

《水内冷发电机绝缘特性测试仪校准规范》 试验报告

《水内冷发电机绝缘特性测试仪校准规范》编写组

2025 年 8 月

《水内冷发电机绝缘特性测试仪校准规范》试验报告

1. 概述（试验目的）

选取两台水内冷发电机绝缘特性测试仪，按照校准规范中主要校准项目开展校准，根据测量数据分析测量不确定度，验证校准规范正确性和可行性。

2. 样品选型

根据水内冷发电机绝缘特性测试仪的工作原理和使用覆盖面，选取应用最广的水内冷发电机绝缘特性测试仪。

表 1 水内冷发电机绝缘特性测试仪基本信息

设备基本信息			
设备名称	型号	制造厂商	编号
水内冷发电机绝缘电阻测试仪	KD2678C	武汉市康达电气有限公司	S678B32408001
主要技术指标			
参数	输出范围	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	备注
开路电压	2500 V~5000 V	±10%	---
工作电压	2500 V~5000 V	±10%	---
绝缘电阻	1.00 MΩ~10 GΩ	10 级	
带内冷水条件下的绝缘电阻	10.00 MΩ~1 GΩ	10 级	---
设备基本信息			
设备名称	型号	制造厂商	编号
水内冷发电机绝缘电阻测试仪	HR2660B	武汉市豪人电气有限责任公司	25071005
主要技术指标			
参数	输出范围	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	备注
开路电压	2500 V~5300 V	±10%	---
工作电压	2500 V~5000 V	±10%	
绝缘电阻	1.00 MΩ~10 GΩ	±5%	
带内冷水条件下的绝缘电阻	10.00 MΩ~1 GΩ	±5%	---

3. 试验条件

3.1 环境条件

试验地点：1、武汉市康达电气有限公司实验室
环境温度：20.6℃ 相对湿度： 58%
试验时间：2025 年 05 月 27 日
试验人员：李艳、普夏

2、湖北省计量测试技术研究院光谷基地 B211
环境温度：20.2℃ 相对湿度： 62%
试验时间：2025 年 07 月 07 日
试验人员：李艳、普夏

3.2 测量标准

表 2 标准器基本信息

名 称	型号规格	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差
直流标准电阻器（高阻）	KD8650	10 MΩ～1000 GΩ	1 级/10kV
兆欧表标准电阻箱	ZX79	1 MΩ～100 GΩ	0.5 级/5kV
绝缘电阻表（兆欧表）检定装置	LGZ92GA	电阻测量范围 1 kΩ～1.9 TΩ。电压测量（高压直流数字电压表）测量范围：0～10 kV DC。	准确度等级：可调电阻输出准确度等级：×1 kΩ、×10 kΩ、×100 kΩ、×1 MΩ 0.1 级；×10 MΩ 0.5 级；×100 MΩ、×1 GΩ 1.0 级；×10 GΩ 2.0 级。固定电阻输出准确度等级：100 GΩ、400 GΩ、900 GΩ 2.0 级；1.9 TΩ 5.0 级。电压测量准确度：±（1% 读数±0.2%满度）
高压表	4700	电压直接输入测量范围：10kVDC、10kVACrms（110MΩ）	直流电压直接输入测量最大允许误差：0.05%读数+0.05V；交流电压直接输入测量测量最大允许误差：0.12%读数+0.1V

4. 试验项目和方法

4.1 开路电压

试验中按照规范中 7.3.1 的方法对水内冷发电机绝缘电阻测试仪的开路电压进行校准。

选用的标准器为高压表。

测试数据如下表所示。

表 3 开路电压测试数据

KD2678C					
量程选择 (V)	显示值 (V)	实际值 (kV)	误差绝对值 (V)	相对误差	$U_{rel} (k=2)$
2500	2648	2.641	7	2.8%	0.3%
5000	5290	5.280	10	0.2%	0.3%
HR2660B					
量程选择 (V)	显示值 (kV)	实际值 (kV)	误差绝对值 (V)	相对误差	$U_{rel} (k=2)$
2500	2.68	2.6829	2.9	1.2%	0.3%
5000	5.36	5.374	14	2.8%	0.3%

