

雷击线路引起的主变压器跳闸分析

杨 茹, 李红军

(四川电力职业技术学院, 四川 成都 610072)

摘 要:分析雅安电网一起因 110 kV 线路遭受雷击造成 220 kV 主变压器间隙保护动作跳闸事件, 探索了主变压器间隙击穿的原因, 并提出了针对线路雷击造成主变压器间隙保护动作的防治措施。

关键词:间隙保护; 雷击; 改进措施

Abstract: A tripping event of 220 kV main transformer gap relay action caused by the lightning stroke in 110 kV transmission line is analyzed. The reasons for the gap breakdown of main transformer are discussed, and then some control measures for the gap relay action caused by lightning stroke in transmission line are proposed.

Key words: transformer gap protection; lightning stroke; improvement

中图分类号: TM726 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2011)02-0030-02

2010 年 8 月, 雅安电网 220 kV 下坪变电站发生了一起故障: 110 kV 唐下线遭受雷击, 引起该线路与不接地运行 220 kV 主变压器同时跳闸。此次主变压器跳闸系由中性点间隙放电, 导致间隙过流保护动作。220 kV 变电站虽然均配置两台主变压器, 满足主变压器 N-1 跳闸要求, 但 1 台主变压器频繁跳闸将严重影响电网安全运行。

经过现场调查和研究, 对 2010 年 8 月 9 日 220 kV 下坪变电站 2 号主变压器中性点间隙保护存在的问题进行探讨, 并提出解决问题的有效方法。

1 故障经过和运行方式

2010 年 8 月 9 日雅安地区雷雨天气, 21 时 56 分 110 kV 唐下线 AC 相发生相间接地短路, 线路跳闸。在接地故障发生的同时, 220 kV 下坪变电站 2 号主变压器 110 kV 侧间隙击穿, 间隙零序过流保护动作跳主变压器三侧开关。

故障时 500 kV 石棉变电站作为电源向 220 kV 下坪变电站供电, 下坪站 220 kV 和 110 kV 均是双母线并列运行, 1 号主变压器中性点接地运行, 2 号主变压器中性点不接地运行, 如图 1 所示。

2 保护动作情况分析

2.1 唐下线线路故障分析

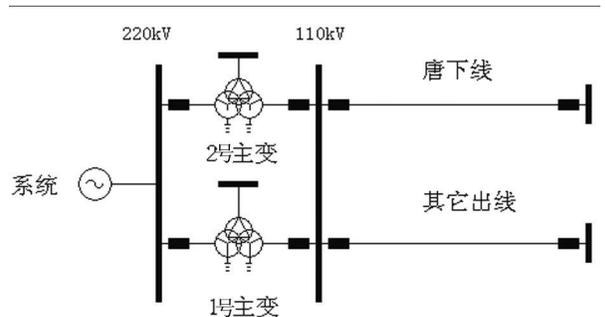


图 1 220 kV 下坪变电站接线方式图

110 kV 唐下线全长 38.5 km, 是 110 kV 唐家沟电站的并网线路, 线路还有三个小水电通过 T 接在唐下线上并网发电。总体来说, 唐下线线路长, 并且 T 接支路多, 线路多架设在山区, 故障概率较高。

故障发生后, 唐下线线路保护相间距离二段 301 ms, 零序二段动作 302 ms 出口动作跳开出线开关。唐下线线路保护相间距离二段和零序二段时限均整定为 0.3 s 保护属于正确动作。巡线人员故障巡线发现, 在唐下线距离下坪站 22 km 处有放电痕迹, 确定了此次故障是由雷击产生。

通过保护动作情况统计, 唐下线在今年进入雷雨天气后, 跳闸次数频繁。故障概率非常高, 但此次唐下线故障引起下坪站不接地主变压器跳闸尚属第一次。

2.2 主变压器跳闸分析

下坪站 1 号主变压器高、中压侧中性点均直接接地, 2 号主变压器高、中压侧中性点均间隙接地。通过现场调查发现, 2 号主变压器中压侧间隙有明显放

电痕迹, 间隙有烧伤痕迹。通过测量, 棒-棒间隙距离为 150 mm, 满足“反措”要求。2 号主变压器中性点并联有避雷器。现场查勘表明: 故障前后 220 kV 和 110 kV 母线、主变压器高侧和中侧避雷器均没有动作记录。

