

110 kV 主变压器中性点间隙击穿跳闸分析及对策

胡晓松, 陈旭峰, 赵 强
(宜宾电业局, 四川 宜宾 644000)

摘 要:近几年宜宾电网多次发生 110 kV 系统接地故障时, 主变压器中性点间隙击穿, 主变压器间隙过流保护动作主变压器跳闸的事件。从主变压器中性点间隙击穿的原因分析来看, 主要是主变压器中性点出现了持续时间较长的暂时工频过电压。因此需要从缩短故障清除时间、适当延长主变压器间隙保护跳闸时限、加强运行接线方式管理等方面着手, 避免主变压器因中性点间隙击穿引起主变压器无故障跳闸。

关键词:接地故障; 间隙击穿; 中性点间隙; 跳闸分析

Abstract: In recent years when ground fault took place in 110 kV system of Yibin power grid, the neutral gap of main transformer was broke down, then overcurrent protection acted and caused the transformer tripping. The main reason was that the temporary power-frequency overvoltage was occurring in neutral point of transformer which lasted a long period of time. So in order to avoid the same malfunction, the solution is to shorten fault clearance time, extend the tripping time limit of main transformer protection appropriately, and strengthen the management of operation mode of power grid.

Key words: ground fault; breakdown accident of protective gap; neutral gap; tripping analysis

中图分类号: TM864 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)01-0089-03

1 事故情况

2005 年 7 月 2 日 110 kV 普建线 (普安站—建中站) 36 号杆 A 相被雷击发生单相接地短路, 普建线 156 开关零序过流 II 段动作跳闸, 同时建中站 1 号主变压器间隙击穿, 间隙过流保护动作跳闸。

2006 年 7 月 13 日 110 kV 豆普线 (豆坝电厂—普安站) 15 号塔 B 相被雷击发生单相接地短路, 豆普线 136 开关零序过流 II 段动作跳闸, 同时马延坡站 1 号主变压器、云天化站 1 号和 2 号主变压器间隙击穿, 间隙过流保护动作跳闸。

2007 年 6 月 29 日 110 kV 建高线 (建中站—高县站) 25 号塔 BC 相被雷击发生两相接地短路, 建高线 124 开关接地距离 I、II 段动作跳闸, 同时巡场站 1 号主变压器间隙击穿, 间隙过流保护动作跳闸。

2007 年 7 月 6 日 110 kV 建高线 (建中站—高县站) 25 号塔 A 相被雷击发生单相接地短路, 建高线 124 开关接地距离 I、II 段动作跳闸, 同时巡场站 1 号主变压器间隙击穿, 间隙过流保护动作跳闸。

2007 年 7 月 18 日 110 kV 豆新线 (豆坝电厂—建新站) 63 号塔 AC 相被雷击发生两相接地短路, 豆新线 133 开关接地距离 II 段、零序过流 II 段动作跳

闸, 同时建新站 1 号主变压器间隙击穿, 间隙过流保护动作跳闸。

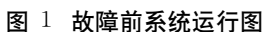
2008 年 7 月 31 日 110 kV 豆普线 (豆坝电厂—普安站) 15 号塔 C 相被雷击发生单相接地短路, 豆普线 136 开关零序过流 II 段动作跳闸, 同时普安站 1 号和 2 号主变压器、建中站 1 号主变压器、马延坡站 1 号主变压器、云天化 1 号主变压器间隙击穿, 间隙过流保护动作跳闸。

为准确、详细分析 110 kV 主变压器在 110 kV 线路故障时中性点间隙击穿后间隙过流动作跳闸的原因, 下面以 2007 年 6 月 29 日事件为例进行分析。

2 故障前系统运行方式

因 220 kV 龙头站 2 号主变压器停电进行综合自动化改造, 1 号主变压器供电能力不足, 110 kV 巡场站采用特殊运行方式供电, 即: 豆坝电厂—普安站—建中站—高县站 110 kV II 母—巡场站。

巡场站 1 号主变压器供 35 kV I 母, 110 kV 中性点不接地运行, 双马水泥厂发电机通过 35 kV 巡马线在 35 kV I 母并网; 2 号主变压器供 35 kV III 母, 110 kV 中性点接地运行, 芙蓉矿务局发电机通过 35 kV 巡电线在 35 kV III 母并网。



4 故障分析依据资料

- (1)故障发生时为强雷雨天气。
- (2)110 kV 建中站故障录波,包括 110 kV 建高线 124 开关电流、建中站 110 kVⅡ 母电压。
- (3)110 kV 高县站故障录波,包括 110 kV 建高线 195 开关电流、高县站 110 kVⅡ 母电压。
- (4)110 kV 巡场站故障录波,包括 110 kV 巡高线 173 开关电流、巡场站 110 kVⅠ 母电压。
- (5)110 kV 巡场站现场检查记录:避雷器动作记录、变电工区现场试验结果、监控机遥信记录。
- (6)110 kV 建高线 25 号杆 B、C 相有雷击痕迹;巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙有放电痕迹。

