

## 金属氧化物避雷器阀片老化缺陷的诊断及原因分析

葛 猛, 韩学坤, 陶安培

(吉林供电公司试验所, 吉林 吉林 132001)

**摘要:** 结合工程实践介绍了金属氧化物避雷器阀片老化缺陷的诊断方法。缺陷分析过程中,采用了阻性电流测试、红外检测与停电试验相结合的方法,并对各项试验的意义、作用进行了相应的阐述,对氧化物避雷器老化缺陷判定进行了有益的探索。

**关键词:** 氧化物避雷器; 阀片; 阻性电流; 红外检测; 工频参考电压

中图分类号: TM855

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)03-0145-03

## Diagnosing and Analysing the Aged Flaw of MOA Valve Piece

GE Meng, HAN Xue-kun, TAO An-pei

(Jilin Electric Supply Power Company, Jilin 132001, China)

**Abstract:** The author unified the project practice to introduce the MOA valve piece aging flaw diagnosis method. In the flaw parsing process, the author has used the resistive electric current test, the infrared detection and the routine test union method. The author explained the meaning and function of each test, to discovered that aged flaw of MOA has carried on the useful exploration.

**Key words:** MOA; valve piece; resistive current; infrared detection; frequency reference voltage

## 0 引言

无间隙金属氧化物避雷器(MOA)由于阀片具有保护比小、通流量大、稳定性好、其保护特性可不受间隙的影响等优点,取代了传统的碳化硅避雷器,在高压、超高压防雷领域得到广泛应用并处于垄断地位。但近年来,金属氧化物避雷器的爆炸事故时有发生,如何有效检测出金属氧化物避雷器缺陷是工程技术中的一个重要课题。

## 1 问题的提出

2007年4月22日吉林供电公司试验所在对永泰变电站66kV东母氧化锌避雷器全电流及阻性电

流测试过程中,发现A相避雷器全电流及阻性电流测试数据变化异常。

表1数据显示A相氧化锌避雷器全电流最大已超出临近相1.07倍,阻性电流最大已超出临近相1.67倍,泄漏电流的全电流及阻性电流增长迅速。A相避雷器泄漏电流监测仪存在卡滞现象,B、C相避雷器泄漏电流监测仪指示位置为0.3mA。检查系统三相电压无明显差异。按照与历史比较、与同类设备比较的原则,规程规定全电流不应出现明显变化,阻性电流最大不应超出初始值1倍。该组避雷器型号为HY10WZ<sub>2</sub>-96/232,有机复合绝缘,2005年8月出厂,2006年1月投运,运行时间不满15个月。工程技术人员怀疑避雷器存在缺陷。报生产部同意后,决定在第2日在变电所进行停电试验。

表1 2006~2007年全电流、阻性电流测试数据

测试日期	试验仪器	相别	$I_x$ /mA	$I_x/I_{xmin}$	$I_R$ /mA	$I_R/I_{Rmin}$
2006-05-16	HJ型	A	0.26	1.08	0.035 4	1.02
		B	0.25	1.04	0.038 5	1.11
		C	0.24	1.00	0.034 6	1.00
2007-04-22	HDYB-Z10A型	A	0.525	2.07	0.184	2.67
		B	0.257	1.01	0.070	1.01
		C	0.254	1.00	0.069	1.00

收稿日期:2008-06-05; 修回日期:2008-12-23

作者简介:葛 猛(1978),男,工程师,从事高电压技术工作。

## 2 缺陷检查

### 2.1 现场检测

2007年4月23日, 试验人员对该组避雷器进行了停电检查。从外观上看, 该避雷器未发现绝缘损伤, 检测绝缘电阻为 100 000 MΩ, 其直流特性检测数据见表 2。

表 2  $U_{\text{直流 } 1\text{mA}}$  及  $I_{75\%U_{\text{直流 } 1\text{mA}}}$  测试

试验日期	$U_{\text{直流 } 1\text{mA}}/\text{kV}$	$I_{75\%U_{\text{直流 } 1\text{mA}}}/\mu\text{A}$	备注
2005-11-17	146.2	9.8	交接试验数据
2006-04-13	145.0	20.0	-
2007-04-23	121.0	180.0	-

根据规定<sup>[1,2]</sup>, 氧化锌避雷器  $U_{\text{直流 } 1\text{mA}}$  变化量不应超过出厂规定值的±5%,  $I_{75\%U_{\text{直流 } 1\text{mA}}}$  不得大于 50 μA。厂家给出的直流 1 mA 参考电压为 134 kV, 如表 2 所示该只避雷器直流 1 mA 下的参考电压已下降了 9.7%, 比交接试验降低了 17.2%; 75%直流 1 mA 参考电压下的泄漏电流达到 180 μA, 是上一年的 9 倍。从图 1 中可以看到, 避雷器拐点电压明显降低, 动作可靠性下降。

