

ICS 01.040.29

中国标准文献分类号 K46

# 团 体 标 准

T/CPSS 1004—2019

## 智能变电站电能质量测量方法

Method of power quality measurement for smart  
substation

2019-07-31 发布

2019-08-01 实施

中国电源学会 发布

## 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 .....	5
4.1 测量方法分类 .....	5
4.2 测量环节 .....	5
4.3 对电压/电流互感器的要求 .....	5
4.4 对合并单元的要求 .....	6
4.5 测量累积时间和方法 .....	6
4.6 标记 .....	8
5 频率 .....	9
5.1 测量方法 .....	9
5.2 测量范围和误差 .....	9
5.3 累积 .....	9
6 电压电流幅值 .....	9
6.1 测量方法 .....	9
6.2 测量范围和误差 .....	10
6.3 累积 .....	10
7 电压偏差 .....	10
7.1 测量方法 .....	10
7.2 测量范围和误差 .....	10
7.3 累积 .....	10
8 闪变 .....	11
8.1 测量方法 .....	11
8.2 测量范围和误差 .....	11
8.3 累积 .....	11
9 电压暂降、短时中断和暂升 .....	11
9.1 测量方法 .....	11
9.2 测量范围和误差 .....	12
9.3 累积 .....	12
10 谐波 .....	12
10.1 测量方法 .....	12
10.2 测量范围和误差 .....	13
10.3 累积 .....	13
11 间谐波 .....	13
11.1 测量方法 .....	13

11.2	测量范围和误差	13
11.3	累积	14
12	不平衡度	14
12.1	测量方法	14
12.2	测量范围和误差	14
12.3	累积	14
13	影响量范围和误差试验	15
13.1	影响量范围	15
13.2	测量误差试验	15
附录 A	(资料性附录) 智能变电站互感器	18
附录 B	(资料性附录) 电能质量参数测量范围及误差	20
图 1	测量环节	5
图 2	A 类累积时间间隔的同步	7
图 3	S 类累积时间间隔的同步	8
图 A.1	ETMU 采样模式	18
图 A.2	TMU 采样模式	19
表 1	测量用互感器幅值误差和相位误差限值	5
表 2	影响量范围	14
表 3	A 类和 S 类稳态电压质量测量误差试验参数设置	15
表 4	谐波电流误差测量试验参数设置	16
表 5	电压暂降测量误差试验参数设置	16
表 6	电压短时中断测量误差试验参数设置	16
表 7	电压暂升测量误差试验参数设置	17
表 B.1	电能质量参数测量范围及误差要求一览表	20

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国电源学会提出并解释。

本标准起草单位：国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、安徽大学、上海电力学院、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、安徽武怡电气科技有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、深圳市中电电力技术股份有限公司、南京灿能电力自动化股份有限公司、安徽华电工程咨询设计有限公司、中国科学院等离子体物理研究所、上海电气电力电子有限公司、国网河南省电力有限公司电力科学研究院、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、国网北京市电力公司电力科学研究院、亚洲电能质量产业联盟、国网重庆市电力公司电力科学研究院、深圳供电局有限公司电力科学研究院、广州供电局有限公司电力试验研究院、国网山西省电力公司电力科学研究院、广西电网有限责任公司电力科学研究院、国网浙江省电力公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司武汉分院、国网湖北省电力有限公司电力科学院、上海电器设备检测所有限公司、国网吉林省电力有限公司电力科学研究院、上海以华电气技术有限公司、上海英同电气有限公司、国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院、中国铁路设计集团有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、仪玛电能测量技术（北京）有限公司。

本标准主要起草人：徐斌、朱明星、林顺富、段晓波、焦亚东、丁泽俊、王昕、任小宝、王付军、吴亚楠、蒋晓风、代双寅、李穆、迟忠君、王语洁、马兴、汪清、马智远、李胜文、胡翀、郭敏、徐群伟、郭浩洲、李伟、梁晓亮、袁野、邓剑琪、徐海杰、董鹤楠、董志杰、唐酿、郭越航。

本标准首次发布。

中国电源学会 CPSS 台  
全国团体标准  
全国 T / CPSS 团体标准

# 智能变电站电能质量测量方法

## 1 范围

本标准规定了智能变电站合并单元输出的数字信号的频率、电压电流幅值、电压偏差、闪变、电压暂降、短时中断和暂升、谐波、间谐波、不平衡度等电能质量指标的测量方法、测量误差和测量范围。

本标准适用于智能变电站等间隔同步采样的数字信号电能质量参数的测量,其它等间隔同步采样的数字信号电能质量参数的测量,亦可参照使用。

## 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 17626.7—2017 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、间谐波的测量和测量仪器导则

GB/T 17626.15—2011 电磁兼容 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范

GB/T 17626.30—2012 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法

GB/T 18039.4—2017 电磁兼容 环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平

GB/T 20840.1—2010 互感器 第1部分:通用技术要求

GB/T 20840.2—2014 互感器 第2部分:电流互感器的补充技术要求

GB/T 20840.3—2013 互感器 第3部分:电磁式电压互感器的补充技术要求

GB/T 20840.5—2013 互感器 第5部分:电容式电压互感器的补充技术要求

GB/T 20840.7—2007 互感器 第7部分:电子式电压互感器

GB/T 20840.8—2007 互感器 第8部分:电子式电流互感器

GB/T 19862—2016 电能质量监测设备通用要求

GB/T 30155—2013 智能变电站技术导则

DL/T 282—2012 合并单元技术条件

## 3 术语和定义

GB/T 12326—2008、GB/T 14549—1993、GB/T 17626.30—2012、GB/T 24337—2009、GB/T 30137—2013、GB/T 32507—2016、GB/T 30155—2013和DL/T 282—2012界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了GB/T 12326—2008、GB/T 14549—1993、GB/T 17626.30—2012、GB/T 24337—2009、GB/T 30137—2013、GB/T 32507—2016、GB/T 30155—2013和DL/T 282—2012中的一些术语和定义。

### 3.1

**智能变电站 smart substation**

采用可靠、经济、集成、节能、环保的智能与设计，以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化、系统功能集成化、结构设计紧凑化、高压设备智能化和运行状态可视化等为基础要求，能够支持电网实时在线分析和控制决策，进而提高整个电网运行可靠性及经济性的变电站。

[GB/T 30155—2013，定义3.1.1]

