

ICS 31.060.01
L 11
备案号: 62417-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1787 — 2017

相对介损及电容检测仪校准规范

Calibration specification of relative dissipation factor and capacitance tester

2017-12-27 发布

2018-06-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 工作原理及结构..... 1

5 计量特性..... 2

6 通用技术条件..... 3

7 计量器具控制..... 3

8 校准结果..... 6

9 复校时间间隔..... 6

附录 A（资料性附录） 校准原始记录格式..... 7

附录 B（规范性附录） 校准证书内页格式..... 9

附录 C（规范性附录） 校准结果页格式..... 10

附录 D（资料性附录） 测量不确定度评定示例..... 11

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国高电压试验标准化分技术委员会（SAC/TC163）归口。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网浙江省电力公司电力科学研究院、国网安徽省电力公司电力科学研究院、国网湖南省电力公司电力科学研究院、国网山西省电力公司电力科学研究院、云南电网有限责任公司电力科学研究院、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网冀北电力有限公司电力科学研究院、国网四川省电力公司电力科学研究院、上海思创电器设备有限公司。

本标准主要起草人：郭子娟、张军、王安东、王斯琪、谢宏伟、詹洪炎、李明、高海峰、朱琦、刘红、高彦辉、俞华、彭晶、王旭、吴经锋、宋楠、魏胜清、冯运、朱斌。

本标准为首次制定。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

相对介损及电容检测仪校准规范

1 范围

本标准规定了相对介损及电容检测仪的计量特性、校准条件、校准项目、校准方法、校准结果以及复校时间间隔等要求。

本标准适用于相对介损及电容检测仪的校准。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

DL/T 1516—2016 相对介损及电容测试仪通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

相对介损 relative dissipation factor
运行电压下同相容性设备之间介质损耗因数的差值。

3.2

相对介损及电容检测仪 relative dissipation factor and capacitance tester
在运行电压下对同相容性设备的电流信号进行采集，测量电容比值和介质损耗因数差值等状态参数的仪器。
注：改写 DL/T 1516—2016，定义 3.1。

4 工作原理及结构

相对介损及电容检测仪（以下简称检测仪）是电力设备状态检修工作中用于测量容性设备绝缘状态的带电测量仪器。其原理是：当工频电压施加在同相的两台容性设备上时，产生与它们的电容比值和介质损耗成比例的同相及正交的工频电流分量，这两个工频电流分量经测量后，可得到被测容性设备与参考容性设备的电容比值和介质损耗因数的差值。检测仪一般由两路电流采样单元、便携式主机等组成，其一般工作原理如图 1 所示。

