

ICS 29.240.20

F 22

备案号: 33099-2011

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 304 — 2011

气体绝缘金属封闭输电线路 现场交接试验导则

Guide for hand-over test of gas-insulated metal-enclosed
transmission line on site



2011-07-28 发布

2011-11-01 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 GIL 现场交接试验项目	1
4 外观检查与核实	1
5 主回路电阻测量	2
6 气体密封性试验	3
7 气体的验收试验	3
8 气体湿度测量	4
9 元件试验	4
10 主回路绝缘试验	4
11 辅助回路的绝缘试验	6
12 电磁场测量	6
13 直埋安装的抗腐蚀试验	6
附录 A (资料性附录) 老练试验的加压程序	7
附录 B (资料性附录) 现场耐压试验中局部放电检测方法	9

前 言

为了检验气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）在现场的安装质量，考核产品性能，确保设备的运行可靠性，特制定本标准。本标准规定了 GIL 在现场安装后、投入运行前应进行的交接试验项目和技术要求，供安装和使用单位进行交接验收时参考执行。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业气体绝缘金属封闭电器标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：中国电力科学研究院。

本标准参加起草单位：西北勘测设计研究院、青海电力科学试验研究院、广东电网公司电力科学研究院、华东电网有限公司、深圳中广核工程设计有限公司、上海西门子高压开关有限公司、黄河上游水电开发有限责任公司、能科技术有限公司。

本标准主要起草人：郭碧红、阮全荣、何宝龙、陈锦清、刘兆林、杨佰军、沈威、冶海廷、马仲鸣。

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 1 号，100761）。

气体绝缘金属封闭输电线路现场交接试验导则

1 范围

本标准规定了额定电压为 72.5kV 及以上、频率为 50Hz 的气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）在现场安装后，投入运行前的交接验收试验项目、技术要求和判断准则。

本标准适用于全部采用 SF₆ 气体作为介质的 GIL；采用 SF₆ 和 N₂ 混合气体作为介质的 GIL 可参考本标准。

本标准适用于各种敷设方式的 GIL 的现场交接试验。

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 5832.1 气体湿度的测定 第 1 部分：电解法

GB/T 5832.2 气体中微量水分的测定 第 2 部分：露点法

GB 11023 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法

GB/T 12022 工业六氟化硫

GB/T 12720 工频电场测量

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求

DL/T 506 六氟化硫电气设备中绝缘气体湿度测量方法

DL/T 617 气体绝缘金属封闭开关设备技术条件

DL/T 799.7 电力行业劳动环境监测技术规范 第 7 部分：工频电场、磁场监测 [合订本]

DL/T 978—2005 气体绝缘金属封闭输电线路技术条件

3 GIL 现场交接试验项目

GIL 安装完成后投入运行前应进行整体的试验以检查安装质量和设备的绝缘性能。

GIL 现场交接试验项目包括：

- a) 外观检查与核实；
- b) 主回路电阻测量；
- c) 气体密封性试验；
- d) 气体的验收试验；
- e) 气体湿度测量；
- f) 元件试验；
- g) 主回路绝缘试验；
- h) 辅助回路绝缘试验；
- i) 电磁场测量；
- j) 直埋安装时的抗腐蚀试验。

4 外观检查与核实

4.1 检查 GIL 的整体外观应完好，无锈蚀损伤，外壳无刮伤或磕碰凹陷等。

- 4.2 检查充气管路、阀门及各连接部件的密封应良好；阀门的开闭位置应正确；管道的绝缘支架应良好。
- 4.3 检查密度继电器及压力表的指示应正确。
- 4.4 检查汇控柜上各种指示信号、控制开关的位置应正确。
- 4.5 检查汇控柜门关闭情况应良好。
- 4.6 检查所有接地连接应良好、可靠。
- 4.7 检查连接系统应正确连接。
- 4.8 检查监控和调节设备（包括加热器和照明）的功能应正常。
- 4.9 核实接线、装配包括安装单元编号和位置应符合图纸和说明书要求。
- 4.10 检查所有螺栓连接应紧固，并满足安装说明书的要求。
- 4.11 检查伸缩装置的安装应正确，并满足安装说明书的要求。
- 4.12 检查带调节功能的支撑系统的安装设置应正确，并满足安装说明书的要求。