### 3.2

#### 电能质量 **power quality**

评估电气系统某一给定点的电气性能时，与一系列参考技术参数相比所得的电特性参数。

[GB/T 17626.30—2012，定义3.21]

### 3.3

#### 合并单元 **merging unit (MU)**

用以对来自二次转换器的电流和（或）电压数据进行时间相关组合的物理单元。合并单元可以是互感器的一个组件，也可以是一个分立单元，例如装在控制室内。

[DL/T 282—2012，定义3.1]

### 3.4

#### 实时时钟 **real-time clock (RTC)**

用于实施本部分某些方法的当地记时装置。

[GB/T 17626.30—2012，定义3.22]

### 3.5

#### 时间积累 **time aggregation**

为得到某一较长时间段上的值，对某一给定参数（在相同时间间隔）的顺序值进行累加。

注：本部分中，累积总是指时间累积。

[GB/T 17626.30—2012，定义3.31]

### 3.6

#### 影响量 **influence quantity**

任何可能会影响测量设备工作性能的量。

[GB/T 17626.30—2012，定义3.13]

### 3.7

#### 测量误差 **measurement error**

测量测得的量值与参考量值的差值。

### 3.8

#### 方均根值 **r.m.s. (root-mean-square) value**

在规定时间间隔和规定带宽内一个量的各瞬时值的平方的算术平均值的平方根。

[GB/T 17626.30—2012，定义3.23]

### 3.9

#### 每半周波检测更新一次的 r.m.s 电压 **r.m.s. voltage refreshed each half-cycle**

$U_{r.m.s.(1/2)}$

从基波过零点开始，在一个周波内测量得到的r.m.s.电压值，每半个周波更新一次。

注1：每个通道都是独立的，对于多相系统的不同通道可以产生连续的 r.m.s.值。

注2：该值仅适用于 A 类方法中的电压暂降、暂升和短时中断的检测及评估。

注3：该 r.m.s.电压值可以是相间电压值，也可以是相与中性点之间的电压值。

注4：计算过零点需要考虑谐波和直流分量的影响。

注5：以最靠近零点的采样点作为过零点。

[GB/T 17626.30—2012，定义3.24]

### 3.10

**每周波检测更新一次的 r.m.s.电压 r.m.s. voltage refreshed each cycle**

$U_{r.m.s.(1)}$

在一个周波内测量得到的r.m.s.电压值。每一个周波更新一次。

注1：和  $U_{r.m.s.(1/2)}$  相比，该参数测量时不需要规定周波的开始时间。

注2：该值仅适用于 S 类方法中的电压暂降、暂升和短时中断的检测及评估。

注3：该 r.m.s.电压值可以是相间电压值，也可以是相与中性点之间的电压值。

[GB/T 17626.30—2012，定义3.25]

### 3.11

**公称输入电压 declared input voltage**

$U_{din}$

由传感器变比确定的公称供电电压。

[GB/T 17626.30—2012，定义3.3]

### 3.12

**基波分量 fundamental component**

对周期性交流量进行傅里叶级数分解，得到的频率与工频相同的分量。

注：该值通常使用r.m.s.值来表示。为简单起见，可将该类分量简称为基波。

[GB/T 14549—1993，定义3.3]

### 3.13

**谐波分量 harmonic component**

对周期性交流量进行傅里叶级数分解，得到频率为基波频率大于1整数倍的分量。

注：该值通常使用r.m.s.值来表示。为简单起见，可将该类分量简称为谐波。

[GB/T 14549—1993，定义3.4]

### 3.14

**间谐波分量 interharmonic component**

对周期性交流量进行傅里叶级数分解，得到频率不等于基波频率整数倍的分量。

注：该值通常使用r.m.s.值来表示。为简单起见，可将该类分量简称为间谐波。

[GB/T 24337—2009，定义3.6]

3. 15

**闪变 flicker**

人对于视觉不稳定的感受,这种视觉不稳定是由于供电电压波动引起光源的照度或频率随时间变化而导致的。

[GB/T 32507—2016, 定义2.5.7]

3. 16

**短时间闪变值 short-term flick severity**

$P_{st}$

衡量短时间(若干分钟)内闪变强弱的一个统计量值,短时间闪变的基本记录周期为10 min。

[GB/T 12326—2008, 定义3.8]

3. 17

**长时间闪变值 long-term flick severity**

$P_{lt}$

由短时间闪变值 $P_{st}$ 推算出,反应长时间(若干小时)闪变强弱的量值,长时间闪变的基本记录周期为2 h。

[GB/T 12326—2008, 定义3.9]

3. 18

**不平衡度 unbalance factor**

三相电力系统中三相不平衡的程度。用电压、电流负序基波分量或零序基波分量与正序基波分量的r.m.s.值百分比表示。电压、电流的负序不平衡度和零序不平衡度分别用 $\varepsilon_{U_2}$ 、 $\varepsilon_{U_0}$ 和 $\varepsilon_{I_2}$ 、 $\varepsilon_{I_0}$ 表示。

[GB/T 32507—2016, 定义2.4.4]

3. 19

**正偏离 overdeviation**

仅当一个参数的测量值大于标称值时,参数的测量值和标称值之间差值的绝对值。

[GB/T 17626.30—2012, 定义3.20]

3. 20

**负偏离 underdeviation**

仅当一个参数的测量值小于标称值时,参数的测量值和标称值之间差值的绝对值。

[GB/T 17626.30—2012, 定义3.32]

3. 21

**短时中断 temporary interruption**

电力系统中某点工频电压r.m.s.值突然降低至0.1 p.u. 以下,并在短暂持续10 ms~1 min后恢复正常的现象。

[GB/T 30137—2013, 定义3.2]

## 3.22

**电压暂降 voltage dip**

电力系统中某点工频电压r.m.s.值突然降低至0.1 p.u.~0.9 p.u.，并在短暂持续10 ms~1 min后恢复正常的现象。

[GB/T 30137—2013，定义3.1]

## 3.23

**电压暂升 voltage swell**

电力系统中某点工频电压r.m.s.值突然升高至1.1~1.8 p.u.，并在短暂持续10 ms~1 min后恢复正常的现象。

[GB/T 32507—2016，定义2.8.2]

