

CGC

北京鉴衡认证中心认证技术规范

CGC/GF004TM.2:2012

并网光伏发电专用逆变器试验方法 第2部分：保护功能

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 试验环境及设备要求.....	3
4 电网电压响应.....	4
5 电网频率异常响应.....	7
6 交流侧短路.....	9
7 防反放电保护.....	9
8 极性反接保护.....	10
9 直流侧过载.....	10
10 直流过压.....	11
11 防孤岛效应测试.....	11
12 低电压穿越.....	13
13 有功功率控制.....	15
14 电压/无功调节.....	15

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2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、中国电力科学研究院、国家继电保护及自动化设备质量监督检验中心、华北电力科学研究院、北京群菱能源科技有限公司。

本部分主要起草人：王婷、闫华光、范士林、张进滨、李涛永、石承刚、张红超、薛金会、王宗、万琳。

并网光伏发电专用逆变器试验方法

第 2 部分：保护功能

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。

本部分为保护功能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/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 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/T 20514-2006 光伏系统功率调节器效率测量程序（IEC 61683:1999,IDT）
- 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
- IEC 62116-2008 并网连接式光伏逆变器孤岛防护措施测试方法

3 试验环境及设备要求

3.1 试验环境要求

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规定；
- 2) 被测逆变器的直流输入源宜为光伏方阵或光伏方阵模拟器；且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 电网电压响应

4.1 要求

单相220V，偏差在额定电压的+10%、-15%范围内，三相380V，偏差为额定电压的 $\pm 10\%$ 范围内，逆变器应能正常工作；其他等级的设备符合GB/T 12325要求，电网电压超出范围时，逆变器应在下表规定时间内切断向电网供电，并发出警示信号：

表 1 过欠压响应时间

电压 a (逆变器交流输出端)	最大跳闸时间
$V < 50\% V$ 标称	0.1s
$50\% V$ 标称 $\leq V < 85\% V$ 标称	2.0s
$110\% V$ 标称 $\leq V < 135\% V$ 标称	2.0s
$135\% V$ 标称 $\leq V$	0.05s
a: 有效电压	

注 1：最大跳闸时间是指异常状态发生到逆变器停止向电网供电的时间。

注 2：对于具有低电压穿越功能的逆变器，以低电压穿越优先。

4.2 测试设备

示波器、电压表、交流电源、光伏模拟器。

4.3 测试系统

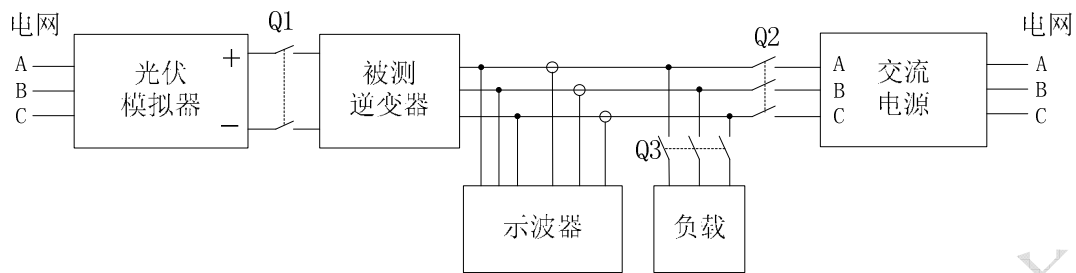


图 1 性能及保护功能测试线路图

- 1) 测试系统线路图如图1所示；
- 2) 此项试验宜在逆变器最小可工作的功率下进行（其它功率点也可以接受），通过调节交流电源的输出电压模拟电网电压故障；
- 3) 使用示波器（或电压表）观察并记录逆变器切断时的交流侧电压值及保护时间（保护时间即为逆变器在交流侧电压异常情况下的响应时间，是指从交流侧电压异常开始到逆变器停止输出电流的时间），每项测试重复3~5次；
- 4) 使用可调频、调压的交流电源及负载作为模拟电网时如交流电源不具备吸收反向电流的能力，则应确保负载功率大于逆变器实际输出功率，以防止逆变器输出功率流入交流电源中。

