

ICS 29.120.20

K 15

备案号: 26318-2009

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 492 — 2009

代替 DL/T 492 — 1992

发电机环氧云母定子绕组 绝缘老化鉴定导则

Guide for aging appraisal of generator stator winding
insulation with epoxy mica

杭州高电

专业高试铸典范

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 | 电力试验工程服务



2009-07-22 发布

2009-12-01 实施

中华人民共和国国家能源局 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 鉴定周期	2
5 鉴定项目和标准	2
6 鉴定程序和原则	3
附录 A (规范性附录) 发电机定子整相绕组或单根线棒离线局部放电试验条件及方法	4
附录 B (规范性附录) 发电机定子整相绕组或槽外单根线棒介质损失角及电容量测量试验条件及方法	6

前 言

本标准是根据《国家发展和改革委员会办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2005〕739 号）的安排，对 DL/T 492—1992 修订的。

本标准与 DL/T 492—1992 版比较有以下一些主要变化：

- 鉴于发电机制造技术的发展，标准中补充了 15.75kV 以上电压等级。
- 根据近些年来鉴定经验数据，修改了部分鉴定标准值。
- 为避免试验条件和方法的不同造成试验数据不可比，给出了主要鉴定试验项目的推荐方法。
- 相关规范的适应性修改。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本标准实施后代替 DL/T 492—1992。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电机标准化技术委员会归口并解释。

本标准负责起草单位：华北电力科学研究院有限责任公司、广东电力试验研究所、东北电力试验研究院、四川电力试验研究所。

本标准主要起草人：白恺、王劲松、白亚民、杨楚明、吴宇辉、王健军、江建民。

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中心（北京市白广路二条一号，100761）。

发电机环氧云母定子绕组绝缘老化鉴定导则

1 范围

本标准规定了发电机环氧云母定子绕组绝缘老化鉴定的试验周期、鉴定程序和判断标准，并给出了推荐的试验方法。

本标准适用于环氧云母的发电机、调相机定子绕组绝缘的老化鉴定。当发电机定子绕组绝缘出现老化或存在工艺缺陷时，通过鉴定试验对定子绝缘状况可作出正确判断。进口机组参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求

GB/T 16927.2—1997 高电压试验技术 第二部分：测量系统

GB/T 20833—2007 旋转电机定子线棒及绕组局部放电的测量方法及评定导则

DL/T 417—2006 电力设备局部放电现场测量导则

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

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL 801 大型发电机内冷却水质及系统技术要求

DL/T 838—2003 发电企业设备检修导则

JB 7608—2006 测量高压交流电机线圈介质损耗角正切试验方法及限值

JB/T 6204—2002 高压交流电机定子线圈及绕组绝缘耐压试验规范

IEEE Std 286—2000 Recommended Practice for Measurement of Power Factor tip-up of Electric Machinery Stator Coil Insulation

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

介质损耗因数增量 $\Delta \tan\delta$ Power factor tip-up

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 $0.2U_N$ ）的介质损耗因数 $\tan\delta_0$ 的差值。

