

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

模拟断路器校准规范

Calibration Specification for Circuit-Breaker Simulators

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

模拟断路器校准规范

Calibration Specification for

Circuit-breakers Simulators

JJF XXXX-XXXX

归口单位：全国时间频率计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国时间频率计量技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

X X X（起草人所在单位名称）

参加起草人：

X X X（起草人所在单位名称）

目 录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
4 概述	1
5 计量特性	2
6 校准条件	2
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	7
9 复校时间间隔	8
附录 A 模拟断路器测量不确定度评定示例	9
附录 B 校准原始记录格式	13
附录 C 校准证书内页格式	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》共同构成制定本规范的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

模拟断路器校准规范

1 范围

本规范适用于模拟断路器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 2900.20-2016 电工术语 高压开关设备和控制设备

DL/T 846.3-2017 高电压测试设备通用技术条件 第3部分：高压开关综合测试仪

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 合闸时间 closing time

从合闸操作起始瞬间起到所有极的触头都接触瞬间为止的时间间隔，单位为 ms。

[来源：GB/T 2900.20-2016，9.38]

3.2 跳闸时间 tripping time

从跳闸操作起始瞬间起到所有极的触头都分开瞬间为止的时间间隔，单位为 ms。

3.3 合闸电流 closing current

模拟断路器合闸线圈操作回路允许通过的直流稳态额定电流，用于模拟真实断路器合闸线圈的电流负载特性，单位为 A。

3.4 跳闸电流 tripping current

模拟断路器跳闸线圈操作回路允许通过的直流稳态额定电流，用于模拟真实断路器跳闸线圈的电流负载特性，单位为 A。

4 概述

模拟断路器又称断路器模拟装置、高压断路器模拟装置、断路模拟装置、继保模拟开关等，可模拟高压断路器的时间动作特性。其结构原理如图 1 所示，主要由信号检测、电气隔离、信号整形、延时电路、控制/触发电路和模拟开关等部分组成。当检测端接入输入电信号且达到触发阈值后，输出触发信号送入延时电路；延时电路按照设定整定时间完成

延时，驱动模拟开关动作，产生合闸或跳闸控制信号，完成合闸或跳闸操作。模拟断路器在电力系统中广泛应用于继电保护装置的整组试验以及备用电源自动投入装置试验。

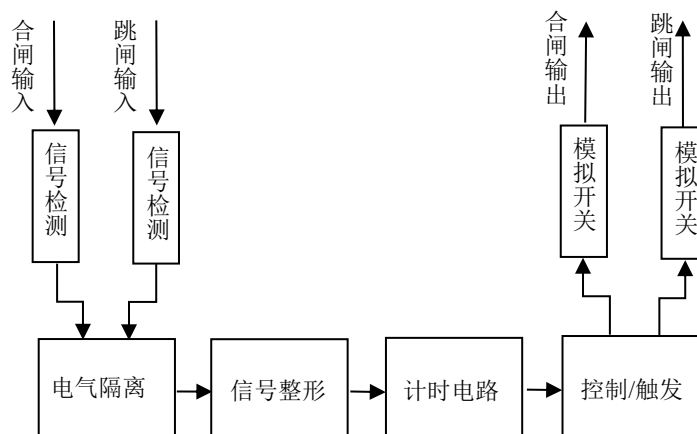


图1 模拟断路器结构原理图

5 计量特性

5.1 合闸时间

输出范围：（10~1000）ms；

最大允许误差：±（1 ms~5 ms）。

5.2 跳闸时间

输出范围：（10~1000）ms；

最大允许误差：±（1 ms~5 ms）。

5.3 合闸电流

测量范围：（0.25~10）A；

最大允许误差：±5%。

5.4 跳闸电流

测量范围：（0.25~10）A；

最大允许误差：±5%。

注：以上指标不用于合格性评定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：（20±5）℃。

6.1.2 相对湿度：30%~80%。

6.1.3 供电电源：电压（220±22）V，频率（50±1）Hz。

6.1.4 其他：周围无影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

6.2 测量标准及其他设备

校准所用测量标准的测量范围应覆盖被校准参数的范围，应具有足够的分辨力、准确度。校准时由测量标准、辅助设备及环境条件所引起的扩展不确定度($k=2$)，应不大于被校模拟断路器最大允许误差绝对值的 1/3。可选择以下满足校准要求的测量标准：

