

污秽对 MOA 状态检测的影响

朱海貌, 黄 锐

(温州供电公司, 浙江 温州 325000)

摘要: 针对一起 MOA 全电流超标事件进行了跟踪分析。结合红外测温、在线监测数据以及气象特征等信息, 确认数据超标原因为表面污秽引起。对表面污秽引起一系列测试数据的变化做了原理分析, 指出如何有效区分表面污秽与 MOA 故障表现出的特征差异, 从而避免对 MOA 状态做误判断。

关键词: MOA; 污秽; 泄漏电流; 在线监测; 红外成像

中图分类号: TM56 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1609(2014)12-0133-04

Discussion of Influence of External Pollution on MOA Condition Detection

ZHU Haimao, HUANG Rui

(Wenzhou Power Supply Company, Zhejiang Wenzhou 325000, China)

Abstract: An incident that the leakage current of metal oxide surge arrester (MOA) is higher than specified value is analyzed. Combination of infrared temperature measurement, on-line monitoring data and climate features, the cause of the above incident is due to surface pollution of MOA. The variation of the testing data caused by surface pollution is analyzed in principle. How to effectively distinguish the feature difference between the surface pollution and MOA fault is pointed out to avoid misjudging the condition of MOA.

Key words: MOA; pollution; leakage current; on-line monitoring; infrared imaging

0 引言

金属氧化物避雷器 (MOA) 以其优越的非线性特性, 已经逐步取代其他类型的避雷器, 它是保证电力系统及用电设备免受雷电和操作过电压危害的一种重要设备, 其状态好坏直接关系到电力系统安全稳定运行^[1-2]。目前, 随着状态检修的深入, MOA 带电检测和在线监测已经逐步取代常规的直流泄漏电流测试。带电测试和在线监测主要测量 MOA 在运行电压下的全电流及阻性分量, 测量结果也直接反应了 MOA 是否受潮或电阻片是否劣化。而在现场应用中, MOA 带电测试受到诸多因素的干扰, 如外部磁场的干扰、系统谐波、温湿度、设备表面污秽等^[3-5], 这些因素都会造成

测试值偏离真实值, 造成测试人员误判断。笔者针对一起典型污秽引起 MOA 带电测试数据异常的案例, 做了介绍和原理分析, 指出了表面污秽和 MOA 故障之间的差异, 以及今后 MOA 状态检测的注意事项。

1 MOA 带电检测数据异常情况

1.1 MOA 带电测试情况

2013 年 8 月初, 温州供电公司工作人员对某 220 kV 变电所巡视过程中, 发现多个间隔的避雷器在线监测仪的泄漏电流超过正常值, 与初始值相比增加 1.4 倍左右, 达到 0.7~1.2 mA。8 月 7 日早上 10 点, 检修人员利用某公司的 AI-6106 对超标的几组 MOA 进行了带电测试, 数据见表 1。

表 1 带电检测数据与历史值的比较

Tab. 1 Comparison of the live detection data and historical data

项目	I_{sa}/mA	I_{ra}/mA	$\varphi_d/(\circ)$	I_{sa}/mA	I_{ra}/mA	$\varphi_d/(\circ)$	I_{sa}/mA	I_{ra}/mA	$\varphi_d/(\circ)$
现值	0.713	0.271	67.680	0.640	0.240	67.920	0.634	0.239	67.870
历史值	0.556	0.055	84.460	0.529	0.046	85.040	0.541	0.052	84.550

收稿日期: 2014-06-19; 修回日期: 2014-07-21

MOA 带电测试数据显示全电流、阻性电流、 φ 值均异常,泄漏电流测试值虽略小于巡视时数值,但测试值与在线监测仪数值保持一致。阻性电流占全电流比例均超过 25%, φ 值均小于 70° (测试仪器厂家规定 $\varphi < 75^\circ$, 评价为劣)^[6]。为了消除表面泄漏的影响,在 MOA 外套的接地端加装一个屏蔽环进行复测,测试所得全电流与阻性电流都有所减小,但还是高于历史值。

1.2 红外成像情况

2013 年 8 月 7 日晚上,检修人员对该变电所避雷器进行了红外测温,发现 MOA 部分伞裙环温度高于其他伞裙,但未发现 MOA 整相温度升高,也未发现存在局部点温度升高^[7-10]。同时,发现该所母线和闸刀的支柱瓷瓶有类似的伞裙环温度升高。以下是 220 kV 副母避雷器 A 相的红外图谱,见图 1,其他 MOA 类似。

