

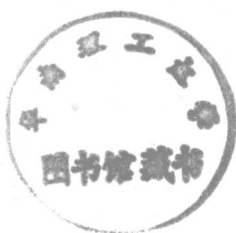


# 中华人民共和国国家标准

GB/T 16927.2—1997  
eqv IEC 60-2:1994

## 高电压试验技术 第二部分：测量系统

High-voltage test techniques  
Part 2: Measuring systems



C9904024

1997-07-28 发布

1998-07-01 实施

国家技术监督局 发布

3

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准

高电压试验技术

第二部分:测量系统

GB/T 16927.2—1997

\*

中国标准出版社出版  
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 2 $\frac{3}{4}$  字数 76 千字

1998年4月第一版 1998年4月第一次印刷

印数 1—4 000

\*

书号: 155066·1-14855 定价 20.00 元

238-25

## 前 言

本标准是根据国际标准 IEC 60-2:1994《高电压试验技术 第2部分测量系统》对 GB 311.4《高电压试验技术 测量装置》和 GB 311.5《高电压试验技术 测量装置及使用导则》进行修订的。在技术内容上与国际标准等效,编写规则上与之等同。

采用国际标准 IEC 60-2 可以使我国高电压测量技术与国际一致,参加国际电工委员会统一的认可系统,有利于我国国际贸易,技术经济交流。

本标准取代了 1983 年版的 GB 311.4《高电压试验技术测量装置》和 GB 311.5《高电压试验技术测量装置及使用导则》。和取代的版本相比,技术上作了很大的修改,编写规则上也大不相同。技术上最大的修改是保留了原版本中一些传统的测量系统参数,如刻度因数、阶跃波响应及参数等,又引进了认可的测量系统这一概念,相应地提出了性能试验、性能记录及标准测量系统,比对测量等,从而保证了高压测量系统的溯源性、统一性及准确性。

本标准编写规则按 GB 1.1—1993 进行,因而增加了“前言”并保留了国际标准的“IEC 前言”。

本标准在总标题“高电压试验技术”下包括以下两个部分:

第一部分:一般试验要求

第二部分:测量系统

本部分是第2部分,本标准中附录 A 是标准的附录,附录 B~附录 G 是提示的附录。

本标准从实施之日起,同时代替了 GB 311.3—83 和 GB 311.5—83。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:西安高压电器研究所和武汉高压研究所。

本标准主要起草人:黄德祥、朱同春、杨文才、余存仪。

本标准 1964 年首次发布,1983 年第一次修订后编号为 GB 311.4 及 GB 311.5,1997 年第二次修订。

IEC 前言

国际标准 IEC 60-2 是由国际电工委员会(IEC)第 42 技术委员会高压试验技术制定的。  
本版是第二版,它取代了 1976 年出版的 IEC 60-3《测量装置》和 1977 年出版的 IEC 60-4《测量装置及使用导则》,本版中有技术上的修改。  
本标准文件是根据下列文件制定:

|          |          |
|----------|----------|
| DIS      | 关于表决的报告  |
| 42(CO)54 | 42(CO)57 |

通过本标准的表决情况均可在上述关于表决报告中查到。IEC 60 将总标题:高电压试验技术下设以下部分:  
第 1 部分:一般试验要求  
第 2 部分:测量系统  
附录 A 是本标准的必备部分,向选择使用认可系统的国家提供标准化要求。  
附录 B~附录 G 仅为参考性的。

9504014

目 次

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 前言 .....                             | Ⅲ  |
| IEC 前言 .....                         | Ⅳ  |
| 1 范围 .....                           | 1  |
| 2 引用标准 .....                         | 1  |
| 3 名词术语 .....                         | 1  |
| 4 认可的测量系统的性能记录 .....                 | 5  |
| 5 试验程序和一般要求 .....                    | 5  |
| 6 认可的测量系统的鉴定和使用 .....                | 8  |
| 7 直流电压测量 .....                       | 9  |
| 8 交流电压测量 .....                       | 11 |
| 9 雷电冲击电压测量 .....                     | 13 |
| 10 操作冲击电压测量 .....                    | 17 |
| 11 冲击电流测量 .....                      | 21 |
| 12 标准测量系统 .....                      | 23 |
| 附录 A(标准的附录) 国家认证系统 .....             | 27 |
| 附录 B(提示的附录) 性能记录格式 .....             | 27 |
| 附录 C(提示的附录) 阶跃波响应测量 .....            | 30 |
| 附录 D(提示的附录) 电阻温升测量 .....             | 31 |
| 附录 E(提示的附录) 标准测量系统和冲击电压比对测量的文献 ..... | 31 |
| 附录 F(提示的附录) 试验一览表 .....              | 32 |
| 附录 G(提示的附录) 注意要点 .....               | 36 |



