



中华人民共和国国家标准

GB/T 31365—2015

光伏电站接入电网检测规程

Testing code for photovoltaic power station connected to power grid

2015-02-04 发布

2015-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

| | |
|---|----|
| 前言 | Ⅲ |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 总则 | 2 |
| 5 测量设备 | 2 |
| 6 功率特性 | 3 |
| 7 运行适应性 | 5 |
| 8 低电压穿越能力 | 7 |
| 9 电能质量 | 9 |
| 10 检测文件 | 11 |
| 附录 A (资料性附录) 检测记录 | 12 |
| 附录 B (资料性附录) 功率设定值控制响应时间及控制精度判定方法 | 17 |
| 附录 C (资料性附录) 无功电流注入的判定及计算方法 | 19 |
| 附录 D (资料性附录) 有功功率恢复的判定方法 | 20 |

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、国网电力科学研究院。

本标准主要起草人：吴福保、陈志磊、秦筱迪、李臻、张军军、陈梅、刘纯、何国庆、冯炜、包斯嘉、李红涛、居蓉蓉、赵伟然。



光伏电站接入电网检测规程

1 范围

本标准规定了光伏电站接入电网的检测项目、检测条件、检测设备和检测方法等。

本标准适用于通过 35 kV 及以上电压等级并网,以及通过 10 kV 电压等级与公共电网连接的新建、扩建和改建光伏电站。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12325 电能质量 供电电压允许偏差

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 15945 电能质量 电力系统频率偏差

GB/T 17626.15 电磁兼容性 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范

GB/T 17626.30 电磁兼容性 试验和测量技术 电能质量测量方法

GB/T 19964—2012 光伏电站接入电力系统技术规定

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

光伏发电单元 photovoltaic(PV) power unit

光伏电站中,一定数量的光伏组件以串并联方式连接,通过直流汇流箱和直流配电柜多级汇集,经光伏逆变器与单元升压变压器一次升压成符合电网频率和电压要求的电源。

3.2

有功功率变化 active power change

一定时间间隔内,光伏电站有功功率最大值与最小值之差。

3.3

总辐照度 solar global irradiance

入射于水平表面单位面积上的全部的太阳辐射通量(W/m^2)。

3.4

组件温度 module temperature

太阳能电池组件背板的实际工作温度。

3.5

电网模拟装置 grid simulator

模拟电网输出特性的可控交流电源。

3.6

谐波子群的有效值 r.m.s. value of a harmonic subgroup

 $G_{sg,n}$

某一谐波的有效值以及与其紧邻的两个频谱分量的方和根。在测量研究过程中,为顾及电压波动的影响,通过对所求谐波以及与其紧邻的频谱分量的能量累加而得到离散傅立叶变换(DFT)输出分量的一个子群。其阶数由所考虑的谐波给出。

3.7

时间窗 time window

 T_w

测量电流谐波、间谐波所取的时间宽度。

注:对于 50 Hz 电力系统,时间窗 T_w 取 10 个额定基波周期,即为 200 ms。两条连续的频谱线之间的频率间隔是时间窗的倒数,因此两条连续的频谱线之间的频率间隔是 5 Hz。

3.8

间谐波中心子群的有效值 r.m.s. value of a interharmonic central subgroup

 $C_{isg,n}$

位于两个连续的谐波频率之间、且不包括与谐波频率直接相邻的频谱分量的全部间谐波分量的方和根。

注 1:间谐波分量的频率由频谱线的频率决定,该频率不是基波频率的整数倍。

注 2:谐波阶数 n 和 $n+1$ 之间的间谐波中心子群用 $C_{isg,n}$ 表示;例如,5 次和 6 次谐波之间的间谐波中心子群用 $C_{isg,5}$ 表示。

4 总则

4.1 光伏电站并网性能应满足 GB/T 19964 的规定。

4.2 光伏电站检测内容应满足如下要求:

- a) 检测项目至少应包括:有功功率、无功功率、运行适应性、低电压穿越能力、电能质量;
- b) 需要选取典型光伏发电单元进行检测的项目,选取是应覆盖所有类型的光伏发电单元;
- c) 光伏发电单元的选取原则为:检测应以随机抽样的方式开展,相同组件类型、相同拓扑结构、配置相同型号逆变器和单元升压变压器的光伏发电单元属于同一类型,应至少选择一个单元进行检测,不同类型的光伏发电单元均应选取并检测;
- d) 当光伏电站更换不同型号单元升压变压器或逆变器时,应重新进行检测;当光伏电站更换同型号逆变器或单元升压变压器数量达到一半以上时,也应重新进行检测;
- e) 测试应选择在晴天少云的条件下进行。

5 测量设备

测量设备包括电压互感器、电流互感器和数据采集装置等。测量设备准确度应至少满足表 1 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,数据采集装置带宽不应小于 10 MHz。

表 1 测量设备准确度要求

| 设备仪器 | 准确度要求 |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 电压互感器 | 0.5(0.2 ^a)级 |
| 电流互感器 | 0.5(0.2 ^a)级 |
| 数据采集装置 | 0.5(0.2 ^a)级 |
| ^a 0.2 级为电能质量测量时的准确度要求。 | |

6 功率特性

6.1 检测装置

功率特性检测装置应包括气象数据采集装置和组件温度测量装置。各装置彼此之间应保持时间同步,时间偏差应小于 10 μs。组件温度测量装置的技术参数要求:

- a) 测量范围: -50 ℃~+100 ℃;
- b) 测量精度: ±0.5 ℃;
- c) 工作环境温度: -50 ℃~+100 ℃。

6.2 检测示意图

检测应按照图 1 连接检测电路。

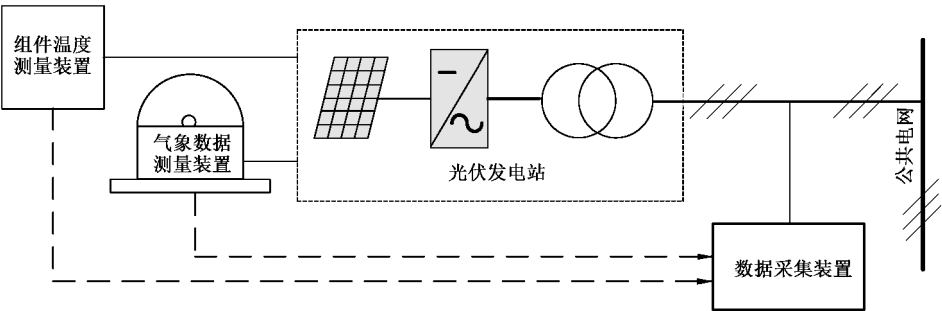


图 1 功率特性检测示意图

6.3 有功功率输出特性

检测应按照如下步骤进行:

- a) 根据光伏电站所在地的气象条件,应选择太阳辐照度最大值不小于 400 W/m² 的完整日开展检测,检测应至少采集总辐照度和组件温度参数;
- b) 连续测满光伏电站随辐照度发电的全天运行过程,要求每 1 min 同步采集一次光伏电站有功功率、总辐照度和组件温度 3 个数据;
- c) 以时间轴为横坐标,有功功率为纵坐标,绘制有功功率变化曲线;
- d) 以时间轴为横坐标,组件温度为纵坐标,绘制组件温度变化曲线;
- e) 将横坐标的时间轴与辐照度时序对应,绘制有功功率变化曲线和组件温度变化曲线。

注:有功功率 1 min 平均值用 1 min 发电量值/60 s 来计算。总辐照度 10 s 采样 1 次,1 min 采样的 6 个样本去掉

1 个最大值和 1 个最小值,余下 4 个样本的算术平均为 1 min 的瞬时值。组件温度 10 s 采样 1 次,1 min 采样的 6 个样本去掉 1 个最大值和 1 个最小值,余下 4 个样本的算术平均为 1 min 的瞬时值。

6.4 有功功率变化

检测应按照如下步骤进行:

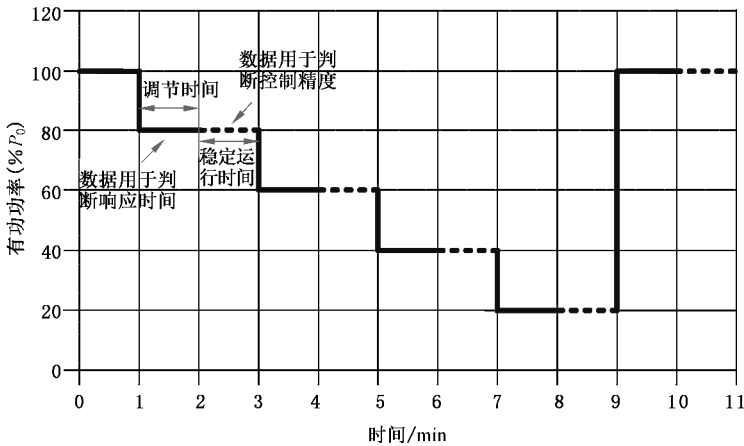
- a) 在光伏电站并网点处按光伏电站随辐照度自动启停机和人工启停机两种工况下进行测量;
- b) 分别记录两种情况下光伏电站开始发电时刻起至少 10 min 内和停止发电时刻前至少 10 min 内并网点的电压和电流数据,计算所有 0.2 s 有功功率平均值;
- c) 以时间为横坐标,有功功率为纵坐标,用计算所得的所有 0.2 s 有功功率平均值绘制有功功率随时间变化曲线。

注:随辐照度自动启停机检测期间辐照度最大值应不小于 400 W/m²,人工启停机检测期间辐照度应保持在 400 W/m² 以上。

6.5 有功功率控制能力

检测应按照如下步骤进行:

- a) 检测期间不应限制光伏电站的有功功率变化速度并按照图 2 的设定曲线控制光伏电站有功功率,在光伏电站并网点连续测量并记录整个检测过程的电压和电流数据;
- b) 以每 0.2 s 数据计算一个有功功率平均值,用计算所得的所有 0.2 s 有功功率平均值拟合实测有功功率控制曲线;
- c) 利用图 2 中虚线部分的 1 min 有功功率平均值作为实测值与设定基准功率值进行比对;
- d) 利用附录 B 计算有功功率调节精度和响应时间;
- e) 检测期间应同时记录现场的辐照度和大气温度。



注: P_0 为辐照度大于 400 W/m² 时被测光伏电站的有功功率值。

图 2 有功功率控制曲线

6.6 无功功率输出特性

检测应按照如下步骤进行:

- a) 按步长调节光伏电站输出的感性无功功率至光伏电站感性无功功率限值;
- b) 测量并记录光伏电站并网点的电压和电流值;
- c) 从 0~100% P_n 范围内,以每 10% 的有功功率区间为一个功率段,每个功率段内采集至少 2 个

- 1 min 时序电压和电流数据,并利用采样数据计算每个 1 min 无功功率的平均值;
- d) 按步长调节光伏电站输出的容性无功功率至光伏电站容性无功功率限值;
- e) 重复步骤 b)和 c);
- f) 以有功功率为横坐标,无功功率为纵坐标,绘制无功功率输出特性曲线,同时记录光伏电站的无功配置信息。

