ICS 29.120.01
K46
备案号：

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10186—2019

光储系统用功率转换设备技术规范

Technical specification of Power conversion equipment used for PV Energy storage system

行业标准信息服务平台

2019 - 06 - 04 发布　　2019 - 10 - 01 实施

国家能源局　发布

行业标准信息服务平台

目　次

前　　言 II
1 范围 1
2 标准性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 使用条件 2
4.1 环境条件 2
4.2 工作模式 3
5 技术要求 3
5.1 结构材料 3
5.2 功能 12
5.3 环境可靠性 17
5.4 性能 18
5.5 电磁兼容性 21
6 试验方法 25
6.1 外观及结构检查 25
6.2 基本功能 32
6.3 保护功能 36
6.4 环境可靠性 37
6.5 性能 38
6.6 电磁兼容性 41
7 试验项目 44
附　录　A(规范性附录)符号 46
A.1 设备标识上使用的符号 46

行业标准信息服务平台

前　　言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电器工业协会提出并归口。

本标准起草单位：北京鉴衡认证中心有限公司、机械工业北京电工技术经济研究所、许昌开普检测研究院股份有限公司、阳光电源股份有限公司、华为技术有限公司、深圳科士达科技股份有限公司、上能电气股份有限公司、上海正泰电源系统有限公司、江苏固德威电源科技股份有限公司、特变电工新疆新能源股份有限公司、协合新能源集团有限公司、深圳信测标准技术服务股份有限公司、新疆金风科技股份有限公司、深圳市禾望电气股份有限公司、厦门科华恒盛股份有限公司、汉能移动能源控股集团有限公司、艾斯玛新能源技术（江苏）有限公司。

本标准起草人：王婷、刘睿、果岩、陈卓、黄晓阁、韩治国、李彬、杨波、张玉林、江涛、黄浪、赵芫桦、胡鼎、赵帅央、朱敏、曾春保、方振雷、郭庆、龚元平。

本标准首次制定。

行业标准信息服务平台

光储系统用功率转换设备技术规范

1 范围

本标准规定了光储系统用功率转换设备的基本功能、技术要求及试验方法。

本标准适用于直流电压不超过1 500 V、交流电压不超过1 000 V的光储系统功率转换设备；本标准所规定的光储系统功率转换设备含“光伏侧”、“储能侧”、“电网/负荷侧”3类端口。

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技术标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本技术标准。

GB/T 2423.1电工电子产品环境试验 第1部分:试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第3部分:试验方法 试验C：恒定湿热

GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡

GB/T 17626.2 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 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 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 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频 磁场抗扰度试验（IEC 61000-4-8：2001，IDT）

GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验

GB/T 17626.14 电磁兼容 试验和测量技术 电压波动抗扰度试验IEC61000-4-14：2002，IDT）

GB/T 17626.18 电磁兼容 试验和测量技术

NB/T 42035 防孤岛试验装置技术规范

IEC 60990 接触电流和保护导体电流的测量方法

IEC 60695-2-20 着火危险试验 基于灼热丝/热丝的基本试验方法 热丝线圈引燃性设备试验方法和导则

IEC 61000-4-18：电磁兼容性 第 4-18 部分：阻尼振荡磁场抗扰度试验和测量技术

IEC 62509 光伏系统用电池充放电控制器的性能及功能要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 光储系统 PV Energy Storage system

光伏与储能结合的发电系统。

3.2 功率转换设备 Power conversion equipment

可在光伏组件、电网、负载、电化学电池之间实现能量转换的设备。

3.3

充放电切换时间 transfer time between charge and discharge

功率转换设备在充电状态和放电状态之间切换所需要的时间。一般是指从90%额定功率充电状态转换到90%额定功率放电状态与从90%额定功率放电状态转换到90%额定功率充电状态所需时间的平均值。

3.4

离网运行 islanded operation

功率转换设备在预先设置的控制策略模式下，转入电压源运行模式保持对储能系统所连接的负荷持续供电的状态，又称为独立运行或计划性孤岛运行。

3.5

稳流精度 stabilized current precision

在保持恒流充电状态下，功率转换设备直流侧输出电流在其额定值范围内任一数值上保持稳定时，其输出电流稳定程度，按下式计算：

$$\delta I=\frac{I_M-I_Z}{I_Z}\times 100\%$$

δI—稳流精度；I_M—输出电流波动最大值；I_Z—输出电流整定值。

3.6

稳压精度 stabilized voltage precision

在保持恒压充电状态下，功率转换设备直流侧输出电压在其额定值范围内任一数值上保持稳定时，其输出电压稳定程度，按下式计算：

$$\delta_U=\frac{I_M-I_Z}{I_Z}\times 100\%$$

δu—稳压精度；U_M—输出电压波动最大值；U_Z—输出电压整定值。

4 使用条件

4.1 环境条件

4.1.1 环境温度

功率转换设备正常使用的周围空气温度应满足：-20℃~+45℃。

4.1.2 湿度

PCE 正常使用的周围空气相对湿度应满足：

功率转换设备：4%～100%，有凝露。

行业标准信息服务平台

4.1.3 海拔

功率转换设备正常使用地的海拔高度不超过 2000m，高于 2000m 的可降额使用。

4.2 工作模式

根据功率转换设备可实现的能量流向以及功能划分如下几种工作模式：

a) 并网模式
光伏组件发电或/和电池放电经功率转换设备之后将直流电逆变为交流电部分或全部接入电网。
并网模式下可同时兼容充电或放电模式：市电经功率转换设备变为直流电之后给储能系统充电或光伏组件直接给电池充电；储能系统放电之后经功率转换设备逆变为交流电回馈入电网。

b) 离网模式
光伏组件发电或/和电池放电经功率转换设备之后将直流电逆变为交流电完全供负载所用。
离网模式下可同时兼容放电模式：储能系统放电之后经功率转换设备逆变为交流电供给负载。

c) 电池充电模式
光伏组件发电经功率转换设备直接以直流给储能系统充电；
市电经功率转换设备整流为直流电之后给储能系统充电。

d) 电池放电模式
储能系统放电之后经功率转换设备逆变为交流电回馈入电网或负载。

5 技术要求

5.1 结构材料

5.1.1 保护接地

5.1.1.1 保护连接阻抗

保护连接在可接触导电零部件出现故障期间要一直保持有效，除非上游的保护装置切断该部分的电源。

保护连接的阻抗应足够低，以避免在绝缘失效的情况下，部件之间出现危险的电位差。

保护连接阻抗应满足如下要求：

a) 对于带有小于或等于 16A 过流保护装置的功率转换设备，保护连接阻抗不能超过 0.1Ω。

b) 对于带有大于 16A 过流保护装置的功率转换设备，保护连接的电压降不能超过 2.5V。

5.1.1.2 外部保护接地导体

当功率转换设备采用I类保护时，通电后外部保护接地导体应始终保持连接，保护连接的设计应满足表 1 中要求，除非设计另有规定。

表 1 外部保护接地导体的横截面积

功率转换设备相导体的横截面积S mm^2	外部保护接地导体的最小横截面积S_p mm^2

农业标准信息服务平台

S≤16 16＜S≤35 S＞35	S 16 S/2
注：只有当外部保护接地导体使用与相导体采用相同的金属时，本表的取值有效。否则，外部保护接地导体横截面积应使其电导率与本表规定等效。	

如果外部保护接地导体不是电源电缆或电缆外层的一部分，其横截面积应不小于：

——2.5mm^2，若有机械保护；

——4mm^2，若无机械保护。

如果外部保护接地导体经过插头和插座或者类似断开装置，则保护接地导体不能被断开，除非被保护部分的电源也能随之同时断开。

对于软线型设备，如果线束的应力消除机制失效，要保证外部保护接地导体是线束中最后一个被断开的。

5.1.1.3 接触电流

为保证在保护接地导体受损或被断开的情况下保持安全，对于插头连接的单相设备，接触电流不应超过3.5 mA a.c.或10 mA d.c.，对于其他所有设备，测得的接触电流不超过3.5 mA a.c.或10 mA d.c.，否则应采用下列一个或多个保护措施：

a) 固定连接，以及以下三种措施之一

——保护接地导体的横截面积至少为 10mm^2（铜）或 16mm^2（铝）；

——在保护接地导体中断的情况下自动断开电源；

——具备附加的与第一个保护接地导体具有相同横截面积的第二个保护接地导体，且在安装说明书中要求第二个保护接地导体也必须安装。

b) 用 GB/T 11918.1、GB/T 11918.2 和 GB/T 11918.4 规定的工业连接器进行连接，而且多导体电缆中的保护接地导体的最小横截面积为 2.5mm^2。

此外，设备上要固定施加附录A的第15个警告符号，而且安装手册应根据详细说明保护接地措施的安装要求。

5.1.2 绝缘电压

根据电路系统电压和过电压级别规定了脉冲耐受电压和暂时过电压，详见下表。

电网电源电路过电压考虑等级为III级，与电网电源电路通过隔离的PV电路的过电压等级定为Ⅱ级；对于电网电源电路和PV电路之间没有电流隔离的逆变器，根据电网电源电路的过电压等级确定脉冲耐受电压，与PV电路的脉冲耐受电压进行比较，选择较大者作为PV电路和电网电源电路的联合电路的脉冲耐受电压。

对于其他电路，根据它与PV电路和电网电源电路之间的关系按下列要求进行判断，选择两种关系判断结果中较严酷的过电压等级。

如：电池电路与PV电路、电网侧没有隔离的按照最严酷的等级进行，如果电池侧电路与PV电路、电网侧电路有隔离，电池侧的过电压等级降一级，按照此对应的绝缘电压进行测试。

表 2 低电压电路的绝缘电压

1	2	3	4	5	6
系统电压 （V）	脉冲耐受电压 （V）				暂时过电压 (峰值/r.m.s.)

	过电压等级				（V）
	I	II	III	I V	
50V rms 或 71V dc	330	500	800	1500	1770 / 1250
100V rms 或 141V dc	500	800	1500	2500	1840 / 1300
150V rms 或 213V dc	800	1500	2500	4000	1910 / 1350
300V rms 或 424V dc	1500	2500	4000	6000	2120 / 1500
600V rms 或 849V dc	2500	4000	6000	8000	2550 / 1800
1000V rms 或 1500 Vdc	4000	6000	8000	12000	3110 / 2200

注1：电网电路不允许插值，其它电路可以。

注2：最后一行只适用于单相系统，或三相系统中的线电压。

注3：暂时过电压只适用于电网电路，不适用于与电网隔离的电路。依据GB/T 16935.1-2008中（1200V+系统电压）计算。

注4：与电网隔离的PV电路视为过电压等级II，但最小脉冲电压要用2500V，且系统电压取最大PV开路电压。

5.1.3 电气间隙

海拔2000米及以上使用的设备，电气间隙要根据表4的修正因子进行修正。

基本绝缘根据脉冲耐受地爱你呀、工作电压峰值和暂时过电压查询表3得到。

按表 3确定加强绝缘的电气间隙时，应根据高一级的脉冲电压、1.6倍暂时过电压的、或者1.6倍工作电压的进行选择，取三者中结果最严酷的。

表 3 电气间隙

1	2	3	4	5	6
脉冲电压	用于确定电路及其周边之间绝缘的暂时过电压（峰值）或用于确定功能绝缘的工作电压（重复峰值）	用于确定电路及其周边之间绝缘的工作电压（重复峰值）	最小电气间隙 mm		
			污染等级		
V	V	V	1	2	3
N/A	≤ 110	≤ 71	0.01	0.20[a]	0.80
N/A	225	141	0.01	0.20	0.80
330	340	212	0.01	0.20	0.80
500	530	330	0.04	0.20	0.80
800	700	440	0.10	0.20	0.80
1500	960	600	0.50	0.50	0.80
2500	1600	1000	1.5		
4000	2600	1600	3.0		
6000	3700	2300	5.5		
8000	4800	3000	8.0		
12000	7400	4600	14.0		

注1：允许插值。

注2：暂时过电压和工作电压的电气间隙源自于GB/T 16935.1表A1。第2列的电压大约为耐受电压的80%；第3列的电压大约为耐受电压的50%。

[a] PWB 上为 0.1mm。

表 4 海拔 2000m 到 20000m 之间的电气间隙修正因子

海拔高度 (m)	正常大气压强 (kPa)	电气间隙的倍增因子
2 000	80.0	1.00
3 000	70.0	1.14
4 000	62.0	1.29
5 000	54.0	1.48
6 000	47.0	1.70
7 000	41.0	1.95
8 000	35.5	2.25
9 000	30.5	2.62
10 000	26.5	3.02
15 000	12.0	6.67
20 000	5.5	14.50

行业标准信息服务平台

5.1.4 爬电距离

功能绝缘、基本绝缘的爬电距离应满足表5的基本要求，加强绝缘的爬电距离应满足基本绝缘的2倍，如果下表规定的最小爬电距离小于电气间隙值，应增加爬电距离值至最小电气间隙。