# 中华人民共和国国家标准

## 高电压试验技术 第二部分:测量系统

High-voltage test techniques  
Part 2: Measuring systems

GB/T 16927.2—1997  
eqv IEC 60-2:1994

代替 GB 311.4—83  
GB 311.5—83

### 1 范围

本标准规定了所使用的术语及其定义、测量系统应满足的要求、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标准要求的程序。

本标准适用于直流电压、交流电压、雷电和操作冲击电压、冲击电流以及联合和合成电压试验中测量电压和电流的测量系统及其组件。

### 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合

GB 311.6—83 高电压试验技术 第五部分 测量球隙

GB 813—89 冲击试验用示波器和峰值电压表

GB 2900.19—94 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合

GB 12720—91 工频电场测量

GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分:一般试验要求

GB/T 16896.1—1997 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

### 3 名词术语

#### 3.1 测量系统

##### 3.1.1 测量系统 measuring systems

用来进行高电压或冲击电流测量的整套装置。

注

1 测量系统通常包括以下组件:转换装置、转换装置接到试品或电流回路的引线、接地连线、转换装置的输出端接到指示或记录仪器(并附有衰减、终端和匹配阻抗或网络)的连接系统,指示或记录仪器接到电源的连线。仅由以上某些组件组成的测量系统,只要符合本标准规定的准确度要求也是可接受的。各组件可由许多元件或单一元件组成。例如:电容分压器的高压臂电容可由许多低电压电容器组成或者也可由单一的充气电容器组成。

2 测量系统所处的环境,它与带电体和接地物体的净距,周围有无电场或磁场都可能明显影响其准确度。

##### 3.1.2 测量系统的性能记录 record of performance of a measuring system

使用者建立的测量系统的详细记录,是说明系统和表明系统达到标准所列要求的证明文件。文件中应包含初始性能试验结果和历次性能试验,性能校核一览表及其结果。

## 3.1.3 认可的测量系统 approved measuring system

通过以下三项工作证实能满足本标准提出的一项或几项要求的测量系统。

- a) 初始性能试验。
- b) 历次性能校核和性能试验。
- c) 性能记录包含这些试验结果。

系统认可仅指在性能记录所涉及到的布置和条件下进行的认可。

## 3.1.4 标准测量系统 reference measuring system

具有足够准确度和稳定性的测量系统,在进行特定波形和范围内的电压或电流同时比对测量中,它被用来认可其他测量系统。

注:标准测量系统(符合本标准要求的)能作为认可的测量系统使用,但认可的测量系统不能作为标准测量系统。

## 3.1.5 标准测量装置 standard measuring device

能以规定的准确度来测量高电压的装置(例如按 GB 311.6 使用的球隙和按 GB/T 16927.1 使用的棒-棒间隙。)

## 3.2 转换装置

## 3.2.1 转换装置 converting device

将被测的量转变成指示仪表或记录仪器所能指示或记录的量的装置。

## 3.2.2 分压器 voltage dividers

由高压臂和低压臂组成的转换装置。输入电压加到整个装置上,而输出电压则取自低压臂。

注:两个臂的元件通常是电阻、电容或两者的组合体。装置的名称按其元件的类型及布置方法而定。

## 3.2.3 电压互感器 voltage transformer

测量交流高电压参数的降压变压器。

## 3.2.4 高压测量阻抗 high voltage measuring impedance

能输出与施加电压成比例的电流的装置。

## 3.2.5 分流器 current-measuring shunt

能产生与施加电流成比例的电压信号的电阻器。

## 3.2.6 补偿式电流测量装置 compensated current-measuring device

含有补偿网络的电流测量装置。

## 3.2.7 电流互感器 current transformer

能产生与输入电流成比例的输出信号的变换器。

注:和积分电路联用的罗柯夫斯基线圈是一种宽频带电流互感器。

## 3.2.8 电场探头 electric-field probe

测量电场的幅值和随时间变化过程的转换装置。

注:电场探头可用来测量产生电场的电压的波形,但测量时应不受电晕影响。

## 3.3 传输系统 transmission system

将转换装置的输出信号传递到指示仪表或记录仪器的一套装置。

注

- 1 传输系统一般由带终端阻抗的同轴电缆组成,还可包括转换装置与测量仪器之间所连接的衰减器或其他装置。  
例如,光纤系统包括光发射器,光缆和光接收器以及相应的放大器。
- 2 传输系统可全部或部分地归入转换装置中。

