

220 kV 电缆中间接头主绝缘击穿事故分析

段肖力¹, 汤美云², 林峰², 叶会生¹

(1. 湖南省电力试验研究院, 湖南长沙 410007; 2. 湖南省电力公司, 湖南长沙 410007)

摘要: 通过相关试验, 确定一 220 kV 架空线、电缆混合线路的故障点, 对事故情况调查, 事故电缆中间接头解体、分析, 认为产品制造质量, 即产品所采用的材质或制造工艺不良是本次电缆中间接头主绝缘击穿事故的主要原因, 提出了相应的处理建议和预防同类事故的措施。

关键词: 电缆中间接头; 主绝缘击穿; 事故分析

中图分类号: TM247

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)06-0142-03

Analysis on Breakdown of Main Insulation on Middle Joint of 220 kV Power Cable

DUAN Xiao-li¹, TANG Mei-yun², LIN Feng², YE Hui-sheng¹

(1. Hunan Electric Test and Research Institute, Changsha 410007, China;

2. Hunan Electric Power Company, Changsha 410007, China)

Abstract: The failure position of a 220 kV cable & overhead mixed line accident is detected via tests. By analyzing the middle joint of cable it is found that improper product material or fabrication process mainly caused this accident. Corresponding suggestions are put forward to prevent this kind of accident.

Key words: middle joint of cable; main insulation breakdown; accident analysis

0 引言

某 220 kV 架空线、电缆混合线路发生 A 相接地故障, 重合闸动作不成功。故障线路接线图见图 1。

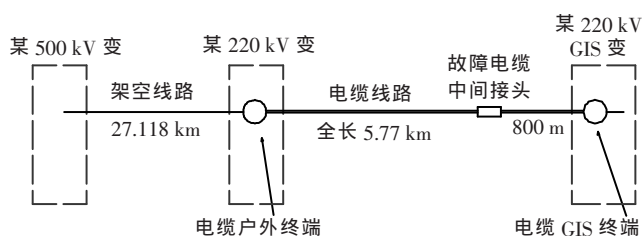


图 1 发生绝缘事故的电缆中间接头接线图

电缆为单芯交联聚乙烯(XLPE)电力电缆, 型号为 XLPE-220-1200, 额定电压为 220 kV, 导体截面为 1 200 mm², 电缆长度为 5 770 m, 每相电缆有 11 个中间接头, 为全橡胶绝缘预制式中间接头, 电缆敷设于电缆隧道, 运行环境良好, 交接时通过试验电压

加压 180 kV、1 h 的交流耐压试验, 投运时间 2002 年 10 月。

1 事故情况

线路故障后, 检查架空线、电缆全线, 未发现明显故障点, 现场勘查发现电缆户外终端支架下绿化草皮被火烧掉约 10 m², 电缆两端外护套接地箱接地线有大电流流过、灼烧的痕迹。雷电定位中心对故障时段段落雷情况进行检查, 故障时段内全线无落雷, 排除了线路雷击跳闸的可能性, 故障时段内系统无操作。电缆户外终端处避雷器(线路避雷器)放电计数器未动作, 线路无足够高过电压侵入。

解开架线与电缆之间的连接, 单独进行电缆的相关试验, 绝缘电阻为 0, 用万用表测量 A 相电缆芯线与地之间电阻为 114 Ω, 对电缆试加交流电压, 电压加不上, 确认电缆发生永久性低阻接地故障^[1]。用电缆故障测试车对故障电缆进行定位, 电缆 A 相 2 号中间接头有明显放电声, 故障电缆中间接头外观正常, 无明显击穿点, 无鼓肚变形现象。

收稿日期: 2009-07-05

作者简介: 段肖力(1973), 男, 工程师, 从事电力系统高电压技术的试验研究工作。

对故障预制中间接头解体进行检查,发现电缆主绝缘、导体及应力锥无明显放电痕迹,右侧环氧绝缘筒下部有大量碳化粉末及金属熔渣,环氧件内右侧铝法兰有大量碳化粉末覆盖其上,卸下环氧体,测量铝电极对外壳绝缘电阻为0。发现环氧件铜套外表面约400 mm×500 mm有大电流灼烧痕迹,内表面布满黑色碳化粉末物,见图2。



