测试及故障定位时，构建一个可以模拟实际旋转变压器输出的系统是非常有用的，尤其是在测试旋转变压器测量电路的操作极限以及随之产生的信号时，这将变得尤其有用。在仿真过程中，可以通过改变信号频率/幅度/波形添加已知的误差信号来控制和测试系统的极限，或者定位到系统的极限点。

许多旋转变压器采用相似的设计，如图 1 所示：由连接到一个轴或转子初级绕组或线圈，以及彼此成 90 度定位的两个固定绕组或定子组成。

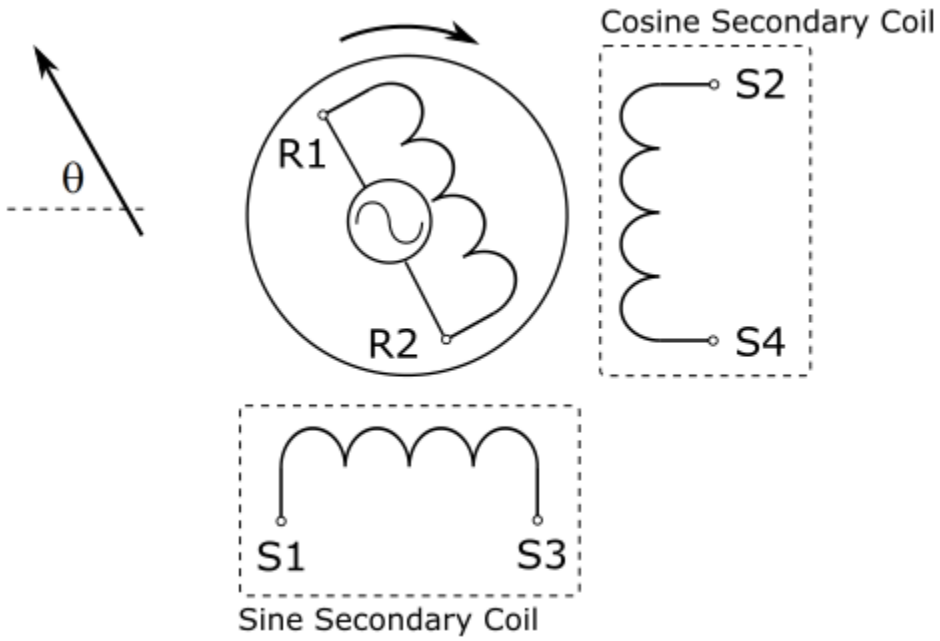


图 1. 基本旋转变压器结构

初级绕组通入 AC 交流电压，该初级激励信号通常是正弦波，然后耦合到两个次级线圈中。在许多旋转变压器中，次级线圈以彼此 90 度垂直安装。由于每个线圈都是固定在相对于初级线圈的不同位置，它们将具有不同的耦合效率，并且它们安装相隔 90 度，使得输出波形正交（彼此相位差为 90 度）。随着轴角度的变化，次级线圈的输出信号将发生变化，如图 2 所示。

