

ICS 29.180

K 44

备案号: 37358-2012

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1154 — 2012

高压电气设备额定电压下 介质损耗因数试验导则

Guide for dielectric dissipation factor test on rating voltage
of high voltage electrical equipment

2012-08-23 发布

2012-12-01 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 试验原理	2
5 试验设备	2
6 高压电气设备额定电压下介质损耗因数试验	4
7 影响因素及注意事项	7
附录 A（规范性附录） 判断标准	8

前 言

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技术标准化分技术委员会归口。

本标准起草单位：国网电力科学研究院、山东省电力科学研究院、华北电力科学研究院有限责任公司、天津市电力科学研究院、浙江省电力试验研究院、吉林省电力科学研究院有限公司、湖北省电力试验研究院、华东电力试验研究院、安徽省电力科学研究院、重庆电力科学研究院、江西省电力科学研究院、上海思创电器设备有限公司。

本标准主要起草人：雷民、辜超、邓春、刘宝成、詹洪炎、王朔、阮羚、黄华、丁国成、吴高林、李阳林、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）。

高压电气设备额定电压下介质损耗因数试验导则

1 范围

本标准规定了高压电气设备在额定电压下介质损耗因数试验的检测方法、试验条件、试验设备和试验结果分析的要求。

本标准适用于额定电压下测量高压电气设备绝缘的介质损耗因数和电容量。

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。

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

DL/T 393 输变电设备状态检修试验规程

DL/T 474.3—2006 现场绝缘试验实施导则 第3部分：介质损耗因数 $\tan\delta$ 试验

DL/T 492—2009 发电机环氧云母定子绕组绝缘老化鉴定导则

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 962—2005 高压介质损耗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

正接线方式 **measurement of ungrounded test objects**

一种用于额定电压下测量不接地试品的方法，测量时高电压介质损耗测试仪测量回路处于低电位。

注：改写 DL/T 962—2005 中定义 3.2。

3.2

隔离传感器 **isolation sensors**

一种对高压回路的电流进行取样、隔离和传输的装置。

3.3

隔离反接线方式 **isolation measurement of grounded test objects**

一种用于额定电压下测量接地试品的方法，测量时通过隔离传感器将被测高压回路电流传输给高压介质损耗测试仪，高压介质损耗测试仪处于低电位。

3.4

介质损耗因数增量 $\Delta\tan\delta_N$ **dielectric dissipation factor increment**

指额定电压 U_N 下的介质损耗因数 $\tan\delta_N$ 和局部放电起始电压下（本标准推荐定为 $0.2U_N$ ）介质损耗因数 $\tan\delta_0$ 的差值。

3.5

单根线棒相邻 $0.2U_N$ 电压间隔下的最大差值 $\Delta\tan\delta$ **maximum power factor tip-up between each**

$0.2U_N$ of the bar

指 $1.0U_N$ 和 $0.8U_N$ 、 $0.8U_N$ 和 $0.6U_N$ 、 $0.6U_N$ 和 $0.4U_N$ 及 $0.4U_N$ 和 $0.2U_N$ 下 $\tan\delta$ 的最大差值。

注：DL/T 492—2009 中定义 3.2。

3.6

电容增加率 ΔC capacitance increment

指额定电压 U_N 下绕组对地电容量 C_N 与局部放电起始电压下绕组对地电容 C_0 相比的增量, 即

$$\Delta C = \frac{C_N - C_0}{C_0} \times 100\%。$$

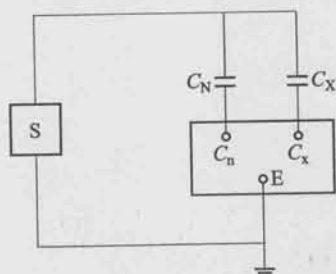
4 试验原理

4.1 接线方式种类

根据试品的接地状态不同, 额定电压下测量高压电气设备的介质损耗因数和电容量, 可选择正接线和隔离反接线两种方式进行。

4.2 正接线方式

正接线方式原理接线图如图 1 所示。试验时试品不接地, 高压介质损耗测试仪接地。

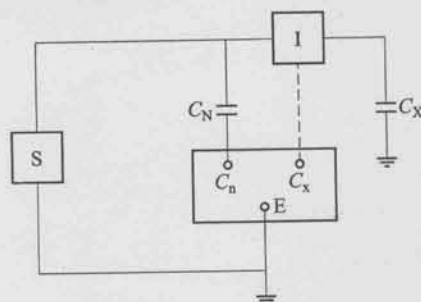


S—工频高压电源装置; C_N —高压标准电容器; C_X —试品; C_n —高压介质损耗测试仪“ C_n ”端子;
 C_x —高压介质损耗测试仪“ C_x ”端子; E—高压介质损耗测试仪“E”端子

