

线路单相断线造成终端变主变保护动作的分析

张智超

国网江苏省电力有限公司昆山市供电分公司 江苏 昆山 215300

【摘要】：重视电力系统的稳定性，减少故障发生对于提高用户满意度，提高供电质量非常重要。在各种电力系统的故障中，110kV电压等级电路一般不会发生断线故障，但是发生该故障会直接导致电力系统失去对称性，并且产生的负序、零序电流会直接引起继电保护系统破坏，最终发生电力线路的不正常动作。根据在工作中遇到的一起单相断线造成终端变主变保护动作的事故案例，结合故障波形分析，利用不对称故障分析计算方法，简要分析单相断线电压序分量之间的关系以及对主变零序保护的影响，并根据故障表现给予了解决措施，从而避免线路单相断线引发的故障进一步扩大。

【关键词】：零序保护；复合序网图；序分量

随着电力系统的不断发展，电网结构日趋复杂，对电力系统供电可靠性要求也越来越高。变压器、线路都是电力系统中重要的电气元件，也是保证供电可靠性的重要设备，其正常运行关系到电网的正常运行。在实际应用中，各电力元件均配置了较完善的保护装置，用于减少事故时对停电范围的影响和维持系统稳定。根据电网继电保护整定要求，电气元件的保护配置应具有选择性，合理的设置不同电气元件保护之间的配合关系，对提升供电可靠性和保障电力系统稳定有重要作用。针对一起典型的因同杆双回线路故障引起的主变低后备保护动作实例，从110kV主变低后备保护和线路保护配合角度出发，分析二者之间的保护配合问题，并制定了相应的防范措施。

1 线路单相断线造成终端变主变保护动作故障简述

2018-05-08T19:11:15, 110kV高沟变1号主变高后备零序过压1时限出口动作，跳开1号主变高压侧701开关。

系统侧220kV旗杰变的110kV旗高857线路保护零序I段、距离I段出口动作，跳开110kV旗高线857开关。

2 故障前运行方式

主接线图如图1所示。

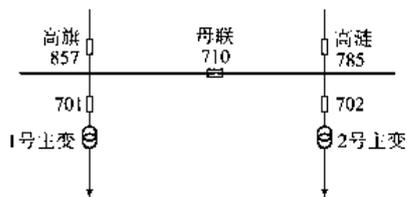


图1 主接线图

3 保护动作情况及原因

110kV高沟变侧，110kV高沟变1号主变A套保护、B套保护高压侧零序过压1时限动作，1号主变故障波形如图2所示。图2从上往下模拟量为：母线A相、B相、C相电压，零序电压，701开关A相、B相、C相电流；开关量为：保护启动元件、高间隙过流II时限元件、高零序过压I时间元件。三条黄色虚线时间轴分别为40ms、340ms、540ms。

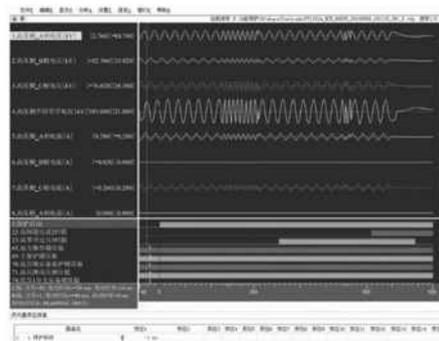


图2 1号主变故障波形图

3.1 波形简要分析

(1) 线路单相断线发生初期时，高沟变110kV I段母线B相电压降低，出现了零序电压，零序电压值为153V（二次值）。

300ms后，高零序过压I时间元件动作。录波文件保护动作与动作报文、定值的波形基本一致。

(2) 故障过程中701开关B相电流为零，A相和C相电流幅值相等、相位相反。220kV旗杰变侧，19:11:15.881，旗高857线路保护B相距离I段、零序I段动作，61ms故障切除，1686ms当合闸后，故障线路的问题依然没有解决，同时保护加速动作不再重合。波形如图3所示。

图3从右往左分别为：线路抽取电压U_x、母线A相电压、母线B相电压、母线C相电压、零序电流、线路A相电流、线路B相电流、线路C相电流。图中上侧虚线为故障启动0s，下侧虚线为故障切除70ms。线路巡视检查：110kV旗高857线路2.4km处B相线路脱落到地。

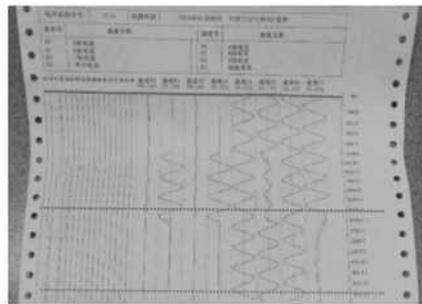


图3 线路故障波形图

3.2 线路单相断线后终端变电气量分析

经过上述分析基本可认定，确实发生线路单相断线故障，并且对于B相断线，有：

$$\begin{cases} i_B^{(1, D)} = 0 \\ \Delta \dot{U}_A^{(1, D)} = \Delta \dot{U}_C^{(1, D)} = 0 \end{cases}$$

式中, $\Delta \dot{U}_A^{(1, D)}$ 与 $\Delta \dot{U}_C^{(1, D)}$ 为图3中A相和C相的电压。复合序网如图4所示。