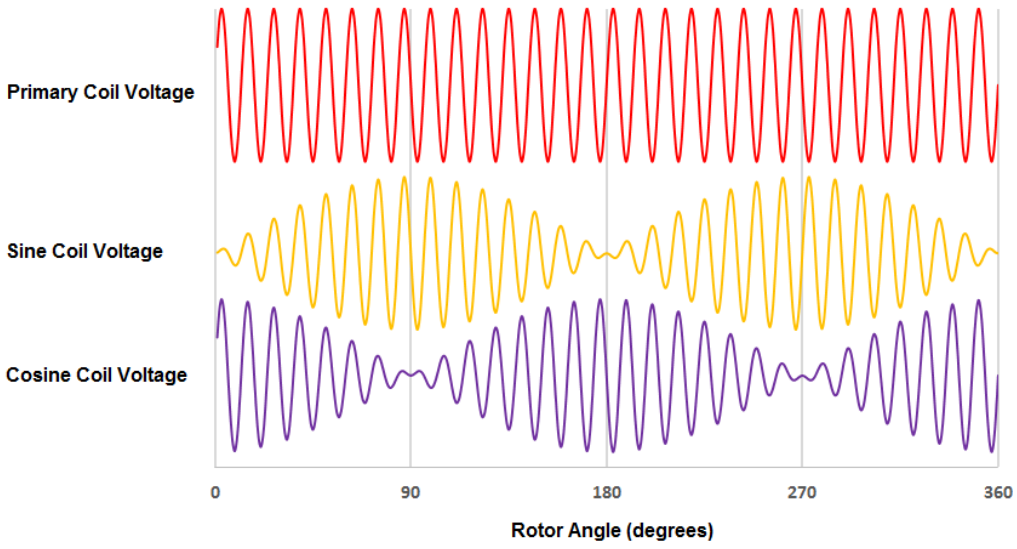


图 2.正弦激励电压下线圈电压与转角变化

由图可见，每个轴角都存在不同的电压值。因此可以通过测量次级线圈的瞬时电压以确定转子角度。

3、实验设备

在本次仿真实验中，我们将使用波形发生器为初级线圈提供激励。同时，该任意波形发生器将用于调制另一台双通道信号源的输出，双通道信号源的输出将代表次级线圈的正弦输出、余弦信号输出。

- SDG805：次级线圈输出的调制源。所选的设备需能匹配旋转变压器的初级线圈最小和最大频率规格。大多数旋转变压器的初级线圈信号从 5k 到 20kHz 不等，几百 mV 到 100 的伏特不等。这些较高的电压可用于激励次级线圈。
- SDG1032X：模拟次级线圈。该型号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，可以成功模拟旋转变压器的正弦和余弦信号。
- 双通道示波器: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最大频率的 2 到 3 倍，如果待测信号具有更高的谐波/方

波，示波器所需带宽需更高)。 在本次测试中，我们将使用鼎阳科技 SDS2102X 超级荧光示波器，它具有 140Mpts 的存储深度，Zoom 功能，以及能轻松查看信号的 10.1 英寸大显示屏。

