

中华人民共和国工业和信息化部发布

**2021—XX—XX实施**

**2021—XX—XX发布**

**交流、直流、冲击电压通用分压器**

**测量系统校准规范**

（报批稿）

**Calibration Specification for AC、DC&Impulse General VoltageDividerTest system**

JJF（机械）1063-2021

**中华人民共和国工业和信息化部**

**机械计量技术规范**

**交流、直流、冲击电压通用分压器测量系统校准规范**

Calibration Specification for AC、DC& Impulse General Voltage Divider Test system

**JJF (机械)1063-2021**

****

**归口单位**：中国机械工业联合会

**起草单位**：西安高压电器研究院有限责任公司

本规范条文由全国机械汽车专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

郭小妍（西安高压电器研究院有限责任公司）

赵 昱（西安高压电器研究院有限责任公司）

任稳柱（西安高压电器研究院有限责任公司）

参加起草人：

葛 震 （甘肃电器科学研究院有限责任公司）

常 旖 （西安高压电器研究院有限责任公司）

张 茜 （西安高压电器研究院有限责任公司）

**目 录**

[引言 1](#_Toc76032026)

[1 范围 2](#_Toc76032027)

[2 引用文献 2](#_Toc76032028)

[3 术语和计量单位 2](#_Toc76032029)

[4 概述 3](#_Toc76032030)

[5 计量特性 4](#_Toc76032031)

[6 校准条件 5](#_Toc76032032)

[7 校准项目和校准方法 6](#_Toc76032033)

[8 校准结果的表达 13](#_Toc76032034)

[9 复校时间间隔 13](#_Toc76032035)

[附录A： 14](#_Toc76032036)

[附录 B 20](#_Toc76032037)

[附录C： 24](#_Toc76032038)

引言

本规范依据国家计量技术规范JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与标示》编制而成。本规范参照采用了国家标准GB/T16927.2-2013《高电压试验技术第2部分测量系统》有关交流、直流和冲击电压测量的计量性能的规定。

本规范为首次发布。

**交流、直流、冲击电压通用分压器测量系统校准规范**

1 范围

本规范适用于测量电压高于1000V的交流、直流、冲击的通用分压器测量系统的校准。

2 引用文献

本规范引用了下列文件

GB/T 16927.1-2011高电压试验技术第1部分：一般定义和试验要求

GB/T 16927.2-2013《高电压试验技术第 2部分：测量系统》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改版)适用于本规范。

3 术语和计量单位

下列术语和定义适用于本规范

3.1测量系统 Measuring systems

用于进行高电压测量的整套装置。用于获取或计算测量结果的软件也是测量系统的一部分。

3.2 测量系统组件 Components of a measuring system

3.2.1通用分压器 voltage divider

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：通用分压器的两个臂的元件通常电阻、电容的组合体。

3.2.2传输系统transmissionsystem

将转换装置的输出信号传递到测量仪器的一套装置。

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、放大器或其他装置。

注2：传输系统可全部或部分地归入转换装置和测量仪器中。

3.2.3测量仪器 measuring instrument

单独或与辅助设备组合，用于进行测量的装置。

3.3刻度因数 scale factor

与测量仪器的读数相乘便得到整个测量系统的输入量值的因数。

注1：对不同标定测量范围、不同的频率范围或不同的波形，一个测量系统可有多个刻度因数。

注2：直接显示输入量值的测量系统，其标称刻度因数为1。

4 概述

交流、直流、冲击电压通用分压器测量系统（以下简称通用分压器测量系统）是用于测量交流、直流和冲击电压的测量装置，它可用同一套分压器测量系统将被测交、直流电压通过转换装置按一定的比例转换为可以用低压数字表或峰值电压表直接测量的交、直流电压；并可将高压端的冲击高压转变成可供显示或测量仪器直接输入的低压冲击电压信号。因此要求通用分压器有稳定而准确的分压比以及良好的动态特性。它由转换装置、传输系统和测量仪器等组成。

通用分压器由高压臂和低压臂两部分组成。高电压加在高压臂顶端。低压臂一端和高压臂相连，另一端必须接地。输出信号由高、低压臂连接经匹配阻抗引出，经过测量电缆引到显示仪器。通用分压器的高压臂一般是由阻容结构。

二次电压输出端通常使用屏蔽电缆与低压数字电压表、峰值电压表或数字示波器等测量仪器连接。其原理图见图1。



图1通用分压器电压测量系统原理图

*U*1--被测高电压；

*U*2--高压测量系统低压输出端输出电压。

为了减少外界的干扰，通用分压器的低压输出端通常使用屏蔽电缆与低压数字表、峰值电压表或数字示波器连接，电缆的屏蔽层与芯线间的电容与通用分压器的低压臂阻抗并联，因此应把传输电缆视为数字高压表、峰值电压表或数字示波器的一部分。