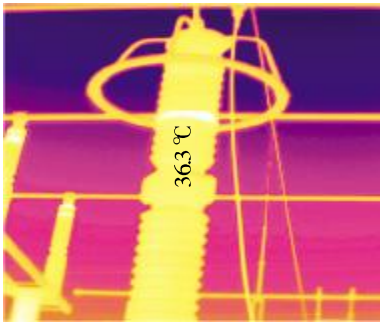


图 1 220 kV 副母避雷器 A 相红外图谱
Fig. 1 Infrared imaging map of 220 kV vice-bus phase A MOA

1.3 避雷器阻性电流在线监测数据

由于该变电所 220 kV 间隔安装了避雷器阻性电流在线监测装置。检修人员在后台查看了近期监测数据,发现所有 220 kV 避雷器自 2013 年 7 月 13 日以来,三相全电流及阻性电流数据均增大且呈一致地周期性振荡,白天数据较小,与正常值较接近,夜间监测数据则明显增大。监测数据与同一时间现场监测表的示数相符。图 2 为 2013 年 7 月 7 日至 8 月 7 日期间 220 kV 副母避雷器在线数据图谱(横坐标代表监测的日期,纵坐标分别代表泄漏电流(mA),阻容比(%),阻性电流(mA)),表 2 为 2013 年 8 月 6 日中午至 8 月 7 日中午之间 24 小时的 220 kV 副母避雷器在线数据(其余间隔 MOA 测试数据类似)。

2 MOA 数据异常事件的确认

上述的数据显示自 2013 年 7 月 13 日起,该变电所 MOA 全电流及阻性电流三相均呈现同趋势变化,且在白天湿度较小情况下,全电流及阻性电流与历史值较接近,夜间湿度较大时,全电流及阻性电流

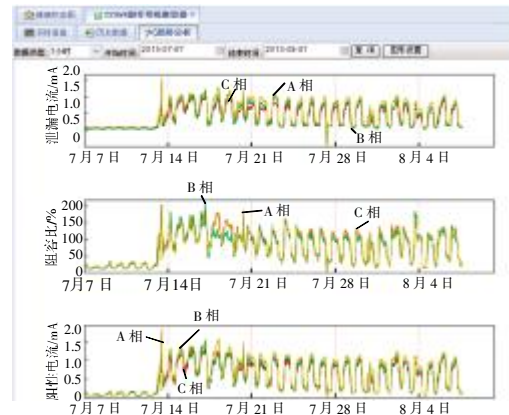


图 2 7 月 7 日至 8 月 7 日 MOA 在线数据图谱

Fig. 2 Map of the MOA live data from Jul.7 to Aug.7 偏大。另外,检修人员在该所附近的其他变电所进行 MOA 带电测试均发现有类似的数据超标情况,排除了 MOA 自身缺陷引起带电测试数据超标的可能性。

而上述的数据异常均发生在 2013 年 7 月 13 日后,该日正是 2013 年第 7 号台风“苏力”影响登陆福建、浙南的时间,台风带来高盐度的湿冷空气,造成了变电所 MOA 及其他设备表面的脏污,而污秽引起 MOA 表面瓷套泄漏电流大大增加。

为进一步确认设备状态,检修人员对 220 kV 副母 MOA 进行了常规停电试验, $I_{0.75U_{1mA}}$ 表示 0.75 倍直流参考电压下的泄漏电流,试验结果见表 3。

经擦拭和屏蔽后,MOA 设备绝缘性能正常, $I_{0.75U_{1mA}}$ 明显变小,表明 MOA 测试数据偏大主要是表面脏污引起。220 kV 副母避雷器重新投运后,在线监测数据正常。

2013 年 8 月 22 日、23 日温州地区出现较大降雨,对 MOA 表面进行了冲刷,之后天气放晴,在线监测数据恢复正常。图 3 为 220 kV 正母避雷器 8 月 7 日至 9 月 7 日在线监测数据(横坐标代表监测的日期,纵坐标分别代表泄漏电流(mA)、阻容比(%),阻性电流(mA))。

