

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2019.01.039

几起GIS外部导流排异常发热的分析

宋东波¹, 黄洁², 陈庆涛³, 朱太云¹, 杨为¹, 杨海涛¹

(1. 国网安徽省电力有限公司电力科学研究院, 合肥 230022; 2. 国网安徽省电力有限公司培训中心, 合肥 230022; 3. 国网安徽省电力有限公司, 合肥 230022)

摘要: 随着GIS在各级电网的广泛应用,运行中的各类缺陷也随之增加,其中外部导流排异常发热是一种较为常见的问题,外部环流是该类问题发生的先决条件。文中结合红外测温发现的几起异常发热实例,分析了缺陷原因并提出处理措施,为该类问题的分析提供借鉴和技术支撑。

关键词: GIS; 导流排; 环流; 红外测温

Analysis of Several External Binding Bar Overheat of GIS

SONG Dongbo¹, HUANG Jie², CHEN Qingtao³, ZHU Taiyun¹, YANG Wei¹, YANG Haitao¹

(1. State Grid Anhui Electric Power Company Limited Research Institute, Hefei 230022, China; 2. State Grid Anhui Electric Power Company Limited Training Center, Hefei 230022, China; 3. State Grid Anhui Electric Power Company Limited, Hefei 230022, China)

Abstract: With the widespread application of gas insulated switchgear (GIS) in power grid, number of its defects increases, the external overheat is a common problem. Circulating current on the surface of GIS enclosure is a prerequisite for overheat. The reason of several external overheat instances of infrared temperature measurement are introduced, the treatment measures are presented, which provide useful reference and technical supports for the analysis of this problem.

Key words: GIS; binding bar; circulating current; infrared temperature measurement

0 引言

气体绝缘金属封闭开关设备 (gas insulated switchgear, GIS) 以其运行稳定、占地面积小、维护量少等优点,近年来在电力系统中得到了广泛的应用。随着GIS使用数量的增加及应用电压等级的提高,其对电力系统稳定运行的影响越来越大,因此必须加强GIS各类缺陷的诊断与分析。近年来电力设备的检测技术大力推广应用^[1-2],红外热像检测、局放的特高频检测、局放的超声波检测、SF₆气体成分分析等各类检测手段在GIS的缺陷诊断中起到了极为重要的作用^[3-13],有效地降低了GIS故障率,保障了电网的稳定运行。

异常发热是GIS出现较多的一种缺陷类型,可分为内部热缺陷与外部热缺陷。内部热缺陷主要由设备内部导体接触不良所致,所造成的后果较为严重,电网系统发生过多起因内部异常发热导致的

停运或爆炸事件;外部热缺陷最为常见,主要由设备运行时产生的环流加之外部回路接触不良所致,特别是高负荷的GIS间隔异常发热现象更为突出^[14],异常发热会加速GIS部件的老化,降低密封性能,影响设备的安全运行。因此对GIS的异常发热必须引起足够的重视。

在三相分箱式的GIS中较为常见外部热缺陷主要有:相间导流排异常发热,电流互感器(current transformer, CT)导流排、外壳异常发热,伸缩节及其连接螺杆异常发热,外壳接地排异常发热等,电磁感应产生的环流是以上缺陷产生的先决条件,在此基础上当回路中的连接部位接触不良时便会产生异常发热。对该类问题的分析虽有文献介绍^[15-18],但分析过程均较为简略,甚至未能指出导致异常发热的根本原因,不利于检修策略的制定。文中结合红外测温发现的几起GIS外部热缺陷实例,深入分析了异常发热的原因。

1 GIS外部导流排和接地排简况

GIS的接地方式分为分段绝缘单点接地及全链多点接地^[19-20],目前550 kV及以上GIS多采用三相分箱全链多点接地设计,连接法兰、绝缘盆子两侧及相间外壳均加装导流排,在整个GIS外壳形成一条电气通路,且在GIS与地之间设置多点接地。

GIS的一次导体装于金属外壳中,导体与外壳之间存在着较强的电磁耦合,当导体通过电流时便会在外壳上产生感应电压,通过一定的闭合回路,在回路中产生感应电流,该电流称为环流^[21-23]。

已有的研究^[24-25]表明,在靠近GIS进出线端部的位置相间导流排及接地排流经的电流最大,越靠近GIS间隔中间位置对应的环流越小;若在GIS的进出线端部无相间导流排而仅有接地排,则接地排上将会流过很大的入地电流,当端部增加相间导流排时可显著降低接地排的电流,该理论分析对现场导流排异常发热多集中在进出线端部的原因给出了较好的解释。

