

## 一起 110 kV 电缆终端特殊部位发热的分析处理

王雨阳, 王永强, 王浩  
(南京供电公司, 江苏南京 210013)

**摘要:**介绍了一起 110 kV 电缆终端构架撑杆螺栓发热缺陷。通过对电缆设备进行检查分析, 确认接地扁铁与接地网接触不良以及中间接头处护层接线连接错误是导致发热的主要原因, 并针对这一情况制定了相应的处理对策, 为今后类似问题的解决提供参考。

**关键词:**电缆终端; 构架撑杆螺栓; 发热

**中图分类号:**TM726.4

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)01-0009-02

随着社会经济的发展和城市美化建设的需要, 越来越多的高压电缆应用到输电线路中, 架空线-电缆混联线路<sup>[1]</sup>的规模逐年增大, 南京城区 110 kV 电缆化率已达 40% 以上。随着电缆设备规模的不断加大, 电缆设备的故障率也在逐年攀升, 导致电缆设备故障的原因主要有产品生产质量问题、安装工艺不良、外力破坏等。文中主要介绍南京供电公司 2013 年红外测温中发现的一起 110 kV 电缆终端构架撑杆螺栓部位发热缺陷, 通过对发热部位的检查、分析, 最终确认缺陷产生的原因, 并提出了具体的处理措施。

## 1 设备概况

110 kV 莫虎 2 号线为架空线-电缆混联线路, 线路全长 4.567 km, 架空线长 1.727 km, 电缆长 2.84 km, 电缆共分两段, 如表 1 所示。莫愁变至 1 号塔段电缆工程分 2 次施工, 一次是 2002 年 9 月投运, 另一次是 220 kV 莫愁变电站改造, 将原莫愁变电缆延伸至新莫愁变 110 kV GIS 室, 新老电缆通过一组绝缘中间接头对接, 于 2011 年 5 月投运。

表 1 110 kV 莫虎 2 号线电缆设备明细

| 起始位置      | 电缆厂家 | 长度/km | 投运日期       |
|-----------|------|-------|------------|
| 莫愁变—1号塔   | 日本住友 | 0.19  | 2002-09-12 |
|           | 山东阳谷 | 0.25  | 2011-05-30 |
| 12号塔—上海路变 | 宝胜电缆 | 2.4   | 2001-01-10 |

注: 电缆型号均为 YJLW03-1×630。

## 2 发热情况

2013 年 1 月 10 日 20:50, 红外测温发现 110 kV 莫虎 2 号线 1 号塔电缆终端 B、C 相构架撑杆螺栓发热。现场测得 A、B、C 相构架撑杆螺栓温度分别为 2.5 °C, 25.74 °C, 32.02 °C, A、C 相温差为 29.52 °C, 相对温差达 92.2%。参照规范要求, 热点温度 >90 °C 或

相对温差  $\geq 80\%$ , 为严重缺陷<sup>[2]</sup>。连续多天跟踪监测发现, 发热部位温度始终维持在这一水平。

## 3 原因分析

电缆构架属于电流致热型设备<sup>[3]</sup>, 发热是由于有电流做功, 分析该段电缆金属护层接地方式, 判断该部位产生电流有 3 种可能: (1) 莫愁变 GIS 终端侧电压护层保护器<sup>[4]</sup>发生击穿, 导致电缆护层中的感应电流形成闭合回路; (2) 中间接头处存在接地点, 感应电流在中间接头至 1 号塔段通过回流线形成环流; (3) 中间接头至 1 号塔段电缆金属护套已经损坏, 存在接地点。

(1) 调度 OPEN-3000 系统显示, 1 月 10-18 日 110 kV 莫虎 2 号线最高荷载为 137.88 A, 远小于正常载流能力 725 A。线路运行状态良好, 未发生任何过载及过电压情况。检查莫愁变 GIS 终端侧电压护层保护器, 钳形电流表测得保护器进线同轴电缆内部三相电流均为零, 可以确定保护器工作状态良好, 未发生击穿, 排除因电压护层保护器发生击穿产生环流的可能。

(2) 检查发现, 1 号塔电缆终端 B、C 相构架撑杆螺栓锈蚀严重, 测得构架 A、B、C 三相接地电阻分别为 18.5  $\Omega$ , 0.7  $\Omega$ , 0.6  $\Omega$ 。在无特殊要求下, 110 kV 电缆终端接地电阻应不大于 1.0  $\Omega$ , 故 A 相接地不合格。进一步检查发现, A 相接地扁铁与地下接地网连接明显松动、不牢固。钳形电流表测得尾管接地线内部 A、B、C 三相电流分别为 149.2 A, 154.4 A, 156.7 A。可以判定电缆护套中的感应电流已形成了环流。运行中电缆金属护套长期存在环流, 导致电缆发热, 不仅降低了线路的载流量, 还会加速电缆绝缘老化, 缩短电缆使用寿命。