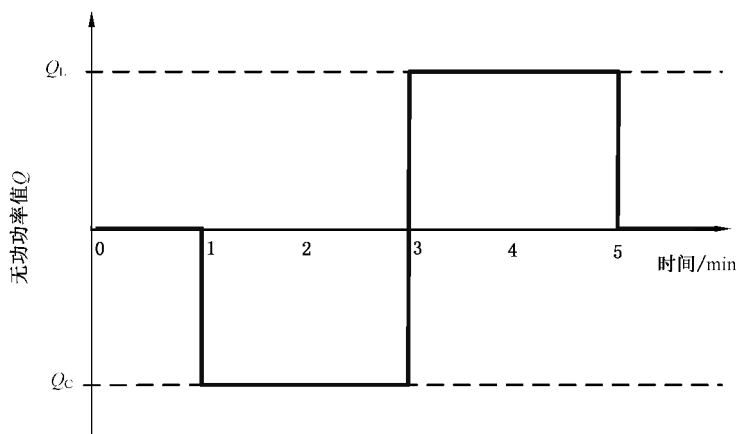
注 1: P_0 为辐照度大于 400 W/m^2 时被测光伏电站的有功功率值。

注 2: 光伏电站无功功率输出跳变限值为光伏电站无功功率最大值或电网调度部门允许的最大值两者中较小的值。

注 3: 测试过程中应确保集中无功补偿装置处于正常运行状态。

6.7 无功功率控制能力

设定被测光伏电站输出有功功率稳定至 $50\% P_0$, 不限制光伏电站的无功功率变化, 设定 Q_L 和 Q_C 为光伏电站无功功率输出跳变限值, 按照图 3 的设定曲线控制光伏电站的无功功率, 在光伏电站出口侧连续测量无功功率, 以每 0.2 s 无功功率平均值为一, 记录实测曲线。可参考附录 B 计算无功功率调节精度和响应时间。



注 1: Q_L 和 Q_C 为与调度部门协商确定的感性无功功率阶跃允许值和容性无功功率阶跃允许值。

注 2: P_0 为辐照度大于 400 W/m^2 时被测光伏电站的有功功率值。

注 3: 测试过程中应确保集中无功补偿装置处于正常运行状态。

图 3 无功功率控制曲线

7 运行适应性

7.1 检测装置

运行适应性检测应使用电网模拟装置,其技术指标应符合如下要求:

- a) 与光伏电站连接侧的电压谐波应小于 GB/T 14549 中谐波允许值的 50%;
- b) 具备电能双向流动的能力,不对电网的安全性造成影响,向电网注入的电流谐波应小于 GB/T 14549 中谐波允许值的 50%;
- c) 正常运行时,电网模拟装置的输出电压基波偏差值应小于 0.5%;
- d) 正常运行时,电网模拟装置的输出频率偏差值应小于 0.01 Hz,可调节步长至少为 0.05 Hz;
- e) 电网模拟装置的响应时间应小于 0.02 s。正常运行时,三相电压不平衡度应小于 1%,相位偏差应小于 1%;

f) 装置能向并网点输出三相不平衡电压、叠加电压谐波和电压间谐波。

注：电压谐波至少能叠加 3、5、7、9 次谐波，谐波应满足 GB/T 14549 要求的限值。

7.2 检测示意图

应按图 4 连接相关检测装置和测量设备。

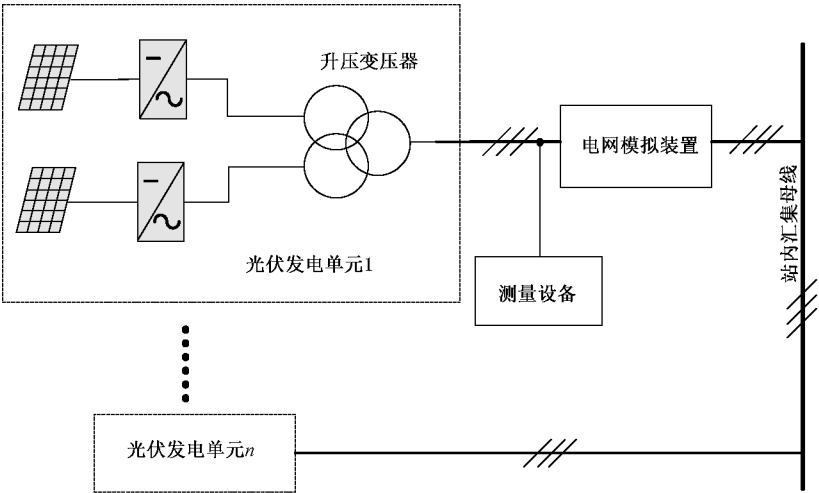


图 4 运行适应性检测示意图

7.3 电压适应性

应按照本标准第 4 章的要求选取被测光伏电站的典型光伏发电单元进行检测，检测应按照如下步骤进行：

- a) 在站内汇集母线标称频率条件下，调节电网模拟装置，使得站内汇集母线电压从额定值分别阶跃至 $91\% U_N$ 、 $109\% U_N$ 和 $91\% U_N \sim 109\% U_N$ 之间的任意值保持至少 20 s 后恢复到额定值。记录光伏发电单元运行时间或脱网跳闸时间；
- b) 在站内汇集母线标称频率条件下，调节电网模拟装置，使得站内汇集母线电压从额定值分别阶跃至 $111\% U_N$ 、 $119\% U_N$ 和 $111\% U_N \sim 119\% U_N$ 之间的任意值保持至少 10 s 后恢复到额定值。记录光伏发电单元运行时间或脱网跳闸时间；
- c) 在站内汇集母线标称频率条件下，调节电网模拟装置，使得站内汇集母线电压从额定值分别阶跃至 $121\% U_N$ 、 $129\% U_N$ 和 $121\% U_N \sim 129\% U_N$ 之间的任意值保持至少 0.5 s 后恢复到额定值。记录光伏发电单元运行时间或脱网跳闸时间。