根据GB/T 4207中的6.2试验的相比漏电起痕指数（CTI），绝缘材料分为四组：

——绝缘材料分组 I　　CTI≥600；
——绝缘材料分组 II　　400≤CTI＜600；
——绝缘材料分组 IIIa　　175≤CTI＜400；
——绝缘材料分组 IIIb　　100≤CTI＜175。

表 5 爬电距离（mm）

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工作电压 平均值	印制线路板 （PWB）[a]		其他绝缘体								

	污染等级		污染等级								
	1	2	1	2				3			
				绝缘材料分组				绝缘材料分组			
V	b	c	b	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
≤2	0.025	0.04	0.056	0.35	0.35	0.35		0.87	0.87	0.87	
5	0.025	0.04	0.065	0.37	0.37	0.37		0.92	0.92	0.92	
10	0.025	0.04	0.08	0.40	0.40	0.40		1.0	1.0	1.0	
25	0.025	0.04	0.125	0.50	0.50	0.50		1.25	1.25	1.25	
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53		1.3	1.3	1.3	
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.80	1.1		1.4	1.6	1.8	
50	0.025	0.04	0.18	0.60	0.85	1.20		1.5	1.7	1.9	
63	0.04	0.063	0.20	0.63	0.90	1.25		1.6	1.8	2.0	
80	0.063	0.10	0.22	0.67	0.95	1.3		1.7	1.9	2.1	
100	0.10	0.16	0.25	0.71	1.0	1.4		1.8	2.0	2.2	
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5		1.9	2.1	2.4	
160	0.25	0.40	0.32	0.80	1.1	1.6		2.0	2.2	2.5	
200	0.40	0.63	0.42	1.0	1.4	2.0		2.5	2.8	3.2	
250	0.56	1.0	0.56	1.25	1.8	2.5		3.2	3.6	4.0	
320	0.75	1.6	0.75	1.6	2.2	3.2		4.0	4.5	5.0	
400	1.0	2.0	1.0	2.0	2.8	4.0		5.0	5.6	6.3	
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5.0		6.3	7.1	8.0	
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3		8.0	9.0	10.0	
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0		10.0	11	12.5	d
1000	3.2	5.0	3.2	5.0	7.1	10.0		12.5	14	16	
1250	4.2	6.3	4.2	6.3	9	12.5		16	18	20	
1600	e	e	5.6	8.0	11	16		20	22	25	
2000			7.5	10.0	14	20		25	28	32	
2500			10.0	12.5	18	25		32	36	40	
3200			12.5	16	22	32		40	45	50	
4000			16	20	28	40		50	56	63	
5000			20	25	36	50		63	71	80	
6300			25	32	45	63		80	90	100	
8000			32	40	56	81		100	110	125	
10000			40	50	71	100		125	140	160	

a 这些列也适用于 PWB 上的元器件和零部件，以及公差控制相当的其他爬电距离。

b 所有材料分组。

c 除 IIIb 以外的所有材料分组。

d 污染等级 3，630V 以上，一般不推荐使用 IIIb 组材料。

e1250V 以上，采用 4 至 11 列的适当数值。

注：允许插值。

行业标准信息服务平台

5.1.5 冲击耐压

基本绝缘和加强绝缘的电气间隙以及固体绝缘应采用冲击耐受电压来验证。

表 6 冲击耐压试验电压值

1	2	3	4	5
系统电压	过电压等级II，不直接连接到电网的电路及周边之间的绝缘的脉冲耐受电压		过电压等级III，直接连接到电网的电路及周边之间的绝缘的脉冲耐受电压	
	基本或附加	加强	基本或附加	加强
50V rms 或 71V dc	500	800	800	1 500
100V rms 或 141V dc	800	1 500	1 500	2 500
150V rms 或 213V dc	1 500	2 500	2 500	4 000
300V rms 或 424V dc	2 500	4 000	4 000	6 000
600V rms 或 849V dc	4 000	6 000	6 000	8 000
1000V rms 或 1500 Vdc	6 000	8 000	8 000	12 000
-	允许插值		不允许插值	
	注：过电压等级 I 和 III 的试验电压可以按同样方法从表 2 中得到。		注：过电压等级 I 和 II 的试验电压可按同样方法从表 2 中得到。	

表 7 检验不同海拔高度下电气间隙的脉冲试验值

脉冲电压 kV	海平面的 脉冲试验电压 kV	海拔高度2000m的 脉冲试验电压 kV	海拔高度5000m的 脉冲试验电压 kV
0.33	0.36	0.36	0.35
0.50	0.54	0.54	0.53
0.80	0.93	0.92	0.90
1.50	1.8	1.7	1.7
2.50	2.9	2.9	2.8
4.00	4.9	4.8	4.7
6.00	7.4	7.2	7.0
8.00	9.8	9.6	9.4

行业标准信息服务平台

12.00	15	14	14
注1：关于电气间隙的电气强度的影响因素（大气压、海拔高度、温度、湿度），IEC 60664-1的4.1.1.2.1.2给出了解释。 注2：对电气间隙进行试验时，相关的固体绝缘将会承受试验电压。由于脉冲试验电压随着额定脉冲电压的提高而提高，固体绝缘的设计需有相应的考虑。这要求固体绝缘有更高的脉冲耐受能力。 注3：上述数值在IEC60664-1的4.1.1.2.1.2条款的基础上进行了四舍五入。			

5.1.6 工频耐压

工频耐压用于验证固体绝缘及固体绝缘耐受暂态过电压的能力。

表 8 直接连接电网电路的工频耐压试验值

1	2	3	4	5
系统电压	带基本绝缘的电路的型式试验电压，以及所有例行试验的电压		带保护隔离的电路的型式试验电压，以及可接触表面（导电或非导电，但不连接到保护接地）	
V	交流电压有效值	直流电压有效值	交流电压有效值	直流电压有效值
≤50	1 250	1 770	2 500	3 540
100	1 300	1 840	2 600	3 680
150	1 350	1 910	2 700	3 820
300	1 500	2 120	3 000	4 240
600	1 800	2 550	3 600	5 100
1 000	2 200	3 110	4 400	6 220
注 1：允许插值； 注 2：a 对应于 1200V+系统电压； 注 3：b 本实验应采用短路电流不低于 0.1A，符合 IEC 61180-1 第 5.2.2.2 条要求的电压。				

表 9 不直接连接到电网电路的工频耐压值

1	2	3	4	5
系统电压	带基本绝缘的电路的型式试验电压，以及所有例行试验的电压		带保护隔离的电路的型式试验电压，以及可接触表面（导电或非导电，但不连接到保护接地）	
V	交流电压有效值 a	直流电压有效值	交流电压有效值	直流电压有效值
≤71	80	110	160	220
141	160	225	320	450
212	240	340	480	680
330	380	530	760	1 100
440	500	700	1 000	1 400
600	680	960	1 400	1 900
1 000	1 100	1 600	2 200	3 200

1 600	1 800	2 600	2 900	4 200
注 1：允许插值； 注 2：a 对应于 1200V+系统电压； 注 3：b 本实验应采用短路电流不低于 0.1A，符合 IEC 61180-1 第 5.2.2.2 条要求的电压。				

5.1.7 局部放电

如果跨在绝缘件上的工作电压重复峰值大于 700V，且绝缘件上的电压应力大于 1kV/mm，要进行局部放电试验。

5.1.8 能量危险防护

5.1.8.1 操作人员接触区

设备的设计应保证功率转换设备断电之后电容器存储的电荷在操作人员接触区不构成电击危险。

对于插头、连接器或类似的可以不适用工具即可断开的设备，断开之后暴露出来的导体（例如插脚）放电到电压低于判定电压等级A级或存储电荷量低于5.1.8.3规定限值所需的放电时间应不超过1秒。

5.1.8.2 维修人员接触区

位于操作面板后面、在维修或安装时可以移动的电容器，功率转换设备断电之后电容器存储的电荷应不构成电击危险或能量危险。

功率转换设备断开电源之后，内部的电容器应在 10 秒之内放电至电压低于判定电压等级 A 级或能量低于 5.1.8.3 规定限值。如果由于功能或其它原因本要求不能满足，附录 A 中第 21 个警告符号以及放电时间应标示在外壳、电容器的保护屏障或电容器附件清晰可见的位置。功率转换设备断电之后电容器放电时间在维修手册中也要说明。

5.1.8.3 能量危险防护

出现下列两种情况之一，则认为存在危险能量等级：

a) 电容器电压等于或大于 2V，且 60 秒之后功率超过 240VA。

b) 电容器电压 U 等于大于 2V，按以下公式计算的电能 E 超过 20J：

$$E = 0.5\,CU^2 \quad (1)$$

式中：

——E是能量，单位为焦耳（J）；

——C是电容，单位为法拉（F）；

——U是测得的电容器电压，单位为伏特（V）。

5.1.9 着火危险防护

为防止引燃危险和火焰蔓延的可能性，材料的可燃性要求见下表。

表 10 材料的可燃性要求汇总

零部件	要求
大面积外壳材料，如表面积大于$1m^2$或单个方向长度超过2m	火焰蔓延指数最大不超过100
防火外壳	——5VB级 ——GB/T 5169.17的试验

	—— 灼热丝试验（若与可能产生引燃温度的零部件之间的空气距离小于13 mm），IEC 60695-2-20
元器件和零部件，包括防火外壳外侧的机械防护外壳和电气防护外壳	——V-2级或HF-2级 ——元器件满足产品标准 ——线束的各种加持件（不包括螺旋缠绕式的或其它连续行驶的加持件）不做阻燃要求
空气过滤装置	—— V-2级或HF-2级 ——安装在防火外壳外部，可使用HB级

5.1.9.1 多路供电设备

在正常或单一故障条件下，不应由于有多个供电电源而出现任何危险，对任何一路外部电源进行断开连接或关闭电源的操作应视为正常条件。

本条款的符合性通过结构检查以及过流保护和多路供电设备的过电压试验来检验。

设备说明书中应给出设备有多路供电的电源的提示信息，并给出电源的断开顺序。

5.1.10 机械防护

5.1.10.1稳定性

功率转换设备若没有固定到建筑构件上，则在正常使用中应具有物理稳定性。在操作人员打开抽屉等之后起到保持稳定作用的装置时，功率转换设备应自动开启或者给出警告标识。

5.1.10.2搬运措施

如功率转换设备安装或提供了搬运手柄，手柄应能够承受功率转换设备重量四倍的力；重量为18kg或以上的功率转换设备，应提供搬运措施或在制造商文档中给出搬运指引。

5.1.10.3墙壁安装

功率转换设备如固定到墙壁或天花板时，安装支架应承受大小等于功率转换设备重量四倍的力。

5.1.11 温升

功率转换设备在其允许的工作范围内，器件的温度不能超过如下要求，对于规格书或标准里没有定义时的器件温度限值详见表12：

表 11 线圈机器绝缘系统总温度限值

绝缘等级	温度限值 （表面粘贴热电偶法） （℃）	温度限值 (线圈阻值变化法和多点埋入式热电偶法) （℃）
Class A (105°C)	90	95
Class E (120°C)	105	110
Class B (130°C)	110	120
Class F (155°C)	130	140
Class H (180°C)	150	160
Class N (200°C)	165	175
Class R (220°C)	180	190

行业标准信息服务平台

Class S (240°C)	195	205

表 12　材料和零部件的总温度限值

材料和零部件	温度限值 （℃）
电容器—电解型	65
电容器—非电解型	90
外部连接的接线柱	60
外部导体能够触及的接线腔表面或内部的任意点	60
内部的绝缘导线	额定温度
熔断器	90
印制电路板	105
绝缘材料	90

表 13 接触表面总温度限值

位置	表面部分 （℃）	
	金属	非金属
用于搬动整理或部件的把手	50	60
可接触但并非用于搬动的把手，以及其他使用和维护过程中可接触的表面	60	85
可能被不经意接触的表面	70	95
可能被不经意接触的表面，但已按已给出警告标识	90	95
安装的底座和相邻表面	90	90
注1：主要材料为非金属的手柄，如果采用镀金或者包金工艺，而金属层厚度不超过0.127mm，则仍视为非金属部位。 注2：非金属材料不应用在超过额定温度的场合使用。 注3：对于功能性散热装置，如外置散热器，“部件温度超过100℃，应增加警告标识”。		

5.1.12　IP防护等级

户内型的功率转换设备：最低防护等级IP20；

户外型的功率转换设备：最低防护等级 IP54。

5.2　功能

5.2.1　基本功能

5.2.1.1 电气参数

5.2.1.1.1 直流参数

在额定工作条件下，测得的连续直流电流或功率偏差不超过额定参数的+10%。

行业标准信息服务平台

5.2.1.1.2 交流参数

在额定工作条件下，设备的每个端口测得的连续交流电流或功率偏差不超过额定出的+10%。

5.2.1.2 自动开关机

设备应根据电压输入情况，或故障及故障恢复情况，能够实现自动开关机操作。

5.2.1.3 恢复并网

由于电网故障原因导致的功率转换设备停止向电网送电，在电网的电压和频率恢复正常后，功率转换设备应具备在20s～5min内自动重新向电网送电的功能。

5.2.1.4 通讯功能

功率转换设备应有正常的通讯功能。宜具备CAN/RS485、以太网通讯接口，与监控站级通信宜采用以太网通讯接口，宜支持MODBUS-TCP、DL/T860、PROFIBUS-DP通信协议，与电池管理系统通信宜采用CAN/RS485，宜支持CAN2.0B/MODBUS-TCP通信协议。

