

ICS 27.160

F 12

备案号: 43493-2014

# NB

## 中华人民共和国能源行业标准

NB / T 32009 — 2013

---

### 光伏电站逆变器电压与频率响应 检测技术规范

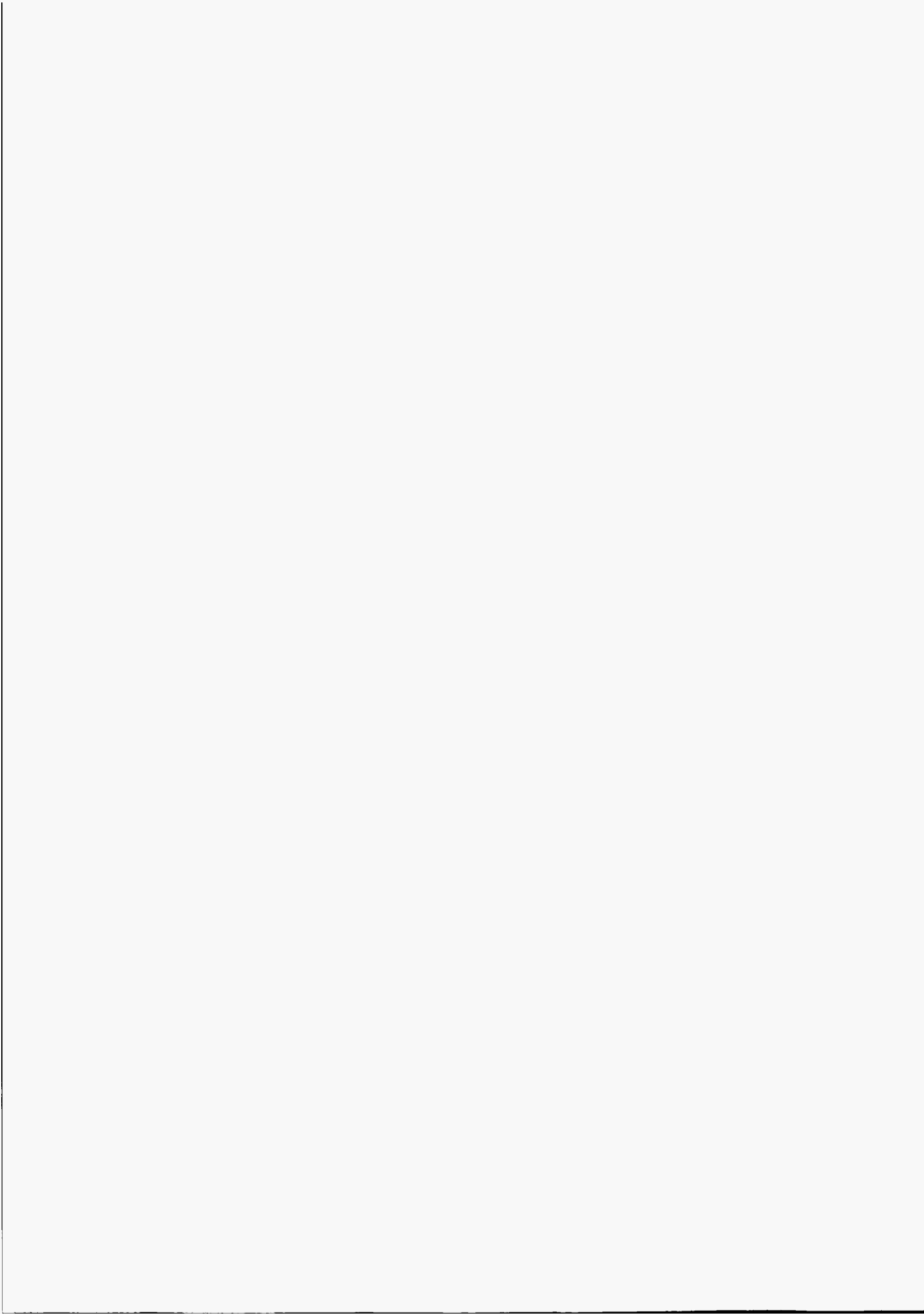
Testing code of voltage and frequency response for inverter of  
photovoltaic power station

2013-11-28 发布

2014-04-01 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 ..... 1

5 检测设备 ..... 2

6 检测方法 ..... 2

7 检测报告 ..... 8

附录 A（规范性附录） 检测曲线 ..... 9

附录 B（资料性附录） 检测文档 ..... 10

## 前 言

本标准根据国家能源局《关于下达 2010 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2010〕320 号）编制。

本标准依据 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。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准的起草单位：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：李臻、陈志磊、秦筱迪、丁杰、张军军、吕宏水、包斯嘉、牛晨晖、林小进、刘美茵。

本标准在执行过程中的意见和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）。

# 光伏电站逆变器电压与频率响应检测技术规程

## 1 范围

本标准规定了光伏电站逆变器接入电网运行电压与频率响应的检测条件、检测设备和检测方法等。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 1207 电磁式电压互感器（GB 1207—2006，IEC 60044-2：2003，MOD）

