



中华人民共和国国家标准

GB/T 30427—2013

并网光伏发电专用逆变器 技术要求和试验方法

Technical requirements and test methods for grid-connected PV inverters

2013-12-31 发布

2014-08-15 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

目 次

前言	Ⅲ
引言	Ⅳ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 产品分类	3
4.1 产品型式	3
4.2 输出功率优先数系	4
5 使用条件	4
5.1 正常使用的环境条件	4
5.2 正常使用的电网条件	4
5.3 特殊使用条件	4
6 技术要求	4
6.1 机体和结构质量	4
6.2 性能指标	5
6.3 电磁兼容性	6
6.4 保护功能	7
6.5 通讯	10
6.6 自动开/关机	10
6.7 启动	10
6.8 绝缘耐压性	10
6.9 外壳防护等级	11
6.10 功率控制和电压调节	11
6.11 环境试验要求	11
6.12 温升	11
7 试验方法	12
7.1 试验环境条件	12
7.2 概述	13
7.3 机体和结构质量检查	13
7.4 性能指标试验	13
7.5 电磁兼容试验	14
7.6 保护功能试验	14
7.7 通讯试验	18
7.8 自动开/关机试验	18
7.9 启动试验	18
7.10 绝缘耐压试验	18

7.11	外壳防护等级试验	18
7.12	功率控制和电压调节试验	18
7.13	环境试验	18
7.14	温升试验	19
8	检验规则	19
8.1	检验分类	19
8.2	出厂检验	20
8.3	型式检验	21
9	标志、包装、运输、贮存	21
9.1	标志	21
9.2	包装	21
9.3	运输	22
9.4	贮存	22
附录 A (资料性附录)	防孤岛效应保护方案的选取	23
附录 B (资料性附录)	并网光伏发电专用逆变器技术参数表	24

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC 20)提出。

本标准由全国太阳光伏能源系统标准化技术委员会(SAC/TC 90)归口。

本标准起草单位:合肥阳光电源有限公司、北京市计科能源新技术开发公司、北京鉴衡认证中心、北京日佳电源有限公司、北京索英电气技术有限公司、上海太阳能科技有限公司、安徽继远电网技术有限责任公司、深圳市新天光电科技有限公司。

本标准主要起草人:曹仁贤、王斯成、赵为、张兴、陶磊、王宗、姚丹、鲁延武、王仕城、何鸣、余江、陈晖、张友权。

引 言

随着《中华人民共和国可再生能源法》的颁布实施,国内光伏并网发电成为热点,本标准的制定,改变了光伏并网逆变器没有国家统一标准的现状,对规范、引导并网光伏发电具有极大的推动作用。

本标准参考了 IEEE 1547:2003《分布式电源与电力系统进行互连的标准》、IEEE 1547.1:2005《分布式电源与电力系统的接口设备的测试程序》、AS 4777.2:2005《通过逆变器与电网相连接的电源系统 第2部分:逆变器要求》、IEC 62116:2008《并网光伏逆变器防孤岛效应保护的试验方法》、EN 55022:1998《信息技术设备 无线电干扰特性 限值和测量方法》和国内的有关标准。

并网光伏发电专用逆变器 技术要求和试验方法

1 范围

本标准规定了并网光伏发电专用逆变器的术语和定义、产品分类、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于交流输出端电压不超过 0.4 kV 的并网光伏发电专用逆变器,以下简称逆变器。

注:根据国家电网公司制定的《光伏电站接入电网技术规定》,综合考虑不同电压等级电网的输配电容量、电能质量等技术要求,根据光伏电站接入电网的电压等级,可分为小型、中型或大型光伏电站。

小型光伏电站——接入电压等级为 0.4 kV 低压电网的光伏电站。

中型光伏电站——接入电压等级为 10 kV~35 kV 电网的光伏电站。

大型光伏电站——接入电压等级为 66 kV 及以上电网的光伏电站。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 A:低温(IEC 60068-2-1:2007, IDT)

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 B:高温(IEC 60068-2-2:2007, IDT)

GB/T 2423.3—2006 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验(IEC 60068-2-78:2001, IDT)

GB/T 3859.2—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第 1-2 部分:应用导则(IEC/TR 60146-1-2:2011, MOD)

GB 4208—2008 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2001, IDT)

GB 7260.2—2009 不间断电源设备(UPS) 第 2 部分:电磁兼容性(EMC)要求(IEC 62040-2:2005, IDT)

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 三相电压不平衡

GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验(IEC 61000-4-2:2001, IDT)

GB/T 17626.3—2006 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验(IEC 61000-4-3:2002, IDT)

GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(IEC 61000-4-4:2004, IDT)

GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验(IEC 61000-4-5:

2005, IDT)

GB/T 17626.6—2008 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度(IEC 61000-4-6:2006, IDT)

GB/T 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验(IEC 61000-4-11:2004, IDT)

GB/T 18479—2001 地面用光伏(PV)发电系统 概述和导则(idt IEC 61277:1995)

GB/T 20514—2006 光伏系统功率调节器效率测量程序(IEC 61683:1999, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏并网逆变器 inverter

将太阳电池发出的直流电转换成交流电后馈入电网的电气设备。

3.2

光伏并网逆变器交流输出端 inverter AC output terminal

逆变器、局部交流负载和电网之间的相互连接点。

3.3

最大功率点跟踪 maximum power point tracking; MPPT

对跟随太阳电池表面温度变化和太阳辐照度变化而产生的输出电压与电流的变化进行跟踪控制,使阵列经常保持在最大输出的工作状态,以获得最大的功率输出。

3.4

孤岛效应 islanding

电网失压时,光伏系统仍保持对失压电网中的某一部分线路继续供电的状态。

3.5

计划性孤岛效应 intentional islanding

按预先配置的控制策略,有计划地发生孤岛效应。

3.6

非计划性孤岛效应 unintentional islanding

非计划、不受控地发生孤岛效应。

3.7

防孤岛效应 anti-islanding

禁止非计划性孤岛效应的发生。

注:非计划性孤岛效应发生时,由于系统供电状态未知,将造成不利影响,如可能危及电网线路维护人员和用户的生命安全、干扰电网的正常合闸、电网不能控制孤岛中的电压和频率,从而损坏配电设备和用户设备。

