

针对 EMC 噪声的早期对策 — IEC 谐波 · 电压波动 / 闪变 · 高频噪声

前言

谐波和电压波动 / 闪变测试是电气产品所要求的 IEC 标准中被称为电能质量低频辐射的 EMC 测试的一部分。近年来，不仅是功率调节器，普通家用变频产品的高频噪声也被认为是电能质量的问题。

本应用案例介绍了如何将功率分析仪 PW8001 活用于噪声对策，进行符合 IEC 标准的谐波和电压波动 / 闪变等低频辐射的测量，以及高频噪声的测量方法。

IEC 谐波、电压波动 / 闪变测试是什么

在谐波测试中会测量设备电流消耗波形的畸变分量。谐波电流会导致设备的误动作或故障，并增加功率系统中的无功功率，因此，测试标准规定了对于谐波电流的限值。



电压波动 / 闪变测试是针对电源电压波动和照明闪烁（闪变）的测试。当电源电压因电气产品的消耗电流变化而波动时，就会出现照明闪烁。闪变是一种健康危害，会给人带来不适，因此测试标准规定了电压波动 / 闪变的限值。



Application Note

谐波和电压波动 / 闪变测试的 IEC 标准

每个测试对象都有自己的测试条件和确定限值的标准，测试必须参照最新的测试标准。此外，用于测试的测量设备也必须符合测量标准。功率分析仪 PW8001 是一款符合 IEC 谐波和电压波动 / 闪变测试标准的功率分析仪。



谐波测试标准

IEC61000-3-2: 每相额定电流小于等于 16A 的设备的测试

IEC61000-3-12: 每相额定电流大于 16A 小于等于 75A 的设备的测试

测试标准所要求的、并且 PW8001 符合的测量标准: IEC 61000-4-7: 2002+A1: 2008

谐波次数: 0 次 ~ 200 次

间谐波次数: 0.5 次 ~ 200.5 次

电压波动 / 闪变测试标准

IEC61000-3-3: 每相额定电流小于等于 16A 的设备

IEC61000-3-11: 每相额定电流大于 16A 小于 75A 的设备

测试标准所要求的、并且 PW8001 符合的测量标准: IEC 61000-4-15: 2010

精度: Pst $\pm 5\%$ (Pst = 0.2 ~ 5), dc, dmax: $\pm 4\%$ (dmax=4% 时)

进行限值判定的评估系统

图 1 显示了谐波、电压波动 / 闪变测试系统的框图。IEC 谐波及电压波动 / 闪变的测试标准使用带有交流电源 RIN(Reference Impedance Network) 的测试系统。功率分析仪对测量对象的电源电压和电流进行测量，并输出基于测量标准的测量结果。电流测量使用电流传感器。如此，无需为测量电流而布设电源配线，可减轻配线和仪器损耗的影响，在接近实际工作环境的配线状态下进行测量。

