



新疆维吾尔自治区地方计量技术规范

JJF（新）145—2024

变压器空载、负载损耗测试仪校准规范

Calibration Specification for No-load Loss and Load Loss Testers of
Transformer

2024-12-31 发布

2025-06-30 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 发布

变压器空载、负载损耗测试仪 校准规范

JJF(新) 145—2024

Calibration Specification for No-load Loss
and Load Loss Testers of Transformer

归口单位：新疆维吾尔自治区市场监督管理局

主要起草单位：国网新疆电力有限公司电力科学研究院
新疆维吾尔自治区计量测试研究院

参与起草单位：国网新疆电力有限公司电力科学研究院
新疆维吾尔自治区计量测试研究院
新疆维吾尔自治区市场监督管理评价中心
新疆新能集团有限责任公司乌鲁木齐电力建设调试所

本规范委托新疆维吾尔自治区电磁计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张晓磊（国网新疆电力有限公司电力科学研究院）

刘卫新（国网新疆电力有限公司电力科学研究院）

史鹏飞（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

参加起草人：

庄亚杰（国网新疆电力有限公司电力科学研究院）

刘志强（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

杨艳霞（新疆维吾尔自治区市场监督管理评价中心）

张晓星（新疆新能集团有限责任公司乌鲁木齐电力建设调试所）

目 录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和定义	1
4 概述	1
5 计量特性	2
6 校准条件	3
6.1 环境条件	3
6.2 校准标准及辅助设备	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	3
7.3 校准方法	4
8 校准结果	7
8.1 校准结果数据处理	7
8.2 出具校准证书	8
9 复校时间间隔	8
附录 A 采用标准表法校准	9
附录 B 校准原始记录(推荐)格式	错误! 未定义书签。
附录 C 校准证书内页格式	错误! 未定义书签。
附录 D 电流测量不确定度评定示例	17
附录 E 电压测量不确定度评定示例	17

引 言

本规范依据 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》共同构成本规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

变压器空载、负载损耗测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于变压器空载、负载损耗测试仪（以下简称“测试仪”）的首次校准、后续校准及使用中的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

DL/T 1256 变压器空、负载损耗测试仪通用技术条件

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（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和定义

3.1 变压器空载、负载损耗测试仪 No-load Loss and Load Loss Testers of Transformer

变压器空载、负载损耗测试仪又称（变压器空载及负载特性测试仪、变压器空负载测试仪、变压器损耗测试仪、变压器空载负载测试仪）是按照 JB/T501—91《电力变压器试验导则》和 GB1094—96《电力变压器》的技术标准要求，能同时测量单相或三相电力变压器的交流电压有效值，电压平均值、有效值、有功功率、功率因素和频率等电量参数，用于开展电力变压器空载、负载损耗等试验的设备。

4 概述

变压器空载、负载损耗测试仪校准装置通过对测试仪的电流、电压、功率因数、频率等参量进行测量，并计算显示出测试仪的空载损耗、负载损耗等参数。变压器空载、负载损耗测试仪校准原理框图见图1。



