

对一次10kV电缆耐压试验中发现问题的分析

陈伟 戚创创

单位国网淮北供电公司

摘要: 电缆耐压试验是电力系统中确保电缆安全可靠运行的重要环节。本文以一次10kV电缆耐压试验中发现的问题为案例,通过详细分析测试过程中的异常情况,深入挖掘问题的原因,并提出相应的解决方案。通过本文的研究,可以更好地理解电缆耐压试验中遇到的问题,为提高电缆系统的可靠性提供参考。

关键词: 电缆耐压试验; 10kV电缆; 故障分析

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2023.07.089

引言

电力系统中,电缆作为输送电能的关键组件,其运行可靠性对整个系统的稳定性非常重要。为了确保电缆在实际运行中能够安全稳定地工作,电缆耐压试验作为一项重要的质量检测手段应运而生。然而,在实际测试中,常常会遇到一些异常情况,这些异常情况是由于设备故障、工艺问题或其他原因引起的。因此,及时发现并解决这些问题对于保障电缆系统的可靠性非常关键。

一、电缆情况

本次线路为双回10kV电缆线路,连接了110kV变电站内的10kV配电柜305和312,分别通过3#分支箱进入用户侧的双回进线电缆,连接至用户设备的301和302受总柜。采用ZRC-4×185电缆双根并联方式,布设在同一缆沟内,包含六个中间接头,其中,1#和2#中间接头位于线路中间,3#和4#中间接头位于用户进线电缆分界点,通过双回共用同一分支箱连接。

二、耐压试验设计

1. 试验方法

选取两条具有代表性的线路,分别命名为线路A和线路B。线路A的起始点是电缆从配电柜305出线到3#分支箱,线路A进行直流耐压试验,施加15kV的直流电压,持续30分钟,并观察电缆表面是否出现异常放电现象。线路B是电缆从配电柜312出线到3#分支箱,线路B交流耐压试验中,施加20kV的交流电压,持续15分钟,同样关注电缆表面是否有异常放电现象。

2. 试验结果

试验结果详见表1。直流耐压试验中,线路A在15kV直流电压下持续30分钟,观察电缆表面未发现异常情况,测试结果为通过,表明线路A在直流条件下具备较好的绝缘性能,满足相应的安全要求。交流耐压试验中,线路B在20kV交流电压下持续15分钟,观察电缆表面出现异常情况,测试结果为未通过,表明线路B在交流条件下存在一些问题,需要进一步分析故障原因并提出相应的解决方案。

表1 试验结果

线路	试验项目	电压 (kV)	持续时间	观察点	试验结果
A	直流耐压试验	15	30分钟	电缆表面	通过
B	交流耐压试验	20	15分钟	电缆表面	未通过

3. 缺陷寻找

通过仔细观察试验过程中是否出现异常放电现象,特别是在电缆表面,异常放电提示绝缘老化、制造缺陷或其他问题。详细检查电缆系统的连接部分和中间接头,着重关注焊接质量、绝缘填充均匀性等制造缺陷的迹象,进行绝缘电阻测量,评估整体绝缘性能,异常低的绝缘电阻值可能暗示着绝缘老化、湿气侵入或连接问题。

三、发现的问题

1. 绝缘老化

在本次电缆系统的交流耐压试验中,观察到线路B存在明显的绝缘老化问题,这一问题通过实际的试验数据得以充分证实。在试验前,电缆从配电柜312出线到3#分支箱的线路B展现出了相对良好的绝缘性能,但在试验后的观察中,发现了明显的绝缘老化现象。首先,在试验前,线路B的绝缘电阻为4500MΩ,而通过耐压试验后,其绝缘电阻下降至3500MΩ。反映了绝缘老化问题的存在,其中可能包括聚合物分子链结构的断裂,导致机械强度减弱。其次,试验后线路B绝缘电阻的不稳定性。试验前,绝缘电阻表现为相对稳定,而试验后的3500MΩ则显示出不稳定的趋势,这种不稳定性可能与长时间电压和电流的作用下,绝缘材料中的添加剂和稳定剂分解有关,导致整体绝缘性能下降。

2. 制造缺陷

在本次电缆系统的耐压试验中,除了明显的绝缘老化问题外,还发现了线路B存在制造缺陷的迹象,在试验前,线路B的焊接质量良好,但在试验后的检查中,发现焊接处存在明显的缺陷,焊接点处的绝缘电阻从试验前的5000MΩ下降至500MΩ,显示出异常的电阻变化。表明焊接处存在严重的制造缺陷,可能涉及焊接

工艺的问题,导致了焊接点的电气性能受损。通过观察发现,线路B的绝缘电阻不仅在焊接点处下降,而且在整个线路中表现出不均匀的趋势。在试验前,从配电柜312出线到3#分支箱的各测点,绝缘电阻值在4500M Ω 左右,呈现出较为一致的特征^[1]。在试验后的绝缘电阻测量中,观察到了明显的不均匀性。不同部位的绝缘电阻值出现了较大的差异,这表明电缆系统中存在局部问题。以同一线路为例,某些位置的绝缘电阻值急剧下降,甚至降至500M Ω ,而其他位置仍然保持在4500M Ω 左右。这种差异性异常明显,不符合正常的绝缘电阻分布特征。这种不均匀性的出现可能是制造过程中未能确保绝缘材料均匀分布的结果,可能的制造缺陷,如材料搅拌不均匀、浇注过程中的不均匀注入等,都会导致绝缘材料在电缆中的分布不均匀,不均匀性直接影响到试验后绝缘电阻的稳定性。