注： U_N 为站内汇集母线标称电压。

7.4 频率适应性

应按照本标准第 4 章的要求选取被测光伏电站的典型光伏发电单元进行检测，检测应按照如下步骤进行：

- a) 在站内汇集母线标称电压条件下，调节电网模拟装置，使得站内汇集母线频率从额定值分别阶跃至 49.55 Hz、50.15 Hz 和 49.55 Hz \sim 50.15 Hz 之间的任意值保持至少 20 min 后恢复到额定值。记录光伏发电单元运行时间或脱网跳闸时间；
- b) 在站内汇集母线标称电压条件下，调节电网模拟装置，使得站内汇集母线频率从额定值分别阶跃至 48.05 Hz、49.45 Hz 和 48.05 Hz \sim 49.45 Hz 之间的任意值保持至少 10 min 后恢复到额定值。记录光伏发电单元运行时间或脱网跳闸时间；

- c) 在站内汇集母线标称电压条件下,调节电网模拟装置,使得站内汇集母线频率从额定值分别阶跃至 50.25 Hz、50.45 Hz 和 50.25 Hz~50.45 Hz 之间的任意值保持至少 2 min 后恢复到额定值。记录光伏发电单元运行时间或脱网跳闸时间;
- d) 在站内汇集母线标称电压条件下,调节电网模拟装置,使得站内汇集母线频率从额定值阶跃至 50.55 Hz,记录光伏发电单元的脱网跳闸时间。

7.5 电能质量适应性

应按照本标准第 4 章的要求选取被测光伏发电单元进行检测,调节电网模拟装置,使得并网点的谐波值、三相电压不平衡度、间谐波值分别至 GB/T 19964 要求的限值,记录光伏发电单元运行时间或脱网跳闸时间。

宜同时记录光伏发电单元输出电流谐波。

8 低电压穿越能力

8.1 检测装置

应按照总则的要求选取被测光伏发电单元进行检测。检测装置宜使用无源电抗器模拟电网电压跌落,原理如图 5 所示。

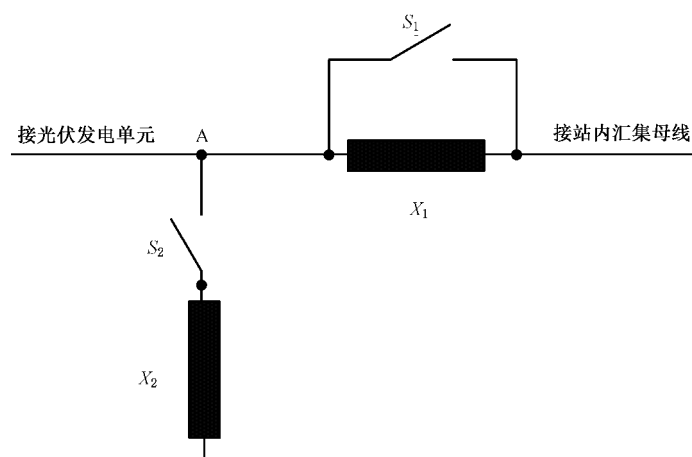


图 5 电压跌落发生装置示意图

检测装置应满足下述要求:

- a) 装置应能模拟三相对称电压跌落、相间电压跌落和单相电压跌落;
- b) 限流电抗器 X_1 和短路电抗器 X_2 均应可调,装置应能在 A 点产生不同深度的电压跌落;
- c) 电抗值与电阻值之比(X/R)应至少大于 10;
- d) 三相对称短路容量应为被测光伏发电单元所配逆变器总额定功率的 3 倍以上;
- e) 开关 S_1 、 S_2 应使用机械断路器或电力电子开关;
- f) 电压跌落时间与恢复时间均应小于 20 ms。

8.2 检测准备

检测前应做如下准备:

- a) 进行低电压穿越测试前,光伏发电单元的逆变器应工作在与实际投入运行时一致的控制模式下。按照图 6 连接光伏发电单元、电压跌落发生装置以及其他相关设备。

- b) 检测应至少选取 5 个跌落点,其中应包含 $0\% U_n$ 和 $20\% U_n$ 跌落点,其他各点应在 $(20\% \sim 50\%)U_n$ 、 $(50\% \sim 75\%)U_n$ 、 $(75\% \sim 90\%)U_n$ 3 个区间内均有分布,并按照 GB/T 19964—2012 中图 2 曲线要求选取跌落时间。

