**中华人民共和国国家计量技术规范**

 JJF ××××⎯××××

交流负荷箱校验仪校准规范

Calibration Specification for AC Burden box Calibrator

（征求意见稿）

××××⎯××⎯××发布 ××××⎯××⎯××实施

**国家市场监督管理总局**发布

交流负荷箱校验仪校准规范

Calibration Specification for AC Burden box Calibrator

JJF XXXX-XXXX

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：浙江省质量科学研究院

 中国计量科学研究院

参加起草单位：宁波三维电测设备有限公司

内蒙古电力（集团）有限责任公司内蒙古电力科学研究院分公司

山东泰开检测有限公司

本规范委托全国电磁计量技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

1 范围 3

2 引用文件 3

3 术语和计量单位 3

4 概述 3

5 计量特性 4

5.1 阻抗测量回路 4

5.2 导纳测量回路 4

6 校准条件 4

6.1 环境条件 4

6.2 测量标准及其他设备 5

7 校准项目和校准方法 5

7.1 校准项目 5

7.2 校准方法 5

8 校准结果表达 11

9 复校时间间隔 12

附录A 测量不确定度评定示例 13

附录B 校准原始记录格式 16

附录C 校准证书内页格式（第2页） 19

附录D 校准证书校准结果页格式（第3-4页） 20

引言

本规范依据国家计量技术规范JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范是首次制定的国家计量技术规范。

交流负荷箱校验仪校准规范

# 范围

本规范适用于额定频率为50Hz（60Hz）的测量阻抗负荷和导纳负荷的交流负荷箱校验仪的校准。

# 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1264《互感器负荷箱校准规范》

JJF 1587⎯2016《数字多用表校准规范》

JJF 1923⎯2021《电测量仪表校验装置校准规范》

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

# 术语和计量单位

3.1交流负荷箱 AC burden box

一种用于模拟、测试和验证电力系统中交流负载的设备，分阻抗负荷和导纳负荷。

3.2工作电流 working current

在阻抗测量回路中，流过被测阻抗负荷的电流，单位：A。

3.3工作电压 working voltage

在导纳测量回路中，施加在被测导纳负荷上的电压，单位：V。

# 概述

交流负荷箱校验仪是一种测量交流负荷箱阻抗（导纳）同相分量、正交分量的仪器。通过对电压信号和电流信号进行同步采样，再对采集数据进行计算分析，得到被测交流负荷箱的电阻、电抗或电导、电纳等参数值。主要由采样单元、数字处理单元、显示单元等构成，交流负荷箱校验仪通常分为表源一体式、表源分体式两种，图1是以测量阻抗为例的交流负荷箱校验仪测量原理框图。



图1 交流负荷箱校验仪测量原理框图（a为表源一体式，b为表源分体式）

# 计量特性

5.1 阻抗测量回路

5.1.1 工作电流

测量范围：1 mA～10 A，最大允许误差不超过±0.2%。

5.1.2 阻抗

工作电流在（0.01～10）A时，阻抗示值同相分量、正交分量最大允许误差均不超过±0.5%。*cos*φ=1时，正交分量（残余分量）不超过±0.5%。

工作电流在（1～10）mA时，阻抗示值同相分量、正交分量最大允许误差均不超过±1%。*cos*φ=1时，正交分量（残余分量）不超过±1%。

5.1.3 功率因数

测量误差不超过0.5%（功率因数不低于0.3时）。

5.2 导纳测量回路

5.2.1 工作电压

测量范围：（10～500）V，最大允许误差不超过±0.2%。

5.2.2 导纳

工作电压在（10～500）V时，导纳示值同相分量、正交分量最大允许误差均不超过±0.5%。*sin*φ=1时，同相分量（残余分量）不超过±0.5%。*cos*φ=1时，正交分量（残余分量）不超过±1%。

