

# 基于电压补偿原理的避雷器泄漏试验方法研究

甘强, 陈轩, 邵新苍, 吉亚民

(江苏省电力公司检修分公司, 江苏南京 211102)

**摘要:** 直流参考电压  $U_{1mA}$  和 0.75 倍  $U_{1mA}$  下的泄漏电流测量是避雷器交接和例行试验项目之一。220 kV 及以上避雷器常采用多节单元, 由于避雷器制造工艺、均压环影响等原因, 同一相避雷器各单元的伏安特性存在一定差异, 当差异较大时, 必须拆除引线, 分单元进行避雷器直流泄漏试验。在对 220 kV 及以上避雷器伏安特性进行分析的基础上, 提出了 1 种基于电压补偿原理的避雷器直流泄漏试验方法, 设计了 1 台可调极性直流高压发生器。通过现场实用, 验证了试验方法的有效性。

**关键词:** 电压补偿; 不拆引线; 可调极性; 直流高压发生器

**中图分类号:** TM862

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2014)04-0066-03

直流参考电压  $U_{1mA}$  和 0.75 倍  $U_{1mA}$  下的泄漏电流测量是避雷器交接与例行试验项目之一, 可有效地反应避雷器阀片是否存在受潮、老化。220 kV 及以上电压等级避雷器每相分为若干单元, 由于制造工艺等原因, 各节避雷器的伏安特性存在一定差异, 甚至差异较大(偏差达到 5% 左右)。同时, 相关文献也提出避雷器均压环对直流泄漏试验存在一定的影响<sup>[1-3]</sup>。针对此类避雷器须拆除上引线, 分单元进行避雷器参考电压及直流泄漏电流测试, 由此带来了检修时间的延长和大量的人力、物力投入。

本文在传统的直流高压发生器的基础上, 增加 1 台可调极性的直流高压发生器, 在下节避雷器下部法兰处施加一可调极性的直流电压, 与传统直流高压发生器进行配合, 使避雷器上下 2 个单元直流泄漏电流同时达到 1 mA, 一次性完成两节避雷器的直流参考电压试验后, 2 台直流发生器同步降压至 0.75 倍  $U_{1mA}$  可同时完成 2 个单元的直流泄漏电流测试。通过现场应用, 验证了试验方法的有效性。

## 1 传统测试方法的局限性

对两节型的 220 kV 避雷器, 传统不拆引线进行避雷器下单元直流试验的方法如图 1 所示。

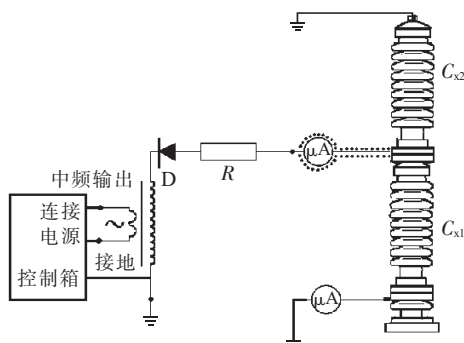


图 1 不拆引线进行避雷器直流试验原理图

图 1 中, 负极性直流高压施加于避雷器上下 2 个单元连接法兰处, 经一微安表测量避雷器 2 个单元的总泄漏电流; 拆除避雷器底部法兰与放电计数器的连接, 将底部法兰经另一微安表接地, 测量避雷器下单元泄漏电流, 计算 2 台微安表电流差值得到避雷器上单元的直流泄漏电流。传统方法存在以下局限性:

(1) 上下 2 个单元避雷器的伏安特性存在差异, 不可能同时到达 1 mA, 因此直流参考电压的测量需分 2 次进行; 同时避雷器 2 个单元的 0.75 倍  $U_{1mA}$  也不相同, 泄漏电流测试也需分 2 次进行。

(2) 当同相避雷器 2 个单元参考电压差异较大时, 在对参考电压较高的单元进行直流试验时, 试验设备可能出现过载。

如图 2 所示, 避雷器上下 2 个单元  $U_{1mA}$  相差约为 4 kV 时, 当  $U_{1mA}$  较大的避雷器单元泄漏电流达到 1 mA 时,  $U_{1mA}$  较小的避雷器单元的直流泄漏电流已达到 8 mA。试验设备输出电流已远超出其额定电流(一般为 3 mA), 此时须拆除引线分单元进行试验。