GB 1208 电流互感器（GB 1208—2006，IEC 60044-1：2003，MOD）

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定

GB/T 29319 光伏发电系统接入配电网技术规定

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**并网型光伏逆变器** **grid-connected photovoltaic inverter**

光伏发电系统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 array simulator**

模拟光伏方阵 I-V 等效特性的装置。

### 3.3

**电网模拟装置** **grid simulator**

模拟电网输出特性的可控交流电源。

### 3.4

**切除时间** **clearing time**

逆变器输出侧电压或频率超过阈值开始到逆变器停止输出功率的时间。

## 4 总则

### 4.1 环境条件

- a) 环境温度：-20℃～+50℃；
- b) 环境湿度：相对湿度不超过 90%。

### 4.2 检测类别

4.2.1 应用于通过 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、改建和扩建的光伏发电站的逆变器，检测内容应包括电压适应性检测、过电压适应性检测、频率适应性检测、过频适应性检测、欠频适应性检测，其性能应满足 GB/T 19964 的要求。

4.2.2 应用于通过 380V 电压等级接入电网，以及通过 10/6kV 电压等级接入用户侧的新建、改建和扩建的光

光伏发电系统的逆变器，检测内容应包括过电压慢速跳闸检测、过电压快速跳闸检测、欠电压慢速跳闸检测、欠电压快速跳闸检测、过频跳闸检测、欠频跳闸检测、恢复并网检测，其性能应满足 GB/T 29319 的要求。

5 检测设备

5.1 直流电源

5.1.1 一般要求

用于光伏电站逆变器电能质量检测的直流电源宜采用光伏方阵模拟器，若条件允许，也可采用光伏方阵。

5.1.2 可控直流电源

光伏方阵模拟器应能模拟光伏方阵的 I-V 特性和时间响应特性，并应满足表 1 的要求。

表 1 光伏方阵模拟器参数要求

参数	要 求
输出功率	使被测逆变器产生最大输出功率以及检测方法中涉及的其他功率等级
稳定度	除了由被测逆变器最大功率跟踪引起的变化外，光伏方阵模拟器的输出功率在整个测试期间应稳定在规定的功率等级，允许偏差±2%

5.1.3 光伏方阵

光伏方阵应能满足被测逆变器在最小和最大输入电压下达到最大输入功率要求，光伏方阵的类型应根据被测逆变器的适用范围选择。

5.2 电网模拟装置

电网模拟装置应能模拟公用电网的电压与频率的扰动，并满足以下技术条件：

- a) 与逆变器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，对电网的安全性不应造成影响，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 0.2%；
- d) 正常运行时，电网模拟装置的输出频率偏差值应小于 0.01Hz，可调节步长至少为 0.05Hz；
- e) 三相电压不平衡度应小于 1%，相位偏差应小于 1%；
- f) 响应时间应小于 0.02s。

5.3 其他设备

测量设备准确度等级应至少满足表 2 的要求，电压互感器应满足 GB 1207 的要求，电流互感器应满足 GB 1208 的要求，数据采集装置的带宽应不小于 10MHz。

