



中华人民共和国国家标准

GB/T 17626.30—2012/IEC 61000-4-30:2008

电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法

Electromagnetic compatibility—Testing and measurement techniques—
Power quality measurement methods

(IEC 61000-4-30:2008, IDT)

2012-11-05 发布

2013-02-01 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
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	6
5 电能质量参数	10
6 影响量范围和稳态验证	21
附录 A (资料性附录) 电能质量测量——问题及指南	24
附录 B (资料性附录) 电能质量测量——应用指南	35
附录 C (资料性附录) 仪器指南	44
参考文献	47
图 1 测量链路	6
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:参数不允许出现间断	8
图 4 S 类累积时间间隔的同步:参数允许出现间断(见 4.5.2)	8
图 5 供电电压不平衡不确定度实例	17
图 A.1 典型代表性瞬态试验波形频谱	28
表 1 影响量范围	21
表 2 A 类和 S 类的不确定度稳态验证	23
表 C.1 要求一览表	44

前 言

GB/T 17626《电磁兼容 试验和测量技术》分为以下几个部分：

GB/T 17626.1—2006	电磁兼容	试验和测量技术	抗扰度试验总论
GB/T 17626.2—2006	电磁兼容	试验和测量技术	静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3—2006	电磁兼容	试验和测量技术	射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4—2008	电磁兼容	试验和测量技术	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5—2008	电磁兼容	试验和测量技术	浪涌(冲击)抗扰度试验
GB/T 17626.6—2008	电磁兼容	试验和测量技术	射频场感应的传导骚扰抗扰度
GB/T 17626.7—2008	电磁兼容	试验和测量技术	供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和

测量仪器导则

GB/T 17626.8—2006	电磁兼容	试验和测量技术	工频磁场抗扰度试验
GB/T 17626.9—2011	电磁兼容	试验和测量技术	脉冲磁场抗扰度试验
GB/T 17626.10—1998	电磁兼容	试验和测量技术	阻尼振荡磁场抗扰度试验
GB/T 17626.11—2008	电磁兼容	试验和测量技术	电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度

试验

GB/T 17626.12—1998	电磁兼容	试验和测量技术	振荡波抗扰度试验
GB/T 17626.13—2006	电磁兼容	试验和测量技术	交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的

低频抗扰度试验

GB/T 17626.14—2005	电磁兼容	试验和测量技术	电压波动抗扰度试验
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 17626.16—2007	电磁兼容	试验和测量技术	0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验
GB/T 17626.17—2005	电磁兼容	试验和测量技术	直流电源输入端口纹波抗扰度试验
GB/T 17626.24—2012	电磁兼容	试验和测量技术	HEMP 传导骚扰保护装置的试验方法
GB/T 17626.27—2006	电磁兼容	试验和测量技术	三相电压不平衡抗扰度试验
GB/T 17626.28—2006	电磁兼容	试验和测量技术	工频频率变化抗扰度试验
GB/T 17626.29—2006	电磁兼容	试验和测量技术	直流电源输入端口电压暂降、短时中断和

电压变化的抗扰度试验

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

本部分为 GB/T 17626 的第 30 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分等同采用国际标准 IEC 61000-4-30:2008(Ed 2.0)

本部分由全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC 246)提出并归口。

本部分负责起草单位:国网电力科学研究院。

本部分参加起草单位:华北电力大学。

本部分主要起草人:万保权、李澍森、李妮、董正言、肖湘宁、汪建。

电磁兼容 试验和测量技术

电能质量测量方法

1 范围

GB/T 17626 的本部分规定了 50 Hz 交流供电系统中电能质量参数测量方法及测量结果的解释。

各有关参数的测量方法均采用能提供可靠的、可重复结果的术语描述,但不涉及测量方法的实现手段。本部分涉及的是现场测量方法。

本部分适用于所指的参数测量仅限电力系统中能处理的电压现象。本部分涉及的电能质量参数是指电网频率、供电电压幅值、闪烁、供电电压暂降和暂升、电压中断、瞬态电压、供电电压不平衡、电压谐波和间谐波、供电电压中的载波信号以及快速电压变化。根据测量目的的不同,可能需要对上述全部参数或部分参数进行测量。

注 1: 有关电流的参数信息见 A.3 和 A.6。

本部分仅提供测量方法以及相应的性能要求,并不设置阈值。

供电系统和仪器之间传感器的作用众所周知,因此在本部分中没有详细叙述,仅对带电电路安装监测器的注意事项作出规定。

注 2: 可在 IEC 61557-12 中查询关于传感器作用的说明。

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 4365 电工术语 电磁兼容(GB/T 4365—2003,IEC 60050(161):1990,IDT)

GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(IEC 61000-4-4:2004,IDT)

GB/T 17626.7—2008 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则(IEC 61000-4-7:2002,IDT)

GB/T 18039.4 电磁兼容 环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平(GB/T 18039.4—2003,IEC 61000-2-4:1994,IDT)

IEC 61000-2-2:2002 电磁兼容(EMC) 第 2-2 部分:环境 公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-2:Environment—Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems)

IEC 61000-3-8 电磁兼容(EMC) 第 3 部分:限值 第 8 分部分:低压电气装置上的信号传输发射电平、频率范围和电磁骚扰电平(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3:Limits—Section 8:Signalling on low-voltage electrical installations—Emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels)

IEC 61000-4-7 修订 1:2008 电磁兼容(EMC) 第 4-7 部分:试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-7:Testing and measurement techniques—General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation,for power supply systems and equipment connected thereto)

IEC 61000-4-15 电磁兼容(EMC) 第 4-15 部分:试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范 (Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-15: Testing and measurement techniques—Flicker-meter-Functional and design specifications)

IEC 61180(所有部分) 低压电气设备的高电压试验技术(High-voltage test techniques for low voltage equipment)

3 术语和定义

GB/T 4365 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

通道 channel

通过某台仪器的单个信号测量通路。

注:“通道”和“相”是不相同的。通道电压定义为两个导体之间的电位差。相是指单一的导体。在多相系统中,通道可能是两相之间,或相和中性点之间,或相和地之间,或中性点和地之间。

3.2

协调世界时 Coordinated Universal Time

UTC

一种时标,它构成标准频率和时间信号的协调的无线电播发的基础。它在速率上精确地对应于国际原子时,但与之相差整数倍秒。

注 1: 协调世界时由国际度量衡局(BIPM)和国际地球旋转业务(IERS)建立。

注 2: UTC 时标通过插入或删除若干秒来调整,叫做正或负跳秒,以保证与 UT1 近似一致。

注 3: UT 是基于地球自转的一个时标,UT0 是本初子午线的太平时,直接由天文观测得到,UT1 是 UT0 校正过在恒星参考系中地球相对其旋转轴的微小运动(极向变化)效应的时间。参见 GB/T 2900.54—2002 的定义 713-05-19。

[GB/T 2900.54—2002,定义 713-05-20]

3.3

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。

3.4

公称供电电压 declared supply voltage

U_c

公称供电电压 U_c 通常是系统的标称电压 U_n 。如果根据供应商和客户之间的协议,加在终端的电压与标称电压不同,则该电压即为公称供电电压 U_c 。

3.5

暂降阈值 dip threshold

为检测电压暂降的起始和结束点而规定的电压幅值。

3.6

标记数据 flagged data

作了标记的数据表明该数据的某个测量值或某一组测量值可能已经受到电压中断、暂降或暂升的影响。

注:对数据做标记是为了在使用多种方法时,可避免单一事件被统计为多个不同类型的事件。做标记是有关一次测量或测量组合的补充信息。被标记的数据不会从数据集中删除。在有些应用中,进一步的分析可能会删除标记数据;在其他应用中,数据标记并不重要。用户、应用、规则或其他标准会决定标记数据的使用。进一步的解释参见 4.7。

3.7

闪烁 flicker

亮度或频谱分布随时间变化的光刺激所引起的不稳定的视觉效果。

注：在电能质量领域中，该术语也称为“闪变”。

[GB/T 4365—2003, 定义 161-08-13]

3.8

基波分量 fundamental component

频率为基波频率的分量。

[IEV 101-14-49, 修改采用]

3.9

基波频率 fundamental frequency

对时域函数作傅立叶变换后得到的频谱中的频率，该频谱中所有频率以该频率作参考。

[IEV 101-14-50, 修改采用]

注：为避免产生理解模糊，基波频率可由为系统供电的同步发电机的磁极数和转速确定。

3.10

谐波分量 harmonic component

频率为谐波频率的任一分量。

[IEC 61000-2-2:2002, 定义 3.2.4, 修改采用]

注：该值通常使用 r. m. s. 值来表示。为简单起见，该类分量有时简称为谐波。

3.11

谐波频率 harmonic frequency

基波频率整数倍的频率。

注：谐波频率与基频之比称为谐波次数(符号: h)。

3.12

迟滞 hysteresis

起点阈值与终点阈值之间的幅值差。

注 1：迟滞现象的定义和电能质量(PQ)测量参数有关，该定义不同于 IEC 的定义(与铁心饱和无关)。

注 2：在 PQ 测量中引进迟滞现象的目的是为了避免幅值参数在阈值附近振荡造成事件多次统计。

3.13

影响量 influence quantity

任何可能会影响测量设备工作性能的量。

[GB/T 2900.77—2008, 定义 311-06-01, 修改采用]

注：该量通常来自于测量设备外部。

3.14

间谐波 interharmonic component

频率为间谐波频率的分量。

[IEC 61000-2-2:2002, 定义 3.2.6]

注 1：该值通常使用 r. m. s. 值来表示。为简单起见，此类分量有时简称为间谐波。

注 2：GB/T 17626.7 和 GB/T 17626.13 中采用“谐间波”一词，考虑到该术语在电磁兼容以及电能质量领域中的适用性和准确性，采用“间谐波”更加合适。

3.15

间谐波频率 interharmonic frequency

非基波频率整数倍的任意频率。

[IEC 61000-2-2:2002, 定义 3.2.5]

3.16

中断 interruption

电气系统中某一点的电压降低到中断阈值以下。

3.17

中断阈值 interruption threshold

为测量电压中断的起始和结束而设定的电压幅值。

3.18

测量不确定度 measurement uncertainty

与测量结果关联的一个参数,用于表征合理赋予被测量的值的分散性。

[GB/T 2900.77—2008,定义 311-01-02]

3.19

标称电压 nominal voltage

U_n

系统指定或识别的电压。

3.20

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。

3.21

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。

注:在某些情况下,这些参数可能与供电网和连接负载之间的兼容性有关。

3.22

实时时钟 Real-Time Clock

RTC

用于实施本部分某些方法的当地计时装置。

注:实时时钟和 UTC 之间的关系在 4.6 中定义。

3.23

r. m. s. (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。

[IEV 101-14-16,修改采用]

3.24

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

$U_{\text{rms}(1/2)}$

从基波的过零点开始,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:该技术对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。

3.25

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

$U_{\text{rms}(1)}$

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 $U_{\text{rms}(1/2)}$ 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、暂升和中断检测及评估。

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。

3.26

影响量范围 range of influence quantities

单个影响量的取值范围。

3.27

参考通道 reference channel

多相测量系统的一个电压测量通道被指定为电压参考通道。

3.28

残余电压 residual voltage

U_{res}

在电压暂降或中断期间记录到的 $U_{\text{rms}(1/2)}$ 或 $U_{\text{rms}(1)}$ 的最小值。

注：残余电压可以用伏特表示，或用 U_{din} 的百分比或标么值表示。对于 A 类使用 $U_{\text{rms}(1/2)}$ 表示；对于 S 类， $U_{\text{rms}(1/2)}$ 或 $U_{\text{rms}(1)}$ 均可使用。见 5.4.1。

3.29

滑模参考电压 sliding reference voltage

U_{sr}

某特定时间段内的电压幅值平均值，用以表示某一电压变化事件（如电压暂降、暂升及快速电压变化）之前的电压。

3.30

暂升阈值 swell threshold

用于测量电压暂升的起始和结束所规定的电压值。

3.31

时间累积 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。

3.32

负偏离 underdeviation

仅当参数测量值小于标称值时，参数测量值和标称值之间差值的绝对值。

3.33

电压暂降 voltage dip

电气系统中某点电压幅值暂时下降到阈值以下。

注 1：电压中断是一种特殊形式的电压暂降。后续处理可用来区分电压暂降和电压中断。

注 2：电压暂降也被称作电压突降。这两个术语可互相替换；不过在本部分中只使用电压暂降这个术语。

3.34

电压暂升 voltage swell

电气系统中某点电压幅值暂时升到阈值以上。

3.35

电压不平衡 voltage unbalance

多相系统中的一种状态，在这种状态下，线电压（基波分量）r. m. s. 值和/或邻线电压之间的相位角不相等。

[GB/T 4365—2003, 定义 161-08-09, 修改采用]

注 1：不平衡度通常用负序、零序分量与正序分量的比值来表示。

注 2：在本部分中，电压不平衡是指三相系统中的电压不平衡。

4 总则

4.1 测量方法分类

对每一个待测参数定义为三类(A类、S类和B类)。每一类都包括测量方法和相应的性能要求。

——A类

该类用于必须精确测量的场合,比如,可能用于需要解决争端的合同,验证是否和标准相符等。在测量同一信号时,用两台符合A类要求的不同仪器测量同一信号的某参数,所得任意测量结果应在该参数规定的不确定度范围内。

——S类

该类用于调查或电能质量评估等统计性应用,使用的参数可能只是所有参数的一个有限子集。尽管S类使用和A类相同的测量间隔,但S类的处理要求比A类低。

——B类

定义该类方法的目的是避免现有的仪器被废弃。

注:在新设计中不推荐使用B类方法。在本部分的未来版本中可能会将B类删除。

对每一类测量方法,影响因素范围应与第6章中的规定相一致。用户应根据应用情况选择需要的类别。

注1:仪器制造商宜说明那些没有明确标示但却会降低仪器性能的影响量。例如,IEC 61557-12中有该方面的指导。

注2:仪器可以测量本部分规定的部分或全部参数,对所有参数最好使用同一类方法。

注3:仪器制造商宜说明所测是何参数,各参数采用哪类测量方法,各类的 U_{lim} 范围,以及满足各类所需的必要条件及附属要求(同步、探头、检定周期、温度范围等)。

注4:在本部分中,“A”代表“Advanced(高级)”、“S”代表“Surveys(调查)”(“B”或“Basic(基本)”方法对于新设计不推荐使用,因为本部分以后的版本可能会删除B类)。

4.2 测量组成

待测量或者可直接测量(如在一般的低压系统中),或者通过测量传感器测量。

整个测量链路如图1所示。

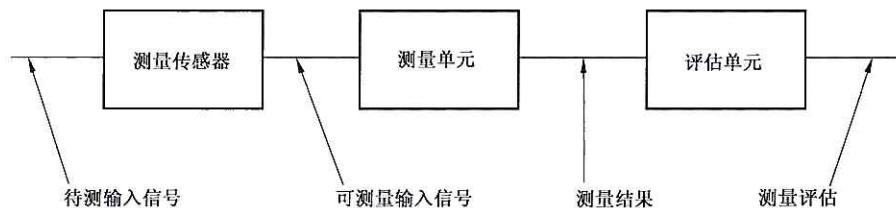


图1 测量链路

仪器可能包括整个测量链路(见图1)。本部分中规范部分不考虑仪器外部的传感器及其所引入的不确定性,但在A.3中提供指导。

4.3 待测电气量

测量可在单相供电系统中进行,也可在多相供电系统中进行。根据情况,可能需要测量的是相导线和中性点之间的电压(相—中性点电压),或相导线之间的电压(线间电压),或相导线、中性点和接地之间(相—接地电压、中性点—接地电压)。本部分的目的是不是为了强制规定待测电气量应选择的方法。

