

ICS 27.100
F 24
备案号: 13575-2004

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 846.2 — 2004

20041578

高电压测试设备通用技术条件 第 2 部分: 冲击电压测量系统

General technical specifications for high voltage test equipments
Part 2: impulse voltage measuring system



2004-03-09 发布

2004-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	18
1 范围	19
2 规范性引用文件	19
3 认可的冲击测量系统的性能记录	19
4 试验程序和一般要求	20
5 认可的冲击测量系统的鉴定和使用	22
6 雷电冲击电压测量	23
7 操作冲击电压测量	27
8 标准测量系统	30
附录 A (资料性附录) 试验一览表	32

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会电力司《关于确认 1999 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》(电力[2000] 22 号)下达的《高电压测试仪器通用技术条件》标准项目的制定任务安排制定的。

DL/T 846《高电压测试仪器通用技术条件》是一个系列标准,本次发布 9 个部分:

- 第 1 部分:高电压分压器测量系统;
- 第 2 部分:冲击电压测量系统;
- 第 3 部分:高压开关综合测试仪;
- 第 4 部分:局部放电测量仪;
- 第 5 部分:六氟化硫微量水分仪;
- 第 6 部分:六氟化硫气体检漏仪;
- 第 7 部分:绝缘油介电强度测试仪;
- 第 8 部分:有载分接开关测试仪;
- 第 9 部分:真空开关真空度测试仪。

本部分是 DL/T 846《高电压测试仪器通用技术条件》的第 2 部分。

冲击电压测量系统在国内高压实验室被广泛使用。相对交流电压和直流电压测量系统,冲击电压测量系统的准确度最难控制和保证,为了保证该测量系统的测量准确度,特制定本部分。

本部分是根据 GB/T 16927.2—1997 而编写的。GB/T 16927.2—1997 是对所有测量系统而言的,本部分集中了冲击测量部分。关于名词术语和性能记录部分本部分未列入,以免重复。GB/T 16927.2—1997 中对于测量标定刻度因数可用电桥法,但对于冲击电压测量系统(以下简称冲击测量系统)该方法不可行,所以在本部分中不采用。

本部分的附录 A 为资料性附录。

本部分由中国电力企业联合会提出。

本部分由全国高压电气安全标准化技术委员会归口。

本部分起草单位:武汉高压研究所、深圳供电公司、佛山供电公司。

本部分主要起草人:朱同春、蔡崇积、李汉民、钟连宏。

高电压测试设备通用技术条件

第2部分：冲击电压测量系统

1 范围

DL/T 846 的本部分规定了冲击测量系统应满足的要求、冲击测量系统及其组件的认可和校核方法以及系统被证实满足本部分要求的程序。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 DL/T 846 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 311.6 高电压试验技术 第五部分 测量球隙 EQV IEC60052-6

GB/T 813—1989 冲击试验用示波器和峰值电压表

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求 EQV IEC 60060-1: 1989

GB/T 16927.2—1997 高电压试验技术 第二部分：测量系统 EQV IEC 60060-2: 1994

GB/T 16896.1 高电压冲击试验用数字记录仪 第一部分：对数字记录仪的要求 EQV IEC 61083-1: 1991

3 认可的冲击测量系统的性能记录

3.1 总则

认可的冲击测量系统需经验收试验和校验，通常需作以下试验：

- a) 系统组件的验收试验（仅需一次）；
- b) 系统的周期性性能试验；
- c) 系统的定期校核。

所有试验和校核结果以及其所处条件的记录均应保存在由使用者建立并保存的性能记录中，性能记录的完整格式按照 GB/T 16927.2—1997 附录 B 建立。

对于本部分发布前所制造的设备或装置，如果没有验收试验所需证明文件，则用按本部分进行试验的记录连同按以前标准进行校核的证明文件，说明刻度因素是稳定的。这样就认为是满足要求的。

由几件可互换使用的装置组成的认可的冲击测量系统应包括各种组合的单独记录，并尽可能少用复印件。确切地讲，每一装置应单独记录，而传输系统和仪器一般要指明电缆（或光缆）长度及能满足相应标准的替代性指示仪器。

3.2 性能记录格式

性能记录格式推荐如下：

第 A 章：系统的一般说明。

第 B 章：转换装置、传输系统和测量仪器的验收试验结果。

第 C 章：全套测量系统上进行过的例行试验结果。

第 D 章：系统性能试验结果。

第 E 章：性能校核结果。

以上各章均可加序数表示。例如 A1 章为系统最初的一般说明；A2 章为系统有明显变动后的说明；D1 章为初始性能记录；D2 章为第二次性能试验记录。

全套测量系统的标定刻度因数总是列在最近一次的 D 章中。

4 试验程序和一般要求

4.1 总则

冲击测量系统的转换装置、传输系统、测量仪器的主要要求是在规定的工作条件范围内应稳定，这样冲击测量系统的刻度因数在长时间内就可保持稳定。

4.2 对转换装置的试验

4.2.1 刻度因数确定

按下列方法之一确定转换装置的刻度因数：

- 同时测量转换装置的输入和输出量；
- 测量高压臂和低压臂的阻抗值，通过计算求分压比。

4.2.2 线性度试验

在系统的被认可电压范围内的最大和最小值之间以及其间三个大致等分値下，测量转换装置的刻度因数，测得值的变化不应超过其平均值的 $\pm 1\%$ （该试验可在适当的包括在冲击测量系统中的转换装置上进行，或在测量系统上进行）。

该试验的标准方法是按照 4.5.2 与标准冲击测量系统相比对。

替代试验如下：

- 已按标准方法确定了线性度的认可的冲击测量系统可被用来代替标准冲击测量系统；
- 在既无标准冲击测量系统又无认可的冲击测量系统时，线性度试验可按本部分 6.2.2 所述方法之一进行。

