

ICS 号 29.200
中国标准文献分类号 K46

团 体 标 准

T/CPSS 1004—2018

光储一体化变流器性能检测技术规范

Technical specification for performance test of PV-storage
integrated converter

2018-06-06 发布

2018-06-06 实施

中国电源学会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 性能要求.....	3
5 性能检测.....	11
6 检测报告.....	21
附录 A（资料性附录） 变流器检测参考电路.....	22

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国电源学会提出并解释。

本标准主要起草单位：国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司南京分院、厦门科华恒盛股份有限公司、台达电子企业管理（上海）有限公司、南京南瑞太阳能科技有限公司。

本标准主要起草人：李强、吕振华、庄俊、黄强、韩华春、曾春保、柳丹、黄地、郝飞琴、陶以彬、李官军、余豪杰、詹碧英、王伟、曹智杰、吴洪洋、朱选才。

本标准首次发布。

光储一体化变流器性能检测技术规范

1 范围

本标准规定了光储一体化变流器的性能技术要求及检测技术要求。

本标准适用于直流侧电压不超过1 500 V，交流侧电压有效值不超过1 000 V的光储一体化变流器。

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 2423.1—2008 电工电子产品基本环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品基本环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3—2006 电工电子产品基本环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- 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
- GB 4824—2004 工业、科学和医疗（ISM）射频设备骚扰特性 限值和测量方法
- GB/T 7260.3 不间断电源设备(UPS) 第3部分：确定性能的方法和试验要求
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 13422 半导体电力变流器 电气试验方法
- 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 15945 电能质量 电力系统频率偏差
- GB/T 17625.7—2013 电磁兼容 限值 对额定电流≤75 A且有条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制
- GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗干扰度试验
- GB/T 17626.3—2006 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗干扰度试验
- 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
- 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
- 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
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- 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
- GB/T 17626.12—1998 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验
- GB/T 17626.14—2005 电磁兼容 试验和测量技术 电压波动抗扰度试验
- GB/T 30427 并网光伏发电专用逆变器技术要求和试验方法
- GB/T 34133 储能变流器检测技术规程
- NB/T 32004 光伏发电并网逆变器技术规范
- YD/T 1095 通信用不间断电源（UPS）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

光储一体化变流器 PV-storage integrated converter

既能够将交流电转换为直流电或将光伏阵列发出的直流电储存在蓄电池里,又可以将光伏方阵发出的直流电和电池储存的直流电变换为交流电的变流器。

3.2

交流端口 AC terminal

光储一体化变流器交流侧对外交换功率的连接端口。

3.3

光伏直流端口 PV DC terminal

光储一体化变流器直流侧光伏阵列接入端口。

3.4

储能直流端口 storage DC terminal

光储一体化变流器直流侧储能电池接入端口。

3.5

光网转换效率 PV to grid convert efficiency

储能直流端口不工作,在规定的测试周期时间内,光储一体化变流器在交流端口输出的电能与在光伏直流端口输入的电能的比值。

3.6

储网转换效率 storage to grid convert efficiency

光伏直流端口不工作,在规定的测试周期时间内,光储一体化变流器在交流端口输出的电能与在储能直流端口输入的电能的比值。

3.7

纹波 ripple

直流电压或电流中叠加在直流稳定量上的交流分量。

3.8

离网运行 stand-alone operation

切出电网后,光储一体化变流器仍对所连接的某一部分负荷继续供电状态。

3.9

电压波形失真度 voltage wave distortion

光储一体化变流器输出全部谐波电压有效值与基波有效值之比。

3.10

动态电压瞬变 dynamic voltage fluctuation

短时间内出现峰值电压下跌或上冲数十伏,甚至有时还会伴随出现输出电压波形严重失真的现象。

3.11

电压瞬变恢复时间 transient recovery time

输入电压为额定值,输出接阻性负载后,输出电流由零至额定电流和额定电流至零突变时,输出电压恢复到额定范围所需要的时间。

3.12

输出电压相位偏差 output voltage variation

并网转离网运行后,离网运行输出电压与电网电压的相位差值。

3.13

输出电流峰值系数 output current peak factor

当变流器输出电流为周期性非正弦波电流时，非正弦波电流的峰值与其有效值之比。

4 性能要求

4.1 基本功能

4.1.1 正常使用环境条件

4.1.1.1 环境温度

户内使用带气温调整装置的光储一体化变流器周围空气温度范围： $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；户内使用不带气温调整装置的光储一体化变流器周围空气温度范围： $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；户外使用光储一体化变流器周围空气温度范围： $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.1.2 海拔

光储一体化变流器安装地点的海拔不超过1 000 m；当海拔高于1 000 m时，应能按GB/T 3859.2规定降额使用。

4.1.1.3 湿度

户内使用光储一体化变流器周围空气相对湿度范围：5%~90%，无凝露；户外使用光储一体化变流器周围空气相对湿度范围：4%~100%，有凝露。

4.1.2 输入输出要求

光储一体化变流器输入输出要求包括：

- a) 应至少包含三个端口，包括储能直流端口、光伏直流端口、交流端口。
- b) 储能直流端口应具备恒压、恒流、恒功率充放电功能。光伏直流端口具备光伏出力最大功率跟踪功能。
- c) 应具有四种基本工作模式：光伏直流端口向交流端口输出功率，光伏直流端口向储能直流端口充电，储能直流端口向交流端口输出功率，交流端口向储能直流端口充电。四种工作模式可组合运行。

4.1.3 效率

在额定功率条件下，光储一体化变流器的效率应满足如下要求：

- a) 额定功率 100 kW 及以上的光储一体化变流器：光网转换效率不低于 97%；储网转换效率不低于 97%。
- b) 额定功率小于 100 kW 的光储一体化变流器：光网转换效率不低于 96%；储网转换效率不低于 94%。
- c) 光储一体化变流器空载损耗应小于额定功率的 1%。

注：具体执行参考厂商规格书，隔离变压器损耗不计入效率计算，应单独考核。

4.1.4 自动启停

光储一体化变流器应根据电压输入情况、故障及故障恢复后等情况，实现变流器的自动启停。

4.1.5 软启动

光储一体化变流器并网启动运行时，输出功率应缓慢增加，不对电网造成冲击。变流器输出功率从启动至额定值的变化率可根据电网的具体情况进行设定且最大不超过50 kW/s，或者变流器输出电流从启动至额定值的过程中电流最大值不超过变流器额定值的110%。