(3) 测得中间接头处接地箱外壳接地线电流为 90 A, 说明此处有接地点, 打开接地箱后发现接地箱内 A、B、C 三相同轴电缆各自与铝排相接, 并通过横向铝排短接后经接地端子接地, 如图 1 所示。根据现场接地箱安装情况, 110 kV 莫虎 2 号线莫愁变至 1 号塔段电缆金属护层接地方式如图 2 所示。电缆金属护层中的感

应电压产生感应电流,在铝排互联后接地,感应电流通过回流线形成回路,产生了环流。



图1 中间接头接地箱内铝排连接情况

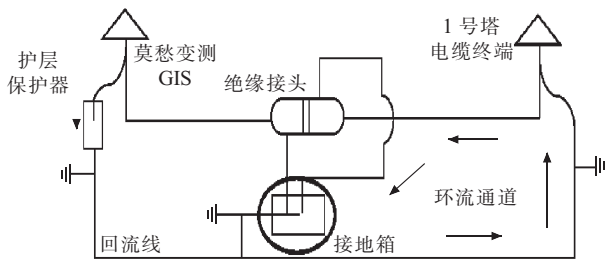


图2 莫虎2号线电缆金属护层接地方式

如图3所示,在A相接地不良的情况下,A相尾管接地线中的电流无法接地释放,沿站柱上行,向B、C相接地处流动,通过槽钢时,由于B、C相构架撑杆螺栓氧化锈蚀,电阻较大,从而产生明显的发热现象。

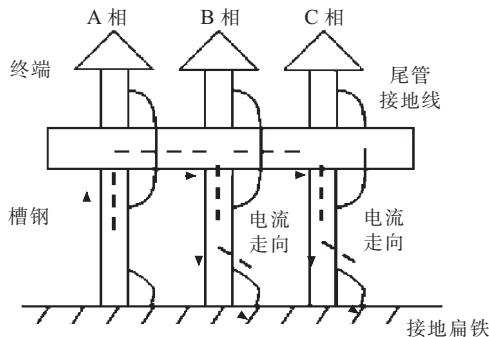


图3 1号塔电缆终端架构简图

#### 4 整改措施

对于现场存在的问题,在保证供电可靠性的前提下,采取了以下针对性的措施:

(1) 对电缆构架及接地扁铁进行防锈、防腐处理,更换全部撑杆螺栓,涂刷防锈漆。

(2) 在电缆站柱底部横向加装一根扁铁,分别将A、B、C三相紧密连接在一起后与终端接地网紧密连接,以改善A相接地,如图4所示。

(3) 立即向调度申请线路停电处理,将原有的连接铝排拆除,按照设计要求重新安装,并用环氧泥将保护箱密封,防止水汽进入,如图5所示。

处理后再次对终端构架螺栓进行温度监测,并检查三相接地线内部电流,检测结果显示,通过改善接地

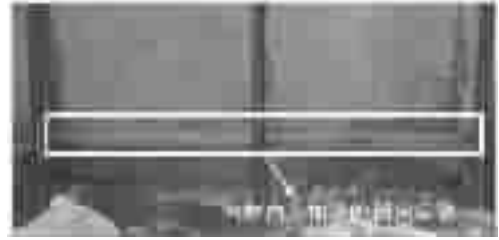


图4 处理后的1号塔电缆终端接地系统

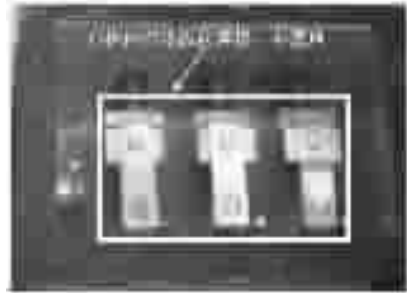


图5 铝排改接后的接地箱内部

和重新搭接铝排,回流线内部的环流消失、螺栓节点处的温度下降到正常区间。

#### 5 结束语

线路的设计、施工、运行工作是一项复杂、系统的工程,任一环节产生问题,都将对线路的安全运行产生重大影响。为保证电缆设备的安全稳定运行,今后要进一步做好以下几方面工作:(1) 监理、施工单位应该加强安装现场监督、管控,严格按照设计要求进行安装施工,杜绝安装质量问题的发生。(2) 设备运行管理单位在验收时,应该按照相关验收规程、规范,严把质量关,确保设备零缺陷投运。(3) 继续加大红外测温、在线监测等技术手段在运行工作中的应用,确保缺陷尽早发现,尽快消除,不断提高设备的健康运行水平。

#### 参考文献:

- [1] 郑肇骥,王焜明. 高压电缆线路[M]. 北京:水利电力出版社,1983:202-214.
- [2] DL/T664—2008 带电设备红外诊断应用规范[S]. 北京:中国电力出版社,2008.
- [3] 陈永辉,蔡葵,刘永军,等. 供电设备红外诊断技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006:19-21.
- [4] 王伟,等编著. 交联聚乙烯(XLPE)绝缘电力电缆技术基础[M]. 第3版. 西安:西北工业大学出版社,2011:3862-392.

