

WHITE PAPER | 白皮书

INVERTER TESTING

逆变器测试

WITH HARDWARE & SOFTWARE SOLUTIONS FROM DEWETRON



DEWETRON

摘要

本白皮书讨论了逆变器在现代新能源系统中的重要性。它们在把来自太阳能电池板和电池等来源的直流电转换为交流电源方面发挥着至关重要的作用，交流电源用于从可再生能源到电动汽车和工业机器的各种应用。随着可再生能源和电动汽车的日益普及，对高效、可靠和通用逆变器的需求呈指数级增长。测试和分析逆变器性能对于确保效率、可靠性和符合行业标准至关重要。本白皮书深入探讨了逆变器的工作原理。它强调了逆变器和逆变器测试的关键作用，并突出了DEWETRON先进的软件和硬件解决方案。

简介

逆变器是将直流电压和电流（DC）转换为交流电压和电流（AC）的电力电子设备。除了转换成交流电外，它们还能够改变有效输出幅度和输出频率，这在控制电机的速度时是必不可少的。逆变器输出只能为单相交流、分相输出或多相输出。当谈到逆变器时，通常假设输出是一个三相系统。这可能是迄今为止许多关键应用中最重要逆变器形式。

在可再生能源领域，太阳能逆变器起着至关重要的作用，它将太阳能电池板上的直流电转换成交流电，并为电网供电。在电动汽车中，所谓的牵引逆变器用于控制驱动车辆的牵引电机的转速和扭矩。

其他行业应用包括：

- ▶ 备用供电系统
- ▶ 工厂机器
- ▶ 家用电器
- ▶ 轨道交通
- ▶ 航空航天与船舶
- ▶ 医疗设备

随着宽禁带半导体（包括SiC和GaN）的发展，降低损耗，提高功率密度和集成度，逆变器的目标是更高效，多用途和环保，支持全球向可持续能源系统的过渡。

测试和测量逆变器的电气性能由于一些原因至关重要，需要确保其效率，可靠性，安全性和符合标准。

逆变器测量基础

电压测量可以使用电压探头或直接通过连接到功率分析仪的屏蔽电缆进行。对于电流测试，尽可能的直接测量，但对于更高的功率和电流，通常使用电流传感器，罗氏线圈或电流钳。一般来说，尽管价格昂贵，但由于其更高的精度和最小的相位延迟，因此更推荐零磁通电流传感器。

图1展示了测量三相逆变器的基本设置。为了测量逆变器的功率和效率，需要同时测量直流侧和交流侧的电压和电流。功率分析仪使用直流和交流测量来计算关键参数，如效率和功率值，同时提供可视化以获得更深入的见解。