图1 变压器空载、负载损耗测试仪校准原理框图

5 计量特性

5.1 电压

测试仪电压测量应满足以下要求：

- 测量范围：测量下限不大于 10V（相电压），测量上限不小于 250V（相电压）；
- 最大允许误差： $\pm 0.2\%$ ；

5.2 电流

测试仪电流测量应满足以下要求：

- 测量范围：测量下限不大于 0.5A，测量上限不小于 10A；
- 最大允许误差： $\pm 0.2\%$ ；

5.3 频率

测试仪频率测量应满足以下要求：

- 测量范围：测量下限不大于 45Hz，测量上限不小于 55Hz；
- 最大允许误差： $\pm 0.2\%$ ；

5.4 空载损耗、负载损耗

测试仪空载损耗、负载损耗测量最大允许误差： $\pm 0.5\%$ ；

5.5 功率因数

测试仪功率因数测量应满足以下要求：

- 最低可测功率因数：不大于 0.1；
- 最大允许误差： $\pm 0.5\%$ 。

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

6.1.1 环境温度：（ 20 ± 5 ）℃；

6.1.2 相对湿度：≤80%；

6.1.3 交流供电电压：（ 220 ± 22 ）V；

6.1.4 交流供电频率：（ 50 ± 0.5 ）Hz；

6.1.5 周围无影响正常校准工作的机械振动和电磁干扰。

注：环境温度的允许偏差也可以参照仪器使用说明书中的规定；

6.2 校准标准及辅助设备

6.2.1 标准装置的扩展不确定度应不小于被校测试仪的最大允许误差绝对值的 1/3。

标准装置的功能和测量范围要完全覆盖被校测试仪的功能和测量范围；

6.2.2 标准源、交流电源在 30s 内的稳定度和调节细度应小于被校测试仪最大允许误差绝对值的 1/10；

6.2.3 标准装置应该有良好的屏蔽和接地，以减小外界干扰；

6.2.4 绝缘电阻表，测试电压 500V，准确度等级应不低于 10 级。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

测试仪校准项目应符合表 1 规定。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	电压示值误差	7.3.1
2	电流示值误差	7.3.2
3	频率示值误差	7.3.3
4	空载损耗示值误差	7.3.4
5	负载损耗示值误差	7.3.5
6	功率因数示值误差	7.3.6

7.2 校准前准备

7.2.1 外观检查

检查测试仪名称、型号、制造厂名、出厂编号、额定输入电压、电流、频率、输出参数额定值、端钮标志等信息应清晰可见；检测端钮、开关、按键和调节旋钮是否灵活无卡涩。在规定的环境条件下，测试仪及标准装置应预热 30min 后开始校准。

7.2.2 绝缘电阻

对采用交流 220V 供电的测试仪，应进行绝缘电阻检查，使用 500V 绝缘电阻表测量电源输入端对机壳及地的绝缘电阻，测量结果不小于 20MΩ。

7.3 校准方法

7.3.1 电压示值误差

测试仪若采用三表法原理测量，则应对三相相电压进行校准。

测试仪若采用两表法原理测量，则应对三相线电压进行校准。校准时，通过施加三相同相位电压检查测试仪线电压测量方法的正确性；通过施加三相对称电压进行示值误差校准。

在测试仪的电压测量范围内进行电压示值误差校准时，应均匀选择不少于 3 个校准点，包括测试仪测量范围的 20%、60%、100% 的测量点，按图 2 所示进行接线。分别读取标准装置输出值 U_0 和测试仪示值 U_x ，按公式（1）计算电压示值误差，结果应满足 5.1 的要求。

$$\delta_U = \frac{U_x - U_0}{U_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_U ——电压示值误差；

U_x ——测试仪示值，V；

U_0 ——标准装置输出设定值，V。

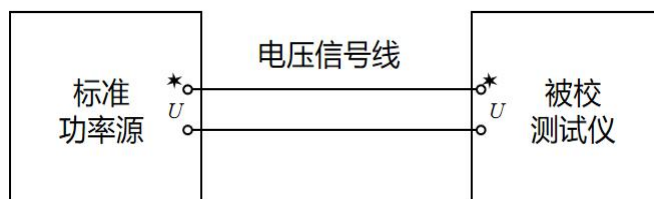


图2 电压示值误差接线图

采用标准表法校准可按附录 A 进行。

7.3.2 电流示值误差

在测试仪的电流测量范围内进行电流示值误差校准时，应均匀选择不少于 3 个校

准点，包括测试仪测量范围的 20%、60%、100% 的测量点，按图 3 所示进行接线。分别读取标准装置输出值 I_0 和测试仪示值 I_x ，按公式（2）计算电流示值误差，结果应满足 5.2 的要求。

$$\delta_I = \frac{I_x - I_0}{I_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_I ——电流示值误差；