3.8

电网模拟器 utility simulator

用来模拟公共电网的测试装置,其电压和频率可调。

3.9

品质因数 quality factor

防孤岛效应保护试验中试验负载谐振能力的评估指标。

在并联RLC谐振电路中,负载品质因数 Q_L 可用式(1)表示:

$$Q_L = R \sqrt{C/L} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q_f ——负载品质因数;

R ——负载电阻;

C ——负载电容;

L ——负载电感。

在已知并联 RLC 谐振电路消耗的有功、感性无功和容性无功的情况下, Q_f 也可用式(2)表示:

$$Q_f = \sqrt{|Q_L| \times |Q_C|} / P \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

Q_L ——电感 L 消耗的无功;

Q_C ——电容 C 消耗的无功;

P ——电阻 R 消耗的有功。

3.10

谐振频率 resonant frequency

并联 RLC 电路谐振时的频率。定义式见式(3):

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

f ——谐振频率;

L ——负载电感;

C ——负载电容。

注: 并联 RLC 电路谐振时, 电路消耗的感性无功与容性无功相等, 于是并联 RLC 谐振电路相当于纯电阻。

4 产品分类

4.1 产品型式

4.1.1 并网类型

按并网类型可分为以下两类:

- a) 单相逆变器;
- b) 三相逆变器。

4.1.2 外壳防护等级

按外壳防护等级可分为以下两类:

- a) 室内型;
- b) 室外型。

4.1.3 使用场所

按使用场所可分为以下两类:

- a) A 级逆变器
A 级逆变器是指非家用和不直接连接到住宅低压供电网的所有设施中使用的逆变器。对于这类设备不应限制其销售, 但应在其有关使用说明中包含: “警告: 这是一种 A 级逆变器产品, 在家庭环境中, 该产品可能产生无线电干扰, 此时, 用户可能需要另加措施。”
- b) B 级逆变器

B级逆变器是指适用于包括家庭在内的所有场合,以及直接与住宅低压供电网连接的逆变器。

4.2 输出功率优先数系

4.2.1 单相逆变器

单相逆变器的输出功率额定值优先在下列数值中选取,单位为千瓦(kW):

1,1.5,2,2.5,3,4,5,6,8。

4.2.2 三相逆变器

三相逆变器的输出功率额定值优先在下列数值中选取,单位为千瓦(kW):

10,20,30,50,100,250,500,1 000。

5 使用条件

5.1 正常使用的环境条件

逆变器正常使用的环境条件规定如下:

- a) 使用环境温度:室内型为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$,室外型为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (无阳光直射);相对湿度不大于95%,无凝露。
- b) 海拔高度不大于1 000 m;海拔高度大于1 000 m时,应按GB/T 3859.2—2013规定降额使用。
- c) 无剧烈震动冲击,垂直倾斜度不大于 5° 。
- d) 空气中应不含有腐蚀性及爆炸性微粒和气体。

5.2 正常使用的电网条件

若无其他规定,符合本标准的逆变器在下列电网条件下,应能以正常方式运行:

- a) 公用电网谐波电压应不超过GB/T 14549—1993中第4章规定的限值,即电压总谐波畸变率不大于5%,奇次谐波电压含有率不大于4%,偶次谐波电压含有率不大于2%。
- b) 三相电压不平衡应不超过GB/T 15543—2008规定的数值,允许值为2%,短时不得超过4%。
- c) 单相电压的允许偏差为额定电压的 $+10\%$ 、 -15% ,三相电压的允许偏差为额定电压的 $\pm 10\%$,超出此范围时用户应与制造商协商。电网额定电压:三相为380 V,单相为220 V。
- d) 频率的允许范围为47 Hz~51.5 Hz,电网额定频率为50 Hz。

5.3 特殊使用条件

如果逆变器在异于5.1和5.2规定的条件下使用,用户应在订货时提出,并与制造厂商或供货商取得协议。

6 技术要求

6.1 机体和结构质量

逆变器的机体和结构应符合下列要求:

- a) 机架组装有关零部件均应符合各自的技术要求;
- b) 油漆电镀应牢固、平整,无剥落、锈蚀及裂痕等现象;
- c) 机架面板应平整,文字和符号要求清楚、整齐、规范、正确;

- d) 标牌、标志、标记应完整清晰；
- e) 各种开关应便于操作，灵活可靠。

6.2 性能指标

6.2.1 逆变效率

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

6.2.2 并网电流谐波

并网运行时，逆变器不应造成电网电压波形过度畸变和注入电网过度的谐波电流，以确保对连接到电网的其他设备不造成不利影响。电流谐波总畸变率限值为 5%，奇次谐波电流含有率限值见表 1，偶次谐波电流含有率限值见表 2。

表 1 奇次谐波电流含有率限值

奇次谐波次数	含有率限值 %
3 rd ~9 th	4.0
11 th ~15 th	2.0
17 th ~21 st	1.5
23 rd ~33 rd	0.6
35 th 以上	0.3

表 2 偶次谐波电流含有率限值

偶次谐波次数	含有率限值 %
2 nd ~10 th	1.0
12 th ~16 th	0.5
18 th ~22 nd	0.375
24 th ~34 th	0.15
36 th 以上	0.075

注：由于电压畸变可能会导致更严重的电流畸变，使得谐波测试存在的问题。注入谐波电流不应包括任何由未连接光伏系统的电网上的谐波电压畸变引起的谐波电流。满足上述要求的型式检验的逆变器可视为符合条件，不需要进一步的检验。

6.2.3 功率因数(PF)

