

天津市地方计量技术规范

JJF(津)55—2021

变压器有载分接开关测试仪校准规范

Calibration Specification of Transformer On-Load Tap-changer Tester

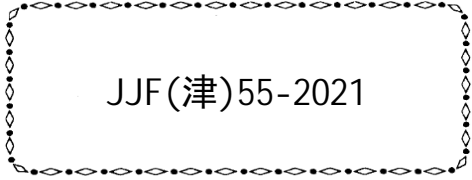
2021—05—19 发布

2021—06—20 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

变压器有载分接开关 测试仪校准规范

Calibration Specification of Transformer
On-Load Tap-changer Tester



JJF(津)55-2021

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

赵新明 (天津市计量监督检测科学研究院)

付江楠 (天津市计量监督检测科学研究院)

蔡 姝 (天津市计量监督检测科学研究院)

参加起草人：

陈 洁 (天津市计量监督检测科学研究院)

赵 青 (天津市计量监督检测科学研究院)

姬更新 (天津市计量监督检测科学研究院)

孙 冰 (天津市计量监督检测科学研究院)

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
3.1 过渡电阻.....	(1)
3.2 过渡时间.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(1)
5.1 示值误差.....	(1)
5.2 最大允许误差.....	(2)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 测量标准和其它设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 校准项目.....	(3)
7.2 校准方法.....	(3)
8 校准结果表达.....	(5)
8.1 校准数据处理.....	(5)
8.2 校准证书.....	(5)
9 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 变压器有载分接开关特性测试仪测量不确定度评定示例.....	(6)
附录 B 测试仪校准原始记录格式.....	(9)
附录 C 校准证书内页格式.....	(11)

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 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》编制。

本规范是首次对变压器有载分接开关测试仪地方校准规范的制订。

变压器有载分接开关测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于过渡时间小于1000ms, 过渡电阻不大于40 Ω 的变压器有载分接开关测试仪 (以下简称测试仪) 的校准。

本规范只适用于直流恒流源法工作的测试仪的校准, 不适用于采用交流法工作的测试仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJF1001-2011 通用计量术语和定义

JJF1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

DL/T1694.2-2017 高压测试仪器及设备校准规范第2部分: 电力变压器分接开关测试仪

注: 使用上述引用文献时注意使用现行有效版本

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。

3 术语和计量单位

3.1 过渡电阻

变压器有载分接开关在换挡过程中, 在过渡回路中用于限值两档循环电流的电阻。

3.2 过渡时间

变压器有载分接开关在换挡过程中, 在过渡回路中切换的时间。

4 概述

变压器有载分接开关测试仪主要是用来测量变压器在开关动作过程中过渡电阻、过渡时间的专用仪器。直流恒流源法工作的测试仪工作原理为通过恒流源对变压器分接开关输入直流电流, 在有载分接开关位置变化过程中, 由电流信号在端口产生的电压信号进行采样, 实现对分接开关的过渡电阻、过渡时间等参数的测量功能。

5 计量特性

5.1 示值误差

5.1.1 过渡电阻示值误差

测试仪过渡电阻示值 R_x 的绝对误差的表达式为:

$$\Delta R = R_x - R_0 \quad (1)$$

式中:

ΔR ——测试仪过渡电阻测量示值的绝对误差, Ω ;

R_x ——测试仪过渡电阻测量的示值, Ω ;

R_0 ——测试仪校准装置过渡电阻的实际值, Ω 。

5.1.2 过渡时间示值误差

测试仪过渡时间示值 t_x 的绝对误差的表达式为:

$$\Delta t = t_x - t_0$$

(2)

式中:

Δt ——过渡时间测量误差, ms;

t_x ——测试仪过渡时间显示值, ms;

t_0 ——测试仪校准装置过渡时间的标准值, ms。

5.2 最大允许误差

5.2.1 过渡电阻最大允许误差

测试仪过渡电阻最大允许误差用绝对误差方式表示:

$$\Delta = \pm (a\% Y_x + b\% Y_m)$$

(3)

$$\Delta = \pm (a\% Y_x + n)$$

(4)

测试仪过渡电阻最大允许误差用相对误差方式表示:

$$r = \pm \left(a\% + b\% \frac{Y_m}{Y_x} \right)$$

(5)

式中:

Δ ——用绝对误差形式表示的最大允许误差;

Y_x ——测试仪测量示值;