5 计量特性

5.1基本误差

通用分压器测量系统的基本误差表达式为公式（1）。

γ= （1）

式中：γ——被校电压测量系统基本误差；

*U*1——标准测量系统测得的电压值；

*U*2——被校测量系统测得的电压值；

冲击波前时间与半峰值时间基本误差的表达式为公式(2)

（2）

式中: γ2——被校电压测量系统时间基本误差；

*Tn*——标准测量系统测得的时间值；

*Tx*——被校测量系统测得的时间值；

5.2短时稳定性

通用分压器电压测量系统在其技术条件规定、保证准确度的环境条件内：

交流、直流分别在额定工作电压下30min内，其误差的变化应不大于与其准确度等级对应的误差限值的1/2。

冲击在适当的预期使用时间内，对测量系统连续施加标定测量范围的最大电压（对冲击则以标定最大施加次数），在刚刚达到最大电压时，立即测量刻度因数，并在电压减小前立即重复测量。

注1：短时稳定性试验应包括转换装置的自热效应。

注2：电压施加时间不能长于标定工作时间，但可限制到一个足以达到平衡的时间。如被校通用分压测量系统技术条件有预热要求时，应先预热后再按要求进行该项校准。

5.3长期稳定性

通用分压器测量系统误差的年变化量应不大于其允许误差的2/3。

注：长期稳定性通常规定以一年为周期。

5.4线性度试验

适用于被校系统测量范围超过标准测量系统测量范围的情况，在高于标准测量系统最高电压水平至被校系统最高测量电压的比对区间内，被校系统的基本误差的变化应不超过被校系统允许误差的1/3。

5.5绝缘强度

通用分压器测量系统分别进行交流、直流、冲击的绝缘强度试验。

交流实验应能承受1.1倍额定电压1分钟的耐压试验而无闪络或击穿现象。当试验电压下降到工作电压范围内时，仍能保持原有测量不确定度。

直流实验应能承受1.1倍额定电压1分钟的耐压试验而无闪络或击穿现象。当试验电压下降到工作电压范围内时，仍能保持原有准确度。试验应在系统使用的正负极性下各进行三次试验。

冲击实验应通过具有规定电压值、要求频率或波形的电压的干耐受试验。建议耐受试验电压为额定工作电压的110%，耐受试验的试验程序见GB/T 16927.1。对于新制造、修理后，以及运行中的分压器都应按使用的波形，在其额定电压的1.1倍，正负极性下各进行三次试验，能耐受者为通过。

6 校准条件

6.1环境条件

6.1.1校准时的环境温度：20℃±10℃；相对湿度：不大于 80%。

6.1.2周围环境清洁，无腐蚀介质，无明显振源和电磁干扰。

6.1.3由外界电磁场影响而引起的误差，应小于被校通用分压器测量系统允许误差的1/10 。

6.1.4被校通用分压器测量系统四周与其高度相等的范围应无其他物体。

6.1.5 周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械震动。(改到环境条件部分)

6.2测量标准及其他设备

6.2.1校准的主要设备：

根据采用的校准方法，选择以下标准设备：

1. 标准交流电压测量系统；
2. 标准直流电压测量系统
3. 标准冲击电压测量系统

6.2.2校准用标准电压测量系统的扩展不确定度（*k*=2）应不超过被校测量系统最大允许误差的1/3。

6.2.3标准分压器应能允许耐受额定电压的最大值。

6.2.4一般地，标准测量系统总不确定度小于被校测量允许误差的1/3。

6.3辅助设备

辅助设备主要是交流高压电源、直流高压发生器、冲击电压发生器，其技术条件应满足以下要求：由交流高压电源、直流高压发生器、冲击电压发生器稳定性引起的误差应小于被校通用分压器测量系统允许误差的1/10。

6.3.1交流高压电源和调压控制装置，应满足电源谐波总含量不大于5%。

6.3.2直流高压发生器的纹波系数应不大于1%。

6.4校准中使用的交流高压电源、直流高压发生器的电压调节装置应能保证输出电压由接近零值平稳连续地调到被校电压测量系统的额定电压。

7 校准项目和校准方法

7.1校准项目

校准项目见表1

表1校准项目

|  |  |
| --- | --- |
| 校准项目 | 需要校准项目 |
| 外观及标志检查 | + |
| 基本误差 | + |
| 测量系统的刻度因数校准 | + |
| 线性度校准 | + |
| 时间参数校准 | + |
| 短时稳定性 | - |
| 长期稳定性 | - |
| 冲击电压耐受试验 | - |
| 交流绝缘强度 | - |
| 直流绝缘强度 | - |
| 注：“+”为需校准项目，“-”为首次校准需增加的项目 | |

