

一次GIS避雷器中的局部放电在线检测和故障分析

何胜红, 苏杏志, 陈志平, 许 澜

(广东电网公司佛山供电局试验研究所, 佛山 528000)

摘要: 运用超声波法和特高频法相结合的局部放电检测技术,发现和定位了运行中的220 kV站GIS(全封闭组合电器)避雷器气室内部的局部放电,对放电源的类型进行了详细的分析和判断,确定为浮电位部件放电类型。通过停电解体检查证实了检测和分析诊断结果的准确性,为应用带电测试技术积累了经验。

关键词: 局部放电; 在线检测; GIS; 避雷器

中图分类号: TM862

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2012)08-0089-05

Partial Discharge On-line Detection and Fault Diagnosis for MOA in GIS

HE Sheng-hong, SU Xing-zhi, CHEN Zhi-ping, XU-Lan

(Foshan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Corporation Test Department, Foshan 528000, China)

Abstract: The partial discharge (PD) detection was performed to a 220 kV GIS by the UHF sensing method and the ultrasonic sensing method. A partial discharge was found and located in the arrester chamber. Based on the analysis of the PD signal pattern, a PD of floating part was determined. The detection and diagnosis results were confirmed by the afterward maintenance, which provided a valuable sample for the GIS PD on-line detection.

Key words: partial discharge; on-line detection; GIS; MOA

0 引言

目前,佛山供电局运行中的GIS站有110多个。GIS结构紧凑,内部绝缘中电场强度高,绝缘性能对微小绝缘缺陷非常敏感。GIS中若出现微小绝缘缺陷,如金属颗粒、部件松动等,很容易导致绝缘击穿的严重事故。近些年来,GIS运行中的绝缘故障时有发生,中国南方电网公司《电力设备预防性试验规程》中规定,运行中的GIS 3年需进行一次局部放电测试,测试应无明显局放信号^[1]。2001年以来,佛山供电局积极开展GIS局部放电检测技术应用研究,对运行中的GIS站进行局部放电普查,对存在的疑似局放现象进行建档和跟踪。现场实践表明,GIS局部放电在线检测能够在GIS正常运行的条件下有效检测其绝缘状况^[2-5],及时发现早期的绝缘缺陷,避免重大绝缘事故。

GIS局部放电在线检测技术的有效应用依赖于大量检测数据和经验的积累,目前已公布的检测结果和检修结果很少,笔者介绍一次220 kV站GIS避

雷器内部局部放电检测和检修结果。

1 GIS局放检测原理

当GIS内部有局放放电时,能够产生特高频(300 MHz~3 GHz)电磁波辐射,由于GIS的管道结构是一个良好的波导,特高频电磁波可以在其内部有效地传播,在GIS盆式绝缘子与连接法兰间的绝缘缝隙(通常为几个cm左右)处,会传播到GIS体外。使用专门的传感器可在GIS体外接收到局部放电的特高频电磁信号^[6-10]。GIS特高频局放传感器安装示意图见图1,传感器获得的特高频局放信号由数字示波器显示。图1中传感器为清华大学电机系研制的M200特高频局部放电传感器,由特高频信号接受天线和特高频放大器等构成。传感器具有HO和RO两个输出通道,其中HO输出的是特高频暂态信号,用于长时间灵敏度下的局部放电脉冲时差测量,RO输出的是经过检波的宽脉冲信号,用于长时间窗口下的放电脉冲测量。传感器的工作频带300~800 MHz,最高灵敏度为10 pC。特高频定位测量时将两个传感器分别放置在两个相邻的盆式绝缘子

上,测量两个传感器的特高频信号时间差,根据电磁波的传播速度计算放电源的具体位置。



图 1 特高频局放传感器安装示意图
Fig. 1 Installation of UHF PD sensor

GIS超声波局部放电传感器安装示意图见图 2,图 2 中传感器为德国 LEMKE 公司生产的 GIS 设备局放测试系统,传感器由压电陶瓷片和放大器等构成。测试时将超声传感器压紧放置在 GIS 外壳上,检测内部局部放电所产生的超声信号,送入差动放大器进行信号放大和处理,通过信号幅值指示表和扬声器输出,可以方便地进行初步测量。超声波法的定位测量利用超声信号传播的衰减特性,移动传感器的位置,比较各处局放信号幅值,信号幅值最大处表示放电源靠近的位置^[11-14]。该方法一般适合粗测。



