

高压电力电缆故障分析及相关技术

张文豪 杨斌
镇江供电公司

摘要: 高压电缆线路规划中,以安全为主要考虑,针对用户需求,完善线路规划方案,利用有效的规划方案指导基层人员,便于增强整体人员的安全意识。合理选择导线截面,根据电缆流量大小来确定线路规划过程,对线路采取合适的敷设方式,将导线的载流量作为主要依据。加强输电线路保护,安装安全防护装置和防雷装备,以免线路运行环节发生意外。

关键词: 高压电力; 电力电缆; 故障分析; 相关技术

引言

我国城市化建设逐渐推进,架空输电线路具有的占地面积过大、存在安全隐患等问题推进了电力电缆的应用。作为传输和分配电能的设备,电力电缆具有占地少、可靠性高、电能质量和利用率高、维护工作量小以及发展前景好等优势。

一、高压电力电缆技术的发展现状

自1890年英国首次使用电力电缆,电力电缆的发展距今已有百年。在此期间,电缆线路经历了1890年德特福德—伦敦10kV线路的纸绝缘电缆、1988年在日本今市与下乡抽水蓄能电站首次达到AC500kV的交联聚乙烯电缆、2005年在日本跨伊纪海峡海底电缆工程中完成目前世界最高电压最大输送容量的聚丙烯—木纤维复合纸充油电缆等等重要工程。得益于科研工作者和有关部门坚持不懈的研究,高压及超高压电力电缆系统正沿着安全、可靠、稳定、绿色的方向稳步发展。目前高压及超高压输电领域主要采用以下几种电缆技术举例说明。

(一) 高压及超高压油浸纸绝缘电缆

油浸纸绝缘电缆可以说是最早达到高电压等级的电力电缆,它根据浸渍剂的不同可分为滴干纸绝缘、充油绝缘等多类电缆。该电缆本身优点显著,如耐压强度高,化学性能稳定,耐电晕性能好等。但是也存在制作工艺较复杂,后期的维修保护成本较高,敷设位差小等缺点。世界上目前输送容量最大的电缆工程是2005年在日本竣工的跨伊纪海峡海底电缆工程,它采用的就是聚丙烯—木纤维复合纸充油电缆。2009年我国在海南联网海底电缆工程项目中使用的也是交流500kV的充油电缆,它是我国目前电压等级最高的海底电缆工程项目。油浸纸绝缘电缆在海底电缆中的成功应用标志着该类电缆在制造、设备配合及运行等方面都具备成熟的技术。

(二) 高压挤包绝缘电缆技术

高压挤包绝缘电缆的发展晚于油浸纸绝缘电缆。虽然早在20世纪50年代110kV的高压挤包绝缘电缆就已经被制造出来,但由于技术不成熟使得该类电缆存在较多安全问题,直到1972年以后才有研究人员相继研制更高电压等级的挤塑绝缘超高压电缆。挤包绝缘电缆相比传统油浸纸绝缘电缆具有制作工艺简单、维护方便、传输容量更大等优点。我国在2014年舟山的±200kV/400MW以及2015年厦门的±320kV/1000MW等柔性直流输电工程中实现了挤包绝缘电缆的工程应用,这体现了我国在高压挤包绝缘电缆的制造和应用中取得了一定突破。

二、高压电力电缆接地故障成因

(一) 低阻故障

低阻故障是指电缆因为绝缘材料受损导致绝缘电阻 R_f 过小的一类故障^[4]。此故障下,绝缘电阻可由低压脉冲法测量,一般满足 $R_f < 10Z_0$ (其中 Z_0 为电缆的波阻抗,常取 $10 \sim 40 \Omega$)。一般在低电压力电缆和控制电缆上容易出现低阻故障,而短路故障是一种特殊的低阻故障。

(二) 开路故障

开路故障是指电缆由于金属部分连续性被破坏而形成断线的

故障^[4]。此故障下,绝缘电阻 R_f 一般为无穷大,满足规定要求,但负载能力差,不能将工作电压传输到终端。同时,故障点的绝缘也会受到不同程度的损害。断线故障是一种典型的开路故障。

(三) 高阻故障

高阻故障和低阻故障相同,也是由于电缆相间或相对地绝缘受损导致的。但是,此故障下,绝缘电阻 R_f 较大,超过了1020,不能通过低压脉冲法测量。高阻故障常出现在高压动力电缆上,占其总故障的80%以上。它分为泄露性高阻故障和闪络性高阻故障两大类。

三、电力电缆故障分析

电力电缆故障分析主要包括以下3个步骤:(1)故障诊断,即检测故障是否存在,辨别正常和故障的电缆芯线,同时确定故障类型;(2)故障测距,即初步确定故障发生的距离,为下一步精确定点提供需要的准确信息;(3)精测定点,在故障测距的基础上,实现故障点精准定位,以便及时开展检修。本文主要探讨故障测距的技术方法。

(一) 离线测距方法

(1) 阻抗法。阻抗法是指在选取测量端后,通过测量、计算测量端到故障点的阻抗,根据线路参数列出故障点方程并对其进行求解,最终得到故障距离^[4]。阻抗法一般建立线路的集中参数模型,所以原理较为简单且容易使用。阻抗法的实现一般通过经典电桥法,较为简单,精度较高,但存在适用范围小的缺点。伴随着在线故障测距等技术的发展,阻抗法与行波法相比,劣势愈发明显。

(2) 行波法。行波法是通过测量行波传播的时间

来获得故障位置的方法^[4]。它一般包括低压脉冲反射法、脉冲电压法、脉冲电流法以及二次脉冲法。低压脉冲反射法简单直观且不依赖于电缆资料,但不能测量高阻故障和闪络故障。脉冲电压法测试速度快,但脉冲电流法对试验仪器和人员更加安全,且脉冲电流信号更易辨认。二次脉冲法测量精度高,但仪器更复杂且测试时间长,对二次脉冲进行控制难度更大。

(二) 在线测距方法

在线测距是指将传统测距原理与计算机技术结合。现提出的计算机技术主要是地理信息系统,即通过在地理信息系统中录入电缆的原始资料,在故障测距时将测量结果连接上地理信息系统来确定故障点的具体位置。在线测距方法是电缆故障测距的必然发展趋向,需要完善电缆资料信息与计算机软硬件作为基础。

结束语

在节能环保的经济发展理念下,“高效、低损耗”的高压及超高压电力电缆输电方式是电力行业发展的必然方向。众多研究人员就提高电缆性能材料、解决空间电荷的测量问题、避免施工过程中可能出现的电缆损伤以及覆冰凝冻对电力电缆线路的危害等问题展开了研究,为交联聚乙烯电缆和高压及超高压直流电缆技术的发展奠定了基础。随着电力电缆技术与气体绝缘管道技术的不断发展,未来电网势必发展成为架空输电线路、气体绝缘管道线路与电力电缆线路混合输电的模式发展。

参考文献

- [1] 樊志超,赵瑞东. 220kV高压输电线路防雷接地技术的相关研究[J]. 通信电源技术, 2018, 35(10): 53-54.
- [2] 贾伟轲,谢景海,肖巍,等. 高压电缆全寿命管理技术在输电线路设计中的应用[J]. 科技创业月刊, 2016, 29(24): 113-115.