

PRTV 涂料在直流线路防覆冰闪络的应用效果

程登峰¹, 蒋兴良², 王刘芳¹

(1. 安徽省电力科学研究所, 安徽 合肥 230022; 2. 重庆大学, 重庆 400044)

摘要: 为了对 PRTV 涂料的防冰闪效果进行分析,通过对运行中涂有 PRTV 涂料的绝缘子运行情况进行调研以及在人工气候室内对不同片数的喷涂 PRTV 与未喷涂 PRTV 涂料的绝缘子直流覆冰闪络特性进行试验研究对比,给出了 PRTV 涂料对直流输电线路用绝缘子覆冰闪络特性的影响,指出 PRTV 并不能有效提高冰闪电压,PRTV 涂料作为防冰闪的措施需要谨慎对待。

关键词: PRTV; 覆冰闪络; 效果

中图分类号: TM216

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)03-0154-03

Anti-icing Effect of PRTV Coating on DC Transmission Line

CHENG Deng-feng¹, JIANG Xing-liang², WANG Liu-fang¹

(1. Anhui Electric Power Research Institute, Hefei 230022, China; 2. Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Base on the investigation of the operating insulators coated by PRTV and the comparison between DC flashover performances of ice-coated insulator strings with and without PRTV coating in artificial climate chamber, this paper analyzes the effect of PRTV coating on DC flashover of ice-coated insulator strings, and find that PRTV coating can not raise the DC flashover voltage of the ice-coated insulator strings, which means that taking PRTV as an anti-icing measure ought to be considered prudently.

Key words: PRTV; flashover of ice-coated; effect

0 引言

近十几年来,RTV 涂料在电力系统输变电设备上得到了广泛的应用^[1],对提高污秽严重地区输变电设备的外绝缘水平起到了一定的效果。近几年,又出现了一种新的防污闪涂料 PRTV,其作为 RTV 涂料的发展和延伸,已作为防污闪涂料广泛应用在输变电设备外绝缘上,也有将其作为防覆冰闪络涂料应用在输电设备上。由于 PRTV 涂料作为防冰闪措施应用时间不长,防冰闪的效果如何是人们关注的问题。

1 PRTV 涂料在运行中的应用效果

2004 年底到 2005 年初,我国大部分省市遭遇多年未遇的寒冷天气,湖南、湖北大部分地区出现了严重的覆冰现象,引起了多条 500 kV 输电线路冰闪故障。 ± 500 kV 直流龙政线在安徽省境内也发生了

多次冰闪,严重影响了线路的安全可靠运行。龙政线冰闪故障发生后,对大别山区易发生覆冰的绝缘子部分喷涂了 PRTV,2006 年初 ± 500 kV 直流龙政线再次发生冰闪故障,此次故障发生在同一基杆塔的两极上。

2006 年 1 月 23 日 10 时 42 分,龙政线极、极同时跳闸,行波测距为:极 距离龙泉站 465.7 km,距离政平站 394.6 km。跳闸前双极均全压运行,跳闸后极 全压重启成功,极 降压至 350kV 重启成功。

故障后经巡线登杆检查发现,1113 号杆塔极横担侧第 6 片绝缘子有较为明显的灼伤痕迹,第 7、8、9 片绝缘子有轻微的灼伤痕迹,极 横担侧第 1 片绝缘子有很明显的灼伤痕迹。该基铁塔极 整串绝缘子的上半部分在迎风面被冰覆盖,灼伤点亦在有冰的一侧,极 绝缘子并无冰雪覆盖,但地面随处可见覆冰融化时落下的冰雪碎片。

故障塔 1113 号位于大别山区,海拔约 500 m 左右,处于风口处。双极外绝缘配置为单串 29 片

收稿日期:2008-11-25; 修回日期:2009-02-13

作者简介:程登峰(1980),男,工程师,从事输电线路研究工作。

XZP-300 盘型悬式瓷绝缘子, 其中极 绝缘子在 2005 年初发生冰闪后更换为喷涂 PRTV- 的新瓷绝缘子(极 绝缘子未更换)。通过调查了解到该段故障前 6 天开始下雪, 后来又下了小雨, 虽然故障查线时天晴了有两天, 但山上北坡的冰雪依然严重, 杆塔上也还有冰凌。故障后现场发现, 极 的左前侧靠近横担有 5、6 片瓷绝缘子上挂着薄冰, 在杆下还能找到从瓷绝缘子上掉下的成块冰块。

根据线路巡视和故障点观测到的情况, 此次故障有以下特点:

(1)故障塔位集中在覆冰严重的高海拔山区, 1113 号杆塔坐落在两山间的马鞍上, 处于金寨县与霍山县的交界处, 地势险要, 为该区域线路塔位最高海拔, 约 500 m; 极 南边的山比塔位要高出约 200 m, 极 南边的山包只比塔位高出 30~40 m, 线路前进方向的左前方即是山口, 使该塔处于山脊上风口处, 四周空旷, 故障时气象条件为冻雨、雪, 东北风, 气温-3~0℃。