注: U_N 为光伏发电站内汇集母线标称电压。

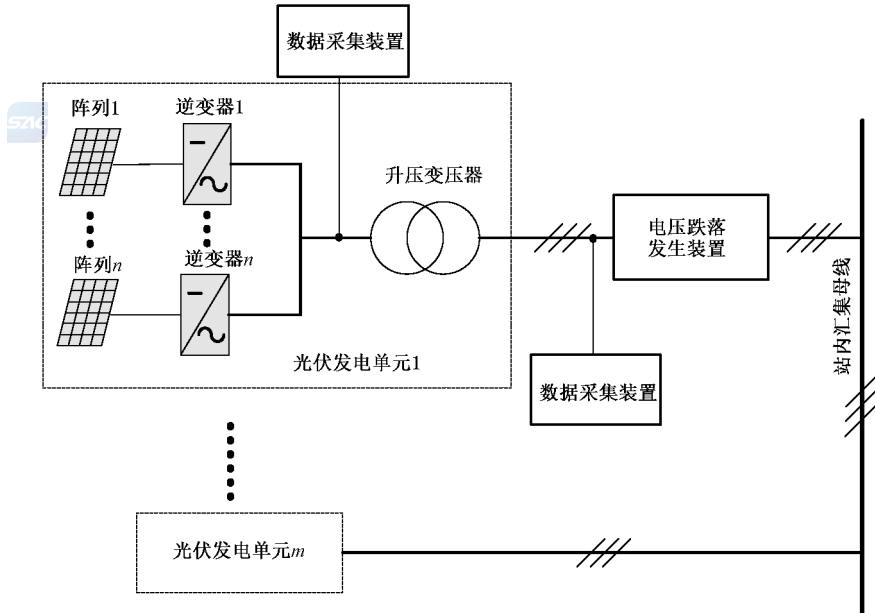


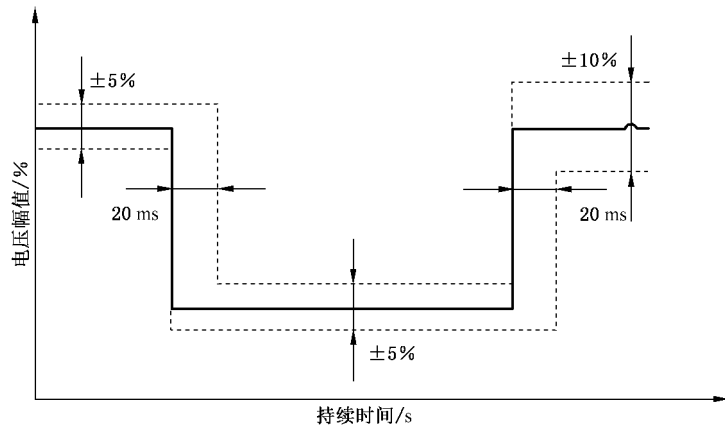
图 6 低电压穿越能力检测示意图

8.3 空载测试

光伏发电单元投入运行前应先进行空载测试,检测应按如下步骤进行:

- a) 确定被测光伏发电单元逆变器处于停运状态;
- b) 调节电压跌落发生装置,模拟线路三相对称故障和随机一种线路不对称故障,使电压跌落幅值和跌落时间满足图 7 的容差要求。

注: 线路三相对称故障指三相短路的工况,线路不对称故障包含:A 相接地短路、B 相接地短路、C 相接地短路、AB 相间短路、BC 相间短路、CA 相间短路、AB 接地短路、BC 接地短路、CA 接地短路 9 种工况。



注: $0\% U_n$ 和 $20\% U_n$ 跌落点电压跌落幅值容差为 $\pm 5\%$ 。

图 7 电压跌落容差

8.4 负载测试

应在空载测试结果满足要求的情况下,进行低电压穿越负载测试。负载测试时电抗器参数配置、不对称故障模拟工况的选择以及电压跌落时间设定均应与空载测试保持一致,测试应满足如下要求:

- 将光伏发电单元投入运行;
- 光伏发电单元应分别在 $0.1P_n \sim 0.3P_n$ 和不少于 $0.7P_n$ 两种工况下进行检测;
- 控制电压跌落发生装置进行三相对称电压跌落和空载随机选取的不对称电压跌落;
- 在升压变压器高压侧或低压侧分别通过数据采集装置记录被测光伏发电单元电压和电流的波形,记录至少从电压跌落前 10 s 到电压恢复正常后 6 s 之间的数据;
- 所有测试点均应重复 1 次。

注: P_n 为被测光伏发电单元所配逆变器总额定功率。

8.5 判定方法

可依据附录 C 对无功电流注入进行判定。依据附录 D 对有功功率恢复进行判定。

9 电能质量

9.1 检测装置

电能质量检测装置应符合 GB/T 17626.30 的要求,检测装置的闪变算法应符合 GB/T 17626.15 的要求。

9.2 电网条件

光伏电站停止运行时,公共连接点处相关技术指标应符合下列要求:

- 电压谐波总畸变率在 10 min 内测得的方均根值应满足 GB/T 14549 的规定;
- 电网频率 10 s 测量平均值的偏差应满足 GB/T 15945 的规定;
- 电网电压 10 min 方均根值的偏差应满足 GB/T 12325 的规定;
- 电网电压三相不平衡度应满足 GB/T 15543 的规定。

9.3 三相不平衡度

9.3.1 三相电压不平衡度

检测应按照如下步骤进行:

- 在光伏电站公共连接点处接入电能质量测量装置;
- 运行光伏电站,从光伏电站持续正常运行的最小功率开始,以 10% 的光伏电站所配逆变器总额定功率为一个区间,每个区间内连续测量 10 min,从区间开始利用式(1)按每 3 s 时段计算方均根值,共计算 200 个 3 s 时段方均根值;
- 应分别记录其负序电压不平衡度测量值的 95% 概率大值以及所有测量值中的最大值;
- 重复测量 1 次。

注:最后一个区间的终点取测量日光伏电站持续正常运行的最大功率。

$$\epsilon = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \epsilon_k^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

ϵ_k ——在 3 s 内第 k 次测得的电压不平衡度;

m ——在 3 s 内均匀间隔取值次数($m \geq 6$)。

9.3.2 三相电流不平衡度

宜同时测量三相电流不平衡度。

检测应按照如下步骤进行：

- 在光伏电站公共连接点处接入电能质量测量装置；
- 运行光伏电站，从光伏电站持续正常运行的最小功率开始，以 10% 的光伏电站所配逆变器总额定功率为一个区间，每个区间内连续测量 10 min，从区间开始利用式(2)按每 3 s 时段计算方均根值，共计算 200 个 3 s 时段方均根值；
- 应分别记录其负序电流不平衡度测量值的 95% 概率大值以及所有测量值中的最大值；
- 重复测量 1 次。

注：最后一个区间的终点取测量日光伏电站持续正常运行的最大功率。

$$\epsilon = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \epsilon_k^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ϵ_k —— 在 3 s 内第 k 次测得的电流不平衡度；

m —— 在 3 s 内均匀间隔取值次数 ($m \geq 6$)。

9.4 闪变

在光伏电站公共连接点处接入电能质量测量装置，电压互感器和电流互感器的截止频率应不小于 400 Hz。从光伏电站持续正常运行的最小功率开始，以 10% 的光伏电站所配逆变器总额定功率为一个区间，每个区间内分别测量 2 次 10 min 短时闪变值 P_{st} 。光伏发电系统的长时闪变值应通过短时闪变值 P_{st} 计算。检测方法应满足 GB/T 12326 的要求。

