

太阳能光伏发电设备的测量方法

如何对太阳能变换器(如逆变器, DC/DC, DC/AC)的电能质量测量?

德国 SPS 公司大功率高速太阳能模拟测试系统组成



太阳能发电设备测试系统的各个部分

光伏器件模拟单元

电网模拟器

模拟负载

测量单元

.....

本文部分内容已发表于《电磁干扰与兼容》，请勿用于商业用途

关键字:

高速太阳能光伏发电设备, 逆变器, DC/AC, DC/DC, 光伏模组模拟器, 光伏阵列模拟器
High-Speed Photovoltaic(PV) Simulator, inverter

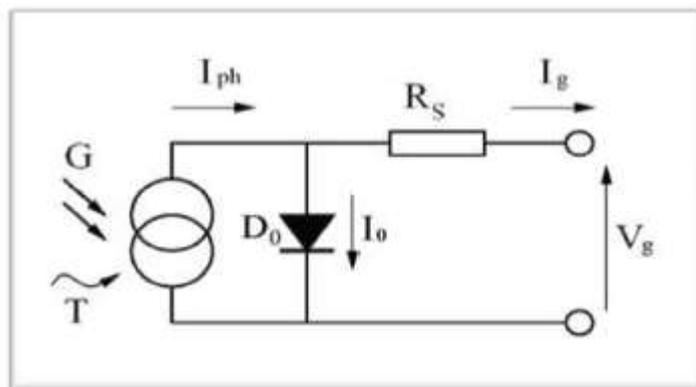
一. 引言

太阳能是人类可利用的最直接的清洁能源之一, 随着人们对环境问题以及能源危机的认识, 这种不损害生态环境的产生电能的方法越来越得到人们的重视。

在太阳能光伏发电系统中一个重要的子系统是太阳能光伏器件(光伏电池、光伏模组和光伏阵列)在阳光照射下产生电能。本文就太阳能光伏器件的各个组成部分的测试方法和测试项目进行论述。本文所论述的对象包含太阳能光伏器件模拟单元, 电网模拟器, 模拟负载, 测量单元。

二. 太阳能光伏变换器测试系统简介

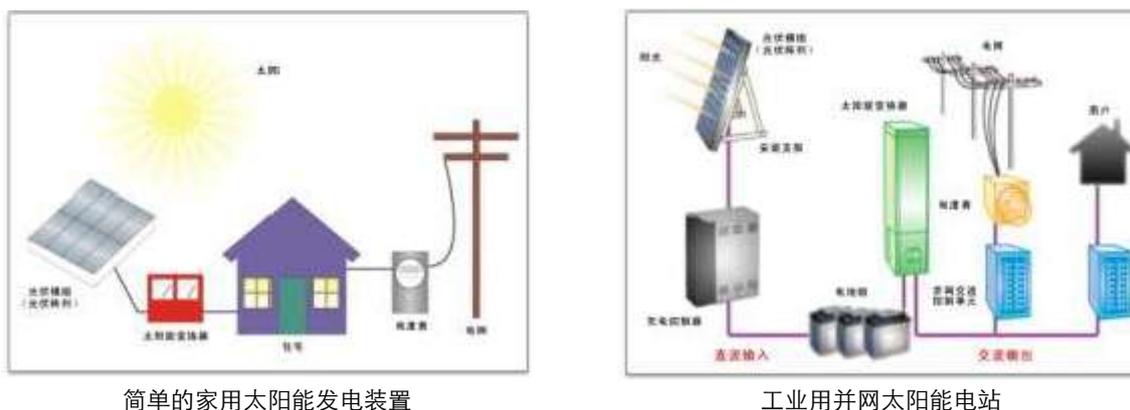
太阳能光伏器件可以等效成一个电流源(如图一), 这个电流源根据所吸收的光能的多少输出相应的电流。



图一 太阳能电池单元等效电路图

在太阳能发电系统中另一个关键的子系统就是太阳能光伏变换器, 这种太阳能光伏变换器将太阳能光伏阵列产生的能量变成可供用电设备使用的电能的一种系统(如图二), 它的性能直接可以影响到:

- ☀️ 太阳能光伏器件产生的电能转换成可用电能的效率
- ☀️ 用电设备能否正常工作; 用电设备能否长期有效的工作
- ☀️ 馈入电网的电能是否满足电网的电能质量(Power Quality)的要求。



