

高海拔地区电网污闪防治措施研究

彭智育

(中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008)

摘要: 阐述了高海拔地区复杂的地理结构和气候条件, 分析了高海拔地区电网污闪的现状及特性, 结合目前已形成的污闪防治手段, 提出了更符合高海拔地区的污闪防治措施。

关键词: 电力系统及其自动化; 高海拔地区; 污闪防治

中图分类号: TM7

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)03-0079-03

Study on Grid Flashover Prevention in High Altitude Area

Peng Zhiyu

(School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221008, China)

Abstract: Describes the complex geographic structure and climatic conditions in high altitude areas, analyzes the present conditions and features of the areas' grid pollution flashover, combined with the current flashover prevention means, proposes the measures more appropriate to the prevention of the areas.

Keywords: power systems and automation; high altitude area; flashover prevention

0 引言

自20世纪80年代以来, 大面积污闪事故是导致我国电网大面积停电的主要原因, 有时甚至造成系统瓦解等事故, 严重影响着电力系统的安全运行和经济效益。回顾历史, 20世纪90年代以来, 我国共发生过3次跨省区的大面积污闪事故, 给国民经济、人民生活、社会稳定等诸多方面带来了严重的负面影响。随着科技的不断发展, 我国电力系统的污闪防治措施也在不断完善。

我国地域广阔, 海拔在1 000 m以上的地区约占国土总面积的60%, 并且伴随特高压输电技术的运用, 电气设备处于高海拔环境的可能性也不断增大。高海拔地区地理结构复杂, 气候条件特殊, 输变电设备的外绝缘强度, 特别是在污秽环境下的外绝缘强度问题较为突出, 其在电网污闪的形成机理和防

治上存在一定的特殊性。深入分析其特殊性, 开展针对高原环境下防止污闪事故的研究, 形成一套具体的对应高原环境下污闪防治的实施方案对我国电网建设和发展具有重大意义。

1 高海拔地区环境特点

高海拔地区环境具备如下特点:

1) 气压较低。随着海拔高度的增加, 大气压力下降, 空气密度减小, 一般来说, 海拔每升高100 m, 大气压就下降786.60 Pa。

2) 气温较低。相对平原地区, 高原气温普遍较低, 一般海拔高度每增高100 m, 气温下降0.6 ℃。

3) 紫外线强度较强。由于海拔高、空气稀薄、空气洁净度高, 直射光和雪的反射光皆强; 在高原太阳辐射强度增加, 紫外线的比例也高, 海拔每升

收稿日期: 2011-02-05

作者简介: 彭智育(1988-), 女, 贵州清镇人, 中国矿业大学硕士生, 主要从事电能质量(包括无功补偿, 电网谐波治理, 高电压技术等)方面的研究, E-mail: 406984838@qq.com

高 100 m, 紫外线强度将增加 1.3%。

4) 引力的异常差异。由于海拔高, 地心引力也大, 产生的重力影响也大, 这对高原的生产劳动和生态产生了巨大的影响。

2 污闪形成机理及影响因素分析

2.1 污闪形成机理

污闪是输变电设备污秽外绝缘闪络的简称^[1]。输变电设备大多暴露于复杂的外界环境中, 常受到自然界中的盐碱、粉尘和鸟粪等污染。随着我国经济发展, 工业化进程加快, 工业污染等因素对污闪的影响也不断加剧。在干燥的情况下, 绝缘子表层的污层电阻很大, 对闪络电压影响不大。但当大气湿度提高, 如在毛毛雨、雾、露、雪等不利气候条件下, 绝缘子表面污层被湿润, 导致其电导增大, 使得绝缘子泄漏电流急剧增加, 绝缘子的闪络电压(污闪电压)大幅降低, 就极有可能在其工作电压下发生闪络, 造成大面积停电等污闪事故。实际上, 污闪就是一种脏污表面的沿面放电现象。

2.2 高海拔环境对污闪的影响因素分析

通过对污闪形成机理的分析可知, 影响污闪电压的因素主要包括: 污秽的性质和污染的程度; 湿润的方式; 泄漏距离; 外施电压的形式等。而其中与气候条件相关的因素很多, 可见气候环境对污闪的影响起着重要作用, 结合我国高原环境气候条件的特点可做以下分析。

