

500 kV 沙岭变“11.4”事故情况分析

阴宏民¹, 葛怀东², 宋小舟³(1. 东北电网有限公司, 辽宁 沈阳 110006; 2. 国华绥中发电有限责任公司, 辽宁 葫芦岛 125222;
3. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京 100085)

摘要: 通过对东北电网 500 kV 沙岭变电站一次系统跳闸情况的调查分析, 为查找事故的真正原因提供了有利依据, 最终确定事故为人为误操作事故。同时对误操作时沙岭变 BUS1000 母线保护和辽沙#2 线 REL561 线路保护动作情况进行分析, 查明了 BUS1000 母线保护和辽沙#2 线 REL561 线路保护不正确动作的原因, 总结了事故教训, 并提出了改进建议。

关键词: 误动作; 母线保护; 线路保护

Analysis of “11.4” accident in 500 kV Shaling substation

YIN Hong-min¹, GE Huai-dong², SONG Xiao-zhou³(1. Northeast Power Grid Co., Ltd, Liaoyang 110006, China; 2. Suizhong Power Generation Co., Ltd, Huludao 125022, China;
3. Beijing Sifang Automatization Co., Ltd, Beijing 100085, China)

Abstract: This paper details a primary system trip occurred in Shaoling 500 kV substation in Northeast Power Grid in China. It analyzes the course of the accident, confirms this fault is a human error accident. At the same time, it analyses the maloperation reason of BUS1000 busbar protection and REL561 line protection in Shaolin 500 kV substation. Finally, this paper provides a solution to that accident.

Key words: maloperation; busbar protection; line protection

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)19-0060-03

0 引言

东北电网 500 kV 沙岭变电站(以下简称沙岭变)是东北电网中重要的变电站之一, 是沈阳市近郊的一个枢纽变电站。该站 500 kV 系统有线路四条和一台 500 kV/220 kV 联变。四条线路为: 沙梨乙线、辽沙#1 线、辽沙#2 线、铁沙线, 分别与梨树变、辽阳变、铁岭电厂(两台 300 MW 发电机组)相联; 一台联络变联接 500 kV 与 220 kV 系统。2003 年 11 月 4 日 12 点 35 分, 500 kV 沙岭变发生多个元件跳闸, 造成铁岭电厂#3、#4 机组与系统解列, 沙岭变 500 kV 一次系统接线及事故前、后潮流见示意图 1 所示(黑色为事故跳闸断路器)。现将事故及继电保护动作情况分析如下。

1 事故经过

2003 年 11 月 4 日, 事故前沙岭变 500 kV 系统接线方式为: I 母线在停电中, 辽沙#1 线、#1 母联兼侧路(带辽沙#2 线)、#1 主变在 II 母线运行, 铁沙线在 III 母线运行, 沙梨乙线在 IV 母线运行, #2 母

联兼侧路开关(母联方式)在合位, II、III、IV 母线并列运行。I、III 母联分段 5013 开关在断位。

12 点 35 分, 沙岭变辽沙#2 线(#1 母联兼侧路 5012 开关带送)、铁沙线、沙梨乙线均三相跳闸; 铁岭电厂铁沙线三相跳闸; 辽阳变辽沙#2 线三相跳闸; 梨树变沙梨乙线开关在合位。12 时 54 分, 经详细检查沙岭变 500 kV II、III、IV、V 母线及一次所属设备均正常, 并进行辽沙#2 线、沙梨乙线、铁沙线恢复送电, 15 时 20 分系统恢复到跳闸前运行方式。

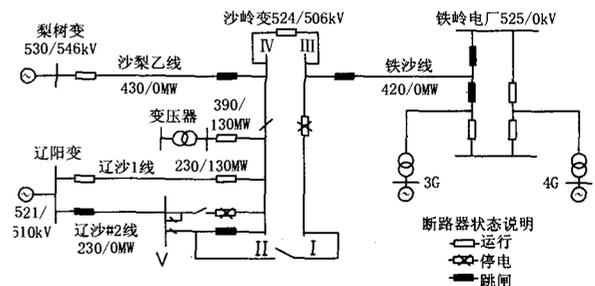


图 1 沙岭变 500 kV 一次系统接线

Fig.1 Primary system of Shaling 500 kV substation

2 事故原因分析

1) 保护动作及录波情况

保护动作情况: 12 点 35 分沙岭变 500 kV III、IV 母差保护动作, 辽沙#2 线两侧分相电流差动保护动作; 铁岭电厂铁沙线两套高频闭锁零序保护动作; 梨树变沙梨乙线保护未动。