表 2 测量设备仪器准确度等级要求

设备仪器	准确度等级
电压互感器	0.5 级
电流互感器	0.5 级
数据采集系统	0.2 级

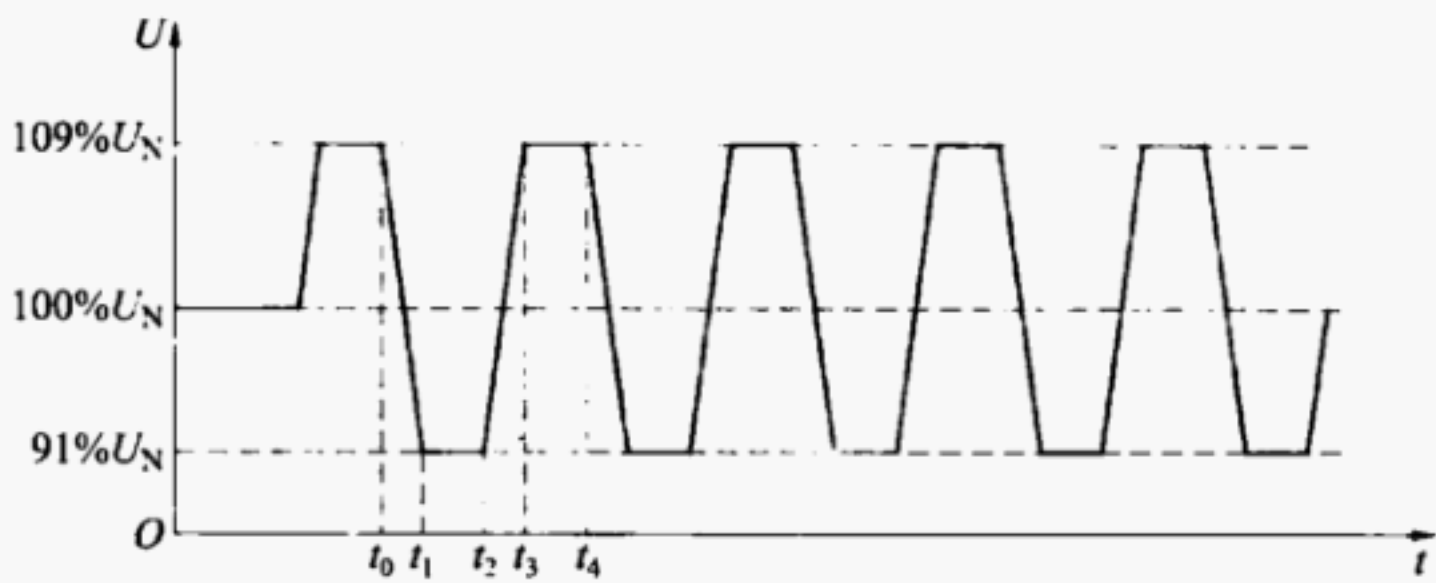
6 检测方法

6.1 电压适应性检测

电压适应性检测步骤如下：



- a) 根据制造商提供的说明书和参数标准连接逆变器;
  - b) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率;
  - c) 调节电网模拟装置在标称频率下三相输出电压按照图 1 的曲线在  $91\%U_N\sim109\%U_N$  之间连续阶跃 5 次, 逆变器应保持并网状态运行;
  - d) 通过数据采集装置记录逆变器交流侧电压、电流数据。
- 注:  $U_N$  为逆变器交流侧额定电压值。



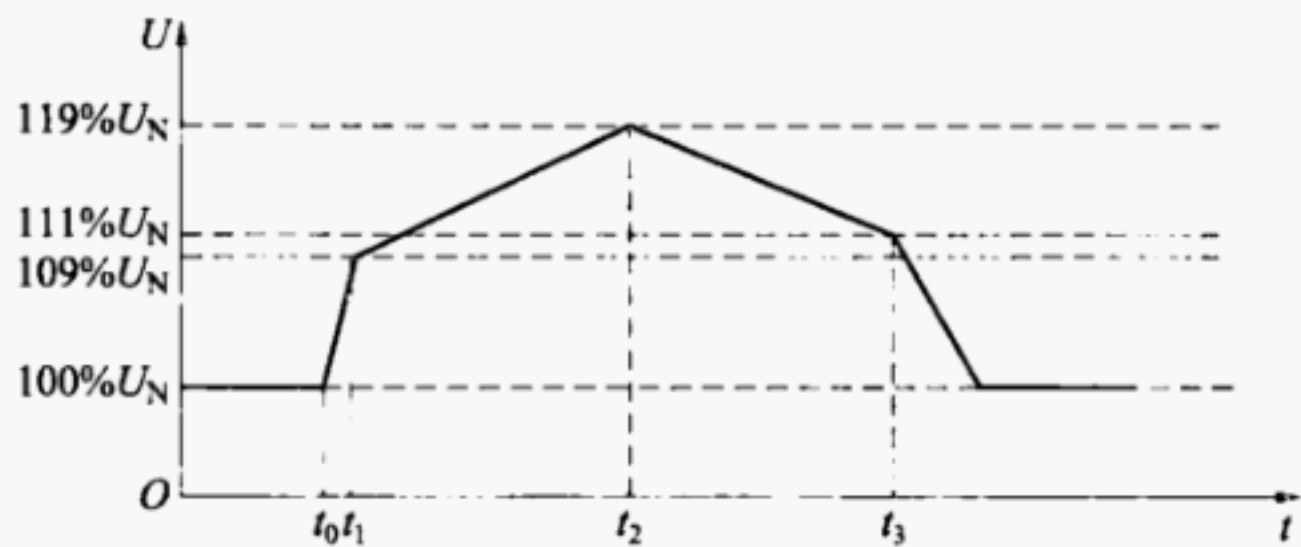
- 注 1: 电压阶跃时间 (即  $t_0$  与  $t_1$ 、 $t_2$  与  $t_3$  的间隔时间) 应尽可能快, 一般不宜超过 20ms。
- 注 2: 电压维持时间 (即  $t_1$  与  $t_2$ 、 $t_3$  与  $t_4$  的间隔时间) 应至少为 20s。