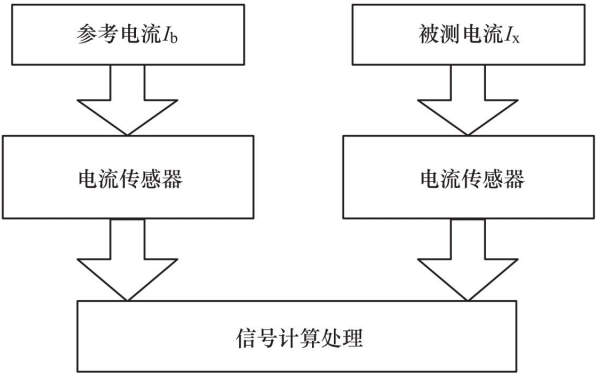


图 1 相对介损及电容检测仪一般工作原理图

5 计量特性

5.1 特性范围

检测仪的计量特性包括工作电流、电容比值和相对介损，其范围应分别满足以下要求：

- a) 工作电流：1mA~1A；
- b) 电容比值：0.1~1000；
- c) 相对介损：-10%~10%。

5.2 最大允许误差

5.2.1 工作电流

检测仪工作电流示值最大允许误差表示为

$$\Delta I = \pm (aI_x + bI_m) \quad (1)$$

式中：

ΔI —— 电流示值最大允许误差，mA；

I_x —— 检测仪电流示值，mA；

I_m —— 检测仪电流量程，mA；

a —— 与电流示值有关的系数；

b —— 与电流量程有关的系数。

注： a 、 b 的数值由生产厂家给出，但建议参考表 1。

5.2.2 电容比值

检测仪电容比值示值最大允许误差表示为

$$\Delta k = \pm (ck_x + dk_m) \quad (2)$$

式中：

Δk —— 电容比值示值最大允许误差；

k_x —— 检测仪电容比值的示值；

k_m —— 检测仪电容比值的量程；

c —— 与电容比值示值有关的系数；

d —— 与电容比值量程有关的系数。

注： c 、 d 的数值由生产厂家给出，但建议参考表 1。

5.2.3 相对介损

检测仪相对介损示值最大允许误差表示为

$$\Delta D = \pm (mD_x + D_0) \quad (3)$$

式中：

ΔD —— 相对介损示值最大允许误差；

D_x —— 检测仪相对介损的示值；

D_0 —— 检测仪相对介损的固定误差；

m —— 与相对介损示值有关的系数，由生产厂家给出，但应满足 $D_0 \leq 0.001$ 。

表 1 检测仪相关系数与固定误差值

检测仪准确度等级	0.5	1	2	5
a 与 b	$a=0.4\%, b=0.1\%$	$a=0.8\%, b=0.2\%$	$a=1.6\%, b=0.4\%$	$a=4\%, b=1\%$
c 与 d	$c=0.4\%, d=0.1\%$	$c=0.8\%, d=0.2\%$	$c=1.6\%, d=0.4\%$	$c=4\%, d=1\%$
m 与 D_0	$m=0.5\%, D_0=0.00005$	$m=1\%, D_0=0.0001$	$m=2\%, D_0=0.0002$	$m=5\%, D_0=0.0005$

6 通用技术条件

6.1 外观及通电检查

检测仪的外观及通电检查应满足以下要求：

- a) 具有专用的接地端子；
- b) 无影响计量性能及安全性能的缺陷；
- c) 能正确显示测量数据信息；
- d) 无符号、数字残缺等现象。

6.2 安全性能试验

采用交流供电方式的检测仪应进行安全性能试验。

6.2.1 绝缘电阻

检测仪电源输入端和机壳之间的绝缘电阻不应小于 20MΩ。

6.2.2 介电强度

检测仪电源输入端和机壳之间应能承受工频 2kV 电压，历时 1min，无飞弧和击穿现象。

7 计量器具控制

7.1 校准条件

检测仪校准条件应满足以下要求：

- a) 环境温度：15℃～25℃；
- b) 相对湿度：不大于 80%；
- c) 电源电压：交流 220V（1±10%）；
- d) 电源频率：50Hz（1±1%）；
- e) 总谐波畸变率：≤5%。

7.2 标准器及辅助设备

7.2.1 标准器

校准用标准装置的工作电流、电容比值和相对介损范围应能覆盖被校检测仪的测量范围。

在参比条件下，由标准装置允许误差引入的扩展不确定度（ $k=2$ ）应不超过检测仪允许误差限值的 1/5。

7.2.2 辅助设备

7.2.2.1 绝缘电阻表

准确度等级不低于 5 级、额定电压不低于 500V。

7.2.2.2 耐电压检测仪

准确度等级不低于 5 级、输出电压不低于 2.5kV。

7.3 校准项目和校准方法

7.3.1 校准项目

校准项目见表 2。

表 2 校 准 项 目

序号	校 准 项 目	方 法 条 款
1	电 流	7.3.3.1
2	电容比值	7.3.3.2
3	相对介损	7.3.3.3

7.3.2 校准前检查

7.3.2.1 外观检查

采用目测法，结果符合 6.1 的要求。

7.3.2.2 绝缘电阻

使用额定电压 500V 的绝缘电阻表，测量检测仪电源输入端和机壳之间的绝缘电阻，结果符合 6.2.1 的要求。

7.3.2.3 介电强度

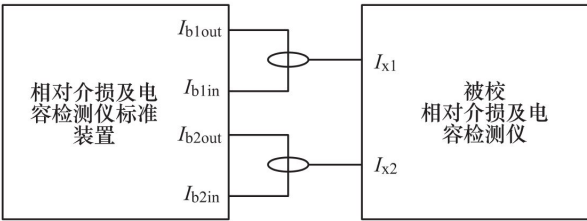
使用耐电压检测仪在被校检测仪的电源输入端与外壳之间，施加电压 2kV，历时 1min，结果符合 6.2.2 的要求。