4.1.6 恢复并网

由于电网故障原因导致光储一体化变流器向电网停止送电，在电网电压和频率恢复到正常范围后，变流器应在20 s~5 min内能自动并网，并网时应满足4.1.5要求。

4.1.7 通信

光储一体化变流器应设置本地通讯接口。通讯接口应具有固定措施，以保证连接电缆与设备的有效连接。通讯端口电磁兼容应符合4.4要求，并易于组成网络。通讯可选用RS485等常规电气接口及Modbus等常规通讯协议。

4.1.8 并离网切换

光储一体化变流器需具备并网、离网及并离网切换工况下稳定运行能力。并网到离网工作模式切换时间不应超过100 ms。

4.1.9 功率因数

光储一体化变流器处于并网运行模式下，应具备功率因数调节能力，在交流端口交换功率达到额定有功出力条件下，功率因数应不小于0.95（超前或滞后）。

4.1.10 功率控制

光储一体化变流器应具备如下控制功能：

- a) 应兼具就地和远控两种控制方式，能实现并网功率的双向控制；
- b) 应具备储能电池充放电功率控制功能，且充放电响应时间应小于 100 ms；
- c) 应能控制光伏、储能和交流侧的三者能量平衡，实现交流侧有功功率控制。

4.2 电能质量

4.2.1 并网运行

4.2.1.1 谐波

光储一体化变流器并网运行时交流侧谐波电流应满足GB/T 14549的规定。

4.2.1.2 电压波动和闪变

光储一体化变流器并网运行时交流侧产生的电压波动和闪变应满足GB/T 12326的规定。

4.2.1.3 三相电压不平衡

三相光储一体化变流器并网运行时交流侧产生的三相电压不平衡应满足GB/T 15543的规定。

4.2.1.4 直流分量

光储一体化变流器交流侧电流中的直流电流分量不应超过其额定电流的0.5%或5 mA，应取两者中较大值。

4.2.1.5 恒流充电稳流精度

光储一体化变流器对电池进行恒流充电时，充电电流的稳流精度应符合下列要求：

- a) 充电拓扑为一级变换拓扑时稳流精度不应超过其额定电流的±5%或 1 A，应取两者中较大值；
- b) 充电拓扑为两级变换拓扑时稳流精度不应超过其额定电流的±2%或 1 A，应取两者中较大值。

4.2.1.6 恒流充电电流纹波

光储一体化变流器对电池进行恒流充电时，充电电流的电流纹波应符合下列要求：

- a) 充电拓扑为一级变换拓扑时电流纹波不应超过其额定电流的±5%或 1 A，应取两者中较大值；
- b) 充电拓扑为两级变换拓扑时电流纹波不应超过其额定电流的±2%或 0.5 A，应取两者中较大值。

4.2.2 离网运行

4.2.2.1 输出电压稳压精度

光储一体化变流器离网运行时输出电压稳压精度应小于2%。输出电压稳压精度计算方法见公式(1)。

$$S = \frac{U - U_0}{U_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

U ——光储一体化变流器输出实际电压，单位：V；

U_0 ——光储一体化变流器输出额定电压，单位：V。

4.2.2.2 输出频率

光储一体化变流器离网运行时输出频率应满足50 Hz±0.5 Hz区间范围。

4.2.2.3 输出波形失真度

光储一体化变流器离网运行时输出电压波形失真度应满足表1要求。

表1 输出波形失真度

		技术要求			备注
		I类	II类	III类	
输出波形失真度	100%阻性负载	≤ 1%	≤ 2%	≤ 4%	——
	100%非线性负载	≤ 3%	≤ 5%	≤ 7%	——

4.2.2.4 输出电压不平衡度

光储一体化变流器离网运行时输出电压不平衡度应不大于3%。

4.2.2.5 动态电压瞬变范围

光储一体化变流器离网运行时动态电压瞬变范围应不大于5%。

4.2.2.6 电压瞬变恢复时间

光储一体化变流器离网运行时电压瞬变恢复时间应满足表2要求。

表2 电压瞬变恢复时间

	技术要求			备注
	I类	II类	III类	
电压瞬变恢复时间	≤ 20 ms	≤ 40 ms	≤ 60 ms	——

4.2.2.7 输出电压相位偏差

光储一体化变流器离网运行时输出电压相位偏差应不大于2°。

4.2.2.8 输出电流峰值系数

光储一体化变流器离网带非线性负载运行时输出电流峰值系数应不小于3。

4.2.2.9 过载能力

光储一体化变流器离网运行时过载能力应满足表3要求：

表3 过载能力

	技术要求			备注
	I类	II类	III类	
过载能力	$\geq 10 \text{ min}$	$\geq 1 \text{ min}$	$\geq 30 \text{ s}$	110%额定阻性负载

4.3 电气保护功能要求

4.3.1 过电压/欠电压保护

4.3.1.1 直流端口过电压保护

当直流端口电压高于变流器允许直流电压最大值时，光储一体化变流器不得启动或在0.1 s内停机（正在运行的变流器），同时发出警示信号。直流端口电压恢复到变流器运行工作范围后，变流器应能正常启动。

4.3.1.2 交流端口过电压/欠电压保护

光储一体化变流器交流端口电压超出特定范围时，允许变流器脱离电网，脱网时应发出警示信号，变流器对异常电压的响应时间应满足表4的要求。在电网电压恢复到允许的电压范围时变流器应能正常启动运行。此要求适用于多相系统中的任何一相。

表4 异常电压的响应时间

交流端口电压	最大脱网时间
$20\% \leq U < 50\% U_N$	0.2 s
$50\% U_N \leq U < 85\% U_N$	2.0 s
$85\% U_N \leq U < 110\% U_N$	继续运行
$110\% U_N \leq U < 135\% U_N$	2.0 s
$135\% U_N \leq U$	0.05 s

4.3.2 交流端口过频/欠频保护

电网频率变化时，光储一体化变流器的工作状态应满足表5的要求。当因为频率响应的问题变流器脱离电网后，在电网频率恢复到允许运行的电网频率时变流器应能重新启动运行。

表5 异常电网频率的响应时间

频率 f	变流器响应
$f \leq 48 \text{ Hz}$	0.2 s内停止运行
$48 \text{ Hz} < f \leq 49.5 \text{ Hz}$	10 min后停止运行
$49.5 \text{ Hz} < f \leq 50.2 \text{ Hz}$	继续运行
$50.2 \text{ Hz} < f \leq 50.5 \text{ Hz}$	运行2 min后停止运行，此时处于停止运行状态的变流器不得并网
$50.5 \text{ Hz} < f$	0.2 s内停止向电网供电，此时处于停止运行状态的变流器器不得并网

