

500kV 变电设备防污染措施的试验探讨

Experimental Discussion on Pollution Prevention Measures of 500kV Substation Equipment

邹丰阳 朱振龙 林景礼 吕士良

Fengyang Zou Zhenlong Zhu Jingli Lin Shiliang Lv

国网山东省电力公司超高压公司 中国·山东 济南 250118

State Grid Shandong Electric Power Company Ultra High Voltage Company, Jinan, Shandong, 250118, China

摘要: 论文主要是以中国某省的 500kV 变电站为例, 通过人工污秽试验、电气试验以及现场试运行等方式, 持续分析的解决 500kV 交流变电设备污染问题的有效对策, 并且希望能够在结合变电设备防污染经验的基础条件下, 更好的帮助变电设备的管理人员解决不同污染条件下的污染问题。

Abstract: This paper is mainly in a province in our country 500kV substation, for example, through the artificial pollution test, electrical test and field test, continuous analysis to solve the problem of 500kV ac substation equipment pollution effective countermeasures, and hope to be able to combine the basis of pollution prevention experience, better help substation equipment management personnel to solve the pollution problem under different pollution conditions.

关键词: 500kV 变电设备; 防污闪措施; 实验探究

Keywords: 500kV substation equipment; anti-pollution flash measures; experimental exploration

DOI: 10.12346/peti.v5i2.7986

1 引言

随着中国社会经济以及不同行业的持续性发展, 人们在日常生活中, 对于电力能源的需求量也在不断增加。而在电力能源的输送和运行过程中, 变电设备是确保电力能源运行和输送稳定性最为关键的切入点。考虑中国许多地区的变电设备都需要在露天条件下运行, 受所在区域外部自然环境影响, 容易受到雨水冲刷或大雾天气潮湿空气所带来的负面影响出现闪络问题。而如何能够解决 500kV 变电设备在雨水集中季节或大雾潮湿条件下影响所产生的闪络问题也成为维护变电设备稳定运行的关键切入点。中国某省区的 500kV 变电设备在 20 世纪 80 年代后投入运行, 自此之后, 其防污染问题的措施和体系一直处在初步的摸索阶段, 此后在 1991 年, 该省市的管理部门又下达了关于《500kV 变电设备防污闪措施实验研究》的相关课题报告。省市内部的电业局以及变电所共同承担了关于该项目的研究工作, 在研究工作中, 以在大雾天气下放电最为严重的 500kV, 支持绝缘子作为研究的主要案例, 并且选择了当地受大雾侵袭最为严

重的 500kV 变电站作为实验地点。通过三年多的实验研究经验和成果, 共同探索出了解决 500kV 变电设备无闪问题的相关技术和经验。经过认定专家多次鉴定认为, 本次研究工作中得出的防污闪技术是中国第一次针对变电设备现场实际运行状况以及周边的干扰因素所提出的系统性意见和防污闪措施。此后, 该项措施也成为 500kV 变电设备防污染体系中最为常用的措施之一, 对于保障 500kV 变电设备的安全稳定运行意义重大。

2 技术研究的可行性分析

500kV 变电设备的无闪问题是, 目前中国变电站运行管理工作中最为关注的热点话题之一。与中国某省的 500kV 变电设备为例, 该省市的变电设备自投入运行以来, 在日常的维护和管理工作中, 主要采用的是大面积停电用水冲洗以及人工清扫的方式防止污染问题, 但是这样的防护措施无法保证设备长期的安全稳定运行。该地区的 500kV 变电设备中, 采用的外瓷绝缘体大多数都选择的是每单位电压 2.5cm 的泄