## 4 总则

## 4.1 测量方法分类

4.1.1 智能变电站电能质量测量方法参照 GB/T 17626.30—2012 规定，分为 A 类和 S 类。

4.1.2 A 类用于需要精确测量的场合。在测量同一信号时，采用两种都符合 A 类要求的不同的测量装置对任一电能质量参数的测量，都应在所规定的误差范围内得出一致的结果。

4.1.3 S 类用于调查或评估等统计性的场合，测量的电能质量参数可能是所有参数的子集。S 类的处理过程相对于 A 类要求较低。

## 4.2 测量环节

智能变电站被测量的电气量通过电压/电流互感器进入合并单元，经合并单元处理后，输出数字信号送入测量单元进行电能质量参数计算，整个测量环节如图1所示。本标准侧重于应用在测量单元内的电能质量测量方法。

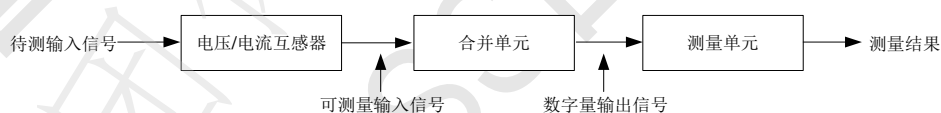


图1 测量环节

## 4.3 对电压/电流互感器的要求

本标准中规定的测量误差不考虑电压/电流互感器引入的误差，但其测量的幅值误差和相位误差限值应满足GB/T 20840系列标准的规定，详见表1。

表1 测量用互感器幅值误差和相位误差限值

交流采样模式	互感器名称	引用标准	章节号	表号
TMU模式	电流互感器	GB/T 20840.2—2014	5.6.201.4	表201和表202
	电磁式电压互感器	GB/T 20840.3—2013	5.6.301.3	表301
	电容式电压互感器	GB/T 20840.5—2013	5.6.501.3	表501
ETMU模式	电子式电压互感器	GB/T 20840.7—2007	12.5	表9
	电子式电流互感器	GB/T 20840.8—2007	12.2	表17和表18

关于智能变电站交流采样模式以及电压/电流互感器频响特性对测量的影响，附录A提供了相关说明。

#### 4.4 对合并单元的要求

##### 4.4.1 同步采样

对于多通道合并单元应能够实现采集器间的采样同步功能，采样的同步误差不应大于±1 μs。在外部同步信号消失后，至少能在10 min内继续满足4 μs同步精度要求。

##### 4.4.2 抗混叠滤波器

抗混叠滤波器的截止频率和衰减特性对谐波分析精度会产生影响，为满足谐波测量精度要求，采样频率需要远高于测量的谐波频率。参照GB/T 17626.7—2017规定，要保证测量范围内的谐波衰减量不超过3 dB，采样频率与截止频率差值频率处滤波器的衰减应大于50 dB。

推荐使用二阶及以上抗混叠（低通）滤波器，其截止频率为采样频率的1/4。

##### 4.4.3 采样频率

4.4.3.1 合并单元采样频率决定了谐波分析的最高次数，在需要分析到50次谐波的应用场景，合并单元采样频率不应低于12.8 kHz。

4.4.3.2 对于合并单元采样频率为4 kHz的智能变电站，建议其谐波分析次数不超过20。

4.4.3.3 对于合并单元采样频率为10 kHz的智能变电站，建议其谐波分析次数不超过40。

注1：谐波分析时，推荐采用离散傅里叶变换（DFT），若采用快速傅里叶变换（FFT），则需考虑插值算法带来的误差影响，具体误差要求可见10.2。

注2：特别注意，对于采样频率为4 kHz的合并单元，当该智能变电站存在40次及以上谐波时，不可以通过该合并单元测量谐波。

##### 4.4.4 其他

合并单元其他技术要求应满足DL/T 282—2012的规定。

#### 4.5 测量累积时间和方法

##### 4.5.1 要求

除闪变和频率外，电能质量指标的累积应使用输入值的r.m.s.值进行计算。

##### 4.5.2 10周波数据

4.5.2.1 在频率计算时间间隔内，根据等间隔同步采样周期和实时频率计算值，计算10周波数字量信号长度，计算公式如式（1）所示：

$$N = \text{fix} \left( \frac{10}{f \times T_s} \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$N$  ——10周波数字量信号长度（采样点数）；

