

ICS 29.240.01

K 49

备案号: 62400-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 987 — 2017

代替 DL/T 987 — 2005

氧化锌避雷器阻性电流测试仪 通用技术条件

**General technical specifications of resistive current testers
for zinc oxide surge arrester**

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.....	2
5 技术要求.....	2
6 试验方法.....	4
7 检验规则.....	9
8 标志、包装、运输和贮存.....	10
9 供货成套性.....	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。

本标准是对 DL/T 987—2005 的修订，与 DL/T 987—2005 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 改写参考电压、全电流、阻性电流及容性电流定义（见 3.1、3.2、3.3、3.4）；
- 修改工作原理内容（见第 4 章）；
- 增加电磁兼容性技术要求和试验方法（见 5.6 和 6.7）；
- 修改环境试验要求和试验方法（见 5.7 和 6.8）。

本标准代替 DL/T 987—2005。

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、国网天津市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、国网浙江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、国网山东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、国网山西省电力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、国网冀北电力有限责任公司电力科学研究院、中国计量科学研究院、上海思创电器设备有限公司。

本标准主要起草人：王斯琪、唐庆华、张军、朱琦、陈静萍、陈习文、齐飞、许光可、周仿荣、李艳鹏、李云阁、彭珑、刘娜、朱斌。

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）。

氧化锌避雷器阻性电流测试仪通用技术条件

1 范围

本标准规定了氧化锌避雷器阻性电流测试仪的技术要求，试验方法，检验规则，标志包装，运输和贮存等。

本标准适用于氧化锌避雷器阻性电流测试仪（氧化锌避雷器阻性电流带电检测仪等）的生产和检验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范

GB/T 11032—2010 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 11463 电子测量仪器可靠性试验

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 18268.1—2010 测量、控制和实验室用的电设备电磁兼容性要求 第1部分：通用要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

参考电压 continuous operating voltage of arrester

通过电压互感器二次侧获取施加在避雷器端子间的运行电压。

3.2

全电流 total current

运行电压下流过避雷器的电流。

注：改写 GB/T 11032—2010，定义 3.35.1。

3.3

阻性电流 resistive component of current

全电流的阻性分量。

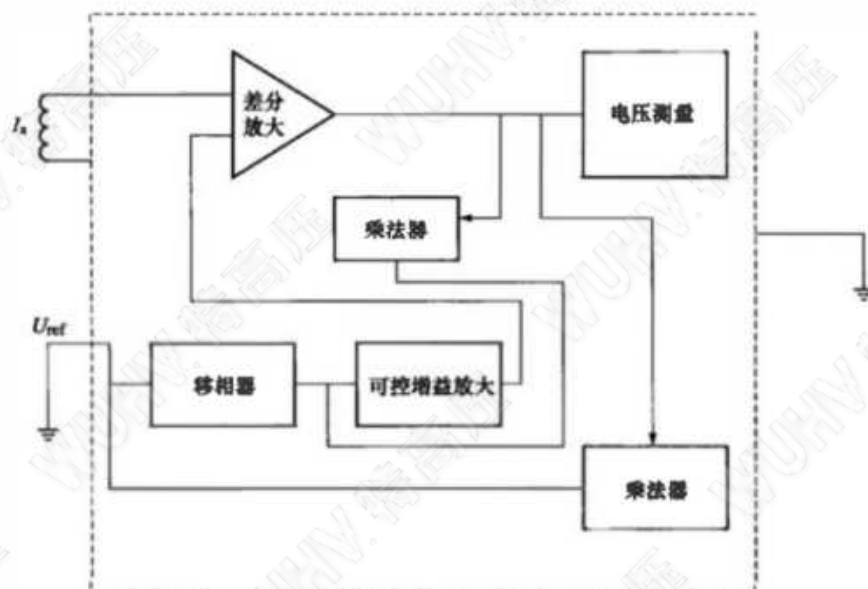
3.4

容性电流 capacitance component of current

全电流的容性分量。

4 工作原理

氧化锌避雷器阻性电流测试仪（以下简称测试仪）是测量氧化锌避雷器交流电气参数的专用测试仪器。测试仪测量电压互感器二次电压，氧化锌避雷器的全电流 I_A ，典型工作原理如图 1 所示。实现对氧化锌避雷器的交流参数如参考电压、全电流、阻性电流、容性电流等的测量功能。



