

ICS 27.160
F 12
备案号: 54691-2016

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 32032 — 2016

光伏电站逆变器效率检测技术要求

Technical code for inverter efficiency testing of photovoltaic power station

2016-01-07 发布

2016-06-01 实施

国家能源局 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 总则	3
5 检测设备	3
6 检测框图	4
7 检测方法	5
附录 A (规范性附录) 检测记录	11
附录 B (资料性附录) 光伏方阵模拟器 $I-U$ 特性模型	17
附录 C (规范性附录) 各地区资源加权因子	21

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。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院、复旦大学、新疆特变电工股份有限公司、国网青海省电力公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：李臻、陈志磊、孙耀杰、牛晨晖、吴福保、张军军、秦筱迪、李政、夏烈、张磊、张海宁、李春来。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

光伏电站逆变器效率检测技术要求

1 范围

本标准规定了光伏电站逆变器效率的检测内容、检测设备、检测方法等。
本标准适用于并网型光伏逆变器，不适用于离网型光伏逆变器。

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 12325 电能质量 供电电压偏差

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 20840.2 互感器 第2部分：电流互感器的补充技术要求

GB 20840.3 互感器 第3部分：电磁式电压互感器的补充技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

并网型光伏逆变器 grid-connected photovoltaic (PV) inverter
光伏电站中将直流电转换为交流电馈入电网的变流设备。

3.2

光伏方阵模拟器 photovoltaic (PV) array simulator
模拟光伏方阵 $I-U$ 等效特性的可控直流电源。

3.3

太阳辐照度 solar global irradiance
入射于水平表面单位面积上的全部太阳辐射通量 (W/m^2)。

3.4

标准测试条件 standard test conditions; STC
辐照度为 $1000W/m^2$ ，光谱分布为 AM1.5，组件温度为 $25^\circ C$ 的测试工况。

3.5

最大功率点跟踪 maximum power point tracking; MPPT
使光伏方阵运行在最大功率点或其附近的控制策略。

3.6

最大功率点电压 maximum power point voltage
光伏方阵或光伏方阵模拟器以最大功率输出时对应的电压值。

3.7

静态 MPPT 效率 static maximum power point tracking efficiency
在辐照强度恒定工况下，在一定的测量周期内被测光伏逆变器直流侧输入的电能与光伏方阵模拟器

理论上在最大功率点提供直流电能的比值。

3.8

动态 MPPT 效率 dynamic maximum power point tracking efficiency

在辐照强度变化工况下，在一定的测量周期内被测光伏逆变器直流侧输入的电能与光伏方阵模拟器理论上在最大功率点提供直流电能的比值。

3.9

静态转换效率 static conversion efficiency

在辐照强度恒定工况下，在一定的测量周期内被测光伏逆变器交流侧输出的电能与直流侧输入的电能之比。

3.10

总效率 total efficiency

在辐照强度恒定工况下，在一定的测量周期内被测光伏逆变器交流侧输出的电能与光伏方阵模拟器理论上在最大功率点提供直流电能的比值。

3.11

最大输入电压 maximum input voltage

$$U_{DCmax}$$

光伏逆变器直流输入侧能承受的最大电压值。

3.12

最小输入电压 minimum input voltage

$$U_{DCmin}$$

光伏逆变器可向电网输送电能时的直流输入侧最小电压值。

3.13

MPP 最大电压 maximum power point (MPP) maximum voltage

$$U_{MPPmax}$$

光伏逆变器在 MPPT 工况下可输出额定功率的直流输入侧最大电压值。

3.14

MPP 最小电压 maximum power point (MPP) minimum voltage

$$U_{MPPmin}$$

光伏逆变器在 MPPT 工况下可输出额定功率的直流输入侧最小电压值。

3.15

额定输入电压 rated input voltage

$$U_{DC,r}$$

光伏逆变器使用说明书规定的输入电压值，若说明书未规定，则可通过下列公式计算：

$$U_{DC,r}=(U_{MPPmax}+U_{MPPmin})/2$$

式中：

$U_{DC,r}$ —— 额定输入电压；

U_{MPPmax} —— MPP 最大电压；

U_{MPPmin} —— MPP 最小电压。

3.16

额定输入功率 rated input power

$$P_{DC,r}$$

光伏逆变器在连续运行条件下，交流侧输出达到额定值时直流侧的功率，若逆变器使用说明书未规定，则可通过下列公式计算：

$$P_{DC,r} = P_{AC,r} / \eta_{conv,r}$$

式中：

$P_{DC,r}$ ——逆变器额定输入功率；

$P_{AC,r}$ ——逆变器额定输出功率；

$\eta_{conv,r}$ ——逆变器在额定输入电压下的静态转换效率。

3.17

光伏方阵模拟器 MPP 功率 PV array simulator MPP power

$P_{MPP,PVS}$

光伏方阵模拟器按光伏特性曲线运行时输出的最大功率值。

3.18

光伏方阵模拟器 MPP 电压 PV array simulator MPP voltage

$U_{MPP,PVS}$

光伏方阵模拟器输出 MPP 功率时的电压值。

3.19

光伏方阵模拟器 MPP 电流 PV array simulator MPP current

$I_{MPP,PVS}$

光伏方阵模拟器输出 MPP 功率时的电流值。

4 总则

4.1 环境条件

- a) 环境温度：20℃～30℃；
- b) 环境相对湿度：不超过 90%；
- c) 气压条件：不低于 90%标准大气压。

4.2 电网条件

被测光伏逆变器连接的电网相关技术指标应符合下列要求：

- a) 电压谐波总畸变率在 10min 内测得的方均根值应满足 GB/T 14549 的要求；
- b) 电网频率 10s 测量平均值应满足 GB/T 15945 的要求；
- c) 电网电压 10min 方均根值应满足 GB/T 12325 的要求；
- d) 电网电压三相不平衡度应满足 GB/T 15543 的要求。