4.2.3 短期稳定性试验

对转换装置连续地施加额定电压至最大冲击次数，在施加电压前和后分别测量刻度因数，测得值之差应在 $\pm 1\%$ 之内。

除非另有规定，冲击测量系统的最大施加次数应为 2 次/min。

在大多数情况下施加次数可由转换装置的型式试验连同附在性能记录内的计算而确定。

4.2.4 单个元件的长期稳定性

单个元件的稳定性、电压效应、温度效应由制造厂提供或由型式试验确定。这些特性不应使转换装置的刻度因数在逐次性能试验之间的变化大于 1%。

4.2.5 温度效应

环境温度的变化引起的转换装置刻度因数或参数（电阻或电容）的变化，可利用单个元件温度系数的计算或在不同温度下测量来确定。温度系数可以取自制造厂的数据，并可列在性能记录中。

在环境温度变化很大的情况下，可使用温度校正系数。所采用的温度校正应列入性能记录中。无论何种情况都应证实计及温度校正后，刻度因数的变化仍在 $\pm 1\%$ 范围内。

4.2.6 接地墙（或带电体）的邻近效应

邻近效应引起的转换装置刻度因数或参数的变化可通过测量来确定。测量时可改变装置对一面接地墙（或一个带电体）的距离，而其他接地墙或带电体的距离保持不变，或将其置于工作范围之外。

对于性能记录所列的各种距离范围，都应证实刻度因数的变化仍在 $\pm 1\%$ 范围内。

注：一些测试实验室可选择在一组距离，或几组距离的情况下进行认可。

4.2.7 转换装置的动态特性

转换装置的动态特性测定可以将该装置置于一个典型使用条件的冲击测量系统中进行。

4.2.8 测定阶跃波响应

对被试系统输入阶跃电压,按 GB/T 16927.2—1997 附录 C 测量其输出。

4.2.9 耐压试验

转换装置应通过 110% 的额定值的干耐受试验,试验电压的波形要满足规定。试验程序见 GB/T 16927.1。

耐受试验应在系统需使用的每个极性下进行。

注:认可的测量系统的每一组件均应能耐受住在试品上发生的破坏性放电而其特性无任何改变。

4.3 传输系统的试验

带有源元件的传输系统的试验参照 4.2 所列程序进行。

4.4 指示仪表或记录仪器的试验

根据相应的国家标准或检定规程对仪器仪表进行测试和检定,若无标准或检定规程,则按 4.2 所列相应程序进行。

4.5 性能试验

4.5.1 一般要求

性能试验的目的是确定测量系统的标定刻度因数,并证明其动态特性适合规定的要求以及其干扰水平小于规定极限。高压试验中,由于装置的尺寸、所加电压的大小、试验回路的相互干扰,进行现场校准是必须的。冲击测量系统或它们的组件可以在其他实验室模拟性能记录所述条件进行校准,但干扰水平必须在用户实验室中检查(若需要的话)。试验布置应代表运行条件并在性能记录中说明。

除非型式试验证实转换装置在规定的净距范围内对邻近效应并不敏感,否则由转换装置组成的每一测量系统的刻度因数都应测量,每组净距或净距范围都应记入性能记录内。

确定刻度因数的标准方法是在最大工作电压下与标准测量系统比对,见 4.5.2a)。由于较高电压的标准测量系统难以获得,因而可在低的电压,如 20% 最高工作电压下进行比对,见 4.5.2a)。对于峰值超过 1MV 的雷电冲击,可在 200kV 下进行比对。确定标定刻度因数的电压应在线性度试验所覆盖的范围内。此外,可根据测得的每一组件的刻度因数(通常在低电压下测量),取其乘积来确定系统的标定刻度因数,见 4.5.2b)。

确定冲击测量系统刻度因数所用装置必须进行校准,冲击测量系统中所用全部仪器仪表都必须检定,他们的量值应溯源到国家标准。

4.5.2 确定冲击测量系统标定刻度因数

应采用标准方法来测量标定刻度因数,但也可采用替代法,只要能获得满意结果。校准用输入电压的类型、波形必须与被测量的相同。若此条件不满足,则应提供标定刻度因数所适用波形的证明文件。

校准时的条件应记入性能记录中。

4.5.2.1 和标准测量系统相比对的标准方法

试验时要同时读取两个系统的读数。由标准冲击测量系统得到的读数通过计算得到输入量,再除以被试冲击测量系统的仪器读数,就得到系统标定刻度因数 F 值。试验重复 n 次 ($n \geq 10$),可得到 n 个独立读数 F_i 。取平均值 F_{av} 作为系统标定刻度因数,其实验标准偏差 s 应小于 F_{av} 的 1%:

$$s = \sqrt{\sum (F_i - F_{av})^2 / (n-1)} \quad (1)$$

注 1: 假如一个估算值 F_0 引入公式中 F_{av} 的位置,得到的标准偏差也不大于 F_{av} 的 1%,那么这个 F_0 也可作为标定刻度因数。

注 2: 对于冲击测量系统,施加 n 次冲击。

试验应在同一电压水平下进行,最好在额定电压下,至少在不低于 20% 额定电压下进行,但必须保证此电压在线性度试验覆盖的范围。为了获得合适的灵敏度,测量仪器的灵敏度设置可改变,也可

采用不同仪器,但这些变化不能使系统的其他部分改变,仪器的每一档灵敏度都要经过校准。

如果只有一台仪器可供使用(该仪器是认可的冲击测量系统所使用的,而且符合有关标准要求),试验时可将该仪器依次交替地接到每一系统,而系统的其他组成部分应保持不变。

如果测量系统有几个刻度因数(例如分压器有几个低压臂时),每个刻度因数都应进行试验。

注 3: 对于采用二次分压器的冲击测量系统,如果通过其他试验能证实转换装置的等值阻抗等于二次分压器,可以只进行一个灵敏度档的试验。此时,二次分压器的所有灵敏度档都应分别试验。