图 1 正接线方式原理接线图

4.3 隔离反接线方式

隔离反接线方式原理接线图如图 2 所示。试验时试品电流通过高压电流隔离传感器传输到高压介质损耗测试仪进行测量, 整个测量回路处于低电位。



S—工频高压电源装置; I—隔离传感器; C_N —高压标准电容器; C_X —试品; C_n —高压介质损耗测试仪“ C_n ”端子;
 C_x —高压介质损耗测试仪“ C_x ”端子; E—高压介质损耗测试仪“E”端子

图 2 隔离反接线方式原理接线图

5 试验设备

5.1 组成结构

高压电气设备额定电压下介质损耗测量系统由高压介质损耗测试仪、高压标准电容器及工频高压电源装置组成。

5.2 高压介质损耗测试仪

高压电气设备额定电压下介质损耗因数试验使用的高压介质损耗测试仪除满足 DL/T 962 外, 还应满足以下要求:

- a) 高压介质损耗测试仪应具有以下功能:
 - 1) 正接线和隔离反接线两种接线方式的功能;
 - 2) 测量参数包含电压、频率、介质损耗因数和电容量等功能;
 - 3) 测量通道至少具有一个正接线测量通道和一个隔离反接线测量通道功能;
 - 4) 过压保护、过流保护、击穿保护和被试品高压端接地闭锁功能;
 - 5) 抗电磁干扰能力。
- b) 高压介质损耗测试仪宜具有以下功能:
 - 1) 内置调压功能及频率自动跟踪功能, 兼容高压试验变压器和谐振电源装置两种调压方式;
 - 2) 自动调谐、自动升降压、实时显示和记录并绘制介质损耗因数—电压曲线的功能;
 - 3) 测量通道扩展功能。
- c) 高压介质损耗测试仪应满足以下技术参数:
 - 1) 介质损耗因数测量范围至少应满足 $0\sim 0.1$;
 - 2) 介质损耗因数误差应不大于 $\pm [1\% (\text{读数}) + 0.0005]$;
 - 3) 标准回路电流测量范围至少应满足 $10\mu\text{A}\sim 100\text{mA}$;
 - 4) 试品电流测量范围至少应满足 $10\mu\text{A}\sim 5\text{A}$;
 - 5) 电容量测量误差应不大于 $\pm [0.5\% (\text{读数}) + 1\text{pF}]$ 。

5.3 高压标准电容器

高压标准电容器应满足以下要求:

- 额定工作电压应不小于 $1.2U_m/\sqrt{3}$, U_m 为系统最高运行电压;
- 介质损耗因数应不大于 0.000 05;
- 电容量误差应不大于 0.2%。

高压标准电容器电容量选取参照表 1。

表 1 高压标准电容器电容量选取

电压等级 kV	≤220	330	500	750	1000
高压标准电容器电容量 pF	100	50	50	50	20~30

5.4 工频高压电源装置

工频高压电源装置可采用谐振电源装置, 或采用高压试验变压器, 无论采用何种方式都应满足以下要求:

- 输出电压测量误差不大于 2%;
- 输出电压波形为正弦波, 波形失真度不大于 3%。

如果采用谐振电源装置, 还应满足以下要求:

- 试验电压频率范围为 45Hz~65Hz;
- 频率调节细度不大于 0.1Hz。

5.5 隔离传感器

隔离传感器应满足以下要求:

- 比值误差不大于 0.1%;
- 相位误差不大于 $1'$ 。

6 高压电气设备额定电压下介质损耗因数试验

6.1 试验条件及准备

6.1.1 试验条件

本试验宜在试品及环境温度不低于 5℃、空气相对湿度不大于 80% 和海拔不高于 1000m 的条件下进行。当海拔高于 1000m 时，应按有关标准进行修正。

供电电源应满足以下要求：

- 电压：220×(1±10%)V 或 380×(1±10%)V；
- 频率：50Hz±0.5Hz；
- 波形：正弦波，波形失真度不大于 5%。

6.1.2 试验准备

测试前，应测量试品的绝缘电阻。必要时可对试品表面进行清洁或干燥处理，并了解充油电力设备绝缘油的电气、化学性能（包括油的介质损耗因数）的近期试验结果。

6.2 原则

根据试品的电容量和试验电压选择合适的工频高压电源装置，试验电压频率应在 45Hz~65Hz 范围内。

根据试品的接地状态选择测量回路的接线方式。不接地试品应优先选用正接线方式进行测量，也可以选用隔离反接线方式进行测量。

试验电压从 10kV 到 $U_m/\sqrt{3}$ 过程中，除 10kV 和 $U_m/\sqrt{3}$ 外，其他试验电压选点数不应少于 5 个。如果介质损耗因数—电压曲线出现拐点，应在拐点附近增加不少于 3 个测量点。