4、开机

使用一根 BNC 线缆连接到 SDG805 通道 1 的输出到 SDG1032X 信号源的 Aux/Mod，如图 3 所示。

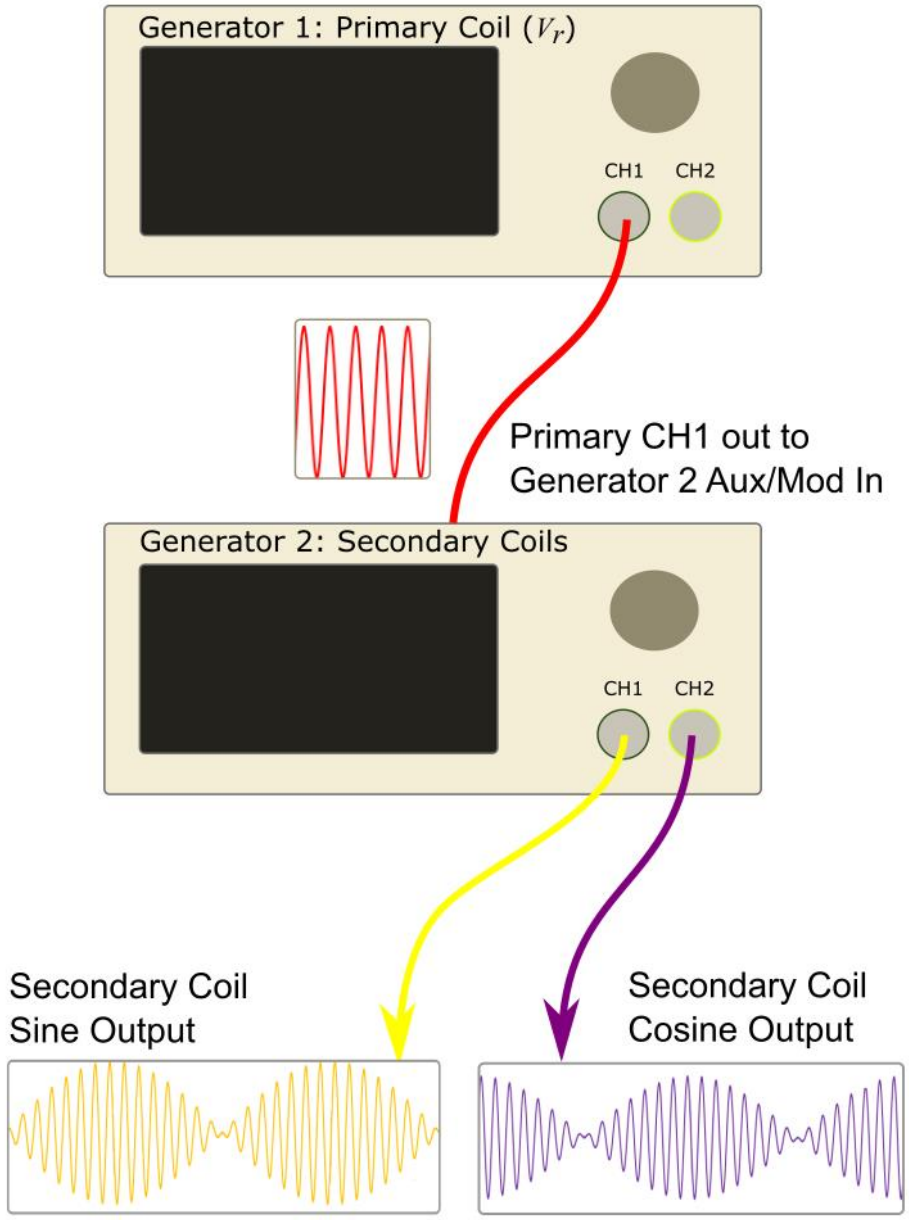


图 3.两个信号源的连接示意图

1、 连接 SDG1032X（模拟次级线圈）的输出（信号源的通道 1、通道 2）到示波器的输入端。

2、 调节 SDG805（初级线圈）输出一个系统最低频率的 Vr 正弦波，通常 Vr 的频率从 5k 到 20kHz 范围变化。

代表初级线圈的信号源 SDG805 将调制代表次级线圈 SDG1032X 信号源输出信号，

SDG805 电压设置应该从 10Vpp 开始，然后逐渐调整。

3、 将代表次级线圈的信号源 SDG1032X 通道 1 输出一个频率为 1Hz，电压为 10Vpp（或相当于旋转变压器电路的最大电压）的正弦波。

4、 按下代表次级线圈的信号源 SDG805 的 Mod 按键，并选择 DSB-AM 类型，使信号源通道 1 执行双边带调制。

5、 配置代表次级线圈的信号源 SDG1032X 的通道 2，使其输出与通道 1 一样的正弦调制信号。仅将相位偏移设置为 90 度，这将次级线圈提供正交余弦信号。

代表次级线圈的 SDG1032X 输出频率反应了物理旋转中实际的旋转变压器初级线圈的旋转频率大小。必须确认通道 1 和通道 2 的频率保持一样。

注意：鼎阳科技 SDG1000X 和 SDG2000X 系列函数任意波形发生器具有通道解析功能和通道耦合功能可以轻松让两通道输出频率一致。

要在两个通道之间耦合频率，按 Utility> CH Copy Coupling，打开 FreqCoupl。现在，任何一个输出通道的频率变化都将应用于另一个输出通道，以达到同时改变两个频率的目标。如果要将一个通道的输出复制到另一个通道，可以通过按下 Utility > CH Copy Coupling > CH Copy > CH1 => CH2 实现。