7.3.3 校准方法

7.3.3.1 电 流

按图 2 所示接线。设定标准装置的试验电流值，启动被校检测仪进行电流测量，完毕后读取并记录试验数据 I_x 。

试验电流校准点的选择宜覆盖被校检测仪电流测量范围，校准点应包括 10 mA、20 mA、50 mA、100mA、500mA，其他校准点可根据实际需要进行增补。试验后按式（4）计算示值误差，结果符合 5.2.1 的要求。



图中：

- I_{b1out} ——标准装置参考电流通道 I_{b1} 输出端口；
- I_{b1in} ——标准装置参考电流通道 I_{b1} 输入端口；
- I_{b2out} ——标准装置参考电流通道 I_{b2} 输出端口；
- I_{b2in} ——标准装置参考电流通道 I_{b2} 输入端口；
- I_{x1} ——被校检测仪参考电流输入端口；
- I_{x2} ——被校检测仪被测电流输入端口。

图 2 被校相对介损及电容检测仪原理图

$$\delta I = I_x - I_b \tag{4}$$

式中：

- δI ——电流示值误差，mA；
- I_x ——被校检测仪电流示值，mA；
- I_b ——电流参考值，mA。

7.3.3.2 电容比值

按图 2 所示接线。设定标准装置的电流值 I 和电容比值 k_b ，启动被校检测仪进行测量，完毕后读取并记录试验数据 k_x 。

校准点应能覆盖被校检测仪电容比值测量范围，在电容比值范围的上、下限选取，至少包括电容比值的 1%、2%、5%、10%、20%、50%，其他校准点可根据实际需要进行增补。

试验后按式（5）计算示值误差，结果符合 5.2.2 的要求。

$$\delta k = k_x - k_b \tag{5}$$

式中：

- δk ——电容比值示值误差；
- k_x ——被校检测仪电容比值示值；
- k_b ——电容比值参考值。

7.3.3.3 相对介损

按图 2 所示接线。设定标准装置的电流值 I 和相对介损 D_b ，启动被校检测仪的测试开关，测试完毕后读取并记录试验数据 D_x 。

校准点应能覆盖被校检测仪相对介损测量范围，包括被校检测仪电流上限的 1%、10%、100%下对应的相对介损值，其中至少包括 -10%、-5%、-1%、-0.5%、-0.1%、0、0.1%、0.5%、1%、5%、10%，其他校准点可根据实际需要进行增补。试验后按式（6）进行计算，结果满足 5.2.3 的要求。

$$\delta D = D_x - D_b \tag{6}$$

式中：

- δD ——介质损耗示值误差；
- D_x ——被校检测仪相对介损示值；
- D_b ——相对介损参考值。

8 校准结果

校准结果应在校准证书（报告）上反映，校准证书（报告）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；
- 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) 被校对象的描述和明确标识；
- f) 进行校准的日期；
- g) 校准所依据的技术规范，包括名称及代号；
- h) 本次校准所用主要计量标准器具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的说明；
- k) 校准证书和校准报告签发人的签名；
- l) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- m) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式参见附录 A，校准证书内页格式见附录 B，校准结果页格式见附录 C，测量不确定度评定示例参见附录 D。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过 1 年。

附 录 A
(资料性附录)
校准原始记录格式

检测仪校准原始记录格式见表 A.1 和表 A.2。

表 A.1 校准原始记录格式

原始记录号 ××××××-××××

送校单位					
型号		出厂编号			
最大允许误差					
制造厂名					
校准环境条件及地点：					
温度		℃		相对湿度	
校准地点		其他		%	
校准所依据的技术文件（代号、名称）：					
校准所使用的主要计量标准器具：					
名称		型号		出厂编号	
校 准 项 目					
序号		校准项目		校准结果	
1		电流			
2		电容比值			
3		相对介损			
校准说明：					