除了可测量电压不平衡外(只适用于多相系统),在本部分中规定的测量方法都是可在每个测量通道上独立使用的。

相与相之间的瞬时值可直接测量,也可由相与中性点的瞬时测量值推导得到。

电流测量可在供电系统的各条导线上进行,包括中性点导线和保护接地导线。

注:通常在测量电流时同步测量电压会更好一些,这样可将一根导线的电流测量结果与该导线和参考导体(如接地导线或中性点导线)之间的电压联系起来。

4.4 某时段内的测量累加

以下测量累积适用于:

——A类

幅值参数测量(供电电压、谐波、间谐波及不平衡度)的基本测量时间间隔对 50 Hz 电力系统应为 10 个周波。

每隔 10 min RTC 计时点,10 周波测量应重新同步一次(见图 2)。

注 1: 测量的不确定度包括在每个参数的不确定度测量协议中。

随后在另外 3 个时间间隔内对 10 周波值进行累积:

- 150 周波的间隔;
- 10 min 间隔;
- 2 h 间隔。

注 2: 在某些应用中,其他的时间间隔(如 1 min)可能会更有利。如果使用这些时间间隔,宜使用与本部分规定类似的累积方法(例如,如果使用 1 min 时间间隔,则累积方法宜和 10 min 累积方法类似)。

注 3: B.1 和 B.2 中讨论了这些累积时间间隔的应用。

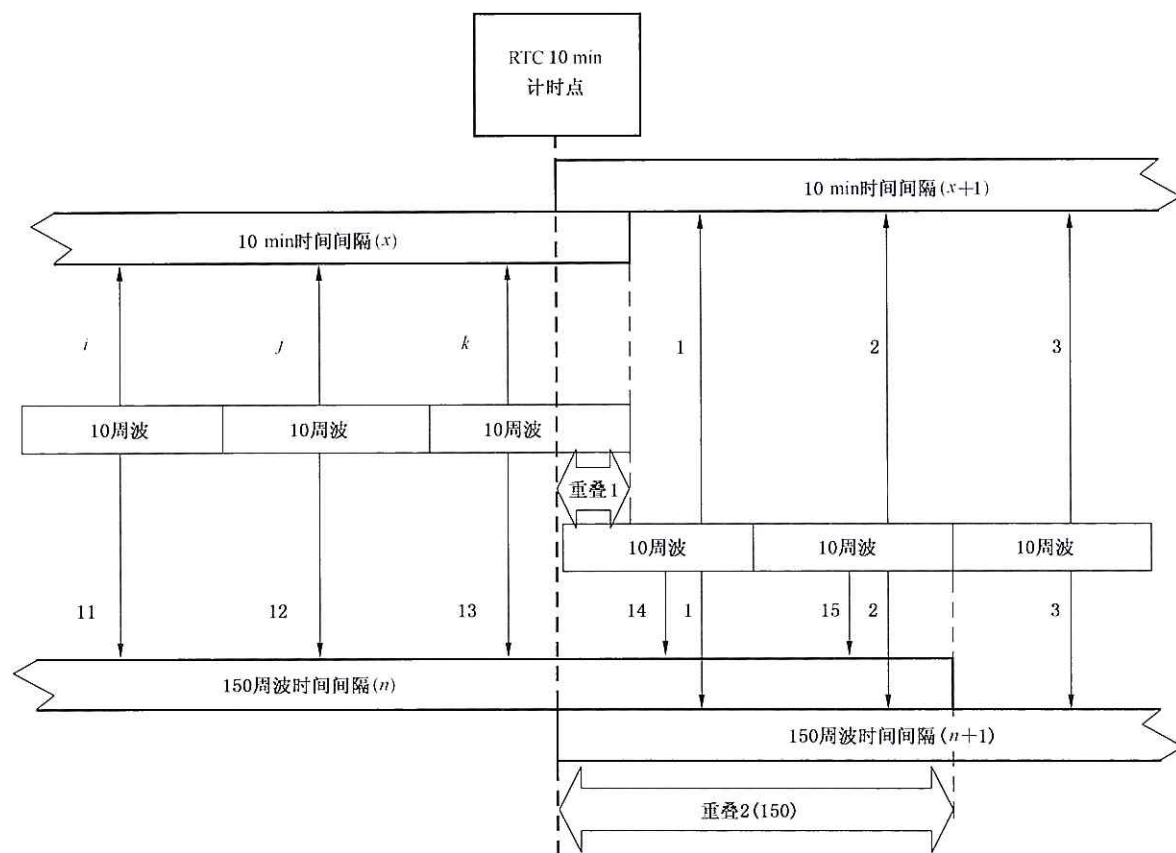


图 2 A类累积时间间隔的同步

——S 类

累积时间间隔与 A 类相同。10 周波测量应按图 3 和图 4 所示的方式进行再同步。

——B 类

制造商应规定累积时间间隔的数值和持续时间。

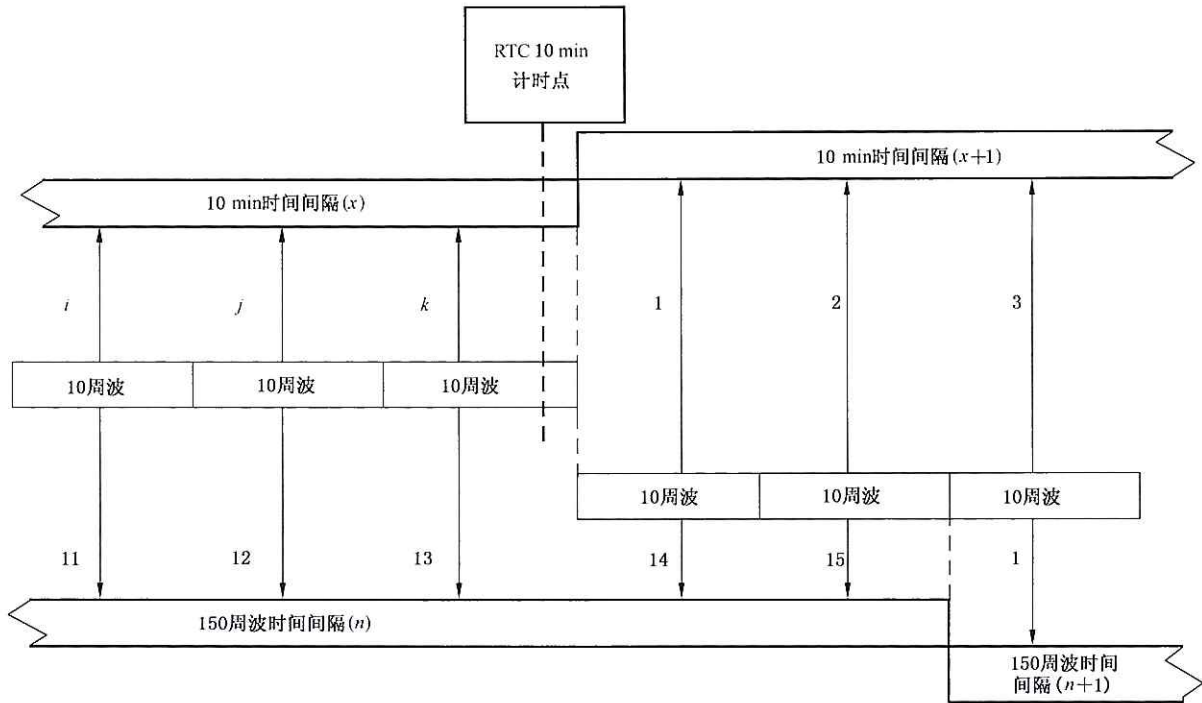


图 3 S 类累积时间间隔的同步:参数不允许出现间断

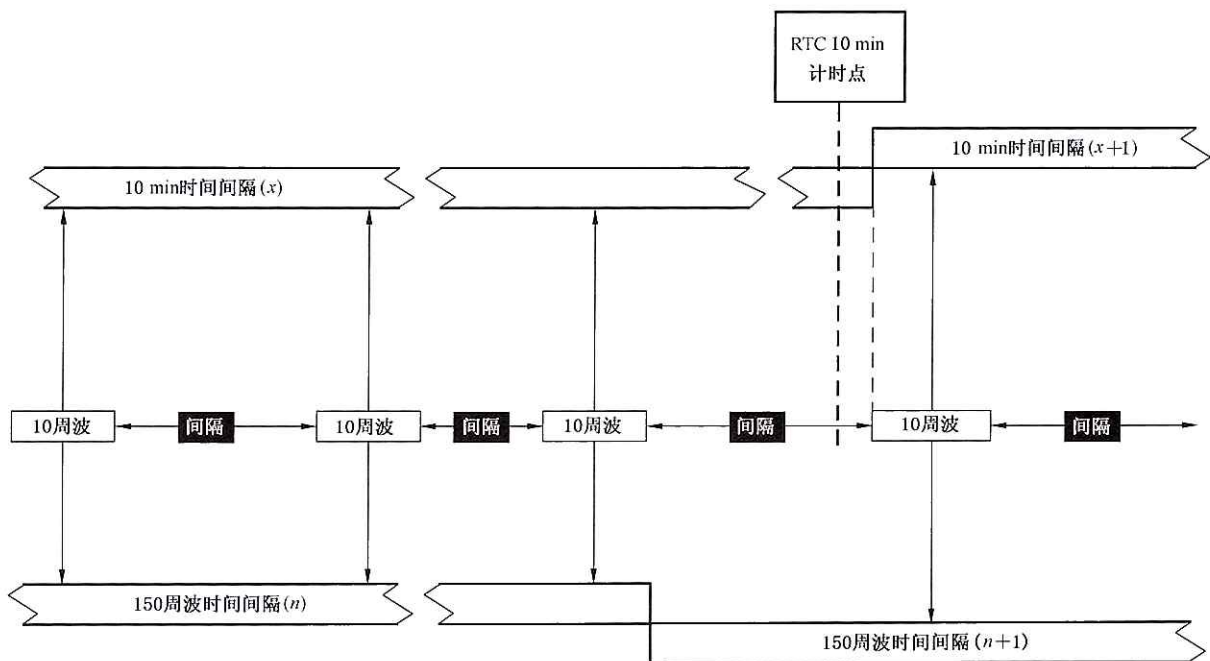


图 4 S 类累积时间间隔的同步:参数允许出现间断(见 4.5.2)

注：电力系统的频率可能比期望值要高或者低。在图 3 所示的例子中，频率低于期望值，因此 150 周波时间间隔在 10 min 计时点之后出现。在图 4 所示的例子中，频率高于期望值，或者其中出现有间断，因此 150 周波时间间隔在 10 min 计时点之前结束。

4.5 测量累积算法

4.5.1 要求

应采用输入值的方均根进行累积计算。

注：对闪烁测量，应使用不同的累积算法（参见 IEC 61000-4-15）。

4.5.2 150 周波累积

——A 类

150 周波时段的数据应以 15 个 10 周波时段进行无缝累积。

每 10 min 要对 150 周波时间间隔进行一次再同步，如图 2 所示。

当 10 min 时间标记到时，新的 150 周波时段开始，悬置的 150 周波时段也在继续，直至结束。这两个 150 周波时段之间可能会有重叠（图 2 中的重叠 2）。

——S 类

150 周波时段的数据应是从 10 周波时段开始累积。允许以 10 min 标记再同步，但不作要求。（见图 3）。

对于谐波、间谐波、电网载波信号和不平衡度测量，允许有间隙，但并不作要求。在每个 150 周波时段内，至少应有 3 个 10 周波时段的最小值，而每 60 个周波内至少应有一个 10 周波值（见图 4）。对于所有其他参数，150 周波时间间隔内的数据应与 15 个 10 周波时间间隔没有差距。

——B 类

制造商应规定累积方法。

4.5.3 10 min 累积

——A 类

10 min 累积值应标记为绝对时间值（例如，01H10:00）。时间标记为 10 min 累积结束的时刻。

10 min 时段内的数据应从 10 周波时段内的数据累积开始，并且没有缝隙。

每个 10 min 时段应从 RTC 10 min 计时处开始。10 min 计时也用于对 10 周波间隔和 150 周波间隔进行再同步（见图 2）。

10 min 累积时段的最后一个 10 周波时段通常会和 RTC 10 min 计时重叠。任何 10 周波时段隔的重叠（图 2 中的重叠 1）都会被包含在前一个 10 min 时间间隔的累积中。

——S 类

S 类中的 10 min 累积方法应使用 A 类方法或下列简化方法。

新的 10 min 时间间隔应在前一个 10 min 计时点之后，且在下一个 10 周波时间间隔开始处出现。

10 min 时间间隔使用的数据应从 10 周波时间间隔累积得来。在 10 min 计时处没有再同步。各个 10 min 时间间隔都不是同步的。

10 min 累积值应标记为绝对时间值。时间标记为 10 min 时间间隔结束的时间。

此时不会有重叠出现，如图 3 和图 4 所示。

——B 类

制造商应规定累积方法。

4.5.4 2 h 累积

——A 类

2 h 时间间隔的数据应从 12 个 10 min 时间间隔累积得到。2 h 的间隔应无缝，并且没有重叠。2 h

间隔开始于第偶数个 RTC 时间间隔点处。

——S 类

同 A 类。

——B 类

制造商应规定累积方法。

4.6 实时时钟(RTC)不确定度

RTC 不确定度的定义和协调世界时(UTC)有关。

——A 类

无论总的时间间隔是多少,RTC 的不确定度应不超过 ± 20 ms。该性能可通过测量过程中周期性同步程序实现,也可通过 GPS 接收机,或者通过接收发射的无线电时标信号实现。当无法通过一个外部信号取得同步时,RTC 的容差应满足 24 h 周期小于 ± 1 s;但无论如何,此例外并不意味着可以不满足该段第一部分所规定的要求。

注:该性能要求是必需的,它可保证采用 A 类方法的两台仪器在连接同一个信号时,产生相同的 10 min 和 2 h 累积结果。对于同时采用 A 类方法的仪器不止一台(可能位于不同地点)的情况,也必需达到该性能要求。

——S 类

RTC 不确定度每 24 h 不应超过 ± 5 s。

——B 类

制造商应规定 RTC 不确定度,以及确定累积时间间隔的方法(如果有的话)。

4.7 标记的概念

在电压暂降、暂升或中断时,其他一些参数的测量算法(例如频率测量)可能产生一个不可靠的结果。因此使用标记的概念可避免将同一信号事件在不同参数测量中被重复使用(例如,将单次暂降同时记作暂降和频率变化),并表明累积值可能是不可靠的。