当逆变器输出有功功率大于其额定功率的 50%时，功率因数应不小于 0.98(超前或滞后)，输出有功功率在 20%~50%之间时，功率因数应不小于 0.95(超前或滞后)。

功率因数(PF)按式(4)计算：

$$PF = \frac{P_{out}}{\sqrt{P_{out}^2 + Q_{net}^2}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

P_{out} ——逆变器输出总有功功率;

Q_{out} ——逆变器输出总无功功率。

注:在供电机构要求下,用来提供无功功率补偿的逆变器可超出此限值工作。

6.2.4 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其输出电流额定值的 0.5% 或 5 mA,应取两者中较大值。

6.2.5 噪声

额定运行时,A 级逆变器的噪声应不大于 70 dB,B 级逆变器的噪声应不大于 60 dB。

6.3 电磁兼容性

6.3.1 发射

6.3.1.1 传导发射

0.15 MHz~30 MHz 频率范围内,A 级和 B 级逆变器的电源端口骚扰电压限值见表 3。逆变器电源端口骚扰电压不应超过表 3 的规定。

表 3 逆变器的电源端口骚扰电压限值

频率范围 MHz	限值 dB μ V			
	A 级		B 级	
	准峰值	平均值	准峰值	平均值
0.15~0.50	79	66	66~56 [*]	56~46 [*]
0.50~5.0	73	60	56	46
5.0~30.0	73	60	60	50
[*] 限值随频率的对数线性减小。				

6.3.1.2 辐射发射

30 MHz~1 000 MHz 频率范围内,A 级和 B 级逆变器的辐射发射限值见表 4。逆变器辐射发射不应超过表 4 的规定。

表 4 逆变器的辐射发射限值

频率范围 MHz	准峰值限值 dB(μ V/m)	
	A 级(试验距离 10 m)	B 级(试验距离 10 m)
30~230	40	30
230~1 000	47	37

6.3.2 抗扰度

6.3.2.1 静电放电抗扰度

逆变器静电放电抗扰度应至少满足 GB/T 17626.2—2006 试验等级 3 的要求,试验结果应符合 GB/T 17626.2—2006 中 b 类要求。

6.3.2.2 射频电磁场辐射抗扰度

逆变器射频电磁场辐射抗扰度应至少满足 GB/T 17626.3—2006 试验等级 3 的要求,试验结果应符合 GB/T 17626.3—2006 中 a 类要求。

6.3.2.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

逆变器电快速瞬变脉冲群抗扰度应至少满足 GB/T 17626.4—2008 试验等级 2 的要求,试验结果应符合 GB/T 17626.4—2008 中 a 类要求。

6.3.2.4 浪涌(冲击)抗扰度

应对电源端口施加 1.2/50 μ s 的浪涌信号,线对线 ± 1 kV,线对地 ± 2 kV,试验结果应符合 GB/T 17626.5—2008 中 b 类要求。

6.3.2.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

逆变器射频场感应的传导骚扰抗扰度应至少满足 GB/T 17626.6—2008 试验等级 3 的要求,试验结果应符合 GB/T 17626.6—2008 中 a 类要求。

6.3.2.6 电压暂降、短时中断抗扰度

电压暂降和短时中断的试验等级及应满足的试验结果见表 5,逆变器电压暂降和短时中断抗扰度应满足表 5 的要求。

表 5 电压暂降和短时中断的试验等级及应满足的试验结果

试验等级	电压暂降和短时中断	持续时间(周期)	试验结果
0	100% U_T *	0.5	功能或性能暂时降低或丧失,但能自行恢复
40% U_T	60% U_T	10	功能或性能暂时降低或丧失,但需操作者干预或系统复位
70% U_T	30% U_T	25	功能或性能暂时降低或丧失,但需操作者干预或系统复位
* U_T 是指逆变器的额定工作电压。			

6.4 保护功能

6.4.1 电网故障保护

6.4.1.1 过/欠压保护

表 6 给出了过/欠压保护的跳闸值及最大跳闸时间,当逆变器交流输出端电压落入表 6 规定的电压

范围时,逆变器应停止向电网供电,同时发出警示信号。此要求适用于多相系统中的任何一相。

表 6 过/欠压保护的跳闸值及最大跳闸时间

电压(逆变器交流输出端)	最大跳闸时间 s
$U < 50\%U_{\text{标称}}$	0.1
$50\%U_{\text{标称}} \leq U < 85\%U_{\text{标称}}$	2.0
$110\%U_{\text{标称}} < U < 135\%U_{\text{标称}}$	1.0
$135\%U_{\text{标称}} \leq U$	0.05
注: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。主控与监测电路应切实保持与电网的连接,从而继续监视电网的状态,使得“恢复并网”功能有效。主控与监测的定义参见 GB/T 18479—2001。	

本标准涉及的电压均指当地标称电压,电压的均方根值在逆变器交流输出端测量。

6.4.1.2 过/欠频保护

当逆变器交流输出端电压的频率超出 5.2 d) 规定的频率范围时,逆变器应在 0.2 s 内停止向电网供电,同时发出警示信号。

6.4.1.3 防孤岛效应保护

逆变器应具有防孤岛效应保护功能。若逆变器并入的电网供电中断,逆变器应在 2 s 内停止向电网供电,同时发出警示信号。防孤岛效应保护方案的选取规则参见附录 A。

6.4.1.4 恢复并网

由于超限状态导致逆变器停止向电网供电后,在电网的电压和频率恢复到正常范围后 5 min 以内,逆变器不应向电网供电。

6.4.1.5 输出短路保护

当检测到输出侧发生短路时,逆变器应能自动保护。

6.4.1.6 低电压穿越

功率不小于 100 kW、安装于中/大型光伏电站的逆变器应具备一定的耐受异常电压的能力,见图 1。避免在电网电压异常时脱离,引起电网电源的不稳定。当并网点电压在图 1 中电压轮廓线及以上的区域时,该类逆变器应保证不间断并网运行;并网点电压在图 1 中电压轮廓线以下时,允许停止向电网线路送电。

