

一起 500 kV 线路开关误动事故分析

杨涛¹, 林彤², 吴跨宇¹

(1. 浙江省电力试验研究院, 浙江 杭州 310014; 2. 浙江浙能乐清发电有限公司, 浙江 温州 325609)

摘要: 介绍了某电厂 GIS 升压站一起 500 kV 线路开关误动事故的概况。通过大量的现场试验及深入的技术分析, 指出跳闸回路中各个跳闸元件动作时序的配合关系不恰当及跳闸出口继电器动作特性欠佳导致了事故的发生。针对现场具体情况, 提出了相应的整改措施, 以避免相同事故的再次发生。结合此次事故原因对现有跳闸回路的构成及运行情况进行了分析比较, 并指出各自的优缺点及适用场合, 以期对继电保护的设计及调试提供有益参考。

关键词: 500 kV 升压站; GIS; 开关误动; 跳闸回路; 出口继电器

Analysis of an accident of 500 kV line circuit breaker mal-operation

YANG Tao¹, LIN Tong², WU Kua-yu¹

(1. Zhejiang Province Electric Power Test & Research Institute, Hangzhou 310014, China;

2. Zheneng Leqing Power Generation Ltd, Wenzhou 325609, China)

Abstract: An accident of 500 kV line circuit breakers mal-operation at an electric power plant GIS set-up switchyard is introduced. The cause is presented through a mass of spot test and deep technical analysis, that is the unapt cooperation of each tripping element operating sequence and the defective characteristics of the tripping relay. In view of the actual situation in the field, some corresponding measures are presented in order to avoid the same accident. The type and operational aspect of tripping circuit applied now are compared according to the cause led to the accident, then, respective merits and drawbacks and applicability are presented. It is expected to provide useful reference for the design and commission of relay protection.

Key words: 500 kV set-up switchyard; GIS; circuit breaker mal-operation; tripping circuit; tripping relay

中图分类号: TM773 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)18-0193-03

0 引言

2008年某电厂500 kV GIS升压站发生开关保护误动事故, 事后检查发现线路保护及开关保护装置本身均动作正确, 跳闸事故是由于跳闸出口电流自保持继电器及各个元件(保护装置、电流自保持继电器、断路器)动作时序配合关系引起。此电厂升压站保护配置及跳闸回路设计在电网及电厂升压站中大量应用且已运行多年^[1-2], 从未出现事故现象, 故有必要对此问题进行深入探讨, 通过对事故过程及发生原因的深入分析, 比较跳闸回路构成的优缺点, 认真思考应对之策, 避免相同事故的再次发生^[3]。

1 事故简述及检查经过

2008年8月15日14时56分某电厂500 kV XX线 A 相发生瞬时性接地故障, 线路保护动作跳开

5013 开关及 5012 开关 A 相, 经过重合闸延时后, 5013 开关 A 相重合成功并正常运行; 5012 开关在经重合闸延时后 A 相也成功重合, 但在重合 45 ms 后 A 相再次跳开, 经过大约 2S 后开关本体三相不一致动作保护跳开 5012 开关 BC 相, 5012 退出运行。故障录波如图 1 所示。

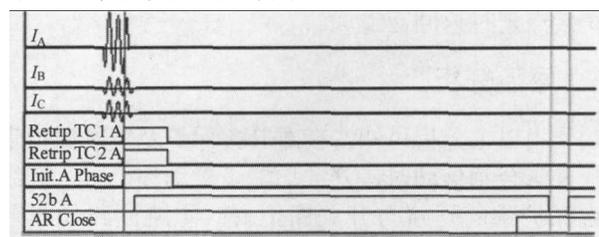


图 1 故障录波图

Fig.1 Fault recorder

通过检查故障录波器、监控系统信息及保护装置内部事件量发现, 线路保护及开关保护装置均正

确动作，且无任何异常出口现象。由于 5012 开关 A 相是在重合成功后又跳开，故初步怀疑跳闸事故应该是由跳闸回路上引起。

检查 5012 开关跳闸回路、合闸回路均无异常情况，跳合闸回路对地绝缘、跳闸合闸回路之间的绝缘电阻均符合要求，且跳合闸回路之间无寄生回路存在，跳闸回路开关辅助接点绝缘正常，保护装置出口接点及电流保持继电器 CKJ 动作特性、接线及绝缘均正常^[4]。因此可以确认跳闸回路本身并无任何异常现象。模拟 5012 开关 A 相跳闸信号并使其保持，此时发出重合闸命令，通过故障录波发现开关 A 相也是在重合成功 45 ms 后跳开，经过 2 s 后三相不一致保护动作跳开 B、C 相，此种情况与故障发生时的情况几乎完全一致。由此可推断在 5012 开关重合闸时有跳 A 相信号一直保持从而导致了 5012 开关重合后又跳开。