4.3.3 相序或极性错误

4.3.3.1 直流极性错误

光储一体化变流器直流端口电压极性误接时，应能自动保护，待极性正确接入时，应能正常工作。

4.3.3.2 交流缺相保护

光储一体化变流器交流端口缺相时，应能自动保护，并停止工作，正确连接后应能正常工作。

4.3.3.3 交流相序保护

光储一体化变流器交流端口相序不满足产品规格时，应能报相序故障，并能自动保护，正确连接后应能正常工作。

4.3.4 短路保护

光储一体化变流器开机或运行中，检测到端口发生短路时，应能自动保护，最大跳闸时间应小于0.1 s。

4.3.5 反放电保护

光储一体化变流器光伏直流端口电压低于允许工作范围或者变流器处于关机状态时，应能自动保护，使直流端口无反向电流流过。

4.3.6 防孤岛保护

光储一体化变流器并入10 kV及以下电压等级配电网时，应具备防孤岛效应保护功能。若逆变器并入的电网供电中断，变流器应在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NB/T 32004—2013附录F。对于并入35 kV及以上电压等级输电网的变流器，可由继电保护装置完成保护。

4.4 电磁兼容

4.4.1 发射要求

4.4.1.1 电磁环境分类

按照GB 4824—2004，考虑如下两种电磁环境：

——环境A：与低压非公用电网或工业电网的场所/装置有关，含高骚扰源。

——环境B：与低压公用电网，诸如家用、商用和轻工业场所/装置有关，不包括高骚扰源。

制造商应在提供给用户的信息中规定设备的应用环境（即设备应用类别）。

4.4.1.2 传导发射

非家用或不直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的光储一体化变流器应满足GB 4824—2004中1组A类限值，见表6。

家用或直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的光储一体化变流器应满足GB 4824—2004中1组B类限值，见表7。

表6 A类设备电源端子骚扰电压限值

频率 MHz	1组A类设备限值 dB(μV)	
	准峰值	平均值
0.15~0.50	79	66
0.5~5	73	60
5~30	73	60

注1：电流大于100 A/相，使用电压探头或适当的V型网络（LISN或AMN）。
注2：1组是工科医设备简称，是为发挥其自身功能需要而有意产生和（或）使用传导耦合射频能量的设备。

表7 B类设备电源端子骚扰电压限值

频率 MHz	1组B类设备限值 dB(μ V)	
	准峰值	平均值
0.15~0.50	66~56 随频率的对数线性减小	59~46 随频率的对数线性减小
0.5~5	56	46
5~30	60	50

4.4.1.3 辐射发射

家用或直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的光储一体化变流器应满足GB 4824—2004中1组B类限值，见表8。

非家用或不直接连接到住宅的低压供电网设施中使用的光储一体化变流器应满足GB 4824—2004中1组A类限值，见表8。

表8 1组设备电磁辐射骚扰限值

频率 MHz	骚扰限值 dB(μ V/m)		
	在试验场		在现场
	1组A类设备，测量 距离10 m	1组B类设备，测 量距离10 m	1组A类设备，测量距离30 m (指距设备所在建筑物外墙 的距离) ^a
30~230	40	30	30
230~1000	47	37	37

^a: 考虑到现场测试环境的本底噪声状况，允许在距离10 m处测量时，相应限值增加10 dB。

4.4.2 抗扰度

4.4.2.1 抗扰度测试判据

制造商应提供在EMC测试期间或测试结果中性能判据定义的功能说明，测试结果按如下判据记录在测试报告里。抗扰度测试的性能判据等级见表9。

表9 抗扰度测试的性能判据等级

性能判据等级	试验期间	试验后
A	设备应按预期要求连续正常运行，不允许有任何偏离制造商声明设备性能的性能降低或性能丧失	设备应按预期要求继续运行
B	设备应按预期要求继续运行。 允许出现可接受的性能降低，如显示数值在制造商规定的限值范围内的变化，通信延迟时间在制造商规定限值范围内的变化，显示屏出现闪烁等。 但不允许出现操作状况的改变或不可逆转的存储数据的丢失。	能自行恢复暂时的性能降低，设备按预期要求继续运行。
C	可接受的性能降低和性能丧失，但没有不可逆的硬件或软件(程序/数据)破坏	在手动控制，系统重启或电源关断/开启后，设备能恢复试验期间降低或丧失的性能，并按预期要求继续运行

4.4.2.2 静电放电抗扰度

光储一体化变流器应符合GB/T 17626.2—2006的规定，能承受接触放电6 kV、空气放电8 kV的静电放电骚扰，满足性能判据等级B。

4.4.2.3 射频电磁场辐射抗扰度

光储一体化变流器应符合GB/T 17626.3—2006的规定，能承受10 kV/m的射频电磁场辐射场强骚扰，满足性能判据等级A。

4.4.2.4 电快速脉冲群抗扰度

光储一体化变流器应符合GB/T 17626.4—2008的规定，能承受电源线±2 kV、信号线±1 kV的电快速脉冲群骚扰，满足性能判据等级B。

4.4.2.5 浪涌（冲击）抗扰度

光储一体化变流器应符合GB/T 17626.5—2008的规定，能承受共模±2 kV、差模±1 kV的浪涌骚扰，满足性能判据等级A。

4.4.2.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度

光储一体化变流器射频场感应的传导骚扰抗扰度应符合GB/T 17626.6—2008的规定，能承受10 kV的射频场感应的传导骚扰，满足性能判据等级A。

4.4.2.7 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度

光储一体化变流器应符合GB/T 17626.11—2008的规定，满足性能判据等级B，具体测试等级要求见测试方法。

4.4.2.8 工频电磁场抗扰度

工频电磁场抗扰度应符合GB/T 17626.8—2006的规定，依据光储一体化变流器的预期工作环境承受不同试验等级（如表10所示）的工频磁场骚扰，满足性能判据等级A，具体试验等级选择见试验方法。

表10 磁场试验等级

等级	磁场强度 A/m
1	1
2	3
3	10
4	30
5	100
X ^a	特定
a:开放等级，可在产品规范中给出。	

4.4.2.9 阻尼振荡波抗扰度

光储一体化变流器应符合GB/T 17626.12—1998的规定，依据变流器的预期工作环境承受不同试验等级的阻尼中阻尼振荡波骚扰，满足性能判据等级A，具体试验等级选择见试验方法。