2 实例分析

2.1 某550 kV GIS端部接地排异常发热

2016年9月对某变电站550 kV GIS进行红外测温时发现某线路C相出线套管根部接地排与构架的连接处异常发热,热点温度55.5℃,检测时环境温度26℃,负荷电流2 207.5 A,可见光及红外图谱见图1。

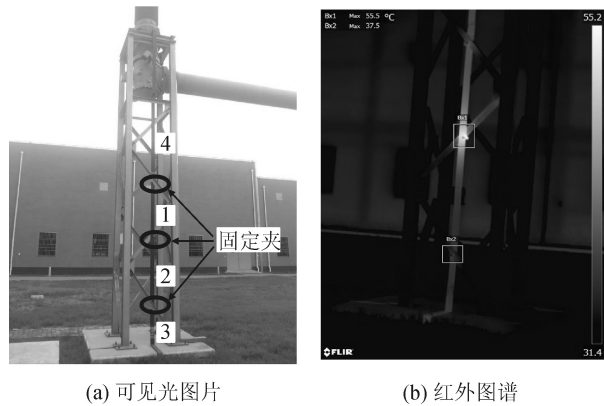


图1 出线套管根部接地排检测图谱

Fig. 1 Detection spectrum of binding bar in the bottom of bushing

现场查看发现接地排与构架之间通过3只固定夹相连,热点处在中部固定夹位置。固定夹由上至下将接地排分为4段,如图1(a)所示。采用钳形电流表分别测量了下部3段的电流值,见表1。

表1 接地排各位置电流

Table 1 Circulating current of binding bar in different positions

测量位置	1	2	3
电流/A	1 185	870	871

由表1可知,接地排流经的感应电流较大,达千安培级,现场发现该间隔A、B、C三相出线位置距离较远,端部未设置相间导流排,仅有GIS外壳、接地排与地网构成的一个回路,因此,较大的一次电流在该回路中产生了很高的环流。因构架本身与地网相连,电流在原本用来起机械固定作用的固定夹位置产生了分流,部分电流通过构架流通,中间固定夹位置分流较大,达315 A,下部固定夹几乎无分流。固定夹通过一颗螺栓对接地排进行固定,见图2。

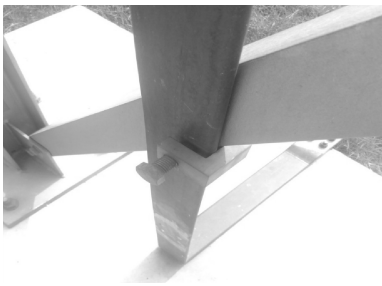


图2 接地排固定方式

Fig. 2 Fastening methods of binding bar

检查发现下部固定夹螺栓未紧固,接地排与构架接触松动,中间固定夹螺栓紧固牢靠,接地排与构架接触紧密。接地排感应电流流在接触较为紧密的中间固定夹位置通过构架产生分流,较大的电流在固定位置产生异常发热。

2.2 某550 kV GIS 电流互感器外部导流排异常发热

2016年7月对某变电站550 kV GIS进行红外测温时发现某间隔电流互感器外部导流排端部固定位置异常发热,热点温度59.8℃,检测时环境温度29.6℃,一次电流1 352.5 A,可见光及红外图谱见图3。

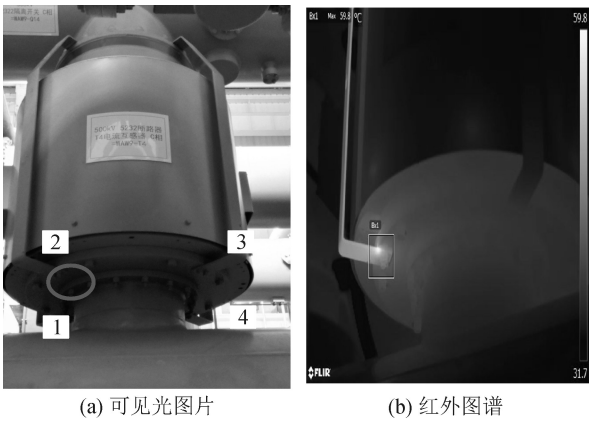


图3 CT导流排检测图谱

Fig. 3 Detection spectrum of binding bar around CT

沿该电流互感器一周设有4根导流排(依次编号:1-4),其中2号导流排端部与互感器气室法兰面接触位置异常发热,现场采用钳形电流表测量了4根导流排的电流,见表2。

表2 CT导流排电流

Table 2 Circulating current of binding bar around CT

测量位置	1	2	3	4
电流/A	5.5	683.0	5.1	4.0

4根导流排设计为并联分流用,共同分担GIS外部感应电流,但由表2可知,感应电流基本仅从2号导流排流过,其他导流排几乎未起到分流作用。主要原因为GIS法兰面平整度欠佳,导致接触电阻分散性较大,部分导流排与法兰面的接触电阻过大,阻碍了电流的流通,感应电流均从接触电阻相对小的2号导流排流过,较大的电流在端部接触位置产生异常发热。

