

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2015.01.023

技术与讨论

移动式在线监测与负荷监测相结合在GIS故障检测中的应用

邱太洪, 李国伟, 王俊波, 何胜红, 陈志平, 胡 聪

(广东电网有限责任公司佛山供电局, 广东 佛山 528000)

摘要: 主要介绍一起移动式在线监测及局放定位在GIS故障检测中的成功应用案例。针对佛山局某220 kV变电站110 kV GIS常规红外检测出现异常的情况,采用移动式局放在线监测系统,结合GIS母线负荷监测技术发现GIS内部缺陷。解体发现该GIS 2号气室第2个连接触头等位线断线,此处支柱绝缘子螺丝松动,支柱绝缘子存在放电痕迹。说明了移动式在线监测方法结合母线负荷监测技术在GIS故障检测中的可行性,值得推广使用。

关键词: 移动式在线监测; GIS母线负荷; 红外检测; 故障检测; 局放测试

Application Case of Mobile Online Monitoring and Load Monitoring in GIS Fault Detection

QIU Taihong, LI Guowei, WANG Junbo, HE Shenghong, CHEN Zhiping, HU Cong

(Foshan Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Corporation Limited, Guangdong Foshan 528000, China)

Abstract: A successful application case of mobile online monitoring and partial discharge positioning in GIS fault detection. Aiming at the abnormal conditions detected by conventional infrared in 110 kV GIS at 220 kV substation in Foshan, the mobile partial discharge online monitoring system, combined with GIS bus load monitoring technology, is used to find out the internal defects in GIS. Through disintegration of the GIS, it is found that the equipotential line at the second contact in the No.2 gas apartment is broken, the pillar insulator screw is loosening, discharge trace is found on the pillar insulator, which means that the online monitoring method of mobile type combination with bus load monitoring technology in GIS fault detection is feasibly and may have value to be applicable.

Key words: mobile online monitoring; GIS bus load; infrared detection; fault detection; partial discharge test

0 引言

全封闭式气体绝缘组合开关(GIS)以占地面积小、可靠性高、安全性好、安装周期短,检修周期长等优点,在电力系统中得到了广泛应用,是电力系统中的重要设备,其安全可靠运行对电网的安全和稳定具有重要影响^[1-4]。然而,尽管GIS具有很高的运行可靠性,但由于在制造、装配等过程中的工艺问题,其内部仍不可避免地存在各种缺陷,这些缺陷的存在会在电压升高或长期运行后产生局部放电,如果放任不管这种局放,任其发展,将很有可能产生危险的放电通道,导致绝缘击穿,从而引发事故。由于GIS全封闭的结构常规试验比较难发现和定位出GIS内部缺陷的位置,并且现有在线监测系统良莠不齐,价格昂贵,无法全面覆盖全佛山的所

有GIS设备^[5-13]。基于此,开展GIS移动式在线监测进行局放监测和定位研究,结合母线负荷电流监测技术,及早发现GIS的内部缺陷,以便采取适当措施,防止其进一步发展造成事故,具有重要意义。

1 检测概述

日前佛山局对某220 kV变电站110 kV GIS进行常规红外检测,发现110 kV GIS 1M母线伸缩节部分红外发热异常,红外检测图谱见图1,当时的环境温度27℃。

对该红外图谱进行分析,区域01的最高温度是35.4℃,区域02最高温度是32.9℃,温差2.5℃。初步诊断该GIS设备存在问题,其运行方式见图2,设备发热最大点见图3。

