

110 kV 双回线与其他线路在部分同塔情况下的跳闸分析

李立军, 朱林, 王剑

(德阳电业局, 四川 德阳 618000)

摘要: 介绍了某线路与 110 kV 双回线中的一条部分同塔的情况下, 当该线路发生故障时, 由于零序互感及双回线闭合环网的同时存在致使双回线某侧开关误跳闸的相关情况。根据各侧保护动作情况和事故录波进行分析, 剖析了事故原因。简要计算了在大小方式下可能让保护误动的零序电流的大小。针对双回线并列运行且与其他线路部分同塔情况下导致保护装置误动的问题, 提出在运行中运行方式的优化以及电网规划时对保护配置的要求, 为同类问题的解决提供了参考。

关键词: 同塔; 零序互感; 零序电流; 跳闸分析; 环网; 误动; 优化

Trip-out analysis of 110 kV double-circuit transmission lines and other lines partly on same tower

LI Li-jun, ZHU Lin, WANG Jian

(Deyang Power Supply Bureau, Deyang 618000, China)

Abstract: Trip-out analysis of the circuit breaker and correlation aspects of 110 kV double-circuit lines is described in the paper. When short-circuit fault happened, the coexistence of zero-sequence mutual inductance and double-circuit ring network may lead to breaker trip-out. The malfunction cause is analyzed according to the relay protection and fault wave recording. The zero-sequence currents of protection is calculated in large and small mode, respectively. Considering double-circuit lines and other lines on one tower may leading to protection misoperation, optimization of operating mode and requirement of relay protection allocation in power grid planning are proposed in the paper, providing reference for the same design.

Key words: same tower; zero-sequence mutual-inductance; zero-sequence current; trip-out analysis; ring network; misoperation; optimization

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)09-0080-04

0 引言

在电力系统中, 继电保护是电网的重要环节, 可以说是电网安全稳定的可靠保证, 在电网中具有举足轻重的作用。对于继电保护, 二次电气回路的接线以及保护装置的特性必须符合相关规程。保护装置定值的计算, 也必须符合相关规程^[1]。然而即使如此, 由于保护装置毕竟只是靠输入的交流量和开关量来判断故障的有无, 而整定计算考虑的因素也是有限的(考虑因素太多则必然牺牲快速性和灵敏性, 同时也使整定计算复杂化), 所以保护的误动时有发生。特别是在复杂的同塔方式下, 将使保护更易误动。2008年1月24日下午14点24分06秒, 某220 kV变电站的110 kV至X站线路由于线路上故障使开关跳闸, 同时也引起该220 kV变电站到B站的双回线AB1在B站侧保护误动作跳闸(由于该站线路PT故障, 重合闸未投入, 开关未能重合), 造成该站单线路带两台主变运行, 由于当时该站负

荷较轻, 未造成重大事故, 后由运行人员将开关手动合上, 恢复了正常运行方式。本文第一部分介绍了本次保护误动的相关情况及初步分析; 第二部分通过对各侧保护动作情况和事故录波的分析找出了事故的原因, 并进行了相关计算; 最后就围绕如何避免此类事故的再次发生, 提出了相应的防范措施。

1 情况检查及初步分析

1.1 当日110 kV系统运行方式介绍

保护动作时的运行方式如图1所示。

1.1.1 220 kV 变电站 A

110 kV AX线运行于110 kV I母向110 kV X站供电, 110 kV AB2线运行于110 kV II母, 110 kV AB1线运行于110 kV I母向110 kV B站供电; I#主变运行于I母, II#主变运行于II母, I#主变中性点直接接地, II#主变中性点不接地, 110 kV母线I、II母并列运行。110 kV线路AX线和110 kV线路AB1线在距离220 kV变电站A大约1 km以内同塔

