

[应用案例]

基于局部放电在线监测技术的高压电缆终端事故的预防

文/南京供电公司 郭湘奇 韩宇泽 储强

随着经济社会的发展和电网的不断改造升级,交联电力电缆已成为重点地区输电的主流设备,电缆线路的长度也越来越长,线路的重要性不断提升。保证好高压电缆线路的稳定运行变得越来越重要。而因电缆设备原因导致的线路故障却呈现出逐年上升的态势,其中电缆终端故障占有极高的比例。然而,由于电缆终端分布点多面广,缺陷成因较为隐蔽、复杂,目前的监控、检测手段较为单一,无法实时、有效地反映出设备的运行状态。而局部放电作为一种评价高压电缆运行状态的有效手段,能够有效地反映出高压电缆终端当前的运行状况,及早发现问题缺陷,从而避免电缆终端事故的发生。

因此,本文设计基于无线传输的高压电缆终端局部放电在线监测系统,并对运行中的高压电缆终端进行了实地化的现场应用。通过对长期监测数据与局放图谱的有效评估,成功发现并验证了一处高压电缆终端缺陷,做到了提早检修,从而预防了一起潜在的终端事故的发生。

局放检测方法的选取

目前,常用的局部放电监测方法主要有以下几种方法。

1. 化学检测

电弧放电使 SF_6 分解,产生的

SOF_2 和 SO_2F_2 是2种主要中间物质,可通过分析 SOF_2 和 SO_2F_2 浓度来判定局放严重程度。其优点是检测不受外界电磁信号干扰;缺点则较多:对自由微粒引起的局放检测效果差,吸附剂和干燥器会严重影响化学方法测量准确性,短脉冲放电不一定能产生足够的分解物,一次试验需要做多种分解物的气相色谱试验和红外谱图分析。

2. 超声波法(AE)

局放会产生声波,纵波和横波可以在腔体外壁中传播,可以用超声波传感器接收局放产生的振动信号。其优点是传感器和局放设备电气回路无任何联系,不受电气干扰;缺点是现场中除了局放外还存在不少可能引起外壳振动的因素,有的干扰还很强。

3. 外部电极法(TEV和检测阻抗)

在金属外壳上敷设绝缘薄膜和金属电极,局放信号通过外壳和金属电极组成的小电容耦合过来(类似于耦合电容器),经放大后检测出来,TEV就是其中一种。

4. 内部电极法

内部加装金属电极和外壳形成电容,以此电容来提取局放信号。此方法结构简单,较为实用,但是易受外界干扰,加装不方便。

5. 脉冲电流法(HFCT)

铁氧等磁芯材料的罗氏线圈测

量地线上通过的高频电流。其优点是在很宽频率范围内传输特性较好,灵敏度高;缺点是地线需穿过线圈,现场安装不方便。

6. 特高频法(UHF)

通过天线传感器接收局部放电辐射的UHF电磁波。其优点是频段高可以回避常规局放检测中的电气干扰,检测频带宽,检测灵敏度高;缺点是在外壳屏蔽比较好的使用环境下,UHF信号比较弱。

本文设计的局放检测系统使用脉冲电流法进行局放采集,传感器为基于Rogowski线圈设计的HFCT,如图1所示,通过在环形磁芯材料上缠绕导电线圈,使流经磁芯中心的高频交变电场在线圈中产生感应电流,经积分电阻转为电压信号后,再经放大电路输出给后级信号调理部分。其频率带宽为300 kHz~20 MHz,这样既能有效地检测流经接地线的局放信号又能抑制由于外界环境的窄带信号干扰。

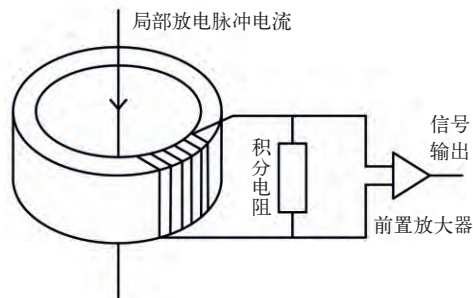


图1 高频CT传感器结构图

局放监测系统设计

局放监测系统的信息展示方式包括相位谱图、脉冲波形图和频谱图等,为了同时满足远程实时测量的需要和无线传输的带宽限制,选择现阶段最常用的相位谱图作为局放信号分析和诊断的主要工具,同时通过放电统计数据对局放的发展趋势进行分析和判断。其中,相位谱图和放电统计数据均由测量软件根据测量设备采集到的放电量数据生成,并上传到局放平台进行集中存储和展示。整个系统如图2所示,由局放监测系统、信号采集系统和电源系统等3个主要部分组成。