6、 打开代表初级线圈的信号源 SDG805 通道 1，以及代表次级线圈的信号源 SDG1032X 通道 1，通道 2。

7、 验证性能：调节次级线圈的频率（通过转速调节），验证，再调节，再验证，直到测试了旋转变压器系统的极限。

8、 下图显示了模拟中的次级线圈频率随着初级线圈频率变化而变化的过程。

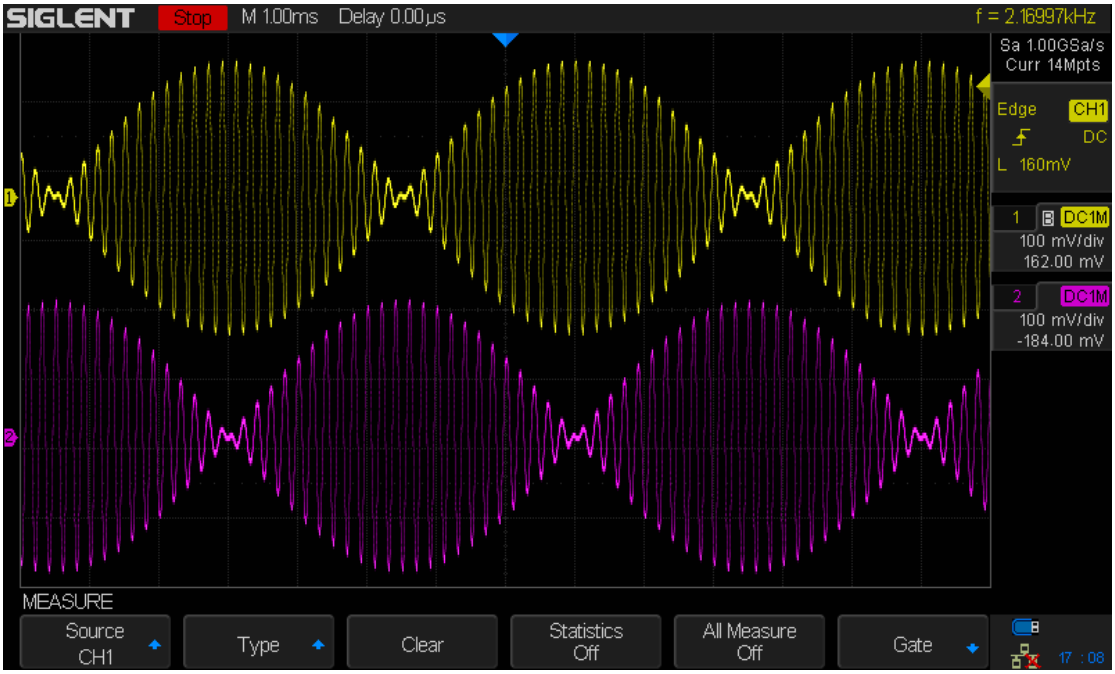


图 4.初级线圈频率为 5kHz，次级线圈频率为 100Hz

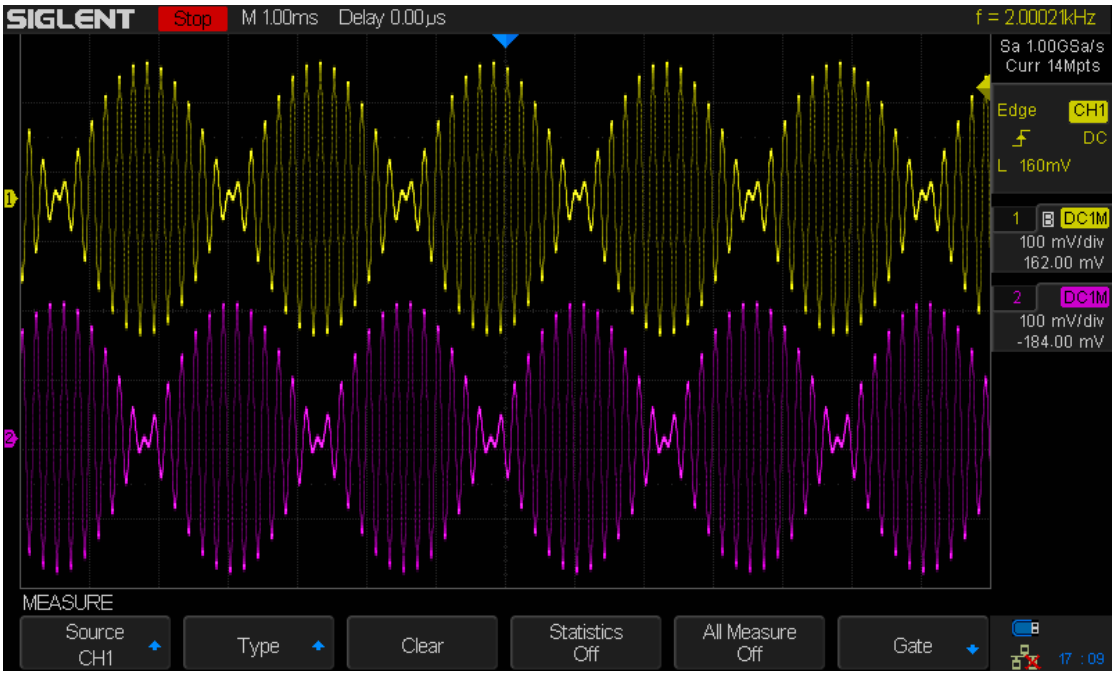