#### 作者简介:

王雨阳(1985),男,安徽含山人,助理工程师,从事电力电缆运行检修工作;

王永强(1978),男,河北石家庄人,工程师,从事电力电缆管理工作;

王浩(1980),男,江苏南京人,技师,从事电力电缆运行检修工作。

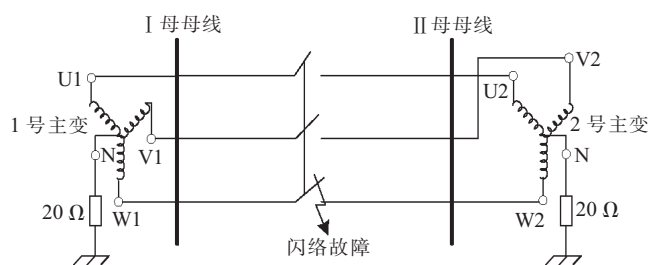


图7 零序电流产生机制

包漏气,绝缘能力降低,且断路器C相有明显烧损痕迹。进一步验证了以上分析。

### 3 改进措施

地铁供电系统母联闪络故障的危害性较大,为进一步提高地铁供电系统的安全运行能力,提出以下改进措施:(1)实现零序过流保护的时间级差配合。通过以上分析,零序保护延时定值相同大面积同时跳闸主要原因。如果能够实现上下级断路器间保护定值的时间级差配合,该次事故是完全可以避免的。但是考虑到地铁环网供电系统定值整定方面的实际困难,该方法的适用性会受到一定的影响。(2)配置专用地铁母联闪络保护装置。闪络保护装置利用零序电流和断路器位置信号为闪络判据<sup>[6]</sup>。当闪络故障发生后快速隔离切除故障点,从而完全避免主变电所停运事故的发生。

### 4 结束语

地铁供电系统的母联断路器绝缘降低在系统正常

运行时具有一定的隐蔽性,一旦发生单路110 kV电源切除事件,母联闪络故障就有可能发生,并导致大面积的停电停运事故。结合对一起地铁供电系统停电事故,分析了母联闪络故障的产生原因和危害。最后提出了有针对性的改进升级措施,供同行技术人员参考。

#### 参考文献:

- [1] 张建根. 广州地铁供电系统33 kV环网接线方式的思考[J]. 城市轨道交通研究, 2006, 9(7): 1-5.
- [2] 赵立峰, 李延强, 姚刚. 线路光纤纵差保护在北京地铁5号线的应用[J]. 城市轨道交通研究, 2008, 11(4): 14-17.
- [3] 江文东. 10 kV小电阻接地系统零序过流定值的探讨[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(10): 79-81.
- [4] 鲍有理, 严芬. 几起主变保护动作原因分析[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(4): 9-11.
- [5] 刘静. 变电站事故跳闸信号的分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(4): 17-20.
- [6] 汤勇, 常胜, 赵志华, 等. 220 kV主变开关断口闪络保护设计探讨[J]. 继电器, 2003, 31(9): 45-48.

#### 作者简介:

魏巍(1978),男,辽宁抚顺人,工程师,从事电气主设备保护的研究和开发;

严伟(1975),男,江苏南京人,高级工程师,从事电气主设备微机保护的研究、开发和管理工作的;

沈全荣(1965),男,江苏苏州人,研究员级高级工程师,从事电力系统继电保护的研究、开发和管理工作的;

牛洪海(1980),男,辽宁鞍山人,工程师,从事电气主设备保护的研究、开发和管理工作的。

## Analysis and Countermeasures of a Metro System Power Failure

WEI Wei, YAN Wei, SHEN Quanrong, NIU Honghai

(Nanjing Nari-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

**Abstract:** The flashover fault of bus tie breaker in metro power systems is of invisibility. It can cause power supply failure in main transformer station to lead whole line outage. Based on the analysis of a metro power system blackouts, the general mechanism of bus tie breaker flashover and the causes of zero sequence over-current relay protection malfunction are analyzed. At last, based on the analysis, three improvement suggestions are proposed.

**Key words:** zero sequence over-current relay; power supply system; bus tie breaker flashover fault; grounding method; main power station

(上接第10页)

## Analysis on Terminal Overheat of a 110 kV Cable

WANG Yuyang, WANG Yongqiang, WANG Hao

(Nanjing power supply company, Nanjing 210013, China)

**Abstract:** A fault of overheat of a bolt of the strut at an 110 kV cable termination is introduced. A check and analysis of the cable machinery are implemented and it is found that bad contact between grounding flat iron and grounding grid and connection error in the induced sheath are the main causes of the overheat. Corresponding countermeasures for tackling this kind of fault are designed, which provides a reference for similar issues in the future.

**Key words:** cable termination; frame strut bolt; overheat