7.2 校准方法

7.2.1外观及标志检查

目测方法检测，通用分压器测量系统外观应完好，各端子标志清晰明确，外露件不应有松动和机械损伤。应有专用的接地端钮，且有明显的接地标识。通用分压器测量系统铭牌上应明确标明：产品名称、型号、制造厂名、出厂日期、出厂编号、准确度等级、额定电压等信息。测量系统各个功能及显示应正常，各个开关和按键应能正常工作。

7.2.2基本误差的校准方法

通用分压器测量系统基本误差的校准采用如图2所示的直接比较法进行校准。即同时用标准测量系统和被校测量系统测量同一高电压（交流、直流、冲击接线方法相同，测量仪器有区别），两个测量系统同时读数，标准测量系统测出实际高压值*U*1，被校准测量系统测出高压值*U*2，利用公式（1）计算出被校测量系统的电压基本误差。



图2校准接线示意图

交流、直流、冲击要在同一标定刻度因数下分别进行误差校准试验，每一分项的误差不得超过准确度等级要求。

当被校准通用分压器测量系统的测量范围在标准电压测量系统的测量范围内时，需在标定测量范围的最小和最大值之间直接与标准测量系统进行比对，同时还应在至少3个近乎相等间隔的中间值下进行比对（见图3），通常校准选点为被校测量系统的10%，20%，50%，80%，100%额定电压点。此时不需再进行线性度试验。

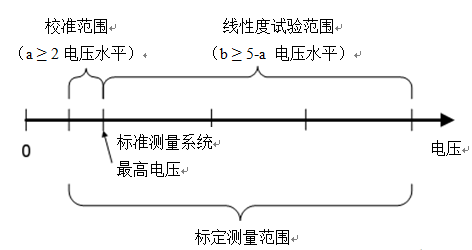


图3 线性度试验

在标定测量范围超过标准测量系统测量范围情况下，应根据图2线路比对至标准测量系统的最高电压水平，且应保证比对电压不低于标定测量范围的20%（见图3），且至少选择2个校准点进行校准，并附加进行线性度试验。

校准范围

（a ≥ 2电压水平）

线性度试验范围

（b ≥ 5-a 电压水平）

标准测量系统

最高电压

标定测量范围

电压

7.2.3测量系统的刻度因数校准

整套通用分压器测量系统的刻度因数是通过与标准测量系统的比对确定的。

用于校准的输入电压应与被测电压具有相同类型、频率或波形。如不满足此条件，应估算相关不确定度分量。

对溯源至国家计量院的比对标准测量系统，应与被校测量系统并联连接（如图5所示）。应采取措施避免转换装置和测量仪器间的接地环路。



图4 电压测量系统刻度因数校准比对框图

两个系统应同时读数。由标准测量系统读到得每次测量的输入量除以被校测量系统仪器的相应读数求得该次测量的刻度因数*F*i值。重复该测量*n*次求取被校测量系统在某一电压水平*u*g下的刻度因数平均值*Fg*。平均值由公式（3）给出：

 (3)

交流、直流、冲击每一分项应分别单独测量计算刻度因数，如三项刻度因数间误差不超过1%，且系统要求使用拟合刻度因数时，应使用平均值作为通用分压器测量系统的统一刻度因数。

7.2.4 冲击时间参数校准

当冲击电压的时间参数在规定的范围内时，冲击电压的认可测量系统应能在规定的不确定度限值内准确测量时间参数（*T*1，*T*2，）。由比对的方法确定。该方法同样也适用于其它时间参数。