简单的家用太阳能发电装置

工业用并网太阳能电站

图二 两种典型的太阳能发电方式

评估太阳能变换器的性能的测试系统包含如下各部分：

- ☛ **太阳能光伏器件模拟单元：**模拟各种太阳能光伏阵列的光伏特性，用于评估太阳能光伏变换器在各种驱动状态下的输出特性，同时也可评估变换器的最大功率点跟踪（MPPT）算法的效果
- ☛ **电网模拟器：**模拟市电电网，用以评估太阳能光伏变换器向电网馈送电能的能力
- ☛ **模拟负载：**模拟系统中正常的功率消耗，用于考察太阳能光伏变换器在不同用电状况下的功率输出特性
- ☛ **测量单元：**用于测量电能质量单元，用以考察太阳能光伏变换器的输出电能的质量，以及我们关心的各类谐波指标(Harmonics)、功率因数（Power Factor）以及闪烁值（Flicker）性能。

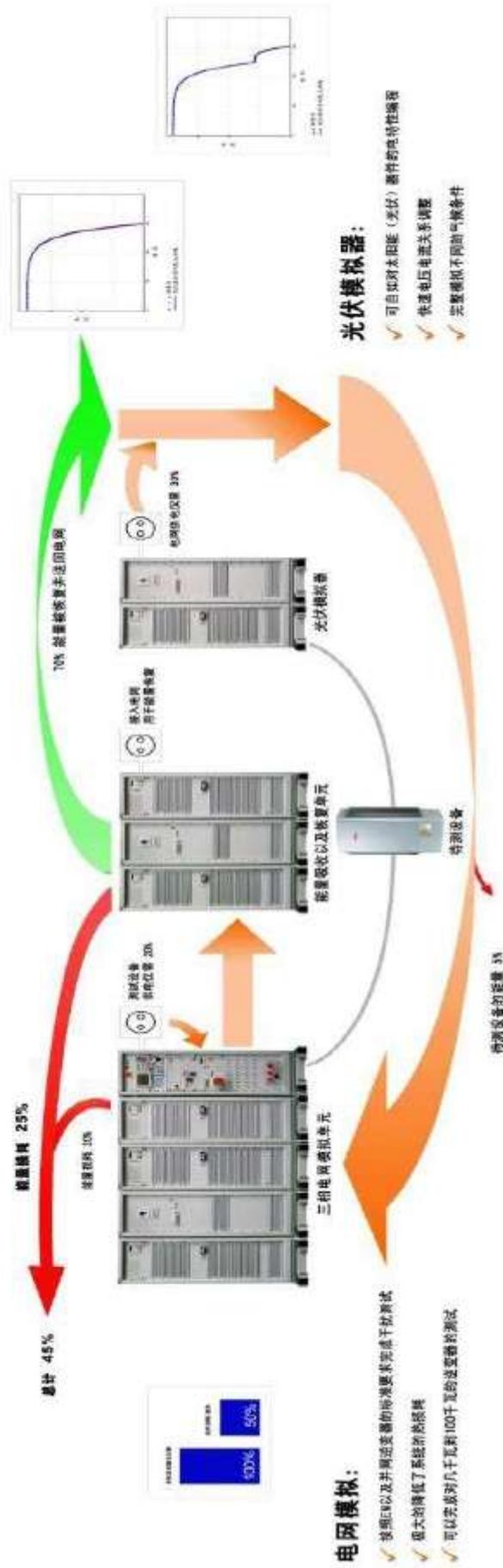
三、太阳能光伏变换器测量系统

在前面的介绍中我们粗略的解释了太阳能光伏变换器测量系统的组成，这里我们详细介绍这个系统的组成和主要功能，图三是这个系统的组成图，图四为系统原理图。

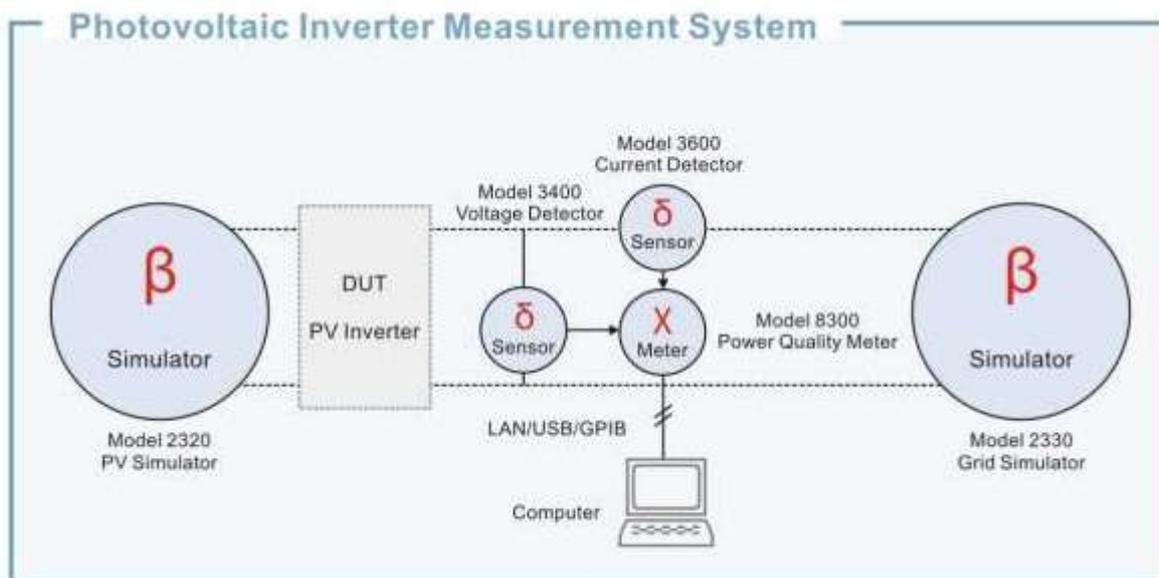