开路电压的测试数据的误差满足表 1 中技术要求。

4.2 工作电压

试验中按照规范中 7.3.2 的方法对水内冷发电机绝缘电阻测试仪的工作电压进行校准。

选用的标准器为高压表。

测试数据图下表所示。

表 4 工作电压测试数据

KD2678C					
量程选择 (V)	显示值 (V)	实际值 (kV)	误差绝对值 (V)	相对误差	$U_{rel} (k=2)$
2500	2544	2.540	4	1.6%	0.3%
5000	5084	5.076	8	1.6%	0.3%
HR2660B					
量程选择 (V)	显示值 (kV)	实际值 (kV)	误差绝对值 (V)	相对误差	$U_{rel} (k=2)$
2500	2.68	2.6792	0.8	0.3%	0.3%
5000	5.36	5.372	12	2.4%	0.3%

工作电压的测试数据的误差满足表 1 中技术要求。

4.3 绝缘电阻

试验中按照规范中 7.3.3 的方法对水内冷发电机绝缘电阻测试仪的绝缘电阻进行校准。

选用的标准器为直流标准电阻器（高阻）、兆欧表标准电阻箱或绝缘电阻表（兆欧表）检定装置。

表 5 绝缘电阻测试数据

KD2678C (档位: 2500V)				
标准值	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel} (k=2)$
1.00 M Ω	1.00 M Ω	0 M Ω	0%	0.8%
10.00 M Ω	10.0 M Ω	0 M Ω	0%	1.0%
100.0 M Ω	100 M Ω	0 M Ω	0%	1.2%
1 G Ω	1.01 G Ω	0.01 G Ω	1%	3.0%
10 G Ω	10.1 G Ω	0.1 G Ω	1%	5.0%
KD2678C (档位: 5000V)				
标准值	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel} (k=2)$
1.00 M Ω	1.00 M Ω	0 M Ω	0%	0.8%
10.00 M Ω	10.0 M Ω	0 M Ω	0%	1.0%
100.0 M Ω	100 M Ω	0 M Ω	0%	1.2%
1 G Ω	1.00 G Ω	0 G Ω	0%	3.0%
10 G Ω	9.89 G Ω	0.11 G Ω	1.1%	5.0%
HR2660B (档位: 2500V)				
标准值 (M Ω)	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel} (k=2)$
10.00	9.91 M Ω	0.09 M Ω	0.9%	1.0%
20.00	19.8 M Ω	0.2 M Ω	1%	1.0%
50.00	50.0 M Ω	0 M Ω	0%	1.1%
100.0	0.100 G Ω	0 G Ω	0%	1.3%
200.0	0.199 G Ω	0.001 G Ω	0.5%	2.4%
500.0	0.498 G Ω	0.002 G Ω	0.4%	3.0%
1000	0.998 G Ω	0.002 G Ω	0.2%	3.0%
2000	1.99 G Ω	0.01 G Ω	0.5%	3.0%
5000	4.98 G Ω	0.02 G Ω	0.4%	5.0%
10000	10.0 G Ω	0 G Ω	0%	5.0%
20000	20.1 G Ω	0.1 G Ω	0.5%	7.0%
50000	50.6 G Ω	0.6 G Ω	1.2%	7.0%
90000	94.9 G Ω	5.1 G Ω	5.7%	7.0%
100000	99.9 G Ω	1 G Ω	0.1%	7.0%
HR2660B (档位: 5000V)				
标准值 (M Ω)	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel} (k=2)$
100.0	99.8 M Ω	0.2 M Ω	0.2%	1.3%
200.0	0.199 G Ω	0.001 G Ω	0.5%	2.4%
500.0	0.497 G Ω	0.003 G Ω	0.6%	3.0%
1000	0.993 G Ω	0.007 G Ω	0.7%	3.0%
2000	1.99 G Ω	0.01 G Ω	0.5%	3.0%
5000	4.97 G Ω	0.03 G Ω	0.6%	5.0%
10000	9.96 G Ω	0.4 G Ω	0.4%	5.0%
20000	19.9 G Ω	0.1 G Ω	0.5%	7.0%
50000	50.1 G Ω	0.1 G Ω	0.2%	7.0%
100000	99.6 G Ω	0.4 G Ω	0.4%	7.0%