4.3 检测内容

光伏电站逆变器效率的检测内容应包括：静态 MPPT 效率、动态 MPPT 效率、静态转换效率和总效率。

5 检测设备

5.1 光伏方阵模拟器

光伏方阵模拟器应准确模拟光伏方阵的静态和动态特性。光伏方阵模拟器输出的 $I-U$ 特性曲线应满足表 1 的要求。

表 1 光伏方阵模拟器输出特性参数

特性参数	晶硅组件	薄膜组件	误差
$\frac{U_{MPP} _{G=200W/m^2}}{U_{MPP} _{G=1000W/m^2}}$	0.95	0.98	≤1%
$FF_U = \frac{U_{MPP,STC}}{U_{OC,STC}}$	0.8	0.72	≤1%
$FF_I = \frac{I_{MPP,STC}}{I_{SC,STC}}$	0.9	0.8	≤1%

注 1: $U_{MPP}|_{G=200W/m^2}$ 是辐照度为 $G=200W/m^2$ 时的 MPP 电压值。
 注 2: $U_{MPP}|_{G=1000W/m^2}$ 是辐照度为 $G=1000W/m^2$ 时的 MPP 电压值。
 注 3: $U_{MPP,STC}$ 为标准测试条件下的 MPP 电压值。
 注 4: $U_{OC,STC}$ 为标准测试条件下的开路电压值。
 注 5: $I_{MPP,STC}$ 为标准测试条件下的 MPP 电流值。
 注 6: $I_{SC,STC}$ 为标准测试条件下的短路电流值。
 注 7: FF_U 为标准条件下 MPP 电压值与开路电压值的比。
 注 8: FF_I 为标准条件下 MPP 电流值与短路电流值的比。

在一定的测试条件下可通过表 1 确定曲线参数 (U_{OC} , U_{MPP} , P_{MPP} , FF_U , FF_I), 并符合下列规定:

- a) 输出电压为 $(0.9\sim 1.1) U_{MPP}$ 时, 输出功率值与曲线理论值的偏差不应超过 1%;
- b) 输出电压为 U_{MPP} , 输出功率值与 P_{MPP} 的偏差不应超过 0.1%;
- c) 输出特性应具备动态调节功能;
- d) 输出特性的响应速度应大于被测逆变器的 MPPT 跟踪速度。

5.2 测量装置

测量设备的准确度应至少满足表 2 的要求。电压互感器应满足 GB 20840.3 的要求, 电流互感器应满足 GB 20840.2 的要求, 传感器的响应时间应小于 100μs, 数据采集装置的测量带宽不应小于 1kHz。

表 2 测量设备准确度要求

设备名称	准确度等级
交流电压互感器	0.2 级
直流电压传感器	0.2 级
交流电流互感器	0.2 级
直流电流传感器	0.2 级
数据采集系统	0.2 级

6 检测框图

光伏电站逆变器效率应按照图 1 进行检测。

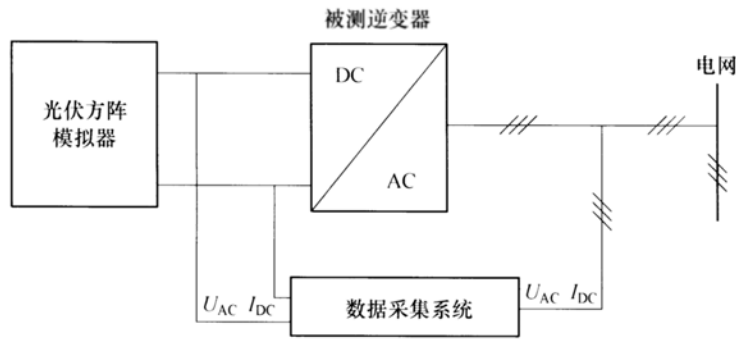


图 1 光伏电站逆变器效率检测框图

7 检测方法

7.1 静态 MPPT 效率检测

7.1.1 检测条件

- a) 逆变器具有多个输入端口时，每个输入端口参数配置应与逆变器使用说明书要求一致，除非逆变器使用说明书另作要求，光伏模拟器输出功率应平均分配到每个输入端口；
- b) 静态 MPPT 效率检测应符合表 3 的要求；
- c) 静态 MPPT 效率的检测宜与转换效率的检测同时进行。

表 3 静态 MPPT 效率测试点

光伏方阵模拟器 MPP 电压	I-U 特性 (见附录 A)	光伏方阵模拟器 MPP 功率与被测逆变器额定直流功率之比 $P_{MPP, PVS} / P_{DC, r}$							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	……	1.00
$U_{MPPmax}(0.8U_{DCmax})^a$	晶硅组件								
$U_{MPPmin}+0.95\Delta U_1^b$	晶硅组件								
...	晶硅组件								
$U_{MPPmin}+0.10\Delta U_1$	晶硅组件								
$U_{MPPmin}+0.05\Delta U_1$	晶硅组件								
U_{MPPmin}	晶硅组件								
$U_{MPPmax}(0.7U_{DCmax})^c$	薄膜组件 ^e								
$U_{MPPmin}+0.95\Delta U_2^d$	薄膜组件 ^e								
...	薄膜组件 ^e								
$U_{MPPmin}+0.10\Delta U_2$	薄膜组件 ^e								
$U_{MPPmin}+0.05\Delta U_2$	薄膜组件 ^e								
U_{MPPmin}	薄膜组件 ^e								