3 污秽对 MOA 带电检测数据影响原因分析

MOA 等效电路图见图 4^[11]。图 4 中: $R_1 \cdots R_n, C_1 \cdots C_n$ 分别为 MOA 电阻片的电阻和电容; $C_{11} \cdots C_{nn}$ 为 MOA 电阻片与瓷套污秽层间的电容(这里忽略瓷套的电容、瓷套对高压引线电容、瓷套对地的杂散电容); $R_{\omega 1}, R_{\omega 2} \cdots R_{\omega n}$ 为瓷套表面污秽电阻。

为简化等效电路,假设电阻片之间均一,外表面污秽分布均匀,则电阻片与同高度瓷套层间 (C_{ii} 两端)无电位差。当表面清洁时, $|R_{\omega i}| \gg \left| R_i + \frac{1}{j\omega C_i} \right|$ ($i=1, \cdots, n$), 根据分流原理,流过表面的泄漏电流可以忽略,流过 MOA 接地引下线的电流信号既为流过电

表 2 8月6日至8月7日的 MOA 在线数据

实际监测时间	泄漏电流/mA			阻性电流/mA		
	A 相	B 相	C 相	A 相	B 相	C 相
2013-08-07 T12:24:06	0.64	0.60	0.60	0.16	0.14	0.15
2013-08-07 T10:24:14	0.70	0.63	0.63	0.27	0.24	0.24
2013-08-07 T08:26:14	0.75	0.67	0.65	0.34	0.29	0.29
2013-08-07 T07:26:22	0.97	0.88	0.80	0.58	0.54	0.48
2013-08-07 T06:26:18	1.24	1.17	1.05	0.86	0.75	0.73
2013-08-07 T05:24:18	1.36	1.28	1.23	1.01	0.87	0.91
2013-08-07 T04:24:14	1.34	1.26	1.23	0.99	0.87	0.91
2013-08-07 T03:24:22	1.39	1.30	1.30	1.09	0.98	1.02
2013-08-07 T02:24:18	1.41	1.30	1.31	1.12	0.99	1.04
2013-08-07 T01:24:18	1.39	1.28	1.29	1.11	1.00	1.03
2013-08-07 T00:24:14	1.30	1.20	1.21	0.99	0.89	0.91
2013-08-06 T23:26:22	1.27	1.17	1.14	0.94	0.85	0.85
2013-08-06 T22:26:18	1.24	1.16	1.12	0.92	0.86	0.83
2013-08-06 T21:26:14	1.24	1.16	1.11	0.91	0.86	0.81
2013-08-06 T20:24:14	1.19	1.09	1.03	0.85	0.80	0.74
2013-08-06 T19:24:10	1.23	1.18	1.07	0.95	0.96	0.83
2013-08-06 T18:26:14	1.10	1.02	0.91	0.85	0.81	0.71
2013-08-06 T17:24:14	0.71	0.65	0.64	0.31	0.30	0.28
2013-08-06 T16:26:22	0.67	0.62	0.62	0.23	0.22	0.22
2013-08-06 T15:24:22	0.67	0.62	0.62	0.21	0.21	0.19
2013-08-06 T14:24:14	0.68	0.62	0.62	0.21	0.20	0.19
2013-08-06 T13:26:18	0.71	0.65	0.64	0.26	0.24	0.23
2013-08-06 T12:26:14	0.76	0.68	0.65	0.35	0.31	0.30

阻片的电流,此时,带电测试数据真实反映电阻片的绝缘状态和性能。当表面脏污时, R_{wi} 大大减小,表面泄漏电流不能忽略,流过 MOA 接地引下线电流为电阻片的泄漏电流与表面泄漏电流的叠加,带电测试数据偏大就不能反映电阻片的绝缘状态和性能。湿度越大,污秽层盐的溶解度越高, R_{wi} 减小的越明显,表面泄漏对带电测试数据的干扰越大^[12]。因此会

表 3 MOA 直流泄漏试验数据

Tab. 3 The DC leakage current data of the MOA			
220 kV 副母 避雷器	未处理 $I_{0.75U_{1mA}}/\mu A$	擦拭后 $I_{0.75U_{1mA}}/\mu A$	加屏蔽 $I_{0.75U_{1mA}}/\mu A$
A 相	150	50	22
B 相	100	40	15
C 相	110	45	19

