

高压电缆故障的分析判断和故障点查找

封 硕 郭亚洁 刘畅

国网石家庄供电公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着我国市场经济的不断发展以及基础设施的建设水平不断提高, 各行各业对于电力资源的需求也在不断升高。对于高压电缆而言, 其主要特征是连接各类大型电气设备, 实现连接保护和远距离安全传输高压电能。然而, 这些高压电缆设备与日常高压电力系统运作维护管理实践密切相关, 可能会受到各种有害影响, 这些影响主要源于自然界中人为因素的干扰。为了快速、有效、及时、安全地解决各类突发高压电缆运行故障, 需要采取准确、科学、合理、有效、可靠、安全的电气应急处置措施, 电力工作者需要通过对各种突发性高压电缆故障特点、规律的全面准确分析, 对实际问题能力以及反应速度、准确定位故障隐患点的能力进行培养, 以提升系统技术水平。

[关键词]高压电缆故障; 故障分析; 故障点查找; 查找技术

DOI: 10.33142/aem.v5i8.9458

中图分类号: TM247

文献标识码: A

Analysis and Judgment of High Voltage Cable Faults and Finding of Fault Points

FENG Shuo, GUO Yajie, LIU Chang

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

Abstract: With the continuous development of Chinese market economy and the continuous improvement of infrastructure construction, the demand for power resources in various industries is also increasing. For high-voltage cables, their main feature is to connect various large electrical equipment, achieve connection protection and long-distance safe transmission of high-voltage energy. However, these high-voltage cable equipment are closely related to the daily operation, maintenance, and management practices of high-voltage power systems, and may be subject to various harmful effects, mainly due to human interference in nature. In order to solve various sudden high-voltage cable operation faults quickly, effectively, timely and safely, accurate, scientific, reasonable, effective, reliable, and safe electrical emergency response measures need to be taken. Electric power workers need to cultivate their practical problem ability, reaction speed, and ability to accurately locate hidden trouble points through a comprehensive and accurate analysis of the characteristics and rules of various sudden high-voltage cable faults, so as to enhance the technical level of the system.

Keywords: high voltage cable failure; fault analysis; fault points finding; finding technology

为了提高电力系统的安全性和稳定性, 并确保电力传输设备的可靠性, 现代高压电力系统越来越多地采用高压电缆技术, 这一技术在现代电厂中得到广泛应用。为了提升高压系统供电安全性, 电力工作者在电厂规划布局、外观美化和设计施工等方面进行了设计维护和维护工作。同时, 他们还逐渐开始将注意力转向各种高压电缆线路技术的实际工程应用^[1]。然而, 长期稳定供电的正常运转过程中, 由于偶然因素的存在, 可能导致高压电缆系统受到一系列潜在的负面影响, 甚至对其造成严重危害。这些威胁可能引发系统工作过程中的故障现象, 为了迅速有效地解决上述故障, 电力工作者需要全面深入地分析并了解高压电缆故障的真正原因, 以便提供有助于确保人民和社会大众安全健康的电力生活质量、社会生产和用电环境质量的科学和实用教育意义。

1 高压电缆故障概述

1.1 电缆老化, 绝缘性能下降

经过一段时间的使用, 电缆产品逐渐投入社会使用后, 防热性能和绝缘电阻等各项性能参数的降低, 这很可能是

由于电缆绝缘老化等现象直接造成的。在这个阶段, 电缆线路设备的故障率可能会显著上升。老化是指连接通信电缆设备所使用的交联电缆和绝缘材料等各种材料, 在经历长期使用周期和内外环境变化等因素的综合作用下, 逐渐发生氧化、还原、电化学等一系列物理过程, 导致材料失去了电气绝缘性能, 并丧失了使用价值。此过程是不可逆的, 电缆的性能会逐渐下降。导致高压电缆绝缘老化的原因主要包括以下几点:

(1) 电缆选型位置不当, 导致长期超负荷运行, 极大地加快了电缆设备老化改造;

(2) 高温热源靠近架空线路, 导致线路电缆在局部过热或长期连续受热, 造成绝缘老化;