2) 录波情况

沙岭变录波: 12 时 34 分 39 秒 972 毫秒, 铁沙线与#2 母联潮流突然下降为零 (见图 2); 12 时 34 分 44 秒 503 毫秒, 录波结果显示, 铁沙线与#2 母联 B 相出现故障电流, 15 ms 后 C 相出现故障电流, A 相无电流, 46 ms 后故障电流消失 (见图 3)。

铁岭电厂录波: 录波结果与沙岭变侧图 3 基本一致 (见图 4)。

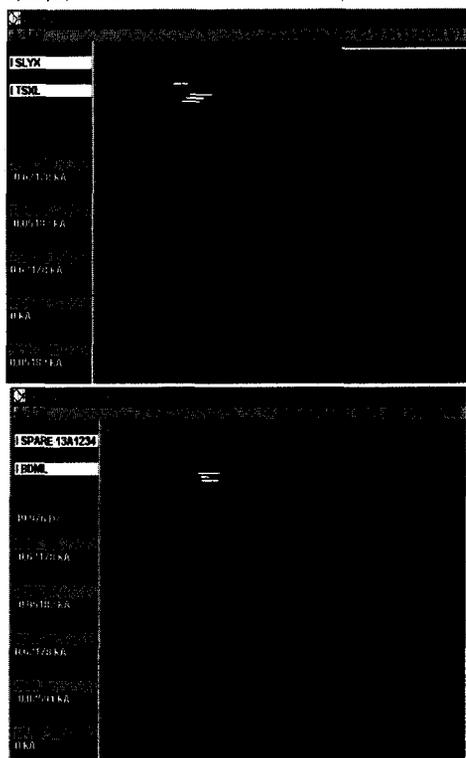


图 2 铁沙线与#2 母联潮流

Fig.2 Load flow of TIE-SHA line and busbar coupler

3) 疑点分析

① 故障类型

从两侧录波结果看 (图 3、图 4), 故障特征为转换性两相接地故障。但从沙岭变录波图 (图 2) 看, 12 时 34 分 39 秒 972 毫秒铁沙线电流消失在先, 12 时 34 分 44 秒 503 毫秒时, 才出现故障电流。根据当时的录波数据分析与计算, 并经进一步根据其它几个变电站的录波报告发现该故障不是两相接地

故障, 应为单相断线故障。

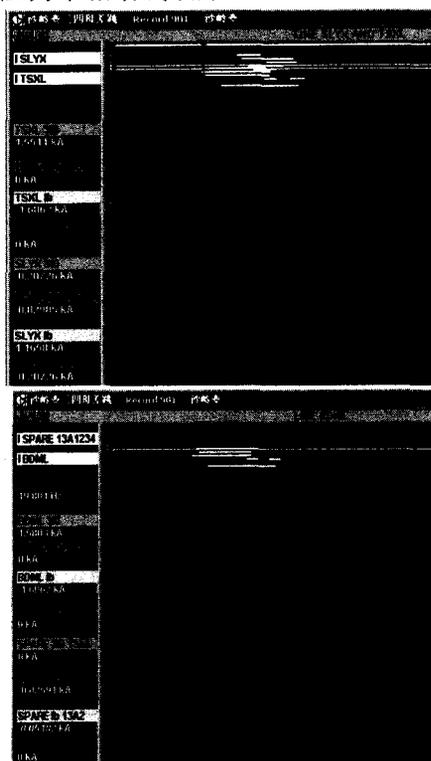


图 3 铁沙线与#2 母联故障电流

Fig.3 Fault current of line TIE-SHA line and busbar coupler

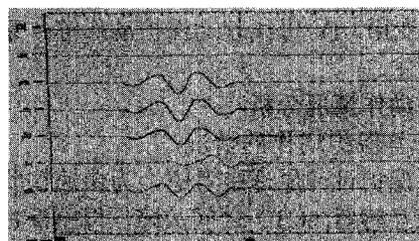


图 4 铁沙线录波图

Fig.4 Record of line TIE-SHA line

② 故障点

从铁岭电厂录波图, 可以看到铁沙线有电容电流; 并结合相关保护动作报告信息及计算结果, 确认为沙岭变侧断路器在跳闸 4.53 s 后非同期合闸, 从而产生一系列元件跳闸的结果。

③ 跳闸断路器的确定

如果为铁沙线沙岭变侧断路器跳闸后非同期合闸, 那么 BUS1000 母差保护动作就应为误动作, 且 III、IV 母差均误动作; 由于当时沙岭变一次系统方式为 III 母线上只有铁沙线和#2 母联兼旁路两个元件, 如果为#2 母联兼旁路断路器跳闸后非同期合闸, 同样会造成铁岭电厂与系统非同期并列的结果。而且, #2 母联兼旁路断路器跳闸会将本身电流