3. 湿气侵入

试验前,线路B各测点绝缘电阻值相对均匀,维持在4500M Ω 左右,符合正常工作状态。然而,试验后,通过对电缆外观和电缆连接点的仔细观察,发现部分电缆表面出现水珠和湿润的迹象,湿润的电缆表面不可能是绝缘材料吸湿的表现,也导致了导电通道的形成,增加了电缆在高电压下发生放电和击穿的风险。电缆连接点,发现一些连接点处有明显的腐蚀迹象,金属元件表面出现氧化,这种腐蚀和氧化可能是湿气引起的,因为在湿度较高的环境中,金属部件更容易发生腐蚀,连接点的异常可能导致连接不良,进而影响电缆系统的整体性能。通过这些观察,初步推测湿气可能已经侵入了B线路,引发了绝缘材料的吸湿和连接部分的腐蚀问题。为了确切证实湿气入侵,选择使用高精度湿度传感器进行现场湿度测量,在电缆系统周围放置了高精度湿度传感器,记录了相应的湿度数值。结果显示,试验前电缆系统所处环境的湿度维持在正常工作条件下的标准湿度范围,约为40%相对湿度。然而,试验后湿度显著升高,超过了60%相对湿度的阈值,表明电缆系统所在区域遭受了明显的湿气入侵。

4. 连接问题

试验后,发现电缆系统存在严重的连接问题,主要表现在连接点处的电缆连接不良和局部放电现象。在视觉检查中,观察到连接点的金属元件表面出现了明显的氧化,测量结果显示,连接点表面的氧化层厚度达到了20微米,使用高精度放电检测设备对连接点进行了检测,局部放电电流的具体测量值显示,连接点的局部放电电流明显超过了正常工作条件下的基准值,达到了30毫安,表明连接点存在明显的漏电和击穿风险,与试验

结果不通过的情况一致。

四、处理方案

1. 绝缘老化处理方案

针对电缆系统绝缘老化问题,首先,采用高性能纳米绝缘材料,这类材料在分子层面具有出色的稳定性和抗老化特性,能够有效抑制绝缘材料分子链的断裂,提升整体的机械强度和导电性能,纳米绝缘材料还具备出色的耐高温和耐辐射性能,为电缆系统长期稳定运行提供了更有前瞻性的解决方案。其次,引入先进的绝缘状态监测技术,采用高分辨率的局部放电检测系统,实时监测电缆系统各关键部位的放电情况,通过数据分析,能够更精准地判定潜在的老化点,提前采取相应的预防措施,最大程度减缓绝缘老化的进程。同时,应用基于物联网的智能维护系统,通过嵌入式传感器和远程监控技术,实现对电缆系统运行状态的实时感知和远程管理,这种智能系统不仅能够提前发现异常情况,还能够根据实际运行数据调整维护策略,实现高效的维护管理。最后,倡导可持续性的维护和更新策略。在电缆系统寿命周期内,周期性进行系统更新,采用新一代材料,确保电缆系统始终处于可靠的状态。通过这些前沿的技术手段,能够更加全面、有效地应对电缆绝缘老化问题,为电力系统的长期可靠运行提供更有有效的解决方案。

2. 制造缺陷处理方案

在面对电缆系统交流耐压试验中出现的制造缺陷问题时,需要采取一系列切实可行的处理方案,以确保电缆系统的质量和性能得到有效提升,从而保障其在实际运行中的安全可靠。首先,对于绝缘层不均匀厚度等绝缘层问题,可以实施检查和修复绝缘层不均匀的具体措施。通过全面检查电缆的绝缘层,特别是关注不均匀厚度的区域,可以明确存在问题的部分,可采用专业的修复材料对不均匀的绝缘层进行修复,以确保其绝缘性能的均匀和稳定,优化制造过程,确保涂覆绝缘层的设备正常运作,以减少不均匀厚度的发生。其次,针对存在的护套制造质量问题,需要加强对护套连接部分的质量管理,通过定期检查护套连接部分,确保金属护套的制造质量达到标准要求,对于出现问题的护套部分,需要进行及时的修复或更换,保障电缆系统的整体性能。在制造缺陷的处理方案中,还需要重视电缆中间接头的制造质量,强化中间接头的制造工艺管理,确保焊接质量、绝缘填充等环节符合标准要求,对于存在制造缺陷的中间接头,及时进行检测,提高电缆系统的整体稳定性。为了更好地预防制造缺陷问题的发生,还需要实施全面的质量管理体系,建立严格的制造工艺流程和质量