标记仅在电压暂降、暂升和中断时触发。暂降和暂升的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。

在对电网频率、电压幅值、闪烁、供电电压不平衡、电压谐波、间谐波、电压载波信号以及对负偏离和正偏离使用 A 类和 S 类方法进行测量时适用标记的概念。

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。

注:标记的数据应可以使用。用户、实际应用、规则或其他标准来确定是否使用标记数据。标记数据表示该数据可能存在问题。

5 电能质量参数

5.1 电网频率

5.1.1 测量方法

——A 类

频率读数应每 10 s 刷新一次。由于在 10 s 时间间隔内电力系统频率可能不会正好是 50 Hz,所以其中包括的周波数不一定正好是整数。基波分量频率输出值为 10 s 时间间隔内,整数个周波数与该整数个周波所累计持续时间的比值。在每次评估之前,应对信号中的谐波和间谐波进行衰减,最大限度减

少由于多个过零点带来的影响。

测量的时间间隔之间应没有重叠。对于与 10 s 时间信号重叠的个别周波应予剔除。每个 10 s 时间间隔应从 10 s 计时处开始,其不确定度见 4.6 的规定。

其他可获得等效结果的方法,如卷积也可使用。

——S 类

同 A 类。

——B 类

制造商应规定频率测量的过程。

5.1.2 测量不确定度和测量范围

——A 类

在 6.1 所述条件下,在测量范围为 42.5 Hz~57.5 Hz 时,测量不确定度不应超过 ± 10 mHz。

——S 类

在 6.1 所述条件下,在测量范围为 42.5 Hz~57.5 Hz 时,测量不确定度不应超过 ± 50 mHz。

——B 类

制造商应规定在测量范围为 42.5 Hz~57.5 Hz 时测量不确定度的值。

5.1.3 测量评估

——A 类

频率测量应在参考通道上进行。

注:如果参考通道失压,制造商宜规定频率测量的方法。

——S 类

同 A 类。

——B 类

制造商应指出频率测量的方法。

5.1.4 累积

此处不需要作累积。

5.2 供电电压的幅值

5.2.1 测量方法

——A 类

电压幅值的测量值,应是 10 个周波时间段的 r. m. s. 值。每个 10 周波时间段应是连续的,而且相邻的 10 周波时 V 间间隔应无重叠,图 2 中所示的重叠 1 除外。

注 1:该规定测量方法用于准平稳信号,不适用于异常信号如暂降、暂升、电压中断和瞬态电压的检测和测量。

注 2:根据定义,这里的 r. m. s. 值包括谐波、间谐波和电网载波信号等。

——S 类

同 A 类。

——B 类

测量值应为制造商规定时间段内测得的 r. m. s. 电压值。

5.2.2 测量不确定度和测量范围

——A 类

在 6.1 所述的条件下,测量不确定度不应超过 U_{dm} 的 $\pm 0.1\%$,测量范围为 U_{dm} 的 $10\% \sim 150\%$ 。

——S类

在 6.1 所述的条件下,测量不确定度不应超过 U_{din} 的 $\pm 0.5\%$,测量范围为 U_{din} 的 $20\% \sim 120\%$ 。

——B类

在 6.1 所述的条件下,测量不确定度应由制造商规定,并且在制造商规定的测量范围内不超过 U_{din} 的 $\pm 1\%$ 。

5.2.3 测量评估

不作要求。

5.2.4 累积

应按照 4.4 和 4.5 的规定执行。

5.3 闪烁

5.3.1 测量方法

——A类

适用 IEC 61000-4-15。

——S类

适用 IEC 61000-4-15。

——B类

不适用。

注:在 IEC 61000-4-15 中,仅定义了 230 V/50 Hz 情况下的测量方法。目前正在考虑将闪烁定义扩展到其他电压范围。

5.3.2 测量不确定度和测量范围

——A类

参见 IEC 61000-4-15。在 6.1 所述的条件下,当测量范围为 $(0.2 \sim 10)P_{\text{st}}$ 时,应满足 IEC 61000-4-15 规定的测量不确定度要求。

——S类

参见 IEC 61000-4-15。在 6.1 所述的条件下,当测量范围为 $(0.4 \sim 4)P_{\text{st}}$ 时,应满足 IEC 61000-4-15 中允许测量不确定度的 2 倍要求。

——B类

不适用。

5.3.3 测量评估

——A类

适用 IEC 61000-4-15。

P_{st} 所用的 10 min 时间间隔应从 RTC 10 min 计时点处开始,并应该用绝对时间标记(见 4.5.3)。

电压暂降、暂升和中断都应会导致 P_{st} 和 P_{lt} 带标记的输出值(参见 IEC 61000-4-15)。

——S类

同 A 类。

——B类

不适用。

5.3.4 累积

——A类

应根据 IEC 61000-4-15 进行累积。对于 P_{lt} , 应根据本部分 4.5.4 的要求, 在 2 h 的时间段内进行累积。

——S类

同 A 类。

——B类

不适用。

5.4 供电电压暂降和暂升

5.4.1 测量方法

——A类

电压暂降和暂升的基本测量值 U_{rms} 应为每个测量通道上的 $U_{rms(1/2)}$ 值(见 3.24)。

测量 $U_{rms(1/2)}$ 的周波持续时间取决于频率。频率由最后一个没有标记的频率测量值(见 4.7 及 5.1)或者任何其他可满足 6.2 不确定度要求的方法确定。

注 1: 根据定义, 这里的 $U_{rms(1/2)}$ 值包括谐波、间谐波和电网载波信号等。

——S类

电压暂降和暂升的基本测量值 U_{rms} 应为每个测量通道上的 $U_{rms(1/2)}$ 值(见 3.24)或每个测量通道上的 $U_{rms(1)}$ 值(见 3.25)。制造商应规定采用何种测量值。

注 2: 根据定义, 这里的 $U_{rms(1)}$ 值应包括谐波、间谐波和电网载波信号等。

——B类

制造商应规定 U_{rms} 的测量方法。

5.4.2 电压暂降的检测和评估

5.4.2.1 电压暂降的检测

暂降阈值表示为 U_{din} 或滑模参考电压 U_{sr} 的百分比(见 5.4.4)。用户应声明所采用的参考电压。

注: 在低压系统中通常不采用滑模参考电压 U_{sr} 。参见 IEC 61000-2-8 可获取更多信息和建议。

——在单相系统中, 当电压 U_{rms} 降低到暂降阈值以下时, 记作电压暂降的开始; 当电压 U_{rms} 上升到等于或大于暂降阈值与迟滞电压之和时, 记作电压暂降的结束。

——在多相系统中, 当一个或多个通道的 U_{rms} 电压降低到暂降阈值以下时, 记作电压暂降的开始, 当所有测量通道的 U_{rms} 电压上升到等于或大于暂降阈值与迟滞电压之和时, 记作电压暂降的结束。

暂降阈值和迟滞电压大小均由用户根据用途进行设定。

5.4.2.2 电压暂降的评估

电压暂降的特征值包括两个参数: 残余电压(U_{res})或深度, 持续时间。

——残余电压为暂降过程中任一通道上测得的最低 U_{rms} 值;

——深度是指参考电压(U_{din} 或者 U_{sr})和残余电压之间的差值。通常用参考电压的百分比表示。

电压暂降的开始时间应为触发事件通道 U_{rms} 的边沿时标; 电压暂降的结束时间应为终止事件 U_{rms} 的边沿时标, U_{rms} 由阈值与迟滞电压之和来确定。

电压暂降的持续时间是指从电压暂降起始到结束所用的时间。

注 1: 对于多相系统测量,电压暂降的持续时间可能从其中一个通道开始,而在另一个通道结束。

注 2: 电压暂降的包络曲线并不一定是矩形,因此,对于一个给定的电压暂降,测量持续的时间取决于所选定的电压暂降阈值。可使用多个暂降阈值(在电压暂降和电压中断阈值范围内设定)来估计电压暂降的包络曲线。

注 3: 迟滞电压通常为 U_{din} 的 2%。

注 4: 在故障检修或统计分析中的应用,暂降阈值通常为固定参考电压的 85%~90%。

注 5: 残余电压通常对终端用户有用,同时因为残余电压是参考零电位,所以可能被优先加以利用。相比之下,深度通常对电气供应方有用,尤其是高压系统或者当使用滑模参考电压时。

注 6: 在电压暂降过程中可能会出现相位移(见 A.7.5)。

注 7: 当超过阈值时,可记录一个时间标记。

5.4.3 电压暂升的检测和评估

5.4.3.1 电压暂升的检测

暂升阈值表示为 U_{din} 或滑模参考电压 U_{sr} 的百分比(见 5.4.4)。用户应声明所使用的参考电压。

注: 在低压系统中通常不使用滑模参考电压 U_{sr} 。参见 IEC 61000-2-8 可获取更多信息和建议。

——在单相系统中,当 U_{rms} 电压上升超过暂升阈值时,记作电压暂升的开始,当 U_{rms} 电压下降到等于或者小于暂升阈值与迟滞电压之差时,记作电压暂升的结束。

——在多相系统中,当一个或多个通道的 U_{rms} 电压超过暂升阈值时,记作电压暂升的开始,当所有测量通道的 U_{rms} 电压下降到等于或小于暂升阈值与迟滞电压之差时,记作电压暂升的结束。

暂升阈值和迟滞电压大小均由用户根据用途设定。

5.4.3.2 电压暂升的评估

电压暂升的特征值包括两个参数:最大暂升电压幅值和持续时间。

——最大暂升电压幅值是指电压暂升过程中任一通道上测得的 U_{rms} 最大值。

——电压暂升的开始时间应为触发事件通道 U_{rms} 的边沿时标;电压暂升的结束时间应为终止事件 U_{rms} 的边沿时标, U_{rms} 由阈值与迟滞电压之差来确定。

——电压暂升的持续时间是指从电压暂升起始到结束的时间差。

注 1: 对于多相系统测量,电压暂升持续时间的测量可能开始于其中一个通道,而结束于另一个通道。

注 2: 电压暂升的包络曲线并不一定是矩形。因此,对于一个给定的电压暂升,测得的持续时间取决于暂升阈值。

注 3: 迟滞电压通常为 U_{din} 的 2%。

注 4: 暂升阈值通常大于或等于 U_{din} 的 110%。

注 5: 在电压暂升过程中也有可能会出现相位移。

注 6: 当超过阈值时,可记录一个时间标记。

5.4.4 滑模参考电压的计算

滑模参考电压是可选项,不作要求。如果滑模参考电压用于检测电压暂降或暂升,应该用时间常量为 1 min 的一阶滤波器计算滑模参考电压。滤波器计算公式如下:

$$U_{\text{sr}(n)} = 0.996\,7 \times U_{\text{sr}(n-1)} + 0.003\,3 \times U_{(10)\text{rms}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$U_{\text{sr}(n)}$ ——滑模参考电压的当前值;

$U_{\text{sr}(n-1)}$ ——滑模参考电压的前一个值;

$U_{(10)\text{rms}}$ ——最近一个 10 周波的 r. m. s. 值。

测量开始时,滑模参考电压的初始值设置为公称输入电压。滑模参考电压值每 10 个周波更新一次。如果某 10 周波带有标记,则滑模参考电压值不会更新,仍使用滑模参考电压的前一个值。

5.4.5 测量不确定度和测量范围

5.4.5.1 残余电压和暂升电压幅值的测量不确定度

——A类

测量不确定度不应超过 U_{din} 的 $\pm 0.2\%$ 。

——S类

测量不确定度不应超过 U_{din} 的 $\pm 1.0\%$ 。

——B类

制造商应规定不确定度,不确定度不应超过 U_{din} 的 $\pm 2.0\%$ 。

5.4.5.2 持续时间的测量不确定度

——A类

电压暂降或暂升持续时间的不确定度等于暂降或暂升起始点不确定度(半个周波)加上结束点不确定度(半个周波)。

——S类

如果使用 $U_{\text{rms}(1/2)}$, 电压暂降或暂升持续时间的不确定度等于暂降或暂升起始点不确定度(半个周波)加上结束点不确定度(半个周波)。如果使用 $U_{\text{rms}(1)}$, 则电压暂降或暂升持续时间的不确定度等于暂降或暂升起始点不确定度(一个周波)加上结束点不确定度(一个周波)。

——B类

制造商应规定持续时间的测量不确定度。

5.4.6 累积

累积不适用于触发事件。

5.5 电压中断

5.5.1 测量方法

电压的各类基本测量方法应在 5.4.1 中定义。

5.5.2 电压中断的评估

在单相系统中,当 U_{rms} 电压下降到低于中断阈值时,记作电压中断的起始;当 U_{rms} 电压上升到等于或大于中断阈值与迟滞电压之和时,记作电压中断的结束。

在多相系统中,当所有通道的 U_{rms} 电压都下降到低于中断阈值以下时,记作电压中断的起始;当任一通道的 U_{rms} 电压上升到等于或大于中断阈值与迟滞电压之和时,记作电压中断的结束。

电压中断阈值和迟滞电压大小均由用户根据用途设定。电压中断阈值不应小于残余电压测量不确定度与迟滞电压之和。迟滞电压通常为 U_{din} 的 2% 。

电压中断的开始时间应为记录启动中断事件通道的 U_{rms} 的结束时间,电压中断的终止时间应为记录中断过程结束 U_{rms} 的结束时间, U_{rms} 由阈值和迟滞电压之和确定。

电压中断的持续时间是指从电压中断起始到结束的时间差。

注1:例如,电压中断阈值可设为 U_{din} 的 5% 或 10% 。

注2: GB/T 4365—2003 的定义 161-08-20 将电压幅值降低到标称电压的 1% 以下的情况称为电压中断。但是当电压降低到标称电压的 1% 以下时很难准确测量。因此,本部分推荐用户设置一个适当的电压中断阈值。

注3: 在多相系统中,其中一个或多个相电压的中断对于连接到该系统的单相用户来说意味着一次中断,即使这种情况并不能归为多相系统的中断。

5.5.3 测量不确定度和测量范围

持续时间的测量不确定度见 5.4.5.2。

5.5.4 累积

累积不适用于触发事件。

5.6 瞬态电压

A.4 提供了表征瞬态电压和瞬态电流重要参数的信息。

5.7 供电电压不平衡

5.7.1 测量方法

不平衡测量仅适用于三相系统。

——A 类

使用对称分量法评估供电电压不平衡度。在不平衡条件下,除正序分量 U_1 外,至少还存在以下分量之一:负序分量 U_2 和/或零序分量 U_0 。

测量 10 个周波时间段内输入电压的基波分量。

注 1: 可使用滤波器或 DFT 算法来减小谐波的影响。

注 2: 仅使用 r. m. s. 值计算不平衡度无法考虑相角位移对不平衡的影响;存在谐波电压时,将导致无法预料的结果。使用负序不平衡度和零序不平衡度则可获得更精确且更直接的结果。

负序比 u_2 可用百分比表示,由式(2)计算:

$$u_2 = \frac{U_2}{U_1} \times 100 = \frac{\text{负序}}{\text{正序}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

