

一种高压电缆铅封部位缺陷综合研判体系的研究

卢天白,富俐玥,王 勇,苏 宇,李 牧
(国网嘉兴供电公司,浙江省嘉兴市,314000)

摘要 近年来,由于铅封部位缺陷导致的高压电缆故障频频发生,为更好地掌握高压电缆运行过程中铅封状态,本文对铅封缺陷进行分类并对现有检测手段进行梳理,此外,基于研究结果对铅封缺陷进行差异化定级,并提出了一种铅封部位缺陷综合研判体系。

关键词 铅封缺陷;差异化定级;综合研判;研究

中图分类号:TM249 文献标识码:B
文章编号:1008-0899(2025)10-0016-03

随着我国电力需求的快速发展,高压XLEP电力电缆在城市输电工程中应用的与日俱增,随之电缆系统的故障也相应增多,尤其是电缆附件所引起的故障,据统计,70%左右的电缆故障源自电缆附件。电缆附加的安装质量缺陷主要有附件安装尺寸与设计图纸不一致、电缆绝缘处理有缺陷、尾管与铝护套间电力连接处理(铅封)不良等。近几年,铅封问题所引起电缆故障屡见不鲜,针对如何提高铅封工艺,已有较多文献资料,本文不过多赘述,现就铅封部位缺陷发展的不同阶段所用系列检测手段展开论述。

1 铅封缺陷影响及原因

铅封的作用是保持电缆铝护套与终端尾管之间良好的电气连接并保证密封性,而由于安装过程中的缺陷(包括铅封工艺、尾管密封、抱箍数量及抱紧度等)、运行过程中的外界影响(机械施工、降雨及空气湿度等)均会对铅封的稳定可靠造成影响。铅封缺陷将引起悬浮电位放电,诱发电缆主绝缘形成水树电树,并最终击穿。缺陷原因主要由以下两种原因造成。

1.1 铅封断裂引起接地方式变化

施工及运行过程中,由于操作不当、工艺问题及运行过程中的施工沉降、抱箍缺陷等问题,会造

成铅封出现裂纹甚至断裂,此外,由于电化学反应,将会加剧铅封断裂程度,最终导致铅封完全脱开。铅封完全脱开后将改变电缆接地方式,形成较高的感应电压,引起悬浮电位放电,逐渐击穿主绝缘,引发电缆故障。

1.2 电化学反应

尾管密封不良和防水带材老化导致雨水进入铅封部位,电场作用下产生电离,引发金属电化学反应和氧化。铅与铜、铝的物理性质差异导致连接点间隙增大,接触电阻上升,引起温升,加剧电化学反应,形成恶性循环。这最终影响电缆外半导体层、缓冲层、铝护套和铜尾管,造成局部放电,逐渐击穿主绝缘,导致故障。

2 铅封缺陷检测手段

2.1 检测手段

2.1.1 铅封部位解剖检查

结合停电检修,将电缆终端铅封部位热缩套、防水带等带材剖开,检查内部铅封具体情况,某次检修过程中,通过解体检查,发现铅封部位已存在大范围开裂。此方法最为直观准确,但需结合停电窗口,存在被动滞后的劣势,且无法对电缆中间接头铅封进行普遍解剖检查。

2.1.2 回路电阻测试

该方法在停电或带电运行的电缆中皆可应用,通过电缆金属护层的阻值来判断铅封部位电气连接情况,若铅封部位进水腐蚀或裂开,将导致接触不良,引起阻值偏大。通过此方法检测,测试结果较为准确,所能发现的铅封缺陷均已发展至接触不良引起电阻变化的阶段,但针对铅封开裂后依旧保