3.2

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。

3.3

电容增加率 Delta capacitance

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量 C_0 相比的增量，即

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

4 鉴定周期

发电机符合以下情况之一时，应结合机组检修进行绝缘老化鉴定试验。

- 运行年久（一般运行时间在 20 年以上）；
- 运行或预防性试验中多次发生绝缘击穿或必要时；
- 在线局部放电数据表明定子绕组绝缘有分层等老化特征的。

新机投产后第一次 A 级或 B 级检修时，应对定子绕组绝缘进行本试验留取初始数据，以便进行趋势分析。

5 鉴定项目和标准

环氧云母同步发电机、调相机定子绕组绝缘老化鉴定项目和标准见表 1。

表 1 同步发电机、调相机环氧云母定子绕组绝缘老化鉴定项目和标准

序号	项目	标准	说明																	
1	测量整相绕组（或分支）对地及其他绕组（或分支）及单根线棒的 $\tan\delta$ 值	<p>(1) 整相绕组（或分支）的 $\Delta \tan\delta_N$ 值和 $\tan\delta_N$ 值小于下列规定值时合格：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>定子电压等级 kV</th> <th>$\Delta \tan\delta_N$ %</th> <th>$\tan\delta_N$ %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.5~24</td> <td>4</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 单根线棒的 $\Delta \tan\delta$ 值和 $\tan\delta$ 值大于或等于下列值：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">定子电压等级 kV</th> <th colspan="2">$\Delta \tan\delta$ %</th> <th>$\tan\delta$ %</th> </tr> <tr> <th>相邻 $0.2U_N$ 电压间隔下 的最大差值</th> <th>$0.8U_N$ 和 $0.2U_N$ 电压 下的差值</th> <th>在 U_N 电压下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.5~24</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 相同试验条件下 $\Delta \tan\delta$ 和 $\tan\delta$ 与上次试验值相比明显增大时，本项试验不合格</p>	定子电压等级 kV	$\Delta \tan\delta_N$ %	$\tan\delta_N$ %	10.5~24	4	6	定子电压等级 kV	$\Delta \tan\delta$ %		$\tan\delta$ %	相邻 $0.2U_N$ 电压间隔下 的最大差值	$0.8U_N$ 和 $0.2U_N$ 电压 下的差值	在 U_N 电压下	10.5~24	2	3	5	<p>(1) 整相（或分支）绕组的 $\Delta \tan\delta_N$ 值达到 2.5% 时，应加强监视；</p> <p>(2) 电晕严重的发电机（包括无防晕处理的发电机），$\Delta \tan\delta_N$ 和 $\tan\delta_N$ 等值有时会超出表中规定值，鉴定时应注意，不要和正常老化机组混淆</p>
定子电压等级 kV	$\Delta \tan\delta_N$ %	$\tan\delta_N$ %																		
10.5~24	4	6																		
定子电压等级 kV	$\Delta \tan\delta$ %		$\tan\delta$ %																	
	相邻 $0.2U_N$ 电压间隔下 的最大差值	$0.8U_N$ 和 $0.2U_N$ 电压 下的差值	在 U_N 电压下																	
10.5~24	2	3	5																	
2	测量整相绕组（或分支）对地及其他绕组（或分支）及单根线棒的电容增加率	<p>(1) 整相绕组（或分支）的电容增加率小于下列规定值时合格：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>定子电压等级 kV</th> <th>电容增加率 ΔC %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.5~24</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 单根线棒的电容增加率小于下列规定值时合格：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>定子电压等级 kV</th> <th>电容增加率 ΔC %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.5~24</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 相同试验条件下 ΔC 与上次试验值相比明显增大时不合格</p>	定子电压等级 kV	电容增加率 ΔC %	10.5~24	8	定子电压等级 kV	电容增加率 ΔC %	10.5~24	10										
定子电压等级 kV	电容增加率 ΔC %																			
10.5~24	8																			
定子电压等级 kV	电容增加率 ΔC %																			
10.5~24	10																			

表 1 (续)

序号	项 目	标 准	说 明
3	测量整相绕组(或分支)及单根线棒的局部放电量	整相绕组和单根线棒的局部放电量小于下列规定值时合格:	
		定子电压等级 kV	在试验电压 $U_N/\sqrt{3}$ 下的 最大局部放电量 pC
		10.5~24	10 000
4	整相绕组(或分支)及单根线棒的介电强度试验	整相绕组(或分支)达到 DL/T 596 的有关规定时合格; 单根线棒达到 JB/T 6204—2002 的有关规定时合格	

