

电力电子电源的电气性能

- 输出信号的检测、评估和故障排查

刘巧玲

qiaoling.liu@fluke.com

主要内容：

- 1、电源输出信号 供电质量的评估 标准及测量技术
- 2、转换效率 节能增效
- 3、几种常见电力电子电源的检测实例分享

应需求而生-装备制造大国向强国转变

《中国制造2025》，中国的战略方向，制造业要从高速向高质转变！

- 提高质量，加强品牌建设
- 绿色制造，提高制造业资源利用效率

重点发展方向：

航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备

这些行业中电力电子电源都是核心部件，技术提升决定着行业的发展，检测技术及仪器为从业人员提供了改进的依据



电动汽车驱动系统



光伏逆变器



充电设备

电力电子技术的应用及其广泛

工业：

• 控制和驱动电机

- 高频电弧焊接和等离子切割

• 电力质量改善

交通运输：

- 电动汽车控制器、充电桩

- 电气化铁路和城轨

可再生能源：

- 太阳能发电：光伏逆变器

- 风能发电：变流器

电力系统：

- 高压直流输电（HVDC）：换流站

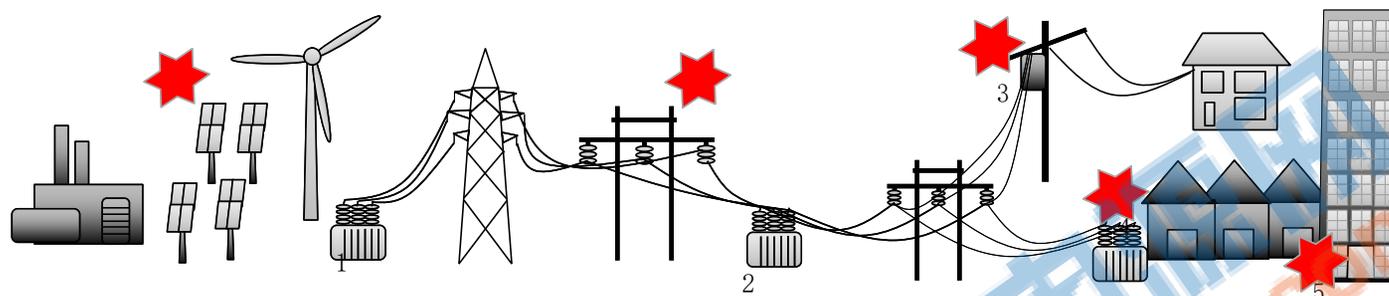
通信和网络设备：**UPS不间断电源**

福禄克祝您使命必达

- 提高效率：高效转换及传输
- 控制输出性能
- 提高系统稳定性和可靠性
- 生产工艺需要
- 改善供电质量：滤波
- 节能：提高功率因数
- 应对能源危机：新能源发电
- 改善环境：发展电动汽车

综上所述，电力电子电源应用遍布发-储-配-用整个场景，发挥着重要作用。

发-储-输-配-用电整个场景中广泛的应用



中华人民共和国国家发展和改革委员会令

第8号

《电能质量管理办法(暂行)》已经2023年12月26日第7次委务会议审议通过,现予公布,自2024年4月1日起施行。

主任

刘珊珊

2023年12月27日

发电(火电/风电/光伏) 运维

- 传统发电 设备维护&能源管理
- 新能源发电业主 运维

输配供电 评估

- 供电公司
- 各省电科院
- 国网南网电科院

用户 运维与节能

- 食品、制药等过程行业
- 电子、汽车等制造企业
- 数据中心、商业等

1. 第三方**运维** 为用户提供专业设备运维和解决方案
2. 第三方**检测和认证** 评估和认证
3. 生产设备供应商 产品出厂品质检测&售后服务检测&故障排查
4. PQ**治理**公司

周边服务公司

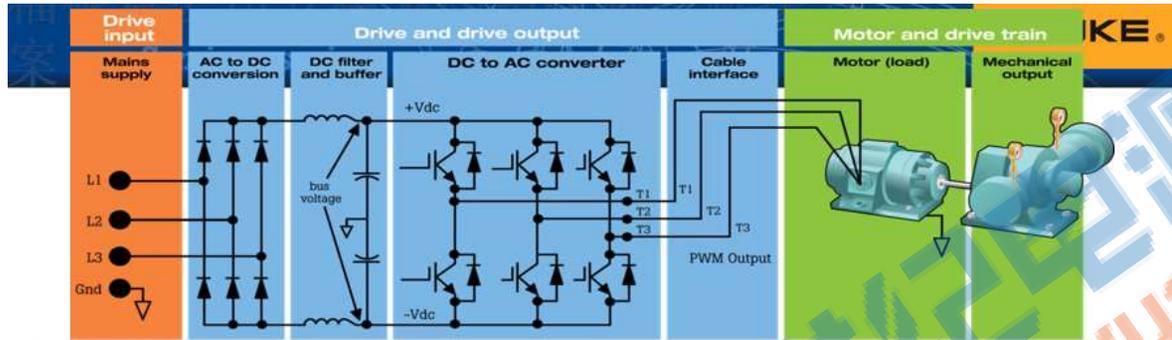
旨在**加强电能质量管理**,保障电力系统的电能质量水平,优化电力营商环境,满足电力用户的电能质量需求,并支撑电力系统的**安全、稳定、优质、经济**运行。

电能质量管理:采用技术、经济、行政等手段,使电能质量限制在国家标准规定范围内,保证**发电、供电和用电**三方的正常运行和合法权益。

责任共担:保障电力系统电能质量是发电企业、电网企业、电力用户的共同责任。建立政府监督管理、行业自律和企业履责的机制。

制造业如何保证产品高质、生产高效？

福禄克公司齐全的专业测试工具祝您使命必达！



电网输入端/风电并网端
需要进行电能质量评估
推荐使用仪器：
电能质量分析仪
F435II / F1760



变频电源输入、中间直流环节及输出端 / 电机负载部分
需要对变频电源谐波、效率等品质进行检测及电机制造质量-效率进行检测
仪器：宽频带功率分析仪 **NORMA5000**



驱动及驱动输出端
需要进行详细的波形分析
推荐使用仪器：**F190-204s**



电机负载部分
排查因电机机械故障引起的异常振动
推荐：振动分析仪 **F810**



电机负载部分
需要测试电机的绕组电阻
推荐使用：**万用表 F289**



电机负载部分
需要测试电机的绝缘性能及磁芯、轴承温度
使用**F1587C和F568**

为电力电子电源生产企业研发、品管、使用单位运维人员和第三方检测评估公司提供专业的检测手段和评估工具！

• 研发试制性能测试

帮助研发人员了解产品性能和质量，持续改进

• 产品出厂前合格检测

为企业保证产品的出厂品质，为维护品牌的口碑把好最后一关

• 第三方检测

耐用易用、便携式随身携带，满足移动检测需求，提高检测效率

PQ仪器的基本功能？（Power Quality）？

PQ差会影响设备的长时稳定运行，因此，GB做了限值规定！



供电电压偏差

GB/T 12325-2008 《电能质量 供电电压偏差》

- 感应电动机过热
 - 影响电子设备及自动化控制系统正常工作
- GB/T 12325-2008 《电能质量 供电电压偏差》



电力系统频率偏差

GB/T 15945-2008 《电能质量 电力系统频率偏差》

- 电网安全稳定运行、经济运行
- 电力系统发出的有功功率和负荷所需求的有功功率是否保持相同



公共电网谐波

GB/T 14549-93 《电能质量 公用电网谐波》 GB/T 24337-2009 《电能质量 公用电网间谐波》

- 造成用电设备过热、加快绝缘老化，降低使用寿命，损坏电容器
- 降低用电设备的效率
- 增加配电线路损耗



三相电压不平衡

GB/T 15543-2008 《电能质量 三相电压不平衡》

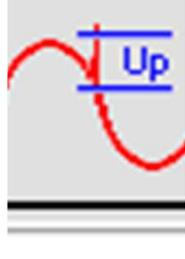
- 三相用电设备某项绕组过热、损坏
- 线路损耗增加
- 电机振动增加、效率降低



电压波动和闪变

GB/T 12326-2008 《电能质量 电压波动和闪变》

- 电机转速不均匀，影响产品质量
- 照明灯光闪烁，人眼不适和疲劳
- 敏感设备工作异常



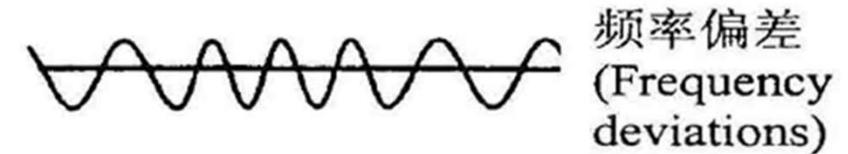
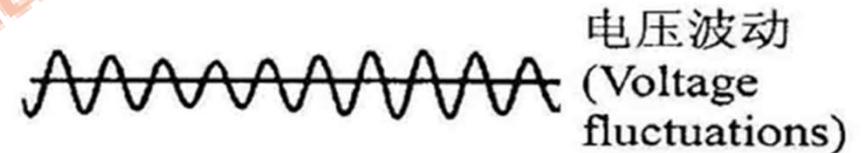
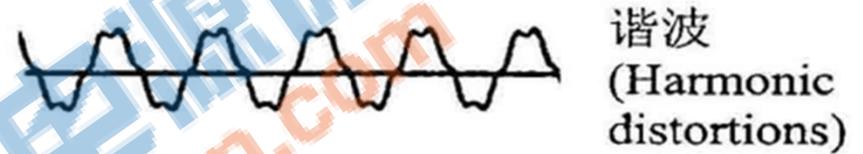
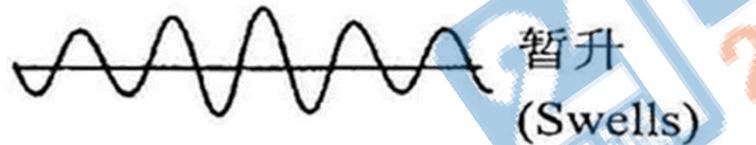
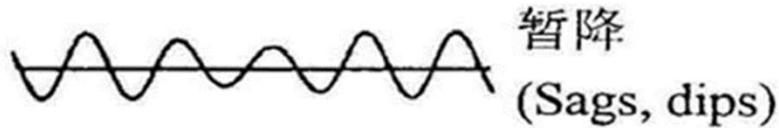
暂时过电压和瞬态过电压

GB/T 18481-2001 《电能质量 暂时过电压和瞬态过电压》

- 设备误动作、非正常停机
- 瞬态过电压会造成变压器或者电机匝间绝缘击穿、继而烧毁损坏
- 损坏精密仪器或部件

几个最重要的波形畸变

电压事件：是最常见的电能质量问题



新能源光伏发电为何重视电能质量？

光伏发电电能质量测试相关标准：

- 《NB/T 32006-2013 光伏电站电能质量检测技术规程》该标准详细规定了光伏电站电能质量的检测条件、检测设备和检测方法，适用于通过35kV及以上电压等级并网，以及通过10kV电压等级与公共电网连接的新建、扩建和改建的光伏发电站
- 《GB/T 19964-2012 光伏电站接入电力系统技术规定》
- 《GB/T 29319-2012 光伏发电系统接入配电网技术规定》
- Q/GDW 618-2011 《光伏电站接入电网测试规程》

国网电力科学研究院起草。详细规定了接入电网的光伏电站现场测试的条件、内容、方法和步骤等

这些标准和规范共同构成了我国光伏发电电能质量测试的标准体系，为相关企业和技术人员提供了明确的指导和操作标准。

光伏发电并网对于电能质量的影响：

光资源的特性（规律性、间歇性、波动性）和发电设备的特性（逆变器谐波及抗过流能力差、光伏电池电磁暂态无惯性）决定了光伏发电输出功率快速变化，可能引起电能质量问题。

光伏发电电能质量测试内容：

电压偏差、频率偏差、谐波、三相电压不平衡、闪变、直流分量、功率因数、逆变器效率测试、电网电压跌落（低电压穿越）

光伏电站电能质量的检测评估-相关标准

向**当地交流负载**提供电能和向**电网**发送电能的质量应受控

- **电压偏差、频率、谐波和功率因数** 应满足实用要求并符合标准
- 系统应能检测到**偏离标准的越限状况**，并将按照光伏标准要求将系统与电网安全断开

除非另有要求，应保证在并网光伏系统**电网接口处**可测量到**所有电能质量参数**(电压、频率、谐波等)。



电能质量分析仪Fluke 1777

评估专业、省力高效

- 完全符合IEC 61000-4-30 A级标准 3.0版
- 内置GB/T电能质量5大标准及国网最新谐波标准 Q_GDW 11938-2018，一键出具

IEC 61000-4-30? 国际标准，规定了电能质量测量方法。该标准按照测量方法和能力将仪器分为两个等级：**A级**和**S级**

- **A级**：用于必须进行精确测量的场合，如合同、验证与标准的符合性，解决法律纠纷等。
- **S级**：精确度较低。用于统计调查、故障检修等



IEC电能质量标准61000-4-30 测试和测量技术—电能质量测量方法

IEC



61000

•标准对于A级谐波测量仪器的要求：**一致性**。

IEC61000-4-7:2002标准，对谐波计算方法有严格规定。如时间窗、同步、窗函数等。50Hz系统的时间窗必须为**10个周波（200ms）**。旧的标准允许为400ms、320ms或1个周波等时间间隔。

•谐波的算法 **谐波：3条谱线**，**间谐波：7条谱线**。

例：150Hz频谱分量为10%，145Hz频谱分量为1%，155Hz频谱分量为2%。则标示为“150Hz”的第3次谐波还应该包括145Hz频谱分量及155Hz频谱分量：

$$\sqrt{10^2 + 1^2 + 2^2} = 10.2$$

Fluke 1777 新一代电能质量分析仪

记录超阈值数据及波形

欠/过电压、电压波动和中断会导致设备工作异常
过大的浪涌电流会引起电机启动异常或者断路器跳闸

检测超高次谐波

超谐波会导致电能表出现计量误差、保护装置误动作、精密仪器烧毁等
新能源发电会产生超谐波

捕捉瞬态电压

造成电机或变压器绝缘击穿

测量电压/电流/功率/能耗

了解负载运行情况
进行需量管理

测量谐波

检查有无引发设备发热或故障的超标谐波
避免电容柜因谐振烧毁提高输配电网及设备的能效

三相不平衡

检查影响绝缘和引发设备过热的相间平衡
避免中线过流烧毁

能量损耗计算器

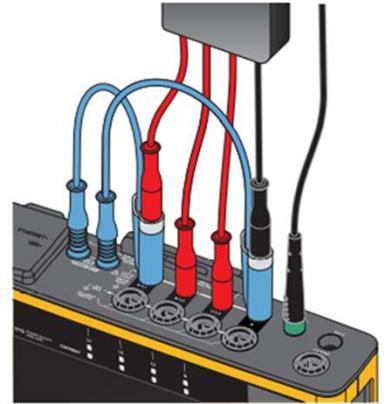
供电电源质量差会导致能量损失企业内部的非线性、大型电力电子负载也存在改进能效的机会



