

电压比较法在超高压电缆故障测寻中的应用

李坦 刘春青 张冉

(内蒙古赤峰抽水蓄能有限公司, 内蒙古 赤峰 024000)

【摘要】 电力电缆在输电和供电中发挥着重要作用, 其运行状态的优劣直接影响着电网的安全运行, 一旦发生故障必须及时准确地查明原因并排除, 保证电网安全稳定运行。在电缆线路的故障查找过程中, 为了提高电缆故障查找的效率和准确性, 通常采用电压比较法来寻找故障点。电压比较法是根据故障产生时在线路中产生的电压大小来判断电缆的故障点位置, 即把故障点与正常工作状态下线路的电压进行比较, 当存在较大差异时就是电缆的故障点位置, 基于此, 本文对电压比较法在超高压电缆故障测寻中的应用进行了探讨。

【关键词】 电压比较法; 超高压电缆; 故障测寻; 应用

引言:

随着我国经济建设的快速发展, 电力电缆已成为城市电网和城网建设的主要手段, 其运行可靠性已成为电力系统安全运行的重要保证。但由于电缆故障类型复杂、查找困难, 且有时查找时间较长, 给电力企业的正常生产带来了很大的影响。因此, 在电缆故障发生后要尽快查明故障点位置及故障类型, 以便于及时排除故障或停电抢修, 避免长时间停电带来的损失。电压比较法是一种快速、简便、实用的电缆故障检测方法, 通过对高压电缆线路故障进行测试分析, 可以发现和确定线路故障点位置及故障类型, 并在现场进行故障点定位。因此, 电压比较法在超高压电缆线路故障测试中具有广泛的应用前景。

一、电压比较法在超高压电缆故障测寻中的应用优势

(一) 适应性较强

基于电压比较法的高压电缆故障定位方法具有较强的适应性, 其技术原理灵活, 适用范围广。如电压比较法可以在复杂线缆网络中, 通过对比不同点的电压差来快速定位故障点, 在线缆长达几百公里的情况下仍能保持高精度定位。另外, 电压比对法的适应性表现为它能适应各种环境条件。在高温、高湿、强电磁干扰等极端天气条件下仍能稳定工作, 不受外界因素干扰。

(二) 故障诊断速度快

电压比较法因具有快速故障诊断等优点, 已成为提高超高压电缆系统可靠性的重要手段。电压比较法通过比较两相之间的电压差值可以快速地确定故障点, 从而大幅缩短了故障定位的时间。采用电压比较法对特高压电缆进行故障定位并不局限于某一种电缆

类型和某一电压等级, 具有通用性, 适用范围广, 适用于不同行业、不同领域的电缆故障诊断。

(三) 提升电缆系统可靠性

电压比较法是一种基于精确电压测量与比较的方法它能快速地识别出电缆故障点, 缩短故障定位时间, 缩短系统运行周期。对电缆进行定期检查, 如绝缘层完好性、接头及连接件的紧固等可及早发现隐患。另外, 利用红外热成像等非接触检测手段可有效地监控电缆在运行过程中的温度分布情况, 防止电缆因过热而发生故障。选用优质的线缆及配件对提升线缆系统的可靠性具有重要意义, 选用国际、国家标准生产的电缆, 保证产品具有优良的电气性能。同时, 接头、端子等电缆附件的选择要与电缆相匹配, 以确保连接可靠。

二、常见超高压电缆故障分析

(一) 动态烧损故障

电缆故障类型中, 动态烧损是指在运行中由于外界因素的影响, 电缆本体出现短路或过负荷现象致使绝缘电阻下降, 导致绝缘介质的温度升高, 在短时间内超过电缆承受能力后造成绝缘击穿。动态烧损故障多发生于电力电缆线路的中间接头部位, 电缆中间接头是电缆线路中最薄弱的环节, 也是容易出现故障的部位。主要原因包括: 1. 绝缘缺陷。电力电缆中间接头连接时必须经过电气、机械以及热三个方面的绝缘配合, 确保安全运行。但是由于各种原因的影响, 经常会发生绝缘缺陷现象。比如绝缘老化、绝缘受潮以及机械损伤等都可能造成电气、机械以及热三方面的绝缘配合失效。2. 接头松动。如果在安装接地网时出现接头松动问题就会引起接地电阻增加或接触不良现象的发生, 而当接地电阻增加到一定程度后会出现绝缘击穿故障现象。

3. 温度过高。在电缆线路运行过程中,环境温度对电缆线路绝缘性能以及击穿电压都会造成一定影响。环境温度限值时会产生电缆故障问题;当电缆线路运行温度超过规定限值时也可能产生电缆故障问题。4. 过电压冲击问题。电力电缆长期运行后的外绝缘会发生老化、劣化等现象,如果不及时对其进行更换处理或改造处理就会在运行过程中产生电压冲击现象,导致绝缘击穿问题的发生。