为找出GIS发热的原因,对该GIS进行SF₆气体分解物测试,测试结果见表1。

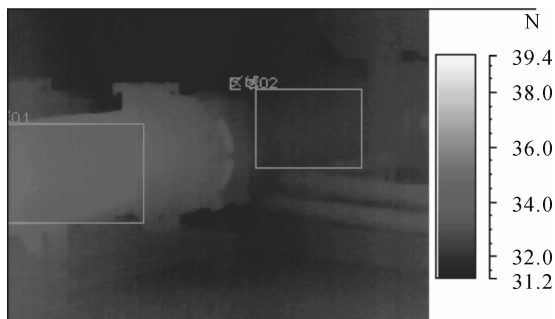


图 1 110 kV 1M 母线管伸缩接驳红外图谱

Fig. 1 The infrared spectrum of 110 kV 1M bus expansion



图 3 设备发热最大点

Fig. 3 The biggest heating point of the equipment

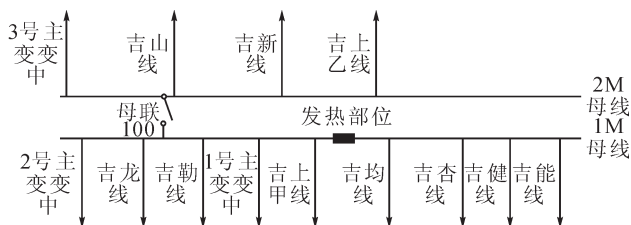


图 2 GIS 设备运行方式

Fig. 2 The mode of GIS equipment operation

SF_6 气体分解物测试情况正常,未发现异常气体成分,为进一步找出原因,提出采用移动式局放在线监测系统,结合 GIS 母线负荷监测技术对该 GIS 进行检测和缺陷定位。

