

一例 500 kV 断路器重合闸不成功情况分析

樊越甫, 刘国辉, 王军峰, 钟代宁

(洛阳供电公司检修公司, 洛阳 471000)

摘要: 笔者通过对一例 500 kV 线路断路器重合闸不成功情况进行分析, 得出了导致故障发生的原因是由于断路器本身重合闸闭锁压力值设置不合适, 在外界环境温度发生骤降之后闭锁重合闸继电器动作, 从而导致断路器重合闸不成功。笔者针对此原因制定了相应的策略, 即是调整重合闸闭锁压力值至合适值以适应断路器在不同运行条件之下都可以正常运行、正确动作, 保障设备和电网的安全稳定运行, 并取得了良好的效果, 对于防范类似故障的发生以及处理等具有一定的借鉴意义。

关键词: 断路器; 跳闸; 重合闸; 液压机构; 压力闭锁

中图分类号: TM561

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2012)04-0106-05

Accident Analysis for a Unsuccessful 500 kV Circuit Breaker Reclosing

FAN Yue-fu, LIU Guo-hui, WANG Jun-feng, ZHONG Dai-ning

(Luoyang Power Supply Company Repair & Installation Branch, Luoyang 471000, China)

Abstract: By analyzed the case of unsuccessful reclosing situation of a 500 kV circuit breaker, the reasons of the fault was due to the improper value of the circuit breaker's low pressure interlocking settings. When the temperature of external environment sudden dropped, low pressure interlocking relay action, leading to the unsuccessful reclosing of the circuit breaker. The paper developed a corresponding coping strategies according to the reason, that was adjusting the value of low pressure interlocking settings to the appropriate ones, ensure that the circuit breaker could operate normally and action correctly to adapt to different operating conditions. And protect the operation of the equipment and grid safely and stably. The strategies achieved good results, for preventing and dealing with similar fault it was of a certain significance.

Key words: circuit breaker; tripping; reclosing; hydraulic mechanism; low pressure interlocking

0 引言

电力线路在运行过程中由于其容易受到周围环境的影响, 发生故障的可能性很大, 就其发生的故障类型来看, 单相接地故障占大多数; 就其故障性质来看, 瞬时性故障又占大多数, 这些瞬时性故障一般是由于大气过电压造成的绝缘子闪络、线路对树枝的放电、大风引起的碰线、鸟害等造成, 这样的故障约占总故障次数的 80%~90% 以上^[1-4]。而当故障线路被继电保护装置作用于跳闸之后, 电弧熄灭, 故障点去游离, 绝缘介质强度恢复到故障前的水平, 为继续供电创造了条件, 此时若在断路器断开之后再进行一次重新合闸即可恢复供电, 从而大大提高供电可靠

性, 因此在电力系统中广泛采用自动重合闸装置^[2,4-6]。重合闸功能一般由继电保护装置来完成, 当断路器跳闸之后, 它能自动将断路器重新合闸, 对线路进行试送电, 多年的运行资料统计表明, 重合闸的成功率可达到 60%~90%。而重合闸不成功的原因除了保护装置本身原因之外一般是由于断路器本身出现重合闸闭锁所致^[4-8], 对于液压机构的断路器来说, 其重合闸闭锁压力设定值是否合适对于断路器重合闸的成功与否至关重要^[1-2,7,9]。

1 故障过程

2010 年 02 月 10 日 21:14:39, 华中电网某 500 kV 变电站 500 kV 线路 1 发生 A 相接地故障, 其主接线图见图 1, 线路所配双套光纤差动保护动作出口, 跳开 5062 断路器和 5063 断路器 A 相切除故障, 随

收稿日期: 2011-10-21; 修回日期: 2011-11-25

后重合闸保护动作出口, 但 2 台断路器均未重合, 此后线路转为非全相状态运行至 21:16:56, 线路 1 再次发生 B 相接地故障, 保护动作出口跳开 2 台断路器三相切除故障。运行人员于 21:30 时手动合上 5063 断路器, 线路试送电成功, 21:32 时合上 5062 断路器, 线路运行正常。