在图三中，我们可以清晰的看到系统中包括光伏器件模拟器、电网模拟单元以及能量吸收单元，上图中也同样标明了能量的流动方向和比例，应用这个系统，我们可以方便的完成太阳能光伏变换器的全部特性的测试，下面我们对各个部分进行详细说明：

并网光伏逆变器 (DC/AC) 测试系统

光伏逆变器的能量流动



图三 太阳能转换器（光伏逆变器）测试系统的组成

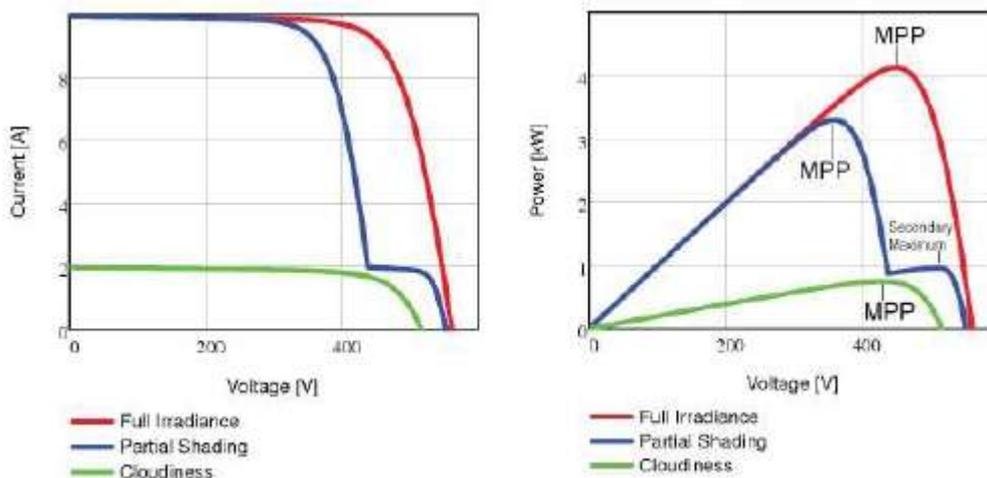


图四 太阳能转换器（光伏逆变器）测试系统的组成原理图

太阳能光伏器件模拟器

在太阳能光伏逆变器的测试过程中，为了保证测量的重复性并在室内完成测量，我们不可能将逆变器接在真实的太阳能光伏器件上，因此应该在测量系统中提供一个太阳能光伏器件模拟装置，来模拟各种光照、温度以及负载条件下的光伏器件的输出。光伏器件（光伏电池、模组以及阵列）模拟器具有下面的三种模拟方式：

1. 完全模拟方式，在图一中，我们可以看出太阳能光伏电池单元的等效电路，用户只按照图六的软件界面上设定光伏器件的各种参数，例如：串联电阻 (R_s)、并联电阻 (R_{shunt})、旁路二极管 (Bypass Diode)，同时输入光强度和温度信息，系统就可以仿真输出满足要求的 I-V 特性。