5.2.1.5 方阵绝缘电阻检测

5.2.1.5.1 一般要求

与光伏组件连接的功率转换设备需要具备方阵的绝缘电阻检测功能。

5.2.1.5.2 与不接地光伏方阵连接的功率转换设备

与不接地的光伏方阵连接的 功率转换设备应在系统启动前测量组件方阵端与地之间的直流绝缘阻抗。

如果阻抗小于 R =（Vmax pv/30mA），那么：

a) 对带电气隔离的 功率转换设备，应指示故障，但故障期间仍可进行其它动作和操作。在阻抗满足上述要求时允许其停止报警；

b) 对非隔离 功率转换设备或 功率转换设备虽有隔离但其漏电流不符合要求，应指示故障，并限制其接入电网。

此时允许其继续监测方阵的阻抗，并且在阻抗满足上述要求时，允许停止报警也允许并接入电网。

5.2.1.5.3 需要功能性接地的功率转换设备

若是需要通过一个集成的电阻实现光伏方阵功能性接地的 功率转换设备， 功率转换设备需满足a）和 c），或者 b）和 c）。

a) 含预置的用于功能性接地的电阻在内，总接地阻抗不得小于R =（Vmax pv/30mA）。预期的阻抗值可以在所接方阵面积可知的情况下，按照每平米的绝缘方阵40 MΩ 计算。也可以根据功率转换设备的额定功率和功率转换设备可以连接的最差的电池板的效率来计算。

b) 如果用到了一个小于a）中规定的电阻。那么 功率转换设备应该能够提供一个在运行过程中监测通过电阻和任何一个与之平行的网络线路（如：测试线路），如果超过表7-17的限制，应该断开电阻或者用其他方式实现限流。如果功率转换设备是个非隔离的 功率转换设备，或者说不能满足漏电流允许的最低电流，那么必须从电网断开。

c) 在正常工作之前，功率转换设备必须能够实现接地电阻的测试。

5.2.1.6 方阵残余电流检测

5.2.1.6.1 一般要求

a) 当逆变器与决定性电压等级B和决定性电压等级C的不接地光伏方阵连接时，非隔离逆变器直接接入电网或非隔离逆变器通过变压器接入电网但其不符合30mA接触漏电流和着火漏电流的要求应通过残余电流检测装置（RCD）、残余电流突变监测功能以及连续漏电流检测功能提供防电击保护；

b) 隔离型的逆变器或非隔离逆变器通过变压器接入电网且符合30mA接触漏电流和着火漏电流的要求可不做此要求；

5.2.1.6.2 着火漏电流限制在如下范围内：

1) 对于额定功率≤30 kVA的 功率转换设备，着火漏电流应不大于300mA。
2) 对于额定功率>30 kVA的 功率转换设备，着火漏电流应不大于 10mA/kVA。

5.2.1.6.3 30mA接触电流

按照 IEC60990 图 4 所示接触电流测试电路，依次测试方阵的各个端子与地之间的接触电流，若测得的值大于 30mA 限值，则应采用下述措施提供额外保护。

5.2.1.6.4 着火漏电流

着火漏电流应不大于 300mA（≤30kVA 功率转换设备), 或 10mA/kVA(>30kVA 功率转换设备)，当大于此值时则需要采用 RCD 或 RCM 中的措施提供额外保护。

5.2.1.6.5 残余电流检测器（RCD）

对于不具有基本隔离的 功率转换设备，在 功率转换设备与交流电网之间装配 RCD 来提供额外保护，RCD 限制设置为 30mA ，并应符合 IEC60755 的相关要求。

5.2.1.6.6 残余电流监控保护（RCM）

在功率转换设备接入交流电网，交流断路器闭合的任何情况下，功率转换设备都应提供残余电流检测。

残余电流检测装置应能检测总的（包括直流和交流部件）有效值电流。 无论功率转换设备是否带有隔离，与之连接的方阵是否接地，以及隔离形式采用何种等级（基本绝缘隔离或加强绝缘隔离），都需对过量的连续残余电流及过量残余电流的突变进行监控。限值如下：

a) 连续残余电流

如果连续残余电流超过如下限值，功率转换设备应当在 0.3s 内断开并发出故障发生信号：

1) 对于额定功率≤30kVA的功率转换设备，300mA；
2) 对于额定功率>30kVA 的功率转换设备, 10mA/kVA

b) 残余电流的突变

如果残余电流的突变超过下述的限值，那么功率转换设备应当在表 14 规定时间内断开。

表 14 对突变电流的响应时间

残余电流突变	功率转换设备与电网断开时间
30mA	0.3s

60mA	0.15s
150mA	0.04s

5.2.1.7 噪声

预期安装于居民或商业环境的噪声最大不超过65db，预期安装于工业环境的功率转换设备的噪声不超过80db，否则应加贴相应的说明降低听力损害危险的说明，且产品上应标明附录A中听力损害的符号。

5.2.1.8 有功功率控制

5.2.1.8.1 充放电有功功率控制

接入 220V/380V 配电网的功率转换设备，应具备就地充放电功率控制功能。

通过变压器接入 10（6）kV 及以上的功率转换设备，应具备就地和远方充放电功率控制功能，其有功调节速率至少能够达到 10%Pn/min，Pn 为系统的额定有功功率。

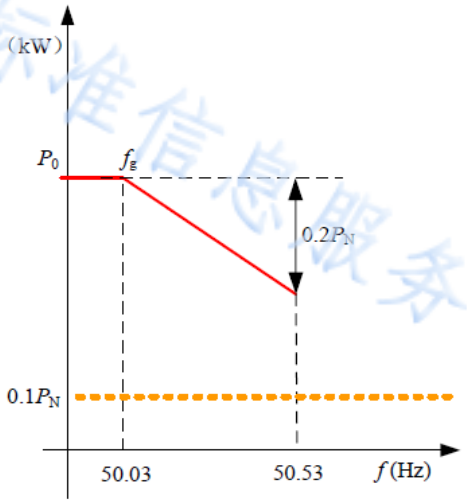
5.2.1.8.2 定功率控制

通过变压器接入到 35kV 及以上电压等级并网，以及通过 10kV 电压等级与公共电网连接的新建、改建和扩建光伏电站的功率转换设备应具备有功功率连续平滑调节的能力，能接受功率控制系统指令调节有功功率输出值。控制误差应为逆变器额定有功功率的±1%，响应时间不应大于 1s。

通过变压器接入到 10（6）kV 电压等级接入用户侧的新建、改建和扩建光伏发电系统的功率转换设备宜与上述设备的要求相同。

5.2.1.8.3 一次调频功能

具备一次调频功能的设备，当系统频率偏差大于 0.03Hz，且设备有功出力大于 10%Pn 时，系统频率上升，功率转换设备应减少有功输出，有功功率下降速度为 40%Pn/HZ，有功出力最大减少量为 20%/Pn，有功功率调节控制误差不应超过±2%Pn。当系统频率下降时，功率转换设备配有储能设备时可增加有功输出。一次调频控制响应时间不应大于 500ms，调节时间不应大于 2S。



注：P_0是触发过频降额控制前逆变器的当前输出功率值。

行业标准信息服务平台

5.2.1.9 电压无功调节

功率转换设备应具有电压/无功调节能力。

功率因数在 0.95（超前或滞后）范围内可调。

通过变压器接入 10（6）kV 以上的应具备参与配电网电压调节的能力，无功动态响应时间不大于1s，其调节方式、参考电压调差率等参数应满足并网调度协议的规定。

5.2.2 保护功能

5.2.2.1 冷却系统故障试验

功率转换设备应具有冷却系统故障保护功能，确保在冷却系统单一故障条件下功率转换设备的持续工作不因温度过高对功率转换设备造成损害。

5.2.2.2 短路保护

功率转换设备开机或运行中检测到输出侧发生短路时应能自动保护，在运行的最大保护时间不大于0.1S，未运行的应禁止开机。

5.2.2.3 电网电压异常响应

电压异常响应特性应符合表 15要求，此要求适用于三相系统中的任何一相。

表 15 电压响应

并网点电压	运行要求
并入380V电压等级	
$U<50\%U_N$	最大分闸时间不超过0.2S
$50\%U_N\leqslant U<85\%U_N$	最大分闸时间不超过2S
$85\%U_N\leqslant U<110\%U_N$	连续运行
$110\%U_N\leqslant U<135\%U_N$	最大分闸时间不超过2S
$135\%U_N\leqslant U$	最大分闸时间不超过0.2S
并入10（6）kV及以上电压等级	
$<0.9U_N$	符合低电压穿越要求
$0.9U_N\leqslant U\leqslant 1.1U_N$	应正常运行
$1.1U_N<U<1.2U_N$	应至少持续运行10S
$1.2U_N\leqslant U<1.3U_N$	应至少持续运行0.5S
注1：依据接入电网主管部门的相应技术规范要求设定。 注2：U为测试电压。	

5.2.2.4 频率异常响应

频率异常响应特性应符合表 16 要求。

表 16 频率响应表

频率f（Hz）	运行要求
并入380V电压等级	
$f<49.5$	不能处于充电状态

农业标准信息服务平台

f>50.2	不能处于放电状态
并入10（6）kV及以上电压等级	
f≤48	功率转换设备不能处于充电状态； 功率转换设备应根据允许运行的最低频率或者电网调度的要求确定是否与电网脱离
48<f≤49.5	处于充电状态的功率转换设备应在0.2S内转为放电状态，对于不具备放电状态或者其它情况的应在0.2S内与电网脱离； 处于放电状态的功率转换设备应能连续运行。
49.5<f≤50.2	正常充放电运行
50.2<f≤50.5	处于放电状态的功率转换设备应能在0.2S内转为充电状态，对于不具备充电条件或者其它工况的应在0.2S内与电网脱离； 处于充电状态的功率转换设备应能连续运行
f>50.5	功率转换设备不能处于放电状态； 功率转换设备应根据允许运行的最高频率确定是否与电网脱离。

5.2.2.5 过载能力

功率控制系统在1.1倍的标称电流下，可持续运行时间不应少于10min。

5.2.2.6 直流侧过欠压

当直流侧电压高于功率转换设备允许的直流接入电压最大值或者低于允许的最低工作电压时，功率转换设备不得启动，已经在工作的需要在0.1S内停机，同时发出警示信号；直流侧电压恢复到正常范围后，功率转换设备应能正常启动。

5.2.2.7 直流极性反接

功率转换设备光伏侧与电池侧极性接反时，能够自动保护，正接后能正常工作。

5.2.2.8 交流缺相/相序错误保护

功率转换设备交流缺相/相序错误时，设备自动保护不能工作，正确连接时功率转换设备可正常运行。

5.2.2.9 非计划性孤岛保护

并网运行模式运行时，功率转换设备应具备快速检测孤岛且切断与电网连接的能力，防孤岛保护时间不大于 2S。

5.2.2.10防反放电保护

功率转换设备应有直流侧防反放电的保护，防止直流电反灌到光伏侧。

5.3 环境适应性

5.3.1 低温启动

功率转换设备在温度下限且存储稳定后，产品应能正常启动。

行业标准信息服务平台

5.3.2 高温工作

功率转换设备在工作温度上限且存储稳定后，产品应能持续额定运行时间不低于72h。

5.3.3 恒定湿热

恒定湿热的温度为（40±2）℃，相对湿度（93±3）%无包装，不通电，耐湿热环境48小时，湿热试验后取出样品，在常温条件下恢复2h，系统应能正常启动运行，且测量其绝缘电阻，不应小于0.5MΩ。介质强度不应低于规定的介质强度试验电压值的75%。

5.4 性能

5.4.1 并网性能要求

5.4.1.1 电流谐波畸变率

功率转换设备接入电网，公共连接点的谐波电流分量应满足GB/T 14549的规定。统一公共连接点处，单个谐波电流允许值应按照系统安装容量与其所接入公共连接点的电气设备容量之比进行分配。

额定功率运行时注入电网的电流谐波总畸变率限值为5%，奇次谐波、偶次谐波电流含有率限值见下表17所示，功率转换设备注入电网的各次谐波电流值不能超过额定运行时注入电网的各次谐波电流值。

表 17 分次谐波含有率

奇次谐波次数	含有率限值	偶次谐波次数	含有率限值（%）
3th-9th	4.0%I_N	2th-10th	1.0%I_N
11th-15th	2.0%I_N	12th-16th	0.5%I_N
17th-21th	1.5%I_N	18th-22th	0.375%I_N
23th-33th	0.6%I_N	24th-34th	0.15%I_N
35th-39th	0.3%I_N	36th-40th	0.075%I_N
注1：I_N为逆变器交流侧额定电流。 注2：电流谐波测试时应排除因电网电压谐波引起的电流谐波。			