(3) 老化电缆很容易因为电缆或周围工作环境中的异物混入而发生一系列不利电气化学反应过程, 导致电缆绝缘层老化^[2]。

1.2 附件故障

若遭遇人为破坏或自然灾害等原因, 电缆系统难以正常运行。电缆接头的金属附件, 即接头端和接头终端, 容

易引发触电故障。电缆连接器的制作工艺通常要求高度严格,例如控制气孔、杂质等指标在一定范围内。如果材料不符合要求,电缆连接器在安装和日常运行中可能会引起绝缘局部的放电腐蚀和二次绝缘击穿。附件故障的原因主要有以下几个方面:

(1) 电缆连接的中间接头和终端加工质量不够高。例如,在剥离半导体方面、导线接头压接、电缆接头的绝缘与电气密封、导体与连接胶管接头压接以及终端或中间导线接头的金属绝缘屏蔽垫层和接地层的设计和制作过程中,工艺措施不符合现场的相关设备技术要求,这很容易导致产品故障;

(2) 电缆附件选材与设计工艺不当,可能会导致电缆附件的自身材料的热收缩和膨胀与电缆本体的热膨胀系数相差较大。这也会间接导致电缆附件和电缆本体无法有效地实现热收缩和绝热膨胀,由于以上问题导致的整体绝缘密封及结构性能显著下降,进而导致少量水分蒸气或含有少许空气蒸汽直接进入电缆附件本体,进而频繁发生电缆短路故障等事故。

1.3 电缆护层故障

电缆护层的存在主要是为了有效保护电缆主体绝缘免受各种损坏形式的侵蚀。在电缆的敷设过程中,难以避免遭受各种有害环境的腐蚀。为了保护电缆免受环境侵蚀,通常在电缆外部加上金属外包护套。金属护套的作用不仅限于保护电缆,还可以提供绝缘密封保护。此外,电缆护层还必须确保良好的电阻绝缘性能,以确保有绝缘金属护层的交联电缆对地的绝缘性。这样可以避免在绝缘金属护层表面上产生感应电压。

表 1 护层电流采集装置数据表

性能参数	量化指标值
接地电流测量	4ch, 100ma—1000a/Ch
测量精度	± 1%
测量周期	5 秒~24 小时可设置
采样率	100ks/Ch
录波触发时间	<5ms
以太网接口通讯速率	100mb/s
主机防护等级	Ip68
电流互感器防护等级	Ip68
电流互感器变化	1000a/5v
主机尺寸(不含接口)	180mmx166mmx52mm

电缆护层故障会导致电缆金属护层环流的增加,严重影响电缆信号传输线路的容量变化,同时还会使周围空气离子和腐蚀水分直接接触或与电缆金属护层发生热腐蚀交联反应,进而可能对电缆主体造成危害。护层电流通常有专门的性能参数以及量化指标(如表一所示),这是检测护层电流的重要指标。至于电缆护层故障的原因分析方法,主要有以下三种:

(1) 电缆在正常运行期间常常遇到重大的质量问题,特别是电缆本体和主要附件材料。此外,电缆的护层也经常存在明显的缺陷;

(2) 由于未能按照相关工艺要求严格施工处理,在电力电缆的基础施工过程中,施工现场的质量环境不佳,从而导致了护层发生故障;

(3) 由于市政、地铁和房地产等建设企业的长期野蛮施工,电缆护层经常会因外力过大而遭到破坏^[3]。

2 高压电缆故障原因分析

2.1 产品质量差异

近年来,厂家在交联电缆绝缘的生产和线路敷设绝缘质量方面一直未能有效解决问题。经常出现线路绝缘偏心、绝缘层厚度不均匀、绝缘材料中掺杂有害杂质的情况。此外,电缆线路的防潮绝缘水平不高,绝缘和密封等保护措施效果较差。一些比安全问题更为严重且复杂的安全电缆问题指的是在系统日常运行和工作过程中可能出现各种安全事故。大多数电缆系统设备在长期维护和管理过程中,可能会发生各种程度大小不等的电缆安全事故,这些安全电缆设备的问题一直以来都对电力系统的长期稳定运行造成潜在威胁,这些问题主要是由电缆本身的安全问题所引起的。部分线缆生产商的检测结果显示,他们偶尔会出现一种情况,即销售出过多的相同型号的电缆,但两端的颜色和色标并不完全一致。按照统一的颜色标准进行设计、安装和施工后,经过三年后的检查发现,这些电缆仍然无法正常、安全地投入使用^[4]。