图 2 超声波局放信号传感器安装示意图
Fig. 2 Installation of ultrasonic PD sensor

2 试验情况及分析

2010 年 5 月进行 220 kV 陶博站 GIS 设备局部放电测试时发现 1 号变的 MOA (型号:ZF4-126D1 产品编号:08129015 2009 年底投运) 间隔存在明显局放信号。GIS 结构布置见图 3。

2.1 超高频局放测试

采用特高频进行检测捕捉到明显的局放信号,其中测试点 4 的输出幅值最大,局放波形见图 4,从图 4 中看出,特高频检测波形最大幅值约为 4 V,波形具有明显的工频相关性,为典型局放波形。局放放电信号幅值相对比较稳定,脉冲间隔也比较稳定,

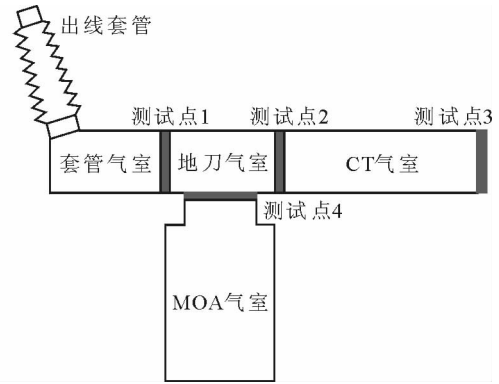


图 3 GIS 结构布置及局放定位测试点
Fig. 3 The layout of the GIS and the measurement points for PD positioning

正负半波放电频数和幅值接近,根据此波形特点判断 GIS 设备内部存在间隙或浮电压放电缺陷^[15-16]。

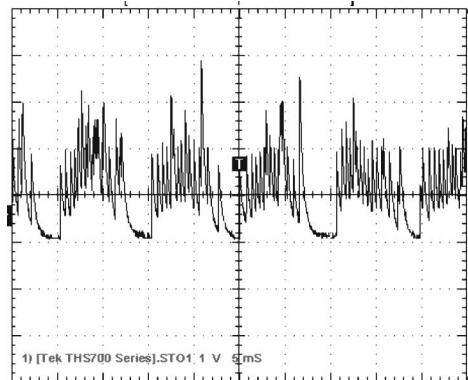


图 4 局部放电特高频检测信号波形
(时间:5 ms/格,脉冲信号幅值:1 V/格)
Fig. 4 PD pulses measured in UHF way
(Time: 5 ms/div; Pulse amplitude: 1 V/div)

随后对 GIS 设备进行局放信号定位,定位的典型脉冲时差波形见图 5。局放定位的测试点如图 3,各个测试点脉冲信号到达的先后关系见表 1,由此判断局放源来自于 MOA 气室^[17]。从局放严重性来判断,多为 MOA 连接件松动或接触不良引起间隙放电。但由于气室内只有一绝缘盘子,没法进一步精确定位和确定所属三相中哪一相。

2.2 超声局放测试

采用超声波局放法对 MOA 气室进行测试,得到的局放信号见图 6-8,结果显示,该气室超声信号较强,峰值达到 2 000 mV 以上(测试前背景噪音峰值<5 mV);信号没有飞行和跳动特征,不是由自由颗粒引起;信号具有相位特征,且正负半波幅值相差不大;波形非起伏状,不是振动引起的信号,应为放电信号^[18-20]。通过超声局放判断:测试点存在局部放电。

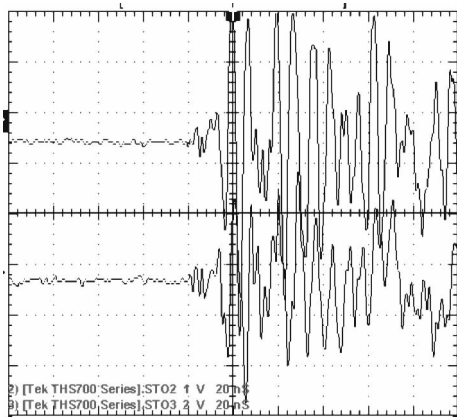


图 5 局部放电特高频定位信号波形

时间: 20 ns/格; 信号幅值: 1 V/格(波形上), 2 V/格(波形下)

Fig. 5 UHF PD transients for PD positioning

Time: 20 ns/div; Signal amplitude: 1 V/div(upper), 2 V/div (lower)

表1 特高频局放定位的脉冲时差关系

Tab. 1 Time differences between the UHF PD transients at the different measurement points