绝缘电阻的测试数据的误差满足表 1 中技术要求。

4.4 带内冷水条件下的绝缘电阻

试验中按照规范中 7.3.4 的方法对水内冷发电机绝缘电阻测试仪的带内冷水条件下的绝缘电阻进行校准。

选用的标准器为直流标准电阻器（高阻）、兆欧表标准电阻箱或绝缘电阻表（兆欧表）检定装置。

测试数据图下表所示。

表 6 带内冷水条件下的绝缘电阻测试数据

KD2678C（档位：2500V）					
极化电势设定值（mV）	标准值	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel}（k=2）$
+500	10.00 MΩ	10.0 MΩ	0 MΩ	0%	1.0%
-500		10.0 MΩ	0 MΩ	0%	1.0%
+500	100.0 MΩ	100 MΩ	0 MΩ	0%	1.2%
-500		100 MΩ	0 MΩ	0%	1.2%
+500	1 GΩ	0.993 GΩ	0.007 GΩ	0.7%	3.0%
-500		0.981 GΩ	0.019 GΩ	1.9%	3.0%
KD2678C（档位：5000V）					
极化电势设定值（mV）	标准值	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel}（k=2）$
+500	10.00 MΩ	10.0 MΩ	0 MΩ	0%	1.0%
-500		10.1 MΩ	0.1 MΩ	1%	1.0%
+500	100.0 MΩ	100 MΩ	0 MΩ	0%	1.2%
-500		100 MΩ	0 MΩ	0%	1.2%
+500	1 GΩ	0.991 GΩ	0.009 GΩ	0.9%	3.0%
-500		0.987 GΩ	0.013 GΩ	1.3%	3.0%
HR2660B（档位：2500V）					
极化电势设定值（mV）	标准值（MΩ）	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel}（k=2）$
+500	10.00	9.91 MΩ	0.09 MΩ	0.9%	1.0%
-500		9.92 MΩ	0.08 MΩ	0.8%	1.0%
+500	20.00	19.8 MΩ	0.2 MΩ	1%	1.0%
-500		19.8 MΩ	0.2 MΩ	1%	1.0%
+500	50.00	50.0 MΩ	0 MΩ	0%	1.1%
-500		50.0 MΩ	0 MΩ	0%	1.1%
+500	100.0	99.9 MΩ	0.1 MΩ	0.1%	1.3%
-500		0.100 GΩ	0 GΩ	0%	1.3%
+500	200.0	0.200 GΩ	0 GΩ	0%	2.4%
-500		0.199 GΩ	0.001 GΩ	0.5%	2.4%
+500	500.0	0.498 GΩ	0.002 GΩ	0.4%	3.0%
-500		0.500 GΩ	0 GΩ	0%	3.0%
+500	1000	0.998 GΩ	0.002 GΩ	0.2%	3.0%
-500		1.00 GΩ	0 GΩ	0%	3.0%
+500	2000	1.98 GΩ	0.02 GΩ	1%	3.0%
-500		2.01 GΩ	0.02 GΩ	0.5%	3.0%

