



UPS 电源“十全十测”之 5：同步精度测试

一、什么是同步精度

UPS 同步精度指的是不间断电源（UPS）的输出频率与市电频率之间的同步程度。在正常情况下，UPS 的逆变器会跟踪市电的频率，确保输出频率与市电频率保持一致，以维持电力系统的稳定运行。同步精度通常以百分比的形式表示，例如 $\pm 0.2\%$ 或 $\pm 0.5\%$ ，这表示 UPS 的输出频率可以在市电频率的一定范围内波动而仍然被认为是同步的。

二、怎样计算同步精度

同步精度的计算通常基于 UPS 输出频率与市电频率之间的差值。假设市电频率为 50Hz，而 UPS 的输出频率为 50.1Hz，那么 UPS 的输出频率比市电频率高 0.1Hz。如果 UPS 的同步精度指标为 $\pm 0.2\%$ ，那么 0.1Hz 的偏差相对于 50Hz 的市电频率来说，就是 0.2%的偏差，这在同步精度指标范围内。

具体的计算公式可以表示为：

$$t_j = \frac{\theta}{360^\circ} \times 100\%$$

t_j —— 同步精度；

θ —— 旁路输入电压与逆变输出电压之间的相位差，单位：度（°）

三、怎样测试 UPS 的同步精度

1) 测试方法：

旁路输入电压为标准正弦波，输出接额定阻性负载，当逆变输出与旁路输入同步后，数字示波器测量旁路输入电压波形与逆变输出电压波形之间的相位差

2) 注意事项：

在测试过程中，需要确保测试设备的准确性和可靠性，同时避免对 UPS 造成不必要的损坏。此外，还应注意测试过程中的安全问题，如防止触电和短路等。

四、测试设备

在上面测试方法中，我们提到测试 UPS 同步精度要用到数字示波器，那么我们如何根



据测试精度需求选择合适的实时示波器呢。

在电子测量领域，同步（时间间隔）测试精度是衡量示波器性能的一个重要指标。它决定了示波器在测量两个或多个信号之间的时间关系时的准确性，那示波器的同步（时间间隔）测试精度由哪些条件决定呢，由下方 R&S MXO5 系列示波器指标表给出的计算公式可以看出，同步（时间间隔）测试精度主要由两个因素决定：示波器的实时采样率（real-time）和示波器的硬件时基精度（timebase accuracy）。

时基精度	交付/校准后，在 23°C 下	±0.2ppm
	校准期间	±0.1ppm
时间间隔精度	对应于同一采集和通道上两个边沿之间的时间误差，信号幅度大于五格，测量阈值设置为 50%，垂直比例为 10 mV/格或更高；上升时间小于四个采样周期；波形在实时模式下采集	$\pm (0.20 / \text{实时采样率} + \text{时基精度} \times \text{读数})$ (峰值) (测量值)

表 1 R&S MXO5 水平参数指标表

1) 实时采样率：

实时采样率是指示波器每秒能够采集的样本数量。采样率越高，示波器能够捕捉到的信号细节就越多，从而提高了测量的准确性。在同步测试精度中，采样率的倒数与一个常数 0.20 相乘，作为精度的一部分。这意味着，随着采样率的提高，由采样率引起的误差会减小。

2) 硬件时基精度：

硬件时基精度是示波器内部时钟的准确性，它决定了示波器在测量时间间隔时的精确程度。时基精度通常以 ppm（百万分之一）或 ppb（十亿分之一）为单位来表示。在这个公式中，时基精度与测量读数的绝对值相乘，作为精度的另一部分。因此，时基精度越高（即数值越小），由时基引起的误差就越小。

以 R&S MXO5 系列示波器和 RTO6 系列示波器为例，它们的时基精度分别为±0.2 ppm 和±10 ppb。这意味着，在相同的测量条件下，RTO6 示波器由于具有更高的时基精度，其同步测试精度将更高。这也是为什么更高端、价格更高的示波器通常具有更高的时基精度和更好的整体性能的原因。



图 1 R&S 示波器家族

五、总结

UPS 的同步精度是确保电力系统稳定运行的重要因素之一。通过精确的测试，可以评估 UPS 的输出频率与市电频率之间的同步程度，从而判断 UPS 是否能够满足使用要求。在测试过程中，需要准备相应的测试设备，并按照正确的步骤进行操作，以确保测试结果的准确性和可靠性。同时，还需要注意测试过程中的安全问题，避免对设备和人员造成损害。通过定期的同步精度测试，可以及时发现并解决潜在的问题，确保 UPS 的正常运行和电力系统的稳定供电。