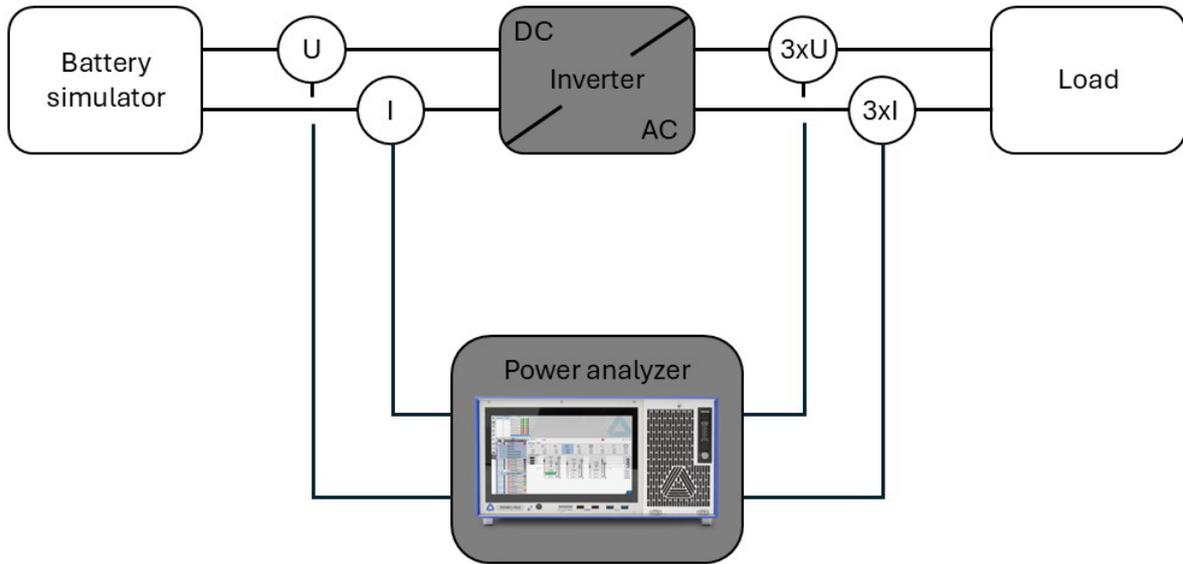


图1：逆变器测量原理图

电气原理图（图2）展示了基于IGBT的三相逆变器。绝缘栅双极晶体管（IGBT）结合了场效应晶体管和双极晶体管的优点，提供了效率和控制。该逆变器通过开关排成桥的6个IGBT，将直流电转换成三相交流电。每个相位由一对IGBT控制，控制器产生脉宽调制（PWM）信号，以特定顺序打开和关闭IGBT。IGBT交替开关，为每个相位创建交变电压，保持它们之间的120°相移。

