

四川电网防污闪技术对策分析

何松

(四川电力试验研究院, 四川 成都 610072)

摘要:对四川电网历年来的污闪情况进行了统计分析,在此基础上提出了相应的防止输变电设备污闪的措施,四川电网的污闪跳闸持续下降,近几年很少发生污闪事故。

关键词:输变电设备;污闪

Abstract: The statistical analysis for the flashover of polluted insulators over the years is carried out. On the basis of the analysis, the corresponding measures of flashover prevention for transmission and transformation equipment are proposed. Accordingly, the tripping caused by pollution flashover has a steady decline in Sichuan power grid, and the accidents of pollution flashover happened infrequently in recent years.

Key words: transmission and transformation equipment; pollution flashover

中图分类号: TM732 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2010)06-0063-04

0 概述

随着中国西部地区的大开发,四川电网迅猛壮大。截至 2009 年年底,110~500 kV 输变电设备统计如表 1。

表 1 截至 2009 年年底四川 110 kV 以上输变电设备

电压等级 /kV	110	220	500	±500	合计
输电线路 /km	15 774	12 495	6 400	240	30 298
发变电站 /座	511	131	20	1	540

这些输变电设备座落在四川的高山、河谷、丘陵、平原,承受着各种不同性质的污秽和春、夏、秋、冬气候变化的侵袭。20 世纪 80 年代初,四川的工农业发展加快步伐,随之而来的各种污秽,给电网的安全运行带来了危害,污闪跳闸和污闪事故逐年上升,演变成电网的大面积污闪。

1 四川电网污闪统计分析

四川电网污闪统计详见附表 1—表 5 和图 1—图 2。

四川电网 1971—2009 年连续 39 年中,共发生污闪事故 208 次,其中输电线路污闪 113 次,电站污闪 95 次。1991 年 1 月 22 日,川西北电网发生大面积污闪事故,有 24 条线路、66 基杆塔、3 个 220 kV 变电站、74 处瓷绝缘对地闪络放电,当时的成都电网激烈振荡,解列为广元、绵阳、成都城区独立电网,引起四

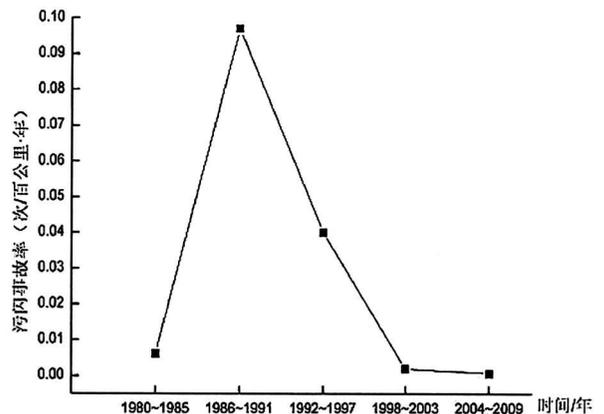


图 1 四川电网输电设备污闪事故示意图

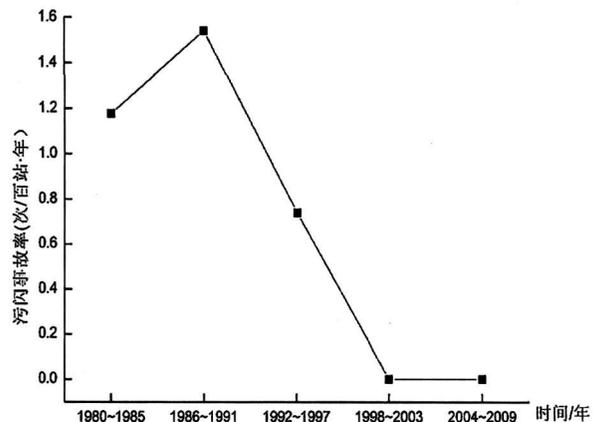


图 2 四川电网变电设备污闪事故示意图

川化工厂、成都钢厂、江油钢厂和 812 厂停电达 2 小时之久。在 1992 年度中,线路污闪 21 次,污闪事故率为 0.137 次/百公里·年,是 1981 年污闪事故率的 13.7 倍。发变电设备污闪 16 次,事故率高达 4.113