测试现场-光伏逆变器输出



磁吸挂件，方便仪器安置



被测信号给仪器供电

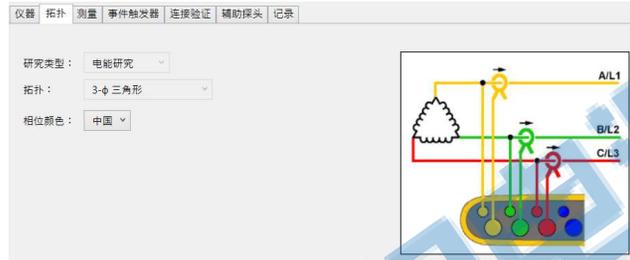
- 电压测试线通过鳄鱼夹连接至逆变器的U,V,W输出，接地线鳄鱼夹连接至柜门
- 柔性电流环环在U,V,W输出线缆上，无需断开回路
- 断电后仪器可由充电电池供电,恢复供电后，仪器可自动开机
- 通过网线连接，在办公室即可远程设置、查看和下载测量数据，无需费时费力奔波至现场
- 用手机，电脑或者平板，也可通过蓝牙、WiFi和仪器通讯，无需打开柜门，保证测试人员的安全

只需3步，直接拿报告

第一步：现场安装



第二步：远程设置



检查接线，接线错误不担心！
一键可自动更正



	L12	L23	L31	结果
电压	316.0 V	315.8 V	316.2 V	X
电流	794.2 A	796.9 A	803.4 A	
功率	-144.2 kW	-144.7 kW	145.8 kW	

校正

电流极性: 反相 反相 反相

映射电压: 1-L1 2-L2 3-L3

映射电流: 1-L1 2-L2 3-L3

电流: 负载 发电机

自动更正

开始记录

实时测量

拓扑: 3-φ 三角形

	L12	L23	L31
电压	318.6 V	318.5 V	318.5 V
RMS	318.5 V	318.5 V	318.4 V
h01	318.5 V	318.5 V	318.4 V
角度	30.0°	-90.0°	150.0°

逆序不平衡: 0.01 %
零序不平衡: 0.02 %

	L1	L2	L3
电流	813.8 A	817.0 A	823.6 A
RMS	813.8 A	817.0 A	823.5 A
h01	813.8 A	817.0 A	823.5 A
角度	-9.7°	-129.1°	110.5°

显示电压相量:
 相位到相位
 虚拟相位到中性

图例: 电压 → 电流 →

只需3步，直接拿报告

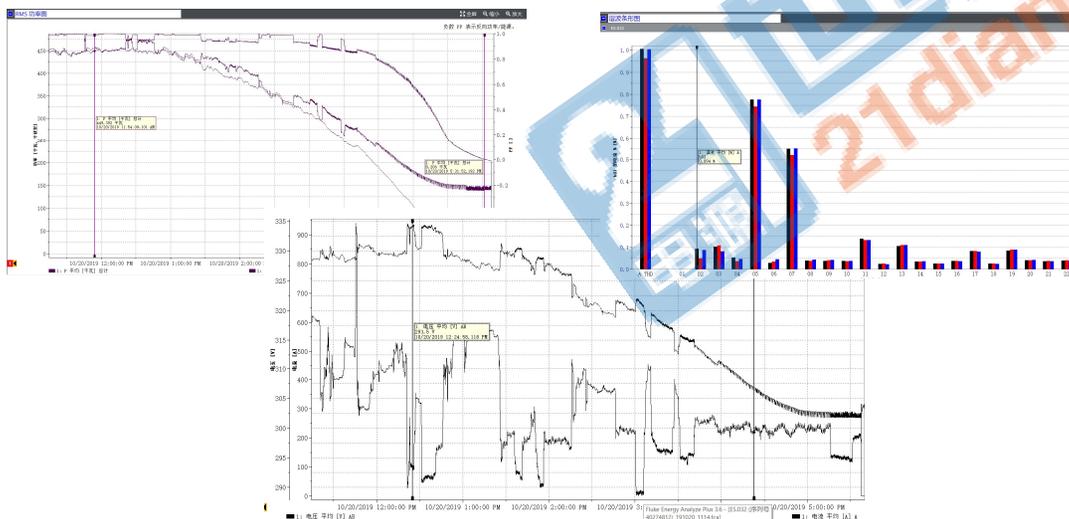
第三步：下载记录的数据、一键出报告



FEA+软件内置GB/T报告：电压电流谐波、PF等



FEA+软件分析-电压、电流、功率、功率因数等变化



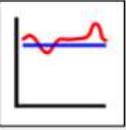
The screenshot shows a detailed GB/T report table with columns for '谐波' (Harmonics) and '谐波含量' (Harmonic Content). The table lists various harmonics (e.g., 2nd, 3rd, 4th, 5th, 6th, 7th, 8th, 9th, 10th, 11th, 12th, 13th, 14th, 15th, 16th, 17th, 18th, 19th, 20th) and their corresponding values for voltage, current, and power. The table is organized into sections for '电压' (Voltage), '电流' (Current), and '功率' (Power).

捕捉超限事件

1、设置阈值：欠压过压、失压、浪涌电流、波形偏差

仪器 拓扑 测量 **事件触发器** 连接验证 辅助探头 记录

下降

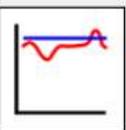


下降
电压下降的限制设置。

滑动参考

限制： Unom 百分比
事件触发器处于 200 V (Unom 400 V, 限制 -200 V)

上升



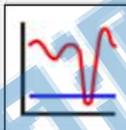
上升
电压上升的限制设置。

滑动参考

限制： Unom 百分比
事件触发器处于 540 V (Unom 400 V, 限制 +140 V)

仪器 拓扑 测量 **事件触发器** 连接验证 辅助探头 记录

中断

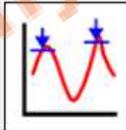


中断
电压中断的限制设置。

限制： Unom 百分比
事件触发器处于 20 V

快速电压变化

波形偏差

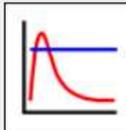


波形偏差
波形偏差事件触发器的限制设置。

触发器开启

限制： Unom 百分比
事件触发器处于 40 V

涌入电流



涌入电流
涌入电流事件触发器的限制设置。

触发器开启

限制： A

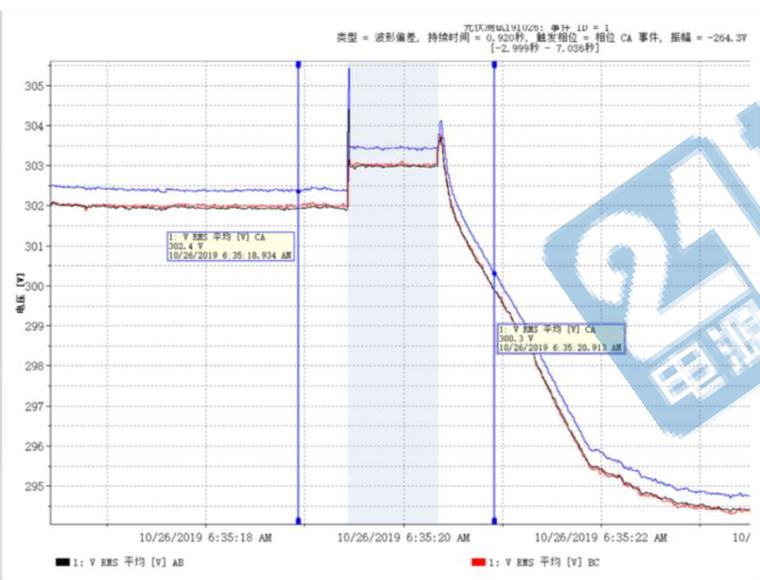
2、捕捉超限事件

事件捕捉-异常波形

ID /	日期/时间	类型	持续时间	最大偏差	不适用	相位
1	10/26/2019 6:35:19.437 AM	波形偏差	0.920秒	-264.3V		CA
2	10/26/2019 6:35:19.437 AM	波形偏差	0.920秒	238.2V		AB
3	10/26/2019 6:35:19.437 AM	波形偏差	0.911秒	-72.52V		BC
4	10/26/2019 6:45:20.373 AM	波形偏差	0.827秒	-41.54V		CA
5	10/26/2019 6:45:20.373 AM	波形偏差	0.088秒	-121.3V		BC
6	10/26/2019 6:45:20.373 AM	波形偏差	0.002秒	90.6V		AB
7	10/26/2019 6:49:48.484 AM	波形偏差	1.958秒	330.2V		CA
8	10/26/2019 6:49:48.484 AM	波形偏差	1.978秒	214V		BC
9	10/26/2019 6:49:48.484 AM	波形偏差	1.977秒	-128.1V		AB

- 表格显示发生的所有超标事件
- 类型? 极值? 发生时刻? 持续时间?

3、查看有效值及波形，帮助分析原因



详尽的软件分析功能-谐波



F177X: GB/T 18039.3-2017谐波评估报表

相位 CN

	100% 值				
	限制	结论	值	% 未超出限制	时间
THD	8%	合格	2.12%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h02	2%	合格	1.73%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h03	5%	合格	0.07%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h04	1%	合格	0.63%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h05	6%	合格	0.46%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h06	0.5%	合格	0.42%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h07	5%	合格	0.63%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h08	0.5%	合格	0.28%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h09	1.5%	合格	0.06%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h10	0.5%	合格	0.18%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h11	3.5%	合格	0.28%	100.00%	2021/7/20 16:40:00
h12	0.46%	合格	0.20%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h13	3%	合格	0.35%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h14	0.43%	合格	0.10%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h15	0.4%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h16	0.41%	合格	0.09%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h17	2%	合格	0.11%	100.00%	2021/7/20 16:40:00
h18	0.39%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h19	1.76%	合格	0.15%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h20	0.38%	合格	0.08%	100.00%	2021/7/20 16:40:00
h21	0.3%	合格	0.13%	100.00%	2021/7/20 16:40:00
h22	0.36%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h23	1.41%	合格	0.08%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h24	0.35%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h25	1.27%	合格	0.11%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h26	0.35%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h27	0.2%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h28	0.34%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h29	1.06%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h30	0.33%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h31	0.97%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h32	0.33%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h33	0.2%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:50:00
h34	0.32%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h35	0.83%	合格	0.04%	100.00%	2021/7/20 17:00:00
h36	0.32%	合格	0.06%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
h37	0.77%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:50:00

相位 CN

	100% 值				
	限制	结论	值	% 未超出限制	时间
THD	11%	合格	3.50%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h02	2.51%	不合格	2.74%	99.91%	2021/7/20 16:20:12
h03	6.34%	合格	1.09%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h04	1.28%	合格	1.00%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h05	7.8%	合格	0.70%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h06	0.66%	合格	0.60%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h07	6.66%	合格	0.74%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h08	0.67%	合格	0.41%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h09	2.04%	合格	0.31%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h10	0.69%	合格	0.31%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h11	4.88%	合格	0.36%	100.00%	2021/7/20 16:34:15
h12	0.65%	合格	0.31%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h13	4.27%	合格	0.39%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h14	0.62%	合格	0.21%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h15	0.58%	合格	0.19%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h16	0.6%	合格	0.17%	100.00%	2021/7/20 16:52:15
h17	2.97%	合格	0.18%	100.00%	2021/7/20 17:06:12
h18	0.58%	合格	0.15%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h19	2.67%	合格	0.23%	100.00%	2021/7/20 16:31:09
h20	0.58%	合格	0.12%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h21	0.46%	合格	0.31%	100.00%	2021/7/20 16:31:12
h22	0.57%	合格	0.11%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h23	2.22%	合格	0.20%	100.00%	2021/7/20 16:41:57
h24	0.57%	合格	0.11%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h25	2.05%	合格	0.26%	100.00%	2021/7/20 16:42:06
h26	0.56%	合格	0.10%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h27	0.33%	合格	0.10%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h28	0.56%	合格	0.10%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h29	1.77%	合格	0.09%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h30	0.56%	合格	0.11%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h31	1.66%	合格	0.09%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h32	0.56%	合格	0.10%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h33	0.35%	合格	0.08%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h34	0.57%	合格	0.10%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h35	1.47%	合格	0.08%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h36	0.57%	合格	0.10%	100.00%	2021/7/20 16:20:12
h37	1.39%	合格	0.08%	100.00%	2021/7/20 16:20:12

注意

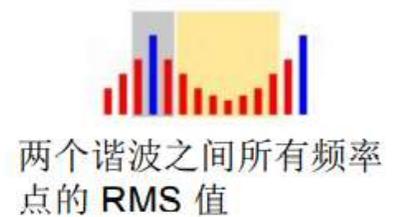
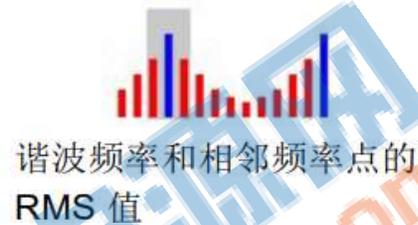
10min值

3s值

谐波算法

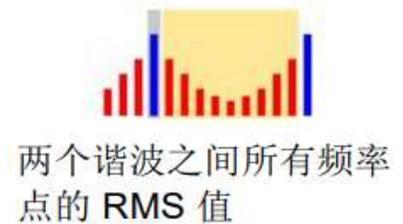
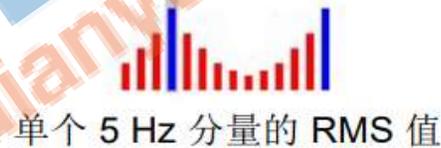
子组算法（默认）