2 现场测试

结合 GIS 母线负荷在线监测技术,利用 DMS 局

表 1 SF_6 气体分解物测试结果

位置	CO	H_2S	SO_2
1号气室	11	0	0
2号气室	6	0	0
3号气室	12	0	0

部放电短时在线监测系统对 1M 母线进行在线监测,发现局放信号,并进行针对性的定位^[14-20],过程如下。

2.1 1M 母线局放监测

1M 母线共用 5 个气室,传感器安装位置分别在吉上甲线、吉上乙线、吉均线 1M 母线开关盆式绝缘子上,见图 4。

在靠 3 号传感器处存在一个较大的信号,放电最大幅值次数及对应电压负荷曲线见图 5。

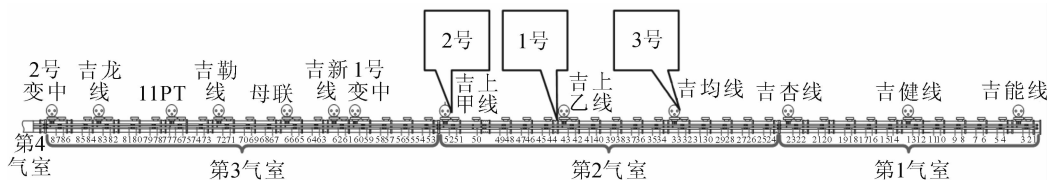


图 4 GIS 移动式在线监测传感器安装位置

Fig. 4 The installation location of mobile online monitoring sensors on the GIS

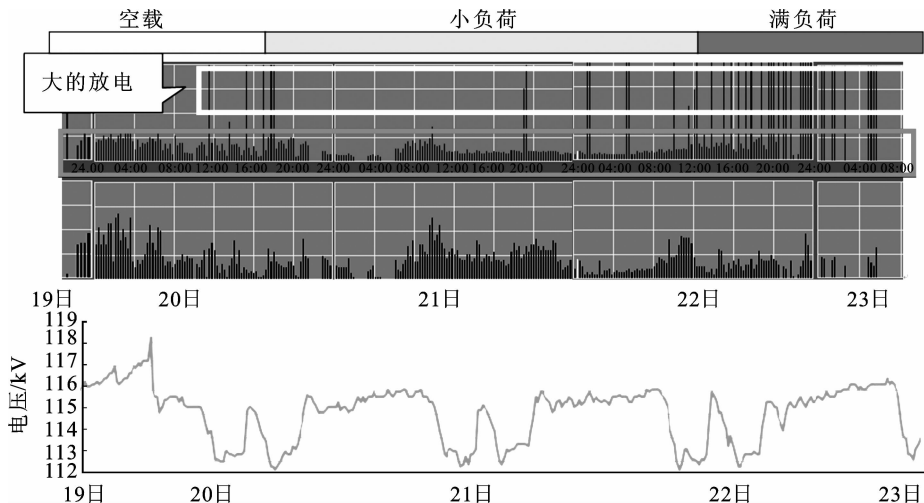


图 5 对应电压负荷曲线

Fig. 5 The load curve of corresponding voltage

从图 5 可看出,带负荷后局放逐渐频密,且与母线电压无相关特性,各通道局放图谱见图 6。

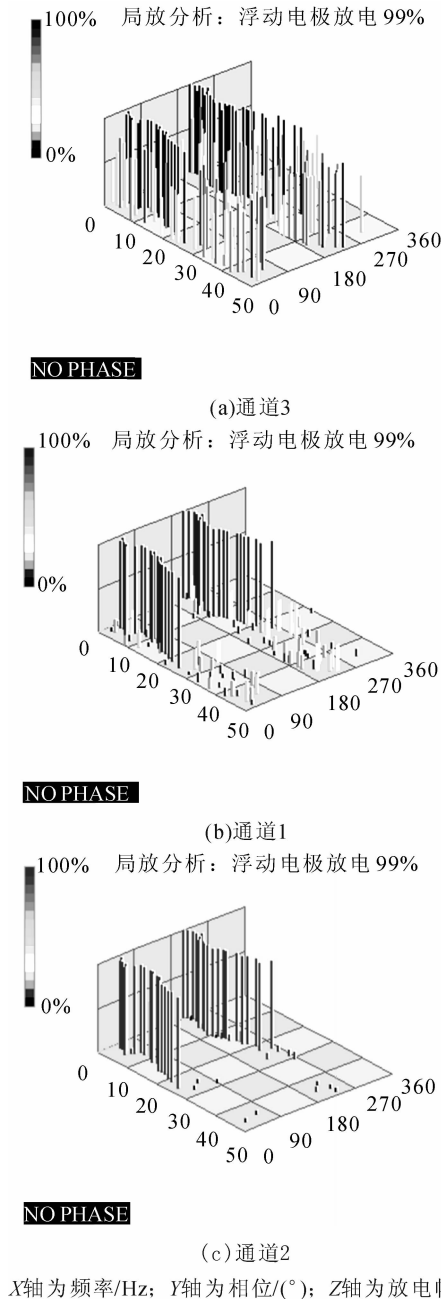


图 6 各通道局放图谱

Fig. 6 The partial discharge pattern of each channel

从图 6 可见,信号源靠近通道 3 方向,放电频

次逐渐增多。与电压相位关系见图 7。

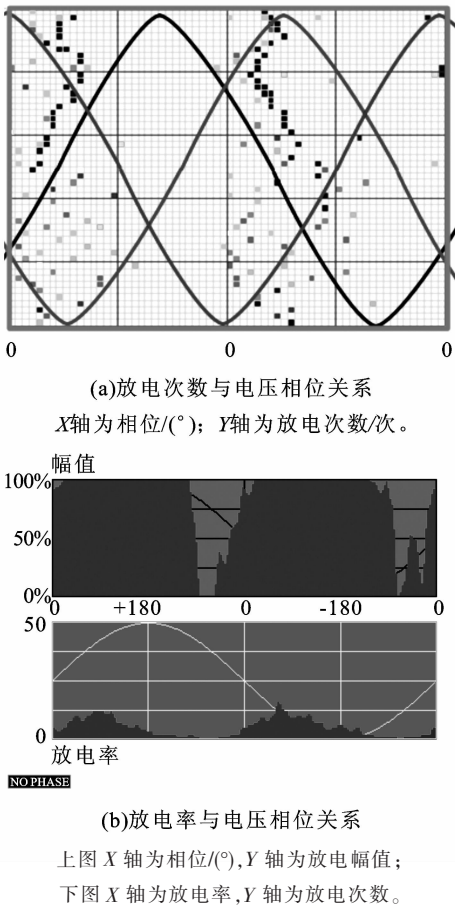


图 7 放电频次与电压相位关系图

Fig. 7 The relationship between the frequency and voltage discharge phase diagram

