



# 广西壮族自治区地方计量技术规范

JJF (桂) 45—2017

---

## 有载分接开关测试仪校准规范

Calibration Specification for Detector of On-load Tap-changers

广西市场监管局

2017—04—06 发布

2017—06—01 实施

---

广西壮族自治区质量技术监督局 发布

# 有载分接开关测试仪 校准规范

JJF (桂) 45—2017

**Calibration Specification for  
Detector of On-load Tap-changers**

归口单位：广西壮族自治区质量技术监督局

主要起草单位：广西壮族自治区计量检测研究院

本规范条文由广西壮族自治区质量技术监督局负责解释

本规范主要起草人：

刘俏君（广西壮族自治区计量检测研究院）

全学明（广西壮族自治区计量检测研究院）

凌 通（广西壮族自治区计量检测研究院）

韦 华（广西壮族自治区计量检测研究院）

覃尚化（广西壮族自治区计量检测研究院）

参加起草人：

梁 琦（广西壮族自治区计量检测研究院）

阳明珠（广西壮族自治区计量检测研究院）

黄世广（广西壮族自治区计量检测研究院）

潘 毅（广西壮族自治区计量检测研究院）

宋泊蓉（广西壮族自治区计量检测研究院）

# 目 录

引 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 术语和计量特性 .....	1
3.1 有载分接开关 .....	1
3.2 过渡电阻 .....	1
3.3 过渡时间 .....	1
4 概述 .....	1
5 计量特性 .....	2
5.1 过渡电阻 .....	2
5.2 过渡时间 .....	2
6 校准条件 .....	3
6.1 环境条件 .....	3
6.2 校准标准器及其它设备 .....	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 .....	4
8 校准结果表达 .....	5
8.1 校准数据处理 .....	5
8.2 校准原始记录 .....	6
8.3 校准证书 .....	6
8.4 校准结果不确定度评定 .....	6
9 复校时间间隔 .....	6
附录 A 有载分接开关测试仪校准原始记录格式 .....	7
附录 B 校准证书 (内页) 内容 .....	8
附录 C 有载分接开关测试仪示值误差测量不确定度评定示例 .....	9

# 引 言

本规范依据 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》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行制定。

本规范为首次制定。

广西市场监管局

# 有载分接开关测试仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于采用直流法的电力变压器有载分接（有载调压）开关测试仪（以下简称测试仪）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

DL/T 596-1996 电力设备预防性试验

DL/T 846.8 高电压测试设备通用技术条件 第8部分：有载分接开关测试仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡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 有载分接开关 on-load tap-changers

