

一起特别的1 000 kV金属氧化物避雷器缺陷的发现与分析

针对避雷器运行电压下阻性电流增大,尤其随着季节不同阻性电流变化很大的现象,对避雷器进行了红外测温、停电试验和解体检查。找出了影响阻性电流变化的季节性因素,证明了阻性电流带电测试可以及时地发现金属氧化物避雷器(MOA)内部缺陷。对此次避雷器故障,还提出了今后避雷器状态检测应该注意的问题。

张学友¹ 沈国堂¹ 费传鹤² 华超¹ 施雯¹ 张放¹ / 1.国网安徽省电力公司检修公司 2.国网安徽省电力公司六安公司

0 引言

近年来,金属氧化物避雷器(MOA)电阻片因具有优异的非线性特性,成为电力系统新一代的过电压保护设备。如果MOA在装配过程中或者运行中密封不良造成绝缘受潮,会使泄漏电流增大。泄漏电流的阻性分量会形成有功损耗,使电阻片温度升高,严重时有可能引起MOA的爆炸^[1-4]。

阻性电流带电测试是诊断MOA故障的常用方法^[5],而本文对某特高压变电站1 000 kV避雷器阻性电流异常的处理过程进行了介绍,分析了阻性电流的季节性变化原因,也证明了阻性电流带电检测是一种发现缺陷的有效手段。

1 带电检测

该故障避雷器为1 000 kV线路设备间隔B相避雷器,2015年7月1日,对该避雷器进行阻性电流带电检测时,测得阻性电流为3.296 mA,超出运行的注意值。为此加强跟踪,缩短了带电检测周期,阻性电流最高达到4.508 mA。综合分析历次检测数据,发现春季和冬季阻性电

流测试数据合格且变化不大,而到了夏季和秋初,阻性电流异常增大。阻性电流的温度趋势图如图1所示。由图1可以看出,阻性电流的大小和环境温度高低成正相关。正常工况下,环境温度虽对阻性电流有一定影响,但不至于达到这种程度,分析这种变化可能是避雷器内部故障因素叠加环境温度的影响共同造成的,还需结合停电试验数据进一步分析^[6]。

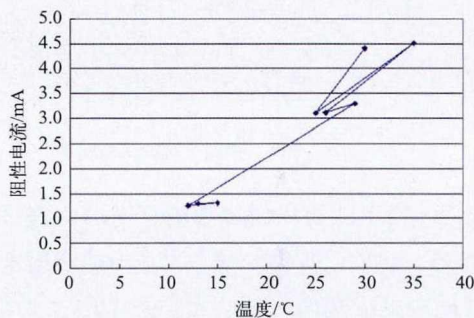


图1 阻性电流的温度趋势图

阻性电流测试历史数据如表1所示。避雷器现场布局图如图2所示。相间干扰矢量分析如图3所示。

表1 阻性电流测试历史数据

测试时间	环境温度/°C	阻性电流/mA
2014.03.12	13	1.297
2014.11.15	15	1.306
2015.03.10	12	1.257
2015.07.01	29	3.296
2015.07.16	26	3.108
2015.08.01	35	4.508
2015.08.20	25	3.101
2015.09.09	30	4.408