对于只考虑相电压和基波电压的三相系统,式(2)可以写为($U_{ij \text{ fund}} = i$ 相基波电压除以 j 相基波电压):

$$u_2 = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \times 100, \beta = \frac{U_{12\text{fund}}^4 + U_{23\text{fund}}^4 + U_{31\text{fund}}^4}{(U_{12\text{fund}}^2 + U_{23\text{fund}}^2 + U_{31\text{fund}}^2)^2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

零序比 u_0 可用百分比表示,由式(4)计算:

$$u_0 = \frac{U_0}{U_1} \times 100 = \frac{\text{零序}}{\text{正序}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

注 3: 根据定义,测量相电压时,零序不平衡度为零。但在该情况下,相对中性点或相对地电压仍有可能包括零序分量。

——S 类

估算负序比的方法同 A 类。可对零序不平衡度比率进行评估,但不作为强制性规定。

——B 类

制造商应规定计算不平衡度的算法及方法。

5.7.2 测量不确定度和测量范围

——A 类

在输入端输入一个满足“试验状态 1”条件(见表 2)的三相交流电压时,除了测量范围为 U_1 的 1%~5% 的负序和零序不平衡度之外,仪器测量 u_2 和 u_0 的不确定度应小于 $\pm 0.15\%$ 。例如,负序不平衡度为 1.0% 的仪器,其读数 x 应满足 $0.85\% \leq x \leq 1.15\%$,见图 5。

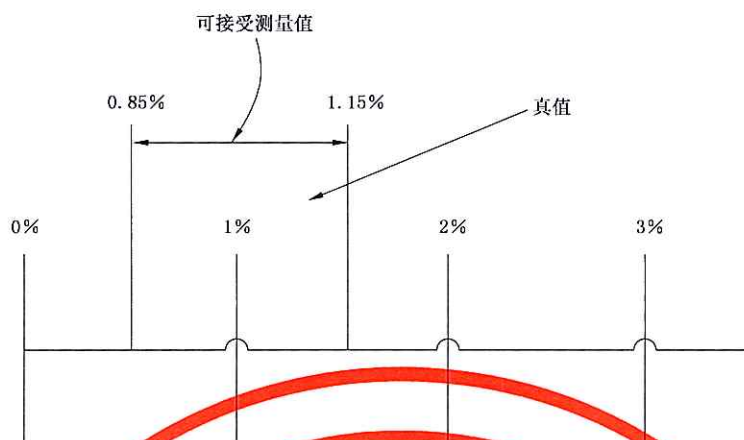


图5 供电电压不平衡不确定度实例

——S类

除不确定度之外,同A类, u_2 的不确定度应小于 $\pm 0.3\%$ (如果同时估计 u_0 ,则 u_0 的不确定度也应小于 $\pm 0.3\%$)。

——B类

除不确定度之外,同A类,估计的任何不平衡度参数的不确定度应小于 $\pm 0.3\%$ 。

5.7.3 测量评估

不作要求。

注:如果测量用互感器出现不确定度,将会给不平衡度的计算造成很大的影响。

5.7.4 累积

应根据4.4和4.5进行累积。

5.8 电压谐波

5.8.1 测量方法

——A类

A类电压谐波的基本测量方法见GB/T 17626.7—2008及IEC 61000-4-7修订1:2008的I类。应按照这些标准来确定10周波无缝谐波子群测量值,此值在这些标准中用 $U_{sg,h}$ 表示。

注1:在特殊情况下,使用其他方法(例如模拟法或者频域法)可能会更合适(例如参见IEC 61000-3-8)。

注2:电流谐波测量参见A.6。

至少应测量到50次谐波。

如果要计算总谐波畸变率,则应计算子群总谐波畸变率($THDS$),见GB/T 17626.7—2008及IEC 61000-4-7修订1:2008中定义。

——S类

S类电压谐波的基本测量方法见GB/T 17626.7—2008及IEC 61000-4-7修订1:2008的II类。允许有缝隙(见4.5)。制造商应选择按这些标准规定的10周波谐波群测量值 $U_{g,h}$,或按这些标准规定的10周波谐波子群测量值 $U_{sg,h}$ 。制造商应指明选择何种方式。

至少应测量到40次谐波。

注3:EN 50160评估要求40次谐波。

如果要计算总谐波畸变率,若选择 $U_{g,h}$, 计算结果应视为总谐波畸变率(THD), 或选择 $U_{sg,h}$, 计算结果应视为子群总谐波畸变率($THDS$), 这两种情况在 GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 中均有规定。

——B类

制造商应规定测量的方法。

5.8.2 测量不确定度和测量范围

——A类

最大不确定度应满足 GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 中 I 类规定的水平。

测量范围应为 GB/T 18039.4 中第 3 类兼容水平的 10%~200%。

——S类

最大不确定度应在 GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 规定的 II 类水平的 2 倍以内。这些标准的 5.3 中规定的抗互调低通滤波器应是可选的, 4.4.1 中规定的上升沿之间的时间最大允许误差 $\pm 0.03\%$ 也应是可选的, 但在本部分第 6 章规定的影响量范围内, 应满足最大不确定度要求。

测量范围应为 GB/T 18039.4 中第 3 类兼容水平的 10%~100%。

——B类

制造商应规定测量不确定度和测量范围。

5.8.3 测量评估

不作要求。

5.8.4 累积

应根据 4.4 和 4.5 进行累积。

5.9 电压间谐波

5.9.1 测量方法

——A类

对本部分而言, 电压间谐波的基本测量见 GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 的 I 类。这些标准应该用于确定 10 周波无缝间谐波子群测量值, 此值在这些标准中用 $U_{ig,h}$ 表示。

注: 电流间谐波测量见 A.6。

至少应测量到 50 次谐波。

——S类

制造商应规定测量的方法。

——B类

制造商应规定测量的方法。

5.9.2 测量不确定度和测量范围

——A类

最大不确定度等级应符合 GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 的 I 类水平。

测量范围应符合 GB/T 18039.4 中第 3 类兼容水平的 10%~200%。

——S类

制造商应规定测量不确定度和测量范围。

——B类

制造商应规定测量不确定度和测量范围。

5.9.3 测量评估

不作要求。

5.9.4 累积

应根据 4.4 和 4.5 进行累积。

5.10 供电电压上的载波信号电压

电网载波信号电压在某些应用中称作纹波控制信号,是一种突发信号,通常采用非谐波频率,用于远程控制工业设备、收费仪表等装置中。

5.10.1 测量方法

——A 类

下述方法应该用于电网载波信号频率低于 3 kHz 的情况。对于频率高于 3 kHz 的电网载波信号,参见 IEC 61000-8-8 标准。

该方法用于测量用户指定载频信号电压大小。

注:使用该方法是为了测量信号电压的最大值,而不是诊断电网载波信号故障。

电网载波信号电压的测量应基于:

- 对应 10 周波间谐波频带的有效值;
- 或 4 个最近 10 周波间谐波频带的有效值的平方和的根(例如,在供电系统中有一个 316.67 Hz 的纹波控制信号,该信号电压应近似等于 310 Hz、315 Hz、320 Hz、325 Hz 频带的平方和的根,各值可从 10 周波时间段的离散傅立叶变换即 DFT 得到)。

如果用户规定频率位于 DFT 频带的中心,则最好使用第一种方法。如果频率不在 DFT 频带的中心,则最好使用第二种方法。

用户应选择一个大于 $0.3\%U_{\text{din}}$ 的检测阈值,并选择长约 120 s 的记录时间。当相关间谐波测量值超过检测阈值时,就应检测到信号发射的开始。为了得到信号电压的最大水平,在用户规定的测量时间内记录测量值。

——S 类

制造商应规定测量的技术。

——B 类

制造商应规定测量的技术。

5.10.2 测量不确定度和测量范围

——A 类

测量范围至少应为 U_{din} 的 0%~15%。

如果电网载波信号电压为 U_{din} 的 3%~5%,则不确定度不应超过测量值的 5%。如果电网载波信号电压为 U_{din} 的 1%~3%,则不确定度不应超过 U_{din} 的 0.15%。如果电网载波信号电压小于 U_{din} 的 1%,则不确定度不作要求。

——S 类

制造商应规定不确定度及测量范围。

——B 类

制造商应规定不确定度及测量范围。

5.10.3 测量评估

不作要求。

5.10.4 累积

不需要作累积。

5.11 快速电压变化(RVC)

注：在 A.5 中有关于表征快速电压变化重要参数的有关信息。关于低压电网负荷的更多信息可参考标准 GB 17625.2 及 IEC 61000-3-11。这些信息并不一定适用于电网本身。

5.12 负偏离和正偏离参数的测量

5.12.1 测量方法

——A 类

应由 10 周波的 r. m. s. 值 $U_{\text{rms}-200\text{ms}}$ 来估计负偏离和正偏离参数相对于 U_{din} 的百分比。负偏离 $U_{\text{rms-under}}$ 和正偏离 $U_{\text{rms-over}}$ 参数由式(5)、式(6)、式(7)、式(8)、式(9)和式(10)确定。

负偏离估计：

使用式(5)和式(6)计算 $U_{\text{rms-under},i}$ ：

如果 $U_{\text{rms}-200\text{ms},i} > U_{\text{din}}$ ，则 $U_{\text{rms-under},i} = U_{\text{din}}$ (5)

如果 $U_{\text{rms}-200\text{ms},i} \leq U_{\text{din}}$ ，则 $U_{\text{rms-under},i} = U_{\text{rms}-200\text{ms},i}$ (6)

正偏离估计：

使用式(7)和式(8)计算 $U_{\text{rms-over},i}$ ：

如果 $U_{\text{rms}-200\text{ms},i} < U_{\text{din}}$ ，则 $U_{\text{rms-over},i} = U_{\text{din}}$ (7)

如果 $U_{\text{rms}-200\text{ms},i} \geq U_{\text{din}}$ ，则 $U_{\text{rms-over},i} = U_{\text{rms}-200\text{ms},i}$ (8)

注：在单相系统中，每个时间段评估得到一个负偏离值和一个正偏离值。在三相三线系统中，每个时间段评估 3 个值。四线系统中，可能要测量 6 个或 3 个值。

——S 类

不作要求。

——B 类

不作要求。

5.12.2 测量不确定度和测量范围

10 周波的 r. m. s. 值应符合 5.2.2 的要求。

5.12.3 累积

——A 类

负偏离估计：

$$U_{\text{under}} = \frac{U_{\text{din}} - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n U_{\text{rms-under},i}^2}{n}}}{U_{\text{din}}} [\%] \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

n ——累积时间段内负偏离或正偏离的 10 周波 r. m. s. 值的个数；

$U_{\text{rms-under},i}$ ——第 i 个 10 周波的 r. m. s. 值。

正偏离估计:

$$U_{\text{over}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n U_{\text{rms-over},i}^2}{n}} - U_{\text{din}}}{U_{\text{din}}} [\%] \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$U_{\text{rms-over},i}$ ——第 i 个 10 周波的 r. m. s. 值。

注: 负偏离式(5)、式(6)和正偏离式(7)、式(8)得到的值均为正值。

应根据 4.4 和 4.5 进行累积。

——S 类

不作要求。

——B 类

不作要求。

6 影响量范围和稳态验证

6.1 影响量范围

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。例如在测量供电电压不平衡度时,如果电压波形存在谐波干扰,对测量会有不利影响。

当所有其他参数都在各自规定的影响量范围内(见表 1),参数测量结果也应在第 5 章规定的测量不确定度范围内。

所用仪器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不确定度要求,也不会造成仪器受损。仪器可显示超出测量量程及影响量范围的信号(不包括瞬态信号和快速瞬态信号)。

对于瞬态电压和快速瞬态,在瞬态变化之后应对测量没有影响。瞬态信号作用于测量输入端,而不是作用于仪器的供电电源端。

表 1 影响量范围

章节和参数	类别	影响量范围
5.1 电网频率	A	42.5 Hz~57.5 Hz
	S	42.5 Hz~57.5 Hz
	B	42.5 Hz~57.5 Hz
5.2 供电电压的幅值	A	10%~200% U_{din}
	S	10%~150% U_{din}
	B	10%~150% U_{din}
5.3 闪烁	A	0~20 P_{st}
	S	0~10 P_{st}
	B	N/A
5.4 供电电压暂降和暂升	A	N/A
	S	N/A
	B	N/A

表 1（续）

章节和参数	类别	影响量范围
5.5 电压中断	A	N/A
	S	N/A
	B	N/A
5.7 供电电压不平衡	A	0%~5% u_2 , 0%~5% u_0
	S	0%~5% u_2
	B	SBM
5.8 电压谐波	A	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%
	S	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%
	B	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%
5.9 电压间谐波	A	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%
	S	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%
	B	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%
5.10 电网载波信号电压	A	0%~15% U_{din}
	S	0%~15% U_{din}
	B	0%~15% U_{din}
5.12 负偏离/正偏离	A	N/A
	S	N/A
	B	N/A
瞬态电压 GB/T 17627	A	6 kV 峰值
	S	N/R
	B	N/R
快速瞬态 GB/T 17626.4	A	4 kV 峰值
	S	N/R
	B	N/R
SBM——由制造商规定 N/R——不作要求 N/A——不适用		
注：对于安全要求、电磁兼容要求或气候要求，参见产品标准，例如 IEC 61557-12。		

6.2 稳态性能验证

以下试验应确保稳态信号是在施加影响量的条件下，在规定的 uncertainty 范围内进行测量。

这些试验是必要的，但并不足以证明实施符合本部分的要求。要充分验证第 5 章中的试验方法是否能正确实施，还必须进行其他一些试验和/或验证。

注 1：参见附录 C，以获取指导信息。

——A 类

要确认一种仪器的稳态性能是否正常，需要进行以下试验。

注 2: 这些试验可作为型式试验,而不是常规试验。

仪器的不确定度应根据每个被测量按如下方式进行试验(见表 2):

- 选择一个被测量(例如选择 r. m. s. 电压幅值);
- 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)分别验证该量的不确定度(例如, A 类可选择的 5 个点为 10%、45%、80%、115%或 150% U_{din});
- 保持所有其他量处于试验状态 2,重复试验;
- 保持所有其他量处于试验状态 3,重复试验。

表 2 A 类和 S 类的不确定度稳态验证

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

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。

注 3: 在理解该节时,注意有 15 个系列的试验条件可供各测量参数选择。对于带有多个子参数的参数项(例如,有 50 次单次电压谐波),则应选择一个有代表性的子参数。

注 4: 有些影响量不会影响到被测参数的值(例如,谐波不会影响不平衡度的值)。而有些影响量则会影响到被测参数的值(例如,谐波会影响到 r. m. s. 的值)。对这两种情况,均应满足不确定度要求。

当需要验证供电电源电压性能时,采用所选供电电压幅值代替表 2 中的 U_{din} 进行试验。

——S 类

同 A 类。

——B 类

稳态不确定度试验不作要求。

附 录 A
(资料性附录)
电能质量测量——问题及指南

A.1 总则

本附录是本部分规范部分的参考性补充文件。

以下两章给出了电能质量测量时通常需要注意的事项及实施流程,与测量目的无关。

——A.2 安装注意事项;