校准:

记录:

核 驗：

表 A.2 校 准 数 据

[illegible]

校准:

记录:

核验:

附 录 B
(规范性附录)
校准证书内页格式

检测仪校准证书内页格式见表 B.1。

表 B.1 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):				
校准所使用的主要计量标准器具:				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	检定/校准证书编号	证书有效期至

注 1: 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。

注 2: 未经实验室书面批准, 不得部分复印证书。

附 录 C
(规范性附录)
校准结果页格式

检测仪校准证书校准结果页格式见表 C.1。

表 C.1 校 准 结 果

证书编号 ××××××-××××

电 流		电 容 比 值		相 对 介 损	
参考值	示 值	参考值	示 值	参考值	示 值

注 1：被校准仪器修理后，应立即进行校准。

注 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。

附 录 D
(资料性附录)
测量不确定度评定示例

D.1 标准不确定度分量的来源

以校准 XDJ 型相对介损及电容检测仪为例，试品测量结果不确定度分量主要来源：

- a) 由试品示值分散性引入的不确定度分量 u_1 ；
- b) 由标准器引入的不确定度分量 u_2 (或 u_{2rel})；
- c) 由试品分辨力引入的不确定度分量 u_3 (或 u_{3rel})。

D.2 数学模型

对于电流校准过程，数学模型为

$$\delta I = I_x - I_b \quad (D.1)$$

对于电容比值校准过程，数学模型为

$$\delta k = k_x - k_b \quad (D.2)$$

对于介质损耗因数差值校准过程，数学模型为

$$\delta D = D_x - D_b \quad (D.3)$$

D.3 标准不确定度分量的 A 类评定

不确定度分量 u_1 ，以校准 1A/1A、相对介损 0.10%和 10%点为例，示值分散性引入的标准偏差见表 D.1。

表 D.1 示值分散性引入的标准偏差

序号	电流 I_x A		k_x		相对介损 D_x			
					0.10%		10%	
	被校示值	示值误差	被校示值	示值误差	被校示值	示值误差	被校示值	示值误差
1	1.001	0.001	1.001	0.001	0.101%	0.001%	10.02%	0.02%
2	1.001	0.001	1.001	0.001	0.103%	0.003%	10.02%	0.02%
3	1.002	0.002	1.002	0.002	0.104%	0.004%	10.03%	0.03%
4	1.001	0.001	1.001	0.001	0.101%	0.001%	10.03%	0.03%
5	1.001	0.001	1.002	0.002	0.104%	0.004%	10.02%	0.02%
6	1.000	0.000	1.001	0.001	0.103%	0.003%	10.03%	0.03%
7	1.001	0.001	1.002	0.002	0.100%	0.000%	10.02%	0.02%
8	1.002	0.002	1.001	0.001	0.104%	0.004%	10.02%	0.02%
9	1.002	0.002	1.002	0.002	0.101%	0.001%	10.03%	0.03%
10	1.000	0.000	1.002	0.002	0.100%	0.000%	10.01%	0.01%
平均值	—	0.0011	—	0.0015	—	0.0021%	—	0.027%
标准偏差 $u(x_1)$	—	7.0×10^{-4}	—	5.0×10^{-4}	—	1.7×10^{-5}	—	6.8×10^{-5}

注：由于在 A 类方法评估中已经包含了校准参比条件中环境温度变化因素、电源稳定性因素，因此在 B 类方法评估中不再单独列举由上述因素引入的分量。

D.4 标准不确定度分量的 B 类评定**D.4.1 电流部分****D.4.1.1 由标准器引入的不确定度分量 $u_{2\text{rel}}$**

由于相对介质及电容检测仪标准装置电流示值的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ ，按均匀分布考虑，则由标准器引入的不确定度分量为

