

电缆故障查找分析及提升配电网电缆线路运维水平策略

刘畅 封硕 郭亚洁

国网石家庄供电公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 电缆是配电网的重要组成部分, 关系到电力传输的质量和群众的生活水平。电缆故障是影响配电网稳定运行的重要因素之一, 一旦出现电缆故障, 将会对人们的日常生活造成重大影响, 因此相关部门应该关注电缆安全及电缆故障查找的重要性。文中对电缆故障进行了充分分析, 介绍了常见故障类型以及目前常用的电缆故障查找方法, 继而提出了提升配电网电缆线路运维水平的具体策略, 旨在提升电力电缆测寻技术, 加快电缆故障查找维修速度, 从而促进我国电力事业的发展。

[关键词] 电缆故障; 配电网; 电缆线路运维; 策略

DOI: 10.33142/aem.v5i9.9756

中图分类号: TM71

文献标识码: A

Analysis of Cable Faults Finding and Strategies for Improving the Operation and Maintenance Level of Cable Lines in Distribution Networks

LIU Chang, FENG Shuo, GUO Yajie

State Grid Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Cable is an important component of the distribution network, which is related to the quality of power transmission and the living standards of the people. Cable faults are one of the important factors affecting the stable operation of distribution networks. Once a cable fault occurs, it will have a significant impact on people's daily lives. Therefore, relevant departments should pay attention to cable safety and the importance of cable fault detection. The article provides a thorough analysis of cable faults, introduces common types of faults, and commonly used methods for cable fault diagnosis. It then proposes specific strategies to improve the operation and maintenance level of cable lines in distribution networks, aiming to improve power cable detection technology, accelerate cable fault diagnosis and maintenance speed, and promote the development of Chinese power industry.

Keywords: cable faults; distribution network; cable lines operation and maintenance; strategy

引言

现代社会对电能的需求越来越大, 而配电网作为电能传输的重要环节之一, 起着至关重要的作用。电缆线路作为配电网的主要组成部分, 在供电过程中存在着各种各样的故障隐患。如何及时准确地查找和排除故障, 提升电缆线路运维水平成为一个亟待解决的问题。

1 电缆故障类型分析

电缆是电力传输和通信系统中重要的组成部分之一, 它在我们日常生活中起着至关重要的作用。电缆故障的发生会导致电力中断、通信中断以及其他许多问题, 因此了解电缆故障的类型对于电力和通信系统的运行至关重要。一般来说可以从以下几个方面分析电缆故障类型:

1.1 外力破坏导致故障

外力破坏是指电缆遭受物理力量的撞击、挤压、拉扯等, 从而导致电缆结构的破裂或损坏, 是最常见的故障原因之一。这包括地面施工操作时意外损坏电缆、挖掘工程中的机械损伤、动物咬嚼、车辆碾压等。这些外力导致电缆的绝缘层、导体或外护套受损, 进而影响电缆的性能。同时, 一些地理地质因素也会破坏电缆, 例如: 在山区或地震频发区域, 地震引起的地质运动可能导致电缆受到挤压、弯曲或拉伸等力的作用, 地下水位的变化也可能导致

电缆接触到潮湿环境, 从而对绝缘层产生负面影响。另外, 在极端温度下, 电缆的绝缘材料可能会受到损坏, 从而导致电缆内部的短路或绝缘击穿。比如在高温环境下, 电缆的绝缘材料容易软化或熔化, 导致绝缘性能下降; 在严寒的条件下, 电缆的绝缘材料会变脆, 容易发生开裂或断裂。

1.2 施工工艺导致故障

电缆在安装和施工过程中, 若操作不当或施工工艺不合理, 也可能引起电缆故障。例如: 对电缆接头的绝缘处理不周到, 电缆连接点焊接不牢固, 导致绝缘受损或接触不良; 或电缆的弯曲半径过小, 造成绝缘受损或导体折断等。