## 3.4 指示或记录仪器 indicating or recording instrument

显示或记录被测量值或相对应值的装置。

## 3.5 刻度因数 scale factors

## 3.5.1 测量系统的刻度因数

乘以仪器的读数便得到被测量值的系数。

注

1 测量系统可有一个以上的刻度因数,例如,对于不同的频率范围或不同的波形,就可有不同的刻度因数。

2 在某些测量系统中,为直接显示被测量值,仪器读数可以倍乘设置,此时,测量系统的刻度因数已被统一处理了。

### 3.5.2 转换装置的刻度因数 scale factor of a converting device

乘以转换装置的输出便得到其输入量的系数。

注:转换装置的刻度因数可以是无量纲的(例如分压器的分压比)。也可以是有量纲的(例如高压测量阻抗的传输阻抗)。

### 3.5.3 传输系统的刻度因数 scale factor of a transmission system

乘以传输系统的输出便得到其输入量的系数。

### 3.5.4 指示记录仪器的刻度因数 scale factor of a indicating or recording instrument

乘以仪器的读数便得到其输入量的系数。

### 3.5.5 测量系统的标定刻度因数 assigned scale factor of a measuring system

最近一次性能试验所确定的刻度因数值为系统标定刻度因数。

## 3.6 有关测量系统动态特性的定义

### 3.6.1 标称瞬间 $\tau_N$ (仅对冲击测量) nominal epoch

测量系统被认可过的规定的冲击波时间参数最小值( $t_{\min}$ )和最大值( $t_{\max}$ )之间的间隔(从  $t_{\min}$  到  $t_{\max}$  的实数范围)。对于雷电冲击全波,规定的时间参数为波前时间  $T_1$ ;对于雷电冲击截波,规定的时间参数为截断时间  $T_C$ ;对于操作冲击波,规定的时间参数为峰值时间  $T_p$ 。

注:对于不同的频率范围或波形,测量系统有一个以上的标称瞬间。例如,一个特定的测量系统对于  $T_1$  为 800 ns ~ 1 200 ns 之间的雷电波可在一个刻度因数下认可,而对于  $T_p$  为 0.200 ms ~ 0.300 ms 之间的操作波则可在另一个刻度因数下认可。在这种情况下,标称瞬间为 800 ns ~ 1 200 ns 和 0.200 ms ~ 0.300 ms。