——A.3 传感器。

以下章节则属于测量方法的前期规范:

——A.4 瞬态电压和电流;

——A.5 快速电压变化;

——A.6 电流;

——A.7 电压暂降特性。

A.2 安装注意事项

A.2.1 安装

在安装电能质量(PQ)测量仪器时,应确保安装人员及其他人员的安全,确保被监测系统和仪器本身的完整性。

尽管有些安装可能只是临时的,因此与永久性安装方式不同,但仍应遵守当地的规范。地方法规、规定和安全准则包括以下多项内容,并且其重要性高于此处所列注意事项。应遵守所有地方性和全国性安全要求(例如人员防护设备的要求)。

A.2.2 试验引线

A.2.2.1 试验引线连接

为确保安全,应遵守 GB 4793 标准规定的测量、控制和实验室用电气设备的安全要求。

试验引线连接到负荷中心控制板或接线盒,连接应确保不会影响所连接装置的正常使用。包括返回门、盖板及检修窗口应在各自的使用位置(例如,关闭以及使用全套螺钉安装等)。如果在监测时检修窗口保持打开状态,则应采取措施限制接近该区域,并将监测设置情况及相关的现场负责人联系方式通知其他人员。

在绝大多数情况下,建议将电能质量测量仪器连接到系统专门设计的测量点或计量点。

试验引线的铺设应远离裸露的导体、尖锐的物体、低频及高频电磁场,以及其他恶劣环境。如有可能,应将引线包扎或系于固定物上,以避免因为疏忽大意造成连线断开。

A.2.2.2 电压试验引线

在连接到探头端(如连接到被监测系统端)的引线上加装保险丝,以提高连接的安全性。仪器制造商应规定保险丝的尺寸,以确保其熔断限值足够低,能够在过载条件下保护试验引线。而且,保险丝的断开容量要和连接点的工频故障电流一致。

电压互感器引线不应因疏忽和已有的线缆缠绕在一起,或插入用于连接单根导线的断路器连接头上,而应使用适宜额定值的引线并进行机械固定。临时性安装采用夹子固定时,应遵循 GB 4793。必须确保夹子的额定值能够承受可能出现的最大电压,且应采用机械方式加以固定。在安装过程中,安装人员应考虑到如果夹子意外脱落(比如在拖拽电缆时)。

有些试验引线带有绝缘插头,多个插头应能互相叠插。在叠插时应注意,必须仔细连接,以避免因疏忽而造成短路。要反复检查引线,确保不发生短路。另外,只能在将引线连接到电能质量仪器、并确保正确连接后,才能将互感器引线连接到被监测回路。

A.2.2.3 电流试验引线

宜注意电流互感器(如果使用的话)的二次侧不能开路,即该电路的二次不应有保险丝,而且到负载的连接应采用机械方式加以紧固。

对于临时性安装的钳式电流传感器及相应的引线,设计应符合 GB 4793.2。

A.2.3 带电部件的防护

在安装或监测时,通常要移开面板。此时,所有带电部件都应进行充分防护,并保持该部位不可接触。如果测量仪器中使用螺旋接线柱,则接线柱应加绝缘帽。所有连接端子要符合技术规格和使用用途。例如,设计只允许接单根导线的螺旋接线柱,不应连接多根导线。

A.2.4 监测仪器的放置

放置电能质量测量仪器的位置应安全,尽量减少由于仪器移动或连接松动造成的危险。如果使用打印机输出故障报告,必须采取合适的预防措施以确保堆积的打印纸不会产生危险。测量仪器不可置于过热、潮湿或多尘的环境中,这会对仪器造成损坏,或者影响数据采集。

测量仪器应置于不会危及该区域工作人员的位置。有时可以采用护栏或栅栏降低该类风险。如有可能,测量仪器应尽量避免放置于人员密集的地点,如在人流量较大的过道中。

另外,电能质量测量仪器也不应置于对安装人员有较大危险的地点。有些地方可能过于狭窄,或者空间受限,无法顺利连接仪器的引线。这时候则应该选择其他地点来放置测量仪器。

有大量的外部环境因素会影响电能质量测量仪性能的发挥。这些环境因素包括温度、湿度、低频和高频电磁场、静电放电以及机械撞击或振动等。

A.2.5 接地

所有的仪器都有可能出现内部故障。如果制造商有明确要求,仪器的电源应有良好的保护接地线。许多安全规定也都要求电压试验引线要带接地线。使用两根或多根接地连线(例如,一根接地连线用于电源,另一根用于试验引线)的仪器,如果各接地点位于仪器不同点,就会构成接地回路。应认真考虑接地回路对测量值和待测系统带来的风险。

另外还需要考虑接地系统不同点之间的高电位差对人员及仪器构成的潜在危险。在很多种情况下,采用隔离变压器为仪器供电电源比较有用。

无论如何,应优先考虑安全问题。

A.2.6 干扰

如果电能质量测量仪器连接到移动电话或其他无线电发射机上,则应注意发射天线应远离易受干扰的装置。这类干扰装置可能包括保护装置、医疗监护仪器及科研仪器等。

A.3 传感器

A.3.1 总则

电能质量测量仪器,尤其是便携式测量仪器,通常为低压输入设备。一些永久性安装的电能质量测量仪通常远离待测点。对这两种情况,均可能需要合适的传感器用于降低电压,将输入电路和系统电压隔离,或者远距离发射信号。为此,需要提供特性合适待测参数的传感器。

在低压系统中,电能质量测量仪器通常直接连接到感兴趣的低压点,但对电流测量通常需要传感器。

在中压和高压系统中,传感器均可用于电压和电流的电能质量测量。

在使用传感器时需要考虑以下两个重要因素:

——信号水平:待测信号的水平不产生畸变或削幅的前提下,接近仪器的满量程输入;

——频率响应和相位响应:该特性对瞬态测量和谐波测量尤其重要。

为避免出现错误测量,应仔细考虑传感器的额定满量程、线性度、频率响应、相位响应和负载特性等。

注:用于保护的电流传感器精度比计量传感器要低。

A.3.2 信号水平

A.3.2.1 电压传感器

最常见的电压传感器是电压互感器。可以考虑采用两类电压互感器。一类用于继电保护电路,一类用于计量电路。第一类即使是在由于不对称短路造成过压时也能提供正确的响应。相比之下,第二类用于保护计量设备不受电网过压的影响。对于后者,出现饱和时,传送的信号就会产生畸变。

当还有其他功能(如计量)的电压互感器用于监测时,应注意额外的负载不会影响其他功能的准确度。

在连接用于继电保护的电压互感器的二次电路时,应格外小心。连接错误可能导致继电器意外跳闸。

注:关于互感器不确定度的详细内容,参见 GB 1207。

A.3.2.2 电流传感器

在电网运行过程中,电流值可从0变化到被监测供电网短路电流的水平。短路电流可能远大于额定电流水平。出现20倍的额定电流值很常见。

最常见的电流传感器是电流互感器。

有些电流互感器带有两个和/或多个铁芯或两个二次绕组:其中一个是大电流[(20~30)倍标称电流],通常用于继电保护;另一个用于标称电流。对所需测量应选择正确的二次绕组。如果选择了错误的二次绕组,在直接连接时可能会由于故障而损坏测量仪器。损坏后可能造成互感器二次绕组开路。而电流互感器二次绕组开路则会导致危险(具有破坏性)的高压。

还有其他一些因素会影响钳式电流传感器的不确定度,如导体穿过传感器窗口的中心位置及角度。

注:关于电流互感器不确定度的详细信息,参见 GB 1208。

瞬态测量可采用分流器或专用于高频响应的电流互感器。

同轴分流器通常用于实验室,其缺点是需要串电流回路中,且分流器的输出信号与电流回路没有电隔离。但另一方面,同轴分流器不存在饱和剩磁问题,这两个因素会影响电流互感器的测量。

带合适阻性负载的电流互感器运行时,输出的电压信号正比于一次电流。通常,通过铁芯窗口的一

次回路包括一匝或多匝线圈绕组。这类电流传感器的主要优点是能够与电流回路电隔离,具有较大的伏安比。另外一个优点是有的(并非全部)电流互感器在安装时不需要将电流回路和负载断开。

有时候也使用一些其他类型的电流传感器,包括光学偏振传感器和霍尔效应传感器等。

A.3.3 传感器的频率响应

A.3.3.1 电压传感器的频率和相位响应

通常,类似变压器电磁转换原理的电压传感器在频率低于 1 kHz 时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 1 kHz,有时又会达到几 kHz。

简单的电容分压器在频率达到几百 kHz 或更高时有较好的频率响应和相位响应;但是,在很多应用中,需要特意增加一个谐振回路,使得电容分压器在测量工频以外的任何频率时频率响应变差。

电阻性分压器在几百 kHz 范围内具有较好的频率响应和相位响应。但是,也可能会带来其他问题,例如,测量仪器的容性负载可能会影响电阻性分压器的频率响应和相位响应。

A.3.3.2 电流传感器的频率和相位响应

由于电流互感器是缠绕型电磁装置,所以其频率响根据不确定度等级、类型(制造商)、匝数比、铁芯材料和铁芯横截面积,以及二次回路负载的不同而变化。

通常,电流传感器的截止频率从 1 kHz 到几 kHz 不等,越接近截止频率,其相位响应越差。

注:具有更高截止频率和更好线性度的新概念电流传感器(光效应及霍尔效应传感器)正在研发中。应认真考虑绝缘配合、噪声问题、满量程性能及安全条件等。

A.3.4 瞬态测量传感器

在选择用于交流电网瞬态信号测量的传感器时,应考虑两个重要问题。一是信号的强弱,在没有对所测信号压缩或限幅的情况下,能够在仪器上满量程显示。二是传感器的频率响应(包括幅值响应和相位响应)应能足以反映所测信号。

——电压传感器(VT)

- 电压传感器大小应能防止感应饱和引起的测量干扰。对于低频瞬态信号,要求传感器饱和曲线的拐点至少是系统标称电压的 200%。
- 标准计量类电压传感器的频率响应取决于其类型和所连接的负载。施加大阻抗负载时,频率响应通常至少在 2 kHz 内满足要求,也有可能稍低。
- 电容式电压互感器通常不提供任何高频分量的准确信息。
- 高频瞬态信号的测量需要一个容性分压器或者纯电阻分压器。对于需要测量高达 1 MHz 的瞬态信号特性,则可使用特殊的容性分压器。

——电流传感器(CT)

- 选择合适的电流传感器更为困难。配电网馈线的电流变化更频繁,而且电流幅值变化也比电压幅值变化大。
- 标准计量类电流传感器通常满足频率高达 2 kHz(相位不确定度在该限值之前有可能变得很明显)。对于更高频率,可使用高匝数比的窗口型电流传感器(环形、分裂铁芯、棒型和钳式)。
- 电流传感器的其他性能包括:高匝数比,例如 2 000 : 5;一次绕组匝数小于 5;剩磁小,如为铁芯饱和度的 10%;铁芯截面积大;二次绕组电阻及漏抗尽可能小。当使用电流传感器测量瞬态信号时,需要考虑两个关键参数,电流时间积($I \cdot t$ 最大值)以及上升时间/下降速度。上升(从 10% 上升到 90%)时间的典型值范围为 2 ns 至 200 ns。下降速度范围为 0.1%/μs~0.5%/ms。

注:在高压系统中,高频和瞬态电压的测量可通过电流传感器和互感器套管(CT 末屏)的容性抽头实现。

A.4 瞬态电压和电流

A.4.1 总则

该条最初用于测量低压系统中出现的瞬态信号,不包括气体绝缘开关(GIS)设备或高压系统中出现的瞬态信号。

在所有交流系统中都有可能出现瞬态信号。习惯上,瞬态信号往往是指“瞬态电压”;而在很多情况下,瞬态电流可能更重要。瞬态电压的检测、归类和特征描述也是颇具挑战性的课题。

A.4.2 术语和定义

A.4.2.1

瞬态 transient

在两相邻稳定状态之间变化的物理量或物理现象,其变化时间小于所关注的时间尺度。

[GB/T 4365—2003,定义 161-02-01]

A.4.2.2

浪涌 surge

沿线路或电路传播的瞬态电压波。其特征是电压快速上升后缓慢下降。

[GB/T 4365—2003,定义 161-08-11]

A.4.3 交流电网瞬态信号的频率及幅值特性

交流电路中的瞬态信号波形、幅值和持续时间均有较大的变化范围。仅凭一组简单的参数难以对此进行描述,但是获得信号的特征后,可将其归类到几种典型波形中,以便试验时使用。图 A.1 所示为一些常用的有代表性的试验波形的频谱。这些信息有助于研究适当滤除数字记录中的模拟信号并对该类事件进行数据处理的算法。

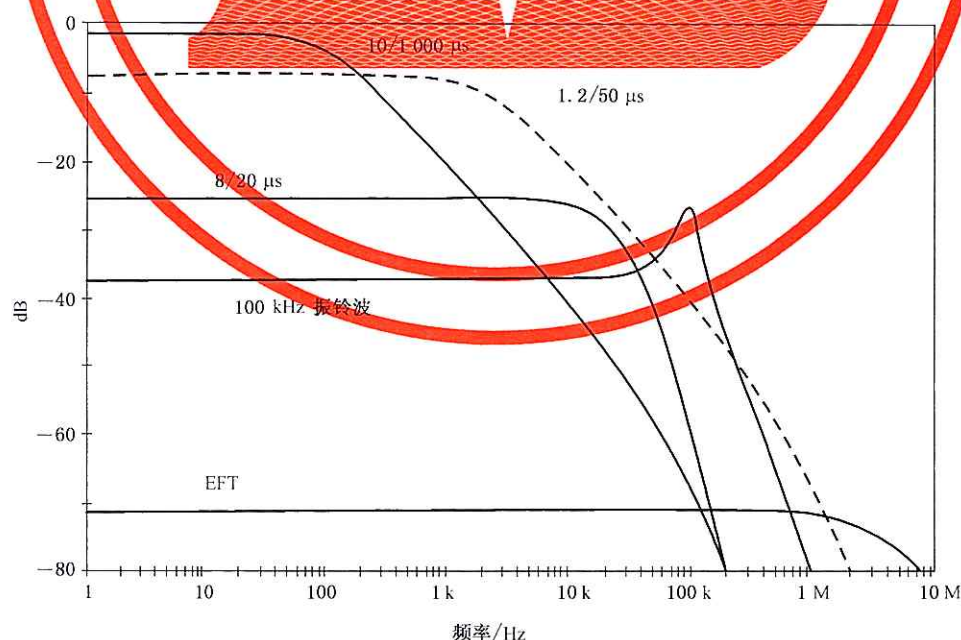


图 A.1 典型代表性瞬态试验波形频谱

电网中常见试验波形的瞬态信号,包括电压和电流,其频率最高达 10 mHz(持续 200 μ s),大幅值信号频率高达 1 mHz(持续 2 ms)。对于交流电源连接的最终使用,常见试验波形的电压幅值最高达 6 kV,电流幅值最高达 5 kA。