*T*1：波前时间，视在参数，定义为试验电压曲线峰值的30%和90%之间时间间隔*T*的1/0.6倍。

*T*2：半峰值时间，视在参数，定义为从视在原点*O*1到试验电压曲线下降到试验电压值一半时刻之间的时间间隔。

注：时间参数不确定度估算得出的是绝对不确定度值。

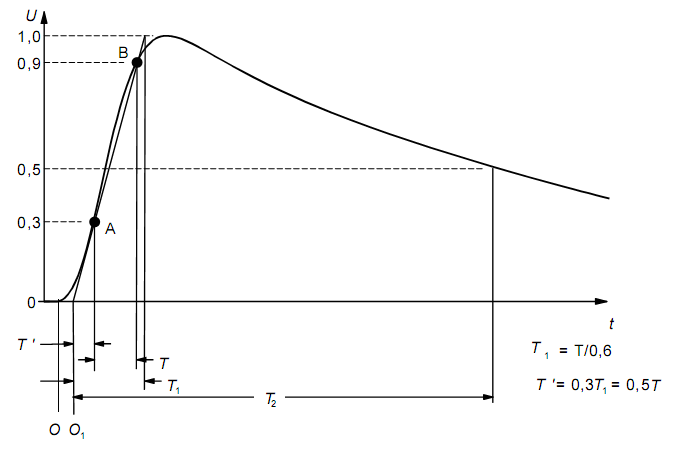


图5 电压时间间隔

7.2.6 线性度校准

在标定测量范围超过标准测量系统测量范围情况下，被校准的通用分压器测量系统应进行线性度试验，线性度试验的选点如图4所示，在标准测量系统的最高电压水平内至少选择2个，然后，在与标准测量系统比对的最高电压至被较准准测量系统的最高测量电压之间至少选择3个测量点，线性度测量见图3。

高于标准器额定电压时线性度测量采用以下方法：

7.2.6.1交流部分线性度校准方法：

方法一：对有测量绕组的工频电压变压器的线性度试验

试验变压器在空载的条件下，如图8所示接线，同时用被校准系统测量高电压*U*x和用数字电压表测量试验变压器的测量绕组的输出电压*U*2，计算每一个测量点记录的*U*xi与*U*2i的比值*F*i，*F*i=*U*xi/*U*2i, 然后根据公式（3）计算平均的比值系数*F*，

（4）

在整个测量范围内*F*i与*F*的相对变化量若满足被校准工频高压测量系统的允许误差，则其线性度满足要求，若使用该方法得到的线性度不满足要求不一定意味着被校系统非线性不满足要求，这种情况下需要用其它方法确其线性度。

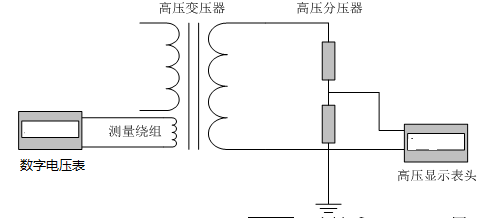


图6 校准接线示意图

方法二：多级分压器组成的通用分压器测量系统的线性度试验

如果工频高压测量系统的转换装置是由多级分压器组成，可以测量被校准系统的分压器的每一节高压臂和低压臂组成的新系统的线性度，从而推算整个测量系统的线性度。

方法三：与认可测量系统的比对

依据7.2.6所述步骤，用认可测量系统的输出可校核其它测量系统的线性度。一般认为由SF6气体标准电容器组成的分压器具有良好的线性度，可以作为其他种类转换装置组成的工频高压测量系统线性度试验中的参考分压器。

7.2.6.2 直流部分线性度校准方法：

方法一：倍压法

用标准直流电压表读取倍压直流高压发生器的第一级倍压上的直流电压，如果倍压直流高压发生器的级数为n，被校准的直流电压测量系统读数应为标准读数的n倍，从而可以得出被校准的直流电压测量系统的测量线性度。

方法二组件法

如果直流电压测量系统的转换装置是由多级分压器组成，可以用具有不大于1%的扩展不确定度的标准直流电压测量系统来校核被校准系统的分压器的每一节高压臂和低压臂组成的新系统的基本误差，从而推算整个测量系统的线性度。

方法三与认可测量系统的比对

当认可的标准测量系统线性度已知时，依据 7.2.6所述步骤，用认可标准测量系统的输出可校核其它测量系统的线性度。

注：认可测量系统为满足使用要求或技术指标的测量系统。

7.2.6.3 雷电冲击部分线性度校准方法

方法一 与线性高电压发生器的输入电压比对

用高压发生器的输入电压校核测量系统的输出。

注1：此方法尤其适用于多级冲击电压发生器充电电压。

注2：应当注意电压发生器所有级的均匀充电。必须让发生器所有级有足够的时间充电后再触发。

方法二 与电场测量仪器输出比对（电场探测）

可用相关的电场测量系统校核测量系统，该电场探头放置在某一正比于被测电压的电场中并测量电场。

电场测量系统应当对被测电压类型有足够的响应。

注：该方法适用于电晕起始电压（见IEC 60270）及以下的测量场合。

方法三 与GB/T 311.6推荐的标准空气间隙比对

可用球隙校核交流或雷电、操作冲击电压测量系统。这情况下的比对均应依据GB/T 311.6给出的方法进行。

整个线性度试验应当在大气条件不改变且由此不需进行大气校正的短时间内进行。否则，须依据GB/T 16927.1进行校正。

方法四 多级转换装置（分压器）的方法

对一个由几个相同高压单元组成的转换装置，应进行以下试验：

——在一个等效的完整转换装置（安装了电极）上进行规定的型式试验。

——在5个均等间隔的电压下测量每一个高压单元的电容和/或电阻值。对电容值和/或电阻值计算得到的每个电压和低压臂的对应电压计算其刻度因数。

——对装配好的转换装置的校核不应受电晕及在标定测量范围的上限电压下的其它影响。

注：可视及可听见电晕或泄漏电流会产生很大影响。

8 校准结果的表达

经校准后应出具校准证书，校准证书由封面和校准数据内页组成，封面由校准机构确定统一格式，校准数据按附录A、附录B要求，并可根据通用分压器测量系统的情况进行填写。校准证书应至少包括以下信息：