现场测试时,B相避雷器处于A、C相避雷器之间,根据避雷器相间几何



张学友/工程师

关键词/Keywords

金属氧化物避雷器·

阻性电流·

季节性因素·

状态检测·

布局图（见图2）及相间干扰矢量分析图（见图3），以A相对B相干扰为例，分析如下。

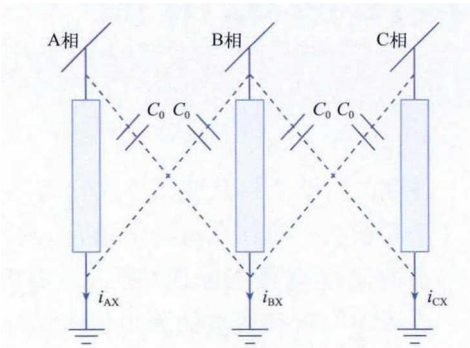


图2 避雷器现场布局图

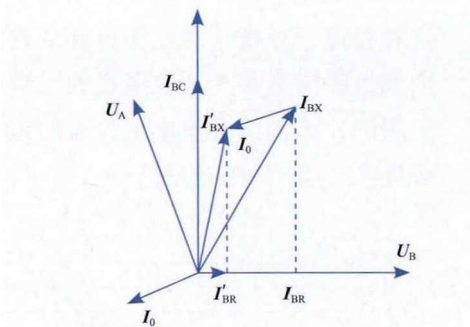


图3 相间干扰的矢量分析

图2中 C_0 为相间等效耦合电容，考虑几何位置对称，相间 C_0 近似相等。 I_{BX} 为B相泄漏电流， I_{BR} 为B相泄漏电流的阻性分量， I'_{BR} 为受 I_0 干扰后B相泄漏电流阻性分量。由矢量分析可见，由于受A相干扰电流影响，影响了B相泄漏电流值，特别是测得阻性电流 I'_{BR} 比实际 I_{BR} 明显偏小。同理分析C相干扰电流时B相的影响会使其阻性电流变大。三相之间由于对称布局，A相和C相对B相的干扰会抵消，使得B相阻性电流不会受相间干扰的影响^[7]。

同时B相周围无母线等带电体的影响，可以确认上述阻性电流带电检测的结果准确有效，没有受到空间干扰的影响。

针对该只避雷器阻性电流异常增大的情况，随即安排检修人员在夜间对避雷器进行了精确测温，红外测温未检测到发热故障。为了查明原因，消除隐患，申请提前安排停电年检，通过停电试验来检测设备状况是否正常。避雷器红外热像图谱如图4所示。

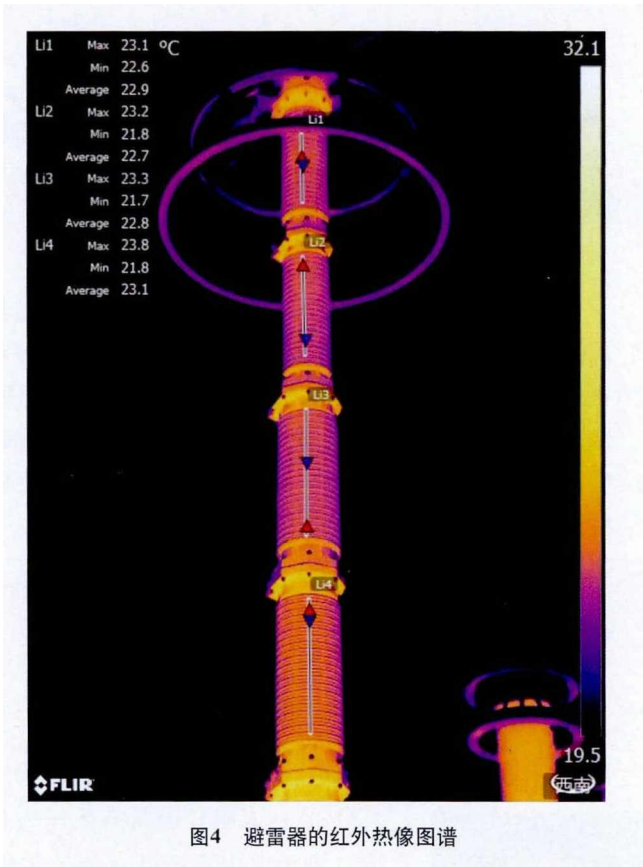


图4 避雷器的红外热像图谱

2 停电试验

停电后，对异常避雷器进行了8 mA直流参考电压 U_{8mA} 以及0.75倍 U_{8mA} 泄漏电流 $I_{0.75U_{8mA}}$ ，试验数据如表2所示。

表2 故障避雷器直流泄漏电流试验数据

元件	本次年检		上次年检	
	U_{8mA}/kV	$I_{0.75U_{8mA}}/\mu A$	U_{8mA}/kV	$I_{0.75U_{8mA}}/\mu A$
一	231.7	20	231.1	14
二	232	90	230.8	48
三	233.3	16	232.7	14
四	230.6	36	228	26
五	231.9	34	227.6	26

