

高压电缆运行参数获取技术与实践

北京电力经济技术研究院参与了国网公司高输送容量电缆的研究与示范,因该电缆的绝缘结构进行了优化设计,需要获取安装及运行过程中的绝缘性能数据,通过局部放电特征可获取并研究电缆的各种参数,介绍了获取局部放电测试在高压电缆领域中的技术,局部放电监测系统由传感器和局放测量设备组成,具有良好的图形界面,可以不间断监测高压电缆线路的局部放电,对局放信号分离与放电波形分析,进行局放类型识别,并提供智能报警和故障定位。并给出了2个实际运行中的局放检测案例。

朱占巍¹ 舒彬² 商建军² 任雪桂² 尹璐² 桂峻峰^{2/1} 1.国家电网北京市电力公司
2.北京电力经济技术研究院

对于挤包式聚合电缆而言,其局放应该尽量避免。事实上,聚合物绝缘的内部放电通常很快就会形成电树枝,而最终导致击穿。

局部放电试验为选择性试验项目,北京市电力公司规定进行抽试,在交接试验过程中对其中的一组或几组接头进行局部放电测量。国网公司规定:有条件时,电缆系统安装完成后,可以结合交流耐压试验,对整个电缆系统进行局部放电试验。目前,在实验室、现场实践的基础上,安装了部分功能强大,成效显著的局放监控系统,以辅助设备管理者规划输配电电缆的维护,并判断其运行可靠性。

本文对局部放电测试在高压电缆领域中的技术进行阐述,并介绍几个在实践中检测出的案例。

1 电缆局部放电监测

局放属于强干扰下的弱信号,很容易被其他噪声所湮没。局放监测技术能够区分不同的局放信号,并根据其放电波形将其归于不同的簇类,并在各个簇内分别开展进一步分析,从而大大提高局放识别的准确性,也减少了对操作人员的依赖。局放监测的这一技术也可以有效地将噪音从局放信号中分离出来,而不需要额外的滤噪装置。实践证明,经过局放监测的技术处理,噪音信号与局放信号大不一样,从而可以有效地被剥离出来。

在局放监测系统中,每个局放脉冲波形都按其特征时域波长和频域带宽映

0 引言

电缆系统绝缘发生故障时,往往产生局部放电,会造成缺陷的扩大和绝缘的劣化。作为评估高压电缆绝缘状况的基本手段之一,局部放电的测量能够反映多种绝缘退化的发展状况,可以作为一个重要指标来表征一些危及电缆整体绝缘的有害缺陷。

局部放电的测量及基于局放的故障诊断使电力设备的状态维护(CBM)成为可能。状态维护比定时维护(即每隔一段时间进行设备维护)更为有效。它不但能够避免那些昂贵而不必要的维护,而且能够减少设备在两次定时维护之间突发事故的风险。合理的状态维护不但可以为您带来最佳的人力、物力、财力资源分配,省时省钱,还可以最大程度预防设备事故及突发停电事故。



朱占巍/高级工程师

关键词/Keywords

电缆·
局部放电·
在线监测·
识别·

射到TF图谱中,从而实现噪声抑制及局放信号分离(图1)。图1中显示了某一输电电缆的实测波形,其信号来自多种不同的放电源与噪声源。信号分离后,每一种放电的特征都被分别提取,识别,并最终进行诊断。