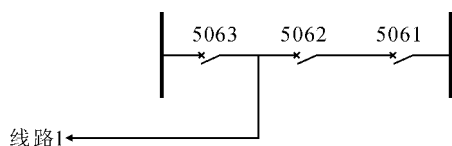


图 1 故障线路主接线图

Fig. 1 Main electric scheme of the fault line

线路运行至晚上 21:53:27, 线路 1 发生 C 相接地故障, 保护动作出口跳开 2 台断路器 C 相切除故障, 随后重合闸保护动作出口, 断路器重合成功, 线路恢复正常运行。

运行至 11 日早上 06:05:55, 线路 1 再次发生 C 相接地故障, 保护动作出口跳开 2 台断路器 C 相, 随后重合闸动作出口, 但 2 台断路器均未重合, 线路 1 非全相状态运行至 06:09:21, 又发生 B 相接地故障, 保护动作跳开 2 台断路器三相。运行人员于 11:41 时手动合上 5063 断路器, 线路试送成功, 11:47 时合上 5062 断路器, 线路运行正常。

之后线路运行至下午 15:07:42, 线路 1 发生 A 相接地故障, 保护动作出口跳开 2 台断路器 A 相切除故障, 随后保护重合闸动作出口, 重合成功, 故障恢复。

至 02 月 12 日 05:03:27, 线路 1 发生 C 相接地故障, 保护出口跳开 2 台断路器 C 相, 随后重合闸动作出口, 5063 断路器 C 相重合成功, 5062 断路器未重合, 5062 断路器 C 相在分位, A、B 相在合位, 线路带负荷正常。运行人员手动合上 5062 断路器 C 相, 线路运行正常。

2 缺陷分析

该变电站 5062、5063 断路器产品型号为 LW10B-550/CYT, 生产日期 2007 年 1 月 8 日, 投运日期 2008 年 6 月 27 日。操动机构采用液压机构, 分相操作, 具体参数见表 1。

表 1 断路器参数设定值

Tab. 1 Circuit breaker parameter settings MPa

参数名称	额定值	参数名称	额定值
SF ₆ 额定压力	0.60	重合闸闭锁压力	30.5
SF ₆ 报警压力	0.52	合闸闭锁压力	27.8
SF ₆ 闭锁压力	0.50	分闸闭锁压力	25.8

检修人员于 2 月 11 日上午 8 时到达变电站现

场, 对发生重合闸故障的断路器进行了故障排查。首先对 2 套保护装置的重合闸功能进行检查, 进行保护传动试验, 对保护合闸接点进行合闸保持时间和出口电压测量, 测试数据表明保护装置功能正常, 从保护装置合闸继电器传送至断路器合闸回路的信号没有异常, 排除保护装置本身原因的可能性^[7-8, 10-11]。

之后对断路器进行检查, 2 台断路器 SF₆ 气体压力正常, 液压机构操作压力正常, 各传动部位连接可靠、转动灵活无卡涩等异常现象, 测量机构分合闸线圈的分合闸电压也在正常范围之内, 手动进行分合闸操作和遥控分合闸操作正常, 重合闸亦能正常动作, 断路器故障现象消失恢复了正常^[7-8, 12]。

调取保护信息, 在 10 日 21:53:27 线路 1 发生 C 相接地故障时, 保护动作出口跳开 2 台断路器 C 相切除故障, 随后重合闸动作, 重合成功, 故障消失, 线路恢复正常运行; 而在 11 日 06:05:55, 线路 1 再次发生 C 相接地故障时, 保护动作出口跳开 2 台断路器 C 相切除故障, 随后保护重合闸动作, 但 2 台断路器均无响应, 并且后台机报出“低油压合闸闭锁”、“压力低禁止合闸”等信号。