5.4.1.2 功率因数

并网运行模式下，不参与系统无功调节时，系统输出大于其额定输出的 50%时，功率因数应不小于 0.98（超前或滞后）。

5.4.1.3 三相电压不平衡

功率转换设备接入电网后在公共连接点处三相电压不平衡不超过 GB/T 15543 规定的限值，公共连接点处电压不平衡度应不超过 2%，短时不应超过 4%。单个功率转换设备引起的公共连接点处电压不平衡不应超过 2%，短时不应超过 4%。

行业标准信息服务平台

5.4.1.4 电压波动和闪变

功率转换设备运行时，公共连接点处的电压波动和闪变应满足 GB/T 12326 中的要求。

功率转换设备单独引起的公共连接点出电压波动限值不应超过表 18 中规定。

表 18 电压波动限值

r/（次/h）	d/%
r≤1	4
1＜r≤10	3*
10＜r≤100	2
100＜r≤1000	1.25
注 1：*r* 表示电压变动频度，指单位时间内电压变动的次数（电压由大到小或由小到大各算一次变动）。不同方向的若干次变动，若间隔时间小于 30ms，则算一次变动； 注2：*d*表示电压变动，为电压方均根值曲线上相邻两个极值电压之差，以系统标称电压的百分数表示； 注3：很少的变动频度*r*（每日少于1次），电压变动限值*d*还可以放宽，但不在本标准中规定； 注 4：对于随机性不规则的电压波动，以电压波动的最大值作为判据，表中标有“*”的值为其限值。	

闪变限值应满足GB/T 12326 中 5.2 的要求。

5.4.1.5 直流电分量

向电网馈送的直流电分量不应超过交流额定值的 0.5%。

5.4.2 离网功能的要求

5.4.2.1 电压偏差

在空载和额定阻性负载（平衡负载）条件下，功率转换设备交流侧输出电压幅值偏差应不超过额定电压的±5%，相位偏差应小于 3°。

5.4.2.2 电压动态瞬变范围

在阻性负载（平衡负载）条件下，负载从 0%上升至 100%或从 100%下降至 0%突变时，功率转换设备输出电压瞬变值应小于 10%。

5.4.2.3 电压瞬变恢复时间

功率转换设备离网运行时电压瞬变恢复时间应≤40ms。

5.4.2.4 离网过流保护

功率转换设备应具备离网过电流保护功能，其保护时间不应大于 2S。

5.4.2.5 输出电压波形失真度

功率转换设备离网运行时输出电压波形失真度应满足 100%阻性负载条件下≤2%的要求。

5.4.2.6 电压不平衡度

功率转换设备离网运行且带载线性负载时输出电压不平衡度应不大于 2%，短时不超过 4%。

行业标准信息服务平台

5.4.2.7 并机负载电流不均衡度

功率转换设备离网并机运行时并机负载电流不均衡度应小于 5%的额定电流。

5.4.3 电池充/放电性能及控制功能

5.4.3.1 稳压精度

功率转换设备在稳压状态下工作时，对电池充电输出端口的电压的稳压精度应不低于±2%。

5.4.3.2 恒压充电电压纹波

功率转换设备在稳压状态下工作时，对电池充电输出端口的电压的电压纹波应不低于 2%。

5.4.3.3 稳流精度

功率转换设备工作在稳流状态下，对电池充电输出端口的电流的稳流精度应不低于±5%。

5.4.3.4 恒流充电电流纹波

功率转换设备工作在稳流状态下，对电池充电输出端口的电流的电流纹波应不低于 5%。

5.4.3.5 限压功能

对电池充电时，当功率控制系统处于稳流充电状态并且电压最高的单体电压达到规定值时，充电电流应自动减小，使最高单体电池电压应不超过储能电池组规定的限压值，充电电压自动调整范围应满足电池充电要求。

5.4.3.6 限流功能

充电开始阶段，应根据电池的需要采取必要的限流措施，避免冲击电流对电池及功率转换设备的损害。

对电池充电时，当功率控制系统处于稳压充电状态并且充电电流达到规定值时，充电电压应自动减少，使最高单体电池电压应不超过储能电池组规定的限压值，充电电压自动调整范围应满足电池充电需求。

5.4.4 功能切换

5.4.4.1 充放电切换

90%额定功率充电状态转换到 90%额定功率放电状态与 90%额定功率放电状态转为 90%额定功率充电状态所需时间的均值不小于 100ms。

5.4.5 效率

5.4.5.1 光伏组件给蓄电池充电模式

直流充电模式下的最大转换效率 η_1 不低于 96%。

5.4.5.2 电网给蓄电池充电模式效率

电网给蓄电池充电模式下的（整流及充电模式下）最大转换效率 η_2 不低于 92%。

行业标准信息服务平台

5.4.5.3 功率转换设备的并网/离网模式效率

光伏并网发电模式或光伏发电直接给负荷的最大电气转换效率 η_3 不低于 97%。
分别测试其 5%，10%，20%，30%，50%，75%，100%负载点下的转换效率，并给出效率曲线。

5.4.5.4 电池放电模式效率

蓄电池放电逆变为交流电的最大放电效率 η_4 不低于 94%。

5.4.5.5 最大功率点跟踪效率

静态 MPPT 效率应不低于 98%；动态 MPPT 效率应不低于 90%。

5.4.6 损耗

功率转换设备的待机损耗应不超过额定功率的 0.5%，空载损耗应不超过额定功率的 0.8%。

5.4.7 功率控制精度

功率转换设备输出功率大于其额功率的 20%时，功率控制精度应不超过额定功率的 5%。

5.5 电磁兼容性

5.5.1 传导发射

非家用或不直接连接到住宅低压供电网设施中使用的功率转换设备，其电源端口应满足 GB 4824 中 A 类要求；信号口（有线网络端口和线缆长度超过 30m 的信号/控制端口）应满足 GB 9524 中 A 类要求；

表 19 A 类逆变器的骚扰电压限值

交流电源端口						
频段/MHz	额定功率≤20 Kva[c]		20 kVA<额定功率≤75kVA[a,c]		高功率电子系统和设备，额定功率＞75kVA[b,c]	
	准峰值/dB(μV)	平均值/dB(μV)	准峰值/dB(μV)	平均值/dB(μV)	准峰值/dB(μV)	平均值/dB(μV)
0.15～0.50	79	66	100	90	130	120
0.50～5	73	60	86	76	125	115
5～30	73	60	90～73 随频率对数线性减小	80～60 随频率对数线性减小	115	105
在过渡频率上采用较严格的限值。 对于单独连接到中性点不接地或经高阻抗接地的工业配电网（见 IEC 60364-1）的 A 类设备，可应用额定功率大于 75 kVA 设备的限值，不论其实际功率大小。 注：以额定输入或输出功率 20 kVA 为例，相当于每相电流约为 29 A（400 V 三相供电网络）或每相电流约为 58 A（200 V 三相供电网络）。						
a 这些限值适用于额定功率大于 20 kVA 并预期由专用电力变压器或发电机供电而不连接到低压架空电线的设备。对于不是由用户指定的电力变压器供电的设备，可采用小于或等于 20 kVA 对应的限值。制造商和/或供应商应提供能使设备发射降低的安装方法信息。应特别说明此类设备由专用电力变压器或发电机供电而非低压架空电线。						

b 这些限值仅适用于安装在以下情况中的额定功率大于 75kVA 的高功率电子系统和设备：

- 装置是由专用电力变压器或发电机供电，而非连接到低压架空电线；
- 装置距离居住环境大于 30 m 或者有一结构作为辐射现象的阻挡物；
- 制造厂和/或供应商应注明此设备满足额定输入功率大于 75 kVA 的高功率电子系统和设备的骚扰电压限值，并提供能使设备发射降低的安装方法信息。应特别说明此类设备由专用电力变压器或发电机供电而非低压架空电线。

c 应根据制造商规定的额定交流功率选择适当限值。

直流电源端口

频段/MHz	额定功率≤20 kVA[a]		20 kVA<额定功率≤75kVA[a, b]				额定功率＞75kVA[a,b]			
	电压限值		电压限值		电流限值		电压限值		电流限值	
	准峰值/dB(μV)	平均值/dB(μV)	准峰值/dB(μV)	平均值/dB(μV)	准峰值/dB(μA)	平均值/dB(μA)	准峰值/dB(μV)	平均值/dB(μV)	准峰值/dB(μA)	平均值/dB(μA)
0.15～5	97～89	84～76	116～106	106～96	72～62	62～52	132～122	122～112	88～78	78～68
5～30	89	76	106～89	96～76	62～45	52～32	122～105	112～92	78～61	68～48

在一定频段内，表中限值随频率对数线性减小

a 应根据制造商标明的额定交流功率选择适当限值。

b 这些限值适用于额定功率大于 20 kVA 并预期由专业人员安装在专业大型光伏发电系统里的设备。在产品随附的手册中，制造商和/或供应商应提供能使设备降低辐射的缓解措施信息，来防止装置 30m 距离内对无线电接收的干扰危害。特别是应注明此设备可与附加滤波器一起安装且距离居住环境大于 30m。安装人员需确认其减缓安装措施还要满足本标准 6.4 中现场测量方法的要求。

有线网络端口和信号/控制端口

频段/MHz	准峰值/dB(μV)/dB(μA)	平均值/dB(μV)/dB(μA)
0.15～0.50	97/53～87/43 随频率对数线性减小	84/40～74/30 随频率对数线性减小
0.50～30	87/43	74/30

注1：如果连接至信号/控制端口的线缆长度超过30m，则该端口必须测试并满足以上限值要求。

注2：电流和电压和骚扰限值是在使用了规定阻抗的阻抗稳定网络（ISN）条件下导出的，该阻抗稳定网络对于受试的通讯端口呈现150Ω的共模（不对称）阻抗（转换因子为20lg150/1=44dB）。

家用或直接连接到住宅供电网设施中使用的功率转换设备：电源端口应满足 GB 4824 中 B 类要求，信号口（有线网络端口和线缆长度超过 30m 的控制端口）应满足 GB 9524 中 B 类要求。

表 20　B 类设备所规定的电源端子骚扰电压限值

交流电源端口		
频段/ MHz	准峰值/ dB(μV)	平均值/ dB(μV)
0.15～0.50	66～56 随频率对数线性减小	56～46 随频率对数线性减小
0.50～5	56	46
5～30	60	50
注：在过渡频率上采用较严格的限值。		
直流电源端口		
频段/ MHz	准峰值/ dB(μV)	平均值/ dB(μV)
0.15～0.50	84～74 随频率对数线性减小	74～64 随频率对数线性减小
0.50～30	74	64
有线网络端口和信号/控制端口		
频段/ MHz	准峰值/ dB(μV)/dB(μA)	平均值/ dB(μV)/dB(μA)
0.15～0.50	84/40～74/30 随频率对数线性减小	74/30～64/20 随频率对数线性减小
0.50～30	74/30	64/20
注1：如果连接至信号/控制端口的线缆长度超过30m，则该端口必须测试并满足以上限值要求。 注2：电流和电压和骚扰限值是在使用了规定阻抗的阻抗稳定网络（ISN）条件下导出的，该阻抗稳定网络对于受试的通讯端口呈现150Ω的共模（不对称）阻抗（转换因子为20lg150/1=44dB）。		

5.5.2 辐射发射

非家用或不直接连接到住宅低压供电网设施中使用的功率转换设备应满足 GB 4824 中 A 类要求；家用或直接连接到住宅供电网设施中使用的功率转换设备应满足 GB 4824 中 B 类要求。

表 21 A 类设备 1 组所规定的设备电磁辐射骚扰限值

频段/ MHz	开阔试验场（OATS）或半电波暗室（SAC）			
	10 m 测量距离		3 m 测量距离 [b]	
	额定功率≤20 kVA[c]	额定功率＞20 kVA[a,c]	额定功率≤20 kVA[c]	额定功率＞20 kVA[a,c]
	准峰值/ dB(μV/m)	准峰值/ dB(μV/m)	准峰值/ dB(μV/m)	准峰值/ dB(μV/m)
30～230	40	50	50	60
230～1000	47	50	57	60

在OATS或SAC测量时，A类设备可在3m、10 m或30 m标准距离下测量。如果测量距离为30 m，应使用20dB/十倍距离的反比因子，将测量数据归一化到规定距离以确定符合性。

在过渡频率上采用较严格的限值。

a 该限值适用于额定功率大于20 kVA且与第三方无线电通信设施距离大于30 m的设备。制造厂必须在技术文件中说明该设备将使用于距离第三方无线电通信设施大于30 m的区域，如果无法满足上述条件，应按额定功率小于或等

于20 kVA的限值。 b 3 m距离所规定的限值只适用于3.7所定义尺寸的小型设备。 c 应基于制造厂标明的额定交流功率选择适当限值。

表 22 B 类设备 1 组所规定的设备电磁辐射骚扰限值

	开阔试验场或半电波暗室	
频段/ MHz	10m 测量距离	3m 测量距离 [a]
	准峰值/ dB(μV/m)	准峰值/ dB(μV/m)
30～230	30	40
230～1000	37	47
在OATS或SAC测量时，B类设备可在3 m或10 m距离下测量。 在过渡频率上采用较严格的限值。 a 3m距离所规定的限值只适用于满足3.7所定义的小型设备。		