$$u_{2\text{rel}} = 0.2\% / \sqrt{3} = 1.2 \times 10^{-3}$$

D.4.1.2 由试品分辨力引入的不确定度分量 $u_{3\text{rel}}$

由于试品分辨力为 0.001A，按均匀分布考虑，则由试品分辨力引入的不确定度分量为

$$u_{3\text{rel}} = 0.29 \times 0.001\text{A} / 1\text{A} = 2.9 \times 10^{-4}$$

由试品分辨力引入的不确定度分量远小于由标准器引入的不确定度分量，故可忽略。

D.4.2 电容比值部分**D.4.2.1 由标准器引入的不确定度分量 $u_{4\text{rel}}$**

由于相对介质及电容检测仪标准装置电容比值的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ 读数，按均匀分布考虑，则由标准器引入的不确定度分量为

$$u_{4\text{rel}} = 0.2\% / \sqrt{3} = 1.2 \times 10^{-3}$$

D.4.2.2 由试品分辨力引入的不确定度分量 $u_{5\text{rel}}$

由于试品分辨力为 0.001，按均匀分布考虑，则由试品分辨力引入的不确定度分量为

$$u_{5\text{rel}} = 0.29 \times 0.001 = 2.9 \times 10^{-4}$$

由试品分辨力引入的不确定度分量远小于由标准器引入的不确定度分量，故可忽略。

D.4.3 相对介损部分**D.4.3.1 由标准器引入的不确定度分量 u_{D2}**

由于相对介质及电容检测仪标准装置相对介损的最大允许误差为 $\pm (0.2\% D_b + 0.0002)$ ，按均匀分布考虑，则由标准器引入的不确定度分量为

$$u_{D2} = (0.2\% |D_b| + 0.0002) / \sqrt{3} = 1.2 \times 10^{-3} |D_b| + 1.2 \times 10^{-4}$$

D.4.3.2 由试品分辨力引入的不确定度分量 u_{D3}

由于试品分辨力为 0.001%，按均匀分布考虑，则由试品分辨力引入的不确定度分量为

$$u_{D3} = 0.29 \times 0.001\% = 2.9 \times 10^{-6}$$

由试品分辨力引入的不确定度分量远小于由标准器引入的不确定度分量，故采取忽略方式处理。

D.5 合成标准不确定度

不确定度分量综合见表 D.2。

表 D.2 不确定度分量综合表

序号	测量参数	标准不确定度分量来源	标准不确定度分量 $u(x)_i$ 或 $u_{\text{rel}}(x)_i$	评估方法
1	电流	测量结果分散性引入的不确定度分量	7.0×10^{-4}	A
2		标准器引入的不确定度分量	1.2×10^{-3}	B
3	电容比值	测量结果分散性引入的不确定度分量	5.0×10^{-4}	A
4		标准器引入的不确定度分量	1.2×10^{-3}	B
5	相对介损	测量结果分散性引入的不确定度分量	6.8×10^{-5}	A
6		标准器引入的不确定度分量	$1.2 \times 10^{-3} D_b + 1.2 \times 10^{-4}$	B

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_i^2 u(x)_i^2}$$

(D.4)

合成标准不确定度：
电流部分： $u_{\text{crel}} = 1.4 \times 10^{-3}$ ；
电容比值部分： $u_{\text{crel}} = 1.3 \times 10^{-3}$ ；
相对介损部分： $u_c = 1.2 \times 10^{-3}|D_b| + 1.4 \times 10^{-4}$ 。

D.6 扩展不确定度

电流部分： $U_{\text{rel}} = ku_c = 2.8 \times 10^{-3}$ ，包含因子 $k=2$ 。
电容比值部分： $U_{\text{rel}} = ku_c = 2.6 \times 10^{-3}$ ，包含因子 $k=2$ 。
相对介损部分： $U = ku_c = 2.4 \times 10^{-3}|D_b| + 2.8 \times 10^{-4}$ ，包含因子 $k=2$ 。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
相对介损及电容检测仪校准规范
DL/T 1787—2017

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

*

2018年11月第一版 2018年11月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1印张 27千字
印数 001—200册

*

统一书号 155198·1012

版 权 专 有 侵 权 必 究
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

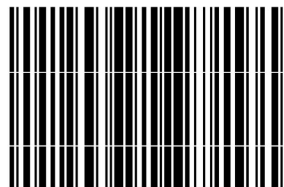


中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 最及时、最准确、最权威 的电力标准信息



155198.1012