图 1 电压适应性曲线

6.2 过电压适应性检测

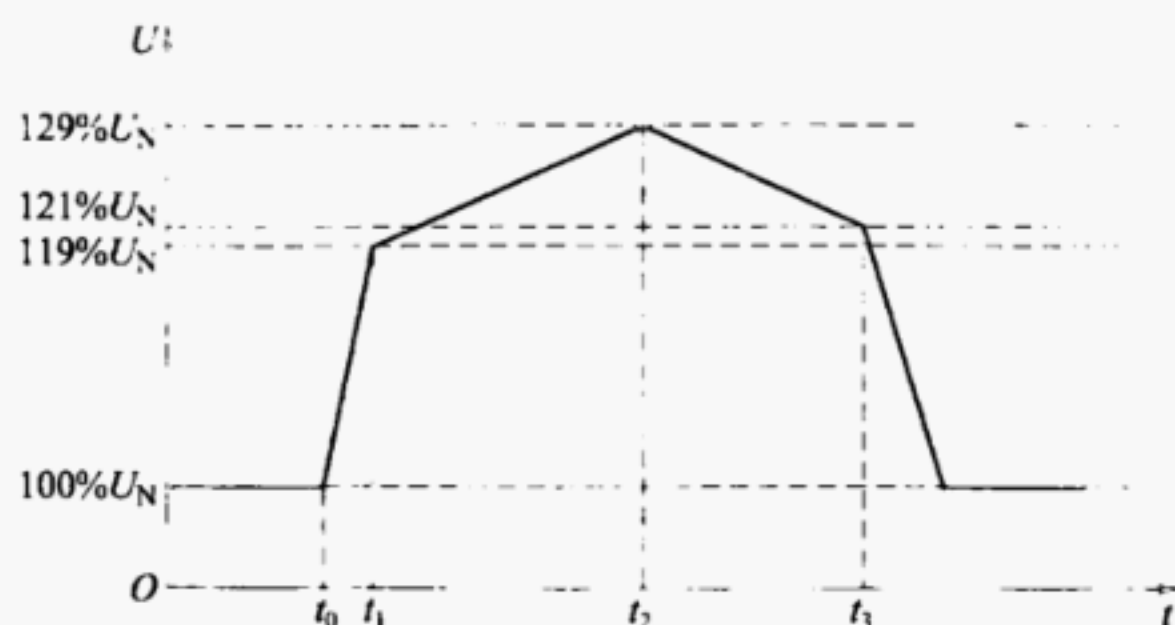
过电压适应性检测步骤如下:

- a) 根据制造商提供的说明书和参数标准连接逆变器;
- b) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率;
- c) 调节电网模拟装置在标称频率下三相输出电压分别至  $111\%U_N$ 、 $119\%U_N$  并保持 10s 后恢复额定值, 逆变器应保持并网状态运行;
- d) 调节电网模拟装置在标称频率下三相输出电压按照图 2 的曲线从额定电压跳变到  $109\%U_N$  后按照恒定的速率缓慢增长到  $119\%U_N$  再降低到  $111\%U_N$ , 逆变器应保持并网状态运行;
- e) 调节电网模拟装置在标称频率下三相输出电压分别至  $121\%U_N$ 、 $129\%U_N$  并保持时间 0.5s 后恢复额定值, 逆变器应保持并网状态运行;
- f) 调节电网模拟装置在标称频率下三相输出电压按照图 3 的曲线从额定电压跳变到  $119\%U_N$  后按照恒定的速率缓慢增长到  $129\%U_N$  再降低到  $121\%U_N$ , 逆变器应保持并网状态运行;
- g) 通过数据采集装置记录逆变器交流侧电压、电流数据。



- 注 1: 电压阶跃时间 (即  $t_0$  与  $t_1$  的间隔时间) 应尽可能快, 一般不宜超过 20ms。
- 注 2: 电压变化时间 (即  $t_1$  与  $t_3$  的间隔时间) 应为 10s。

图 2 过电压适应性曲线 1



注 1: 电压阶跃时间 (即  $t_0$  与  $t_1$  的间隔时间) 应尽可能快, 一般不宜超过 20ms。

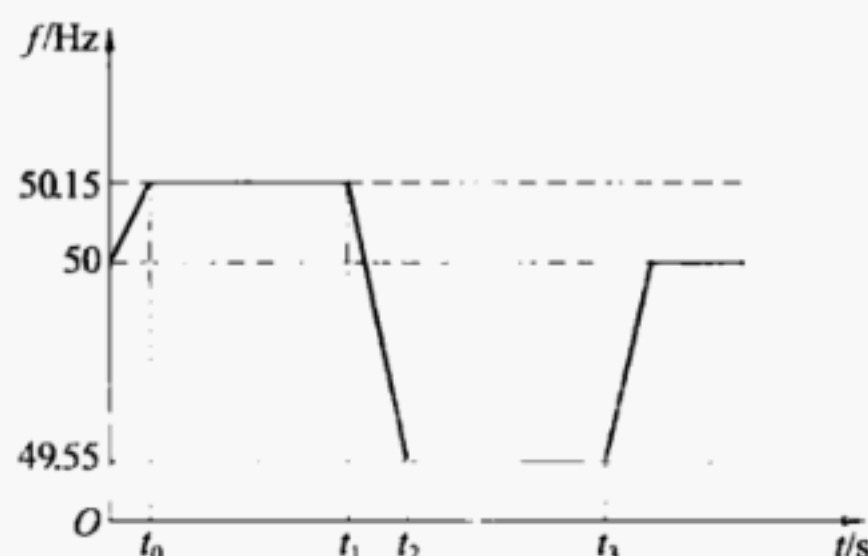
注 2: 电压变化时间 (即  $t_1$  与  $t_3$  的间隔时间) 应为 0.5s。

图 3 过电压适应性曲线 2

### 6.3 频率适应性检测

频率适应性检测步骤如下:

- 根据制造商提供的说明书和参数标准连接逆变器;
- 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率;
- 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照图 4 的曲线在 49.55Hz~50.15Hz 之间连续变化, 逆变器应保持并网状态运行;
- 通过数据采集装置记录逆变器交流侧电压、电流数据。