因此,采样频率至少应为波形最高频率的两倍;另外,相应的抗混叠滤波器应具有合适的特性。有关瞬态信号测量的更多信息见 A.4.4。

A.4.4 瞬态电压检测

瞬态测量的结果取决于瞬态信号实际特性和用户选择的、以及仪器显示的参数。如果主要考虑的是绝缘的话,则瞬态测量通常是在相-接地间进行。如果主要考虑的是防止仪器损坏,则瞬态测量通常在相间、或在相-中性点间进行。

一些检测方法及应用实例,包括:

- 比较法:如超过固定的绝对阈值,则认为检测到瞬态值,例如,对总电压非常敏感的浪涌保护器 (SPD);
- 包络法:类似于比较法,但是分析之前要去除基波分量,例如,容性耦合的瞬态分析;
- 滑动窗口法:将瞬时值和前一周波对应的值作比较,例如,用于功率因数校正的电容器组的低频开关瞬态;
- dv/dt 法:如果超过了 dv/dt 的固定绝对阈值,将误触发电力电子电路或造成电感线圈呈非线性分布;
- r. m. s. 值:当需要进一步计算时,如 SPD 的能量贮存或电荷转移;采用极快速采样法,以远低于基波周波的时间间隔计算 r. m. s. 值,并用该值和阈值进行比较;
- 其他方法包括频率及幅值测量(离散傅立叶变换或快速傅立叶变换,小波变换等)。

A.4.5 瞬态电压评估

一旦使用上述方法检测到瞬态信号,就可以对其进行分类。分类方法和参数包括:

- 峰值电压和/或电流。注意峰值大小也受测量周期的影响;
- 过冲电压;
- 上升沿的上升速度(dv/dt 或 di/dt);
- 频率参数;
- 持续时间。由于衰减、波形不规则等因素,该参数较难定义;
- 衰减系数;
- 发生频率;
- 有效的或传送的能量及功率;
- 连续瞬态(每周波,如凹点)或者单次瞬态(不可预测)。

所有这些数值型参数均有助于开发一种利用统计术语描述瞬态环境的分类系统。

另一方面,尤其是在排除故障时,使用图形表示的记号可描述多个该类难以量化的参数。

A.4.6 浪涌保护器对瞬态测量的影响

浪涌保护器 (SPD) 为并联型元件,当电压超过阈值时接通。SPD 常用于限制瞬态电压。常见于电源插座的滤波装置中,并常作为敏感电子设备如个人电脑的一部分。

由于电源回路上所有浪涌保护器都是并联的,因此,具有最低限制电压(性能范围内)的浪涌保护器将所有瞬态电压值限制在该浪涌保护器的限制电压范围内,并将流入大部分的瞬态电流。因此,在很多情况下(办公室、实验室、工厂等)测量瞬态电压的作用不大,因为测量到的阈值电压仅仅是众多使用的浪涌保护器中的某一个阈值电压。

由于这个原因,测量瞬态电流通常要比测量瞬态电压更能反映交流系统瞬态变化的严重程度。

A.5 快速电压变化(RVC)

快速电压变化是指在两个相邻稳态条件之间的 r. m. s. 电压发生快速变化。

要测量快速电压变化,需要定义以下各阈值:最小变化率、稳态条件的最小持续时间、两个稳态条件之间的电压最小差值、变化期间电压变化的最大值(电压变化特性)以及稳态条件的稳定程度。

快速电压变化的变化量不应超过电压暂降和/或电压暂升阈值,这样,就不会将快速电压变化归为电压暂降或暂升。

快速电压变化的特征参数是初始稳态值和骤变结束后达到的稳态值之间的差值。

A.6 电流

A.6.1 总则

在确定电能质量事件的起因时,如:确定电压幅值变化、暂降、中断,或者不平衡的起因时,电流测量是电压测量的有效补充。

电流波形还可进一步将记录的事件和特定装置与动作(如电机启动、变压器通电或电容投切等)联系起来。

电压谐波、间谐波和电流谐波、间谐波均可用于描述连接到电网负载的特征。

注:本附录没有考虑测量传感器。

A.6.2 术语和定义

$I_{\text{半周波rms}}$

在每个半周波测量到的 r. m. s. 电流值。

A.6.3 电流幅值

A.6.3.1 测量

制造商或用户应规定满量程的 r. m. s. 电流值,包括最大波峰因数。

注:评估包括谐波、间谐波和脉动控制信号。

——A类

该测量值应为电流的 r. m. s. 值(定义见 3.23),测量时间间隔为 10 个周波。各个 10 周波时间间隔应是连续的,并且不重叠。

——S类

制造商应规定所采用的测量时间间隔。

——B类

同 S 类。

A.6.3.2 测量不确定度

——A类

在 6.1 所规定的影响量条件下,测量不确定度 ΔI 不能超过满量程的 $\pm 0.1\%$ 。

——S类

制造商应在 6.1 所规定的影响量条件下的测量不确定度 ΔI 。在任何情况下,测量不确定度不应超

过满量程的 $\pm 1.0\%$ 。

——B类

制造商应在 6.1 所规定的影响量条件下的测量不确定度 ΔI 在任何情况下,测量不确定度不应超过满量程的 $\pm 2.0\%$ 。

A.6.3.3 测量评估

对于单相系统,只有一个电流 r. m. s. 值。对于三相三线系统,通常有 3 个电流 r. m. s. 值;对于三相四线系统,通常有四个电流 r. m. s. 值。也可选择测量接地导线中的电流。

——A类

应采用 4.4 和 4.5 所述的累积时间间隔,但可能需要使用其他累积技术以平滑波形,如采用 GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 中的数字滤波器。

如果任一 10 周波 r. m. s. 值大于规定的满量程电流值,则该时段内的 10 周波 r. m. s. 电流值应作“标记”。

——S类

制造商和/或用户应规定测量的时间间隔。

——B类

同 S 类。

A.6.4 浪涌电流

A.6.4.1 测量

——A类

当 $I_{\text{半周波rms}}$ 电流超过浪涌电流阈值时,浪涌电流开始,当 $I_{\text{半周波rms}}$ 电流下降到等于或小于涌入电流阈值与用户自定义迟滞电流的差值时,浪涌电流结束。

测量值应为 $I_{\text{半周波rms}}$ 值。各半周波时间间隔应连续而且没有重叠。

注 1: 浪涌阈值由用户自行设置。通常,浪涌阈值应大于标称电流值的 120%。

注 2: 为充分了解浪涌现象,建议用户所有与浪涌电流相关的电流和电压进行标记(见 B.7.2)。

——S类

测量值应为制造商规定的短时间间隔内的 r. m. s. 电流值。

——B类

同 S 类。

A.6.4.2 测量评估

——A类

浪涌电流还可以进一步表征为:

- 浪涌电流从开始到结束的持续时间;
- 浪涌电流测量值 $I_{\text{半周波rms}}$ 的最大值;
- 在浪涌电流持续期间实测 $I_{\text{半周波rms}}$ 的方均根。

——S类

不作要求。

——B类

同 S 类。

A.6.4.3 测量不确定度

——A类

在 6.1 所述的影响量范围内,测量不确定度应不超过读数的 $\pm 0.5\%$ 。持续时间不确定度为半个周波。

——S 类

制造商应规定:

- 在 6.1 所述规定影响量条件下的不确定度;
- 电流范围。

——B 类

同 S 类。

在所有情况下,测量不确定度应不超过读数的 $\pm 5.0\%$ 。

A.6.5 谐波电流

——A 类

GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 规定了本部分所用电流谐波的基本测量方法。使用该标准可确定 10 周波无缝谐波子群测量值,记作 $I_{sg,h}$ 。

应使用 4.4 和 4.5 中所述的累积时间间隔。

在该时间间隔内,如果出现了电压暂降或暂升(见 5.4)或电压中断(见 5.5),则应对该 10 周波的电流谐波测量值作“标记”。

——S 类

制造商应规定测量和累积方法。

——B 类

同 S 类。

A.6.6 间谐波电流

——A 类

GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 规定了本部分所用电流间谐波的基本测量方法。使用该标准可确定 10 周波无缝隙间谐波子群测量值,记作 $I_{isg,h}$ 。

应使用 4.4 和 4.5 中所述的累积时间间隔。

在该时间间隔内,如果出现了电压暂降或电压暂升(见 5.4)或电压中断(见 5.5),则应对该 10 周波的间谐波电流测量值作“标记”。

——S 类

制造商应规定测量和累积方法。

——B 类

同 S 类。

A.7 电压暂降特性

A.7.1 总则

电压暂降是一种公认的常见电能质量事件。

本部分用两个特征参数描述电压暂降,即深度(或残余电压)和持续时间。这两个参数需每半周波更新全周波 r. m. s. 值。

不过,电压暂降通常很少是矩形,即,暂降过程中 U_{rms} 会不断变化,这限制了用深度和持续时间参数表征暂降特征的意义。例如,因电机启动或变压器受电导致电压暂降,在电压暂降和正常运行之间的平滑过渡。

总之,使用电压暂降过程中存储的波形能够提供最大的信息量。但使用特征参数可以减少数据量,并能对事件进行描述和归类。

如在某线路部分故障,自动重合闸失败,可能会发生多次暂降。大约在同一时间内发生的事件可能会被统计为一次事件。

根据测量目的,除深度和持续时间之外,也可考虑采用其他特征参数。

A.7.2 快速更新 r. m. s. 值

在电压暂降过程中,全周波 r. m. s. 值计算更新的频率快于半周波一次(如本部分的规范部分所述)可能十分有用。例如在每个周波对周波 r. m. s. 值进行 128 次更新。该方法采用设置简单阈值即可更精确地标记电压暂降的起始点和结束点。其缺点是增加了数据量 and 处理过程,并引入了可能引起误解的滑动滤波器。

方均根电压能够正确反映电阻性负载的可用功率。但是,电子负载对方均根电压不敏感。相反,电子负载通常对波形接近峰值的电压敏感,而对波形的其他部分不敏感。采用均方根电压之外的方法评估电压暂降对电子负载的影响时可能更有用。

A.7.3 相位角/波形起始角度

在有些应用中,例如机电式接触器触点分离时,电压暂降起始点的相位角是一个非常重要的参数,该参数有时称为波形起始角度。

该相位角可通过采集暂降前和暂降过程中的波形来确定,采集到波形后,找出波形何时偏离理想值,例如,偏离 10%,然后返回沿着波形,采用更小的阈值,如下降 5%,找到暂降的起始点。寻找电压暂降准确起始点的算法具有很高的灵敏度,并且不会触发任何微小的非暂降变化。

也可使用类似的算法确定暂降结束点。该方法除了可提供相位角信息外,还可更为精确地计算暂降的持续时间,其精度远高于 1 周波算法。

此外,使用更先进的信号处理技术可以更精确地检测到电压暂降的起始点。

A.7.4 电压暂降不平衡

即使是很短暂的不平衡,也能损坏三相整流负载,或引起过电流装置跳闸。三相暂降常不平衡。采用 A.7.2 所述的快速更新 r. m. s. 值,在暂降过程中计算三相不平衡度是十分有用的。暂降过程中不平衡度通常会有变化,因此,不平衡度可用图形表示,或采用暂降期间的最大不平衡度表示。

在不平衡暂降过程中,单独分析基波的零序、负序和正序可能更有用。该方法还能提供暂降在电网中传播的信息,也有助于理解不同相同时出现的暂降和暂升。

A.7.5 电压暂降中的相移

在有些应用中,如三相整流器,电压暂降的相移可能非常重要。该相移可通过对暂降开始前的一个周波和暂降开始后的一个周波分别作 DFT 来测量得到。如果在暂降的整个过程中使用该方法,则可以计算出暂降过程中的最大相移。暂降结束时的相移也可能有用。在有些应用中,如锁相环的稳定性中,使用该值有助于计算暂降过程中相位角的最大变化率($d\theta/dt$)。

通过计算不平衡电压暂降过程中的零序、负序和正序分量的幅值和相角,可将暂降和不平衡度计算结合同时进行。

A.7.6 电压缺损

电压暂降的特性可通过计算得到,根据暂降前波形的幅值、相位和频率,从一个理想波形中减去暂降波形即可得到。该特性可用于分析暂降(例如电压恢复装置)的影响。

A.7.7 电压暂降过程的畸变

暂降过程中的电压经常会畸变,而畸变对于理解暂降对电子装置的影响可能很重要。可以考虑用传统方法如 THD 描述这种畸变,但是 THD 将畸变和基波比较,而基波在暂降过程中变化很快。因此,用暂降过程中非基波分量的 r. m. s. 值评估畸变更有效。

暂降过程中或在暂降后存在偶次谐波可能意味着变压器饱和。

A.7.8 其他特性及参考

这里并没有包括所有的电压暂降特性。没有提到的其他特性可能会有助于分析电压暂降对于各类负载、控制装置和校正装置的影响。更多信息及实例建议参见 IEC 61000-2-8 和 IEEE 1159。



附录 B
(资料性附录)
电能质量测量——应用指南

B.1 电能质量测量的合同应用**B.1.1 总则**

本章提供电能质量(PQ)测量合同指导。重点介绍相关各方应考虑的各种因素。

注：所讨论的电压质量参数如下所述。

推荐在签订 PQ 合同前查阅 B.1.2, 在进行 PQ 测量之前查阅 B.1.3, 以确保与合同中的条款相符合。

B.1.2 基本考虑

合同中规定的条款由一方提出并需要另一方接受。签订 PQ 合同首先应考虑 PQ 标准或规范。应考虑相关标准的规划值或指导值, 如 IEC 61000-2-2、GB/T 18039.4、IEC 61000-2-12, 以及 IEC/TR 61000-3-6 和 IEC/TR 61000-3-7 的一部分。

为确保测量结果能代表系统正常运行条件下的值, 在供电网遭受以下严重干扰时, PQ 测量数据可能不完全准确, 但可以作为参考:

- 异常天气条件;
- 第三方干扰;
- 政府当局行动;
- 产业行动;
- 不可抗力;
- 由外部事件造成的电能短缺。

合同中应规定, 在评估结果时是否分析被标记的数据(见 4.7)。如果剔除被标记的数据, 则每个参数的测量结果通常是彼此独立的; 而且也很容易将各个参数直接与合同规定值进行比较。如果包括被标记的数据, 则测量结果通常可直接反应敏感负荷的电能质量效应, 但将测量结果与合同规定值进行比较将非常困难, 甚至无法进行比较。

注: 标记过的数据意味着有干扰影响到测量结果; 而且一个干扰可能会影响多个参数。

如果 PQ 测量为了验证供电质量是否符合合同条款, 且没有永久性监测系统可利用, 则由认为有必要的一方安排测量。当然, 也可以由合同具体规定由哪一方负责。这可能需要咨询第三方。