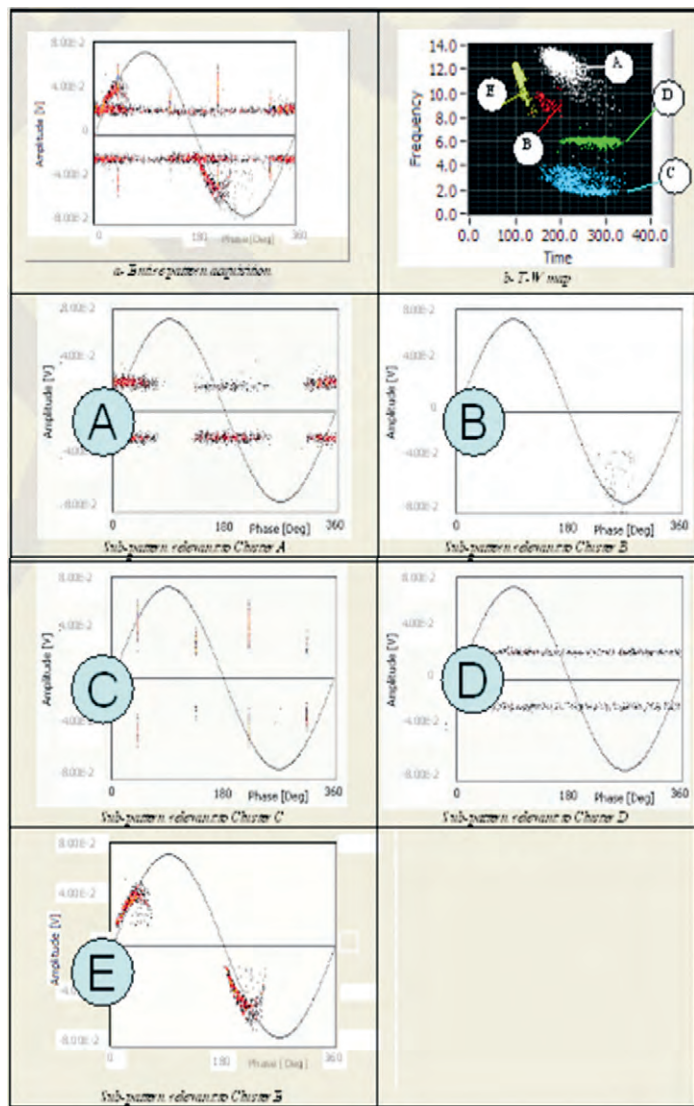


图1 局放信号分离实例

如图1所示为某高压电缆接头处实测信号,其测量信号中迭加有多种噪声和其它信号,不加以分离则无法识别。分离出ABCDE共5类信号。

2 局部放电监测系统的组成与功能

局部放电监测系统由以下部件组成。

传感器(每个接头或终端一个);

局放测量设备:PD设备(三相电缆接头或终

端为一组,每组一个PD设备);

监控系统(每条线路一个);

测量设备与监控系统间的网络连接。

传感器应装在每个单相电缆接头或终端的附近。如果电缆制造时已嵌入传感器(电容分接头),该传感器可用来取局放信号。每个局放监控设备带有三个输入通道,可接收三相电缆接头或终端上的传感器信号。此外,监控设备还带有一个工频同步信号输入端。

安装于电缆接头处的监测系统的功耗很低,仅约25 W,但其电源必须独立于电缆输配电系统。为确保其供电,必须在电缆安装时就铺设一条适当直径的供电电缆。

局部放电检测系统主要功能如下:不间断监测高压电缆线路的局部放电,对局放信号分离与放电波形分析;进行局放类型识别;智能报警和故障定位。

为了准确区分波形的不同,需要借助信号分析的手段提取一些特征量。考虑到实际应用,脉冲信号的波形特征提取应满足计算的实时快速性,且应与时间记录点和脉冲的幅值、极性无关。

三相电缆接头处监控系统的典型结构如图2所示。

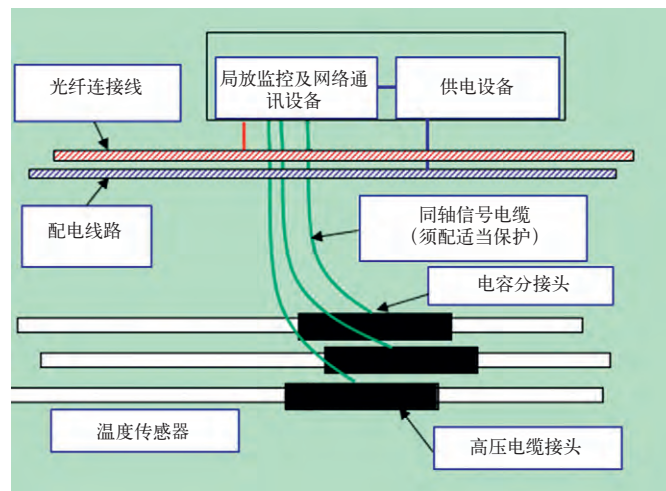


图2 三相电缆接头处监控系统的典型结构

3 数据传输与管理

沿电缆各接头处铺设的监控设备构成一个局域网并通过冗余式光纤网连结。光纤需有一定的机械强度及抗环境污染能力。各监控点的数据流

被传到主控台的SCADA（监控及数据采集）系统，以提取相关信息，评估电缆状态。网络的冗余度由各监控点间的S环连结获得。这样，无论在网络中哪一点出现故障，信号都可以通过另一条路径传播，以提高系统稳定性。