$\text{fix}$  ——函数表示“截尾取整”；

$f$  ——实时频率计算值；

$T_s$  ——合并单元等间隔同步采样周期。

4.5.2.2 在频率计算时间间隔内，数字量信号长度不足10周波时，从下一个频率计算间隔内补充数据至10个周波，见图2和图3。

#### 4.5.3 测量累积方法

##### 4.5.3.1 A类测量

幅值参数测量的基本测量时间间隔对50Hz电力系统应为10个周波。每隔10min RTC计时点，10周波测量应重新同步一次（见图2）。

注：智能变电站的10min RTC可通过站用时间同步系统获得。

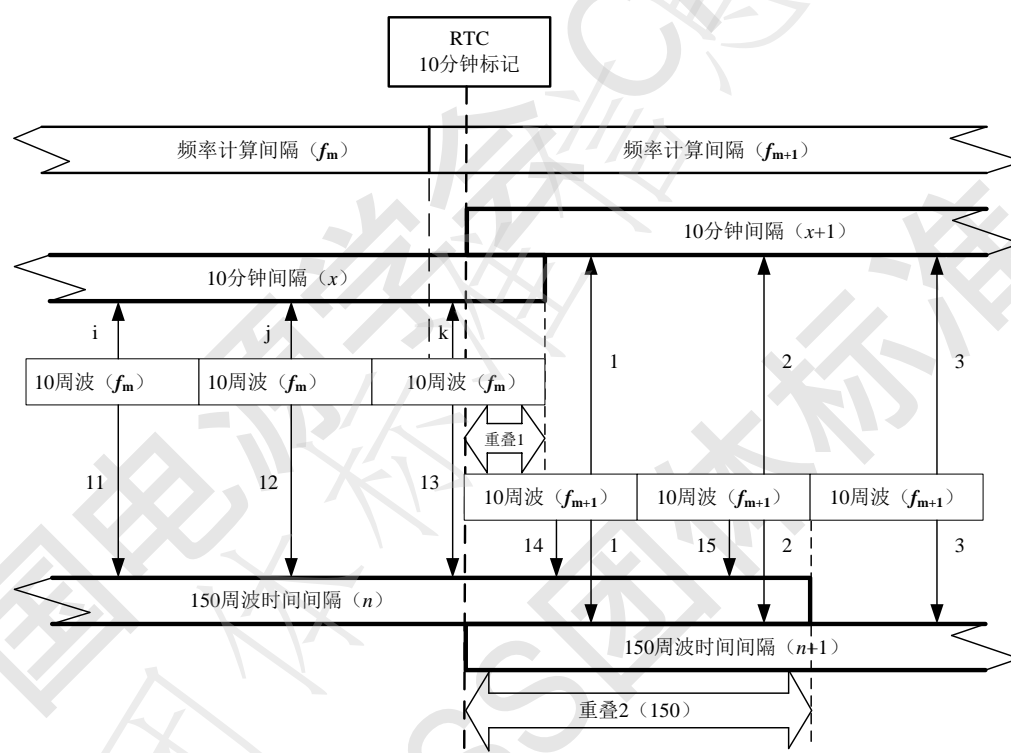


图2 A类累积时间间隔的同步

随后在另外4个时间间隔内对10周波值进行累积：

- 150周波的间隔；
- 1min间隔；
- 10min间隔；
- 2h间隔。

即10周波测量应在实时时钟的每个10min标记处进行连续、无间隙、可重叠的同步，然后再在以下时间间隔内累积：150周波，10min（也可选择1min、3min或其他间隔），2h。

##### 4.5.3.2 S类测量

累积时间间隔与A类相同。10周波测量应按图3的方式进行再同步。

即10周波测量按10 min间隔进行连续、无间隙、不重叠的同步然后再在以下时间间隔内累积：150周波，10 min（也可选择1 min、3 min或其他间隔），2 h。

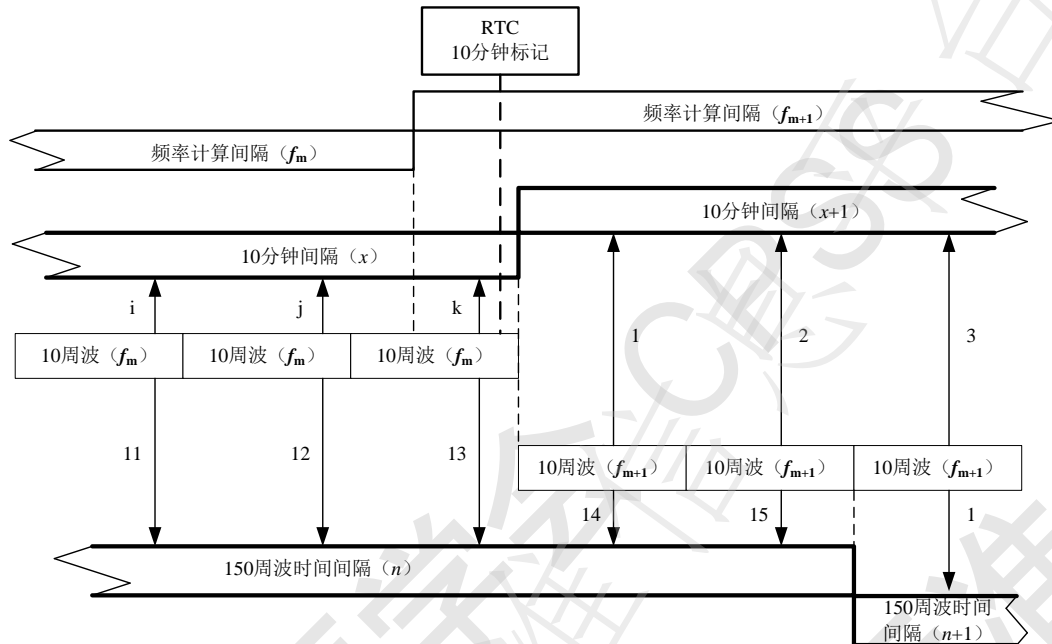


图3 S类累积时间间隔的同步

#### 4.5.4 150周波累积

参照GB/T 17626.30—2012的4.5.2。

#### 4.5.5 10 min 累积

参照GB/T 17626.30—2012的4.5.3。

#### 4.5.6 2小时累积

参照GB/T 17626.30—2012的4.5.4。

### 4.6 标记

4.6.1 在电压发生暂降、短时中断和暂升，亦或电流幅值超过量程时，其他一些参数的测量算法可能产生一个不可靠的结果。因此，使用标记可避免将同一信号事件在不同参数测量中被重复使用，并表明累积值可能是不可靠的。

4.6.2 标记在电压发生暂降、短时中断和暂升时触发，其检测取决于用户所选择的阈值，该选择将决定哪些数据会被标记。

4.6.3 在对电网频率、电压电流幅值、电压偏差、闪变、谐波、间谐波以及不平衡度使用A类和S类方法进行测量时均适用标记的概念。

4.6.4 如果在给定时间间隔内，有任一值被标记，则包括该值的累积值也应被标记。被标记的值应存储并包括在累积过程中。例如，如果在一个给定时间间隔内，有任一值被标记，则包括该值的累积值也应标记并存储。

## 5 频率

### 5.1 测量方法

#### 5.1.1 A类测量

5.1.1.1 测量时间间隔分 1s、3s、5s 或 10s，推荐值 1s。

5.1.1.2 频率计算应选择数字量电压信号，并应衰减信号中的直流分量以及大于 90Hz 的谐波和间谐波，以降低多次越零的影响。

5.1.1.3 根据计算时间间隔内计得的整数周期数与该整数周期数累计时间之比计算频率，整数周期数累计时间由整数周期数内的等间隔同步采样点数确定。

5.1.1.4 频率测量时间间隔应该是非重叠的。每个计算时间间隔应从绝对的计算时间时钟开始，与计算时间间隔交叠的单个周波应丢弃。

#### 5.1.2 S类测量

同A类。

### 5.2 测量范围和误差

#### 5.2.1 A类测量

在13.1所述的条件下，测量范围42.5~57.5Hz，测量误差不应超过±0.01Hz。

#### 5.2.2 S类测量

在13.1所述的条件下，测量范围42.5~57.5Hz，测量误差不应超过±0.05Hz。

### 5.3 累积

不要求进行累积。

## 6 电压电流幅值

### 6.1 测量方法

#### 6.1.1 A类测量

6.1.1.1 电压或电流幅值的测量值，应是 10 周波时间间隔内的 r.m.s. 值，计算方法如式 (2) 所示：

$$A_{\text{r.m.s.}, 10\text{cycle}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$N$  —— 10 周波时间间隔内采样点数；