(2)绝缘子在故障查线时段, 覆冰厚度为 5 mm 左右。虽然在查线时已天晴两天, 极 覆冰已融化, 但极 的绝缘子串上半部分仍呈冰凌桥接状态, 由于故障后白天日照较好, 覆冰融化的速度较快, 由此可判断在未解冻时该串绝缘子覆冰更为严重。

(3)故障绝缘子串都是横担侧第一片或附近的绝缘子外表面和钢帽有闪络灼伤的痕迹, 且均为瓷绝缘子。

(4)极 虽喷涂过 PRTV- , 但受覆冰的影响并不比具有相同地理和气象条件的极 小, 喷涂过 PRTV- 的绝缘子上的覆冰融化速度比未喷涂过 PRTV- 的绝缘子相对来说还要慢一些, 闪络的灼伤程度也要严重一些。而且极 发生故障后, 全压启动未成功, 降压启动成功。

2 PRTV 涂料的试验研究

在人工气候室内对喷涂 PRTV 涂料的绝缘子分别进行覆冰期闪络和融冰期闪络研究, 并与未喷涂 PRTV 涂料的绝缘子的试验结果进行了对比^[2], 具体试验情况如下: 试验条件: 考虑严重覆冰时, 即监测导体覆冰厚度为 20 mm, 覆冰前染污的试验盐密(SDD)为 0.05 mg/cm²、附灰密度(NSDD)为 0.30 mg/cm², 绝缘子串为垂直布置; 试验结果见表 1、2, 覆冰期与融冰期绝缘子串直流覆冰 50%闪络电压与串

表 1 XZP-300 绝缘子在覆冰期的直流 50%闪络电压

绝缘子串长 N /片	表面状况	$U_{50\%}$ /kV	涂 PRTV 后 $U_{50\%}$ 降低的百分数
7	无 PRTV	160.0	7.8%
	有 PRTV	147.6	
11	无 PRTV	243.0	5.7%
	有 PRTV	229.1	
17	无 PRTV	377.0	10.2%
	有 PRTV	338.5	

表 2 XZP-300 绝缘子在融冰期的直流 50%闪络电压

绝缘子串长 N /片	表面状况	$U_{50\%}$ /kV	涂 PRTV 后 $U_{50\%}$ 降低的百分数
7	无 PRTV	111.3	7.5%
	有 PRTV	103.0	
11	无 PRTV	170.5	7.7%
	有 PRTV	157.4	
17	无 PRTV	256.9	8.4%
	有 PRTV	235.3	
21	无 PRTV	317.1	7.8%
	有 PRTV	289.2	

长的关系见图 1、2。

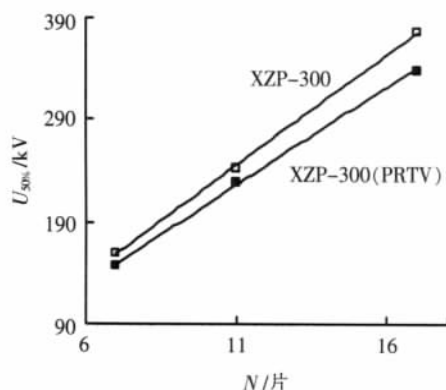


图 1 覆冰期绝缘子串直流覆冰 50%闪络电压与串长的关系

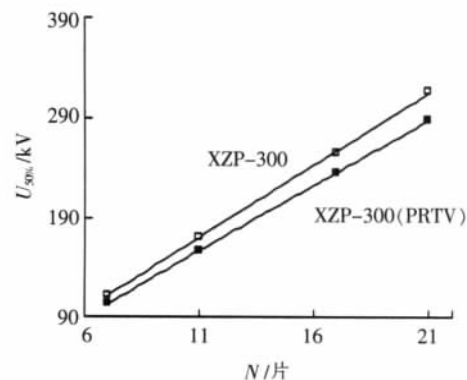


图 2 融冰期绝缘子串直流覆冰 50%闪络电压与串长的关系

由试验结果可以看出:

(1)在覆冰期和融冰期, 涂和没有涂 PRTV 涂料的绝缘子串的直流覆冰 50%闪络电压均与串长基本

上呈线性关系,但存在一定的非线性度。

采用最小二乘法分析表1试验结果可知,在覆冰期,XZP-300绝缘子的直流冰闪电压与串长的关系可以表示为

$$U_{50\%} = \begin{cases} 24.29N^{0.9657} & (\text{XZP-300}) \\ 24.03N^{0.9357} & (\text{XZP-300(PRTV)}) \end{cases} \quad (1)$$