4.4 测试步骤

4.4.1 110%~135%过压测试

110%~135%过压故障保护具体试验方法如下：

- 1) 按照图1连接测试线路；
- 2) 启动交流源、光伏模拟器使逆变器在设定功率及电压下运行；
- 3) 调节示波器，使其能够观测到逆变器的输出电流及电压；
- 4) 确定逆变器过压保护电压，具体步骤如下：
 - a) 将电压上升到接近保护的限值之下，如 $1.08 \times U_e$ ；
 - b) 逐步增加交流源的电压，步进幅度为1V或2V，每次电压变化在一个工频周期内完成，且每次电压变化保持至少2倍的保护时间，直至逆变器停止输出；
 - c) 通过示波器（或电压表）读取逆变器保护时的交流电压值；
 - d) 重复测试5次（五次测试保护电压差异不应过大），求出平均保护交流电压值 U_1 。
- 5) 设定交流电源电压，使交流电源输出电压从额定值突变到 U_1 (可略大于 U_1 ，以保证逆变器能够保护)，逆变器保护后，将交流电压调回逆变器工作的额定电压，逆变器应能够再次启动；
- 6) 通过示波器测量逆变器保护时间（电压突变开始到逆变器电流下降至输出电流1%以下的时间），并作记录；

7) 重复步骤（5）、步骤（6）3~5次，确定每次保护时间均符合标准要求。

4.4.2 50%~85%欠压测试

50%~85%欠压故障保护试验方法与条款4.4.1中试验方法类似，具体如下：

- 1) 按照图1连接测试线路；
- 2) 启动交流源、光伏模拟器使逆变器在设定功率及电压下运行；
- 3) 调节示波器，使其能够观测到逆变器的输出电流及电压；
- 4) 确定逆变器过压保护电压，具体步骤如下：
 - a) 将电压降低到接近保护的限值之上，如 $0.86 \times U_e$ ；
 - b) 逐步降低交流电压，步进长度为1V或2V，每次电压变化在一个工频周期内完成，每次电压变化保持至少2倍的保护时间，直至逆变器停止输出；
 - c) 通过示波器（或电压表）读取逆变器保护时的交流电压值；
 - d) 重复测试5次（五次测试保护电压差异不应过大），求出平均保护交流电压值 U_2 。
- 5) 设定交流电源电压，使交流电源输出电压从额定值突变到 U_2 （可略小于 U_2 ，以保证逆变器能够保护），逆变器保护后，将交流电压调回逆变器工作的额定电压，逆变器应能够再次启动；
- 6) 通过示波器确定逆变器保护时间（电压突变开始到逆变器电流下降至输出电流1%以下的时间），并作记录；
- 7) 重复步骤（5）、步骤（6）3~5次，确定每次保护时间均符合标准要求。

4.4.3 135%过压及 50%欠压测试

在快速过压或快速欠压的测试中会出现跨越慢保护的区域的过程，测试前应先确定保护点电压，确定保护点电压的具体步骤如下：

- 1) 按照图1连接测试线路；
- 2) 启动交流源、光伏模拟器使逆变器在设定功率及电压下运行；
- 3) 调节示波器，使其能够观测到逆变器的输出电流及电压；
- 4) 设定交流电源电压，使交流电源输出电压从额定值突变到“电压异常快保护的电压±制造商规定容差的值”，测试保护时间。如果逆变器保护时间不符合快速保护时间（0.1s或0.05s）的要求，继续增加/降低突变电压值，直到保护时间符合快速保护时间要求（或逆变器不符合要求），记录此时的电压值（此电压值应符合标准要求）；
- 5) 根据步骤（4）中测出的保护电压值进行测试，快速电压异常保护时间的测量方法，与条款4.4.1及条款4.4.2中的测量方法相同（不需要确定保护值）。