5.5.3 抗扰度

表 23 抗扰度试验的性能判据等级

性能判据等级	试验期间	试验后
A	功率转换设备在制造厂商、委托方或购买方规定的要求内正常工作。	功率转换设备应按预期要求继续运行
B	功率转换设备应按预期要求继续运行； 允许出现暂时的性能降低，如显示数值在制造厂商规定限值的范围内变化，通讯延迟、显示屏闪烁等。 但不允许出现主要功能降低或丧失的。	能自行恢复暂时的性能降低，功率转换设备按预期要求继续运行
C	功率转换设备功能或性能暂时丧失或降低，没有不可逆的硬件或软件（程序/数据）破坏。	操作者干预可以恢复试验期间丧失的功能或性能，并按预期要求继续运行

功率转换设备试验项目及要求如表所示。

表 24 抗扰度试验项目表

序号	试验项目	依据标准	试验等级	性能判据等级
1	静电放电抗扰度	GB/T 17626.2-2006	接触放电 6kV、空气放电 8kV	B
2	射频电磁场辐射抗扰度	GB/T 17626.3-2006	10V/m	A
3	电快速瞬变脉冲群抗扰度	GB/T 17626.4-2008	电源线±2kV、信号线±1kV	B
4	浪涌（冲击）抗扰度	GB/T 17626.5-2008	共模±2kV、差模±1kV	B

5	射频场感应的传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.6-2008	10V/m	A
6	工频磁场抗扰度	GB/T 17626.8-2006	30A/m	A
7	电压暂降、短时中断和电压变化	GB/T 17626.11-2008	电压暂降：0%持续 0.5 周期；0%持续 1 周期；40%持续 10 周期；70%持续 25 周期；80%持续 250 周期； 电压中断：0%持续 250 周期	B
8	阻尼振荡波抗扰度	GB/T 17626.18-2013	等级 3，电源线线-地 2kV，线-线 1kV；控制线线-地 1kV，线-线 0.5kV	A

6 试验方法

6.1 外观及结构检查

6.1.1 外观及结构检查

功率转换设备外观应符合如下要求：

a) 采用的元器件数量、质量应符合设计要求，元器件布局、安装应符合各自技术要求；
b) 油漆或电镀应牢固、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) 铭牌、标志、标记应完整清晰，符合5.1要求；
e) 各种开关应便于操作，灵活可靠。

6.1.2 电击防护

6.1.2.1 保护连接试验

对于每个保护连接电路，保护导体和作为每个保护电路一部分的相关点之间的阻抗，应通电流进行测量。测试电流及持续时间如下：

a) 对于设备过电流保护值小于等于 16A，测试电流采用 200%的过电流保护值，但是不小于 32A，持续 120s。保护连接的电阻最后测得不超过 0.1Ω 。
b) 对于设备过电流保护值大于 16A，测试电流是过电流保护值的 2 倍，并且持续时间如下表 27 所示。保护连接的压降测试时，持续规定时间后测量得出不超过 2.5V。
c) 测试中与测试后，不应有融化，松动或其它损坏可能会伤害到保护连接的有效性。

注 1：测试电流可用直流或交流电源，输出不接地。

注 2：如果阻抗值很低，需正确放置测量探针。

行业标准信息服务平台

表 25 保护连接测试持续时间

过流保护装置等级 A	测试持续时间 min
＞16~30	2
31~60	4
61~100	6
101~200	8
＞200	10

设备的回路中有过流保护装置，如下图 1 所示：

测量时对于每个保护连接都需要测量，对于带过流保护的电路测量，两个接地点接线不用计算入保护连接阻抗内。

注：设备采用软件控制实现过流保护功能不属于回路中有过流保护装置范畴。

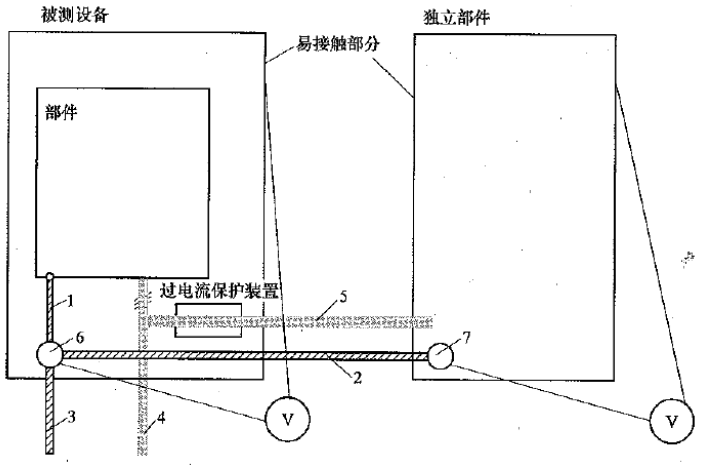


图 1　带过流保护装置的保护连接阻抗测试

图中：

1——保护连接

2——独立部件的保护接地导体

3——被测设备的接地保护导体

4——电源供电

5——由被测设备到独立部件供电，带过流保护

6——外部保护接地导体终端

7——独立部件保护接地导体终端

对于主回路中无过流保护装置的，两个单元的接线电阻必须计算作为保护连接阻抗值。

行业标准信息服务平台

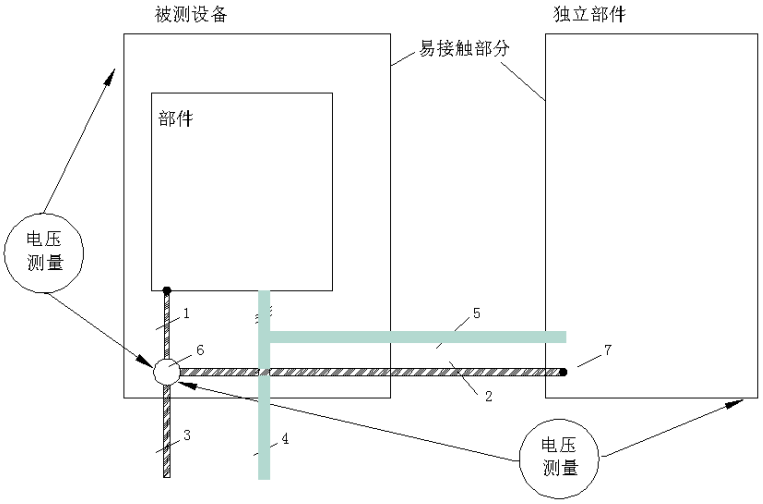


图 2 不带过流保护装置的保护连接阻抗测试

图中：

1——保护连接

2——独立部件的保护连接

3——被测逆变器的接地保护导体

4——供电电源

5——由被测逆变器到独立部件供电，不带过流保护

6——外部保护接地导体终端

7——独立部件连接的点（可能多于1个）

6.1.2.2 接触电流

接触电流测量结果应不大于 5.1.1.3 规定要求。

对于预定安装在潮湿环境中的功率转换设备，应进行湿度预处理后，再进行接触电流的测量。

设备不接地安装，并且在额定电压下。使用 IEC 60990 图 4 规定的探头测量外部保护接地导体及其连接方式间的接触电流。

对于预定连接到接地中线系统的功率转换设备，测试场所电网电源的中线应直接连接到外部保护接地导体。

对于预定连接到隔离系统或阻抗系统的功率转换设备，中线应通过 1 kΩ 电阻连接到外部接地导体，而外部接地导体应依次连接到每个直流相线，测量结果取最大值。

对于预定连接到接地系统的被测设备，外部保护接地导体应依次连接到每个直流相线。测量结果取最大值。

对于带特殊接地系统的被测设备，试验时系统应工作在正常条件下。

对于预定连接到多个系统网络的被测设备，应分别使用每个不同的系统网络来进行漏电流测量。如果能够确定哪个网络对测量结果最不利，也可以直接在最不利情况下测量。

6.1.3 电气间隙

按照 GB/T 16935.1-2008 中 6.2 的要求，电气间隙的符合性检查应满足 5.1.3 要求。

6.1.4 爬电距离

按照 GB/T 16935.1-2008 中 6.2 的要求，爬电距离的符合性检查应满足 5.1.4 的要求。

6.1.5 冲击耐压

6.1.5.1 试验电压

冲击耐压试验的波形为 1.2/50μ s（见 GB/T 17627.1-1998 中 6.1、6.2 规定波形），正负极性各 5 次，最小时间间隔为 1s。针对小于表 3 规定的电气间隙的需进行冲击耐压试验，试验电压根据表 6 要求选择。

如果有必要对设计用于 2 000 m 至 20 000 m 海拔高度的电气间隙（根据 GB/T 16935.1-2008 中的表 A.2）进行试验，可以通过电气间隙反查来选取试验电压值。

6.1.5.2 电压施加位置

试验时保护接地应断开，除非它本身是试验对象。试验电压施加在：

1) 正常工作位置，主电路所有接线端子连接一起和外壳或安装板之间。

2) 基本绝缘隔离的两电路之间。

3) 正常工作不接至主电路的每个控制电路和辅助电路与以下部位之间：

——主电路

——其他电路

——外露导体部分

——外壳或安装板

测试时，以上部位任何合适者可以连接在一起进行。

4) 加强绝缘隔离的两电路之间。

6.1.5.3 试验判定

试验过程中无击穿放电、飞狐或火花现象。

6.1.6 工频耐压

6.1.6.1 试验电压值

试验电压值，应根据被试验电路是否直接连接到电网进行选择。电压试验应采用 50 Hz 的正弦电压。如果电路中有电容器，试验可采用直流电压，直流电压值等于规定的交流电压峰值。

试验电压测量的误差不应超过规定值的±3%。

6.1.6.2 电压施加位置

基本绝缘：

—— 带电电路与接地线或外壳之间；

—— 基本绝缘的两电路之间。

加强绝缘：

加强绝缘隔离的两电路之间。

对于预定安装在潮湿环境的功率转换设备，应先按规定进行湿度预处理。

试验持续时间，对于型式试验至少为 60 s。施加试验电压时可以逐渐上升和下降，但上述试验持续时间为达到规定试验电压后保持的时间。

当设备线路包含有仪表、电容器、固态电子器件等，且这些器件的介电试验电压低于上述 b)的规定值时，则在进行设备试验前应将这些器件和设备分开，具有保护功能的电路在试验时不应拆除。

能源标准信息服务平台

6.1.6.3 试验结果

功率转换设备的直流电路对地、交流电路对地以及直流电路与交流电路间的绝缘电阻应不小于1MΩ，漏电流小于20mA。绝缘电阻只作为绝缘强度试验参考。

试验时，设备应无内部或外部的绝缘闪络和击穿或任何破坏性放电现象的发生。

6.1.7 局部放电试验

6.1.7.1 一般要求

同一电路的导电零部件应连接在一起，在冲击耐压试验之后进行局部放电试验，这样可以发现冲击耐压试验导致的损伤。

6.1.7.2 试验电压值

电压采用 50 Hz 或 60 Hz 交流电压峰值，见图 3。峰值应与最大稳态电压、长期暂时过电压、再现峰值电压（根据实际情况乘上系数 F1=1.2、F3=F4=1.25）的最高值相等。

6.1.7.3 试验电压施加

采用经过校准的放电测量装置或不带加权滤波的无线电干扰仪，试验按照 GB/T 16935.1-2008 附录 C 进行。

试验电压从低于额定放电电压 U_{PD} 开始，逐渐升高至 U_{PD} 的 1.875 倍，并最多维持 5 秒。然后电压逐渐降低到 U_{PD} 的 1.5 倍（±5%），并最多维持 15 秒。在此 15 秒内完成局部放电的测量。