【作者简介】邹丰阳 (1994-), 男, 中国山东威海人, 本科, 工程师, 从事超高压设备检修及高压电气试验研究。

漏比距,如在维护管理工作中,选择更换外部瓷制零部件的方式来提升绝缘爬距并不是最佳理想的选择。而通过总结该省市内部 220kV 及 220kV 以下的变电设备在维护管理工作中的运行经验和技术方案得出结论:采用硅橡胶质地的材料增加爬裙,并且能够在外围涂抹 RTV 长效保护材料能够得到理想的维护管理效果。通过这样的维护管理方式能够有效地增加变电设备外部的绝缘距离,即使在雨水较为集中的季节内,绝缘爬裙之间也不会形成相互衔接的桥梁,尤其是考虑硅橡胶材料本身就具有良好的绝缘性能以及防水性能,这也意味着,在雨水集中的条件下,绝缘爬裙区域不容易受到潮湿和雨水冲刷所带来的影响。除此之外,采用 RTV 长效涂抹材料,还能够有效地提升变电设备绝缘部位外部的防水性能以及污水的迁移性能,能够确保瓷质零部件表面难以受到污染物质的影响,从而有效地提升了设备在运行过程中的污闪电压。如果将这两种新型的安全维护管理技术引用到 500kV 的变电设备运行维护管理工作中,是否会具备理想的变电管理设备防污闪效果呢?这个问题也引发了业界专业人士的思考和探讨。因此,在实验测试工作中,测试人员选取了 500kV 支柱绝缘子作为实验集中部位,并且在支柱绝缘子外部分别佩戴了硅橡胶质地的爬群设备,还在外围涂刷了 RTV 长效保护材料,在此条件下,采用人工污秽的方式进行实验,随后对电气设备运行过程中的运行性能进行了对比^[1]。

3 实验过程

3.1 人工污秽实验的运行条件

本次实验过程中,选择的实验器具主要是泄露笔具为每单位电压 2.5m 的 500kV 支柱绝缘子。以此作为实验器具采用人工污秽的方式,检测不同条件下实验器具的电气运行性能。实验过程中主要采用了以下三种人工污秽的方式:第一,固体污秽法。这种方式采用的是人工定量在外围涂抹污染物质的方法,并且在外部采用冷中流水喷洒雾气,在这样的人工污秽条件下将 500kV 支柱绝缘子的运行工作电压调整到最高状态也就是 318kV,并且在实验持续的过程中人工监测实验器具向外泄露的电流。第二,盐雾法。这种方法主要是按照国际标准选择不同的盐度,通过持续向实验对象在工作电压下喷洒盐雾的方式,检测一小时的时间内,实验对象的耐受度,并且持续检测实验对象在检测过程中的电流泄露变化水平和状态。第三,雷电冲击法。雷电冲击法主要是检测实验对象在正常工作状态下对于外部雷电冲击的耐受能力,实验操作过程中采用 2400kV 的冲击电压发生器作为实验辅助工具,检测雷电冲击下实验对象的漏电以及泄电状况^[2]。

3.2 500kV 的支柱绝缘子人工污秽实验方法

3.2.1 500kV 支柱绝缘子爬裙增加人工误会试验结果

在实验过程中,首先需要挑选一个由上端、中端和下端三大构成部分共同组成的 500kV 支柱绝缘子设备,每一节

支柱设备都需要分别佩戴五个爬群,外带设备分别佩戴到每节支柱由上端开始数的第 2 号、第 5 号、第 8 号、第 11 号和第 14 号的大伞上,实验对象的泄露笔记由原本的每单位电压 2.5 厘米增加到每单位电压 2.97cm。

通过实验结果数据证明,在 0.1mg/cm² 盐密度的前提条件,纯瓷质的实验对象在大雾耐压试验中所泄露的最大电流平均值达到了 26.3mA,而佩戴爬裙设备之后的最大泄漏电流平均值为 6mA,通过这一数据的对比,也证明,500kV 的支柱绝缘子设备在佩戴爬行设备之后的泄漏电流减少了 20.3mA,相比于原本的泄漏电流降低了 78%。而在同样的实验过程中,2mg/cm² 盐密度条件下为实验对象增加爬群设备的耐雾实验中,实验对象的最大泄漏电流由原本的 34mA 降至 15mA,数据值减少了 43% 左右。而在 25mg/cm² 的盐密度条件下,实验对象增加爬行设备后,在耐雾实验中的最大泄漏电流平均值达到了 22mA。

