

# 行业标准“风电场电能质量测试方法”分析和探讨

顾 文，殷 峰

(江苏方天电力技术有限公司，江苏 南京 211102)

**摘 要：**针对能源行业风电标准“风电场电能质量测试方法”在实际应用中的问题，对比IEC标准和相关电能质量国家标准，对风电场电能质量测试方法进行分析，提出风电场电能质量测试方法的改进建议。

**关键词：**风电场；电能质量；测试方法

## 0 引言

风能的波动性、不确定性和风电机组本身的特性使风电机组并网运行对电网的电能质量产生一定影响。随着我国风电规模的快速发展，越来越多的风电场并网运行，风电场对电网电能质量的影响引起了广泛关注。

能源行业风电标准NB/T 31005-2011“风电场电能质量测试方法”<sup>[1]</sup>是国内第一个专门针对风电场电能质量现场测试的标准，于2011年颁布实施。

本文针对该标准在具体使用中遇到的问题，对比分析 IEC 61400-21 标准“Wind turbines-Part21:Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines”<sup>[2]</sup>（风电机组系统-第 21 部分：并网风电机组电能质量测试和评估），电能质量国际标准 GB/T 14549-1993 “电能质量 公用电网谐波”<sup>[3]</sup>和GB/T 12326-2008 “电能质量 电压波动和闪变”<sup>[4]</sup>的要求，对风电场电能质量测试方法提出改进建议。

## 1 NB/T 31005 标准对于风电场电能质量测试的要求

以下为行业标准 NB/T 31005-2011“风电场电能质量测试方法”中测试的具体要求。

### 1.1 对于风电场闪变测试的要求

风电场产生的闪变按如下方法测试：

a) 测试在风电场连续运行情况下进行。

b) 风电场正常运行时，以不低于 5kHz 的频率采集并网点电压和电流序列  $u(t)$  和  $i(t)$ ，输出功率从 0 至额定功率的 100%，以 10% 的额定功率为区间，每个功率区间、每相应至少采集风电场并网点 5 个 10min 时间序列瞬时电压和瞬时电流值的测量值，功率测试结果为 10min 平均值。

c) 将  $u(t)$  输入到与 GB/T 12326 相一致的闪变算法，求出对于每一个 10min 数据集合的短时间闪变值  $P_{st}$ 。根据 GB/T 12326 计算长时间闪变值  $P_{lt}$ ，以最大长时间闪变值  $P_{lt}$  为风电场投入运行时的长时间闪变值  $P_{ltl}$ 。

### 1.2 对于风电场谐波和间谐波测试的要求

风电场引起的谐波电流和间谐波电压按如下方法测试：

a) 在风电场停运时测量并网点的电压总谐波畸变率、各次谐波电压和间谐波电压，测试周期为 24h。

b) 风电场正常运行时，输出功率从 0 至额定功率的 100%，以 10% 的额定功率为区间，每个功率区间、每相应至少收集风电场并网点的 5 个 10min 时间序列瞬时电流测量值和电压测量值，功率测试结果为 10min 平均值。

c) 对于每个 10min 数据集按照 GB/T 17626.7<sup>[5]</sup> 标准计算谐波电流和间谐波电压。

## 2 NB/T 31005 “风电场电能质量测试方法”在风电场电能质量测试实际应用中的问题

### 2.1 现场测试满足标准NB/T 31005 要求的输出功率困难

NB/T 31005 标准要求在风电场输出功率从 0 至额定功率的 100%，每个 10% 功率区间、每相至少采集风电场并网点 5 个 10min 数据，即需要包含风电场的全部运行工况。

以江苏沿海风电场年出力统计为例，风电场出力大于 80% 的概率仅约 2.5%，50% 出力对应的频率小于 20%<sup>[6]</sup>。因此一个风电场的电能质量现场测试，满足标准对风电场输出功率的要求需花费几周甚至几个月的时间。

### 2.2 风电场连续运行、正常运行、停运的定义不明

确

NB/T 31005中风电场运行状态有连续运行、正常运行、停运这几种,但并未给出明确的定义。

为满足每个10%功率区间、每相至少采集风电场并网点5个10min数据的要求,测试周期需很长,期间风电场因风况、设备、接入电网状况的变化不可避免有风机的投切及无功补偿设备的投切和调整,进而影响风电场电能质量状况,这些是否属于风电场连续运行、正常运行状况需要明确。