合同应规定相关方如何承担测量费用。也可由测量结果决定。

合同应规定合同的有效期、测量的时间间隔、待测的 PQ 参数以及测量仪器的电气位置。见 B.1.3 中关于测量时间间隔及电能质量参数的实例。

测量装置接线方式(即相—中性线或相—相)的选择应与供电连接类型一致, 或者经相关各方同意。该项应在合同中明确说明。

合同条款应规定使用的测量方法及本部分规范部分所述的不确定度。

如果合同一方未能履行合同条款, 应明确补偿方式。

合同应包括对测量结果解释出现争议的解决方法规定。

合同应规定数据获取及保密方面的内容, 例如, PQ 测量方不能同时是不必对数据进行分析, 并评估合同履行情况方。

B.1.3 特殊考虑

B.1.3.1 总则

电能质量(PQ)评估是将 PQ 参数测量值与合同限值(合同值)作比较。这些合同限值不属本部分的讨论范围。

在合同中,每个 PQ 参数的描述应包括:合同值、考虑的时间间隔、以及评估时间间隔的长短,还应包括“标记”测量值的专门程序。

很多 PQ 参数(电压、谐波、闪烁)在工作日和周末之间会有变化。因此,评估周期至少应为一周(或数周)。

B.1.3.2 电网频率

测量时间段:最小评估周期为 1 周。

评估技术:考虑 10 s 内的值。建议采用以下技术,而经各方同意也可采用其他评估技术。

- 在测量时间段内,统计超出合同值上限或下限值的数量或百分比;
- 将最坏情况下的值与合同值进行比较的上限值和/或下限值(该情况下测量时间间隔可以不同);
- 可将每周测量的以 Hz 表示的一个或多个 95%(或其他百分比)概率值与合同上限值和/或下限值进行比较;
- 统计连续超过合同上限值和/或下限值的个数;
- 将偏离标称频率的值在测量时间段内求和,然后与合同值进行比较。

B.1.3.3 供电电压幅值

测量时间间隔:最小评估周期为 1 周。

评估技术:考虑 10 min 内的值。建议采用以下技术,而经各方同意也可采用其他评估技术。

- 在测量时间段内,统计超出合同上限值或下限值的数量或百分比;
- 比较最坏情况下的值与合同上限值或下限值(该情况下测量的时间间隔可以不同);
- 可将每周测量的以 V 表示的一个或多个 95%(或其他百分比)概率值与合同上限值和/或下限值进行比较;
- 统计连续超过合同上限值和/或下限值的个数。

B.1.3.4 闪烁

测量时间段:最小评估周期为 1 周。

评估技术:可以考虑 10 min 内的 P_{st} 值和/或 2 h 内的 P_{1h} 值。建议采用以下技术评估,而经各方同意也可采用其他评估技术。

- 在测量时间间隔内,统计超出合同值的个数或百分比;
- 将每周测量的 99%(或其他百分比)概率的 P_{st} 值,或 95%(或其他百分比)概率的 P_{1h} 值与合同值进行比较。

B.1.3.5 电压暂降/暂升

测量时间段:最小评估周期为 1 年。

评估技术:合同各方应在设定输入电压 U_{din} 上取得一致。

注:对于低压用户,设定输入电压通常等于供电系统的标称电压。而对于中压或高压的用户,设定输入电压则可能与标称电压不同。

合同各方应对以下条款达成一致:

- 暂降和暂升的检测阈值;
- 时间累积技术;
- 地点累积技术(如果测量多个地点);
- 报告技术,如残余电压/持续时表;
- 任何其他可能相关的评估技术。

B.1.3.6 电压中断

测量时间段:最小评估周期为1年。

评估技术:各方协商确定区分短时、长时电压中断的持续期。应考虑在测量时间间隔内电压中断的次数,以及电压长时中断的总持续时间。也可使用其他各方同意的评估技术。

对于客户得到提前通知的中断(例如至少提前24 h)须与没有得到提前通知的中断分开统计。

B.1.3.7 供电电压不平衡

测量时间段:最小评估周期为1周。

评估技术:考虑10 min和/或2 h内的值。建议采用以下技术,而经各方同意也可采用其他评估技术。

- 在测量时间段内,统计超出合同上限值或下限值的数量或百分比;
- 将最坏情况下的与合同值进行比较(这种情况下测量的时间间隔可能不同,如1年);
- 将每周测量的以百分比表示的一个或多个95%概率值(或其他百分比)与合同值进行比较。

B.1.3.8 谐波电压

测量时间间隔:10 min内的值最小评估周期为1周,每日评估150周波时段,评估周期至少持续1周。

评估技术:考虑150周波时间段和/或10 min的值。可为各次谐波、谐波范围或其他谐波群规定相应的合同值,例如,根据合同各方协商,对偶次谐波和奇次谐波采用不同的合同值。建议采用以下技术,而经各方同意也可采用其他评估技术。

- 在测量时间段内,统计超出合同值的数量或百分比;
- 将最坏情况下的值与合同值进行比较(这种情况下测量的时间间隔可能不同,例如1年);
- 将以百分比表示的每周测量的一个或多个95%(或其他百分比)概率的10 min值,和/或每日测量的95%(或其他百分比)概率的150周波时间间隔值与合同值进行比较。

B.1.3.9 间谐波电压

测量时间间隔:10 min内的值最小评估周期为1周,每日评估150周波内的值至少持续1周。

评估技术:考虑150周波时间间隔或10 min的值。根据合同各方协商,可为某间谐波范围或其他间谐波集规定相应的合同值。建议采用以下技术,而经各方同意也可采用其他评估技术。

- 在测量时间段内,统计超出合同值的数量或百分比;
- 将最坏情况下的值与合同值进行比较(这种情况下测量的时间间隔可能不同,比如1年);
- 将以百分比表示的每周测量的一个或多个95%(或其他百分比)概率的10 min值,和/或每日测量的95%(或其他百分比)概率的150周波时间间隔值与合同值进行比较。

B.1.3.10 供电电压上的载波信号电压

测量时间段:最小评估周期为1周。

评估技术:对所有值建议采用以下技术,而经各方同意也可采用其他评估技术。

- 在测量时间间隔内,统计超出合同值的数量或百分比;
- 将最坏情况下的值与合同值进行比较(这种情况下测量的时间间隔可能会不同)。

B.2 统计调查的应用

B.2.1 总则

以下是有关电能质量统计调查(包括长期监测)的设计和实施指导原则:

- a) 满足客户需求,此类调查的目的是提供电能质量参数信息供客户参考,并与正式发布的电能质量指标体系进行比较。该指标体系与正式发布的标准有关,或与预定的由特定安装的设备规定的要求有关(例如,合同或设备规范)。
- b) 满足电网运行需求,评估当前电网的畸变/干扰等级(例如,接入新负荷时所要求的评估)。

由于历史原因,各个国家的电网设计及营运方式有所不同,对不同国家电能质量调查工作进行规范极为复杂,并易于产生误解。

该条解释电能质量统计的目的,并提供一些指导原则。

首先,采用这些技术是为了对大量的测量数据进行压缩。

其次,计算包括在某特定点或整个电网上的电能质量基准指标,这是为了:

- 验证是否与合同约定一致(见 B.1);
- 监测较长时间段内电网的性能变化;
- 在同一时间段内比较不同的电网。

B.2.2 考虑因素

统计分析的对象应是同类数据:同样的测量时间间隔,同样的测量数据,同一电网等。

应对测量值进行分类的基础上作统计计算。

用户可为每一个参数规定一个变化“正常范围”,并决定是否包括标记数据(见 4.7),因为根据定义该标记数据可能是无关的。

然后将变化的正常范围分为宽度相等的若干类。类别的数量决定了置信区间——100 类可能就足够。在正常变化范围内,一个测量周期如,1 日,1 周,1 年等。各类别应是连续的,并按从最低类到最高类排序。

统计各类测量值的数量。这些统计数值可用于确定累积曲线,反之该曲线可用于确定百分位数值。

使用具有置信度的统计公式(如 95%)来确定置信区间。如果统计值的数量较少,则应注意置信区间。

B.2.3 电能质量指标

B.2.3.1 表征电网的某一点

根据相关现象,可用两类电能质量指标来表征描述单个测量点的特征:

- 统计指标如某时间段内的百分位数、最大值或平均值(谐波参见 IEC 61000-3-6,闪烁参见 IEC 61000-3-7,或不平衡参见 IEC 61000-3-13);
- 事件统计及列表。

各参数的电能质量指标实例见 B.1.3。

B.2.3.2 表征全电网

整个电网是通过对电网或客户类型进行分类的单个点的集合。可能需要采用加权法才能得出整体

结果。加权法既可用于统计指标,也可用于事件。

B.2.4 监测目标

电能质量监测对于表征电力线路某特定点的电磁现象特征很有必要。

目标可能很简单,如验证某馈线的电压调节稳定性;也可能很复杂,如分析配电网的谐波电流。

一般而言,实施电能质量监测包括以下三方面的原因:

- a) 排除故障:诊断电源和现有连接设备间的不兼容性。
- b) 电能质量评估:评估某特定点的电气环境,以完善建模技术或建立电能质量基准。
- c) 规划新设备接入:预测计划接入设备或改善电能质量装置的性能。不管何种情况,任何监测方案最重要的任务是清楚界定被监测目标。

确定监测目标的程序取决于实施监测的目的。由此可确定需要测量的参数,监测持续的时间,以及对参数进行评估的阈值等。

B.2.5 电能质量调查的经济因素

影响一次测量的成本及总费用的因素可能很多。这些因素包括:

- 测量设备;
- 传感器;
- 安装,包括连接通道;
- 人力;
- 通信;
- 数据管理(数据库等);
- 数据处理和分析;
- 调查持续时间。

在以上因素中,测量设备费用往往不是最多的。在变电站及输电线路应用中,安装及人力成本通常要远超过测量设备。如果考虑长期测量,则通信和数据分析费用是主要的。因此,较为明智的做法是,选择易于安装并有多种通信方式的仪器,且仪器提供的数据格式能够简化分析工作(例如,采用标准格式的数据)。

测量费用与持续时间密切相关。例如与 EN 50160 等标准相关的测量。从该方面而言,首先要符合国家标准中关于调查持续时间的要求,如果国家标准中没有关于持续时间的强制要求,再考虑测量的内容。测量的持续时间应根据实际情况进行调整,在全面获取评估所需信息的同时,尽量缩短调查持续的时间。影响测量活动持续时间选择的因素包括:

- 客户类型(例如住宅、商业、工业);
- 监测原因(参见上述内容);
- 负荷变化,以及预计负荷变化的时间段。

在安装长期电能质量监测系统之前,通常先做一个商业企划。典型的商业企划包括直接的和间接的效益。直接效益包括:

- 在完全失效之前通过特征分析判断故障设备(例如,抽头转换开关、电容器组及其开关、变压器);
- 缩短系统恢复时间(例如故障探测);
- 合同履约;
- 新设备的接入要求。

间接效益包括:

- 确认问题来源,帮助改善可靠性指标;

——获取客户反馈,帮助改善与客户的关系。

还可以使用其他非电能质量测量专用设备采集的信息,来提高系统中电能质量测量的经济性。通过这种方式共享资源,测量成本可由自动重合闸、电容器开关控制等设备的原值所分担。

B.3 调查地点与类型

B.3.1 监测地点

电能质量监测器的安装地点选择取决于调查的目标。如果监测目标是诊断设备性能问题,则安装地点应该尽可能接近负载。适用于灵敏电子负荷如计算机及调速驱动等带来的性能问题,以及配电设备如断路器和电容器带来的性能问题。在监测到电压波动后,为确定扰动源,可将监测器沿线路移向源端。

在不违反技术、规章或法规的情况下,也可以根据经济性和便捷性来选择监测点。例如,监测低压点比监测高压点的成本低。在变电站测量通常比在馈线或电杆测量花费要少。

为使监测符合服务合同的要求,监测地点应事先得到合同各方的同意。通常这个点被定义为客户和系统之间的公共连接点(PCC)。PCC点定义为公用电网和特定负荷之间电气距离最近的点,而且该点也接入或可接入其他负荷。

B.3.2 监测前的地点调查

在进行测量之前,建议收集系统环境的信息,有助于设备的放置、运行和分析。所有调查包括如下内容:

- 电气系统数据(系统接线图、变压器规格、变压器连接组别、短路容量、电容器组大小及地点、线路参数、负荷参数、接地等);
- 电气系统结构随时间的变化情况(如:功率因数补偿电容器的状态、负荷、运行/退出的变压器等);
- 已知的干扰负载、额定和运行工况。

B.3.3 客户端地点调查

对于客户端安装的调查,除了上述信息外,还需要收集任何与遇到问题有关的信息。例如,敏感设备的本性与特性,任何与性能下降同时发生事件的时间标记。应检查此类事件,确认此事件是与设备还是与电网的操作同时发生。

B.3.4 电网侧调查

供电网调查需要收集电网特定信息,包括:

- 电网保护设备及设置
 - 设置值是否在调查过程中由于各种原因被改动,例如,改动会影响对电压暂降的统计;
 - 可以根据调查结果评估对保护设置的改变;
- 可能影响测量的脉动控制(或其他相关的通过电力线载波的遥控)的存在及特性;
- 负荷特性(例如工业、商业、民用或综合负荷);
- 关于电压/无功控制—调整的电网运行协议。

B.4 连接及待测量

B.4.1 设备连接选项

需要做出多项与测量设备连接有关的决定,包括:

- 单相或三相测量；
- 线-线连接或线-中性点连接或线-接地连接；
- 变压器附近的高压侧测量或低压侧测量。

这些决定很大程度上受调查原因的制约。有时不论进行何种调查,连接受某特定标准的制约。无论如何,连接应和需求一致,或与受影响设备的连接一致,并考虑变压器的连接问题。

一般原则是,在测量稳态现象如谐波和闪烁时,常用单相测量而不是三相测量。这可能是由于这些现象通常是三相平衡的。这一点可通过进行一次临时三相测量进行检验。如果监测的主要原因是为了发现电压暂降和暂升,则有必要监测为受影响设备供电的所有各相。

如果使用三相连接进行一般测量,和/或监测点以下有多级电压变换,则推荐在接地系统中测量设备接线-中性点,因为线-线测量值既可通过仪器获得,也可离线导出。

否则,在选择监测仪器连接方式时,应考虑可能受影响设备的连接方式及各级电压变换方式。

B.4.2 待测量的优先次序

待测量通常由监测目标、相关适用标准及其他因素确定。对于一般的调查,为节省存储空间,有必要确定监测量的优先顺序。例如:

- a) 电能参数(V 、 I 、 P 、 Q 、 S 、 DPF 、 TPF 等);
- b) 电压暂降/暂升;
- c) 谐波电压;
- d) 谐波电流;
- e) 三相不平衡;
- f) 瞬态(例如,电容器投切—低频);
- g) 闪烁;
- h) 间谐波电压和电流;
- i) 电网载波信号。

注: DPF 为畸变功率因数,表示为基波电压、电流之间相角的余弦值。 TPF 是真实功率因数,用有功与视在功率之比表示。

该顺序是一个示例,实际使用的优先顺序由总目标和某次具体测量的目标确定。

一旦确定了优先顺序并在基础上选择了仪器,建议尽可能利用该仪器能提供的信息。一般在测量后丢弃一些数据,而不是分析数据得到某个以后可能需要的量,而该量在当时无法直接测量。通常,影响做出是否丢弃数据取决于仪器的存储容量及通信时间/成本。