注：

- 试验可在逆变器能够工作的最小功率点处进行；
- 分辨率：1V，限定值±1V；

- 以仪器测试值为准，需提前认真校准逆变器的保护设定值；
- 跳闸时间用示波器测量，依次测量保护定值、跳闸时间；
- 注意考验调频调压装置的性能和保护定值的校准程度。

5 电网频率异常响应

5.1 要求

电网频率在额定频率变化时，逆变器的工作状态应满足表2要求：

表 2 频率异常响应

频率范围	逆变器响应
低于 48Hz	逆变器 0.2S 内停止运行
48-49.5Hz	逆变器运行 10 分钟后停止运行
49.5-50.2Hz	逆变器正常运行
50.2-50.5Hz	逆变器运行 2 分钟后停止运行，此时处于停运状态的逆变器不得并网
高于 50.5Hz	逆变器 0.2 秒内停止向电网供电，此时处于停运状态的逆变器不得并网

5.2 测试设备

示波器、可调负载、交流电源、光伏模拟器。

5.3 测试系统

- 1) 测试系统线路图如图1所示；
- 2) 此项试验宜在逆变器最小可工作的功率下进行（其它功率点也可以接受），通过调节交流电源的输出频率模拟电网频率故障；
- 3) 使用示波器观察并记录逆变器切断时的交流侧频率值及保护时间（保护时间即为逆变器在交流侧频率异常情况下的响应时间，是指从交流侧电压异常开始到逆变器停止输出电流的时间），每项测试重复3~5次；
- 4) 使用可调频、调压的交流电源及负载作为模拟电网时，如交流电源不具备吸收反向电流的能力，则应确保负载功率大于逆变器实际输出功率，以防止逆变器输出功率流入交流电源中。

5.4 试验方法

5.4.1 50.2-50.5Hz 测试

频率故障保护具体试验方法如下：

- 1) 按照图1连接测试线路；
- 2) 启动交流源、光伏模拟器使逆变器在设定功率及电压下运行；
- 3) 调节示波器，使其能够观测到逆变器的输出电流波形；
- 4) 将交流侧频率调节在50.2—50.5之间的频率值；

- 5) 观察逆变器从频率异常开始的动作及输出情况，并用示波器记录；直到逆变器监测到电网频率异常后停止输出，记录此时的频率值 f_1 以及从频率异常开始到逆变器保护的时间。
- 6) 重复步骤（4）、步骤（5）3~5次，确定每次保护时间均符合标准要求。

5.4.2 48-49.5Hz 测试

频率故障保护具体试验方法如下：

- 1) 按照图1连接测试线路；
- 2) 启动交流源、光伏模拟器使逆变器在设定功率及电压下运行；
- 3) 调节示波器，使其能够观测到逆变器的输出电流及电压；
- 4) 将交流侧频率调节在48-49.5之间的频率值；
- 5) 观察逆变器从频率异常开始的动作及输出情况，并用示波器记录；直到逆变器监测到电网频率异常后停止输出，记录此时的频率值 f_1 以及从频率异常开始到逆变器保护的时间。
- 6) 重复步骤（4）、步骤（5）3~5次，确定每次保护时间均符合标准要求。

5.4.3 低于 48Hz 及高于 50.5Hz 测试

在快速过欠频保护测试前应先确定保护点频率值，确定保护点频率的具体步骤如下：

- 1) 按照图1连接测试线路；
- 2) 启动交流源、光伏模拟器使逆变器在设定功率及电压下运行；
- 3) 调节示波器，使其能够观测到逆变器的输出电流及电压；
- 4) 设定交流源频率，使交流源输出频率从额定值突变到“频率异常快保护的 \pm 制造商规定容差的值”，测试保护时间；

