

110kV高压电力电缆本体故障探测研究

祁进进

宁波送变电建设有限公司运维分公司 浙江 宁波 315000

摘要: 晨曦微露, 电力系统的“血脉”——110kV高压电力电缆在默默地传递着强大的电流。然而, 电缆故障难免, 一旦发生, 便可能引发连锁反应, 影响整个电网的稳定。因此, 精准的故障探测技术显得尤为重要。在众多探测方法中, 低压脉冲反射、直流高压闪络等技术以其独特的原理和应用效果脱颖而出。它们如同电力系统的“雷达”, 能够迅速定位故障点, 为运维人员提供有力支持。掌握这些技术, 对于保障电力供应的连续性和电网安全具有举足轻重的意义。

关键词: 110kV高压; 电力电缆; 故障; 探测

引言

随着电力系统的不断发展, 110kV高压电力电缆已经在电能输送中扮演着日益关键的地位。但是, 其在工作过程中也不可避免的会发生各种故障, 从而严重危害了电力系统工作的可靠性和安全性。因此, 快速准确地探测和定位电缆故障, 对于保障电力系统的正常运行至关重要。本文旨在探讨110kV高压电力电缆本体故障的探测技术与方法, 以为电力系统运维提供有益的参考。

1 110kV 高压电力电缆本体故障概述

1.1 常见故障现象

110kV高压电力电缆的常见故障现象主要包括绝缘击穿、导体断裂、护层腐蚀等。绝缘击穿通常是由于电缆绝缘层老化、受潮或受到过电压冲击等原因导致的, 表现为电缆绝缘性能下降, 甚至出现放电现象。导体断裂则可能是由于电缆在生产、运输或安装过程中受到机械损伤, 或者在运行过程中受到过大的热应力、电力等作用而导致的。护层腐蚀则多发生在电缆埋设环境恶劣或长期浸泡在水中的情况下, 护层受到化学或电化学腐蚀, 进而影响电缆的整体性能。除了上述故障现象外, 还可能出现电缆接头松动、接触不良等问题, 这些问题虽然不一定直接发生在电缆本体上, 但也会对电缆的正常运行造成严重影响。

1.2 故障危害

110kV高压电力电缆本体故障的危害不容小觑。首先, 故障会导致电能传输中断, 影响供电的连续性和可靠性, 进而可能对依赖电力的工业生产和居民生活造成严重影响。其次, 故障可能引发火灾或爆炸等安全事故, 特别是在电缆绝缘击穿产生电弧的情况下, 很容易点燃周围的可燃物质, 造成重大损失; 故障还可能对电缆周围的其他设备和人身安全构成威胁, 例如在故障点

附近的人员可能因触电而遭受伤害; 于是, 对于110kV高压电力电缆的故障预防和排查工作必须给予足够的重视。通过定期的检查、试验和维护, 及时发现并处理潜在的故障隐患, 是确保电力系统安全稳定运行的关键; 加强电缆安装、运行和维护过程中的技术管理和质量控制, 也是减少故障发生的重要措施^[1]。

2 故障探测的理论基础

2.1 电磁学原理

电磁学是探讨电、磁现象的相互作用与变化规律的科学, 它在电缆故障探测中发挥着至关重要的作用; 当电缆发生故障时, 如绝缘击穿或导体断裂, 会在故障点产生异常的电磁场变化; 这种变化可以通过特定的仪器进行捕捉和分析。基于电磁感应定律, 当电缆中的电压变化后, 将在其附近形成不同的磁场。在故障情况下, 电流的瞬间变化会导致磁场的突变, 这种突变可以被探测设备所感知; 通过测量这些磁场的变化, 可以对故障进行定位和分析。电磁波在电缆中的传播特性也是故障探测的重要依据; 电磁波在电缆中传播时, 其速度、衰减和反射等特性会受到电缆状态的影响; 当电缆出现故障时, 这些特性会发生变化, 从而为我们提供故障探测的线索。

2.2 信号传输与分析理论

信号传输与分析理论在电缆故障探测中同样占据重要地位。在电缆中, 信号是以电磁波的形式进行传输的; 当电缆发生故障时, 信号的传输特性会发生变化, 如信号的衰减、反射、散射等。通过向电缆注入特定的测试信号, 并接收和分析这些信号在电缆中的传输情况, 可以获取有关电缆状态的信息; 例如, 当电缆存在故障时, 测试信号会在故障点产生反射, 通过分析反射信号的幅值、时间和波形等特征, 我们可以确定故障的