6.2.1 数字示波器

带宽：≥100 MHz；

直流增益最大允许误差：±0.5%。

6.2.2 电流探头或直流分流器

电流测量范围：（0.25~10）A；

直流电流最大允许误差：±1%。

6.2.3 数字式毫秒计

测量范围：0.1 ms~1 s；

最大允许误差：±（ $5 \times 10^{-5} \times T + \delta$ ），式中 T 为时间测量值， δ 为显示分辨力，由实际仪器分辨力确定。

校准时应充分考虑数字毫秒计输入端所承受的电压值，必要时采用标准电阻分压器进行测量。

6.2.4 直流稳定电源

电压输出范围：10 V~220 V ；

最大允许误差：±0.5%。

校准中应充分考虑直流稳定电源负载特性对测量结果的影响。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

模拟断路器的校准项目见表 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	合闸时间	5.1	7.2.3
2	跳闸时间	5.2	7.2.4
3	合闸电流	5.3	7.2.5
4	跳闸电流	5.4	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 外观及工作正常性检查

外形结构应完好，标识清晰明确，外露部件不应有松动和机械损伤。外壳上应标明其名称、制造单位、型号、出厂编号等信息。通电预热后被校模拟断路器各功能应显示正常，各开关和按键应能正常工作，合闸电流、跳闸电流、线圈电阻值需参照产品说明书要求，确保模拟断路器动作可靠。

7.2.2 校准点的选取

在合（跳）闸时间测量范围内均匀选取不少于五个校准点，或根据仪器自身固有标称值选择校准点。

7.2.3 合闸时间

仪器连接如图 2 所示。模拟断路器的开关信号端与数字毫秒计 II 通道（空接点）连接；模拟断路器的合闸线圈正、负输入端分别与直流稳定电源的直流电压正、负输出端、数字毫秒计 I 通道（正跃变）对应并联连接。

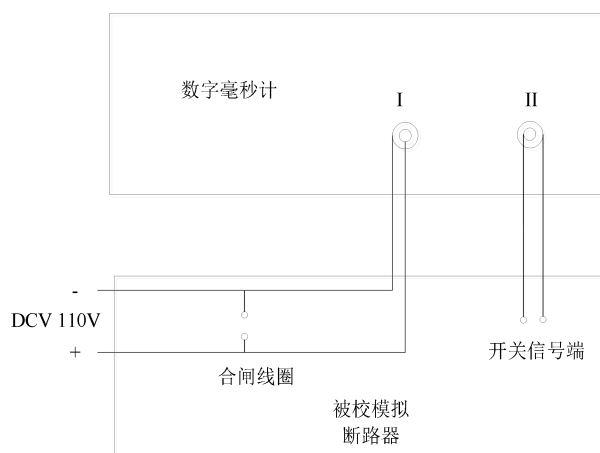


图 2 合（跳）闸时间校准接线图

设置模拟断路器处于跳闸状态，数字毫秒计选择测量功能。根据校准点设置模拟断路

器合闸时间 t_x ，启动数字毫秒计，读取数字毫秒计的实测值 t_0 。被校模拟断路器合闸时间测量误差按公式（1）计算。

$$\Delta t = t_x - t_0 \quad (1)$$

式中：

Δt ——合（跳）闸时间测量误差，ms；

t_x ——被校模拟器断路器合（跳）闸时间设定值，ms；

t_0 ——数字毫秒计合（跳）闸时间实测值，ms。

7.2.4 跳闸时间

仪器连接如图 2 所示。模拟断路器的开关信号端与数字毫秒计 II 通道（空接点）连接；模拟断路器的跳闸线圈正、负输入端分别与直流稳定电源的直流电压正、负输出端、数字毫秒计 I 通道（负跃变）对应并联连接。

设置模拟断路器处于合闸状态，数字毫秒计选择跳闸测量功能。根据校准点设置模拟断路器跳闸时间 t_x ，启动数字毫秒计，读取数字毫秒计的跳闸时间实测值 t_0 。被校模拟断路器跳闸时间测量误差按公式（1）计算。

