

一起 220 kV 变电站断路器雷击故障分析

毛文奇, 胡旭, 邓集, 黎治宇

(湖南省电力公司试验研究院, 湖南 长沙 410007)

摘要: 介绍和分析了 2008 年 5 月 8 日某 220 kV 变电站断路器故障的情况。故障录波、解体检查和仿真计算表明,故障原因为雷击引起的断路器断口绝缘击穿,并提出了相应的反事故措施;对于 220 kV 线路,无论是否热备用,建议在线路侧装设氧化锌避雷器;积极开展断路器灭弧室内部缺陷试验方法研究。

关键词: 220 kV 变电站; 断路器雷击; 击穿故障

中图分类号: TM86

文献标志码: B

文章编号: 1001-1609(2009)04-0153-02

Analysis of Circuit Breaker Failures Due to Lightning Strike in a 220 kV Substation

MAO Wen-qi, HU Xu, DENG Ji, LI Zhi-yu

(Hunan Electric Power Test and Research Institute, Changsha 410007, China)

Abstract: This paper introduces and analyzes the failure of a 220 kV circuit-breaker in a 220 kV substation on May 8, 2008. According to the fault recording, disassembly inspection and simulation calculation, it is found that the failure reason is CB insulation breakdown caused by lightning strike, and appropriate countermeasures are put forward. It suggests that a lightning impulse arrester should be installed at the line side whether it is hot standby or not, and research on testing method of arc-quenching chamber internal defects should be developed.

Key words: 220 kV substation; strike on the circuit-breaker; breakdown failure

0 引言

2008 年 5 月 8 日, 某 220 kV 空王 II 线短时内遭多次雷击, 造成变电站内 608 断路器断口绝缘击穿。这种故障现象较为罕见, 为避免再次出现类似事故, 有必要对此次事故进行深入分析, 并提出反事故措施^[1], 以保证多雷区变电设备的安全稳定运行。

1 事故概述

220 kV 608 断路器为 LW15-252/3150-50 型, 2004 年 6 月出厂, 编号为 023, 2005 年 1 月投运。

2008 年 5 月 8 日为雷雨天气, 根据雷电定位系统统计, 14 时 39 分至 15 时 19 分共发生 40 余次雷击。14 时 59 分 58.050 秒 220 kV 空王 II 线因雷击造成 C 相故障, 故障录波显示最大故障电流约 10 kA, 20 ms 后该线路断路器 608 两套快速保护分别出口, C 相断路器分闸, 再经过约 40 ms 故障电流消失, 保护动作节点返回(即此时 608 C 相确已分闸);再经过约 380 ms C 相又出现故障电流, 紧接着 608 两套保护

分别三跳、永跳出口, A、B 两相断路器跳位节点出现即三相分闸, 但 C 相故障电流仍未消失, 608“启动失灵”保护出口动作(即 608 三相分闸但未能切除故障), 导致再经过约 780 ms 600 母联分闸, 980 ms 后 614 叶王 II 线分闸, 此时 608 故障电流才消失, 最终造成 220 kV II 母失压。事故后经巡线发现, 在距该变电站 1.78 km 的空王 II 线 51 号杆 C 相绝缘子有明显雷击放电痕迹(空王 II 线共 57 极杆)。

2 试验及解体检查情况

事故发生后, 立即组织试验检修人员对 608 断路器进行了认真检查, 发现 C 相 SF₆ 气压为 0.64 MPa, 稍大于 A、B 相的 0.60 MPa; 还进行了直流电阻、机械特性及耐压等试验, 除了 C 相合闸不同期为 7.7 ms 大于规定值 4 ms 之外, 其他试验项目均合格。此外, 该断路器在 2008 年冰灾期间曾发生 5 次故障分闸。

故障录波显示 608 断路器 C 相在分闸状态下又出现了 10 kA 左右的故障电流, 且现场进行 SF₆ 气体取样时, 有浓烈的臭鸡蛋味, 并有大量白色粉尘从取气口喷出, 造成试验管路堵塞。鉴于此种现象,

收稿日期: 2009-01-20; 修回日期: 2009-03-12

作者简介: 毛文奇(1981), 男, 工程师, 主要从事高压断路器及过电压等试验研究工作。

决定对该相断路器立即进行更换,并运回检修基地进行解体检查。

5月11日对608断路器C相进行了解体,情况如下:该相灭弧室内部元件上存在大量白色及黑色粉尘;灭弧室瓷套内壁留有很多高温烘烤及放电痕迹;动静触头有明显烧损痕迹,镀银面因高温烘烤而暗化;绝缘喷口有电弧高温劣化开裂现象;