表 6 带内冷水条件下的绝缘电阻测试数据（续）

HR2660B（档位：2500V）					
极化电势设定值（mV）	标准值（MΩ）	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel}（k=2）$
+500	5000	4.95 GΩ	0.05 GΩ	1%	5.0%
-500		4.92 GΩ	0.08 GΩ	1.6%	5.0%
+500	10000	9.86 GΩ	0.14 GΩ	1.4%	7.0%
-500		9.74 GΩ	0.26 GΩ	2.6%	7.0%
+500	20000	19.8 GΩ	0.2 GΩ	1%	7.0%
-500		24.3 GΩ	4.3 GΩ	21.5%	7.0%
+500	50000	47.2 GΩ	2.8 GΩ	5.6%	7.0%
-500		52.9 GΩ	2.9 GΩ	5.8%	7.0%
+500	90000	-----	-----	-----	-----
-500		98.4 GΩ	1.6 GΩ	1.8%	7.0%
+500	100000	79.5 GΩ	20.5 GΩ	20.5%	7.0%
-500		-----	-----	-----	-----
HR2660B（档位：5000V）					
极化电势设定值（mV）	标准值（MΩ）	显示值	误差绝对值	相对误差	$U_{rel}（k=2）$
+500	100.0	0.100 GΩ	0 GΩ	0%	1.3%
-500		0.100 GΩ	0 GΩ	0%	1.3%
+500	200.0	0.199 GΩ	0.001 GΩ	0.5%	2.4%
-500		0.200 GΩ	0 GΩ	0%	2.4%
+500	500.0	0.498 GΩ	0.002 GΩ	0.4%	3.0%
-500		0.497 GΩ	0.002 GΩ	0.6%	3.0%
+500	1000	0.994 GΩ	0.006 GΩ	0.6%	3.0%
-500		0.998 GΩ	0.002 GΩ	0.2%	3.0%
+500	2000	1.99 GΩ	0.01 GΩ	0.5%	3.0%
-500		2.00 GΩ	0 GΩ	0%	3.0%
+500	5000	4.94 GΩ	0.06 GΩ	1.2%	5.0%
-500		4.82 GΩ	0.18 GΩ	3.6%	5.0%
+500	10000	9.79 GΩ	0.21 GΩ	2.1%	7.0%
-500		13.3 GΩ	3.3 GΩ	33%	7.0%
+500	20000	19.6 GΩ	0.4 GΩ	2%	7.0%
-500		19.2 GΩ	0.8 GΩ	4%	7.0%
+500	50000	47.9 GΩ	2.1 GΩ	5.2%	7.0%
-500		99.9 GΩ	0.1 GΩ	0.2%	7.0%
+500	90000	-----	-----	-----	-----
-500		-----	-----	-----	-----
+500	100000	89.5 GΩ	11.5 GΩ	11.5%	7.0%
-500		-----	-----	-----	-----

型号为 KD2678C 的被测仪器的带内冷水条件下的绝缘电阻的测试数据的误差满足表 1 中技术要求。型号为 HR2660B 的被测仪器的带内冷水条件下的绝缘电阻的测试数据的误差 10 GΩ 以下的测试数据满足表 1 中技术要求，在 10 GΩ 以上的测试数据不满足表 1 中技术要

求。市场上水内冷发电机绝缘特性测试仪所测量带内冷水条件下的绝缘电阻都在 10 GΩ 以下。超差数据在实际应用中不会用到。

5. 试验结果的不确定度

按照水内冷发电机绝缘特性测试仪校准规范中测量不确定度评定示例中的方法，分别选取电压 2500 V 档位和 100 MΩ 计算测量不确定度。

5.1 型号为 KD2678C 的水内冷发电机绝缘特性测试仪测量不确定度评定

1) 开路电压测量不确定度评定

水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压输出设置为 2500 V，选取此电压值开展测量不确定度评定分析。

水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压为 2500 V 测量不确定度评定如下所示。

表 7 型号为 KD2678C 的水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压重复性测量数据

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
$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}$	3.01

表 8 型号为 KD2678C 的水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压测量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	3.01 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