通道 A 测试位置	通道 B 测试位置	局放源位置
测试点 1	测试点 2	在两测试点中间
测试点 2	测试点 3	靠近测试点 2
测试点 1	测试点 4	靠近测试点 4
测试点 2	测试点 4	靠近测试点 4

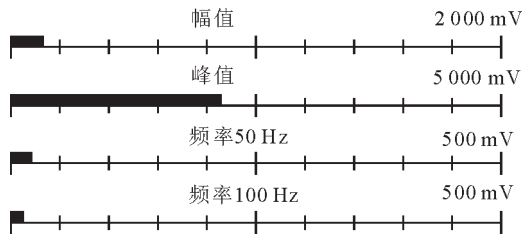


图 6 幅值及频率相关性图

Fig. 6 The amplitude and frequency correlation of the acoustic PD signal

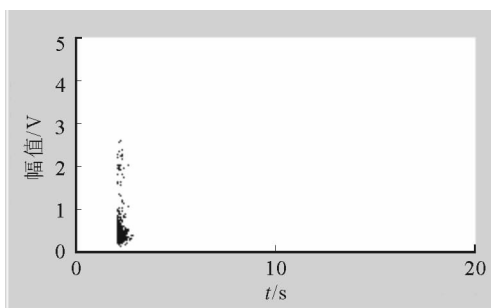


图 7 局放超声脉冲飞行时间与幅值关系

Fig. 7 The relation between flight time and amplitude of the PD

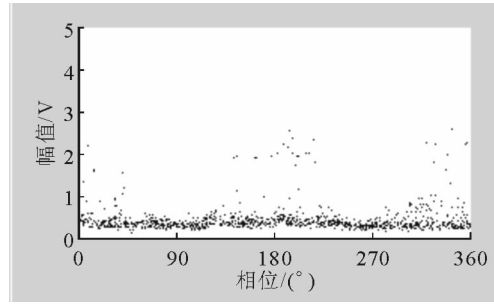


图 8 局放超声脉冲幅值与相位特征图

Fig. 8 The amplitude and phase characteristics of the PD acoustic pulses

3 解体及原因分析

通过以上的分析判断, 确定 1 号主变的 MOA 的 GIS 气室内部存在重大缺陷, 经有关技术部门批准, 于 6 月 8 日联合厂家技术人员进行解体检查。解体的情况如下:

1) 与盆式绝缘子连接的导电杆正常, 三相避雷器阀片芯体无倾倒, 低压端连接正常, 壳体内无可见水分;

2) 技术人员对各相均压罩进行检查, 发现 B、C 相连接坚固, A 相松动, 提取 A 相钨形触头座时, 连同均压罩、顶盖、电阻片穿心杆端头一起取出, 弹簧无烧伤现象, 但已无压缩量, 定位垫片和电阻片穿心杆端头出现发黑现象, 并发现大量粉末, 见图 9。



图 9 穿心杆端头黑色粉尘

Fig. 9 The black dust in mandrel rod ends

根据避雷器结构, 见图 10、11, 对 A 相在紧固顶盖与电阻片穿心杆端头时, 通过压缩弹簧进行压紧, 该处压缩力约 120 kg, 压缩距离约为 6 mm, 压缩到位后顶盖会接触绝缘筒边缘以限制压缩, 继续紧固则会引引起穿心杆端头与杆体胶装部位产生松脱, 压缩弹簧力丧失, 弹簧恢复自然状态, 电气接触不良, 出现悬浮电位, 发生强烈的局部放电现象并由此引发 SF₆ 气体分解, 产生 SO₂ 杂质超标并产生大量粉末。

检修处理后于 6 月 7 日对 220 kV 陶博站 1 号



图 10 绝缘筒、弹簧、定位垫片

Fig. 10 The insulation cylinder, spring and positioning spacer



图 11 电阻片穿心杆端头脱离

Fig. 11 Breaking away of the metallic terminal from the insulation

变的 MOA 设备进行局部放电、 SF_6 气体分解物、泄漏电流等多种带电测试,各测试项目数据正常。目前 220 kV 陶博站 1 号变中 MOA 设备运行正常。

4 结语

笔者采用局部放电特高频检测和超声波检测,有效发现了一处 GIS 内部缺陷,并进行了检修验证。给出了不同检测方法的检测信号波形和故障检修的照片,分析了信号特征和故障原因,为 GIS 绝缘在线检测提供了数据和经验积累。超声波法和特高频法相结合的局部放电检测技术能有效检测 GIS 设备内部缺陷。建议严格按照预试规程定期检测,以便及时发现缺陷。

现场检测情况表明,特高频方法简单快捷,灵敏度高,定位较为准确。

参考文献:

[1] Q/CSG 1 0007—2004.电力设备预防性试验规程[S]. Q/CSG 1 0007—2004.Preventive test code for electrical equipment[S].