图 5.初级线圈频率为 5kHz，次级线圈频率为 200Hz



图 6.初级线圈频率为 10kHz，次级线圈频率为 100Hz

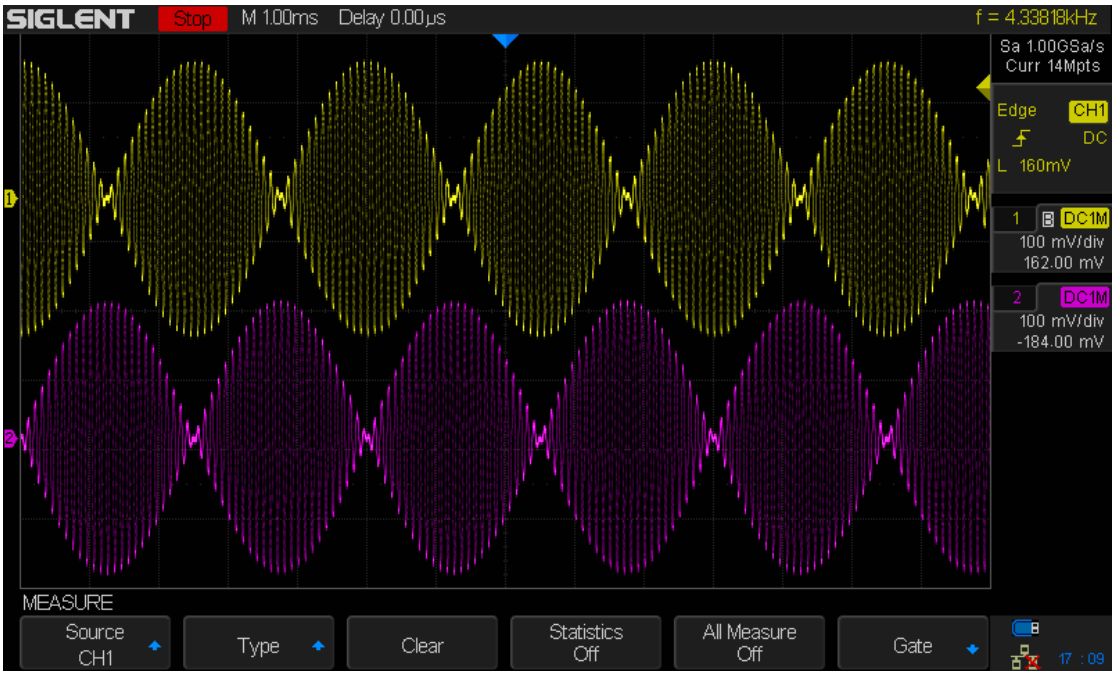


图 7.初级线圈频率为 10kHz，次级线圈频率为 200Hz

建议不要用太大的电压过载调制次级线圈信号源的输入。大约 10Vpp 足以获得完全调制而不会过载。图 8 显示了当电压（12Vpp）调制次级线圈输入的情况。 图 9 显示了正确的调制深度（10Vpp）。