注: 频率维持时间 (即  $t_0$  与  $t_1$ 、 $t_2$  与  $t_3$  的间隔时间) 应不小于 20min。

图 4 频率适应性曲线

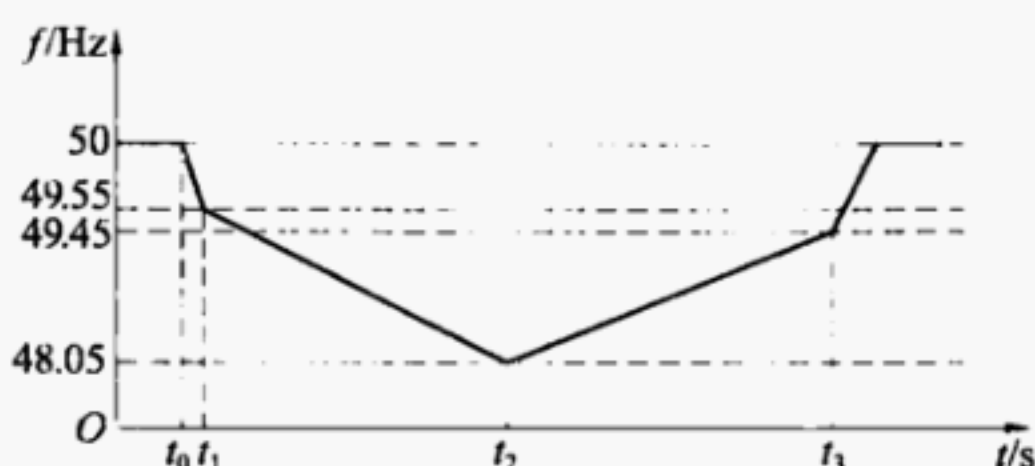
### 6.4 过/欠频适应性检测

过/欠频适应性检测步骤如下:

- 根据制造商提供的说明书和参数标准连接逆变器;
- 调节电网模拟装置与直流电源, 使逆变器运行在额定功率;
- 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率分别至 49.45Hz、48.05Hz 并保持时间 10min 后恢复额定值, 逆变器应保持并网状态运行;
- 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照图 5 的曲线从 50Hz 跳变到 49.55Hz 后按照恒定的速率缓慢降低到 48.05Hz 再升高到 49.45Hz, 逆变器应保持并网状态运行;
- 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 50.25Hz 并保持时间 2min 后恢复额定值, 逆变器应保持并网状态运行;
- 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率按照图 6 的曲线从 50Hz 跳变到 50.15Hz 后按照恒定的速率缓慢增长到 50.5Hz 再降低到 50.25Hz, 逆变器应保持并网状态运行;



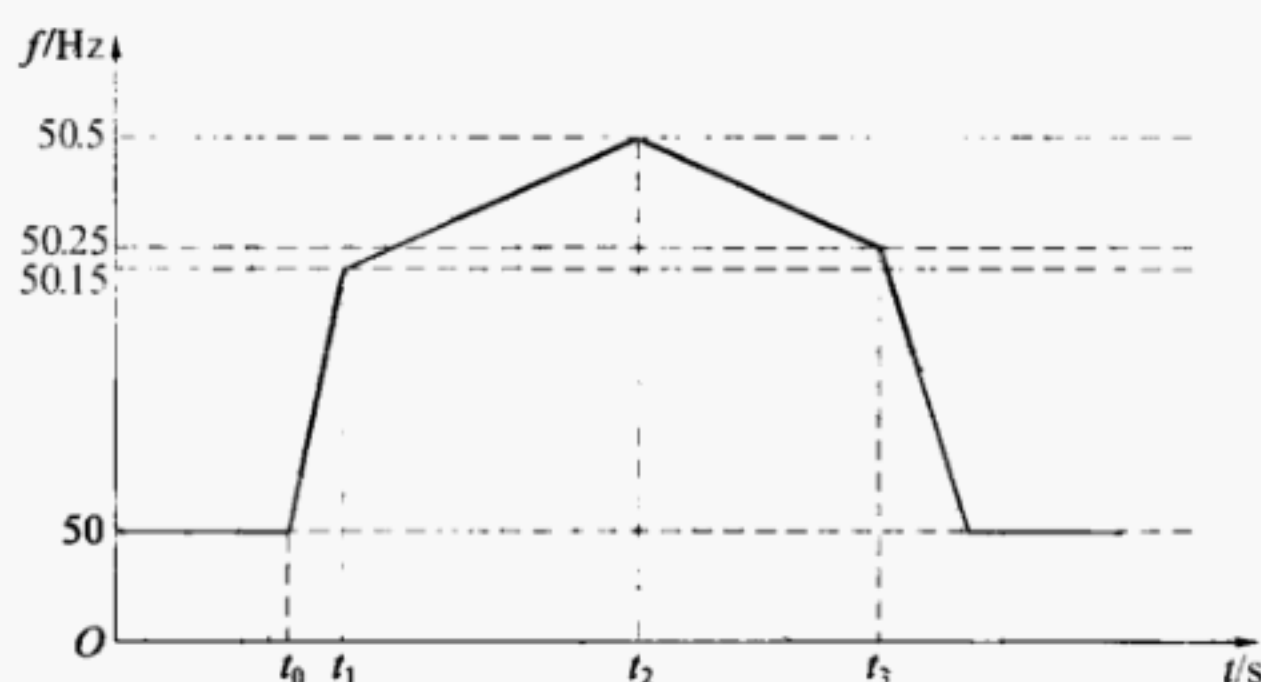
- g) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 50.55Hz, 记录逆变器的脱网跳闸时间;
- h) 通过数据采集装置记录逆变器交流侧电压、电流数据。