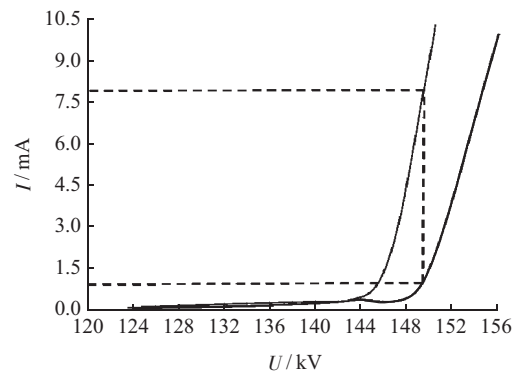


图 2 避雷器伏安特性曲线图

## 2 基于电压补偿原理的流测试方法

为了解决传统方法的局限性, 且提出一种基于电压补偿原理的不拆引线试验方法, 其原理如图 3 所示。

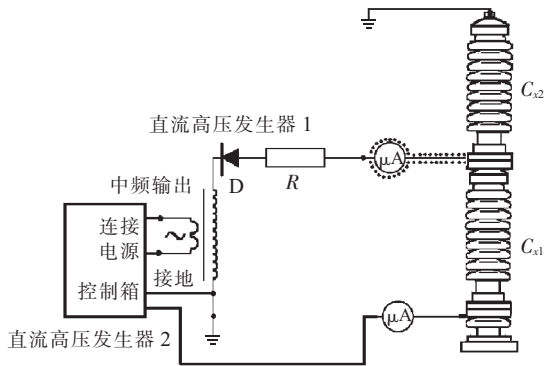


图3 电压补偿法运用于220 kV避雷器直流试验原理图

图3中,直流高压发生器1为传统的负极性直流高压发生器,直流高压发生器2为可调极性的直流高压发生器,可根据试验情况输出正或负极性的直流高压。若避雷器下单元参考电压大于避雷器上单元,调节直流高压发生器1,避雷器上单元泄漏电流先达到1 mA时,保持直流高压发生器1的输出电压不变,选择直流高压发生器2输出极性为正极性,调节其电压,使避雷器下单元泄漏电流达到1 mA。避雷器上单元的参考电压为直流发生器1的输出电压,避雷器下单元的参考电压为直流发生器1和直流发生器2输出电压的绝对值之和。

将直流高压发生器1与直流发生器2的输出电压同步降为75%,避雷器下单元的泄漏电流为与避雷器底部法兰相连的微安表电流值,避雷器上单元的泄漏电流为2台微安表电流绝对值之差。若避雷器上单元参考电压大于避雷器下单元,在一定电压下保持直流发生器1输出电压不变,选择直流发生器2极性为负极性,预加电压5 kV,使避雷器上单元泄漏电流大于下单元。调节直流发生器1使上单元泄漏电流达到1 mA后,调节直流发生器2,使下单元泄漏电流也达到1 mA。读取并计算2个单元的参考电压,继而将直流高压发生器1与2的输出降为75%,读取并计算2个单元的0.75倍 $U_{1mA}$ 下的泄漏电流。

### 3 可调极性倍压电路设计

直流发生器2为可调极性直流高压发生器,额定输出电压为5 kV,额定输出电流为3 mA,其倍压电路的原理如图4所示。

图4中D1至D7为二极管,通过切换开关接入电路;当D1至D6接入电路时,倍压电路输出正极性高压,如图5所示。当D2至D7接入电路时,倍压电路输出负极性高压,如图6所示。