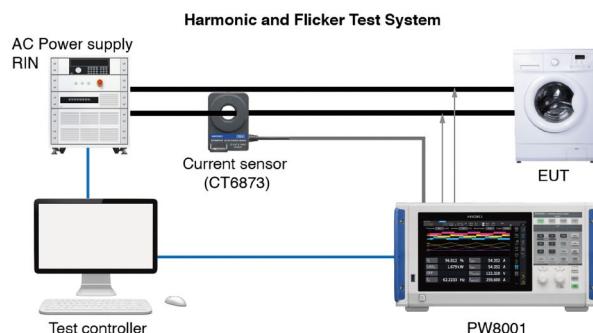


图 1: 谐波、电压波动 / 闪变测试系统

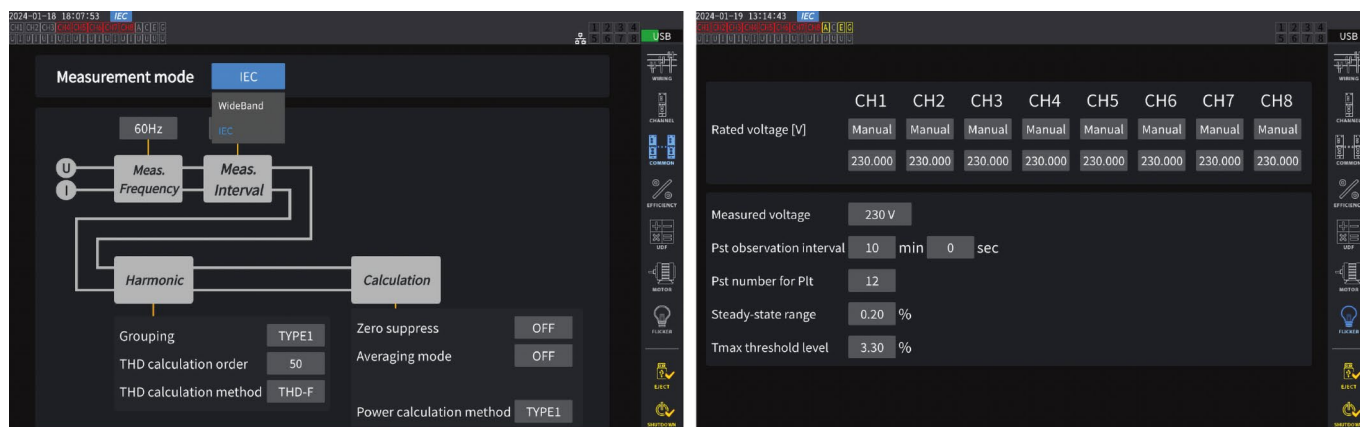
Application Note

电源噪声带来的问题

谐波和电压波动 / 闪烁测试是针对低频辐射的测试。但是，在一些使用变频器的环境中，在极少数情况下，变频器设备的开关噪声会产生意想不到的高电平，从而导致周围设备出现故障 (*1)。为了预防电源噪声引起的问题，对谐波和电压波动采取措施，在设备开发的初期阶段就确认噪声是比较有效的。此外，在早期对噪声问题采取行动，对于避免致命的开发延误也很重要。

HIOKI 的测量解决方案

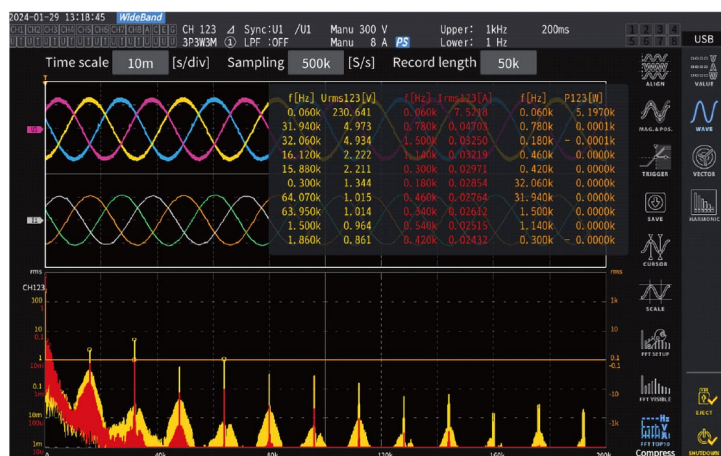
HIOKI 功率分析仪 PW8001 的升级固件 2.0 版本除了 IEC 谐波和电压波动 / 闪变测量之外，还包括功率谱分析 (PSA) 功能。进行限值判定的标准测试的情况下，必须使用专用的测试系统，即使是在开发初期的评估中，也可以通过检查谐波和电压波动来确定趋势，以便尽早采取措施。例如，如果在改变电源电路设计后发现谐波电流增加，那么可以预见 EMC 测试中会有超过限值的可能，因此就可以在早期确定是否需要采取降噪措施。



IEC 谐波测量模式设置画面 (左) 和电压波动 / 闪变测量模式设置画面 (右)