5.2.3 功率因数

测量误差不超过0.5%（功率因数不低于0.3时）。

注：以上所有指标不是用于合格性判别，仅供参考。

# 校准条件

## **6.1** 环境条件

环境温度：（20±5）℃；

相对湿度：≤75% ；

供电电源：交流电压（220±22）V，电源频率（50土0.5）Hz，波形畸变系数优于5%；

周围无明显影响测量的电磁干扰和机械振动。

## **6.2** 测量标准及其他设备

测量标准装置的测量范围应覆盖被校交流负荷箱校验仪相应参数的测量范围，并具有足够高的分辨力、准确度和稳定性，其测量结果的扩展不确定度（*k* = 2）应不大于被校交流负荷箱校验仪最大允许误差绝对值的1/3。测量标准装置的要求见表1。

表1 测量标准装置

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 校准方法 | 设备名称 | 性能指标 |
| 标准功率源法 | 标准功率源 | 电流输出范围：1A~10A，MPE：±0.02％电压输出范围：10V~300V，MPE：±0.02％输出相位角：0°~360°，MPE：±0.01° |
| 电流电压比例标准 | 感应分压器：输入10V~300V，输出1mV~10V准确度：10×10-6感应分流器：输入1A~5A，输出1mA~1A准确度：10×10-6 |
| 标准负荷法 | 标准电流负荷箱标准电压负荷箱 | 标准阻抗：0.05级标准导纳：0.05级残余分量不超过±0.05% |

# 校准项目和校准方法

## 7.1 校准项目

交流负荷箱校验仪校准项目见表2。

表2 校准项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 校准方法 |
| 1 | 阻抗测量回路 | 工作电流 | 7.2.2.2 |
| 阻抗同相分量（电阻）、正交分量（电抗） | 7.2.2.3 |
| 功率因数 | 7.2.2.4 |
| 2 | 导纳测量回路 | 工作电压 | 7.2.5 |
| 导纳同相分量（电导）、正交分量（电纳） | 7.2.3.2 |
| 功率因数 | 7.2.3.2 |

## 7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 外观及通电检查

目测或手动操作，检查被校交流负荷箱校验仪，应符合以下要求：

1. 外形结构完好、功能正常，无影响正常工作的机械损伤；
2. 外露部件（面板、按钮、接线端子等）无松动；
3. 各标志清晰、正确；
4. 通电后显示正确、显示字符段完整。

7.2.1.2 交流负荷箱校验仪和标准设备分别按使用说明书要求进行预热。

7.2.1.3 绝缘电阻

使用直流500V绝缘电阻表测量交流负荷箱校验仪电源输入端与外壳之间、测量回路接线端子与外壳之间的绝缘电阻，绝缘电阻均应不低于20MΩ。

7.2.2 阻抗测量回路的校准

7.2.2.1 校准点的选取

在工作电流测量范围内任意选取不少于3个校准点，根据被校交流负荷箱校验仪的阻抗测量值，选取不少于3个校准点。也可以根据客户实际需求增加校准点。

7.2.2.2 工作电流的校准

按JJF 1587-2016中7.2.7进行。

7.2.2.3 校准方法

a 标准功率源法

按图2接线，表源一体式的校验仪，信号从校准输入端接入；表源分体式的校验仪，信号从信号输入端输入。



图2标准功率源法阻抗测量回路校准原理图

标准功率源输出电流、电压，稳定后读取交流负荷箱校验仪测得的电阻值*R*x和电抗值*X*x，电阻示值误差由公式（1）计算；当功率因数不为1时，电抗示值误差由公式（2）计算；当功率因数为1时，电抗示值误差由公式（3）计算；功率因数示值误差由公式（4）计算。

交流负荷箱校验仪电阻示值误差：

**  (1)

式中：

*ε*R1（%）——交流负荷箱校验仪电阻示值误差；

*R*x——交流负荷箱校验仪测得的阻抗同相分量（电阻）值，Ω；

*U*0——标准功率源输出电压值，V；

*I*0——标准功率源输出电流值，A；

φ0——标准功率源输出电流电压间相位角，°；

*K*1——感应分流器比例系数；

*K*2——感应分压器比例系数。

当功率因数不等于1时，交流负荷箱校验仪电抗示值误差：

 (2)