为给避雷器泄漏电流提供通路,在输出端对地并联一泄流电阻,阻值为2 M $\Omega$ ;对地并联一放电间隙,避免避雷器击穿后,直流高压发生器2承受过高电压。

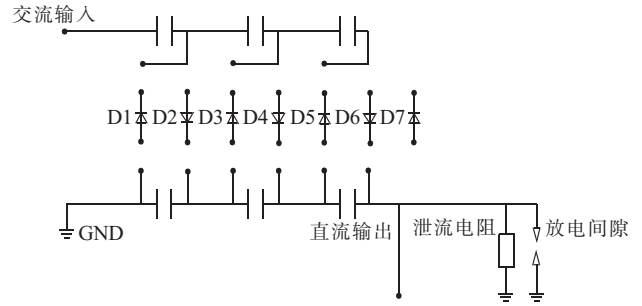


图4 可调极性倍压电路原理图

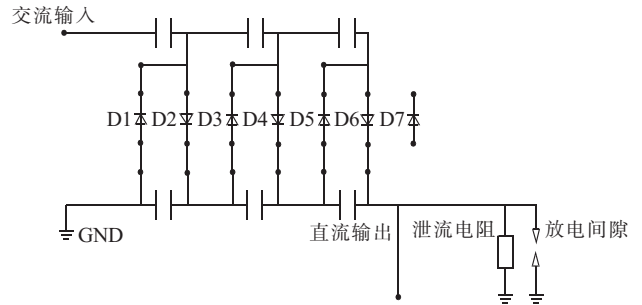


图5 可调极性倍压电路正极性输出原理图

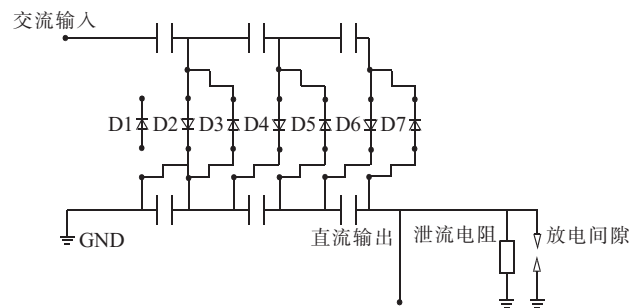


图6 可调极性倍压电路负极性输出原理图

## 4 测量逻辑设计

测量逻辑框图如图7所示。电流采样通过具有蓝牙通信功能微安表实现,微安表1、微安表2的泄漏电流读数通过蓝牙传输至仪器,计算出上节与下节避雷器泄漏电流,仪器内部处理单元根据计算结果自动调整可调极性直流高压发生器输出电压极性,达到电压补偿的目的。

## 5 现场应用

某500 kV变电站1号主变220 kV侧避雷器需进行例行试验,交接试验时该避雷器不带上引线进行测试,A相下单元 $U_{1mA}$ 为160.6 kV, $I_{0.75U_{1mA}}$ 为10  $\mu$ A;上单元 $U_{1mA}$ 为157.4 kV, $I_{0.75U_{1mA}}$ 为8  $\mu$ A。本次例行试验分别采用以下2种方式进行了测试。

首先用传统不拆引线测试方法对该相避雷器进行测试,第一步测试上单元,1 mA参考电压为156.7 kV,此时下单元泄漏电流为912  $\mu$ A。第二步测试下单元,升压至158.8 kV时,避雷器下单元泄漏电流为937

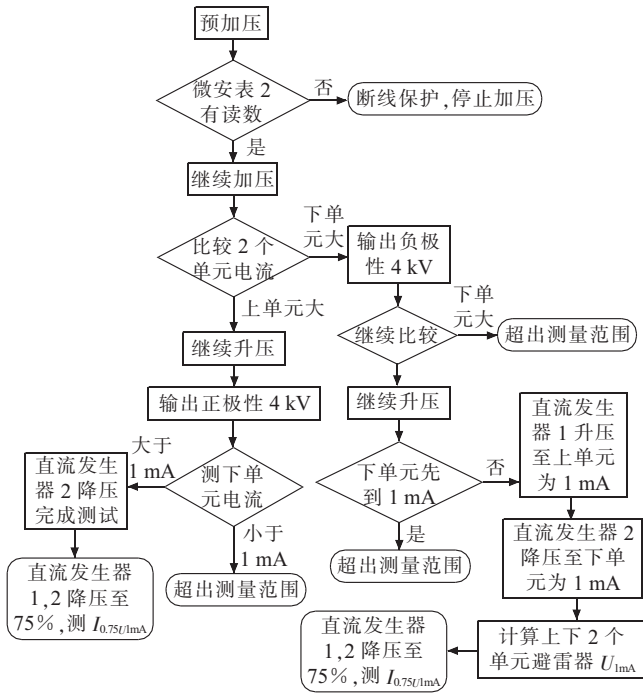


图 7 测量逻辑框图

$\mu\text{A}$ , 避雷器上单元泄漏电流为  $2090 \mu\text{A}$ , 总电流超过直流高压发生器  $3 \text{ mA}$  的额定输出电流, 仪器过流保护动作, 传统不拆线测试方法已无法完成测量。