图 1 中, U_{L0} 为正常运行的最低电压限值,一般取 0.9 倍额定电压; U_{L1} 为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。推荐 U_{L1} 设定为 0.2 倍额定电压, T_1 设定为 1 s、 T_2 设定为 3 s。

当低电压穿越保护和其他保护功能冲突时,以低电压穿越保护功能优先。

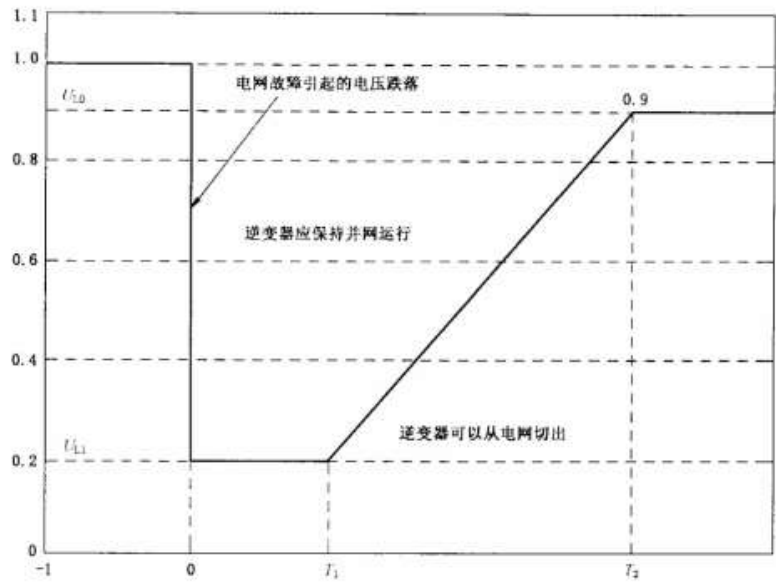


图 1 功率不小于 100 kW、安装于中/大型光伏电站的逆变器的低电压耐受能力要求

6.4.1.7 暂态电压保护

为了避免与逆变器接入同一电路的设备的损坏,逆变器与电网断开持续的时间所对应的逆变器交流输出端的暂态电压应不超过表 7 的规定。

表 7 暂态电压限值和持续时间

持续时间 s	暂态电压限值	
	相电压 V	线电压 V
0.000 2	910	1 580
0.000 6	710	1 240
0.002	580	1 010
0.006	470	810
0.02	420	720
0.06	390	670
0.2	390	670
0.6	390	670

6.4.2 防反放电保护

当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向电流流过。

6.4.3 极性反接保护

当逆变器输入端的极性接反时,逆变器应能保护而不会损坏。极性正接后,逆变器应能正常工作。

6.4.4 过载保护

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交流输出功率处,在持续工作 7 h 或温度超过允许值的任何一种情况下,逆变器应停止向电网供电。恢复正常后,逆变器应能正常工作。

6.4.5 直流过/欠压保护

当直流侧输入电压偏离逆变器允许的直流工作电压范围时,逆变器应在 0.1 s 内停机,同时发出警示信号。直流侧电压恢复到允许范围后,逆变器应能正常工作。

6.5 通讯

逆变器应设置本地通讯接口。

6.6 自动开/关机

逆变器应根据日出和日落的日照条件,实现自动开机和关机。

6.7 启动

功率不小于 100 kW 的逆变器在启动时应考虑光伏系统的当前状态、来自电力系统调动中心的指令和本地测量的信号,其有功功率变化不应超过所设定的最大功率变化率。

6.8 绝缘耐压性

6.8.1 绝缘电阻

逆变器的输入电路对地、输出电路对地以及输入电路与输出电路间的绝缘电阻应不小于 1 M Ω 。绝缘电阻只作为绝缘强度试验参考。

6.8.2 绝缘强度

逆变器的输入电路对地、输出电路对地以及输入电路对输出电路应承受 50 Hz 的正弦交流电压 1 min,试验电压的均方根值见表 8,不击穿,不飞弧,漏电流<20 mA。

表 8 绝缘强度试验电压

额定电压 U_N V	试验电压 V
$U_N \leq 60$	1 000
$60 < U_N \leq 300$	2 000
$300 < U_N \leq 690$	2 500
$690 < U_N \leq 800$	3 000
$800 < U_N \leq 1\,000$	3 500
$1\,000 < U_N \leq 1\,500^*$	3 500
* 仅指直流。	

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。

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。

6.9 外壳防护等级

应符合 GB 4208—2008 规定。室内型应不低于 IP20;室外型应不低于 IP54。

6.10 功率控制和电压调节

6.10.1 有功功率控制

功率不小于 100 kW、安装于中/大型光伏电站的逆变器应具有有功功率调节能力,并能根据电网调度部门指令控制其有功功率输出,能够接收并执行电网调度部门远方发送的有功出力控制信号,根据电网频率值、电网调度部门指令等信号调节有功功率输出,确保逆变器最大输出功率及功率变化率不超过电网调度部门的给定值,以便在电网故障和特殊运行方式时保证电力系统稳定性。

6.10.2 电压/无功调节

功率不小于 100 kW、安装于中/大型光伏电站的逆变器的功率因数应能够在 0.95(超前)~0.95(滞后)范围内连续可调,有特殊要求时,可以与电网经营企业协商确定。在其无功输出范围内,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,其调节方式、参考电压、电压调差率等参数应由电网调度机构远程设定。