线路雷击后, 2 号主变压器 110 kV 间隙击穿, 间隙零序电流达到 6.9 A (二次值) 大于定值 1 A。主变压器间隙保护在故障后 309 ms 动作, 跳开主变压器三侧开关。由于 2 号主变压器间隙过流时间整定为 0.3 s 跳主变压器三侧开关, 保护属于正确动作。

2.3 录波图形及数据分析

110 kV 唐下线雷击故障时, 唐下线线路保护、主变压器保护及故障录波均即时起动录波。通过比较保护和录波起动时间, 确认唐下线线路保护和主变压器保护同时动作跳闸, 均是由唐下线雷击故障造成。

本次故障发生在雷雨天气并为 CA 相瞬时接地故障, 在发生接地瞬间存在较大暂态电压, 且故障时间持续 300 ms 在中性点产生不平衡电压。据录波数据分析 110 kV I 段 $3U_0$ 峰值为 63.24 V (二次值), 110 kV II 段 $3U_0$ 峰值为 61.59 V (二次值), 折算至一次中性点零序电压值瞬时值为

$$63.24 \times \left(\frac{110}{\sqrt{3}} / 0.1 \right) = 40.16 \text{ kV}$$

理论暂态电压约为

$$U_0 = 1.8U_0 = 1.8 \times 40.16 = 72.29 \text{ kV}$$

棒-棒间隙的放电, 击穿电压和间隙距离近似成直线关系, 平均击穿场强为 3.8 kV/cm (有效值) 或 5.36 kV/cm (幅值)。

现场实测间隙距离为 150 mm, 根据上述计算关系, 其工频击穿电压为 $15 \times 5.36 = 80.4 \text{ kV}$, 考虑到当时雷雨天气, 在暂态电压已接近间隙的工频击穿电压时, 导致间隙击穿。

2.4 中性点击穿原因分析

变电站中的所有电气设备包括变压器, 都处于直击雷的保护范围内, 通常变压器不会受到直接的雷击, 变压器的中性点也不会受到直接的雷击。由于在中性点上没有向外的引出线, 因此中性点也不会受到雷电感过电压的袭击。

通过录波图形分析可以知, 发生暂态过电压的时间也就是在故障后的两个周波以内, 只是短时间的出现零序电压的瞬时值。由于零序电压的瞬时值很高, 同时发生雷击时天气状况较差, 就导致了主变压器间

隙击穿后, 无法自动熄弧, 间隙保护起动, 线路保护起动, 直至故障被保护切除。扩大了停电范围。

根据 DL/T 684-1999 大型发电机变压器继电保护整定计算导则 5.6.2 条要求: 用于中性点经放电间隙接地的零序电流、零序电压保护动作后经一较短延时 (躲过暂态过电压时间) 断开变压器各侧断路器, 这一延时可取为 0.3~0.5 s。

本次 2 号主变压器间隙过流、零序过压整定值如表 1, 完全符合整定计算导则。

表 1 整定值

保护名称	保护定值	保护时限	出口矩阵
间隙过流	100 A (一次)	0.3	三侧
		0.5	三侧
零序过压	180 V (二次)	0.3	三侧
		0.5	三侧

由于该线路是一条终端线路, 零序 II 段、接地距离 II 段的时限均为 0.3 s。故障发生后, 由于间隙击穿, 间隙过流和零序 II 段保护同时动作, 在 0.3 s 都出口跳闸。

对于 220 kV 线路, 配置了双套纵联保护。在电路上任何位置发生故障, 保护装置都能够在 0 s 将故障切除, 与主变压器间隙过流保护保证了 0.3 s 的级差。所以对于 220 kV 主变压器, 220 kV 侧的间隙过流保护可以沿用规程上 0.3~0.5 s 断开主变压器三侧开关的要求。

但对于 110 kV 线路, 能够配置光纤差动保护的线路是非常少的。原则上 110 kV 线路长度在 10 km 以下的, 都应该配置光纤差动保护。所以 110 kV 线路光纤化率是比较低的。多数 110 kV 线路发生故障时都是由零序保护和距离保护动作切除故障的。特别对于线路末端故障, 只能依靠 II 段保护切除。II 段保护的时限一般较长, 雅安电网 II 段保护时限为 0.3~2.1 s 之间。

所以对于目前雅安电网 220 kV 和 110 kV 变电站的 110 kV 出线如果发生雷击, 导致主变压器间隙过流保护动作跳主变压器的概率是非常高的, 必须尽快进行整改。