4.4.2.10 电压波动抗扰度

光储一体化变流器应符合GB/T 17626.14—2005的规定，依据变流器的预期工作环境承受不同试验等级的电压波动骚扰，满足性能判据等级A的要求，具体试验等级选择见试验方法。

4.5 特殊要求

4.5.1 配置原则

制造商应与用户协商产品是否应具备本节所述特殊要求。

4.5.2 虚拟惯量

当系统频率偏差值大于±0.03 Hz，光储一体化变流器的有功出力大于20% P_N 时，光储一体化变流器应具有惯量特性，能够快速响应系统频率变化，增加/降低其有功功率输出。惯量响应时，光储一体化变流器有功功率变化量应满足公式(2)，最大有功功率增量应不低于10% P_N ，响应时间应不大于500 ms， T_J 应在4 s~12 s范围内，推荐为5 s。

$$\Delta P \approx -\frac{T_J}{f_N} \frac{df}{dt} P_N \dots\dots\dots (2)$$

式中：

f ——光储一体化变流器并网点频率，单位：Hz；

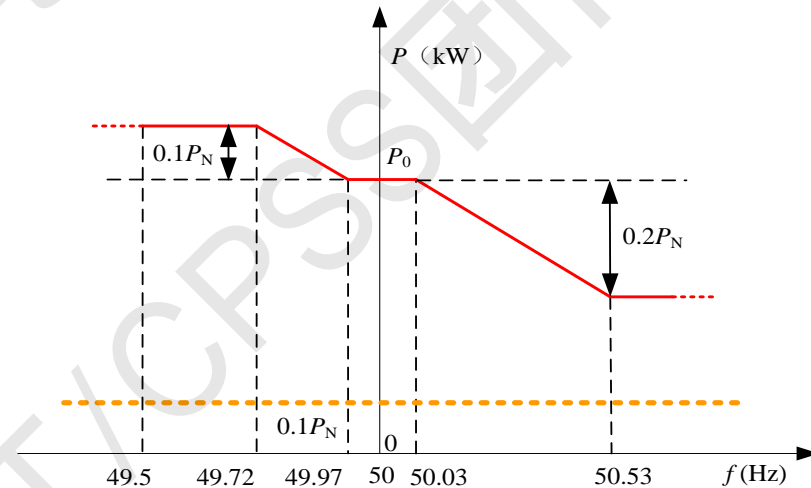
P_N ——光储一体化变流器额定功率，单位：kW；

T_J ——光储一体化变流器惯性时间常数，单位：s。

4.5.3 一次调频能力

当系统频率偏差值大于±0.03 Hz，光储一体化变流器有功出力大于10% P_N 时，光储一体化变流器应能调节有功输出，参与电网一次调频，具体要求如下：

- a) 当系统频率下降时，光储一体化变流器应增加有功输出，有功出力可增加量的最大值至少为10% P_N 。
- b) 当系统频率上升时，光储一体化变流器应减少有功输出，有功出力可减少量的最大值至少为20% P_N ，降出力到0.1 P_N 时，光储一体化变流器输出有功可不再向下调节。
- c) 有功调频系数 K_f 应在5~20范围内，推荐为20，一次调频曲线如图1所示。
- d) 一次调频的启动时间应不大于3 s，响应时间应不大于12 s，调节时间应不大于30 s，有功功率调节控制误差不应超过±2% P_N 。



注： P_0 为虚拟同步发电机初始运行功率。

图1 一次调频曲线图

4.5.4 低电压穿越

4.5.4.1 基本要求

光储一体化变流器应具备电网支撑能力，避免在电网电压异常时脱离，引起电网电源的波动，如图2所示，并网点电压异常时光储一体化变流器应满足如下要求：

- a) 并网点电压跌至 0% 标称电压时，变流器应保证不脱网运行 150 ms。
 b) 并网点电压跌至 20% 标称电压时，变流器应保证不脱网运行 625 ms。
 c) 并网点电压发生跌落 2 s 内，变流器应保证连续运行直至并网点电压恢复至标称电压的 90%。

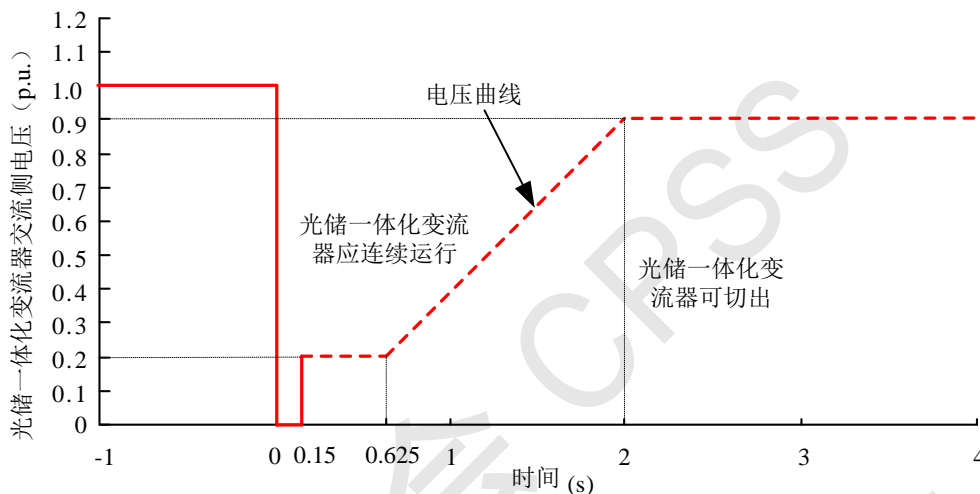


图2 光储一体化变流器的低电压穿越要求

4.5.4.2 故障类型及考核电压

针对不同的故障类型，其考核电压如表11所示。

表11 低电压穿越故障类型

故障类型	考核电压
三相短路故障	变流器并网点线电压
两相短路故障	变流器并网点线电压
相间短路故障	变流器并网点线电压

4.5.4.3 有功功率要求

光储一体化变流器有功功率在故障清除后应快速恢复，自故障清除时刻开始，以至少10%额定功率/秒的功率变化率恢复至故障前的值。

4.5.4.4 无功功率要求

当电网电压跌落时，光储一体化变流器需向电网注入动态无功，其电流标么值：

$$\begin{aligned} I_{q-ref} &= 1.5 \times (0.9 - U_T) & 0.2 \leq U_T \leq 0.9 \\ I_{q-ref} &= 1.05 U_T & U_T < 0.2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