表 1 四川电网输变电设备污闪事故统计

年份	污闪次数	输电线路污闪事故		发变电站污闪事故		发送电 /kWh
		次数	事故率 / (次 / 百公里 · 年)	次数	事故率 / (次 / 百站 · 年)	
1971—2009	208	113	0.035	95	1.062	18 002.7
1980	1	0	0	1	0.465	2
1981	3	1	0.01	2	0.858	1
1982	5	1	0.009	4	1.667	3
1983	5	1	0.009	4	1.639	26
1984	4	1	0.009	3	1.095	8
1985	4	0	0	4	1.339	486
1986	7	4	0.032	3	1.274	218
1987	11	5	0.039	6	1.911	57
1988	25	18	0.136	7	2.096	3 692
1989	8	4	0.029	4	1.194	5 050
1990	13	7	0.048	6	1.681	19
1991	15	11	0.074	4	1.087	317
1992	37	21	0.137	16	4.113	6 920
1993	16	13	0.081	3	0.076	0
1994	4	3	0.015	1	0.246	0
1995	0	0	0	0	0	0
1996	1	1	0.007	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0
1998	1	1	0.006	0	0	1
1999—2001	1	1	0.005	0	0	0
2002—2004	0	0	0	0	0	0
2005	1	1	0.004	0	0	0
2006—2009	0	0	0	0	0	0

注：1998 年以后未统计 35 kV 及以下电网污闪事故

次 / 站 · 年，四川电网污闪事故的上升趋势令人非常关注担忧，已形成电网安全运行的头等大事。1994 年 1 月 1 日，某局 220 kV 华代线污闪，诱发了某电厂烧坏主变压器几乎全厂报废的重大事故。

沉痛的污闪事故教训，给四川电网敲起了警钟。对于如何防止电网污闪，世界各国已经历了近 100 年的研究。由于影响污闪的因素太多，且大都是随机的，分散性很大，难于找到一个有效而完善的防污闪技术对策。四川电网的防污闪工作者通过电网发生的大量污闪事故统计分析，深入研究，结合国内国际防污闪的经验，提出了四川电网防污闪的技术对策。

2 防污闪技术对策

2.1 制定污区分布图，指导调爬工作

四川电网的电瓷绝缘配置，有 80% 左右是按清洁区和轻污区配置的，大都在 1.7 cm/kV 及以下，显然电瓷绝缘配置强度不够，是四川电网频发多发污闪

事故的根本原因。四川地处中国西南部，地域辽阔。高原、山地、丘陵和平原样样都有。多呈现山高谷深、山大谷窄的地貌特点。风小多云雾、逆温效应显著，是易于污闪的气象条件。人口密集区工农业生产发达，铁路公路多，各种污源四处可见。由于电网所处地区的情况各不相同，因而对电网提出污区划分成为首要课题。为此大量搜集污源、气象等技术资料，同时对四川电网长达 12 年之久的现场盐密实测，有 1 334 个检测点，在对这些检测点数据统一归算整理后，得到可用数据 8 768 个，于 1992 年制定四川地区污区分布图（目前已经修订再版 3 次），这给四川的电力设计、电力基建和电力运行部门提供依据，严格按照污区等级进行电瓷外绝缘配置，并据此提出四川电网的调爬工程。要调整爬距加强绝缘，这是一个投资巨大，人力物力消耗巨多的一个重大技措工程，难度不小。只有在保证电网正常运行的情况下，分期分批、分轻重缓急有计划地逐步实施。同时还要根据污湿特征的变化，盐密值检测提供的数据和电网运行情况，适时的动态调整。

2.2 坚持清扫保持瓷绝缘抗污闪强度

绝缘子表面清除污秽,能恢复原有的抗污闪水平。要掌握好合理的清扫周期、清扫时间和清扫顺序,才能提高清扫的有效性,使绝缘子在污闪季节中积污量最小。

2.3 做好绝缘子检零,保证瓷瓶串完好

运行中的绝缘子,长期经受着电场、负载和大自然中阳光、雨、雪、露的作用,必然逐渐老化。通常将单片绝缘子绝缘电阻值在 $0\sim 30\text{ M}\Omega$ 的称低、零值瓷瓶,瓷瓶串中有一个零值存在,就相当于一串少一个瓷瓶,无疑增加发生污闪的可能性。当含有不良绝缘子串污闪时,其短路电流从绝缘子串的内部通过产生的热效应常使钢帽炸开,导线落地扩大事故。中国根据数十年的运行经验,悬式绝缘子的年劣化率为 0.3% 左右,相当于 220 kV 耐张杆年平均每基杆约有一片零值。其中统计到超高压 500 kV 平武线,年劣化率为 0.56% ,由此可见绝缘子检零的重要性。排除绝缘子串中的零值瓷瓶,可大大提高电网的抗污闪能力。