^a 在 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值；
^b ΔU_1 为 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者选取最小值与 U_{MPPmin} 之间的差额；
^c 在 U_{MPPmax} 和 $0.7U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值；
^d ΔU_2 为 U_{MPPmax} 和 $0.7U_{DCmax}$ 两者选取最小值与 U_{MPPmin} 之间的差额；
^e 如被测逆变器不适用薄膜组件，这些测量点可不测量。

7.1.2 检测步骤

- a) 按照图 1 连接光伏方阵模拟器、被测光伏逆变器以及相关的测量设备；
- b) 根据 7.1.1 规定的检测条件调节光伏方阵模拟器来模拟光伏方阵的 $I-U$ 输出特性；
- c) 被测逆变器输出稳定后，测量输入电压 U_{DC} 和输入电流 I_{DC} ，测量时间为 2min；
- d) 应在测试报告中记录被测逆变器稳定时间，当被测逆变器在 MPPT 模式下无法稳定运行，应至少等待 5min 再进行测量。

7.1.3 数据计算与评估

利用公式(1)计算静态 MPPT 效率并将结果填入检测报告，根据检测结果绘制被测设备的静态 MPPT 效率分布等值线图。被测设备设置的修改、测量中异常现象和测量步骤的更改都应记录在检测报告中。

$$\eta_{MPPT,stat} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{DC,i} \cdot I_{DC,i} \cdot \Delta T}{P_{MPP,PVS} \cdot T_M} \quad (1)$$

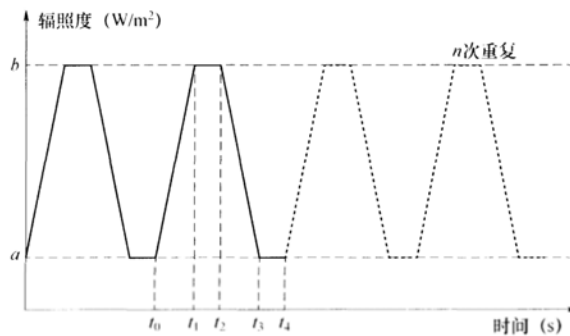
式中：

- n ——采样数据点总数；
- $U_{DC,i}$ ——直流输入电压的瞬时值；
- $I_{DC,i}$ ——直流输入电流的瞬时值；
- ΔT ——采样周期，不应大于 100 μ s；
- $P_{MPP,PVS}$ ——光伏方阵模拟器实际能输出的 MPP 功率；
- T_M ——检测时间， $T_M=n \times \Delta T$ ，取 2min。

7.2 动态 MPPT 效率检测

7.2.1 检测条件

- a) 调节光伏方阵模拟器输出曲线参数，使辐照度 $G=1000W/m^2$ 工况下对应的 P_{MPP} 等于被测设备额定输入功率 $P_{DC,r}$ ，使 U_{MPP} 对应被测设备额定输入电压。
- b) 被测逆变器具有多个直流输入端口时，每个输入端口参数配置应与逆变器使用说明书要求一致。除非逆变器使用说明书另作要求，光伏方阵模拟器输出功率应平均分配到每个输入端口。
- c) 光伏方阵模拟器输出特性可参考附录 B 中公式 (B.3) ~ (B.7)，其中辐照度参数变化曲线应满足图 2 的要求，其他参数应满足表 1 的要求。



注： t_0 与 t_1 的时间间隔为辐照度上升时间， t_1 与 t_2 的时间间隔为辐照度峰值保持时间， t_2 与 t_3 的时间间隔为辐照度下降时间， t_3 与 t_4 的时间间隔为辐照度谷值保持时间。

图 2 动态 MPPT 辐照度波动曲线

7.2.2 检测步骤

7.2.2.1 低辐照度检测

- 按照图 1 连接光伏方阵模拟器、逆变器以及相关的检测设备；
- 待被测逆变器输出稳定后，调节光伏方阵模拟器辐照度参数按照图 2 曲线变化并记录输入电压和输入电流，图中参数应满足表 4 的要求；
- 应在测试报告中记录被测逆变器稳定时间，若被测逆变器在 MPPT 模式下无法稳定运行，应至少等待 5min 再进行测量。

表 4 低辐照度动态 MPPT 检测

辐照度变化量：100 W/m ² ~500 W/m ²						
测试序列	循环次数	变化速率 W/(m ² ·s)	上升时间 s	峰值保持时间 s	下降时间 s	谷值保持时间 s
1	2	0.5	800	10	800	10
2	2	1	400	10	400	10
3	3	2	200	10	200	10
4	4	3	133	10	133	10
5	6	5	80	10	80	10
6	8	7	57	10	57	10
7	10	10	40	10	40	10
8	10	14	29	10	29	10
9	10	20	20	10	20	10
10	10	30	13	10	13	10
11	10	50	8	10	8	10

7.2.2.2 高辐照度检测

- 按照图 1 连接光伏方阵模拟器、逆变器以及相关的检测设备；
- 被测设备输出稳定后，调节光伏方阵模拟器辐照度参数按照图 2 曲线变化并记录输入电压、输入电流，图中参数应满足表 5 的要求；
- 检测时应在测试报告中记录被测逆变器稳定时间，若被测逆变器在 MPPT 模式下无法稳定运行时，应至少等待 5min 再进行测量。

