

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2015.05.033

超高压输变电设备发热缺陷的统计与分析处理

杨晓峰, 张 晗, 邓 军, 黄和燕

(中国南方电网超高压输电公司检修试验中心, 广州 510663)

摘要: 笔者对超高压输电公司从2009年1月至2013年5月期间的输变电设备发热缺陷进行统计,从缺陷的类型、时间、区域3个方面对设备的发热情况进行了总体分析,梳理出设备发热缺陷的原因和规律,归纳出需高度关注的设备和部件,并结合日常巡视维护、设备检修、技术改造,提出开展设备接头安装规范化管理工作、确定设备接头安装关键步骤工艺控制标准、校核设备接线板的载流能力等改进措施。

关键词: 输变电设备; 发热缺陷; 原因和规律; 改进措施

Statistics and Treatment of Overheating Defect of EHV Power Transmission Equipment

YANG Xiaofeng, ZHANG Han, DENG Jun, HUANG Heyan

(Maintenance & Test Center, CGS EHV Power Transmission Company, Guangzhou 510663, China)

Abstract: This paper counts the overheating defects of the power transmission equipment in EHV Power Transmission Company from January 2009 to May 2013. It analyzes the overall overheating cases in three aspects of the types, time and zones of the defects. It teases out the causes and the regular patterns of the overheating defects of equipment and generalizes the equipment and components which should be highly concerned. It proposes the targeted improvement measures combined with routine maintenance inspections, equipment overhaul and transformation, including standardized installation of equipment connectors, determining the process control standard of the key steps of the equipment connector installation and checking the current carrying capacity of the equipment wiring boards.

Key words: power transmission equipment; overheating defect; cause and regular pattern; improvement measures

0 引言

电力设备的发热缺陷影响电网的安全运行,虽然不可能根除,但了解其产生的原因及控制措施,就能及时发现、处理和预防直流设备的发热,同时对降低检修成本、提高电网安全运行起着十分重要的作用^[1-10]。

笔者对超高压输电公司从2009年1月至2013年5月期间的直流设备发热缺陷进行统计,着重分析直流设备发热缺陷的原因和规律,归纳出需高度关注的设备和部件,并结合日常巡视维护、设备检修、技术改造提出有针对性的改进措施^[11-13]。

1 直流设备总体发热情况分析

1.1 缺陷的类型分析

2009年1月至2013年5月,超高压输电公司

4条直流系统共发生设备发热缺陷311起,其中紧急缺陷14起,占4.50%;重大缺陷37起,占11.90%;一般缺陷260起,占83.60%。分布见图1。

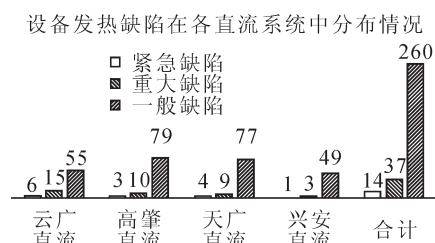


图1 直流设备发热缺陷类型分布图

Fig. 1 Type distribution of overheating defects of DC

1.2 缺陷的时间分析

直流设备发热缺陷发生年份分布图见图2,对上述311项缺陷按照发生年份进行分析。2010年直流设备发热缺陷达到90起,为近4年来最多,主要原因是云广直流刚投运,由于安装质量问题导致两

侧换流站发生 33 起交流滤波器设备连接头发热缺陷。2012 年发生直流设备发热缺陷 87 起, 主要原因为 2012 年直流负荷较大, 交流滤波器电容器设备接头为线一面连接, 易氧化, 重负荷时氧化加剧, 导致两侧换流站发生 41 起交流滤波器电容器设备连接头发热缺陷。

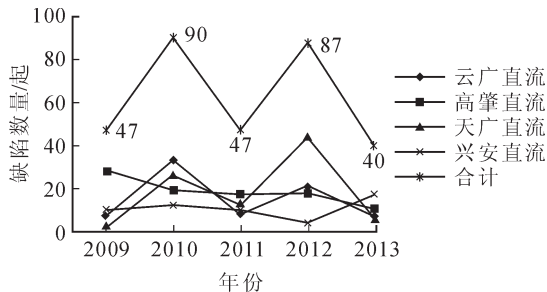


图 2 直流设备发热缺陷发生年份分布图

Fig. 2 Year distribution of overheating defects of DC device

2009 年至 2013 年直流设备发热缺陷按月度分析见图 3。从图 3 中可以看出, 受环境温度和长时间满负荷运行的影响, 直流设备在 7 月和 8 月是发热缺陷的高发期。从 9 月开始, 随着直流系统负荷的下降及环境温度的降低, 直流设备发热缺陷的数量逐渐下降。

