

湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) ****—20**

水内冷发电机绝缘特性测试仪校准规范

Calibration Specification for Insulation Resistance Tester of
Inner Water Cooled Generator

(征求意见稿)

20**—**—**发布

20**—**—**实施

湖北省市场监督管理局 发布

水内冷发电机绝缘特性 测试仪校准规范

Calibration Specification for
Insulation Resistance Tester of
Inner Water Cooled Generator

JJF (鄂) ****—20**

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：

本规范委托湖北省计量测试技术研究院负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语	1
3.1 绝缘电阻 insulation resistance	1
3.2 测量端子 test terminal	1
3.3 端子电压 terminal voltage	1
4 概述	1
5 计量特性	2
5.1 开路电压	2
5.2 工作电压	2
5.3 绝缘电阻	2
5.4 带内冷水条件下的绝缘电阻	2
6 校准条件	2
6.1 环境条件	2
6.2 测量标准及其他设备	3
7 校准项目和校准方法	3
7.1 校准项目	3
7.2 校准前准备	4
7.3 校准方法	4
8 校准结果表达	5
9 复校时间间隔	6
附录 A 测量不确定度评定示例	7
附录 B 校准原始记录参考格式	13
附录 C 校准证书内页参考格式	14

引 言

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》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

水内冷发电机绝缘特性测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于水内冷发电机绝缘特性测试仪的校准,其他具有类似原理的水内冷发电机绝缘电阻测试仪或同类仪器也可参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件:

JJG 622-1997 绝缘电阻表(兆欧表)检定规程

JJG 1005-2019 电子式绝缘电阻表检定规程

DL/T 474.1-2018 现场绝缘试验实施导则 绝缘电阻、吸收比和极化指数试验

DL/T 845.1-2019 电阻测量装置通用技术条件第 1 部分 电子式绝缘电阻表

DL/T 845.5-2021 电阻测量装置通用技术条件第 5 部分 水内冷发电机绝缘电阻测试仪

凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规范。

3 术语

JJF 1001—2011 界定的术语和定义适用于本规范。

3.1 绝缘电阻 insulation resistance

在绝缘结构的两个电极之间施加的直流电压值与流经该对电极的泄漏电流值之比。

3.2 测量端子 test terminal

水内冷发电机绝缘特性测试仪中用于连接被测对象的接线端子。测量端子连接其与被测对象的连接部位,分为线路端子 L,接地端子 E 和屏蔽端子 G。

3.3 端子电压 terminal voltage

水内冷发电机绝缘特性测试仪的线路端子 L 和接地端子 E 之间的电压。

4 概述

水内冷发电机绝缘特性测试仪(以下简称“测试仪”)是一种测量水内冷发电机

绝缘电阻的仪器，由供电模块、升压模块、采样模块、屏蔽模块、处理器模块、按键模块和显示模块等组成。测试仪通过屏蔽模块消除水回路电流的影响，由采样模块获取标准电阻器的电压和回路中的电流，从而获得绝缘电阻的计算值，如图 1 所示。

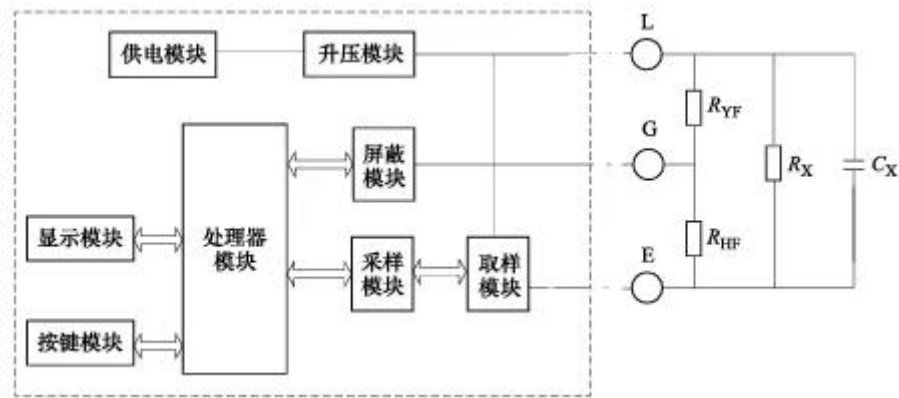


图 1 水内冷发电机绝缘特性测试仪原理图

说明：

- L ——测试仪线路端子；
- E ——测试仪接地端子；
- R_{HF} ——发电机汇水管对机座的水回路等效电阻；
- C_X ——被测等效电容。
- G ——测试仪汇水管端子；
- R_{YF} ——发电机出线端子对汇水管的水回路等效电阻；
- R_X ——被测等效电阻；