对同一试品采用谐振电源装置作为工频高压电源装置进行试验时，试验频率和电压应尽量与上次试验频率和电压一致或将测量结果折算到同一频率下。

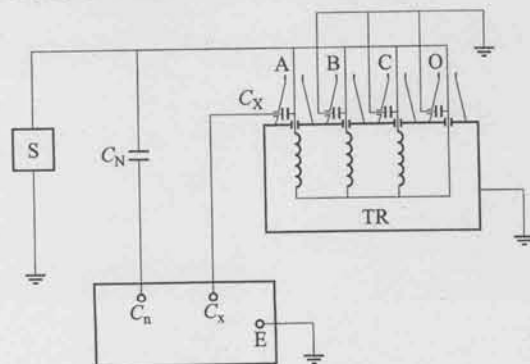
根据不同的试验目的，试验结果应按照相关标准或附录 A 进行判断。相关标准包括 GB 50150、DL/T 393、DL/T 492 和 DL/T 596 等。

进行试品试验结果判断时，应与试验初始值和前次值进行比较，必要时还应进行介质损耗因数—电压曲线的纵向比较。初始值可以是出厂值、交接试验值、早期试验值、设备核心部件或主体进行解体性检修之后的首次试验值。

当试验结果异常时，应结合绝缘电阻试验、绝缘油分析和局部放电试验等结果进行综合判断。

6.3 电力变压器套管

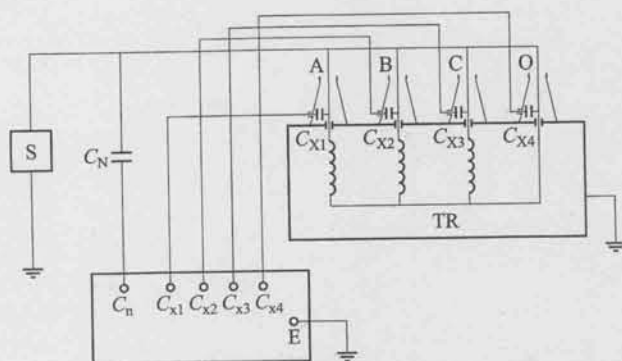
测量装在三相变压器上的任一电容型套管的介质损耗因数和电容量时，相同电压等级的三相绕组及中性点（若中性点有套管引出者）必须短接加压，非测量绕组各相短路接地。测量应采用正接线方式，将相应套管的末屏引线接至高压介质损耗测试仪的“ C_x ”端逐相进行。变压器套管单相试验接线如图 3 所示。试验电压应不超过变压器绕组中性点的额定电压。



S—工频高压电源装置； C_N —高压标准电容器； C_x —试品；TR—被试变压器； C_N —高压介质损耗测试仪“ C_N ”端子； C_x —高压介质损耗测试仪“ C_x ”端子；E—高压介质损耗测试仪“E”端子

图 3 变压器套管单相试验接线图

如果高压介质损耗测试仪具有多通道测量功能，可以同时测量 3 相或 4 相（含中性点）套管。变压器套管多通道测量试验接线如图 4 所示。试验电压应不超过变压器绕组中性点的额定电压。



S—工频高压电源装置； C_N —高压标准电容器； C_{X1} 、 C_{X2} 、 C_{X3} 、 C_{X4} —试品；TR—被试变压器； C_n —高压介质损耗测试仪“ C_n ”端子； C_{X1} 、 C_{X2} 、 C_{X3} 、 C_{X4} —高压介质损耗测试仪“ C_x ”端子；E—高压介质损耗测试仪“E”端子

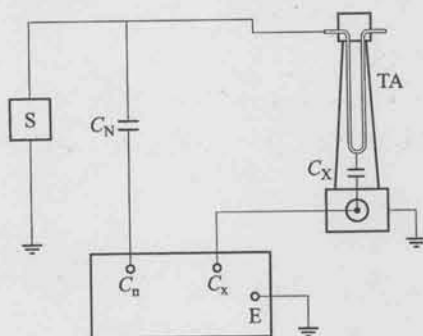
图 4 变压器套管多通道测量试验接线图

6.4 穿墙套管

同变压器套管类似，测量电容型穿墙套管应采用正接线方式。如果高压介质损耗测试仪具有多通道测量功能，也可采用三相套管短路同时加压，进行多通道测量。

6.5 电容型电流互感器

当电容型电流互感器最外层有末屏引出时，将末屏引线接至高压介质损耗测试仪的“ C_x ”端，采用正接线进行一次绕组对末屏的介质损耗因数和电容量测量。电容型电流互感器试验接线如图 5 所示。