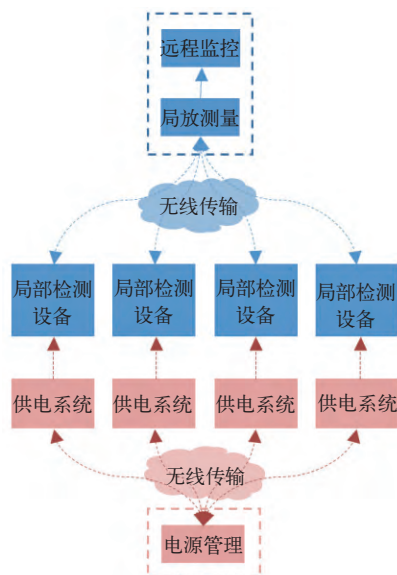


图2 局部放电监测系统运行示意图

1. 局放监测系统

局放监测系统主要包括局放测量软件和远程监控平台两部分,全部部署在局放监测服务器中,局放测量软件负责生成相位谱图和各项统计数据,并把这些数据传输至监控平台,由监控平台负责数据展示和数据分析报警功能。

2. 信号采集系统

局放采集系统主要包括局放采集单元、局放通信单元、高频CT和同步线圈4个部分,负责局放信号和

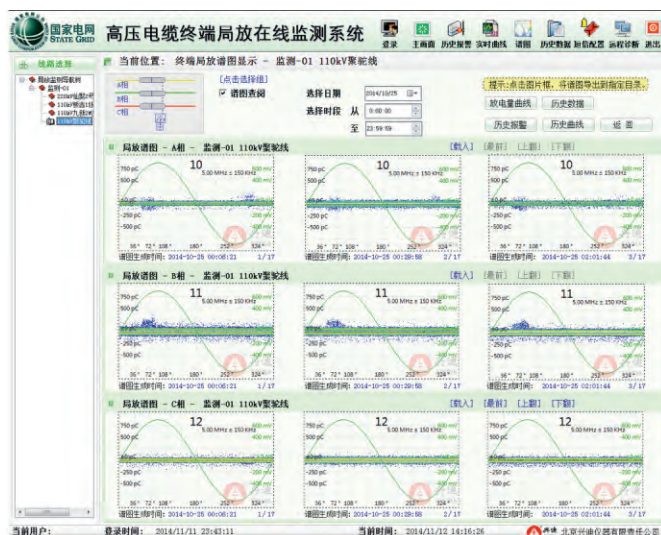


图3 110 kV聚驼线终端监测界面

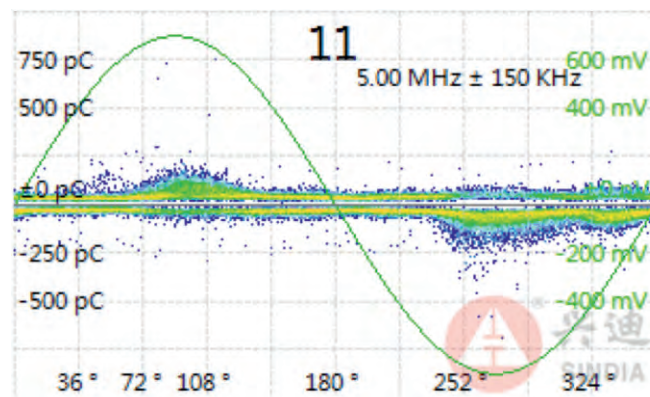


图4 110 kV聚驼线B相电缆终端局放图谱

同步信号的采集及传输,这些信号通过3G无线网络传输给测量软件进行处理。

3. 电源及管理系统

本系统使用太阳能板和铅酸电池的组合作为电源进行供电,使用电源管理软件对局放监测系统实施间歇供电自动管理。

局放监测系统的应用

在南京地区选取了110 kV聚驼线电缆终端、110 kV九新2号岔路支电缆终端、110 kV板古1号线电缆终端以及220 kV仙聚2号线电缆终端等4处,各安装了一套高压电缆终端局部放电在线监测系统,并在办公基地安装了一套监测终端,实现了