四条直流缺陷数量按月分布图

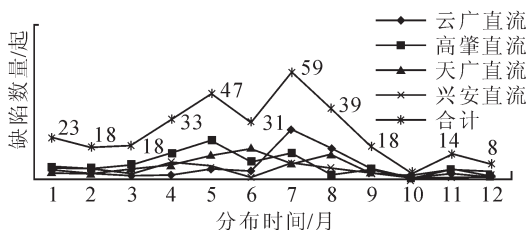


图 3 直流设备发热缺陷月份分布图

Fig. 3 Month distribution of overheating defects of DC device

1.3 缺陷的区域分析

将直流设备分为交直流滤波器、换流变、直流场、阀厅和阀冷 5 个区域。发热缺陷区域分布见图 4。

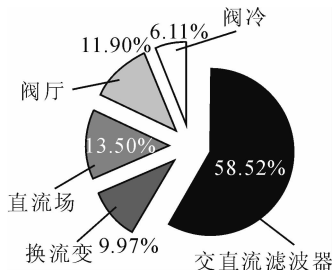


图 4 直流设备发热缺陷区域分布图

Fig. 4 Zone distribution of overheating defects of DC device

从图 4 中可以看出, 58.52% 发热缺陷发生在交直流滤波器区域, 该区域接线复杂, 接头数量多、运行温度高且受设备运行时长期震动的影响, 易发生接头松动、氧化导致发热。换流阀设备的发热缺陷主要发生在阀模件连接导线接头处, 直流场设备的发热缺陷多发生在直流开关的触头和导线连接处, 换流变的发热点在本体控制箱内的端子及导线, 阀冷系统的发热缺陷多发生在电机轴承处。

2 直流设备发热缺陷原因分析

2.1 缺陷原因总体情况

一般情况下, 电气设备的发热故障基本上都是集中在设备本体或导线连接部位, 发生在导线连接部位的发热主要表现在接头接触面氧化和腐蚀、螺栓松动、设计载流量不足、导线散股等方面, 见图 5。从公司直流设备发热缺陷的统计发现, 导线连接部位上的发热缺陷有 264 起, 占发热缺陷总数的 84.89%。发生在设备本体上的发热缺陷有 24 起, 占发热缺陷总数的 7.72%。此外, 阀冷系统水泵轴承机械磨损、电机损坏和控制元件故障等其他原因引起的发热有 23 起, 占发热缺陷总数的 7.40%。

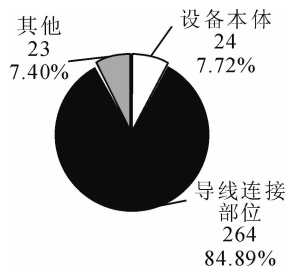


图 5 直流设备发热缺陷部位分布图

Fig. 5 Position distribution of overheating defects of DC device

2.2 缺陷原因分析

2.2.1 设备本体缺陷

属于直流设备的本身缺陷引起的发热缺陷主要有电容器漏油或鼓包, 直流线路避雷器外绝缘损坏, 直流 PLC 接地电缆放电、平抗均压环四周螺栓发热冒烟等。设备本体导致的发热通常意味着设备已无法继续运行, 需要立即停电更换或处理。

2.2.2 接触面氧化和腐蚀

实际上, 电气接头的接触面无论压接多紧, 总会有缝隙, 长时间运行后, 在接触面会形成一层氧化膜, 增大接头的接触电阻, 接触电阻的增大使此部位运行时接头发热, 接头发热又会加速接触面的氧化, 如此反复, 最后形成发热缺陷。为了防止这种接触面氧化, 目前多采用涂抹导电膏的方式填补空隙, 由于缺少对导电膏涂抹厚度、热稳定性能的考