### 3.6.2 测量系统的响应 $G$ response of a measuring system

当系统的输入端施加特定的电压或电流时,以时间或频率为函数的输出。

### 3.6.3 幅-频响应 $G(f)$ amplitude/frequency response $G(f)$

当测量系统输入为正弦信号波时,以频率为函数的输出和输入之比(见图 1)。

### 3.6.4 阶跃波响应 $G(t)$ step response

向测量系统输入一个阶跃波信号时,以时间为函数的输出。

## 3.7 响应参数

### 3.7.1 响应参数 response parameters

按规定的方法,在测量到的响应上推导出的参数。

### 3.7.2 上、下限频率 $f_2$ 和 $f_1$ limit frequencies $f_1$ and $f_2$

幅-频响应上的一段范围的上下限。在此范围内幅-频响应是恒定的,而且该上下限是响应第一次偏离恒定值  $\pm 3$  dB 的位置(见图 1)。

### 3.7.3 参考水平 $L_R$ (仅对冲击测量) reference level

标称瞬间内取的阶跃波响应的平均值。

注:一个测量系统可以有多个参考水平,例如,不同的频率范围和波形可以有不同的刻度因数。

### 3.7.4 阶跃波响应视在零点 $O_1$ virtual origin of a step response

阶跃波响应曲线前沿最陡处的切线与时间轴的交点。若响应曲线前沿部分有振荡,则画出振荡中心线以确定切线。若初始畸变较大,则在画切线时畸变部分予以忽略(见图 2)。

注

1 所有时间值均从视在零点  $O_1$  测得。

2 对于光滑响应或通过振荡而画得的光滑曲线,最陡处将出现在响应起始部分。

### 3.7.5 归一化阶跃波响应 $g(t)$ normalized step response $g(t)$

将参考水平归一化后的阶跃波响应。

注：对应于每一个参考水平，测量系统就有一个归一化阶跃波响应。

3.7.6 阶跃波响应积分  $T(t)$  step response integral  $T(t)$

单位 1 与归一化阶跃波响应之差从  $O_1$  到  $t$  时刻的积分。 $g(t)$  的起始段是由确定  $O_1$  所作的切线所代替。

$$T(t) = \int_{O_1}^t [1 - g(\tau)] d\tau \dots\dots\dots (1)$$

3.7.7 实验响应时间  $T_N$  experimental response time  $T_N$

阶跃波响应积分至  $t_{\max}$  的值。

$$T_N = \int_{O_1}^{t_{\max}} [1 - g(\tau)] d\tau \dots\dots\dots (2)$$

3.7.8 部分响应时间  $T_a$  partial response time  $T_a$

阶跃波响应积分的最大值(见图 2 和图 3)。

注：通常  $T_a$  等于  $T(t_1)$ ， $t_1$  为  $T(t)$  首次到达单位幅值的时刻。

3.7.9 剩余响应时间  $T_R(t_i)$  residual response time  $T_R(t_i)$

实验响应时间与阶跃波响应积分值(积分至某一特定时刻  $t_i$ )之差，其中  $t_i < t_{\max}$ 。

$$T_R(t_i) = T_N - \int_{O_1}^{t_i} [1 - g(\tau)] d\tau \dots\dots\dots (3)$$

3.7.10 过冲  $\beta$  overshoot  $\beta$

归一化阶跃波响应的最大值超出单位值的数值。

3.7.11 起始畸变时间  $T_0$  initial distortion time  $T_0$

由零线、归一化阶跃波响应  $g(t)$  和确定  $O_1$  所作的切线所围成的面积所代表的时间(见图 2)。

3.7.12 稳定时间  $t_s$  settling time  $t_s$

使剩余响应时间  $T_R(t_s)$  等于和小于  $2\%t_s$  的最短时间，即：

$$|T_N - \int_0^{t_s} [1 - g(t)] d\tau| \leq \frac{t_s}{50} \dots\dots\dots (4)$$

$t$  的所有值均在  $t_s$  至  $t_{\max}$  时间间隔内(见图 3)。

3.8 总不确定度  $e$  overall uncertainty  $e$

表征测量结果分散在真值周围程度的估量。由于存在很多影响因素，它是由多个单独的不确定度所组成。

注：认为本标准中所考虑的大多数的不确定度来源都具有随机特性并是互相独立的，那么总不确定度  $e$  的最佳估量为：

$$e = \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中  $e$  和  $e_1 \dots\dots e_n$  均用标准偏差表示。

3.9 额定值

3.9.1 额定电压或电流 rated voltage or current

转换装置或测量系统可适用的规定频率或波形的最大电压水平或电流水平。

3.9.2 使用时间(对交流或直流电压) operating time

在规定的 uncertainty 范围内，测量系统能在其额定电压下工作的时间。

3.9.3 最大施加次数(对冲击) maximum rate of application

每分钟施加规定波形的冲击的最多次数。在此条件下，测量系统能在额定电压或电流下，在规定的 uncertainty 范围和工作时间内使用。

3.10 认可的工作电压或电流范围 approved operating voltage or current range

一个规定的频率或波形的电压或电流范围，在此范围内已证实测量系统能按规定的 uncertainty 使用。

注：认可的工作范围极限可由使用者选定，并经本标准规定的性能试验加以确认，上限（认可的最大工作电压或电流）可以小于额定电压或电流（例如，额定电压为 2.5 MV 的雷电冲击测量系统在某工业实验室内如果仅仅进行 850 kV~1.05 MV 雷电冲击电压试验，该系统可以在 750 kV~1.2 MV 范围内认可）。

### 3.11 有关试验的定义

#### 3.11.1 验收试验 acceptance test

测量系统或装置在使用前进行的试验。验收试验是为了评定其特定的特性，包括型式试验和例行试验。前者在样机上进行，后者每台装置均作。例如元件的温度系数，耐受试验等。此外，测量系统的验收试验还包括首次性能试验。