I_{q-ref} —— 跌落时光储一体化变流器需向电网注入动态无功电流标么值；

U_T —— 跌落时电网电压的标么值。

5 性能检测

光储一体化变流器性能检测应在与实际工作等效的电气条件下进行，附录B给出了变流器性能指标检测时运行参考电路，检测设备要求参照GB/T 34133中检测装置要求执行。

5.1 基本功能检测

5.1.1 环境试验

5.1.1.1 低温工作试验

试验方法按GB/T 2423.1中“试验A”进行。

5.1.1.2 高温工作试验

试验方法按GB/T 2423.2中“试验B”进行。产品无包装，在试验温度为 $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ (户内型)或 $(60\pm 2)^\circ\text{C}$ (户外型)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后，光储一体化变流器应能正常工作。

5.1.1.3 恒定湿热试验

试验方法按GB/T 2423.3进行。产品在试验温度为 $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ (户内型)或 $(60\pm 2)^\circ\text{C}$ (户外型)，相对湿度 $(90\pm 3)\%$ 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后，光储一体化变流器应能正常工作。

5.1.2 输入输出要求

正常运行时，测试光储一体化变流器输入输出电流或功率是否满足4.1.2要求。

5.1.3 效率

根据光储一体化变流器的设计，单独启动光伏直流端口和交流端口，或储能直流端口和交流端口，测试得到光网、储网的转换效率，其值应符合4.1.3规定。

5.1.4 自动启停

通过改变光储一体化变流器输入直流电压大小，变流器应按4.1.4规定自动开机和关机。具体步骤如下：调节直流输入源，使直流侧电压从低于变流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，变流器应能自动开机；待变流器工作稳定后，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，变流器应能自动停机。

5.1.5 软启动

光储一体化变流器启动运行时，用功率分析仪等功率监测设备监测变流器的输出功率，功率的变化符合4.1.5规定。

5.1.6 恢复并网

在试验电压和频率恢复到正常范围后，测试光储一体化变流器自动恢复并网时间是否满足4.1.6要求。

5.1.7 通信

现场安装光储一体化变流器通讯软件，检查变流器是否通讯正常。

5.1.8 并离网切换

按照附录A连接检测回路，负载功率设定为被测变流器额定功率的100%，调节储能变流器工作在并网额定功率充电运行条件下，待储能变流器运行稳定后向其发离网运行命令，待储能变流器离网运行稳定后向其发并网运行命令，待储能变流器并网运行稳定设定储能变流器工作在并网额定功率充电运行，待运行稳定后断开并网开关，利用数据采集装置测量并记录储能变流器出口电压、负载电压波形，计算并网转离网切换时间是否满足4.1.8要求。

5.1.9 功率因数

当光储一体化变流器运行时，用电能质量分析仪或功率因数表测量出的功率因数（PF）值应符合4.1.9规定。

5.1.10 功率控制

操作启动光储一体化变流器，查看变流器是否具备就地和远控两种控制功能，下发功率指令，查看变流器是否具备功率控制功能。

启动光储一体化变流器，设定储能电池满载充电运行，切换为储能电池满载放电运行，然后再次切换为满载充电运行，利用录波仪记录充放电切换过程，切换过程应满足4.1.10。

5.2 电能质量检测

5.2.1 并网运行

5.2.1.1 谐波检测

根据GB/T 13422规定，当光储一体化变流器交流侧为额定功率时，测试变流器网侧的谐波电压和谐波电流是否满足4.2.1.1要求。

5.2.1.2 电压波动和闪变检测

根据GB/T 17625.7规定，测试光储一体化变流器并网运行时产生的电压波动和闪变是否满足4.2.1.2的要求。

5.2.1.3 三相电压不平衡

根据GB/T 15543规定，测试光储一体化变流器并网运行时产生的三相电压不平衡是否满足4.2.1.3的要求。

5.2.1.4 直流分量检测

测量光储一体化变流器正常运行时33%、66%、100%额定输出功率时交流侧输出电流中的直流电流分量是否满足4.2.1.4的要求。

5.2.1.5 恒流充电稳流精度检测

利用光储一体化变流器对储能电池或模拟储能进行恒流充电，设定充电电流为最大电流的20%、40%、60%、80%、100%，测试输出电流的稳流精度是否满足4.2.1.5的要求。

5.2.1.6 恒流充电电流纹波检测

利用光伏一体化变流器对储能电池或模拟储能进行恒流充电，设定充电电流为最大电流的20%、40%、60%、80%、100%，测试输出电流纹波是否满足4.2.1.6的要求。

5.2.2 离网运行

5.2.2.1 输出稳压精度

离网状态下，调节光储一体化变流器输入电压至下限值（根据各厂家的产品规格），输出接额定阻性负载，用电力谐波分析仪或电压表测量变流器的输出电压 U_a 。

调节变流器输入电压至上限值，输出空载，用电力谐波分析仪或电压表测量变流器的输出电压 U_b 。输出稳压精度用公式(1)计算，计算结果应符合4.2.2.1中的规定。

5.2.2.2 输出频率

离网状态下，光储一体化变流器输出接额定阻性负载，用电力谐波分析仪测量输出频率应符合4.2.2.2中的规定。

5.2.2.3 输出波形失真度

离网状态下，光储一体化变流器输出分别接额定阻性负载与非线性负载，用波形失真度测量仪器测量，输出波形失真度应至少符合4.2.2.3表1中III类的规定。

5.2.2.4 输出电压不平衡度

5.2.2.4.1 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3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。电压不平衡度按公式（4）计算，应符合4.2.2.4中规定。

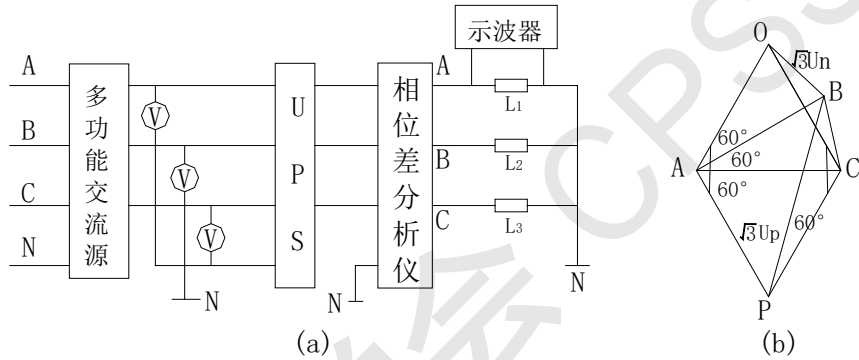


图3 平衡负载测试电路图

5.2.2.4.2 100%不平衡负载

离网状态下，调节光储一体化变流器的输入为额定值，使变流器三相输出中的任意一相接额定阻性负载，其它两相均为空载，分别测量变流器输出线电压，由图4及公式(4)计算输出电压不平衡度应符合4.2.2.4中的规定。

