

天生桥换流站高压直流分压器雨闪事故分析

郭树永, 郝江涛

(南方电网超高压输电公司天生桥局, 贵州 兴义 562400)

摘要:介绍了天生桥换流站一起由于高压直流分压器雨闪引起的单极跳闸事故,通过对事故的原因进行剖析,找出了直流设备外绝缘设计存在的不足,并提出了相应的改进方法,为以后高压直流输电系统的直流设备外绝缘设计提供了借鉴经验。

关键词:直流;雨闪;事故;增爬裙

Abstract: A single-pole tripping accident caused by rain flashover of HVDC voltage divider in Tianshengqiao Converter Station is introduced. After analyzing the accident causes, the existing shortcomings in external insulation design of DC devices are found out, and the corresponding method for improvement are proposed, which provides the experiences to external insulation design of DC devices for the future HVDC transmission system.

Key words: direct current; rain flashover; accident; creepage extender.

中图分类号:TM721.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1003-6954(2008)02-0036-02

近年来,高压直流输电系统在中国发展迅猛,由于直流电场下特有的集尘效应以及外绝缘设计的裕度不足,使得直流设备的耐污能力、抗雨闪能力承受很大的考验,由换流站直流场外绝缘引起的事故时有发生。

结合天生桥换流站-500 kV 极1高压直流分压器雨闪引起的单极跳闸事故,介绍了引起雨闪的原因以及改进措施。

1 事故过程

1.1 事故经过

2005年5月25日,天生桥地区有大暴雨,并伴有电闪雷鸣,±500 kV 天广直流双极运行,双极负荷为200 MW。01时55分,-500 kV 直流极1高压母线差动保护动作,启动ESOF跳闸至备用状态,负荷转移至+500 kV 极2,极2带200 MW 功率运行。

1.2 事故处理过程

事故发生后,通过分析故障录波,故障时极1高压母线电流IDH及极1中性点电流IDN均有较大故障电流(达到3500 A),同时极1交流侧换流变及换流变进线2032、2033断路器单元等多处电流显示均有故障电流,可基本排除二次设备故障引起事故的可能。

天生桥换流站的直流线路故障定位仪启动,显示测距为0,塔号为0,且因当时换流站地区雷雨交加,

跳闸时多名运行人员听到直流场区域有剧烈的“雷声”,初步认为在极1直流母线区域发生雷击或闪络,造成极1三套直流保护系统的直流母线差动保护(87HV)动作,使极1ESOF跳闸至备用状态。

跳闸后由于信号传输时间的原因,对侧广州换流站在接到天站ESOF请求前两套直流保护的低压保护动作(27-DU/DT),发出了直流线路故障恢复顺序请求,随后因为收到天站ESOF请求后极1闭锁;天站收到直流线路故障恢复顺序请求后,因极1已由直流母线差动保护动作ESOF跳闸,故极控系统发出了直流线路故障的信号。

事故后因为晚上视线所限,对直流一次设备进行检查,未能找到明显的放电痕迹。向调度申请对极1做零起升压试验,分别进行了350 kV、400 kV及500 kV的电压等级试验,均未发现异常;04时25分根据调度令将极1恢复正常运行^[1]。

2 事故原因分析

2.1 现场检查情况

天生桥换流站于7月24日直流停电检修期间组织人员对-500 kV 极1直流设备进行了全面检查,发现在极1高压母线直流分压器R5绝缘支柱上端第一片瓷裙与金属之间有一块约4.5cm²的放电痕迹,下部底座金属上也有几处放电痕迹。

2.2 天生桥换流站环境简介

天生桥换流站位于广西隆林县天生桥镇马窝村西南约1 km处,周边山坡多稀疏灌木,间有农田,植被较好;东有一公路,无工业污染源。该地区降雨丰富,年平均降雨量为1 176 mm(取自隆林气象站),每年11月至第二年3月降雨最少。整体环境状况良好,大气环境污秽状况相对较轻。