式中：

*ε*X（%）——交流负荷箱校验仪电抗示值误差；

*X*x——交流负荷箱校验仪测得的阻抗正交分量（电抗）值，Ω。

当功率因数等于1时，交流负荷箱校验仪电抗示值误差：

 (3)

式中：

*X*x——交流负荷箱校验仪测得的阻抗正交分量（电抗）值，此时又称残余分量，Ω；

交流负荷箱校验仪功率因数示值误差：

 （4）

式中：

*ε*cosφ（%）——交流负荷箱校验仪功率因数示值误差；

cosφ*x*——被检交流负荷箱校验仪测得的功率因数；

cosφ0——标准功率源功率因数设定值。

b 标准负荷法

按图3接线。



图3 标准负荷法阻抗测量回路校准原理图

采用标准负荷法，将标准电流负荷箱Z0作为被检负荷。读取交流负荷箱校验仪测得的阻抗同相分量（电阻）值*R*x和正交分量（电抗）值*X*x，与标准电流负荷箱的铭牌或显示器的读数进行比较，通过公式（5）得出阻抗测量回路的电阻误差；当功率因数不等于1，通过公式（6）可得出电抗示值误差；当功率因数等于1，通过公式（7）计算出电抗示值误差，功率因数示值误差由公式（8）计算。

交流负荷箱校验仪电阻示值误差：

 (5)

式中：

*R*x——交流负荷箱校验仪测得的阻抗同相分量（电阻）值，Ω；

*R*0——标准电流负荷箱阻抗同相分量（电阻）指示值，Ω。

当功率因数不等于1时，交流负荷箱校验仪电抗示值误差：

 (6)

式中：

*X*x——交流负荷箱校验仪测得的阻抗正交分量（电抗）值，Ω；

*X*0——标准电流负荷箱的阻抗正交分量（电抗）指示值，Ω。

当功率因数等于1时，交流负荷箱校验仪电抗示值误差：

 (7)

式中：

*X*x——交流负荷箱校验仪测得的阻抗正交分量（电抗）值，又称残余分量；

*Z*0——标准电流负荷箱的阻抗指示值。

交流负荷箱校验仪功率因数示值误差：

 （8）

式中：

cosφ1——标准负荷箱功率因数设定值。

7.2.3 导纳测量回路的校准

7.2.3.1 校准点的选取

在工作电压测量范围内任意选取不少于3个校准点，根据被校交流负荷箱校验仪的导纳测量值，选取不少于3个校准点。也可以根据客户实际需求增加校准点。

7.2.3.2 工作电压的校准

按JJF 1587-2016中7.2.6进行。

7.2.3.3 校准方法

a 标准功率源法

按图4接线



图4标准功率源法导纳测量回路校准原理图

标准功率源输出电压、电流，稳定后读取交流负荷箱校验仪测得的导纳同相分量（电导）值*G*x和正交分量（电纳）值*B*x，并以标准功率源输出的电压*U*0、电流*I*0相位角*θ*0为标准，通过公式（9）计算电导误差；当功率因数不等于1，通过公式（10）计算电纳示值误差；当功率因数等于1，通过公式（11）计算出电纳示值误差，通过公式（4）计算功率因数误差。

交流负荷箱校验仪电导示值误差：

 (9)

式中：

*ε*G（%）——交流负荷箱校验仪电导示值误差；

*G*x——交流负荷箱校验仪测得的导纳同相分量（电导）值，S。

当功率因数不等于1时，交流负荷箱校验仪电纳示值误差：

 (10)

式中：

*ε*B（%）——交流负荷箱校验仪电纳示值误差；

*B*x——交流负荷箱校验仪测得的导纳正交分量（电纳）值，S。

当功率因数等于1时，交流负荷箱校验仪电纳示值误差：

 (11)