5 计量特性

5.1 开路电压

开路电压输出范围：1 kV~5 kV，最大允许误差不超过±10%。

5.2 工作电压

工作电压输出范围：1 kV~10 kV，最大允许误差不超过±10%。

5.3 绝缘电阻

绝缘电阻测量范围：50 kΩ~100 GΩ，最大允许误差不超过±10%。

5.4 带内冷水条件下的绝缘电阻

带内冷水条件下的绝缘电阻测量范围：50 kΩ~100 GΩ。最大允许误差不超过±10%。

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：20 °C ± 5 °C；

相对湿度：≤80%；

交流供电电压：220 V ± 22 V；

电源频率：50 Hz ± 0.5 Hz。

注：环境温度以及交流供电电压的允许偏差也可以参照仪器使用说明书中的规定。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 校准时所需的标准器及配套设备如下：

1) 高压高阻标准器

电阻值范围：1 kΩ ~ 100 GΩ (可承受 5 kV 以上高压)。

2) 数字电压表

电压测量范围：1 kV ~ 10 kV。

3) 试验电容器

额定电压不低于 10 kV，电容量为 0.3 μF。

4) 模拟极化电势发生装置

输出电压范围包含 -500 mV ~ +500 mV，保护电阻不小于 10 kΩ。

6.2.2 校准装置对应功能的最大允许误差绝对值（或不确定度）应不大于被校测试仪的对应功能的最大允许误差绝对值的三分之一。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

根据测试仪的工作原理，校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	项目名称	校准方法的条款号
1	开路电压	7.3.1
2	工作电压	7.3.2
3	绝缘电阻	7.3.3
4	带内冷水条件下的绝缘电阻	7.3.4

说明：由于目前市场上被校测试仪的功能不一致，故以上校准项目按照被校仪器的实际功能选择。

7.2 校准前准备

校准前检查外观并通电检查。

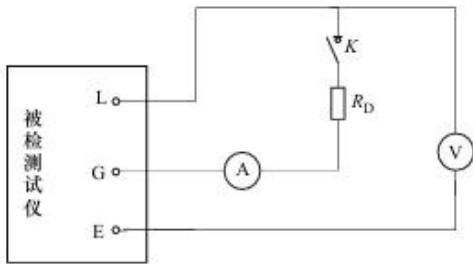
面板、机壳或铭牌上标有产品名称、型号、制造厂名称或商标、制造日期及出厂编号。测量端子及外壳接地端子有明确标志，所有的标识清晰明显，接线端子完好，无影响仪器使用性能的损伤。各开关、按钮能正常工作，显示功能应正常。

说明：校准前按照被校仪器使用说明书的要求和规定进行预热和预调。

7.3 校准方法

7.3.1 开路电压

开路电压校准采用标准表法。校准接线如图 2 所示，在开关 K 断开的状态下，在被校测试仪的各额定电压下，开启高压，电压表直接读取被校测试仪的开路电压。

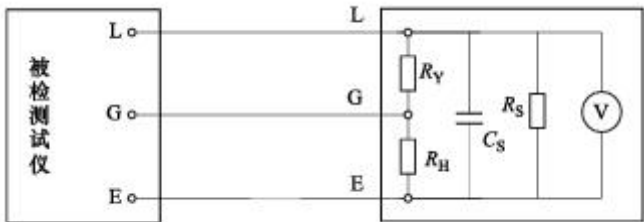


说明：
 R_D ——大功率试验电阻；
 K ——高压开关；
 V ——电压表；
 A ——电流表。

图 2 开路电压校准接线图

7.3.2 工作电压

工作电压校准采用标准表法。校准接线如图 3 所示，在开关 K 断开的状态下，在被校测试仪的各额定电压下，开启高压，电压表直接读取被校测试仪的工作电压。



说明：
 R_V 、 R_H ——模拟水回路等效电阻；
 R_S ——高压高阻标准器；
 C_S ——试验电容器；
 V ——电压表。

图 3 工作电压校准接线图

7.3.3 绝缘电阻

绝缘电阻的测量采用标准电阻法。如图 4 接线。调节高压高阻标准器，读取被校测试仪的示值。校准点需根据被校仪器的型号或客户要求选取。无要求则均匀选取 3~5 个校准点，应包含量程 10%、50%、100%附近的值。