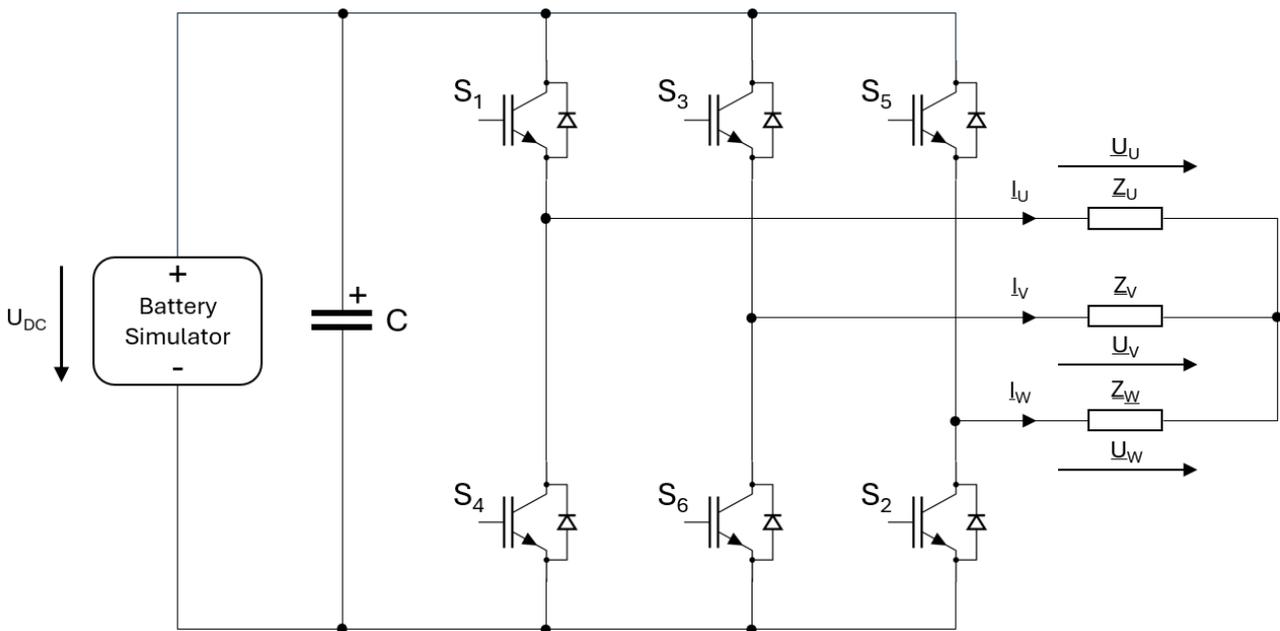


图2：逆变器电气原理图

U_{DC} 是输入直流电压，通常来自电池、电池模拟器或太阳能电池板。 C 是直流链路电容，起缓冲作用，稳定电压，减少对电池的高电流需求。 S_1 to S_6 为IGBT交换机，分别为S1和S4为一组、S3和S6为一组、S5和S2为一组。逆变器中的这些开关负责创建输出交流电压 \underline{U}_U , \underline{U}_V 和 \underline{U}_W 通常在低两位数 kHz范围 (10-20 kHz) 附近工作，未来可能会有更高的开关频率。 \underline{I}_U , \underline{I}_V 和 \underline{I}_W 为各相输出电流。 \underline{Z}_U , \underline{Z}_V 和 \underline{Z}_W 是作为逆变器负载的复杂阻抗。由于交流电压、交流电流和U、V、W相的阻抗一般都有实部和虚部，所以在公式符号下面用下划线表示。原理图中的负载以星形结构连接，通过将负载 \underline{Z} 连接到右侧的一个公共电位的星点可见。三角形配置将显示连接在相之间的负载，其中一个负载连接在U和V之间，一个连接在V和W之间，一个连接在W和U之间。星形和三角形配置将创建一个所谓的对称系统，如果每个相的阻抗相等，输出电压具有相同的波形，只是相互移位120°。



DEWETRON'S 测量技术

OXYGEN是DEWETRON用于测量、记录、可视化、计算和分析的一体化软件。凭借其功率组测试模块，使它成为一个非常强大的工具，有助于逆变器测试和基准测试，并深入了解一下参数：

- ▶ 电压波形(DC 和 AC)
- ▶ 基波分析
- ▶ 电流波形 (DC 和 AC)
- ▶ 谐波 (符合 IEC 61000-4-7)
- ▶ 均方根值, 峰值, 平均值
- ▶ 总谐波失真 (THD)
- ▶ 有功功率 (P)
- ▶ 对称分量
- ▶ 无功功率(Q)
- ▶ 效率图
- ▶ 视在功率 (S)
- ▶ 电压闪变 (符合 IEC 61000-4-15)
- ▶ 功率因数(PF)
- ▶ 还有更多...
- ▶ 逆变器效率

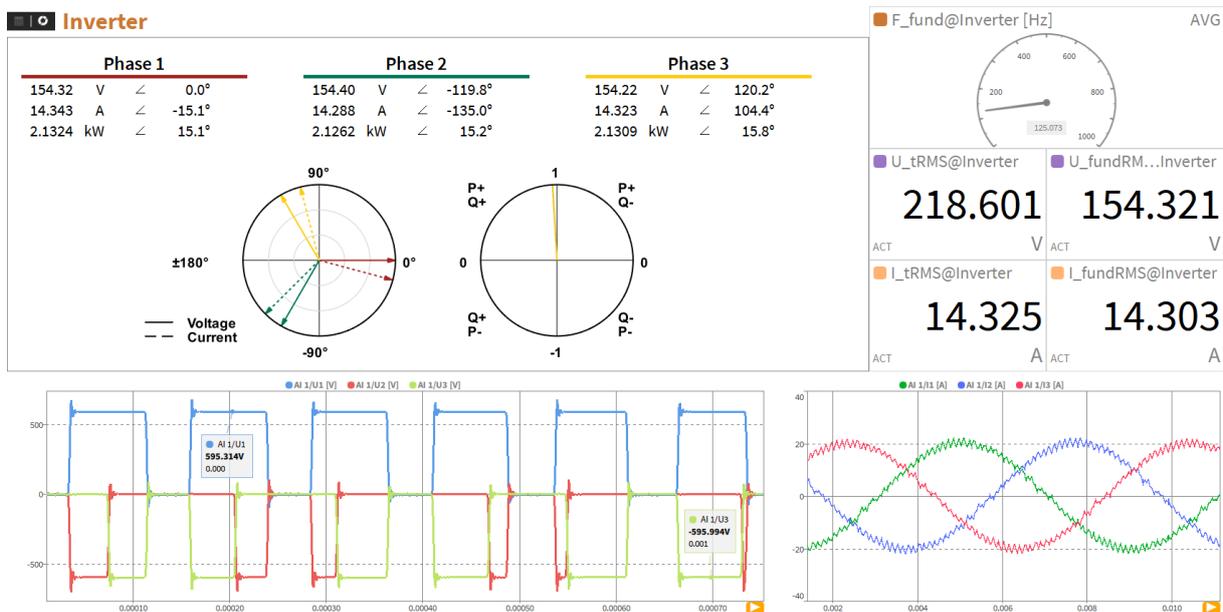


图3: OXYGEN信号波形可视化

图3展示了OXYGEN中测量示例界面，左下角显示交流电压波形，右下角显示交流电流波形。右上方是有效值的数字显示，左上方是逆变器三相交流输出的矢量图。测量屏幕可以自由修改不同的显示工具，用于显示和选择通道，如记录仪和示波器显示波形，数字仪表显示数值，频谱分析仪显示频率数据。此外还可以使用功率组件直接显示功率值，P， Q， S， U， I， 包括基波数据和矢量图，如图所示。