注： 额定放电电压 U_{PD} 是绝缘隔离的每个电路的重复峰值电压的总和。

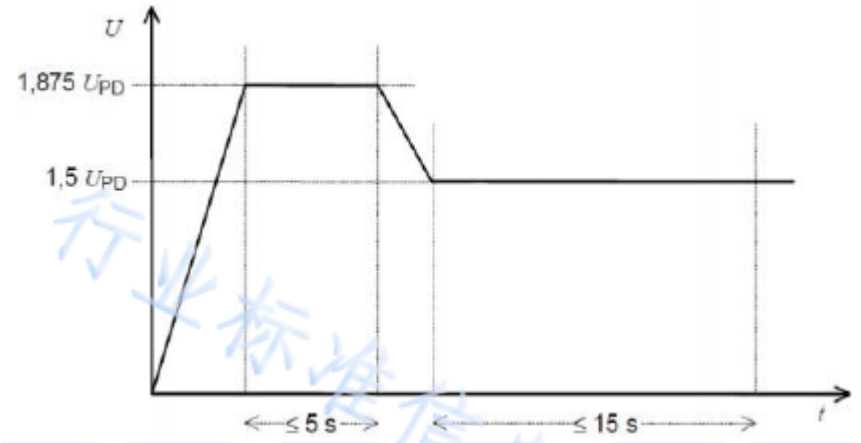


图 3 局部放电试验图

6.1.7.4 试验结果判定

—— 无绝缘击穿现象；

—— 施加试验电压时无局部放电现象，或试验期间测得的放电量不大于 10pC 规定值。

6.1.8 电容放电

设备通电，将电容充电至正常工作所允许的最大电压； 系统断电，测量电容两端的电压及波形；能在规定的时间内放电的安全电压以下或加贴警示标示，满足5.1.8的要求。

行业标准信息服务平台

6.1.9　着火危险防护

灼热丝试验应在 5.1.9 规定的条件下，根据 GB/T 5169.10-2006 和 GB/T 5169.11-2006 规定进行。

注：如果试验必须在试品上的多个地方进行，应注意保证首次试验引起的材料损坏不影响后续试验。

6.1.10　过流保护

对于多路供电输入即能够连接一路以上电源的设备，应对功率转换设备的每路逐个进行试验，以确定故障条件是否会导致电流从一个电源到另一个电源的配线上。

在功率转换设备正常工作时，对要试验的一路电源端施加短路；其他路电源则与功率转换设备正常连接，包括应有的过流保护装置。短路方式的电流一定要足够大，阻抗足够小，对试验结果不产生影响，记录短路电流，如果此短路电流超过最大电流则过流保护应根据此电流选取。

6.1.11　过压保护

对于多路供电设备的每路输入电源，先打开电源试验一次，再关闭电源试验一次。（关闭电源是模式电源不提供电压和电流的条件，但电路上的供电设备和其它负载保持连接，对于功率转换设备是低阻抗，断开的时候是高阻抗），功率转换设备的各个端子在试验中没有危险电压和能量。电压和能量的测量在关闭或断开电源之后 15s 或 1s 后进行，对于固定线连接的电源，15S 后测量，对于用电线或连接器连接但无需工具即可断开的电源，1S 后测量。

6.1.12　机械防护

6.1.12.1稳定性试验

稳定性试验时，设备的各箱柜应在其额定容积范围内转至能产生最不利条件的物件，脚轮置于正常使用范围内对试验结果最不利的位置。除非另有规定，门和抽屉等试验时需关紧。

a) 对于非手持式设备，从正常垂直位置向各个方向倾斜10°；

b) 设备高度超过1 m且重量不小于25 kg以及所有落地设备，对设备顶部或距地面2 m处（如果设备高度不低于2 m），沿任意方向（除向上的方向外）施加250 N或者是本身重力20%的力，取较小值，在正常操作时使用支撑脚，以及预定由操作人员打开的门和抽屉等，需置于最不利位置；

c) 对落地式设备，用800 N的向下作用力施加在能产生最大力矩的以下位置：

① 所有水平工作面；

② 明显突出且距离地面小于1 m的其他表面。

试验期间，设备不应失去平衡。

对于壁挂式安装的设备需预定固定到墙壁或天花板的安装支架，需承受大小等于产品本身重量 4 倍的力；用规定的紧固件和墙壁结构按制造商说明书的要求安装之后，再进行符合性检验。对于可调整的支架，需调整到伸出墙壁（或支撑装置）的最远端。

如果说明书没有规定墙壁结构，则按说明书规定安装紧固件将功率转换设备安装固定在支架上；安装支架除了承受产品自重，还需再加上大小等于产品重量 3 倍的力。力的方向沿重心处垂直向下。试验力在 5s 至 10 s 内从零逐渐增加到预定大小，然后维持 1 min。 试验后产品表面不能损坏并符合 5.1.10 的要求。

6.1.12.2搬运要求

对每个手柄施加大小等于设备重量 4 倍的力，不用夹具，直接将力均匀施加在手柄中间 70 mm 的范围内。力要逐渐地增加，10s 后达到预定大小，并保持 1 min，如果产品安装了多个手柄，力按

正常使用的比例分配到各个手柄上；如果设备安装了多个手柄但预定可以通过一个手柄来搬运，则不能进行力的分配，对于要求每个手柄都需承受全部的力手柄不能从设备上松脱，或者出现永久性变形、破裂或其它失效现象。搬运要求应符合 7.3.4 的规定。

6.1.13 温升

6.1.13.1一般要求

1） 试验电流不大于400A：

a) 连接导线应采用单芯聚氯乙烯（PVC）绝缘铜导线，截面积应满足表28要求。

b) 连接导线应置于大气中，导线之间的间距约等于设备端子间的距离。

2） 试验电流大于 400A 的见附录 E。

表 26 试验电流 400A 及以下的试验铜导线

试验电流范围		导线尺寸	
A		2	AWG/MCM
0	8	1.0	18
8	12	1.5	16
12	15	2.5	14
15	20	2.5	12
20	25	4.0	10
25	32	6.0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0 000
225	250	120	250
250	275	150	300
275	300	185	350
300	350	185	400
350	400	240	500

6.1.13.2温升试验

6.1.13.2.1 周围空气温度

在试验周期的最后 1/4 时间内应记录周围空气温度。测量时至少用两个温度检测器（如温度计或热电偶），均匀分布在被试设备的周围，放置在被试设备高度的 1/2 处离开被试设备的距离约为 1 m。温度检测器及功率转换设备应保证免受气流、热辐射影响和由于温度迅速变化产生的显示误差。

行业标准信息服务平台

试验中，周围空气温度应在规定最高环境温度的±5℃之间，如果周围空气温度的变化超过 3 K，应按设备的热时间常数用适当的修正系数对测得的部件温升予以修正。

6.1.13.2.2 部件温度的测量

除线圈外，设备的所有部件应用合适的温度检测器来测量其可能达到最高温度的不同位置上各点，这些点应记录在试验报告中。

温度测量选用的温度检测器应不会影响被测量部件的温升。

试验中，温度检测器与被试部件的表面应保证良好的热传导。

即使在最严酷的额定工作条件下，设备所使用的材料和部件的温度不能超过下列表规定的限值。为证明设备符合最高温度限值要求，温度的测量必须在设备厂家规定的最高使用环境温度下进行。同时，还需要考虑所有可能影响温度测量结果的各种额定工作模式和条件。对于最高可在 50℃环境温度下工作的设备，试验可在 0-50℃规定范围内的任意环境温度下进行，但是，必须对温度测量结果进行修正（增加或减少）。修正值为实际试验环境温度和设备最高额定环境温度的差值。功率转换设备以最大输出，间隔时间 0.5h 记录 1 次各个测试部位的温度数据，直到连续 4 次测得同一位置的温度变化不超过±1℃时，记录此时各个测试位置的最高温度。温度测量一般使用热电偶法：

a) 线圈的测量，可以用电阻变化法进行测量；

b) 对其它零部件进行测量时，实际测得温度不应超过以下规定的最低限值：

① 零部件适用的IEC标准；

② 零部件或材料制造商标称的工作温度；

(2) 若不满足于上述①②两种条件，则温度限值参照规定所示；

(3) 表33规定所示适用于样品表面或者附近的表面。

注：可以使用电阻变化法测量温升，温升值可通过附录 E 方法计算得出。

6.1.14 防护等级

设备的防护等级应按照 GB 4208-2008 要求进行验证，最低要求应满足 5.1.12 要求。

6.2 基本功能

6.2.1 电气参数

在功率转换设备给定的额定运行环境下，测量功率转换设备的电气参数应满足5.2.1.1的要求。

6.2.2 自动开关机

功率转换设备应能在制造商规定的电压范围内，自动开关机。

调节输入源，使直流侧/交流侧条件从低于功率转换设备允许工作范围下限处开始增加，当直流侧/交流侧条件高于允许范围下限时，功率转换设备应能自动开机；待功率转换设备工作稳定后，调节输入源使输入条件下降到低于允许范围下限时，功率转换设备应能自动关机。

6.2.3 恢复并网

设备在电网故障排除后能自动恢复并向电网送电，恢复时间满足 5.2.1.3 要求。

分别在过欠压关机，过欠频关机后进行恢复并网测试。

6.2.4 通讯

对功率转换设备进通讯功能验证，应满足 5.2.1.4 的要求，保证数据传输正确，并能进行参数设定。

行业标准信息服务平台

6.2.5 方阵绝缘电阻检测

将功率转换设备连入测试电路，将直流端的电压设置在高于逆变器启动的电压（功率）值。将一个小于5.2.1.5中阻抗值的电阻（约90%的要求阻抗值）的接入被测设备的直流输入端子与地之间，其响应满足5.2.1.5的要求。

功率转换设备的方阵绝缘电阻检测应满足 5.2.1.5 要求。

6.2.6 方阵残余电流监测

功率转换设备在最严酷的工况下，且直流输入端无接地，交流输出端应有一极接地。

测试时可以关闭光伏方阵的绝缘电阻监测功能。在直流输入端与地之间接入一个可调电阻。可调电阻的起始值应设定在使初始残余电流在规定的限值之上。然后逐步调低电阻值，记录残余电流保护装置动作时的电流值。该测试应重复5遍，所有测试结果不得超过5.2.1.6中的限值，否则被测设备应在0.3s内断开电网。

注：如果有多路输入，且电路分析有同样的原理及可能的测试结果，则无需逐一测试。

6.2.6.1 着火漏电流测试

测试时可以关闭光伏方阵的绝缘电阻监测功能，用电流表依次测量每个方阵端子与地之间的漏电流，符合5.2.1.6的要求。

6.2.6.2 残余电流突变测试

按以下步骤完成不同残余电流和断开时间限值条件下的残余电流突变功能测试，当测试的突变电流值超过已设置的基准连续残余电流值，需要先关闭连续残余电流检测功能。

a)预先设置基准连续残余电流值。在一个直流输入端与地之间接入一个可调电容。然后逐步调高电容值直到逆变器断开电网。然后调低电容值，使连续残余电流减小至低于断开水平，并使该残余电流值约为表14给出的残余电流突变值的150%（当残余电流突变值为30mA时，这里要求值即为45mA），并让逆变器重启。

b)施加残余电流突变。将预先调节过能产生30mA的残余电流的电阻通过一个开关连接至步骤a）中相同的直流输入端口与地之间。测量开关合上至逆变器断开电网的时间，可通过观测逆变器的输出电流及电流降至零的时间。该测试应重复5遍，所有测试结果不得超过6.7.2.5 b)中的限值。

重复步骤a)和b)，完成表14中60mA和150mA残余电流突变值及保护时间的测试。

注：如果有多路输入，且电路分析有同样的原理及可能的测试结果，则并不必逐一测试。对于大功率逆变器，可以采用电阻来代替电容或与电容组合来产生需要的电流，前提是采用的监测方法和电路经分析证明能够精确地测量电阻、电容和混合电流。

功率转换设备的方阵残余电流监测应满足 5.2.1.6 要求。

6.2.7 噪声

功率转换设备在最严酷的工况下，在噪声最强的方向，距离设备 1m 处用声级计测量功率转换设备发出的噪声。声级计测量采用 A 计权方式。

测试时至少应保证实测噪声与背景噪声的差值大于 3dB，否则应采取措施使测试环境满足测试条件要求。当测得噪声值与背景噪声相差大于 10dB 时，测量值不做修正；当实测噪声与背景噪声的差值在 3dB-10dB 之间时，按照表 36 进行噪声值的修正，其值应符合 5.2.1.7 中要求。

表 27 背景噪声测试结果修正

差值（dB）	3	4～5	6～10
修正值（dB）	-3	-2	-1

6.2.8 有功功率

功率转换设备的有功功率控制功能应满足 5.2.1.8 的要求。

6.2.8.1 变化率控制

检测步骤如下：

a) 调节逆变器的启动和停机，可预先设置逆变器的启停机有功功率变化速率；

b)使用数据采集装置分别记录启动后10min和停机前10min逆变器交流侧有功功率，以每0.2s有功功率平均值为一点，以时间轴为横坐标，绘制实测曲线，要求有功功率变化率及在测得的有功功率值与理论值的偏差在5.2.1.10要求的范围内；

c)并用示波器或录波装置采集交流电流波形，要求启停机过程中测得的最大交流峰值电流满足5.2.1.8的要求。

6.2.8.2 给定值控制

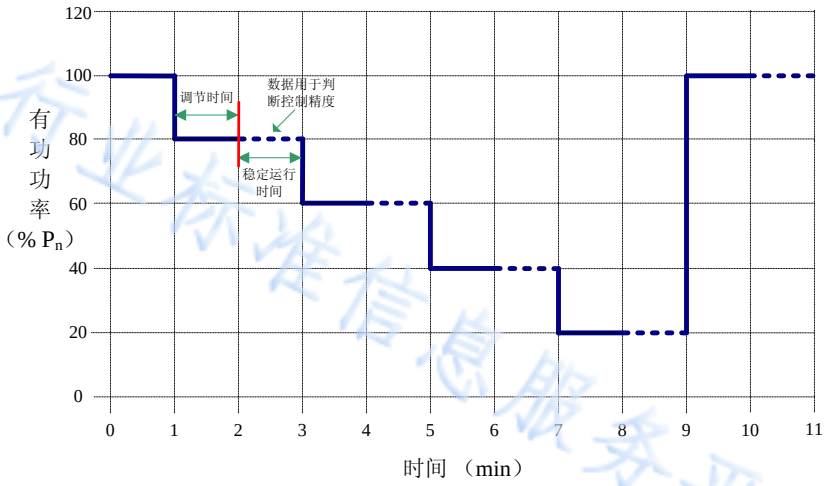
检测步骤如下：

a) 调节光伏方阵模拟器使逆变器输出有功功率达到额定值 P_N；

b) 应按照图 12 的设定曲线控制逆变器输出有功功率，并在每个功率控制目标值上保持 2min；

c) 使用数据采集装置记录逆变器交流侧电压与电流，至少每 0.2s 计算有功功率平均值，以 0.2s 为一个点绘制有功功率实测曲线；

d) 计算有功功率控制的控制精度和响应时间。



c)