I_x ——测试仪示值，A；

I_0 ——标准装置输出设定值，A。

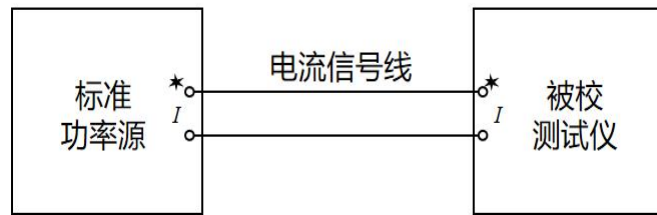


图3 电流示值误差接线图

采用标准表法校准可按附录 A 进行。

7.3.3 频率示值误差

在测试仪的频率测量范围内进行频率示值误差校准时，应选择不少于 3 个校准点，包括测试仪 45Hz、50Hz、55Hz 的测量点，按图 2 进行接线。分别读取标准装置输出值 f_0 和测试仪示值 f_x ，按公式（3）计算频率示值误差，结果应满足 5.3 的要求。

$$\delta_f = \frac{f_x - f_0}{f_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

δ_f ——频率示值误差；

f_x ——测试仪示值，Hz；

f_0 ——标准装置输出设定值，Hz。

采用标准表法校准可按附录 A 进行。

7.3.4 空载损耗示值误差

空载损耗示值误差校准点见表2，根据表2规则选择校准点，按图4所示进行接线。分别读取标准装置输出值 W_0 和测试仪示值 W_x ，按公式（4）计算空载损耗示值误差，结果应满足5.4的要求。

$$\delta_W = \frac{W_x - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ_W ——空载损耗示值误差；

W_x ——测试仪示值，W；

W_0 ——标准装置输出设定值，W。

表 2 空载损耗示值误差校准点

条件		电流值校准点		
功率因数	电压值	A 相	B 相	C 相
0.2L	100%	20%	50%	100%
0.5L	100%	20%	50%	100%
0.8L	100%	20%	50%	100%

注：施加的电压为纯基波，施加的电流信号中包含基波及 5%基波幅值的 3 次谐波分量、20%基波幅值的 5 次谐波分量、5%基波幅值的 7 次谐波分量。

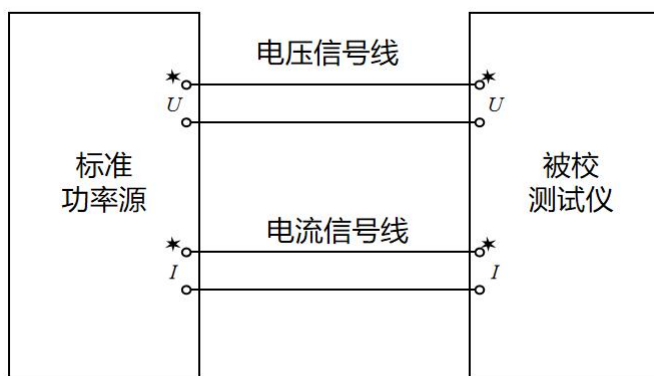


图4 空载损耗、负载损耗示值误差接线图

采用标准表法校准可按附录A进行。

7.3.5 负载损耗示值误差

负载损耗示值误差校准点见表3，根据表3规则选择校准点，按图4所示进行接线。分别读取标准装置输出值 P_0 和测试仪示值 P_x ，按公式（5）计算空载损耗示值误差，结果应满足5.4的要求。

$$\delta_P = \frac{P_x - P_0}{P_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

δ_P ——负载损耗示值误差；

P_x ——测试仪示值，W；
 P_0 ——标准装置输出设定值，W。

表 3 负载损耗示值误差校准点

条件		电压值校准点		
功率因数	电流值	A 相	B 相	C 相
0. 1L	100%	20%	50%	100%
0. 2L	100%	20%	50%	100%
0. 5L	100%	20%	50%	100%

注 1：施加的电压、电流均为纯基波。
注 2：若用户需要或标准器可溯源的情况下，可酌情采用功率因数低于 0. 1L 的校准点代替功率因数为 0. 1L 的校准点，进行负载损耗示值误差校准。