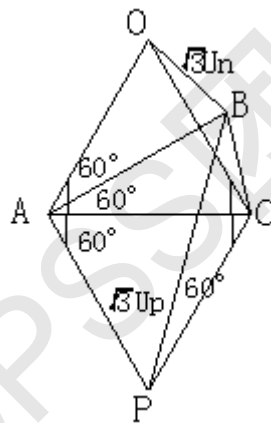


图4 输出电压不平衡度

$$Y_v = OB / PB = (U_n / U_p) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- Y_v ——电压不平衡度；
- U_p ——电压的正序分量，单位：V；
- U_n ——电压的负序分量，单位：V。

5.2.2.5 动态电压瞬变范围

离网状态下，光储一体化变流器输出接阻性负载，输出电流由零突加至额定值，再由额定值突减至零。用存储示波器分别测量两次电流突变时输出电压峰峰值的瞬变值，该瞬变值与稳定时的输出电压峰峰值之比应符合4.2.2.5的规定。

5.2.2.6 电压瞬变恢复时间

离网状态下，光储一体化变流器输出接阻性负载，用存储示波器分别测量电流突加和突减时，输出电压有效值恢复到稳压精度范围内所经过的时间应符合4.2.2.6中表2的III类的规定。

5.2.2.7 输出电压相位偏差

离网状态下，光储一体化变流器的三相输出接平衡额定阻性负载，输入为额定值，用相位差计测量三相输出的相位差，其值应符合4.2.2.7的规定。

5.2.2.8 输出电流峰值系数

光储一体化变流器交流端口接非线性负载，调节负载至额定容量（VA）。调节非线性负载峰值电流，并保持变流器的输出额定容量，用电力谐波分析仪测量变流器交流端口电流的峰值 I_P 和有效值 I_A 。输出电流峰值系数 $F_A = I_P/I_A$ ，应符合4.2.2.8中规定。

5.2.2.9 过载能力

光储一体化变流器交流接口接线性负载，调节负载至额定容量的110%，用秒表记录变流器能正常运行的时间，应符合4.2.2.9中规定。

5.3 电气保护功能检测

5.3.1 过电压/欠电压保护

5.3.1.1 直流侧过电压/欠电压保护

调节光储一体化变流器直流端口的电压，直至变流器直流端口电压偏离允许直流电压范围，变流器的工作状态应符合4.3.1.1的规定。

5.3.1.2 交流侧过电压/欠电压保护

将光储一体化变流器启动并置于正常工作状态，按4.3.1.2的要求调节电网模拟电源电压，在不同的范围内选取3个不同的电压值 U ，变流器最大脱网时间均符合规定要求。分别测量3次，要求均满足4.3.1.2的规定。

5.3.2 过频/欠频保护

将光储一体化变流器启动并置于正常工作状态，按4.3.2的要求调节模拟电网装置输出频率，分别选取 $49.5\text{ Hz} < f < 50.5\text{ Hz}$ 、 $f < 49.5\text{ Hz}$ 、 $f > 50.5\text{ Hz}$ 内3个不同的频率值，测量变流器最大脱网时间。分别测量3次，要求均满足4.3.2的规定。

5.3.3 极性或相序错误保护

5.3.3.1 直流极性误接保护

将所有开关断开，光储一体化变流器直流端口正负极反接，交流端口正确接线，闭合所有开关，变流器应能自动跳闸保护。1 min后将变流器直流端口正确接线后，变流器应能正常工作，符合4.3.3.1的规定。

5.3.3.2 交流缺相保护

将光储一体化变流器交流端口逐一缺相连接，交流、直流端口通电加载工作电压时，保护应能正常动作，符合4.3.3.2的规定。

5.3.3.3 交流相序保护

将光储一体化变流器交流端口相序颠倒，交流、直流端口通电加载工作电压时，设备不能工作；当相序恢复正常时变流器可正常运行，符合4.3.3.3的规定。

5.3.4 短路保护

短路保护测试前,预先将需要短路的线路连接使用继电器或类似装置断开,光储一体化变流器正常启动后再进行合闸短路操作。

单相变流器将L-N连通,变流器应在规定时间内断开并网回路,并报警。

三相变流器分别将A-B、B-C、A-C、A-N、B-N、C-N接通,再接通电源,变流器应在规定时间内断开并网回路,并报警。

变流器断开并网回路的时间应符合4.3.4中规定。

5.3.5 防反放电保护

降低光储一体化变流器光伏直流端口电压,使变流器处于关机状态,测量变流器光伏直流端口电流应为零。

5.3.6 防孤岛保护

参照NB/T 32004标准中8.4.4.7,开展光储一体化变流器防孤岛保护测试,应在同时启动光伏直流端口和储能直流端口的情况开展测试,分析测试两个直流端口100%额定功率、50%~60%额定功率和25%~33%额定功率条件下变流器防孤岛保护功能,应满足4.3.6规定。

5.4 电磁兼容检测

5.4.1 发射要求测试

5.4.1.1 传导发射

光储一体化变流器应在满载状态下运行,参照GB 4824—2004的规定并在下述条件下进行试验:

- a) 测试频段: 150 kHz~30 MHz;
- b) 测试端口: 输入、输出电源的端口、信号线;
- c) 测试限值: 参照 GB 4824—2004 1 组 A 类或 B 类限值。

注: 针对直流端口传导发射测试用的考核限值及人工网络的规范,目前国际上仍在讨论中;在正式标准发布前,建议使用GB 4824—2004规定的限值考核直流电源端口(超出人工电源网络耐压极限的端口可使用电压探头测试)。

5.4.1.2 辐射发射

光储一体化变流器应在满载状态下运行,参照GB 4824—2004规定并在下述条件下进行试验:

- a) 测试频段: 30 MHz~1 000 MHz;
- b) 测试端口: 外壳整体;
- c) 测试限值: 参照 GB 4824—2004 1 组 A 类或 B 类限值。