6.11 环境试验要求

6.11.1 低温工作

逆变器按 7.13.1 规定进行试验后,应能正常工作。

6.11.2 高温工作

逆变器按 7.13.2 规定进行试验后,应能正常工作。

6.11.3 恒定湿热

逆变器按 7.13.3 规定进行试验后,应能正常工作。

6.11.4 振动

逆变器按 7.13.4 规定进行试验后,外观及结构应无损伤变形,螺丝无松动脱落,应能正常工作。

6.12 温升

在额定运行条件下时,逆变器各部件的温升应不超过规定的极限温升。表 9 给出了环境温度 25℃ 时逆变器主要部件和部位的极限温升。

表 9 环境温度 25℃ 时逆变器主要部件和部位的极限温升

部件和部位			极限温升 K
内装元器件(功率半导体器件 ^a 、电容等)			由元器件自身的技术条件规定
主电路半导体器件与导体的连接处			裸铜:45 有锡镀层:55 有银镀层:70
母线 (非连接处)	铜		35
	铝		25
变压器 (若有)	A 级线圈 绝缘系统	热电偶测量法	65
		电阻测量法	70
	B 级线圈 绝缘系统	热电偶测量法	85
		电阻测量法	95
	F 级线圈 绝缘系统	热电偶测量法	110
		电阻测量法	115
	H 级线圈 绝缘系统	热电偶测量法	125
		电阻测量法	135
	N 级线圈 绝缘系统	热电偶测量法	140
		电阻测量法	150
	R 级线圈 绝缘系统	热电偶测量法	155
		电阻测量法	165
可接近的外壳和覆板 ^b			金属表面:30 绝缘表面:40
手动操作器件 ^c			金属:15 绝缘材料:25
用于连接外部绝缘导线的端子			70

^a 功率半导体器件的温升极限可以是规定部位(例如外壳)的最高温升,也可以是等效结温,由制造厂决定。

^b 除非另有规定,对可以接触,但在正常工作情况下不需要触及的外壳和覆板,允许其温升提高 10 K。

^c 仅在设备打开后才能接触到的操作手柄,由于不经常操作,允许其有较高温升。

7 试验方法

7.1 试验环境条件

除非另有规定,测量和试验在以下条件下进行:

- a) 温度:15℃~35℃;
- b) 相对湿度:45%~75%;

c) 气压:86 kPa~106 kPa。

7.2 概述

以下试验方法以单相逆变器说明,三相逆变器可以此参照进行。

试验方法中 100% 额定交流输出功率通过提供给逆变器足够的输入功率来获得,50%~66% 额定交流输出功率通过调节直流输入源来获得,25%~33% 额定交流输出功率通过控制策略限制逆变器的输出来获得。若允许输出的最小功率大于额定交流输出功率的 33%,用允许输出的最小功率进行试验,并在试验结果中体现出来。

7.3 机体和结构质量检查

按 6.1 规定进行目检和操作试验。

7.4 性能指标试验

7.4.1 性能指标的试验平台

图 2 给出了逆变器性能指标试验的参考电路,部分保护功能的试验平台也可参照此电路。试验要求如下:

- 电网模拟器应符合 5.2 规定,且容量宜大于被测逆变器额定功率的 5 倍。
- 电网模拟器的阻抗应小于被测逆变器输出阻抗的 5%。
- 被测逆变器的直流输入源应为光伏方阵模拟器;直流输入源应至少能提供被测逆变器最大直流输入功率的 1.5 倍,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的大小应不超过 $\pm 5\%$ 。
- 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。



注: K1 为逆变器的网侧分开关。

图 2 性能指标试验参考平台

7.4.2 逆变效率试验

逆变效率(η_{max})的计算方法和试验电路应符合 GB/T 20514—2006 的规定。

7.4.3 并网电流谐波试验

按图 2 接线,试验在逆变器输出为额定功率时进行,用电能质量分析仪测量电流谐波总畸变率和各次谐波电流含有率。

7.4.4 功率因数测定试验

按图 2 接线,用电能质量分析仪或功率因数表测量逆变器的功率因数(PF)值。

7.4.5 直流分量试验

按图 2 接线,试验分别在逆变器输出为额定功率的 25%~33%、50%~66%和 100%处进行,用电能质量分析仪测量逆变器输出交流电流中的直流电流分量。

7.4.6 噪声试验

逆变器额定运行时,在距离其水平位置 1 m 处,用声级计测量满载时的噪声。

7.5 电磁兼容试验

7.5.1 发射试验

7.5.1.1 传导发射试验

试验应在额定运行条件下进行,试验布置和测量准则应符合 GB 7260.2—2009 中附录 A 的规定。

7.5.1.2 辐射发射试验

试验应在额定运行条件下进行,试验布置和测量准则应符合 GB 7260.2—2009 中附录 A 的规定。

7.5.2 抗扰度试验

7.5.2.1 静电放电抗扰度试验

试验应在额定运行条件下进行,试验布置和测量准则应符合 GB/T 17626.2—2006 的规定。试验应以单次放电的方式进行,在预选点上,施加 10 次单次放电。

7.5.2.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

试验应在额定运行条件下进行,试验布置和测量准则应符合 GB/T 17626.3—2006 的规定。

7.5.2.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

试验应在额定运行条件下进行,试验布置和测量准则应符合 GB/T 17626.4—2008 的规定。

7.5.2.4 浪涌(冲击)抗扰度试验

试验应在额定运行条件下进行,试验布置和测量准则应符合 GB/T 17626.5—2008 的规定。

7.5.2.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

试验应在额定运行条件下进行,试验布置和测量准则应符合 GB/T 17626.6—2008 的规定。

7.5.2.6 电压暂降、短时中断抗扰度试验

试验应在额定运行条件下进行,试验布置和测量准则应符合 GB/T 17626.11—2008 的规定。

7.6 保护功能试验

7.6.1 电网故障保护试验

7.6.1.1 过/欠压保护试验

按图 2 接线,试验分别在逆变器输出额定功率和能够工作的最小功率点处进行,设置电网模拟器的

输出电压为逆变器的电压跳闸点,记录下逆变器的动作时间以及动作时的电压。

注:可以采用信号模拟的方法进行该试验。

7.6.1.2 过/欠频保护试验

按图2接线,试验在逆变器输出额定功率时进行,设置电网模拟器的输出频率为逆变器的频率跳闸点,记录下逆变器的动作时间以及动作时的频率。

注:可以采用信号模拟的方法进行该试验。

7.6.1.3 防孤岛效应保护试验

图3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,其消耗的有功功率与被测逆变器输出的有功功率相当。试验应在表10规定的条件下进行。