$A_i$  —— 第  $i$  个采样点的电压或电流值。

6.1.1.2 每个 10 周波时间间隔应是连续、不重叠（在 10 min 实时时钟同步时导致的重叠除外），如图 2 所示。

6.1.1.3 对于电流幅值，制造商或用户应规定满量程的电流幅值以及最大波峰系数值。

### 6.1.2 S类测量

10周波时间间隔按S类选取（图3），测量方法同A类。

## 6.2 测量范围和误差

### 6.2.1 A类测量

6.2.1.1 在 13.1 所述的条件下，电压幅值测量范围为  $U_{\text{din}}$  的 10%~150%，测量误差不应超过  $U_{\text{din}}$  的  $\pm 0.1\%$ 。

6.2.1.2 在 13.1 所述的条件下，电流幅值测量范围为满量程  $I_n$  的 0~120%，且 10 倍  $I_n$  在 1 s 时间内不应导致任何损坏。

6.2.1.3 当测量电流幅值在  $I \geq 5\%I_n$  范围内，测量误差不应超过  $I_n$  的  $\pm 0.5\%$ ；当测量电流幅值在  $1\%I_n \leq I < 5\%I_n$  范围内，测量的误差不应超过  $I_n$  的  $\pm 1.0\%$ 。

### 6.2.2 S类测量

6.2.2.1 在 13.1 所述的条件下，电压幅值测量范围为  $U_{\text{din}}$  的 20%~150%，测量误差不应超过  $U_{\text{din}}$  的  $\pm 0.5\%$ 。

6.2.2.2 电流幅值同 A 类。

## 6.3 累积

根据 4.5 规定的方法进行累积。

## 7 电压偏差

### 7.1 测量方法

#### 7.1.1 A类测量

7.1.1.1 应使用电压幅值来计算负偏离和正偏离参数相对于  $U_{\text{din}}$  的百分比。

7.1.1.2 负偏离和正偏离参照 GB/T 17626.30—2012 的 5.12.1 确定。

#### 7.1.2 S类测量

同A类。

### 7.2 测量范围和误差

同电压幅值测量范围和误差要求。

## 7.3 累积

### 7.3.1 A类测量

参照GB/T 17626.30—2012的5.12.3。

累计时间分 150 周波、10 min（也可选择 1 min、3 min 或其他间隔）、2 h（可选）。其中 150 周波的累计值作为实时值，推荐采用 10 min 的累计值做记录值。

### 7.3.2 S类测量

不做要求。

## 8 闪变

### 8.1 测量方法

#### 8.1.1 A类测量

参照GB/T 17626.15—2011。

#### 8.1.2 S类测量

同A类。

### 8.2 测量范围和误差

#### 8.2.1 A类测量

在13.1所述的条件下，当测量范围在 $(0.2\sim 10)P_{st}$ 时， $P_{st}$ 允许的测量误差不超过 $\pm 5\%$ 。

#### 8.2.2 S类测量

在13.1所述的条件下，当测量范围在 $(0.4\sim 4)P_{st}$ 时，应满足A类中允许测量误差2倍的要求，即 $\pm 10\%$ 。

### 8.3 累积

#### 8.3.1 A类测量

应根据GB/T 17626.15—2011进行累积。对于长时间闪变值 $P_{lt}$ ，应根据本标准的要求，在2h的时间段内进行累积，2h间隔应无间隙、无交叠。

#### 8.3.2 S类测量

同A类。

## 9 电压暂降、短时中断和暂升

### 9.1 测量方法

#### 9.1.1 A类测量

9.1.1.1 电压暂降、短时中断和暂升的基本测量值应为每个测量通道上的 $U_{r.m.s.(1/2)}$ 值。

9.1.1.2 电压暂降和短时中断由两个数据描述其特征：残余电压和持续时间。

9.1.1.3 最大暂升电压幅值是指电压暂升过程中任一通道上测量的 $U_{r.m.s.(1/2)}$ 的最大值，是除持续时间外描述电压暂升的特征参数。

### 9.1.2 S 类测量

电压暂降、短时中断和暂升的基本测量值应为每个测量通道上的  $U_{r.m.s. (1/2)}$  值或每个测量通道上  $U_{r.m.s. (1)}$  值。

## 9.2 测量范围和误差

### 9.2.1 残余电压和最大暂升电压幅值的测量误差

#### 9.2.1.1 A 类测量

误差不应超过  $U_{din}$  的  $\pm 0.2\%$ 。

#### 9.2.1.2 S 类测量

误差不应超过  $U_{din}$  的  $\pm 1.0\%$ 。

### 9.2.2 持续时间的测量误差

#### 9.2.2.1 A 类测量

电压暂降、短时中断或暂升持续时间的测量误差等于暂降、短时中断或暂升起始点误差(半个周波)加上结束点误差(半个周波)。

#### 9.2.2.2 S 类测量

如果使用  $U_{r.m.s. (1/2)}$ ，电压暂降、短时中断或暂升持续时间的测量误差同 A 类。

如果使用  $U_{r.m.s. (1)}$ ，则电压暂降、短时中断或暂升持续时间的测量误差等于暂降、短时中断或暂升起始点误差(一个周波)加上结束点误差(一个周波)。

## 9.3 累积

累积不适用于电压暂降、短时中断和暂升。

## 10 谐波

### 10.1 测量方法

#### 10.1.1 A 类测量

10.1.1.1 可采用离散傅里叶变换(DFT)和快速傅里叶变换(FFT)进行谐波分析,采用FFT时应考虑插值对谐波测量准确度的影响。

10.1.1.2 应按照 GB/T 17626.7—2017 规定的 10 周波无缝谐波子群算法进行谐波测量。

10.1.1.3 参照 GB/T 17626.7—2017 计算子群总谐波畸变率(THDS)。

10.1.1.4 谐波测量的次数应结合合并单元输出信号采样频率,按照采样定理进行考虑。当合并单元输出信号采样频率足够时,谐波测量范围至少达到 50 次。

#### 10.1.2 S 类测量

10.1.2.1 谐波分析方法同 A 类。

10.1.2.2 应按照 GB/T 17626.7—2017 的规定,可选择 10 周波无缝谐波群算法或者 10 周波无缝谐波子群算法进行谐波测量。

10.1.2.3 计算总谐波畸变率，若选择谐波群，计算结果应视为总谐波畸变率（THD），选择谐波子群，计算结果应视为子群总谐波畸变率（THDS），这两种情况在标准 GB/T 17626.7—2017 中有明确规定。