5.4.2 抗扰度测试

5.4.2.1 静电放电抗扰度

光储一体化变流器可在轻载状态下运行,按照GB/T 17626.2—2006的规定并在下述条件下进行试验:

- a) 试验电压: 接触放电 6 kV, 空气放电 8 kV;
- b) 测试端口: 外壳整体;
- c) 每个敏感试验点放电次数: 正负极各 10 次, 每次放电间隔至少为 1 s;
- d) 性能判据等级: B。

5.4.2.2 射频电磁场辐射抗扰度

光储一体化变流器可在轻载状态下运行,按照GB/T 17626.3—2006的规定并在下述条件下进行试验:

- a) 频率范围：80 MHz~1 000 MHz；
- b) 试验场强：10 V/m（非调制）；
- c) 正弦波 1 kHz，80%幅度调制；
- d) 测试端口：外壳整体；
- e) 天线极化方向：水平和垂直方向；
- f) 性能判据等级：A。

5.4.2.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

光储一体化变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.4—2006的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：±2 kV（电源线），±1 kV（信号线）；
- b) 测试端口：交流端口、直流端口、信号线；
- c) 重复频率：100 kHz；
- d) 持续时间：1 min；
- e) 性能判据等级：B。

5.4.2.4 浪涌（冲击）抗扰度

光储一体化变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.5—2008的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：±2 kV（共模），±1 kV（差模）；
- b) 测试端口：交流端口、直流端口、信号线；
- c) 极性：正、负；
- d) 试验次数：正负极性各 5 次；
- e) 重复率：每分钟一次；
- f) 性能判据等级：B。

5.4.2.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

光储一体化变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.6—2006的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 频率范围：0.15 MHz~80 MHz；
- b) 试验场强：10 V/m（非调制）；
- c) 测试端口：交流端口、直流端口、信号线；
- d) 正弦波 1 kHz，80%的幅度调制；
- e) 扫描步进：≤ 1%；
- f) 性能判据等级：A。

5.4.2.6 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度

光储一体化变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.11—2008的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 电压暂降等级：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；
- b) 电压中断严酷等级：0%持续 250 周期；
- c) 测试端口：交流端口；
- d) 持续时间：10 s；
- e) 性能判据等级：B。

5.4.2.7 工频磁场抗扰度

光储一体化变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.8—2006的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 测试等级：等级 3 A/m~10 A/m（家用或直接连接到住宅低压供电网设施中使用的光储一体化变流器），等级 4 A/m~30 A/m（非家用或连接到工业设备中使用的光储一体化变流器）；
- b) 测试端口：外壳整体；
- c) 线圈相对位置：X、Y、Z3 个方向；
- d) 性能判据等级：A。

5.4.2.8 阻尼振荡波抗扰度

仅考核在变电站区域设施中使用的光储一体化变流器。

光储一体化变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.12—1998的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 测试等级：等级 2（与控制室和继电器室内设备电缆相连使用的光储一体化变流器）；等级 3（与安装在继电器室内的设备电缆相连使用的光储一体化变流器）。
- b) 振荡频率：100 kHz 和 1 MHz；
- c) 持续时间：至少 2 s；
- d) 测试端口：交流端口；
- e) 性能判据等级：A。

5.4.2.9 电压波动抗扰度

光储一体化变流器可在轻载状态下运行，按照GB/T 17626.14—2005的规定并在下述条件下进行试验：

- a) 测试等级：等级 2（家用或直接连接到住宅低压供电网设施中使用的光储一体化变流器）；等级 3（非家用或连接到工业电网设备中使用的光储一体化变流器）；
- b) 测试端口：输出 AC 电源端口；
- c) 性能判据等级：A。

5.4.3 测试端口

EMC测试项目对应的测试端口汇总表见表12。

表12 EMC 测试项目对应的测试端口汇总表

测试端口	外壳整体	直流端口	交流端口	信号端口
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、短时中断和电压变化的抗扰度	—	—	√	—
工频磁场抗扰度	√	—	—	—
阻尼振荡波抗扰度	—	—	√	—
电压波动抗扰度	—	—	√	—

注：打“√”表示在此端口要做对应的 EMC 试验。

5.5 特殊要求

5.5.1 虚拟惯量

关闭光储一体化变流器一次调频功能,调节电网模拟装置与光伏方阵模拟器使光储一体化变流器在标称频率和标称电压条件下分别运行 $10\% \sim 30\%P_N$ 和 $70\% \sim 90\%P_N$ 两种工况下。

调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照图5的曲线变化,在 $t_0 \sim t_1$ 、 $t_2 \sim t_3$ 、 $t_4 \sim t_5$ 、 $t_6 \sim t_7$ 内频率变化率保持为 0.5 Hz/s , $t_4 - t_3 \geq 2 \text{ min}$ 、 $t_6 - t_5 = t_2 - t_1 = 1 \text{ min}$ 。

通过数据采集装置分别记录频率变化区间和稳态区间中光储一体化变流器交流侧电压与电流的数据,以每 20 ms 为周期计算响应于惯量的有功功率平均值。

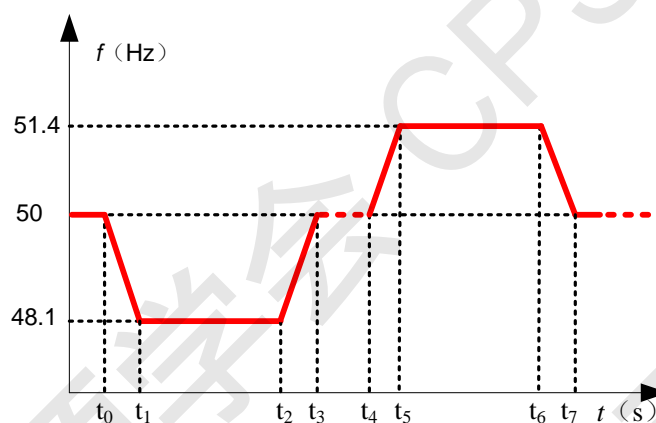
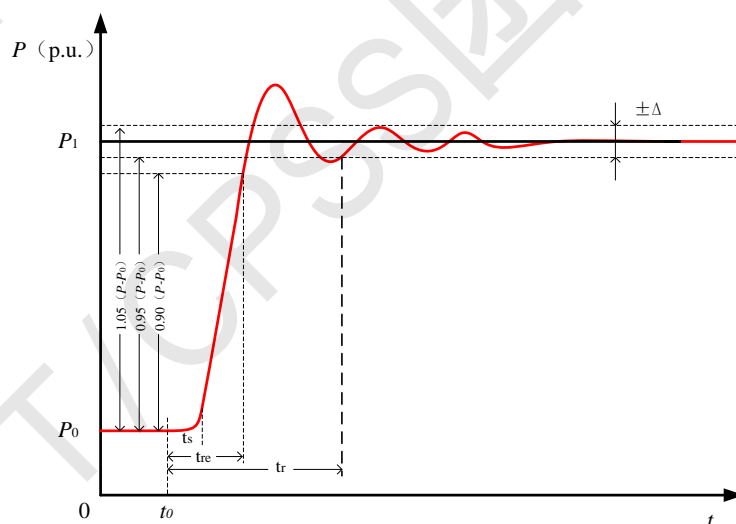