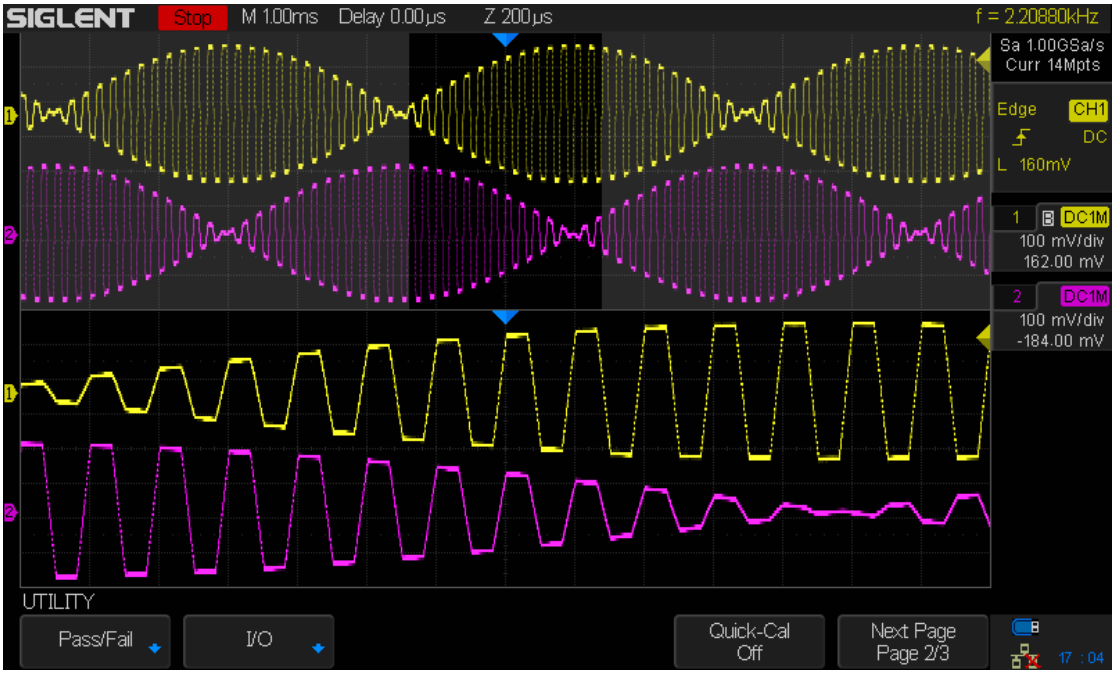


图 8.初级线圈电压过高，可观察到波形出现了方波边沿

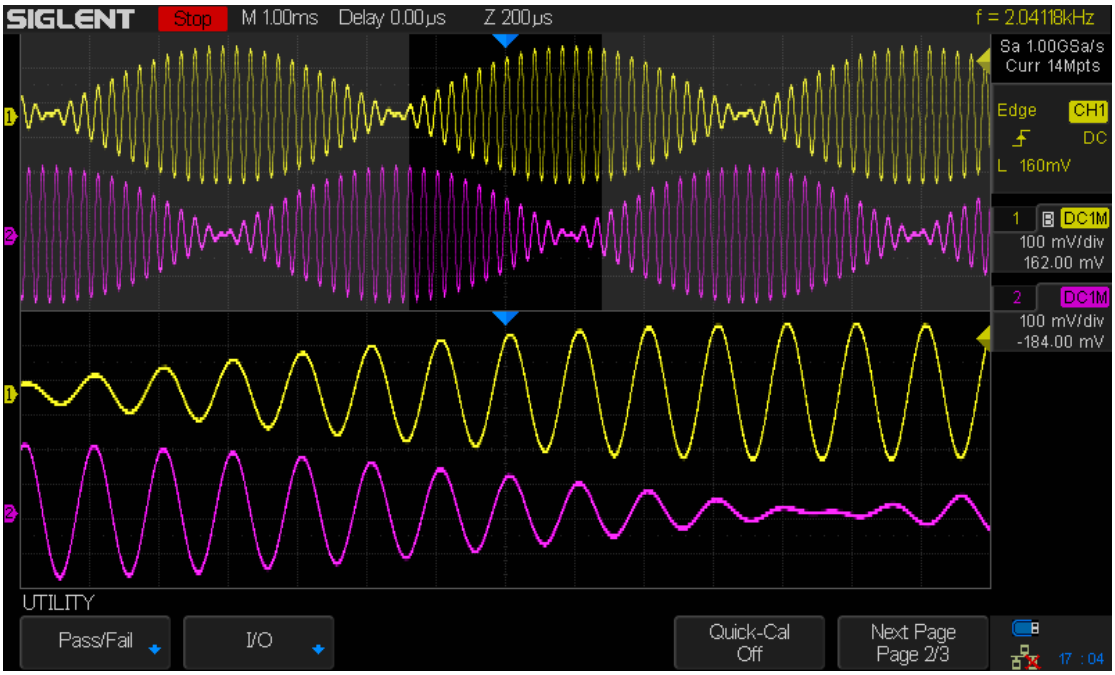


图 9.初级线圈电压正常，可观察到波形边沿非常光滑

比较初级线圈的调制频率和次级线圈信号源的调制规格。如果次级线圈信号源的调制输入频率较低，则可能输出出现如下所示的“台阶”：

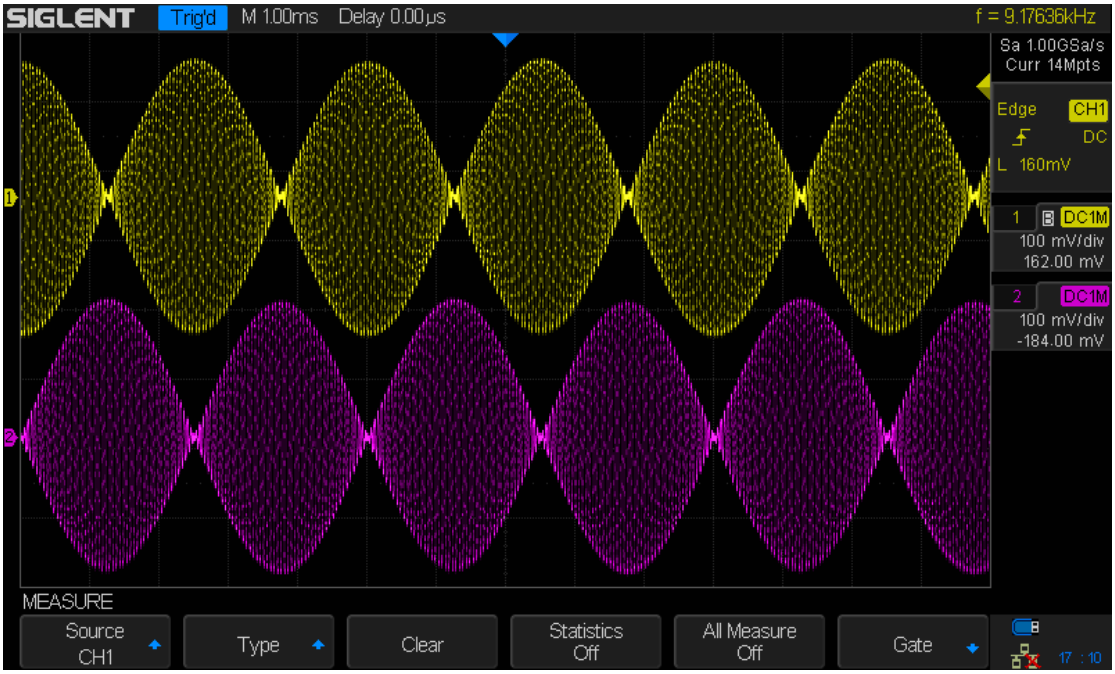


图 10. 初级线圈频率设置太高时的次级线圈频率

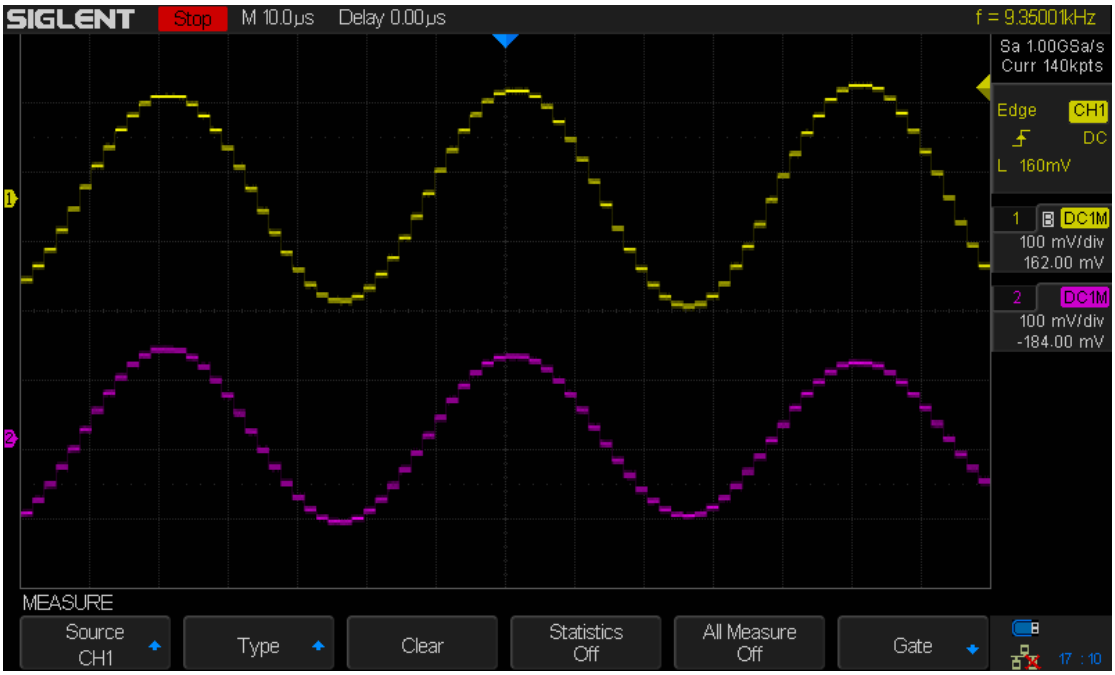