利用 5012 开关保护的瞬时重跳出口对 5012 开关进行 A 相瞬跳与重合试验，试验进行多次 A 相均重合成功。利用线路保护屏 2 的跳闸出口与 5012 开关保护的重合闸出口进行传动试验，模拟 A 相瞬时性故障数次，5012 开关均能 A 相重合。在此基础上，投入 5012 开关保护瞬时重跳 5012 开关回路，并监视线路保护屏 2 的 CKJ 与 5012 开关保护屏的 CKJ，再次模拟 A 相瞬时性故障时，5012 开关 A 相重合后又跳开，现象出现了与事故发生时相同的状况，并发现 5012 开关保护屏上的 CKJ 有明显的延时返回情况，而线路保护屏 2 上的 CKJ 动作正常。由此可以确定开关保护屏的 CKJ 延时返回造成 5012 开关 A 相的不正确动作。再次模拟 A 相瞬时性故障时还发生了 5012 开关保护屏 CKJ 一直保持不能复归的现象，在将继电器拔出检查时发现是此继电器的掉牌卡住动作线圈的吸片致使继电器无法复归。至此，可以确定此次开关跳闸事故是由于开关保护屏上的电流自保持继电器 CKJ 的掉牌卡塞致使其动作接点延时返回而造成。

2 原因分析

由以上分析可知，在对开关保护及线路保护带开关重合闸传动时，开关均能正确动作，只有在线路保护跳闸回路与开关保护瞬时重跳回路均投入时，才出现了 CKJ 掉牌卡塞的现象。为何出现此种状况呢？

对开关保护屏上的电流自保持继电器 CKJ 进行检查，其动作电流、返回电流、动作时间与返回时间等各项指标均正常。且此继电器的额定动作电流为 0.82 A，通过计算后确定此继电器动作电流与

开关跳闸回路的跳闸电流是相匹配的，从而排除了由于继电器选型不当引起延时复归的可能性。但是，在检查继电器本体的机械机构时发现其掉牌左右晃动，存在机构松动的现象。

根据《华东电网 500 kV 继电保护应用技术原则（修订稿）》要求，500 kV 线路保护与开关保护跳闸回路构成如图 2 所示。500 kV 线路保护与开关保护跳闸回路不采用操作箱，而是采用安装于本保护屏的操作继电器完成电流自保持功能。以线路上发生 A 相瞬时性故障为例，保护跳闸的过程为：线路保护跳 A 相，电流自保持继电器动作；同时线路保护启动开关失灵保护，一般大约 10 ms 后，开关保护出口瞬时重跳 A 相，其电流自保持继电器动作。故在跳闸过程中存在线路保护与开关保护跳闸回路并联的时间过程。

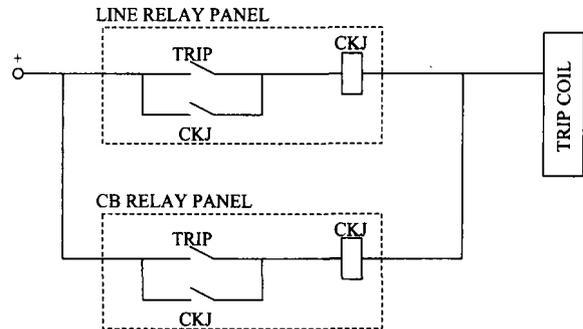


图 2 跳闸回路

Fig.2 Tripping circuit

由以上分析可以得出，线路保护跳闸、开关保护跳闸、开关跳闸动作时序的配合及此电流自保持继电器掉牌机构的松动是造成本次事故的根本原因。电厂升压站采用国外进口的 GIS 开关，其开关跳闸速度较快，通过查看故障录波及厂家试验报告发现 GIS 开关的跳闸动作时间一般为 20 ms 左右。开关跳闸时，跳闸回路直流电流大约为 2 A 左右，因为线路保护与开关保护跳闸回路并联，所以加在开关保护电流继电器上的电流大约为 1 A。在跳闸电流为 1 A 时，此种型号电流自保持继电器 CKJ 的动作时间一般为 20 ms。当线路发生 A 相瞬时性故障时，线路保护首先出口跳 5012 开关 A 相，同时启动 5012 开关保护的失灵及重合闸，经过大约 10 ms 后 5012 开关保护的瞬时重跳出口启动本屏 CKJ，由于开关动作时间较快，有可能出现在 CKJ 动作过程中 5012 开关已经跳开的现象，此时跳闸回路断开而使 CKJ 的动作线圈失电返回，如果此时掉牌刚好下落到一半的位置，就将出现掉牌卡塞吸片使接点无法复归的现象。此外，由于此继电器的掉牌机构松动而使其下落速度变慢，那么在继电器动作过