在变压器运行工作情况下，调节绕组的分接位置改变系统运行电压的一种装置。

### 3.2 过渡电阻 transition resistance

分接开关由一个分接位切换至另一个分接位过程中，桥接于两个分接位之间的限流电阻器。

### 3.3 过渡时间 switching time

分接开关由一个分接位切换至另一个分接位所需的时间。

## 4 概述

测试仪是用于测量和分析电力变压器有载分接开关性能的测量仪器，其典型工作原理（见图1、图2）：

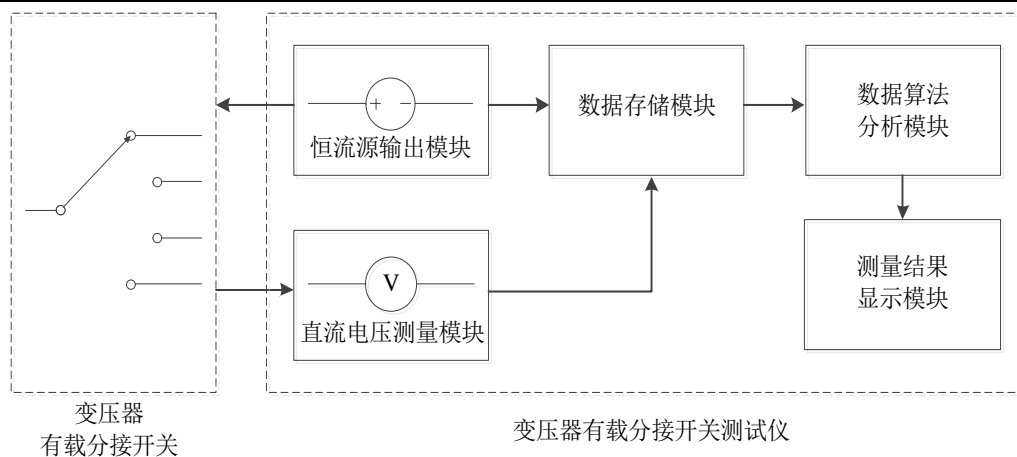


图1 测试仪恒流输出工作原理图

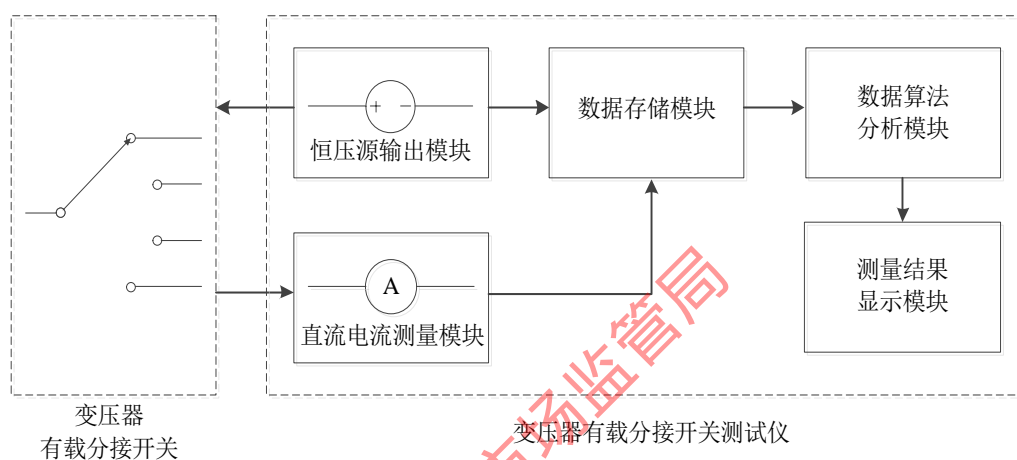


图2 测试仪恒压输出工作原理图

## 5 计量特性

### 5.1 过渡电阻

测量范围为  $0.1\ \Omega \sim 40\ \Omega$ ，分辨率为  $0.01\ \Omega$ ，在  $0.1\ \Omega \sim 20\ \Omega$  范围内最大允许误差不超过  $\pm 0.1\ \Omega$ ；在  $20\ \Omega \sim 40\ \Omega$ （不含  $20\ \Omega$ ）范围内最大允许误差不超过  $\pm 1.0\% R_x$ 。

$R_x$ ——测试仪过渡电阻示值， $\Omega$ 。

### 5.2 过渡时间

过渡时间测量范围应包括  $1\ \text{ms} \sim 250\ \text{ms}$ ，分辨率为  $0.1\ \text{ms}$ ，过渡时间在  $1\ \text{ms} \sim 250\ \text{ms}$  范围内最大允许误差不超过  $\pm (0.5\% T_x + 0.1\ \text{ms})$ 。

$T_x$ ——测试仪过渡时间示值， $\text{ms}$ 。

注：由于校准不判断合格与否，故上述计量特性要求仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；

6.1.2 环境湿度：不大于 80%RH；

6.1.3 电源频率： $(50 \pm 0.5) \text{ Hz}$ ；

6.1.4 电源电压： $(220 \pm 22) \text{ V}$ ；

6.1.5 其他：无影响测量结果的振动、电磁干扰、强光等。

### 6.2 校准标准器及其它设备

6.2.1 用于校准过渡电阻的标准器应满足以下条件：

6.2.1.1 测量范围应满足被校测试仪的测量范围；

6.2.1.2 测量扩展不确定度应不大于被校测试仪最大允许误差绝对值的 1/3。

6.2.2 用于校准过渡时间的标准器应满足以下条件：

6.2.2.1 测量范围应满足被校测试仪的测量范围；

6.2.2.2 测量扩展不确定度应不大于被校测试仪最大允许误差绝对值的 1/3。

6.2.3 其他设备应满足以下条件：

6.2.3.1 绝缘电阻表测试电压为 500 V，准确度等级不低于 10 级；

6.2.3.2 耐电压测试仪输出电压不小于 2000 V，准确度等级不低于 5 级。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

测试仪校准项目（见表 1）。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	过渡电阻	5.1	7.2.4
2	过渡时间	5.2	7.2.5
注：根据测试仪功能和用户的要求选择校准项目。			

## 7.2 校准方法

### 7.2.1 外观及工作正常性检查

测试仪器表面无划伤、裂纹和变形现象；各按键及开关操作灵活无卡涩；显示器显示清晰，无缺陷；铭牌标识清晰完整；仪器应具有可靠的接地端子。

### 7.2.2 绝缘电阻

用测量电压为 500 V 的绝缘电阻表，测量测试仪电源输入端对机壳的绝缘电阻，测量结果应大于 20 MΩ。

### 7.2.3 介电强度

在测试仪的电源输入端与机壳之间施加工频电压 2000 V，历时 1 min，应无击穿、飞弧现象。

### 7.2.4 过渡电阻

在测试仪过渡电阻测量范围内选择过渡电阻值进行校准，校准点的选取（见表 2），然后启动测试仪进行测量，读取测试仪校准装置显示值，重复测量 2 次，取平均值作为测量结果，并按公式（1）或（2）计算示值误差。