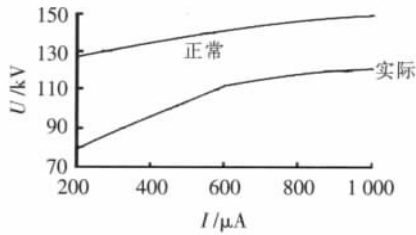


图 1 直流 U-I 曲线

避雷器进水受潮, 会使避雷器的阻性电流增大, 全电流增大, 同时避雷器绝缘电阻明显下降<sup>[3-5]</sup>。对获得数据进行分析后, 工程技术人员初步认定该避雷器阀片存在缺陷。现场报请生产部同意后对该支避雷器进行更换, 生产部要求试验人员对该支避雷器缺陷原因进行进一步分析, 当日 18:20 永泰变检修工作结束, 投入运行。

### 2.2 试验室检测

2007年4月26日, 试验人员在吉林供电公司试验所对永泰变电所东母线更换下来的避雷器进行了持续运行电压下阻性电流、工频参考电压检测, 并同时进行了红外温场分析, 结果见表 3。

#### 2.2.1 持续运行电压下全电流、阻性电流测试

持续运行电压是氧化锌避雷器的重要特征参数, 决定着氧化锌避雷器的运行可靠性。持续运行电压下全电流、阻性电流是考核持续运行电压的重

表 3 交流电气性能测试

名称	$U/\text{kV}$	$I_K/\text{mA}$	$I_R/\text{mA}$	$I_{R_1}/\text{mA}$
持续运行电压	75.0	1.118	0.745	0.380
工频参考电压实际值	86.5	1.414	1.031	0.649
工频参考电压规定值	92.0	1.737	1.450	0.933

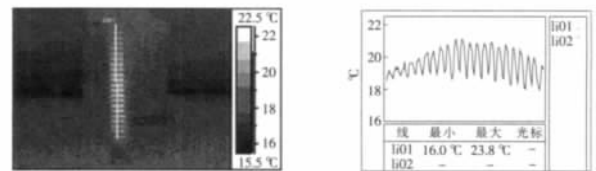
要指标, 设备说明中给出该型号氧化锌避雷器持续运行电压下全电流不应超过 1.100 mA, 阻性电流不应超过 0.500 mA, 表明避雷器抗短路能力明显下降。

#### 2.2.2 工频参考电压测试

试验人员对该避雷器工频参考电压进行了测试, 实际测得值不超过 86.5 kV。按照规定, 66 kV 变电站母线避雷器工频参考电压最低不应小于 92 kV, 该避雷器已不能达到被保护过电压防护要求。

#### 2.2.3 红外温场分析

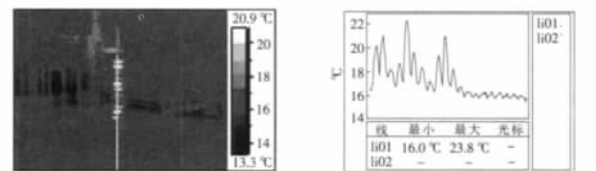
正常情况下的避雷器温度分布是均衡的。线温分析表明运行相电压下避雷器温场为中部高、首末端低的波峰形状。随着电压升高, 避雷器上半部温场出现了 3 段明显的区域性温度升高, 避雷器下半部温度呈现下降趋势, 说明该避雷器部分阀片非线性特性出现变化, 形成避雷器电位分布不均衡, 阻性电流和功率输出不均一导致阀片散热不均。红外图谱及线温分析图见图 2。



(a) 相电压下红外图谱

(b) 相电压下线温分析

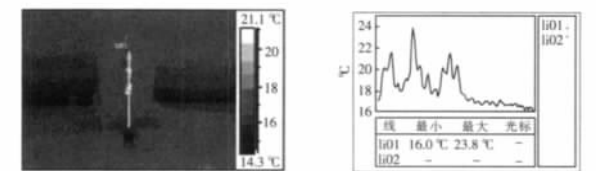
注: (b) 图中 li01 最大值为 21.1 °C



(c) 工频参考电压下红外图谱

(d) 工频参考电压下线温分析

注: (d) 图中 li01 最大值为 22.3 °C



(e) 额定电压下红外图谱

(f) 额定电压下线温分析

注: (f) 图中 li01 最大值为 23.8 °C

图 2 红外图谱及线温分析图

#### 2.2.4 $U_{\text{直流 } 1\text{mA}}$ 及 $I_{75\%U_{\text{直流 } 1\text{mA}}}$ 复测

交流电气特性试验完成后, 又对  $U_{\text{直流 } 1\text{mA}}$  及

进行检测,发现  $U_{\text{直流 } 1\text{mA}}$  为 119 kV,  $I_{75\%U_{\text{直流 } 1\text{mA}}}$  为 235  $\mu\text{A}$ 。说明避雷器在承受过电压后,电气性能又有下降,避雷器阀片老化程度严重。