2.3 某550 kV GIS相间导流排异常发热

2016年7月对某变电站550 kV GIS进行红外测温时发现某线路A相出线套管根部相间导流排端部的连接面异常发热,热点温度72.2℃,检测时环境温度31℃,负荷电流519 A,可见光及红外图谱见图4。

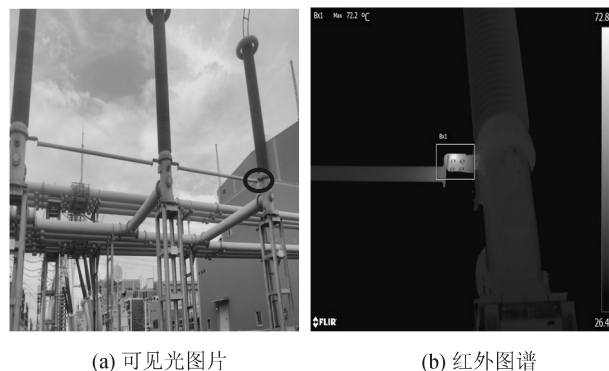


图4 出线套管相间导流排检测图谱

Fig. 4 Detection spectrum of binding bar between bushing

由图4可知,在出线套管根部有两根相间导流排将三相外壳相连,通过端部导流排、GIS外壳及其他位置相间导流排形成闭合回路,负荷电流在该回路中产生较大的环流。A相导流排端部连接面位置由于接触不良或部分氧化锈蚀,导致接触电阻不均,产生局部异常发热。

3 处理措施

针对以上3个案例,可采取如下处理措施:

1)对于案例1,可在螺栓与接地排间、接地排与构架间增加绝缘垫片,使接地排和构架之间绝缘,防止电流通过构架流通。

2)对于案例2,认真处理GIS法兰面与导流排的各个接触部位,以保证4根导流排的电接触连接良好。另外,部分厂家注意到了该问题的存在,设计时采用了图5所示的优化设计方案。



图5 CT法兰面优化设计

Fig. 5 Flange face of CT with optimal design

在法兰面与导流排的接触位置进行了专门的设计,增加了凸出部位,且对凸出面进行了处理以保证其平整度,大大降低了接触电阻的分散性,确保导流排起到均分流作用,对采用该设计的某电流互感器三相导流排电流进行了测量,结果见表3。

表3 优化设计的CT导流排电流

Table 3 Circulating current of binding bar around CT with optimal design

检测位置	CT一次侧	1	2	3	4
A	854.0	173.6	215.0	186.9	155.2
B	814.0	174.5	164.7	179.6	172.0
C	886.0	207.3	155.0	208.1	189.5

由表3可知,采用优化设计的各导流排电流在同一数量等级,基本达到均分外部环流的作用,均无异常发热情况。

3)对于案例3,可用工业百洁布对连接面进行研磨,研磨后用酒精清洗接触面,最后采用力矩扳手进行紧固,以减小接触电阻保证接触均匀,消除异常发热。

4 结语

GIS出线端部导流排异常发热是一种较为常见的现象,特别是高负荷的出线间隔。红外热像检测技术在GIS异常发热的检测中发挥了非常重要的作用,文中结合红外测温发现的几起GIS外部导流排异常发热实例,深入分析了异常产生的原因,并针对性的提出了处理措施,对GIS外部发热缺陷的分析和处理具有一定的参考价值与借鉴意义。

参考文献:

[1] 王少华,叶自强,梅冰笑. 输变电设备在线监测及带电检

- 测技术在电网中的应用现状[J]. 高压电器, 2011, 47(4): 84-90.
- WANG Shaohua, YE Ziqiang, MEI Bingxiao. Application status of online monitoring and live detection technologies of transmission and distribution equipment in electric network[J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(4): 84-90.
- [2] 邵进, 胡武炎, 贾风鸣, 等. 红外热成像技术在电力设备状态检修中的应用[J]. 高压电器, 2013, 49(1): 126-129.
- SHAO Jin, HU Wuyan, JIA Fengming, et al. Application of infrared thermal imaging technology to condition-based maintenance of power equipment[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(1): 126-129.
- [3] 陈仁刚, 冯新岩, 辜超, 等. 红外测温技术在GIS故障诊断中的应用[J]. 高压电器, 2015, 51(9): 190-194.
- CHEN Rengang, FENG Xinyan, GU Chao, et al. Application of infrared thermometry technology for the fault diagnosis GIS[J]. High Voltage Apparatus, 2015, 51(9): 190-194.
- [4] 李瑞, 汪本进, 王晓琪. GIS母线温度在线监测技术研究进展[J]. 高压电器, 2012, 48(11): 130-133.
- LI Rui, WANG Benjin, WANG Xiaoqi. Research progress on temperature monitoring of GIS bus[J]. High Voltage Apparatus, 2012, 48(11): 130-133.
- [5] 师晓岩, 查伟, 孙福, 等. UHV GIS内部温度场的红外热诊断技术[J]. 高电压技术, 2007, 33(6): 16-20.
- SHI Xiaoyan, ZHA Wei, SUN Fu, et al. Inner temperature distribution of UHV GIS using infrared thermo-diagnosis technology[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(6): 16-20.
- [6] 王俊波, 苗银银, 罗容波, 等. GIS触头接触状况检测现状分析[J]. 高压电器, 2013, 49(12): 137-140.
- WANG Junbo, MIAO Yinyin, LUO Rongbo, et al. Analysis of present situation of GIS contact detection[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(12): 137-140.
- [7] 李庆民, 王健, 李伯涛, 等. GIS/GIL中金属微粒污染问题研究进展[J]. 高电压技术, 2016, 42(3): 849-860.
- LI Qingmin, WANG Jian, LI Botao, et al. Review of metal particle contamination in GIS/GIL[J]. High Voltage Engineering, 2016, 42(3): 849-860.
- [8] 李红元, 陈禾, 吴德贯, 等. 用超声波检测法对GIL设备两次局放的诊断与分析[J]. 高压电器, 2016, 52(2): 68-73.
- LI Hongyuan, CHEN He, WU Deguan, et al. Diagnosis and analysis of two partial discharge in GIL equipment by ultrasonic detection method[J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(2): 68-73.
- [9] 颜湘莲, 王承玉, 宋杲, 等. 气体绝缘开关设备中SF₆气体分解产物检测与设备故障诊断的研究进展[J]. 高压电器, 2013, 49(6): 1-9.
- YAN Xianglian, WANG Chengyu, SONG Gao, et al. Recent progress in detection of SF₆ decomposition products and fault diagnosis for insulated switchgears[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(6): 1-9.
- [10] 苏镇西, 赵也. 设备吸附剂对SF₆气体分解产物检测结果影响的试验研究[J]. 高压电器, 2013, 49(6): 26-31.
- SU Zhenxi, ZHAO Ye. Experimental investigation into effects of adsorbents on detection of SF₆ decomposition products in SF₆ equipment[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(6): 26-31.
- [11] 张欣, 李高扬, 黄荣辉, 等. 不同运行年限的GIS缺陷率统计分析与运维建议[J]. 高压电器, 2016, 52(3): 184-188.
- ZHANG Xin, LI Gaoyang, HUANG Ronghui, et al. Statistical analysis of defects and maintenance advice for GIS in different operating years above 110 kV[J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(3): 184-188.
- [12] 唐炬, 潘建宇, 姚强, 等. SF₆在故障温度为300~400℃时的分解特性研究[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(31): 202-210.
- TANG Ju, PAN Jianyu, YAO Qiang, et al. Decomposition characteristic study of SF₆ with fault temperature between 300~400℃[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(31): 202-210.
- [13] 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 types and on-site diagnostic of PD test in GIS[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(11): 31-36.
- [14] 方丙涛. GIS母线波纹管调节螺杆发热分析及处理[J]. 山东工业技术, 2014(24): 20-22.
- FANG Bingtao. Analysis and treatment for connecting bolt heating of GIS bus bellows[J]. Shandong Industrial Technology, 2014(24): 20-22.
- [15] 刘帆, 汪洋, 白尧. GIS外部典型发热机理和防治措施研究[J]. 湖北电力, 2015, 39(10): 12-14.
- LIU Fan, WANG Yang, BAI Yao. Research on mechanism and restraining method of GIS typical external overheating[J]. Hubei Electric Power, 2015, 39(10): 12-14.
- [16] 魏春林, 王勇. 220 kV GIS外壳感应电流和相关发热故障处理[J]. 电工技术, 2010(4): 61-62.
- WEI Chunlin, WANG Yong. Treatment for overheating and circulating current in enclosure of 220 kV GIS[J]. Electric Engineering, 2010(4): 61-62.
- [17] 王文洪, 何满棠. 252 kV GIS设备罐体发热缺陷的原因分析[J]. 高压电器, 2009, 45(3): 148-150.
- WANG Wenhong, HE Mantang. Analysis of tank heating fault of 252 kV GIS equipment[J]. High Voltage Apparatus, 2009, 45(3): 148-150.
- [18] 骆桂英, 韩杰. GIS出线套管下部连接螺栓发热分析与处理[J]. 浙江电力, 2008(6): 71-72.
- LUO Guiying, HAN Jie. Analysis and treatment for connecting bolt heating under GIS busing[J]. Zhejiang Electric Power, 2008(6): 71-72.
- [19] 施围, 张亚婷, 吕鸿, 等. GIS母线外壳环流与暂态地