5 继电保护及安全自动装置动作

根据保护装置、录波装置的启动情况以及故障录波图分析表明, 110 kV 建高线 25 号杆被雷击后, 建高线 124 开关跳闸、巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙击穿跳三侧、35 kV 巡电线 334 开关跳闸是在同一时间段发生的。

动作过程如下。

结合系统运行方式通过对上述主变压器跳闸事件分析发现以下几个特点:① 110 kV 线路故障均为接地类型故障,即单相接地或两相短路接地;②故障点线路两侧均有电源,即主网电源和小电源;③间隙击穿跳闸的主变压器均处于故障点小电源侧;④故障点在大小电源作用下,在系统中存续的时间相对较长,均大于 0.5 s。

1) 0.110 kV 建高线 25 号杆被雷击, 短路接地故障发生, 线路两侧向故障点提供短路电流, 巡场站 1 号主变压器 110 kV 放电间隙击穿。建高线 124 开关保护、巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙零

序过流保护、35 kV 故障解列 1 号和 2 号装置、矿务局 35 kV 巡电线 334 开关保护全部启动。

2) 0.06 s 110 kV 建高线 124 开关距离 I、II 段动作跳闸, 切除大电源, 双马水泥和矿务局小电源继续向故障点提供短路电流。

3) 0.2 s 巡场站 1 号主变压器 110 kV 间隙零序过流 I 段动作跳 35 kV 巡马线 539 开关, 切除双马水泥小电源, 矿务局小电源继续向故障点提供短路电流。

4) 0.5 s 巡场站 1 号主变压器 110 kV 间隙零序过流 II 段动作跳主变压器三侧开关, 间隙绝缘恢复。

5) 1.3 s 35 kV 巡电东线 334 开关过流 II 段动作跳闸, 切除矿务局小电源, 故障点电源被全部切除, 故障点绝缘开始恢复。

6) 2 s 巡场站 35 kV 故障解列 2 装置动作解列 35 kV 巡电线 546 开关。

7) 3.3 s 110 kV 建高线 124 开关检无压重合闸成功, 110 kV 巡场站恢复主供电源。

6 故障原因分析

6.1 110 kV 中性点间隙击穿

主变压器中性点过电压有 3 种类型, 即雷过电压、冲击过电压 (如开关跳闸过电压)、暂时工频过电压, 为保护主变压器中性点绝缘, 针对 3 种过电压, 采用了两种装置作为控制过电压的措施, 即中性点避雷器控制雷过电压和冲击过电压, 放电间隙控制暂时工频过电压。

110 kV 建高线 25 号杆 B、C 相被雷击接地短路时, 加在巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙两端的过电压理论上有 3 种: 一是避雷器截波后的雷过电压; 二是暂时工频过电压; 三是建高线 124 开关跳闸时产生的冲击过电压。由于避雷器截波后的雷过电压和切断故障电流时产生的冲击过电压具有持续时间特别短 (一般不大于 $50 \mu\text{s}$)、幅值不是特别高 (被多级避雷器截波) 的特点, 且系统上接有负载, 间隙放电在击穿机理上需要一定延时, 因此巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙被雷过电压或开关跳闸时产生的冲击过电压击穿的可能性小。

暂态电压系数取 1.8 时, 理论计算建高线 25 号杆 BC 相接地短路时加在巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙两端的暂时工频过电压可达到 72 kV

(文中涉及工频过电压均采用有效值)。巡场站 110 kV 中性点间隙距离为 $150 \pm 5 \text{ mm}$, 工频放电电压区间为 $[55.8 \text{ kV}, 68.3 \text{ kV}]$ 。由于故障期间加在巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙两端的暂时工频过电压具有幅值高、持续时间长 (大于 0.5 s) 的特点, 因此巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙被系统暂时工频过电压击穿的可能性大。

因此, 110 kV 线路保护配置相间距离、接地距离和零序电流保护在满足选择性后, 110 kV 电网多级串供时难以实现快速切除故障。110 kV 系统短路故障不能被快速切除, 不接地主变压器 110 kV 中性点间隙被暂时过电压长时间击穿, 导致主变压器跳闸。特别是在大小电源联络线接地故障时, 小电源得不到快速切除, 增加了短路故障的存在时间, 主变压器间隙击穿时间进一步延长, 更易导致主变压器跳闸。

6.2 间隙击穿后主变压器跳闸

巡场站 1 号主变压器 110 kV 中性点间隙过流延时按 GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》4.3.8.2 条规定整定, 即延时 0.5 s 跳主变压器三侧。中性点间隙在大小电源的共同作用下持续击穿 0.5 s 其中大小电源共同作用 0.06 s 小电源作用 0.44 s 0.5 s 后间隙过流 II 段动作跳主变压器三侧开关。