表 5 高辐照度动态 MPPT 检测

辐照度变化量：300W/m ² ~1000W/m ²						
测试序列	循环次数	变化速率 W/(m ² ·s)	上升时间 s	峰值保持时间 s	下降时间 s	谷值保持时间 s
1	10	10	70	10	70	10
2	10	14	50	10	50	10
3	10	20	35	10	35	10
4	10	30	23	10	23	10
5	10	50	14	10	14	10
6	10	100	7	10	7	10

7.2.2.3 启动与停机检测

- a) 按照图 1 连接光伏方阵模拟器、逆变器以及相关的检测设备；
 - b) 在被测设备已停机至少 5min 工况下，调节光伏方阵模拟器辐照度参数按照图 2 曲线变化，图中参数满足表 6 的要求；
 - c) 记录被测光伏逆变器的启停机次数，记录启动和停机时的辐照度、输入电压值和输入电流值。
- 注：启动与停机检测目的是检测逆变器启动和停机时的辐照度值，不作为动态 MPPT 的计算依据。

表 6 启动与停机检测

辐照度变化量：2W/m ² ~100W/m ²						
测试序列	循环次数	变化速率 W/ (m ² · s)	上升时间 t_1-t_0 s	峰值保持时间 t_2-t_1 s	下降时间 t_3-t_2 s	谷值保持时间 t_4-t_3 s
1	1	0.1	980	30	980	30

7.2.3 数据计算与评估

利用公式 (2) 计算动态 MPPT 效率并将结果填入检测报告，利用公式 (3) 计算整体动态 MPPT 效率。

$$\eta_{MPPTdyn,i} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{DC,i} \cdot I_{DC,i} \cdot \Delta T_i}{\sum_{j=1}^m P_{MPP,PVS,j} \cdot \Delta T_j} \quad (2)$$

式中：

- n —— 采样数据点总数；
- $U_{DC,i}$ —— 直流输入电压的瞬时值；
- $I_{DC,i}$ —— 直流输入电流的瞬时值；
- ΔT_i —— 采样周期，不应大于 100μs；
- m —— 光伏方阵模拟器输出曲线簇包含 $I-U$ 特性曲线的数量， $\Delta T_i \times n = \Delta T_j \times m$ ；
- $P_{MPP,PVS,j}$ —— 光伏仿真模拟器每条 $I-U$ 特性曲线的最大功率值；
- ΔT_j —— 光伏方阵模拟器每条 $I-U$ 特性曲线的持续时间。

$$\eta_{MPPTdyn,t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta_{MPPTdyn,i} \quad (3)$$

式中：

- N —— 测试序列数量；
- $\eta_{MPPTdyn,t}$ —— 整体动态 MPPT 效率；
- $\eta_{MPPTdyn,i}$ —— 测试序列中每个动态 MPPT 效率。

7.3 静态转换效率检测

7.3.1 检测条件

- a) 静态转换效率检测应在被测设备热稳定后进行，转换效率的检测应符合表 7 的要求；
- b) 被测逆变器具有多个直流输入端口时，则每个输入端口参数配置应与制造商的要求一致，除非

制造商另行规定，光伏方阵模拟器输出功率应平均分配到每一个输入端口；

- c) 静态转换效率的检测宜与静态 MPPT 效率的检测同时进行。

表 7 静态转换效率检测

光伏方阵模拟器 MPP 电压	$I-U$ 特性 (见附录 A)	光伏方阵模拟器 MPP 功率与被测逆变器额定 直流功率之比 $P_{MPP, PVS}/P_{DC, r}$							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	...	1.00
$U_{MPPmax} (0.8U_{DCmax})^a$	晶硅组件								
$U_{MPPmin}+0.95\Delta U_1^b$	晶硅组件								
.....	晶硅组件								
$U_{MPPmin}+0.10\Delta U_1$	晶硅组件								
$U_{MPPmin}+0.05\Delta U_1$	晶硅组件								
U_{MPPmin}	晶硅组件								
$U_{MPPmax}(0.7U_{DCmax})^c$	薄膜组件 ^e								
$U_{MPPmin}+0.95\Delta U_2^d$	薄膜组件 ^e								
.....	薄膜组件 ^e								
$U_{MPPmin}+0.10\Delta U_2$	薄膜组件 ^e								
$U_{MPPmin}+0.05\Delta U_2$	薄膜组件 ^e								
U_{MPPmin}	薄膜组件 ^e								

^a 在 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值。
^b ΔU_1 为 U_{MPPmax} 和 $0.8U_{DCmax}$ 两者选取最小值与 U_{MPPmin} 之间的差额。
^c 在 U_{MPPmax} 和 $0.7U_{DCmax}$ 两者之间选取最小值。
^d ΔU_2 为 U_{MPPmax} 和 $0.7U_{DCmax}$ 两者选取最小值与 U_{MPPmin} 之间的差额。
^e 如被测逆变器不适用薄膜组件，这些测量点可不测量。

7.3.2 检测步骤

- 根据上述检测条件调节光伏方阵模拟器的输出特性，按照图 1 连接光伏方阵模拟器、被测逆变器以及相关的检测设备；
- 被测逆变器输出稳定后，记录光伏逆变器的直流输入电压、直流输入电流、交流输出电压和交流输出电流，记录时间为 2min；
- 应在测试报告中记录被测逆变器稳定时间，被测逆变器在 MPPT 模式下无法稳定运行，应至少等待 5min 再进行测量。