对本次年检和上次年检试验数据进行对比，发现B相避雷器第二节元件0.75 U_{8mA} 下直流泄漏电流，由上次例行年检时的48 μA 增大到90 μA ，已经接近Q/GDW 332—2009《1 000 kV交流电气设备预防性试验规程》中的规定值，增长率为87.5%，而同样试验环境下的其他元件单元直流泄漏并没有发生显著变化。结合阻性电流检测数据的异常，判断该只避雷器存在内部隐患，随即对

该元件单元进行了更换，并将故障元件送往厂家解体分析。

3 解体检查

解体前，外观检查无异常后，对元件单元进行直流测试和运行电压下的阻性电流测试，可以看出直流试验数据和现场测试数据一致，数据如表3所示。

表3 故障避雷器直流泄漏电流试验数据

试验项目	U_{8mA}/kV	$I_{0.75U_{8mA}}/\mu A$	I_w/mA
试验数据	231.6	116	2.513

解体后，分别对瓷套、隔弧筒、绝缘棒和电容器单元等附件进行直流泄漏测试。附件直流泄漏电流正常，排除了附件直流泄漏电流异常对元件单元整体泄漏电流的影响，据此分析电阻芯单元可能存在异常。为此，将该单元所有的电阻阀片进行烘干处理，按照解体前的装配顺序重新组装，进行直流试验和阻性电流测试，数据如表4所示。

表4 烘干后的故障避雷器直流泄漏电流试验数据

试验项目	U_{8mA}/kV	$I_{0.75U_{8mA}}/\mu A$	I_w/mA
试验数据	236	56	1.4

电阻阀片烘干重新组装后的元件0.75倍 U_{8mA} 泄漏电流恢复正常，阻性电流也有所降低，排除了电阻阀片劣化的可能，说明电阻阀片存在潮气，从而造成直流泄漏电流超标，对阻性电流也有所影响。在解体时，检查外观发现密封部位正常，内部无异物、无锈蚀和无受潮的迹象，也排除了运行过程中密封不严造成的内部受潮的可能，判断电阻阀片中的潮气由装配时环境湿度过大、工艺把关不严浸入内部的。避雷器的外观检查图如图5所示。

厂家设计时，为避免电阻芯片爆炸会破坏瓷套外绝缘，在芯柱和外瓷套之间设置了一圈隔弧筒，为了考察隔弧筒对元件散热的影响以及阻性电流和元件温度之间的关系，分别在元件无隔弧筒、隔弧筒开孔和隔弧筒无孔的情况下持续通运行电压128 kV，进行散热试验，同时进行阻性电流测

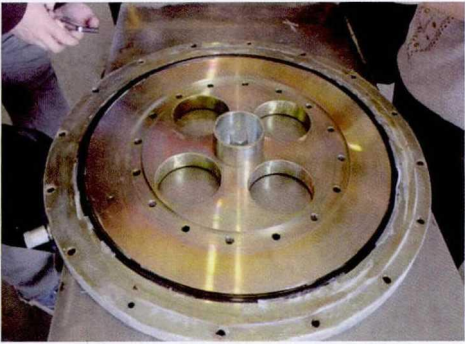


图5 避雷器的外观检查图

试，数据如表5所示。温度趋势图如图6所示。

表5 不同条件下的散热情况对比

加压 时间/h	隔弧筒开孔		无隔弧筒		隔弧筒无孔	
	芯体温度 /℃	阻性电流 /mA	芯体温度 /℃	阻性电流 /mA	芯体温度 /℃	阻性电流 /mA
0.5	26.2	1.47	24.6	1.5	27.4	1.6
1	36.9	1.861	35	1.898	38.3	2.165
2	37.5	1.846	35.3	1.897	39.7	2.184
3	38.5	1.897	36	1.91	40.9	2.233
4	39.5	1.925	36.6	1.929	42.3	2.289
5	40.5	1.921	37.2	1.922	43.6	2.298
6	41.4	1.974	37.8	1.962	44.8	2.4
7	42.4	1.992	38.3	1.97	46	2.449
8	43.2	2.04	38.9	2.006	47.1	2.535
9	44.1	2.087	39.4	2.04	48.3	2.619
10	44.8	2.083	39.8	2.03	49.3	2.654
11	45.5	2.126	40.3	2.06	50.5	2.738
12	46.3	2.137	40.7	2.061	51.6	2.786
13	47.1	2.26	41.2	2.16	52.9	2.975
14	47.6	2.268	41.5	2.158	54	3.022
15	48.5	2.324	42.1	2.196	55.5	3.146
16	49	2.321	42.3	2.189	56.4	3.178
18	49.6	2.368	42.7	2.217	57.7	3.278
20	50.4	2.373	43.1	2.214	59.1	3.346
22	51.1	2.356	43.7	2.192	60.6	3.386
24	53.7	2.525	45.6	2.306	65.6	3.794