如果逆变器保护时间不符合快速保护时间（0.2s）的要求，继续增加/降低突变频率值，直到保护时间符合快速保护时间要求（或逆变器不符合要求），记录此时的频率值（此频率值应符合标准要求）；

- 5) 根据步骤（4）中测出的保护频率值进行测试，快速频率异常保护时间的测量方法，与条款5.4.1及条款5.4.2中的测量方法相同。

注：

- 试验在逆变器能够工作的最小功率点处进行；
- 分辨率：0.01Hz，限定值 ± 0.01 Hz；
- 以仪器测试值为准，需提前认真校准逆变器的保护设定值；
- 跳闸时间用示波器测量，保护定值、跳闸时间依次测量；
- 考验调频调压装置的性能和保护定值的校准程度。

6 交流侧短路

6.1 要求

额定工作检测到输出侧发生短路时，逆变器应能自动保护。如果1分钟之内两次探测到交流侧保护，逆变器不得再次自动接入电网。对于三相逆变器，短路应分别在相与相、相与中性线、相与地之间进行。带隔离变压器的逆变器，短路应分别在变压器的原边和副边进行。

原理：

逆变器交流输出端直接与电网连接，交流侧短路等于对电网短路，引起电网保护动作，功率比较大的情况下会对电网有很大冲击。

可以使逆变器运行在孤岛状态下再进行短路，从而避免电网直接短路，并且验证逆变器交流侧短路保护功能。

6.2 测试设备

短路工装、示波器、可调RLC精密负载、模拟电网电源、光伏模拟器、吸合接触器。

6.3 试验方法

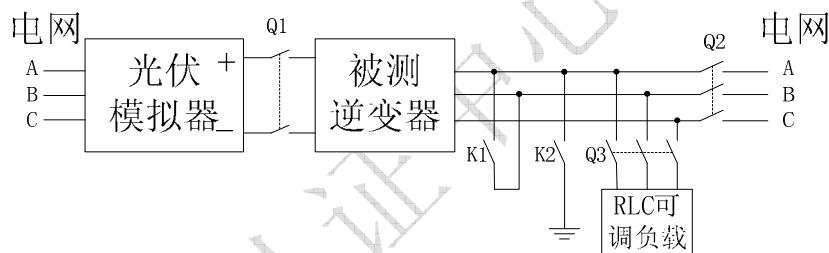


图2 交流侧短路侧接线图

- 1) 按上图连接测试线路，在逆变器的输出侧加入吸合接触器，并用示波器观察逆变器输出侧的电流、电压；
- 2) 将被测逆变器控制取电及风机供电外接，使其工作于逆变状态；
- 3) 使逆变器满功率运行，去掉待测逆变器的主动孤岛检测功能，调节RLC可调负载至负载匹配；接通吸合接触器将逆变器的交流输出侧短路，逆变器应停止输出，同时观察逆变器瞬间的电流变化，记录故障电流值及故障电流的持续时间；
- 4) 三相逆变器，短路应在相与相，相与中性线以及相与地之间分别进行；
- 5) 带隔离变压器的逆变器，短路应分别在变压器的原边和副边进行。

7 防反放电保护

7.1 要求

逆变器直流侧电压低于允许工作范围或逆变器处于关机状态时，逆变器直流侧应无反方向电流流过。

7.2 测试设备

功率分析仪、示波器、光伏模拟器。

7.3 试验方法

按照逆变器工作的标准线路接好设备，将功率分析仪接入到直流输入侧进行监测，测试直流输入源与逆变器之间的电流值；

调整直流侧电压，使其低于逆变器启动的工作电压，此时逆变器应处于关机或待机状态，并且无电流流过，则功率计测量的此处电流值应为零，即不应有反向的电流从逆变器流向直流源。