所测局放数据由嵌入式数据库保存和管理，以便于系统进行实时诊断，如有任何局放指标超标，可立即报警。SCADA系统通常安装于电缆终端变电站的控制台内。

当发现有潜在危害的缺陷时，控制台内的管理系统可以调用特定程序进行局放定位。

系统所用软件具有良好的图形化用户界面，在同一个仿真界面上显示所有受控电缆接头及终端的实时状态，用户可以很方便地自行设置各种参数（触发阈值、报警阈值等）。

最后，该系统具有远程通信能力，即使在无人电站中也可以通过网络进行监控（此时设备需有静态网址）。通过网络，局放监测公司的数据分析专家们可以从总部直接获取信息，分析数据，并向管理者定期提供电缆绝缘的监控报告。

4 局放检测实例

以下介绍2个实践中证实的案例。

4.1 案例1，220 kV站内终端

2014年7月2日，电缆公司运行状态监测小组对某220 kV变电站某110 kV出线电缆终端进行了局部放电测试。经测试发现C相终端头的一类信号疑似内部放电信号，详细如下。

C相放电的相位谱图及分类谱图如图3、图4。

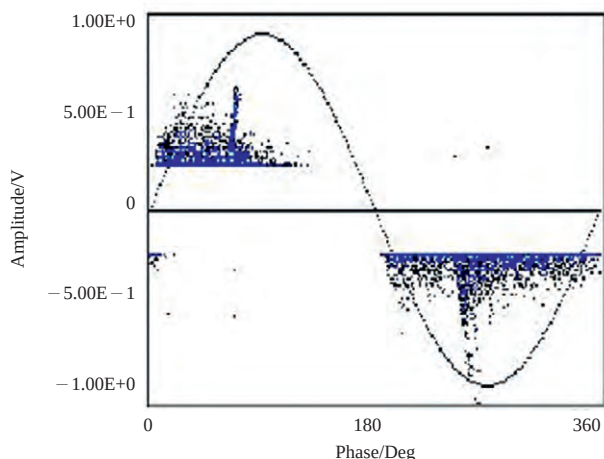


图3 放电相位谱图

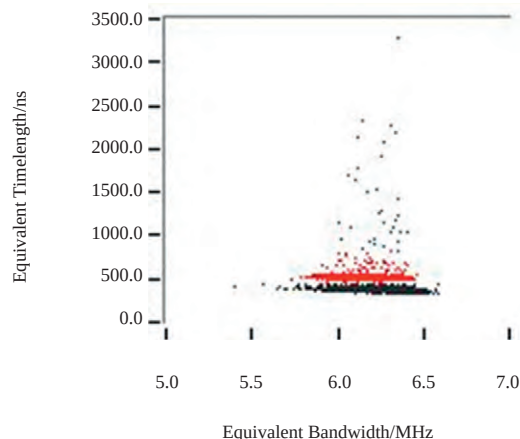
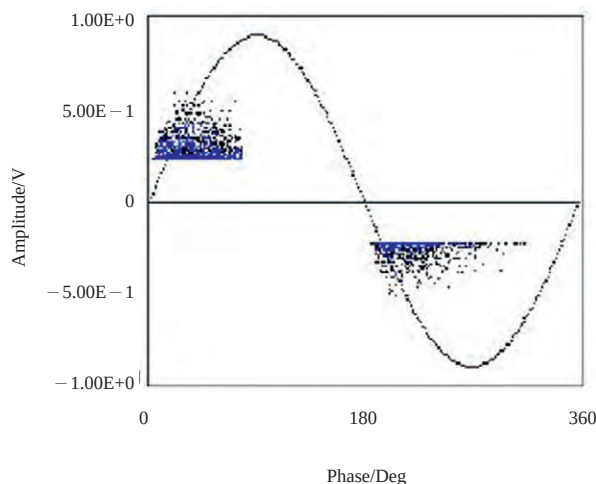
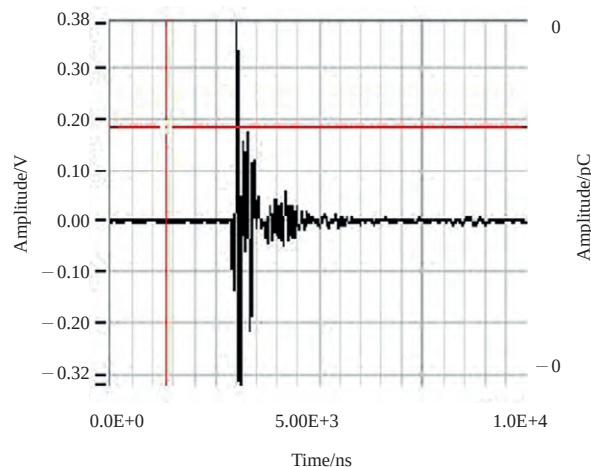