运行。

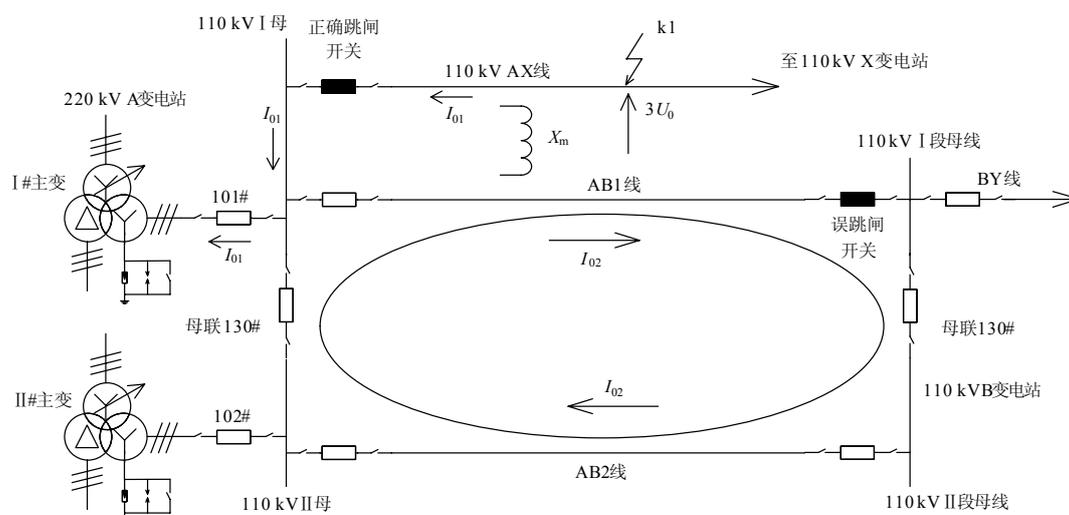


图 1 保护动作时的运行方式图

Fig.1 Protection action of operating mode

1.1.2 110 kV 变电站 B

110 kV BY 线运行于 I 段母线向 110 kV Y 站供电; 110 kV AB1 线运行于 I 段母线, 110 kV AB2 线运行于 II 段母线。I、II 段母线经母联 130# 开关并列运行。

1.1.3 零序保护定值

AB1、AB2 线 A 站侧零序 II 段定值为 5 A, 1 s; B 站侧零序 II 段定值为 3 A, 0.5 s。

1.2 跳闸信息收集及描述

1.2.1 220 kV 变电站 A

110 kV AX 线开关保护装置 (LFP-941) 动作情况如下: 2008 年 1 月 24 日下午 14 点 24 分 06 秒, 0.051 3 ms 零序 II 段动作; 0.207 1 ms 重合闸动作; 故障相别 C 相; 故障电流 30.72 A; 零序电流 31.11 A; 故障测距 6.2 km。110 kV AX 线路开关保护动作跳闸, 重合闸成功。

1.2.2 110 kV 变电站 B

110 kV AB1 线开关保护装置 (LFP-941A) 动作情况: 2008 年 1 月 24 日下午 14 点 24 分 06 秒, 0.051 4 ms 零序过流 II 段动作; 故障相别 C 相; 故障相电流 2.2 A; 零序电流 4.4 A; 故障测距 53.3 km。110 kV AB1 线路开关保护动作跳闸, 重合不成功。

1.3 初步分析

对 A 站及 B 站所收集的监控机事件信息、故障录波信息及保护装置动作报告进行分析, 可以初步判定 2008 年 1 月 24 日下午 14 点 24 分 06 秒系统发生了一次 C 相短路接地故障, 引起 A 站 110 kV AX 线开关保护装置及 B 站 110 kV AB1 线开关保护装置同

时动作, 由于是瞬间单相接地故障, 故 A 站 110 kV AX 线开关跳闸后重合成功; B 站 110 kV AB1 线开关却未能启用重合闸。

本次系统的故障点应该在 110 kV AX 线上, 且为瞬间 C 相短路接地故障。A 站 110 kV AX 线开关保护装置动作行为正确, B 站 110 kV AB1 线开关保护装置动作行为不正确。

故障发生后在 AX 线路上距离 220 kV 变电站 A 大约 6 km 处找到了故障点。同时我们将 B 站 110 kV AB1 线开关保护, A 站 110 kV AB1 线开关保护进行了停电检查及校验, 保护装置都正常无误, 二次回路也未见异常。220 kV A 站 I# 主变 110 kV 侧中性点接地良好, II# 主变 110 kV 侧中性点放电间隙无放电痕迹, B 站运行中的 I#、II# 主变中性点放电间隙无放电痕迹。

2 动作原因分析及简要计算

2.1 动作原因分析

从图 1 的当时运行方式不难看出, 在 AX 线上 k1 处发生瞬时故障时, 故障在 II 段范围内, A 站 AX 线零序 II 段保护动作跳闸后又重合闸属正确动作。但从 B 站 110 kV AB1 线开关保护装置动作报告来看, 该站保护装置感受到了零序电流和零序电压, 且为正方向, 感受到的零序电流幅值超过保护装置整定值。虽然故障点发生在 110 kV AX 线上, 由于 110 kV AB1 线满足保护装置动作条件, 造成 B 站 110 kV AB1 线保护装置动作跳闸。