采用标准表法校准可按附录A进行。

7.3.6 功率因数示值误差

测试仪根据显示方式，分为功率因数显示和（或）相位角显示。功率因数为无量纲，相位角的单位为度（°）。

采用标准源法。通常频率选择50Hz，电压、电流选择常用点，按图4所示进行接线。功率因数校准点选取0.1L、0.5L、1.0，相位角校准点选择15°、45°、90°。分别设定标准装置的输出电压、电流至选定值，调节输出功率因数（相位角）至校准点，分别读取标准装置输出设定值 $\cos\varphi_0$ （或 φ_0 ）和测试仪示值 $\cos\varphi_x$ （或 φ_x ）,按公式（6）计算功率因数示值误差，结果应满足5.5的要求。

$$\delta_{\cos\varphi} = \frac{\cos\varphi_x \text{（或}\varphi_x\text{）} - \cos\varphi_0 \text{（或}\varphi_0\text{）}}{\cos\varphi_0 \text{（或}\varphi_0\text{）}} \times 100\% \tag{6}$$

式中：

- $\delta_{\cos\varphi}$ ——功率因数示值误差；
- $\cos\varphi_x$ （或 φ_x ）——测试仪示值，无量纲（或°）；
- $\cos\varphi_0$ （或 φ_0 ）——标准装置输出设定值，无量纲（或°）。

8 校准结果

8.1 校准结果数据处理

校准数据有效位数应与扩张不确定度位数保持一致。

8.2 出具校准证书

校准后, 出具校准证书。校准数据应参照附录 B 所列数据表格, 并可根据被测仪表的情况进行填写。证书上的信息应满足以下信息要求。

- a) 标题, 如“校准证书”或“校准报告”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 证书或报告的唯一标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- d) 送校单位的名称和地址;
- e) 被校对象的描述和明确标识;
- f) 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;
- g) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- h) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- i) 校准环境的描述;
- j) 校准结果及其测量不确定度;
- k) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识, 以及签发日期;
- l) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

原始记录内页格式见附录 B, 校准证书(报告)内页格式见附录 C, 电流测量不确定度评定示例见附录 D, 电流测量不确定度评定示例见附录 E。

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 (规范性)