a) 标题，如“校准证书”；

b) 实验室名称和地址；

c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

d) 证书和报告的唯一标识（如编号），每页及总页数的标识；

e) 送检单位的名称和地址；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，应说明被校对象的接收日期；

h) 本校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

i) 本次校准所用的测量标准的溯源有效性说明；

j) 校准环境描述；

k) 校准结果及其测量不确定度的说明；

l) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；

m) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

n）未经实验室书面授权，不得部分复印证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

通用分压器测量系统在修理或调整后，应经校准才能使用。

附录A：

**校准原始记录格式**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 委托单位： | | |
| 委托单位地址： | | |
| 仪器名称： | 型号规格： | 出厂编号： |
| 制造单位： | 不确定度/准确度等级/允许误差： | |
| 校准地点： | 环境温度： | 相对湿度： |
| 校准日期： | 校准员： | 核验员： |

校准用主要计量标准器具：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器名称 | 型号/出厂编号 | 不确定度/准确度等级/允许误差 | 证书编号 | 证书有效期至 | 溯源至 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

A.1、外观检查：

A.2、基本误差：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工频电压基本误差 | | | |
| 示值（kV） | 实际值（kV） | 误差（%） | 测量不确定度*U*rel（*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 直流电压基本误差 | | | |
| 电压极性：□正极性 □负极性 | | | |
| 示值（kV） | 实际值（kV） | 基本误差（%） | 测量不确定度  (*U*rel ,*k*=2) |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 冲击电压基本误差 | | | |
| 电压极性：□正极性 □负极性 | | | |
| 示值（kV） | 实际值（kV） | 基本误差（%） | 测量不确定度  (*U*rel ,*k*=2) |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

A.3、线性度试验：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 工频电压线性度： | | | | |
| 被校系统示值*U*x (kV) | 变压器空载测量线圈*U*2电压(V) | *U*x和*U*2比值*F*i | *U*x和*U*2比值的平均值*F* | *F*i与*F*的相对变化量（%） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工频电压线性度试验 | | |
| 被校系统示值 (kV) | 变压器输出电压推算值(kV) | 误差（%） |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 直流电压线性度试验 | | | | |
| 电压极性：□正极性 □负极性 | | | | |
| 被校系统全级示值*U*1(kV) | 一级倍压测量实际值*U*2 (kV) | *U*1和*U*2比值F | *F*的平均值*F*1 | *F*1与*F*的相对变化量（%） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| 冲击电压线性度测量试验 | |
| 被校系统示值（kV） | 充电电压（kV） |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

A.4、冲击时间校准：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 时间基本误差： | | | |
| 波前时间T1  示值（μs） | 波前时间T1  实际值（μs） | 误差（%） | 扩展不确定度（(*U*rel ,*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 半峰值时间T2  示值（μs） | 半峰值时间T2  实际值（μs） | 误差（%） | 扩展不确定度（(*U*rel ,*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

A.5 冲击电压测量系统的刻度因数校准：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 量程  （或校准点） | 标准系统测量值（kV） | 被校系统测量值（V） | 刻度因数Fi，g（kV/ V） | 不确定度 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| *F*i，g的平均值 | | |  |  |
| 标定刻度因数 | | |  |  |
| 相对标准不确定度ug | | | |  |
| 标定刻度因数的标准不确定度 | | | |  |

A.6 冲击电压测量系统的动态特性：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验形式 | 施加电压值（kV） | 被校系统读数（V） | 刻度因数（V/kV） |
| 冲击电压（1.2/50μs） |  |  |  |
| 冲击电压（150/4000μs） |  |  |  |
| 相对标准不确定度： | | | |

A.7、绝缘强度试验：

A.8、短时稳定性试验：

A.9、长期稳定性试验：

附录 B

校准证书内页格式

证书编号：XXXXXXXX

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准机构授权说明： | | | | | | |
| 校准环境条件及地点： | | | | | | |
| 温度： | | | 相对湿度： | | | |
| 地点： | | | | | | |
| 校准所依据的技术文件（代号、名称）： | | | | | | |
| 校准用主要计量标准器具： | | | | | | |
| 名称 | 型号规格 | 不确定度/准确度等级/允许误差 | | 出厂编号 | 证书编号 | 有效期 |
|  |  |  | |  |  |  |