B.4.3 电流监测

一般而言,客户应为设备从系统汲取的或者注入系统的电流负责,而供电方负责供电电压。这一点可以作为确定何时测量电流的依据。

测量电流对发射评估很重要。对兼容性试验,测量谐波电流的幅值通常足够了。对其他类型的试验,如在研究规划中的新装置产生的谐波电流加上已存在的谐波电流是否可以接受时,了解谐波电流相位角很重要。而且,谐波电流和谐波电压间的相位角还有助于发现可能存在的谐波畸变电流源。精确测量相位角需要合适的仪器,包括电压、电流传感器,而且随着谐波次数的增大,测量难度也越来越大。

在确定电能质量事件的源头或起因时,测量电流极为重要,因为测量值有助于确定事件的起因是在测量仪器的上端还是下端。在确定电压暂降起因时尤其如此。

B.5 选择监测阈值及监测周期

B.5.1 监测阈值

监测阈值由电能质量指标与测量结果进行比较或由负载要求确定。而且,同样要考虑电能质量调

查的目的。

应考虑到用于捕获干扰所需的阈值和用于事件描述、统计及分析的阈值之间的不同之处。

一般建议设置一个尽可能严格但合理实用的阈值(同时避免连续触发阈值)。宽松的阈值可以有效实现数据捕获,但是由于宽松阈值而丢失的数据不会被再次捕获。

在电网的无调节部分测量时,可采用滑模参考阈值。例如,如果带有负载抽头变换器或电压调节电容器组的配电馈线,则其监测器可采用固定阈值。输电系统或电网中其他不能直接根据电压进行调节的部分则应采用滑模参考阈值的方法。

B.5.2 监测周期

监测周期应由电能质量调查的目的确定。例如,如果调查结果用于和电能质量指标做比较,则这些指标的监测周期会有相应的指导说明。

通常比较不同时间的电能质量测量值比较有用,例如,用某一年的测量值和前一年的测量值进行比较。如果这类比较有用,则监测周期应比较固定。

有些标准中会规定最短的测量周期。总之,事件测量(如电压暂降和暂升)通常需要较长的测量周期,因为只有捕获足够多的事件才能提供有意义的统计值(月)。很少出现的事件如电压中断可能需要更长的测量周期;相比之下,谐波测量及其他稳态测量,仅需相对较短的时间周期就可获得足够有用的信息(但至少需要一周)。

对于兼容性监测,监测周期应在相关的标准中已有规定。出于实际原因,可能需要对标准进行解释——例如“需要对与 EN 50160 标准要求的兼容性进行每年一次测量吗?是否需要连续测量?”

B.6 测量数据的统计分析

B.6.1 总则

对所测数据应选择适当的统计分析方法。根据电能质量参数及测量目的的不同,选择的统计方法也可能不同。不过统计方法可粗略分为以下两类:

- 统计超过某些阈值的事件产生次数的方法;
- 将大量准稳态测量值归入单个数或几个数的方法。

对于后一种方法,可能选择各种不同的数据作为结论值:最大值、99%值、95%值、平均值、最小值等。参考各种数据表明,选择 95% 概率值较为有用。

B.6.2 指标

测量之前,有必要了解用于和测量结果作比较的指标。该信息将有助于确定测量持续时间、触发阈值以及对结果的统计分析。如果没有公认的标准可用,则需要专门为每次测量规定一组指标。

世界上已有各种专业组织对电能质量指标方面的问题进行了大量的研究,其中一些比较知名的指标已经列于参考文献中。

B.7 故障排除应用

B.7.1 总则

排除与电能质量相关的故障通常是为解决运行中出现的事故或问题。因此,通常希望能尽快产生结果,而不是给出数据值或合同值。不过尽管需要快速诊断,但也不能因此而得到不成熟或没有根据的结论。

通常,原始未累积的样本对故障排除最有有用,因为该类样本可进行所需任何类型的后续处理,例如,特征值、小波变换等。不过应尽量减少排除故障所需存储及审核的数据量,仪器记录和保存某一事件(如:电压暂降、瞬态电压)发生之前、之中及之后的数据。

B.7.2 电能质量特征

用图形表示电能质量事件特征,通常还带有简明的数字特征值表格。

最常见的形式是电压、电流波形的时域图。其他形式如谐波的直方图、累积概率分布等可能也有用。特征图形时间刻度范围在 $100\ \mu\text{s}$ 到 30 日之间。根据事件特性值及持续时间,由仪器确定能够表征电能质量事件的最佳时间刻度。

通常认为,有用的特征可表示电能质量事件(预触发系统)发生之前、之中及之后的信号。典型地说,图形的四分之一用于表示事件发生前的信号。

这些电能质量特征有助于整个电网包括客户装置在内的故障排除。通常,这些特征用于识别并定位电能质量事件的源头,并选择适当的解决方法。

专业人员可能利用特征,如电压暂降的特征,来确定起因是位于监测点下游的大型电机启动,并选择适当的解决方法。尽管该例子涉及的是电压暂降,但实际上大量的参考文献中提供了数百种不同电能质量事件的典型特征:功率因数补偿电容器的投切、雷击、设备故障及客户故障、连线松动、触点通断、无线电传输干扰,与电机共电路的电子负载等。

尽管许多专家仅通过电压特征就可识别常见的电能质量事件,但同时利用电流特征将极大提高电能质量事件报告的范围及精度。而且,电流特征还可辅助判断干扰源的方向。

附 录 C
(资料性附录)
仪 器 指 南

C.1 总则

本部分为 EMC 基础标准。关于仪器性能、性能验证方法、额外的影响量及其他类似信息的详细说明资料一般可从产品标准中获得。

然而,目前还没有该类产品标准,因此认为本部分的用户希望能利用该基本部分设计、指定、试验或选择电能质量测量仪。本附录提供有关这方面的提示性指导。

在全套产品标准颁布后,后续版本将删除本附录。

C.2 要求概述

表 C.1 提供了 A 类和 S 类设备总要求信息。如果表 C.1 中的内容与本部分中的规范条款不一致,以本部分规范条款为准。

表 C.1 要求一览表

章节及参数	类别	测量方法	不确定度	测量范围	影响量范围 ^a	累积方法
5.1 频率	A	见 5.1.1	$\pm 10 \text{ mHz}$	42.5 Hz~ 57.5 Hz	42.5 Hz~ 57.5 Hz	N/R
	S	见 5.1.1	$\pm 50 \text{ mHz}$	42.5 Hz~ 57.5 Hz	42.5 Hz~ 57.5 Hz	N/R
5.2 供电电压 的幅值	A	见 5.2.1	$\pm 0.1\%U_{\text{din}}$	10%~ 150% U_{din}	10%~ 200% U_{din}	见 4.4 和 4.5
	S	见 5.2.1	$\pm 0.5\%U_{\text{din}}$	20%~ 120% U_{din}	10%~ 150% U_{din}	见 4.4 和 4.5
5.3 闪烁	A	IEC 61000-4-15	IEC 61000-4-15	0.2~10.0 P_{st}	0~20 P_{st}	IEC 61000-4-15
	S	IEC 61000-4-15	见 5.3.2	0.4~4.0 P_{st}	0~10 P_{st}	IEC 61000-4-15
5.4 暂降和暂升	A	$U_{\text{rms}(1/2)}$	幅值: $\pm 0.2\%U_{\text{din}}$; 持续时间: ± 1 周波	N/A	N/A	N/R
	S	见 5.4.1	幅值: $\pm 1\%U_{\text{din}}$; 持续时间: ± 1 周波或 ± 2 周波	N/A	N/A	N/R
5.5 中断	A	$U_{\text{rms}(1/2)}$	持续时间: ± 1 周波	N/A	N/A	N/R
	S	见 5.5.1	持续时间: ± 1 周波或 ± 2 周波	N/A	N/A	N/R

表 C.1 (续)

章节及参数	类别	测量方法	不确定度	测量范围 ^a	影响量范围 ^b	累积方法
5.7 不平衡	A	对称分量 U_2 和 U_0	$\pm 0.15\%$	$0.5\% \sim 5\% u_2$; $0.5\% \sim 5\% u_0$	$0\% \sim 5\% u_2$; $0\% \sim 5\% u_0$	见 4.4 和 4.5
	S	对称分量 U_2 和 可选的 U_0	$\pm 0.3\%$	$1\% \sim 5\% u_2$ $1\% \sim 5\% u_0$ (若 用到)	$0\% \sim 5\% u_2$ $0\% \sim 5\% u_0$ (若 用到)	见 4.4 和 4.5
5.8 电压谐波	A	见 5.8.1	GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 中 I 类	GB/T 18039.4 中第 3 类的 $10\% \sim 200\%$	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%	见 4.4 和 4.5
	S	见 5.8.1	GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 中 II 类的 200%	GB/T 18039.4 中第 3 类的 $10\% \sim 100\%$	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%	见 4.4 和 4.5
5.9 电压间谐波	A	见 5.9.1	GB/T 17626.7—2008 及 IEC 61000-4-7 修订 1:2008 中 I 类	GB/T 18039.4 中第 3 类的 $10\% \sim 200\%$	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%	见 4.4 和 4.5
	S	SBM	SBM	SBM	GB/T 18039.4 中第 3 类的 200%	见 4.4 和 4.5
5.10 电网载波信 号电压	A	见 5.10.1	见 5.10.2	$0\% \sim 15\% U_{\text{din}}$	$0\% \sim 15\% U_{\text{din}}$	N/R
	S	SBM	SBM	SBM	$0\% \sim 15\% U_{\text{din}}$	N/R
5.12 负偏离/ 正偏离	A	见 5.12.1	见 5.12.2	见 5.12.2	N/A	见 4.4 和 4.5
	S	N/R	N/R	N/R	N/A	N/R
瞬态电压 GB/T 17627	A	N/R	N/R	N/R	6 kV 峰值 ^c	N/A
	S	N/R	N/R	N/R	N/R	N/A
快速瞬态 GB/T 17626.4	A	N/R	N/R	N/R	4 kV 峰值 ^c	N/A
	S	N/R	N/R	N/R	N/R	N/A
SBM——由制造商规定;N/R——不作要求;N/A——不适用。						
注:表中没有包括 B 类方法,因为在新设计中不推荐使用 B 类方法。提示读者,B 类方法将会在本部分的后续版本中删除。						
^a 仪器应满足信号测量范围内的不确定度要求。 ^b 所用仪器应能适应影响量范围内的信号,并且不会影响其他参数测量结果超出对应的不确定度要求,也不会造成仪器损坏。仪器能显示超出测量范围(直至超出影响量范围)的信号(不包括瞬态和快速瞬态信号)是否过载。 ^c 对于瞬态电压和快速瞬态电压,在瞬态之后应对测量没有影响。瞬态信号作用于测量终端,而不是作用于仪器的电源端。						

C.3 试验指南

本部分的电能质量参数可分为两类：非触发型和触发型参数。例如，非触发参数包括供电电压幅值、频率、谐波、闪烁、不平衡度及相关参数。触发参数包括暂降、暂升及中断等。

第6章中提供的稳态试验足以验证非触发参数的不确定度、性能和影响量响应。然而，第6章中的稳态试验不能完全验证所有参数都得到正确的测量。

无论是触发参数还是非触发参数，根据第5章，均可利用非稳态波形进行验证。

例如，为验证仪器是否按5.4规定的方法测量电压暂降，可用第1个非稳态波形验证采用真实方均根值测量电压暂降；用第2个非稳态波形验证在每个周波都计算了方均根值；用第3个非稳态波形验证每半个周波更新一次方均根值；用第4个非稳态波形验证该半周波对各个通道是各自独立并同步的；用第5个非稳态信号验证多相系统中暂降的深度和持续时间报告的正确性。

上一段示例仅作为指南的说明。对所有参数的验证可能需要数百个非稳态波形进行试验（或者，在某些情况下，参数测量的方法可能需要使用详细的固件校验进行验证）。

本部分没有列出对测量方法进行完整验证的所有测试列表。该列表将在以后的产品标准中给出。

另外，对某些类型的特定参数，要求“由制造商规定”特定条目。在进行性能验证时，应根据出版的仪器规范验证是否满足该类型的要求。

C.4 报告指南

仅报告仪器符合A类、B类或S类的要求并不够。

至少还应在报告中包括以下各项内容：

- U_{dm} 的可接受范围及对应的频率；
- 符合要求所需的任何附件及选件；
- 本部分的参数列表，包括对应每个参数的验证类别。

参 考 文 献

- [1] GB 1207—1997 电压互感器(IEC 60044-2:1997,IDT)
 - [2] GB 1208—1997 电流互感器(IEC 60044-1:1996,IDT)
 - [3] GB/T 2900.77 电工术语 电工电子测量和仪器仪表 第1部分:测量的通用术语 [IEC 60050(300-311),IDT]
 - [4] GB/T 2900.79 电工术语 电工电子测量和仪器仪表 第3部分:电测量仪器仪表的类型 [IEC 60050(300-313),IDT]
 - [5] GB 4793(所有部分) 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求[IEC 61010(所有部分)]
 - [6] GB 4793.2 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第2部分:电工测量和试验用手持和手操电流传感器的特殊要求(GB 4793.2—2008,IEC 61010-2-032:2002,IDT)
 - [7] GB 17625.2—2007 电磁兼容 限值 对每相额定电流 ≤ 16 A且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制(IEC 61000-3-3:2005,IDT)
 - [8] IEC 60050-101 International Electrotechnical Vocabulary—Part 101:Mathematics
 - [9] IEC 60050-300 International Electrotechnical Vocabulary—Electrical and electronic measurements and measuring instruments—Part 312:General terms relating to electrical measurements
 - [10] IEC 61000-2-8 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-8:Environment—Voltage dips,short interruptions on public electric power supply system with statistical measurement results
 - [11] IEC 61000-2-12 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-12:Environment—Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems
 - [12] IEC/TR 61000-3-6:2008 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-6:Limits—Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV,HV and EHV power systems
 - [13] IEC/TR 61000-3-7:2008 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-7:Limits—Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV,HV and EHV power systems
 - [14] IEC 61000-3-11:2000 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3:Limits—Section 11:Limitation of voltage changes,voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems—Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection—Basic EMC publication
 - [15] IEC 61000-3-13 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3-13:Limits—Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV,HV and EHV power systems
 - [16] IEC 61557-12 Electrical safety in low voltage distribution system up to 1 000 V a. c. and 1500 V d. c. —Equipment for testing,measuring or monitoring of protective measures—Part 12:Performance measuring and monitoring devices (PMD)
 - [17] IEEE 1159:1995 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality
 - [18] EN 50160 Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电磁兼容 试验和测量技术
电能质量测量方法

GB/T 17626.30—2012/IEC 61000-4-30:2008

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

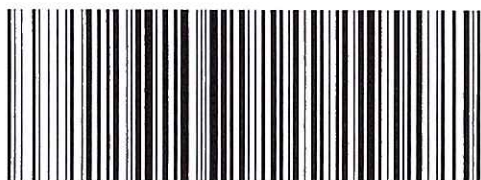
*

开本 880×1230 1/16 印张 3.25 字数 98 千字
2013年3月第一版 2013年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46190 定价 45.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 17626.30-2012