2.4 慎重使用硅橡胶增爬裙,提高抗污闪强度

将硅橡胶伞裙装在绝缘子伞裙上,用粘胶剂把它与绝缘子粘紧,和绝缘子一起形成整体的组合绝缘结构。利用它可以增加绝缘子的爬距,改善绝缘子的受污条件、受潮条件,改变绝缘子的放电路径和切断污水桥接短路的作用。通常可提高污闪电压 50% 。实践证明, 110 kV 的瓷棒在上、中、下安装三个伞裙为最佳。若每个伞裙都安装,因片间间隔太小不易隔断污水线和放电电弧,而提高污闪电压不多。

安装硅橡胶增爬裙,能适用于各种变电瓷件。特别能解决运行中变电设备难于调整爬距的空白,如电压互感器、电流互感器,主变压器套管、油开关套管等。但硅橡胶增爬裙材质要求高,对粘合剂和施工工艺的要求也高,制造工艺较复杂,难于形成系列产品,影响了普遍推广应用。

2.5 采用 RTV (PRTV) 涂料提高电网的抗污闪性能

室温硫化硅橡胶 (简称 RTV) 长效防污涂料有优良的憎水性、电气性能和耐气候、耐老化性能,达到提高防污闪能力的目的。在难以调整爬距而爬距又不能满足污秽度要求的地方应用,实践证明效果很好。

RTV 涂料的有效期长,四川电网已有多年的运行经验。当 RTV 失效后,多数是采取直接重涂的方法,不需将失效的涂层消除。一般续涂 $3\sim 4$ 次对绝缘子本身无不良的后果。如发现 RTV 涂层有局部破损,可

只在破损处补涂一层。RTV 涂层表面可用水冲洗。

在运行中判断 RTV 涂层是否失效采用的方法是在大雾、毛毛雨和空气湿度大的夜间 (晚上),对有涂料绝缘子进行观察,看其是否发生局部放电、滑闪放电,如有较为强烈放电,且放电声明显大于涂涮不久的放电声,涂料可能失效。如遇暴雨,绝缘子可能出现滑闪放电,但随时间推移,滑闪减弱至消失,说明涂料还有效。观察涂料憎水性的变化,憎水性减弱至消失,RTV 涂料也就失效。

2.6 使用合成绝缘子,提高电网的防污闪性能

合成绝缘子是以高分子有机材料硅橡胶为主制造的复合结构绝缘子,具有良好的防污闪性能,通常比瓷绝缘子高 $2\sim 3$ 倍。它具有良好的憎水性,难于受潮;它杆径小、形状系数大、表面电阻大;它可塑性大,成型方便利于结构形状的优化。据前苏联的研究,伞裙上、下表面倾角差在 $1^\circ\sim 15^\circ$ 范围,伞裙与杆径之比值不超过 $4\sim 6$ 倍,伞距与杆径之比为 $0.7\sim 1.3$ 时积污量最小,要实现这种造型,瓷绝缘子是较难的,而硅橡胶很容易实现。在电压相同时,合成绝缘子的杆径小,长度比瓷质绝缘子短,这可减小线路的相间、对地距离,便于架设紧凑型线路,大大减少线路走廊占用的土地降低造价。合成绝缘子重量轻、金具部件少,便于运输安装,运行中不清扫、不检零等。

4 结 语

四川电网防污技术工作的有序开展已 40 余年,取得进展,有一定成效,但要做的还很多很多,任重而道远。电网的防污闪技术还要进一步拓展和深化。要把防污闪技术对策延伸到城网和农网的改造,对于四川电网的主网架更应居安思危,要特别注意污闪出现的随机性。要密切关注污湿特征的变化。要认真思考污秽变化大环境污染湿沉降的新理论。对科学的污区等级划分、防污闪技术措施、防污闪新技术的开发应用和防污闪的相关数据库等有大量的工作要做。对长串绝缘子、双串绝缘子和 V 型串绝缘子和直流绝缘子串的污闪特性、合成绝缘子的雷电冲击特性及在线监测技术等要立项研究。对目前电网

表 2 四川电网输变电设备按电压统计 (1971—2009 年)

电压 /kV	6~10	35	110	220	500	±500	总计
污闪次数	15	52	114	24	0	0	208
占总污闪 /%	8.65	25	54.8	11.55	0	0	100

表 3 四川电网输变电设备污闪按瓷绝缘爬距统计
(1971—2009 年)