作者简介:卢天白(1994~),男,浙江嘉兴人,本科,工程师,研究方向:输电线路及电力电缆研究。

持金属连接情况检测效果不佳。

2021年4月23日,工作人员按计划对110kV禾嘉1237线、禾兴1238线禾城变-#1塔段电缆线路开展带电检测,通过回路电阻测试,发现禾嘉1237线#14中间接头-#18中间接头电缆段、禾兴1238线#5中间接头-#10中间接头电缆段、#14中间接头-#18中间接头电缆段回阻数据异常,接地系统存在缺陷,数据如表1所示。后经协调,进行停电处理,打开部分玻璃钢防水外壳,进行进一步检测分析,发现110kV禾嘉1237线#14电缆中间接头、禾兴1238线#10、#14中间接头铅封处接触不良。

2.1.3 局部放电测试

高频局放检测技术通过高频CT传感器检测电缆局放电流中的高频成分,判断电缆是否有缺陷。局放产生高频电流脉冲,沿电缆传播,产生变化磁场。高频CT传感器可检测电缆本体及附件的局放缺陷。适用于带电电缆,但受干扰影响,可作为辅助诊断。检测中可能发现疑似电晕放电信号。

2.1.4 接地环流及感应电压测试

接地环流检测通过电流互感器测量电缆金属护层的接地电流,判断接地系统是否异常。若检测到异常,可能是铅封故障所致。感应电压测试通过监测保护器电压,判断电缆接地是否正常。若电压异常,可能表明铅封断裂。这两种方法能发现影响接地方式的铅封缺陷。

2019年11月29日,恒光公司安排110kV瓦平1201线电缆线路全线中间接头带电检测,检测数据,#8中间接头保护接地侧接地电流高达1.77A,属于异常状态,后通过综合研判发现接地系统出现故障,遂协调停电进行检查,发现接头铜壳对接接缝处已完全裂开,引起悬浮电位,击穿保护器形成高阻接地。

3 铅封缺陷定级及其对应的检测手段

由于电缆缺陷严重程度不同,所需采取的检测手段也存在差异。现根据电缆铅封部位缺陷严重程度,将电缆铅封部位的缺陷为三个级别。

3.1 铅封边缘存在裂口或翘边(Ⅲ级)

此类铅封缺陷由于铅封损坏程度范围较小,电气连接仍然良好,电阻尚未发生明显变化,传统的检测手段难以发现。此类缺陷可采用涡流探伤辅以X光测试进行诊断。

3.2 铅封及连接部位氧化腐蚀严重(Ⅱ级)

此类铅封缺陷已发展一段时间,电气连接仍然存在,但铅封与铜尾管、铝护套的接触电阻以及铅封本身的电阻值已发生改变。此类缺陷可采用红外测温及回路电阻测试进行检测,并辅以高频局放进行诊断,判断是否伤及电缆绝缘。

3.3 铅封部位完全开裂(Ⅰ级)

此类缺陷已断开铝护套与铜尾管之间的电气连接,改变了电缆原有的接地方式,断口处至保护接地侧的感应电压无处释放,将形成悬浮电位,不断产生放电。此类缺陷可采用接地环流、感应电压、红外测温、涡流探伤、回路电阻进行综合研判,并辅以高频局放检测电缆本体及绝缘状况。

4 铅封缺陷综合研判检测体系

按周期对所有运行电缆线路进行红外测温、接地环流、感应电压、高频局放及回路电阻普测,结合定期涡流探伤及X光辅助测试。若数据均正常,按规程要求按周期进行带电检测,若存在异常图谱信号及电阻数据异常的电缆,应缩短检测周期,并根据检测数据差异化分别对电缆开展系列检测跟踪,结合停电窗口进行解剖检查。此外,若出现上述Ⅱ级或Ⅰ级程度缺陷,应立即安排停电进行检查消缺。

4.1 红外测温数据异常

4.1.1 电缆铅封位置温度异常

若出现此种情况,多数由于尾管处密封不良导致铅封及铅封与金属尾管、金属护套接触位置发生电化学反应,形成高阻发热,或由于铅封部位断裂脱开产生悬浮放电,灼烧内衬层及带材。此时应辅以回路电阻、接地环流、高频局放进行检测,并结合感应电压在线监测数据进行综合研判。