8 极性反接保护

8.1 要求

当光伏阵列的线缆极性与逆变器的直流输入侧反接时，逆变器应能启动保护；极性正接后逆变器可正常工作。

8.2 测试设备

示波器、光伏模拟器、吸合接触器。

8.3 试验方法

- 1) 按照逆变器正常工作的测试线路图接线，调节光伏模拟器使其输出电压为逆变器的最大额定输入电压，输出电流不超过逆变器额定输入电流的1.5倍；
- 2) 将直流输入反接，启动逆变器，逆变器应处于保护状态；
- 3) 1min后将输入极性恢复正常，逆变器可正常工作。

9 直流侧过载

9.1 要求

当光伏方阵输出的功率超过逆变器允许的最大直流输入功率时，逆变器应自动限流工作在允许的最大输出功率处，持续工作7小时或超温后，逆变器应停止向电网输出，恢复正常后，逆变器可正常工作。

注：具有最大功率点跟踪控制功能的光伏并网逆变器，其过载保护通常采用将工作点偏离光伏方阵的最大功率点的方法。

9.2 测试设备

示波器、光伏模拟器、功率分析仪。

9.3 试验方法

- 1) 按照图1接好线，调节直流输入源使其输出功率超过逆变器允许的最大直流输入功率，使用功率计及示波器观察逆变器的工作状态；

- 2) 其运行状态应满足标准要求，观察逆变器是否出现自动限流工作在最大交流输出功率处，若逆变器在此状况下可以工作，那么应保证逆变器在此故障条件下工作7小时（关键部件温升达到稳定）或出现过温保护，即不可有危险发生。
- 3) 在将直流侧功率恢复到正常范围内时，逆变器可正常工作。

10 直流过压

10.1 要求

当直流输入电压高于逆变器允许的最大电压值时，逆变器不能启动，已在运行的应在0.1S内停机，同时发出警示，直流侧电压恢复至允许范围后，逆变器可正常启动。

10.2 测试设备

示波器、光伏模拟器、功率分析仪。

10.3 试验方法

- 1) 按照图1测试线路接好线，调节直流输入源使其输出电压超过逆变器允许的最大直流输入值，用功率分析仪观察输入电压值，用示波器观察逆变器的工作状态（未运行的逆变器不能够启动）；
- 2) 正在运行的逆变器，调高直流侧的电压使其超出逆变器允许的电压范围，此时使用示波器记录逆变器的保护时间（正在运行的设备应在0.1S内保护）；
- 3) 将直流源的电压恢复正常后，逆变器可正常工作。

11 防孤岛效应测试

11.1 要求

如果逆变器并入的电网供电中断，逆变器应在2S内停止向电网供电，同时报警提示。

11.2 测试设备

示波器、功率分析仪、可调RLC精密负载、模拟电网电源、光伏模拟器、防孤岛参数测试仪。

11.3 试验方法

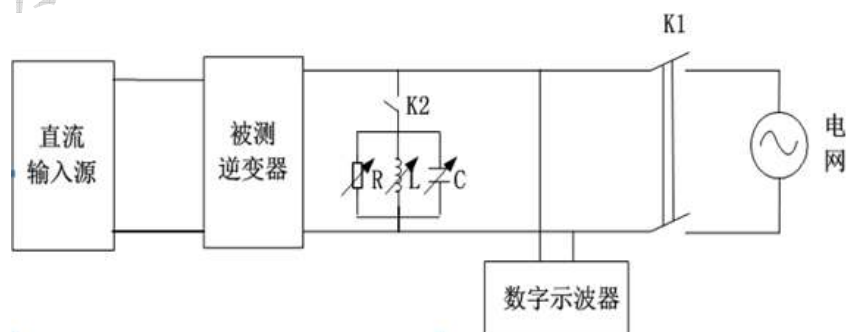


图3 防孤岛测试示意图

图示给出了防孤岛效应保护试验平台，K1为被测逆变器的网侧分离开关，K2为被测逆变器的负载分离开关。负载采用可变RLC谐振电路，谐振频率为被测逆变器的额定频率（50/60Hz），其消耗的有功功率与被测逆变器输出的有功功率相当。