采用标准表法校准

A.1 概述

根据校准标准装置的工作原理，需采用标准表法进行校准的，可按照本附录的条款进行。

A.2 环境条件

校准所需的环境条件参照 6.1 的要求。

A.3 校准所需要的标准装置

1) 标准功率表的测量范围能覆盖测试仪的量程，各参数的测量扩展不确定度应不小于被校测试仪的最大允许误差绝对值的 1/3。

2) 标准源、交流电源在 30s 内的稳定度和调节细度应小于被校测试仪最大允许误差绝对值的 1/10。

3) 标准功率表应该有良好的屏蔽和接地，以减小外界干扰。

4) 绝缘电阻表，测试电压 500V，准确度等级应不低于 10 级。

A.4 校准项目

校准项目符合 7.1 的要求。

A.5 校准前的准备

校准前的准备复合 7.2 的要求。

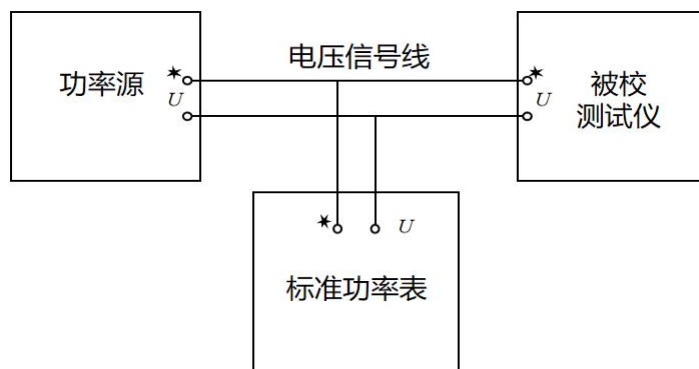
A.6 校准方法

A.6.1 电压示值误差

测试仪若采用三表法原理测量，则应对三相电压进行校准。

测试仪若采用两表法原理测量，则应对三相线电压进行校准。校准时，通过施加三相同相位电压检查测试仪线电压测量方法的正确性；通过施加三相对称电压进行示值误差校准。

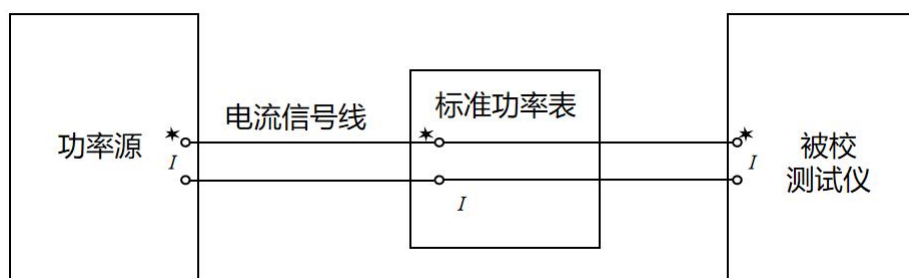
在测试仪的电压测量范围内进行电压示值误差校准时，应均匀选择不少于 3 个校准点，包括测试仪测量范围的 20%、60%、100% 的测量点，按图 A.1 所示进行接线。分别读取标准表示值 U'_0 和测试仪示值 U_x ，用 U'_0 代替 U_0 ，按公式 (1) 计算电压示值误差，结果应满足 5.1 的要求。



图A.1 标准表法电压示值误差接线图

A.6.2 电流示值误差

在测试仪的电流测量范围内进行电流示值误差校准时，应均匀选择不少于3个校准点，包括测试仪测量范围的20%、60%、100%的测量点，按图A.2所示进行接线。分别读取标准表示值 I'_0 和测试仪示值 I_x ，用 I'_0 代替 I_0 ，按公式(2)计算电流示值误差，结果应满足5.2的要求。



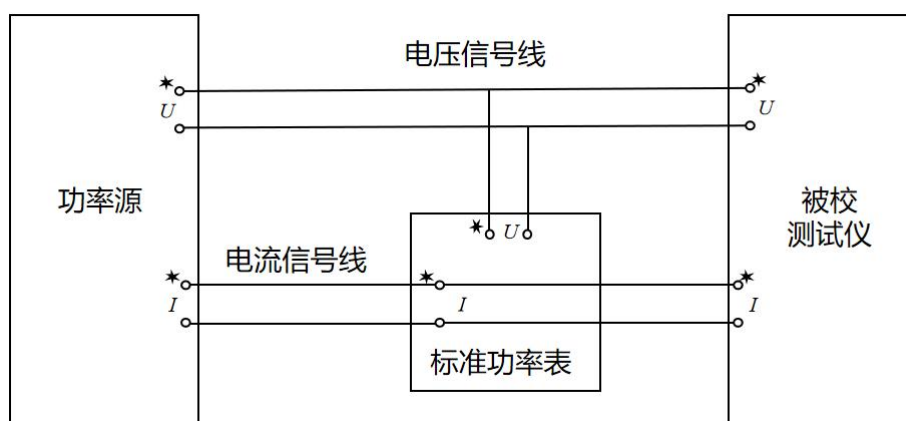
图A.2 标准表法电流示值误差接线图

A.6.3 频率示值误差

在测试仪的频率测量范围内进行频率示值误差校准时，应选择不少于3个校准点，包括测试仪45Hz、50Hz、55Hz的测量点，按图A.1进行接线。分别读取标准表示值 f'_0 和测试仪示值 f_x ，用 f'_0 代替 f_0 ，按公式(3)计算频率示值误差，结果应满足5.3的要求。

A.6.4 空载损耗示值误差

空载损耗示值误差校准点见表3，根据表3规则选择校准点，按图A.3所示进行接线。分别读取标准表示值 W'_0 和测试仪示值 W_x ，用 W'_0 代替 W_0 ，按公式(4)计算空载损耗示值误差，结果应满足5.4的要求。