7.3.3 数据计算与评估

利用公式 (4) 计算转换效率并将结果填入检测报告，根据检测结果绘制被测设备的静态转换效率分布等值线图。被测设备内部设置的修改、测量中异常现象和测量步骤的更改都应记录在检测报告中。

$$\eta_{conv} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{AC,i} \cdot I_{AC,i} \cdot \Delta T_i}{\sum_{j=1}^m U_{DC,j} \cdot I_{DC,j} \cdot \Delta T_j} \quad (4)$$

式中：

- n —— 交流侧采样点总数；
- $U_{AC,i}$ —— 交流输出电压的瞬时值；
- $I_{AC,i}$ —— 交流输出电流的瞬时值；
- ΔT_i —— 交流侧采样周期，不应大于 100 μ s；
- m —— 直流侧采样点总数； $\Delta T_i \times N = \Delta T_j \times M$ ，取 2min；
- $U_{DC,j}$ —— 直流输入电压瞬时值；
- $I_{DC,j}$ —— 直流输入电流瞬时值；
- ΔT_j —— 直流侧采样周期，不应大于 100 μ s。

7.4 总效率

被测设备总效率可利用静态 MPPT 效率 η_{MPPTstat} 和静态转换效率 η_{conv} 的乘积计算，见公式 (5)。

$$\eta_t = \eta_{\text{conv}} \cdot \eta_{\text{MPPTstat}} \quad (5)$$

7.5 综合效率

综合效率是根据被测光伏逆变器使用地区辐照度的情况，对其运行的效率进行综合评估。评估综合效率的方法见公式 (5)、公式 (6)，各类资源区和加权因子的系数参见附录 C。

$$\eta_{t_ave} = \frac{\eta_{t_1} + \eta_{t_2} + \eta_{t_3} + \eta_{t_4} + \eta_{t_5} + \dots + \alpha_n \cdot \eta_{t_n}}{n} \quad (6)$$

$$\eta_{\text{weighted}} = \alpha_1 \cdot \eta_{t_ave1} + \alpha_2 \cdot \eta_{t_ave2} + \alpha_3 \cdot \eta_{t_ave3} + \alpha_4 \cdot \eta_{t_ave4} + \alpha_5 \cdot \eta_{t_ave5} + \alpha_6 \cdot \eta_{t_ave6} \quad (7)$$

式中：

- η_{t_ave} —— 同一 MPP 功率下计算所得的平均效率；
- η_{t_i} —— 同一 MPP 功率、不同直流输入电压下计算计算所得总效率；
- η_{weighted} —— 综合效率；
- α_i —— 加权因子；
- η_{t_avei} —— 各 MPP 功率下的计算所得的平均效率。

附录 A
(规范性附录)
检测记录

A.1 被测逆变器基本情况

光伏逆变器基本情况表见表 A.1。

表 A.1 光伏逆变器基本情况表

基本资料	
制造厂家:	
被测逆变器型号:	
厂家地址:	
直流输入侧	
开路电压	
直流输入电压范围:	
直流输入额定功率:	
直流输入最大电流:	
交流输出侧	
连接方式:	L-N <input type="checkbox"/> L-N-G <input type="checkbox"/> A/B/C <input type="checkbox"/> A/B/C-N <input type="checkbox"/> A/B/C-N-G <input type="checkbox"/> (满足哪一项在后面打“√”)
交流输出额定功率:	
最大交流输出功率:	
工作电压范围:	
工作频率范围:	
其他资料	
外壳防护等级:	
产品尺寸: 长×宽×高	
产品质量:	

A.2 静态 MPPT 效率测试

静态 MPPT 效率测试记录表见表 A.2。

表 A.2 静态 MPPT 效率测试记录表

$P_{MPP, PVS}/P_{DC, r}$	$I-U$ 输出特性类型 (晶硅/薄膜):										
	MPP 电压 V										
	$U_1=$	$U_2=$	$U_3=$	$U_4=$	$U_5=$	$U_6=$	$U_7=$	$U_8=$	$U_9=$	$U_{10}=$	$U_{11}=$
0.05											
0.10											
0.15											
0.20											

表 A.2 (续)

$P_{MPP, PVS}/P_{DC, \tau}$	$I-U$ 输出特性类型 (晶硅/薄膜):										
	MPP 电压 V										
	$U_1=$ _	$U_2=$ _	$U_3=$ _	$U_4=$ _	$U_5=$ _	$U_6=$ _	$U_7=$ _	$U_8=$ _	$U_9=$ _	$U_{10}=$ _	$U_{11}=$ _
0.25											
0.30											
0.35											
0.40											
0.45											
0.50											
0.55											
0.60											
0.65											
0.70											
0.75											
0.80											
0.85											
0.90											
0.95											
1.00											
	$U_{12}=$ _	$U_{13}=$ _	$U_{14}=$ _	$U_{15}=$ _	$U_{16}=$ _	$U_{17}=$ _	$U_{18}=$ _	$U_{19}=$ _	$U_{20}=$ _	$U_{21}=$ _	
0.05											
0.10											
0.15											
0.20											
0.25											
0.30											
0.35											
0.40											
0.45											
0.50											
0.55											
0.60											
0.65											
0.70											
0.75											
0.80											
0.85											
0.90											
0.95											
1.00											