核标准,以及多数劣质导电膏在运行一段时间后固化成块,反而不利于接触面的充分接触而加速了接头的发热。

实例分析:2012年7月27日,进行满负荷红外特巡时,发现极I低端阀组低压侧00140隔离开关靠平波电抗器侧转轴内部温度达102℃,其他同类开关为40℃左右。

从红外图像看出,通过带电盒边角的观察孔进行红外测温,发热点位于带电盒内部,见图6、7^[14-17]。



图6 00140开关发热红外照片

Fig. 6 Infrared photo of the overheating of 00140



图7 00140开关外观图

Fig. 7 External view of 00140

检查发现,软连接线接头出现氧化或腐蚀情况,对该发热带电盒内软连接线接头进行检查处理,对软连接线进行更换,使用3M系列工业百洁布(紫色等级)对接触头进行了打磨,重新涂抹薄层导电膏并按要求力矩进行紧固处理后温度恢复正常。

2.2.3 螺栓松动

导致螺栓松动的最根本原因是对螺栓的紧固压力控制不到位引起的。一方面,在安装过程中或者检修完成后,由于安装人员工作失误,对设备检修或试验时必须拆开设备的部分连接点,工作到结束后再恢复原样,本应安装垫圈的,未安装垫圈,本应对螺栓进行力矩确认的,未按照合适力矩进行核实等。另一方面,在紧固时螺栓也不能拧得过紧,否则当螺母的压力达到某临界压力值时,继续增加压力,将会造成接触面部分变性隆起,接触电阻增大,因此在螺栓紧固时要松紧适中,GBJ 149—1990《电气装置安装工程母线装置施工及验收规范》中专门就此列出了钢制螺栓的紧固力矩值^[18]。

设备长时间的持续振动也是引起螺栓松动的原因之一。在实际运行中,即使在接头维护时螺栓力矩检验合格,但在运行一段时间仍出现了螺栓松动。这种由于振动引起的螺栓松动主要是由于不含防松装置或者防松装置锁紧力不足引起的。

实例分析:某站曾经发生一起由于开关两端接线座软导电带处螺栓松动引起的发热缺陷,见图8,将开关两端导电盒内的软铜带完全拆下,对软铜带连接板的固定螺栓以及接触面进行了仔细检查,未发现明显烧灼以及放电痕迹,之后再使用3M系列工业百洁布(紫色等级)对各接触面进行了打磨、清洁,在均匀涂抹薄层导电膏后按标准力矩进行了紧固恢复,发热缺陷消除。



图8 螺栓松动引起的发热缺陷

Fig. 8 Overheating defects caused by loose bolts

2.2.4 导线散股

导线散股是交直流滤波器电容器接头发热常见的现象。究其原因,是由于多股软铜线的安装工艺不良容易发生断股,引起导线载流面积变小导致发热,某站交流滤波器电容器曾多次发生导线散股引起的发热缺陷。

2.2.5 设计载流量不足

电气设备接头截面积及所采用导线、螺栓等均有一定的载流限制,如果在设计时考虑的裕度太小,或是设计的结构对安装工艺要求高,则在长时间、大负荷运行下,极易引起接头发热。如某站263交流滤波器电容器接线发热、某站阀冷系统1号主泵启动器三相出线的接头发热,是上述原因的具体表现^[19-22]。

3 结论

通过以上对超高压输电公司2009年1月至2013年5月直流设备发热缺陷统计和发热原因的分析,总结了公司直流设备发热缺陷管控工作中的不足,有针对性地提出了以下工作措施和建议:

1)开展直流设备接头安装规范化管理工作。目前各单位根据以往的检修经验,在直流设备连接接头的安装工艺上都有各自不同的控制标准,在现场实际应用的效果也各有利弊。将直流设备接头安装标准纳入公司一体化作业标准中,以规范现场人员

开展接头安装工作,杜绝人员差异引起的工艺不同。

2)直流设备连接接头安装关键步骤工艺控制标准的确定。在直流设备接头安装的过程中,接触面抗氧化处理、螺栓压紧和安装质量验收是3个关键步骤,必须有相应的标准对其工艺进行控制。

3)督促厂家对直流设备接线板的载流能力进行校核,以判断其载流能力是否满足长期满负荷运行的要求,必要时对设备接线板进行改造。

4)对滤波器电容器接头频繁发热开展相关的技术研究。

5)加强对直流设备红外测试技术的研究,收集整理直流设备发热缺陷的典型图谱,针对直流设备各类型的发热缺陷建立图谱库。

参考文献:

- [1] 陈云杰. 电气设备接头发热的分析与处理[J]. 广西电力, 2009,32(6):74-76.
CHEN Yunjie. Analysis and treatment of tie-in overheating of electric device[J]. Guangxi Electric Power, 2009,32(6):74-76.
- [2] 王 峰. 变电设备接头发热的原因分析和预防[J]. 宁夏电力, 2009(5):26-27.
WANG Feng. The measures of preventing the joint heating phenomenon for transformation equipment[J]. Ningxia Electric Power, 2009(5):26-27.
- [3] 郭 欣. 变电站设备接头发热的分析及预防[J]. 青海电力, 2009,28(z1):59-63.
GUO Xin. Analysis on equipment connector heating in substation and prevention[J]. Qinghai Electric Power, 2009,28(z1):59-63.
- [4] 曾喜闻,凌 云. GIS 电流互感器局部过热原因分析及处理[J]. 湖北电力, 2009,33(3):15.
ZENG Xiwen, LING Yun. Cause analysis and treatment for partial excess temperature of GIS TA[J]. Hubei Electric Power, 2009,33(3):15.
- [5] 陈德枫,陈晓军,蔡洪腾. 一起 110 kV 线路型 CVT 的过热故障分析[J]. 电力电容器与无功补偿, 2014,35(3):79-82.
CHEN Defeng, CHEN Xiaojun, CAI Hongteng. Overheat fault of line type CVT of 110 kV[J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2014,35(3):79-82.
- [6] 温 建,程汉湘. 变压器绕组异常发热故障的检查及预防[J]. 广东输电与变电技术, 2007(2):60-63.
WEN Jian, CHENG Hanxiang. Inspection and prevention of abnormal heat fault in transformer winding[J]. Guangdong Power Transmission Technology, 2007(2):60-63.
- [7] 王 葵,商 莹. 谐波情况下变压器发热分析和出力下降计算[J]. 电力系统保护与控制, 2009,37(21):50-53.
WANG Kui, SHANG Ying. Transformer overheating analysis and derating calculation under harmonic[J]. Power System Protection and Control, 2009,37(21):50-53.
- [8] 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.
- [9] 刘益军,王 岩,李 慧,等. 110 kV 主变套管污秽缺陷的诊断分析与处理[J]. 绝缘材料, 2013,46(1):60-62.
LIU Yijun, WANG Yan, LI Hui, et al. Diagnostic analysis and treatment of 110 kV main transformer bushing pollution defect[J]. Insulating Materials, 2013,46(1):60-62.
- [10] 马国鹏,何云良,吴良军,等. 500 kV 线路避雷线发热原因分析和处理[J]. 电瓷避雷器, 2013(3):128-131.
MA Guopeng, HE Yunliang, WU Liangjun, et al. Processing and analysis on superheat of the lightning line of 500 kV transmission line[J]. Insulators and Surge Arresters, 2013(3):128-131.
- [11] Q/CSG 114002—2011 电力设备预防性试验规程[S]. 2011.
- [12] 牛玉朕,单名山,李训强. 电气设备的发热故障分析及处理[J]. 电气开关, 2009,47(3):12-14.
NIU Yuzhen, SHAN Mingshan, LI Xunqiang. Analysis and treatment of heat fault of electrical equipment[J]. Electric Switchgear, 2009,47(3):12-14.
- [13] 唐新文,刘定友,沙 林,等. SLZ8-315/10.5 型干式变铁心夹件连接螺杆发热分析及处理[J]. 高压电器, 2008,44(2):185-186.
TANG Xinwen, LIU Dingyou, SHA Lin, et al. Analysis and process of calorific problem of connection screw rod for core fastener of dry-type transformer SLZ8-315/10.5[J]. High Voltage Apparatus, 2008,44(2):185-186.
- [14] DL/T 664—2008 带电设备红外诊断技术应用导则[S]. 2008.
DL/T 664—2008 Technical guide for infrared diagnosis of alive equipment[S]. 2008.
- [15] 陈宝怡. 红外诊断技术在高压断路器内部发热故障中的应用[J]. 高压电器, 2011,47(5):92-95.
CHEN Baoyi. Application of infrared diagnostic technology in high voltage circuit breaker internal heat fault[J]. High Voltage Apparatus, 2011,47(5):92-95.
- [16] 田兴旺,唐晓玲,吕家圣. 红外诊断在高压直流输电系统阀电抗器发热故障分析中的应用[J]. 高压电器, 2008,44(5):469-471.
TIAN Xingwang, TANG Xiaoling, LYU Jiasheng. Application of infrared diagnosis in valve reactor overheat analysis of HVDC transmission project[J]. High Voltage Apparatus, 2008,44(5):469-471.
- [17] 王运生. 红外技术诊断电缆头过热缺陷[J]. 高电压技术, 2004,30(z1):105-106.
WANG Yunsheng. Diagnoses of overheat defectiveness of

(下转第 187 页)

教育出版社, 1985.