对4个点的实时监测功能。

高压电缆终端局部放电监测装置投入现场以来,对4条线路共计12个终端进行了近一个月的监控,发现110 kV聚驼线B相电缆终端有疑似局部放电现象发生,其他3条线路终端工作正常。因此对近一个月的110 kV聚驼线终端图谱进行取样研究,通过进行系统中历史图谱对比,可以看到,当环境背景噪声较小时,图谱中有少量放电现象发生,并且有的放电图谱处于对称状态,但也有处于悬浮状态的,而当背景噪声变大时,则放电图谱被背景噪声所掩盖,因此,可以初步判断110 kV聚驼线终端有局放情况产生。

2014年11月26日,对110 kV聚驼线进行了停电处理,并进行了电缆终端的解剖检查。其中,B相电缆终端的应力锥拔出后,发现在电缆的外半导电口上方约20 mm处有严重的放电痕迹并伴有大量的黄色斑痕,黄色部分用无水酒精可擦除,但将表面放电痕迹擦拭后黑色放电依然存在。

通过对于110 kV聚驼线的电缆终端解剖,验证了高压电缆终端局部放电在线监测系统是有效的,其能够通过监测局放图谱的方式,发现运行中的电缆终端内部的放电现象,从而推导出其处于缺陷状态,以进行提早的停电检修更换,避免事故的发生。

结束语

本文设计了一套完整的高压电缆终端局放监测系统,系统适用于局部放电诊断要求,确定了系统对高压电缆终端进行局部放电监测的



图5 110 kV聚驼线B相电缆终端解剖照片

有效性。运用该系统对运行中的高压电缆终端设备进行在线局放监测,检查电缆终端中可能存在的缺陷隐患,保证了电力电缆终端设备运行的可靠性和安全性。

同时将其进行了现场化的应用,并成功发现110 kV聚驼线B相电缆终端缺陷,从而避免了潜在的电缆终端故障威胁,对事故起到了



预防作用。因此,利用本文设计的高压电缆终端局部放电在线监测系统,对实际运行的高压电缆终端进行实时局部放电图谱监控,做到了问题的早发现、早处理,对事故起到有效的预防作用,保障了电网的长期稳定运行。EA

(收稿日期: 2015.05.22)

(编辑: 杨得润)

(上接第55页)

综合以上分析,初步判断112 A相相对介损值明显超标,设备内部存在缺陷。

(3) 综合分析

1) 油色谱试验。对112 A相进行油色谱分析(数据见表4),发现总烃含量明显超标,并有乙炔出现。

2) 停电介损及电容量试验。112单元A相电流互感器停电后介损值为0.021 65,超过状态检修规程给出的

0.008的标准注意值,并与带电检测换算结果0.028 25接近。如表5所示。

3) 解体情况。对一次绕组进行解体检查发现,结果发现从4号电容屏开始出现X蜡(X蜡为一种不溶于油的树脂状物质,为不饱和烃聚合物结构改变后形成的产物),如图8所示,部分绝缘纸已经硬化,当解体到2号电容屏后,出现褶皱的绝缘纸,且越来越明显。



图8 解体情况

结束语

变电站内的容性设备(如电容型电流互感器、电容式电压互感器、耦合电容器和电容型套管等)的数量较多,约占变电站电气设备的40%~50%,且据统计绝缘受潮缺陷约占电容型设备的85%左右,通过对容性设备带电测试数据的纵向、横向、停电数据换算对比和综合分析,可以认定这种方法能够有效判断设备的绝缘健康状况,是一种方便、可靠地带电测试方法,可以作为状态检修的技术支撑手段。EA

(收稿日期: 2015.04.10)

(编辑: 杨得润)

表4 112 A相电流互感器油色谱数据 (单位: $\mu\text{L/L}$)

测试时间	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_2H_2	H_2	CO	CO_2	$\text{C}_1 + \text{C}_2$	微水
2010-8-4	1498.10	0.91	114.53	1.34	45586.01	155.64	637.72	1614.88	20 mg/L

表5 112 A相电流互感器停电试验数据

试验时间	试验数据
2014-8-5	0.02165/793.6 pF