注 4: 通用示波器的探头作为二次分压器使用可能不够稳定,特别是这种探头部件的细小移动可能改变其补偿。

4.5.2.2 组件校正的替代方法

标定刻度因数可以用冲击测量系统的转换装置、传输系统、测量仪器的刻度因数的乘积来确定。

转换装置和传输系统或两者的组合的标定刻度因数用 4.2.1 中介绍的方法确定并确保它们的总不确定度应不大于 1%。仪器的刻度因数根据响应的标准确定,校准时要计及各组件的相互影响。

4.5.3 动态特性试验

应当采用标准方法测量动态特性,也可采用替代法,只要能获得满意结果。校准用输入电压的波形必须与被测值相同。若此条件不满足,则应提供标定刻度因数所适用波形的证明文件。

所用的回路布置和说明,包括净距和高压引线的长度都应列入性能记录中。

4.5.3.1 与标准冲击测量系统比对的标准方法

可利用 4.5.2a) 试验所得的相同记录并评估每个系统所测得的有关冲击的各时间参数,被试系统应满足以下条件:

- a) 两个系统测得的每一时间参数的差值应在由标准冲击测量系统测得的相应值的 $\pm 10\%$ 的范围内;
- b) 对于每一时间参数,被试系统与标准冲击测量系统相应读数之比值的实验标准偏差,均应小于其平均比值的 5%。

4.5.3.2 阶跃波响应测量的替代方法

按 4.2.8 测量被试系统的阶跃波响应,并求响应参数,这些参数应满足本部分相应条款中提出的要求。

4.5.4 干扰试验

试验在冲击测量系统上进行,试验时电缆或传输系统输入端短接,电缆或传输系统的接地线不变。应施加一个典型的冲击波形,使冲击测量系统的输入发生破坏性放电并记录其输出。试验应在最高工作电压下进行。

测到的干扰幅值应小于 1% 的冲击测量系统测此电压时的输出,干扰幅值大于 1% 也是允许的,但应证实它对测量无影响。

其他途径的干扰也是重要的,例如分压器高压臂的低压端的干扰。

5 认可的冲击测量系统的鉴定和使用

5.1 冲击测量系统的鉴定

测试实验室应采用本章所列的试验来鉴定其冲击测量系统。此外,测试实验室可选择由国家实验室或论证过的实验室进行性能试验。在此情况下,每次校准的有效期由国家实验室或论证机构规定。

每一测量系统均应经过验收试验(只进行一次)、定期重复性性能试验(见 5.3)和经常重复的性能校核(见 5.4)。冲击测量系统所应进行的试验参见附录 A。

5.2 使用条件

认可的冲击测量系统应直接与试品两端相连,连接时应使试验回路之间的杂散耦合减至最小。

在干燥的无污秽的工作条件下,认可的冲击测量系统一般都可于所要求的不确定度范围内使用。

5.3 性能试验

为保持冲击测量系统的特性,应定期地重复 4.5 的性能试验而确定其标定刻度因数。建议每年重复一次,有时可延长,但每三年至少重复一次。

冲击测量系统经过较大修理以及系统布置超出记录中规定范围后必须进行性能试验。

由于性能校核中发现标定刻度因数已明显变化而必须进行性能试验时,应先研究发生变化的原因(见 6.4 和 7.4)。

5.4 性能校核

应根据冲击测量系统稳定性的时限进行性能校核。为了确定系统的稳定性,系统刚投入使用时应经常进行性能校核。性能校核如 6.4, 7.4 所述。

6 雷电冲击电压测量

6.1 认可的冲击测量系统的要求

一般要求是:

- 测量冲击全波峰值的总不确定度不大于 $\pm 3\%$ 。
- 测量冲击截波的总不确定度取决于截断时间 T_c , 当 $0.5\mu s \leq T_c < 2\mu s$, 总不确定度不大于 $\pm 5\%$; 当 $T_c \geq 2\mu s$ 时, 总不确定度不大于 $\pm 3\%$ 。
- 测量冲击波形时间参数的总不确定度不大于 $\pm 10\%$ 。
- 测量可能叠加在冲击波上的振荡不应超过 GB/T16927.1 所列的水平。

6.1.1 刻度因数的稳定性

在性能记录中所列的环境温度和净距的范围内,转换装置和传输系统的刻度因数的变化范围不应大于 $\pm 1\%$ 。

记录仪器的准确度应满足 GB/T 813 和 GB/T 16896.1 的要求。

6.1.2 动态特性

满足以下条件,冲击测量系统的动态特性就适合于测量在性能记录内规定的波形的峰值电压和时间参数:

- 刻度因数稳定在一定范围内,这些范围是:对全波和 $2\mu s$ 后截断的截波为 $\pm 1\%$;在 $0.5\mu s \sim 2\mu s$ 之间截断的截波为 $\pm 3\%$ 。
- 测得的时间参数的不确定度在 $\pm 10\%$ 范围内。
- 为重现可能叠加在冲击上的振荡,测量系统的上限频率 f_2 或其部分响应时间 T_a 应满足:对于峰值上的振荡, $f_2 > 5\text{MHz}$ 或 $T_a < 30\text{ns}$;对于波前振荡, $f_2 > 10\text{MHz}$ 或 $T_a < 15\text{ns}$ 。

按以往的概念,采用一个测量系统就可测量所需的全部参数(即峰值、时间参数、振荡)。然而,许多系统只能被认可用于测量峰值和时间参数,并不能认可用于测量振荡。在这种情况下,可以认可一个测量系统用于测量峰值电压和时间参数,而认可一辅助测量系统用于测振荡(假如需要,在较低电压下测量)。

6.1.3 与试品的连接

认可的测量系统应直接接到试品端。对于冲击测量,认可的测量系统不应插到电压源和试品之间,以便其引线仅仅流过测量系统的电流。如测量系统不能这样连接,则必须在运行记录中强调指明。试验回路和测量回路的耦合应减到最小。