式中：

*B*x——交流负荷箱校验仪测得的导纳正交分量（电纳）值，又称残余分量,S。

b标准负荷法

按图5接线。



图5标准负荷法导纳测量回路校准原理图

采用标准负荷法，将标准电压负荷箱Y0作为被检负荷，读取交流负荷箱校验仪测得的导纳同相分量（电导）值*G*x和正交分量（电纳）值*B*x，与标准电压负荷箱的铭牌或显示器读数进行比较，通过公式（12）计算电导误差；当功率因数不等于1，通过公式（13）计算电纳示值误差；当功率因数等于1，通过公式（14）计算出电纳示值误差。通过公式（8）计算功率因数误差。

交流负荷箱校验仪电导示值误差：

 (12)

*G*x——交流负荷箱校验仪测得的导纳同相分量（电导）值，S；

*G*0——标准电压负荷箱的导纳同相分量（电导）指示值，S。

当功率因数不等于1时，交流负荷箱校验仪电纳示值误差：

 （13）

式中：

*B*x——交流负荷箱校验仪测得的导纳正交分量（电纳）值，S；

*G*0——标准电压负荷箱的导纳正交分量（电纳）指示值，S。

当功率因数等于1时，交流负荷箱校验仪电纳示值误差：

 （14）

式中：

*B*x——交流负荷箱校验仪测得的导纳正交分量（电纳）值，此时又称残余分量，S；

*Y*0——标准电压负荷箱的导纳指示值，S。

# 8 校准结果表达

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

e) 客户的名称和地址；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k) 校准环境的描述；

l) 校准结果及其测量不确定度的说明；

m) 对校准规范的偏离的说明；

n) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录B，校准证书（报告）内页格式见附录C、附录D。

# 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录A 测量不确定度评定示例

交流负荷箱校验仪同相分量测量结果不确定度评定

A1概述

环境条件：温度21℃，相对湿度56 %；

测量标准：标准功率源，MPE：±0.02%；

被测对象：交流负荷箱校验仪，MPE：±0.2%；

测量方法：采用标准功率源法。标准功率源输出标准电流、电压（得出标准电阻）至被校交流负荷箱校验仪，读取交流负荷箱校验仪的电阻显示值，即可计算被校交流负荷箱校验仪的电阻示值误差。

A2测量模型

 （1）

式中：

——电阻示值误差，Ω；

——交流负荷箱校验仪电阻测量值，Ω；

——标准功率源电阻标准值，Ω。

A3合成方差及灵敏系数



式中

 



A4 标准不确定度分量的评定

在校准条件下，交流负荷箱校验仪的测量不确定度来源主要由标准功率源的示值误差和被校交流负荷箱校验测量重复性引起，温度、湿度等其他因素的影响可忽略不计。

4.1被校交流负荷箱校验仪重复性引入的标准不确定度**

以标准功率源在50 Hz时输出（10V、1A）即10Ω、cos*φ*=1.0为例，在重复性条件下得到测量数据列见表1。

表1 测量数据列

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *R*/Ω | 9.990 | 9.988 | 9.989 | 9.989 | 9.987 | 9.988 | 9.989 | 9.989 | 9.988 | 9.989 |

平均值Ω

电阻单次实验标准偏差

测量结果取1次读数，则**==0.00084 Ω

输入量引入的标准不确定度为：

**=0.00084 Ω

4.2 输入量引入的标准不确定度**

主要由标准功率源输出电流、电压及其相位引入，标准功率源在50 Hz下输出10V，1A，cos*φ*=1.0时，得出电阻10Ω，电压最大误差±0.02%，电流最大误差±0.02%，考虑到电流源与电压源分别为独立输出，折算成标准阻抗时可能的最大相对误差为：，电阻最大允许误差为×10Ω=±3×10-3 Ω，在3×10-3 Ω区间可认为按均匀分布，包含因子*k*=，则