既然故障发生在 110 kV AX 线路上, 按照故障

分析理论，故障时的零序电流应该从故障点通过 110 kV AX 线路，流到 A 站 110 kV I 段母线上，再通过 I#主变 110 kV 侧中性点接地刀闸流回大地，构成零序通路（如图 1 所示 I_{01} 流向）。那么 AB1 线上的零序电流又是怎么产生的呢？

原来在建设时为了方便线路布置，节约成本，110 kV AX 线路与 110 kV AB1 线在距离 220 kV 变电站 A 大约 1 公里以内是同塔运行。由于零序互感原理，在 110 kV AX 线路上发生接地故障时，将会在 110 kV AB1 线的同塔段感应出一定的反方向零序电压。同时，由于 A、B 两站的 130 开关处于合位，两站的 110 kV I、II 段母线处于并列运行，感应出的零序电流通过 B 站的 I 段母线，130 开关、II 段母线，再通过双回线的另一条线 AB2 线到达 A 站，经过 A 站 I 母、130 开关、II 母，最后经过双回线中 AB1 形成零序通路（如图 1 所示 I_{02} 流向），从而引起 B 站 AB1 线跳闸。（当时 B 站 AB1 线保护、130 装置、AB2 线保护启动时的录波电流大小基本一致也可证明这一点）。综合上述分析，本次系统故障点发生在 110 kV AX 线上，A 站侧 110 kV AX 线保护装置动作为正确。B 站 110 kV AB1 线跳闸的原因是由于同塔双回线线路互感的作用，其跳闸也是正确动作。

2.2 简要分析计算

2.2.1 系统归算参数及线路参数

得知以下参数

CT 变比

A 站 AX、AB1、AB2 线：750/5

B 站 AB1、AB2 线：600/5

AX 线路参数

长度 $L=6.22$ km, $Z_{AX1}^*=0.0259$, $Z_{AX0}^*=0.0635$,

与 AB1 线同塔部分 $L_0=1$ km;

同塔部分 $Z_{AX1}^*=Z_{AX1}^* \times 1/6.22=0.0259$,

$Z_{AX0}^* \times 1/6.22=0.0635$

AX 线路与 AB1 线零序互感: $X_m=1.2 \Omega$

电源侧正序和零序阻抗 ($S_N=100$ MVA):

大方式下: $Z_{1\Sigma}^*=0.0504$, $Z_{0\Sigma}^*=0.0296$

小方式下: $Z_{1\Sigma}^*=0.1121$, $Z_{0\Sigma}^*=0.0382$

2.2.2 故障计算

很显然，AX 线路在距 A 站 1 km（同塔部分结束的地方）处出现金属接地短路时将在 AB1 和 AB2 线上产生可能的最大环流，此时系统各序等值阻抗网络^[2-3]如图 2。

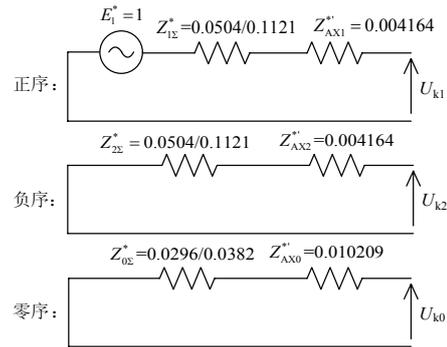


图 2 系统各序等值阻抗图

Fig.2 Sequence equivalent impedance diagram

根据故障分析理论，AX 线路上的短路电流^[2-3]为：

$$I_{AX}^* = \frac{3E_1^*}{2 \times (Z_{1\Sigma}^* + Z_{AX1}^*) + Z_{0\Sigma}^* + Z_{AX0}^*}$$

大方式下：

$$I_{AX}^* = \frac{3}{2 \times (0.0504 + 0.004164) + 0.0296 + 0.010209} = 20.14$$

小方式下：

$$I_{AX}^* = \frac{3}{2 \times (0.1121 + 0.004164) + 0.0382 + 0.010209} = 10.68$$

基准电流: $I_{base} = \frac{S_N}{U_e \times \sqrt{3}} = \frac{100}{110 \times \sqrt{3}} = 523.97$ A