如果以单位立方米作为实验研究空间对象,在每单位立方米十千克的盐密度条件下,纯瓷质的实验对象在盐雾耐压试验中的最大泄漏平均电流达到了 82mA。如果在此基础上增加爬群结构,最大泄漏电流的平均值仅为 1mA,整体的泄漏电流降低量基本达到了 99%。而在每立方米 20kg 的盐密度条件下,纯瓷质的实验对象最大的泄露平均电流超过 100mA,而在增加爬行设备后的泄漏电流仅为 2mA,泄漏电流的降低效果极为显著。通过本次实验研究后也发现,在 20kg/m³ 的盐密度条件下,纯瓷质的实验对象漏现象极为严重,如果在 40kg/m³ 的盐密度条件下,纯瓷质的实验对象在物耐压试验中只采用爬裙设备辅助的方式,最大泄漏电流的平均值才达到 15mA^[3]。

3.2.2 500kV 支柱绝缘子在涂上 RTV 涂料后的人工污秽实验过程

在本次实验中,选择了一个泄露比距大约为每单位电压 2.5cm 的 500kV 支柱绝缘子设备作为研究对象。在实验过程,主要通过对比该设备在涂抹与不涂抹 RTV 长效材料后两种情况下的人工污秽泄漏电流量,通过观察涂抹 RTV 长效材料后泄漏电流量的对比结果,判断涂抹 RTV 长效材料的涂抹后对于 500kV 支柱绝缘子设备防污闪性能所带来的效用。

第一,采用了固体污秽法的方式检测的实验对象在人工雾耐压条件下的实验数据。通过实验数据证明,0.1mg/m² 的盐密度条件下,瓷质的实验对象在物耐压试验中的最大平均泄漏电流达到了 26.3mA,而在涂抹了 RTV 长效材料之后,最大泄漏电流的平均值仅为 2mA,这也证明了该实验对象在涂抹 RTV 长效材料之后的最大泄漏电流有所降低,降低量超过了 94%。而在 0.3mg/cm² 的盐密度条件,瓷制实验对象在物耐压试验中的最大泄漏电流平均值达到了 90.8mA,此时的放电现象也是最为严重,基本已经接近了闪络条件和数值,而在涂抹了 RTV 长效材料之后,实验对象的泄漏电流平均值只有 8mA,此时的泄漏电流平均值至少降低了 90%。第二,

在盐雾法的人工雾耐压试验结果中,在 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 的盐密度条件下,瓷制实验对象的物耐压试验中最大泄漏的平均电流达到了 82mA ,此时,设备的放电现象已经极为严重。而在涂抹了RTV长效材料之后,实验对象的最大泄漏电流平均值仅为 4.3mA ,整体的泄漏电流降低了94%。在 $20\text{kg}/\text{m}^3$ 的盐密度条件下,瓷质的实验对象最大泄漏电流平均值已经超过了 100mA ,这一数据也证明该设备的放电现象已经极为严重,而在涂抹了RTV长效材料之后,整体的泄露电流将减少了 91mA 。在 $40\text{kg}/\text{m}^3$ 盐密度的条件下,瓷制实验对象在不经任何保护条件下进行实验已经无法保障设备的运行安全性,而在涂抹了RTV长效材料之后,实验对象在物耐压试验中的泄漏平均电流最大值仅为 14mA 。

