

中华人民共和国国家标准

GB/T 20513—2006/IEC 61724:1998

光伏系统性能监测 测量、数据交换 和分析导则

Photovoltaic system performance monitoring—
Guidelines for measurement, data exchange and analysis

(IEC 61724:1998, IDT)

2006-08-25 发布

2007-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 ·	· I
引言 ·	· II
1 范围 ·	· 1
2 规范性引用文件 ·	· 1
3 测量参数 ·	· 1
4 监测方法 ·	· 1
4.1 辐照度测量 ·	· 1
4.2 环境大气温度测量 ·	· 3
4.3 风速测量 ·	· 3
4.4 组件温度测量 ·	· 3
4.5 电压和电流测量 ·	· 3
4.6 电功率测量 ·	· 3
4.7 数据采集系统 ·	· 3
4.8 采样间隔 ·	· 4
4.9 数据处理运算 ·	· 4
4.10 记录间隔, τ_r (用小时表示) ·	· 4
4.11 监测时段 ·	· 4
5 记录 ·	· 4
6 数据格式 ·	· 4
6.1 具有多组数据记录的分立标题 ·	· 4
6.2 单记录格式 ·	· 5
7 数据质量检验 ·	· 5
8 导出参数 ·	· 5
8.1 总辐照 ·	· 6
8.2 电能量 ·	· 6
8.3 BOS 部件性能 ·	· 7
8.4 系统性能参数 ·	· 8
附录 A (资料性附录) 检验数据采集系统的建议方法 ·	· 10
图 1 实时测量参数 ·	· 3
表 1 实时测量参数 ·	· 2
表 2 导出参数 ·	· 7

前 言

本标准等同采用 IEC 61724:1998《光伏系统性能监测 测量、数据交换和分析导则》(英文版)。

为了便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”;
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- c) 删除国际标准的前言。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国信息产业部提出。

本标准由全国太阳光伏能源系统标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:内蒙古大学、上海交通大学。

本标准主要起草人:季秉厚、李健、徐林。

引 言

本标准规定了光伏(PV)系统电性能的监测和分析总导则,不对分立部件的性能进行规定,但重点对作为 PV 系统一部分的方阵的性能进行重点评价。

数据分析的目的是提供适于比较不同大小、运行在不同气候条件下和提供不同用途 PV 系统的性能综述,该方法可使不同设计或运行程序的相对优点清晰化。较简单的方法对小的、太阳能户用系统或户用独立系统,会更经济。

导则还规定了用于机构间监测数据交换的文件格式。

要求用基于微处理机数据采集系统进行监测。

光伏系统性能监测 测量、数据交换 和分析导则

1 范围

本标准规定了对 PV 系统中与能源有关的性能参数进行监测的程序,这些性能参数为倾斜面辐照度、方阵输出、储能装置的输入和输出、功率调节器的输入和输出,本标准还规定了监测数据交换和分析的程序。这些程序的目的是对独立运行或并网,或与非 PV 能源如常规发电机和风力发电机互补使用的 PV 系统的总体性能进行评价。

由于测量设备价格相对较高,本标准不适用于小型独立系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 18210—2000 晶体硅光伏(PV)方阵 I-V 特性的现场测量(idt IEC 61829:1995)

SJ/T 11209—1999 光伏器件 第 6 部分:标准太阳能电池组件的要求(IEC 60904-6:1994, IEC 60904-6 Amendment1:1998, IDT)

IEC 60904-2:1989 光伏器件 第 2 部分:标准太阳能电池的要求及修改单 1(1998)

IEC 61194:1992 独立光伏(PV)系统的特性参数

3 测量参数

表 1 和图 1 给出测量参数。其他参数可用数据采集系统软件从实时测量数据计算得到。注意图 1 中所有方框能代表多个部件。测量参数和方阵特性的定义见 IEC 61194:1992。

所有辅助系统消耗的功率应认为是 PV 电站的功耗,不应认为是负载。对 PV 电站运行不是必需的所有监测系统,应视为负载的一部分。监测设备的功耗可能占全部功耗的大部分,终端用户应提供补充能源以达到满足全部负载的要求。