注：由于电网从逆变器吸收有功功率和无功功率的不确定性，该项试验使用实际电网比模拟电网更具有说服力。

表 3 防孤岛效应保护的试验条件

条件	被测逆变器的输出功率 PEUT	被测逆变器的输入电压 a	被测逆变器跳闸设定值
A	100%额定交流输出功率	>直流输入电压范围的 90%	制造商规定的电压和频率跳 闸值
B	(50~66)%额定交流输出 功率	直流输入电压范围的 50%±10%	设定电压和频率跳闸值为额 定值
C	(25~33)%额定交流输出 功率	<直流输入电压范围的 10%	设定电压和频率跳闸值为额 定值
a 若直流输入电压范围为 X~Y，则（直流输入电压范围的 90%）=X+0.9*(Y-X)。			

试验步骤如下：

- 1) 闭合K1，断开K2，启动逆变器。通过调节直流输入源，使逆变器的输出功率PEUT等于额定交流输出功率，并测量逆变器输出的无功功率Q_{EUT}；
- 2) 使逆变器停机，断开K1；
- 3) 通过以下步骤调节RLC电路使得Qf=1.0±0.05；
 - a) RLC电路消耗的感性无功满足关系式： $Q_L=Q_f \cdot P_{EUT}=1.0 \cdot P_{EUT}$ ；
 - b) 接入电感L，使其消耗的无功等于Q_L；
 - c) 并入电容C，使其消耗的容性无功满足关系式： $Q_C+Q_L=-Q_{EUT}$ ；
 - d) 最后并入电阻R，使其消耗的有功等于P_{EUT}。
- 4) 闭合K2接入RLC电路，闭合K1，启动逆变器，确认其输出功率符合步骤a)的规定。调节R、L、C的功率值，直到流过K1的基频电流小于稳态时逆变器额定输出电流的1%；
- 5) 断开K1，记录K1断开至逆变器输出电流下降并维持在额定输出电流的1%以下之间的时间；
- 6) 调节有功负载（电阻R）和任一无功负载（L或C）以获得表4中括号参数表示的负载不匹配状况；表4中的参数表示的是偏差的百分比，符号表示的是图2中流经开关K1的有功功率流和无功功率流的方向，正号表示功率流从逆变器到电网；每次调节后，都应记录K1断开至逆变器输出电流下降并维持在额定输出电流的1%以下之间的时间；若记录的时间有任何一项超过步骤e)中记录的时间，则表4中非括弧部分参数也应进行试验；
- 7) 对于试验条件B和C，调节任一无功负载（L或C），使之按表5的规定每次变化1%。表5中的参数表示的是图2中流经开关K1的无功功率流的方向，正号表示功率流从逆变器到电网；每次调节后，记录K1断开至逆变器输出电流下降并维持在额定输出电流的1%以下之间的时间；若记录的时间呈持续上升趋势，则应继续以1%的增量扩大调节范围，直至记录的时间呈下降趋势。

以上步骤中记录的时间都应符合规定，否则即判定试验不通过。

表 4 试验条件 A 情况下的负载不匹配的状况

试验中负载消耗的有功功率、无功功率与额定值的偏差百分比 (%)				
-10, +10	-5, +10	0, +10	+5, +10	+10, +10
-10, +5	(-5, +5)	(0, +5)	(+5, +5)	+10, +5
-10, 0	(-5, 0)	0, 0	(+5, 0)	+10, 0
-10, -5	(-5, -5)	(0, -5)	(+5, -5)	+10, -5
-10, -10	-5, -10	0, -10	+5, -10	+10, -10

表 5 试验条件 B 和 C 情况下的负载不匹配状况

试验中负载消耗的有功功率、无功功率与额定值的偏差百分比 (%)	
	0, -5
	0, -4
	0, -3
	0, -2
	0, -1
	0, 1
	0, 2
	0, 3
	0, 4
	0, 5