注：最后一个区间的终点取测量日光伏电站持续正常运行的最大功率。

9.5 谐波、间谐波

9.5.1 电流谐波

检测应按照如下步骤进行：

- 在光伏电站公共连接点处接入电能质量测量装置；
- 从光伏电站持续正常运行的最小功率开始，以 10% 的光伏电站所配逆变器总额定功率为一个区间，每个区间内连续测量 10 min；
- 按式(3)取时间窗 T_w 测量并计算电流谐波子群的有效值，取 3 s 内的 15 个电流谐波子群有效值计算方均根值；
- 计算 10 min 内所包含的各 3 s 电流谐波子群的方均根值；
- 电流谐波子群应记录到第 50 次，利用式(4)计算电流谐波子群总畸变率并记录。

注 1： h 次电流谐波子群的有效值：

$$I_h = \sqrt{\sum_{i=-1}^1 C_{10h+i}^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C_{10h+i} —— DFT 输出对应的第 $10h+i$ 根频谱分量的有效值。

注 2：电流谐波子群总畸变率：

$$THDS_i = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

I_h —— 在 10 min 内 h 次电流谐波子群的方均根值；

I_1 ——在 10 min 内电流基波子群的方均根值。

注 3: 最后一个区间的终点取测量日光伏电站持续正常运行的最大功率。

注 4: 持续在短暂周期内的谐波可以认为是对公用电网无害的。因此, 这里不要求测量因光伏电站启停操作而引起的短暂谐波。

9.5.2 电流间谐波

检测应按照如下步骤进行:

- 在光伏电站公共连接点处接入电能质量测量装置;
- 从光伏电站持续正常运行的最小功率开始, 以 10% 的光伏电站所配逆变器总额定功率为一个区间, 每个区间内连续测量 10 min;
- 按式(5)取时间窗 T_w 测量并计算电流间谐波中心子群的有效值, 取 3 s 内的 15 个电流间谐波中心子群有效值计算方均根值;
- 计算 10 min 内所包含的各 3 s 电流间谐波中心子群的方均根值;
- 电流间谐波测量最高频率应达到 2 kHz。

注 1: h 次电流间谐波中心子群的有效值:

$$I_h = \sqrt{\sum_{i=2}^8 C_{10h+i}^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

C_{10h+i} ——DFT 输出对应的第 $10h+i$ 根频谱分量的有效值。

注 2: 最后一个区间的终点取测量日光伏电站持续正常运行的最大功率。

10 检测文件

10.1 检测文件内容

10.1.1 检测结果应记录并包括以下内容:

- 光伏电站的规格参数;
- 检测设备的规格参数;
- 现场检测环境参数;
- 被测光伏电站的检测结果;
- 其他相关内容。

10.1.2 检测结果应能够重复验证。在现场将各项检测结果如实记入原始记录表, 原始记录表应有检测人员、校核人员和技术负责人签名。

10.2 检测报告


检测记录见附录 A。

附 录 A
(资料性附录)
检测记录

A.1 光伏电站基本信息

见表 A.1。

表 A.1 光伏电站基本情况表

| | | |
|--|-------------|--|
| 检测机构 | | |
| 电站名称 | | |
| 电站业主 | | |
| 电站地理位置信息 | 建设地址： | |
| | 经度： | |
| | 纬度： | |
| | 海拔： | |
|  电站基本信息 | 占地面积： | |
| | 装机容量： | |
| | 所配逆变器总额定功率： | |
| | 组件类型： | |
| | 组件型号： | |
| | 逆变器型号： | |
| | 无功配置： | |
| | 接入电压等级： | |
| | 单元升压变型号： | |
| 气候条件 | 年均日照小时数 | |
| | 夏季平均气温 | |
| | 冬季平均气温 | |

A.2 功率特性检测

A.2.1 有功功率输出特性

拟合有功功率变化曲线和组件温度变化曲线，绘制光伏电站有功功率输出特性曲线。

A.2.2 有功功率变化

绘制有功功率变化曲线。

A.2.3 有功功率控制能力

记录检测时的功率实测曲线。

A.2.4 无功功率输出特性

以有功功率为横坐标,无功功率为纵坐标,绘制无功功率输出特性曲线,同时记录光伏电站的无功配置信息。

A.2.5 无功功率控制能力

记录检测的功率实测曲线。

A.3 低电压穿越能力检测

见表 A.2。

表 A.2 低电压穿越能力检测表

| 光伏发电单元信息 | | | | |
|-------------------------|--------|---|---------|---|
| 装机容量 | | | | |
| 逆变器总额定功率 | | | | |
| 低电压穿越实验 | | | | |
| 故障类型 | 三相对称跌落 | | 两相不对称跌落 | |
| 序号 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 日期 | | | | |
| 时间 | | | | |
| 被测单元并网点电压 U/kV | | | | |
| 被测单元输出功率 P/kW | | | | |
| 跌落时间 t/ms | | | | |
| 电压跌落比 U/U_n | | | | |
| 有功恢复速度 $\%P_n/t$ | | | | |
| 无功电流响应时间 t/ms | | | | |
| 无功电流 I_T/A | | | | |

A.4 电压适应性检测

见表 A.3。

表 A.3 电压适应性检测表

| 并网点设定电压 V | 并网点实际测量电压 V | 设定时间 s | 单元运行时间  s |
|--------------|----------------|-----------|---|
| $89\% U_n$ | | | |
| $109\% U_n$ | | | |
| $111\% U_n$ | | | |

表 A.3 (续)

| 并网点设定电压 V | 并网点实际测量电压 V | 设定时间 s | 单元运行时间 s |
|--------------------------------------|----------------|-----------|-------------|
| $111\% U_n < \text{---} < 119\% U_n$ | | | |
| $119\% U_n$ | | | |
| $121\% U_n$ | | | |
| $121\% U_n < \text{---} < 129\% U_n$ | | | |
| $129\% U_n$ | | | |