如要求风电场正常运行状态不允许出现风机的投、切以及无功补偿设备的投切和调整,则将带来测试时间和数据处理工作量的大幅增加。

### 2.3 现有电能质量测试设备是否可以在风电场电能质量测试中使用

NB/T 31005要求采集风电场并网点10min时间序列瞬时电压和瞬时电流值的测量值,并按照GB/T 12326相一致的闪变算法计算短时间闪变值 $P_{st}$ ,按照GB/T 17626.7标准计算谐波电流和间谐波电压。按照上述要求,似乎只能采用数据采集系统并开发相应的软件进行谐波和闪变指标计算。

由数据采集系统采集10min时间序列瞬时电压和瞬时电流值再按照相关标准要求计算谐波和闪变理论上可行,不过测试方法和精度达到IEC国际标准和电能质量国家标准要求、且通过国家计量授权部门的校准或检测并不容易。已有的专业电能质量测试设备,其测试方法、精度符合IEC国际标准和电能质量国家标准要求,理应符合风电场电能质量测试要求。

### 2.4 测试数据的处理

#### (1) 闪变分析

闪变作为电压指标其计算并不需要瞬时电流值,NB/T31005要求闪变测量时测量10min时间序列瞬时电压和瞬时电流值,计算时又不采用瞬时电流值不合理。

短时间闪变值 $P_{st}$ 的测量时间为10min,根据GB/T 12326,计算一个长时间闪变值 $P_{lt}$ (2小时)需要每相连续12个短时间闪变值 $P_{st}$ ,NB/T31005要求每个10%功率区间每相至少5个值显然不够,而12个值会显著增加测试时间,且很难满足连续12个值在同一个10%功率区间的要求,按照NB/T31005计算出的长时间闪变值 $P_{lt}$ 在实际测试点并不存在,这与标准NB/T 31005风电场电能质量现场实测的目的违背。

#### (2) 谐波数据的处理

对于谐波分析,NB/T 31005同样要求在输出功率从0至额定功率的100%,以10%的额定功率为区间,每个功率区间、每相应至少收集风电场并网点的5个10min时间序列瞬时电流测量值和电压测量值,并要求给出谐波电流、电流总谐波畸变率和间谐波电压的最大值。

对于风电场并网点的电能质量指标,各次谐波电压含有率和电压总谐波畸变率非常重要,标准NB/T 31005不要求给出谐波电压和电压总谐波畸变率令人费解。

在GB/T 14549、GB/T 17626.7及其它电能质量标准中,电流总谐波畸变率定义为总谐波电流相对于基波电流的百分数。当风电场出力较小时由于风电机组变频器仍处于运行状态,此时的电流总谐波畸变率很大,但谐波电流绝对值很小,对电网、风电场没有影响,给出此时的电流总谐波畸变率显然毫无意义,因此NB/T31005中的电流总谐波畸变率应明确为总谐波电流相对于风电场额定功率对应的电流。

根据NB/T 31005,风电场在并网点引起的谐波电流评价按照GB/T 14549执行,间谐波电压评价按照GB/T 24337执行,而GB/T 14549或GB/T 24337这两个标准,均以测试值的95%概率大值(需至少30个测试值,满足数理统计的要求)进行评价,与NB/T31005取最大值存在矛盾。

### 3 NB/T 31005 “风电场电能质量测试方法”与 IEC 61400-21 的对比分析

对比NB/T 31005的参考文献IEC 61400-21,可发现NB/T 31005基本采用了IEC 61400-21的测试方法和要求,不同的如:IEC 61400-21要求闪变测试需在风机切入风速至15m/s区间内每1m/s区间每相测试5个值,而不是在输出功率从0至额定功率的100%,每个10%功率区间进行测试;对于谐波,IEC 61400-21只测试电流中的谐波和间谐波含量。

#### 3.1 IEC 61400-21的适用范围

IEC 61400-21明确其测试方法、要求和步骤适用于单台三相并网风力发电机,且针对风电机组整机型式认证,目的在于提供测试和评估风电机组电能质量特性的统一方法,保证测试结果的一致性和准确性。对于风电场电能质量测试,IEC 61400-21仅表明其可提供有用的信息。

### 3.2 IEC 61400-21测试方法分析

整机型式认证的测试要求相比投运后的现场测试要求高，风电运营商采购风电机组后实际使用的电网情况和风能资源情况差异较大，因此需测试各种风速情况下风电机组的闪变特性、各种功率区间时的谐波发生量。对于单台风机，运行状态明确，测试时间可以很长，容易满足IEC 61400-21要求的不同风速和功率区间要求。

