

两起因高铁施工引发的 500 kV 线路事故保护动作行为分析

倪腊琴, 骆敬年

(华东网有限公司, 上海 200002)

摘要: 针对两起因高铁施工引发的 500 kV 线路事故, 根据故障录波从线路保护及重合闸的原理和动作逻辑出发, 分析它们在实际事故过程中产生的不同动作行为。探讨这种类同的故障类型, 相同的保护原理, 仅由于保护厂家的不同, 保护型号的不同或软件版本不同而导致的不同动作结果给电网运行带来的不利影响。提出了增加线路分相电流差动保护功能或采用智能重合闸等方法以从保护的原理上解决此类问题的方案。

关键词: 开关保护; 差动保护; 重合闸; 原理; 逻辑

Analysis on the 500 kV line protection action in two accidents caused by high-speed railway construction

NI La-qin, LUO Jing-nian

(East China Grid Company Limited, Shanghai 200002, China)

Abstract: Aiming at two 500 kV line accidents caused by high-speed railway construction, this paper analyzes the action of line protection and auto-recloser from the principle and logic of protection and reclosure. It discusses that the similar types of faults with the same protection principle, only due to the different protection manufacturers, the different protection models, or even the different versions of software leading to different actions, may bring adverse effects to grid operation. It proposes the solutions of adding the line protection's function or introducing intelligent auto-recloser and so on.

Key words: breaker protection; differential protection; auto-recloser; principle; logic

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)09-0130-04

0 引言

随着微机保护的普及, 保护的逻辑完全通过软件加以实现。虽然保护基本原理相同, 但厂家在细节的处理上或者说基本原理通过软件来实现的方法和手段上大相径庭。从而导致类同的故障类型, 由于保护厂家不同, 甚至是同一厂家、同一型号但软件版本不同均可能导致不同的动作结果^[1]。给运行人员进行事故分析带来很大的困惑, 也不利于事故的快速、高效处理。

1 案例介绍

1.1 案例一

200X年3月16日00:31:31时, 里木5276线#51-#52塔之间因高铁施工, 一搅拌车顶部金属管与线路C相安全距离不够, 导致C相放电。梅里侧线路主保护动作跳开C相, 重合不成三跳。木淩侧线路主保护动作跳开C相, 经延时后直接三跳而没有重合。

1.1.1 一次接线图

里木5276线一次运行主接线方式如图1所示, 梅里变5041和5042开关为检修状态, 里木5276线路潮流为121 MW, 两侧变电站其余间隔未画出。

1.1.2 继电保护动作行为分析

保护配置情况: 里木5276线保护为两套ABB的REL561分相电流差动保护, 梅里侧5043开关保护为ABB的REB551, 木淩侧5041和5042开关保护为南瑞继保的RCS-921A。两侧边开关的重合闸时间定值均为700 ms。

从两侧故障录波图分析保护动作过程:

从梅里侧故障录波图(见图2)上可见, 00:31:31.137开始C相故障, 23 ms后线路主保护动作跳C相, 38 ms后开关跳开, 经757 ms后开关重合于故障, 线路主保护动作跳开三相。

从木淩侧故障录波图(见图3)上可见, C相故障后24 ms, 线路主保护动作跳C相, 26 ms后开关跳开, 801 ms后线路主保护又发跳C相, 而从5041开关保护录波图中可见, 开关保护在重合闸启动后685 ms(此时重合闸计时700 ms未到, 重合令尚未