分析上述信息, 第一次线路 C 相故障断路器跳闸并重合成功, 说明断路器机构正常, 可以正常动作。第二次线路 C 相故障断路器跳闸重合不成功, 保护装置本身有重合闸动作信号但断路器未响应, 后台机报压力异常相关信号, 判断应该是操作机构中的操作压力降低而使重合闸闭锁辅助接点启动, 从而闭锁了断路器的重合闸功能而导致断路器不能响应保护装置发出的重合闸信号致使断路器没有重合动作。经查, 该断路器的重合闸闭锁压力设定值为 30.5 MPa, 而在进行故障检查时压力值为 30.8 MPa, 这也说明了为什么在对断路器进行检查时故障现象突然消失^[13-15]。而 2 月 10 日当地发生大风降雪, 室外气温急剧降低, 线路及设备的运行条件急剧恶化, 从而导致断路器液压机构操作压力随之而降低, 至 30.5 MPa 以下, 重合闸闭锁接点动作, 致使断路器无法响应保护的重合闸信号^[16-21]。

根据了解到的设备的动作情况, 经过分析认为断路器发生重合闸不成功的原因是由于温度大幅度变化引起断路器的操作能量发生差异, 而厂方设计的标准压力停止值与重合闸闭锁压力级差相对较小所致, 所以对压力设定值进行调整就可保证重合闸功能正常^[10-11, 15]。于是检修人员将 2 台断路器重合闸闭锁压力调整到下限值附近至 29.6 MPa, 调整工作于上午 11 时左右完毕, 11:41 分线路送电成功。

线路运行至下午 15:07, 线路 1 发生 A 相接地

故障,2台断路器A相跳开并重合成功。但线路运行至12日早上5:03,线路1发生C相接地故障,2台断路器跳开C相,5063断路器重合成功,线路恢复正常,但5062断路器重合不成功。

2台断路器在3天之内发生多次重合闸不成功现象,引起了公司的高度重视,检修人员于12日早上再次到达现场对故障进行处理。经过仔细检查与分析,得到的结论与第一次得到的结论一致,判断重合闸故障原因仍然是由于断路器机构中操作压力降低导致重合闸闭锁所致,但是由于对重合闸闭锁压力的设定值已经达到了设备说明书上所要求的额定值的下限,检修人员不敢擅自突破此下限值以免断路器相关性能下降造成事故隐患,于是就就此问题咨询了厂方相关技术人员,得到的答复是该压力闭锁设定值可以根据设备运行的实际环境的不同进行适当调整,甚至可以在一定程度上突破厂方设定的上下限范围值而不会造成断路器性能的下降和功能的异常,并且根据此类型断路器在全国的运行经验,温度的剧烈变化是会对断路器的操作压力造成一定影响的,所以可以根据实际情况进行适当调整并在厂方技术部门的指导之下适当突破说明书上额定压力值范围所限,以保证断路器在运行

时不会由于压力闭锁值设定的不合适而导致的各项异常状况的出现^[11-14,17]。

在得到厂方人员的肯定答复之后,检修人员将2台断路器的重合闸闭锁压力值进行了第2次调整,将其设定为28.0 MPa,突破下限值约1.5 MPa。

由于对断路器进行调整时调整的仅仅是闭锁压力的额定值,断路器操作机构本身的结构、压力系统及传动系统没有改变,因此调整对于操作机构本身特性应该没有影响,从而断路器本身的分合闸特性以及机械特性不会改变^[4,10-11,13]。

为确认调整之后断路器性能的稳定,在厂方技术人员的配合下对断路器的分合闸特性以及其机械特性进行了测量,分合闸特性具体数据见表2,分闸机械特性见图2,合闸机械特性见图3。

表2 断路器分合闸特性

Tab. 2 Opening and closing characteristic of the circuit breaker

项目名称	产品技术条件规定值	实测值
分闸时间/ms	25±4	24.0
合闸时间/ms	≤100	59.8
分闸速度/(m·s ⁻¹)	9±1	9.1
合闸速度/(m·s ⁻¹)	4.6±0.5	4.6