提升杆表面无放电痕迹及变形,分子筛固定良好,基本正常;对灭弧室提取的白色及黑色粉尘成分进行了电镜扫描分析,结果见表1、2。

表1 白色粉尘成分化验结果

试品	所占比例较多元素的重量比 $W_i/\%$				
	C	O	F	Al	Cu
试品1	13.56	7.61	36.89	14.49	22.10
试品2	9.57	4.64	43.35	15.74	18.36
试品3	10.94	3.69	34.35	14.94	26.69

表2 黑色粉尘成分化验结果

试品	所占比例较多元素的重量比 $W_i/\%$				
	C	O	F	S	Ag
试品1	7.38	6.00	8.64	8.33	60.61
试品2	9.55	6.43	8.59	8.54	56.81
试品3	6.66	5.60	8.70	8.55	59.79

从表1、2可以得出:以上粉尘应为电弧后 SF_6 分解产物,其中 CuF_2 、 AlF_3 、 SiF_4 及 AgF 的含量较大。

3 ATP 计算分析

为进一步验证雷电侵入波在变电站电气设备上所产生的过电压情况,利用ATP Draw程序对“220kV空王II线~608CB”进行了仿真计算。当断路器608处于热备用状态时,若在608CB至空王II线51号杆之间某处再次落雷,计算得断路器608断口及空王II线51号杆C相接地故障处的电压波形见图1、2。

根据行波理论^[2],雷电波在沿导线到达断路器断口时将发生全反射,并与断口间的工频电压叠加,此时断口间承受的电压已远远超过其额定耐压值,断路器断口发生击穿。由于线路发生近区雷击,雷电

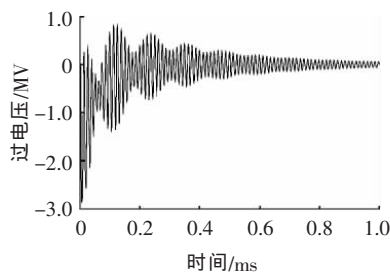


图1 ATP模拟断路器608断口过电压波形

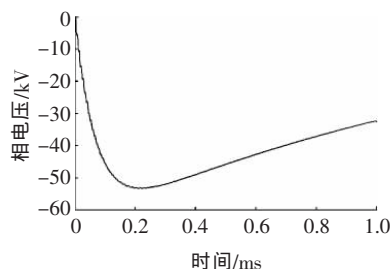


图2 ATP模拟空王II线51号杆C相电压波形

波到达断口时线路接地故障未消失,因此断口击穿后线路仍有工频续流,最终导致断路器的灭弧室断口部件因电弧燃烧而损坏。

4 绝缘击穿的原因

综合以上情况,可以推测:空王II线首先遭近区雷击,608断路器C相分闸,在重合闸保护启动前,再次遭受雷击,造成断路器断口在热备用情况下击穿,由于线路存在永久性接地故障,使得C相故障电流重燃,最终造成灭弧室烧损。

该次事故中断路器内绝缘先于外绝缘发生闪络,这与现行的设计原则是矛盾的。其中有点原因值得引起注意:

(1)2008年冰灾期间断路器多次发生故障分闸,对灭弧室产生了一定的烧损,并有大量分解物存在,形成了绝缘隐患。

(2)雷电波波头较陡,且在断口发生全反射并与工频电压叠加,而断路器灭弧室内 SF_6 气体刚开断完故障电流后由于受热膨胀,再加上粉尘悬浮物的存在,极有可能造成断口绝缘强度的降低,甚至击穿。

(3)常规的试验手段无法检测及判断出灭弧室的烧损严重程度。

5 结论与建议

(1)该次事故根本原因为雷击断路器断口造成绝缘击穿所致。

(2)对于220kV线路,无论是否热备用,建议在线路侧装设氧化锌避雷器。

(3)针对2008年冰灾期间发生过开断故障电流的断路器,应积极采取措施进行全面检查,并选取故障较严重的进行解体,以积累相关经验。

(4)积极开展断路器灭弧室内部缺陷试验方法研究。

参考文献:

- [1] 国家电网公司安全监察部.国家电网公司电力生产事故调查规程[S].
- [2] 解广润.电力系统过电压[M].北京:水利电力出版社,1985.