发出) 又收到线路保护跳 C 令, 开关保护沟通三跳。

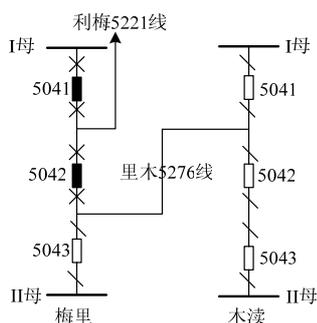


图 1 里木 5276 线示意图

Fig.1 Line Limu 5276 system

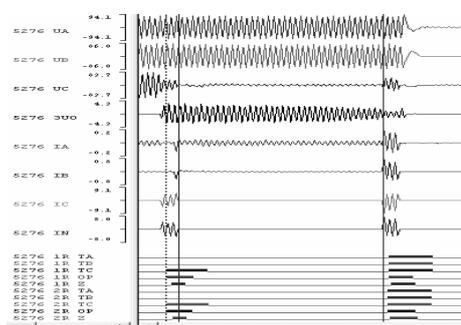


图 2 梅里变里木 5276 线录波图

Fig.2 Fault waveform of Line Limu 5276 of Meili substation

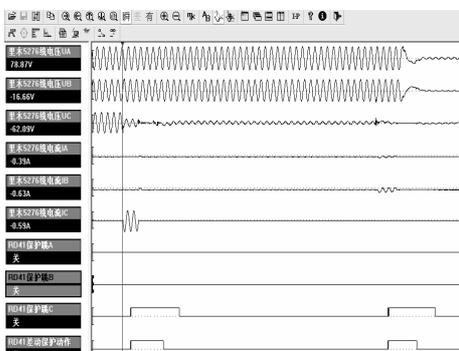


图 3 木渎侧里木 5276 线录波图

Fig.3 Fault waveform of Line Limu 5276 of Mushi substation

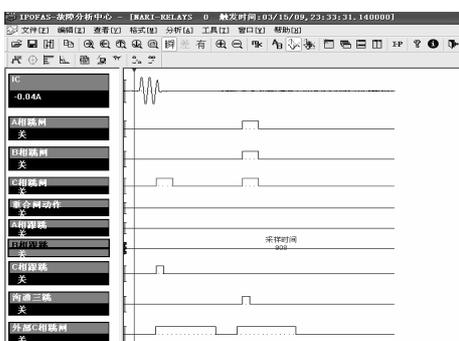


图 4 木渎侧 5041 开关保护录波图

Fig.4 Fault waveform of breaker 5041 of Mushi substation

1.2 案例二

1.2.1 一次接线图

200X 年 3 月 31 日 21:06:49, 汉桥 5296 线第 144-145 号杆之间有移动吊车(京沪高铁施工)的吊臂离导线过近造成放电。汉桥 5296 线两侧保护重合不成三跳。

当时汉桥 5296 线一次运行主接线方式如图 5 所示, 线路两侧开关均在运行状态, 两侧变电站其余间隔未画出。

1.2.2 继电保护动作行为分析

保护配置情况: 汉桥 5296 线保护为一套南瑞继保 RCS-931D 和一套 ABB 的 REL561v2.5, 东善桥侧 5012 开关保护为南瑞继保 RCS-921A, 5013 开关保护为 ABB 的 REB551v2.3, 三汉湾侧 5051 和 5052 开关保护均为南瑞继保 RCS-921A (注: 为 V1.07 及以下版本)。两侧边开关的重合闸时间定值均为 700 ms。

从两侧故障录波图分析保护动作过程:

从东善桥侧故障录波图(见图 6)上可见, 21:06:49.800 B 相故障, 17 ms 后两套线路主保护均动作发跳 B 相令, 30 ms 后开关跳开, 从保护发跳令开始经 716 ms 后开关发重合闸令(REB551 重合闸计时从跳令开始计时), 再 91 ms 后开关重合于故障, 19 ms 后保护三跳, 31 ms 后 5012/5013 开关三相跳开。需要注意的是, 984 ms 后, 在本侧开关已跳开的情况下 REL561 又来三跳令, 待下面分析。

从三汉湾侧故障录波图(见图 7)上可见, 21:06:49.800 B 相故障, 20 ms 后两套线路主保护均动作发跳 B 相令, 815 ms 对侧开关先重合(本侧 RCS-921A 重合闸计时从跳令返回后开始计时, 对侧重合时, 本侧重合闸计时为 665 ms), 重合于故障, 本侧 REL561 再发单跳 B 相令, RCS-931 保护未发跳令, 再经 922 ms, 三汉湾侧 5051 开关重合, 重合于故障保护动作三跳。

类同的故障类型, 同样原理的线路保护(均为分相电流差动), 甚至是同一厂家的开关保护, 为什么动作行为有如此大的差别呢?