2.2 后期维护不善

在电缆的日常运行中,通常没有相应专业人员每年定期对故障电缆进行全面排查,导致大部分维修的电缆可能已经超过了正常最大运行维护期,导致工作维护人员可能无法充分利用有关故障电缆的重要技术信息,例如接地电阻、电压等关键测量数据。同时,电缆绝缘性能下降却未能及时察觉,这可能导致电力系统故障的发生。

3 高压电缆故障点的查找以及控制措施

3.1 高压电缆故障的分析判断

目前,高压电缆故障的种类繁多,常见的故障类型也不少。不同的故障类型都具备自己独特的工作特性,这给故障分析和判断提供了依据。经过进一步研究和分析发现,目前高压电缆发生的故障可以基本分为以下四个大类:①高阻短路或低带阻接地故障;②短路闪络短路或封闭开路故障;③混合绝缘故障,包括短路接地、断线故障等;④单相短路、两相短路和三相故障。深入了解所有这些线路类型情况,可以帮助工作人员通过电脑直接在线测量系统或万用表对断线故障情况或直线短路情况进行直观判断。

3.2 故障点的查找

3.2.1 粗测定位分析

首先是低压脉冲法。在我国的通信领域,根据现代通

信微波传输理论,可以通过给电缆故障点加上一个低压脉冲信号来进行通信。当电波线路设备传输电磁波信号时,如果电缆遇到微波故障点,设备会接收到部分立即反射回来的信号。通过分析电缆发出的辐射波信号和反射波信号之间的微波脉冲时间差,可以确定电缆故障的范围,这种通信方法通常被称为微波低压脉冲法。脉冲法测试技术为电缆故障诊断提供了高准确性测试的方法,可直接测量电缆的低直流电阻短路故障和低轻金属短路故障,再校准电缆长度、显示测试电缆部分的接头位置以及测试电缆的最大传输短路电流速度性能指标上,也存在一种技术和表现效果非常好的方法。然而,低压脉冲法并不能直接准确地测试高阻电缆短路故障和电缆闪络短路故障^[5]。

其次,是采用高压脉冲技术。这种工作试验方法的原理一般认为是在一个瞬间的高压作用下,电缆故障位置将会同时出现闪络点,并对应产生瞬间的高磁阻故障波特征,从而实现电流能量瞬间转化。在这种特殊故障情况下,电缆可能会发生电压短路击穿或者短路瞬间击穿,无法瞬间发射大电流脉冲,实验分析人员在工作中,可以利用高压电机,根据脉冲反射波特征(如表二所示)来准确判断可能出现故障的故障点。

表2 6KV 高压电机数据表

功率(Kv)	同步速(r/min)	定流(A)	效率(%)	功率因数	堵流倍数	堵局倍数	最大短倍数
220	3000	26.5	92.8	0.86	7.0	0.6	1.8
250		30.1	92.9				
280		33.7	93.1				
315		37.7	93.4				
355		42.4	93.7				
400		47.6	94.1				
220	1500	26.4	93.3	0.86	6.5	0.8	
250		30.0	93.4				
280		33.5	93.5				
315		37.7	93.6				

此外,还可以使用二次脉冲法。通过使用检测设备在故障电缆的两端进行检测,能够发现一个低压脉冲。尽管故障电缆发生了突然故障,但是它的电气特性和阻抗等特征并没有发生较大程度的变化。当脉冲到达故障电缆终端的高阻抗故障点时,通常不会有突然故障反射回来。直到通过另一个故障电缆终端时,脉冲端才会停止或反射。将这个故障波形记录保存下来。比如,当一根电缆出现故障时,可以向该电缆发送高压脉冲,以刺破故障点。随后,故障电压会被转化为低电压,并通过高压分析测量仪器记录下来。这时,可以观察到低压脉冲从故障点反射回来。通过反复比对前两次脉冲的频率波形,当出现波形交叉异常或故障频率范围时,即判定为故障点范围。二次脉冲法