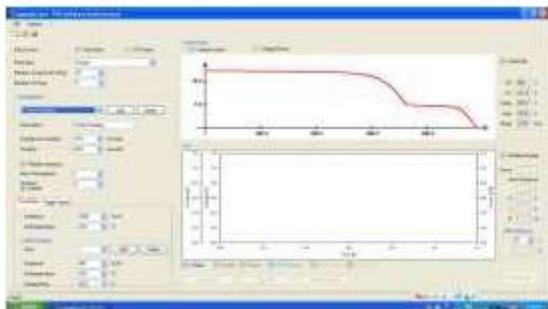


左图 电流/电压曲线，右图 各种光照条件下的输出功率曲线

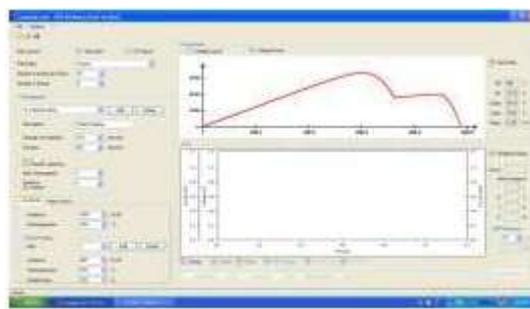
图五.太阳能光伏阵列的 I-V 曲线以及 Power-V 曲线

2. 实测数据模拟方式，用户可以将各种气候条件下测得的 I-V 特性曲线输入到光伏器件模拟单元中，模拟单元即可真实复原这种气候条件下的光伏特性输出。
3. 数据库模拟方式，系统中采用 XML 数据存储格式，我们可以通过制造厂提供原始数据，真实复原光伏特性并可以模拟各种光照和温度条件下的光伏特性。我们同样也可以根据光伏器件厂家提供的数据自建数据库以方便重复使用。

太阳能光伏器件模拟器的各个控制功能是由软件完成的，图六是软件的界面截图，图中光伏器件的各项参数均可以根据实际情况进行设定，同时光伏器件的使用温度以及遮盖比例也同样可以设定。图六中是一个指定的测试条件（20%遮盖，35℃时）的参数设定以及输出特性曲线，这里我们可以看出在图六模拟出的输出特性曲线和图五中蓝色的输出特性曲线非常相像，这个输出特性曲线有一个第二个最大功率点，这样的输出特性对考察太阳能光伏变换器的最大功率点跟踪 MPPT 算法是非常严酷的。



20%遮盖，35℃时的 I-V 特性曲线



20%遮盖，35℃时的 Power-V 特性曲线

图六 20%遮盖，35℃时太阳能光伏模拟器的输出特性

能量吸收单元（用电负载模拟单元）

太阳能光伏变换器的关键是它的电能生产能力以及变换效率，在图二中我们可以看到，太阳能光伏变换器产生的电能既要在本地应用，同时也要馈入电网，为了能够精确的评估变换器的输出能力以及转换效率，我们必须提供一个虚拟的用电负载来考察太阳能光伏变换器，这个虚拟负载我们称它为能量吸收单元或者用电负载模拟单元，它可以是：

- 逆变器，将自己吸收的能量经过转换后送回电网，在测量大功率的变换器时，这个单元非常重要，它可以有效的防止电能的浪费。
- 阻性能量吸收单元，在对小功率太阳能光伏变换器进行测试时，通过继电器切换阻性模块组合可以模拟各种功率的负载来达到对变换器测试的目的。

电网模拟单元

如同我们在测试过程中必须使用太阳能光伏器件模拟器一样，在对太阳能光伏变换器的测量过程中，我们也同样不能把待测太阳能光伏变换器发出的电能直接送入市电网来完成测试，这对电网和待测设备都是非常危险的，在产品研发阶段这个方法更不可行，因此需要一个功率源来模拟市电网，这个模拟器相当于电网，可以接受待测变换器馈送来的电能并用来充分保证测量的重复性。

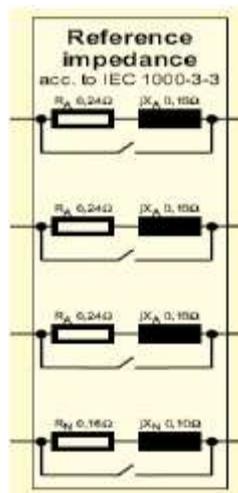
电能质量以测量单元

测量单元称作 ARS (Analyzer and Reference system), 它包括一个用于 IEC 61000-3-2 以及 IEC 61000-3-3 标准所要求的谐波和闪烁的分析仪 (如图七), 其中闪烁仪符合 IEC 6100-4-15 的要求, 谐波分析仪符合 IEC 61000-4-7 的要求。另外, ARS 中同时包含一个标准的电源阻抗网络 (Reference Impedance Network) 满足 IEC61000-3-3。