5 主回路电阻测量

- 5.1 应在完整的 GIL 上进行。试验条件应尽可能和例行试验相似。
- 5.2 主回路电阻测量应采用直流压降法，测试电流不小于 100A。有引线套管的可利用引线套管注入测量电流进行测量。
- 5.3 利用 GIL 出线套管进行测量。测量方法如下：

GIL 设备 A、B、C 三相主回路电阻 R_{AB} 、 R_{BC} 、 R_{CA} 测量示意图如图 1 所示，图 1 中虚线为出线套管短接导线，测量时接线的接头应接触牢固。

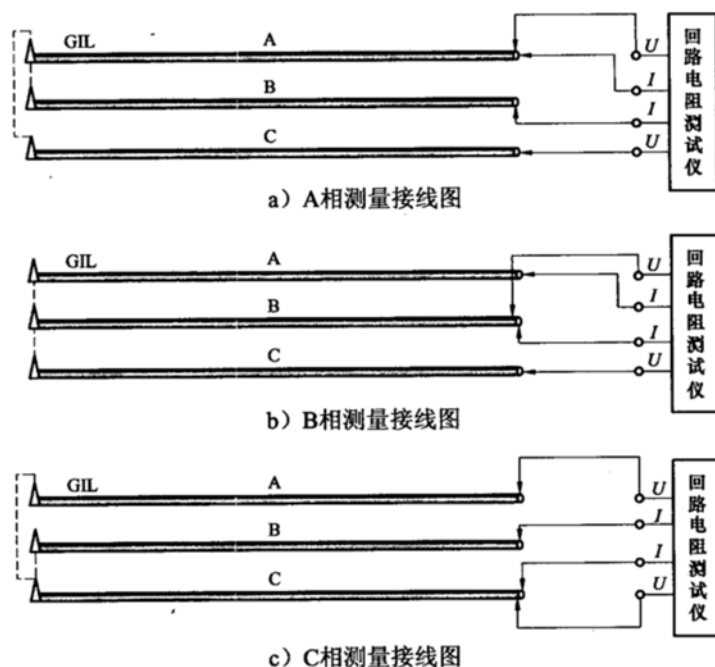


图 1 GIL 设备主回路电阻测量示意图

- 5.4 若接地开关导电杆与外壳绝缘，可临时解开接地连接线，利用回路上的接地开关导电杆关合到测量回路上进行测量。
- 5.5 制造厂应提供每个单元主回路电阻的出厂实测值及控制值 R_n (R_n 是产品技术条件规定值)，并应提供测试区间的测试点示意图。
- 5.6 现场测试值应符合产品技术条件的规定并不得超过工厂提供的控制值 R_n ，还应注意三相测量结果

的平衡度。

6 气体密封性试验

6.1 一般规定

6.1.1 GIL 的密封性试验应对每个独立的气室进行，要求单个气室最大年漏气率不大于 0.5%。

6.1.2 检漏必须在充气 24h 后进行。

6.1.3 检漏方法可参考 GB 11023 的有关规定。

6.2 定性检漏

6.2.1 通常采用检漏仪检漏。

6.2.2 用灵敏度不低于 10^{-8} （体积比）的气体检漏仪沿外壳焊缝、结合面、法兰密封、滑动密封、表计接口等部位，用不大于 2.5mm/s 的速度在上述部位缓慢移动，检漏仪无反应，则认为试品密封性能良好。

6.3 定量检漏

6.3.1 应对每个气隔进行。

6.3.2 应在充到额定气压 24h 后进行。

6.3.3 通常采用局部包扎法，将试品的密封面（结合面、法兰密封、滑动密封、表计接口等部位）用塑料薄膜包扎，经过 24h 后，用灵敏度不低于 10^{-8} （体积比）的气体检漏仪测定包扎腔内 SF_6 气体的浓度并通过计算确定年漏气率。