图2 故障电缆中间接头铜套外观图

打开环氧体铜套,发现环氧体外表面200 mm×300 mm有不规则圆形爆裂,中心点深约40 mm,见图3。



图3 故障电缆中间接头环氧件外外观图

环氧件内铝电极表面因大电流流过,形成100 mm×37 mm熔化通道,环氧件外表面金属导电漆及金属屏蔽带多处脱落,见图4。



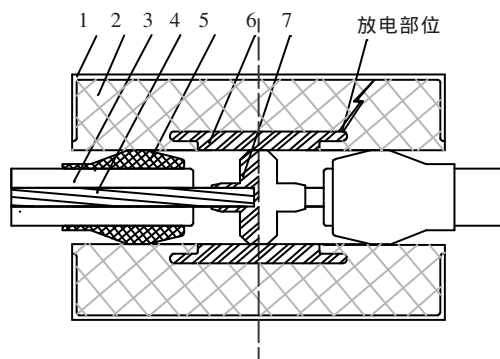
图4 故障电缆中间接头击穿点图

2 事故原因分析

2.1 电缆中间接头故障原因分析

本次线路故障产生的原因是预制电缆中间接头

环氧件内主绝缘(环氧体)径向击穿,击穿点根部位位于环氧件内铝电极端部圆弧处,为局部场强集中部位(见图5),在运行过程中发生接地故障,经分析认为,主绝缘(环氧件)击穿应为产品制造质量,即产品所采用的材质或制造工艺不良引起。



1—环氧件铝外壳;2—环氧体;3—电缆本体主绝缘;
4—电缆本体铜导线;5—应力锥;
6—环氧件内铝电极;7—电缆导线铜接头。

图5 电缆中间接头结构图

2.2 绿化草皮起火及接地线过流、灼烧原因分析

本次故障电缆金属外护套接地方式采用交叉互联方式接地^[2,3],每相电缆金属外护套分成4组,每组3段,3段之间交叉互联后两端直接接地,见图6^[4]。

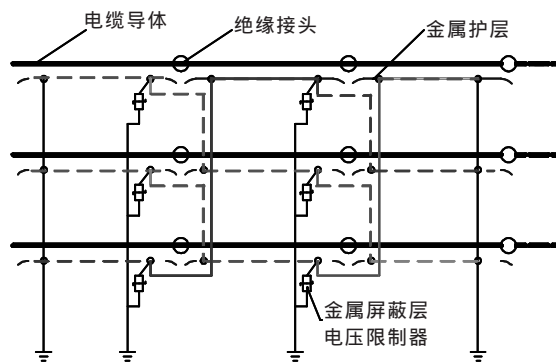


图6 电缆外护套交叉互联接地示意图

根据以上接地方式,得到在金属外护套上流过的电流与电压的等值电路图,见图7。图7中, $R+jX$ 为每段金属外护套等值阻抗; $R_{地}$ 为两接地点之间的地电阻; U_A, U_B, U_C 为电缆芯线电流在金属外护套中产生的感应电动势; U'_A, U'_B, U'_C 为其他电流在金属外护套中产生的感应电动势; I_1, I_2, I_3 为每条支路的电流; $I_{总}$ 为入地总电流。

据以上电路图分析,当交叉互联3段电缆长度一致,成“品”字形布置,正常运行时,三相负载基本对称的情况下, U_A, U_B, U_C 幅值相等,相位互差 120° ,而 U'_A, U'_B, U'_C 幅值与 U_A, U_B, U_C 比较要小得多,所以 $I_1=I_2=I_3=0$,即每条支路上的电流为0,入地总电流

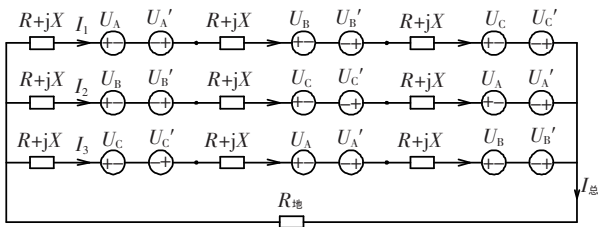


图 7 电缆外护套接地电流等值图

$I_1+I_2+I_3=0$ ^[5,6]。当系统发生 A 相故障接地后, A 相故障电流远大于正常相电流,在 A 相电缆金属外护套会感应远大于正常相的感应电势,那么在每相电缆金属外护套感应的电动势 $U_A \gg U_B, U_A \gg U_C$, 即每条支路上的电流为 I_A (A 相金属护套上感应电势产生的电流), $I_1=I_2=I_3=I_A$, 入地总电流 $I_{总}=3I_A, I_{总} \approx I_0$ (故障时零序电流), 会在电缆终端金属外护套接地箱接地引线通过短路大电流, 引起发热、发红, 接地螺栓接触不良处拉弧, 引燃易燃物, 形成烧灼痕迹。