#### 3.11.2 性能试验 performance test

对整套测量系统在工作条件下检测其性能的试验。

#### 3.11.3 性能校核 performance check

验证最近一次性能试验所确定的结果是否仍有效所进行的简化试验。

#### 3.11.4 参考记录 reference record

性能试验中规定的条件下得到的记录，可用来与将来进行的相同条件下试验或校核所得的记录进行比较（见 9.3.3）。

## 4 认可的测量系统的性能记录

### 4.1 总则

认可的测量系统需经验收试验并在其使用期限内进行试验和校核。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) 系统的定期性能校核。

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被推荐在附录 B（提示的附录）的 B1~B6 中，而最简便格式列于 B7 条中。

对于本标准公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，则用按本标准进行性能试验的记录连同按以前标准进行校核的证明文件，说明刻度因数是稳定的。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测量系统应包括各种组合的单独性记录，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长度及能满足相应标准的替代性指示仪器。

### 4.2 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（见 B2）。

第 B 章：转换装置、传输系统和测量仪器的验收试验结果（见 B3）。

第 C 章：全套测量系统上进行过的例行试验结果（见 B4）。

第 D 章：系统性能试验结果（见 B5）。

第 E 章：性能校核结果（见 B6）。

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 章为初始性能试验记录；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。

详见附录 B。

## 5 试验程序和一般要求

### 5.1 总则

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,这样测量系统的刻度因数在长时间内就可保持稳定。

## 5.2 对转换装置的试验

### 5.2.1 刻度因数确定

按下列方法之一确定转换装置刻度因数:

- 同时测量转换装置的输入和输出量。
- 电桥法。即采用某种桥式回路,使被测转换装置的输出与一个准确可调的标准转换装置的输出相平衡,这时两者刻度因数相等。
- 测量高压臂和低压臂的阻抗值,通过计算求分压比。

### 5.2.2 线性度试验

在系统的被认可电压或电流范围内的最大和最小值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 5.5.2 条与标准测量系统相比对。

替代试验如下:

- 已按标准方法确定了线性度的认可的测量系统可被用来代替标准测量系统。
- 在既无标准测量系统又无认可的测量系统,线性度试验可按本标准有关条款所述方法之一进行。

### 5.2.3 短期稳定性试验

对转换装置连续地施加额定电压或电流(对于冲击试验则以最大施加次数),持续时间相当于预期使用时间,在施加电压前和施加电压后(10 min 内)分别测量刻度因数。测得值之差应在 $\pm 1\%$ 范围内。

除非另有规定,直流和交流电压测量系统均应可连续使用。冲击测量系统的最大施加次数应为每分钟二次。

最大使用时间或最大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。

### 5.2.4 单个元件的长期稳定性

单个元件的稳定性,电压和电流效应,温度效应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 $1\%$ 。

### 5.2.5 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,并应列在性能记录中。

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,都要证实:计及温度校正后,刻度因数的变化仍在 $\pm 1\%$ 范围内。

### 5.2.6 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(或一个带电物体)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,或范围的情况下进行认可。

### 5.2.7 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测量系统中进行。

### 5.2.8 测定幅-频响应

对被试系统输入一个幅值已知的正弦波信号(一般是低电压),测量其输出。在适当频率范围内,重复进行试验即可测得幅-频特性。

### 5.2.9 测定阶跃波响应

对被试系统输入阶跃电压或电流,测量其输出。

注:详见附录 C。

### 5.2.10 耐受试验

转换装置应通过 110% 的额定值的干耐受试验,试验电压(或电流)的波形和频率要满足规定,试验程序见 GB/T 16927.1。

特别规定时,湿和污秽耐受试验作为型式试验进行。

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试品上发生的破坏性放电而其特性无任何改变。

### 5.3 传输系统的试验

带有源元件的传输系统的试验参照 5.2 所列程序进行。

### 5.4 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,若无标准或检定规则,则按 5.2 所列相应程序进行。

### 5.5 性能试验

#### 5.5.1 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,对于冲击测量系统,性能试验还要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(或电流)的大小,试验回路和测量回路的相互干扰,进行现场校准是必须的。测量系统或他们的组件可以运到其他实验室模拟性能记录所述使用条件进行校准,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。

确定标定刻度因数的标准方法是在最大工作电压或电流下(只要有可能)与标准测量系统比对(见 5.5)。由于最高电压或电流的标准测量系统难以获得,因而可在低的电压或电流,如 20% 最高工作电压或电流下进行比对(见 5.5.2a)。对于峰值超过 1 MV 的雷电冲击,可在 200 kV 下进行比对。确定标定刻度因数的电压或电流应在线性度试验所覆盖的范围内。此外,可根据测到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 5.5.2b)。