2.2.1 湿度对污闪电压的影响

干燥污秽的电阻很大, 通常不会降低绝缘子的闪络电压, 但当空气湿度达到 50%~70% 的时候, 随着湿度的增加, 泄漏电流不断增大, 闪络电压迅速下降。实际运行表明, 绝缘子污闪都发生在大雾、凝露、毛毛雨和融雪、融冰等高湿度天气。作为高原地区的贵州和云南两地气候特征表现为: 雨量较丰, 雨势和缓, 雨日较多。这就为污闪的形成提供了条件, 使得污闪事故发生的概率大大增加。

2.2.2 温度对污闪电压的影响

绝缘子污层的湿润同样受温度影响, 这里主要是指绝缘子表面温度与环境温度之间的温差。不同的温差会导致不同的湿润方式、速度和均匀程度, 而造成污闪特性的差异。当绝缘子表面温度高于外界温度时, 称为正温差, 正温差越大, 湿润的速度越慢; 当绝缘子温度低于外界温度时称为负温差, 负温差越大, 则污层的湿润就越快也越充分。

2.2.3 风力对污闪电压的影响

高原地区多风, 而风力对污闪电压的影响主要

表现在绝缘子表面积污水平, 风力不但决定了大气中污染物的运动方向, 运动速度, 污染源的影响范围, 从另一个方面考虑, 它又在一定程度上起到清洁的作用。但我国西北高海拔地区风沙大, 故而污秽程度较高。

2.2.4 气压对污闪电压的影响

高原地区对污闪的影响主要体现于气压的影响, 有实验表明, 大气中间隙的放电电压随空气密度的增大而提高^[2]。随着海拔高度的增加, 大气压力下降, 使得空气密度减小, 导致外绝缘的放电电压随之下降。绝缘子表面空气的临界击穿电压随着气压的降低而下降, 污秽度相同时, 低气压下一旦形成干区, 会比常压下更容易形成局部电弧, 因此, 高原环境中绝缘子的污闪电压要比常压时低。

普遍结论认为: 随着气压的降低, 污秽绝缘子的直流和交流闪络电压都会降低^[3]。污闪电压 U 与气压 P 之间呈非线性关系, 即

$$U = U_0 (P/P_0)^n, \quad (1)$$

式中: P_0 表示海拔高度为 0 m 时的标准大气压;

U_0 为标准大气压 P_0 对应的绝缘子污闪电压;

n 为气压对于污闪电压影响程度的下降指数。

3 高海拔地区污闪现象的防治

3.1 普遍防治手段

1) 提高绝缘水平和使用耐污闪绝缘子。一般常用增加单位泄漏距离的方式增强绝缘, 即增加绝缘子串中绝缘子的片数^[4]。如 110 kV 线路中, 绝缘子片数从 7 片增加为 8~10 片。

2) 使用复合绝缘子进行绝缘^[5]。复合绝缘子是由承受外力负荷的棒芯(内绝缘)和保护棒芯免受大气环境侵袭的伞套(外绝缘)通过粘接构成的^[2]。复合绝缘子的伞套一般由硅胶制成。

3) 清扫和水冲洗。在容易积污和发生污闪的季节对电气设备定期或者不定期的清扫, 为了减小工作量一般采用带电水冲洗。

4) 使用防污闪涂料。在绝缘子表面涂一层憎水性化学附着层, 可使防污闪性能有较大提高。现在广泛采用 RTV (room temperature vulcanized silicone rubber, 室温硫化硅橡胶) 涂层, 研究表明: 其防污闪效果较好。

3.2 对高海拔地区污闪防治的建议

在高海拔地区, 根据绝缘子在运行电压下的污闪耐受能力, 选择每串绝缘子的片数 m 为^[6]

$$m \geq (P_0/P)^n \lambda U_m / (k_c L_0), \quad (2)$$

式中： U_m 为系统最高运行电压；

λ 为绝缘子的爬电比距；

L_0 为每片悬式绝缘子的几何爬电距离；

k_e 为绝缘子爬电距离的有效系数；

n 为下降指数，反映气压影响污闪电压的程度。

对大吨位悬式绝缘子在高海拔、低气压条件下的污闪试验研究表明：海拔 3 000 m 处不同污秽等级所需 210 kN 绝缘子参数如表 1 所示^[7]。

表 1 海拔 3 000 m 处不同污区绝缘子参数

Table 1 Insulator parameters of different polluted area at 3 000 m above sea level

