

CGC

北京鉴衡认证中心认证技术规范

CGC/GF004TM.3:2012

并网光伏发电专用逆变器试验方法 第3部分：安全部分

北京鉴衡认证中心 发布

目 次

目 次	I
前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 实验环境及设备要求	3
4 绝缘电阻	4
5 绝缘耐压	5
6 方阵绝缘阻抗监测	6
7 残余电流测试	7
8 外壳防护等级	9
附录 A. 防护等级表	9

北京鉴衡认证中心测试方法

前 言

为保证CGC/GF004-2011《并网光伏发电专用逆变器技术条件》(国家认监委备案号：CNCA/CTS0004-2009A)的有效实施，规范光伏并网逆变器电性能及保护、环境、电磁兼容试验等项目的试验方法，特制定了CGC/GF004TM.1~5:2012《并网光伏发电专用逆变器试验方法》系列认证技术规范指导性文件。本规范共分5部分：

- 第1部分：11项电性能检测；
- 第2部分：11项保护功能检测；
- 第3部分：5项安全检测；
- 第4部分：4项环境检测；
- 第5部分：10项电磁兼容。

本部分为试验方法的第3部分。

本部分由北京鉴衡认证中心归口。

本部分起草单位：北京鉴衡认证中心、国家继电保护及自动化设备质量监督检验中心、中国电力科学研究院、青岛市产品质量监督检验所、华北电力科学研究院、北京金阳东方科技有限公司。

本部分主要起草人：范士林、王婷、闫华光、李涛永、王宗、张红超、崔正湃、石承刚、万琳、于鹏、管承华。

并网光伏发电专用逆变器试验方法

第3部分：安全

1 范围

本规范适用于并网光伏发电专用逆变器设备及相关产品。

本部分为安全测试指导性实施细则，含测试环境、测试设备、测试平台、测试线路、测试步骤、结果评判等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 4208-2008 外壳防护等级（IP代码）（IEC 60529:2001, IDT）
- GB/T 12113-2003 接触电流和保护导体电流的测量方法
- GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326-2008 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14549-1993 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543-2008 电能质量 三相电压允许不平衡
- GB/T 15945-2008 电能质量 电力系统频率偏差
- GB/T 18479-2001 地面用光伏（PV）发电系统 概述和导则（IEC 61277:1995, IDT）
- GB/T 19939-2005 光伏系统并网技术要求
- GB/Z 6829-2008 剩余电流动作保护电器的一般要求
- Q/GDW 617-2011 光伏电站接入电网技术规定
- Q/GDW 618-2011 光伏电站接入电网测试规程
- IEC 62109-1-2010 光伏发电系统用电力转换设备的安全 第1部分 通用要求
- IEC 62109-2-2011 光伏发电系统用电力转换设备的安全 第2部分 对逆变器的特殊要求

3 实验环境及设备要求

3.1 实验环境要求

除另有规定外，试验在以下条件下进行：

- 环境温度：15℃~35℃
- 相对湿度：45%~75%

- 大气压力：86kPa~106kPa

3.2 电网条件

无特殊规定的下述电网条件下，逆变器应能正常工作：

- 1) 公用电网谐波电压应不超过GB/T 14549中第4章规定的限值，电压总谐波畸变率 $\leq 5\%$ ，奇次谐波电压含有率 $\leq 4\%$ ，偶次谐波电压含有率 $\leq 2\%$ ；
- 2) 三相电压不平衡度应不超过GB/T 15543规定的数值，允许值为2%，短时不得超过4%。
- 3) 交流输出端口20kV及以下三相电压的允许偏差为额定电压的 $\pm 7\%$ ，220V单相电压的允许偏差为额定电压的+7%、-10%；其他情况电网电压允许偏差应符合GB/T 12325的规定。
- 4) 公用电网的频率不超过GB/T 15945中第4章中规定的限值，频率偏差不得超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

除上述条件的，需要用户与制造商协商。

3.3 模拟电源的要求

- 1) 模拟电网应符合上述3.2中规定；
- 2) 被测逆变器的直流输入源应为光伏方阵或光伏方阵模拟器；直流输入源的输出电压应与被测逆变器直流输入电压的工作范围相匹配，试验期间输出电压波动应不超过 $\pm 5\%$ ；
- 3) 如果被测逆变器有指定的直流输入源，但该输入源不能提供试验中规定的逆变器的输出功率，应在输入电源能够提供的范围内进行测试。