4 监测方法

4.1 辐照度测量

记录方阵平面内的辐照度数据,用于 PV 系统的性能分析,也可以记录水平面的数据与其他地点的标准气象数据进行比较。

倾斜面辐照度应采用经标定的标准电池或辐照计在光伏方阵相同平面内进行测量。如果使用标准电池或组件进行测量,应按照 IEC 60904-2 或 SJ/T 11209 进行标定与维护。这些传感器的位置应能代表方阵辐照度情况。辐照度传感器的精度,包括信号处理的精度,应优于其读数的 5%。

表 1 实时测量参数

参 数	符 号	单 位
气象学		
方阵平面总辐照度 ^a	G_T	$W \cdot m^{-2}$
辐射阴影区内环境大气温度	T_{am}	$^{\circ}C$
风速 ^b	S_w	$m \cdot s^{-1}$
光伏方阵		
输出电压	V_A	V
输出电流	I_A	A
输出功率	P_A	kW
组件温度	T_m	$^{\circ}C$
跟踪装置倾角 ^c	Φ_T	$^{\circ}$
跟踪装置方位角 ^c	Φ_A	$^{\circ}$
能量储存 ^e		
工作电压	V_S	V
储能设备输入电流 ^d	I_{TS}	A
储能设备输出电流 ^d	I_{FS}	A
储能设备输入功率 ^d	P_{TS}	kW
储能设备输出功率 ^d	P_{FS}	kW
负载 ^e		
负载电压	V_L	V
负载电流	I_L	A
负载功率 ^f	P_L	kW
并网 ^e		
电网电压	V_U	V
输入电网电流 ^d	I_{TU}	A
电网输出电流 ^d	I_{FU}	A
输入电网功率 ^{d,f}	P_{TU}	kW
电网输出功率 ^{d,f}	P_{FU}	kW
备用电源 ^e		
输出电压	V_{BC}	V
输出电流	I_{BC}	A
输出功率	P_{BC}	kW
<p>^a 总辐照度是指方阵平面内的辐照度,定义为入射在倾斜面单位面积上直接辐射加散射的辐射功率。</p> <p>^b 除特殊规定要求,或如果光伏方阵处于极端工作条件的情况下,风速参数是非强制的。</p> <p>^c 交流和直流量可以用附加下标来表示。对多相系统参数 V_L、I_L 和 P_L 应对每相加以标明。</p> <p>^d 单个电流或功率传感器通常能用于输入和输出方向的电流测量或功率测量。传感器输出正信号表示输入到能量储存设备或电网,负信号表示从储能设备或电网输出。从单个传感器获取的输入和输出,必须在软件中分别累加。</p> <p>^e 跟踪装置的角度对跟踪方阵系统是可以选择的。对单轴跟踪装置 Φ_T 用来表示方阵跟踪轴的位置,例如,对水平单轴跟踪装置,这个参数给出和水平面的夹角,东为负,西为正。</p> <p>^f 如果有助于提高精度,功率调节器的逆变部分的功率输出可直接测量。</p>		