注1:由于电网从逆变器吸收有功功率和无功率的不确定性,该项试验使用实际电网比电网模拟器更具有说服力。

注2:如无合适的RLC负载,可采用匹配的阻性负载进行试验,但应在试验报告明确指出。

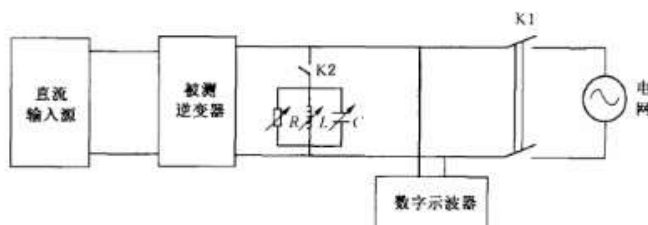


图3 防孤岛效应保护试验平台

表10 防孤岛效应保护的试验条件

条件	被测逆变器的输出功率 P_{EUT}	被测逆变器的输入电压*
A	100%额定交流输出功率	>直流输入电压范围的90%
B	50%~66%额定交流输出功率	直流输入电压范围的50%±10%
C	25%~33%额定交流输出功率	<直流输入电压范围的10%

* 若直流输入电压范围为 $X \sim Y$, 则(直流输入电压范围的90%) = $X + 0.9 \times (Y - X)$ 。

试验步骤如下:

- 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 P_{EUT} 等于100%额定交流输出功率,并测量逆变器输出的无功功率 Q_{EUT} 。
- 使逆变器停机,断开K1。
- 通过以下步骤调节RLC电路使得 $Q_i = 1.0 \pm 0.05$:
 - RLC电路消耗的感性无功满足式(5):

$$Q_L = Q_i P_{EUT} \quad \dots\dots\dots (5)$$
 - 接入电感L,使其消耗的无功等于 Q_L ;
 - 并入电容C,使其消耗的容性无功满足式(6):

$$Q_C + Q_L = -Q_{EUT} \quad \dots\dots\dots (6)$$
 - 最后并入电阻R,使其消耗的有功等于 P_{EUT} 。

- d) 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,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%。
- e) 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% 以下的时间。
- f) 调节有功负载(电阻 R)和任一无功负载(L 或 C)以获得表 11 中带括号部分参数表示的负载不匹配状况;表 11 中的参数表示的是偏差的百分比,符号表示图 3 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 11 中不带括号部分参数也应进行试验。

表 11 试验条件 A 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				
-10,+10	-5,+10	0,+10	+5	+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

注:带括号部分参数和不带括号部分参数表示的负载不匹配状况的应用见 7.6.1.3 中步骤 f)。

- g) 对于试验条件 B 和 C,调节任一无功负载(L 或 C),使之按表 12 的规定每次变化 1%。表 12 中的参数表示的是偏差的百分比,符号表示的是图 3 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。

表 12 试验条件 B 和试验条件 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	

- h) 以上步骤中记录的时间若符合 6.4.1.3 的规定,即判定试验通过,否则即判定试验不通过。

7.6.1.4 恢复并网试验

由于超限状态导致逆变器停止向电网供电,再到电网恢复正常后,观察逆变器工作状态和恢复并网时间。

7.6.1.5 输出短路保护试验

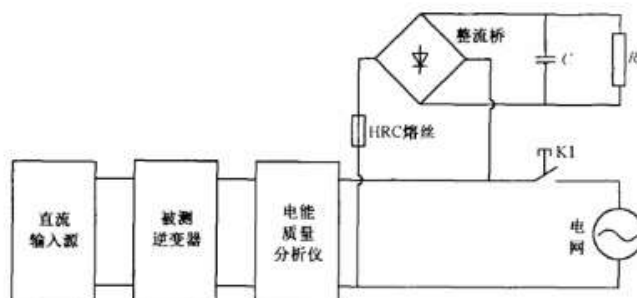
将逆变器输出短路,应能自动保护。短路保护试验应进行4次。对三相逆变器,短路应分别在相与相、相与中性线或地之间进行。带隔离变压器的逆变器,短路应分别在变压器的原边和副边进行。

7.6.1.6 低电压穿越试验

低电压穿越试验平台参见图2,图2中的电网模拟器由电压跌落发生装置代替。

7.6.1.7 暂态电压保护试验

图4给出了暂态电压保护试验平台,开关K1断开前逆变器交流输出端的电压应保持在额定电压 $\pm 5\%$ 的范围内。试验分别在逆变器输出为额定功率的25%~33%、50%~66%和100%处进行,断开K1,记录下逆变器交流输出端的电压。



注: $R=560\text{ k}\Omega$, $C=100\text{ }\mu\text{F}$ 。

图4 暂态电压保护试验平台

7.6.2 防反放电保护试验

降低逆变器直流输入电压,使逆变器处于关机状态,电流表测量逆变器直流侧电流应为零。

7.6.3 极性反接保护试验

按图2接线,该项试验中直流输入源应采用光伏方阵或光伏方阵模拟器。在试验使用光伏方阵模拟器的情况下,应调节模拟器使其输出电压为逆变器的最大额定输入电压,且使其输出电流不超过逆变器额定输入电流的1.5倍。

将光伏方阵或光伏方阵模拟器输出的负极接到逆变器直流输入的正极、光伏方阵或光伏方阵模拟器输出的正极接到逆变器直流输入的负极,逆变器应能自动保护;1 min后再将其正确接入,逆变器应能正常工作。