4 绝缘电阻

4.1 要求

逆变器的输入电路对地、输出电路对地、输入电路对输出电路之间的绝缘电阻均应不小于 $1\text{M}\Omega$ 。

4.2 测试设备

兆欧表或绝缘电阻测试仪。

4.3 试验方法

用上述测试设备，以1000V试验电压，分别测量逆变器的输入电路对地、输出电路对地、输入电路对输出电路间的绝缘电阻值。

此绝缘电阻合格后，才能进行绝缘强度试验。

具体测试步骤如下：

- 1) 断开逆变器的所有外部连接；
- 2) 拆下交直流滤波器,用导线代替；
- 3) 将交流输出端短接；
- 4) 将直流正负短接；
- 5) 使用1000V的绝缘电阻测试仪测试逆变器下列位置的绝缘电阻，并做记录；

- 6) 逆变器直流输入对地;
- 7) 逆变器交流输出对地;
- 8) 逆变器交流输出与直流输入。

5 绝缘耐压

5.1 要求

逆变器的输入电路对地、输出电路对地、输入对输出之间的电路应能承受50Hz的正弦交流电压1min或等效直流电，试验电压等级见表1。

试验过程中不击穿，无飞弧，漏电流小于20mA。

表 1 绝缘强度试验电压

额定电压 UN(V)	试验电压(V)
$UN \leq 60$	1000
$60 < UN \leq 300$	2000
$300 < UN \leq 690$	2500
$690 < UN \leq 800$	3000
$800 < UN \leq 1000$	3500
$1000 < UN^* \leq 1500$	3500
*:有效电压	

注1: 整机绝缘强度按上述指标仅能试验一次。用户验收产品时如需要进行绝缘强度试验，应将上列试验电压降低25%进行;

注2: 不带隔离变压器的逆变器不需要进行输入电路对输出电路的绝缘强度测试;

注3: 如果逆变器被测回路含有电容等，可以采用直流电压测试。直流电压值取对应交流测试电压峰值。

5.2 测试设备

耐压测试仪（安规测试仪）。

5.3 试验方法

在要求的测试位置接好安规测试仪，在安规测试仪（耐压测试仪）上将耐压的测试时间及漏电流限值、测试电压值设置为要求的限值，确保测试设置及测试端子接入正确，按下测试键进行测试。

测试通过，安规测试仪会提示测试pass，测试失败会提示fall。

如果有储能元件，可采用等效直流测试绝缘强度。等效直流的电压值为正常交流测试电压峰值。

具体测试步骤如下:

- 1) 将耐压测试仪的测试电压调为零;
- 2) 分别将耐压测试仪的高电压输出线和回路接地线连接到逆变器的下列被测端子上:
 - 逆变器直流输入对地;
 - 逆变器交流输出对地;

- 逆变器交流输出与直流输入。
- 3) 把耐压测试仪的主电源开关闭合,缓慢升高测试电压到要求值,持续1min,不击穿,无飞弧,漏电流小于20mA。
- 4) 测试完毕后将测试电压缓慢降下来;
- 5) 把耐压测试仪的主电源开关断开。应先断开耐压测试仪的高电压输出线,再断开耐压测试仪的回路接地线;

6 方阵绝缘阻抗监测

6.1 要求

与不接地的光伏阵列连接的逆变器在启动之前,应测量组件输入与地之间的直流绝缘阻抗,阻抗值不应小于 $R = (V_{max} \text{ pV} / 30\text{mA})$,如果阻抗不满足限值要求,带隔离的逆变器,应指示故障但在故障期间可进行其它的动作,非隔离或虽有隔离但漏电流不符合要求的应指示故障且不可并网。(与接地光伏方阵相连的逆变器不适用)

6.2 测试设备

示波器、功率分析仪、绝缘电阻(绝缘电阻测试仪)。

6.3 试验方法

- 1) 对不接地方阵,在直流输入端和地之间分别接入一大一小为限定值90%的电阻,观察逆变器响应,对带隔离的逆变器,应指示故障,对不带隔离逆变器及带隔离但接触电流及着火漏电流不满足要求的逆变器应指示故障并限制接入电网;
- 2) 对功能性接地方阵,分两种情况,当设计接地电阻值大于 $V_{max} \text{ pV} / 30\text{mA}$ 时,逆变器测量的绝缘电阻值不应小于设计接地电阻值的80%,否则逆变器应该做出响应,响应方式与不接地方阵连接逆变器相同。当设计接地电阻值小于 $V_{max} \text{ pV} / 30\text{mA}$ 时,测试原理同残余电流突变检测测试原理;
- 3) 逆变器连入测试电路,把小于限定值的测试电阻(约为限定值90%)分别接入PV输入端和地之间;
- 4) 观察逆变器响应,记录逆变器是否指示故障,是否限制并网;
- 5) 将大于限定值的测试电阻(约为限定值110%)分别接入PV输入端和地之间;
- 6) 观察逆变器响应,记录逆变器是否指示故障,是否限制并网。