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：

$$u_c \approx 3.7 \text{ V}$$

取 $k = 2$ ，扩展不确定度为：

$$U_c = k u_c \approx 7.4 \text{ V}$$

相对扩展不确定度为：

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

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。

2) 绝缘电阻测量不确定度评定

以绝缘电阻 $100.0 \text{ M}\Omega$ （电压档位 2500 V ）为例开展测量不确定度评定分析。

表 9 型号为 KD2678C 的水内冷发电机绝缘特性测试仪绝缘电阻测量重复性数据

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

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

表 10 型号为 KD2678C 的水内冷发电机绝缘特性测试仪绝缘电阻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 MΩ
u_2	标准器年稳定性引入的标准不确定度分量	B 类	0.12 MΩ
u_3	测量重复性引入的标准不确定度分量	A 类	0.42 MΩ
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 MΩ

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：

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

取 $k=2$ ，扩展不确定度为：

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

相对扩展不确定度为：

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

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。

5.2 型号为 HR2660B 的水内冷发电机绝缘特性测试仪测量不确定度评定

1) 开路电压测量不确定度评定

水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压输出设置 2500 V，选取此电压值开展测量不确定

度评定分析。

水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压为 2500 V 测量不确定度评定如下所示。

表 11 型号为 HR2660B 的水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压重复性测量数据

测量次数 n	数字高压表显示值/V
1	2683.2
2	2680.4
3	2678.2
4	2683.8
5	2680.5
6	2683.4
7	2685.7
8	2679.8
9	2685.4
10	2679.8
平均值	2682.0
$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$	2.55

表 12 型号为 HR2660B 的水内冷发电机绝缘特性测试仪开路电压测量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	0.72 V
u_2	标准器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	2.55 V
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 V

标准器稳定性引入的和被校测试仪分辨力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_2 、 u_3 独立不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c \approx 3.3 \text{ V}$$

取 $k = 2$ ，扩展不确定度为：

$$U_c = k u_c = 6.6 \text{ V}$$

相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{6.6 \text{ V}}{2500 \text{ V}} \approx 0.3\%$$

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。

2) 绝缘电阻测量不确定度评定

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。

表 13 型号为 HR2660B 的水内冷发电机绝缘特性测试仪开绝缘电阻测量重复性数据

测量次数 n	被校测试仪显示值/ MΩ
1	100
2	100
3	101
4	100
5	101
6	100
7	101
8	100
9	100
10	100
平均值	100.3
$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$	0.48

$$u_3 = 0.48 \text{ M}\Omega$$

表 14 型号为 HR2660B 的水内冷发电机绝缘特性测试仪开绝缘电阻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 MΩ
u_2	标准器年稳定性引入的标准不确定度分量	B 类	0.12 MΩ
u_3	测量重复性引入的标准不确定度分量	A 类	0.48 MΩ
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 MΩ

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：

$$u_{\text{re}} \approx 0.63 \text{ M}\Omega$$

取 $k = 2$ ，扩展不确定度为：

$$U_{\text{Rc}} = k u_{\text{Rc}} \approx 1.3 \text{ M}\Omega$$

相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{1.3 \text{ M}\Omega}{100 \text{ M}\Omega} = 1.3\%$$

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。

6. 试验结果验证

6.1 试验结果分析

在规定的试验条件下，水内冷发电机绝缘特性测试仪采用规范中的方法，校准结果符合设备的技术指标要求。验证结果表明规范项目和技术要求合理、方法正确。

6.2 一致性评价

从两台厂家不同，型号不同的水内冷发电机绝缘特性测试仪的测试数据和不确定度分析可以看出，该校准规范针对不同的仪器的校准结果具有一致性。

6.3 试验结论

上述测试过程和数据分析过程证明该规范对于水内冷发电机绝缘特性测试仪的技术参数的校准和技术要求合理。经试验验证，规范中的校准方法易于实现，试验数据满足规范要求，同时满足厂家和客户要求，可操作性强。