A.5 频率适应性检测

见表 A.4。

表 A.4 频率适应性检测表


| 并网点设定频率 Hz | 并网点实际测量频率 Hz | 设定时间 s | 单元运行时间 s |
|------------------------------|-----------------|-----------|-------------|
| 48.05 | | | |
| $48.05 < \text{---} < 49.45$ | | | |
| 47.45 | | | |
| 49.55 | | | |
| $49.55 < \text{---} < 50.15$ | | | |
| 50.25 | | | |
| $50.25 < \text{---} < 50.45$ | | | |
| 50.45 | | | |
| 50.55 | | | |

A.6 电能质量检测

A.6.1 三相电压不平衡度检测

见表 A.5。

表 A.5 三相电压不平衡度检测表

| 运行功率 kW |  | 实测最大值 | 95% 概率大值 |
|------------|---|-------|----------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

A.6.2 闪变检测

见表 A.6。

表 A.6 闪变检测表

| | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 无功功率 $Q = \underline{\hspace{2cm}}$ | | | | | | | | | | |
| 电压等级 | | | | | | | | | | |
| $\underline{\hspace{2cm}}$ 相闪变值 P_{st} | | | | | | | | | | |
| 测量次数 | 功率区间 kW | | | | | | | | | |
| | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ | $\underline{\hspace{1cm}} \sim \underline{\hspace{1cm}}$ |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |

A.6.3 谐波、间谐波检测

电流谐波子群的检测记录按表 A.7 填写。

表 A.7 谐波检测表



| | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 无功功率 $Q =$ _____ | | | | | | | | | | |
| 电压等级 | | | | | | | | | | |
| ____相电流谐波子群有效值 A | | | | | | | | | | |
| 谐波次数 | 功率区间 kW | | | | | | | | | |
| | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ |
| 1 st | | | | | | | | | | |
| 2 nd | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 50 th | | | | | | | | | | |
| THDS _i | | | | | | | | | | |

电流间谐波中心子群的检测记录按表 A.8 填写。

表 A.8 间谐波检测表

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 无功功率 Q= _____ | | | | | | | | | | |
| 电压等级 | | | | | | | | | | |
| ____ 相电流间谐波中心子群有效值 A | | | | | | | | | | |
| 间谐波次数 | 功率区间 kW | | | | | | | | | |
| | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ | ____ ~ ____ |
| 1 st | | | | | | | | | | |
| 2 nd | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 39 th | | | | | | | | | | |

附录 B

(资料性附录)

功率设定值控制响应时间及控制精度判定方法

B.1 功率设定值控制响应时间判定

图 B.1 为光伏电站有功功率设定值响应时间判定方法示意图。参照图 B.1, 可以得出光伏电站有功功率设定值响应时间和控制相关特性参数如下:

有功功率设定值控制响应时间 $t_{p, \text{res}}$:

$$t_{p, \text{res}} = t_{p, 1} - t_{p, 0} \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

有功功率设定值控制调节时间 $t_{p, \text{reg}}$:

$$t_{p, \text{reg}} = t_{p, 2} - t_{p, 0} \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

设定值控制期间有功功率允许运行范围:

$$P_{\max} = (1 + 0.05)P_2 \quad \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

$$P_{\min} = (1 - 0.05)P_2$$

有功功率设定值控制超调量:

$$\sigma = \frac{|P_3 - P_2|}{P_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

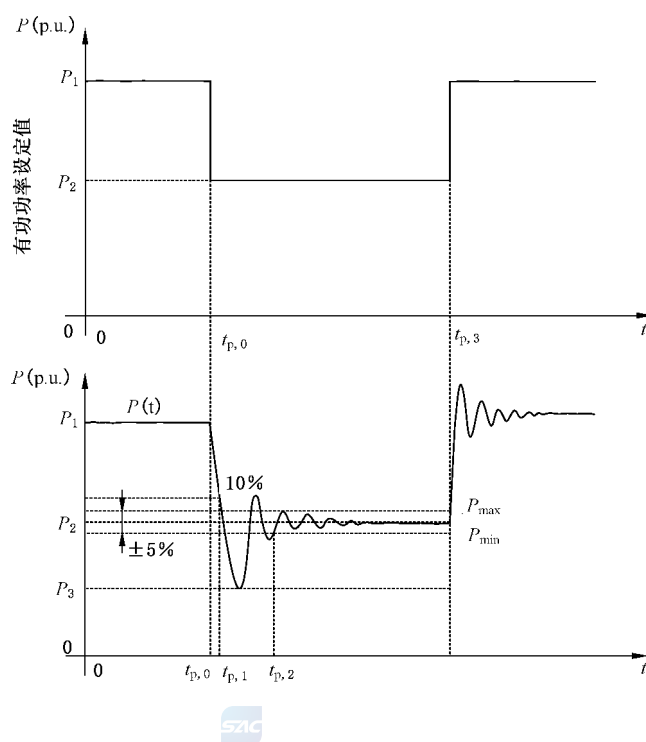


图 B.1 功率控制响应时间和响应精度判断示意图

说明:

P_1 ——光伏电站有功功率初始运行值(上一设定值);

P_2 ——光伏电站有功功率设定值控制目标值(下一设定值);

P_3 ——控制期间光伏电站有功功率偏离控制目标的最大值；

$P(t)$ ——有功功率设定值运行期间光伏电站有功功率曲线；

$t_{p,0}$ ——设定值控制开始时刻(前一设定值控制结束时刻)；

$t_{p,1}$ ——有功功率变化第一次达到设定阶跃值 90% 的时刻；

$t_{p,2}$ ——设定值控制期间光伏电站有功功率持续运行在允许范围内的开始时刻。

注：无功功率设定值控制响应时间也可参照本章内容进行判断。

B.2 功率设定值控制精度判定

功率设定值控制精度可用式(B.5)进行判定。

$$\Delta P = \frac{|P_{\text{set}} - P_{\text{mes}}|}{P_{\text{set}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