7 气体的验收试验

7.1 本标准只对充入单一 SF_6 气体的 GIL 中的气体验收作出规定。

7.2 新气到货后应检查是否有制造厂的质量证明书，内容包括生产厂名称、气瓶编号、净重、生产日期和检验报告单。

7.3 新气到货后一个月内，每批抽样数量按国家标准 GB/T 12022 规定执行，并应符合表 1 的新气标准。

表 1 SF_6 新气质量标准

指 标 项 目		GB/T 12022 指标
六氟化硫 (SF_6) 的质量分数 %		≥ 99.9
空气的质量分数 %		≤ 0.04
四氟化碳 (CF_4) 的质量分数 %		≤ 0.04
水分	水的质量分数 %	$\leq 0.000\ 5$
	露点 ℃	≤ -49.7
酸度（以 HF 计）的质量分数 %		$\leq 0.000\ 02$
可水解氟化物（以 HF 计） %		$\leq 0.000\ 10$
矿物油的质量分数 %		$\leq 0.000\ 4$
毒性		生物试验无毒

8 气体湿度测量

8.1 充入 GIL 内气体, 充气前应进行气体湿度测量, 湿度超标者不得使用。

8.2 按 GB/T 5832.1、GB/T 5832.2、DL/T 506 技术要求进行测量。测量 SF₆ 气体湿度的方法通常有露点法、电解法、阻容法等。各种方法所使用仪器应每年定期送检。

8.3 SF₆ 气体湿度测量应在充入 GIL 内的气体至少静止 48h 后进行。测量时, SF₆ 气体应为额定密度, 环境相对湿度一般不大于 85%。交接测量值(修正到 20℃ 的值)应不大于 250μL/L。

9 元件试验

9.1 如装有隔离开关、接地开关, 其性能应符合产品技术条件要求。

9.2 气体密度继电器应校验其接点动作值与返回值, 并符合其产品技术条件的规定。压力表示值的误差与回差, 均应在表计相应等级的允许误差范围内。

校验方法可用标准表在设备上进行检查, 也可在标准校验台上进行校验。

10 主回路绝缘试验

10.1 一般规定

为了检查现场安装后 GIL 装置的绝缘整体性和在运输、装卸、安装过程中可能造成的缺陷, 应进行主回路的绝缘试验。

现场试验的详细程序应由制造厂和用户商定。

10.2 对被试品要求

10.2.1 被试品应完全安装好, 并充以合格的 SF₆ 气体, 气体密度应保持在额定值。

10.2.2 除耐压试验外, 被试品应已完成各项现场交接试验项目。

10.2.3 GIL 耐压时, 以下设备应采取隔离措施, 避免施加试验电压:

- a) 高压电缆和架空线;
- b) 电力变压器和并联电抗器;
- c) 电磁式电压互感器(如采用变频电源, 电磁式电压互感器经频率计算, 不会引起磁饱和, 也可和主回路一起耐压, 但必须经制造厂确认);
- d) 避雷器。

10.2.4 GIL 扩建部分耐压时, 原有相邻设备应断电并接地, 否则, 应考虑突然击穿对原有部分造成的损坏采取措施。

10.2.5 每一新安装 GIL 均应进行耐压试验。

考虑 GIL 的长度因素, 可分段进行现场绝缘试验。耐压试验通过后, 然后进行相互间导体连接, 该连接部分应通过系统施加运行电压进行检验, 时间不少于 1 h。

如有下列情况亦可考虑 GIS、GIL 同时进行耐压试验:

- a) 试验设备容量足够;
- b) 由于条件限制, 必须通过 GIS 才可进行加压的;
- c) 如果 GIL 和 GIS 为不同制造厂供货, 经双方协商达成一致的加压程序。