4.1.2 保护接地箱保护器温度异常

若出现此种情况,可能由于铅封断裂脱开导致电缆原本单端接地方式发生改变,击穿保护器形成高阻接地发热。此时应辅以涡流探伤、X光、接地环流、回路电阻、高频局放综合研判是否由于铅封断裂导致电缆接地方式发生变化。

4.2 接地环流数据异常

4.2.1 直接接地侧环流数据异常

若出现此种情况,可能由于铅封断裂脱开,导致断口处至直接接地侧接地电流非常小。此时应

辅以涡流探伤、X光、回路电阻、红外测温、高频局放并结合感应电压在线监测数据综合研判是否由于铅封断裂脱开导致电缆接地方式发生变化。

4.2.2 保护接地侧环流数据异常

若出现此种情况,可能由于铅封断裂脱开导致电缆原本单端接地方式发生改变,击穿保护器形成高阻接地,测得较大的环流数据,此时应涡流探伤、X光、回路电阻、红外测温、高频局放综合研判是否由于铅封断裂脱开导致电缆接地方式发生变化。

4.3 回路电阻数据异常

若出现此种情况,说明金属护层接地系统的阻值偏大,但影响接地系统阻值偏大因素较多,应辅以接地环流、红外测温、涡流探伤、高频局放并结合感应电压在线监测数据综合研判是否由于铅封处发生电化学反应或断裂所导致的回路电阻数据异常。

4.4 感应电压数据异常

结合智能接地箱在线监测系统,感应电压可依托后台监测数据实时跟踪,若出现此种情况,可能由于铅封断裂脱开导致电缆原本单端接地方式发生改变,使铅封断裂处至保护接地侧电压无处释放,在保护接地侧形成较高的感应电压,应辅以接地环流、涡流探伤、X光、回路电阻、红外测温、高频局放综合研判是否由于铅封断裂脱开导致电缆接地方式发生变化。

4.5 高频局放信号异常

高频局放可作为辅助诊断措施,若出现典型放电图谱,应结合接地环流、涡流探伤、回路电阻、红外测温、感应电压进行综合研判,特别是出现绝缘内部放电特征图谱,在停电检查过后,还应对电缆

主绝缘进行主绝缘测试及耐压试验。

4.6 涡流探伤信号异常

涡流探伤可直接针对铅封部位进行检测,但由于铅封方式的差别以及绕包带材及外壳屏蔽干扰,会对检测信号造成一定影响,应辅以接地环流、X光、回路电阻、红外测温、高频局放、感应电压进行综合研判铅封部位是否存在缺陷。

4.7 X光检测信号异常

若出现此种情况,可判定为铅封部位存在裂缝缺陷,应采取涡流探伤、接地环流、回路电阻、红外测温、高频局放、感应电压缩短周期进行缺陷跟踪,并结合或安排停电窗口进行解剖检查消缺。

5 结语

高压电缆铅封部位缺陷,会对电缆线路的安全运行造成较大的影响,应引起足够的重视,严格按照规程要求进行带电检测,并结合新型检测技术进行辅助研判,按照差异化运检模式对缺陷进行分级跟踪,在提高诊断准确率的同时提高工作效率,保障高压电缆线路安全稳定运行。

参考文献

- [1] 闫圆.高压电缆金属护套接地环流过大问题探讨[J].电气工程与自动化,2012(3):31-32.
- [2] 姜芸,高小庆,罗俊华,等.电力电缆保护接地[J].HIGH VOLTAGE ENGINEERING,1998(4):36-38.
- [3] 吴明祥,毛琳明.一起220kV电缆终端击穿故障原因分析[J].浙江电力,1007-1881(2012)09-0010-03.
- [4] 曹俊平,周路遥,王少华等.基于状态仿真平台的高压电缆接地悬浮缺陷模拟试验分析[J].绝缘材料,2019,52(4)81-85.
- [5] 曹俊平,孙兴涛,王少华等.基于涡流技术的高压电缆铅封裂纹缺陷检测研究[J].高压电器,2020,56(8)168-175.