分析表2试验结果可知,在融冰期,XZP-300绝缘子的直流冰闪电压与串长的关系可以表示为

$$U_{50\%} = \begin{cases} 17.481N^{0.9504} & (\text{XZP-300}) \\ 16.631N^{0.9369} & (\text{XZP-300(PRTV)}) \end{cases} \quad (2)$$

由式(1)、(2)可知,无论是覆冰期还是融冰期,刷涂PRTV涂料和没有刷涂PRTV的XZP-300绝缘子的直流覆冰50%闪络电压与串长之间基本呈线性关系,但均存在一定的非线性度,冰闪电压与串长之间满足幂函数关系,表征其线性度关系指数值在0.93~0.97之间,线性度好,从工程应用角度考虑,可以认为是线性关系。

(2)在相同覆冰环境条件下,没有刷涂PRTV涂料的XZP-300瓷绝缘子串覆冰期的直流闪络电压比融冰期高,当绝缘子串长分别为7、11、17片时,没有刷涂PRTV的XZP-300瓷绝缘子串在覆冰期的直流50%闪络电压比融冰期分别高43.8%、42.5%、46.7%;而涂PRTV涂料的XZP-300瓷绝缘子串在覆冰期的直流50%闪络电压也比融冰期高,当绝缘子串长为7、11、17片时,刷涂PRTV涂料的XZP-300瓷绝缘子串在覆冰期的直流50%闪络电压比融冰期分别高43.3%、45.6%、43.9%。由此可知,覆冰期直流绝缘子的冰闪电压比融冰期约高45%。

(3)试验结果还表明,在相同覆冰环境条件下,刷涂PRTV涂料的XZP-300瓷绝缘子串的直流50%闪络电压比没有刷涂PRTV涂料的XZP-300瓷绝缘子串的直流50%闪络电压低:①在覆冰期,当绝缘子串片数分别为7、11、17片时,涂PRTV的XZP-300瓷绝缘子串的直流50%闪络电压比没有涂PRTV涂料的XZP-300瓷绝缘子串的直流50%闪络电压分别低7.8%、5.7%、10.2%;②在融冰期,当绝缘子串片数分别为7、11、17、21片时,涂PRTV涂料的XZP-300瓷绝缘子串的直流50%闪络电压比没有涂PRTV涂料XZP-300瓷绝缘子串的直流50%闪络电压则分别低7.5%、7.7%、8.4%、7.8%。

3 PRTV 涂料的使用效果分析

根据实际运行和试验结果可以看出,PRTV涂

料对提高直流绝缘子的冰闪电压没有效果。PRTV涂料不能提高覆冰绝缘子冰闪电压的原因如下:

(1)试验中发现,涂PRTV涂料的绝缘子在覆冰开始1~2h内,由于其表面憎水性的作用,水滴在其表面呈水珠状,碰撞其表面的大部分水珠滑离绝缘子,仅有小部分水滴驻留其上,因此开始时涂PRTV涂料的绝缘子覆冰速度较慢,在这个阶段即在覆冰开始阶段,或者覆冰时间较短的情况下,PRTV对于减少覆冰和延缓覆冰有一定的作用。但在这个阶段,由于涂PRTV的绝缘子表面具有憎水性,捕获并驻留的水滴在绝缘子表面是分离的,在覆冰过程中也会冻结并形成冰粒,这种分散的冰粒改变了绝缘子表面的光滑状态,呈现为凹凸不平的粗糙表面,此后的覆冰过程因表面粗糙的影响,使得这种状态下绝缘子表面更容易捕获水滴和阻滞水滴的流失,从而加速了覆冰的形成。因此,对于覆冰时间较长的覆冰过程(如在人工气候室内的覆冰时间大于4h),涂PRTV涂料的绝缘子并未呈现覆冰减少的现象。

(2)由于刷涂PRTV涂料后,紧贴绝缘子表面的覆冰存在大量的气隙(对于玻璃绝缘子存在类似现象),在闪络试验过程中,由于电压分布不均匀导致气隙局部电场显著增高,因此局部放电更易发生在冰层内表面,即绝缘子与冰层的接触面,使贴近绝缘子表面的冰层最先融化,从而导致绝缘子表面污秽充分湿润,引起泄漏电流急剧增大,加速放电的发生,且这种内部电弧维持的外加电压较低,持续时间长,容易烧伤绝缘子表面的PRTV涂层。

4 结语

PRTV涂料在防止输变电设备污闪事故上起到了很大的作用,由于覆冰闪络与污闪的机理不同,PRTV涂料在防止输变电设备冰闪故障上的作用效果并不明显,PRTV涂料在输变电设备上作为防冰闪的技术措施需进一步研究。

参考文献:

- [1] 张亚龙. RTV防污闪涂料在输电线路及变电站的应用[J]. 陕西电力, 2006, 34(6): 44-46.
- [2] 谢述教, 蒋兴良. 覆冰绝缘子直流闪络特性研究现状[J]. 高电压技术, 2004, 30(1): 16-18.