7.2.5 合闸电流

7.2.5.1 电流探头法

仪器连接如图 3 所示，直流稳定电源正极连接线穿过电流探头接在被校模拟断路器合闸线圈信号输入端子上，负极接在线圈信号公共端，电流探头与示波器相连接。

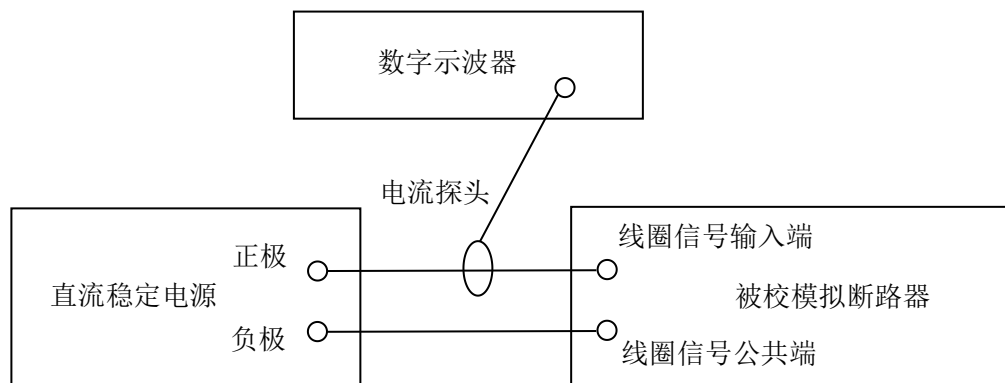


图 3 合（跳）闸电流校准接线图

调整直流稳定电源，使其输出稳定电压值，启动模拟断路器开关，使模拟断路器产生合闸动作，电流探头采集线路中的电流并经过同轴电缆在示波器上显示出一个脉冲直流波形。读取脉冲直流波形的稳态电压值，结合电流探头的转换系数，计算得出合闸电流。

被校模拟断路器合闸电流测量误差按公式（2）计算。

$$\Delta I = I_x - C \times V_0 \quad (2)$$

式中：\$I_x\$——被校模拟器断路器合闸时间设定值，A；

\$C\$——电流探头转换系数，A/V；

\$V_0\$——数字示波器电压测量值，V；

7.2.5.2 直流分流器法

仪器连接如图 4 所示，直流稳定电源正极连接线连接直流分流器电流端，再接在被校模拟断路器合闸线圈信号输入端子上，负极接在线圈信号公共端，直流分流器电压端与示波器相连接。

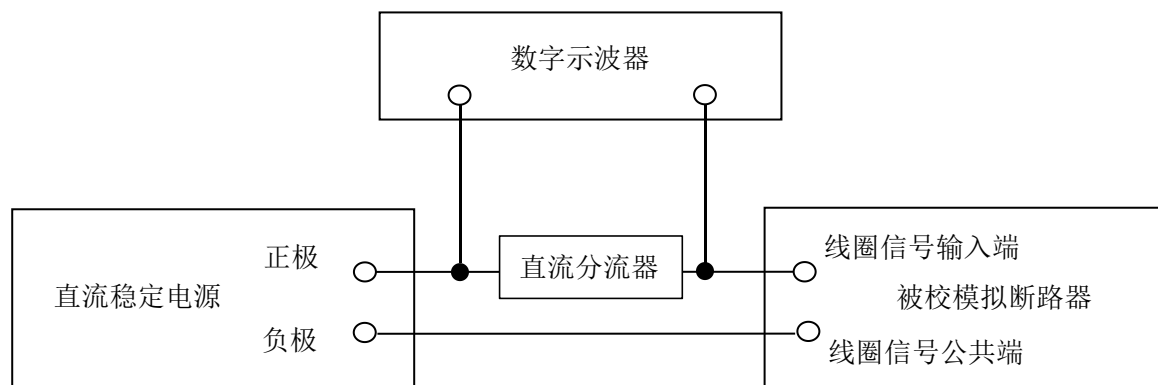


图 4 合（跳）闸电流校准接线图

调整直流稳定电源，使其输出稳定电压值，启动模拟断路器开关，使模拟断路器产生合闸动作，在示波器上显示出一个脉冲直流波形。读取脉冲直流波形的稳态电压值，结合直流分流器的电阻值，计算得出合闸电流。