确定测量系统刻度因数所用的所有装置必须进行校准,测量系统中所用全部仪器仪表都必须检定,它们的量值应溯源到国家基准。

#### 5.5.2 确定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(为确保测量值中的“偏离”量适当,测量需小心进行)。校准用输入电压(或电流)的类型,波形及频率必须与被测量相同。若此条件不满足,则应提供标定刻度因数所适用的频率范围或波形的证明文件。

校准时的条件应记入性能记录中。

a) 标准方法:和标准测量系统相比对

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - F_m)^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (6)$$

注

1 假如一个估算值  $F_0$  引入公式中  $F_m$  的位置,得到的标准偏差也不大于  $F_m$  的 1%,那么这个  $F_0$  也可作为标定刻

度因数。

- 2 对于直流和交流电压测量,既可施加一次试验电压,读取  $n$  次读数,也可施加  $n$  次试验电压读取每次读数。对于冲击测量,则应施加  $n$  次冲击。

试验应在同一电压或电流水平下进行,最好在额定电压下,至少应在不低于 20% 额定电压或电流下进行。对于冲击电压,可采用 200 kV。但必须保证,此电压或电流在线性度试验覆盖的范围内。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),每个刻度因数都应该进行试验。

注

- 3 对于采用二次分压器的测量系统,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。
- 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(见附录 F)。

#### b) 替代方法:组件校准

标定刻度因数可以用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体的标定刻度因数用 5.2.1 条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相应标准确定,校准时要计及各组件的相互影响。

### 5.5.3 动态特性试验(对冲击测量系统)

应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,(须确保测量值中的“偏离”量适当,测量须小心进行)。校准用输入电压或电流的类型,波形及频率必须与被测量相同。若此条件不满足,则应提供标定刻度因数所适用的频率范围或波形的证明文件。

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。

#### a) 标准方法:与标准测量系统比对

可利用 5.5.2a 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:

- 两个系统测得的每一时间参数的差值应在由标准测量系统测得的相应值的  $\pm 10\%$  的范围内。
- 对于每一时间参数,被试系统与标准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%。

#### b) 替代方法:阶跃波响应测量

按 5.2.9 条测量被试系统的阶跃波响应,并求响应参数,这些参数应满足本标准相应条款中提出的要求。

### 5.5.4 干扰试验(对冲击测量系统)

试验在测量系统上进行,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或电流下进行。

测到的干扰幅值应小于 1% 的测量系统测此电压或电流时的输出,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。

## 6 认可的测量系统的鉴定和使用

### 6.1 测量系统的鉴定

测试实验室应采用此节所列的试验来鉴定其测量系统。此外,测试实验室可选择由国家实验室或认

证过的校准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认证机构规定。

每一测量系统均应经过验收试验(只进行一次,见 3.11.1),定期重复性能试验(见 6.3)和经常重复的性能校核(见 6.4)。每种类型的测量系统所应进行的试验汇总表列于附录 E 中。

## 6.2 使用条件

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

认可的电流测量系统应与试品串联。

在干燥和无污秽的工作条件下,认可的测量系统一般都可以在所要求的不确定度范围内使用。

## 6.3 性能试验

为保持测量系统的特性,应定期地重复 5.5 条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,但每五年至少重复一次。

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 7.4、8.4、9.4、10.4 和 11.4)。

## 6.4 性能校核

应根据测量系统稳定性的时限进行性能校核(如性能记录所示)。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 7.4、8.4、9.4、10.4 和 11.4 所述。

# 7 直流电压测量

## 7.1 对认可的测量系统的要求

一般要求是测量试验电压算术平均值的测量总不确定度应不超过 $\pm 3\%$ 。

在存在幅值不超过 GB/T 16927.1 所规定的纹波时,也不应超过上述总不确定度范围。

注:应注意交流电压可能耦合到测量系统,并影响测量仪表读数。

### 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湿度的范围内,转换装置和传输系统的刻度因数的变化不应超出 $\pm 1\%$ 。

测量仪器的准确度等级应等于或优于 0.5 级,或按本标准进行试验。

直流电压转换装置的结构应保证所有沿外表面的泄漏电流能直接导入地;内部泄漏电流相对于测量电流可忽略不计。

注:为使泄漏电流与测量电流之比较小,要求在额定电压时的测量电流高达 0.5 mA 可能是必需的。

### 7.1.2 测量上升电压的动态特性

认可的测量系统的实验响应时间  $T_N$  不应大于 0.5 s。这样将确保以 GB/T 16927.1 中规定的绝缘试验电压上升速率升压时的测量准确度达到 7.1 条的要求。