A.3 动态 MPPT 效率测试

动态 MPPT 效率测试记录表见表 A.3。

表 A.3 动态 MPPT 效率测试记录表

辐照度变化量: 100W/m ² ~500W/m ²							
测试序列	循环次数	变化速率 W/(m ² ·s)	上升时间 s	峰值保持时间 s	下降时间 s	谷值保持时间 s	动态 MPPT 效率
1	2	0.5	800	10	800	10	
2	2	1	400	10	400	10	
3	3	2	200	10	200	10	
4	4	3	133	10	133	10	
5	6	5	80	10	80	10	
6	8	7	57	10	57	10	
7	10	10	40	10	40	10	
辐照度变化量: 300W/m ² ~1000W/m ²							
测试序列	循环次数	变化速率 W/(m ² ·s)	上升时间 s	峰值保持时间 s	下降时间 s	谷值保持时间 s	动态 MPPT 效率
1	10	10	70	10	70	10	
2	10	14	50	10	50	10	
3	10	20	35	10	35	10	
4	10	30	23	10	23	10	
5	10	50	14	10	14	10	
6	10	100	7	10	7	10	
整体动态效率:							

A.4 静态转换效率测试

静态转换效率测试记录表见表 A.4。

表 A.4 静态转换效率测试记录表

$\frac{P_{MPP, PVS}}{P_{DC, r}}$	<i>I-U</i> 输出特性类型 (晶硅/薄膜):										
	MPP 电压										
	$U_1=$ _	$U_2=$ _	$U_3=$ _	$U_4=$ _	$U_5=$ _	$U_6=$ _	$U_7=$ _	$U_8=$ _	$U_9=$ _	$U_{10}=$ _	$U_{11}=$ _
0.05											
0.10											
0.15											
0.20											
0.25											
0.30											
0.35											
0.40											

表 A.4 (续)

$P_{MPP, PVS}/$ $P_{DC, r}$	<i>I-U</i> 输出特性类型 (晶硅/薄膜):										
	MPP 电压										
	$U_1=$ _	$U_2=$ _	$U_3=$ _	$U_4=$ _	$U_5=$ _	$U_6=$ _	$U_7=$ _	$U_8=$ _	$U_9=$ _	$U_{10}=$ _	$U_{11}=$ _
0.45											
0.50											
0.55											
0.60											
0.65											
0.70											
0.75											
0.80											
0.85											
0.90											
0.95											
1.00											
	$U_{12}=$ _	$U_{13}=$ _	$U_{14}=$ _	$U_{15}=$ _	$U_{16}=$ _	$U_{17}=$ _	$U_{18}=$ _	$U_{19}=$ _	$U_{20}=$ _	$U_{21}=$ _	
0.05											
0.10											
0.15											
0.20											
0.25											
0.30											
0.35											
0.40											
0.45											
0.50											
0.55											
0.60											
0.65											
0.70											
0.75											
0.80											
0.85											
0.90											
0.95											
1.00											

A.5 启动与停机测试

启动与停机测试记录表见表 A.5。

表 A.5 启动与停机测试记录表

辐照度变化量: 2W/m ² ~100W/m ²					
启动次数	时间	辐照度	输入电压	输入电流	输入功率
1					
2					
...					
N					
停机次数	时间	辐照度	输入电压	输入电流	输入功率
1					
2					
...					
N					

A.6 总效率测试

总效率测试记录表见表 A.6。

表 A.6 总效率测试记录表

$P_{MPP, PVS}/$ $P_{DC, r}$	<i>I-U</i> 输出特性类型 (晶硅/薄膜):										
	MPP 电压										
	$U_1=$ _	$U_2=$ _	$U_3=$ _	$U_4=$ _	$U_5=$ _	$U_6=$ _	$U_7=$ _	$U_8=$ _	$U_9=$ _	$U_{10}=$ _	$U_{11}=$ _
0.05											
0.10											
0.15											
0.20											
0.25											
0.30											
0.35											
0.40											
0.45											
0.50											
0.55											
0.60											
0.65											
0.70											
0.75											
0.80											
0.85											
0.90											
0.95											
1.00											

表 A.6 (续)

$P_{MPP, PVS}/P_{DC, r}$	I-U 输出特性类型 (晶硅/薄膜):									
	MPP 电压									
	$U_{12}^=_$	$U_{13}^=_$	$U_{14}^=_$	$U_{15}^=_$	$U_{16}^=_$	$U_{17}^=_$	$U_{18}^=_$	$U_{19}^=_$	$U_{20}^=_$	$U_{21}^=_$
0.05										
0.10										
0.15										
0.20										
0.25										
0.30										
0.35										
0.40										
0.45										
0.50										
0.55										
0.60										
0.65										
0.70										
0.75										
0.80										
0.85										
0.90										
0.95										
1.00										

A.7 综合效率测试

综合效率测试记录表见表 A.7。

表 A.7 综合效率测试记录表

应用区域						
地区分类						
加权因子	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
MPP 序列	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
$P_{MPP, PVS}/P_{DC, r}$	0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	1
平均效率						
综合效率						

附录 B
(资料性附录)
光伏方阵模拟器 $I-U$ 特性模型

MPP 开路电压比:

$$FF_U = \frac{U_{MPP,STC}}{U_{OC,STC}} \quad (B.1)$$

MPP 短路电流比:

$$FF_I = \frac{I_{MPP,STC}}{I_{SC,STC}} \quad (B.2)$$

电流与电压:

$$I_{PV} = I_{SC} - I_0 \left(e^{\frac{U_{PV}}{U_{OC} - C_{AQ}}} - 1 \right) \quad (B.3)$$