2.3 直流分压器外绝缘参数

天生桥换流站高压直流分压器为瓷质绝缘子,总结构高度为7 410 mm,大小伞伞形结构,伞裙片数(大/小)为106/105,伞径(大/小)为511 mm/474 mm,伞伸出(大/小)为70 mm/50 mm,大伞间距为65 mm,爬电距离为29 800 mm,爬电比距为57.8 mm/kV。

2.4 综合分析

在2005年5月份以前的盐密测量数据中,天生桥换流站直流场设备绝缘子等值盐密的最大值为0.035 mg/cm²,属于清洁区。依据此数据计算天生桥换流站分压器需要的爬电比距,计算时现场直流盐密取 $1.3 \times 0.035 = 0.0455$ mg/cm²(考虑积污期差异以及取样和测量误差,乘以1.3倍的系数)。则天生桥换流站分压器需要的爬电比距为54 mm/kV(根据IEEE公式计算)。天生桥换流站分压器实际爬电比距为57.8 mm/kV,基本满足污区等级要求,但裕度不足。

中国电力科学研究所的试验表明,直流负极性下雨闪电压低,雨闪电压与套管长度基本呈线性关系。伞间距过小的套管,在一定雨强下,闪络电压显著下降。根据试验室瓷质绝缘子的试验结果,大伞间距,一般需要保持90 mm以上,对于6 mm/min的特大雨,伞间距应该在160 mm^[2]。而发生闪络的设备为一500 kV极1的高压直流分压器,其大伞间距仅为65 mm,远不能满足抗雨闪的需求。

3 防雨闪措施

从雨闪形成的机理上来看,雨水滴淋到脏污的套管伞裙表面时,污秽会被冲下,沿伞裙外边檐淌下形成污水帘(或污水柱)。在较小的降雨量时,一般水帘或水柱不会使相邻2个伞裙“桥接”,而是在上伞裙下边檐到下伞裙上边缘之间形成多串并联的“污水帘+空气间隙”。降雨量越大,套管表面受雨量也越大,伞裙下边檐污水帘越长,空气间隙则越短。当空气间隙

不能承受过高的电压时,间隙击穿。众多伞裙间空气间隙逐个击穿,最终导致整个套管闪络^[3]。因此,防止雨闪的有效方法就是要增加空气间隙的长度,加装较大直径的硅橡胶辅助伞裙。

天生桥换流站在2006年2月直流停电检修期间对此台直流分压器采取了增爬裙措施,自高压端第3个瓷裙加装第一片硅橡胶伞裙起,往下每隔5片瓷裙加装另一片伞裙,按轴向等距原则逐一安装,共安装了18个辅助裙。到目前为止未再发生雨闪事故。

但由于增加的辅助裙是用粘合剂粘接上的,应特别注意安装时的施工质量,注意使增爬裙粘接部位与瓷裙粘接部位紧密结合,防止出现气泡或部分界面没有粘合,导致沿界面击穿。粘合剂要求均匀、厚度合适。应避免粘合剂流淌悬挂形成绝缘子之间连丝或滴到下面的伞裙上。

增爬裙投运后,巡视要注意观察,如发现有变形破损、结合面脱胶、在粘接区有放电现象、硅橡胶伞裙憎水性消失等异常现象,应及时进行分析处理。

4 结束语

由于直流电场下特有的集尘效应,使空气中污物更容易被吸附在绝缘表面,直流绝缘子积污要比交流绝缘子严重得多,因此在今后的工程中对直流户外设备的爬距要留有足够的裕度。

为提高设备的抗雨闪性能,伞间距的设计要合理,或者建设户内直流场。对于已经投运的设备可以采取增爬裙的措施,但要注意施工质量和日常维护。

参考文献

- [1] 吕伟权,郑丰,王志滨,等.天生桥换流站高压直流输电系统典型异常事故汇编[R].超高压输电公司天生桥局,2006.
- [2] 中国南方电网公司.±800 kV直流输电技术研究[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [3] 宿志一.超高压变电设备污秽外绝缘设计的重点[J].中国电力,2001,34(1):51-54.

作者简介:

郭树永,1980~,男,助理工程师,从事高压直流系统运行维护工作。

郝江涛,1975~,男,硕士,从事高压直流系统运行维护工作。

(收稿日期:2007-11-15)