### 3 缺陷原因分析

该氧化锌避雷器在投运不满 2 年的时间发生严重老化,其原因可能有:一是阀片老化特性不好,运行一段时间形成避雷器阀片电位分布不均;二是避雷器装配时选取的阀片均一性差。该类缺陷在避雷器交接试验时无法被发现。避雷器阀片老化特性不良及阀片均一性差会形成避雷器运行电位分布不均匀,使避雷器工作一段时间后,造成部分阀片首先劣化,避雷器参考电压下降,阻性电流和功率损耗增加。由于电网电压不变,避雷器其余正常阀片因荷电率增加,负担加重,导致老化速度加快,并形成恶性循环。该类缺陷如果不能被及时发现,避雷器最终必然形成热崩溃<sup>[3]</sup>,威胁系统运行安全。

### 4 经验与教训

该次缺陷分析过程中,采用了阻性电流测试、红外检测与停电试验结合的方式进行缺陷综合分析,对避雷器老化缺陷的判定进行了探索。总结经验如下:

(1)合理选择避雷器阀片。氧化锌避雷器阀片的选取是避雷器生产的重要一环,它决定了避雷器电气性能指标。合理选择均一性好、老化特性优良的阀片能延长避雷器使用寿命,改善避雷器过电压耐受特性,保证避雷器的安全可靠运行。

(2)避雷器投运初期必须坚持停电试验。工程实践证明,直流 1 mA 参考电压及 75%直流 1 mA 参考电压下泄漏电流检测对于阀片老化、进水受潮等缺陷反映灵敏,且现场应用方便,是一种成熟的试验方法。避雷器老化缺陷具有隐蔽性的特点,阀片老化后期,阀片动作特性快速劣化。因此在设备投运初期(通常为头 3 年),应坚持每年进行一次停电检测。

(3)定期巡视记录氧化物避雷器泄漏电流监测装置。根据运行规程,运行人员应每月记录一次氧化物避雷器泄漏电流监测仪数据,按照与历史比较、与同类设备比较的原则,当数据发生明显变化时,及时通知相关部门确认数据变化原因,避免事故发生。氧化物避雷器泄漏电流监测装置发生故障损坏,应及时更换。

(4)定期进行全电流、阻性电流测试。运行电压下氧化物避雷器泄漏电流全电流、阻性电流检测是发现避雷器阀片缺陷的有效方法。尤其在停电试验

周期未到时,运行电压下氧化物避雷器泄漏电流全电流、阻性电流检测对规避事故风险、保障系统安全稳定运行具有重要意义。

(5)红外检测对氧化物避雷器老化缺陷判定的作用。电器设备的电压类过热红外检测受设备绝缘材料影响大,同类过热在不同绝缘介质中的热成像水平也不同。电压类过热缺陷产生后,通常为局部发热,热量有限,由于绝缘层的热传导系数的影响,运行电压下反馈到设备外部的温度变化较小。无间隙金属氧化物避雷器的外绝缘有瓷外套和复合外套两种,复合外套氧化物避雷器有两类内部布置方式,一种为复合外套与电阻片紧密接触,另一种二者之间存在半导体层和绝缘筒。瓷外套的热传导系数低于复合外套的热传导系数,绝缘材料与阀片间的介质如空气间隙等会阻碍热量传导。因此运行电压下红外检测技术对于各种氧化物避雷器过热缺陷、无间隙复合绝缘氧化物避雷器电压类过热类缺陷的检出率最高。

性能良好的氧化锌避雷器整体发热比较均衡。存在老化缺陷的避雷器,阀片的非线性特性的不规则决定了在不同电压区间,避雷器热点位置的不同,即使在运行电压下红外检测也无法准确定位故障阀片位置。但通过提高试验电压试验室红外检测可以完成故障阀片的定位。

### 5 结语

金属氧化物避雷器不停电检测方法中,运行电压下泄漏电流的全电流与阻性电流参数对氧化物避雷器老化缺陷比较敏感。而氧化物避雷器阀片老化会造成避雷器外部温场畸变,可以通过红外检测方法发现。通过不停电检测与传统停电试验相结合的方式可以解决延长金属氧化物避雷器停电周期与提高设备可靠性之间的矛盾,向实现状态检修的目标迈进。

### 参考文献:

- [1] DL/ 596-1997. 电气设备预防性试验规程[S].
- [2] GB/ 50150-2006. 电气装置安装工程电气设备交接试验标准[S].
- [3] 陈化钢. 电力设备异常运行及其事故处理 [M]. 北京:中国水利水电出版社, 1999.
- [4] 陈化钢. 电气设备预防性试验方法 [M]. 北京:中国水利电力出版社, 1994.
- [5] 李建明, 朱 康. 高压电气设备试验方法 [M]. 北京:中国电力出版社, 2001.