注：1、本实验室仅对加盖本实验室校准专用章的完整证书负责。

2、本校准证书所给出的校准结果仅对所校准的对象有效。

3、未经本实验室书面批准，不得部分复制本证书。

第X页 共X页

校 准 结 果

证书编号：XXXXXXXX

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 一、外观及性能检查 | | | |
| 二、交流电压基本误差校准 | | | |
| 示值（kV） | 实际值（kV） | 误差（%） | 不确定度（*U*rel*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 三、直流电压基本误差校准 | | | |
| 电压极性：□正极性 □负极性 | | | |
| 示值（kV） | 实际值（kV） | 误差（%） | 不确定度（*U*rel*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 四、冲击电压基本误差校准 | | | |
| 电压极性：□正极性 □负极性 | | | |
| 示值（kV） | 实际值（kV） | 误差（%） | 不确定度（*U*rel*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

第X页 共X页

校 准 结 果

证书编号：XXXXXXXX

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 五、工频电压线性度试验： | | | | | | | | | |
| 被校系统示值*U*x (kV) | 变压器空载测量线圈*U*2电压(V) | | | *U*x和*U*2比值*F*i | | | *U*x和*U*2比值的平均值*F* | | *F*i与*F*的相对变化量（%） |
|  |  | | |  | | |  | |  |
|  |  | | |  | | |  |
|  |  | | |  | | |  |
|  |  | | |  | | |  |
|  |  | | |  | | |  | |  |
| 六、直流电压线性度试验 | | | | | | | | | |
| 电压极性：□正极性 □负极性 | | | | | | | | | |
| 被校系统全级示值*U*1(kV) | | 一级倍压测量实际值*U*2 (kV) | *U*1和*U*2比值F | | | *F*的平均值*F*1 | | *F*1与*F*的相对变化量（%） | |
|  | |  |  | | |  | |  | |
|  | |  |  | | |  | |
|  | |  |  | | |  | |
|  | |  |  | | |  | |
| 七、冲击电压线性度测量试验 | | | | | | | | | |
| 被校系统示值（kV） | | | | | 充电电压（kV） | | | | |
|  | | | | |  | | | | |
|  | | | | |  | | | | |
|  | | | | |  | | | | |
|  | | | | |  | | | | |

第X页 共X页

校 准 结 果

证书编号：XXXXXXXX

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 八、冲击时间基本误差： | | | |
| 波前时间T1  示值（μs） | 波前时间T1  实际值（μs） | 误差（%） | 扩展不确定度（(*U*rel ,*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 半峰值时间T2  示值（μs） | 半峰值时间T2  实际值（μs） | 误差（%） | 扩展不确定度（(*U*rel ,*k*=2） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

第X页 共X页

附录C：

交流、直流、冲击电压通用分压器测量系统

测量结果不确定度评定示例

**C.1、测量条件**

C.1.1 环境条件：温度：25.0℃，湿度：40.5%RH。

C.1.2 计量标准：标准直流分压器，允许误差：±0.1%；

标准工频分压器，允许误差：±0.2%；

数字多压表，允许误差：±0.02%。

标准冲击分压器测量系统，允许误差：±0.1%；

C.1.3 被测对象：由通用分压器和的数字多用表、数字示波器组成的测量系统。

**C.2、测量模型**

Δ*U* = *U*X－*U* N

式中:

Δ*U*——被测电压测量系统的示值误差；

*U*X——被测电压测量系统的示值；

*U*N——标准电压测量系统的示值。

**C.3 标准不确定度的评定**

因交、直流实验部分与冲击实验部分使用标准器设备与实验原理不同，故应分别进行不确定度分析。

交、直流不确定度分析：

C.2.1 由数字多用表测量重复性引入的标准不确定度。36

在重复性条件下，用标准电压测量系统对20kV分别进行交、直流实验各10次连续测量，数据如下：

交流：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| kV | | | | | | | | | |
| 20.15 | 20.16 | 20.17 | 20.15 | 20.16 | 20.15 | 20.16 | 20.16 | 20.17 | 20.15 |

平均值为20.16kV

由贝塞尔公式得到实验标准差s（xi）==0.007483kV

*u*1rel= s（xi）/20.16kV

=3.7×10-4

直流：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| kV | | | | | | | | | |
| 20.05 | 20.08 | 20.03 | 20.05 | 20.06 | 20.07 | 20.08 | 20.05 | 20.06 | 20.08 |