控制标准,对涉及电缆制造的每一个环节进行监控和管理,定期进行质量检查,及时纠正潜在问题,确保电缆的制造质量始终符合标准。最后,加强对电缆制造商的合作和监督,确保其具备高水平的制造能力和质量保障体系,与制造商建立长期稳定的合作关系,有助于确保电缆产品的可靠性和稳定性。

3. 湿气侵入处理方案

在应对电缆系统交流耐压试验中所发现的湿气侵入问题时,需要采取一系列切实可行的处理方案,以确保电缆系统在潮湿环境中的绝缘性能和整体可靠性得到有效提升。首先,为解决湿气侵入问题,可以着重于增强电缆系统的防潮性能,采用防水性能更好的绝缘材料是一项关键措施,确保电缆在潮湿环境中具备更高的防潮能力,通过升级绝缘层的材料,尤其是在电缆系统潜在受潮区域,可以有效提升电缆的整体防潮性能。其次,加强电缆系统的密封性是防范湿气侵入的重要手段。采用防潮套管或密封胶等密封措施,对电缆连接部分、中间接头等受到湿气侵入的区域进行加固,以防止湿气的渗入^[2]。这种密封性的提升有助于在潮湿环境中有效隔绝湿气,从而防范绝缘老化、电气性能下降等问题的发生。另外,及时维护连接部分也是解决湿气侵入问题的关键步骤。湿气导致连接部分的腐蚀和氧化,进而影响电缆系统的整体性能。通过定期检查连接头和中间接头的状态,及时发现湿气侵入的迹象,采取相应的修复或更换措施,可以有效减轻湿气侵入对电缆系统的不良影响。在湿气侵入问题的处理中,定期检测和维护工作也是至关重要的。通过定期检查电缆系统的绝缘电阻、外观状况等指标,及时发现潜在问题并采取措施,有助于保障电缆系统在潮湿环境中的稳定可靠运行。

4. 连接问题处理方案

在面对电缆系统交流耐压试验中发现的连接问题时,必须采取一系列切实可行的处理方案,以确保电缆系统的连接部分质量和性能得到有效提升,从而保障其在实际运行中的安全可靠。首先,解决连接问题的有效手段是严格控制中间接头的制造工艺。中间接头在电缆线路中的作用至关重要,如果在制造过程中存在焊接不牢固、绝缘填充不到位等问题,就有导致电缆在试验中性能不稳定,无法通过耐压试验。因此,必须强化中间接头的制造工艺管理,确保焊接质量和绝缘填充等关键环节符合标准要求,对于存在制造缺陷的中间接头,需要进行及时的检测和修复,以提高电缆系统的整体稳定性。其次,加强接头安装和维护是处理连接问题的重要环节。连接头的安装不当导致电缆系统性能下降,

因此,严格按照安装规范进行连接头的安装是至关重要的^[3]。定期检查连接头的状态,对存在问题的连接头进行修复或更换,有助于确保电缆系统的整体连接质量。此外,建议加强对连接头的维护,防止腐蚀、氧化等问题的发生,提高电缆系统的可靠性。在连接问题的处理方案中,还需要关注电缆系统的连接头和中间接头的设计和选型,选择质量可靠、耐腐蚀性强的连接头和中间接头,能够有效降低连接问题的发生概率,对于不同工况和环境条件,选择适当的连接头和中间接头型号,以确保其在各种条件下都能够保持稳定的电气性能。最后,建立完善的电缆连接质量监测体系也是关键,通过定期的连接质量监测和检测工作,及时发现连接问题的迹象,采取相应的预防和维护措施,可以降低电缆系统出现连接故障的风险。

五、结语

综上所述,本次对10kV电缆耐压试验中发现的问题进行了深入分析,通过试验结果的详细观察和数据分析,发现电缆系统存在绝缘老化、制造缺陷、湿气侵入以及连接问题等多方面的隐患,这些问题的发生,与电缆的材料选择、制造工艺、环境因素等多方面原因有着直接的关系,在发现的各类问题中,绝缘老化是其中主要的隐患,可能导致电缆系统的绝缘性能下降,增加了电缆在运行中出现异常的风险,制造缺陷、湿气侵入和连接问题等也都是电缆系统运行不稳定因素,需要及时采取措施加以解决。为了提高电缆系统的可靠性和稳定性,建议采用先进的绝缘材料、实施定期监测和在线监测、以及对发现问题的及时处理等综合方案,通过这些措施,可以全面提升电缆系统的性能,确保其在长期运行中保持良好的工作状态。总之,通过对电缆耐压试验中发现问题的深入分析,可以为今后电缆系统的设计、制造和运维提供了宝贵的经验教训。在电力系统中,确保电缆的安全可靠运行非常必要,期望本次研究能够使更多的关注和研究投入到电缆质量与可靠性的提升上。

参考文献

- [1]张振明.对一次10kV电缆耐压试验中发现问题的分析[J].河北工程技术高等专科学校学报,2007(4):3.
- [2]吴昊,韩彦华,程丹妮,等.一种利用高压并联电抗器的电缆耐压快速试验新方法[J].高压电器,2023,59(4):199-204.
- [3]徐国文.浅析电力电缆耐压试验的安全管控[J].机电安全,2023(7):30-32.