(二) 绝缘老化故障

1. 绝缘受潮。电缆在制造时必须经过一定的处理,如绝缘和护套中的杂质必须清理干净,保证其干燥和清洁,如果制造过程中没有处理好,电缆绝缘受潮后容易产生老化现象;2. 机械损伤。机械损伤会导致电缆绝缘内部存在损伤,在使用过程中这些损伤还会进一步扩大,当损伤发展到一定程度后,绝缘内部的电阻就会逐渐下降,最终导致电缆的绝缘性能下降;3. 长期运行。长期运行也是造成电缆绝缘老化的重要因素之一,电缆在内部会形成电场,而当电场达到一定程度时就会发生击穿现象,绝缘强度就会降低,最终导致电缆绝缘老化;4. 外界因素影响。温度、湿度、温度变化等都会对电缆产生一定的影响,当温度升高时,电缆中的水分会蒸发出来并在电缆中形成水汽压力,使绝缘层发生损坏。而湿度过大时会使水分更容易渗透到电缆内部,使绝缘层被破坏;当温度降低时则会使水分凝固在表面并形成冷凝水,从而进一步破坏了电缆的绝缘层。

(三) 外力破坏故障

电力电缆线路是一种重要的电气载体,由很多导体和绝缘介质构成,其外部有着密集的金属护套,并且电缆线路都是架空敷设,线路长度通常在数百米至数千米之间。由于电缆线路具有一定的长度,且运行时间长、负荷大等特点,因此对外界的破坏会比较严重。施工单位在进行施工的过程中往往会采用一些大型机械设备,如果施工人员在操作的过程中没有按照标准进行操作就会导致机械设备对电缆线路造成一定程度的破坏,造成故障。

三、电压比较法在超高压电缆故障测寻中的应用

(一) 电缆线路的连接

在进行电缆线路连接时应严格按照相关的标准进行,电缆线路的连接方式主要包括了电力电缆和控制电缆两种,这两种电缆的截面面积是不同的。电力电缆具有较大的绝缘及外壳厚度,适用于其输送大电流及高压的场合。在对电力电缆和控制电缆进行连接时应使用专门的导线和接线,由于电力电缆和控制线缆之间存在一定的电阻差异性。因此,

为了避免两种不同接线方式造成电压损失和电流损失等问题,在使用导线连接时应采用双绞线进行连接。同时,也可以使用塑料绝缘线皮将电力线缆与控制线缆之间进行连接。

(二) 绝缘电阻测量

绝缘电阻测量即对电缆的绝缘材料进行测量,评估其绝缘性能是否合格,并可判断其在正常工作状态下的耐电强度。按照实际应用,主要有以下几种测试方法:1. 兆欧表法。使用兆欧表对电缆的绝缘材料进行测试可测得其电阻值。在对电缆的绝缘材料进行检测时应按照国家规定的安全标准进行操作,确保操作人员的安全。2. 高压直流法。高压直流法主要是使用高压直流电场对电缆的绝缘材料进行测试,评估其耐电强度是否满足要求。3. 交流耐压试验是对电缆在正常工作状态下的耐压能力进行测试,评估其在正常工作状态下的耐电强度是否符合要求。

(三) 绝缘强度测试

在进行高压电缆绝缘强度测试时需要将高压电缆的两端连接到电缆的两个端子上,再将低压电缆的两端分别与测试电压进行连接,在测试过程中要注意两个端子上电压的显示,将测试结果与显示数据进行对比,保证高压电缆绝缘强度测试的准确性。在对高压电缆进行绝缘强度测试时还需要注意高压电缆绝缘强度测试过程中出现的一些异常情况,如低压端和高压端之间存在明显的放电现象。在这种情况下,高压端和低压端之间会产生很大的电压差,使高压端的电流直接流入低压端,如果在高压端出现了这种现象,就说明高压电缆绝缘强度测试过程中出现了问题。

(四) 故障点定位

在超高压电缆故障测寻过程中常用的方法有直流电桥法、声测法、冲击高压闪络法以及高压脉冲反射法。交流电桥法是指利用单相接地故障,在对故障点进行定位时需要通过高压电缆的一端对另一端进行放电,使其能够形成稳定的放电脉冲,在进行故障定位时根据电缆两端电压的高低情况来判断故障点的位置。由于单相接地故障在发生之后会使故障点的放电电压降低,如果将电缆两端的放电电压降至0V以下时就会产生电桥,在电桥平衡后用钳形电流表测量两端的电流值大小即可确定故障点位置。声测法是指将声音信号作为一种载体进行测试的方法,主要包括声振法、电振法以及声反射法。声振法是指将电缆两端连接到一起,使其形成一个封闭的回路,在回路中用声测管测试。电参数测试则是通过对电缆两端施加不同的电压值,然后测得

