

中华人民共和国工业和信息化部发布

**2020-XX-XX实施**

**2020-XX-XX发布**

**工频高电压测量系统校准规范**

（报批稿）

**Calibration Specification of AC High Voltage Test system**

**JJF（机械）1044—2020**

**中华人民共和国工业和信息化部**

**机械计量技术规范**



**工频高电压测量系统**

**校准规范**

**Calibration Specification of**

**AC High Voltage Test system**

**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

**JJF（机械） 1044—2020**

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：

赵 昱[西安高压电器研究院有限责任公司]

郭小妍[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：

张 茜[西安高压电器研究院有限责任公司]

葛 震[甘肃电器科学研究院有限责任公司]

目录

[引言 II](#_Toc11166824)

[1 范围 1](#_Toc11166825)

[2 引用文献 1](#_Toc11166826)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc11166827)

[4 概述 2](#_Toc11166828)

[5 计量特性 3](#_Toc11166829)

[6 校准条件 3](#_Toc11166830)

[6.1 环境条件 3](#_Toc11166831)

[6.2 测量标准及其他设备 3](#_Toc11166832)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc11166833)

[7.1 校准项目 4](#_Toc11166834)

[7.2 校准方法 4](#_Toc11166835)

[8 校准结果表达 6](#_Toc11166836)

[9 复校时间间隔 7](#_Toc11166837)

[附录A 8](#_Toc11166838)

[附录B 10](#_Toc11166839)

引 言

本规范依据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表示》编制。

本规范为首次发布。

**工频高电压测量系统校准规范**

1范围

本规范适用于额定电压为1kV及以上的45Hz~55Hz高电压测量系统的校准。

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 system

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。

注：测量系统通常包括以下组件：带引线的转换装置，该引线是指转换装置与试品或回路的连接以及接地连接；接连转换装置的输出端到测量仪器（并附有衰减、终端匹配阻抗或网络）的传输系统；带有电源线的测量仪器。

3.2转换装置 converting device

将被测量转换成测量仪器可记录或显示的量值的装置。

3.3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：两个臂的元件通常是电阻、电容或两者的组合体。装置的名称取决于元件的类型及布置（例如，电阻、电容或阻容）

3.4 电压互感器 voltage transformer

包含有一变压器的转换装置，在正常使用条件下，其二次电压基本正比于一次电压。

3.5 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：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。

3.6 测量仪器 measuring instrument

单独或与外加装置一起进行测量的装置。

3.7 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：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。

4概述

工频高压测量系统是用于测量工频高电压的测量装置，它可将被测工频高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测量系统。它由转换装置、传输系统和测量仪器等组成。其工作原理如图1所示。

转换装置一般是工频高压分压器、电压互感器、高压探头或其他转换装置，转换装置的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。



图1工频高电压测量系统原理图

图中：

*U*1——一次被测高电压；

*U*2——二次输出电压。

5计量特性

5.1 基本误差

工频电压测量系统的基本误差表达式为公式（1）。

式中：——被校工频电压测量系统基本误差；

*U*n——标准测量系统的测量实际值；

*U*x——被校测量系统的测量示值。

5.2 准确度等级

工频高压测量系统的准确度等级可分为表1的规定：

表1准确度等级和允许误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 准确度等级 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| 允许误差 | ±0.5% | ±1.0% | ±2.0% | ±3.0% |

5.3 短时稳定性

工频高压测量系统在工作电压下，30min内示值误差的变化应不大于与其准确度等级对应的允许误差的1/3。

5.4 线性度

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

工频高压测量系统整体应能承受1.1倍额定电压1min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。

6校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（5~40）℃，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 被校工频高压测量系统四周与其高度相等的范围应无其他物体。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 测量标准的要求

一般地，标准测量系统由标准分压器、电压互感器等转换装置、测量电缆、测量仪器等组成，标准测量系统总不确定度应小于被校测量系统允许误差的1/3。

6.2.2 其他设备

其他设备主要包括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%，校准用高压电源的电压调节装置应能保证由零值平稳连续地调到被校工频高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2。

表2校准项目

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 校准项目 |
| 外观及标志检查 | √ |
| 基本误差 | √ |
| 线性度 | √ |
| 短时稳定性 | —— |
| 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

用目测方法检查测量系统的外观结构应完好。各端子标志清晰明确，外露件不应有松动和机械损伤。组件外壳上应标明其名称、生产厂家、型号、编号等信息。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 基本误差校准

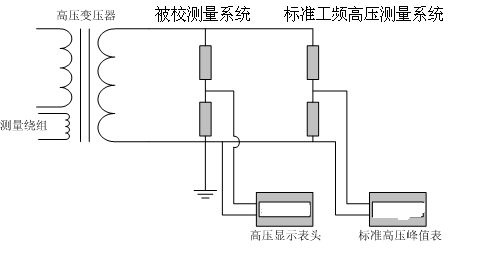
基本误差的校准采用如图2所示的直接比较法进行校准。即同时用标准测量系统和被校准测量系统测量同一高电压，两套测量系统同时读数，标准测量系统测出实际高压值*U*1，被校准测量系统测出高压值*U*2，利用公式（1）计算出被校测量系统的基本误差。

图2 校准接线示意图

当被校准的工频高压测量系统的测量范围在标准工频电压测量系统的测量范围内时，

需在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，通常校准选点为被校测量系统的10%，20%，50%，80%，100%额定电压点，这种情况下不需要进行线性度试验。