12 低电压穿越

12.1 要求

对于大型光伏电站的中高压型逆变器应具备一定的耐受异常电压的能力，避免在电网电压异常时脱离，加剧电网电源的不稳定。

当并网点电压在图 4 中电压轮廓线及以上的区域时，该类逆变器必须保证不间断并网运行；并网点电压在图 4 中电压轮廓线以下时，允许停止向电网送电。

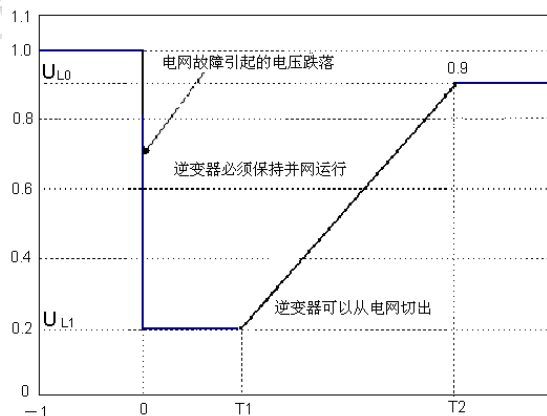


图 4 中高压逆变器的低电压耐受能力要求

注： U_{L0} ：为正常运行的最低电压限值；

U_{L1} ：需要耐受的电压下限；

T_1 为电压跌落到 U_{L1} 时需要保持并网的时间；

T_2 为电压跌落到 U_{L0} 时需要保持并网的时间。

U_{L1} 、 T_1 、 T_2 数值的确定需考虑保护和重合闸动作时间等实际情况。

实际的限值应按照接入电网主管部门的相应技术规范要求设定。

12.2 测试设备

示波器、光伏模拟器、具有低电压穿越功能的测试设备（如大型模拟电网电源）。

12.3 试验方法

此测试中，光伏模拟器应可模拟光伏阵列 IV 曲线输出；交流侧测试装置应具备低电压穿越能力，可模拟电压跌落曲线，跌落深度、持续时间和恢复时间可设定，且具备模拟三相电压不对称故障的能力，对电压跌落曲线的拟合误差不大于 10%。此模拟电网可以通过变流器实现，变流器的输出端作为逆变器的模拟电网侧。低电压模拟装置不能对电网的安全性造成影响。