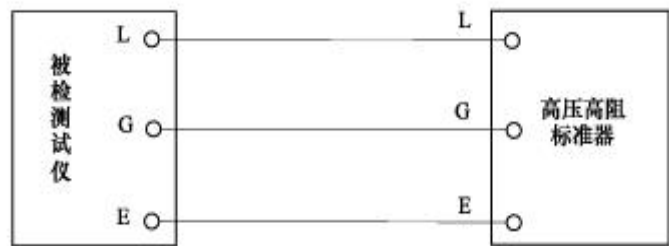
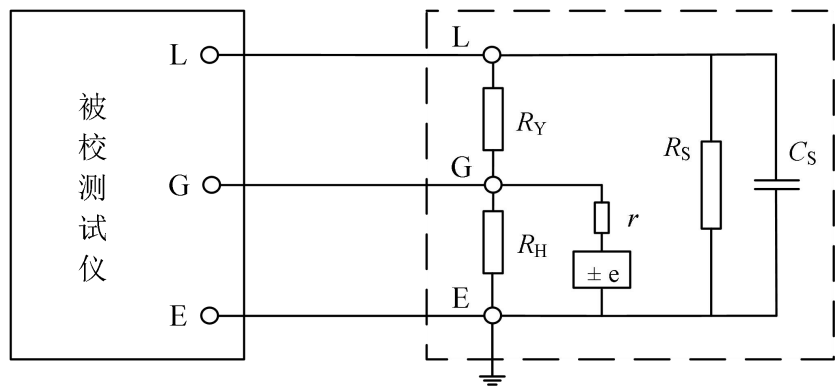


图 4 绝缘电阻校准接线图

7.3.4 带内冷水条件下的绝缘电阻

带内冷水条件下的绝缘电阻校准接线图如图 5 所示。模拟水回路等效电阻 R_Y 、 R_H 分别设置为 100 k Ω 、15 k Ω ，调节模拟极化电势 $\pm e$ 发生装置输出直流电压 500 mV、-500 mV，试验电容器 C_X 电容量为 0.3 μ F，调节高压高阻标准器 R_S 分别为 1 M Ω 、100 M Ω 、500 M Ω 、1 G Ω 、5 G Ω ，在被校测试仪各量程对应的各输出电压下，读取被校测试仪显示值 R_X 。



说明：

R_Y 、 R_H ——模拟水回路等效电阻；

R_S ——高压高阻标准器；

r ——保护电阻。

C_S ——试验电容器；

$\pm e$ ——模拟极化电势发生装置；

图 5 带内冷水条件下的绝缘电阻校准接线图

8 校准结果表达

校准后，出具校准证书。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) 证书的唯一性标识(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) 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) 校准证书或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, 不得部分复制证书的声明。

校准测量不确定度评定示例见附录 A, 校准原始记录参考格式见附录 B, 校准证书内页参考格式见附录 C。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。由于复校时间间隔的长短取决于仪器的使用保养情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素, 因此, 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

A.1 开路电压测量不确定度评定

环境条件：环境温度：22.1℃；相对湿度：65%。

被校对象：水内冷发电机绝缘特性测试仪。

标准器：数字高压表。

测量方法：标准表法

A.1.1 测量模型

$$\Delta_V = Y_{Vx} - Y_{Vn} \quad (\text{A.1})$$

式中：

Δ_V ——示值误差；

Y_{Vx} ——被校测试仪的输出值；

Y_{Vn} ——数字高压表的显示值。

A.1.2 不确定度传播率

由于各分量相互独立，则合成标准不确定度 $u_c(\Delta_V)$ 为：

$$u_c^2(\Delta_V) = c_1^2 u^2(Y_{Vx})^2 + c_1^2 u^2(Y_{Vn})^2$$

其中灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_V}{\partial Y_{Vx}} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta_V}{\partial Y_{Vn}} = -1$$