从图 7 可以看出,信号源自于 A 相,具有浮电位特征。为确定局放点的位置,对发生局放的位置进行定位。

2.2 局放定位

为确定局放信号位置,在母线上使用清华超高频 M 系列传感器配合示波器 3 套、PDM1000 局放仪 5 套联合进行定位,布置位置见图 8^[21-25]。

为排除外部干扰信号,其中 4 台 PDM1000 放置为线路侧,1 台放置在空中,清华超高频 M 系列监测局放产生的母线信号。

结果清华超高频 M 系列局放传感器配合示波器

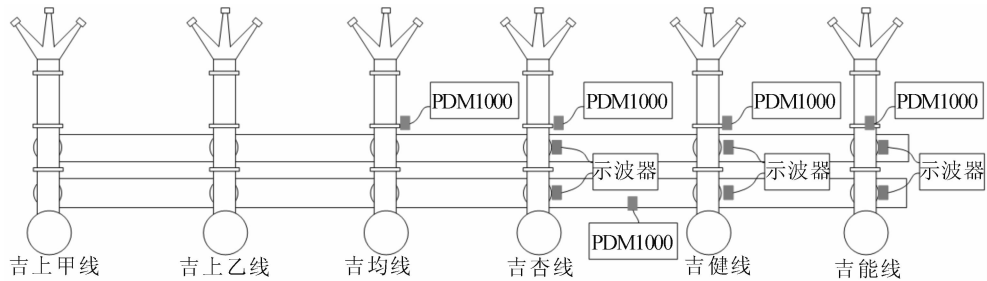


图 8 各仪器测试位置图

Fig. 8 Location map of the test instrument

均收到信号,均指向 1M 母线,图谱见图 9。

定位为 1M 母线后重新布置清华超高频 M 系列局放传感器配合示波器,传感器布置见图 10。

定位结果为示波器 1、3 时差约 20 ns, 靠近吉均, 示波器 2 时差 10 ns, 靠近吉均线。即信号从 1M 母线吉均线与吉杏线交界位置,图谱见图 11。

从图 11 可见,两线路间时差约为 20 ns, 而吉均线与吉杏线间时差约为 10 ns, 为保证数据准确, 采用 DMS 原始波形配合示波器进行定位, 图谱见图 12。

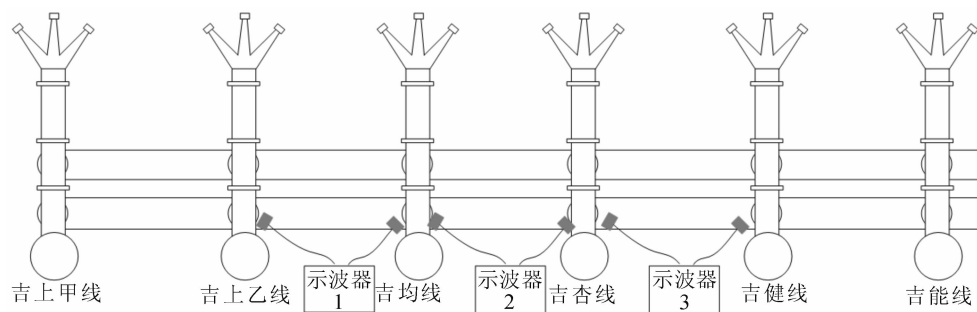
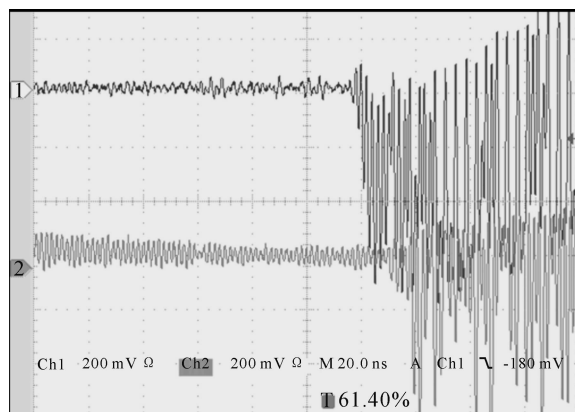
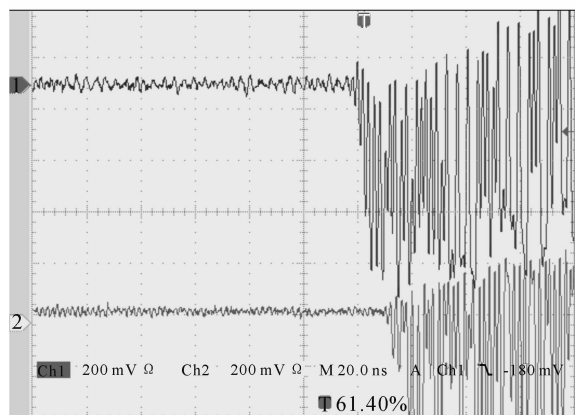


图 10 清华 M 系列传感器布置图

Fig. 10 Location map of the Tsinghua M series sensors



(a) 示波器 1 图谱(通道 1 为吉均线)