依据标准 IEC 61000-4-30 进行测量，如 EN50160
A级仪器标准要求，谐波和间谐波子组（10周期），用于电力系统谐波和间谐波评估



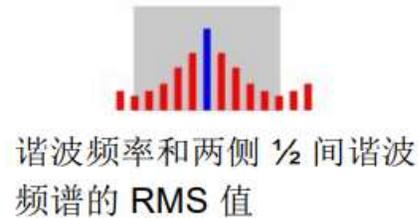
组算法

依据 IEEE519、IEC 61000-3-12 等标准进行测量
谐波和间谐波组（1.5s低通滤波器平滑处理）
用于用电设备的谐波电流



频谱分量

依据 IEEE519、IEC 61000-3-12 等标准进行测量



不可用

谐波含量

谐波 超谐波 事件 PQ Health 电源信号 闪变

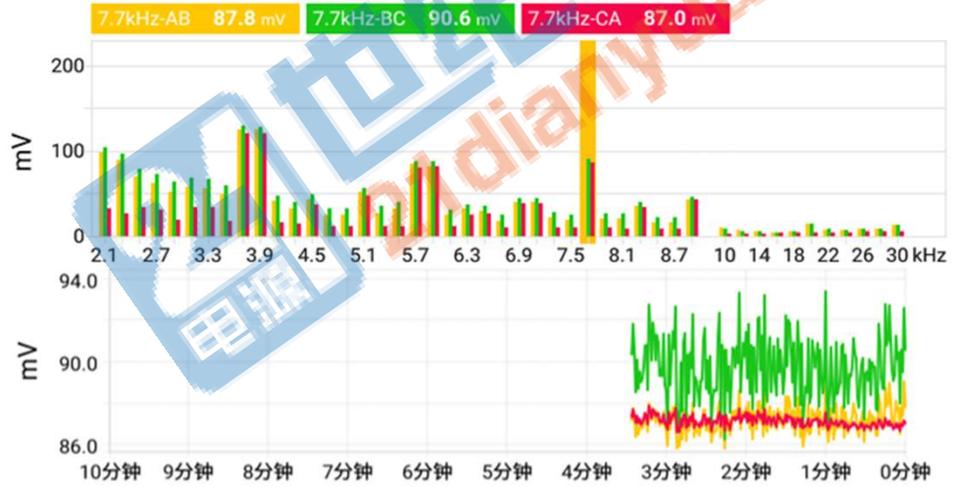
谐波条形图

光伏测试191028



谐波算法

- 频谱分量
- 组算法
选中后禁用间谐波存储
- 子组算法



实时趋势 ▲ 谐波 2-30 kHz ▲ AB / BC / CA ▲ 电压 RMS ▲

集中式光伏逆变器功率曲线

Fluke Energy Analyze Plus 3.9 - [光伏测试191028 (序列号 40274812)_191028_0600.fca]

文件(F) 查看(V) 设置 帮助(H)

17xx 设置 下载数据 打开文件 新建文件 导出报告

项目管理器 电能研究 PQ+ 研究 高级 报告

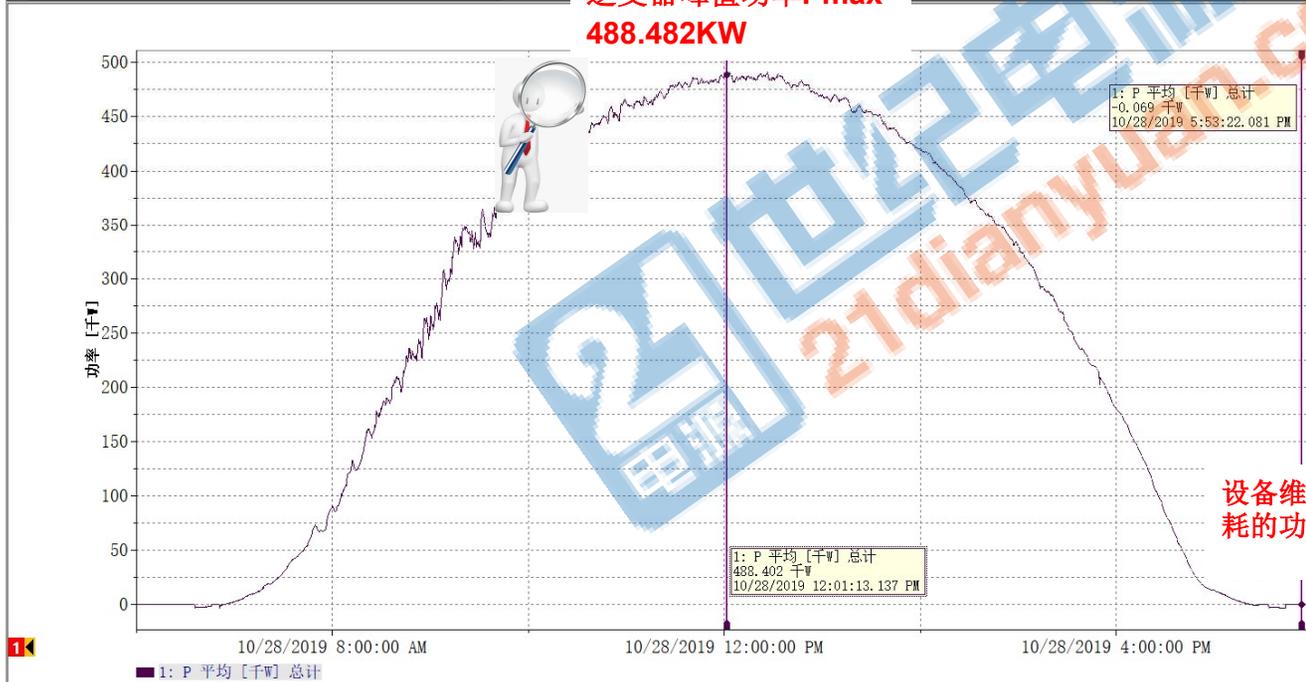
RMS 功率 需求 日历视图 基波功率 V, A, Hz, THD 不平衡

RMS 功率总览表

RMS 功率图

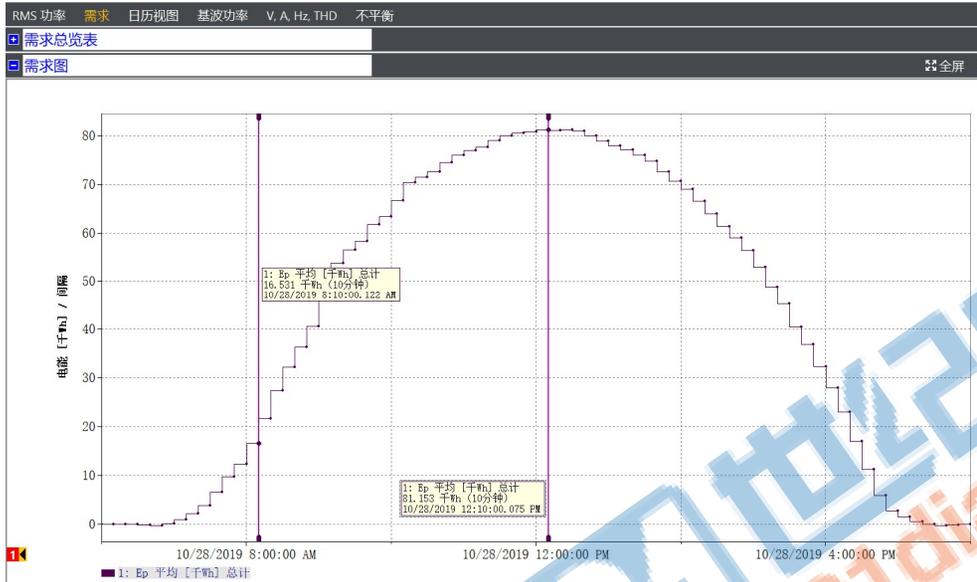
逆变器峰值功率Pmax
488.482KW

全屏



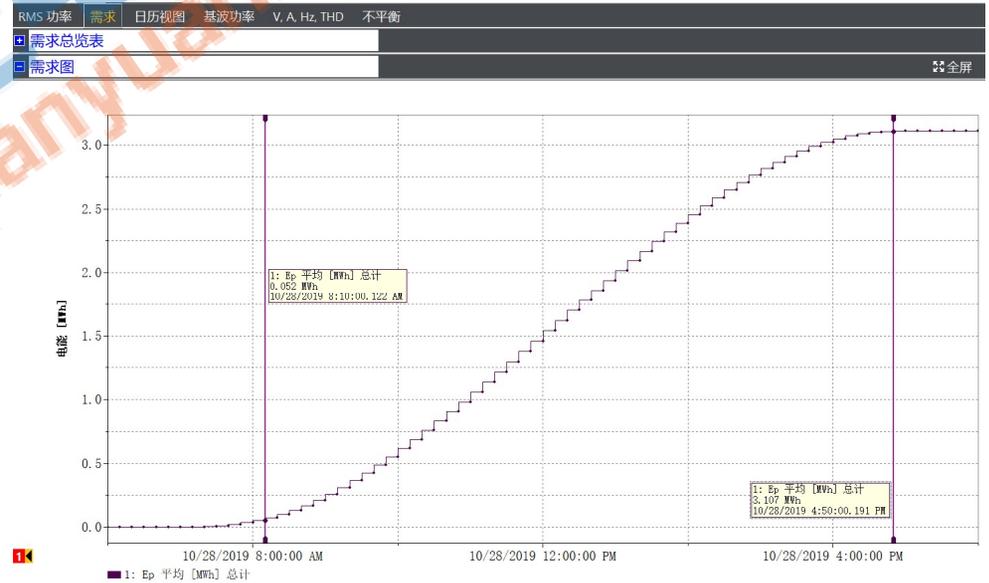
设备维持运行消耗
的功率为69W

集中式光伏逆变器发电量

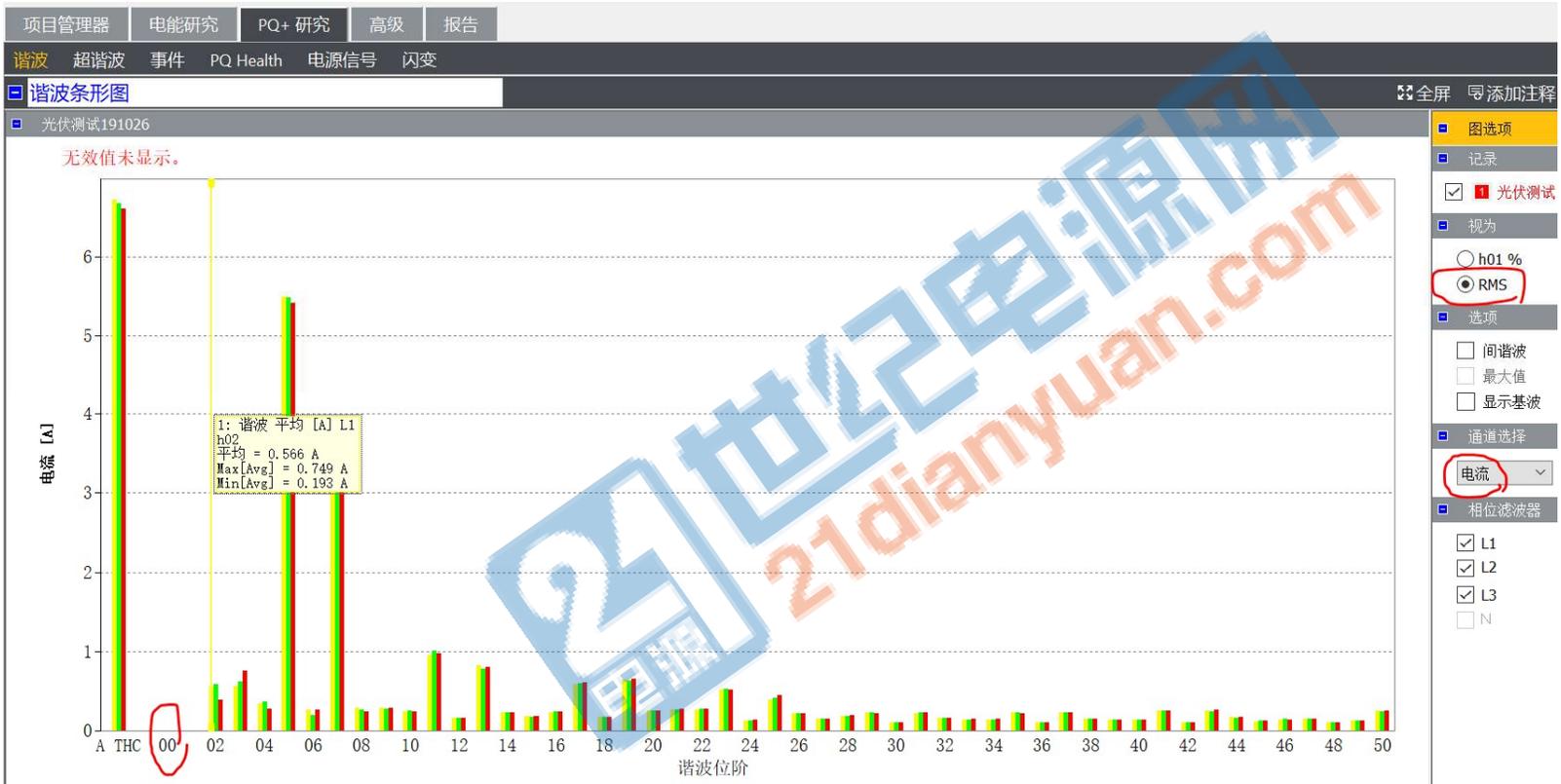


单台逆变器随着辐照度变化10min平均发电量

单台逆变器日累计发电量



集中式光伏逆变器直流电流含量



风力发电为何重视电能质量？

风力发电并网对于电网电能质量的影响

- 风资源的不确定性和风电机组本身的运行特性使风电机组的输出功率呈波动性，会影响电网的电能质量，如闪变、谐波等。
- 风电大规模接入后对电网的安全稳定运行有影响

风力发电电能质量测试内容：

基本同光伏发电

风力发电电能质量测试相关标准：

- **GB/T 20320-2013** 《风力发电机组 电能质量测量和评估方法》 更侧重于单个风力发电机组的电能质量测量和评估
- **NB/T 31005-2022** 《风电场电能质量测量方法》 涵盖了整个风电场的电能质量测试方法

这些标准对于确保风力发电系统的电能质量和电网的稳定运行具有重要意义。

2-9kHz 高频谐波相关标准要求

GB/T 20320-2013

风力发电机组 电能质量测量和评估方法

ICS 27.180
F 11



中华人民共和国国家标准

GB/T 20320—2013/IEC 61400-21:2008
代替 GB/T 20320—2006

风力发电机组 电能质量测量
和评估方法

Measurement and assessment of power quality characteristics of
wind turbines generator systems