- 电位升高现象研究[J]. 陕西电力, 2008, 36(1): 11-14.
- SHI Wei, ZHANG Yating, LYU Hong, et al. Circulating current and transient ground potential rise phenomenon on GIS enclosure[J]. Shaanxi Electric Power, 2008, 36(1): 11-14.
- [20] 冯越琼. GIS接地问题的探讨[J]. 广东输电与变电技术, 2006(5): 56-58.
- FENG Yueqiong. Discussion on GIS grounding[J]. Guangdong Power Transmission Technology, 2006(5): 56-58.
- [21] 徐国政, 关永刚. GIS和GIL外壳环流及损耗的简化分析和估算[J]. 高电压技术, 2009, 35(2): 247-249.
- XU Guozheng, GUAN Yonggang. Simplified analysis and calculation on circulating current and power loss in enclosure of GIS and GIL[J]. High Voltage Engineering, 2009, 35(2): 247-249.
- [22] 张亚婷, 高 博, 贾 磊, 等. 800 kV分体结构GIS母线外壳环流特性的研究[J]. 电瓷避雷器, 2008(6): 31-35.
- ZHANG Yating, GAO Bo, JIA Lei, et al. Characteristics of the circulating current on 800 kV insulated phase bus enclosure[J]. Insulators and Surge Arresters, 2008(6): 31-35.
- [23] 郭 磊, 范 冕, 姚裕安. 550 kV GIS外壳感应环流特性的仿真分析[J]. 湖北工业大学学报, 2012, 27(1): 74-78.
- GUO Lei, FAN Mian, YAO Yu'an. Simulation analysis on in bus enclosure the circulating current of the 550 kV GIS[J]. Journal of Hubei University of Technology, 2012, 27(1): 74-78.
- [24] 王亚楠, 丁卫东, 苟 杨, 等. 气体绝缘金属封闭输电线路(GIL)接地问题探讨[J]. 高压电器, 2016, 52(4): 98-102.
- WANG Yanan, DING Weidong, GOU Yang, et al. Discussion of the grounding method of gas insulated transmission line[J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(4): 98-102.
- [25] 王飞鸣, 林 莘, 徐建源. 特高压气体绝缘开关设备接地系统环流计算与分析[J]. 电网技术, 2012, 36(7): 33-37.
- WANG Feiming, LIN Xin, XU Jianyuan. Calculation and analysis on circulating current in grounding system of UHV hybrid gas insulated switchgears[J]. Power System Technology, 2012, 36(7): 33-37.

宋东波(1987—), 男, 工程师, 硕士研究生, 主要从事超特高压设备带电检测及试验方面的研究工作。

(上接第 247 页)

- 因素研究[J]. 电网技术, 2009, 33(5): 58-61.
- LIU Youwei, WU Liyuan, GONG Yanpeng. Investigation on SF₆ decomposition products in GIS and affecting factors[J]. Power System Technology, 2009, 33(5): 58-61.
- [23] ZHANG Xiaoxing, YU Lei, TIE Jing, et al. Gas sensitivity and sensing mechanism studies on au-doped TiO₂ nanotube arrays for detecting SF₆ decomposed components[J]. Sensors, 2014, 14(10): 19517-19532.
- 吴俊杰(1984—), 男, 工程师, 博士, 主要从事输变电设备状态评价、外绝缘及电力设备新材料研究工作。