6.2 认可的冲击测量系统组件的验收试验

为通过验收试验,测量系统组件均应满足本条所列的型式试验和例行试验要求。通常在同类产品的单件上做试验,以验证制造厂的数据是否满足型式试验的要求。每一组件都应进行例行试验,详见第 4 章和 3.1。

型式试验:

- a) 转换装置和传输系统及其刻度因数的温度效应（可按元件的测量值或制造厂的数据进行计算）；
- b) 长期稳定性试验；
- c) 邻近效应试验；
- d) 转换装置的湿耐受和污秽耐受试验（被要求时）；
- e) 最大施加次数试验；
- f) 传输系统的干扰试验（被要求时）；
- g) 动态特性试验。

例行试验：

- a) 确定刻度因数；
- b) 线性度试验；
- c) 短期稳定性试验；
- d) 转换装置的干耐受试验。

6.2.1 确定刻度因数

转换装置和带有源元件的传输系统的刻度因数应根据 4.2.1 中所列的某种方法确定。

6.2.2 线性度试验

线性度试验应在被认可系统的每一极性下用一种波形进行。雷电冲击全波可用来确定雷电冲击截波用测量系统的线性度。4.2.2 的线性度试验按如下进行。

- a) 标准方法：与标准测量系统相比对，见 4.2.2。

此外，也可用下述方法之一：

- b) 与认可的测量系统比对，见 4.2.2。

- c) 与标准测量装置比对。测量系统应与符合 GB/T 311.6，又用放电火花照射（例如冲击发生器的放电球隙）的球隙相校核。不可认为用紫外线灯照射就足够了。试验应在被认可系统电压范围内的最大和最小值的间隙距离以及其间三个大致等分的间隙距离下进行。整个试验应在短时间内进行，这样就不必进行大气条件修正。如果每一球隙的破坏性放电电压与被试系统相应输出电压之比在其平均值的 $(1 \pm 1\%)$ 范围内变化，则认为该系统是线性的。

注：当符合上述特定条件时，球隙破坏性放电电压的偏差可在 $\pm 1\%$ 之内。

- d) 与充电电压比对。应对照冲击发生器的充电电压来校核测量系统。试验应在被认可系统电压范围内的最大和最小值以及其间三个大致等分的电压下进行。如果每一测量电压与响应充电电压之比值均在其平均值的 $(1 \pm 1\%)$ 范围内变化，则认为该系统是线性的。

注：进行此项试验时，在冲击发生器点火的瞬间，充电条件应保持恒定。

- e) 多级转换装置的特定试验。对于由几个相同单元组成的转换装置，应按下述三个步骤进行：

- 1) 按 4.2.2 规定，对一个等同完整的转换装置（装有高压极）进行型式试验。
- 2) 在 4.2.2 规定的五个电压下测量每一单元的刻度因数。在整个电压范围内，每一单元的刻度因数变化不应超过 $\pm 1\%$ 。
- 3) 组装的转换装置在最大工作电压下应无可见电晕。

c)、d)、e) 的试验都是一种经济简便的试验，但不满足 c)、d)、e) 的试验要求也未必表示测量系统是非线性的，在此情况下，就应采用 a) 或 b) 试验。符合 a) 或 b) 试验的极限要求的测量系统，尽管曾不满足 c)、d)、e) 试验的极限要求，也应认为是线性的。

6.2.3 测量阶跃波响应（被要求时）

转换装置的阶跃波响应应在能代表其工作条件（特别是对接地体和带电体的净距）的完整测量系统上进行测定。

试验可在低电压下进行，阶跃波源的内阻应小于被试系统输入电阻的 0.1% 。

此外，可进行频率响应试验来证实上限频率是足够高的。

6.2.4 邻近效应

接地体和带电体的影响可由型式试验来说明, 其结果列成曲线和表格, 表示转换装置刻度因数与其对接地体或带电体净距的函数关系。

6.3 性能试验

应做下列试验:

- a) 确定测量系统标定刻度因数试验;
- b) 动态特性试验;
- c) 干扰试验。

6.3.1 确定测量系统的标定刻度因数和标称瞬间 (动态特性)

6.3.1.1 标准方法

应采用 4.5.2a) 和 4.5.3 所列程序与标准测量系统相比对来确定测量系统的标定刻度因数和动态特性。应采用两个不同波形的冲击来确定标称瞬间, 例如:

对于冲击全波:

- 较短的波前时间赋予 $t_{\min}$, 见 GB/T 16927.2—1997 的 3.6.1;
- 较长的波前时间赋予 $t_{\max}$;
- 这两种波形都应有测量系统被认可的最长半峰值时间。

这些波形也包括 $2\mu\text{s}$ 后截断的冲击截波。

对于截断时间为 $0.5\mu\text{s}\sim 2\mu\text{s}$ 范围内的冲击截波:

- 较短的截断时间赋予 $t_{\min}$;
- 较长的截断时间赋予 $t_{\max}$ 。

试验所涉及的使用条件均应列入性能记录内。

此外, 也可采用 6.3.1.2 或 6.3.1.3 方法之一进行。

6.3.1.2 用同一种波形进行比对测量

应按 4.5.2a) 和 4.5.3 采用同一种波形和标准测量系统进行比对测量。若采用冲击全波, 波前时间应选在所要求的标称瞬间内, 而半峰值时间则应为被认可测量系统的最长半峰值时间。此波形也包括 $2\mu\text{s}$ 以后截断的冲击截波。对于截断时间为 $0.5\mu\text{s}\sim 2\mu\text{s}$ 范围内的冲击截波, 截断时间应选在 $0.5\mu\text{s}\sim 0.9\mu\text{s}$ 的范围内。测量系统的阶跃波响应除了应按 4.2.8 记录外, 还应符合下述要求:

- a) 对于冲击全波和 $2\mu\text{s}$ 后截断的冲击截波, 阶跃波响应应在 $t_{\min}\sim t_{\max}$ 范围内应保持稳定在 $\pm 1\%$ 之内, 而且在 $t_{\min}\sim t_{\max}$ 范围内的变化不应大于 5% , $t_{\max}$ 为被认可系统的最长半峰值时间。此外, 若在标称瞬间内的阶跃波响应上有高频振荡时, 则足以证明稳定时间 t_s 是小于 $t_{\min}$ 的。
- b) 对于截断时间为 $0.5\mu\text{s}\sim 2\mu\text{s}$ 范围内的冲击截波, 阶跃波响应应在 $t_{\min}\sim t_{\max}$ 范围内应保持稳定在 $(1\pm 3\%)$ 以内。

此外, 若在标称瞬间内的阶跃响应上有高频振荡时, 则足以证明在整个标称瞬间剩余响应时间 $T_r(t)$ 是小于 $t/200$ 的。

6.3.1.3 测量各组件的刻度因数并由系统阶跃波响应确定响应参数

应按 4.5.2b) 确定测量系统的标定刻度因数。试验所涉及的工作条件范围应列在性能记录内。应按 4.2.8 记录测量系统的阶跃波响应。阶跃波响应从 $t_{\min}$ 至 T_p 的范围内应稳定在 $(1\pm 1\%)$ 范围内。 T_p 为测量标定刻度因数时所用波形的峰值时间 (例如, 如果是采用 1kHz 交流电压, 则 T_p 为 $250\mu\text{s}$ 。假如使用直流电压, 则 T_p 被认定为 100ms)。

对于冲击全波和 $2\mu\text{s}$ 后截断的冲击截波, 响应在标称瞬间段内应稳定在 $(1\pm 1\%)$ 范围内。此外, 若阶跃波响应上有高频振荡, 就足以证明稳定时间是小于 $t_{\min}$ 的。对于截断时间为 $0.5\mu\text{s}\sim 2\mu\text{s}$ 范围内的冲击截波, 阶跃波响应在标称瞬间内应稳定在 $(1\pm 3\%)$ 范围内。此外, 若阶跃响应上有高频振荡时, 则足以证明在整个标称瞬间剩余响应时间 $T_r(t)$ 是小于 $t/200$ 的。

此外, 阶跃波响应在认可的最长半峰值时间段内偏离基准水平不应大于 5%。

注: 提出下列推荐有助于各实验室评定其测量系统, 应强调, 符合这些推荐 (也许未必需要) 未必足以确保测量系统动态特性的要求。

测量波前时间为 T_1 的标准冲击电压时, 过冲 β 和 T_a/T_1 的关系点均在图 1 的阴暗面内。

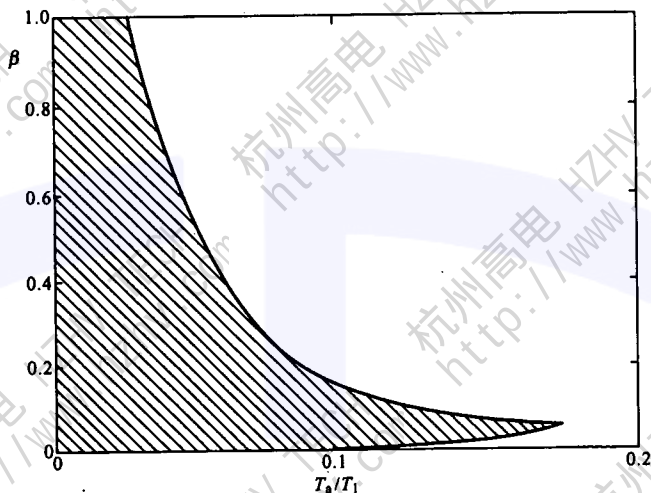


图 1 过冲 β 和 T_a/T_1 的限值关系

在截断时间为 T_c 范围内的波前截断的冲击截波时, 应符合下列条件:

- 稳定时间 $t_s \leq T_c$;
- 实验响应时间 T_a 和部分响应时间 T_b 应为: $(T_a - 0.3T_c) \leq T_b \leq 0.3T_c$;
- 起始畸变 T_0 应足够小, $T_0 \leq 0.005T_c$;

利用阶跃波响应来评定测量系统的特性时, 性能记录应包括:

- 单位阶跃波响应记录, 应标出 O_1 和相应于每一参考水平的水平线;
- T_a 、 T_N 、 t_s 和 β 值。

6.3.2 测量阶跃波响应 (被要求时)

转换装置的阶跃波响应应在能代表其工作条件 (特别是对接地体或带电体的净距) 的完整测量系统上进行测定。

试验可在低电压进行。阶跃波源内阻应小于被试系统输入电阻的 1%。

6.3.3 干扰试验

按 4.5.4 进行。

6.4 性能校核

目前还尚无标准方法来进行性能校核, 这是由于其准确度达不到性能校核所要求。使用者需要较高准确度时, 应更为频繁地 (超过本部分要求) 重复性能试验。

可采用下述方法之一校核认可的测量系统的刻度因数和动态特性:

- a) 与认可的测量系统比对。应采用 4.5.2a) 和 4.5.3 所列程序, 在同一种波形下与另一认可的测量系统 (或标准测量系统) 进行比对。施加的冲击次数可在 1 到最近一次性能试验所施加的次数之间选择。如果两者测得的刻度因数之差不大于 3%, 则可认为该刻度因数是有效的。如果差值较大, 则应再次确定标定刻度因数 (见 5.3)。
- b) 校核组件的刻度因数和测量系统的阶跃波响应, 应采用确定度不大于 $\pm 1\%$ 的内部或外部校准器校核每一组件的刻度因数。如果刻度因数与其前值之差不大于 1%, 则可认为该标定刻度因数是有效的。如果有一个差值超过 $\pm 1\%$, 则应再次确定标定刻度因数 (见 6.2.1)。每次校核时,