类型和位置。同时现代信号处理技术如频谱分析、小波变换等也在故障探测中发挥着重要作用；这些技术可以帮助我们从小波复杂的信号中提取出有用的故障特征，提高故障探测的准确性和灵敏度。在实际应用中，基于电磁学原理和信号传输与分析理论的故障探测方法往往需要相互配合，以实现更准确的故障定位和诊断。例如，通过电磁感应设备捕捉到的磁场变化可以为信号分析提供初步的故障区域定位，而进一步的信号注入和分析则可以精确确定故障点的位置和性质^[2]。

3 110kV 高压电力电缆本体故障探测技术与方法

3.1 低压脉冲反射法

在110kV高压电力电缆本体故障探测技术中，低压脉冲反射法以其独特的优势被广泛应用。这种方法的核心原理是利用低压脉冲信号在电缆中的传输与反射特性，通过精确捕捉和分析反射波形，从而实现故障点的准确定位和故障类型的判断。（1）在实际操作中，低压脉冲反射法首先通过专用的脉冲发生器向电缆注入一个低压脉冲信号。这个信号会沿着电缆传播，当遇到阻抗不匹配点，如故障点、接头或电缆终端时，就会发生反射；反射信号的强度和延迟与故障的性质和位置密切相关。（2）接收设备会捕获这些反射信号，并将其显示在示波器或类似的显示设备上。专业人员通过观察和分析这些反射波形的特征，如幅值、时间差和波形形状，可以推断出故障的类型，如开路、短路或高阻故障，并计算出故障点的大致距离。（3）低压脉冲反射法的优点在于其非破坏性、操作简便以及定位精度较高。由于注入的是低压信号，因此不会对电缆造成额外的损害，这在保护电缆的完整性和延长其使用寿命方面具有重要意义；这种方法对于检测高阻故障特别有效，因为高阻故障往往不会导致明显的电流泄漏，而是通过改变电缆的阻抗特性来影响信号的传输。（4）低压脉冲反射法也有其局限性。例如，在电缆长度较长或存在多个故障点的情况下，反射信号的识别和解读可能会变得复杂；对于某些类型的故障，如间歇性故障或低阻故障，这种方法可能不够敏感。

3.2 直流高压闪络法

在110kV高压电力电缆故障探测技术中，直流高压闪络法扮演着重要角色，特别是对于评估和处理闪络性故障。当电缆的绝缘性能由于老化、潮湿或其他因素而降低到一定程度时，就可能出现闪络现象，这时直流高压闪络法便能发挥其独特的优势。（1）直流高压闪络法的核心在于通过向电缆施加逐步升高的直流电压，直至在故障点产生闪络。闪络是电缆绝缘在高压电场作用下发

生的瞬间击穿现象，它会形成一条导电通道，使得电流能够瞬间通过故障点；这一过程中产生的电流突变和电压波动可以被专用的故障探测设备捕捉到，从而确定故障点的精确位置。（2）实施直流高压闪络法时，需要使用专门的直流高压发生器来产生所需的高压电。配备高精度的电流和电压监测设备，以便及时捕捉到闪络发生时的电气特征变化；在操作过程中，技术人员需要严格控制电压的升高速度，并密切监视电流和电压的变化情况，以确保测试的安全性和准确性。（3）直流高压闪络法不仅能够帮助定位故障点，还能够对电缆的整体绝缘性能进行评估。通过分析闪络发生时的电压值和电流波形，可以了解电缆绝缘的薄弱环节，为后续的维修和更换工作提供重要依据。（4）直流高压闪络法也存在一定的风险和挑战。由于需要施加高电压，因此必须严格遵守安全操作规程，以防止对人员和设备造成伤害；对于某些复杂的故障情况，可能需要结合其他探测方法以获得更为准确的结果。

3.3 冲击放电声测法

冲击放电声测法在110kV高压电力电缆故障检查领域，尤其是在对地下光缆的故障定位领域，表现了其特有的优越性和实用价值。这种方式的基本原理是使用高压脉冲使线路故障点产生放电，通过捕捉和分析放电时产生的声音信号，来精确确定故障点的位置。（1）在实施冲击放电声测法时，首先需要在电缆上施加一个高压脉冲。这个脉冲会在电缆内部传播，并在故障点处产生放电现象；放电时，会伴随着特定的声音信号，这些声音信号包含了故障点的位置信息。（2）为了捕捉这些声音信号，需要使用特制的声学传感器。这些传感器通常具有高灵敏度和宽频响特性，能够准确地捕捉到放电时产生的声音，并将其转换为电信号进行分析；通过分析这些电信号的特征，如幅度、频率和持续时间等，可以推断出故障点的具体位置。（3）冲击放电声测法的优点在于其简单实用性和对地下电缆故障定位的准确性。由于声音信号在地下传播时衰减较小，因此这种方法特别适合于地下电缆的故障探测；该方法对设备的依赖性较低，操作简便，使得它在现场应用中具有较高的灵活性。（4）冲击放电声测法也存在一定的局限性。例如，在嘈杂的环境中，声学信号的捕捉和分析可能会受到干扰，影响定位的准确性；对于某些复杂的电缆网络或深埋的电缆，声音信号的传播可能会受到土壤、水分等多种因素的影响，从而增加定位的难度。（5）为了提高冲击放电声测法的准确性，可以采取一些辅助措施。例如，在施加高压脉冲前，可以先对电缆进行绝缘测试，