7.6.4 过载保护试验

按图2接线,调节直流输入源,使逆变器的输入电流为其额定值的两倍;调节电网模拟器输出电压至5.2中c)规定的电压下限值(逆变器不会跳闸)。

7.6.5 直流过/欠压保护试验

按图2接线,调节直流输入源的电压,直至逆变器直流侧输入电压偏离允许直流输入电压范围。

7.7 通讯试验

将 PC 机的通讯接口与逆变器的通讯接口相连,逆变器应能按通讯协议正常接收和发送数据。

7.8 自动开/关机试验

通过改变逆变器输入直流电压的大小来模拟日出和日落的日照条件。

具体步骤如下:按图 2 接线,调节直流输入源,使直流侧电压从低于逆变器的允许直流电压工作范围下限的电压处开始增加,当直流侧电压高于允许范围的下限时,逆变器应能自动开机;待逆变器工作稳定后,调节直流输入源使直流侧电压下降到低于允许范围的下限时,逆变器应能自动关机。

7.9 启动试验

观察逆变器启动运行时的工作状态。

7.10 绝缘耐压试验

7.10.1 绝缘电阻测定试验

用兆欧表或绝缘电阻测试仪以 1 000 V 试验电压分别测量逆变器的输入电路对地、输出电路对地以及输入电路与输出电路间的绝缘电阻值。测量绝缘电阻合格后,才能进行绝缘强度试验。

7.10.2 绝缘强度测定试验

用耐压测试仪分别对逆变器的输入电路对地、输出电路对地以及输入电路对输出电路施加试验电压。试验电压应从零开始,以每级为规定值的 5% 的有级调整方式上升至规定值后,持续 1 min。

注:绝缘电阻和绝缘强度测定试验时,低压控制电路应予以排除。

7.11 外壳防护等级试验

试验按 GB 4208—2008 规定进行。

7.12 功率控制和电压调节试验

7.12.1 有功功率控制试验

用 PC 机模拟电网调度部门向逆变器发送有功出力控制信号(包括最大输出功率及功率变化率等参数),逆变器应能接收并执行。

7.12.2 电压/无功调节试验

用 PC 机模拟电网调度部门向逆变器发送无功出力控制信号(包括调节方式、参考电压、电压调差率等参数),逆变器应在规定的无功输出范围内,根据并网点电压水平调节无功输出。

7.13 环境试验

7.13.1 低温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.1—2008 中“试验 A”进行。产品无包装,在试验温度为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (室内型)或 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (室外型)的条件下,通电加额定负载保持 2 h,在标准大气条件下恢复 2 h。

7.13.2 高温工作试验

试验方法按 GB/T 2423.2—2008 中“试验 B”进行。产品无包装,在试验温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (室内

型)或 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (室外型)条件下,通电加额定负载保持 2 h,在标准大气条件下恢复 2 h。

7.13.3 恒定湿热试验

试验方法按 GB/T 2423.3—2006 中“试验 Cab”进行。产品在试验温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (室内型)或 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (室外型),相对湿度 $(95 \pm 3)\%$ 恒定湿热条件下,无包装,不通电,经受 48 h 试验后,取出样品,在正常环境条件下恢复 2 h。

7.13.4 振动试验

逆变器应能承受表 13 所规定的振动要求。

表 13 振动要求

频率范围	振幅和加速度	振动持续时间	设备状态
$10\text{ Hz}\leq f\leq 57\text{ Hz}$	0.075 mm	10 个扫描周期/每轴(在相互垂直的每个轴上)	不带电
$57\text{ Hz}\leq f\leq 150\text{ Hz}$	10 m/s ²		
试验后检查项		进行外观、结构检查和通电后电气功能试验	
注:振动试验应分别在 3 个相互垂直的轴向进行。			

7.14 温升试验

试验时测温元件应采用温度计、热电偶、热敏元件、红外测温仪或其他有效方法。

试验应维持足够的时间以使逆变器各部位的温度达到热平衡的稳定值。若温度的变化小于 $1\text{ }^{\circ}\text{C/h}$,则认为温升已达到稳定。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验,检验项目见表 14。

表 14 出厂检验和型式检验的项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	试验方法
1	机体和结构质量	✓	✓	6.1	7.3
2	逆变效率	✓	✓	6.2.1	7.4.2
3	并网电流谐波	✓	✓	6.2.2	7.4.3
4	功率因数	✓	✓	6.2.3	7.4.4
5	直流分量	✓		6.2.4	7.4.5
6	噪声	✓		6.2.5	7.4.6
7	传导发射	✓		6.3.1.1	7.5.1.1
8	辐射发射	✓		6.3.1.2	7.5.1.2
9	静电放电抗扰度	✓		6.3.2.1	7.5.2.1
10	射频电磁场辐射抗扰度	✓		6.3.2.2	7.5.2.2

表 14 (续)

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	试验方法
11	电快速瞬变脉冲群抗扰度	✓		6.3.2.3	7.5.2.3
12	浪涌(冲击)抗扰度	✓		6.3.2.4	7.5.2.4
13	射频场感应的传导骚扰抗扰度	✓		6.3.2.5	7.5.2.5
14	电压暂降、短时中断抗扰度	✓		6.3.2.6	7.5.2.6
15	过/欠压保护	✓	✓	6.4.1.1	7.6.1.1
16	过/欠频保护	✓		6.4.1.2	7.6.1.2
17	防孤岛效应保护	✓		6.4.1.3	7.6.1.3
18	恢复并网	✓		6.4.1.4	7.6.1.4
19	输出短路保护	✓		6.4.1.5	7.6.1.5
20	低电压穿越	✓		6.4.1.6	7.6.1.6
21	暂态电压保护	✓		6.4.1.7	7.6.1.7
22	防反放电保护	✓		6.4.2	7.6.2
23	极性反接保护	✓		6.4.3	7.6.3
24	过载保护	✓		6.4.4	7.6.4
25	直流过/欠压保护	✓	✓	6.4.5	7.6.5
26	通讯	✓	✓	6.5	7.7
27	自动开/关机	✓	✓	6.6	7.8
28	启动	✓	✓	6.7	7.9
29	绝缘电阻	✓	✓	6.8.1	7.10.1
30	绝缘强度	✓	✓	6.8.2	7.10.2
31	外壳防护等级	✓		6.9	7.11
32	有功功率控制	✓	✓	6.10.1	7.12.1
33	电压/无功调节	✓	✓	6.10.2	7.12.2
34	低温工作	✓		6.11.1	7.13.1
35	高温工作	✓		6.11.2	7.13.2
36	恒定湿热	✓		6.11.3	7.13.3
37	振动	✓		6.11.4	7.13.4
38	温升	✓		6.12	7.14