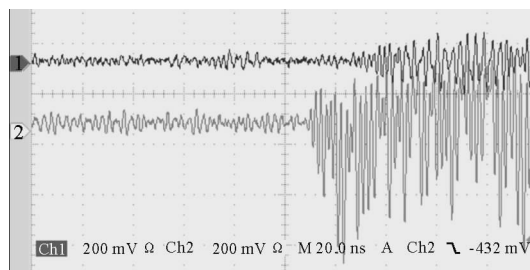
(b) 示波器 2 图谱(通道 1 为吉均线)

X轴为时间/ms; Y轴为放电幅值/mV。

图 11 两示波器所接收信号

Fig. 11 The received signals of two scopes

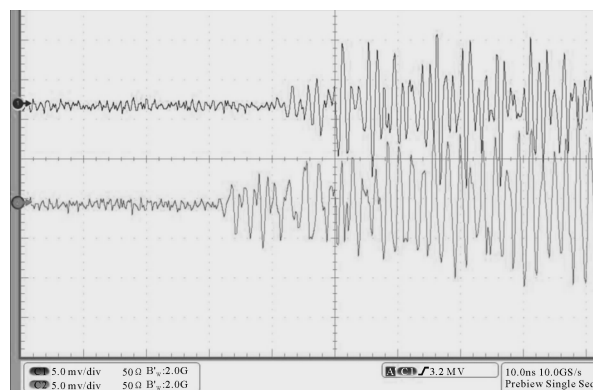
从图 12 可以看出, 时差约为 10 ns 经测量, 两



X轴为时间/ms; Y轴为放电幅值/mV。

图 9 清华 M 系列传感器图谱

Fig. 9 The sensor map of the Tsinghua M series instrument



X轴为时间/ms; Y轴为放电幅值/mV。

图 12 信号定位图谱

Fig. 12 The signal mapping of location

盆子间距离 8 m, 即局放点离吉均线约 2 m 的位置, 定位结果见图 13。

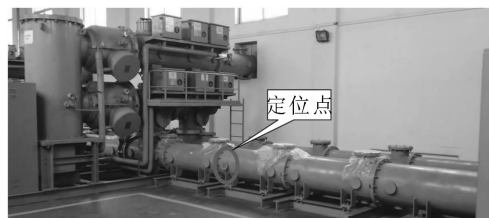


图 13 局放定位结果

Fig. 13 The results of PD location

综上, 由 GIS 移动式在线监测系统可以检测到该 GIS 存在局部放电; 放电相别为 A 相; 定位结果放电位置位于吉均线靠吉杏线第 2 个金属筒处。结合 GIS 内部结构及定位结果和放电类型可以判断

该缺陷应该是触头金属屏蔽筒金属悬浮或绝缘子固定螺丝松动, 见图 14。

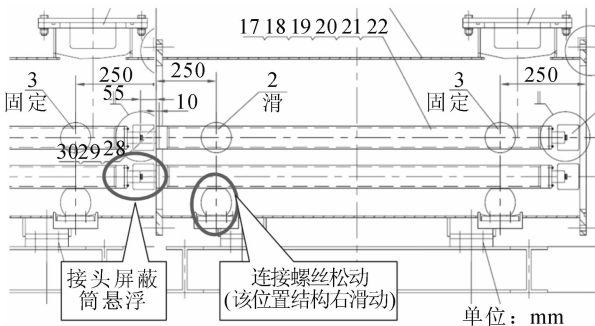


图 14 缺陷发生的位置

Fig. 14 The location of defects

3 解体分析

为进一步确定该 GIS 缺陷发生的位置, 验证移动式在线监测及局放定位结果, 将该 GIS 停电后开盖检查。检查发现第 2 气室第 2 个接头内有金属线外露, 见图 15。