程中发生失电时引起掉牌卡塞的可能性就大大增加。如果继电器的掉牌性能较好将不会出现此次故障时发生的继电器延时返回现象。

3 应对措施及思考

为临时解决电厂 500 kV GIS 升压站保护中存在的上述问题, 可以将带有重合闸功能的开关保护屏上的电流自保持继电器的掉牌机构解掉, 从而避免发生掉牌卡塞现象。但是这样一来对电流自保持继电器失去了监视, 不能确定其在保护跳闸过程中是否动作。可以考虑将继电器的备用接点引至监控系统。另外, 还可以考虑在开关保护可编程逻辑的瞬时重跳出口中增加 10~20 ms 的延时, 从而避免 CKJ 在开关跳开前动作。这可以通过修改 PSL 逻辑来实现, 实现方式较为简单, 但是延时的增加会使重跳回路动作速度变慢, 并且开关保护的沟通三跳时间也将增加。

此电厂 500 kV GIS 升压站的保护跳闸回路配置形式在电网 500 kV 变电所中大量普遍存在, 且已运行很长时间, 但是从未发生过类似事故现象。究其原因这是由于 500 kV 变电站中普遍采用 Siemens 敞开式断路器, 其跳闸线圈动作时间一般为 47 ms 左右, 此时间可以保证电流自保持继电器充分动作, 所以不存在时序配合上的问题, 一般不会发生电流自保持继电器卡塞而引起跳闸的现象。而对于其它使用 GIS 开关的场站, 应该认真考虑此问题带来的影响。

目前电网中 500 kV 线路保护的跳闸一般采用操作出口继电器, 220 kV 线路保护采用操作箱构成跳闸回路^[2]。采用操作继电器时, 线路保护及开关保护的跳闸出口相对独立, 且可以比较彻底的实现开关保护的瞬时重跳, 跳闸可靠性较高。操作箱方式是通过操作箱内的继电器, 这样线路保护与开关保护的跳闸回路将不能分开, 且无法实现瞬时重跳功能, 这样对操作箱的依赖程度将增加。但是操作箱的继电器性能一般比较稳定, 而其跳闸指示采用信号灯的方式, 不会出现因掉牌引起的卡塞现象。因此可以说这两种跳闸方式各有利弊, 在不同的地区也各有应用。单独对于此次事故来说, 如果采用操作箱形式的跳闸回路, 事故将不会发生。因此, 可以综合考虑两种方式的运用, 采用操作继电器的方式时, 尽量不要使用有掉牌指示的型号, 其跳闸报警可以采用信号灯或通过继电器触点报警的方

式, 防止此种问题的发生。

4 结论

与电厂升压站相同的保护配置及跳闸回路设计在电网中大量应用且已运行多年, 从未出现异常现象或事故状况。此次事故暴露出了在 500 kV 线路保护跳闸回路构成上存在着的一些细节问题, 这些问题虽然较小, 但是却能引起开关的误动作, 值得继电保护技术人员在以后的工作中深思。

参考文献

- [1] 国家电网公司. 国家电网公司十八项电网重大反事故措施[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
State Grid Company. The eighteen pieces of the methods against the fault in the electric grid by the state grid company[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [2] 国家电网公司. 线路保护及辅助装置标准化设计规范[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
State Grid Company. Standardization design specification for transmission line protection and auxiliary equipments[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.
- [3] 赵晓明, 黄晓明. 一起 500 kV 线路高频零序保护误动分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36 (17): 94-96.
ZHAO Xiao-ming, HUANG Xiao-ming. Analysis of 500 kV line aided zero-sequence protection mal-operation[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36 (17): 94-96.
- [4] 孟凡超, 高志强, 杨书东. 交流串入直流回路引起开关跳闸的原因分析[J]. 继电器, 2007, 35 (14): 77-78.
MENG Fan-chao, GAO Zhi-qiang, YANG Shu-dong. Analysis of the tripping of the circuit breaker by the AC in the DC[J]. Relay, 2007, 35 (14): 77-78.

收稿日期: 2009-10-15; 修回日期: 2009-11-13

作者简介:

杨涛(1978-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统继电保护及自动化研究与试验工作; E-mail: power_forward@sina.com

林彤(1974-), 男, 本科, 工程师, 从事发电厂继电保护技术管理工作;

吴跨宇(1979-), 男, 硕士, 工程师, 从事发电机励磁和电力系统稳定分析工作。