图4 在特征谱图上对信号进行分类

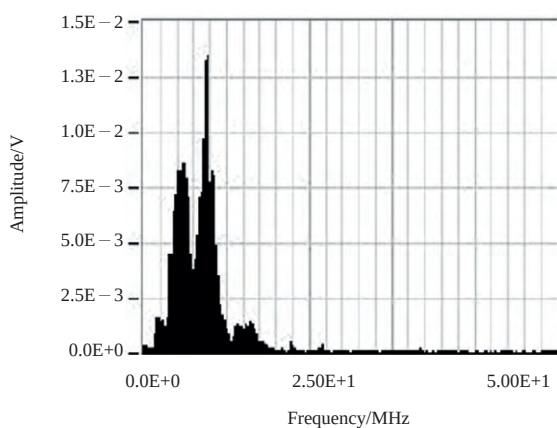
提取出其中黑色区域对应一类放电信号，对应的相位谱图、放电脉冲波形和频谱图如图5。



(a) 相位谱图



(b) 放电脉冲波形



(c) 频谱图

图5 相位谱图、放电脉冲波形以及频谱图
为进一步确认,使用开窗功能,单独测量该频段内的信号,其相位谱图如图6。

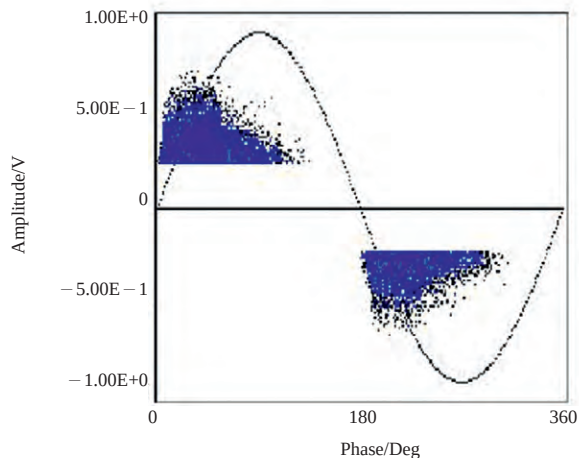


图6 开窗后的相位谱图

结论:此类放电最大幅值在500 mV左右,可能是电缆内部放电,其原因如下。

- 1) 对应相位关系明显,一、三象限为主;
- 2) 对应信号波形比较明显,为放电衰减波形;
- 3) 对应信号频率较高,约6~8 MHz,为近点放电。

4.2 案例2,某站内终端B相

2015年1月16日,电缆公司运行状态监测小组对八昆一路某站内终端进行测试,发现B相有疑似局放,详细如下。

B相放电谱图和特征分类谱图如图7、图8。分类谱图中红色部分对应的相位谱图、放电脉冲波形和频谱图如图9。

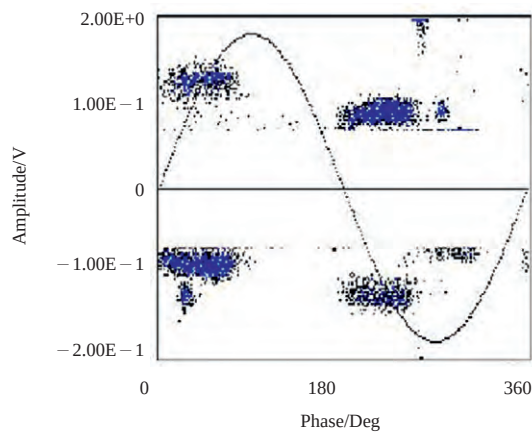


图7 放电谱图

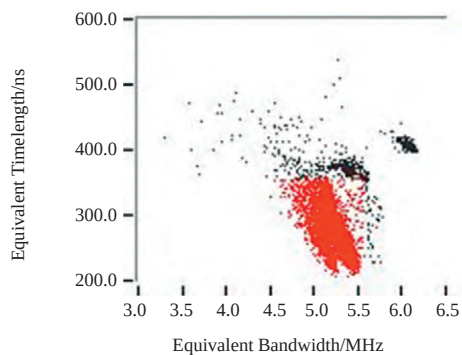
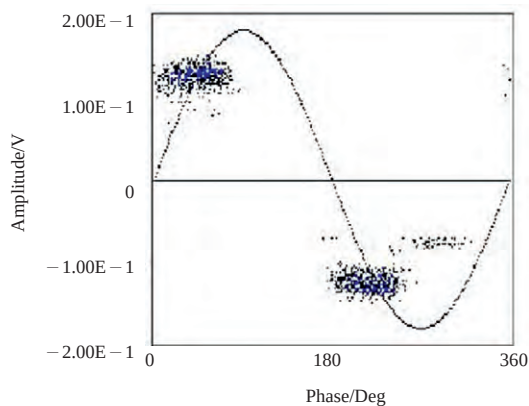
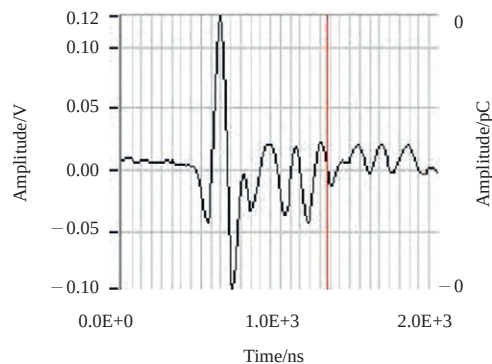


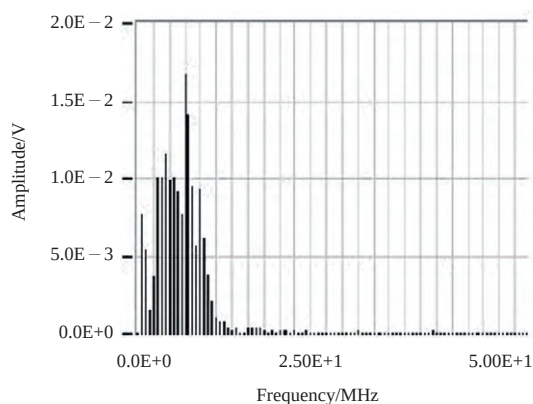
图8 在特征谱图上对信号进行分类



(a) 相位谱图



(b) 放电脉冲波形



(c) 频谱图

图9 相位谱图、放电脉冲波形以及频谱图

结论：此类放电可能是电缆内部放电，其原因如下。

- 1) 对应相位关系明显，一、三象限为主。
- 2) 对应信号波形比较明显，为放电衰减波形。
- 3) 信号频率较高，约5~6 MHz，为近点放电。

5 结束语

本文对高压电缆中局部放电的监测技术进行了介绍，得到以下结论。

- 1) 经过局放监测的技术处理，噪音信号与局放信号可以有效地被剥离出来，提高识别效率。
- 2) 局部放电监测系统可以不间断监测高压电缆线路的局部放电，对局放信号分离与放电波形分析；进行局放类型识别；智能报警和故障定位。
- 3) 系统软件具有良好的图形化用户界面，可以方便地自行设置各种参数（触发阈值、报警阈值等），并具有远程通讯能力。