10.3 试验电压波形

电压波形的选择按 GB/T 16927.1 的规定进行。

10.3.1 交流电压试验

试验电压波形应为近似正弦波, 且正半波峰值与负半波峰值差应小于 2%。若正半波的峰值与有效值之比在 $\sqrt{2} \pm 5\%$ 以内, 则认为高压试验结果不受波形畸变的影响。

试验电压的频率一般在 30Hz~300Hz 的范围内。

10.3.2 雷电冲击电压

雷电冲击电压的波头一般为 $8\mu\text{s}$ ，如果用振荡雷电冲击电压，波前时间可延长到约 $15\mu\text{s}$ 。

10.3.3 操作冲击电压

操作冲击波（包括振荡操作冲击）的波头时间一般应为 $150\mu\text{s}\sim 1000\mu\text{s}$ 。

10.4 试验电压值

按 DL/T 978—2005 中 9.2.4 的有关规定。

10.4.1 交流试验电压值

现场交流耐压试验应为出厂试验时施加电压的 80%，如果用户有特殊要求时，可与制造厂协商后确定。如不具备出厂试验条件的 GIL，在现场应按 100% 的出厂试验规定值进行耐压试验。

10.4.2 冲击试验电压值

雷电冲击试验和操作冲击试验为型式试验电压的 80%。如果用户有特殊要求时，可与制造厂协商后确定。

10.5 耐压试验

10.5.1 试验程序

程序 1：交流耐压试验，持续时间为 1min。应采用老练试验的加压程序，逐级加压至试验电压。

程序 2：在完成交流耐压试验后，如果用户有特殊要求，需补充雷电冲击耐压试验或操作冲击耐压试验，可与制造厂协商进行，试验电压值按本标准 10.4 条要求，在规定电压下进行正、负极性各三次。

10.5.2 试验电压的施加

10.5.2.1 相对地耐压试验

规定的试验电压应施加到每相主回路和外壳之间，每次一相，其他相的主回路应和接地外壳相连，试验电源可接到被试相导体任一方便的部位。

由于以下原因之一，试验时，可考虑将 GIL 分为几段：

- a) 限制电压源的电容负载；
- b) 方便查找破坏性放电点；
- c) 限制破坏性放电的能量（若有）。

不测试的及与测试段隔离的 GIL 段均应接地。

设备安装后不必单独进行相间绝缘试验。

10.5.2.2 老练试验加压程序

老练试验是指对设备逐步施加交流电压，可以阶梯式地或连续地加压，其目的是：

- a) 将设备中可能存在的活动微粒杂质迁移到低电场区域里去，在此区域，这些微粒对设备的危险性减低，甚至没有危害；
- b) 通过放电烧掉细小的微粒或电极上的毛刺，附着的尘埃等。

老练试验的基本原则是既要达到设备净化的目的，又要尽量减少净化过程中微粒触发的击穿，还要减少对被试设备的损害，即减少设备承受较高电压作用的时间，所以逐级升压时，在低电压下可保持较长时间，在高电压下不允许长时间耐压。

老练试验应在现场耐压试验前进行，一般可结合试验程序 10.5.1 条进行。若最后施加的电压达到规定的现场耐压值 U_f 耐压 1min，则老练试验可代替耐压试验。

老练试验过程中发生击穿放电时，也按 10.6 节原则处理。

老练试验过程中可进行局部放电监测。

下面给出一种施加交流电压值与时间的关系的试验方案，供使用单位参考。施加电压程序如图 2 所示，试验频率一般在 $80\text{Hz}\sim 200\text{Hz}$ 。

施加电压与时间关系如下：

将电压逐步升高到 $1.2U_m/\sqrt{3}$ ，进行老练试验 15min；
 将电压逐步升高到 $0.8U_f$ ，进行老练试验 3min；
 将电压逐步升高到规定的耐压试验值 U_f ，耐压试验 1min；
 迅速降低电压。