图A.3 标准表法空载损耗、负载损耗示值误差接线图

A.6.5 负载损耗示值误差

负载损耗示值误差校准点见表4，根据表4规则选择校准点，按图A.3所示进行接线。分别读取标准表示值 P'_0 和测试仪示值 P_x ，用 P'_0 代替 P_0 ，按公式（5）计算空载损耗示值误差，结果应满足5.4的要求。

A.6.6 功率因数示值误差

测试仪根据显示方式，分为功率因数显示和（或）相位角显示。功率因数为无量纲，相位角的单位为度（°）。

通常频率选择50Hz，电压、电流选择常用点，按图A.3所示进行接线。功率因数校准点选取0.1L、0.5L、1.0，相位角校准点选择15°、45°、90°。分别设定标准装置的输出电压、电流至选定值，调节输出功率因数（相位角）至校准点，分别读取标准表示值 $\cos\varphi'_0$ （或 φ'_0 ）和测试仪示值 $\cos\varphi_x$ （或 φ_x ），用 $\cos\varphi'_0$ （或 φ'_0 ）代替 $\cos\varphi_0$ （或 φ_0 ），按公式（6）计算功率因数示值误差，结果应满足5.5的要求。

1.1 附录 B

校准原始记录(推荐)格式

变压器空载、负载损耗测试仪校准原始记录

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:	
校准地址:		环境温度:	环境湿度:

校准用主要计量标准器具

名称	规格型号	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.外观和通电检查: ☐符合要求 ☐不符合要求2.绝缘电阻检查: ☐符合要求 ☐不符合要求

3.示值误差:

(1) 电压

标准值 (纯基波)	测量值 (A 相)	测量值 (B 相)	测量值 (C 相)	不确定度

(2) 电流

标准值 (纯基波)	测量值 (A 相)	测量值 (B 相)	测量值 (C 相)	不确定度

(3) 频率

标准值	测量值

(4) 空载损耗

施加 电压值	施加电流时的测量值					
	20%(A)	50%(A)	100%(A)	三相之和 (W)	功率因数	不确定度
	A 相 (W)	B 相 (W)	C 相 (W)			
100%(V)					0.2	
100%(V)					0.5	
100%(V)					0.8	

(5) 负载损耗

施加 电流值	施加电压时的测量值					
	20%(V)	50%(V)	100%(V)	三相之和 (W)	功率因数	不确定度
	A 相 (W)	B 相 (W)	C 相 (W)			
100%(A)					0.1	
100%(A)					0.2	
100%(A)					0.5	

(6) 功率因数

标准值	测量值

校准人员：_____ 核验人员：_____ 校准日期：_____ 年 月 日

附录 C

校准证书内页格式

证书编号 ××××××-××××

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 他		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准使用的计量标准装置：				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	检定/校准证书	有效期至

注：

1. XXXXXX 仅对加盖“XXXXXX 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

证书编号 ××××××-××××

校准结果

1.外观和通电检查: ☐符合要求 ☐不符合要求

2.绝缘电阻检查: ☐符合要求 ☐不符合要求

3.示值误差:

(1) 电压

标准值 (纯基波)	测量值 (A 相)	测量值 (B 相)	测量值 (C 相)	不确定度

(2) 电流

标准值 (纯基波)	测量值 (A 相)	测量值 (B 相)	测量值 (C 相)	不确定度

(3) 频率

标准值	测量值

(4) 空载损耗

施加 电压值	施加电流时的测量值					
	20%(A)	50%(A)	100%(A)	三相之和 (W)	功率因数	不确定度
	A 相 (W)	B 相 (W)	C 相 (W)			
100%(V)					0.2	
100%(V)					0.5	
100%(V)					0.8	