式中：

ΔP ——功率设定值控制精度，%；

P_{set} ——设定的有功功率值；

P_{mes} ——实际测量每次阶跃后第 2 个 1 min 有功功率平均值。



附录 C (资料性附录)

无功电流注入的判定及计算方法

C.1 图 C.1 为电压跌落期间光伏电站电流注入的判定方法示意图。图中各参数的含义如下：

I_Q ——无功电流注入参考值；

$I_q(t)$ ——电压跌落期间光伏电站无功电流曲线；

t_{r0} ——电压跌落开始时刻；

t_{r1} ——电压跌落期间光伏电站无功电流注入首次大于 90% I_Q 的起始时刻；

t_{r2} ——光伏电站并网点电压恢复到 90% 额定值的时刻；

U_{dip} ——光伏电站并网点电压与额定电压比值。

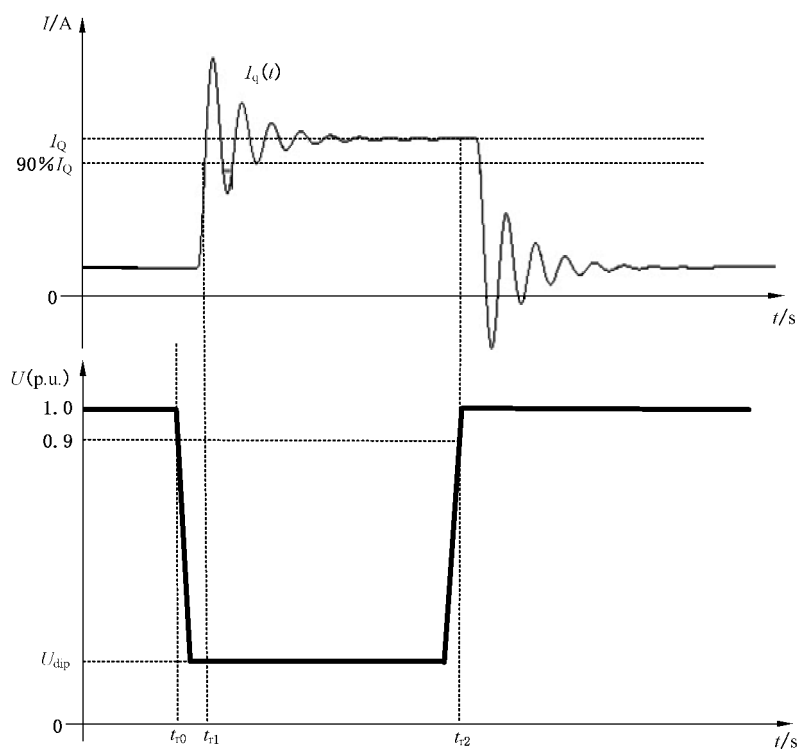


图 C.1 无功电流注入判定方法示意图

参照图 C.1, 可以得出电压跌落期间光伏电站无功电流注入的相关特性参数如下：

无功电流输出响应时间 t_{res} ：

$$t_{\text{res}} = t_{r1} - t_{r0} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

无功电流注入持续时间 t_{last} ：

$$t_{\text{last}} = t_{r2} - t_{r1} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

无功电流注入有效值 I_q ：

$$I_q = \frac{\int_{t_{r1}}^{t_{r2}} I_q(t) dt}{t_{r2} - t_{r1}} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

附录 D
(资料性附录)
有功功率恢复的判定方法

D.1 图 D.1 为故障恢复后光伏电站有功功率恢复速率的判定方法示意图。图中各参数的含义如下：
 P_0 ——故障前光伏电站输出有功功率的 90%；
 t_{a1} ——故障清除时刻；
 t_{a2} ——光伏电站有功功率恢复至持续大于 P_2 的起始时刻；
 U_{dip} ——光伏电站并网点跌落电压幅值与额定电压比值。

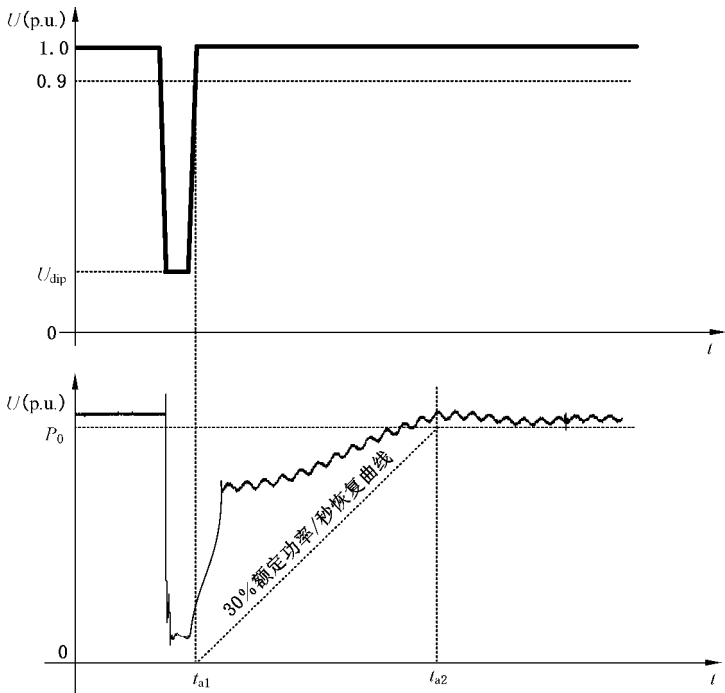


图 D.1 有功功率恢复的判定方法示意图

在 t_{a1} 至 t_{a2} 的时间段内，若光伏电站的有功功率曲线全部在“30%额定功率/秒恢复曲线”之上，则故障后光伏电站有功功率恢复速度满足要求，否则不满足要求。