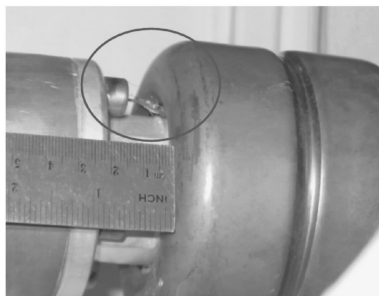


图 15 接头金属线外露

Fig. 15 The exposed wires of joint

该接头内部结构见图 16。

等电位连线

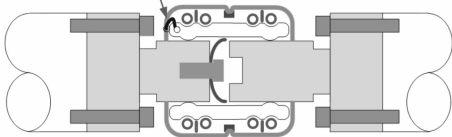


图 16 接头内部结构图

Fig. 16 The internal structure of the joint

图 16 所示等电位线将触子与屏蔽罩连接, 以免出现悬浮电位造成局部放电。而此处 A 相触头的等电位线出现断线现象, 见图 17。

此外解体还发现该处支柱绝缘子存在放电痕迹, 见图 18。

经仔细检查, 该处绝缘子固定螺丝出现松动使 A 相绝缘支柱上下有放电痕迹及明显的放电点, 解体结果与检测结果相吻合。

4 结语

通过对佛山局某 220 kV 变电站 110 kV GIS 常

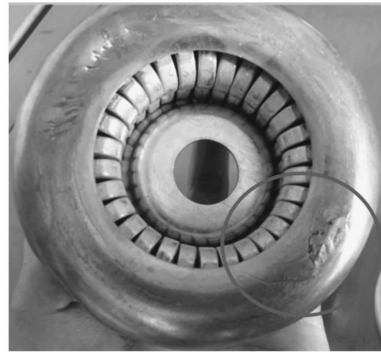


图 17 触头的等电位线断线痕迹

Fig. 17 The broken contact traces of equipotential line

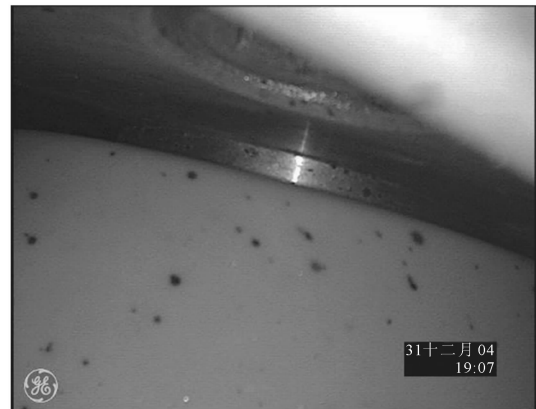


图 18 支柱绝缘子放电痕迹

Fig. 18 The discharge traces of pillar insulator

规红外检测出现异常的情况, 采用移动式局放在线监测系统, 结合 GIS 母线负荷监测技术发现 GIS 内部缺陷。解体发现该 GIS 触头等位线断线, 支柱绝缘子存在放电痕迹, 说明了移动式在线监测方法结合母线负荷监测技术在 GIS 故障检测中的有效性, 为 GIS 内部缺陷的检测及定位提供了实在可行的方法, 值得推广使用。

参考文献:

- [1] 曾雄杰, 朱正国. GIS 设备局部放电检测和定位方法的现场应用[J]. 电气时代, 2009(10):92-94.
ZENG Xiongjie, ZHU Zhengguo. Field application of partial discharge detection and location in GIS[J]. Electric Age, 2009(10):92-94.
- [2] 范镇南, 罗永刚, 赵斌, 等. 内部导体结构对 GIS 母线损耗发热的影响[J]. 电机与控制学报, 2011, 15(5):22-27.
FAN Zhennan, LUO Yonggang, ZHAO Bin, et al. Influences of the internal conductor structure to the loss and heat of GIS bus bar[J]. Electric Machines and Control, 2011, 15(5):22-27.
- [3] 安鸽, 南军波. 无功补偿装置中电抗器异常发热现象分析及解决方案[J]. 电力电容器与无功补偿, 2012, 33(1):6-9.
AN Ge, NAN Junbo. Analysis and solutions of abnormal