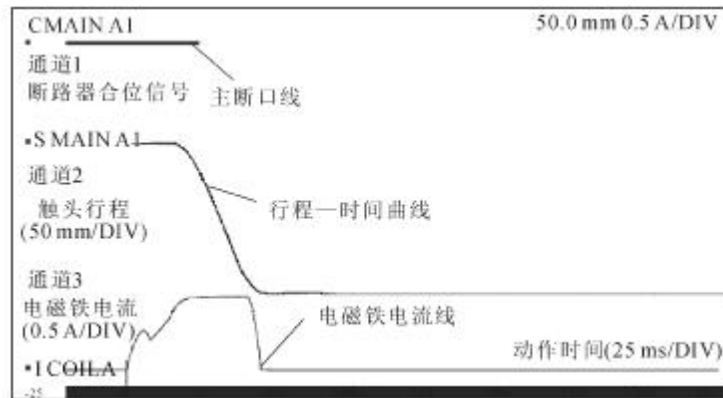


图2 断路器分闸机械特性曲线

Fig. 2 Opening mechanical characteristic curve of the circuit breaker

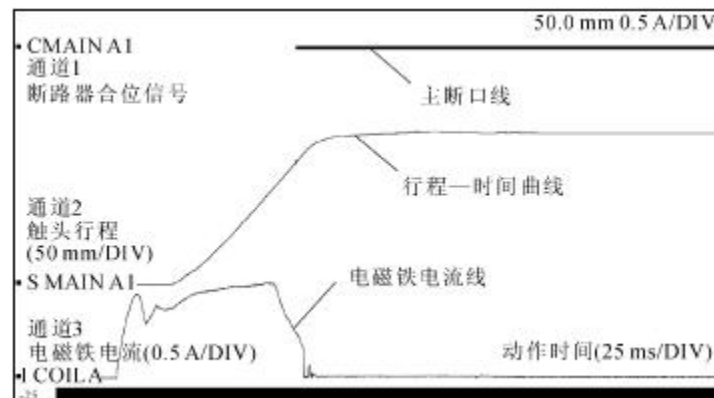


图3 断路器合闸机械特性曲线

Fig. 3 Closing mechanical characteristic curve of the circuit breaker

由以上数据及机械特性曲线, 确定调整之后的断路器各项性能指标仍然在产品技术条件要求之内, 可以保证断路器正常运行。

为了防止类似事件的再次发生, 检修人员对全局所有同类型的断路器都依次进行了调整, 以保证重合闸功能的正常, 消除安全隐患, 保障电网的安全运行。

3 分析结论及应对措施

经过对该变电站 500 kV 线路 1 断路器所出现的多次重合闸不成功故障的仔细分析, 找到了导致故障的原因, 即是由于该断路器的液压操作机构的重合闸闭锁压力值设定不当所致。由于该断路器运行于室外, 运行条件比较恶劣, 其性能受环境因素的影响较大, 特别是液压机构的操作压力会随着环境温度的变化而变化, 在气温相对较高的天气状况下, 操作压力较高, 发生此类故障的几率比较小, 而当环境温度发生急剧变化而降低到一定值之后, 液压机构的压力值会随之而降低, 极端情况下下降至重合闸闭锁压力定值之下, 从而导致重合闸闭锁节点闭合而使断路器失去重合闸功能^[11-12, 17, 22-23]。

在此之前, 断路器各个压力闭锁设定值一般按厂方给出的额定值范围进行设定, 不会突破其上下限范围, 这样一来在温度较高的季节不会出现重合拒动情况, 但是在温度较低的季节就会出现重合拒动现象。根据厂方介绍, 说明书上所给定的压力闭锁设定值范围不是绝对不变的, 可以根据具体实际情况进行适当调整, 据介绍, 根据此类断路器在该地区的运行经验, 将其重合闸闭锁压力设定值向下进行适当调整是符合相关技术要求的, 笔者对其分合闸特性的测试也证明了这一点^[12-13, 24]。

基于此种情况, 对配备有液压机构且具有重合闸闭锁回路的断路器进行了全部调整, 调整的原则是基于额定值范围而偏向下限值进行设定, 相应的对其他闭锁值也进行了适当调整。调整的具体情况见表 3。