被校模拟断路器合闸电流测量误差按公式（3）计算。

$$\Delta I = I_x - \frac{V_0}{R_0} \quad (3)$$

式中：\$I_x\$——被校模拟器断路器合闸时间设定值，A；

\$R_0\$——直流分流器电阻值，\$\Omega\$；

\$V_0\$——数字示波器电压测量值，V；

7.2.6 跳闸电流

7.2.6.1 电流探头法

仪器连接如图 3 所示，直流稳定电源正极连接线穿过电流探头接在被校模拟断路器跳闸线圈信号输入端子上，负极接在线圈信号公共端，电流探头与示波器相连接。

调整直流稳定电源，使其输出稳定电压值，启动模拟断路器开关，使模拟断路器产生跳闸动作，电流探头采集线路中的电流并经过同轴线缆在示波器上显示出一个脉冲直流波形。读取脉冲直流波形的稳态电压值，结合电流探头的转换系数，计算得出合闸电流。

7.2.6.2 直流分流器法

仪器连接如图 4 所示，直流稳定电源正极连接线连接直流分流器电流端，再接在被校模拟断路器合闸线圈信号输入端子上，负极接在线圈信号公共端，直流分流器电压端与示波器相连接。

调整直流稳定电源，使其输出稳定电压值，启动模拟断路器开关，使模拟断路器产生合闸动作，在示波器上显示出一个脉冲直流波形。读取脉冲直流波形的稳态电压值，结合直流分流器的电阻值，计算得出跳闸电流。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包含以下信息：

- 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;
- n) 校准证书和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, 不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录 B, 校准证书内页格式见附录 C。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 12 个月, 用户可根据实际使用情况自行决定复校时间间隔。

附录 A

模拟断路器测量不确定度评定示例

A.1 合闸时间测量不确定度评定

A.1.1 测量模型

$$\Delta t = t_x - t_0 \quad (\text{A.1})$$

式中：

Δt ——合闸时间测量误差，ms；

t_x ——被校模拟器断路器合闸时间设定值，ms；

t_0 ——模拟断路器校准装置合闸时间实测值，ms。

A.1.2 不确定度传播律

由于 t_x 和 t_0 不相关。由公式(A.1)可以导出示值误差的方差和灵敏系数

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(t_x) + c_2^2 u^2(t_0) \quad (\text{A.2})$$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial t_x} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial t_0} = -1 \quad (\text{A.3})$$

式中：

c_1 为 t_x 的灵敏系数， c_2 为 t_0 的灵敏系数。

A.1.3 标准不确定度分量的评定

A.1.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

标准不确定度 u_1 的主要来源是合闸时间重复性及人员视觉误差带来的，模拟断路器合闸时间设定值为 100 ms，在重复性条件下连续独立测量 10 次，用贝塞尔法计算实验标准偏差。重复性测量结果如表 A.1 所示。

表 A.1 合闸时间重复性测量结果

测量次数	实测值 (ms)
1	100.15
2	100.19
3	100.24
4	100.13

5	100.20
6	100.31
7	100.17
8	100.21
9	100.33
10	100.24
平均值	100.217
标准偏差 s	0.065

由于在实际工作中取单次测量数据作为最终结果，所以重复性引入的标准不确定度分量 u_1 为：
 $u_1=s=0.065$ ms（见表 A.1）。

A.1.3.2 由标准器引入的标准不确定度分量 u_2

数字毫秒计 100 ms 时最大允许误差为 ± 0.02 ms，区间半宽 0.02 ms，服从均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则由标准器引入的标准不确定度分量 u_2 为：

$$u_2 = \frac{0.02 \text{ ms}}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ ms} \quad (\text{A.4})$$

A.1.4 合成不确定度

模拟断路器合闸时间校准结果的测量不确定度的来源及数值汇总见表 A.2。

表 A.2 校准结果的测量不确定度来源及数值汇总

序号	标准不确定度分量	标准不确定度来源	标准不确定度数值
1	u_1	测量重复性	0.065 ms
2	u_2	标准器的最大允许误差	0.012 ms

由于各标准不确定度分量相互独立、互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.066 \text{ ms} \quad (\text{A.5})$$

A.1.5 扩展不确定度

取扩展因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 0.066 = 0.132 \text{ ms}$$

换算至相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{U}{y} \times 100\% = \frac{0.132 \text{ ms}}{100 \text{ ms}} \times 100\% = 0.2\% (k=2)$$