通过以上的实验结果证明,在同样的严密度条件下,瓷制的实验对象在雾耐压试验中的最大泄漏电流出现的时间较早,而在采用爬裙设备辅助之后,出现最大泄漏电流的时间有所推迟,从总体上来看,最大电流泄漏时间出现较晚的实验是在涂抹RTV长效材料之后的实验对象。事实上,爬群设备以及RTV长效材料都属于硅橡胶制作品,硅橡胶材料本身就具有良好的抗水性能并能够有效地提升设备表面水的迁移性。只是这两种实验方法的使用方式以及形态有所差异,因此,在实验过程中,对于绝缘设备的防污闪效果所带来的帮助也具有显著的差别。增加佩戴爬裙的位置主要是瓷质设备的伞裙边缘,这样不仅能够有效地增加设备的爬距,同时还能够从整体上改变设备在放电过程中的电弧放电途径和方向,避免了放电持续延续和大面积的发展。而在实验对象的表面涂抹了RTV长效材料之后,在雾耐压试验过程中,RTV为涂层,即使是在潮湿和雨水较为集中的条件下也不容易在设备表面形成连续的水滴和水柱,从而有效地提升了设备表面的绝缘性能和强度,最终达到了防止设备散落的发展目标。目前,在中国的内陆地区变电设备防污染工作中,可以优先选择采用RTV长效材料涂抹的措施。而在受延误侵袭现象较为严重的沿海区域,就可以采用佩戴硅胶爬裙的方式作为变电设备防污染措施的首选。

3.3 最终得实验结果

为了进一步考核 500kV 支柱绝缘子设备在佩戴爬裙以及涂抹RTV长效材料之后是否能够有效地应对延误以及雷电所带来的冲击,本次实验过程中,针对 500kV 的支柱绝缘子设备在纯瓷质状态下佩戴了爬群并涂抹了RTV长效材料,并分别检测了两种条件下人工雷电以及人工污秽的实验数据。实验结果证明, 500kV 的支柱绝缘子在涂抹RTV长效材料并佩戴爬裙之后整体的电气绝缘强度并不会受到影响,在提升设备防污闪效果的前提条件下不会影响到支柱绝

缘子设备的稳定运行。

4 实验现场的运行效用

为了进一步考核 500kV 的支柱绝缘子设备,在涂抹RTV长效材料以及佩戴爬行之后是否能够在高压以及延误条件下稳定地运行,本次实验分别选择了2017年的四月以及2018年的五月在某城市的 500kV 变电站选用 500kV 支柱绝缘子设备以及 500kV 的开关支柱设备作为实验对象参与实验。2017年11月,在 500kV 支柱绝缘子设备上涂抹了RTV长效材料,并且在泄露比距为每单位电压 2.5cm 的纯瓷质支柱绝缘子中涂抹了RTV长效材料并佩戴了爬裙,在此基础条件下,分别安装了传感器设备以及监控设备,随时了解实验对象在实验过程中的放电状况。通过监测放电数据结果发现,在天气放晴的条件下,考虑绝缘子设备的表面本身比较干燥,因此整体的表面绝缘电阻相对较高。此时,采用这两种防污闪前后对比方式所产生的泄漏电流数据差别并不大。而在大雾天气中,考虑瓷制的支柱绝缘子在佩戴爬裙以及涂抹RTV长效材料后受到雨水以及大雾侵袭的程度和时间完全不同,因此整体的泄漏电流平均最大值的差异性相对较大。如果是在同样的雾天条件下,瓷质的支柱绝缘子在不经任何处理的条件下泄露电流相对较大,而在佩戴爬行之后的泄露电流排名第二,涂刷RTV长效材料后的泄漏电流最小。在大雨天气条件下,也是考虑三种实验条件下的设备表面防水性能差异性较大,产生的泄漏电流与雾天条件下的泄漏电流大致类似。

5 结语

综上所述, 500kV 变电设备在雨天以及雾天的运行条件下会出现严重的污闪以及放电现象,而通过佩戴爬行设备以及在表面涂刷RTV为长效材料,能够有效地提升变电设备在运行过程中的防污闪性能。因此,更应当根据变电设备所在区域的周边自然环境状况以及运行条件选择合适的防污闪措施,保障 500kV 变电设备的运行稳定性和安全性,为中国电力事业的稳定运行和良性发展保驾护航。

参考文献

- [1] 束雯静,曹庭嵩,曹顾逸,等.输变电设备防污闪治理研究[J].电力设备管理,2021(1):29-31+34.
- [2] 万小萍.加强设备防污闪管理 确保变电设备正常运行[J].电子世界,2013(7):84.
- [3] 杨小军,胡静.点、线、面“三级一体化”策略在输变电设备防污闪全寿命周期管理的应用[J].山东工业技术,2015(20):132.