平均值为20.06kV

由贝塞尔公式得到实验标准差s（xi）==0.01578kV

*u*2rel= s（xi）/20.06kV

=7.8×10-4

C.2.2 标准分压器分压比不准确引入的标准不确定

本次校准使用的标准工频分压器允许误差为±0.2%，则其半宽度为*a*=0.2%，在此区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则相对标准不确定度*u*3为：

*u*3rel=0.2%/=1.1×10-3（均匀分布*k*=）

标准直流分压器引入的不确定度为±0.1%，则其半宽度为*a*=0.1%，在此区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，则相对标准不确定度*u*4为：

*u*4rel =1.0×10-3/=5.8×10-4（均匀分布*k*=）。

C.2.3数字多用表示值不准确引入的不确定度分量

数字多用表在测量范围0.1V、10V、100V中0.1V档允许误差最大，温度变化20℃其值不超过0.02%，则其半宽度为*a*=0.02%，在此区间内认为服从均匀分布，包含因子*k*=，数字多用表的测量不确定度为

*u*5rel=2.0×10-4/=1.2×10-4（均匀分布*k*=）

C.2.4 被校通用分压器测量系统分辨力的影响带来的不确定度分量

被校测量系统的最小分辨力为0.001kV，则其半宽度为0.0005kV，该不确定度分量很小可忽略不计。

C.2.5 工作电磁场的影响带来的不确定度分量

校准地点周围无大功率用电设备及大功率发生器等产生的电磁干扰，故该分量忽略不计。

C.2.6 测试方法或测试线路的影响带来的不确定度分量

因为本次实验测试线路采用技术规范中的标准接线方式，故该分量忽略不计。

C.2.7 由电源稳定度引入的不确定度分量

本次校准使用的高压电源纹波系数总含量经测量为0.5%，符合规范中的要求，且电源能无困难地调节到相应的校准点，故该分量忽略不计。

**C.3 合成标准不确定度*u*c的评定**

各不确定度分量互不相关，则各标准不确定度分量独立。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *u*1rel | *u*2rel | *u*3rel | *U*4rel | *U*5rel |
| 3.7×10-4 | 7.8×10-4 | 1.1×10-3 | 5.8×10-4 | 1.2×10-4 |

合成标准不确定度：

=1.5×10-3

**C.4 扩展不确定度*U***

取包含因子*k*=2，则测量扩展不确定度为

*Urel=*3.0×10-3*k*=2

**C.5 测量不确定度的报告与表示**

工频、直流电压分量20kV测量点时的测量结果相对扩展不确定度*U*rel为：

*Urel=*3.0×10-3*k*=2

**C.6冲击电压测量系统的刻度因数不确定度**：

采用比对的方法进行刻度因数的确定，用100kV通用分压器测量系统X与一台200kV的雷电冲击电压标准系统N进行比对校准，已知标准测量系统为N，其合成不确定度为0.1%，并联系统的电压水平为Ug，整套测量系统的标定测量范围为1kV-100kV，在全部测量范围内进行比对，比对及计算数据如下表B.1所示。表中的每一电压水平均为正的电压且取测量十次的平均数。

表C.1 全部测量范围的刻度因数试验数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 标准系统（kV） | 被校系统（V） | 刻度因数Fi，g（V/kV） |
| 1 | 1.008 | 0.504 | 0.500 |
| 2 | 10.015 | 5.018 | 0.501 |
| 3 | 20.027 | 10.034 | 0.501 |
| 4 | 30.031 | 15.076 | 0.502 |
| 5 | 40.025 | 20.053 | 0.501 |
| 6 | 50.101 | 25.051 | 0.500 |
| 7 | 60.108 | 29.994 | 0.499 |
| 8 | 70.117 | 35.059 | 0.500 |
| 9 | 80.218 | 40.189 | 0.501 |
| 10 | 90.323 | 45.162 | 0.500 |
| 11 | 100.021 | 49.910 | 0.499 |
| Fi，g的平均值 | | | 0.500 |
| 相对实验标准偏差sg | | | 0.0021 |
| A类相对标准不确定度ug | | | 0.000881 |

依据表C.1数据可计算得到标定刻度因数**的标准不确定度**



=2.5×10-3

标定刻度因数**的标准不确定度**由、两个B类分量组成。表征平均刻度因数的非线性度。为h个电压水平试验得到的A类标准不确定度**的最大值。

测量系统动态特性采用对最小的一种冲击类型和最大的另一种冲击类型中选择冲击电压试验，冲击电压值为+100kV，分别比对其刻度因数，见表C.2所示。

表C.2 动态特性测试

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验形式 | 施加电压值（kV） | 被校系统读数（V） | 刻度因数（V/kV） |
| 冲击电压（1.2/50μs） | +100.002 | +50.021 | 0.5001 |
| 冲击电压（150/4000μs） | +100.003 | +50.012 | 0.5002 |