- [13] R.M.琼斯. 复合材料力学[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1981.
- [14] 苏菊芳, 张红军, 文亚宁, 等. CT20 弹簧操动机构在 252 kV 高压断路器中的应用[J]. 高压电器, 2011, 47(6): 87-90.
SU Jufang, ZHANG Hongjun, WEN Yaning, et al. Application of CT20 spring operating mechanism to 252 kV HV circuit-breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(6): 87-90.
- [15] 常晓飞, 符文星, 闫 杰. 便携式应变采集分析系统的设计[J]. 测控技术, 2011, 30(5): 98-100.
CHANG Xiaofei, FU Wenxing, YAN Jie. Design of portable strain signal acquisition and analysis system[J]. Measurement & Control Technology, 2011, 30(5): 98-100.
- [16] 周兵谊, 王 勇, 曹 亮. 基于静态应变测试系统的应变与位移测试方法研究[J]. 机械与电子, 2005(6): 17-19.
ZHOU Bingyi, WANG Yong, CAO Liang. Study on stress and displacement measurement based on static strain testing system[J]. Machinery & Electronics, 2005(6): 17-19.
- [17] 曾清红, 卢德唐. 基于移动最小二乘法的曲线曲面拟合[J]. 工程图学学报, 2004, 25(1): 84-89.

ZENG Qinghong, LU Detang. Curve and surface fitting based on moving least-squares methods[J]. Journal of Engineering Graphics, 2004, 25(1): 84-89.

- [18] 陆 健. 最小二乘法及其应用[J]. 中国西部科技, 2007(19): 19-21.
LU Jian. Least squares method and its application[J]. Science and Technology of West China, 2007(19): 19-21.
- [19] 申永胜. 机械原理教程[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [20] 程崇恭. 机械运动简图设计[M]. 北京:机械工业出版社, 1994.

刘雅妮(1982—), 女, 双学士, 主要从事高压开关设备的产品工艺工作。

朱琦琦(1982—), 男, 博士, 主要从事高压开关设备的研发和计算。

李 渊(1985—), 男, 学士, 主要从事高压开关设备的产品工艺工作。

王 状(1985—), 男, 学士, 主要从事高压开关设备的试验与检测工作。

(编辑 吴俊丽)

(上接第 183 页)

the cable head by infrared technique[J]. High Voltage Engineering, 2004, 30(z1): 105-106.

- [18] GB/J 149—1990 电气装置安装工程母线装置施工及验收规范[S]. 1990.
- [19] 黄小卫. GW4 型隔离开关导电部位发热缺陷分析及消除对策[J]. 电气开关, 2013, 51(5): 83-85.
HUANG Xiaowei. Heat defect analysis and countermeasures for conductive part of GW4 type isolating switch[J]. Electric Switcher, 2013, 51(5): 83-85.
- [20] 石延辉, 谢 超, 张志浩. 电气设备接头发热原因统计分析及预防措施[J]. 南方电网技术, 2013, 7(2): 126-129.
DAN Yanhui, XIE Chao, ZHANG Zhihao. The statistical analysis on overheat causes of electrical equipment connectors and related preventive measures[J]. Southern Power System Technology, 2013, 7(2): 126-129.
- [21] 任荣勇. 电气设备发热故障的预防和处理[J]. 冶金动力, 2005, 4(4): 7-8.

REN Rongyong. Precaution and treatment of heating failures of electric plant[J]. Metallurgical Power, 2005, 4(4): 7-8.

- [22] 梁方建, 张道乾. GW5-110 型隔离开关触头发热缺陷分析及检修处理[J]. 高压电器, 2008, 44(1): 88-90.
LIANG Fangjian, ZHANG Daoqian. Reason analysis and maintenance for overheat faults of type GW5 -110 disconnecter contact[J]. High Voltage Apparatus, 2008, 44(1): 88-90.

杨晓峰(1983—), 男, 工程师, 主要从事高压试验工作。

张 晗(1987—), 男, 助理工程师, 硕士, 主要从事高压试验工作。

邓 军(1985—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事高压试验工作。

黄和燕(1984—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事高压试验工作。

(编辑 吴俊丽)