污闪瓷件爬电比距 (cm/kV)	1.6~1.7	1.71~1.99	≥ 2.00	总计
污闪次数	115	19	4	138
占总污闪 /%	83.23	13.86	2.91	100

表 4 四川电网输变电设备污闪事故每 6 年平均

起止年份	平均污闪事故率 / (次 / 百公里 · 年)
1980—1985	0.0062
1986—1991	0.0970
1992—1997	0.0400
1998—2003	0.0019
2004—2009	0.0007

表 5 四川电网变电设备污闪事故每 6 年平均

起止年份	平均污闪事故率 / (次 / 百站 · 年)
1980—1985	1.1772
1986—1991	1.5405
1992—1997	0.7392
1998—2003	0
2004—2009	0

(上接第 57 页)

东、华中的需要,将建成乌东德—福建 ±1 000 kV 特高压直流线路,送电容量 9 500 MW,以及白鹤滩—湖北和白鹤滩—湖南两回 ±800 kV 特高压直流线路,送电容量均为 7 500 MW。

4.2 特高压交流电网

在满足省内自身用电需求和直流特高压外送电力后,在 2015、2020 年四川电网仍有约 11 600 MW 和 19 300 MW 剩余电力,主要考虑通过交流特高压通道外送。“十二五”期间将建成雅安、乐山两座 1 000 kV 特高压变电站,形成雅安—乐山—重庆 1 000 kV 特高压交流送电通道,实现川渝与华中东四省交流特高压联网。“十三五”期间,还将建成绵阳、成都两座 1 000 kV 特高压变电站,形成雅安—绵阳—万县第二回 1 000 kV 特高压交流送电通道,进一步加强川渝特高压电网结构。

为满足四川西部雅砻江、大渡河等流域大中型水电站的外送,“十三五”期间将建成甘孜、阿坝两座 1 000 kV 特高压变电站,以及甘孜—雅安、阿坝—绵阳特高压交流送电通道,通过交流特高压电网实现电力大规模外送。其中甘孜特高压变电站主要汇集雅砻江中、上游两河口、牙根、新龙等梯级大型电站,最终汇集容量约 9 000 MW,阿坝特高压变电站主要汇集大渡河上游双江口、巴底、丹巴等大型梯级电站及部分中小型水电,最终汇集容量约 10 000 MW。

到 2020 年,四川电网将与重庆电网通过 4 回

中的各类型绝缘子,尤其是大吨位绝缘子的积污特性、污闪特性,四川电网应将运行情况深层次加以论证研究。

参考文献

- [1] 顾乐观,孙才新编著. 电力系统的污秽绝缘 [M]. 重庆:重庆大学出版社,1990.
- [2] 张仁豫主编. 绝缘污秽放电 [M]. 北京:水利电力出版社,1993.
- [3] 日本电气学会通文教育会编. 绝缘子 [M]. 北京:机械工业出版社,1990.
- [4] 西安高压电器研究所翻译. 高电压外绝缘电气强度 [M]. 北京:水利电力出版社,1977.
- [5] GB 311—83. 高压输变电设备的绝缘配合 [S].
- [6] 四川电网历年防污闪工作总结 [R].

(收稿日期:2010—08—19)

1 000 kV 特高压交流线路联网,与西北、华中、华东电网形成 ±500 kV、±800 kV、±1 000 kV 共计 7 回特高压直流线路联网的“多直、多交”并列运行格局,输电能力将实现跨越式升级,电力资源配置能力显著增强,四川电网作为全国电力交换大枢纽、大平台的地位进一步确立。

5 结 论

大力开发水电并实现大规模外送是变资源优势为经济优势的重要举措,对促进四川经济社会发展具有重要意义。随着四川水电资源加快开发,为破解日益凸显的输电走廊瓶颈问题,迫切需要应用特高压输电技术,加快特高压输变电工程建设。四川特高压电网通过“十二五”和“十三五”期的发展,输电能力将实现跨越式升级,外送能力超过 60 000 MW,将为四川水电加快开发创造有利条件,对促进四川由能源资源大省向电力大省、经济强省的转变具有极其重要的意义。

参考文献

- [1] 刘振亚. 特高压电网 [M]. 北京:中国经济出版社,2005.
- [2] 陈秀山主编. 西电东送工程区域效应评价 [M]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [3] 四川省发改委. 四川水电基地调研报告 [R].

作者简介:

金健可 (1976),男,工程师,从事电力市场和电网规划方面的管理工作。
(收稿日期:2010—10—09)