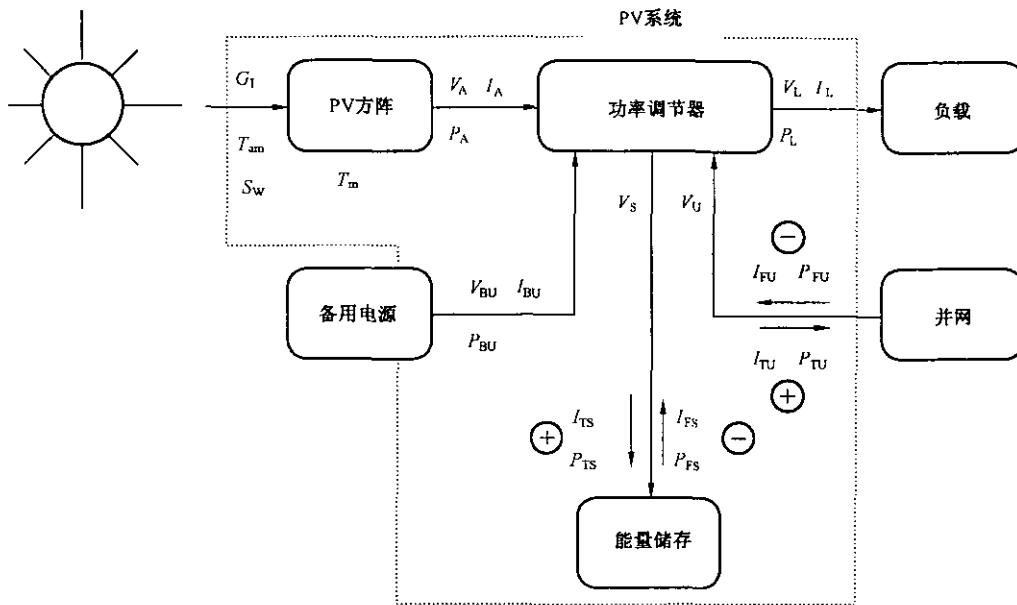


图 1 实时测量参数

4.2 环境大气温度测量

进行环境大气温度测量，其位置应能代表方阵环境，采用温度传感器，将其设置在太阳辐射阴影中。大气温度传感器的精度，包括信号处理的精度，应优于1 K。

4.3 风速测量

在可能的情况下，应在高处和能代表方阵环境的位置进行风速测量。风速传感器的精度，当风速 $\leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时，应优于 $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，当风速高于 $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时，应优于其读数的10%。

4.4 组件温度测量

PV 组件温度测量位置应能代表方阵环境，将温度传感器安装在一个或多个组件的背面。组件位置的选择在 GB/T 18210—2000 方法 A 中规定。应注意确保由于传感器的存在不致显著影响前面的电池温度的变化。传感器的精度，包括信号处理的精度，应优于1 K。

4.5 电压和电流测量

电压和电流参数可以是直流的或交流的。电压和电流传感器的精度，包括信号处理的精度，应优于其读数的1%。交流电压和电流不需在每种情况下监测。

4.6 电功率测量

电功率参数可以是直流的、交流的，或两者兼有。直流功率能用实时测量的电压和电流采样值的乘积计算，或用功率传感器直接测量。如果直流功率为计算值，计算应用采样电压和电流值，不能用平均电压和电流值¹⁾。在独立系统中的逆变器，直流输入功率和电压有大量交流谐波，这就需要使用直流功率表精确测量直流功率。交流功率应用能记录功率因数和谐波失真的功率传感器进行测量。功率传感器精度，包括信号处理的精度，应优于其读数的2%。

可以采用具有高速响应的积分功率传感器(例如 kWh 表)以避免采样误差。

4.7 数据采集系统

为了监测，需要一个自动数据采集系统。监测系统的总精度应按附录 A 给出的校准方法确定。监测系统宜采用商品化的硬件和带有合适的用户手册文件的软件。应可获得技术支持。

1) 由采样电压和采样电流乘积的平均值计算得到的直流功率与由平均电压和基于采样率和电流变化率而得到的平均电流的乘积之间有误差。当电流变化率较大时，误差是明显的。

4.8 采样间隔

其变化直接和辐照度有关的参数的采样间隔应为 1 min 或更小。对具有很大时间常数的参数,其间隔可以在 1 min 和 10 min 之间任意确定。随系统负载变化而可能快速变化的任何参数应特殊考虑增加采样频率。在规定的监测时段内,所有参数应连续测量。

注:许多要监测的参数的变化速率可能相对高。例如辐照度,在少云的条件下,其变化速率能超过 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

尽管本标准不涉及电的暂态电平情况,足够的采样速率对整个平均间隔内表征平均性能是必需的。一般,在表 1 中给出的参数应每分钟采样。组件和环境温度可以在较慢速率下采样,一般倾向于所有参数在相同的速率下采样,这也是较为方便的。在指定的监测时段内,所有参数应连续测量。

4.9 数据处理运算

每个测量参数的采样数据应用时间加权平均。最大或最小值和特别关注的瞬态值可根据需要来确定。对积分功率传感器,用求和后的采样数据除以记录间隔 τ_r 。

4.10 记录间隔, τ_r (用小时表示)