7 防范对策

1) 优化 110 kV 电网运行方式, 减少串接运行级数, 原则上把串接运行控制在三级以内, 控制线路主保护延时不大于 0.9 s 线路远后备保护延时不大于 1.2 s。

2) 完善 110 kV 系统故障时小电源解列技术措施, 确保 110 kV 系统故障时, 小电源的可靠快速解列。110 kV 系统发生相间、单相接地或两相接地短路时能可靠快速解列小电源, 即在小电源并网的变电站 110 kV 母线上装设低压和零序过压解列小电源装置; 或在小电源并网的 35 kV 母线上装设低压解列小电源装置、110 kV 母线上装设零序过压解列小电源装置。若现场不具备零序过电压解列小电源装置时, 可采取以下临时措施: 中性点接地运行主变压器, 利用其中性点零序过流保护 I 段联切小电源并网开关; 中性点不接地运行主变压器, 利用其零序过压和中性

(下转第 94 页)

作的人员担任操作人和监护人,并考虑操作人和监护人的身体状况是否良好。填写好操作票后,严格执行三次审核程序后并签字,并将写好的操作票与主接线图仔细核对。操作时,严格执行监护复诵制,监盘人员要认真监视主接线图上运行方式的变化,随时关注操作。操作完毕后,要全面检查复核所操作一、二次设备状态,特别是保护压板、空气开关等的核对。

3.2 技术措施

倒母线操作顺序中的危险点,对于带负荷拉合隔离开关的防范措施就是将母联开关改非自动;对于母联改非自动时母线故障不能零秒跳双母线的防范措施就是母差互联压板投入;对于电压切换继电器接点损坏的防范措施就是将 TV 二次并列切换开关投入;对于母差保护误动的防范措施就是认真检查隔离开关位置指示灯是否正常,如果隔离开关位置指示不正常,则要将母差保护隔离开关位置强制开关切至强制接通位置,二次电压切换不正常则要申请专业人员及时处理;对于误停运线路或主变压器的防范措施就是拉开母联断路器前检查停运母线上所有隔离开关确在分闸位置并检查母联电流为零;对于谐振的防范措施就是拉开母联之前先拉开 TV 的隔离开关;对于主变压器后备保护误跳开关的防范措施就是及时调整主变压器后备保护跳相应母联和分段开关压板的投退。除以上防范措施外,在母差保护装置上粘贴运行

提示卡,提示内容为倒母线操作的主要步骤,当值班员在母差保护装置操作时,能够看到正确的操作顺序,及时提醒操作人和监护人。

3.3 安全技能培训

加强值班员的安全培训,提高值班员的安全风险辨别意识,严格执行安全规程。认真学习双母线操作中的各个事故案例,从中吸取经验教训。对于倒母线这类大型操作,必须在培训中经常练习填写倒母线的操作票,使每个值班员牢牢记住倒母线的每个步骤,通过提高值班员技能水平来保证人的可靠性。

4 结 语

双母线接线倒母线操作的各个危险点,上面做了详细的分析并提出了防范措施,实践证明这些防范措施是有效的,能够保证操作中的安全。

参考文献

- [1] 国家电网公司典型设计工作组编著. 国家电网公司 500 kV 变电站典型设计 [M]. 北京:中国电力出版社, 2005.
- [2] 江苏省电力工业局. 变电运行技能培训教材 [M]. 北京:中国电力出版社, 1998.

(收稿日期: 2009—08—02)

(上接第 91 页)

点间隙过流保护 I 段联切小电源并网开关。上述方案解列小电源延时不应不大于 110 kV 系统线路主保护延时,即不大于 0.9 s。

3)适当延长主变压器中性点间隙过流保护跳三侧开关动作时间。突破 GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》4.3.8.2 条规定,将主变压器中性点间隙过流保护跳三侧开关动作时间延长到 1.5 s。依据国际电工 IEC 76—4.76 规定变压器最短路承受时间不小于 2 s 以及四川省电力公司川电生技[2006]19 号文《四川省电力公司反事故措施实施细则(试行)》5.1.6.4 条主变压器保护切除故障时间不应大于 2 s 的规定,将主变压器中性点间隙过流保护跳三侧开关动作时间延长到 1.5 s 是符

合变压器技术要求的。需要注意的是,延长主变中性点间隙过流保护跳三侧开关动作时间时,应一并延长主变压器及线路后备保护动作时间,防止后备保护失去选择性。

4)改造继电保护装置和安全自动装置,实现故障的快速切除和自动恢复供电。对 110 kV 电网中两侧电源线路继电保护装置和自动装置进行改造,增配纵联保护和检母线无压重合闸,小电源并网开关配置低压、低频解列稳定控制装置。

5)改造 110 kV 电网结构,尽可能采用 220 kV 变电站辐射供电,减少多级串接和“T”接运行,便于继电保护整定上实现快速切除故障,避免主变压器因中性点间隙长时间击穿跳闸。

(收稿日期: 2009—08—15)