辐照度 G 和温度 T 决定了短路电流 I_{SC} :

$$I_{SC} = I_{SC,STC} \frac{G}{G_{STC}} \cdot [1 + \alpha \cdot (T_{PV} - T_{STC})] \quad (B.4)$$

辐照度和温度还决定了开路电压 U_{OC} :

$$U_{OC} = U_{OC,STC} [1 + \beta \cdot (T_{PV} - T_{STC})] \left[\ln \left(\frac{G}{C_G} + 1 \right) \cdot C_V - C_R \cdot G \right] \quad (B.5)$$

辐照度决定了电流 I_0 :

$$I_0 = I_{SC,STC} (1 - FF_I)^{1/(1-FF_I)} \frac{G}{G_{STC}} \quad (B.6)$$

公式 (B.3) 中的常数 C_{AQ} :

$$C_{AQ} = \frac{FF_U - 1}{\ln(1 - FF_I)} \quad (B.7)$$

辐照度 200W/m^2 下的最大电压与辐照度 1000W/m^2 下的最大电压之比:

$$V_{L2H} = \frac{U_{MPP} |_{G=200\text{W/m}^2}}{U_{MPP} |_{G=1000\text{W/m}^2}} \quad (B.8)$$

式 (B.1) ~ 式 (B.8) 中:

$U_{MPP,STC}$ —— 标准测试条件下的 MPP 电压;

$U_{OC,STC}$ —— 标准测试条件下的开路电压;

$I_{MPP,STC}$ —— 标准测试条件下的 MPP 电流;

$I_{SC,STC}$ —— 标准测试条件下的短路电流;

T_{STC} —— 标准测试条件时的组件温度, $T_{STC}=25^\circ\text{C}$;

T_{PV} —— 规算后的光伏组件温度;

α —— 电流温度系数;

β —— 电压温度系数;

C_R, C_V, C_G —— 修正系数。

光伏方阵模拟器输出 $I-U$ 特性模型应满足公式 (B.3) 且参数应满足表 B.1 的要求。

表 B.1 相关技术参数

特性参数	晶硅组件	薄膜组件	误差
FF_U	0.8	0.72	<1%
FF_1	0.9	0.8	<1%
C_G W/m ²	2.514×10^{-3}	1.252×10^{-3}	—
C_V W/m ²	8.953×10^{-2}	8.419×10^{-2}	—
C_R W/m ²	1.088×10^{-4}	1.476×10^{-4}	—
V_{L2H} W/m ²	0.95	0.98	<1%
α %/°C	0.04	0.02	—
β %/°C	-0.4	-0.2	—

示例 1: 晶硅组件

检测条件: $P_{MPP,STC} = 1000W$, $U_{MPP,STC} = 100V$, 硅材料, $T_{PV} = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 计算结果见表 B.2, 输出特性如图 B.1 所示。

$$U_{OC,STC} = \frac{U_{MPP,STC}}{FF_U} = \frac{100V}{0.8} = 125V \quad (B.9)$$

$$I_{MPP,STC} = \frac{P_{MPP,STC}}{U_{SC,STC}} = \frac{1000W}{100V} = 10A \quad (B.10)$$

$$I_{SC,STC} = \frac{I_{MPP,STC}}{FF_1} = \frac{10A}{0.905} = 11A \quad (B.11)$$

表 B.2 不同辐照度下晶硅组件的 MPP 电压值和 MPP 功率值

辐照度 W/m ²	U_{MPP} V	P_{MPP} W
50	84.6	42.3
100	90.0	89.9
200	94.9	189.6
300	97.3	291.6
500	99.5	497.0
750	100.3	751.3
1000	100	999.3

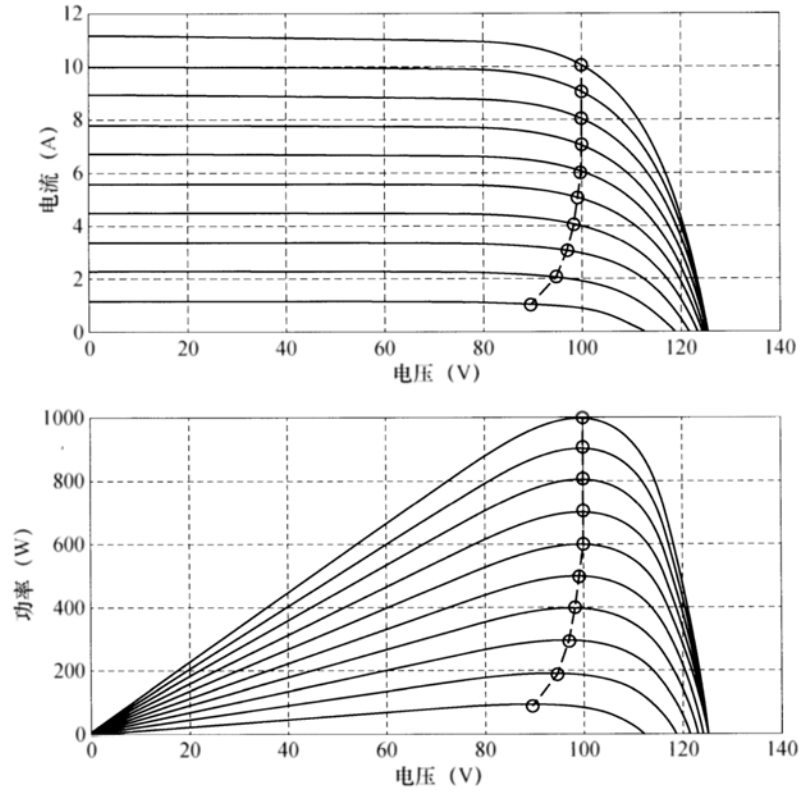


图 B.1 晶硅组件不同辐照度 $I-U$ 特性图和 $P-U$ 特性图

示例 2: 薄膜组件

检测条件: $P_{MPP,STC} = 1000W$, $U_{MPP,STC} = 100V$, 薄膜组件, $T_{PV} = 25\text{ }^{\circ}C$, 计算结果见表 B.3, 输出特性曲线如图 B.2 所示。