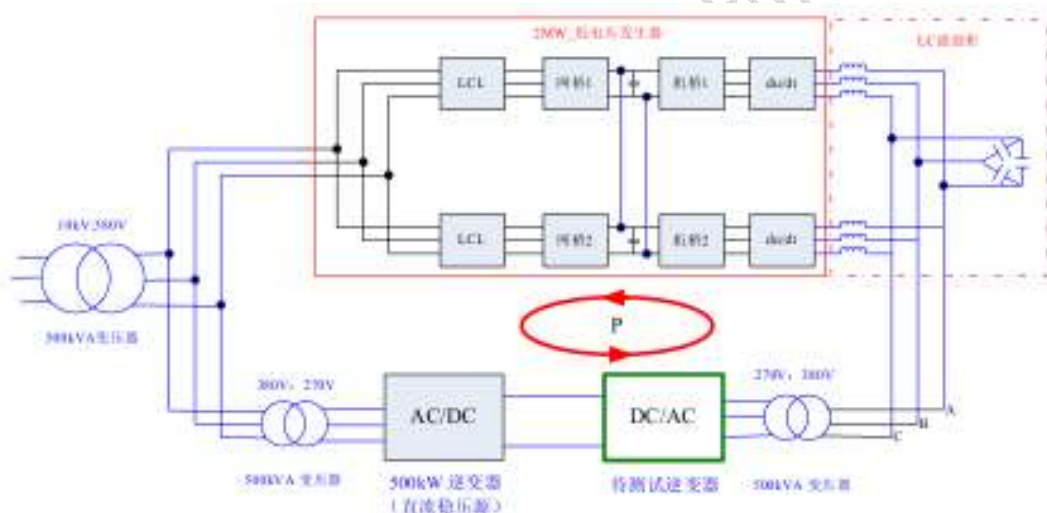


图 5 低电压穿越测试平台示意图

- 1) 低电压穿越能力测试点应设置在并网逆变器处；
- 2) 测试前应进行被测光伏电站额定功率 10%~30% 功率点的加载测试，确认测试对公共连接点造成的电压跌落符合要求再进行大于 80% 额定功率的加载测试；
- 3) 按照低电压穿越的要求在模拟电网上进行编程，使其输出电压分别为 20%、40%、60%、80%、90%，电压跌落的持续时间分别为 1S、1.57S、2.14S、2.71S、3S，记录输出电压的曲线变化；
- 4) 记录逆变器在检测到电压发生跌落变化时的工作状况；
- 5) 低电压发生器的误差容限如图 6 所示；
- 6) 每次更改跌落类型（跌落幅值或不平衡跌落），均需要重新校验低电压发生器的有效性；
- 7) 通过示波器观察逆变器输出的电压电流波形，其工作状态应符合低压耐受的要求。

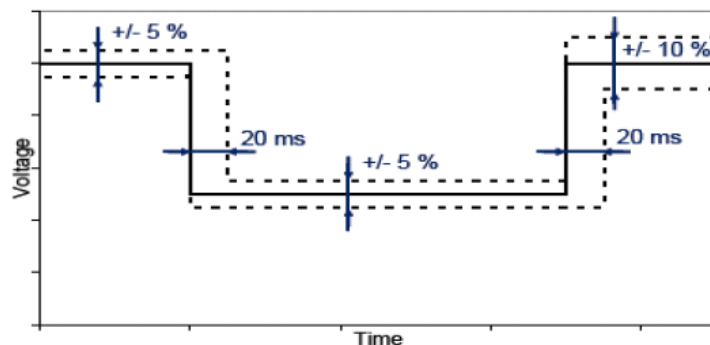


图 6 低电压发生器输出误差容限

13 有功功率控制

13.1 要求

适用于中高压型光伏电站的逆变器应具有有功输出限制的能力，逆变器以最大的功率变化率变化时不应有冲击电流。

13.2 测试设备

示波器、光伏模拟器、功率分析仪、PC。

13.3 试验方法

- 1) 按照图 1 连接测试线路，启动逆变器使之正常运行；
- 2) 通过 PC 机向逆变器发送各种控制信号（含最大输出功率及功率变化率等参数），通过功率分析仪观测逆变器是否接受并正确执行；
- 3) 通过 PC 机发送信号使逆变器在规定的变化范围内变化，调节并网点电压水平来调节无功输出，通过示波器观测输出电流波形，逆变器以宣称的最大功率变化率变化时不应出现超过额定电流的 1.5 倍冲击电流。

14 电压/无功调节

14.1 要求

中高压型逆变器的功率因数应在 0.95（超前或滞后）范围内连续可调；

在无功输出范围内，应具备根据并网点电压水平调节无功输出，参与电网电压调节的能力，并可由电网调度机构远程设定调节方式、参考电压、电压调节率等参数。

14.2 测试设备

示波器、模拟电网电源、光伏模拟器、功率分析仪、PC。

14.3 试验方法

- 1) 用 PC 机模拟向逆变器发送无功控制信号（含调节方式、参考电压、电压调差率等参数），逆变器应在规定的无功范围内，且根据并网点电压水平调节无功输出。
- 2) 调节逆变器的电压，有功电流可以在使用手动调节功率时使用示波器采集，无功输出的目的是为了对电网做无功补偿，电脑控制逆变器调节输出无功，用功率分析仪记录无功调节的范围。