IEC 61400-21为了避免风电机组闪变测试时试验电源的系统阻抗及波动对闪变测试结果的影响，并不是直接测量风电机组机端的电压闪变，而是使用测量得到的10min时间序列瞬时电压和瞬时电流值，注入虚拟电网，通过闪变分析、规格化和加权

等环节，得到风电机组的电压闪变系数，这也是IEC 61400-21电压闪变测试同时需要瞬时电压和电流值的原因。得到的风电机组电压闪变系数与电源系统的阻抗角和风速有关，当风电机组接入实际电网时，可利用当地的风速数据、实际系统的阻抗角和该型机组的电压闪变系数评估风电场对当地电网电压闪变的影响，并认为风电机组的短时间闪变值 $P_{st}$ 与长时间闪变值相等（当接入点确定时，风电机组产生的闪变为风速的函数，而2小时内风速变化不大，按照长时间闪变的计算方法，短时间闪变值 $P_{st}$ 与长时间闪变值相等）。图1为IEC61400-21风电机组电压闪变测试和评估框图。

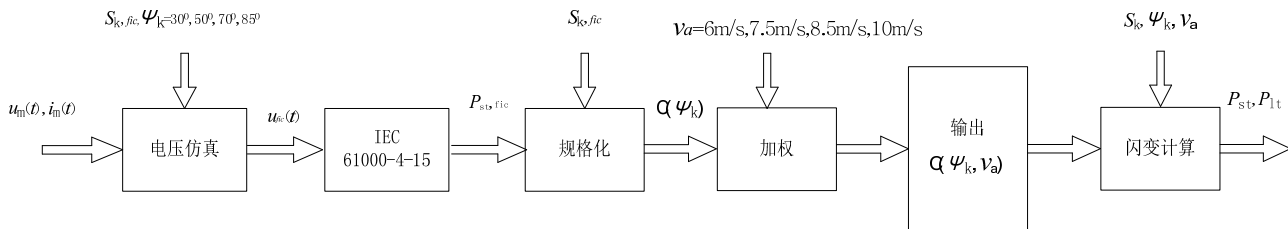


图1 IEC 61400-21风电机组电压闪变测试和评估框图

## 4 对风电场电能质量测试方法的建议

风电场电能质量测试的测量点为风电场并网点或公共连接点，测试和数据处理方法仍应建立在现有针对公用电网的电能质量国家标准上，并与国家标准保持一致，而不应生硬地照搬用于风电机组型式试验的IEC 61400-21测量方法，特别是对于测试时风电场运行功率区间的要求应放宽，应重点测试风电场运行时电能质量影响较大的功率区间。

测量方法和要求应适用于风能资源不同、风电机组类型不同的各类风电场，具有良好的可操作性；为此，需对不同地区、不同类型风电机组电能质量情况进行调研，了解风电场对电网电能质量影响比较大的季节和功率区间，方便现场测试工作的开展。

为适应风电场出力波动大的情况，风电场电能质量测试宜采用固定安装的电能质量在线监测装置进行长时间测试，并明确如何选择测试时间段、如何处理和统计数据。

需明确风电场几种运行状态，对于电流总谐波畸变率应明确为总谐波电流相对于风电场额定功率对应的电流，增加对于谐波电压的测试要求。

## 5 结论

本文对NB/T 31005“风电场电能质量测试方法”应用于风电场实际测试中存在的问题进行了分析，并与IEC 61400-21进行了比较，指出NB/T 31005套用IEC 61400-21的测试方法不适用于风电场电能质量现场测试。

风电场电能质量现场方法应与现有电能质量国家标准保持一致，并适用于风能资源不同、风电机组类型不同的各类风电场，并应具有较好的可操作性。

### 参考文献：

- [1] NB/T 31005-2011“风电场电能质量测试方法”[S].
- [2] IEC 61400-21-2008“Wind turbines-Part21:Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines”[S].INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION.
- [3] GB/T 14549-1993“电能质量 公用电网谐波”[S].
- [4] GB/T 12326-2008“电能质量 电压波动和闪变”[S].
- [5] GB\_T\_17626.7-2008“电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则”[S].

[6] 张谦,王之伟,谢珍建,等. 江苏千万千瓦风电接入系统规划研究[A]. 2010 中国国际供电会议论文集[C].

---

作者简介:

顾 文（1969—）男，江苏南京人，高级工程师，从事电能质量研究工作，E-mail: wengu@sina.com;

殷 峰（1983—）男，江苏连云港人，工程师，从事电能质量研究工作，E-mail: fengyf\_65@sina.com。