污区等级	II	III	IV
片数 / 片	59	75	97
串长 / m	10	12.8	16.5

据表 1 可知，在高海拔地区，如果采用增加单位泄漏距离的方式加强绝缘，以防止污闪发生，不仅在技术方面是落后的，从造价和施工的角度来考虑也不理想。

文献[8]中实验结果表明：低气压对复合绝缘子伞套硅橡胶材料憎水性迁移特性的影响并不明显，而低温和高湿度对硅橡胶材料憎水迁移性延缓的影响却较显著。故在高海拔地区采用合适的绝缘子和 RTV 涂料技术进行绝缘仍是较好的选择。但对一些特高压输电线路，因其海拔更高，低温高湿度更明显，应更合理设计绝缘子的伞型结构，提高有效爬电距离，并配合材料、化工等学科手段，进一步提高复合绝缘子在低温高湿度环境下的憎水特性^[9]。

对带电水冲洗防治方式，必须注意水冲洗时不能引起相间闪络。高原地区较平原地区存在空气绝缘强度低、冲闪电压低、泄漏电流大等问题，使得高原地区带电水冲洗也存在一定的特殊性。对超过临界盐密值绝缘子的带电水冲洗是一大难题，应该形成一套专门适用于高原环境的带电水冲洗规范，并且对制水设备、冲洗设备、水枪及枪嘴进行更相匹配的专门研发。

4 结语

本文通过对污闪形成机理和相关因素的分析，结合高海拔环境特殊的气候特点与环境因素，对高海拔地区污闪的形成与防治进行了研究。并在收集了大量关于污闪形成与防治资料的基础上，综合归纳，提出了更适合高海拔环境的污闪治理措施。

参考文献：

- [1] 高 骏. 电网防污闪技术问答[M]. 北京：中国电力出版社，2009：1.
Gao Jun. Questions and Answers to Grid Flashover[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2009: 1.
- [2] 张健文. 电气设备故障诊断技术[M]. 北京：中国电力出版社，2008：23.
Zhang Jianwen. Fault Diagnostic Technology for Electrical Equipments[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008: 23.
- [3] Sundararajan R, Nowlin R W. Effect of Altitude on the Flashover Voltage of Contaminated Insulators[C]// Electrical Insulation and Dielectric Phenomena. IEEE 1996 Annual Report of the Conference on. Millbrae, CA: IEEE, 1996, 2: 433-436.
- [4] 黄 玲, 文习山. RTV 涂层和增爬裙对绝缘子电场分布的影响[J]. 高电压技术, 2007, 33(3): 91-95.
Huang Ling, Wen Xishan. Effects of RTV Coating and Creepage Extenders on Electric-Field Distribution Along Post Insulator[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(3): 91-95.
- [5] 山西省电力公司. 线路运行与维护[M]. 北京：中国电力出版社，2009：27-32.
Shanxi Electric Power Company. Operation and Maintenance of Line[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2009: 27-32.
- [6] 关志成, 高海峰, 周 军, 等. 高海拔地区 750 kV 线路防污闪、防雷雨闪措施研究[J]. 中国电力, 2005, 38(12): 24-28.
Guan Zhicheng, Gao Haifeng, Zhou Jun, et al. Study on Methods of Preventing Pollution Flashover and Wet Flashover for 750 kV Lines in High Altitude Area[J]. Electric Power, 2005, 38(12): 24-28.
- [7] 朱昌成, 文习山, 蓝 磊. 硅橡胶防污增爬裙防污性能实验研究[J]. 电瓷避雷器, 2005(5): 12-15.
Zhu Changcheng, Wen Xishan, Lan Lei. Investigation and Study on Anti-Pollution Performance of the Silicone Rubber Shed Booster[J]. Insulators and Surge Arresters, 2005(5): 12-15.
- [8] 刘振亚. 特高压交流线路维护和检测[M]. 北京：中国电力出版社，2002：34-37.
Liu Zhenya. UHV Line Maintenance and Testing[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002: 34-37.
- [9] 郭 静, 阮宜纶. 大气污染控制工程[M]. 北京：化学工业出版社，2008：27-38.
Guo Jing, Ruan Yilun. Air Pollution Control Engineering [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 27-38.

(责任编辑：李玉珍)