6.4 附录（试验记录）

见下页。

附录1 原始记录（型号：KD2678C）

水内冷发电机绝缘特性测试仪校准原始记录

委托方	规范起草组		
样品名称	水内冷发电机绝缘电阻测试仪		
样品型号	KD2678C		
制造厂商	武汉市康达电气有限公司		
出厂编号	S678B32408001		
标准器名称	直流标准电阻器（高阻）	兆欧表标准电阻箱	高压表
标准器型号	KD8650	ZX79	4700
标准器编号	041010	051	035465
标准器证书号	25DY825009697-001	2014DW022500620	（计）字 第 2024013717号
证书有效期	2026-5-27	2025-11-03	2025-10-30
标准器测量范围	10 M Ω ~ 1000 G Ω	1 M Ω ~ 100 G Ω	电压直接输入测量范围： 10kVDC、10kVACrms （110M Ω ）
标准器 测量不确定度/准 确度等级/最大允 许误差	1 级/10kV	0.5 级/5kV	直流电压直接输入测量 最大允许误差：0.05%读 数+0.05V；交流电压直接 输入测量测量最大允许 误差：0.12%读数+0.1V
标准器状况	正常	正常	正常
技术依据	《水内冷发电机绝缘特性测试仪校准规范》		
试验地点	武汉市康达电气有限公司实验室		
温度	20.6℃	湿度	58%RH
校准员	李艳	校准日期	2025 年 05 月 27 日
核验员	普夏		

共 2 页 第 2 页

开路电压测量

量程选择 (V)	显示值 (V)	实际值 (kV)	$U_{rel} (k=2)$
2500	2648	2.641	0.3%
5000	5290	5.280	0.3%

工作电压测量

量程选择 (V)	显示值 (V)	实际值 (kV)	$U_{rel} (k=2)$
2500	2544	2.540	0.3%
5000	5084	5.076	0.3%

绝缘电阻测量

档位选择 (V)	2500	5000	-----
标准值	显示值		$U_{rel} (k=2)$
1.00 M Ω	1.00 M Ω	1.00 M Ω	0.8%
10.00 M Ω	10.0 M Ω	10.0 M Ω	1.0%
100.0 M Ω	100 M Ω	100 M Ω	1.2%
1 G Ω	1.01 G Ω	1.00 G Ω	3.0%
10 G Ω	10.1 G Ω	9.90 G Ω	5.0%

带内冷水条件下的绝缘电阻

-----	档位选择 (V)	2500	5000	-----
极化电势设定值 (mV)	标准值	显示值		$U_{rel} (k=2)$
+500	10.00 M Ω	10.0 M Ω	10.0 M Ω	1.0%
-500		10.0 M Ω	10.1 M Ω	1.0%
+500	100.0 M Ω	100 M Ω	100 M Ω	1.2%
-500		100 M Ω	100 M Ω	1.2%
+500	1 G Ω	0.993 G Ω	0.991 G Ω	3.0%
-500		0.981 G Ω	0.987 G Ω	3.0%

以下空白

附录 2 原始记录（型号：HR2660B）

水内冷发电机绝缘特性测试仪校准原始记录

委托方	规范起草组		
样品名称	水内冷发电机绝缘电阻测试仪		
样品型号	HR2660B		
制造厂商	武汉市豪人电气有限责任公司		
出厂编号	25071005		
标准器名称	绝缘电阻表（兆欧表）检定装置	高压表	
标准器型号	LGZ92GA	4700	
标准器编号	9222036	035465	
标准器证书号	2023070706565001	（计）字 第 2024013717 号	
证书有效期	2024-07-07	2025-10-30	
标准器测量范围	电阻测量范围 1 kΩ～1.9 TΩ。电压测量（高压直流数字电压表）测量范围：0～10 kV DC。	电压直接输入测量范围：10kVDC、10kVACrms（110MΩ）	
标准器 测量不确定度/准确度等级/最大允许误差	准确度等级：可调电阻输出准确度等级：×1 kΩ、×10 kΩ、×100 kΩ、×1 MΩ 0.1 级；×10 MΩ 0.5 级；×100 MΩ、×1 GΩ 1.0 级；×10 GΩ 2.0 级。固定电阻输出准确度等级：100 GΩ、400 GΩ、900 GΩ 2.0 级；1.9 TΩ 5.0 级。电压测量准确度：±（1% 读数±0.2%满度）	直流电压直接输入测量最大允许误差：0.05%读数+0.05V；交流电压直接输入测量测量最大允许误差：0.12%读数+0.1V	
标准器状况	正常	正常	
技术依据	《水内冷发电机绝缘特性测试仪校准规范》		
试验地点	光谷基地 B211		
温度	20.2℃	湿度	62%RH
校准员	李艳	校准日期	2025 年 07 月 07 日
核验员	普夏		