互感器的电流回路退出母差保护,造成母差保护动作,因此,#2母联兼旁路断路器跳闸后非同期合闸的可能性最大。

④跳闸原因

实际运行中,开关不可能自动进行跳合,因此,初步判定很可能是人为因素造成上述事故,于是在进行进一步技术分析的同时,排查人为误操作因素。经过认真、艰苦的工作,终于查清了事故的真正原因。

3 事故原因

3.1 误操作经过

在沙岭变扩建建设工程施工现场,施工单位进行#2主变间隔(未投运)调试工作,在进行查找试验电源过程中,两名施工人员误入运行中的#2母联兼侧路间隔,在未经确认的情况下擅自打开#2母联兼侧路开关中控箱,将中控箱的远方/就地操作把手切换到就地位置,并手动分闸#2母联兼侧路开关,经4.53s后又合上#2母联兼侧路开关,在分合#2母联兼侧路开关后,将远方/就地操作把手切换到远方位置,又分别对A、B两相开关进行了上述操作。二人发现误操作后,迅速离开2#母联兼侧路间隔,回到#2主变间隔。以上操作造成铁岭电厂#3、#4机与500kV系统解列,又与500kV系统非同期并列,沙岭变III、IV母线差动保护动作等一系列跳闸情况的发生。

3.2 保护动作情况分析

3.2.1 母差保护动作的情况

母差保护设计原理中考虑,为快速切除母联开关与电流互感器(CT)之间故障,母差保护动作或母联开关断开时,将母差保护使用的母联CT短接;在控制室进行母联开关合闸时,解除该短接回路(用保护辅助屏的手动合闸继电器接点)。该施工人员在就地手动分开#2母联开关,母联CT退出母差回路,就地合闸时母联CT不能接进III、IV母差,由于铁沙线非同期并列,使III母、IV母差动保护均产生差流,母差保护动作,将铁沙线和沙梨乙线开关跳闸。而母联开关被切到就地控制方式后,将远方跳合闸回路断开,母差保护动作无法将母联开关跳闸,所以母联开关未跳闸。

沙岭变电站II、IV母线间无断路器(刀闸未断开情况下相当于一母线),IV母差保护动作后,应连切II母线。但由于GE公司生产的中间继电器存在质量问题,在长期励磁的情况下继电器过热,接点严重氧化,使母差保护切II母线元件联锁回路未能接通,II母线上的辽沙#1线和主变开关未跳闸。

3.2.2 辽沙#2线差动保护误动的的原因

运行人员在9月17日,#1母联兼侧路带辽沙#1线运行方式结束后,将#1母联兼侧路保护屏与辽沙#1线保护屏电流回路接线端子均短接(封#1母联兼侧路电流互感器。现场规程规定只将#1母联兼侧路保护屏接线端子短接,辽沙#1线保护屏电流回路接线端子不短接),在11月4日辽沙#2线侧路带送操作过程中,只将#1母联兼侧路保护屏电流回路接线端子打开,而没有将辽沙#1线保护装置中短接#1母联兼侧路电流互感器回路断开(相当于辽沙#2线分相电流差动保护电流回路短接),导致#2母联非同期合闸过程中辽沙#2线分相电流差动保护误动作(见图5)。

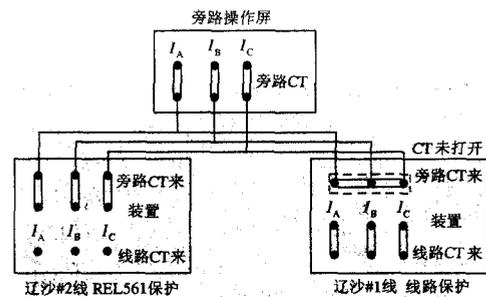


图5 辽沙#2线分相电流差动保护电流回路被短接示意图

Fig.5 Short circuit of current different protection of #2 LIAO-SHA line

4 结论

本次事故中施工人员误入运行间隔,将运行中的500kV#2母联开关误拉、合,是本次事故的直接原因。事故中,由于GE公司生产的中间继电器触点严重氧化,使母差保护联切回路未能接通,II母线的元件未跳闸;而运行人员在辽沙#2线侧路带送操作过程中,操作不当导致#2母联非同期合闸过程中辽沙#2线分相电流差动保护误动作。

5 暴露出的问题

1) 建设工程施工现场安全管理存在漏洞,基建施工人员安全意识薄弱,失去作业监护,造成施工人员误入运行间隔,将运行中的500kV#2母联开关误拉、合,是本次事故的直接原因。