7.2.3 线性度校准

在被校系统测量范围超过标准测量系统测量范围的情况下，被校准的工频高压测量系统应进行线性度试验，应在不低于被校系统测量范围20%的电压下进行校准，线性度试验需在标准测量系统的最高电压水平内至少选择2个校准点，然后在与标准测量系统比对的最高电压至被较准测量系统的最高测量电压之间至少选择3个测量点。

7.2.3.1 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3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（2）计算平均的比值系数*F*，

在整个测量范围内*F*i与*F*的相对变化量若小于被校准工频高压测量系统的允许误差的1/3，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的线性度不满足要求，这种情况下需要用其它方法来确定其线性度。

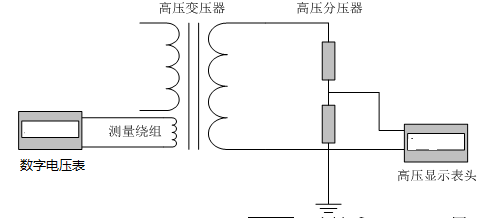


图3 校准接线示意图

7.2.3.2 多级分压器组成的工频高压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基本误差，从而推算整个测量系统的线性度。

7.2.3.3 与认可测量系统的比对

一般认为由气体标准电容器组成的分压器或比例标准具有良好的线性度，可以做为认可的测量系统，可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测量系统。依据7.2.3.1所述步骤，用认可测量系统的输出电压与被校系统输出电压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。

7.2.4 短时稳定性

对工频高压测量系统施加80%额定电压，保持此电压30min,在刚刚达到最大电压时，立即测量电压并计算误差，当电压达到规定的时间时，并在电压降低前立即重复测量电压并计算误差，试验过程中不应发生任何异常现象，其两次测量的误差变化应不大于与其准确度等级对应的允许误差的1/2。

7.2.5 绝缘强度试验

对工频高压测试系统整体施加1.1倍额定电压1分钟的耐压试验,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。具体试验方法应符合GB/T 16927.1-2011中6.3.1耐受电压试验相关要求。

8校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，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）校准证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

e）送校单位的名称和地址；

f）被校对象的描述和明确标识

g）进行校准的日期；

h）校准所依据的技术规范的标识，包括名称及编号；

i）本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

j）校准环境的描述；

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）未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

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。

工频高电压测量系统在修理或调整后，应经校准才能使用。

附录A

校准记录格式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

一、外观检查：

二、基本误差：

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

三、线性度试验：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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（%） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 工频电压线性度试验 | | | | |
| 被校系统示值*U*x (kV) | 认可测量系统电压值*U*2电压(kV) | *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（%） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

四、绝缘强度试验：

五、短时稳定性试验：

附录B

工频高电压测量系统测量结果不确定度评定

**B.1 测量条件**

B.1.1 环境条件：温度：21.9℃，湿度：38.9%RH。

B.1.2 计量标准：标准工频高压分压器，允许误差：±0.2%；

数字式峰值电压表，允许误差：±0.2%。

B.1.3 被测对象：由工频分压器和峰值电压表组成的测量系统。

**B.2 测量模型**

Δ*U* = *U*x－*U*n

式中：

Δ*U*——被测工频高压测量系统的示值误差；

*U*x——被测工频高压测量系统的示值；

*U*n——标准工频高压测量系统的示值。

**B.3 标准不确定度*u*的评定**

B.3.1 被校准的工频电压测量系统测量重复性引入的标准不确定度*u*1。

在重复性条件下，用标准电压测量系统对20kV进行10次连续测量，数据如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 次数n | 测量值*U*（kV） |
| 1 | 21.52 |
| 2 | 21.48 |
| 3 | 21.46 |
| 4 | 21.44 |
| 5 | 21.48 |
| 6 | 21.42 |
| 7 | 21.50 |
| 8 | 21.46 |
| 9 | 21.48 |
| 10 | 21.54 |

测量结果的单次实验标准偏差为：

*s*=0.036kV

则*u*1rel=0.036kV/21.5kV=0.0017

B.3.2 标准分压器分压比不准确引入的标准不确定*u*2

本次校准使用的标准分压器允许误差为±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*2为：

*u*2rel=0.2%/=0.0011

B.3.3 峰值电压表示值不准确引入的不确定度分量*u*3

本次校准使用的峰值电压表交流电压测量的允许误差为±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*2为：

*u*3rel=0.2%/=0.0011

B.3.4 被校工频高压测量系统分辨力的影响带来的不确定度分量*u*4

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。

B.3.5 工作电磁场的影响带来的不确定度分量*u*5

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。

B.3.6 测试方法或测试线路的影响带来的不确定度分量*u*6

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。

B.3.7 由电源稳定度引入的不确定度分量*u*7

本次校准使用的高压电源谐波总含量经测量为1%，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。

**B.4 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 |
| 0.0017 | 0.0011 | 0.0011 |

合成标准不确定度：

=0.0023

**B.5 扩展不确定度*U***

取包含因子*k*=2，则测量扩展不确定度为

*U*rel*=*4.6×10-3 *k*=2

**B.6 测量不确定度的报告与表示**

工频高压测量系统测量在20kV测量点时的测量结果相对扩展不确定度*U*rel为：

*U*rel*=*4.6×10-3 *k*=2