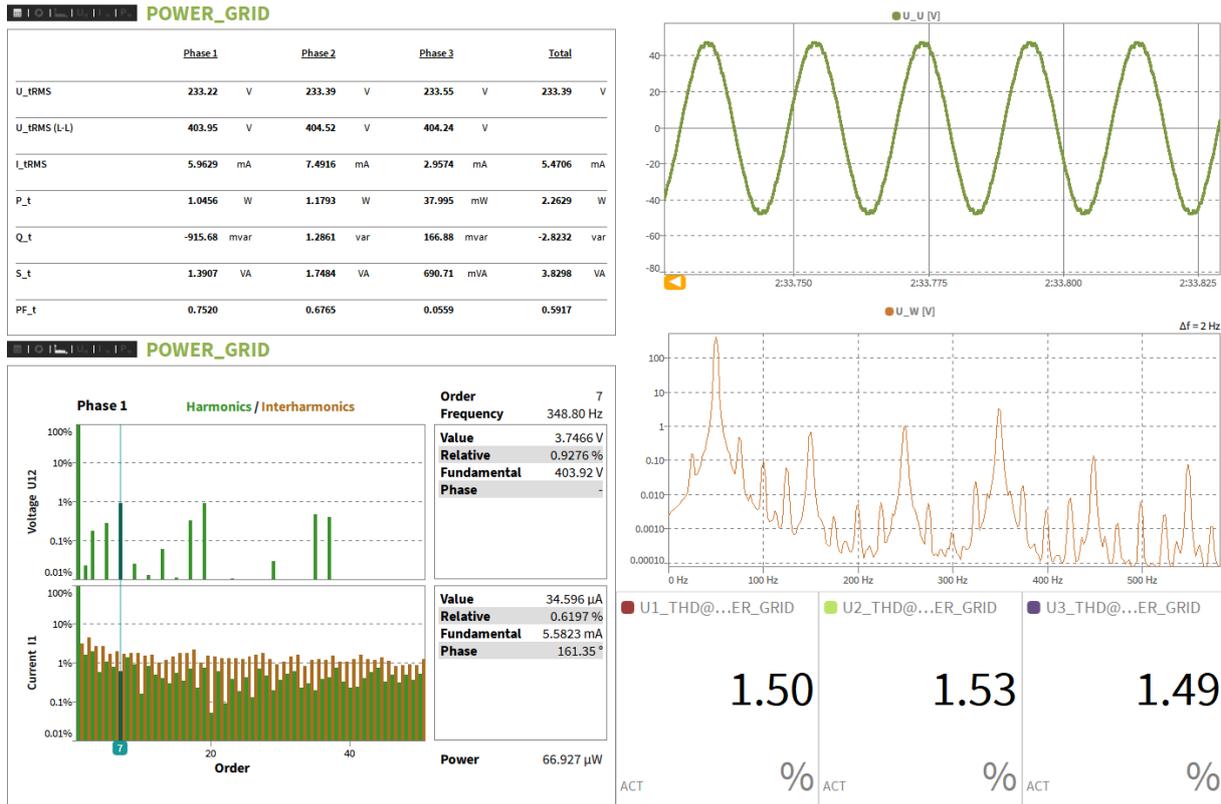


图4: OXGEN谐波可视化

另一个测量屏幕如图4所示，显示典型正弦波逆变器的特性。输出电压波形在右上方可见，看起来像正弦波。在该波形显示中，来自晶体管的开关伪像非常小，因此谐波不强烈存在，每相位的总谐波失真（THD）仅为约1.5%。在左下角可以看到谐波显示，显示电压和电流的谐波和间谐波。用户可以在显示器内放置一个光标来查看相应的电压、电流和每个谐波顺序的有功功率。在右边，频谱分析仪（也称为FFT仪器）提供频域数据，以均方根电压或幅值显示电压。与谐波显示不同，频谱分析仪的x轴表示频率而不是谐波阶数。两个显示器都具有对数y轴，以处理高基频电压和约1%或更小的小谐波之间的显著范围差异。