表2 过渡电阻校准选取点

过渡电阻量程	标准器过渡电阻设定值 (Ω)			
20 Ω及以下	0.1	0.2	0.5	1
	2	5	10	20
20 Ω~40 Ω (不含20 Ω)	30	40	/	/
	/	/	/	/

按公式（1）、（2）计算各校准点的示值误差。

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

式中：

$\Delta R$  ——过渡电阻的示值误差，Ω；

$R_x$  ——测试仪过渡电阻示值，Ω；

$R_0$  ——过渡电阻标准值，Ω。

$$\delta_R = (R_x - R_0) / R_0 \times 100\% \quad (2)$$

式中:

$\delta_R$ ——过渡电阻示值相对误差。

### 7.2.5 过渡时间

在测试仪过渡时间测量范围内选择过渡时间值进行校准, 校准点的选取 (见表 3), 启动测试仪进行测量, 读取测试仪校准装置显示值, 重复测量 2 次, 取平均值作为测量结果, 并按公式 (3) 或 (4) 计算示值误差。

表3 过渡时间校准选取点

过渡时间测量范围	标准器过渡时间设定值(ms)		
1ms~250ms	1	2	5
	10	20	50
	100	200	250

按公式 (3)、(4) 计算各校准点的示值误差。

$$\Delta T = T_x - T_0 \quad (3)$$

式中:

$\Delta T$ ——过渡时间示值误差, ms;

$T_x$ ——测试仪过渡时间示值, ms;

$T_0$ ——过渡时间标准值, ms。

$$\delta_T = (T_x - T_0) / T_0 \times 100\% \quad (4)$$

式中:

$\delta_T$ ——过渡时间示值相对误差。

## 8 校准结果表达

### 8.1 校准数据处理

校准结果的数据应先计算后修约, 修约应遵循四舍五入及偶数法则, 保留的有效位数使末位数与测量结果不确定度的有效位数相一致。

## 8.2 校准原始记录

校准原始记录的格式参见附录 A。

## 8.3 校准证书

校准后的测试仪出具校准证书，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；

测量仪校准结果出具校准证书，校准证书应包括的信息及格式见附录 A。

校准证书内页格式见附录 B。

## 8.4 校准结果不确定度评定

校准结果的不确定度评定按照 JJF 1059.1-2012 进行，不确定度评定范例见附录 C。

## 9 复校时间间隔

送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间，建议复校时间间隔为 12 个月。

## 附录 A

## 有载分接开关测试仪校准原始记录格式

送校单位 信 息	送校单位		地 址			
	联 系 人		联系电话		邮 编	
被校仪器 信 息	仪器名称		型号规格			
	制造厂商		生产日期		出厂编号	
标准器 信 息	标准器名称	编号	不确定度或准确度 等级或最大允许误差		证书号	有效期至
校准信息	校准地点		校准员		核验员	
	校准日期		温 度	℃	湿 度	%RH
	校准依据	JJF (桂) 45—2017 《有载分接开关测试仪校准规范》				
校 准 结 果						
1、外观检查：		2、绝缘电阻：		3、介电强度：		
4、过渡电阻：						
相别	标准值	显示值		平均值	示值误差	不确定度
A						
B						
C						
A						
B						
C						
5、过渡时间：						
相别	标准值	显示值		平均值	示值误差	不确定度
A						
B						
C						
A						
B						
C						

## 附录 B

## 校准证书内页格式

校 准 结 果			
1、外观检查：		2、绝缘电阻：	
3、介电强度：			
4、过渡电阻：			
相别	标准值	示值误差	不确定度
A			
B			
C			
A			
B			
C			
5、过渡时间：			
相别	标准值	示值误差	不确定度
A			
B			
C			
A			
B			
C			

## 附录 C

### 有载分接开关测试仪过渡电阻示值误差测量不确定度评定示例

#### C.1 概述

##### C.1.1 测量方法：

依据 JJF (桂) 45-2017 《有载分接开关测试仪校准规范》

##### C.1.2 环境条件：

温度：20℃，湿度：70%RH。

##### C.1.3 测量标准：

标准设备名称	技术指标	
有载分接开关 测试仪校准装置	电阻测量范围 (0~40) $\Omega$	电流测量范围 (0~1) A
	标准电阻最大允许误差： $\pm 0.5\% R_x$	