3 改进建议

此次接地故障发生在 110 kV 唐下线上, 而且下坪站 1 号主变压器 110 kV 侧中性点是直接接地的, 2

(下转第 73 页)

员将内层护线条的中心对准悬垂线夹的中心画印点,护线条由中心画印点向两端分别缠绕,其绕向应与外层绞向相同。

3) 安装胶套,将胶套中心对准线夹中心安装,用胶布在胶套外包一圈作为临时固定。

4) 外层护线条的安装。安装前在胶套上画出护线条的位置印记,按此印记排列护线条;在安装过程中,应注意保护各根护线条的间距相等,护线条的安装从胶套两端分别向光缆两侧进行一根一根的缠绕。

5) 将悬垂线夹的夹板与悬垂金具连接并拧紧螺栓。人力松下光缆并放置于悬垂线夹中,使悬垂金具串处于受力状态,最后拆除提线架及滑车。

(2) 安装防振锤的低频端大锤头朝杆塔一侧,安装前注意放振锤护线条末端与金具护线条预绞丝末端的距离大于 70 mm。

(3) 对于耐张金具串的专用接地线,一端用专用接地并沟线夹与耐张线夹下侧附近的光缆相连,另一端与就近塔材用螺栓相连。

(4) 引下夹具的距离为 2 m 安装一个,应保证光缆顺直、圆滑、不得有硬弯折角,余缆在塔身上的盘绕直径不得小于 1 m,并用专用夹具固定在塔材上,确

保余缆在风吹时不会晃动。

6 结束语

2005 年 6 月 28 日,江苏亨通集团专业人员对自贡电业局展放的 6.5 km OPGW 光缆线路进行了测试,各项指标均符合要求,得到了业主的高度评价和信任。

OPGW 光缆的展放成功,不仅意味着送电工程处填补了施工工艺的空白,书写下新的篇章,更重要的是,为适应现代市场经济的竞争环境和电力建设的发展需要,开拓广阔的市场空间,迈出了坚实的一步!

参考文献

- [1] 韦乐平,等.光同步传送网技术体制[M].北京:人民邮电出版社,1999.
- [2] DL/T 5168-2002. 110 kV~500 kV 架空电力线路工程施工质量及评定规程[S].
- [3] IEEE Std 1138-94. Standard Construction of Composite Fiber Optical Groundwire of Use on Electric Utility Power line[S]. (收稿日期:2010-12-14)

(上接第 31 页)

号主变压器间隙接地是不应该动作的。通过对此次事件的分析,提出以下改进建议。

(1) 将避雷器的冲击电压设置的比间隙放电电压低,保证在发生雷电暂态过电压时避雷器能够可靠动作,防止间隙保护误动作切除主变压器。

(2) 建议将 220 kV 下坪站主变压器间隙过流保护动作时限延长至 3 s 以上。由于雅安电网 110 kV 系统串供级数较多,距离及零序二段的时限最长达到 2.1 s 考虑到间隙过流保护和出线距离及零序二段时限的配合,建议将下坪站主变压器间隙过流保护动作时限延长至 3 s 以上。

(3) 加强和完善线路的防雷工程建设,避免或减小雷电灾害。

(4) 加强中性点间隙距离管理,按照规程合理设置间隙距离,以免间隙保护过于频繁动作。

4 结论

(1) 雅安 220 kV 下坪站 2 号不接地运行主变

器间隙保护动作导致主变压器跳闸,是由 110 kV 出线雷击相间故障引起。在雷击瞬间产生的较高暂态过电压,导致主变压器中性点间隙击穿,造成下坪站 1 台主变压器的不必要跳闸。

(2) 建议将 220 kV 下坪站主变压器高、中压测中性点间隙过流保护动作时限延长至 3 s 以上。延长间隙过流保护动作时限不影响其他继电保护的正常运行,并对主变压器安全运行没有太大影响。

参考文献

- [1] DL/T 584-95. 3~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
- [2] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京:中国电力出版社,1999.

作者简介:

杨 茹(1982),女,讲师,硕士,四川雅安电力(集团)股份有限公司调度中心副主任(挂职锻炼),研究方向为电力系统及其自动化。

李红军(1978),男,讲师,硕士,研究方向为电力系统及其自动化。(收稿日期:2010-12-15)