(4) 负载损耗

施加 电流值	施加电压时的测量值					
	20%(V)	50%(V)	100%(V)	三相之和 (W)	功率因数	不确定度
	A 相 (W)	B 相 (W)	C 相 (W)			
100%(A)					0.1	
100%(A)					0.2	
100%(A)					0.5	

(5) 功率因数

标准值	测量值

以下空白

根据所采用的校准方法填写对应方法的校准结果表格。

校准员：

核验员：

第 X 页

共 X 页

附录 D 电流测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 测量依据：JJF(新)《变压器空载、负载损耗测试仪校准规范》

D.1.2 环境条件：温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度： $\leq 80\%$

D.1.3 测量标准：空负载测试仪校验装置；电压输出范围：0~500V；电流输出范围：0~100A；频率测量范围：45Hz~55Hz；电压、电流、频率、功率因数测量准确度等级为 0.01 级。

D.1.4 被测对象：变压器空载、负载损耗测试仪：电压测量范围为 0~850V，电流测量范围为 0~80A，频率测量范围为 35Hz~65Hz，电压、电流测量准确度等级为 0.2 级，功率测量准确度等级为 0.5 级。

D.1.5 校准方法按照 7.2.2 进行。

D.1.6 评定结果的使用：符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

D.2 建立测量模型：

D.2.1 测量模型： $\Delta_I = I_x - I_0$

式中：

Δ_I ——电流示值误差，A；

I_x ——被检测试仪的示值，A。

I_0 ——标准装置输出设定值，A。

D.3 标准不确定度来源

测量结果的不确定度主要分量有：

- 1) 由测试仪测量重复性引入的不确定度分量 $u(I_1)$ ；
- 2) 由变压器空载、负载损耗测试仪校准装置最大允许误差引入的不确定度分量 $u(I_2)$ ；
- 3) 由测试仪测量分辨力引入的不确定度分量 $u(I_3)$

D.4 标准不确定度分量的评定

D.4.1 标准不确定度分量 $u(I_1)$ 的评定

该不确定度分量主要是由测试仪的测量重复性引起的，可以通过连续测量得到测量列，采用 A 类方法进行评定。磁场影响等引起的不确定度已包含在此标准不确定度

分量重，故不另做分析评定。

对一台变压器空载、负载损耗测试仪在 1.0000A 时进行 10 次重复测量（每次测量均重新接线），重复性测量数据见表 D.1。

表 D.1 重复性测量数据

序号	测量结果 (A)	序号	测量结果 (A)
1	0.9994	6	0.9996
2	0.9991	7	0.9999
3	0.9993	8	0.9991
4	0.9998	9	0.9992
5	0.9992	10	0.9997

$$\text{单次实验标准差: } s(I_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (I_i - \bar{I})^2}{n-1}} = 3.0 \times 10^{-4} \text{ A}$$

D.4.2 标准不确定度分量 $u(I_2)$ 的评定

空负载测试仪校验装置经上级检测合格，符合其技术指标要求，其最大允许误差为 $\pm 0.01\%$ ，其半宽为 0.01% ，在此区间内可认为服从按均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。

$$s(I_2) = \frac{0.0001}{\sqrt{3}} \times 1.0000 = 5.77 \times 10^{-5} \text{ A}$$

D.4.3 标准不确定度分量 $u(I_3)$ 的评定

测试仪的分辨力为 0.0001A ，在此区间内可认为服从按均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。

$$s(I_3) = \frac{0.0001}{\sqrt{3}} \div 2 \times 1.0000 = 2.89 \times 10^{-5} \text{ A}$$

D.5 合成标准不确定度

合成标准不确定度

$$u_c(I) = \sqrt{u^2(I_1) + u^2(I_2) + u^2(I_3)} = 3.1 \times 10^{-4} \text{ A}$$

D.6 扩展不确定度的评定

$$\text{取 } k=2, U=k \times u_c(I) = 2 \times 3.1 \times 10^{-4} = 6.2 \times 10^{-4} \text{ A}$$