对每一个参数处理数据值应按小时记录。如果需要,可以更加频繁地记录,只要 1 h 是记录间隔 τ_r 的整数倍。

在每个记录间隔,测量时段结束时,应记录时间和日期。时间始终是指当地标准时间,不是夏令时。采用世界时可以避免冬令时/夏令时时间的变化。

4.11 监测时段

监测时段应足够长以获得能代表负载和环境条件的运行数据。因此,连续监测的最小时段应按照采集数据的最终用途来选择。

5 记录

监测记录应记录所有异常事件、部件变化、失效、故障或意外事件。也应记录能用于说明和评价数据的其他注释事件,如天气、传感器重新校准、数据采集系统的变化、负载或系统的运行、传感器或数据采集系统的问题。应清楚地记录所有系统的维修(如更换组件,改变方阵倾角或清洗方阵表面沾污)。

6 数据格式

数据可存储在下列两个用作说明性的格式中的任何一个,不是强制性的,两种格式间不互换。然而基于分立标题记录和数据记录的第一种格式已被一些国家采用,这种方法便于机构之间数据交换。对实际的数据传输仍必须规定线路协议条款,通信协议和检验条款。

6.1 具有多组数据记录的分立标题

这个格式给出一个或多个数据记录的位置、日期、时间和注释的标题记录。记录类似打印行。

a) 每个记录应由一个或多个域组成,每个域被域分隔符(FS)分隔,分隔符(FS)可优选逗号(ASCII 44),或任意的制表符(ASCII 9)。记录应被作为由“回车”符(ASCII 13),“换行”符(ASCII 10),或“回车”接着“换行”组成的“行结束”(EOL)标志分隔。

b) 标题记录应为下列形式:

“站点”FS 日期 FS 时间 FS 注释

此处:

“站点”是位置名,用双引号括起(ASCII 34),仅前 8 个字母是强制性的。

日期为测试日,采用 yy mm-dd(第 1 位为零时,应包括在内)格式。

时间为记录时间,采用 hh-mm 格式。午夜应定为前一天的 24 h,不是次日 0 h;

注:由于数据采集系统软件的特殊性,可能需要不同的日期和时间格式。

用和地方字符代码标准保持一致的 ASCII 或扩展 ASCII 字符(或等效)表示的注释,可用于描

写附加的系统特性,记录异常事件、转换条件或 PV 电站管理者判断的其他信息。

- c) 数据记录第一域应由它的记录编号,接着是一个或多个数据域组成。对特定的记录,用表 1 列出的符号,数据域定义如下:

数据记录 1: 1 FS G_t FS T_{sm} FS T_m FS V_A FS I_A FS P_A

数据记录 2: 2 FS V_s FS I_{TS} FS I_{FS} FS P_{TS} FS P_{FS}

数据记录 3: 3 FS V_L FS I_L FS P_L FS V_{BU} FS I_{BU} FS P_{BU}

数据记录 4: 4 FS V_U FS I_{TU} FS I_{FU} FS P_{TU} FS P_{FU}

在记录间隔中可任意选择包含任何个数的附加数据记录。这些数据记录的常数可由监测机构规定,但第一域除外,它应表明记录编号。

- d) 所有数字数据应以单字节 ASCII 码书写。和正负整数或循环十进位小数(ASCII 46)用作基数(小数点)一样,数据可以用自由域格式,或用固定域格式记录。如果任何用数字表示的数据域不能适用于 PV 设备或如果数据值不能用于记录,空域应用字符空位表示。这样,在空数据域后的 FS 字符将紧跟前面数据域的 FS 字符。因此,直接位于 EOL 标志之前的所有 FS 字符应被隐藏。例如,在数据记录 2,如果仅 I_{TS} 和 P_{TS} 是可得到的,那么,记录应写为:

2FSFS I_{TS} FS P_{TS} EOL。

6.2 单记录格式

单记录格式是可应用的另一种格式,在此给定记录间隔的所有数据被列成一行。单记录格式有利于直观检验,尤其是如果和固定域宽度结合应用,其后每个参数的所有数据在单个垂直列中给出。

数据 FS 时间 FS G_t FS T_{sm} FS T_m FS V_A FS I_A FS P_A FS V_s FS I_{TS} FS I_{FS} 等。