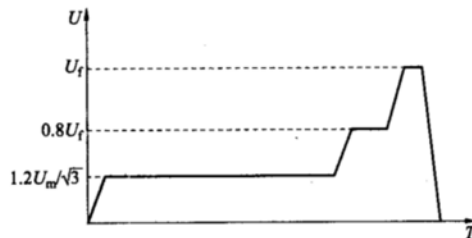


图2 电压与时间关系曲线

U_f —试验电压； U_m —设备最高电压； U —电压； T —时间

不同电压等级在工程中采用的试验方案可参考附录A。具体实施方案可由使用单位与制造厂商定。

10.6 试验判据

10.6.1 如 GIL 按选定的试验程序耐受规定的试验电压而无击穿放电，则认为整个 GIL 通过试验。

10.6.2 在试验过程中如果发生击穿放电，可采用下述步骤：

- 进行重复试验。如果该设备或气隔还能经受规定的试验电压，则该放电为自恢复放电，认为耐压试验通过；如果重复试验失败，则耐压试验不通过，应进一步检查。
- 根据放电能量和放电引起的声、光、电、化学等各种效应及耐压过程中进行的其他故障诊断技术所提供的资料，综合判断放电气室。
- 打开放电气室进行检查，确定故障部位，修复后，再进行规定的耐压试验。

10.7 局部放电试验

局部放电测量有助于检查 GIL 设备内部多种缺陷，但受环境干扰影响较大，试验结果的判断需要一定经验。凡有条件和可能的地方，应进行现场局部放电试验。

现场局部放电试验参照 DL/T 617 中的有关规定进行（参见附录 B）。

局部放电试验应在耐压试验后，在同一试品上进行。可以结合交流耐压试验进行，亦可以在设备投产后一个月内带电运行时进行测量。

11 辅助回路的绝缘试验

辅助回路和控制回路应耐受工频耐压值 2000V 持续时间 1min。

12 电磁场测量

12.1 按 DL/T 799.7 和 GB/T 12720 的规定进行测量。可在投产运行后带电进行测试。

12.2 GIL 外壳外部的电场应接近零。

12.3 在额定工频电流下，距离 5cm 远的地方磁场应低于 $10\mu\text{T}$ 。

13 直埋安装的抗腐蚀试验

附录 A
(资料性附录)
老练试验的加压程序

本附录提供了几个不同电压等级的工程项目在 GIL 的交接试验中所应用的老练试验加压程序,供使用单位在实施中参考。

A.1 800kV GIL 加压程序

$0.25U_m$, 20min— $0.5U_m$, 15min— $0.5U_m+50kV$, 5min— $0.5U_m+100kV$, 5min— $0.5U_m+150kV$, 1min— $0.5U_m+200kV$, 1min— $0.5U_m+250kV$, 1min— $0.5U_m+300kV$, 1min— U_f ; 1min (U_m 为设备最高电压 800kV, U_f 为现场耐压值 768kV)。如图 A.1 所示。

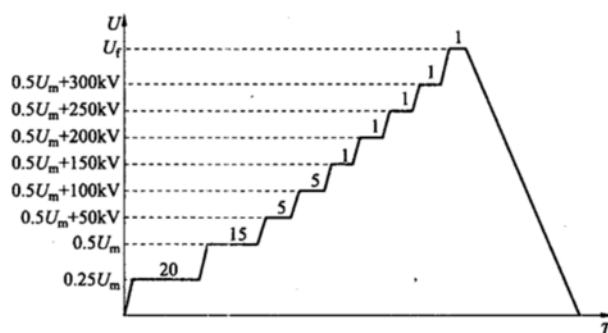


图 A.1 电压与时间关系曲线

A.2 363kV GIL 加压程序

$0.25U_m$, 20min— $0.5U_m$, 15min— $0.75U_m$, 5min— U_m , 5min— U_m+50kV , 1min— U_f ; 1min (U_m 为设备最高电压 363kV, U_f 为现场耐压值 510kV)。如图 A.2 所示。