说明： U_{ref} ——（电压互感器二次侧取出的）参考电压； I_A ——（氧化锌避雷器的）全电流。

图 1 氧化锌避雷器阻性电流测试仪典型工作原理图

5 技术要求

5.1 工作条件

测试仪的工作条件应满足以下要求：

- a) 环境温度：（-10~+50）
- b) 相对湿度：不大于 80%；
- c) 电源电压：
- d) 电源频率：（50±0.5）

5.2 外观

测试仪的外观应满足以下要求：

- 表面无划伤、裂纹和变形现象；
- 各按键及开关操作灵活，无卡涩现象；
- 显示器显示清晰，无缺陷；
- 铭牌、标志清晰完整。

5.3 基本功能

测试仪应满足以下基本功能要求：

- 具备参考电压、全电流、阻性电流、相位角等参数的测量功能；
- 具备测量数据存储、查询、导出、打印、上传功能；
- 具备测试对象信息的录入、编辑功能；
- 宜具备适用的通信接口及对通信协议的适应性；
- 对于采用直流电池供电的测试仪，应能显示剩余电量；
- 对于电压、电流传感器与主机采用无线方式连接的测试仪，传感器与主机之间有效传输距离不宜小于50m。

5.4 性能要求

5.4.1 测量性能

测试仪各性能测量范围应满足以下要求：

- 参考电压：
- 全电流：(0.1~50) mA；
- 阻性电流：(0.01~10) mA；
- 容性电流：
- 相位角：0°~90°。

5.4.2 最大允许误差

测试仪各项参数最大允许误差限值应不超过表1给出的限值。

表1 测量参数最大允许误差限值

参数名称	最大允许误差限值
参考电压	$\pm (0.8\% U_x + 0.2\% U_m)$
全电流	$\pm (0.8\% I_x + 0.2\% I_m)$
阻性电流	$\pm (4\% I_{rx} + 1\% I_{mx})$
容性电流	$\pm (4\% I_{cx} + 1\% I_{mx})$
相位角	$\pm 0.1^\circ$
注： U_x —参考电压测量示值； U_m —参考电压示值量程满度值； I_x —全电流测量示值； I_m —全电流示值量程满度值； I_{rx} —阻性电流测量示值； I_{mx} —阻性电流示值量程满度值； I_{cx} —容性电流测量示值； I_{mx} —容性电流示值量程满度值。	

5.4.3 示值分辨力

测试仪的示值分辨力应与对应示值最大允许误差相适应，通常不超过示值最大允许误差的1/10。

5.4.4 参考电压的变压比

测试仪应能设定变压比以将参考电压显示值折算到电压互感器一次侧电压值。变压比设定功能应不影响其他测量功能的计量性能和示值分辨力。

5.4.5 输入阻抗

测试仪参考电压测量端输入阻抗应不小于200k Ω ，电流测量端输入阻抗应不大于10 Ω 。

5.5 安全性能

5.5.1 绝缘电阻

测试仪电源输入端对机壳的绝缘电阻应大于 $20\text{M}\Omega$ 。

5.5.2 介电强度

测试仪电源输入端对机壳应能承受工频电压 2kV 、历时 1min 的耐压试验，并无击穿、飞弧现象。

5.6 电磁兼容性能

参照 GB/T 18268.1—2010 中 6.2 相关规定，测试仪的电磁兼容性能要求见表 2。

表 2 电磁兼容性能要求

端口	性能项目	试验值	性能判据
外壳	静电放电 (ESD)	接触放电 4kV ，空气放电 8kV	B 以上 (含 B)
	射频电磁场辐射	10V/m ($80\text{MHz}\sim 1\text{GHz}$)	B
	额定工频磁场	100A/m	A
交流电源	电压暂降	60% ，10 周期	C
	短时中断	0% ，250 周期	C
	脉冲群	4kV ($5/50\text{ns}$ ， 5kHz)	B
	浪涌	4kV	B
	射频场感应的传导骚扰	10V ($150\text{kHz}\sim 80\text{MHz}$)	A

5.7 环境适应性

测试仪的环境影响量包含电源适应性、温度、湿度、振动、冲击等方面，应符合 GB/T 6587—2012 环境组别为 II 组的相关规定要求。此外还应符合 GB/T 6587—2012 流通条件等级 2 级规定要求。

5.8 可靠性

测试仪的平均无故障工作时间 (MTBF) 应不小于 1000h 。

6 试验方法

6.1 试验条件

除环境试验外，其余各项试验均在下述参比条件下进行：

- 环境温度： $(20\pm 5)\text{℃}$ ；
- 相对湿度：不大于 80% ；
- 电源电压：交流 $(220\pm 22)\text{V}$ ；
- 电源频率： $(50\pm 0.5)\text{Hz}$ 。