阶跃波响应的记录应与原先校核记录相比较。可以预料,每次校核会发现有的变化。合格的变化量应由早期的校核而确定。任何较大的变化都应先查明而后进行性能试验。

- c) 用标准测量装置校核刻度因数和测量系统的阶跃波响应,应与符合 GB/T 311.6 又用火花照射的球隙进行比对。不可认为用紫外线灯照射就足够了。当两个刻度因数测得值的差不大于 3% 时,则可认为刻度因数是有效的。若差值较大,则应再次确定标定刻度因数。每次校核时,阶跃波响应的记录应与原先校核记录相比较。可以预料,每次校核会发现有的变化。合格的变化量应由早期的校核而确定。任何较大的变化都应先查明而后进行性能试验。

6.5 标准测量装置

符合 GB/T 311.6 又用放电火花照射的球隙是测量标准雷电冲击电压峰值的标准测量装置,其不确定度不大于 $\pm 3\%$ 。应注意不可认为用紫外线灯照射就足够了。

7 操作冲击电压测量

7.1 认可的冲击测量系统的要求

一般要求是:

- a) 测量操作冲击峰值的总不确定度不大于 $\pm 3\%$;
- b) 测量操作冲击波形时间参数的总不确定度不大于 $\pm 10\%$ 。

7.1.1 刻度因数的稳定性

在性能记录中所列的环境温度和净空距离的范围内,转换装置和传输系统的刻度因数的变化范围不应大于 $\pm 1\%$ 。

记录仪器的准确度应满足 GB/T 813 和 GB/T 16896.1 的要求。

7.1.2 动态特性

在下列情况下,测量系统的动态特性是满足要求的:

- a) 在性能记录所规定的范围内,标定刻度因数稳定在 $\pm 1\%$ 范围内;
- b) 系统测得的时间参数的不确定度不大于 $\pm 10\%$ 。

7.1.3 和试品的连接

认可的测量系统应直接接到试品端。与测量雷电冲击电压相反,测量操作冲击电压测量系统可插接至电压源和试品之间。试验回路和测量回路的耦合应减到最小。

7.2 认可的测量系统组件的验收试验

通过验收试验,测量系统组件均应满足本条所列的型式试验和例行试验要求。通常用在同类产品的单件上做试验或按制造厂的数据可满足型式试验的要求。每一组件都应进行例行试验。详见第 4 章和 3.1。

型式试验:

- a) 转换装置和传输系统及其刻度因数的温度效应(可按元件的测量值或制造厂的数据进行计算);
- b) 长期稳定性试验;
- c) 邻近效应试验(被要求时);
- d) 转换装置的湿耐受和污秽耐受试验(被要求时);
- e) 最大施加次数试验;
- f) 传输系统的干扰试验(被要求时);
- g) 动态特性试验。

例行试验:

- a) 确定刻度因数;
- b) 线性度试验;
- c) 短期稳定性试验;

d) 转换装置的干耐受试验。

7.2.1 确定组件刻度因数

转换装置和带有源元件的传输系统的刻度因数应根据 4.5.1 中所列的某种方法确定。

7.2.2 线性度试验

线性度试验应在被认可系统的每一极性下进行。4.2.2 的线性度试验应按如下方法进行：

a) 标准方法：与标准测量系统相比对，见 4.5.2。

此外，也可用下述方法之一：

b) 与认可的测量系统比对，见 4.5.2。

c) 与标准测量装置比对。测量系统应与符合 GB/T 311.6，又用放电火花照射（例如冲击发生器的放电球隙）的球隙相校核。不可认为用紫外线灯照射就足够了。试验应在被认可系统电压范围内的最大和最小值的间隙距离以及其间三个大致等分的间隙距离下进行。整个试验应在短时间内进行，这样就不必进行大气条件修正。如果每一球隙的破坏性放电电压与被试系统相应输出电压之比在其平均值的 $(1 \pm 1\%)$ 范围内变化，则认为该系统是线性的。

球隙的操作冲击破坏性放电电压（50%破坏性放电电压值）可取自 GB/T 311.6 所列相同极性雷电冲击电压的图表。

注：当符合上述特定条件时，球隙破坏性放电电压的偏差可在 $\pm 1\%$ 之内。

d) 与充电电压比对。应对照冲击发生器的充电电压来校核测量系统。试验应在被认可系统电压范围内的最大和最小值以及其间三个大致等分的电压下进行。如果每一测量电压与相应充电电压之比值均为其平均值的 $(1 \pm 1\%)$ 范围内变化，则认为该系统是线性的。应利用标准测量系统或认可的测量系统来测充电电压。

注：进行此项试验时，在冲击发生器点火的瞬间，充电条件应保持恒定。

e) 多级转换装置的特定试验。对于由几个相同单元组成的转换装置，应按下述三个步骤进行：

1) 按 4.5.2 规定，对一个等同完整的转换装置（装有高压极）进行型式试验。

2) 在 4.2.2 规定的五个电压下测量每一单元的刻度因数。在整个电压范围内，每一单元的刻度因数变化不应超过 $\pm 1\%$ 。

3) 组装的转换装置在最大工作电压下应无可见电晕。

c)、d)、e) 的试验都是一种经济简便的试验，但不满足 c)、d)、e) 的试验要求也未必表示测量系统是非线性的。在此情况下，就应采用 a) 或 b) 试验。符合 a) 或 b) 试验的极限要求的测量系统，尽管并不满足 c)、d)、e) 试验的极限要求，也应认为是线性的。