每个域应被域分隔符(FS)分隔,分隔符(FS)可以用逗号(ASCII 44),或任意的制表符(ASCII 9)。

7 数据质量检验

在对所有数据进行详细分析之前,应检查所有记录数据的一致性和间隙,以识别出明显的异常。

基于已知的参数特性、PV 电站、环境,每一个记录参数应确定相应的合理范围。范围应确定参数最大和最小允许值和连续数据点之间的最大变化量。对超出这个范围的数据,或与其他数据不一致时,应不包括在随后的分析中。如果可能(如基于微处理器数据采集系统),数据处理程序执行之前,应进行针对实时采样的数据的检验。

数据质量检验的结果通常应包括下列内容:

- a) 超范围的所有数据点清单;

注:因为自动系统采集的大量数据(兆字节),实际上不可能列出所有超范围的数据点。然而应对超范围的数据点的一些监测值进行监测并报告。超范围的数据点不宜用于分析。

- b) 在记录时段 τ 内(通常为一个月,但以小时计)对监测数据监测实效性 τ_{MA} 的持续时间(以小时计)已经记录和检验过;

- c) 如果不同于实际质量检验时段持续时间的选定,通过质量检验的数据的总小时数也应确定;

- d) 监测数据 A_{MD} 的有效率(以记录时段的分数表示),由下式给出:

$$A_{MD} = \tau_{MA} / \tau \quad \dots\dots\dots (1)$$

8 导出参数

涉及系统的能量平衡和特性的各种导出参数,可以从记录的监测数据计算获得。计算时用求和、平均、最大化、最小化和远大于记录间隔 τ 的记录时段 τ 内(如小时、日、周、月或年,但用小时为单位表示)的比率。表 2 为导出参数。

在记录时段 τ 内,从它们相应的测量功率参数来计算任何能量参数,使用下列公式:

$$E_{i,\tau} = \tau_r \times \sum_r P_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E_i ——单位为 kWh;

P_i ——单位为 kW。

符号 \sum_r 表示在记录时段 τ 内,对每个功率参数求和。

例如,计算 $E_{TS,\tau}$ (参照公式(4)),用“TS”替换公式(2)中下标“i”,则该式变为 $E_{TS,\tau} = \tau_r \times \sum_r P_{TS}$ 。同样用实际的记录间隔替换下标 τ 。

8.1 总辐照

平均日辐照量 $H_{1,d}$ (单位为 $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) 由记录的辐照度计算:

$$H_{1,d} = 24 \times \tau_r \times (\sum_r G_T) / (\sum_r \tau_{MA} 1000) \quad \dots\dots\dots (3)$$

符号 \sum_r 表示在记录时段 τ 内求和。

8.2 电能量

整个系统和其部件的电能量包括提供给储能设备或电网的能量,或从储能设备或电网吸收的能量,辅助发电机提供的能量均能计算出来。感兴趣的关键参数是表示 PV 方阵对系统整体运行的贡献大小的那些参数。

a) 在记录时段 τ 储能设备吸收的净能量:

$$E_{TSN,\tau} = E_{TS,\tau} - E_{FS,\tau} \quad \dots\dots\dots (4)$$

这里, $E_{TSN,\tau}$ 的最小值为 0。

b) 在记录时段 τ 储能设备提供的净能量:

$$E_{FSN,\tau} = E_{FS,\tau} - E_{TS,\tau} \quad \dots\dots\dots (5)$$

这里, $E_{FSN,\tau}$ 的最小值为 0。

注:不是 $E_{TSN,\tau}$ 就是 $E_{FSN,\tau}$ 总为 0。使用净能量优于总能量,这样在记录时段内,储能设备可视为不是净负载就是净能源。

c) 在记录时段 τ , 电网吸收的净能量:

$$E_{TUN,\tau} = E_{TU,\tau} - E_{FU,\tau} \quad \dots\dots\dots (6)$$

这里, $E_{TUN,\tau}$ 的最小值为 0。

d) 在记录时段 τ , 电网提供的净能量:

$$E_{FUN,\tau} = E_{FU,\tau} - E_{TU,\tau} \quad \dots\dots\dots (7)$$

这里, $E_{FUN,\tau}$ 的最小值为 0。

注:不是 $E_{TUN,\tau}$ 就是 $E_{FUN,\tau}$ 总为 0。用净能量优于总能量,这样在记录时段内,电网考虑为不是净负载就是净能源。

e) 系统总输入能量:

$$E_{in,\tau} = E_{A,\tau} + E_{BU,\tau} + E_{FUN,\tau} + E_{FSN,\tau} \quad \dots\dots\dots (8)$$

f) 系统总输出能量:

$$E_{use,\tau} = E_{L,\tau} + E_{TUN,\tau} + E_{TSN,\tau} \quad \dots\dots\dots (9)$$

g) 所有能源提供的能量中 PV 方阵能量贡献率:

$$F_{A,\tau} = E_{A,\tau} / E_{in,\tau} \quad \dots\dots\dots (10)$$

h) 所有能源提供的能量转换到负载的效率:

$$\eta_{LOAD} = E_{use,\tau} / E_{in,\tau} \quad \dots\dots\dots (11)$$

表 2 导出参数

参 数	符 号	单 位
气象学 在方阵平面内的日总辐照或直接辐照	$H_{L,d}$	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$
电能量		
方阵提供的净能量	$E_{A,t}$	kWh
负载吸收的净能量	$E_{L,t}$	kWh
储能设备吸收的净能量	$E_{TSN,t}$	kWh
储能设备提供的净能量	$E_{FSN,t}$	kWh
备用发电机提供的净能量	$E_{BU,t}$	kWh
电网吸收的净能量	$E_{TUN,t}$	kWh
电网提供的净能量	$E_{FUN,t}$	kWh
系统总输入能量	$E_{in,t}$	kWh
系统总输出能量	$E_{out,t}$	kWh
所有能源提供的能量中 PV 方阵能量贡献率	$F_{A,t}$	无量纲
负载效率	η_{LOAD}	无量纲
BOS 分量特性		
BOS 效率	η_{BOS}	无量纲
系统特性指标		
方阵等价发电时 ^a	Y_A	$\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$
最终 PV 系统等价发电时 ^a	Y_f	$\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$
标准等价发电时 ^a	Y_r	$\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$
方阵吸收损耗 ^a	L_c	$\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$
BOS 损耗 ^a	L_{BOS}	$\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$
性能比	R_p	无量纲
平均方阵效率	$\eta_{Amm,t}$	无量纲
PV 电站总效率	$\eta_{tot,t}$	无量纲

^a 单位 $\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$ 可以进一步用 $(\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1})_{\text{方阵}} / (\text{kW})_{\text{额定}}$ 描述。

8.3 BOS 部件性能

BOS 效率只是能量转换效率，不包括如方阵跟踪误差和 PCU 最大功率点跟踪误差等。

对系统中每个部件，在记录时段内能量平衡是由部件输入和输出能量值的总和来确定。部件能量效率是输出能量除以输入能量的商。

BOS 部件的总效率由下式给出：

$$\eta_{BOS} = (E_{L,t} - E_{TSN,t} - E_{FSN,t} - E_{TUN,t} - E_{FUN,t}) / (E_{A,t} + E_{BU,t}) \quad \dots\dots\dots (12)$$

对 PV 互补系统和 $E_{L,t}$ 小于 $E_{A,t} \times \eta_{BOS}$ 的并网系统，以及所有独立 PV 系统， η_{LOAD} 等于 η_{BOS} 。对 $E_{L,t}$ 大于 $E_{A,t} \times \eta_{BOS}$ 的并网系统， η_{LOAD} 大于 η_{BOS} ，这是由于 PV 系统的并网应用的能量损失较小。

能量储存设备的效率和在记录时段内能量储存设备中储存能量的变化量会影响 $E_{FS,t}$ 和 $E_{TS,t}$ 。

- a) 在长记录时段内， $E_{TS,t}$ 和 $E_{FS,t}$ 远大于储存设备的能量储存容量(倍数大于 10)，这时可以假设，从储能设备加入或取出的净能量，对系统性能计算没有影响。 $E_{TS,t}$ 和 $E_{FS,t}$ 之间的任何差异主要是由于储能设备的效率引起的。因此 $E_{TS,t}$ 和 $E_{FS,t}$ 应从包括有 η_{LOAD} 和 η_{BOS} 值的储能设备的效率公式中删去。典型的情况如记录时段为几个月。由储能设备中的能量储存实际变化，而造成对积累 $E_{TS,t}$ 和 $E_{FS,t}$ 的最大可能影响，可用储能设备的储能容量与 $E_{TS,t}$ 或 $E_{FS,t}$ 的商计算得出。