A.1.3 测量不确定度来源

以开路电压 2500 V 为例开展测量不确定度评定分析。

- 1) 数字高压表上级传递引入的标准不确定度分量 u_1 ；
- 2) 数字高压表年稳定性引入的标准不确定度分量 u_2 ；
- 3) 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_3 ；

4) 数字高压表分辨力引入的标准不确定度分量 u_4 。

A. 1. 4 标准不确定度分量评定

1) 由上级传递引入的标准不确定度分量 u_1

数字高压表上级传递引入的标准不确定度分量按 B 类评定，由上级证书中，2500 V 的测量不确定度为 5×10^{-4} ，按照均匀分布，则由上级传递引入的标准不确定度分量为：

$$u_1 = \frac{2500 \text{ V} \times 5 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} \approx 0.72 \text{ V}$$

2) 数字高压表年稳定性引入的标准不确定度分量 u_2

查数字高压表技术说明书，按照均匀分布，直流电压 2500 V 年稳定性引入的标准不确定度分量为：

$$u_2=2.0 \text{ V}$$

3) 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_3

测量重复性引入的标准不确定度分量按 A 类评定。用数字高压表重复测量 10 次被校水内冷发电机绝缘特性测试仪输出电压，测量结果如表 A. 1 所示。

表 A. 1 开路电压的测量重复性数据

测量次数 n	数字高压表显示值/V
1	2515
2	2517
3	2522
4	2519
5	2523
6	2520
7	2525
8	2518
9	2521
10	2522
平均值	2520.2
$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$	3.0

$$u_3=3.0 \text{ V}$$

4) 数字高压表分辨力引入的标准不确定度分量 u_4

数字高压表测量 2500 V 时分辨力为 1 V, 按照均匀分布, 则分辨力引入的标准不确定度分量为:

$$u_4=0.29 \text{ V}$$

A. 1.5 不确定度分量汇总表

各不确定度分量汇总表如下所示。

表 A.2 不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量类型	标准不确定度
u_1	数字高压表上级传递引入的标准不确定度分量	B 类	0.72 V
u_2	数字高压表年稳定性引入的标准不确定度分量	B 类	2.0 V
u_3	测量重复性引入的标准不确定度分量	A 类	3.0 V
u_4	数字高压表分辨力引入的标准不确定度分量	B 类	0.29 V

A. 1.6 合成标准不确定度

数字高压表上级传递引入的标准不确定度分量和数字高压表分辨力远远和小于其余分量, 可以忽略不计。

u_2 、 u_3 独立不相关, 则合成标准不确定度为:

$$u_{vc} \approx 3.7 \text{ V}$$

A. 1.7 扩展不确定度

取 $k=2$, 扩展不确定度为:

$$U_{vc}=ku_{vc} \approx 7.4 \text{ V}$$

相对扩展不确定度为:

$$U_{\text{vre1}} = \frac{7.4 \text{ V}}{2500 \text{ V}} \approx 0.3\%$$

水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压和工作电压测量方式和标准器相同, 故测量不确定度分析也相同。

A. 2 绝缘电阻测量不确定度评定

环境条件: 环境温度: 22.1 °C; 相对湿度: 65%。

被校对象: 水内冷发电机绝缘特性测试仪。

标准器: 兆欧表标准电阻箱。

测量方法: 标准源法

A. 2.1 测量模型

$$\Delta_R = Y_{Rx} - Y_{Rn} \quad (\text{A.2})$$

式中:

Δ_R ——示值误差;

Y_{Rx} ——被校测试仪的输出值;

Y_{Rn} ——数字高压表的显示值。

A. 2.2 不确定度传播率

由于各分量相互独立, 则合成标准不确定度 $u_c(\Delta_R)$ 为:

$$u_c^2(\Delta_R) = c_1^2 u^2(Y_{Rx})^2 + c_1^2 u^2(Y_{Rn})^2$$

其中灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_R}{\partial Y_{Rx}} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta_R}{\partial Y_{Rn}} = -1$$

A. 2.3 测量不确定度来源

以绝缘电阻 100.0 MΩ (电压档位 2500 V) 为例开展测量不确定度评定分析。

- 1) 标准器上级传递引入的标准不确定度分量 u_1 ;
- 2) 标准器年稳定性引入的标准不确定度分量 u_2 ;
- 3) 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_3 ;
- 4) 被校测试仪分辨力引入的标准不确定度分量 u_4 。