- heat phenomenon of reactor in reactive power compensation device[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2012, 33(1): 6-9.
- [4] 陈永辉, 蔡葵, 刘勇军, 等. 供电设备红外诊断技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [5] 曾雄杰, 刘旭明. GIS 设备局放类型图谱以及现场局放测试诊断图谱的应用[J]. 高压电器, 2013, 49(11): 31-36. ZENG Xiongjie, LIU Xuming. Illustrated catalogue application of PD type and on-site diagnostic of PD test in GIS[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(11): 31-36.
- [6] 张丽娜, 陈永义, 梁桂州. 关于 GIS 和 SF₆ 断路器的现场检测方法[J]. 高压电器, 2001, 37(3): 47-48. ZHANG Lina, CHEN Yongyi, LIANG Guizhou. On the field detection of GIS and SF₆ circuit breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2001, 37(3): 47-48.
- [7] 池立江, 颜语, 袁亮. SF₆ 气体压力对同轴电容电子式电压互感器的影响[J]. 电力电容器与无功补偿, 2013, 34(1): 61-64. CHI Lijiang, YAN Yu, YUAN Liang. Influence of SF₆ gas pressure to coaxial capacitive and electronic voltage transformer[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2013, 34(1): 61-64.
- [8] 唐炬, 朱伟, 孙才新, 等. GIS 局部放电的超高频检测[J]. 高电压技术, 2003, 29(12): 22-23. TANG Ju, ZHU Wei, SUN Caixin, et al. Analysis of UHF method used in partial discharge detection in GIS[J]. High Voltage Engineering, 2003, 29(12): 22-23.
- [9] 吴张建, 李成榕, 齐波, 等. GIS 局部放电检测中特高频法与超声波法灵敏度的对比研究[J]. 现代电力, 2010, 27(3): 31-36. WU Zhangjian, LI Chengrong, QI Bo, et al. Partial discharge detection for GIS: A comparison of sensitivity between UHF and ultrasonic methods[J]. Modern Electric Power, 2010, 27(3): 31-36.
- [10] 曹诗玉, 曾喜闻. 江陵换流站 GIS 串内三相电流不平衡的原因分析及故障处理[J]. 华中电力, 2007, 20(1): 63-64. CAO Shiyu, ZENG Xiwen. Cause analysis and fault measures of three phase current unbalance at GIS in jiangling convert station[J]. Central China Electric Power, 2007, 20(1): 63-64.
- [11] 戈兴茹, 刘兵, 李万辉. 裕隆换流站直流工频阻断滤波电容器设计[J]. 电力电容器与无功补偿, 2013, 34(4): 25-27. GE Xingru, LIU Bing, LI Wanhui. Design of DC power frequency blocking filter for Yu-Long converter station[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2013, 34(4): 25-27.
- [12] 谢志杨. 母线导体插入深度不足导致 GIS 对地故障原因分析[J]. 高压电器, 2009, 45(3): 160-163. XIE Zhiyang. Fault analysis on deficiency depth insert of GIS bus conductor[J]. High Voltage Apparatus, 2009, 45(3): 160-163.
- [13] BOLIN P, KOCH H. Introduction and applications of gas insulated substation (GIS)[C]//IEEE Power Engineering Society General Meeting, San Francisco, CA, United States: IEEE, 2005: 920-926.
- [14] 孙曙光, 陆俭国, 俞慧忠, 等. 基于超高频法的典型 GIS 局部放电检测[J]. 高压电器, 2012, 48(4): 7-12. SUN Shuguang, LU Jianguo, YU Huizhong, et al. Detection of typical GIS partial discharge based on UHF method[J]. High Voltage Apparatus, 2012, 48(4): 7-12.
- [15] 孟岩, 梁乃峰, 孙大陆, 等. 110 kV 电压等级 GIS 实体缺陷设计及带电检测[J]. 陕西电力, 2014, 42(3): 54-58. MENG Yan, LIANG Naifeng, SUN Dalu, et al. Design and on-line detection of defects in 110 kV GIS[J]. Shaanxi Electric Power, 2014, 42(3): 54-58.
- [16] 彭云峰, 吴晓文, 李洪涛. 离相 GIS 母线温度预测方法研究[J]. 陕西电力, 2013, 41(5): 4-8. PENG Yunfeng, WU Xiaowen, LI Hongtao. Study on temperature prediction method of isolated phase GIS bus[J]. Shaanxi Electric Power, 2013, 41(5): 4-8.
- [17] 陈化钢. 高低压开关电器故障诊断与处理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [18] 邓鸿岳, 刘家齐, 司文荣, 等. 交流局部放电宽带检测与分析仪的研制[J]. 高压电器, 2011, 47(3): 18-25. DENG Hongyue, LIU Jiaqi, SI Wenrong, et al. Development of a novel wide-band detection and analysis device for AC partial discharge pulse signals[J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(3): 18-25.
- [19] GULSHI E, EETIZ P P. On-site testing and PD diagnosis of HV power cables[J]. IEEE Conference Record of Electrical Insulation, 2008, 15(6): 650-653.
- [20] 王卫东, 赵现平, 王达达, 等. GIS 局部放电检测方法的分析研究[J]. 高压电器, 2012, 48(8): 13-17. WANG Weidong, ZHAO Xianping, WANG Dada, et al. Analysis on the method of GIS partial discharge detection[J]. High Voltage Apparatus, 2012, 48(8): 13-17.
- [21] 陈化钢. 电气设备预防性试验方法[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994. CHEN Huagang. Preventive test methods for electrical equipment[M]. Beijing: China Water Power Press, 1994.
- [22] 王伟, 李成榕, 丁燕生, 等. 局部放电 UHF 信号检波及其仿真[J]. 高电压技术, 2004, 30(2): 32-33. WANG Wei, LI Chengrong, DING Yansheng, et al. Simulation on the application of detection technique to detecting UHF PD signals[J]. High Voltage Engineering, 2004, 30(2): 32-33.
- [23] 梁明生. 220 kV 组合电器主回路直流电阻增大的原因分析[J]. 高压电器, 2006, 42(6): 470-474. LIANG Mingsheng. Causal analysis of main circuit DC