6 鉴定程序和原则

- 6.1 进行绝缘老化鉴定时,应对发电机过负荷和超温运行时间、历次事故原因及处理情况、历次检修中发现问题及试验情况、在线局放数据等进行综合分析,以对绝缘运行状况作出评定。
- 6.2 鉴定试验时,应首先做整相绕组绝缘鉴定试验,如果试验结果与历次试验结果相比,出现异常并不符合表 1 中的规定时,应做单根线棒的抽样鉴定试验和解剖检查,如果发现绝缘分层发空严重、固化不良、失去整体性、局部放电严重及相间绝缘破坏等老化现象,鉴定结果即为该发电机环氧云母定子绕组绝缘老化。
- 6.3 单根线棒抽样试验的数量为:对于汽轮发电机一般不应少于 3 根;对于水轮发电机一般不应少于 6 根,选取的部位应以上层线棒为主,并考虑线棒的不同运行电位。
- 6.4 由于环境因素对诊断性试验的结果影响较大,进行各项试验的历史数据分析时应充分考虑其影响。
- 6.5 鉴定时可参考类似绝缘系统的试验数据。

附录 A (规范性附录)

发电机定子整相绕组或单根线棒离线局部放电试验条件及方法

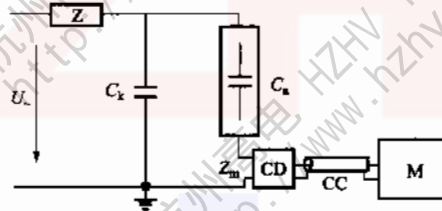
A.1 总要求

试验回路主要包括：

- 按照 GB/T 16927.1~GB/T 16927.2 及高压测量装置要求提供一个高压电源，高压电源在最高试验电压下产生的噪声水平对单根线棒应不超过 100pC，对整相绕组应不超过 500pC。
- 一个电压测量装置；
- 一个耦合单元；
- 一根连接测量阻抗到局放测量装置的电缆，该电缆要求足够低的阻尼特性和良好的屏蔽；
- 局部放电测量系统；
- 背景噪声足够低的高压连接，在最高试验电压下对单根线棒应不超过 100pC，对整相绕组应不超过 500pC。

为了保证测试回路不影响试品局部放电的测量，试验应先将试验回路电压升至最高试验电压而无明显放电。在测试程序过程中，回路的干扰不允许大到的局部放电规定的最低起始测量值。

A.2 试验回路



U_k—高压电源；CC—连接电缆；C_k—试品；CD—耦合装置；Z—滤波器；
Z_m—测量系统输入阻抗；C_k—耦合电容器；M—测量仪器

图 A.1 单个绕组部件局部放电试验回路示意图

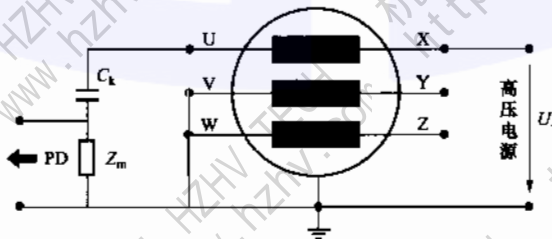


图 A.2 整相绕组局部放电试验回路示意图

A.3 测量系统的要求

- a) 耦合电容 C_k。C_k 在试验电压下不应有明显的局部放电。
- b) 当用 Model5（英国 Robinson 公司制造）及类似的测量仪器时，应使 C_k 和 C_x 的等效电容值在测量阻抗所要求的调谐电容 C 的范围内。

- c) 测量阻抗 Z_m 。测量阻抗是一个四端网络的元件，它可以是电阻 R 或电感 L 的单一元件，也可以是电阻电容并联或电阻电感并联的 RC 和 RL 电路，也可以由电阻、电感、电容组成 RLC 调谐回路。调谐回路的频率特性应与测量仪器的工作频率相匹配。测量阻抗应具有阻止试验电源频率进入仪器的频率响应。连接测量阻抗和测量仪器中的放大单元的连线，通常为单屏蔽同轴电缆。
- d) 升压设备。如果采用变频谐振升压方式，应采用无局放变频电源，试验频率要求为工频即 $45\text{Hz}\sim 65\text{Hz}$ 。试验电压波形的要求：峰峰值与有效值比值偏差在 $\pm 5\%$ 以内。
- e) 测量仪器 M 。局部放电的测量仪器按所测定参量可分不同类别。目前有标准依据的是测量视在放电量的仪器，这种仪器的指示方式，通常是示波屏与峰值电压表（ pC ）或数字显示并用。用示波屏是必需的。