[2] 邱毓昌. GIS 装置及其绝缘技术[M]. 北京:水利电力出版社,1994. QIU Yu-chang. GIS technology devices and their insulation [M]. Beijing: Water Resources and Electric Power Press, 1994.

[3] 王建生,邱毓昌. 气体绝缘开关设备中局部放电的在线监测技术[J]. 电工电能新技术,2000(4):44-48. WANG Jian-sheng, QIU Yu-chang. Gas insulated switchgear equipment of partial discharge of on-line monitoring technology[J]. Electric Power New Technology, 2000(4):44-48.

[4] 邱毓昌. 用特高频法对 GIS 绝缘进行在线监测[J]. 高压电器,1997,33(4):36-40. QIU Yu-chang. GIS with the UHF method for online monitoring of insulation[J]. High Voltage Apparatus, 1997, 33(4):36-40.

[5] 严璋. 电气设备在线检测技术[M]. 北京:中国电力出版社,1995. YAN Zhang. Electrical equipment on-line detection technology[M]. Beijing: China Power Press, 1995.

[6] 王颂,吴晓辉,袁鹏,等. 局部放电超高频检测系统标定方法的研究现状及发展[J]. 高压电器,2007,43(1):59-61. WANG Song, WU Xiao-hui, YUAN Peng, et al. Current situation and development of calibration for UHF-PD (partial discharge) detection system[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(1):59-61.

[7] 王江,钱勇,刘君华,等. GIS 中局部放电与超高频电磁波关系的仿真研究[J]. 高压电器,2008,44(5):456-459. WANG Jiang, QIAN Yong, LIU Jun-hua, et al. Simulating the relationship between PD waveform and UHF electromagnetic wave in GIS[J]. High Voltage Apparatus, 2008, 44(5):456-459.

[8] 刘君华,郭灿新,姚明,等. 局部放电电磁波在 GIS 中传播路径的分析[J]. 高电压技术,2009,35(5):1044-1048. LIU Jun-hua, GUO Can-xin, YAO Ming, et al. Analysis on the propagation routes of electromagnetic waves of partial discharge in GIS[J]. High Voltage Engineering, 2009, 35(5):1044-1048.

[9] 印华,方志,张小勇,等. 根据 UHF 信号特征的 GIS 局部放电模式识别[J]. 高压电器,2005,41(1):19-23. YIN Hua, FANG Zhi, ZHANG Xiao-yong, et al. Partial discharge pattern recognition of GIS based on the UHF signal characteristics[J]. High Voltage Apparatus, 2005, 41(1): 19-23.

[10] 司文荣,李军浩,袁鹏,等. 局部放电光测法的研究现状与发展[J]. 高压电器,2008,44(3):261-265. SI Wen-rong, LI Jun-hao, YUAN Peng, et al. Current situation and development of optical detection for partial discharge[J]. High Voltage Apparatus, 2008, 44(3):261-265.

[11] 王伟,冯新岩,曲文韬,等. 超声波法在 GIS 局部放电检测中的应用[J]. 电气技术,2010(7):38-41. WANG Wei, FENG Xin-yan, QU Wen-tao, et al. Application of ultrasonic method on partial discharge detection in GIS