从表5和图6发现同样运行电压条件下，无隔弧筒的散热性能优于隔弧筒开孔，而隔弧筒开孔的散热性又优于隔弧筒无孔的情况，同时阻性电流亦随着元件温度上升而增加。验证了之前阻性电流测试时，环境温度高的7、8和9月份的阻性电流测试数据较之前的春季、冬季测试时的数据明显变大。因此，在避雷器内部散热不畅和环境温

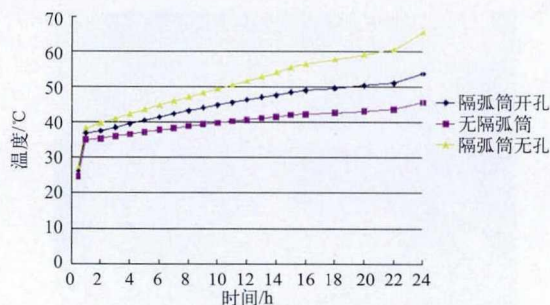


图6 不同情况下的温度趋势图

度变化的共同作用下,造成阻性电流随季节的不同变化很大。

4 结束语

避雷器装配时工艺把关不严造成潮气浸入避雷器内部是造成避雷器直流泄漏电流超标的主要原因,同时造成避雷器阻性电流超标,加上避雷器内部设置的隔弧筒使散热不畅和环境温度变化双重因素的影响,造成阻性电流随季节的不同变化很大。

这就要求避雷器从元件设计制造、组装和现场安装环境全过程严格把关,避免出现因密封不良、干燥不彻底造成避雷器“带病上岗”的现象。同时应改进工艺,改善避雷器内部散热条件,避免设备内部温度过高造成避雷器元件材料劣化甚至发生电阻芯片击穿的事故。

阻性电流是监测避雷器电气性能的有效手段,可以及时灵敏地发现内部受潮、电阻芯片劣化等缺陷。阻性电流发现数据异常时,应缩短检测周期,加强跟踪,通过大量测试数据分析,找出变化规律,有利于故障诊断。

避雷器的故障诊断要综合阻性电流测试、红外测温 and 直流泄漏电流试验等技术手段,必要时通过解体检查,这样才能更准确地分析避雷器的故障成因,避免遗漏因工艺设计不合理造成的家族性缺陷。

参考文献

- [1] 李庆玲,王兴贵,李效珍,等.氧化锌避雷器应用一些问题探讨[J].高压电器,2009,45(2):130-131.
- [2] 杨晓亮,徐建源,林莘,等.避雷器对GIS中快速暂态过电压的影响[J].电工电能新技术,2011,30(1):74-78.
- [3] 李庆玲,程济兵,王晓燕,等.输电线路氧化锌避雷器应用研究[J].高压电器,2010,46(4):77-80.
- [4] 朱海貌,黄锐,夏晓波,等.金属氧化物避雷器带电检测数据异常的诊断及分析[J].电瓷避雷器,2012(2):68-72,76.
- [5] 苏文字,汪晓明,胡宏宇,等.220 kV金属氧化物避雷器带电测试异常的处理[J].电瓷避雷器,2008(6):32-33,37.
- [6] 张择策,侯雨伸,郭静丽,等.酒泉—湖南±800 kV直流换流站的避雷器配置方案研究[J].电气工程学报,2015,10(12):1-6.
- [7] 张晨晨,贾凤鸣,华超,等.氧化物避雷器阻性电流误差分析[J].安徽电气工程职业技术学院学报,2012,17(3):43-45.

(收稿日期:2016-10-25) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告