Y_m ——测试仪所测量程的满量程值;

a ——与测试仪测量示值有关的系数;

b ——与测试仪满量程值有关的系数;

r ——用相对误差形式表示的最大允许误差;

n ——以数字表示的绝对误差项， $n = b\%Y_m$ 。

注：测试仪最大允许误差公式中 a 和 b 由制造厂给出，其中 $a \geq 4b$ ，且 $a+b$ 之和应不大于测试仪准确度等级对应的数值。

5.1.2 过渡时间最大允许误差

过渡时间测量在1ms~100ms范围内最大允许误差为 $\pm 1\text{ms}$ ；过渡时间测量大于100ms，最大允许误差为 $\pm 1\%$ 。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度：40%~80%。

6.1.2 电源电压： $(220 \pm 22)\text{V}$ ，电源频率： $(50 \pm 0.5)\text{Hz}$ 。

6.1.3 周围无影响测试仪正常工作的强外电磁场干扰。

6.1.4 校准时设备应良好接地。

6.2 测量标准及其它设备

测试仪使用的标准器为具有过渡电阻值、同步模拟过渡时间和过渡时间过程的标准装置，由标准装置、辅助设备和环境条件引入的测量结果扩展不确定度（ $k=2$ ）应不大于被校准测试仪最大允许误差的1/3。

同时也可以使用满足校准需求的标准电阻器（箱）、信号发生器、数字示波器等组合实现对测试仪的校准。其中选择的电阻器（箱）的功率应与被校准测试仪的输出电流相匹配，以免测试仪输出电流过大导致电阻器（箱）损毁。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

表1 校准项目

序号	校准项目	
1	通用技术要求	外观和通电检查
2	示值误差	过渡电阻
		过渡时间

7.2 校准方法

7.2.1 外观和通电检查

a) 面板或仪器铭牌上应有仪器的名称、型号、生产厂家、出厂编号、制造日期、准确度等级等信息。

b) 各种开关、按钮及接线端子应接触良好，机身有明显的端子标识和可靠的接地端子。

c)测试仪在通电后,其显示应清晰完整。

7.2.2 校准点的选择

在测试仪的量程范围内均匀的选取不少于5个校准点进行校准,校准点应覆盖量程的下限点、中间点及上限点或其接近点,同时也可以根据用户需求增加校准点的数量。

7.2.3 过渡电阻校准

测试仪的过渡电阻校准的原理图如图1所示进行接线,采用直接测量法,调节测试仪的测试电流对测试仪校准装置中的标准电阻进行采样,读取测试仪中的过渡电阻示值。

测试仪过渡电阻示值 R_x 的绝对误差按公式(1)计算。

测试仪过渡电阻测量示值的相对误差按式(6)计算:

$$r_R = \left(\frac{R_x - R_0}{R_0} \right) \times 100\% \quad (6)$$

式中:

r_R ——测试仪过渡电阻示值的相对误差;

R_x ——测试仪过渡电阻测量的示值, Ω ;

R_0 ——测试仪校准装置过渡电阻的实际值, Ω 。

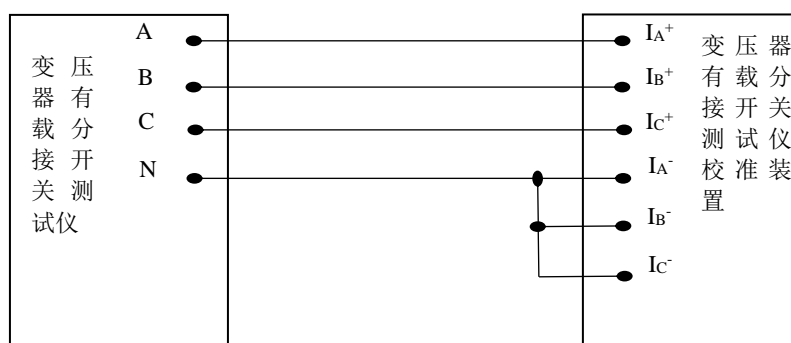


图1 测试仪校准接线图

7.2.4 过渡时间校准

测试仪的过渡时间校准的原理图如图1所示进行接线,在测试仪校准装置中设置标准过渡时间,启动测试仪对过渡时间进行采样,读取测试仪中的过渡时间示值。

测试仪过渡时间示值 t_x 的绝对误差按公式(2)计算。

测试仪过渡时间测量示值的相对误差按式(7)计算:

$$r_t = \frac{t_x - t_0}{t_0} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