(IEC 61400-21:2008, Wind turbines—
Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics
of grid connected wind turbines-IDT)

2013-12-31 发布

2014-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

GB/T 20320—2013/IEC 61400-21, 2008

A.3.3 高频分量

$P_{ref}/\%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f/kHz	$I_n/\%$										
2.1											
2.3											
2.5											
2.7											
2.9											
3.1											
3.3											
3.5											
3.7											
3.9											
4.1											
4.3											
4.5											
4.7											
4.9											
5.1											
5.3											
5.5											
5.7											
5.9											
6.1											
6.3											
6.5											
6.7											
6.9											
7.1											
7.3											
7.5											
7.7											
7.9											
8.1											
8.3											
8.5											
8.7											
8.9											

标准要求在不同功率、不同频率下测试电流的高次谐波含量 - THC

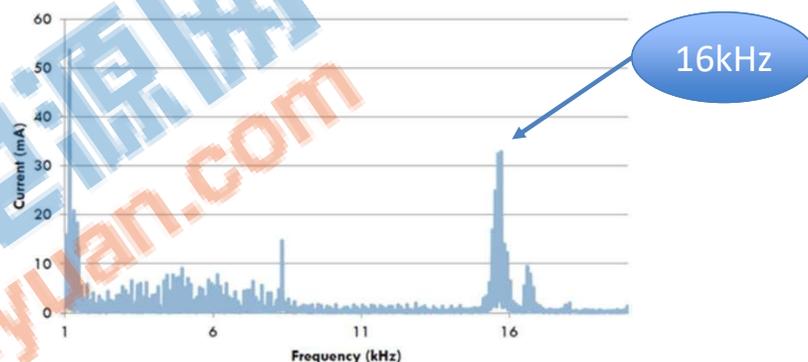
- 高频谐波含量
2-9KHz, 35组, 带宽200Hz
- 超谐波含量
9-30KHz, 11组, 带宽2kHz

为什么要测试超谐波？

1、超谐波，可能导致：电表计量错误

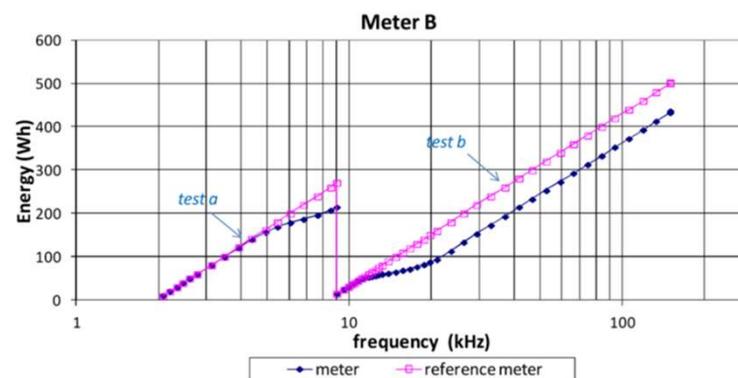
德国，某光伏电站 - 现场测试结果

由于光伏逆变器产生超谐波，
致使电能表一星期内计量的电能比实际发电量约少15%。



希腊，雅典国家技术大学 (NTUA) - 实验室测试结果

试验：工频叠加超谐波。参比表计：高精度功率分析仪。
受超谐波影响，某型智能电表的有功电能 (kWh) 误差达 -13.12%



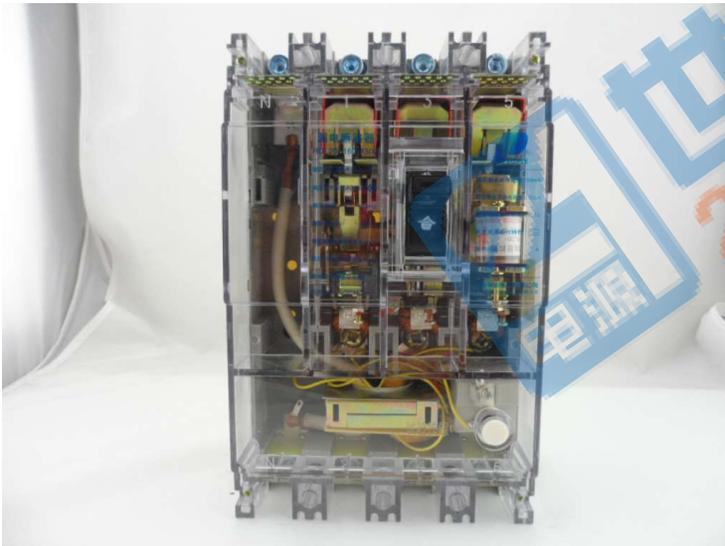
某型智能电表：超谐波电流试验结果

为什么要测试超谐波？

2、超谐波，可能导致：保护装置误动作

日本，某企业

漏电保护断路器受到2-9kHz超谐波电压影响，导致启动过电压保护动作，造成供电中断。



为什么要测试超谐波？

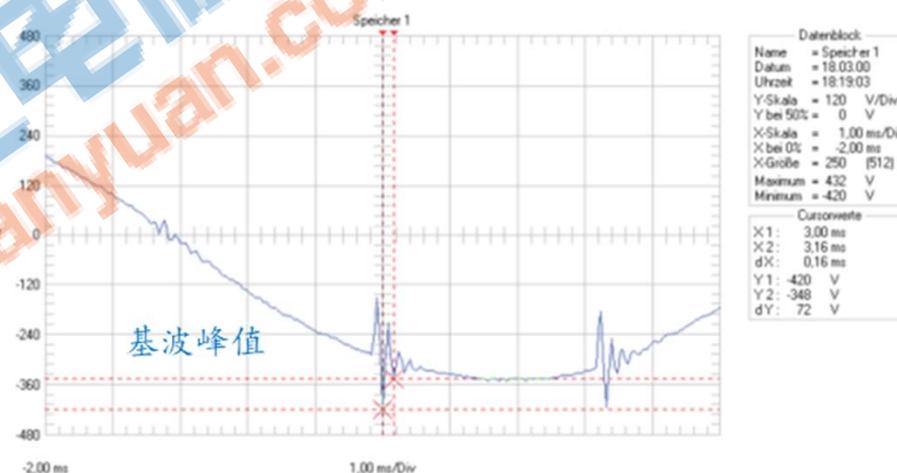
3、超谐波，可能导致：

设备无法正常工作

德国(SIEMENS)某机械工程公司，低压系统接有数十台设备。

一台数控机床产生的6kHz超谐波，使复印机受到影响，

导致其输出的复印件上带有白色条纹，复印质量明显下降。



某工厂低压母线的电压波形¹
一台机床工作时，约6kHz换相振荡

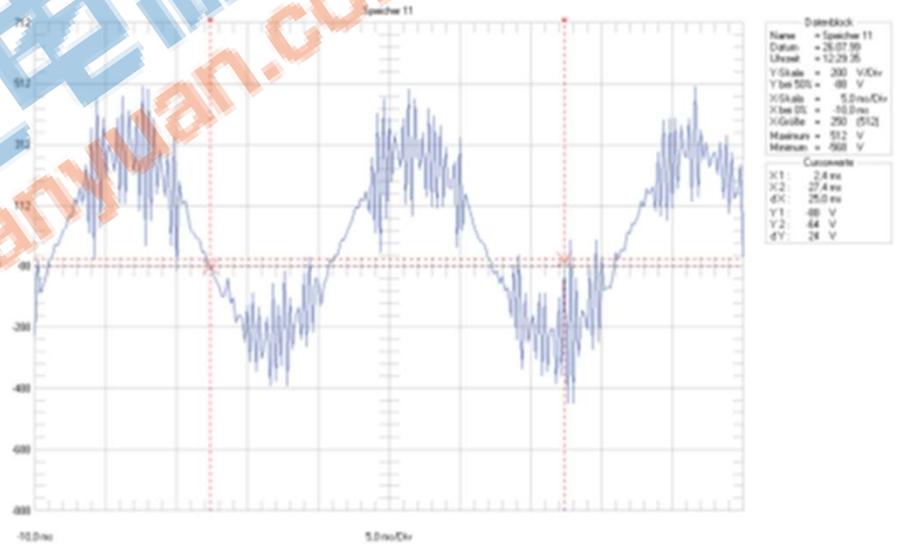
为什么要测试超谐波？

4、超谐波，可能导致：

精密仪器故障、损毁。

德国 (SIEMENS)：一台数控机床与一台精密仪器共用电源插座。

由于该机床未加装专用电磁兼容滤波器，其产生的超谐波导致精密仪器被烧毁。

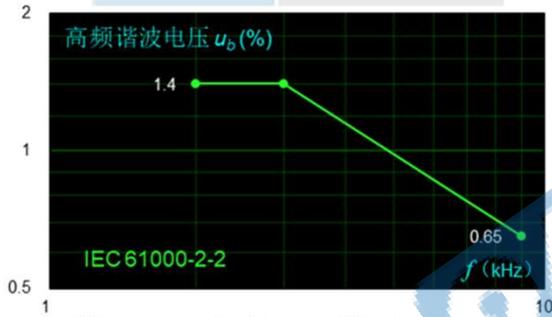


某型机床，主轴驱动导致的换相振荡¹

高频谐波 - 报表

1、IEC 61000-2-2, 限值

频率范围	兼容水平
2~3 kHz	1.4 %
3~9 kHz	1.4~0.65%



差模电压畸变的兼容水平限值 (2~9kHz)

2、F177X, 报表

输出评估报告, 例: 右表。

	100% 值				
	限制	结论	值	% 未超出限制	时间
2.1k赫兹	1.4%	合格	0.09%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
2.3k赫兹	1.4%	合格	0.08%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
2.5k赫兹	1.4%	合格	0.07%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
2.7k赫兹	1.4%	合格	0.07%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
2.9k赫兹	1.4%	合格	0.06%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
3.1k赫兹	1.37%	合格	0.06%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
3.3k赫兹	1.31%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
3.5k赫兹	1.26%	合格	0.04%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
3.7k赫兹	1.21%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
3.9k赫兹	1.17%	合格	0.05%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
4.1k赫兹	1.13%	合格	0.04%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
4.3k赫兹	1.09%	合格	0.04%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
4.5k赫兹	1.05%	合格	0.04%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
4.7k赫兹	1.02%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
4.9k赫兹	0.99%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
5.1k赫兹	0.97%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
5.3k赫兹	0.94%	合格	0.02%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
5.5k赫兹	0.92%	合格	0.02%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
5.7k赫兹	0.89%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
5.9k赫兹	0.87%	合格	0.03%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
6.1k赫兹	0.85%	合格	0.02%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
6.3k赫兹	0.83%	合格	0.02%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
6.5k赫兹	0.82%	合格	0.02%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
6.7k赫兹	0.8%	合格	0.01%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
6.9k赫兹	0.78%	合格	0.02%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
7.1k赫兹	0.77%	合格	0.01%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
7.3k赫兹					
7.5k赫兹					
7.7k赫兹	0.72%	合格	0.01%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
7.9k赫兹	0.71%	合格	0.01%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
8.1k赫兹	0.7%	合格	0.01%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
8.3k赫兹	0.69%	合格	0.01%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
8.5k赫兹	0.68%	合格	0.01%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
8.7k赫兹	0.67%	合格	0.01%	100.00%	2021/7/20 16:30:00
8.9k赫兹	0.66%	合格	0.02%	100.00%	2021/7/20 16:30:00

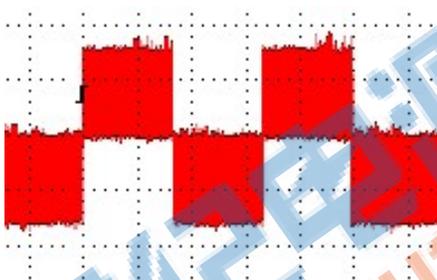
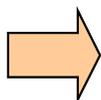
F177X, 高频谐波报表

宽频测量技术的提出

电力电子变化设备一般都包括**DC-AC**转换，为了保证逆变单元的性能和效率，电力电子开关器件的切换频率很高。被测信号发生的变化对测量技术和测试仪器提出了更高的要求：高带宽、高采样率、高精度等



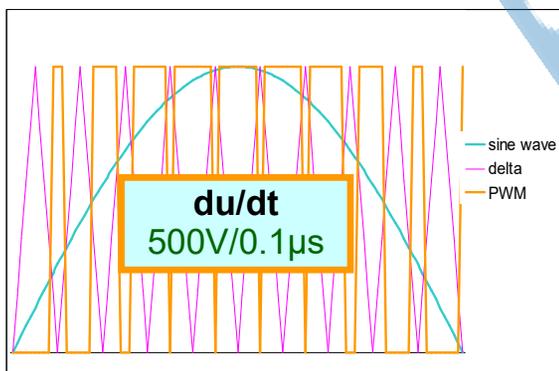
正弦波



PWM波形

高开关速度的IGBT等电子器件在变频电源中的应用对宽频带测量技术是个挑战！

以高带宽及采样率对信号进行采集，快速运算，从而计算功率和效率，以及进行FFT变换进行谐波分析，满足脉宽调制（**PWM**）的应用



可变的基波频率

直流 ~ XX Hz

高精度

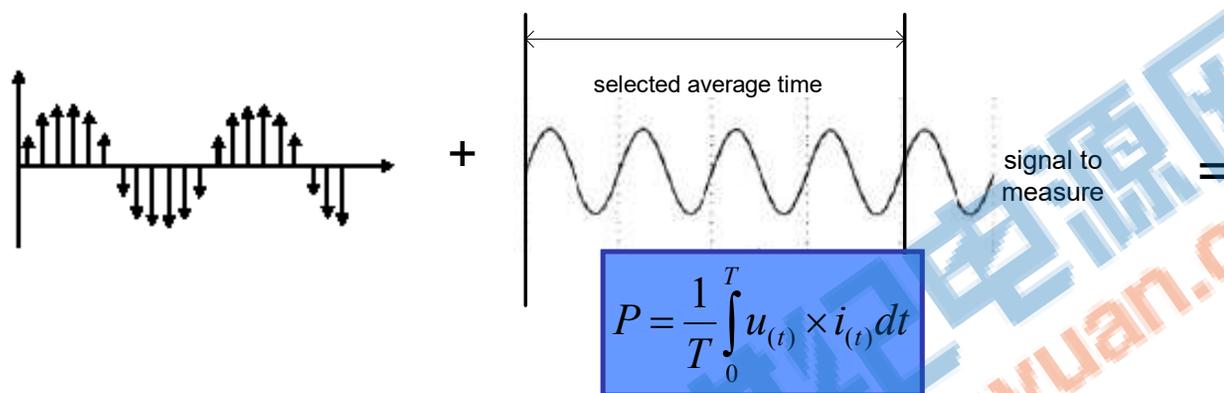
电压、电流和功率

高采样率
直流到几 MHz

高带宽
直流到几 MHz

功率分析仪的测量原理

FLUKE®



S1:W3	R 301.9ms	f1u 185.48 Hz	11:09:04
U1 300.0 V \approx			
I1 300.0 mA \approx	P ₁	14.08	W
U2 300.0 V \approx	P ₂	14.28	W
I2 300.0 mA \approx	P ₃	14.27	W
U3 300.0 V \approx			
I3 300.0 mA \approx	λ_1	0.5410	ind
	λ_2	0.5475	ind
	λ_3	0.5413	ind
LCD +	LCD -		f rms/h01

u、i同步采样

+

进行平均计算

=

测量值

功率计算的关键:

- 电压和电流信号采样率高
- 且精确同步采样
- 仪器的平均运算速度快
- 仪器的平均运算时间间隔可调

实验室测试方案-交直交变频器

U	rms	±	11.80	V
I	rms	±	2.09 <td>A</td>	A
P	±	0.036 <td>kW</td>	kW	
S	±	0.074 <td>kVA</td>	kVA	
Q	±	0.065 <td>kVar</td>	kVar	
λ	±	0.4875 <td>ind</td>	ind	

U/I > P
DC

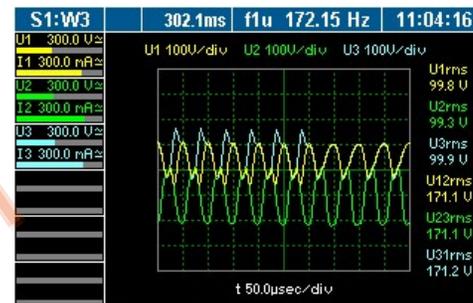
U/I > P
PWM
3 ~

风机、水泵、
牵引电机等

U/I > P
50Hz
1-3 ~

n/M
> P_{mech}

- 电压电流
- 电功率
- 谐波分析
- 向量图
- 功率因数
- 频率
- 机械功率
- 效率



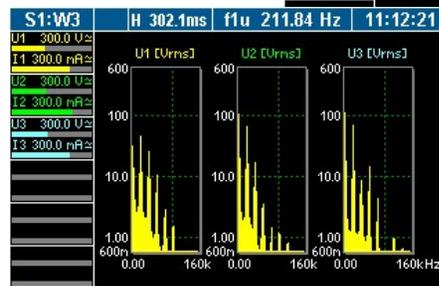
↑ + y, ← x, Enter, Esc
Default Scale Offset Detail rms/h01



NORMA 5000宽频带功率分析仪

Order	U1 [Urms]	U2 [Urms]	U3 [Urms]
0	0.1	0.0	0.0
1	72.9	73.0	73.3
2	0.1	0.2	0.5
3	---	---	0.3
4	0.5	---	0.5
5	0.2	0.4	0.4
6	0.3	0.5	0.5
7	---	---	0.2
8	---	0.4	---
9	---	---	---
10	0.2	---	---

mode scroll tab/gra Detail Freq



lin/log mode zoom tab/gra Freq

逆变器效率检测技术要求解读

NB/T 32032-2016 光伏电站逆变器效率检测技术要求

国家能源局发布 2016-6-1实施

起草单位：中国电科院、复旦大学、新疆特变电工、国网青海电科院

• 主要内容：光伏电站逆变器效率检测内容、检测设备、检测方法

适用于：并网型光伏逆变器

• 主要参数定义摘录：

3.9 静态转换效率：辐照强度恒定，一定测量周期内（未明确具体周期）被测光伏逆变器交流侧输出电能/直流侧输入电能

3.10 总效率：辐照强度恒定，一定测量周期内（未明确具体周期）被测光伏逆变器交流侧输出电能/光伏方阵模拟器理论最大功率点提供的直流电能

3.11 最大输入电压：光伏逆变器直流输入侧能承受的最大电压值

3.12 最小输入电压：光伏逆变器可向电网输送电能时的直流输入侧最小电压值

检测内容

4.3 检测内容

光伏电站逆变器效率的检测内容应包括：静态 MPPT 效率、动态 MPPT 效率、静态转换效率和总效率。

5.2 测量装置

测量设备的准确度应至少满足表 2 的要求。电压互感器应满足 GB 20840.3 的要求，电流互感器应满足 GB 20840.2 的要求，传感器的响应时间应小于 100 μ s，数据采集装置的测量带宽不应小于 1kHz。

表 2 测量设备准确度要求

设备名称	准确度等级
交流电压互感器	0.2 级
直流电压传感器	0.2 级
交流电流互感器	0.2 级
直流电流传感器	0.2 级
数据采集系统	0.2 级

户用逆变器团体标准解读

团体标准 T/CSTM 00499-2022/T/EES 0007-2022/T/CSTE 0044-2022 IDT) “领跑者” 标准评价要求 户用光伏逆变器

2022-08-27 实施

相关的要求:

附录 A (规范性) 平均加权总效率指标不同水平应满足的要求

附录 B (规范性) 最大转换效率指标不同水平应满足的要求

附录 C (规范性) 谐波和波形畸变指标不同水平应满足的要求

不同水平分: 基准、一般、先进

附录 G (资料性) 逆变器待机损耗测试

B.3 先进水平应满足的要求

逆变器运行时, 最大转换效率的先进水平应满足表B.3的要求。

表B.3 先进水平最大转换效率应满足的要求

功率P (kW)	三相		单相	
	非隔离型	隔离型	非隔离型	隔离型
微型光伏并网逆变器	97%	95%	97%	95.5%
组串式光伏并网逆变器	P ≤ 8	97.5%	95.5%	97.5%
	8 < P ≤ 20	98.3%	96.5%	-
	P > 20	98.5%	97.5%	-

C.2 一般水平应满足的要求

逆变器运行时, 注入电网的电流谐波总畸变率限制为4%, 奇偶次谐波电流含量限制应满足表C.2的要求。

表C.2 一般水平奇偶次谐波电流含量限制表

奇次谐波次数	含有率限值	偶次谐波次数	含有率限值
3 th -9 th	3%I _N	2 th -10 th	0.8%I _N
11 th -15 th	1.5%I _N	12 th -16 th	0.4%I _N
17 th -21 th	1.2%I _N	18 th -22 th	0.3%I _N
23 th -33 th	0.5%I _N	24 th -34 th	0.15%I _N
35 th -39 th	0.3%I _N	36 th -40 th	0.075%I _N

注: I_N为逆变器交流侧额定电流。

表 1 户用光伏逆变器评价指标体系框

序号	指标类型	评价指标	指标来源	指标要求 (实测值)			判断依据/方法
				先进水平	一般水平	基准水平	
1	基础指标	组串式光伏并网逆变器应符合 NB/T 32004 光伏并网逆变器的全部要求，微型光伏并网逆变器应满足 NB/T 32004 光伏并网逆变器和 NB/T 42142 光伏并网微型逆变器技术规范的全部要求				NB/T32004 NB/T42142	
2		平均加权总效率	NB/T32004 NB/T42142	应符合附录 A 的规定			NB/T32004 NB/T42142
3		最大转换效率	NB/T32004 NB/T42142	应符合附录 B 的规定			NB/T32004 NB/T42142
4		谐波和波形畸变	NB/T32004	应符合附录 C 的规定			NB/T32004
5		三相电流不平衡度	NB/T32004	负序三相电流不平衡度≤1.3%，短时不超过 2.5%	负序三相电流不平衡度≤1.5%，短时不超过 3%	负序三相电流不平衡度≤2%，短时不超过 4%	NB/T32004
6		直流分量	NB/T32004-	不超过输出电流额定值的 0.3%	不超过输出电流额定值的 0.4%	不超过输出电流额定值的 0.5%	NB/T32004

评价方法及等级划分：
评价结果划分为一级、二级和三级

评级对于用户的意义：
• 达到三级要求及以上
可进入户用光伏逆变器企业标准排行榜。

• 达到一级要求
可以直接进入户用光伏逆变器企业标准“领跑者”候选名单。

光伏发电-逆变器检测

GB/T 30427-2013 《并网光伏发电专用逆变器技术要求和试验方法》

国家质检总局 2013-12-31发布，2014-8-15实施

适用于交流输出端电压不超过400V的并网光伏发电专用逆变器

光伏逆变器是将组件产生的直流电转换为交流电上网的设备，是光伏电站的核心设备。一般的光伏逆变器转换效率都能达到96%以上，但这个参数是制造商在实验室模拟负载条件下的测试数据，光伏逆变器在现场工作时，由于受到自身性能、当时光照度、负载率、输入电压、环境等影响，效率是变化的。



光伏电站的投资者、总承包方都很关注光伏逆变器运行过程中的**转换效率**及**发电质量**！

光伏逆变器的效率和可靠性直接影响电站的发电量！

光伏逆变器性能评估指标

- 逆变效率

不含变压器的逆变器最大效率不低于95%，含变压器的逆变器最大效率不低于94%

- 并网电流谐波

电流谐波总畸变率限值为5%

- 功率因数

逆变器输出有功功率大于额定值50%时，PF值应不小于0.98（超前或者滞后），逆变器输出有功功率在20%~50%之间时，PF值应不小于0.95（超前或者滞后）

- 直流分量

额定运行时，逆变器向电网馈送的直流电流分量应不超过输出电流额定值的0.5%或5mA，两者中取大值

并网光伏逆变器测试标准解读

GB/T 30427-2013 《并网光伏发电专用逆变器技术要求和试验方法》

国家质检总局 2013-12-31发布，2014-8-15实施

适用于交流输出端电压不超过400V的并网光伏发电专用逆变器

GB/T 20514-2006 《光伏系统功率调节器效率测量程序》

逆变效率

不含变压器的逆变器最大效率不低于95%，含变压器的逆变器最大效率不低于94%

并网电流谐波

电流谐波总畸变率限值为5%

直流分量

额定运行时，逆变器向电网馈送的直流电流分量应不超过输出电流额定值的0.5%或5mA，两者中取大值

功率因数

逆变器输出有功功率大于额定值50%时，PF值应不小于0.98

逆变器输出有功功率在20%~50%之间时，PF值应不小于0.95（超前或者滞后）

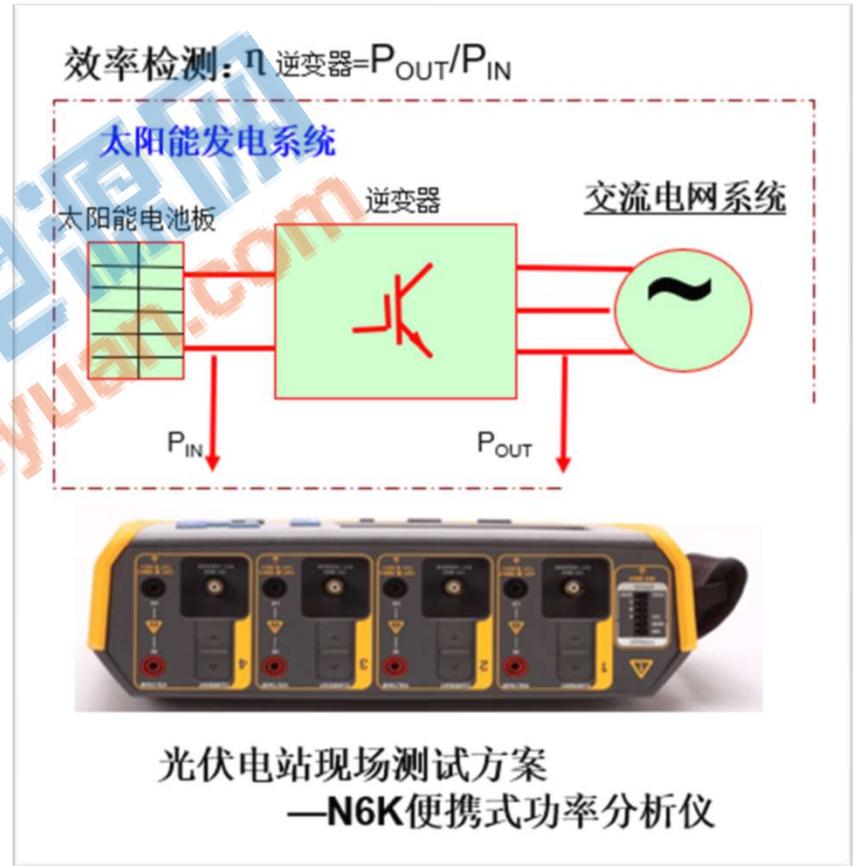


光伏逆变器效率测试方案-NORMA 6004

台式功率分析仪在光伏风电测试系统中的应用

—逆变器性能测试

1. 逆变器输入端直流电压电流数值及趋势、输入直流功率
2. 逆变器输出三相交流电压电流数值及趋势、输出交流功率
3. 逆变器效率
4. 输出电压、电流的谐波分析



光伏电站逆变器现场检测方案-集中式

光伏电站500KW逆变器柜



直流母排

输出三相交流



2000A大钳口电钳钳现场测试图
两根粗线缆也能轻松夹持



1500V电压输入模块



故障排查-风电机组无法并网

背景资料:

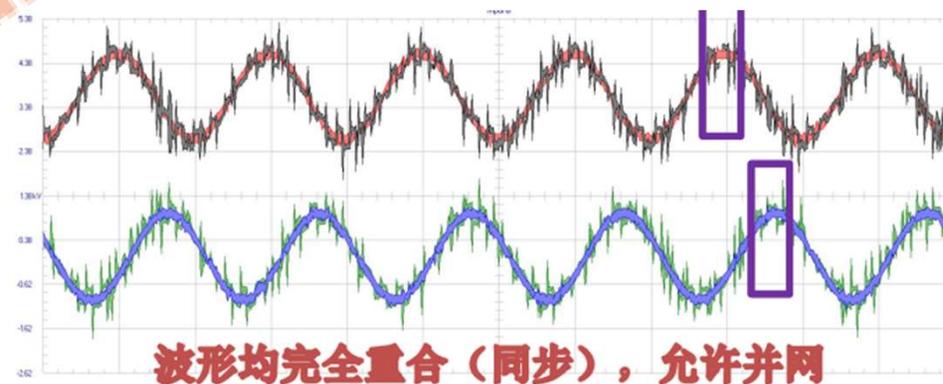
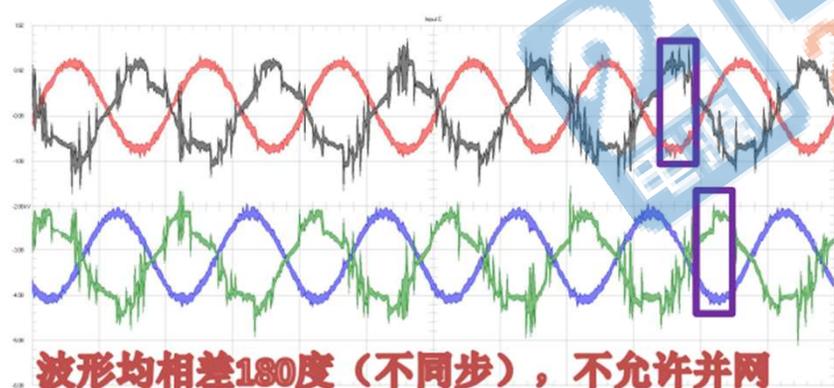
某风电厂双馈风力发电机组并网运行两年后发电机烧损，更换新的发电机后，并网调试时变频器模块烧损。更换新的变频器模块后，为了避免故障再次发生，请专业的调试人员排查故障原因。

测试方案:

在变频器并网前，使用Fluke190III示波表对发电机定子电压波形及对应的电网电压波形进行了监测及对比，发现发电机定子电压的波形与电网电压波形并不同相（相差了180度的相位角），不满足并网的条件。发现了导致变频器模块意外烧损的原因。

原因:

更换故障发电机时，由于接线疏忽，转子相序接错。将转子相序更正后，再次监测已完全同相。发电机正常并网。



故障排查-双馈发电机组异常脱网

背景资料

某风电场的双馈风力发电系统投入运行后不到半年，便出现了异常：发电机可正常并网发电，但是运行数分钟后就异常脱网，报过流故障；多次启动系统，现象依旧。发电机及变流器厂家人员到现场检测后均认为自己的产品没有问题。此故障持续了一月之久，一直没能得到解决。

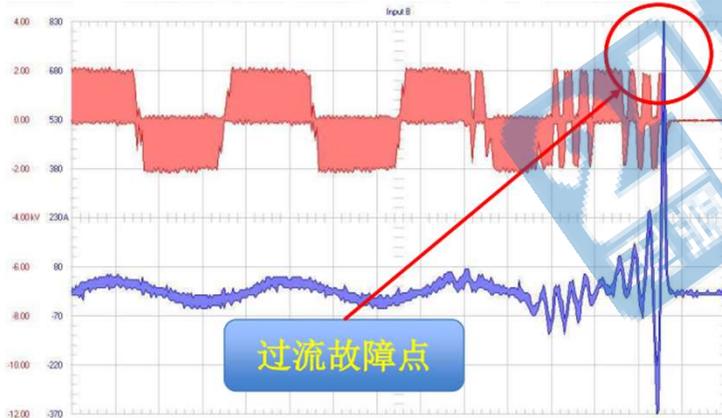
故障检测

采用FLUKE示波表分别对变流器脱网瞬间的波形进行了抓取：

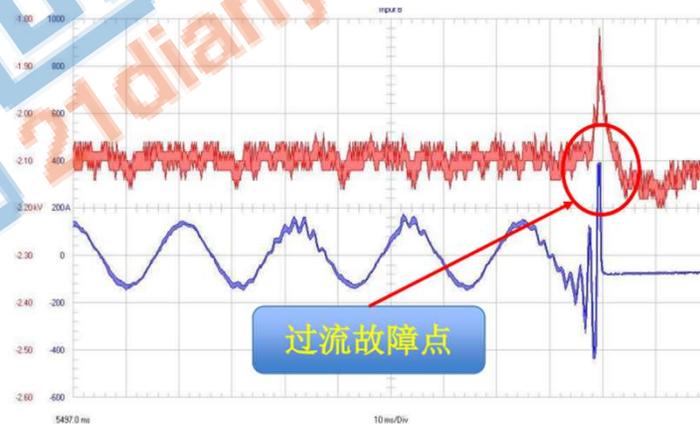
- 变频器输出电压、电流波形；
- 变流器母线电压、输出电流波形；

故障分析及处理

- 从波形图上可以看出，在过流发生前，变频器的输出电压已发生了振荡，导致输出电流发生了振荡，直至母线电压无法稳定而过冲，最终发生了过流。定位故障为变流器模块，后更换变流器模块后故障终于解决。



脱网瞬间变频器输出转子电压、电流波形



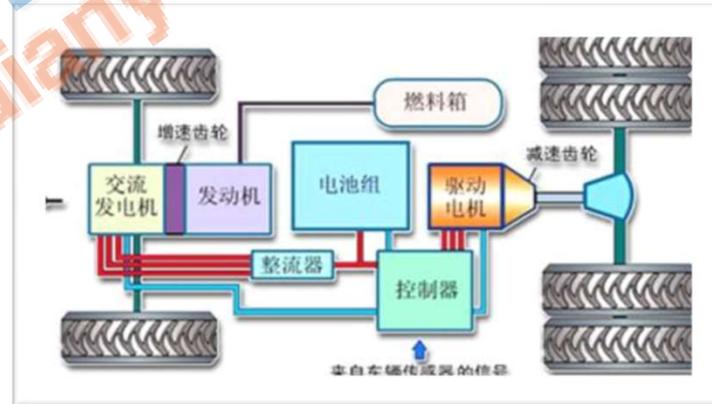
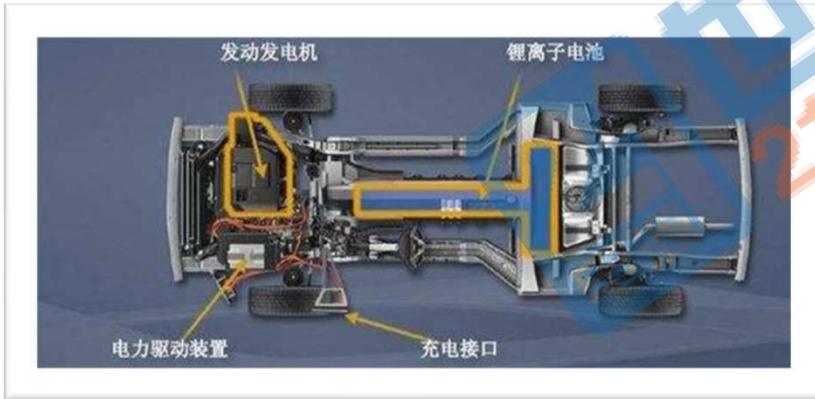
脱网瞬间变频器母线电压、转子电流波形

电动汽车驱动系统相关的测试

汽车消耗世界石油总产量约40%，能源紧缺（石油）引发电动汽车开发制造热潮，电动汽车驱动系统的效率影响电动汽车的续航里程，尤为被关注！

相关的测试标准：

- GB/T 18488.1-2015 电动汽车用驱动电机系统 第1部分：技术条件
- GB/T 18488.2-2015 电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法
- GB/T 29307-2012 电动汽车用驱动电机系统可靠性试验方法



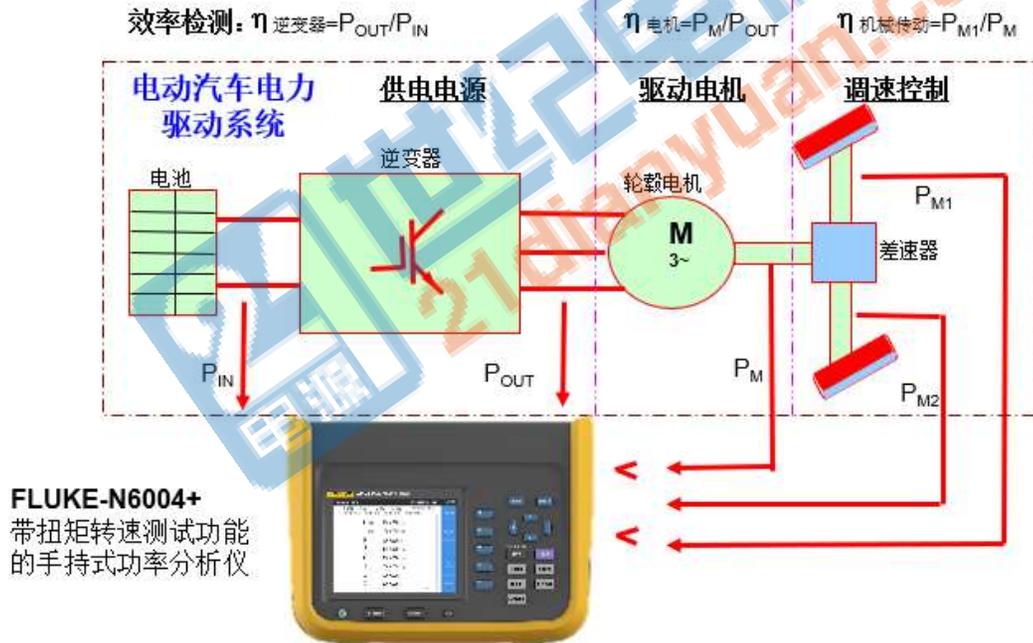
NORMA 6004 + 的应用-电动汽车驱动系统测试

测试对象:

- 轮毂电机
- 差速齿轮
- 逆变器
- 调速控制系统
- 蓄电池

功能:

- 直流电源的测量, u、i、p
- 电池的充电和放电特性
- 逆变器输出的PWM复杂信号测量, u、i、p、波形记录及谐波分析, 逆变器效率测试
- 驱动电机效率测试、机械驱动部分的效率测试、可同时测量速度及转矩的变化、实时计算机械功率及传输效率



NORMA 6004的应用-充电设施检测和维护

FLUKE®

电动汽车是目前解决能源和环境问题的重要手段，而充电桩是电动汽车推广的关键设施之一。

- 目前国内车桩比达到3.5: 1，充电桩很显然支撑不了电动汽车充电的需求，布局建设仍在加速，桩企若要在市场中取胜，充电桩的性能功能是命门
- 而目前公共充电基础设施充电量集中对运营商也是大的挑战，7家运营商占总量将近90%



充电设备相关的测试标准

充电机的检测标准：

国家能源局 2018-12-25发布，2019-5-1实施的能源行业标准

NB/T 33008.1-2018 电动汽车充电设备检验试验规范 第1部分：非车载充电机

NB/T 33008.2-2018 电动汽车充电设备检验试验规范 第2部分：交流充电桩

主要用于充电设备的

• 型式试验

新投产的产品（包括转厂生产的产品），投产前进行鉴定试验
设计变更、工艺或者主要元器件改变，可能影响产品性能时
停产两年以上，再次投产前

• 出厂检测

每台产品出厂前的质量检验，需证明产品合格

• 到货验收

到货验收、合格后方能投入使用

• 日常维护

使用过程中检查产品的性能，防止故障隐患。
充电设施的工作重心由重建设转向重运营。

充电设施的工作重点：

- 检测 保证质量
- 运维 保证安全



充电设备测试项目试验方法

充电输出试验测试项目：考核充电机输出电源质量

- 最大恒功率输出试验（选检）：

依据制造商提供的恒功率曲线，输入额定电压，调整负载使输出电流增至最大值，**检测实际输出功率**不小于99%的额定功率恒功率

- 稳流精度试验：

保持恒流状态，调整输入电压为额定电压的85%、100%、115%时，在上下限值之间调整输出电压，测量**输出电流Iz**，寻找**充电电流的极值Im**。在20~100%的输出电流范围内，重复测量，**稳流精度**不超过±1%

- 稳压精度实验：

恒压状态下，调整输入电压为额定电压的85%、100%、115%，调整负载电流为0~最大输出电流，分别测量**输出电压Uz**，寻找输出**电压的变化极值Um**。重复上述测量，**稳压精度**不超过±0.5%



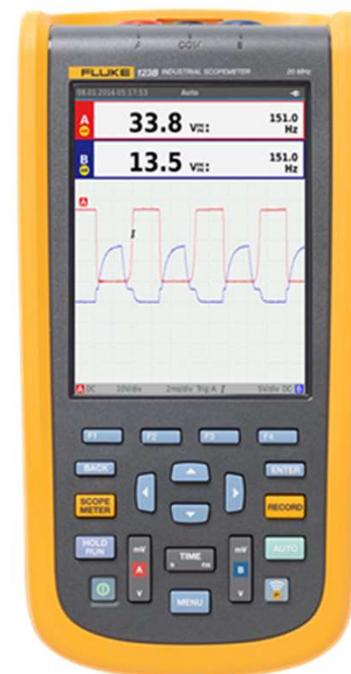
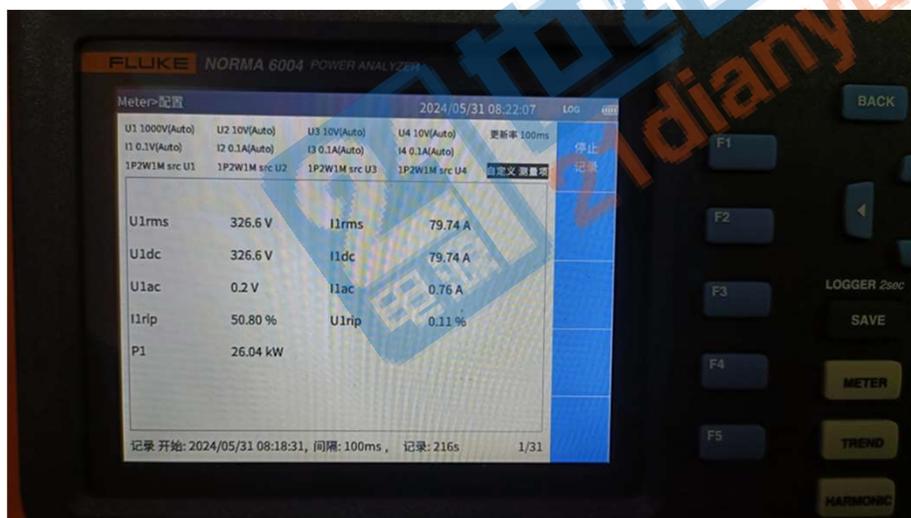
充电设备测试项目试验方法

- 电压纹波因数试验:

恒压状态下, 阻性负载, 调整输入电压为额定值的85%、100%、115%, 调整负载电流为0~最大值, 测量**直流输出电压**、**输出电压的交流分量峰峰值**。对仪器的要求: 带宽20MHz, 水平扫描速度0.5s/DIV。电压纹波因数不应超过1%