6.2 标准装置

标准装置应能覆盖被检测试仪器参数的测量范围，在参比条件下由标准装置示值最大允许误差引入的扩展不确定度应不超过被检测试仪器最大允许误差的 $1/5$ 。

6.3 外观检查

用目测方法检查，结果应满足本标准 5.2 的要求。

6.4 功能检查

在测试仪通电启动后，依次检查测试仪是否具备参考电压、全电流、阻性电流、相位角等参数的测量功能；测量数据存储、查询、导出及打印功能；对象信息的录入、编辑、上传功能；对于采用直流电池供电的测试仪，还应检查剩余电量显示功能。

对于电压、电流传感器与主机采用无线方式连接的测试仪，应在空旷场地条件下进行传感器与主机之间有效传输距离检验。

6.5 安全性能试验

6.5.1 绝缘电阻

使用 500V 绝缘电阻表测量电源输入端对机壳的绝缘电阻，结果应符合本标准 5.5.

6.5.2 介电强度

在电源输入端对机壳施加 2kV 工频交流电压 1min，结果应符合本标准 5.5.2 的要求。

6.6 性能试验

6.6.1 输入阻抗

在被检测试仪的参考电压测量端施加工频正弦电压信号 U_i 、试验电压 100V，同时串联交流电流表测量参考电压测量端的输入电流 I_i ，并按式 (1) 计算参考电压测量端输入阻抗值 $|Z|$ ，结果符合本标准 5.

$$|Z| = U_i / I_i \quad (1)$$

在被检测试仪的电流测量端施加工频正弦电流信号 I_i 、试验电流 10mA 同时并联交流电压表测量电流输入端电压 U_i ，并按式 (1) 计算电流测量端输入阻抗值，结果符合本标准 5.4

注：对于采用穿心式电流传感器的测试仪，可直接判定电流测量端输入阻抗符合要求。

6.6.2 示值分辨力

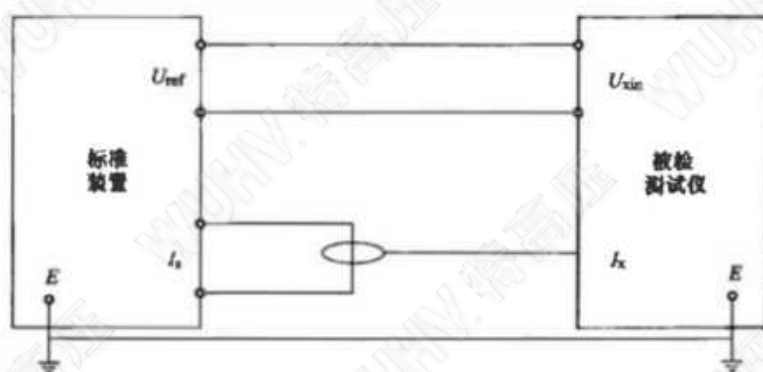
检查测试仪在各个量程下的全电流、参考电压、阻性电流测量功能示值分辨力。当标准装置改变相当于被检测试仪示值最大允许误差的 1/10 量值时，被检测试仪的示值应有相应改变。示值分辨力的检查结合 6.6.3 示值误差试验同步进行，试验结果符合本标准 5.

6.6.3 示值误差试验

6.6.3.1 全电流

按图 2 方式接线。标准装置输出的全电流 I_0 按表 3 推荐值进行设定，依次施加标准信号，记录被检测试仪全电流示值 I_{α} ，被检测试仪的全电流测量结果示值误差按式 (2) 计算，结果符合本标准 5.4 的要求。

在三次谐波干扰电流下依次施加标准信号，记录被检测试仪全电流示值 I_{α} 。



说明:

U_{ref} ——标准装置标准参考电压输出端;

U_{xin} ——被检测试仪参考电压输入端;

I_s ——标准装置标准电流回路;

I_x ——被检测试仪电流测量端;

E ——接地端。

图2 示值误差接线示意图

表3 全电流示值误差试验点推荐值

全电流设定值	10% I_1	20% I_1	50% I_1	80% I_1	100% I_1
三次谐波干扰电流设定值	5% I_1				
注: I_1 为全电流满量程。					

$$\Delta I_x = I_x - I_{10} \quad (2)$$

式中:

ΔI_x ——全电流示值误差, mA;

I_x ——被检测试仪全电流示值, mA;

I_{10} ——全电流标准值, mA。

6.6.3.2 参考电压

按图2方式接线。标准装置的电流输出设置为零,电压 U_0 输出为正弦波,改变参考电压的设置,使其分别为被检测试仪测量上限的 20%、40%、60%、80%、100%,施加标准信号后记录被检测试仪参考电压示值 U_x 。