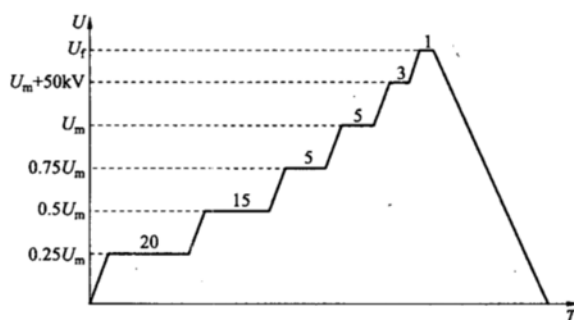


图 A.2 电压与时间关系曲线

A.3 126kV GIL 加压程序

$0.2U_f$, 20min— $0.4U_f$, 15min— $0.6U_f$, 10min— $0.8U_f$, 2min— U_f , 1min (U_f 为现场耐压值 250kV)。如图 A.3 所示。

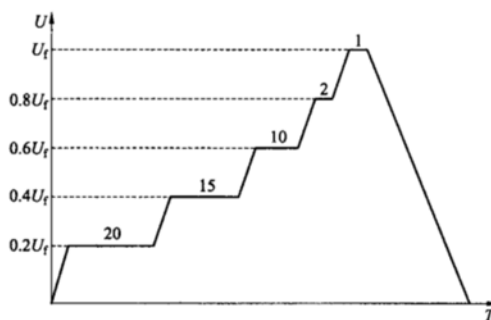


图 A.3 电压与时间关系曲线

A.4 500kV GIL 的加压程序

带气体绝缘试验变压器： $0.8U_t$ ，3min→ U_t (50Hz)，1min→ $0.8U_t$ ，0.5min→ $1.2 \times 0.8U_t/\sqrt{3}$ ，0.5min (U_t 为试验电压)。如图 A.4 所示。

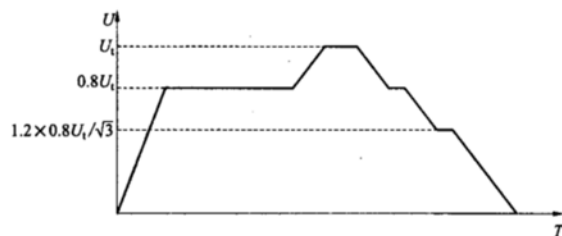


图 A.4 电压与时间关系曲线

A.5 带串联谐振试验变压器

$0.8U_t$ ，3min→ U_t ，1min→ $1.2 \times 0.8U_t/\sqrt{3}$ ，0.5min (PD 测量， U_t 为试验电压)。如图 A.5 所示。

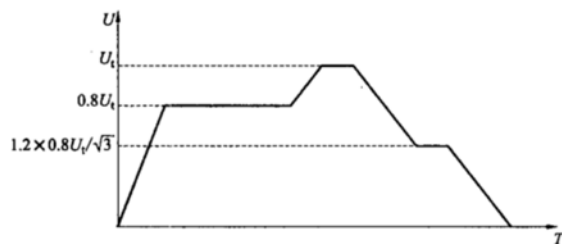


图 A.5 电压与时间关系曲线

A.6 GIL 内部如装有微小颗粒捕集器，建议加压程序

$0.25U_t$ ，20min→ $0.5U_t$ ，15min→ $0.5U_t + 50kV$ ，5min→ $0.5U_t + 50kV + \dots + 50kV$ ，1min→ U_t ，1min，与制造厂商议加压方案 (U_t 为现场耐压值)。如图 A.6 所示。

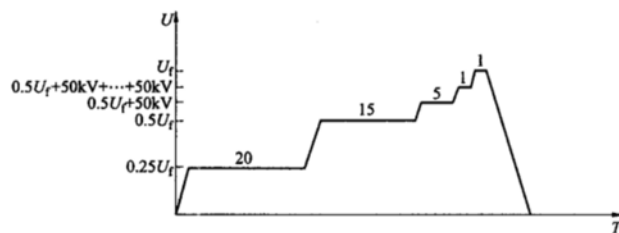


图 A.6 电压与时间关系曲线

附录 B

(资料性附录)