1.3 产品质量问题引起故障

有时电缆的故障是由于制造过程中存在的产品质量问题引起的。这些问题包括电缆套管内部存在空气泡, 导致电缆绝缘性能下降、电缆导体存在接触不良导致传输信号干扰、绝缘层厚度不均匀等。以电缆的导体质量为例, 导体是电流的传导通道, 一般采用铜或铝等优质材料制成。如果导体质量不好, 可能会出现导体断裂、接头松动或接触不良等问题, 导致电缆的传输性能下降甚至无法正常工作。此外, 电缆的外护套质量也会对电缆的可靠性产生影响。外护套主要起到防水、防潮、防火和耐磨损的作用。一旦外护套质量出现差错, 就容易引起电缆的绝缘性能下

降、损耗增大、耐久性变差等问题，导致电缆发生故障。

1.4 绝缘老化导致故障

绝缘层是保护电缆导体的重要组成部分。绝缘老化是指电缆绝缘材料在长时间使用后产生的老化变质现象，导致绝缘性能下降。这种老化可以是自然老化，也可以是因为环境条件不佳（如高温、潮湿、化学腐蚀等）导致的加速老化。绝缘老化会导致电缆的绝缘击穿、漏电等问题，引起故障。

2 电缆故障查找方法

2.1 感应法

感应法作为一种非接触式故障查找方法，广泛应用于电缆故障查找中。它利用电磁感应原理来检测电缆故障位置，通过在电缆附近或接地线圈中产生感应电磁场，并通过故障处的磁场干扰来确定故障位置^[1]。在检测工作开始前，首先要确认故障电缆与其他电源完全隔离，保证安全性。准备一台高灵敏度的电磁感应设备，一般使用电磁感应钳、感应测电笔，将钳或者笔头放置于电缆附近，沿着电缆的路径逐步移动，在完好电缆路线中，感应测电笔会一直发出声响，哪里不响就说明哪里电缆路线故障，可以通过多次移动笔头或钳来确定故障位置的准确性。确认故障位置后，可以进行进一步的检查和确认，以确定是否存在电缆故障，比如通过使用电缆测试仪等进一步验证。

2.2 电桥法

电桥法是一种基于电阻测量原理用于检测电阻变化的故障查找方法。它通过在故障区域附近设置电桥电路，测量故障区域的电阻变化。使用电桥法需要准确知道电缆的长度等一些原始资料。一般会使用带有调制信号的高频电桥仪器。检测过程中，一般要准备以下工具和设备：电桥仪、测试导线、电缆线夹、电缆接地器等。首先将电桥仪连接至电缆两端，分别用测试导线连接电桥与电缆的不同相位。调整电桥仪的测量范围，开始测量电缆的电阻。通过调节电阻使电桥平衡，观察和记录电桥显示的测量数值变化，再根据电缆全场计算出故障点与测量点的大致距离，使用公式 $LX=2L[R/(R+M)]$ ，（公式中，L—电缆长度，R—测量臂电阻，M—比例臂电阻，LX—从测量端到故障点的距离）^[2]。电桥法适用于定位电缆中的断线、接触不良、绝缘破损等故障。该方法准确可靠，可适用于各种工况环境。

2.3 声测法

声测法是基于声波传播原理，根据电缆故障产生的声波传播特性来定位故障位置的一种方法。当电缆发生故障时，会产生明显的声音。检测时，将声测传感器部署在电缆上。传感器通常是通过夹具或夹子固定在电缆表面上并与电缆表面有良好接触。再使用大容量的高压电容器对故障电缆芯进行定时放电，此时故障处会形成特定频率的机械振动或放电声音，地面的传感器接收到音频后，并开始采集数据，生成相应的数据图表。在噪声最小时可用助听器或医用听诊器等音频放大设备进行搜索。搜索时，将拾音器靠近地面并沿电缆缓慢移动。哪里的“滋滋”的放电

声音是最大的，哪里就是故障点。常见的电缆故障声音包括放电噪声、击穿声、电弧声等。声测法适用于电缆局部放电、绝缘破损等故障的定位，可用于地下电缆等环境较复杂的情况，并且可以检测到微弱的故障信号。同时，我们可以按照发生位置不同，将电缆故障进行分类，与之相应，电缆各部件也对应不同的状态检测方法，如下所示。