图 4 有功功率控制曲线

6.2.8.3 过频降额控制

检测步骤如下：

a) 调节光伏方阵模拟器使逆变器在标称频率和标称电压条件下分别运行 10%P_N～30%P_n 和 70%P_n～90%P_n 两种工况下；

b) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照表 29 设置频率，频率阶跃时间不应大于 20ms，频率保持时间不应小于 30s；
c) 通过数据采集装置记录稳态区间中交流侧电压与电流的数据，至少每 0.2s 计算有功功率平均值；
d) 计算过频降额响应时间、调节时间、有功功率稳态均值和控制精度。

表 28 过频降额测试点

序号	机端频率（f, Hz）	频率波动波形
1	50.1	
2	50.2	
3	50.4	
4	50.6	
5	50.8	
6	51.0	

6.2.9 电压无功调节

功率转换设备的有功功率控制功能应满足 5.2.1.9 的要求。

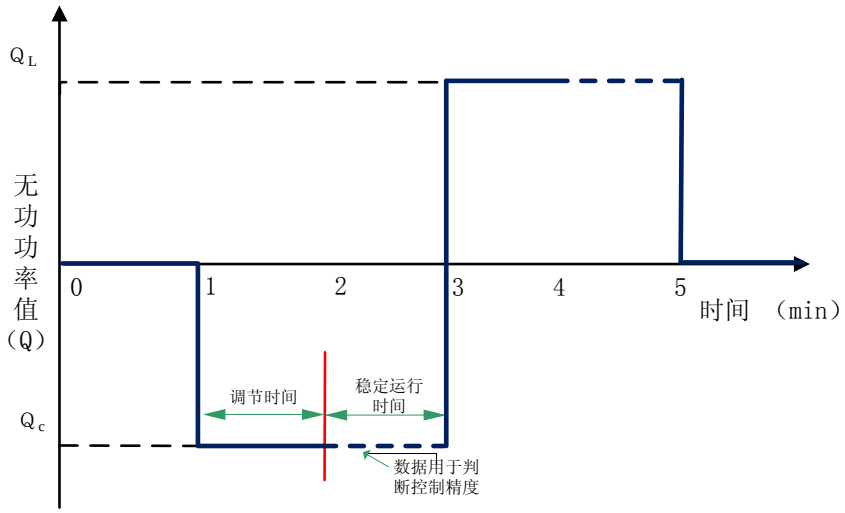
检测步骤如下：

a) 调节光伏方阵模拟器使逆变器输出有功功率达到额定值 P_n；
b) 调节逆变器运行在输出最大感性无功功率工作模式；
c) 使用数据采集装置记录 2min 有功功率和无功功率，计算 2min 内有功功率和无功功率的平均值；
d) 分别调节逆变器输出的有功功率为 90% P_n、80% P_n、70% P_n、60% P_n、50% P_n、40% P_n、30% P_n、20 P_n %及 10%P_n，重复步骤 b)～c)；
e) 调节逆变器运行在输出最大容性无功功率工作模式，重复步骤 b)～d)；
f) 以有功功率为横坐标，无功功率为纵坐标（感性为正，容性为负），绘制逆变器功率包络图。

6.2.9.1 无功功率控制

检测步骤如下：

a) 设定被测逆变器输出有功功率为 50%P_N；
b) 不限制逆变器的无功功率变化，按照图 13 的设定曲线控制逆变器输出的无功功率；
c) 使用数据采集装置在逆变器交流侧记录无功功率，以至少每 0.2s 无功功率平均值为一点，记录实测曲线；
d) 计算无功功率控制的功率控制精度和响应时间。



注：Q_L和Q_C为7.5.1节测量所得的50%P_n工况下，逆变器输出的最大感性无功和最大容性无功。

图 5 无功功率控制曲线

6.2.9.2 控制模式切换

控制模式切换检测应按如下步骤进行：

a) 通过无功控制系统设置逆变器无功运行方式为恒无功控制模式；
b) 待系统稳定运行不小于 30s 后切换至恒电压控制模式；
c) 待系统稳定运行不小于 30s 后切换至恒无功控制模式；
d) 保持稳定运行至少 30s；
e) 使用数据采集装置在逆变器交流侧记录无功功率，以每 0.2s 有功功率平均值为一点，记录实测曲线；
f) 设置逆变器无功运行方式在恒无功控制模式与恒功率因数控制模式间切换，重复步骤 a）～e）；
g) 设置逆变器无功运行方式在恒电压控制模式与恒功率因数控制模式间切换，重复步骤 a）～e）。

在模式切换期间如逆变器无法稳定运行，则每个控制模式运行至少 5min。

6.3 保护功能

6.3.1 冷却系统故障

设备冷却系统按以下要求设置故障，可根据功率转换设备设置其中一个：

a) 完全堵住或部分堵住进风口；
b) 堵转或断开冷却风扇，一次一个；
c) 循环水或其他冷却液应停止或部分限制；

功率转换设备能持续运行 7 小时不对功率转换设备造成损害或者具有自动检测温度功能，温度超过允许值时自动停止工作。

6.3.2 短路保护

短路测试前，预先将需要短路的线路连接，使用继电器或类似装置断开，功率转换设备正常启动后再进行合闸短路操作。

a) 单相功率转换设备分别将L-N接通，功率转换设备应在规定时间内断开并网回路，并报警。

行业标准信息服务平台

b) 三相功率转换设备分别将A-B、B-C、A-C，A-N、B-N、C-N接通，功率转换设备应在规定时间内断开并网回路，并报警。

要求均满足 5.2.2.2 的规定。

注 1：对于带隔离变压器的功率转换设备，短路处为隔离变压器的原边和副边。

注 2：短路测试电路不能接在与外壳连接在一起的熔断器上。

6.3.3 电网电压异常响应

将功率转换设备启动并置于额定工作状态，按 5.2.2.3 要求调节电网模拟电源电压，在不同的范围内选取三个不同的电压值 U，功率转换设备脱网时间均符合规定要求。

分别测量三次，要求均满足 5.2.2.3 的规定。

6.3.4 频率异常响应

将功率转换设备启动并置于额定工作状态，调整电网模拟电源输出频率，分别选取 f=49.5 Hz、f=50Hz 以及 f=50.5 Hz 范围内三个不同的频率值，测量功率转换设备最大脱网时间。

分别测量三次，要求均满足 5.2.2.4 的规定。

6.3.5 过载能力

调节直流源，使其输出功率满足 5. 2. 2. 5 中所描述，验证并记录保持过载运行的倍率以及时间。

6.3.6 直流侧过欠压

调节直流源的电压，直至功率转换设备直流侧电压偏离允许直流电压范围，功率转换设备的工作状态应符合 5.2.2.6 规定。

6.3.7 直流极性误接

将所有开关断开，功率转换设备直流端正负极反接，交流侧正确接线，闭合所有开关，功率转换设备应能自动跳脱保护，1 min 后将功率转换设备直流端正确接线后，功率转换设备应能正常工作。

6.3.8 交流缺相/相序错误保护

将功率转换设备输出端逐一缺相或设置反接相序，输入输出端通电加载工作电压时，设备不能工作，正确连接时功率转换设备正常运行。

6.3.9 防孤岛保护

防孤岛试验方法应满足 NB/T 42053-2015《防孤岛试验装置技术规范》中的要求，保护时间应符合 5.2.2.9 的规定。

6.3.10 防反放电保护

降低光伏侧的直流电压，其直流侧应无反向电流流过。

6.4 环境试验

6.4.1 低温启动

按照 GB/T 2423.1 中试验方法进行，将功率转换设备以预置使用的状态放置在其宣称的最低环境温度下储存，至少放置 2 小时至热平衡后，功率转换设备应能按照 5.3.1 要求进行启动。

企业标准信息服务平台

6.4.2 高温工作

按照 GB/T 2423.2 中试验方法 B 进行，将功率转换设备以预置使用的状态放置在其宣称的最高环境温度下进行存储，至少放置2小时至热平衡，功率转换设备应能在此环境下正常工作满足5.3.2要求。

6.4.3 恒定湿热

按照 GB/T 2423.3 方法进行，恒定湿热的温度为（40±2）℃或（55±2）℃，相对湿度（90±3）%无包装，不通电，耐湿热环境 48 小时，湿热试验后取出样品，在常温条件下恢复 2h，系统应能正常启动运行。

湿热试验后测量其绝缘电阻，不应小于 0.5MΩ，介质强度不应低于规定的介质强度试验电压值的75%。

6.5 性能

6.5.1 并网性能

6.5.1.1 电流谐波畸变率

功率转换设备在额定工作状态，测量功率转换设备输出电流谐波应符合 5.4.1.1 的要求。同时测量30%、50%、75%负载点时输出电流谐波，其值不应超过额定功率运行时功率转换设备注入到电网的各次谐波电流限值。

6.5.1.2 功率因数

将功率转换设备启动并置于额定工作状态，测量功率转换设备输出端功率因数。应满足 5.4.1.2 的规定。

6.5.1.3 三相电压不平衡

将功率转换设备启动并置于额定工作状态，测量功率转换设备输出端三相不平衡度应满足 5.4.1.3 的规定。

注：此项测试项目是针对三相并网功率转换设备，单相并网功率转换设备此项不适用。

6.5.1.4 电压闪变和波动

测试电网的短路容量比至少应为设备容量十倍的要求，在此条件下测试电压波动与闪变应满足5.4.1.4 的要求。

6.5.1.5 直流分量

将功率转换设备启动并置于额定工作状态，测量功率转换设备输出端直流分量应满足 5.4.1.5 的规定。

6.5.2 离网功能

6.5.2.1 电压偏差

功率转换设备工作在离网模式下，测量其公共连接点处的电压偏差符合 5.4.2.1 的要求。

6.5.2.2 电压动态瞬变范围

功率转换设备工作在离网模式下，调整负载，负载从 0%瞬间增加到 100%或从 100%突然减少到

行业标准信息服务平台

0%，测量其电压瞬变范围应符合 5.4.2.2 的要求。

6.5.2.3 电压瞬变恢复时间

功率转换设备工作在离网模式下，调整负载，负载从 0%瞬间增加到 100%或从 100%突然减少到 0%，测量其电压瞬变响应恢复时间应符合 5.4.2.3 中的规定。

6.5.2.4 离网过流保护

离网运行状态下，通过调整负载或者电压设置过流故障，验证其应具备过流保护功能，且满足 5.4.2.4 中的规定。

6.5.2.5 输出波形失真度

离网状态下，功率转换设备输出接平衡阻性额定负载，用波形失真度测量仪器测量，输出波形失真度应至少符合 5.4.2.5 的规定。

6.5.2.6 输出电压不平衡度

6.5.2.6.1 平衡负载

离网状态下，调节光储一体化变流器的输入为额定值，变流器的输出接平衡阻性额定负载，用交流电压表分别测量三相输出电压的线电压，分别为 U_{AB}、U_{BC}、U_{CA}，如图 1 所示，O 和 P 是以 CA 为公共边作的两个等边三角形的两个顶点。计算出的电压不平衡度应符合 5.4.2.6 中规定。

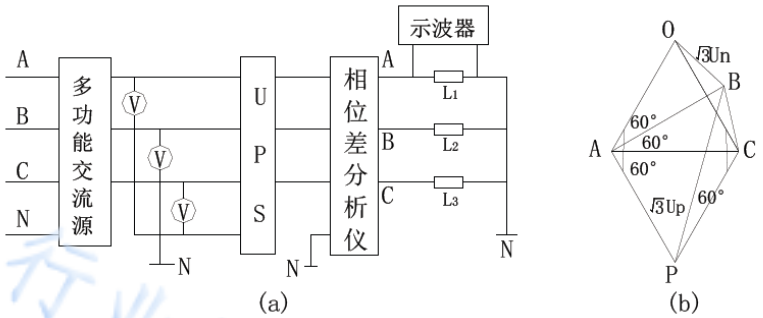


图 6 平衡负载测试电路图

6.5.2.7 并机负载电流不均衡度

1) 将 2 台或 2 台以上同型号同容量具有并机功能的功率转换设备，按照生产厂商的技术要求将功率转换设备的输出端并联，并联后输出功率为总额定功率的 95%。
2) 同时测量每台功率转换设备的输出电流，输出电流不均衡度应符合 5.4.2.7 中规定。