2) 事故主要责任人自身素质及职业道德差。事故当时不及时向运行单位汇报情况,在事故调查过程中拒不交待误操作情况,在大量的证据面前才不得不承认误操作事实,给事故调查带来巨大困难。

(下转第72页 continued on page 72)

作。运行、检修、调度、装置管理等人员均减轻了负担。几套设备到目前为止,运行稳定。情况令人满意,实现了预期的目标。这套逻辑进入了成熟推广期。

参考文献

- [1] 贾向恩.微机备自投装置应用中相关问题的分析与探讨[J].继电器,2004,32(14):67-70.
JIA Xiang-en. Analysis of the Related Problems in the Application of a Microprocessor Based Reserved Auto-switched-on Device[J]. Relay, 2004, 32(14):67-70.
- [2] 席珍,刘曙光.数字备用电源自动投切装置的设计与实现[J].电子技术,2005,(11):55-58.
XI Zhen, LIU Shu-guang. Design of Digital Automatic Switching Device and Its Realization[J]. Electronic Technology, 2005,(11):55-58.
- [3] 刘沪平,汤大海,郑建勇,等.一种新型自适应备投方案及其实现[J].电力自动化设备,2005,25(8):84-86.
LIU Hu-ping, TANG Da-hai, ZHENG Jian-yong, et al. Self-adaptive Automatic Bus Transfer Scheme and Its Realization[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(8):84-86.
- [4] 王旻,高仕斌,钱清泉.一种基于现场总线的新型电源

备自投实现方法的研究[J].继电器,2005,33(4):78-80.
WANG Ren, GAO Shi-bin, QIAN Qing-quan. A New Automatic Switch-in Method of Reserve Power Supply Based on Field Bus[J]. Relay, 2005, 33(4):78-80.

- [5] 程亮,茅建华,赵继东.基于TCP/IP以太网网络技术的数字式变电站备用电源自投装置的研制[J].电网技术,2004,28(22):81-84.
CHENG Liang, MAO Jian-hua, ZHAO Ji-dong. Development of Digital Automatic Switching Device for TCP/IP Based Emergency Substation Power Source[J]. Power System Technology, 2004, 28(22):81-84.

收稿日期:2007-01-22; 修回日期:2007-06-11

作者简介:

杨志强(1974-),男,工程师,高级技师,从事继电保护专业管理工作; E-mail: yzq@xzpsc.com.cn

王一清(1973-),男,博士,工程师,从事电网运行管理工作;

马静辉(1973-),女,工程师,从事继电保护整定计算工作。

(上接第62页 continued from page 62)

3) 运行单位对基建施工人员管理工作力度不够,现场的安全措施考虑不周,相关专业人员对基建施工人员的作业监督不到位,是本次事故的重要原因。

4) 运行人员业务素质不高,没有严格执行现场运行规程,运行班组之间交接不清楚。在进行#1母联兼侧路带送辽沙#2线操作时,保护CT回路切换不彻底,造成辽沙#2线保护误动,是此次事故扩大的主要原因。

5) 运行设备可靠性不高。此次事故暴露出GE公司产品质量问题,长期励磁的继电器过热,以致接点氧化,接触不良,母差保护没能联跳;运行的#2号母联兼侧路开关投产时间不长,没有到定检周期,当就地手动操作时出现开关合闸不同期,说明开关质量在不同操作条件下存在问题。

6) 变电站的运行管理和设备管理存在漏洞,“六复核”工作按国网公司要求应做的更具体、更细致。

6 防范措施与对策

1) 进一步加强改扩基建工程的现场安全管理,严格执行现场安全管理制度,加强作业监护,防止

误入运行间隔等事故的发生。

2) 进一步加强变电站的运行管理和安全、技术培训,进一步完善现场运行规程,加强作业现场安全监督,完善现场的安全措施,严格执行“两票三制”。

3) 继续加大“六复核”和二次系统专项治理工作力度,针对发现的问题,及时制定出整改措施和完成时间及责任人,克服局限性,不留死角。进一步学习、掌握二次回路和保护原理,严格执行有关规程规定。

参考文献

- [1] 朱声石.高压电网继电保护原理与技术[M].北京:中国电力出版社,1995.
ZHU Sheng-shi. The Principle and Technology of Protective Relaying in High-Tension Network[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1997.

收稿日期:2007-03-20

作者简介:

阴宏民(1968-),男,高级工程师,从事电力系统继电保护工作;

葛怀东(1970-),男,从事电力系统继电保护工作;

宋小舟(1969-),男,高级工程师,从事电力系统保护产品研究开发。E-mail: Songxz@sf-auto.com