- trol for substations[J]. Guangdong Electric Power, 2010, 23(6): 54-56.
- [13] WEISER B, PFUTZNER H, ANGER J. Relevance of magnetostriction and forces for the Generation of audible noise of transformer cores[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2000, 36(5): 3759-3777.
- [14] 陈泽萍, 李强. 变电站环境噪声评价与防治[J]. 电力环境保护, 2008, 24(1): 61-62.
CHEN Zeping, LI Qiang. Transformer substation noise pollution assessment and its control[J]. Electric Power Environmental Protection, 2008, 24(1): 61-62.
- [15] 陈秋, 李振海. 变电站噪声防治方案研究[J]. 电力环境保护, 2006, 22(3): 49-51.
CHEN Qiu, LI Zhenhai. Research on noise control scheme of electric transformer substation[J]. Electric Power Environmental Protection, 2006, 22(3): 49-51.
- [16] 陈继浩. 隔声屏障结构声学模拟、设计与性能优化应用研究[D]. 北京: 中国建筑材料科学研究总院, 2009.
CHEN Jihao. Study of acoustic simulation, design and performance optimization of noise barrier[M]. Beijing: China Building Materials Academy, 2009.
- [17] FURSTOSS M, THENAIL D, GALLAND M A. Surface impedance control for sound absorption: Direct and hybrid passive/active strategies[J]. J. Sound Vib, 1997(203): 219-236.
- [18] LEUG P. Process of silencing sound oscillations: US Patent, 2043416[P]. 1936-09-06.
- [19] FOWLER A. Closed cycle diesel propulsion system[J]. Transactions of the Institute of Marine Engineers, 1990(102): 129-135.
- [20] 顾晓安, 沈荣瀛, 徐基泰. 国外变压器噪声研究的动向[J]. 变压器, 2002, 39(6): 33-38.
GU Xiao'an, SHEN Rongying, XU Jitai. Trend of transformer noise research abroad[J]. Transformer, 2002, 39(6): 33-38.

李 宁(1978—), 男, 高级工程师, 研究方向为输变电设备状态检修工作以及高电压与绝缘技术研究。

臧春艳(1978—), 女, 讲师, 硕士生导师, 研究方向为高电压与绝缘技术、电工电能新技术等(通讯作者)。

(上接第 138 页)

- resistance increasing in a 220 kV gas-insulated metal-enclosed switchgear[J]. High Voltage Apparatus, 2006, 42(6): 470-474.
- [24] KURRER R, FESER K. The application of ultra-high-frequency partial discharge measurements to gas-insulated substations[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1998, 13(3): 777-782.
- [25] 杜言, 廖瑞金, 周淦, 等. 基于小波变换的电缆局部放电定位中时延算法研究[J]. 高压电器, 2007, 43(5): 389-393.
DU Yan, LIAO Ruijin, ZHOU Quan, et al. Study on time delay estimation algorithm in cable partial discharge location based on wavelet transform[J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(5): 389-393.
- 邱太洪(1984—), 男, 硕士, 主要从事电力系统高压电气设备试验工作。