计算动态特性的B类相对标准不确定度**如下：



=2.0×10-4/=1.2×10-4

长期稳定性的不确定度分量，根据制造商数据资料，到下一次校准时其长期稳定性的影响在±0.2%以内，因此长期稳定性的不确定度分量为：



数据处理软件的不确定度用以下表示估算值为：



依据以上数据可计算得到标定刻度因数的校准扩展不确定度



=2×（3.2×10-3）

=6.4×10-3

由此可得该被校冲击测量系统的标定刻度因数为0.500，且其相对合成标准不确定度为*u*rel = 3.2×10-3,扩展不确定度为*U*rel = 6.4×10-3（*k*=2）。

雷电冲击电压的波前时间评定实例

用一包括通用分压器和数字记录仪（10位，采样率为100MS/s）的100kV冲击电压测量系统X与一约500kV的雷电冲击电压标准系统N进行比对校准波前时间（见图5）。系统N在标称瞬间测量波前时间的系统平均误差为Δ*T*1N=0.01μs，扩展不确定度为*U*N=0.02μs（*k*=2）。

通过比对，两套系统同时记录了10对具有规定波前时间的雷电冲击电压。由系统N记录的第i次冲击电压的实际波前时间由下式确定：

****

式中，*t*30和*t*90分别为系统N确定的峰值幅值的30%和90%对应的时刻；由系统X记录的同一冲击电压的波前时间*T*1X,i也是按相同方法计算的。

根据系统X和系统N测得的*n*=10个对应波前时间的差，由下式确定波前时间偏差的平均值：

****

比对在标称瞬间的最小、最大和中间值三种不同的波前时间下进行，即*T*1≈0.8μs、*T*1≈1.6μs和*T*1≈1.2μs。对每个*T*1值均计算平均偏差Δ*T*1，j，三个Δ*T*1，j值的总平均为：

****

换句话说，Δ*T*1m表示系统X相对于系统N在*T*1≈（0.8～1.6）μs内的平均波前时间误差。

经标准系统N的误差Δ*T*1N修正后，系统X的误差的模型函数为：

****

表C.3列出了由校准获得的单个数值、误差和偏差。

表C.3波前时间*T*1和偏差的校准结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 值 | | |
| *T*1N，j | μs | 0.80 | 1.20 | 1.60 |
| *T*1X，j | μs | 0.75 | 1.16 | 1.59 |
| sj(*T*1X，j) | μs | 0.015 | 0.01 | 0.01 |
| Δ*T*1，j | μs | -0.05 | -0.04 | -0.01 |
| Δ*T*1m | μs | -0.03 | | |

由三个*T*1X，j值的最大标准偏差计算A类标准不确定度：

****

由于在模型函数中没有直接提及*T*1X，因此在不确定度预算中（表C.3），*u*A(*T*1X，j)单独列出。

三个单独*T*1X，j值最大偏差作为其平均值Δ*T*1m给出B类标准不确定度：

****

所有输入量的数值及其标准不确定度代入模型等式的右侧，能够用GB/T 16927.2附录A中给出的等式对模型等式进行手工计算，也可借助于适用于计算不确定度的专业软件进行计算。评定结果见表C.3，表中最后一行给出了平均误差Δ*T*1cal、合成标准不确定度及其有效自由度，*ν*eff =1700表示Δ*T*1cal的可能值属正态分布，因此*k*=2是有效的（见GB/T 16927.2附录A中标A.1）。

表C.4波前时间偏差Δ*T*1cal的不确定度预算

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 量 | 值 | 标准不确定度分量 | 自由度 | 敏感系数 | 合成标准不确定度分量 |
| Δ*T*1N | 0.01 | 0.011) | 50 | 1 | 0.01 |
| Δ*T*1m | -0.03 | 0.02312) | ∞ | 1 | 0.023 |
| *u*A(*T*1X) | 0.0 | 0.004741) | 9 | 1 | 0.0047 |
| Δ*T*1cal | -0.020μs |  | 1700 |  | 0.256μs |
| 1）正态分布；  2）矩形分布。 | | | | | |

最后，完整校准结果可表示为：

Δ*T*1cal=-0.020μs ±0.051μs，覆盖概率不小于95%（*k*=2）。

换句话说，系统X在标称瞬间测得的波前时间误差太小，只有-0.02μs，当用系统X测量冲击电压时，波前时间修正值只需将所测值*T*1meas加上0.02μs即可。如果波前时间没有别的不确定度分量需要考虑，则*T*1cor的扩展不确定度为0.051μs（*k*=2）。