功率谱分析 (PSA) 功能

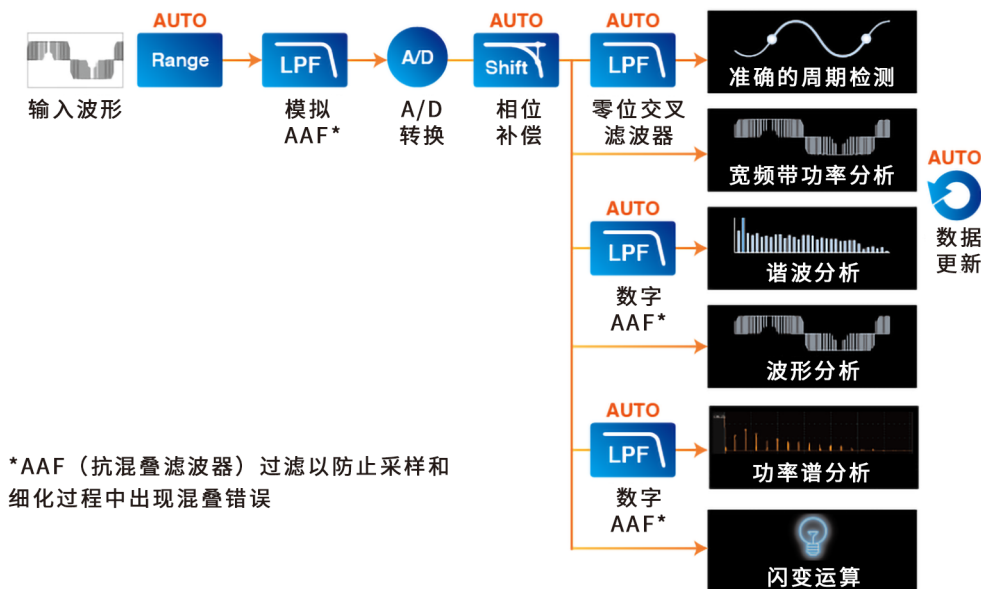
功率频谱分析功能可对电压、电流和功率进行 FFT 分析，与谐波分析功能相比，该功能可分析更高频率 (最高 6 MHz) 的噪声，从而直观地确认 IEC 谐波或电压波动 / 闪变中看不到的噪声。PW8001 可保证最高到 1 MHz 的功率测量精度，对评估由逆变器或开关电源产生的高频传导噪声十分有用。



Application Note

HIOKI 的第三代功率分析引擎实现了六项“AUTO”测量

PW8001 可同时并行处理正确的功率测量以及谐波和功率谱分析等所有操作。根据输入波形的大小和频率，测量量程和滤波器特性会在内部自动更新至最佳状态。如此，一次测量即可正确测量所有分析结果，从而实现多角度的验证。

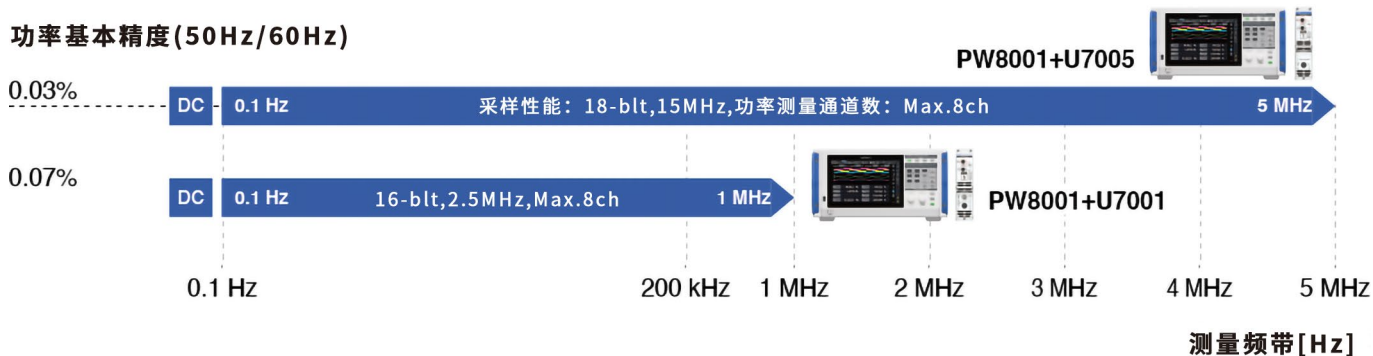


PW8001 功率分析引擎并发处理架构

产品组合示例

PW8001 功率分析仪可根据用途选择两种类型的输入单元，并支持额定电流从 2 A 到 2000 A 的各种电流传感器。根据所需的测量精度和测量频带，可混合使用两种类型的输入单元最多安装至 8 通道。

功率基本精度 (50Hz/60Hz)



与电流传感器的组合精度

HIOKI 是业内唯一一家同时自行开发高性能电流传感器和功率分析仪的公司，这种组合带来一骑绝尘的高精度。如表 1 所示，HIOKI 电流传感器的不仅规定了 50 Hz/60 Hz 的精度，也规定了高频的精度，因此非常适合用于谐波和噪声分析。