10.1.2.4 谐波测量的次数应根据合并单元输出信号采样频率进行考虑。当合并单元输出信号采样频率足够时，谐波测量范围至少达到 50 次。

## 10.2 测量范围和误差

### 10.2.1 A 类测量

10.2.1.1 谐波电压的测量范围应为 GB/T 18039.4 中第 3 类兼容水平的 10%~200%。

10.2.1.2 当测量谐波电压  $U_h \geq 1\%U_{\text{din}}$  时，测量误差为  $\pm 5\%U_h$ ；当测量谐波电压  $U_h < 1\%U_{\text{din}}$  时，测量误差为  $\pm 0.05\%U_{\text{din}}$ 。

10.2.1.3 当测量谐波电流  $I_h \geq 3\%I_n$  时，测量误差为  $\pm 5\%I_h$ ；当测量谐波电流  $I_h < 3\%I_n$  时，测量误差为  $\pm 0.15\%I_n$ 。

### 10.2.2 S 类测量

10.2.2.1 谐波电压的测量范围应为 GB/T 18039.4 中第 3 类兼容水平的 10%~100%。

10.2.2.2 当测量谐波电压  $U_h \geq 3\%U_{\text{din}}$  时，测量误差为  $\pm 5\%U_h$ ；当测量谐波电压  $U_h < 3\%U_{\text{din}}$  时，测量误差为  $\pm 0.15\%U_{\text{din}}$ 。

10.2.2.3 当测量谐波电流  $I_h \geq 10\%I_n$  时，测量误差为  $\pm 5\%I_h$ ；当测量谐波电流  $I_h < 10\%I_n$  时，测量误差为  $\pm 0.5\%I_n$ 。

## 10.3 累积

根据 4.5 规定的方法进行累积。

## 11 间谐波

### 11.1 测量方法

#### 11.1.1 A 类测量

11.1.1.1 可采用离散傅里叶变换（DFT）算法和快速傅里叶变换（FFT）算法进行间谐波分析，采用 FFT 算法时应考虑插值对间谐波测量准确度的影响。

11.1.1.2 应按照 GB/T 17626.7—2017 标准规定的 10 周波间谐波中心子群算法进行间谐波测量。

11.1.1.3 间谐波测量的次数应根据合并单元输出信号采样频率进行考虑。当合并单元输出信号采样频率足够时，间谐波测量范围至少达到 50 次。

#### 11.1.2 S 类测量

由制造商或用户规定测量方法。

## 11.2 测量范围和误差

同谐波测量范围和误差要求。

### 11.3 累积

根据4.5规定的方法进行累积。

## 12 不平衡度

### 12.1 测量方法

#### 12.1.1 A类测量

12.1.1.1 测量10周波时间间隔内输入电压或电流的基波分量，使用对称分量法计算电压或电流不平衡度。

12.1.1.2 负序不平衡度  $\varepsilon_2$  可用百分比表示，由式(6)计算：

$$\varepsilon_2 = \frac{A_2}{A_1} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$A_2$  ——基波负序分量；

$A_1$  ——基波正序分量。

12.1.1.3 零序不平衡度  $\varepsilon_0$  可用百分比表示，由式(7)计算：

$$\varepsilon_0 = \frac{A_0}{A_1} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$A_0$  ——基波零序分量。

注：不平衡测量仅适用于三相系统。

#### 12.1.2 S类测量

测量负序不平衡度的方法与A类相同，可对零序不平衡度进行测量，但不作为强制性规定。

### 12.2 测量范围和误差

#### 12.2.1 A类测量

12.2.1.1 负序电压和零序电压不平衡度测量范围为0.5%~5%时，测量误差应小于±0.15%。

12.2.1.2 负序电流和零序电流不平衡度测量误差应小于±1%。

#### 12.2.2 S类测量

12.2.2.1 负序电压和零序电压不平衡度测量范围为1%~5%时，测量误差应小于±0.2%。

12.2.2.2 负序电流和零序电流不平衡度同A类。

### 12.3 累积

根据4.5规定的方法进行累积。

## 13 影响量范围和误差试验

### 13.1 影响量范围

13.1.1 由于输入信号存在干扰（影响量），所以在测量特定参数时可能会产生不利影响。

13.1.2 当所有其他参数都在各自规定的影响量范围内（见表2），参数测量结果也应在上述各电能质量参数规定的测量误差范围内。

表2 影响量范围

章节和参数	类别	影响量范围
5 频率	A	42.5~57.5 Hz
	S	42.5~57.5 Hz
6 电压幅值	A	(10%~200%) $U_{din}$
	S	(10%~150%) $U_{din}$
6 电流幅值	A	(0~120%) $I_n$
	S	(0~120%) $I_n$
7 电压偏差	A	N/A
	S	N/A
8 闪变	A	(0~20) $P_{st}$
	S	(0~10) $P_{st}$
9 电压暂降、短时中断和暂升	A	N/A
	S	N/A
10 谐波（电压）	A	GB/T 18039.4 中第3类的200%
	S	GB/T 18039.4 中第3类的200%
11 间谐波（电压）	A	GB/T 18039.4 中第3类的200%
	S	GB/T 18039.4 中第3类的200%
12 三相不平衡（电压）	A	负序电压不平衡度：0%~5%；零序电压不平衡度：0%~5%
	S	负序电压不平衡度：0%~5%

注1：对于安全要求、电磁兼容要求或气候要求，参见参评标准，例如IEC 61557-12。  
注2：N/R—不做要求，N/A—不适用。

13.1.3 所用测量装置应能适应影响量范围内的信号，且不会导致其他测量参数的结果超出误差范围，也不会造成测量装置受损。

### 13.2 测量误差试验

#### 13.2.1 通则

13.2.1.1 以下试验应确保是在施加影响量的条件下，在规定的误差范围内进行测量。为了便于用户能够清楚、快捷地了解本标准关于电能质量测量误差范围的规定，可参见附录B。

13.2.1.2 这些试验是必要的，但并不足以证明测量装置符合本部分的要求。要充分验证上述章节中的电能质量测量方法是否正确实施，还应进行其他一些试验或验证。

### 13.2.2 稳态电压质量测量误差试验

13.2.2.1 要确认使用 A 类或 S 类测量方法的测量装置的稳态测量误差是否满足要求，需要按照表 3 规定的参数设置进行试验，试验步骤如下：

- 步骤 1：选择一个被测量；
- 步骤 2：保持所有其他量处于试验状态 1，对待试验的被测量，在整个测量范围内 5 个大致分布均匀的点上（包括上限和下限）分别验证该量的误差；
- 步骤 3：保持所有其他量处于试验状态 2，重复试验；
- 步骤 4：保持所有其他量处于试验状态 3，重复试验。