- b) 在短记录时段内,储能设备的能量储存容量远大于 $E_{TS,\tau}$ 和 $E_{FS,\tau}$ (倍数大于 10),这时,可以假设储能设备的效率对系统性能计算没有影响。 $E_{TS,\tau}$ 和 $E_{FS,\tau}$ 之间的任何差异主要是由于储能设备储能的变化量引起的。其结果是, $E_{TS,\tau}$ 和 $E_{FS,\tau}$ 成为影响系统性能计算的主要因素。典型情况如记录时段仅为几天。储能设备的效率对 $E_{TS,\tau}$ 和 $E_{FS,\tau}$ 的典型影响,可以从已测量的储能设备效率计算得出。

8.4 系统性能参数

不同结构的和在不同地区的 PV 系统,可通过计算其规范化的系统性能参数,如等价发电时、损耗和效率,能容易地进行比较。等价发电时是经方阵额定功率规范化的能量值。系统效率是经方阵面积规范化的值。损耗导致等价发电时之间的差异。

注:并网、独立和互补系统的性能参数由于负载匹配和其他独特的工作特性而明显不同。

8.4.1 日平均等价发电时

日平均等价发电时是安装的整个方阵能量和额定输出功率 P_0 (kW) 比的商。等价发电时的单位为 $\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kW}^{-1}$ (或 $\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$),相当于方阵在 P_0 状态工作的总时间量,提供了一种特定的能量监测值,等价发电时表明方阵相对于它的额定功率的实际工作状况。

- a) 方阵等价发电时 Y_A 是安装的 PV 方阵每日每 kW 方阵能量输出:

$$Y_A = E_{A,d}/P_0 = \tau_r \times (\sum_{\text{day}} P_A)/P_0 \quad \dots\dots\dots(13)$$

符号 \sum_{day} 表示按日的求和。等价发电时表示每日的小时数,这个数相当于相同方阵以额定输出功率 P_0 需要工作的小时数,该能量等于监测得到的(它等于 $\tau_r \times (\sum_{\text{day}} P_A)$) 方阵提供给系统的能量。

- b) 最终 PV 系统等价发电时 Y_f 是安装的 PV 方阵的每 kW 方阵提供给全部 PV 电站每日净能量输出的一部分:

$$Y_f = Y_A \times \eta_{\text{LOAD}} \quad \dots\dots\dots(14)$$

这个等价发电时表示每日的小时数,该数相当于方阵以额定输出功率 P_0 需要工作的小时数,该能量等于监测得到的方阵每日提供给负载的净能量。

- c) 标准等价辐照时 Y_r 由倾斜面日总辐照除以组件标准倾斜面辐照度 $G_{1,\text{ref}}$ ($\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$) 计算得到:

$$Y_r = \tau_r \times (\sum_{\text{day}} G_1)/G_{1,\text{ref}} \quad \dots\dots\dots(15)$$

这个等价辐照时表示每日小时数,相当于太阳辐射达到标准辐照度的小时数,产生的能量等于监测到的人射能量。如果 $G_{1,\text{ref}}=1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$,倾斜面辐照单位为 $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,在数字上等于标称方阵能量输出,其单位为 $\text{kW} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kW}^{-1}$ 。这样, Y_r 也等于每日峰值太阳-小时数 ($\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$)。

8.4.2 规范化损耗

规范化损耗由等价发电时的差值计算得到。损耗的单位也为 $\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kW}^{-1}$ (或 $\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$),损耗表示被消耗的方阵以额定功率 P_0 工作的时间量。

- a) “方阵吸收”损耗 L_c 表示方阵工作的损耗:

$$L_c = Y_r - Y_A \quad \dots\dots\dots(16)$$

- b) BOS 损耗 L_{BOS} 表示在 BOS 部件中的损耗:

$$L_{\text{BOS}} = Y_A \times (1 - \eta_{\text{BOS}}) \quad \dots\dots\dots(17)$$