ARS 采用 DSP 单元, 可以对太阳能光伏变换器产生的电能的各种质量参数如功率因数、谐波分量等进行详细的测量和记录; 同时采用 DSP 技术可以完成对谐波和闪烁的精确测量。



ARS16/3



ARS16/3 中的阻抗网络满足 IEC61000-3-3

图七 电能质量以及电磁兼容性测量单元

四. 结论

太阳能光伏测量系统不但能够用于评估太阳能光伏变换器, 在太阳能光伏器件模拟器和电网模拟器功率足够大时, 还可以完成对太阳能光伏发电系统以及太阳能光伏电站的测量。用户可根据实际应用情况配置测量系统。

另外, 这样组成的系统除了满足电能质量测量及传导发射测量之外, 系统中的太阳能光伏器件模拟器、电网模拟器以及能量吸收单元可以组成一个独立运行的太阳能光伏变换器、太阳能发电系统或者太阳能光伏电站, 这样我们就可以在与外界完全隔离的条件下 (例如在电波暗室中) 完成其他相关的针对太阳能光伏转换系统的 EMC 性能测试, 满足 IEC61000, GB17625, GB17626 系列 EMC 测试标准。

五、 具体测试系统

千里顺风电讯技术有限公司还向您提供

- 德国 SPS 公司全套大功率太阳能光伏电池模拟系统, 功率范围涵盖 500W 至 150kW
- 小功率灵巧型太阳能电池、太阳能光伏模组模拟器以及太阳能光伏阵列模拟器便携式太阳能电池特性测量仪
- 小功率(输出功率 500W - 10kW)太阳能光伏变换器测量系统
- 太阳能光伏模组以及光伏阵列高压测试系统满足 UL-1703, IEC61215 以及 IEC61730
- 太阳能光伏变换器 EMC 测试系统

光伏逆变器测试系统实例：

ISET 模拟设备



光伏模拟器
三相电源

Netzinn电阻模拟
反馈装置

PAS 光伏逆变器测试系统（30KW）

ISET 模拟设备



光伏模拟器
三相电源

Netzinn电阻模拟
反馈装置

ISET 模拟设备



光伏模拟器
三相电源

Netzinn电阻模拟
反馈装置

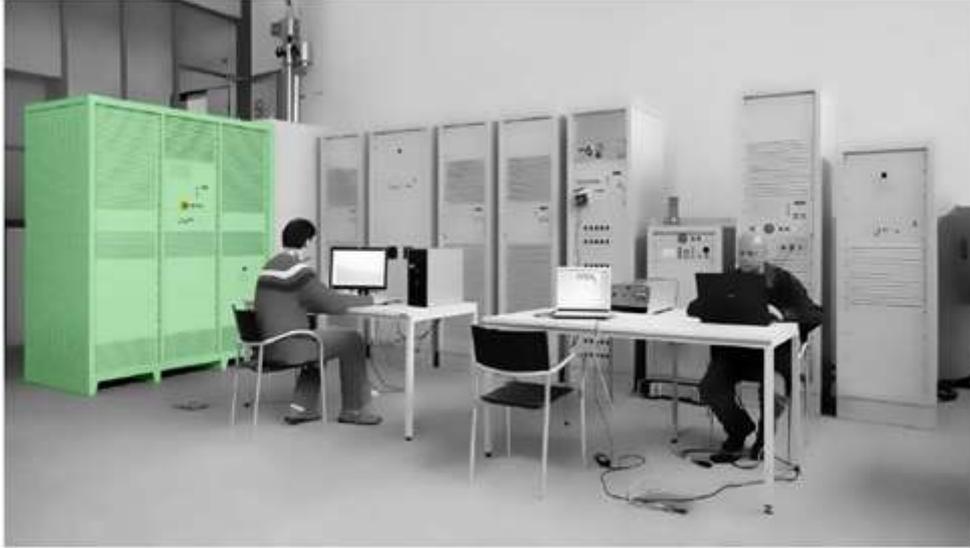
ISET 模拟设备



光伏模拟器
三相电源

Netzinn电阻模拟
反馈装置

ISET 模拟设备



光伏模拟器
三相电源

Netzinn电阻模拟
反馈装置



光伏模拟器测试系统 (400KW)

更多信息信息请登陆千里顺风电讯技术有限公司网站:

www.KiloSense.com