A.2 合闸电流测量不确定度评定

A.2.1 测量模型：

模拟断路器合闸电流示值误差校准方法见 7.2.5，以校准点 10 A 为例进行评定。

$$\Delta I = I_x - C \times V_0 \quad (\text{A.6})$$

式中：\$I_x\$——被校模拟器断路器合闸时间设定值，A；

\$C\$——电流探头转换系数，A/V；

\$V_0\$——数字示波器电压测量值，V；

A.2.2 不确定度传播律

$$u_c^2(I) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial I}{\partial V_i} \right)^2 u^2(V_i) = \sum_{i=1}^N C_i^2 u^2(V_i) \quad (\text{A.7})$$

A.2.3 标准不确定度分量的评定

A.2.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度分量 \$u_{1\text{rel}}\$

标准不确定度 \$u_{1\text{rel}}\$ 的主要来源是合闸电流重复性及人员视觉误差带来的，可通过连续测量得到测量列，采用 A 类方法进行评定。

表 A.3 合闸电流重复性测量结果

测量次数	实测值 (A)
1	10.01
2	9.97
3	10.05
4	9.98
5	10.02
6	10.01
7	9.99
8	10.03
9	10.02
10	10.01
平均值	10.009
标准偏差 \$s\$	0.023

不确定度 \$u_1(I)=0.023\$ A, \$u_{1\text{rel}}(I)=0.23\%\$

A.2.3.2 由电流探头引入的标准不确定度分量 \$u_{2\text{rel}}\$

电流探头转换系数最大允许误差 \$\pm 1\%\$，设为均匀分布，则

$$u_{2\text{rel}} = 1\% / \sqrt{3} = 0.58\%$$

A.2.3.3 由数字示波器测量电压引入的标准不确定度分量 \$u_{3\text{rel}}\$

数字示波器测量电压最大允许误差为 $\pm 0.5\%$, 设为均匀分布, 则

$$u_{3\text{rel}} = 0.5\% / \sqrt{3} = 0.29\%$$

A. 2. 4 合成标准不确定度的评定

模拟断路器合闸电流校准结果的测量不确定度的来源及数值汇总见表 A.4。

表 A. 4 校准结果的测量不确定度来源及数值汇总

序号	标准不确定度分量	标准不确定度来源	标准不确定度数值
1	$u_{1\text{rel}}$	测量重复性	0.23%
2	$u_{2\text{rel}}$	电流探头引入的标准不确定度	0.58%
3	$u_{3\text{rel}}$	数字示波器测量电压引入的标准不确定	0.29%

由于各标准不确定度分量相互独立、互不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{u_{1\text{rel}}^2 + u_{2\text{rel}}^2 + u_{3\text{rel}}^2} = 0.69\%$$

A. 2. 5 扩展不确定度的评定

取扩展因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}} = 1.4\% (k = 2)$$

附录 B

校准原始记录格式

第 页 共 页

一、外观及工作正常性检查：

二、合闸时间

	设定值 (ms)	实测值 (ms)	误差 (ms)	$U(k=2)$ (ms)
A 相				
B 相				
C 相				

三、跳闸时间

	设定值 (ms)	实测值 (ms)	误差 (ms)	$U(k=2)$ (ms)
A 相				
B 相				
C 相				

四、合闸电流

	设定值 (A)	实测值 (A)	误差 (A)	$U(k=2)$ (A)
A 相				
B 相				
C 相				

五、跳闸电流

	设定值 (A)	实测值 (A)	误差 (A)	$U(k=2)$ (A)
A 相				
B 相				
C 相				

校准员：

核验员：

日期：

附录 C

校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

一、外观及工作正常性检查：

二、合闸时间

	设定值 (ms)	实测值 (ms)	误差 (ms)	$U(k=2)$ (ms)
A 相				
B 相				
C 相				

三、跳闸时间

	设定值 (ms)	实测值 (ms)	误差 (ms)	$U(k=2)$ (ms)
A 相				
B 相				
C 相				

四、合闸电流

	设定值 (A)	实测值 (A)	误差 (A)	$U(k=2)$ (A)
A 相				
B 相				
C 相				

五、跳闸电流

	设定值 (A)	实测值 (A)	误差 (A)	$U(k=2)$ (A)
A 相				
B 相				
C 相				

说明：

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。

声明：

1. 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本次所校准的计量器具有效。