被检测试仪的参考电压测量结果示值误差按式(3)

$$\Delta U_x = U_x - U_0 \quad (3)$$

式中:

ΔU_x ——参考电压示值误差, V;

U_x ——被检测试仪参考电压示值, V;

U_0 ——参考电压标准值, V。

6.6.3.3 阻性电流

按图2方式接线。标准装置的参考电压 U_0 输出设置为 100V,标准装置输出的阻性电流 I_{10} 按表4推荐值进行设定,依次施加标准信号记录被检测试仪阻性电流有效值示值 I_x 。被检测试仪的阻性电流

(有效值)测量示值误差按式(4)计算,结果符合本标准 5.4.2 的要求。

在施加 3 次谐波干扰电流条件下,

I_{rx} 。被检测试仪的阻性电流测量示值误差按式(4)计算,结果符合本标准 5.

表 4 阻性电流示值误差试验点推荐值

阻性电流设定值	1% I_{rx}	5% I_{rx}	10% I_{rx}	20% I_{rx}	50% I_{rx}	80% I_{rx}	100% I_{rx}
三次谐波干扰电流设定值	5% I_{rx}						
注: I_{rx} 为阻性电流满量程。							

$$\Delta I_{rx} = I_{rx} - I_{r0} \quad (4)$$

式中:

ΔI_{rx} ——阻性电流示值误差, mA;

I_{rx} ——阻性电流测量示值, mA;

I_{r0} ——阻性电流标准值, mA。

6.6.3.4

按图 2 方式接线。标准装置的参考电压 U_0 输出设置为 100V, 标准装置输出的容性电流 I_{c0} 按表 5 推荐值进行设定, 依次施加标准信号记录被检测试仪容性电流有效值示值 I_{cx} 。被检测试仪的容性电流(有效值)测量示值误差按式(5)计算, 结果符合本标准 5.4.

在施加 3 次谐波干扰电流条件下, 依次施加标准信号, 记录被检测试仪容性电流示值 I_{cx} 。被检测试仪的容性电流测量示值误差按式(5)计算, 结果符合本标准 5.4.2 的要求。

表 5 容性电流示值误差试验点推荐值

阻性电流设定值	1% I_{cx}	5% I_{cx}	10% I_{cx}	20% I_{cx}	50% I_{cx}	80% I_{cx}	100% I_{cx}
三次谐波干扰电流设定值	5% I_{cx}						
注： I_{cx} 为容性电流满量程。							

$$\Delta I_{cx} = I_{cx} - I_{c0} \quad (5)$$

式中:

ΔI_{cx} ——容性电流示值误差, mA;

I_{cx} ——容性电流测量示值,

I_{c0} ——容性电流标准值,

6.6.

按图 2 方式接线。将标准装置的参考电压 U_0 输出设置为 100V, 标准装置输出的全电流 I_{0} 设定为被检测试仪的全电流上限的 20%、100%, 分别设定标准装置相位角 φ 为 30°、45° 和 75°。依次施加标准信号后记录被检测试仪相位角示值相位角 φ_x 。被检测试仪的相位角测量示值误差按式(6)计算, 结果符合本标准 5.4 的要求。

$$\Delta \varphi = \varphi_x - \varphi \quad (6)$$

式中:

$\Delta \varphi$ ——相位角示值误差, (°);

φ_x ——相位角测量示值,

φ ——相位角标准值, (°)。

6.6.4 变压比系数

由标准装置给出标准参考电压，同时改变被检测试仪的变压比系数，变压比系数按照被检测试仪说明从最小变压比系数到最高变压比系数之间均匀选择 5 个点，试验点必须涵盖 1/1 和最高变压比系数两个点，在不同分压比系数下被检测试仪参考电压测量功能的准确度和示值分辨力应不受影响。变压比系数的检查结合 6.6.3 示

6.7 电磁兼容性试验

6.7.1 静电放电抗扰度试验

按 GB/T 17626.2 的规定和方法进行；严酷等级：4 级；试验对象：整个装置人体可触及的部位；试验结果应符合本标准 5.6

6.7.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按 GB/T 17626.3 的规定和方法进行；严酷等级：3 级；试验对象：整个装置；试验结果应符合本标准 5.