图5 惯量响应特性测试曲线

5.5.2 一次调频能力

参照图6所示一次调频曲线,利用测试装置在测试点产生要求的频率波动,测试光储一体化变流器在系统频率波动时对电网自主有功一次调频的能力。



符号:

P_0 ——有功功率初始值;

P_1 ——有功功率目标值;

t_0 ——频率阶跃起始时间;

t_s ——调频启动时间,即从频率信号加入开始到有功变化至 $0.1(P_1 - P_0)$ (p.u.)所需时间;

- t_{re} ——有功响应时间；
 t_r ——有功调节时间；
 Δ ——有功功率调节误差带。

图6 一次调频特性测试曲线









测试步骤如下：

打开光储一体化变流器一次调频功能，按照测试平台连接光储一体化变流器和相关测试、测量设备；调节电网模拟装置与光伏方阵模拟器使光储一体化变流器在标称频率和标称电压条件下分别运行 $10\%P_N \sim 30\%P_N$ 和 $70\%P_N \sim 90\%P_N$ 两种工况下；

调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照表13设置频率，频率保持时间不应小于30 s；

通过数据采集装置记录稳态区间中光储一体化变流器交流侧电压与电流的数据，以每20 ms为一点计算一次调频响应的有功功率平均值；

表13 一次调频测试点

序号	机端频率 f (Hz)	频率波动波形
1	48.5	
2	49.0	
3	49.8	
4	49.9	
5	50.1	
6	50.2	
7	50.4	
8	51.0	

5.5.3 低电压穿越检测

故障穿越检测前应先进行故障模拟测试，检测应按如下步骤进行：

- 断开检测回路中光储一体化变流器与电网模拟装置间的连接；
- 调节电网模拟装置，模拟线路三相对称故障，电压跌落点应满足本规程 4.5.3 (1) 节的要求；
- 调节电网模拟装置，模拟 4.5.3 (2) 表 11 中的 AB、BC、CA 相间短路或接地短路故障的一种，电压跌落点应满足本规程 4.5.3 (1) 节的要求；
- 在电网模拟装置的低电压模拟结果满足要求的情况下，可进行故障穿越负载测试。负载测试时电网模拟装置的配置应与空载测试保持一致；
- 将故障模拟测试中断开的光储一体化变流器与电网模拟装置相连；
- 调节光储一体化变流器分别在 $0.1 P_N \sim 0.3 P_N$ 和不少于 $0.7 P_N$ 两种工况下进行检测；
- 控制电网模拟装置进行三相对称电压跌落；
- 通过数据采集装置记录被测光储一体化变流器交流输出侧电压和电流的波形，记录应包含故障前 10 s 到故障恢复正常后 6 s 之内的数据；
- 控制电网模拟装置进行不对称电压跌落，重复步骤 b)~f)；
- 每个故障点应连续做两次试验，两次试验均通过方为通过。

6 检测报告

在检测过程中，应及时整理有关数据和资料。试验结束后，应核实观察、测定和计算结果，并整理汇总，编写检测报告。

检测报告应包括以下内容：

- 检测时间、地点、试验人员；
- 检测目的；
- 被检样机主要技术参数；
- 检测条件及分析；
- 检测结果及分析；
- 结论；
- 附件。

附 录 A
(资料性附录)
变流器检测参考电路

图A.1给出光储一体化变流器电气性能指标检测的参考电路图，部分保护功能的检测平台也可参照此电路图。测试要求如下：

- a) 电网模拟装置的容量不宜小于被测变流器最大输出功率，且输出电压和频率能在一定范围内调节；
- b) 被测变流器的光伏直流输入源应为光伏方阵或光伏方阵模拟器；储能直流输入源应为储能电池或储能电池模拟器。光伏/储能直流输入源需大于被测变流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变流器直流输入电压的工作范围相匹配，试验期间直流输入源的输出电压波动应不超过 5%。

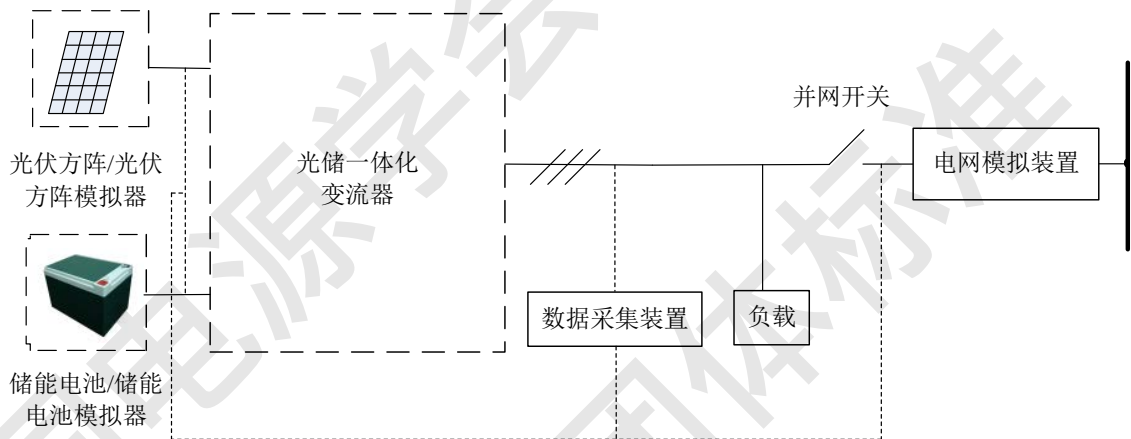


图 A.1 电气性能检测参考电路图