注

1 在一些情况下,使转换装置的响应时间远小于 0.5 s,以便在试验回路发生闪络时改善其特性。但为避免高压源纹波对测量值的影响,测量系统(包括测量仪器)的响应时间应大于  $5/f$ ,  $f$  是纹波的基频。

2 在某些情况下,例如污秽试验中,可能要求检测暂态分量。本条对此未提要求。一些导则可参见冲击电压测量条款。

## 7.2 认可的测量系统组件的验收试验

为通过验收试验,测量系统的各组件应通过本章所列的型式试验和例行试验的要求。通常用在同类产品的单件上作试验或按制造厂的数据可满足型式试验的要求。例行试验应在每一组件上进行。详见第 5 章和第 4.1 条。

型式试验:

- a) 组件的温度效应(可按各元件的数据进行计算);
- b) 长期稳定性;
- c) 转换装置的温度效应;
- d) 动态特性(测量响应时间);
- e) 转换装置的湿耐受或污秽耐受试验(被要求时);
- f) 使用时间。

例行试验:

- a) 确定刻度因数;
- b) 线性度;
- c) 短期稳定性;
- 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按 5.2.1 条中介绍的方法之一利用直流电压测量确定。

### 7.2.2 线性度试验

线性度试验应在系统所用的每一极性下进行。

- a) 标准方法:与标准测量装置比对,详见 5.2.2 条。

此外,也可采用下述方法之一:

- b) 与认可的测量系统比对,见 5.2.2 条。
- c) 与标准测量装置比对。

转换装置应包含在相应的测量系统内,并用 GB/T 16927.1 附录所示的棒-棒间隙来校核,其间隙距离和湿度的极限也应在该附录所列范围内。试验应在相对应于被认可系统电压范围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。整个线性度试验应在短时间内进行,这样就不必进行大气条件修正。

除不必进行大气条件修正外,其他均采用 GB/T 16927.1 所列程序。如果每一间隙的破坏性放电电压与被试系统相应输出的比值均在其平均值的 $\pm 1\%$ 范围内变化,则认为系统是线性的。

- d) 多级型装置的特定试验

对于由多级组成的转换装置,应先按 5.2.2 条所述对每一级进行线性度校核,然后在最大工作电压下校核组装后的转换装置的线性度,校核时是比较转换装置高压端的输入电流与其低压端的输出电流,两者之差不应超出 $\pm 1\%$ 范围。

- e) 与线性 AC/DC 变换器的输入电压相比较

将测量系统的输出和 AC/DC 变换器输入的交流电压峰值相比较来校核线性度应在系统被认可的电压范围内的最大、最小以及其间三个大致等分的电压值下进行试验。如果每一测量电压与相应的 AC/DC 变换器输入交流电压峰值之比值均在其 $\pm 1\%$ 的平均值内变化,则认为系统是线性的。应采用标准测量系统或认可的测量系统来测 AC/DC 变换器的输入交流电压。

试验 c)、d)和 e)都是一种经济简便的替代试验。但不满足 c)或 d)或 e)的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)的试验。符合 a)或 b)试验极限要求的测量系统被认为是线性的,而不再考虑它以前曾不满足 c)或 d)或 e)的要求。

### 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代表其工作条件(特别是对地和对带电体净距)的整个测量系统上进行。

试验可在低电压下进行。所加阶跃波的上升时间应小于响应时间的十分之一,而其源的内阻应小于被试系统输入电阻的千分之一。

此外,可进行频率响应试验以证实上限频率是足够高的。

### 7.3 性能试验

测量系统的标定刻度因数应按 5.5.2 条所述方法确定。

### 7.4 性能校核

认可的测量系统的刻度因数应用下列方法之一来校核:

#### a) 校核组件的刻度因数

应采用不确定度不超过 $\pm 1\%$ 范围的内部或外部校准器来校核每组件的刻度因数。

如果每一刻度因数与它前值之相对变化均不大于 $1\%$ ,则认为测量系统的标定刻度因数是有效的。

若有一因数相对变化较大,则需再次确定标定刻度因数(见 6.2)。

#### b) 校核测量系统的刻度因数

应按 5.5.2 条的程序与另一认可的测量系统进行比对,或与 GB/T 16927.1 附录中规定的标准测量装置进行比对。如果两测量值之差在 $\pm 3\%$ 范围内,则可认为标定刻度因数有效。如果差值较大,则应再次确定标定刻度因数(见 6.2)。