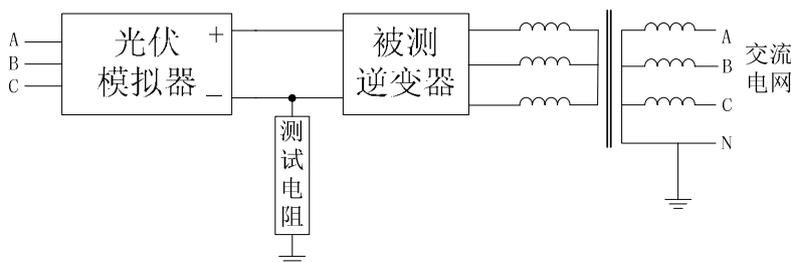


图1 方阵绝缘阻抗测试线路

以最大系统电压 900V 的光伏系统为例，计算出来的对地绝缘电阻为 30k Ω

- 1) 按照图1连接测试电路，光伏模拟器电压及功率可满足逆变器正常启动的要求；
- 2) 用27k Ω 左右的电阻将逆变器的正极与地连接，逆变器启动时应能检测出故障；
- 3) 复位后，用27k Ω 左右的电阻将逆变器的负极与地连接，逆变器启动时应能检测出故障；
- 4) 复位后，用33k Ω 左右的电阻分别将逆变的正、负极与地连接，逆变器应保持正常。

7 残余电流测试

7.1 要求

- 1) 工作在安全电压等级以上的不接地光伏方阵有可能导致触电的危险。对于与无隔离的逆变器或者虽有隔离但不足以限制接触电流在合理范围内的逆变器连接的光伏阵列，使用者由于偶然同时触碰阵列的带电部分和地，电网与地将会产生一个接触电流的通路，并发生触电的危险；
- 2) 对于无论是接地阵列或不接地阵列，接地故障发生会导致预期不载流的导体部件承载电流，从而产生着火的危险；
- 3) 以上危险均可通过加残余电流检测器的保护（RCD）或残余电流监控（RCM），将接触电流限制在30mA以内，将着火型漏电流限制在如下范围内：
- 4) 对于额定输出 $\leq 30\text{kVA}$ 的逆变器，300mA
- 5) 对于额定输出 $> 30\text{kVA}$ 的逆变器，10mA/kVA
- 6) 是否需要RCD额外保护，取决于接触电流及着火漏电流是否满足规定限值。

7.2 测试设备

接触电流模拟测试网络、示波器、功率分析仪、残余电流测试仪（电流表）。

7.3 试验方法

7.3.1 接触电流

- 1) 利用人体接触电流测试设备，依次测量光伏方阵各个端子与地之间的接触电流，电流值应小于30mA；
- 2) 若测得的接触电流值大于30mA，应通过增加残余电流检测器（RCD）或残余电流监控保护（RCM）的措施，使接触电流限制在30mA以内。

7.3.2 着火漏电流

- 1) 逆变器在最严酷的工况下，直流输入端无接地，交流输出端应有一极接地；
- 2) 测试时可关闭方阵的绝缘电阻监测功能，测量每个方阵输入端与地之间的漏电流；
- 3) 同样的方法测试直流输入负极与正极之间的着火漏电流。

7.3.3 连续残余电流监控保护

- 1) 去掉逆变器绝缘阻抗检测功能，在测试线路中接入残余电流监测设备；

- 2) 将直流输入PV+和地之间连接接入可调电阻，接入的可调电阻阻值应足够大以保证残余电流小于在保护限值之下：额定输出 $\leq 30\text{kVA}$ 的逆变器， 300mA ；额定输出 $>30\text{kVA}$ 的逆变器， 10mA/kVA ；
- 3) 逐渐降低可调电阻阻值，记录逆变器保护时的残余电流；
- 4) 调节R1的阻值使残余电流小于保护值约 10mA ，调节R2阻值使之接入电路后可产生约 20mA 漏电流；
- 5) 逆变器运行中先接入R1，后接入R2，观察逆变器从R2接入到逆变器与电网断开的时间。
- 6) 本测试重复5次，要求5次均满足 0.3s 保护时间的要求。
- 7) 直流输入负极PV-到地的测试与直流输入正极PV+到地的测试相同。