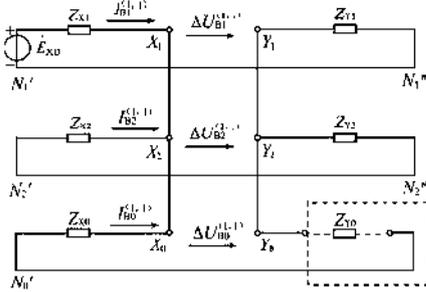


图4 相断线时复合序网图

在正序网络中, E 端 XB 是断相处 X 侧的等值电势; ZX1、ZY1 是断相处 X 侧、Y 侧的等值正序阻抗; 负序网络中 ZX2、ZY2 是断相处 X 侧、Y 侧的等值负序阻抗; 零序网络中 ZX0、ZY0 是断相处 X 侧、Y 侧的等值零序阻抗。

电压序分量有:

$$\Delta \dot{U}_{B1}^{(1, D)} = \Delta \dot{U}_{B2}^{(1, D)} = \Delta \dot{U}_{B0}^{(1, D)}$$

由于高沟变中性点不接地, 则 ZY0 可视为无穷大, 可以得到:

$$\Delta \dot{U}_{B1}^{(1, D)} = \Delta \dot{U}_{B2}^{(1, D)} = \Delta \dot{U}_{B0}^{(1, D)} = \frac{1}{2} \dot{E}_{XB}$$

则:

$$3U_0 = \frac{3}{2} \dot{E}_{XB}$$

在故障发生前, 电力系统的运行电压为 113kV, 则压变二次的 $3U_0 = 1.03 \times 1.5 \times 100 = 154.5V$, 即断线位置到主变不同点位的零序电压数值一致, 二次值为 154.5V, 与故障录波中电压值吻合。

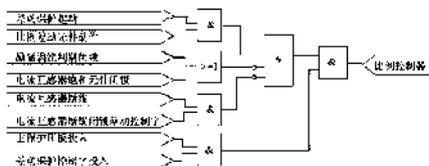


图5 比率差动保护逻辑图

4 结论与建议

4.1 结论

综上所述, 电力系统线路单相断线故障产生后, 若供电线路的负荷过大, 零序电流保护将动作前要尽快处理故障。另外, 这一过程发生较快, 所以难以根据故障测距来判断故障位置。若供电线路负荷没有处于较高的情况时, 前期零序电流一般不会被检测到, 则零序电流保护不会动作, 等到线路负荷增大到零序电流到达规定值后其保护装置才会出发动作跳闸。为了更好的解决故障, 应当在零序电流保护装置跳闸时, 确定故障录波图像情况; 如果有一相电流为零而零序电流突然增大, 应考虑是否出现断线故障。

(1) 线路单相断线, 如终端变主变中性点不接地, 则断线处至终端变的零序电压为

$$\frac{3}{2} \dot{E}_{XB}$$

端变的零序电压为

(2) 如主变零序过压保护定值设为 150V, 而额定电压数值比实际电压低时, 终端变零序过压保护可能动作。

(3) 由于断线期间, 终端变主变缺相运行, 严重影响中低压侧三相电压的对称性(此次 B 相断线, 35kV 侧、10kV 侧的 UAB、UBC 降低为原来的一半), 这时线路已经无法输送电能, 所以跳开终端变也是正常的。

(4) 线路单相断线故障, 终端变高压侧零序过压保护定值可不调整, 在线路发生单相断线故障时, 跳开终端变。

4.2 建议

(1) 监控中心、运行人员在监控及巡视过程中发现主变差动保护报“电流互感器断线、差流越限”等异常信号时, 要及时汇报调度部门并通知二次专业人员查明原因, 消除设备隐患。

(2) 检修人员定期巡视时, 要浏览当地后台及保护装置异常告警情况, 及时消除缺陷。

5 总结

在城市配电网建设、施工、保护定值整定、运行维护等环节, 应注意以下要求: 对于因外界因素所限必须布置同杆双回线路的场所, 应注意馈供线路与其上级变电站主变间的保护配合关系, 避免外力作用导致同杆双回线路相继故障时停电范围扩大; 同杆线路设计和施工时应注意保证足够的安全距离, 避免类似故障情况发生, 且线路巡视时应加强对该类问题的关注, 尽量避免两条线路同时或相继发生故障; 通过软件设置手段, 在变电站主变后备保护增加主变保护对双回线路相继故障的逻辑判据, 避免保护越级动作而扩大故障范围。

参考文献:

- [1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护规定汇编 2 版[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [2] 董艳红, 杜广平, 于会宁. 一起 110kV 线路单相断线故障分析[J]. 黑龙江电力, 2011, 33(3), 208-210.
- [3] 彭建宁, 魏莉. 110kV 输电线路单相断线故障分析[J]. 继电器, 2007, 35(18), 75-77, 81.
- [4] 许建安. 继电保护整定计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [5] DL/T584-2007~110kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
- [6] 程钢, 刘宇. 关于主变零序电流保护配置与定值计算问题的探讨[J]. 四川电力技术, 2006(4):73-74.
- [7] 李煜亮, 章程, 黄阳岗, 等. 变压器后备保护与线路保护定值配合问题分析[J]. 电工技术, 2017(8):78-79.