- 电流纹波试验:

电池模拟装置为负载, 输入电压为额定值, 恒流状态下, 设置输出电流为额定和最大电流值, 分别测试**直流输出电流**、**输出电流的交流分量峰峰值**。对仪器的要求: 带宽20MHz, 水平扫描速度至少1MS/s, 记录长度大于1M个点, 记录宽度至少1.1s。电流探头要求: 频带宽度至少300KHz, 测量精度±1%。电流纹波因数不应超过1%



F123B示波器
带宽: 20MHz

充电设备测试项目试验方法

- 效率和功率因数测试：

充电机连接试验系统，恒压状态运行，输入额定电压，设置输出电压为上限值，调整负载电流20%~最大额定电流，测试充电机的**输入有功功率**和**输出功率、输入功率因数**。

恒流状态运行，输入额定电压，设置输出电流为20%~最大额定电流范围内，在上下限范围内改变输出电压设定值，再次测试充电机的**输入有功功率**和**输出功率、输入功率因数**。

$$\eta = \frac{P_d}{P_a} \times 100\%$$

η ——效率；

P_d ——直流输出功率；

P_a ——交流输入有功功率。

对充电机效率和输入功率因数的要求

实际输出功率 P_O /额定输出功率 P_N	效率	输入功率因数
$20\% \leq P_O/P_N \leq 50\%$	$\geq 88\%$	≥ 0.95
$50\% < P_O/P_N \leq 100\%$	$\geq 93\%$	≥ 0.98

注1：输入功率因数要求仅对交流供电充电机有要求。
注2：具备恒功率功能的充电机，效率测试点应至少涵盖充电机恒功率段输出电压最大值、中间值、最小值三点。

- 待机功耗测试：

条件：额定输入电压、充电机不连接试验系统且无人操作、仅保留后台通信、状态指示灯等基本功能，充电机待机功耗不大于 $N \times 50W$

N：车辆接口数量

充电设施的电能质量问题

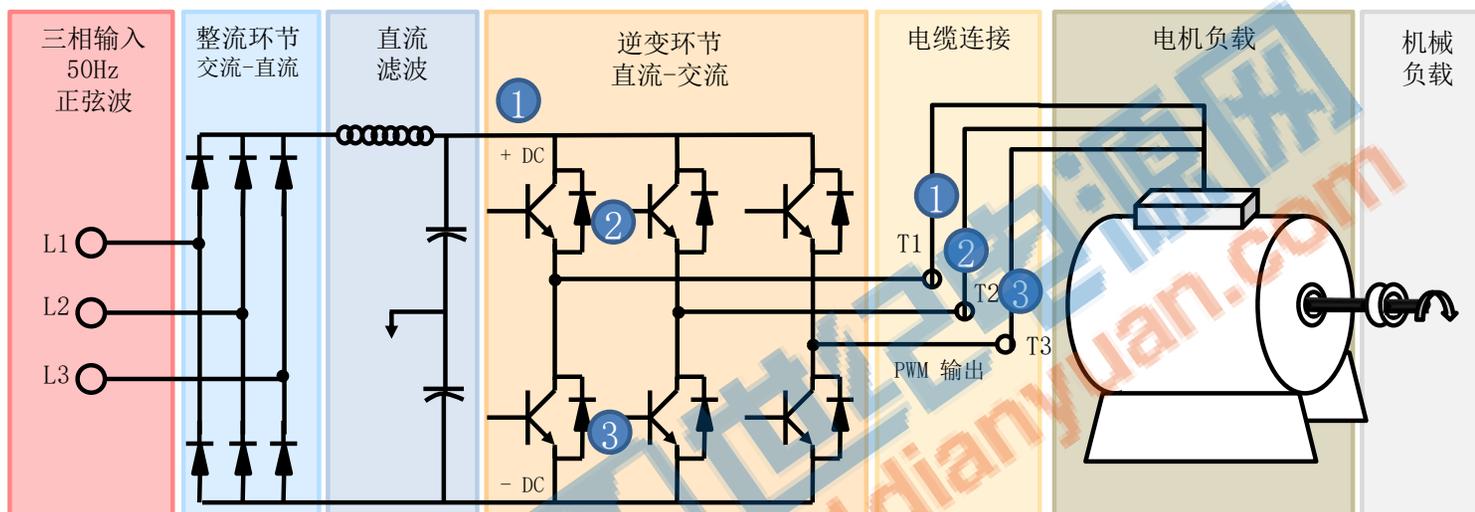
电磁兼容试验

充电设施是包括整流装置的非线性设备，对电网会造成**谐波**污染，此外还有**无功**及**三相不平衡**等问题。

试验项目	参考标准	试验端口	备注
谐波电流	GB 17625.1 (每相额定电流 $\leq 16\text{A}$) GB/T 17625.8 (每相额定电流 $> 16\text{A}$ 且 $\leq 75\text{A}$)	交流电源 输入	谐波电流仅适用于下列类别中的充电机： ——额定电压小于等于 220V，单相，三线； ——额定电压 380V，三相，五线； ——额定频率 50Hz。 对于每相输入电流大于 75A 的充电机，由于限值和测量方法尚在考虑中，其测量建议在每相输入电流不大于 75A 的最大模块数量配置下进行
电压波动和 闪烁	GB/T 17625.2 (每相额定电流 $\leq 16\text{A}$) GB/T 17625.7 (每相额定电流 $> 16\text{A}$ 且 $\leq 75\text{A}$)	交流电源 输入	—

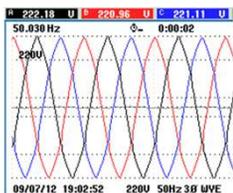
变频驱动系统基础知识

通用变频器（交-直-交）基本电路图

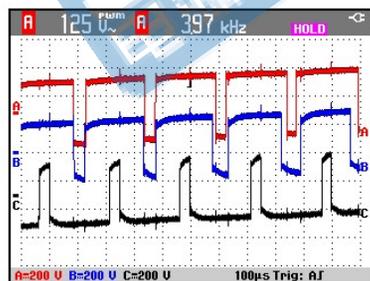
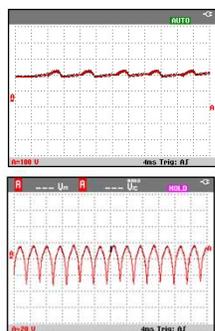


电源输入

- 检查输入波形是否畸变
- 幅值是否超差

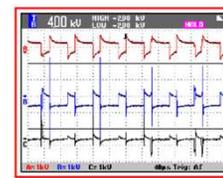
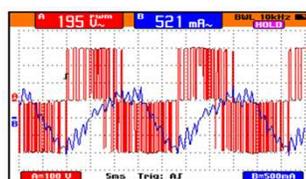


直流总线电压 整流和滤波性能



输出脉宽调制信号

- 测量谐波，造成电机过热、效率降低
- 实时采集输出电压波形，确认是否有瞬态电压（不能超过电机绕组的绝缘耐受能力）
- 需要准确测量输入电机的基波电压
- 测量每相电压Vpwm，确认是否存在不平衡



变频驱动系统异常跳闸

背景介绍

某化工企业，其关键的生产设备（变频驱动系统）每年总会莫名其妙停机数次。每次停机，除造成直接的停工损失外，还会造成较大的流水线上的物料损失，重新恢复生产的难度较大。工厂领导非常重视，急需查找故障原因以便尽快解决。

测试方案

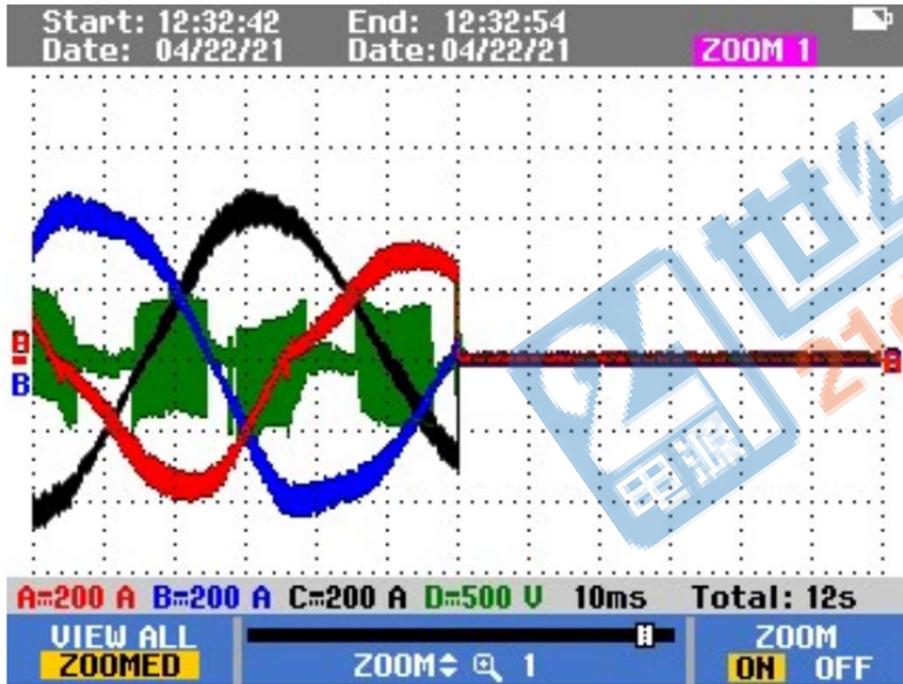
捕获变频系统故障跳闸时刻的电流波形是分析问题的关键。变频驱动系统的额定输出电压为690V，额定输出电流为270A。

MDA550 标配的电流钳为400A，标配的电压探头可直接测量1000V以内的电压。



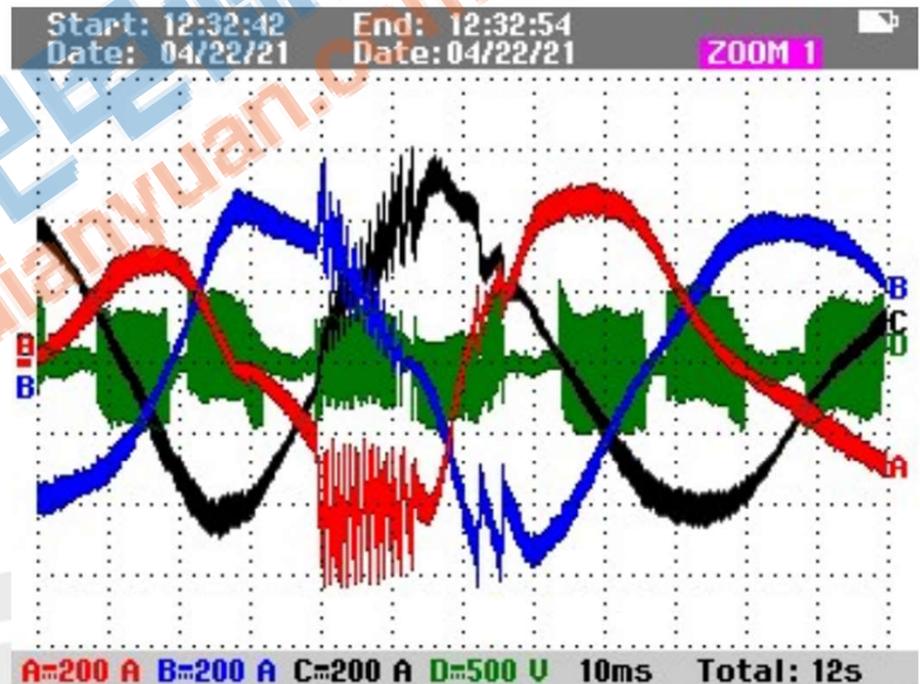
设备停机时刻的波形

- 绿色为一相电压波形；
- 红、蓝、黑分别为U、V、W三相的电流波形；



导致设备停机的异常波形

- 从停机时获取的波形结果中，发现故障发生之前，A（B/C）相电流发生了振荡。



排障-某煤矿皮带机变频驱动系统

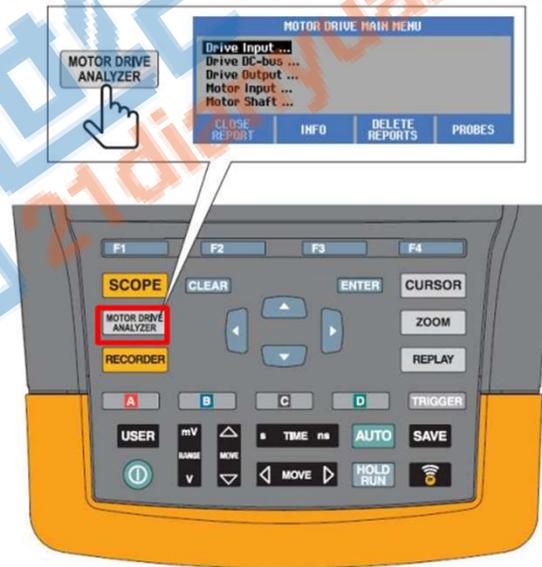
背景介绍：山西某皮带机生产单位有2台355KW 660V/1140V的隔爆型变频电机，由一台一拖二的变频器驱动，新交付运行了15天烧了一台（距离变频器93m），一天后另外一台也烧了（距离变频器72m）。后新更换了2台，48小时后，远端的那台电机又烧毁。