表3 A类和S类稳态电压质量测量误差试验参数设置

影响量	试验状态 1	试验状态 2	试验状态 3
频率	$f_{nom} \pm 0.5 \text{ Hz}$	$f_{nom} - 1 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$	$f_{nom} + 1 \text{ Hz} \pm 0.5 \text{ Hz}$
电压幅值	$\pm 1\% U_{din}$	由闪变、不平衡度、谐波和间谐波确定（如下所示）	由闪变、不平衡度、谐波和间谐波确定（如下所示）
闪变	$P_{st} < 0.1$	$P_{st} = 1 \pm 0.1$ -矩形调制， 39 次/min	$P_{st} = 4 \pm 0.1$ -矩形调制， 110 次/min
不平衡度（电压）	在所有通道上均为 ( $100\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$ ； 所有相位角均为 $120^\circ$ （相当于 $u_0=0\%$ ， $u_2=0\%$ ）	通道 1：( $73\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$ ； 通道 2：( $80\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$ ； 通道 3：( $87\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$ ； 所有相位角均为 $120^\circ$ （等效于 $u_0=5.05\%$ ， $u_2=5.05\%$ ）	通道 1：( $152\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$ ； 通道 2：( $140\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$ ； 通道 3：( $128\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$ ； 所有相位角均为 $120^\circ$ （等效于 $u_0=4.95\%$ ， $u_2=4.95\%$ ）
谐波（电压）	( $0\% \sim 3\%$ ) $U_{din}$	$0^\circ$ 时 3 次谐波为 $10\% \pm 3\%$ ； $0^\circ$ 时 5 次谐波为 $5\% \pm 3\%$ ； $0^\circ$ 时 29 次谐波为 $5\% \pm 3\%$	$180^\circ$ 时 7 次谐波为 $10\% \pm 3\%$ ； $0^\circ$ 时 13 次谐波为 $5\% \pm 3\%$ ； $0^\circ$ 时 25 次谐波为 $5\% \pm 3\%$
间谐波（电压）	( $0\% \sim 0.5\%$ ) $U_{din}$	$7.5 f_{nom}$ 时为 ( $1\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$	$3.5 f_{nom}$ 时为 ( $1\% \pm 0.5\%$ ) $U_{din}$

注：这些试验可作为型式试验，而不是常规试验。

13.2.2.2 除了表 2 所规定的试验条件外，还可选用其他一些试验条件。此时，各影响量的选择值应在该影响量的变化范围内。

### 13.2.3 谐波电流测量误差试验

对于使用 A 类或 S 类测量方法的测量装置，根据测量装置的标称电流，基波频率设为 50 Hz，依次对 3、5、7、11、13、25 次谐波根据表 4 要求分别单独设置，误差应符合 10.2 中谐波电流的要求。

表4 谐波电流误差测量试验参数设置

分类	被测量	参数设置值
A	电流	1%、3%、20%
S	电流	3%、10%、20%

### 13.2.4 电压暂降、短时中断和暂升测量误差试验

#### 13.2.4.1 电压暂降

对于使用A类或S类测量方法的测量装置，选取电压暂降阈值为90% $U_{din}$ ，按矩形电压暂降特征根据表5分别设置电压暂降幅度，其残余电压幅值及持续时间应满足9.2.1要求。

表5 电压暂降测量误差试验参数设置

电压降低到额定电压的 (%)	80	60	40	20
持续时间 (周波)	2.5	6	7.5	10

#### 13.2.4.2 电压短时中断

对于使用A类或S类测量方法的测量装置，选取电压暂降阈值为10% $U_{din}$ ，按矩形电压暂降特征根据表6分别设置电压短时中断幅度，其残余电压幅值及持续时间应满足9.2.1要求

表6 电压短时中断测量误差试验参数设置

电压降低到额定电压的 (%)	0	3	6	9
持续时间 (周波)	2.5	6	7.5	10

#### 13.2.4.3 电压暂升

对于使用A类或S类测量方法的测量装置，选取电压暂升阈值为110% $U_{din}$ ，按矩形电压暂升特征根据表7分别设置电压暂升幅度，其最大暂升电压幅值及持续时间应满足9.2.1要求。

表7 电压暂升测量误差试验参数设置

电压升高到额定电压的 (%)	115	120	125	130	180
持续时间 (周波)	2.5	6	7.5	10	12.5

附录 A  
(资料性附录)  
智能变电站互感器

A.1 智能变电站交流采样模式

智能变电站交流采样模式主要有2种，分别是ETMU模式和TMU模式。

A.1.1 ETMU模式

ETMU模式为电子式互感器+合并单元 (Electronic transformers & Merging unit)，此时电子式互感器作为变电站的模拟量采样系统，合并单元作为电子式互感器与变电站二次设备之间的数据接口主要设备。电子式互感器将一次电压/电流转换为弱信号的数字量，经光纤送入合并单元。送达合并单元的多路电子式互感器采样数值量信号经有其同步和合并处理后，按IEC 61850-9-2协议通过光纤直传或网络方式传送给保护、测控等智能设备。