注：如果有多路输入，电路分析有同样的原理及可能的测试结果，不必逐一进行。

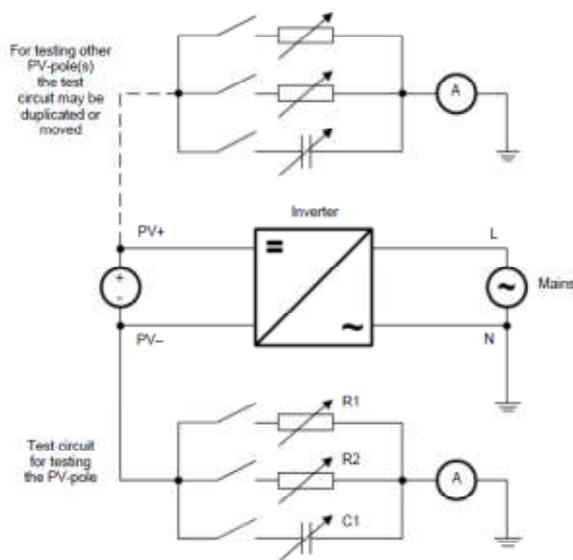


图 2 连续残余电流测试原理图

7.3.4 突变残余电流

如果残余电流突变值超过下表要求限值，逆变器应在规定时间内断开。

表 2 突变电流响应时间

残余电流突变	逆变器与电网断开时间
30mA	0.3s
60mA	0.15s
150mA	0.04s

本测试是判断工作期间，容性泄漏电流突然叠加一个阻性残余电流时，逆变器是否能正常动作。

具体测试步骤:

- 1) 此测试期间,接入PV+到地回路,PV-到地测试回路不接入,去掉逆变器绝缘阻抗监测功能。测试开始时在R断开的情况下进行。根据前述测试得到的最大容性残余电流,然后逐渐调整C1电容量,直至该容性泄漏电流比刚测得的最大容性电流低且约为突变残余电流值的150%(例如:30mA突变残余电流测试时,使用45mA容性残余电流);
- 2) 调整电阻R1的阻值,使得阻性残余电流达到表10给定的值,如30mA,再断开R1,启动逆变器,逆变器正常工作后再突然闭合R1(达到在容性的基础上突然注入阻性残余电流的效果),逆变器保护装置此时应该动作。记录下突入电流后逆变器的保护时间,此保护时间应在要求范围内。
- 3) 此测试重复5遍。
- 4) 调整电阻值使其电流值达到60mA、150mA的条件,在上表中每一个残余电流值条件下测量5次断开时间,不允许任何一次的断开时间超过表7的限值。
- 5) 直流输入负极PV-到地的测试与直流输入正极PV+到地的测试相同。

注: IEC 62109-2 中 4.201.3.1.4 例外中有说明,满足着火型漏电流要求的隔离逆变器不需要进行连续性残余电流的监测;满足 30mA 接触电流要求的隔离逆变器不要求进行突变残余电流的监测。

8 外壳防护等级

8.1 要求

逆变器的外壳防护应符合GB 4208规定。户内型应不低于IP20,户外型应不低于IP54。

8.2 测试设备

防尘试验箱、防水试验装置、测试试验指。

8.3 试验方法

外壳防护等级试验方法参照GB4208-2008。

附录A. 防护等级表

防护等级表

防护等级	试验项目名称	检验要求
IP10	直径 50mm 试球	施加 50N 的力,不完全进入外壳,并与带电部分保持足够间隙
IP20	直径 12mm 铰接指	施加 10N 的力,可进入外壳 80mm,但与带电部分保持足够间隙
	直径 12.5mm 试球	施加 50N 的力,不完全进入外壳,并与带电部分保持足够间隙
IP30	直径 2.5mm 试棒	施加 3N 的力,不得进入外壳,并与带电部分保持足够间隙

IP40	直径 1.0mm 金属线	施加 1N 的力，不得进入外壳，并与带电部分保持足够间隙
IP5X	防止接近危险部件	直径 1.0mm 的试验金属线不得进入外壳并与带电部分保持足够的间隙
	防尘	施加 2kg/m ³ 的滑石粉，允许有数量有限的灰尘进入，但不得影响设备的正常运行，不得影响安全
IP6X	防止接近危险部件	直径 1.0mm 的试验金属线不得进入外壳并与带电部分保持足够的间隙
	尘密	施加 2kg/m ³ 的滑石粉，不允许任何灰尘进入
IPX1	防垂直滴水	施加 1mm/min 的水流量，垂直方向滴水，持续时间 10min，产品无有害影响
IPX2	防 15℃ 滴水	施加 3mm/min 的水流量，外壳在四个固定的位置倾斜 15°，垂直方向滴水，每一个倾斜位置持续时间 2.5min，产品无有害影响
IPX3	防淋水	施加 0.07L/min，与垂直方向 ±60° 范围的淋水，持续时间 10min，产品无有害影响
IPX4	防溅水	施加 0.07L/min，与垂直方向 ±180° 范围的淋水，持续时间 10min，产品无有害影响
IPX5	防喷水	喷嘴直径 6.3mm，施加 12.5L/min，距离被试产品 2.5m，持续时间 3min，产品无有害影响
IPX6	防强烈喷水	喷嘴直径 12.5mm，施加 100L/min，距离被试产品 2.5m，持续时间 3min，产品无有害影响