- 4) 通过实际的检测案例表明了局部放电诊断技术的有效性。

参考文献

- [1] 常文治，李成榕，苏锴，等. 电缆接头尖刺缺陷局部放电发展过程的研究[J]. 中国电机工程学报，2013，33(7): 56-61.
- [2] 陈向荣，徐阳，王猛，等. 高温下110 kV交联聚乙烯电缆电树枝生长及局部放电特性[J]. 高电压

技术，2012，31(3): 69-73.

- [3] 杜伯学，马宗乐，霍振星，等. 电力电缆技术的发展与研究动向[J]. 高压电器，20，7(46):59-61.
- [4] CAVALLINI A, MONTAN G C, CONTIN A. A New Approach to the Diagnosis of Solid Insulation Systems Based on PD Signal Inference [J]. IEEE Electrical Insulation Magazine, 2003, 19(2): 23-30.
- [5] BORGHET J, CAVALLINI A, CONTIN A. Partial discharge inference by an advanced system analysis of online measurements performed on hydro generator [J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2004, 19(2): 333-339.
- [6] 阮羚，高胜友，郑重，等. 基于甚宽带脉冲电流法的局部放电检测系统[J]. 电工电能新技术，2009，28(3): 54-57.
- [7] 唐炬，陈娇，张晓星，等. 用于局部放电信号定位的多样本能量相关搜索提取时间差算法[J]. 中国电机工程学报，2009，29(19): 125-130.
- [8] Richard Cselkó, István Berta. Challenges of partial discharge diagnostics of low-voltage cables [J]. Journal of Electrostatics, 2013, 71(5): 558-563.

(收稿日期：2015-05-15) EA

作者简介

朱占巍（1974-）男，硕士，高级工程师，电网建设技术管理。

舒彬（1964-）男，本科，高级工程师，电网新技术管理。