3 结论及建议

(1) 电缆附件的质量直接影响整个电缆的安全稳定运行, 其最终质量取决于附件的设计、生产、安装质量和产品所采用的材质。电缆中间接头又是电缆安全稳定运行中的薄弱点和事故多发点, 本次事故故障电缆中间接头主绝缘击穿, 发生两次 220 kV 对地短路, 由于主绝缘外采用了 5 mm 厚防爆铜质外壳, 没有造成事故的扩大、蔓延。电缆中间接头在设计制造中应借鉴本次事故的经验, 在主绝缘外采

用防爆措施, 防止电缆中间接头故障后造成事故的扩大和蔓延。

(2) 电力电缆局部放电量与电力电缆绝缘状况密切相关, 局部放电量的变化预示着电缆绝缘一定存在着可能危及电缆安全运行寿命的缺陷。国内、外专家学者, IEC、IEEE 以及 CIGRE 等国际电力权威机构一致推荐局部放电试验是作为 XLPE 电力电缆绝缘状况评价的最佳方式。但是, 鉴于电力电缆局部放电信号微弱, 波形复杂多变, 极易被背景噪声和外界电磁干扰噪声淹没, 电力电缆局部放电试验长期以来仅作为电缆产品出厂质量评定的手段, 且局限在屏蔽良好的试验室内完成^[7]。

(3) 电缆金属护套接地箱接地方式的探讨, 电缆金属护套接地箱接地电缆截面应能满足故障情况下动、热稳定性的要求。

参考文献:

- [1] 于景丰. 电力电缆应用技术问答[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- [2] GB 50217-94 电力工程电缆设计规范[S].
- [3] DL/T 5221-2005 城市电力电缆线路设计技术规定[S].
- [4] 牛海清, 王晓斌, 蚁泽沛, 等. 110 kV 单芯电缆金属护套环流计算与试验研究[J], 高电压技术, 2005, 31(8): 15-17.
- [5] 贾欣, 曹晓珑, 喻明. 单芯电缆设计及护套环流时的截流量[J], 高电压技术, 2001, 27(1): 25-26.
- [6] 陈明远. 计算方法教程[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1992.
- [7] 罗俊华, 邱毓昌, 马翠姣. 基于局部放电频谱分析的 XLPE 电力电缆在线监测技术[J], 电工电能新技术, 2002(1): 39-40.

(上接第 141 页)

果进行复核, 确保不发生误评和漏评。发现异常, 应进行重新评定, 需要补焊的及时进行了补焊。

(7) 对现场试验检测人员加强了技术培训, 技术负责人加强了现场监督, 确保密封试验和水压试验方法的正确性。

4 监造工作应注意的几个问题

(1) 监造人员应熟练掌握监造工作中的实施细则、技术条件、有关专业标准、制造厂图纸、工艺流程、检测仪器以及外协件的有关信息等。

(2) 加强对薄弱点的监督, 不留死角。

(3) 加强对关键检测项目的监督。关键检测项目

应进行旁站监造, 不能马虎。如设备的出厂试验等, 一定要现场监造到底。

(4) 加强对检测结果的监督。设备的检测结果非常重要, 应对所有数据进行核对。同时也应注意对检测时间、使用仪器、试验人员等进行核实。

参考文献:

- [1] 国家电网公司特高压建设部. 1 000 kV 晋东南-南阳-荆门特高压交流试验示范工程 南阳 1 100 kV HGIS 设备监造实施细则[R]. 北京: 国家电网公司特高压建设部, 2007.
- [2] 国家电网公司特高压建设部. 晋东南-荆门 1 000 千伏特高压交流试验示范工程南阳开关站 1 100 千伏 HGIS 供货合同 附件 5 技术协议[R]. 北京: 国家电网公司特高压建设部, 2006.