AC/DC 电流传感器（额定 200A）

Application Note

表 1: PW8001 和电流传感器的组合精度示例之一

电流传感器组合测量精度	频率: $\pm\%$ of reading $\pm\%$ of range
PW8001+U7001 + CT6873 电流传感器	DC: $\pm 0.05\% \pm 0.057\%$ 45 Hz $\leq f \leq$ 66 Hz: $\pm 0.05\% \pm 0.052\%$ 5 kHz $< f \leq$ 10 kHz: \pm U7001 精度 (0.15% + 0.05%) \pm 电流传感器精度 (0.2% + 0.02%)**
PW8001+U7005 + CT6873 电流传感器	DC: $\pm 0.05\% \pm 0.032\%$ 45 Hz $\leq f \leq$ 66 Hz: $\pm 0.04\% \pm 0.027\%$ 5 kHz $< f \leq$ 10 kHz U7005 精度 (0.05% + 0.05%) \pm 电流传感器精度 (0.2% + 0.02%)**

** Full scale 误差也考虑了电流传感器额定。其他频率记载于使用说明书。

各测量模式的概要参数

表 2 简要显示了 PW8001 IEC 谐波模式的测量参数。测量结果可分别显示奇数次和偶数次，便于查看和直观地确认结果。

表 3 和表 4 分别显示了闪变测量参数和 FFT 以及功率谱分析功能的概要参数。

表 2: IEC 谐波模式的测量参数

测量方式	符合 IEC61000-4-7:2002+A1:2008, 无间隙重叠
测量频率设置	50 Hz/60 Hz
同步频率范围	为 50 Hz 设置时: 45 Hz ~ 55 Hz 为 60 Hz 设置时: 56 Hz ~ 66 Hz
数据更新率	约 200 ms 固定 (50 Hz 时为 10 个波, 60 Hz 时为 12 个波)
分析次数	谐波: 0 次 ~ 200 次 间谐波: 0.5 次 ~ 200.5 次
窗口波数	为 50 Hz 设置时: 10 个波、为 60 Hz 设置时: 12 个波
FFT 点数	8192 点
测量精度	在各频率设置的同步频率范围内, 对各单元的电压、电流、功率、相位测定精度加算 $\pm 0.04\%$ of range。10 kHz 或以上时, 再追加 $\pm 0.04\%$ of range

表 3: 闪变测量参数

测量通道	最多 8 通道
测量方式	符合 IEC 61000-4-15 Ed2.0:2010 闪变仪等级 F2
测量项目短期	短期闪变值 (Pst) 短期闪变最大值 (PstMax) 长期间闪变值 (Plt) 瞬态闪变最大值 (PinstMax) 瞬态闪变最小值 (PinstMin) 相对稳态电压变化 (dc) 最大相对电压变化 (dmax) 相对电压变化超过阈值的时间 (Tmax)
测量频率	50 Hz / 60 Hz (仅限 IEC 测量模式时测量)
测量量程	Pst, Plt: 0.0001 P.U. ~ 6400 P.U. (对数除法 1400 次)
闪变滤波器	230 V lamp、120 V lamp
测量精度	dc, dmax: $\pm 4\%$ (dmax = 4% 时) Pst: $\pm 5\%$ (Pst = 0.2 ~ 5)

Application Note

表 4: PW8001 的功率谱分析 (PSA) 功能的概要参数

测量通道	<ul style="list-style-type: none">电压电流波形：选择通道或接线单位。最多 3 通道马达波形：模拟 DC
运算类型	<ul style="list-style-type: none">RMS 频谱 (选择多个通道时为各通道的平均值)功率谱 (有功功率 (P), 但仅限选择电压电流波形时。选择多个通道时为各通道的相加值 (Psum))
FFT 点数	1000 点, 5000 点, 10,000 点, 50,000 点, 100,000 点, 500,000 点, 1,000,000 点, 5,000,000 点
抗混叠	自动数字滤波器
窗函数	矩形窗、汉宁窗、平顶窗
最大分析频率	<ul style="list-style-type: none">电压电流波形: 6 MHz (选择 U7005 时), 1 MHz 波形 (选择 U7005 时)马达波形输入: 400kHz与波形记录的压缩率相关联

结语

PW8001 可以按照 IEC 标准测量谐波和电压波动 / 闪变。对于“想摆脱电源噪声问题被掩盖，事后才采取对策的设计困境”或“想提前解决开关噪声问题”的开发人员，功率谱分析 (PSA) 功能提供了一种高频噪声的评估方法。如需了解有关该产品的更多信息，请访问产品页面。或致电我司，预约产品演示或咨询相关应用。

*1) 参考文献:

西岛健一：“开关电源中安装的 EMC 滤波器的传导 EMI 噪声降低效果的相关研究”，《日本电力电子学会杂志》Vol.45
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jipe/45/0/45_106/_article/-char/ja/