由于视在局放量与频带关系密切，同台设备各次试验时应选择相同的频带。
测试仪器宜使用隔离电源，以避免现场电源对测量结果的影响。

A.4 视在放电量的校准

校准方法和方波发生器的要求参照 DL/T 417 第 5 部分的内容，推荐采用直接校准方法。已知电荷量对整相绕组推荐在 $10\ 000pC$ 左右，单根线棒在 $500pC$ 左右。

A.5 局部放电试验前对试品的要求

- a) 单个的绕组部件（如线圈、线棒或浸渍定子的绕组部件）应该仔细检查，进行清洁和干燥并采取防晕措施。应尽可能避免部件端部的电场集中，所有股线应接触良好。导电防晕层应在其全长范围内与地电位紧密接触以形成一个等电位表面。直线部分应采用锡箔（铝箔）作为电极或者放入合适的槽模型。
- b) 整相绕组试验时应清洁干燥，且与母线解开。
- c) 对水内冷绕组通水试验时，内冷水水质应满足 DL 801 的要求，且电导率应小于 $0.5\mu S/cm$ 。

A.6 试验方法

- a) 最高试验电压额定线电压 U_N 。
- b) 试验电压为额定相电压，即 $U = U_N / \sqrt{3}$ 。
- c) 测定回路的背景噪声水平。背景噪声水平应低于试品允许放电量的 50%。现场试验时，如以上条件达不到，可以允许有较大干扰，但不得影响测量读数。
- d) 推荐在试验电压下预处理 5min。
- e) 在电压上升及下降的过程中，应记录起始放电电压 U_i 、熄灭放电电压 U_e 。
- f) 单根线棒记录额定线电压和额定相电压的局放量；整相绕组应从 $0.2U_N$ 开始，每隔 $0.2U_N$ （包括额定相电压）记录局放量，升至最高试验电压后记录局放量，降压过程也应记录同样各电压下的局放量，绘出局放量对电压的坐标图。
- g) 电压稳定 1min 后读取电量。

附录 B

(规范性附录)

发电机定子整相绕组或槽外单根线棒介质损失角及电容量测量试验条件及方法

B.1 槽外单根线棒

B.1.1 基本测量回路

推荐采用如图 B.1 所示的正接线方式。推荐用裸铜线将线棒的每股导线都绑扎接触良好，施加试验电压；用铝箔纸将线棒直线部分包裹绑扎紧后构成测量电极，测量电极长度至少等于定子铁芯长度。对于线棒直线段防晕层已损坏的线棒，应先涂一薄层凡士林或硅脂，然后再包铝箔。

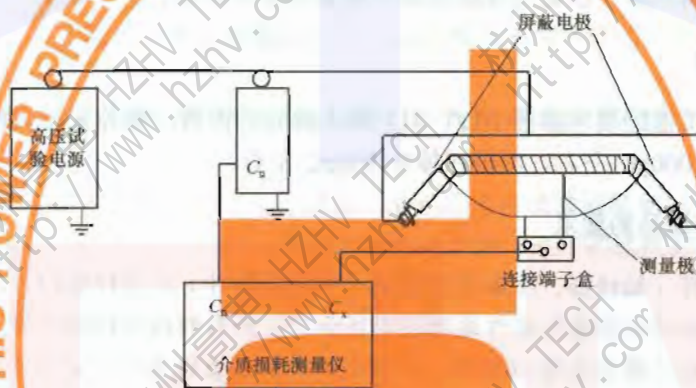


图 B.1 槽外单根线棒介质损失角及电容量的基本测量回路示意图

线棒两端应加屏蔽电极，并将测量电极外的线棒剥去防晕层。当无条件剥去测量电极外的防晕层时，可将测量电极长度延伸到端部的防晕层末端，在末端外侧再加屏蔽电极，以减少端部杂散电流对 $\tan\delta$ 值的影响。