8.2 出厂检验

每台逆变器都应进行出厂检验。检验中出现任一故障,则应停止检验,查出故障原因,排除故障后,并标出标记,重新进行出厂检验。若仍出现故障,则判该逆变器为不合格。检验合格后,填写检验记录并且发给合格证方能出厂。

8.3 型式检验

8.3.1 型式检验条件

当有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品鉴定;
- b) 正式生产后,结构、材料、工艺有较大改变,足以影响产品性能时;
- c) 批量生产的产品,每隔两年进行一次型式检验;
- d) 产品停产两年后恢复生产时;
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时;
- f) 异地生产时。

8.3.2 抽样方法及判定规则

进行型式检验时,应在经过出厂检验合格的产品中随机抽取两台样品,检验中出现任一项目不合格时,应查明原因,排除不合格项,重新全面检验。若再次出现某项目不合格时,则判该批逆变器没有通过型式检验。

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

9.1.1 产品标志

逆变器的适当位置应有铭牌。铭牌内容如下:

- a) 产品名称。
- b) 产品型号。
- c) 技术参数:
 - 额定交流输出功率(kW);
 - 最大逆变效率(%);
 - 交流电压(V);
 - 交流频率(Hz);
 - 交流电流(A);
 - 最大功率电压跟踪范围(V);
 - 最大直流电压(V);
 - 最大输入电流(A);
 - 防护等级。
- d) 出厂编号。
- e) 制造日期。
- f) 制造厂名。

9.1.2 包装标志

逆变器的外包装上有收发货标志、包装储运标志和警示标志,按 GB/T 191 的有关规定执行。

9.2 包装

9.2.1 随同产品供应的技术文件

随同产品供应的技术文件应包括:

- a) 安装说明书;
- b) 使用说明书(含产品技术参数);
- c) 产品质量合格证;
- d) 保修卡;
- e) 用户意见调查表。

注:产品技术参数表的格式参见附录 B。

9.2.2 产品包装

产品包装应符合 GB/T 13384—2008 的有关规定。

9.3 运输

逆变器在运输过程中不应有剧烈震动、冲击和倒放。

9.4 贮存

产品使用前应放在原包装箱内,存放在空气流通,周围环境不低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于90%,无有害气体和易燃、易爆物品及有腐蚀性物品的仓库里,并且不应受到强烈机械振动、冲击和强磁场作用。

附录 A

(资料性附录)

防孤岛效应保护方案的选取

基于并网逆变器的防孤岛效应保护方案分为主动式防孤岛保护方案和被动式防孤岛保护方案。被动式方案通过检测逆变器交流输出端电压或频率的异常来检测孤岛效应。由于被动式方案的检测范围有限,因此为了满足并网逆变器防孤岛保护安全标准的要求,宜采用主动式方案。主动式方案通过有意地引入扰动信号来监控系统中电压、频率以及阻抗的相应变化,以确定电网的存在与否。

主动式防孤岛效应保护方案主要有频率偏移、电流脉冲注入引起的阻抗变动、电力线载波通讯等。

被动式防孤岛效应保护方案主要有电压相位跳变、3次电压谐波变动、频率变化率检测、有功功率变动、无功功率变动等。

防孤岛效应保护方案的选取应考虑以下规则:

- a) 要兼顾考虑检测性能、输出电能质量以及对整个系统暂态响应的影响;
- b) 如果一个简单且成本低的防孤岛效应保护方案将孤岛效应带来的危害降低到其他的电力危害以下,那么该方案即为适当的。

具有较好检测性能而成本较高的方案的必要性还存在争议。

附录 B

(资料性附录)

并网光伏发电专用逆变器技术参数表

表 B.1 并网光伏发电专用逆变器技术参数表

制造厂家		
型号		
直流 侧参数	最大直流电压/V	
	最大功率电压跟踪范围/V	
	最大直流功率/kW	
	最大输入电流/A	
	最大输入路数	
交流 侧参数	额定输出功率/kW	
	额定电网电压/V	
	允许电网电压范围/(V±%)	
	额定电网频率/Hz	
	允许电网频率范围/(Hz±%)	
	功率因数	
	电流总谐波畸变率 THD/%	
系统	最大逆变效率/%	
	外壳防护等级	
	夜间自耗电	
	允许环境温度	
	允许相对湿度	
	允许最高海拔	
保护 功能	过/欠压保护(有/无)	
	过/欠频保护(有/无)	
	防孤岛效应保护(有/无)	
	恢复并网(有/无)	
	输出短路保护(有/无)	
	低电压穿越(有/无)	
	暂态电压保护(有/无)	
	防反放电保护(有/无)	
	极性反接保护(有/无)	
	过载保护(有/无)	
	直流过/欠压保护(有/无)	

表 B.1 (续)

通讯		
安全	绝缘电阻	
	绝缘强度	
电磁兼容	传导发射	
	辐射发射	
	静电放电抗扰度	
	射频电磁场辐射抗扰度	
	电快速瞬变脉冲群抗扰度	
	浪涌(冲击)抗扰度	
	射频场感应的传导骚扰抗扰度	
	电压暂降、短时中断抗扰度	
尺寸	宽×高×深/mm	
	质量/kg	
文件要求	用户手册(有/无)	
	说明书(有/无)	
	产品合格证(有/无)	
	保修卡(有/无)	