注 1: 频率阶跃时间 (即  $t_0$  与  $t_1$  的间隔时间) 应尽可能快, 一般不宜超过 20ms。

注 2: 频率变化时间 (即  $t_1$  与  $t_3$  的间隔时间) 应为 10min。

图 5 欠频适应性曲线



注 1: 频率阶跃时间 (即  $t_0$  与  $t_1$  的间隔时间) 应尽可能快, 一般不宜超过 20ms。

注 2: 频率变化时间 (即  $t_1$  与  $t_3$  的间隔时间) 应为 2min。

图 6 过频适应性曲线

### 6.5 过电压慢速跳闸检测

检测应采用附录 A 定义的阶跃函数, 根据制造商提供的说明书和规格标准连接被测逆变器, 检测步骤如下:

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率;
- b) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $109\%U_N$  并至少保持 4s, 被测逆变器应保持输出稳定不跳闸;
- c) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $111\%U_N$  并至少保持 4s, 被测逆变器应在 2s 内跳闸;
- d) 记录被测逆变器的切除时间;
- e) 重复检测一次;
- f) 对于三相逆变器, 应先对每相重复步骤 a) 到 e), 再对三相整体重复步骤 a) 到 e)。

注: 三相逆变器单相过电压跳闸检测时, 其他相输出电压应保持在正常工作范围内。

### 6.6 过电压快速跳闸检测

检测采用附录 A 定义的阶跃函数, 根据制造商提供的说明书和规格标准连接被测逆变器, 检测步骤如下:

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率;
- b) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $109\%U_N$  并至少保持 4s, 被测逆变器应保持输出稳定不跳闸;
- c) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压从额定值阶跃至  $136\%U_N$  并至少保持 0.4s, 被测逆变

器应在 0.2s 内跳闸；

- d) 记录被测逆变器的切除时间；
- e) 重复检测一次；
- f) 对于三相逆变器，应先对每相重复步骤 a) 到 e)，再对三相整体重复步骤 a) 到 e)。

注：三相逆变器单相过电压跳闸检测时，其他相输出电压应保持在正常工作范围内。

#### 6.7 欠电压慢速跳闸检测

检测采用附录 A 定义的阶跃函数，根据制造商提供的说明书和规格标准连接被测逆变器，检测步骤如下：

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率；
- b) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $86\% U_N$  并至少保持 4s，被测逆变器应保持输出稳定不跳闸；
- c) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $84\% U_N$  并至少保持 4s，被测逆变器应在 2s 内跳闸；
- d) 记录被测逆变器的切除时间；
- e) 重复检测一次；
- f) 对于三相逆变器，应先对每相独立重复步骤 a) 到 e)，再对三相整体重复步骤 a) 到 e)。

注：三相逆变器单相过电压跳闸检测时，其他相输出电压应保持在正常工作范围内。

#### 6.8 欠电压快速跳闸检测

检测采用附录 A 定义的阶跃函数，根据制造商提供的说明书和规格标准连接被测逆变器，检测步骤如下：

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率；
- b) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $86\% U_N$  并至少保持 4s，被测逆变器应保持输出稳定不跳闸；
- c) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $49\% U_N$  并至少保持 0.4s，被测逆变器应在 0.2s 跳闸；
- d) 记录被测逆变器的切除时间；
- e) 重复检测一次；
- f) 对于三相逆变器，应先对每相独立重复步骤 a) 到 e)，再对三相整体重复步骤 a) 到 e)。

注：三相逆变器单相过电压跳闸检测时，其他相输出电压应保持在正常工作范围内。

#### 6.9 过频跳闸检测

检测采用附录 A 定义的阶跃函数，根据制造商提供的说明书和规格标准连接被测逆变器，检测步骤如下：

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率；
- b) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 50.15Hz 并至少保持 0.4s，逆变器应保持输出稳定不跳闸；
- c) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 50.25Hz 并至少保持 0.4s，被测逆变器应在 0.2s 内跳闸；
- d) 记录被测逆变器的切除时间；
- e) 重复检测一次。

#### 6.10 欠频跳闸检测

检测采用附录 A 定义的阶跃函数，根据制造商提供的说明书和规格标准连接被测逆变器，检测步骤如下：

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率；
- b) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 47.55Hz 并至少保持 0.4s，逆变器应保持输出稳定