表3 断路器调整前后参数对比

Tab. 3 Contrast of the circuit breaker's parameters before and after adjustment

接点名称	额定值范围	第 1 次调整	第 2 次调整
重合闸闭锁	30.5±1.0	29.6	28.0
合闸闭锁	27.8±0.8	27.3	27.0
分闸闭锁	25.8±0.7	25.2	25.0

4 结语

经过对该型号断路器的压力闭锁值调整之后,

对其进行了为期 1 年的跟踪观察, 在这 1 年之内该断路器经过与故障时类似的气候条件下运行, 运行周期内没有再出现类似故障现象, 表明采取这样的应对措施是合适的、有效的。这次事故处理过程也表明对于液压机构断路器的压力闭锁值可以根据断路器的实际运行环境进行适当调整以适应不同运行条件下断路器的稳定、可靠运行, 进行调整时可以在厂方技术部门的配合确认下适当突破生产厂方所给定的推荐值范围, 并在进行调整之后对断路器各项性能指标, 特别是分合闸时间和分合闸速度特性以及分合闸机械特性进行测定, 确认断路器的各项性能指标在允许的范围之内, 只有这样才能保证断路器适应各种不同的运行条件, 保证设备和电网的正常安全运行, 提高供电可靠性。

参考文献:

- [1] 税正中, 施怀瑾. 电力系统继电保护[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1998.
- [2] 朱声石. 继电保护原理与技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [3] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理(增订版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [4] 袁 越, 张保会. 电力系统自动重合闸研究的现状与展望[J]. 中国电力, 1997, 30(10): 44-45.
YUAN Yue, ZHANG Bao-hui. The present state and prospect of power system automatic reclosing study[J]. Electric Power, 1997, 30(10): 44-45.
- [5] 李志兵, 许沛丰, 刘华伟, 等. 断路器电容器介损随电压变化关系研究[J]. 电力电容器, 2007, 28(6): 26-30.
LI Zhi-bing, XU Pei-feng, LIU Hua-wei, et al. Research on dielectric loss variation of circuit-breaker capacitors with voltage[J]. Power Capacitor, 2007, 28(6): 26-30.
- [6] 许沛丰, 高军委, 张予洛, 等. 对断路器电容器电容及介损测量预试方法的探讨[J]. 电力电容器, 2007, 28(4): 53-56.
XUE Pei-feng, GAO Jun-wei, ZHANG Yu-luo, et al. Discussion about the way to measure capacitance and dielectric loss of circuit breaker capacitor[J]. Power Capacitor, 2007, 28(4): 53-56.
- [7] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [8] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护典型故障分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [9] 朱德恒, 严 璋. 高电压绝缘[M]. 北京: 清华大学出版社, 1992.
- [10] 韩天行. 微机继电保护设备及自动化装置检验调试手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [11] 吴 珂, 彭淑明. 500 kV 线路重合闸不正确动作情况的分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(19): 75-76.