表 1 电缆各部件检测方法

电缆部件	相应状态检测方法
电缆本件、附件	外观检查、耐压试验、局部放电检测、介质损耗检测、红外热成像仪检测、电缆线芯温度检测
电缆外护套	护套直流耐压试验
接地系统	巡视及接地电阻测量、接地线环流检测

以上几种方法在电缆故障查找中都具有重要作用。除此之外，还有阻抗法、脉冲法、电容放电击穿法等方法。在实际情况中要根据故障的具体情况和性质，选择相应的方法进行定位。值得注意的是，这些方法常常需要专业的设备和技术人员进行操作和解读结果。因此，在进行电缆故障查找时，应确保使用合适的方法，并根据需要寻求专业人士的帮助。

3 提升配电网电缆线路运维水平策略

3.1 调整敷设安装形式

要提升配电网电缆线路运维水平，从配电网电缆线路敷设安装形式调整这个方面入手是非常重要的。通过调整敷设安装形式，可以改善电缆线路的可靠性、安全性和维护便利性。当前配电网电缆线路的安装主要是以地下敷设方式为主，这种方式可以有效节省地形空间，但也因为这种非透明的方式，一旦电缆线路出现故障，排查故障工作的难度将会增加。要想减少电缆故障的发生概率，还得从最根本的层面入手，即在电缆线路敷设的时候就加强质量把控，从源头上减少故障发生的可能性。

3.1.1 针对问题罗列相应计划

首先，针对电缆线路在进行电能传输过程中可能发生的故障以及过去所发生过的问题进行分析，罗列出相应的解决计划和措施。这意味着我们需要对当前的问题进行仔细地分析和识别，确定需要解决的具体难题。这可能包括电线老化、线路隐患、设备故障等问题。根据不同的问题，我们可以制定相应的计划，例如提前更换老化电缆、加固线路支撑结构、改进绝缘措施等。在敷设技术上可以考虑采用新型的敷设技术，如无接头电缆、预制电缆等，减少线路接头的数量，降低故障风险。此外，要根据敷设方法准备好合适的敷设工具，如机械敷设设备、导线牵引机等，提高敷设效率和质量，减少工作量和人力成本。

3.1.2 敷设前期的全局勘察

在敷设前期，进行全局勘察是非常重要的。我们需要对整个电缆线路的环境、地质条件、周边建筑物等进行综合勘察和评估。这可以帮助我们更好地了解线路敷设的挑

战和难点,为后续的施工和运维工作提供必要的信息。全局勘察还可以帮助我们规划合理的线路布局,避免因地理环境等因素导致的线路故障和事故。在敷设线路时,需要根据实际情况进行路径规划,根据负载情况和电缆容量,合理规划线路的布置,避免电缆交叉或交错安装,避免与其他设施冲突,减少线路维护难度。合理的敷设路径可以降低外力破坏线路的风险,提高线路的可靠性和寿命。

3.1.3 敷设后期线路的维护与定期检测

敷设后期的线路维护与定期检测也是必不可少的。我们应该建立定期巡视和制度的制度,保证线路在正常运行状态下。这包括对绝缘阻性、接地电阻、接头接触电阻等进行定期检测和维护,可以采用红外热像仪、局部放电监测等高科技手段,及时发现故障隐患,防患于未然。同时,还应该加强对线路周边环境的监测,及时发现和处理可能影响线路安全的因素,如污染物、树木生长等。在特殊环境条件下,如高温、湿度、腐蚀等情况下,可以增加保护层或采用防腐蚀材料,提高线路的抗环境能力^[3]。同时,对易受外力破坏的地方,可以加装护套或防护罩,提高线路的安全性。

配电线路、设备定期巡视、检测周期表:

表2 配电线路、设备定期巡视、检测周期表

巡视对象	周期
架空线路、设备及通道	市区: 三个月 郊区及农村地区: 六个月
电缆线路及电缆通道	三个月
配电室、配电箱、配电柜、电缆分支箱	市区: 三个月 郊区及农村地区: 六个月
防雷与接地装置	市区: 三个月 郊区及农村地区: 六个月
配电自动化终端、在线检测装置	市区: 三个月 郊区及农村地区: 六个月

3.2 完善电缆电线监督与管理

完善电缆电线的监督与管理系统是提升运维水平的基础。可以建立健全的电缆档案管理系统,对电缆线路进行分类、编号、记录重要技术参数等信息,包括电缆线路的基本信息、安装记录、检修维护记录等,便于统一管理和调度^[4]。同时,定期进行巡视和检测,对于老化、损坏或有安全隐患的电缆线路,及时进行汇总评估,发现和处理电缆故障和损坏,确保电缆线路的正常运行。此外,还可以采用智能化监测设备,实时监测电缆温度、局放、绝缘状态等关键指标,提前预警并防范潜在故障。

3.3 材料选取调整

在电缆线路的选取和敷设方面,要选用质量可靠、耐久性高和抗环境老化能力的材料,包括导体、绝缘层、护套等。根据实际情况选择合适的电缆类型,考虑线路负荷、环境适应性、故障定位等因素,调整电缆线路的容量和截

面积,以适应不同负荷条件和电流要求,减少线路阻抗和电缆损耗,以提高线路的可靠性和可维护性。

3.4 利用电缆在线检测系统

引入先进的电缆在线检测系统,利用物联网技术实时监测电缆线路的运行情况。采用高精度的在线监测设备,实时监测电缆的温度、局放、绝缘状况等参数,通过对电缆温度、漏电流、接地电阻等参数进行监测和分析,及时发现异常情况,并通过智能化算法判断故障信息和故障位置,以提升线路的故障诊断和维修效率^[5]。这样可以减少人工巡检的工作量,提高故障检测和排除的效率,降低维修成本和故障对供电的影响。

3.5 提升运维人员的技能和专业水平

提升运维人员的技能和专业水平是保障配电网电缆线路运维的关键。通过组织专业培训和考核机制,加强运维人员的培训和学习,提高其对电缆线路故障诊断和维修技术的掌握能力。同时,鼓励运维人员参与相关技术论坛和交流互动,与同行业的专家和技术人员进行交流和互动,不断更新知识和拓宽视野。另外,建立健全的安全生产责任制度,加强对运维人员的安全教育和培训,提高其安全意识和应急处理能力。

4 结语

综上所述,近年来,我国经济快速发展,各类技术和管理措施层出不穷,配电网电缆线路的运维水平也等到了很大的进步,通过对电缆故障查找分析及提升配电网电缆线路运维水平的策略的研究,可以进一步提高配电网质量,提升居民的基本生活质量。掌握科学合理的方法对电缆故障进行探测和维修,同时利用规范和先进的运维管理手段,只有全面优化各个环节,加强管理和技术应用,才能提高电缆线路的可靠性、安全性和供电质量,为用户提供更稳定可靠的电力供应。

[参考文献]

[1] 隆茂,王磊,鲁功强. 电力工程中配电电缆的运行维护与故障分析[J]. 工程技术, 2021(4): 4-6.
[2] 李双龙. 基于电力电缆运维检修及管理探究[J]. 工程技术研究, 2021, 3(9): 133-134.
[3] 钱陈睿. 配电网电缆常见故障分析及其维护防范措施[J]. 电力工程, 2021(3): 3-4.
[4] 朱思明. 电力工程中配电电缆的运行维护与故障分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(7): 2.
[5] 陈洁冰. 电缆故障分析及提升配电网电缆线路运维水平策略[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2021(9): 2.
作者简介: 刘畅(1993.10—), 毕业院校: 华北电力大学, 所学专业: 电力系统及其自动化, 当前就职单位: 国网石家庄供电公司, 职务: 无, 职称级别: 工程师。