屏蔽电极推荐使用铝箔，在测量电极的外侧包绕一圈，使其与线棒表面紧密接触。屏蔽电极宽度不小于 10mm，屏蔽电极与测量电极之间距离不大于 4mm。一般控制在 2mm~4mm 范围之内。

B.1.2 测量系统要求

试验电压测量精度高于 3%，介质损耗因数电桥测量偏差应小于 0.2% 或测量值的 10%；标准电容器电容量偏差低于 -5%，在额定电压下局放量小于 5pC 且介质损耗因数小于 0.001%。

B.1.3 试验方法

线棒应清洁干燥。推荐最高试验电压为 $1.0U_N$ ，每间隔 $0.2U_N$ 测定 $\tan\delta$ 值和电容值，求出 $1.0U_N$ 与 $0.8U_N$ 、 $0.8U_N$ 与 $0.6U_N$ 、 $0.6U_N$ 与 $0.4U_N$ 及 $0.4U_N$ 与 $0.2U_N$ 下的 $\tan\delta$ 的差值。至少应测量 $0.2U_N$ 下和额定线电压下两个点的 $\tan\delta$ 值和电容值。

B.2 整相（分支）绕组

B.2.1 测量系统要求

- 试验电压测量精度高于 3%，介质损耗因数电桥测量偏差应小于 0.2% 或测量值的 10%；标准电容器电容量偏差低于 2%，在额定电压下局放量小于 5pC 且介质损耗因数小于 0.001%。
- 对汇水管不是直接接地的发电机，应将汇水管接入屏蔽回路，以消除内冷水回路的影响。

- c) 如果试验电压高于通用的内置标准电容器介质损耗因数仪的电压等级, 推荐采用介质损耗因数仪测量单元与标准电容器分体的基本测量回路, 介质损耗因数仪测量单元需要加绝缘支脚或吊起, 利用光通讯传输数据。测量回路设计必须符合高压试验相关安全要求。

B.2.2 介质损失角及电容测量试验前对试品的要求

- a) 发电机定子绕组应清洁干燥, 且与母线解开;
 b) 非试验相(分支)可靠接地;
 c) 对于汇水管直接接地的水内冷发电机应在吹干水回路后进行试验;
 d) 对于汇水管非直接接地的水内冷发电机, 内冷水电导率应小于 $0.5\mu\text{S}/\text{cm}$ 。试验时应将发电机的汇水管屏蔽端子接入屏蔽回路。

B.2.3 试验方法

- a) 由于整相(分支)绕组的介质损耗因数值与冷却气体类型、压力以及绝缘温度密切相关, 整相绕组试验时, 应记录试验时冷却气体类型、压力和定子绝缘温度, 以及环境温度和湿度。水内冷电机还应记录内冷水的电导率。应使历次试验条件尽量接近, 以便数据对比。
 b) 最高试验电压应为额定线电压每间隔 $0.2U_N$ 测定的 $\tan\delta$ 值和电容值, 每个试验点稳定 1min 后记录介质损耗因数和电容量, 升至最高试验电压后稳定 1min 后记录介质损耗因数和电容量。绘出介质损耗因数和电容值对电压的坐标图。

DL/T 492—2009
代替 DL/T 492—1992



中华人民共和国
电力行业标准
发电机环氧云母定子绕组
绝缘老化鉴定导则

DL/T 492—2009

代替 DL/T 492—1992

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2009年12月第 版 2009年12月北京第 次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 16千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155083·2204 定价 5.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权所有 翻印必究



155083.2204

销售分类建议：规程规范/
电力工程/火力发电