故障电流: $I_{AX} = I_{base} \times I_{AX}^*$

大方式下: $I_{AX} = 523.97 \times 20.14 = 10554$ A

小方式下: $I_{AX} = 523.97 \times 10.68 = 5596$ A

A 站 AX 线路二次电流：

大方式下: $I_{AX-A2} = 10554 / 150 = 70.36$ A

小方式下: $I_{AX-A2} = 5596 / 150 = 37.30$ A

AX 线零序电流与 AB1 线和 AB2 线零序环流的关系：从保护装置上得知，A 站 AX 线路二次零序电流与 B 站 AB1 线线路的二次零序环流大概有 7:1 的关系，所以 AX 线路零序电流与 AB1 线零序环流的一次大概有 $7 \times 150 : 1 \times 120 = 8.7:1$ 的比值关系；抛开 AB1 及 AB2 线负荷对零序环流的影响来看（负荷电流越大对环流的阻碍作用越大），AB1 和 AB2 线的零序环流可能达到的最大二次值为：

大方式下

A 站 AB1 线及 AB2 线

$$I_{AB1-A2} = I_{AB2-A2} = \frac{10554/8.7}{150} = 8.08 \text{ A}$$

B 站 AB1 线及 AB2 线

$$I_{AB1-B2} = I_{AB2-B2} = \frac{10554/8.7}{120} = 10.11 \text{ A}$$

小方式下

A 站 AB1 线及 AB2 线

$$I_{AB1-A2} = I_{AB2-A2} = \frac{5596/8.7}{150} = 4.29 \text{ A}$$

B 站 AB1 线及 AB2 线

$$I_{AB1-B2} = I_{AB2-B2} = \frac{5596/8.7}{120} = 5.36 \text{ A}$$

3 改进措施

从本次事件可以看出, AB1 线上能感应出零序环流, 有两个因素是必不可少的: 一是 AX 和 AB1 两条线路存在同塔现象, 线路之间距离近能产生互感, 二是零序电流在 AB1 线路和其与系统连接部分有电流通路。为此, 我们可以从以下方面采取防范措施:

a) 改变线路走线, 尽量避免两线路同塔架设, 没有同塔架设方式就不会产生零序互感。此方式需要的费用较高, 不能节约成本, 但能从根本上杜绝此类误动的再次发生。

b) 零序电流通路的形成是本次跳闸的主要原因, 如果将 B 站 110 kV I、II 段母线分裂运行或通过一条线路带全站负荷运行, 就能避免双回线闭环网的形成。此方法简单易行, 但是降低了电网运行的可靠性。为了保证电网运行的可靠性, 可以在 B 站 110 kV 侧安装一个分段及进线备自投装置, 当通过一条线路带两段母线向全站供电时 (另一条线路处于热备用), 若运行线路因故障跳闸, 可以通过进线备自投合上另一条线路向全站供电; 当两条线路带各自母线 (母联 130 处于热备用) 运行时, 若运行线路因故障跳闸, 可以通过分段备自投合上母联 130 开关恢复失压母线的供电。这样既能保证供电的可靠性, 也满足了运行安全性的需要。

c) 改变零序保护定值, 使之在数值上躲过单线

路故障时, 在同塔线路上可能产生的最大零序互感电流; 或在时间上躲过单线路上可能产生零序电流的最长时间。此方法也简单易行, 但是牺牲了零序保护的时限阶梯配合关系, 只适合在终端变电站用。

4 结论

在现实生活中, 在电网建设时为了节约建设投资和生产成本, 我们在设计规划时, 常常采取同塔架设两条线路的电网建设方式, 从而也引起了保护装置的配置和电网运行方式的不匹配, 时有发生在某些特殊运行方式下保护误动的事故。通过本次事故的分析, 希望能对以后的电网建设规划和设计起到一定的借鉴意义。只有我们在建设前充分考虑了各种运行方式和保护装置配置型式, 才能有效避免误动事故的再次发生, 保证电网的长久安全稳定运行。

参考文献

- [1] DL400—91, 继电保护和安全自动装置技术规程[S]. DL400—91, Operational for Protective Relaying and Automatic Device[S].
- [2] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [3] The National Dispatching Communication Centre. Practical Q & A for Power System Protection, Second Edition [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [4] 刘万顺. 电力系统故障分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
LIU Wan-shun. Fault Analysis of Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

收稿日期: 2009-06-08; 修回日期: 2009-06-29

作者简介:

李立军 (1974-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为电力系统自动化、继电保护、变电站综合自动化; E-mail: dydyjllj@sohu.com

朱林 (1981-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向为电力系统自动化、继电保护;

王剑 (1964-), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电力系统自动化、继电保护。