A.2.4 标准不确定度分量评定

1) 由标准器上级传递引入的标准不确定度分量 u_1

标准器上级传递引入的标准不确定度分量按 B 类评定, 由上级溯源证书中得绝缘电阻 $100.0 \text{ M}\Omega$ 为 0.5 级, 按照均匀分布, 则由标准器上级传递引入的标准不确定度分量为:

$$u_1 = \frac{100 \text{ M}\Omega \times 0.5\%}{\sqrt{3}} \approx 0.29 \text{ M}\Omega$$

2) 标准器年稳定性引入的标准不确定度分量 u_2

查标准器技术说明书, 按照均匀分布, 电阻 $100.0 \text{ M}\Omega$ 年稳定性引入的标准不确定度分量为:

$$u_2 = \frac{0.2 \text{ M}\Omega}{\sqrt{3}} \approx 0.12 \text{ M}\Omega$$

3) 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_3

测量重复性引入的标准不确定度分量按 A 类评定。用被校水内冷发电机绝缘特性测试仪重复测量 10 次标准器 $100.0 \text{ M}\Omega$ 电阻, 测量结果如表 A.3 所示。

表 A.3 绝缘电阻测量的测量重复性数据

测量次数 n	被校测试仪显示值/ $\text{M}\Omega$
1	100
2	100
3	100
4	100
5	101
6	100
7	101
8	100
9	100
10	100
平均值	100.2
$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$	0.42

$$u_3=0.42\text{ M}\Omega$$

4) 被校测试仪分辨力引入的标准不确定度分量 u_4

被校测试仪测量 $100.0\text{ M}\Omega$ 分辨力为 $1\text{ M}\Omega$ ，按照均匀分布，则引入的标准不确定度分量为：

$$u_4 = 0.29\text{ M}\Omega$$

A. 2. 5 不确定度分量汇总表

各不确定度分量汇总表如下所示。

表 A. 4 不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度分量类型	标准不确定度
u_1	标准器上级传递引入的标准不确定度分量	B 类	$0.29\text{ M}\Omega$
u_2	标准器年稳定性引入的标准不确定度分量	B 类	$0.12\text{ M}\Omega$
u_3	测量重复性引入的标准不确定度分量	A 类	$0.42\text{ M}\Omega$
u_4	被校测试仪分辨力引入的标准不确定度分量	B 类	$0.29\text{ M}\Omega$

A. 2. 6 合成标准不确定度

标准器稳定性引入的标准不确定度分量远远小于其余分量，可以忽略不计。

u_1 、 u_3 、 u_4 独立不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_{\text{Rc}} \approx 0.59\text{ M}\Omega$$

A. 2. 7 扩展不确定度

取 $k = 2$ ，扩展不确定度为：

$$U_{\text{Rc}} = k u_{\text{Rc}} \approx 1.2\text{ M}\Omega$$

相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{Rrel}} = \frac{1.2\text{ M}\Omega}{100\text{ M}\Omega} = 1.2\%$$

水内冷发电机绝缘特性测试仪绝缘电阻和带内冷水条件下的绝缘电阻测量方式和标准器相同，故测量不确定度分析也相同。

附录 B

校准原始记录参考格式

委托方			
样品名称			
样品型号			
制造厂商			
出厂编号			
标准器名称			
标准器型号			
标准器编号			
标准器证书号			
证书有效期			
测量范围			
技术指标			
标准器状况	使用前后 <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	使用前后 <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常	使用前后 <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常
技术依据		试验地点	
温度		相对湿度	
开路电压			
显示值	实际值	测量不确定度	
工作电压			
显示值	实际值	测量不确定度	
绝缘电阻			
标准值	显示值	测量不确定度	
带内冷水条件下的绝缘电阻			
标准值	显示值	测量不确定度	
校准员		校准日期	
核验员			

共__页 第__页

附录 C

校准证书内页参考格式

开路电压		
显示值	实际值	测量不确定度
工作电压		
显示值	实际值	测量不确定度
绝缘电阻		
标准值	显示值	测量不确定度
带内冷水条件下的绝缘电阻		
标准值	显示值	测量不确定度

共__页 第__页