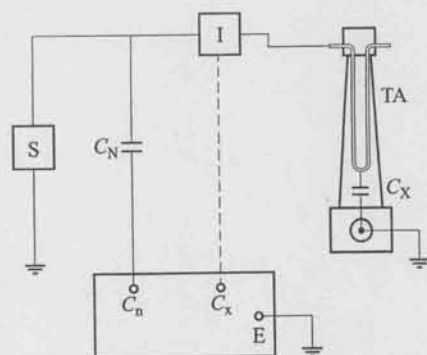
S—工频高压电源装置； C_N —高压标准电容器；TA—电容型电流互感器； C_X —试品； C_n —高压介质损耗测试仪“ C_n ”端子； C_x —高压介质损耗测试仪“ C_x ”端子；E—高压介质损耗测试仪“E”端子

图 5 电容型电流互感器试验接线图

油浸链式、倒置式电流互感器须采用隔离反接线方式测量，一次绕组短路加压，二次绕组短路及外壳接地。电流互感器反接线试验接线如图 6 所示。

6.6 电容器

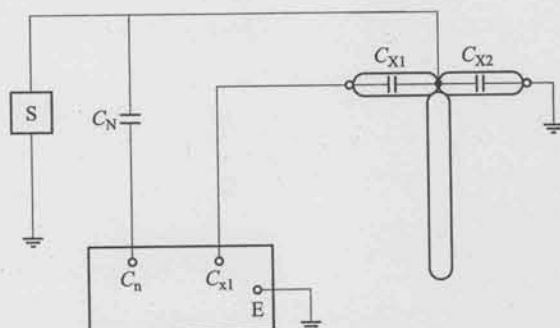
电容器包括耦合电容器、电容式电压互感器的分压电容器和断路器均压电容器。测量耦合电容器和断路器均压电容器时，宜采用正接线方式进行，试验接线如图 1 所示。测量电容式电压互感器的分压电容器可采用正接线方式逐节进行，试验接线如图 1 所示。



S—工频高压电源装置；I—隔离传感器； C_N —高压标准电容器；TA—电容型电流互感器； C_X —试品； C_n —高压介质损耗测试仪“ C_n ”端子； C_x —高压介质损耗测试仪“ C_x ”端子；E—高压介质损耗测试仪“E”端子

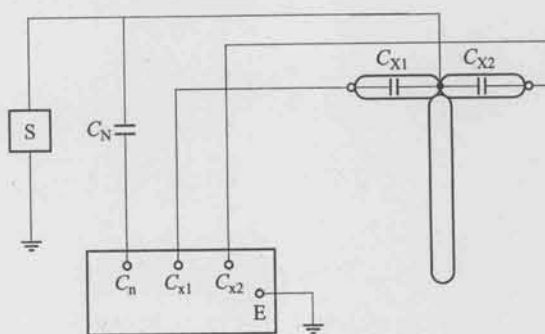
图6 电流互感器反接线试验接线图

多断口断路器均压电容器试验可采用单通道或多通道接线。单通道试验接线如图7所示，多通道试验接线如图8所示。



S—工频高压电源装置； C_N —高压标准电容器； C_{X1} 、 C_{X2} —断路器均压电容器； C_n —高压介质损耗测试仪“ C_n ”端子； C_{x1} —高压介质损耗测试仪“ C_{x1} ”端子；E—高压介质损耗测试仪“E”端子

图7 多断口断路器均压电容器单通道试验接线图

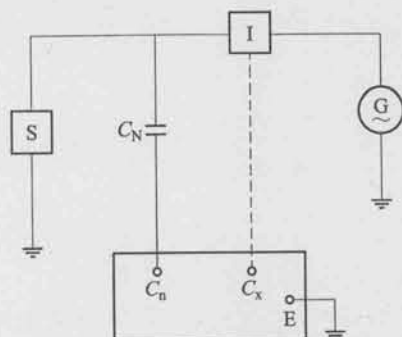


S—工频高压电源装置； C_N —高压标准电容器； C_{X1} 、 C_{X2} —断路器均压电容器； C_n —高压介质损耗测试仪“ C_n ”端子； C_{x1} 、 C_{x2} —高压介质损耗测试仪“ C_{x1} ”和“ C_{x2} ”端子；E—高压介质损耗测试仪“E”端子