6.5.3 电池充放电性能及控制

6.5.3.1 稳压精度

功率转换设备在对电池进行恒压充电模式下测试其输出电压的稳压精度，满足 5.4.3.1 要求。

行业标准信息服务平台

6.5.3.2 恒压充电电压纹波

功率转换设备在对电池进行恒压充电模式下测试其输出电压的电压纹波，满足 5.4.3.2 要求。

6.5.3.3 稳流精度

功率转换设备在对电池进行恒流充电模式下测试其输出电流的稳流精度，满足 5.4.3.3 要求。

6.5.3.4 恒流充电电流纹波

功率转换设备在对电池进行恒流充电模式下测试其输出电流的电流纹波，满足 5.4.3.4 要求。

6.5.3.5 限压功能

功率转换设备限压功能应满足 5.4.3.5 要求。

6.5.3.6 限流功能

功率转换设备限流功能应满足 5.4.3.6 要求。

6.5.4 充放电功能切换

额定功率并网充电状态和额定功率并网放电状态之间运行切换的时间应满足 5.4.4 的要求。

6.5.5 效率

6.5.5.1 光伏给蓄电池充电模式效率

光伏给蓄电池充电模式下的最大充电电气效率应满足 5.4.5.1 要求。

6.5.5.2 电网给蓄电池充电模式效率

电网给电池充电模式下的最大充电效率应满足 5.4.5.2 的要求。

6.5.5.3 光伏并网发电/离网运行模式效率

逆变模式下的效率应满足 5.4.5.3 的要求。

在额定电压下，测试 5.4.5.3 规定负载点下的效率，并描出效率曲线。

6.5.5.4 电池放电模式效率

蓄电池放电模式下的最大放电转换效率应满足 5.4.5.4 的要求。

6.5.5.5 最大功率点跟踪效率

MPPT 效率包括动态 MPPT 效率及静态 MPPT 效率，测量方法按 EN 50530—2010 的要求进行，被测设备如有多个独立的直流输入端口，则每一路都需要进行测试。

6.5.6 损耗

功率转换设备在待机模式下以及空载模式下分别测量其损耗值，应满足 5.4.6 要求。

6.5.7 功率控制精度

功率转换设备的功率控制精度应满足 5.4.7 要求。

行业标准信息服务平台

6.6 电磁兼容

6.6.1 传导发射

功率子模块、辅助和控制回路模块应在满载的情况下试验，并且试验不同功率工况的传导发射骚扰，寻找最大骚扰。

系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。

试验布置：根据 GB4824-2013 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况。

试验频段：150kHz～30MHz。

试验端口：输入、输出电源端口。

试验限值：应满足第 5.5.1 章要求。

试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置和试验结果。

6.6.2 辐射发射

功率子模块、辅助和控制回路模块应在满载的情况下试验，并且试验不同功率工况的传导发射骚扰，寻找最大骚扰。

系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。

试验布置：根据 GB4824-2013 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况。

试验频段：30MHz～1000MHz。

试验端口：外壳。

天线极化方向：水平极化、垂直极化。

试验限值：应满足第 5.5.2 条款要求。

试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置和试验结果。

6.6.3 抗扰度试验

6.6.3.1 静电放电抗扰度

只对辅助和控制回路模块进行试验。

系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。

试验布置：根据 GB/T 17626.2-2006 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况。

试验电压：接触放电 6kV，空气放电 8kV。

试验端口：外壳。

静电放电施加部位：选择使用和操作人员正常使用时所能接触到的点或面，并记录。

静电放电施加间隔：脉冲时间间隔为 1s，至少施加 10 次。

性能判据：B 级。

试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置、施加部位和试验结果。

6.6.3.2 射频电磁场辐射抗扰度

功率子模块、辅助和控制回路模块可在轻载的情况下试验。

系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。

试验布置：根据 GB/T 17626.3-2006 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况。

试验频段：80MHz～1000MHz。

频率步进：≤1%。

驻留时间：每个频点的驻留时间应为 0.5s。

能源标准信息服务平台

试验场强：10V/m。
调制方式：正弦波 1kHz，80%幅度调制。
试验端口：外壳。
天线极化方向：水平极化和垂直极化。
性能判据：A 级。
试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置和试验结果。

6.6.3.3 工频磁场抗扰度

功率子模块、辅助和控制回路模块可在轻载的情况下试验。
系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。
试验布置：根据 GB/T17626.8-2006 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况。
试验频段：50Hz
试验场强：30A/m
持续时间：持续：≥60s，短时：1s～3s
试验端口：外壳。
天线极化方向：X、Y、Z 三个方向
性能判据：A 级。
试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置和试验结果。

6.6.3.4 电快速脉冲群抗扰度

功率子模块、辅助和控制回路模块可在轻载的情况下试验。
系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。
试验布置：根据 GB/T17626.4-2008 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况。
试验电压：电源线±2kV、信号线±1kV
重复频率：5kHz，100kHz
持续时间：1min
试验端口：输入、输出电源端口，功能地端口，开关量、控制、采样等信号端口
性能判据：B 级。
试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置和试验结果。

6.6.3.5 浪涌（冲击）抗扰度

功率子模块、辅助和控制回路模块可在轻载的情况下试验。
系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。
试验布置：根据 GB/T17626.5-2008 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况
试验电压：共模±2kV、差模±1kV
试验次数：正负各 5 个
重复率：每分钟一次
试验端口：输入、输出电源端口，通信端口
性能判据：B 级。
试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置和试验结果。

6.6.3.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度

功率子模块、辅助和控制回路模块可在轻载的情况下试验。

行业标准信息服务平台

系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。
试验布置：根据 GB/T17626.6-2008 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况
试验频段：150kHz～80MHz
频率步进：≤1%
驻留时间：每个频点的驻留时间应为 0.5s
试验电压：10V
调制方式：正弦波 1kHz，80%幅度调制
试验端口：输入、输出电源端口，功能地端口，开关量、控制、采样等信号端口
性能判据：A 级。
试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置和试验结果。

6.6.3.7　振铃波抗扰度

功率子模块、辅助和控制回路模块可在轻载的情况下试验。
系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。
试验布置：根据 GB/T17626.12-2013 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况。
振荡频率：100kHz
试验电压：电源线：线-地 2kV，线-线 1kV；控制线：线-地 1kV，线-线 0.5kV。
试验端口：输入、输出电源端口，功能地端口，开关量、控制、采样等信号端口。
性能判据：B。
试验报告应包括 EUT 系统配置、工作状态、试验布置和试验结果。

6.6.3.8　阻尼振荡波抗扰度

功率子模块、辅助和控制回路模块可在轻载的情况下试验。
系统配置：按照实际使用一致，使设备可以正常工作，激励与正常工作条件一致。
试验布置：根据 IEC 61000-4-18 台式或落地式要求布置，试验报告应记录试验布置情况。
振荡频率：100kHz/1MHz。
试验电压：电源线：线-地 2.5kV，线-线 1kV；控制线：线-地 1kV，线-线 0.5kV。
试验端口：输入、输出电源端口，功能地端口，开关量、控制、采样等信号端口。
性能判据：B。

6.6.3.9　电压暂降、短时中断和电压变化

试验布置：按照 GB/T 17626.11 中第 7 章的要求。
试验电压：GB/T 17626.11 的试验类别 2
电压暂降的试验优先电压等级及持续时间为：0%、持续时间 0.5 周期；0%、持续时间 1 周期；70%、持续时间 25 周期。
短时中断试验优先电压等级及持续时间为：0%、持续时间 250 周期。
试验端口：交流电源端口
性能判据：B

行业标准信息服务平台

7 试验项目

表 29 试验项目表

序号	项目	型式试验					出厂试验	要求	方法
		一般要求	并网模式	离网模式	充电模式	放电模式	适用时		
1	外观及结构检查	√					√	5.1	6.1.1
2	保护连接试验	√					√	5.1.1	6.1.2.1
3	接触电流	√						5.1.1.3	6.1.2.2
4	电气间隙	√						5.1.3	6.1.3
5	爬电距离	√						5.1.4	6.1.4
6	冲击耐压	√						5.1.5	6.1.5
7	工频耐压	√					√	5.1.6	6.1.6
8	局部放电试验	√						5.1.7	6.1.7
9	电容放电	√						5.1.8	6.1.8
10	着火危险防护	√						5.1.9	6.1.9
11	机械防护	√						5.1.10	6.1.12
12	温升	√						5.1.11	6.1.13
13	防护等级	√						5.1.12	6.1.14
14	电气参数	√						5.2.1.1	6.2.1
15	自动开关机	√						5.2.1.2	6.2.2
16	恢复并网		√					5.2.1.3	6.2.3
17	通讯	√						5.2.1.4	6.2.4
18	方阵绝缘电阻检测	√						5.2.1.5	6.2.5
19	方阵残余电流监测	√						5.2.1.6	6.2.6
20	噪声	√						5.2.1.7	6.2.7
21	有功功率控制		√					5.2.1.8	6.2.8
22	电压无功调节		√					5.2.1.9	6.2.9
23	冷却系统故障		√					5.2.2.1	6.3.1
24	短路保护		√					5.2.2.2	6.3.2
25	电网电压异常响应		√					5.2.2.3	6.3.3
26	频率异常响应		√					5.2.2.4	6.3.4
27	过载能力	√						5.2.2.5	6.3.5
28	直流侧过欠压	√						5.2.2.6	6.3.6
29	直流极性误接	√						5.2.2.7	6.3.7
30	交流缺相保护		√					5.2.2.8	6.3.8
31	防孤岛保护		√					5.2.2.9	6.3.9
32	防反放电	√						5.2.2.10	6.3.10
33	低温工作	√						5.3.1	6.4.1
34	高温工作	√						5.3.2	6.4.2
35	恒定湿热	√						5.3.3	6.4.3
36	谐波电流畸变率		√					5.4.1.1	6.5.1.1
37	功率因数		√					5.4.1.2	6.5.1.2
38	三相电压不平衡		√					5.4.1.3	6.5.1.3
39	电压波动和闪变		√					5.4.1.4	6.5.1.4
40	直流分量		√					5.4.1.5	6.5.1.5
41	电压偏差			√				5.4.2.1	6.5.2.1
42	电压动态瞬变范围			√				5.4.2.2	6.5.2.2
43	电压瞬变恢复时间			√				5.4.2.3	6.5.2.3
44	离网过流保护			√				5.4.2.4	6.5.2.4
45	输出波形失真度			√				5.4.2.5	6.5.2.5
46	输出电压不平衡度			√				5.4.2.6	6.5.2.6
47	并机负载电流不均衡度			√				5.4.2.7	6.5.2.7
48	稳压精度				√	√		5.4.3.1	6.5.3.1

行业标准信息服务平台

49	恒压充电低电压纹波				√	√		5.4.3.2	6.5.3.2
50	稳流精度				√	√		5.4.3.3	6.5.3.3
51	恒流充电电流纹波				√	√		5.4.3.4	6.5.3.4
52	限压功能				√	√		5.4.3.5	6.5.3.5
53	限流功能				√	√		5.4.3.6	6.5.3.6
54	充放电切换时间				√	√		5.4.4	6.5.4
55	效率	√						5.4.5	6.5.5
56	损耗	√						5.4.6	6.5.6
57	功率控制精度	√						5.4.7	6.5.7
58	传导发射	√						5.5.1	6.6.1
59	辐射发射	√						5.5.2	6.6.2
60	静电放电抗扰度	√						5.5.3	6.6.3.1
61	射频电磁场辐射抗扰度	√						5.5.3	6.6.3.2
62	工频磁场抗扰度	√						5.5.3	6.6.3.3
63	电快速瞬变脉冲群	√						5.5.3	6.6.3.4
63	浪涌（冲击）抗扰度	√						5.5.3	6.6.3.5
64	射频场感应的传导骚扰抗扰度	√						5.5.3	6.6.3.6
65	振铃波抗扰度		√					5.5.3	6.6.3.7
66	阻尼振荡波抗扰度		√					5.5.3	6.6.3.8
67	电压暂降、短时中断和电压变化		√					5.5.3	6.6.3.9

行业标准信息服务平台

附　录　A

（规范性附录）

A 符号

A.1　设备标识上使用的符号

设备标识上使用的符号详见下表A.1。

表A.1 标识示意

符号	描述	符号	描述
⎓	直流	⧈	通过双重绝缘或加强绝缘保护的设备
∼	交流	⚠	注意，电击危险
≂	交直流	♨	注意，灼热表面
3∼	三相交流	⚠	注意危险
3N∼	三相交流带中线	⏤	双稳按按键开启
⏚	接地	⏥	双稳按按键关闭
⏚	保护接地	→	输入端子或定额
⏚	框架或底座端子	→	输出端子或定额
📖	参考操作说明书	↔	双向端子或定额
|	开（电源）	⚠ ⏱	注意，电击危险，能量存储定时释放（放电时间标注在符号旁边）
○	关（电源）	🎧	注意听力损害危险，佩戴听力保护装置

行业标准信息服务平台