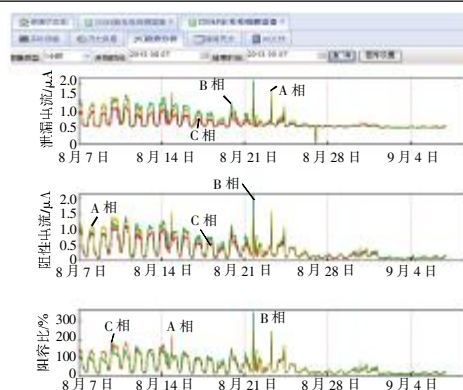


图 3 220 kV 正母避雷器 8 月 7 日至 9 月 7 日在线监测数据

Fig. 3 Map of the positive-bus MOA live data from Aug.7 to Sep.7

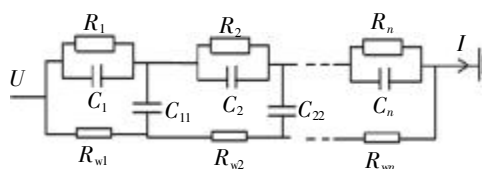


图 4 MOA 原理等效图

Fig. 4 The MOA principle of equivalent figure

出现在白天数据(湿度较小)较接近正常值,深夜(湿度较大)则偏离正常值明显。

而污秽造成的实际影响比上述情况更加复杂,瓷套表面的污秽极少出现均匀分布,或者电阻片的均一性也不是特别理想。因而会出现以下状况:①MOA 电阻片阻抗和瓷套表面污秽电阻不均匀,一部分电阻片和瓷套承受较大的电压,因此对污秽 MOA(电压致热型)红外测温时,会出现部分瓷裙温度高于其他瓷裙;②电阻片与同高度瓷套层间存在电位差,经过耦合电容 $C_{11}, C_{22}, \dots, C_{nn}$ 流入电阻片,并与流经电阻片内部的电流形成耦合,影响泄漏电流测试值^[13-14],因此带电测试时即使在 MOA 接地端外加屏蔽环使瓷套表面泄漏电流旁路接地,也不能屏蔽这部分耦合电流,所测得数值仍会比正常值偏大;③对于多节 MOA,不同节之间的污秽程度也存在差异,根据基尔霍夫定律,流经上下两节的电流相等,相邻节间电流的交换在它们之间的法兰完成,根据分流原理,泄漏电流小的那节避雷器,流经 MOA 电阻片的电流较大,因此 MOA 不同节间流经

电阻片的全电流与阻性电流本身也存在一定差异。

4 结论

1)污秽会对 MOA 带电测试带来较大影响,但污秽一般不会使 MOA 电阻片严重劣化,因此应对污秽与 MOA 故障进行区分辨别。一般污秽发生时,将在较大范围和较多设备上出现检测数据超标情况。

2)污秽会引起 MOA 等电压致热型设备电压分布不均,造成红外测温时,部分瓷裙温度偏高。

3)MOA 表面存在污秽时,全电流及阻性电流受大气湿度影响将加剧,并随着昼夜湿度变化呈现周期性变化。

4)随着雨水冲刷,天气好转后,污秽会逐步消失,带电测试数据恢复正常。有条件的话,应在重污秽时期,对重污秽地区开展带电水冲洗,改善设备的绝缘性能,防止发生污闪。

5)MOA 瓷套底部添加屏蔽环,让 MOA 表面的泄漏电流经屏蔽环的旁路入地,可以使监测到的全电流与阻性电流相对减小,但仍有部分表面泄漏电流经过电阻片的耦合电容进入监测装置。

6)针对设备数据异常时,应结合 MOA 带电检测、红外测温、在线监测等数据进行综合判断。由于在线监测装置,能实时监测设备状态并保存历史数据,能作为设备性能评估和故障诊断的有效工具。有条件可安装 MOA 阻性电流在线监测仪。

参考文献:

- [1] 张振洪,臧殿红.氧化锌避雷器在线监测方法的研究[J]. 高压电器,2009,45(5):126-129.
ZHANG Zhenhong, ZANG Dianhong. Study on the on-line monitoring method of metal oxide surge arrester[J]. High Voltage Apparatus, 2009,45(5):126-129.
- [2] 李顺尧.金属氧化物避雷器测试方法对比与分析[J]. 高压电器,2010,46(3):94-97.
LI Shun Yao. Comparison and analysis of MOA test methods[J]. High Voltage Apparatus, 2010,46(3):94-97.
- [3] 丁国成,李伟,刘云鹏,等.外部环境因素对 MOA 在线监测影响的试验[J]. 高电压技术,2008,34(6):1283-1287.
DING Guocheng, LI Wei, LIU Yunpeng, et al. Experimental study of influence of environmental conditions on on-line monitoring data of metal oxide surge arrester[J]. High Voltage Engineering, 2008,34(6):1283-1287.
- [4] 孙鹏举.金属氧化物避雷器泄漏电流在线测试分析[J]. 电瓷避雷器,2008(4):30-32.
SUN Pengju. On-line measurement on leakage current of MOA[J]. Insulators and Surge Arresters, 2008(4):30-32.
- [5] 杨殿成.金属氧化物避雷器带电测试干扰分析[J]. 高压电器,2009,45(5):130-132.
YANG Diancheng. Study on interphase interference to on-line measurement of metal oxide arrester[J]. High Voltage Apparatus, 2009,45(5):130-132.
- [6] 蔡伟贤,陈蓓.提高氧化物避雷器带电测试准确性的探讨[J]. 电瓷避雷器,2011(8):63-67.
CAI Weixian, CHEN Bei. Discussion on improving accuracy of MOA live testing[J]. Insulators and Surge Arresters, 2011(8):63-67.
- [7] 刘兴权,张健.台山发电厂 220 kV 避雷器泄漏电流超标的原因分析及处理[J]. 广东电力,2005(4):64-68.
LIU Xingquan, ZHANG Jian. Analysis and treatment of above-norm leakage current on 220 kV lightning arresters of Taishan power plant[J]. Guangdong Electric Power, 2005(4):64-68.
- [8] 刘云鹏,夏巧群,李凌志.基于泄漏电流检测和红外成像技术的 MOA 故障综合诊断[J]. 高压电器,2007,43(2):133-135.
LIU Yunpeng, XIA Xiaoqun, LI Lingzhi. The synthetic diagnosis for MOA fault based on leakage current detection and infrared thermography technology[J]. High Voltage Apparatus, 2007,43(2):133-135.
- [9] 邵慧丽.电压谐波对 MOA 泄漏电流检测方法影响分析[J]. 电瓷避雷器,2012(1):94-98.
SHAO Huili. Effect of voltage harmonics on test method of MOA leakage current[J]. Insulators and Surge Arresters, 2012(1):94-98.
- [10] 郭磊,张科,陈瑞,等.金属氧化物避雷器状态评价方法及应用分析[J]. 电瓷避雷器,2013(6):95-99.
GUO Lei, ZHANG Ke, CHEN Rui, et al. The method and application analysis of the metal oxide arrester condition evaluation[J]. Insulators and Surge Arresters, 2013(6):95-99.
- [11] 杨洪利.MOA 外表污秽对泄漏电流影响的研究[J]. 电气技术,2008(11):27-30.
YANG Hongli. Research of the external pollution influence to the MOA leakage current[J]. Electrical Engineering, 2008(11):27-30.
- [12] 陈坤汉,李顺尧.一起 220 kV 线路避雷器泄漏电流超标的原因分析[J]. 高压电器,2012,48(5):111-114.
CHEN Kunhan, LI Shun Yao. Analysis of over-standard leakage current of lightning arresters on a 220 kV transmission line[J]. High Voltage Apparatus, 2012,48(5):111-114.
- [13] 郭磊,张科,陈瑞,等.金属氧化物避雷器状态评价方法及应用分析[J]. 电瓷避雷器,2013(6):95-99.
GUO Lei, ZHANG Ke, CHEN Rui, et al. The method and application analysis of the metal oxide arrester condition evaluation[J]. Insulators and Surge Arresters, 2013(6):95-99.
- [14] 贺国平,邵涛,周文俊.表面污秽对 MOA 在线监测的影响[J]. 高电压技术,2003,34(6):27-29.
HE Guoping, SHAO Tao, ZHOU Wenjun. Influence of external pollution on moa on-line detection[J]. High Voltage Engineering, 2003,34(6):27-29.

朱海貌(1982—),男,工程师,硕士研究生,从事高压电气试验工作。