- WU Ke, PENG Shu-ming. Analysis of fault operating cases of 500 kV line reclosing relay[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(19): 75-76.
- [12] 池晓江, 杜景远, 逯怀东. LW14/LW15 型断路器重合闸闭锁回路的改进[J]. 高压电器, 2005, 41(5): 394-395.
- CHI Xiao-jiang, DU Jing-yuan, LU Huai-dong. Improvement on the reclosing block circuit for LW14/LW15 circuit breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2005, 41(5): 394-395.
- [13] 王 庆. 断路器气动操动机构重合闸闭气压整定值的分析探讨[J]. 华东电力, 2005, 33(12): 103-104.
- WANG Qing. Latching pressure settings of reclosure and air-operated mechanics for circuit breakers[J]. East China Electric Power, 2005, 33(12): 103-104.
- [14] 李志强. 一起断路器重合不成功事故的分析[J]. 电气开关, 2005(6): 29-30.
- LI Zhi-qiang. Accident analysis for an unsuccessful circuit breaker reclosing[J]. Electric Switcher, 2005(6): 29-30.
- [15] 刘 玉, 文 俊, 肖湘宁. 特高压线路单相自适应重合闸仿真分析[J]. 电网技术, 2010, 34(3): 11-15.
- LIU Yu, WEN Jun, XIAO Xiang-ning. Simulation analysis on single-phase adaptive autoreclosure of UHV transmission line[J]. Power System Technology, 2010, 34(3): 11-15.
- [16] 刘运龙, 万里科. 一起 220 kV 线路单相重合闸不成功事故分析与处理[J]. 红水河, 2010, 29(1): 75-78.
- LIU Yun-long, WAN Li-ke. Auto-reclosure failure on 220 kV transmission line[J]. Hongshui River, 2010, 29(1): 75-78.
- [17] 王锐彬, 蔡 莹. 一起 500 kV 断路器拒动事故的分析[J]. 黑龙江电力, 2009, 31(4): 296-298.
- WANG Rui-bin, CHAI Ying. Trouble analysis of failure to operate of 500 kV switch[J]. Heilongjiang Electric Power, 2009, 31(4): 296-298.
- [18] 葛玉敏, 梁 爽. 一起断路器故障的综合分析[J]. 高压电器, 2009, 45(5): 159-160.
- GE Yu-min, LIANG Shuang. Comprehensive analysis of an fault of circuit breaker[J]. High Voltage Apparatus, 2009, 45(5): 159-160.
- [19] 段 剑, 张立群, 甄 利, 等. 一起 500 kV 断路器故障的分析和治理[J]. 高压电器, 2010, 46(7): 90-92.
- DUAN Jian, ZHANG Li-qun, ZHEN Li, et al. Analysis and disposal of a 500 kV circuit breaker fault[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(7): 90-92.
- [20] 袁正华, 宋 锐, 栗振海, 等. 一起 500 kV 开关误合事件的分析[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(13): 112-113.
- YUAN Zheng-hua, SONG Rui, LI Zhen-hai, et al. Analysis of an incorrect closing accident of 500 kV breaker[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(13): 112-113.
- [21] 王宏茹, 甘红庆, 郭剑黎, 等. 一起开关偷跳重合闸不动作的分析和改进[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(24): 201-202.
- WANG Hong-ru, GAN Hong-qing, GUO Jian-li, et al. Analysis and improvement about a case of reclose miss operation when switch secret trip[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(24): 201-202.
- [22] 陈晓彬. 高压开关防跳回路异常分析及测试方法的改进[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(7): 112-115.
- CHEN Xiao-bin. Analysis on abnormal electric hold-down circuit of switch and the improving method of test[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(7): 112-115.
- [23] 李 斌, 李永丽, 黄 强. 单相自适应重合闸相位判据的研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(22): 41-44.
- LI Bin, LI Yong-li, HUANG Qiang. Study on phase criterion for single-phase adaptive reclosure[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(22): 41-44.
- [24] 陈少华, 张 辉, 陈允平. 智能型自适应单相重合闸的应用研究[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(3): 62-64.
- CHEN Shao-hua, ZHANG Hui, CHEN Yun-ping. Study on adaptive single-phase reclosure based on intelligent control[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(3): 62-64.
- 樊越甫(1972—), 男, 本科, 长期从事变电检修与运行管理。
- 刘国辉(1979—), 男, 本科, 断路器专责, 长期从事变电检修。
- 王军峰(1981—), 男, 研究生, 从事变电检修。
- 钟代宁(1979—), 男, 本科, 从事继电保护工作。

简 讯

日本将于 5 月进入无核之日 关闭最后一座核电站

据英国广播公司报道, 日本北海道电力公司 26 日宣布, 位于北海道泊村北电伞下的泊核电站的 3 号原子炉将于 5 月 5 日进入安检期、停止运转。

北电的这一决定标志着, 如果日本政府经产省不能说服各地同意核电站重启原子炉, 那么经过了 50 年发展核电的日本, 将在 5 月 5 日首次被迫进入无核能源期。