D.7 测量不确定度的报告

变压器空载、负载损耗测试仪在 1.0000A 校准点的测量结果的扩展不确定度为：

$$U=6.2 \times 10^{-4} \text{ A} \quad k=2$$

换算至相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}}=0.06\% \quad k=2$$

附录 E 电压测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 测量依据：JJF(新)《变压器空载、负载损耗测试仪校准规范》

D.1.2 环境条件：温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度： $\leq 80\%$

D.1.3 测量标准：空负载测试仪校验装置；电压输出范围：0~500V；电流输出范围：0~100A；频率测量范围：45Hz~55Hz；电压、电流、频率、功率因数测量准确度等级为 0.01 级。

D.1.4 被测对象：变压器空载、负载损耗测试仪：电压测量范围为 0~850V，电流测量范围为 0~80A，频率测量范围为 35Hz~65Hz，电压、电流测量准确度等级为 0.2 级，功率测量准确度等级为 0.5 级。

D.1.5 校准方法按照 7.2.2 进行。

D.1.6 评定结果的使用：符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本不确定度的评定方法。

D.2 建立测量模型：

D.2.1 测量模型： $\Delta_V = V_X - V_0$

式中：

Δ_V ——电压示值误差，V；

V_X ——被检测试仪的示值，V。

V_0 ——标准装置输出设定值，V。

D.3 标准不确定度来源

测量结果的不确定度主要分量有：

4) 由测试仪测量重复性引入的不确定度分量 $u(V_1)$ ；

5) 由变压器空载、负载损耗测试仪校准装置最大允许误差引入的不确定度分量 $u(V_2)$ ；

6) 由测试仪测量分辨力引入的不确定度分量 $u(V_3)$

D.4 标准不确定度分量的评定

D.4.1 标准不确定度分量 $u(V_1)$ 的评定

该不确定度分量主要是由测试仪的测量重复性引起的，可以通过连续测量得到测量列，采用 A 类方法进行评定。磁场影响等引起的不确定度已包含在此标准不确定度

分量重，故不另做分析评定。

对一台变压器空载、负载损耗测试仪在 100.00V 时进行 10 次重复测量（每次测量均重新接线），重复性测量数据见表 D.1。

表 D.1 重复性测量数据

序号	测量结果 (V)	序号	测量结果 (V)
1	100.02	6	100.02
2	99.99	7	100.03
3	100.02	8	99.99
4	100.01	9	99.99
5	100.00	10	99.99

$$\text{单次实验标准差: } s(V_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (I - \bar{I})^2}{n-1}} = 0.016 \text{ V}$$

D.4.2 标准不确定度分量 $u(V_2)$ 的评定

空负载测试仪校验装置经上级检测合格，符合其技术指标要求，其最大允许误差为 $\pm 0.01\%$ ，其半宽为 0.01%，在此区间内可认为服从按均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。

$$s(V_2) = \frac{0.0001}{\sqrt{3}} \times 100 = 0.0058 \text{ V}$$

D.4.3 标准不确定度分量 $u(V_3)$ 的评定

测试仪的分辨力为 0.01V，在此区间内可认为服从按均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ 。

$$s(V_3) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.0058 \text{ V}$$

D.5 合成标准不确定度

合成标准不确定度

$$u_c(V) = \sqrt{u^2(V_1) + u^2(V_2) + u^2(V_3)} = 0.018 \text{ V}$$

D.6 扩展不确定度的评定

$$\text{取 } k=2, U=k \times u_c(V) = 2 \times 0.018 = 0.04 \text{ V}$$

D.7 测量不确定度的报告

变压器空载、负载损耗测试仪在 100V 校准点的测量结果的扩展不确定度为：

$$U=0.04 \text{ V} \quad k=2$$

换算至相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}}=0.04\% \quad k=2$$

新疆维吾尔自治区
地方计量校准规范

变压器空载、负载损耗测试仪校准规范

JJF(新) 145—2024

新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布

*

版权所有 不得翻印

*

880mm×1230mm 16 开本

2023 年 x 月第 1 版 2023 年 x 月第 1 次印刷

印数 1-100