不跳闸；

- c) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 47.45Hz 并至少保持 0.4s, 被测逆变器应在 0.2s 内跳闸；
- d) 记录被测逆变器的切除时间；
- e) 重复检测一次。

## 6.11 重新并网检测

### 6.11.1 过电压跳闸后重新并网检测

检测步骤如下：

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率；
- b) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $115\%U_N$  并保持该电压直至逆变器跳闸；
- c) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $111\%U_N$  并保持至少两倍被测逆变器设定的重连时间，被测逆变器应不并网运行；
- d) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压恢复到  $U_N$  并保持此电压到被测逆变器重新并网运行；
- e) 记录被测逆变器的重连时间；
- f) 重复检测一次；
- g) 对于三相逆变器，应先对每相重复步骤 a) 到 f)，再对三相整体重复步骤 a) 到 f)。

### 6.11.2 欠电压跳闸后重新并网检测

检测步骤如下：

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率；
- b) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $80\%U_N$  并保持该电压直至被测逆变器跳闸；
- c) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压至  $85\%U_N$  并保持至少两倍被测逆变器设定的重连时间，被测逆变器应不并网运行；
- d) 调节电网模拟装置在标称频率下输出电压恢复到  $U_N$  并保持此电压到被测逆变器重新并网运行；
- e) 记录被测逆变器的重连时间；
- f) 重复检测一次；
- g) 对于三相逆变器，应先对每相重复步骤 a) 到 f)，再对三相整体重复步骤 a) 到 f)。

### 6.11.3 过频跳闸后重新并网检测

检测步骤如下：

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率；
- b) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 50.5Hz 并保持该电压直至被测逆变器跳闸；
- c) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 50.25Hz 并保持至少两倍被测逆变器设定的重连时间，被测逆变器应不并网运行；
- d) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率恢复到 50.00Hz 并保持此频率到被测逆变器重新并网运行；
- e) 记录被测逆变器的重连时间；
- f) 重复检测一次。

### 6.11.4 欠频跳闸后重新并网检测

检测步骤如下：

- a) 调节电网模拟装置与直流电源使逆变器运行在额定功率；
- b) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 47.2Hz 并保持该电压直至被测逆变器跳闸；
- c) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率至 47.15Hz 并至少保持两倍被测逆变器设定的重连时



间，被测逆变器应不并网运行；

- d) 调节电网模拟装置在标称电压下输出频率恢复到 50.00Hz 并保持此频率到被测逆变器重新并网运行；
- e) 记录被测逆变器的重连时间；
- f) 重复检测一次。