ETMU模式中合并单元是电子式互感器数字接口的主要组成部分，也是变电站整个自动化系统的关键设备，其采样原理如图A.1所示。

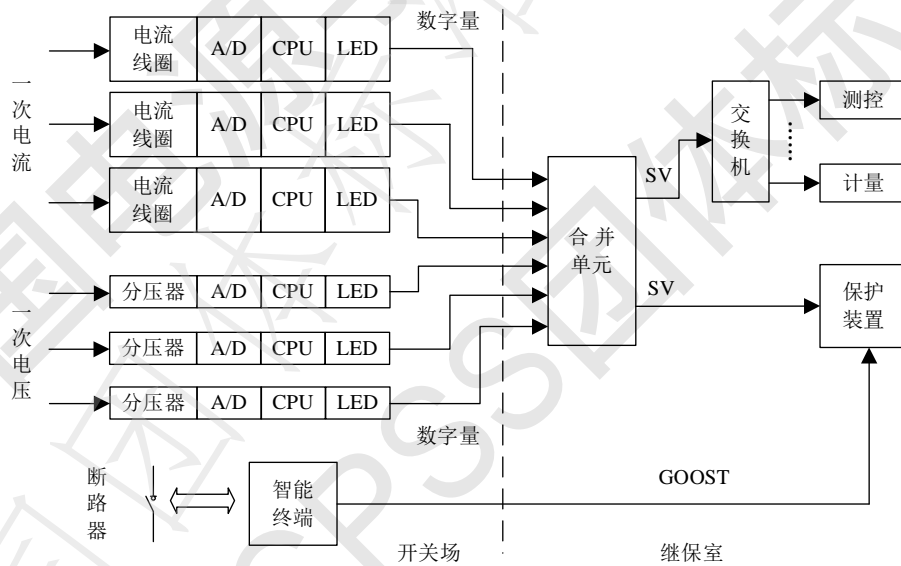


图 A.1 ETMU 采样模式

A.1.2 TMU模式

TMU模式为传统电磁式互感器+合并单元 (Transformers & Merging unit)，传统电磁式电流/电压互感器将二次电流/电压信号通过电缆传输给合并单元。合并单元将电流/电压的模拟信号进行A/D转换并进行合并处理，再以IEC 61850-9-2协议的报文通过光纤直传或网络方式传送给保护、测控等智能设备。

TMU采样模式普遍应用于由传统变电站改造而成的智能变电站，其采样原理如图A.2所示。

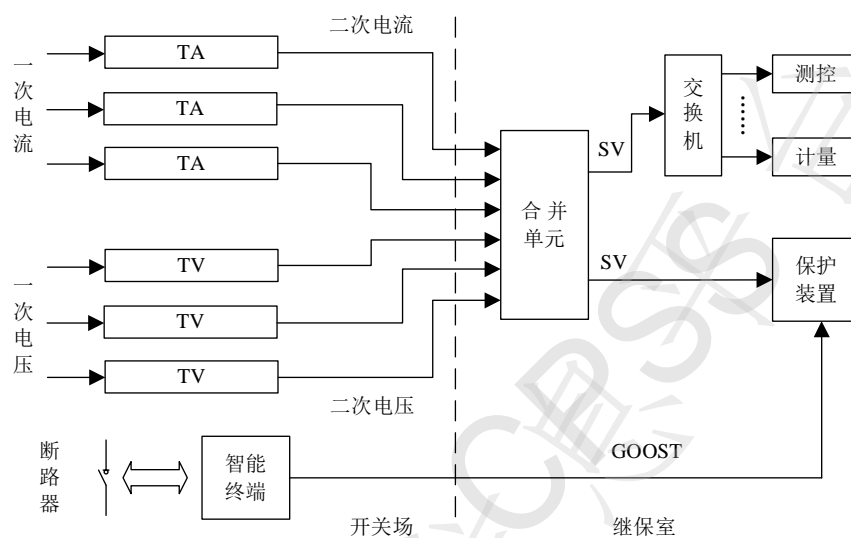


图 A.2 TMU 采样模式

## A.2 互感器频率响应

### A.2.1 电磁式互感器频率响应

#### A.2.1.1 电压互感器

一般情况下，基于变压器电磁转换原理的电磁式电压互感器在频率达到1kHz时还有较好的频率响应和瞬态响应；但是有时频率范围会远低于1kHz，有时又会达到几千赫兹。

#### A.2.1.2 电流互感器

由于电流互感器是缠绕型电磁装置，所以其频率响应受到其类型、匝数比、铁芯材料和铁芯截面积以及二次回路负载等的影响。通常，电流互感器的截止频率从1kHz到几千赫兹不等。

### A.2.2 电容式电压互感器

电容式电压互感器由电容分压器和电磁单元组成，其结构决定其存在谐振回路，导致其频率响应不适于测量基波以外的其他频率。

### A.2.3 电子式互感器频率响应

不同工作原理的电子式互感器的频率范围相差较大，对于使用光学类原理的电子式互感器的频率范围主要取决于相关的电子线路部分，频率响应范围宽，可以进行直流、高频和暂态类信号的测量。而应用了分压或磁感应原理的电子式互感器的频率范围则与传统电磁式互感器类同。

附 录 B  
(资料性附录)  
电能质量参数测量范围及误差

为了便于制造商或用户采用该标准来设计、规范、测试以及选择用于智能变电站的电能质量测量装置。本附录表 B.1 提供了使用 A 类和 S 类测量方法的装置电能质量参数测量范围以及误差的强制性要求汇总。如果表 B.1 和本标准正文之间存在冲突，则以正文条款优先。

表B.1 电能质量参数测量范围及误差要求一览表

电能质量被测量		测量方法分类	测量类型	测量范围	测量误差	
					测量条件	最大误差
频率	A	频率	42.5~57.5Hz	42.5~57.5Hz	±0.01 Hz	
	S				±0.05 Hz	
电压幅值	A	电压	(10%~150%) $U_{din}$	(10%~150%) $U_{din}$	±0.2%	
	S		(20%~120%) $U_{din}$	(20%~120%) $U_{din}$	±0.5%	
电流幅值	A	电流	(0~120%) $I_n$	$I \geq 5\%I_n$	±0.5%	
	S		(0~120%) $I_n$	$1\%I_n \leq I < 5\%I_n$	±1%	
闪变	A	电压	(0.2~10) $P_{st}$	(0.2~10) $P_{st}$	±5%	
	S		(0.4~4) $P_{st}$	(0.4~4) $P_{st}$	±10%	
电压暂降、短时中断和暂升	残余电压或最大暂升电压	电压	/	/	±0.2% $U_{din}$	
			/	/	±1.0% $U_{din}$	
	持续时间	时间	/	使用 $U_{r.m.s. (1/2)}$ 值	±1 周波	
			/	使用 $U_{r.m.s. (1)}$ 值	±2 周波	
谐波与间谐波	A	电压	GB/T 18039.4 中第3类兼容水平的10%~200%	$U_h \geq 1\%U_{din}$	±5% $U_h$	
				$U_h < 1\%U_{din}$	±0.05% $U_{din}$	
	S	电压	GB/T 18039.4 中第3类兼容水平的10%~100%	$U_h \geq 3\%U_{din}$	±5% $U_h$	
				$U_h < 3\%U_{din}$	±0.15% $U_{din}$	
		电流	$I_h \geq 3\%I_n$	±5% $I_h$		
			$I_h < 3\%I_n$	±0.15% $I_n$		
不平衡度	A	电压	0.5%~5%	0.5%~5%	±0.15%	
			1%~5%	1%~5%	±0.2%	
	S	电流	/	/	±1%	
			/	/	±1%	