7.2.3 测量阶跃波响应（被要求时）

转换装置的阶跃波响应应在能代表其工作条件（特别是对接地体和带电体的净距）的完整测量系统上进行测定。

试验可在低电压下进行，阶跃波源的内阻应小于被试系统输入电阻的 0.1%。

此外，可进行频率响应试验来证实上限频率是足够高的。

7.2.4 邻近效应（转换装置——任选项目）

接地体和带电体的影响可由型式试验来说明，其结果列成曲线和表格，表示转换装置刻度因数与其对接地体或带电体净距的函数关系。

7.3 性能试验

应做下列试验：

a) 确定测量系统标定刻度因数；

b) 动态特性；

c) 干扰试验。

7.3.1 确定测量系统的标定刻度因数和标称瞬间（动态特性）

7.3.1.1 标准方法

应采用 4.5.2a) 和 4.5.3 所列程序与标准测量系统相比来确定测量系统的标定刻度因数和动态特性。应采用两个不同波形的冲击来确定标称瞬间，例如，对于冲击全波：

- 较短的波前时间赋予 $t_{\min}$ ；
- 较长的波前时间赋予 $t_{\max}$ ；
- 这两种波形都应有测量系统被认可的最长半峰值时间（或至 90% 以上的时间，或至零值时间，近似值）。

试验所涉及的使用条件均应列入性能记录内。

此外，也可采用下述方法之一：

7.3.1.2 用同一种波形进行比对测量，另外补充阶跃波响应测量

应按 4.5.2a) 和 4.5.3 采用同一种波形和标准测量系统进行比对测量。到峰值的时间（或波前时间）应选在所要求的标称瞬间内，而半峰值时间（或至 90% 以上的时间，或至零值时间）则应为被认可测量系统的最长半峰值时间（或至 90% 以上的时间，或至零值时间）。

测量系统的阶跃波响应除了应按 4.7.8 记录外，还应符合下述要求：

阶跃波响应在 $t_{\min} \sim t_{\max}$ 范围内保持稳定在 $\pm 1\%$ 之内，而且在 $t_{\min} \sim t_{\max}$ 范围内的变化不应大于 5%， $t_{\max}$ 为被认可系统的最长半峰值时间。

此外，若在标称瞬间内的阶跃波响应上有高频振荡时，则足以证明稳定时间 t_s 是小于 $t_{\min}$ 的。

7.3.1.3 测量各组件的刻度因数并由阶跃波响应确定响应参数

应按 4.5.2b) 确定测量系统的标定刻度因数。试验所涉及的工作条件范围应列在性能记录内。

应按 4.2.8 记录测量系统的阶跃波响应。阶跃波响应从 $t_{\min} \sim T_p$ 的范围内应稳定在 $\pm 1\%$ 范围内。 T_p 为测量标定刻度因数时，所用波形的峰值时间（例如，如果是采用 1kHz 交流电压，则 T_p 为 250 μ s）。

此外，阶跃波响应在整个标称瞬间内应稳定在 $\pm 1\%$ 范围内，在直到测量系统被认可的最长半峰值时间（或至 90% 以上的时间，或至零值时间）区间内的变化应不大于 5%，稳定时间 t_s 应小于 10 μ s。

7.3.1.4 阶跃波响应测量再增补用交流高电压测量标定刻度因数

如果被试系统的单位阶跃波响应稳定在 $\pm 1\%$ 范围内，而且从 $t_{\min} \sim 1/4f$ 也保持在 $\pm 1\%$ 范围内（ f 为确定刻度因数时所采用的交流电压频率），就应采用交流电压来确定测量系统的刻度因数。

稳定时间应小于 10 μ s。

利用阶跃响应来评定测量系统的特性时，性能记录应包括：

- 单位阶跃波响应记录，应标出 O_1 和相应于每一参考水平的水平线；
- t_s 值。

7.3.2 干扰试验

按 4.5.4 进行。

7.4 性能校核

目前尚无标准方法来进行性能校核，这是由于其准确度达不到性能校核所要求。使用者需要较高准确度时，应更为频繁地（超过本部分要求）重复性能试验。

7.4.1 校核刻度因数

可采用下述方法之一校核认可的测量系统的刻度因数：

7.4.1.1 校核各组件的刻度因数

应采用不确定度不大于 $\pm 1\%$ 的内部或外部校准器校核每一组件的刻度因数。如果刻度因数与其前值之差不大于 $\pm 1\%$ ，则可认为该标定刻度因数是有效的。如果有一个差值超过 $\pm 1\%$ ，则应再次确定标定刻度因数（见 4.2）。

7.4.1.2 校核测量系统刻度因数

应采用 4.5.2a) 的程序与另一认可的测量系统或标准测量系统进行比对。或应与符合 GB/T 311.6 又用火花照射的球隙进行比对。不可认为用紫外线灯照射就足够了。

如果测得的刻度因数之差不大于 3% (对于标准测量装置比对是 5%)，则可认为该刻度因数是有效的。如果差值较大，则应再次确定标定刻度因数 (见 4.5.2)。

每一时间参数测得值应在另一测量系统相应测得值的 $(1 \pm 10\%)$ 范围内，如果差值大于 10%，则应再次确定标称瞬间 (见 4.5.3)。

7.4.2 动态特性校核

每次校核时都应获取参考记录所采用的同一方式和同样线路来记录阶跃波响应。阶跃波响应的记录应与原先校核记录相比较。可以预料，每次校核会发现有小变化，合格的变化量应由早期的校核而确定。任何较大的变化都应先查明而后进行性能试验。

此外，动态特性也可按照 4.5.3 程序与另一认可的测量系统 (或标准测量系统) 比对而校核。

7.5 标准测量装置

符合 GB/T 311.6 又用放电火花照射的球隙是测量标准操作冲击电压峰值的标准测量装置，其不确定度不大于 $\pm 5\%$ 。应注意不可认为用紫外线灯照射就足够了。球隙的操作冲击破坏性放电电压 (50% 破坏性放电电压值) 可取自 GB/T 311.6—1983 所列相同极性雷电冲击电压的图表。