现场使用新研发的装置对该避雷器进行测试, 直流高压发生器 1 输出电压为  $156.8 \text{ kV}$  时, 避雷器上单元泄漏电流达到  $1 \text{ mA}$ , 此时避雷器下单元泄漏电流为  $913 \mu\text{A}$ , 调节直流高压发生器 2, 输出电压极性为正极性, 幅值为  $3.1 \text{ kV}$ , 此时避雷器下单元泄漏电流也达到  $1 \text{ mA}$ 。读取电压值后, 将 2 台直流高压发生器输出电压降为  $75\%$ , 计算 2 个单元的参考电压与泄漏电流, 试验数据如表 1 所示。

本次测试一次接线、升压, 同时完成了 2 节避雷器的测试; 直流参考电压测试结果与交接相比误差小于  $0.5\%$ , 泄漏电流测试结果与交接数据基本保持一致, 表明该方法与传统方法具有等效性。传统方法进行试

表 1 电压补偿法运用于  $220 \text{ kV}$  避雷器直流试验数据

安装位置	本次试验数据		交接试验数据	
	$U_{1\text{mA}}/\text{kV}$	$I_{0.75U_{1\text{mA}}}/\mu\text{A}$	$U_{1\text{mA}}/\text{kV}$	$I_{0.75U_{1\text{mA}}}/\mu\text{A}$
下单元	159.9	9	160.6	10
上单元	156.8	6	157.4	8

验时, 避雷器底座几乎不承受电压; 电压补偿法测试时, 避雷器底座须承受数千伏的电压 ( $< 5 \text{ kV}$ ), 在原理上存在测试误差。从现场实测的结果来看, 表面清洁过的避雷器底座绝缘电阻通常  $> 5000 \text{ M}\Omega$ , 新方法造成的测量误差小于  $1 \mu\text{A}$ , 在工程测量过程中可忽略。

## 6 结束语

(1)  $220 \text{ kV}$  及以上电压等级避雷器各节的伏安特性存在一定差异, 当差异较大时, 传统不拆引线的试验方法因测试设备容量限制, 可能导致试验无法开展, 须拆除引线进行测试。

(2) 电压补偿法通过增加 1 台可调极性直流高压发生器, 可以在不拆引线条件下的完成避雷器的参考电压及泄漏电流测试。现场应用表明, 该方法与传统方法有较好的等效性, 具有实用推广意义。

### 参考文献:

- [1] 吴东文.  $500 \text{ kV}$  氧化锌避雷器上节单元  $0.75U_{1\text{mA}}$  泄漏电流测试误差分析[J]. 电瓷避雷器, 2012, 250(6): 62-66.
- [2] 秦家远. 雷击下金属氧化物避雷器 ATP 仿真模型分析[J]. 电瓷避雷器, 2007, 220(6): 41-44.
- [3] 王静君, 李文书, 杜积贵. 氧化锌避雷器带电测试方法应用分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(2): 57-59.

### 作者简介:

甘强(1978), 男, 重庆人, 工程师, 从事电气试验工作;  
陈轩(1989), 男, 江苏南京人, 助理工程师, 从事电气试验工作;  
邵新苍(1989), 男, 江苏无锡人, 助理工程师, 从事电气试验工作;  
吉亚民(1972), 男, 江苏盐城人, 高级工程师, 从事高电压与绝缘技术研究工作。

## Research on Arrester Leakage Tests Based on Voltage Compensation

GAN Qiang, CHEN Xuan, SHAO Xincang, JI Yamin

(Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

**Abstract:** The arrester current leakage tests for the case of DC reference voltage equals to  $U_{1\text{mA}}$  and  $0.75U_{1\text{mA}}$  are routine projects. The  $220 \text{ kV}$  and above arresters are often comprised of multi-section units. Since arresters' manufacturing processes and other factors affecting the pressure ring, some differences are existed between each unit's voltage characteristics in the same phase arrester. When the differences are relatively large, DC leakage tests must be carried out on each unit of the arrester with removing connecting lead. Based on the analysis of the  $220 \text{ kV}$  and above arrester's voltage characteristics, a DC leakage test method of arresters based on the principle of voltage compensation is proposed. Also, a DC high voltage generator which is capable to adjust its polarity is designed. The field tests validate the proposed test method.

**Key words:** voltage compensation; without removing connecting lead; adjustable polarity; DC high voltage generator