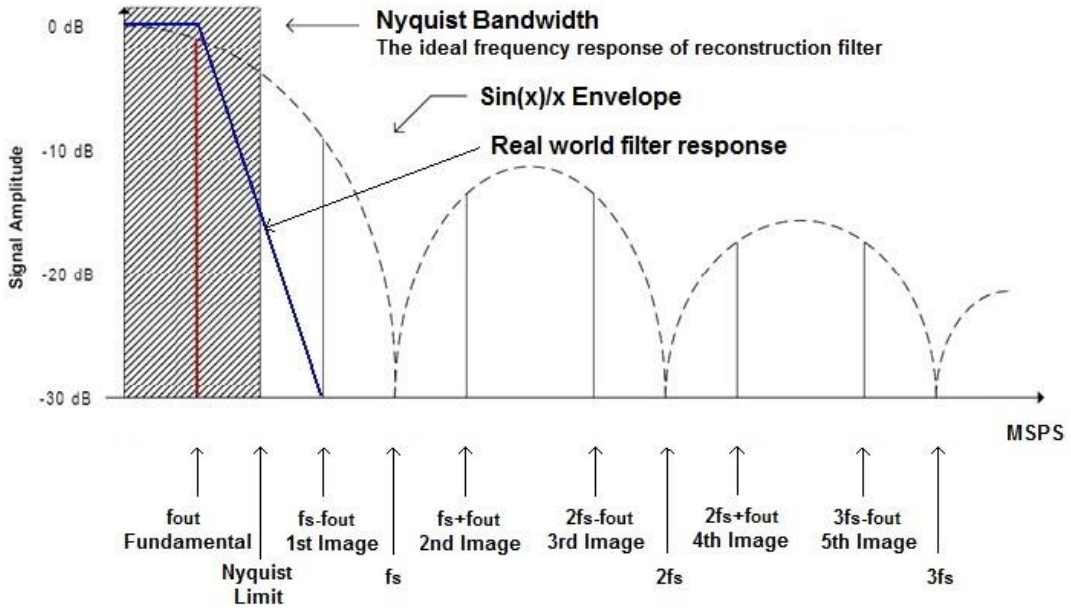


图 11. 放大高频初级电压，观测波形细节

在这种情况下，可以通过在次级线圈的信号源输出端加低通滤波器消除台阶，使波形更平滑。这与数模（DAC）转换器过滤图像非常相似。

鼎阳科技 SDG1000X 和 SDG2000X 具备工作频率为 600kHz 的调制采样时钟，通过增加

通带低于奈奎斯特极限 600 kHz 的低通滤波器，使通带低于第一个镜像的频率。



总结：使用任意波形发生器模拟旋转变压器输出提供了一种简单的方法来验证和解决旋转变压器电路和软件的操作。鼎阳科技的 SDG1000X 和 2000X 系列仪器为此应用提供了灵活且快速的解决方案。

参考：

Infineon; (2016, December). DSD: Delta Sigma Demodulator [Web Article]. Retrieved from http://infineon.com

Szymczak, J.; et. Al (2014, March). Precision Resolver-to-Digital Converter Measures Angular Position and Velocity [Web Article]. Retrieved from http://analog.com