### 7.5 标准测量装置

按 GB/T 16927.1 附录设计和应用的棒-棒间隙是直流电压标准测量装置,其不确定度在 $\pm 3\%$ 范围内。

### 7.6 测量纹波幅值

#### 7.6.1 对认可的测量系统的要求

应以总不确定度不超过 $\pm 10\%$ 纹波幅值与 $\pm 1\%$ 直流电压算术平均值两者中的最大值的要求来测纹波幅值。

可用独立的测量系统或同一转换装置带两台不同的仪器来测电压平均值和纹波幅值。

7.6.2 和 7.6.3 条所规定的试验仅适用于测量纹波幅值的系统,而且都是性能试验。

#### 7.6.2 测量纹波频率下的刻度因数

测量系统的刻度因数应在纹波的基频频率 $f$ 下测量,其不确定度应不超过 $\pm 3\%$ 范围,可按各组件的刻度因数的乘积来确定刻度因数。

#### 7.6.3 动态特性

测量系统的幅-频响应的上限频率 $f_2$ 应大于 10 倍的纹波基频频率 $f$ 。

## 8 交流电压测量

### 8.1 认可的测量系统的要求:

一般要求是在额定频率下测量试验电压峰值或有效值的总不确定度应在 $\pm 3\%$ 范围内。

#### 8.1.1 刻度因数的稳定度

在性能记录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超过 $\pm 1\%$ 。

测量仪表的准确度应达 0.5 级或按本标准进行试验,使用峰值电压表时,其不确定度不应超过 $\pm 1\%$ 范围。

#### 8.1.2 动态特性

测量系统的幅-频响应在 0.2~7 倍的试验电压频率范围内的变化不应超过 $\pm 2\%$ ,在接上试品引起 7 次以上谐波分量增大时,幅-频响应的变化也不应大于最高谐波频率的 $2\%$ 。特殊要求可由有关标准规定。

注

- 1 在某些情况下,可能需要测量叠加在交流电压上的暂态电压,此处未给出具体要求,但可从第 9 章得到某些导则。

2 某些试验电源不会产生谐波,例如串联谐振试验装置。

## 8.2 认可的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,通常用在同类产品的单件上作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5章和4.1条。

型式试验:

- a) 组件的温度效应(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;
- c) 邻近效应;
- d) 转换装置的湿耐受或污秽耐受试验(被要求时);
- e) 使用时间;
- f) 传输系统的温度效应;
- g) 动态特性(幅-频响应测定)。

例行试验:

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

### 8.2.1 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按5.2.1节中所列方法之一,利用交流电压在额定频率下确定。

### 8.2.2 线性度试验

应按下述进行线性度试验:

- a) 标准方法:与标准测量系统比对,见5.2.2。

此外,也可采用下述方法之一:

- b) 与认可的测量系统比对,见5.2.2。
- c) 与标准测量装置比对。

测量系统应与符合GB 311.6规定使用的球隙相校核。试验应在相应于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。整个线性度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之比值均在其平均值的 $\pm 1\%$ 范围内变化,则可认为系统是线性的。

注:上述条件满足时,球隙放电电压的偏差可在 $\pm 1\%$ 之内。

- d) 多级电容式转换装置的特定试验

对于由多个电容器组成的转换装置,按下述三个步骤试验:

——按5.2.2条规定,对一个等同完整的转换装置(装有高压极)进行型式试验。

——在5.2.2条所规定的五个电压下测量每一电容器的电容值,在整个电压范围内每个电容值的变化均不应超过 $\pm 1\%$ 范围。

——组装后的转换装置在额定电压下应无可见或可听到的电晕。

- e) 与变压器(或串接变压器)的输入电压相比对

用测量系统测变压器的输出电压,对照变压器的输入电压来校核测量系统。试验应在被认可系统电压范围的最大和最小值及中间三个大致相等的电压下进行。假如每一测得的输出电压和相应输入电压的比值均为其平均值的 $\pm 1\%$ 范围内变化,则认为此系统是线性的。试验变压器的输入电压必须用标准测量系统或认可的测量系统来测量。