开路电压测量

量程选择 (V)	显示值 (kV)	实际值 (kV)	$U_{rel} (k=2)$
2500	2.68	2.6829	0.3%
5000	5.36	5.374	0.3%

工作电压测量

量程选择 (V)	显示值 (kV)	实际值 (kV)	$U_{rel} (k=2)$
2500	2.68	2.6792	0.3%
5000	5.36	5.372	0.3%

绝缘电阻测量

档位选择 (V)	2500	5000	----
标准值 (M Ω)	显示值		$U_{rel} (k=2)$
10.00	9.91 M Ω	-----	1.0%
20.00	19.8 M Ω	-----	1.0%
50.00	50.0 M Ω	-----	1.1%
100.0	0.100 G Ω	99.8 M Ω	1.3%
200.0	0.199 G Ω	0.199 G Ω	2.4%
500.0	0.498 G Ω	0.497 G Ω	3.0%
1000	0.998 G Ω	0.993 G Ω	3.0%
2000	1.99 G Ω	1.99 G Ω	3.0%
5000	4.98 G Ω	4.97 G Ω	5.0%
10000	10.0 G Ω	9.96 G Ω	5.0%
20000	20.1 G Ω	19.9 G Ω	7.0%
50000	50.1 G Ω	50.1 G Ω	7.0%
90000	94.9 G Ω	-----	7.0%
100000	99.9 G Ω	99.6 G Ω	7.0%

带内冷水条件下的绝缘电阻

-----	档位选择 (V)	2500	5000	-----
极化电势设定值 (mV)	标准值 (MΩ)	显示值		$U_{rel} (k=2)$
+500	10.00	9.91 MΩ	-----	1.0%
-500		9.92 MΩ	-----	1.0%
+500	20.00	19.8 MΩ	-----	1.0%
-500		19.8 MΩ	-----	1.0%
+500	50.00	50.0 MΩ	-----	1.1%
-500		50.0 MΩ	-----	1.1%
+500	100.0	99.9 MΩ	0.100 GΩ	1.3%
-500		0.100 GΩ	0.100 GΩ	1.3%
+500	200.0	0.200 GΩ	0.199 GΩ	2.4%
-500		0.199 GΩ	0.200 GΩ	2.4%
+500	500.0	0.498 GΩ	0.498 GΩ	3.0%
-500		0.500 GΩ	0.497 GΩ	3.0%
+500	1000	0.998 GΩ	0.994 GΩ	3.0%
-500		1.00 GΩ	0.998 GΩ	3.0%
+500	2000	1.98 GΩ	1.99 GΩ	3.0%
-500		2.01 GΩ	2.00 GΩ	3.0%
+500	5000	4.95 GΩ	4.94 GΩ	5.0%
-500		4.92 GΩ	4.82 GΩ	5.0%
+500	10000	9.86 GΩ	9.79 GΩ	7.0%
-500		9.74 GΩ	13.3 GΩ	7.0%
+500	20000	19.8 GΩ	19.6 GΩ	7.0%
-500		24.3 GΩ	19.2 GΩ	7.0%
+500	50000	47.2 GΩ	47.9 GΩ	7.0%
-500		52.9 GΩ	99.9 GΩ	7.0%
+500	90000	-----	-----	-----
-500		98.4 GΩ	-----	7.0%
+500	100000	79.5 GΩ	89.5 GΩ	7.0%
-500		-----	-----	-----

以下空白