什么原因？电机还是变频器质量有问题、谐波还是过电压导致？用户用电能质量分析仪Fluke MDA550进行了测试，请福禄克公司技术人员帮助查找烧毁原因。

预测原因：可能电机输入端存在超限的过电压击穿电机绝缘或者电机的绝缘性能有缺陷，需要测试电机输入端是否存在过电压？数值有多大？



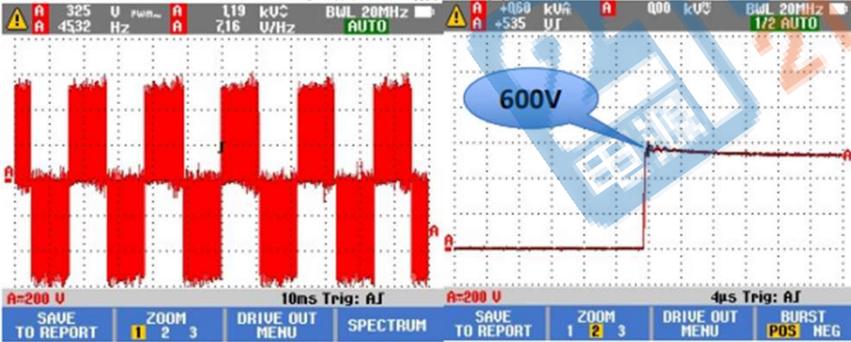
绕组：绝缘漆碳化¹



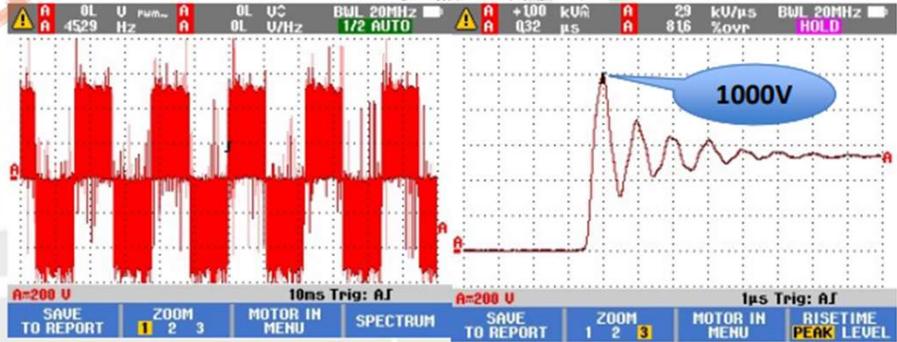
案例-反射电压捕捉



变频器输出端波形

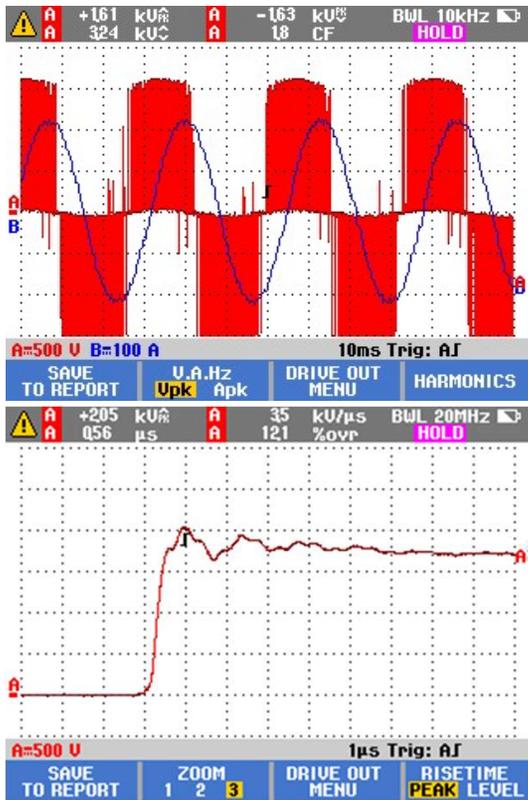


电机输入端波形



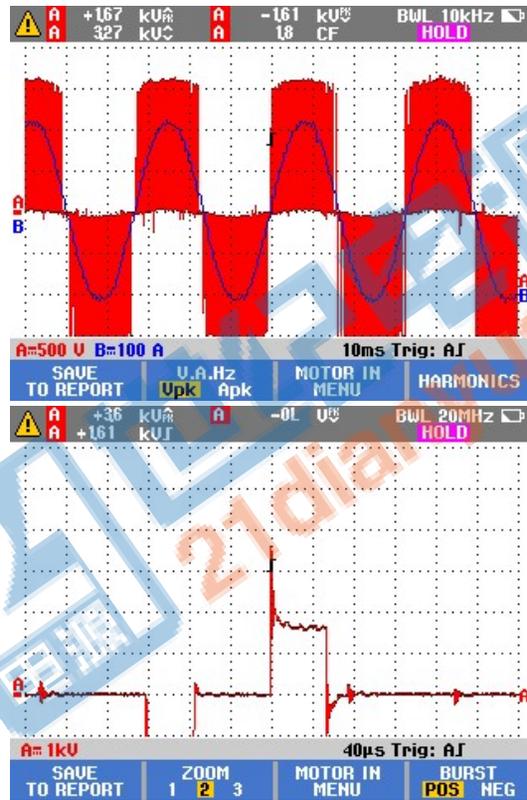
现场测试结果及原因分析

变频器输出端电压



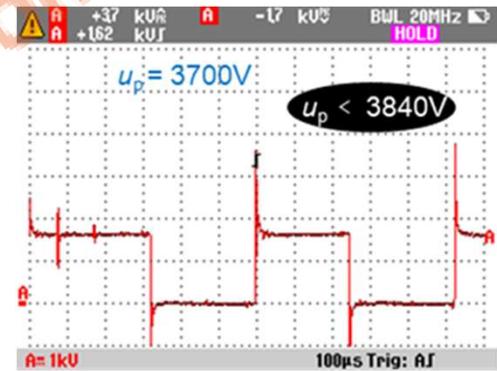
变频器输出端电压上升沿波形，没有过冲电压！

电机输入端电压



电机输入端电压上升沿波形，存在过冲电压！

查询该电机技术指标，能承受的冲击电压最大允许值是3840V。MDA现场测量结果，冲击电压3700V。未超过电机的绝缘耐受范围！



MDA-500: 电机端测量1

- 第1个结论：电机产品质量不合格。
- 第2个结论：此次测试以前，变频器厂家更改运行参数，可能降低了过冲电压值。

后备电源检测-切换时间

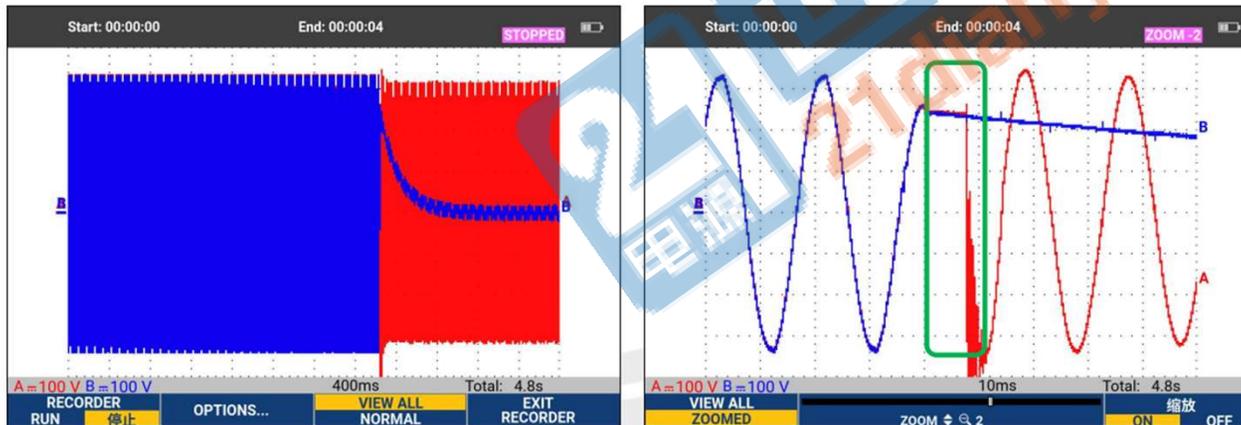
UPS，主要是为计算机系统、服务器系统等对电源连续性及稳定性有要求的负载提供相对稳定的供电，防止突发停电或电压不稳时，系统设备无法工作，甚至产生严重的后果。不同的应用场合，对UPS切换时间有不同的要求。因此，**UPS的切换时间**是UPS的关键指标，一般需要定期对其进行测试

记录到的全部波形

- 蓝色B通道为电网波形
- 红色A通道为逆变后的波形

放大波形查找切换的开始及结束时刻

- 下图绿色框内为UPS的完整切换过程



使用示波表帮助用户验证UPS的切换时间



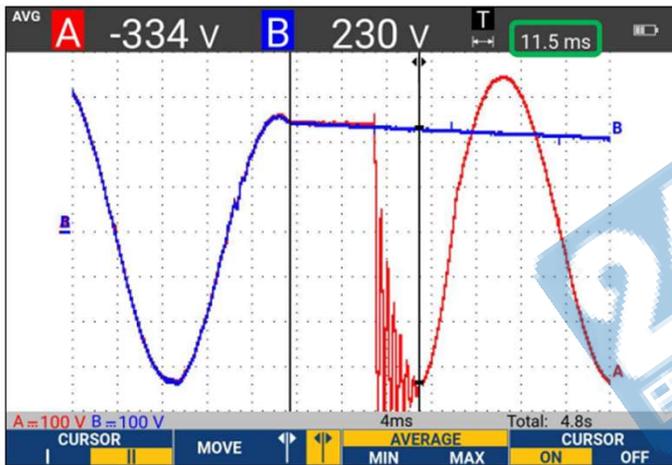
Seamless 24/7 UPS

The grid goes down, your power goes on. Thanks to the UPS function, your emergency power will be responsive to switch over just 20ms in case of a power outage. So you don't have to worry about data loss or hardware damage while working from home. And your life won't be bothered by outages in anyway.

测试结果

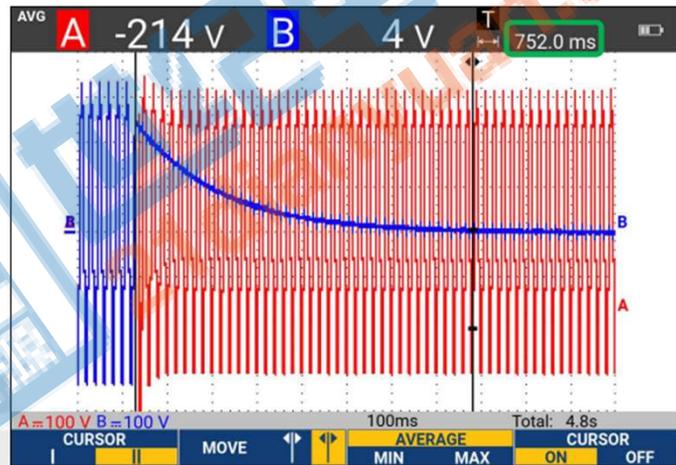
UPS的切换时间 (11.5 mS)

- 打开示波表的双光标功能后，测量出切换时间为 11.5 mS，下图绿框所示。



电网电压跌落至0V时所需时间 (752.0 mS)

- 通过对测到的波形记录进行缩放还可测得电网彻底中断的时间为 752.0 mS



F190-III手持式示波表

2.5Gs/s采样率，即纳秒级分辨率，对于毫秒级别的UPS切换时间可以进行清晰的分辨和记录

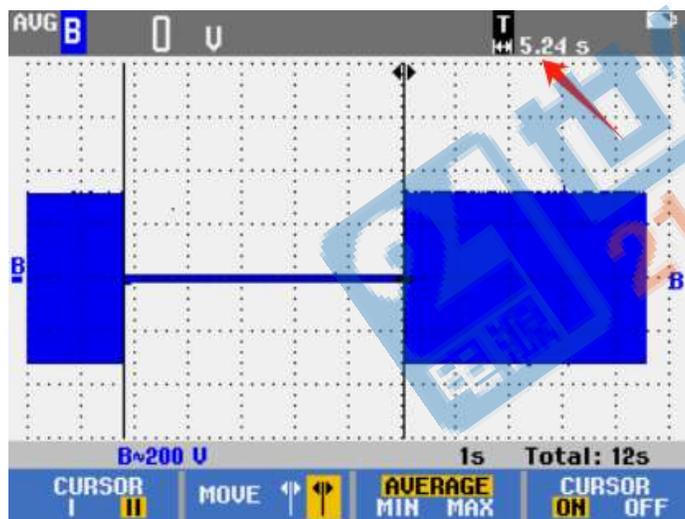
UPS系统：切换时间

上海某高校机房交付前验收测试

Fluke 190III示波表采样率高，能够精确记录切换时间

发现：UPS切换时间过长，在市电突然中断或发生电压暂降事件时，UPS并不能及时提供及时的电力供应。

意义：帮助客户提前发现隐患，及时优化改进，避免重大事故的发生

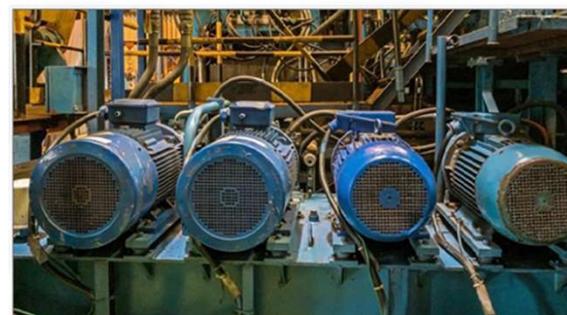


实际测试结果：测试时间共12秒，UPS切换时间5.24秒



即触即测

无需繁琐设置，自动捕获、查看和分析复杂波形



恶劣环境

IP51防护等级，兼具便携工具的坚固耐用性和台式示波器的精密性

直流电源的故障排障

FLUKE®

高频开关电源、电信运维中心直流电源设备、UPS等要求检测直流电压电流的纹波系数。充电机：新型蓄电池对充电机的直流纹波指标提出了更高的要求。交流纹波频率一般为50Hz、100Hz等，通常的DC分量测量仪表不能准确检测出纹波系数。

F190-III:

直流纹波电压测量。

案例:

某6脉冲整流电路将交流电转换成直流，对电池充电供应UPS并给安全自动装置提供电源。

要求:

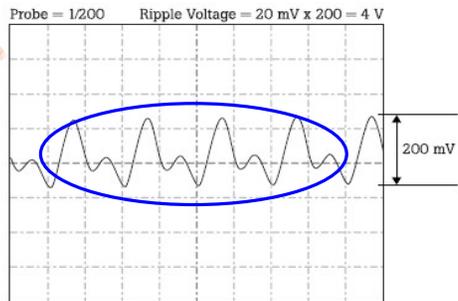
稳定的直流电压

故障现象及原因:

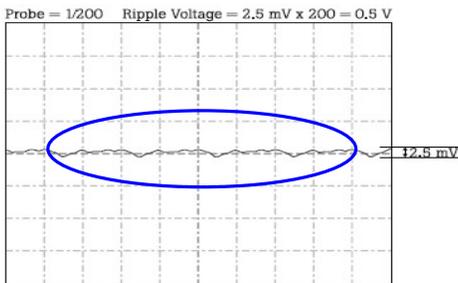
充电机的晶闸管损坏，输出电压纹波高达4V（峰-峰值）。

解决方法:

更换故障器件，纹波电压降至0.5V（峰-峰值）。



故障：输出电压纹波高达4V



纹波电压降至0.5V

感谢!