- c) 性能比 R_p 表示方阵由于方阵温度、辐照的不完全利用、系统部件失效或故障引起方阵的额定输出损失而引起的综合影响:

$$R_p = Y_f/Y_r \quad \dots\dots\dots(18)$$

8.4.3 系统效率

- a) 在记录时段 τ 内平均方阵效率定义为:

$$\eta_{A_{\text{mean}},\tau} = E_{A,\tau} / (A_a \times \tau_r \times \sum_{\tau} G_1) \quad \dots\dots\dots (19)$$

其中, A_a 为方阵总面积。

该效率表示 PV 方阵的平均能量转换效率, 用来与方阵额定功率为 P_0 时的效率 η_{AO} 作比较。效率值的差别代表了二极管、导线、失配引起的损耗和电站工作时的能量损耗。

b) 在记录时段 τ 内, PV 电站总效率定义为:

$$\eta_{\text{tot},\tau} = \eta_{A_{\text{mean}},\tau} \times \eta_{\text{LOAD}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

8.4.4 月或年的等价发电时, 损耗和效率

月或年的平均等价发电时通过用公式(13)中适当的方阵能量($E_{A,m}$ 表示月, $E_{A,y}$ 表示年)和适当的时段求和(Σ_m 表示月求和, Σ_y 表示年求和)来确定。方阵等价发电时的单位对月等价发电时为 $\text{h} \cdot \text{m}^{-1}$, 对年等价发电时为 $\text{h} \cdot \text{y}^{-1}$ 。

通过公式(14)至公式(20), 用适当的方阵等价发电时和时段求和, 类似的月或年等价发电时 Y_f , 标准等价辐照时 Y_r , 损耗和效率可以确定。其他月的或年的性能参数也可得到, 以满足用户的需求。

附录 A

(资料性附录)

检验数据采集系统的建议方法

除了传感器以外,数据采集系统可以采用下面规定的应用模拟输入信号方式来检验或通过制造商和顾客之间协议的其他方法检验。宜每两年检验一次。传感器宜用适当的方法单独校准。

数据采集设备的通道可分别或同时检验。

A.1 输入信号类型的检验

- 辐照度;
- 环境温度;
- PV 电站的每个部件的电压、电流和功率。

A.2 线性响应的检验

这种检验可以在模拟输入通道上进行,该通道可线性调节。将一个恒定的直流信号加到输入端。数据采集系统测量的结果与输入信号值和比例系数乘积之间的差别应小于数据采集系统满量程的 $\pm 1\%$ 。这个步骤宜在输入信号为满量程的 0% 、 20% 、 40% 、 60% 、 80% 和 100% 条件下进行。如果指定用双极性信号输入,则负信号也应按相同方法使用。

如果发现误差大于满量程的 1% ,比例系数宜用软件或硬件来校正,并应重新检验。

A.3 稳定性检验

这种检验应在所有模拟输入通道上进行。 100% 满量程的恒定直流信号加到输入端应达 6 h 。这个信号测量值的波动应保持在满量程的 $\pm 1\%$ 以内。如果输入信号的波动超过 $\pm 0.2\%$,则应用一个精度高于 $\pm 0.2\%$ 的伏特计来补偿结果。

A.4 积分法检验

这种检验应在输入通道上进行。在输入通道上,测量结果应用平均或积分运算来处理。输入振幅为 Z_m 的方波信号应加到通道上,其测量值在整个时间周期 τ_d 内(推荐最少 6 h)积分得到。每个通道的振幅 Z_m 建议取预期从传感器上获得的最大输入电平。获得的结果应等于 $Z_m \times \tau_d \pm 1\%$ 。振幅和时间周期应用精度为 $\pm 5\%$ 的测量仪表监测。

A.5 积分零值检验

这种检验应在输入通道上进行,在这个输入电路上,测量结果应用平均或积分运算来处理。该通道应短路,它的测量值应在最少 6 h 的整个时间周期 τ_d 内积分。其结果应小于 $Z_m \times \tau_d$ 的 $\pm 1\%$ 。 Z_m 的定义见 A.4。

A.6 积分间隔检验

在考虑中。