系统的功能操作设置直观便捷,功能点列表全面详细,波形图分析简单易懂,可快速准确地分析和判断波形故障范围。

3.2.2 精测定位分析

首先是声波检测法。这种探测方法在实践中非常常用,主要通过在故障电缆的任意位置施加较高的冲击电压信号来探测。它可以确定在故障点发生闪络和放电短路情况下传来的脉冲声音,并通过激光定位仪的应用成功定位电缆的故障点。

音频法并非首要考虑。如果高压电缆中的两相、三相并联或两个单相之间发生短路,它们的绝缘接地电阻都会归零,导致无间隙短路。如果在线路判别定位方法中使用其他判别方法,是不可能听到类似短路放电的异常声音的,因此,可以采用音频法进行电路原理的定位,以实现高压线路故障点的精确比较和可靠定位。通过依据高压电缆两相线流动电流产生的电流改变、磁通相位的变化以及磁通电流声音的变化等现象,可以迅速判断是否存在放电后产生的电流声音,并快速确定故障点^[6]。

3.3 高压电缆故障防护办法

3.3.1 合理选择高压电缆材料

合理选择适用的高压电缆材料,可以真正有效地从技术角度提升我国高压电缆质量水平,确保各类高压电缆线路的正常、可靠、稳定、健康运行,并降低我国高压电缆故障率,为了避免各类高压电缆质量问题可能导致的灾难事故以及对人民造成的经济损失,应采取措施减少相关风险和影响。

3.3.2 改善高压电缆生产工艺

除了对高压电缆的制作和材料产生影响外,还存在一种特殊因素可能会间接影响整个高压电缆的质量水平,即高压电缆材料的生产制作工艺。高压电缆的使用寿命与制作工艺水平密切相关,制造厂家应及时引进先进的高压电缆设计制作技术和设备,严格监测生产制造环境,避免因设备操作流程不规范以及恶劣气候条件导致高压电缆质量下降。

3.3.3 加强电缆质量检查

生产过程质量控制是企业产品质量的关键。电缆制品生产销售企业应该注重遵守国家的生产质量规定,加强内部管理,增强安全质量意识。要严格按照质量规定对新生产的电缆产品进行安全试验检查,确保问题电缆不会流向市场。监督管理部门有时还需加强对制造企业出厂前电缆产品材料的监督质量检验,包括对所有电缆制品进行定期现场抽样化验检查,以确保成品电缆质量。

4 结束语

总的来说,电力工作人员应通过深入分析和总结我国高压电缆故障的具体原因和的实践经验来改进。应持续研究和优化现行有效、科学、实用的高压电缆故障分析和判断技术方法体系,以及故障定位诊断方法,以提高故障检

测和分析的精度和可靠性,降低高压电缆故障,为我国社会的发展提供稳定的电力资源。

[参考文献]

- [1] 辛月来,张美琦,林铎. 高压电缆绝缘电阻低故障的查找与排除方法分析[J]. 电子测试,2022,36(14):109-110.
- [2] 秦钟,刘志宏,赵志钰. 高压电缆的故障测试与处理方法[J]. 集成电路应用,2020,37(11):94-95.
- [3] 夏玉强. 高压电缆故障的分析判断和故障点查找[J]. 电工技术,2020(7):138-139.
- [4] 樊坤杰. 高压电缆故障的分析判断及故障点查找[J]. 现代工业经济和信息化,2017,7(18):61-62.
- [5] 谢亚军. 试析高压电缆故障分析判断与故障点查找[J]. 通讯世界,2016(13):155-156.
- [6] 王永生. 高压电缆故障分析判断与故障点查找[J]. 机电信息,2014(21):25-26.

作者简介:封硕(1990.12—),毕业院校:河北地质大学,所学专业:法学,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。