以确定可能的故障区域；还可以使用多个传感器进行同时探测，通过比较不同位置的声音信号强度和时间差，来更精确地定位故障点^[3]。

3.4 声磁同步法

在110kV高压电力电缆故障探测中，声磁同步法以其高精度和可靠性而受到广泛关注；该技术融合了声波与电磁波的探测原理，通过同时捕捉并分析这两种信号，实现了对电缆故障点的精确定位。（1）电缆故障点放电时，会同时产生声波和电磁波。声波是由于放电时的气体膨胀和空气振动产生的，而电磁波则是由放电电流产生的电磁辐射；这两种信号在传播过程中具有不同的特性，但都携带了故障点的位置信息。（2）在实施声磁同步法时，需要使用专门的探测设备，这些设备能够同时接收声波和电磁波信号。通过精确测量这两种信号的到达时间差，结合它们在介质中的传播速度，可以计算出故障点的准确位置和深度。（3）声磁同步法的优势在于其双重验证机制。声波和电磁波的传播特性不同，受环境因素的影响也不同。通过比较和分析这两种信号，可以更有效地排除干扰，提高故障定位的准确性；该方法还可以提供关于故障类型的额外信息，如绝缘击穿或导体断裂等，有助于制定更精确的维修计划。（4）声磁同步法在实施过程中也面临一些挑战。例如，声波信号可能受到环境噪声的干扰，而电磁波信号可能受到周围电磁环境的影响；在实际应用中，需要综合考虑这些因素，选择合适的探测设备和参数设置，以确保故障定位的可靠性。（5）为了提高声磁同步法的探测效果，可以采取一系列优化措施。例如，选择合适的探测设备和传感器，以提高信号接收的灵敏度和准确性；还可以结合其他故障探测技术，如直流高压闪络法或冲击放电声测法，以形成多层次的故障定位体系。

3.5 红外热像法

红外热像法在110kV高压电力电缆本体故障探测中，以其独特的非接触式检测方式，为电缆的状态监测与故障诊断提供了一种高效、安全的手段；电缆在正常运行时，由于电流通过导体产生的热效应，会使得电缆表

面出现一定的温升；但当电缆存在潜在故障，如接触不良、绝缘老化或局部放电等问题时，这些区域往往会呈现异常的局部过热现象。（1）红外热像法正是基于这一原理，利用红外热像仪捕捉电缆表面的热量分布，从而识别出这些异常过热的区域。红外热像仪能够感应到物体发射的红外辐射，并将其转换为可见的热图像，使得操作人员能够直观地观察到电缆表面的温度分布情况。（2）在实际应用中，红外热像法的操作简便且对电缆无损伤。技术人员只需将红外热像仪对准待检测的电缆区域，即可快速获取该区域的热图像；通过对热图像的分析，可以准确识别出电缆上的过热区域，这些区域往往就是潜在故障所在的位置。（3）红外热像法还具有较高的灵敏度和分辨率，能够检测到微小的温度变化。这使得它在发现电缆早期故障方面表现出色，有助于及时采取维修措施，防止故障进一步恶化。（4）红外热像法也存在一定的局限性。例如，它对于被检测物体的表面状况有一定要求，如表面涂层、污垢或遮挡物等都可能影响检测结果的准确性；在应用红外热像法进行故障探测时，需要综合考虑这些因素，以确保检测结果的可靠性。

结语

110kV高压电力电缆的故障探测是确保电力系统稳定运行的关键环节。本文通过对多种探测技术的深入分析和比较，展示了各种方法的优势和局限，为实际操作提供了有力的理论支撑和实践指导。未来，随着科技的进步和新技术的不断涌现，我们期待更加精准、高效的故障探测方法，以进一步提升电力系统的安全性和可靠性。电力工作者应不断学习和掌握新技术，以适应电力系统发展的需求，为社会的持续供电贡献力量。

参考文献

- [1]王珊珊,孟阳,邵京伟.220 kV高压电力电缆阻水结构分析[J].黑龙江电力,2021,43(06):526-529.
- [2]郑盼龙.针对110kV高压电力电缆本体故障探测的诊断[J].电工电气,2021(07):74-76.
- [3]崔晓光.220 kV高压电力电缆故障检测技术[J].低碳世界,2020,10(07):61+63.