- r_t ——用相对形式表示的过渡时间测量误差；
- t_x ——测试仪过渡时间显示值，ms；
- t_0 ——测试仪校准装置过渡时间的标准值，ms。

8 校准结果表达

8.1 校准数据处理

被校测试仪的误差数据计算后，应采用4舍5入及偶数法则进行修约，末位数修约到被校测试仪允许误差限的十分之一位。判断测试仪的误差是否超过基本误差限时，应以修约后的数据为依据。

8.2 校准证书

校准后应出具校准证书，校准证书应包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 客户名称和地址；
- d) 被校对象的描述和明确标识；
- e) 证书唯一性标识，每页及总页数的标识；
- f) 校准日期；
- g) 校准地点；
- h) 校准所依据的技术规范（名称及代号）；
- i) 校准所用标准的溯源性和有效性；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及测量不确定度；
- l) 校准证书签发人的签名及签发日期；
- 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，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议变压器有载分接开关测试仪复校时间间隔为一年。用户也可根据被校准测试仪的使用环境条件、频率等自主决定复校时间间隔。

附录 A

变压器有载分接开关特性测试仪测量不确定度评定示例

A.1 概述

本附录以过渡电阻测量范围为：(1~20) Ω，过渡时间为：(10~300) ms，准确度等级为1.0级的变压器有载分接开关特性测试仪的过渡电阻、过渡时间不确定度评定为例，说明变压器有载分接开关特性测试仪的测量不确定度的评定程序。

A.1.1 测量方法

测量原理框图如图A.1。将测试仪的接线端子与校准装置按对应关系进行连接。调节测试仪的测试电流，在校准装置上设定标准过渡电阻值及标准过渡时间值，启动测试，可在测试仪上显示过渡电阻值及过渡时间值。

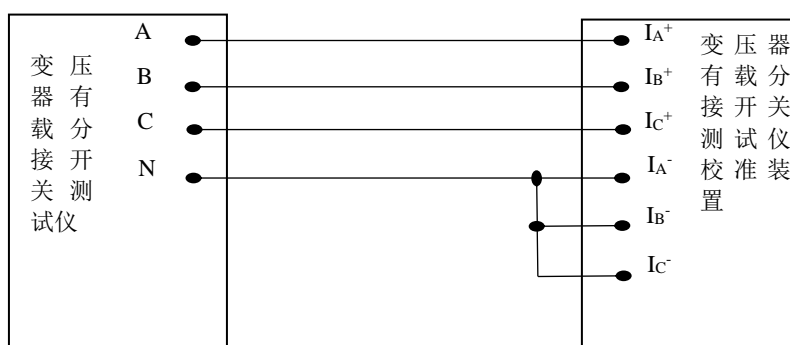


图 A.1 校准示意图

A.1.2 计量标准

变压器有载分接开关特性测试仪校准装置，测量范围：(1~40) Ω，(1~999) ms。允许误差，过渡电阻：0.2%R；过渡时间：10μs。

A.1.3 被校对象

变压器有载分接开关特性测试仪，过渡电阻测量范围为：(1~20) Ω，过渡时间为：(10~300) ms，1.0级。

A.2 不确定度来源

- a) 测试仪测量结果的重复性引入的不确定度，A类评定。
- b) 由校准装置示值误差引入的不确定度，B类评定。

A.3 测量模

$$\Delta R = R_x - R_0 \quad (\text{A.1})$$

式中：ΔR——测试仪过渡电阻测量示值的绝对误差，Ω；

R_x ——测试仪过渡电阻测量的示值，Ω；

R_0 ——测试仪校准装置过渡电阻的实际值, Ω 。

$$\Delta t = t_x - t_0 \quad (\text{A. 2})$$

式中: Δt ——过渡时间测量误差, ms;

t_x ——测试仪过渡时间显示值, ms;