现场耐压试验中局部放电检测方法

局部放电试验可以有效地发现 GIL 内部缺陷,但受环境干扰的影响,此项工作有一定难度,对试验结果的判断需要一定的经验。根据 IEC 的建议和实际使用经验,以下五种方法可以在现场实施,并能达到发现故障隐患的效果。

B.1 电荷法测量局部放电

试验方法按 DL/T 617 中的有关规定,现场局部放电试验通常在净化过程中进行或在工频耐压试验前、后进行。为了提高局部放电检测的效果,需尽量减少环境干扰,避免高压引线电晕的发生(如 GIL 高压引入套管的屏蔽和采用无电晕的大直径导线等)。

常规的电荷法局部放电测量可以有效地发现 GIL 中的缺陷,如金属微粒、电极上的尖端起、绝缘子中缺陷等。尽管采用电荷法测量有一定困难,但一旦存在缺陷隐患,放电量会有明显变化,因此,仍可以通过放电量的变化发现缺陷。

B.2 UHF (甚高频) 法

UHF 法是通过检测 GIL 内部放电产生的甚高频信号达到发现缺陷的目的。一般选定的频率范围是 300MHz 到几个 GHz。测量不受电晕干扰的影响,具有较好的信/噪比。通常采用宽带数字存储示波器测量从相邻耦合器信号到达的时间间隔来实现对缺陷的定位。

UHF 信号最好是由 GIL 内部耦合器获取,也可以采用放置在外窗口上或绝缘子上的耦合器获取。由于甚高频信号沿壳体传递会产生明显损耗(平均损耗约 2dB/m),因此,需要每小于 20m 间隔安装耦合器。

与常规的电荷法相比,甚高频信号尚无法校准,但实际使用经验证明,该方法能发现缺陷,可以实现在现场、在任何系统电压下进行测量,国际大电网工作组认可该方法。

B.3 VHF (超高频) 法

VHF 法是通过检测 GIL 内部放电产生的超高频信号达到发现缺陷的目的。测量频率一般是 40MHz~300MHz, VHF 信号由内部传感器获取。结合来自不同耦合器信号的传播时间和耦合器之间的距离来计算,可以对局部放电源进行定位。与电荷法相比, VHF 法比较少受外界电场的干扰,但仍不可避免要受到空间电磁场的干扰。

采用 VHF 法,可以由一个耦合器注入校准信号,用相邻耦合器响应来校准,但这种校准方法无法与电荷法的校准相比较。同时,受测量频率的限制, VHF 信号传递过程中能量损失比 UHF 信号明显。

B.4 振动法

通过放置在 GIL 外壳上的传感器接受放电产生的振动脉冲达到检测放电故障的目的。测量频率一般在 10kHz~30kHz。

振动法对发现金属微粒尤为敏感。由于振动信号沿外壳传递时会有明显的衰减,其中高频分量 f 更加突出,因此,可以有效地进行故障定位。

与电荷法相比,振动法对运动的金属微粒具有较高的灵敏度,测量不受电晕干扰的影响,且操作简单,不需改变 GIL 本体,易于实施。振动强度与放电强度成比例变化。

B.5 声测法

测量原理与振动法相似，通过放置 GIL 外壳上的声传感器接收放电产生的超声信号，测量频率一般在 20kHz~100kHz。

声测法对跳动的金属微粒和电极上的毛刺，凸起等缺陷比较敏感，而对于绝缘子内部气泡引起的放电灵敏度可能差些。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
气体绝缘金属封闭输电线路
现场交接试验导则
DL/T 304—2011

*

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>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2011年10月第一版 2011年10月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 22千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·698 定价 9.00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 专 有 翻 印 必 究



155123.698

上架建议:规程规范/
电力工程