电缆两端电压的大小，以此来确定故障点位置。在高压闪络法中主要使用高压脉冲发生器进行放电试验，利用脉冲电压与波速度成正比这一原理来确定故障点位置。

（五）电流波速测试

为了对电压比较法的具体应用效果进行验证，需要对电缆故障的波速进行测试，而在此过程中，电流波速测试的主要应用手段包括脉冲电流法和脉冲反射法。首先需要将电缆故障发生时产生的暂态电流进行收集并收集处理，通过对暂态电流的波形进行分析可以发现其中包含着低频振荡以及高频振荡，然后将这些低频振荡以及高频振荡在电路中进行放大处理，对其波速度进行测量。在利用脉冲电流法进行测量过程中，主要是通过将测试设备连接到电源端并对其进行脉冲放电，当放电结束后会在放电回路中形成一系列的暂态电流波形，根据这些暂态电流波形就可以确定出电缆故障的波速。

在利用脉冲反射法进行测量时需要将电缆故障发生时产生的暂态电流波的波形和测试设备的脉冲发生器连接到一起，在测试过程中会在测试回路中形成一系列的暂态电流波，通过对这些暂态电流波进行分析便可以得到其波速。这种方式的应用较为广泛，应用效果良好。

（六）放电时间测试

为防止出现放电现象，可采用在电缆两端进行放电的方法，其具体操作流程如下：将一段电缆线路两端各接上一只高压电流发生器并接入相应的测试点。在对故障电缆进行测试时将高压电流发生器接入故障点后对高压电流发生器的输出电压进行调整，使之符合设定要求；启动高压电源开关，将高压电源开至所需设定的时间点上；检测人员按照设定的放电时间对故障电缆进行放电，直至放电现象出现为止；将测试数据记录下来并保存，然后根据上述步骤对故障电缆进行检测，并将检测结果记录下来。如果测试过程中有特殊情况出现，需及时采取应对措施。

如果在测试过程中出现放电现象，那么需立即停止测试工作并及时将故障电缆进行拆除。在拆除时可采用冲击接地棒对电缆进行拆除，重新进行测试。若该方法仍无法解决问题，则需对电缆故障进行全面分析并采取相应措施解决。由于放电时电流突然增大，所以在拆除故障电缆时应缓慢进行，若发现放电电流较大应立即停止作业并通知相关人员前来处理，放电电流较小则可在电缆两端同时进行放电处理。此外，当电缆出现故障时，由于受到绝缘击穿的影响将导致部分介质中存在高压，若此时

电缆两端的放电电压大于电缆本身的绝缘击穿电压时，则可判断出故障点位于电缆的中间部位。如果电缆故障点放电现象未达到设定要求，应先进行放电时间测试，若放电时间仍然没有达到设定的要求就可以根据设定的放电时间来判断故障点位置。若放电时间超过设定的标准，说明故障点已经确定，可以直接对故障点进行定位。

（七）信号幅度测试

在进行测试时要将测试源的电源接好，将高压发生器的高压电源接入电缆的两端，将电缆的一端对着高压发生器，另一端连接到故障点，接着对电缆进行放电测试。在测试过程中要根据相关要求设置好放电参数，当电缆中存在较大电流时进行小电流放电试验。如果在进行高压试验时故障点不存在较大电流，可以直接用高压发生器对故障点进行放电试验，并记录下试验结果。一般情况下可以将高压发生器和电缆直接连接起来进行放电，如果在放电时发现火花产生，则说明故障点存在着较大的电压。

四、结语

在对超高压电缆故障进行测寻时，电压比较法是一种非常有效的方法，运用电压比较法对超高压电缆故障进行测寻时需要测试电缆进行充分的研究和了解，对测试所需的仪器设备进行合理配置，确保能够将故障测寻过程中所需要的时间缩短。除此之外，为了避免在对电缆故障进行测寻时出现各种问题，应该从电缆的选择、接线、制作、安装等环节入手，采取相应的措施确保超高压电缆故障测寻工作能够顺利进行。对测试所需设备仪器进行合理配置时要确保其可靠性和精确性，提高电压比较法测试结果的准确性。

参考文献：

- [1] 滕兆丰，夏俊峰，施楠楠. 高压电力电缆外护套电气绝缘特性检验的研究与分析[J]. 电线电缆，2021(1): 27-30.
- [2] 李仲杰，冯朝晖，张伟. 光缆护套壁厚测量控制系统设计与实现[J]. 光纤与电缆及其应用技术，2021(6): 31-33.
- [3] 祝晋尧，严敬汝，谷冉，成洪刚. 高压电力电缆外护套故障修复新方法研究[J]. 东北电力技术，2022, 43(3): 24-26.
- [4] 蒲文政. 电缆外护套绝缘层破损原因分析及处理[J]. 中国仪器仪表，2023(3): 68-71.
- [5] 沈浩然. 电力电缆外护套的故障定位及监测技术[J]. 科学与信息化，2023(24): 118-120.