图8 多断口断路器均压电容器多通道试验接线图

6.7 发电机

测量发电机应采用隔离反接线方式，也可采用反接线方式。发电机隔离反接线试验接线如图9所示。



S—工频高压电源装置；I—隔离传感器； C_N —高压标准电容器； C_n —高压介质损耗测试仪“ C_n ”端子； C_x —高压介质损耗测试仪“ C_x ”端子；G—发电机；E—高压介质损耗测试仪“E”端子

图9 发电机隔离反接线试验接线图

7 影响因素及注意事项

- 7.1 测量额定电压下介质损耗因数时，应记录环境温度和试品温度。当介质损耗因数值和增值不满足标准要求时，应分析温度的影响。
- 7.2 试验时应注意试验频率对试验结果的影响。
- 7.3 试验时高压引线及连接端子应采取防电晕措施。
- 7.4 试验时注意测试引线与试品间的夹角对试验结果的影响。
- 7.5 隔离传感器可放置在高压标准电容器的内部或外部。如果隔离传感器在高压标准电容器外部，应注意光纤外绝缘引起的安全问题。
- 7.6 额定电压下介质损耗因数试验的干扰因素和消除方法，可参照 DL/T 474.3—2006 第5章。

附录 A
(规范性附录)
判断标准

A.1 额定电压下高压套管介质损耗因数(20℃)不应超过表 A.1 规定的值。

表 A.1 额定电压下高压套管介质损耗因数最大值(20℃)

电压等级 kV	额定电压下介质损耗因数最大值
126/72.5	0.01
363/252	0.008
≥550	0.007

注: 测量电压从 10kV 到 $U_m/\sqrt{3}$, 介质损耗因数的变化量应不大于±0.0015。电容量与初始值差不超过±5%。

A.2 额定电压下电容型电流互感器介质损耗因数(20℃)不应超过表 A.2 规定的值。

表 A.2 额定电压下电容型电流互感器介质损耗因数最大值(20℃)

电压等级 kV	额定电压下介质损耗因数最大值
126/72.5	0.01
363/252	0.008
≥550	0.007

注: 测量电压从 10kV 到 $U_m/\sqrt{3}$, 介质损耗因数的变化量应不大于±0.0015, 电容量的变化量不得大于 1%。如不足, 互感器不应继续运行。

A.3 额定电压下电容器介质损耗因数(20℃)不应超过表 A.3 规定的值。

表 A.3 额定电压下电容器介质损耗因数最大值(20℃)

绝缘介质类型	额定电压下介质损耗因数最大值
油纸绝缘	0.005
膜纸复合绝缘	0.002

注 1: 电容式电压互感器分压电容器电容量与初始值之差不超过±2%。
注 2: 耦合电容器和断路器均压电容器电容量与初始值之差不超过±5%。

A.4 环氧云母同步发电机额定电压下介质损耗因数试验结果应满足以下要求。

A.4.1 整相绕组(或分支)的 $\Delta \tan \delta_N$ 值、 $\tan \delta_N$ 值和电容增加率 ΔC 应小于表 A.4 规定的值。

表 A.4 整相绕组(或分支)的 $\Delta \tan \delta_N$ 值、 $\tan \delta_N$ 值和电容增加率 ΔC

定子电压等级 kV	$\Delta \tan \delta_N$	$\tan \delta_N$	ΔC %
10.5~24	0.04	0.06	8

A.4.2 单根线棒的 $\Delta \tan \delta$ 值、 $\tan \delta_N$ 值和电容增加率 ΔC 应小于表 A.5 规定的值。

表 A.5 单根线棒的 $\Delta \tan \delta$ 值、 $\tan \delta_N$ 值和电容增加率 ΔC

定子电压等级 kV	$\Delta \tan \delta$	0.8 U_N 和 0.2 U_N 电压下 $\tan \delta$ 的差值	$\tan \delta_N$	ΔC %
10.5~24	0.02	0.03	0.05	10

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
高压电气设备额定电压下
介质损耗因数试验导则
DL/T 1154—2012

*

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>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2012年12月第一版 2012年12月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 19千字

印数 0001—3000册

*

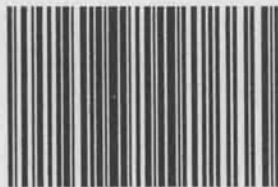
统一书号 155123·1230 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.1230

上架建议：规程规范/电力工程