t_0 ——测试仪校准装置过渡时间的标准值, ms。

A. 4 不确定度传播系数

由于输入量 R_x 、 R_0 独立, 则有

$$u_c^2 = c_1^2 u_1^2(I_x) + c_2^2 u_2^2(I_n) \quad (\text{A. 3})$$

式中灵敏系数 $c_1 = 1$; $c_2 = -1$ 。

由于输入量 t_x 、 t_0 独立, 则有

$$u_c^2 = c_1^2 u_1^2(U_x) + c_2^2 u_2^2(U_n) \quad (\text{A. 4})$$

式中灵敏系数 $c_1 = 1$; $c_2 = -1$ 。

A. 5 标准不确定度评定

A. 5.1 测试仪重复性引入的不确定度, 用标准不确定度A类评定。

以校准测试仪过渡电阻10 Ω , 过渡时间100ms示值为例, 用测试仪校准装置按图A. 1的测量方法对测试仪重复测量10次, 测量结果见表A. 1。

表 A. 1 重复性测量数据

第 i 次测量	过渡电阻/ Ω	过渡时间/ms
1	10.04	99.8
2	10.02	99.7
3	10.03	99.9
4	10.03	99.8
5	10.02	99.9
6	10.04	99.7
7	10.04	99.6
8	10.02	99.8
9	10.05	99.8
10	10.02	99.7
平均值	10.03	99.8
实验标准差	0.011	0.095

$$\text{其单次实验标准差 } s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}$$

式中： x_i ——第*i*次测量值；

\bar{x} ——*n*次测量的平均值；

n ——重复测量的次数。

故A类不确定度分量 $u_1(R)$ 、 $u_1(t)$ 为：

$$u_1(R) = s / \sqrt{10} = 0.0035 \Omega$$

$$u_1(t) = s / \sqrt{10} = 0.030 \text{ ms}$$

A. 5.2 由测试仪校准装置示值不准引入的不确定度，用标准不确定度B类评定。

测试仪校准装置过渡电阻最大允许误差为0.2%*R*；过渡时间为10 μs，按均匀分布考虑， $k = \sqrt{3}$ ，故测试仪校准装置引入的不确定度分量 $u_2(R)$ 、 $u_2(t)$ 为：

$$u_2(R) = \bar{x} \times 0.2\% / \sqrt{3} = 0.012 \Omega$$

$$u_2(t) = 0.01 / \sqrt{3} = 0.006 \text{ ms}$$

A. 6 合成标准不确定度及扩展不确定度

A. 6.1 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以过渡电阻的合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_{1(R)}^2 + u_{2(R)}^2} = 0.013 \Omega$$

过渡时间的合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_{1(t)}^2 + u_{2(t)}^2} = 0.03 \text{ ms}$$

A. 6.2 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则过渡电阻的扩展不确定度：

$$U = k u_c = 0.03 \Omega$$

过渡时间的扩展不确定度：

$$U = k u_c = 0.1 \text{ ms}$$

附录 B

测试仪校准原始记录格式

测试仪校准原始记录

第 页 共 页

记录/证书报告编号：

报检协议书/委托书编号：

委托（报检）单位名称：					
委托（报检）单位地址：					
仪器/样品名称：			型号规格：		
制造厂/商：			测量范围：		
出厂编号：			准确度：		
标准器名称	型号规格	编号	不确定度或准确度或最大允许误差	证书编号	有效期至
标准器及配套设备使用前状态是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 情况说明：					
标准器及配套设备使用后状态是否正常： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 情况说明：					
技术依据：					
测量地点：			测量日期：		
环境温度： <input type="text"/> ℃			相对湿度： <input type="text"/> %		
测量结果扩展不确定度：					
其它说明：					
校准员：			核验员：		

测试仪校准原始记录

第 页 共 页

记录/证书报告编号：

报检协议书/委托书编号：

一、外观检查及通电检查：

二、过渡电阻校准：

量程	标准值 / Ω	A相		B相		C相	
		显示值/ Ω	不确定度	显示值/ Ω	不确定度 $k=2$	显示值/ Ω	不确定度 $k=2$

三、过渡时间校准：

量程	标准值 /ms	A相		B相		C相	
		显示值 /ms	不确定度	显示值 /ms	不确定度 $k=2$	显示值 /ms	不确定度 $k=2$

附录 C

校准证书内页格式

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。

校准结果

一、外观及通电检查：

二、过渡电阻校准：

量程	标准值 / Ω	A相		B相		C相	
		显示值 / Ω	不确定度 $k=2$	显示值 / Ω	不确定度 $k=2$	显示值 / Ω	不确定度 $k=2$

三过渡时间校准：

量程	标准值 /ms	A相		B相		C相	
		显示值 /ms	不确定度 $k=2$	显示值 /ms	不确定度 $k=2$	显示值 /ms	不确定度 $k=2$

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059 的要求。

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：