8 标准测量系统

8.1 标准测量系统的要求

8.1.1 雷电和操作冲击全波电压

冲击全波电压的标准测量系统在其使用范围内总的不确定度：对于冲击全波峰值电压应不大于 $\pm 1\%$ ；对于时间参数应不大于 $\pm 5\%$ 。应能适当地记录振荡和过冲。

8.1.2 雷电冲击截波

$2\mu\text{s}$ 后截断的冲击截波电压的标准测量系统应符合 8.1.1 的要求，在 $0.5\mu\text{s} \sim 2\mu\text{s}$ 范围内截断的冲击截波电压的标准测量系统总不确定度：对于峰值电压应为 $\pm 3\%$ 范围，对于时间参数应为 $\pm 5\%$ 范围。

8.2 标准测量系统的校准

应按 8.1.1 的试验证实标准测量系统符合 8.2.1 所列的有关要求。此外，也可采用 8.2.2 的试验。

8.2.1 标准方法 (比对测量)

应按照经由国内或国际比对而自身可溯源的标准测量系统在高电压下进行比对，来证实标准测量系统是满足要求的。确定标准测量系统刻度因数的不确定度应不大于 $\pm 0.5\%$ 。

8.2.2 替代法 (测量刻度因数和评估响应参数)

应按 4.5.2b) 所列程序确定标准测量系统的刻度因数，其不确定度应不大于 $\pm 0.5\%$ 。

响应参数应满足表 1 要求。

表 1 对响应参数的要求

参数	雷电全波	波前截断的雷电波	操作波
实验响应时间 T_N ns	≤ 15	≤ 10	—
稳定时间 ns	≤ 200	≤ 150	$10\mu\text{s}$
部分响应时间 T_a ns	≤ 30	≤ 20	—
起始畸变时间 T_0 ns	—	≤ 2.5	—

8.3 标准测量系统鉴定的有效周期

如无证据反对，每五年至少重复一次鉴定。

标准测量系统只被推荐用于性能试验的比对试验，但标准测量系统也可用于其他测量，包括日常例行使用，但必须证实如此使用不会不影响其性能（本部分规定的性能校核足以对此验证）。此外，也允许采用满足有关国家标准的可等同的指示仪器或记录仪器做代替。

附录 A
(资料性附录)
试验一览表

表 A.1、表 A.2 分别汇总了测量雷电冲击电压和操作冲击电压所需的试验。

表 A.1 雷电冲击测量系统的试验

项目	型式试验				例行试验			性能试验	性能校核
	转换装置		传输系统（1）	仪器（2）	转换装置	传输系统（1）	仪器（2）	系统	系统
	元件	装置							
刻度因数	—	—	—	—	4.2.1 6.2.1	4.3 6.2.1	4.4 6.2.1	4.5.2 6.3.1	4.2.1 4.5.2
线性度试验	—	—	—	—	4.2.2 5.2.2	—	—	—	—
短期稳定性	—	—	—	—	4.2.3	4.3	4.4	—	—
长期稳定性	4.2.4 6.2	4.2.4 6.2	4.3 6.2	4.4 6.2	—	—	—	—	—
温度效应	4.2.5 6.2	4.2.5 6.2	4.3 6.2	4.4 6.2	—	—	—	—	—
邻近效应	—	4.2.6	—	—	—	—	—	—	—
动态特性 （3，4）	—	—	—	—	—	—	—	4.1.7 4.5.3 6.3.1	6.3.1 6.4
干扰试验	—	—	—	—	—	—	—	4.5.4 6.3.3	—
干耐受试验 （5）	—	4.2.9 6.2	—	—	4.2.9 6.2	—	—	—	—
最大施加次数	—	4.2.3 6.2	—	—	—	—	—	—	—
试验重复率	从资料或样机上的一次性试验				一次			每年一次 （6） （推荐性）	根据经验

注：括号表示的含义：

（1）— 一 带有源元件的；

（2）— 一 测量仪器应符合相应标准要求；

（3）— 一 阶跃波响应；

（4）— 一 幅—频响应；

（5）— 一 干耐受试验；

（6）— 一 如果需要每年一次或至少每五年一次，每次修理后，若试验布置超出了性能记录或若性能校核结果超出了性能记录规定值时。

表 A.2 操作冲击测量系统的试验

项目	型式试验				例行试验			性能试验	性能校核
	转换装置		传输系统 (1)	仪器 (2)	转换 装置	传输系统 (1)	仪器 (2)	系统	系统
	元件	装置							
刻度因数	—	—	—	—	4.2.1 7.2.1	4.3 7.2.1	4.4 7.2.1	4.5.2 7.3.1	4.2.1 4.5.2 7.4.1
线性度试验	—	—	—	—	4.2.2 7.2.2	—	—	—	—
短期稳定性	—	—	—	—	4.2.3	4.3	4.4	—	—
长期稳定性	4.2.4 7.2	4.2.4 7.2	4.3 7.2	4.4 7.2	—	—	—	—	—
温度效应	4.2.5 7.2	4.2.5 7.2	4.3 7.2	4.4 7.2	—	—	—	—	—
临近效应	—	4.2.6	—	—	—	—	—	—	—
动态特性（3，4）	—	—	—	—	—	—	—	4.2.9 4.5.3 7.3.1	7.3.1 7.4.2
干扰试验	—	—	—	—	—	—	—	4.5.4 7.3.2	—
干耐受试验（5）	—	4.2.9 7.2	—	—	4.2.9 7.2	—	—	—	—
最大施加次数	—	4.2.3 7.2	—	—	—	—	—	—	—
试验重复率	从资料或样机上的一次性试验				一次			每年一次 （6） （推荐性）	根据经验
注：括号表示的含义： （1）— 带有源元件的； （2）— 测量仪器应符合相应标准要求； （3）— 阶跃波响应； （4）— 幅—频响应； （5）— 干耐受试验； （6）— 如果需要每年一次或至少每五年一次，每次修理后，若试验布置超出了性能记录或若性能校核结果超出了性能记录规定值时。									