6.7.3 工频磁场抗扰度试验

按 GB/T 17626.8
标准 5.6 的要求。

6.7.4 电压暂降和短时中断抗扰度试验短时中断

按 GB/T 17626.11
中断：0%，持续时间，250 周期，试验对象：装置的电源；

6.7.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按 GB/T 17626.4 的规定和方法进行；严酷等级：4 级；试验对象：装置的电源端口及数据端口；试验结果应符合本标准 5.6 的要求。

6.7.6 浪涌（冲击）抗扰度试验

按 GB/T 17626.5 的规定和方法进行；严酷等级：4 级；试验对象：装置的电源；试验结果应符合本标准 5.6 的要求。

6.7.7 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

按 GB/T 17626.
本标准 5.6 的要求。

6.8 环境试验

6.8.1 电源适应性试验

测试仪的电源频率与电压试验按 GB/T 6587—2012 中 5.12 的规定和方法进行，结果应符合本标准 5.7 的要求。

6.8.2 温度试验

测试仪的温度试验按 GB/T 6587—2012 温度试验组别第 II 组的规定和方法进行，结果应符合 5.7 的要求。

6.8.3 湿度试验

测试仪的湿度试验按 GB/T 6587—2012 湿度试验组别第 II 组规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合本标准 5.7 的要求。

6.8.4 振动试验

测试仪的振动试验按 GB/T 6587—2012 振动试验组别第 II 组规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合本标准 5.7 的要求。

6.8.5 冲击试验

测试仪的冲击试验按 GB/T 6587—2012 冲击试验组别第 II 组试验要求和试验方法进行，结果应符合本标准 5.7 的要求。

6.8.6 倾斜跌落试验

测试仪的冲击试验按 GB/T 6587—2012 倾斜跌落组别第 II 组试验要求和试验方法进行，结果应符合本标准 5.7 的要求。

6.8.7 运输试验

测试仪的运输试验按 GB/T 6587—2012 流通条件等级 2 级规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合本标准 5.7 的要求。

6.9 可靠性试验

测试仪的可靠性试验按 GB/T 6587—2012 可靠性试验组别第 II 组规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合本标准 5.8 的要求。

7 检验规则

7.1 检验类型

测试仪的检验分为型式检验和出厂检验。

7.2 型式检验

7.2.1 检验条件

下列情况之一的，测试仪应进行型式检验：

- a) 新产品鉴定投产前；
- b) 在生产中当设计、材料、工艺或结构等改变，且其改变可能影响产品的性能时，亦应进行型式检验，此时的型式检验可以只进行与各项改变有关的检验项目；
- c) 停产 1 年以上恢复生产时；
- d) 国家质量监督机构要求进行质量一致性检验时。

7.2.2 抽样和合格判定规则

测试仪型式检验的抽样和合格判定规则应按照以下方法进行：

- a) 从出厂检验合格的产品中随机抽取 3 台为样品。
- b) 经过型式检验，全部样品都合格的，则判定该产品本次型式检验合格。
- c) 经过型式检验，有 2 台以上（包括 2 个）样品不合格的，则判定该产品本次型式检验不合格。
- d) 经过型式检验，有 1 台样品不合格的，
格，仍判定该产品本次型式检验合格，如第二次抽样样品仍存在不合格，则判定本次型式检验不合格。

7.3 出厂检验

每台测试仪应进行出厂检验，并在产品出厂时附产品检验合格证。

7.4 检验项目

测试仪的型式检验和出厂检验项目见表 6。

表 6 检 验 项 目

序号	项目名称	技术要求条款	试验方法条款	型式检验	出厂检验
1	外观检查	5.2	6.3	●	●
2	基本功能检查	5.3	6.4	●	●
3	安全性能检查	5.5	6.5	●	●
4	性能试验	5.4	6.6	●	●
5	电磁兼容试验	5.6	6.7	●	○
6	环境试验	5.7	6.8	●	○
7	可靠性试验	5.8	6.9	●	○

注：“●”表示规定应做的检验项目，“○”表示可不做的检验项目。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品应有下列明显标志：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 出厂编号；
- d) 出厂年月；
- e) 制造厂名；
- f) 测量范围；
- g) 准确度等级；
- b) 产品生产标准号。

8.2 包装

包装应符合 GB/T 191 的有关标志的规定，并标明“小心轻放”“向上”“防雨”等标志。

8.3 运输

产品应适于陆运、空运、水运（海运），

8.4 贮存

包装完好的测试仪应满足贮存运输要求，贮存仪器的库房无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和灰尘以及雨、雪的侵害。

9 供货成套性

随同测试仪供货应有的附件：

- a) 产品检验合格证；
 - b) 装箱单；
 - c) 使用说明书；
 - d) 随机备件、附件；
 - e) 其他有关的技术资料。
-