$$U_{OC,STC} = \frac{U_{MPP,STC}}{FF_U} = \frac{100V}{0.715} = 140V \tag{B.12}$$

$$I_{MPP,STC} = \frac{P_{MPP,STC}}{U_{SC,STC}} = \frac{1000W}{10V} = 100A \tag{B.13}$$

$$I_{SC,STC} = \frac{I_{MPP,STC}}{FF_I} = \frac{100A}{0.808} = 12.4A \tag{B.14}$$

表 B.3 不同辐照度下薄膜组件的 MPP 电压值和 MPP 功率值

辐照度 W/m ²	U_{MPP} V	P_{MPP} W
50	88.8	44.4
100	93.9	93.9
200	98.2	196.6
300	100.2	300.7
500	101.5	507.9
750	101.3	759.8
1000	100	1000.3

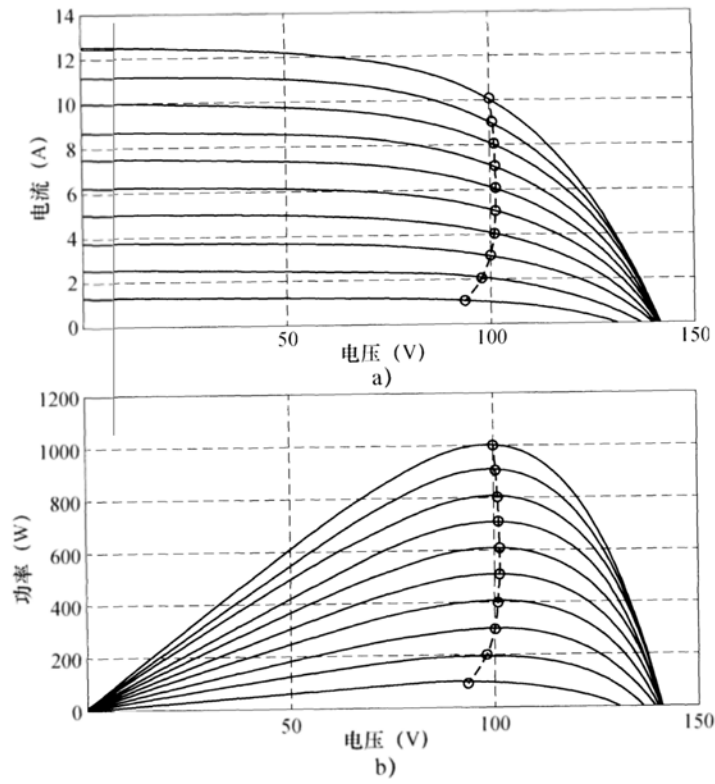


图 B.2 薄膜组件不同辐照度 $I-U$ 特性图和 $P-U$ 特性图

附 录 C
(规范性附录)
各地区资源加权因子

根据太阳能资源的分布情况，将我国分为四大类资源区。四类资源区的范围和各加权因子的系数见表 C.1~表 C.4。

表 C.1 一类资源区加权因子

加权因子	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
	0.01	0.03	0.12	0.35	0.42	0.08
MPP 序列	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
$P_{MPP, PVS}/P_{DC, r}$	0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	1
注：一类资源区为青海的海西、海北、果洛、玉树。						

表 C.2 二类资源区加权因子

加权因子	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
	0.01	0.04	0.16	0.42	0.34	0.05
MPP 序列	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
$P_{MPP, PVS}/P_{DC, r}$	0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	1
注：二类资源区为新疆，宁夏，内蒙古，青海西宁、海东、海南、黄南，甘肃嘉峪关、武威、张掖、酒泉、敦煌、金昌，四川阿坝、甘孜，云南丽江、迪庆。						

表 C.3 三类资源区加权因子

加权因子	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
	0.02	0.06	0.21	0.41	0.28	0.03
MPP 序列	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
$P_{MPP, PVS}/P_{DC, r}$	0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	1
注：三类资源区为北京、天津、黑龙江、吉林、辽宁，河北承德、张家口、唐山、秦皇岛，山西大同、朔州、忻州，陕西榆林、延安，云南省和甘肃省除二类以外其他地区。						

表 C.4 四类资源区加权因子

加权因子	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
	0.04	0.07	0.25	0.41	0.22	0.02
MPP 序列	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
$P_{MPP, PVS}/P_{DC, r}$	0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	1
注：四类资源区为除一、二、三类资源区外其他地区。						

中华人民共和国
能源行业标准
光伏电站逆变器效率检测技术要求
NB/T 32032—2016

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

*

2019年1月第一版 2019年1月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 43千字

印数 001—200册

*

统一书号 155198·991 定价 19.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.991