$R_x$ ——测试仪过渡电阻示值， $\Omega$ 。

##### C.1.4 被测对象：

被校设备名称	技术指标
有载分接开关 测试仪	电阻测量范围 (0~20) $\Omega$ (1.0A)
	电阻测量最大允许误差： $\pm (5\% R_x + 3 \text{ 个字})$

$R_x$ ——测试仪过渡电阻示值， $\Omega$ 。

##### C.1.5 测量过程：

采用四端法测量，在有载分接开关测试仪校准装置上设置相应校准点的电阻值，待示值稳定后，读取被校测试仪示值，计算被校测试仪的示值误差。

##### C.1.6 评定结果的使用：

在符合上述条件的测量结果，一般可直接使用本测量不确定度的评定结果。

## C.2 测量模型

### C.2.1 测试仪过渡电阻的示值误差测量模型为：

$$\Delta R = R_X - R_0$$

式中：

$\Delta R$ ——过渡电阻的示值误差， $\Omega$ ；

$R_X$ ——测试仪过渡电阻示值， $\Omega$ ；

$R_0$ ——过渡电阻标准值， $\Omega$ 。

### C.2.2 方差及灵敏系数

$$u_c^2(\Delta R) = c_1^2 u^2(R_X) + c_2^2 u^2(R_0)$$

式中，灵敏系数  $c_1 = \partial(\Delta R) / \partial(R_X) = 1$ ， $c_2 = \partial(\Delta R) / \partial(R_0) = -1$

## C.3 测量不确定度的分量评定

当标准校准装置电阻设置值为  $5.0\Omega$  时，对被检测试仪展开不确定度评定。

### C.3.1 由有载分接开关测试仪校准装置标准电阻值误差引入的不确定度分量 $u(R_{01})$ ，用 B 类标准不确定度评定。

校准装置在  $5.0\Omega$  点的最大允许误差为  $\pm 0.5\% \times 5 \Omega$ ，则其不确定度区间半宽为  $0.025\Omega$ ，按均匀分布计算。

$$u(R_{01}) = 0.025\Omega / \sqrt{3} = 0.0144\Omega$$

### C.3.2 由被检有载分接开关测试仪测量重复性引入的不确定度分量 $u(R_{X1})$ ，用 A 类不确定度评定。

对被检有载分接开关测试仪  $5.0\Omega$  点进行 10 次反复测量数据如下：

测量序号	1	2	3	4	5
实测值 ( $\Omega$ )	4.95	4.95	4.96	4.95	4.95
测量序号	6	7	8	9	10
实测值 ( $\Omega$ )	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96

$$\bar{x} = \frac{1}{10} (4.95+4.95+4.96+4.95+4.95+4.96+4.96+4.96+4.96+4.96) = 4.956 \Omega$$

根据算术平均值标准偏差计算公式:  $S(x_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} = 0.0052 \Omega$  ,

际校准过程中, 采用两次测量平均值作为最终结果, 故  $u(R_{x1}) = 0.0052 \Omega / \sqrt{2} = 0.0037 \Omega$ 。

C.3.3 被检有载分接开关测试仪测量分辨力引入的不确定度分量  $u(R_{x2})$ , 用 B 类不确定度评定。

被检有载分接开关测试仪在  $5.0 \Omega$  的分辨率为  $0.01 \Omega$ , 则其不确定度分布半宽为  $0.005 \Omega$ , 按均匀分布计算, 则  $u(R_{x2}) = 0.005 \Omega / \sqrt{3} = 0.0029 \Omega$ 。

#### C.4 合成标准不确定度计算

##### C.4.1 输出量标准不确定度一览表

序号	标准不确定度分量	标准不确定度分类	不确定度来源	测量结果分布	标准不确定度分量( $\Omega$ )
1	$u(R_{01})$	B	标准器准确度	均匀	0.0144
2	$u(R_{x1})$	A	重复性	正态	0.0037
3	$u(R_{x2})$	B	被检测试仪分辨力	均匀	0.0029

经过分析不确定度的来源, 其各分量互为独立量, 则:

$$u_c(\Delta R) = \sqrt{\sum_{k=1}^3 u_k^2} = \sqrt{u(R_{01})^2 + u(R_{x1})^2 + u(R_{x2})^2} = 0.015 \Omega$$

##### C.5 扩展不确定度计算

取包含因子  $k=2$

$$U(\Delta R) = k \times u_c(\Delta R) = 2 \times 0.015 \Omega = 0.03 \Omega$$

##### C.6 测量不确定度报告

由上述分析得到: 测试仪过渡电阻示值误差的扩展不确定度为:

$$U(\Delta R) = 0.03 \Omega; k=2$$

JJF (桂) 45-2017

广西市场监管局

广西壮族自治区

地方计量技术规范

有载分接开关测试仪

JJF (桂) 45-2017

广西壮族自治区质量技术监督局颁布