这个测量屏幕是高度可定制的，可以在多个显示器上复制。当前的数据可以在任何时刻冻结当前信号的快照，并且记录保存显示设置以供以后分析。总体而言，OXYGEN提供了在单个屏幕上组装各种仪器的灵活性，确保您的功率分析仪的显示既信息丰富又简洁。

硬件推荐

DEWETRON提供多种硬件解决方案，包括各种机箱和测量模块，旨在满足各种需求。DEWETRON提供不同预算、外形尺寸和性能水平的选项，确保为您的特定要求提供量身定制的解决方案。

DEWE3-PA8



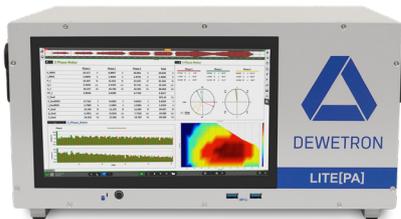
- ▶ 固定式高级功率分析仪
- ▶ 最多16个功率相位
- ▶ 集成冗余传感器电源
- ▶ 交流供电
- ▶ 研发试验台的理想应用

DEWE3-A4



- ▶ 便携式高级功率分析仪
- ▶ 最多8个功率相位
- ▶ 直流供电
- ▶ 可选的外部传感器供电和电池组
- ▶ 理想型可移动测试设备

LITE[PA]



- ▶ 固定式标准功率分析仪
- ▶ 4或8个功率相，2路扭矩，2路速度，1路CAN
- ▶ 交流供电
- ▶ 可选外部传感器供电
- ▶ 适用于生产和EOL测试

PA-TRIONet3



- ▶ 便携式前端功率分析仪
- ▶ 4个功率相
- ▶ 需要通过局域网或USB 3.0连接主机PC
- ▶ 直流供电
- ▶ 可选的外部传感器供电和电池组
- ▶ 目前市场上最小的功率分析仪，适用于空间有限的应用



总结

本白皮书探讨了逆变器在现代新能源系统中的关键作用，强调了逆变器在将来自太阳能电池板和电池的直流电转换为家庭、企业和电网使用的交流电方面的重要性。随着可再生能源的采用和工业电气化的发展，逆变器的可靠性和效率变得越来越重要。

我们提供了逆变器操作的详细概述，重点是基于IGBT的三相逆变器，探索其结构，功能以及精确测试和测量的重要性。本篇白皮书还展示了DEWETRON的先进测量解决方案，其中包括我们的测量软件OXYGEN。它可以实现无缝的数据采集、可视化、分析，并符合国际标准。结合DEWETRON的多功能硬件选项，该解决方案可确保对从小型应用到高性能工业系统的任何测试场景提供最佳支持。



作者

Maximilian KAISS



Maximilian Kaiß, 工程(学)硕士他在雷根斯堡工业大学学习电气工程和信息技术。在他的硕士学位期间，他专攻电机和电力电子。2022年加入DEWETRON之前，他在工程办公室担任技术建筑设计工程师。在DEWETRON，他是汽车、电动汽车、电力应用以及通用测试和测量解决方案的应用工程师。



关于DEWETRON

DEWETRON是一家精密测试和测量系统的制造商，旨在帮助我们的客户使世界更可预测，高效和安全。我们的优势在于定制化的解决方案，并可以立即使用，同时也能快速适应能源、汽车、交通和航空航天行业的测试环境和复杂技术的不断变化的需求。

超过30年的经验和创新使DEWETRON赢得了全球市场的信任和尊重。在全球知名公司中，有超过25,000套DEWETRON测量系统和超过400,000个测量通道在使用。

DEWETRON 在25个国家拥有超过120名员工，隶属于TKH集团，TKH集团是一家全球性的公司，专门从事全球创新解决方案的开发和供应。

DEWETRON的产品质量通过了ISO9001和ISO14001认证。测量数据的高度完整性由我们自己认可的校准实验室根据ISO17025保证。

关注德维创
官方微信公众号



THE MEASURABLE DIFFERENCE.



DEWETRON

德维创测试设备（北京）有限公司
北京市朝阳区华腾大厦1205室
010-6777 7287

德维创检测设备（上海）有限公司
上海市静安区国旅大厦1403室
021-6289 0027