- [J]. *Electrical Engineering*, 2010(7):38-41.
- [12] 李德军, 沈威, 郭志强. GIS 局部放电常规检测和超声波检测方法的应用比较[J]. *高压电器*, 2009, 45(3):99-103.
LI De-jun, SHEN Wei, GUO Zhi-qiang. Application comparison between conventional and ultrasonic detection methods for GIS partial discharge[J]. *High Voltage Apparatus*, 2009, 45(3):99-103.
- [13] 黎大健, 杨景刚, 米楚明, 等. 基于超声波信号的 GIS 内自由金属颗粒危险评估研究[J]. *高压电器*, 2010, 46(1):53-57.
LI Da-jian, YANG Jing-gang, MI Chu-ming, et al. Risk assessment of basis of free metallic particles in GIS based on ultrasonic signal[J]. *High Voltage Apparatus*, 2010, 46(1):53-57.
- [14] 刘君华, 姚明, 黄成军, 等. 采用声电联合法的 GIS 局部放电定位试验研究[J]. *高电压技术*, 2009, 35(10):2458-2463.
LIU Jun-hua, YAO Ming, HUANG Cheng-jun, et al. Experimental research on partial discharge localization in GIS using ultrasonic associated with electromagnetic wave method[J]. *High Voltage Engineering*, 2009, 35(10):2458-2463.
- [15] 袁鹏, 史文, 杨景刚, 等. 基于超高频窄带法的 GIS 局部放电的研究[J]. *高压电器*, 2009, 45(2):40-43.
YUAN Peng, SHI Wen, YANG Jing-gang, et al. Study of partial discharge in GIS based on narrow band UHF[J]. *High Voltage Apparatus*, 2009, 45(2):40-43.
- [16] 李立学, 滕乐天, 黄成军, 等. GIS 局部放电超高频信号的包络分析与缺陷识别[J]. *高电压技术*, 2009, 35(2):260-265.
LI Li-xue, TENG Le-tian, HUANG Cheng-jun, et al. Envelope analysis and defects identification of partial discharge UHF signals in GIS[J]. *High Voltage Engineering*, 2009, 35(2):260-265.
- [17] 赵晓辉, 杨景刚, 路秀丽. 基于超高频法的局部放电定位初步研究[J]. *高压电器*, 2008, 44(4):370-373.
ZHAO Xiao-hui, YANG Jing-gang, LU Xiu-li. Study of PD location based on the UHF method[J]. *High Voltage Apparatus*, 2008, 44(4):370-373.
- [18] 金立军, 刘卫东. GIS 金属颗粒局部放电的试验研究[J]. *高压电器*, 2002, 38(3):10-13.
JIN Li-jun, LIU Wei-dong. Study of GIS metal particles partial discharge[J]. *High Voltage Apparatus*, 2002, 38(3):10-13.
- [19] 黎大健, 梁基重, 步科伟, 等. GIS 中典型缺陷局部放电的超声波检测[J]. *高压电器*, 2009, 45(1):72-75.
LI Da-jian, LIANG Ji-zhong, BU Ke-wei, et al. Ultrasonic detection of partial discharge on typical defects in GIS[J]. *High Voltage Apparatus*, 2009, 45(1):72-75.
- [20] 方庆, 刘卫东, 邓维, 等. GIS 设备内部缺陷的新型超声诊断技术[J]. *高压电器*, 2008, 44(6):589-591.
FANG Qing, LIU Wei-dong, DENG Wei, et al. A new ultrasonic diagnosis technology for internal default of GIS equipment[J]. *High Voltage Apparatus*, 2008, 44(6):589-591.

何胜红(1974—), 男, 工程师, 高级技师, 从事高压试验工作。

苏杏志(1965—), 男, 高级工程师, 从事试验管理工作。

(上接第 88 页)

- arrester and the valve aging defect diagnosis and cause analysis[J]. *High Voltage Apparatus*, 2010, 46(3):145-147.
- [18] 李豹, 舒乃秋, 李自品, 等. 高精度金属氧化物避雷器测试仪标准装置的研制[J]. *高压电器*, 2010, 46(1):100-102.
LI Bao, SHU Nai-qiu, LI Zi-pin, et al. High precision metal oxide lightning arrester tester standard apparatus[J]. *High Voltage Apparatus*, 2010, 46(1):100-102.
- [19] 李庆玲, 夏辉军, 李宏仁, 等. 断路器的应用研究[J]. *高压电器*, 2010, 46(11):92-94.
LI Qing-ling, XIA Hui-jun, LI Hong-ren, et al. The application of circuit breaker on research[J]. *High Voltage Apparatus*, 2010, 46(11):92-94.
- [20] 严玉婷, 江健武, 王亚舟, 等. 变压器直流电阻测试原理及现场缺陷情况分析[J]. *高压电器*, 2010, 46(10):102-106.
YAN Yu-ting, JIANG Jian-wu, WANG Ya-zhou, et al. Transformer DC resistance test principle and field analysis of defect[J]. *High Voltage Apparatus*, 2010, 46(10):102-106.

雷鸣东(1986—), 男, 助理工程师, 现从事高压直流输电运行工作。

欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎评刊! 欢迎刊登广告!