*=*1.7×10-3 Ω

A5 合成标准不确定度

5.1 输入量标准不确定度分量一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数 | 概率分布 |
| 测量重复性引入的不确定度 | 8.4×10-4 Ω | 1 | 正态分布 |
| 标准功率源引入的不确定度 | 1.7×10-3 Ω | -1 | 均匀分布 |

5.2合成标准不确定度的计算

以上各项标准不确定度分量互不相关，故

合成标准不确定度为



≈1.9×10-3 Ω

A6扩展不确定度

 取包含因子*k = 2*，则扩展不确定度为

*U* = *k·u*c = 2×1.9×10-3 Ω ≈ 3.8×10-3 Ω

*U*rel=3.8×10-4

附录B

校准原始记录格式

交流负荷箱校验仪原始记录

第 页 共 页

|  |  |
| --- | --- |
| 委托单位： | 校准证书编号： |
| 委托单位地址： | 校准依据： |
| 仪器名称： | 型号规格 | 出厂编号： |
| 制造单位： | 仪器状况： |
| 校准地点： | 环境温度： ℃ | 相对湿度： ％ |

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/最大允许误差 | 出厂编号 | 证书编号 | 有效期 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

1. 外观检查：

绝缘电阻：

2、阻抗测量回路

2.1 工作电流

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值（A） | 显示值（A） | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

2.2 阻抗

☐标准源法 ☐标准负荷法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值 | 显示值 | 测量不确定度 |
| 同相分量（电阻） | 正交分量（电抗） | 同相分量（电阻） | 正交分量（电抗） | 同相分量（电阻） | 正交分量（电抗） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

2.3功率因数

☐标准源法 ☐标准负荷法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值 | 显示值 | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

3、导纳测量回路

3.1 工作电压

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值（V） | 显示值（V） | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

3.2 导纳

☐标准源法 ☐标准负荷法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值 | 显示值 | 测量不确定度 |
| 同相分量（电导） | 正交分量（电纳） | 同相分量（电导） | 正交分量（电纳） | 同相分量（电导） | 正交分量（电纳） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

2.3功率因数

☐标准源法 ☐标准负荷法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值 | 显示值 | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

校准人员： 核验人员： 校准日期：

附录C 校准证书内页格式（第2页）

证书编号 XXXXXX-XXXX

|  |
| --- |
| 校准机构授权说明： |
| 校准环境条件及地点： |
| 温度 | ℃ | 地点 |  |
| 相对湿度 | %  | 其它 |  |
| 校准所依据的技术文件（代号、名称）： |
| 校准所使用的主要测量标准： |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级 | 检定/校准证书编号 | 证书有效期至 |
|  |  |  |  |  |

注：

1. XXXXX仅对加盖“XXXXX校准专用章”的完整证书负责。

2.本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。

3.未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

第X页共X页

附录D 校准证书校准结果页格式（第3页）

证书编号 XXXXXX-XXXX

校 准 结 果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1、阻抗测量回路1.1 工作电流

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值（A） | 显示值（A） | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

1.2 阻抗

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值 | 显示值 | 测量不确定度 |
| 同相分量（电阻） | 正交分量（电抗） | 同相分量（电阻） | 正交分量（电抗） | 同相分量（电阻） | 正交分量（电抗） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

1.3功率因数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值 | 显示值 | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

2、导纳测量回路2.1 工作电压

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值（V） | 显示值（V） | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

2.2 导纳

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值 | 显示值 | 测量不确定度 |
| 同相分量（电导） | 正交分量（电纳） | 同相分量（电导） | 正交分量（电纳） | 同相分量（电导） | 正交分量（电纳） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

2.3功率因数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准值 | 显示值 | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

 |
|  |
| 敬告：1. 被校准仪器修理后，应立即进行校准。
2. 在使用过程中，如对被校准仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。
3. 根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下个月校准一次。
 |

校 准 员： 核 验 员：

第 X 页共 X 页

——————