## 7 检测报告

### 7.1 检测结果文档内容

#### 7.1.1 检测报告应至少包含下列信息：

- a) 被测逆变器的规格参数；
- b) 测试环境参数；
- c) 检测电路框图；
- d) 检测设备信息；
- e) 检测结果；
- f) 其他相关内容。

7.1.2 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员签名。

### 7.2 检测报告

检测记录格式参见附录 B。

附录 A  
(规范性附录)  
检测曲线

阶跃函数：只有输入信号可以改变，其他参数保持为正常值。

$$P(t) = A \times u(t - t_i) + P_b \quad (\text{A.1})$$

式中：

$P(t)$ ——输入信号；

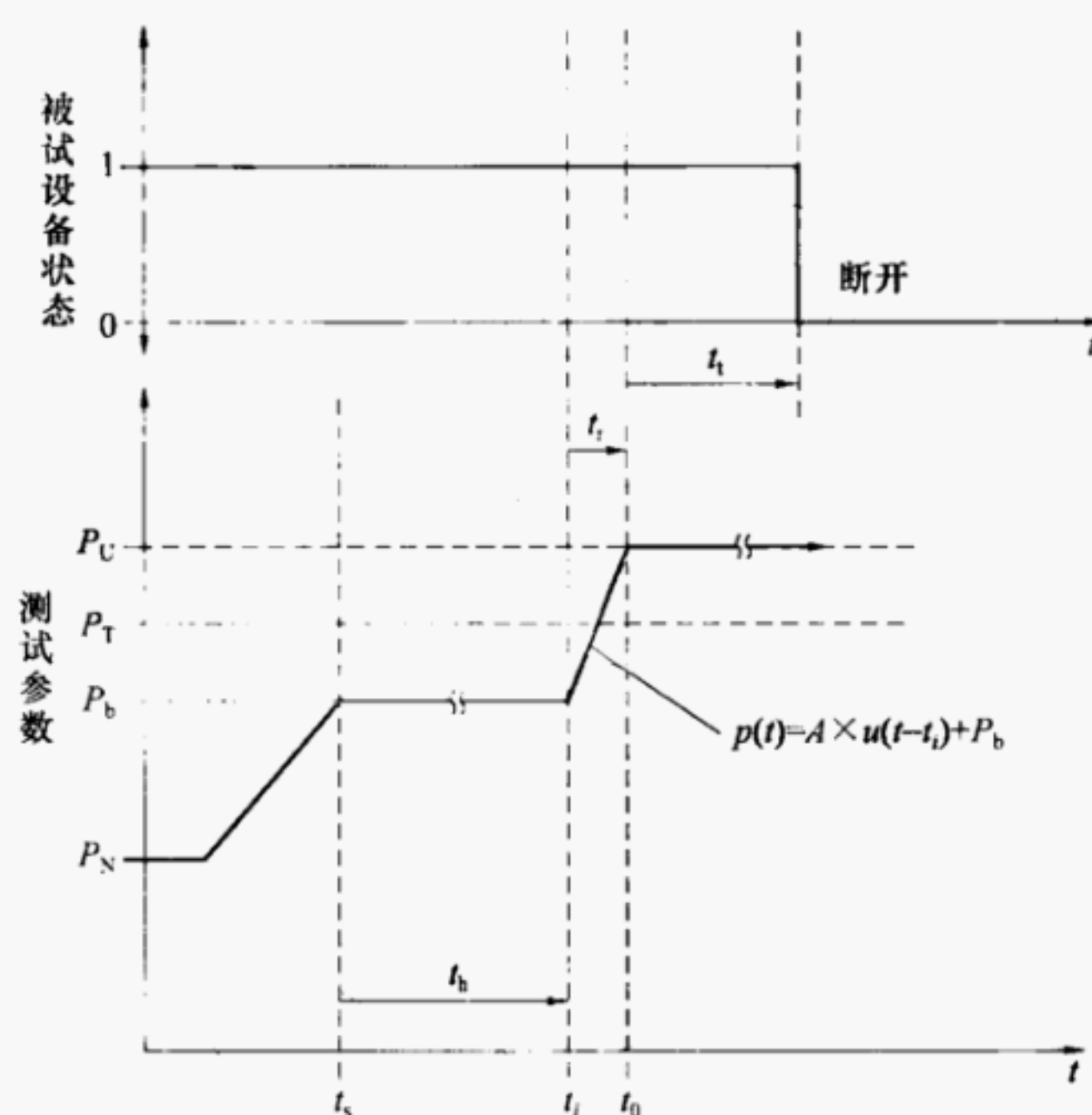
$A$ ——斜率；

$u(t)$ ——被试设备的阶跃函数， $t < 0$  时  $u(t)=0$ ， $t > 0$  时  $u(t)=1$ ；

$t_i$ ——斜坡函数起始点对应的时刻；

$P_b$ ——阶跃函数起始点对应的输入信号的数值。

阶跃函数如图 A.1 所示。



$t_t$ ——断开时间； $P_N$ ——输入量的正常值； $P_T$ ——输入量的断开幅值； $P_U$ ——阶跃函数的最终值；

$t_s$ ——阶跃函数起始点对应的时刻； $t_0$ ——计算断开时间时采用的时间起点；

$t_r$ ——检测信号从  $P_b$  升高到  $P_U$  所用的时间，该值应小于 20ms；

$t_h$ ——至少是跳闸时间设定值的 2 倍；

$t_i$ ——斜坡函数起始点对应的时刻

图 A.1 阶跃函数

附 录 B  
(资料性附录)  
检 测 文 档

B.1 被测光伏逆变器规格参数情况见表 B.1。

表 B.1 被测光伏逆变器规格参数

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	
保护功能	
过/欠电压功能	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> (满足哪一项在后面打“√”)
过/欠频功能	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> (满足哪一项在后面打“√”)
其他资料	
外壳防护等级	
产品尺寸 (长×宽×高)	
产品重量	

B.2 过/欠电压慢速切除时间检测表见表 B.2。

表 B.2 过/欠电压慢速切除时间检测表

次数	切除时间 ms		
	A 相	B 相	C 相
1			
2			
ABC 三相	切除时间 ms		
1			
2			



B.3 过/欠电压快速切除时间检测表见表 B.3。

表 B.3 过/欠电压快速切除时间检测表

次数	切除时间 ms		
	A 相	B 相	C 相
1			
2			
ABC 三相	切除时间 ms		
1			
2			

B.4 过/欠频切除时间检测表见表 B.4。

表 B.4 过/欠频切除时间检测表

次数	切除时间 ms
1	
2	

B.5 重新并网时间检测表见表 B.5。

表 B.5 重新并网时间检测表

次数	重新并网时间 s
1	
2	

中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
光伏电站逆变器电压与频率响应  
检 测 技 术 规 程  
NB/T 32009—2013

\*

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>)  
北京九天众诚印刷有限公司印刷

\*

2014年4月第一版 2014年4月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 1印张 24千字  
印数 0001—3000册

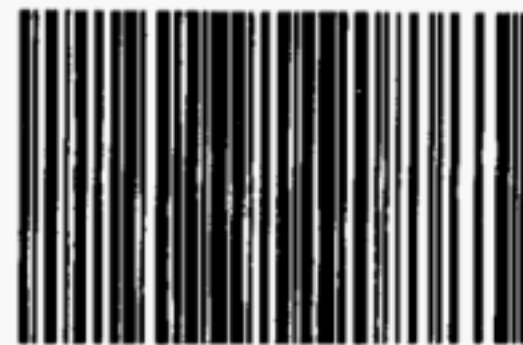
\*

统一书号 155123·1803 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.1803

上架建议：规程规范/电力工程