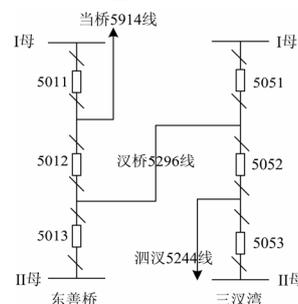


图 5 汉桥 5296 线示意图

Fig.5 Line Chaqiao 5296 system

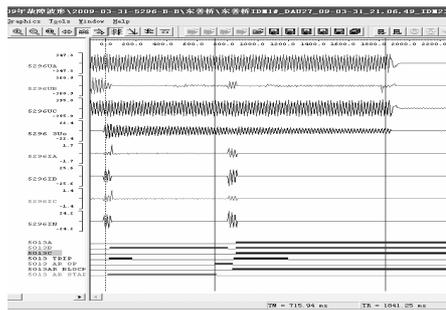


图 6 东善桥侧汉桥 5296 线故障录波图
Fig.6 Fault waveform of line Chaqiao 5296 of Dongshanqiao substation

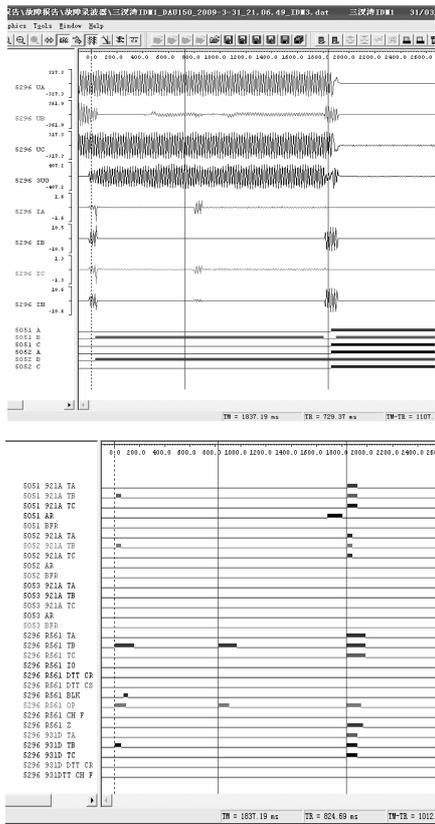


图 7 三汉湾侧汉桥 5296 线故障录波图
Fig.7 Fault waveform of Line Chaqiao 5296 of Sanchawan substation

2 保护原理分析

2.1 分相电流差动保护原理

基于基尔霍夫电流定律的分相电流差动保护，对目前电网的发展趋势而言，是一种比较理想的保护。该保护原理上具有天然的选相能力，理论上只要满足线路两侧差流高于门槛起动电流和制动电流即可动作。但国内外不同厂家在实际逻辑处理上大相径庭。

2.1.1 无装置总启动元件保护

国外分相电流差动保护均采用此方式，该类保护在满足线路两侧差流高于门槛起动电流和制动电流即可选相动作，但在两侧开关重合闸不同时重合时处理手段各个厂家有差别。就笔者所在的华东电网存在两种情况：一种是当一侧重合于故障开关三跳，另一侧也同时三跳本侧开关，AREVA 厂家的 P546 保护如此，其逻辑实现是当本侧线路第一次发出单跳令后的 3 s 内线路保护再次感受到故障直接发三跳令。另一种是当一侧重合于故障开关三跳，另一侧也同时发跳令，但仍是选相跳闸，ABB 厂家 REL561 保护如此。

2.1.2 有装置总启动元件保护

国内保护均存在装置总启动元件动作后才开放跳闸出口正电源的情况。另外在一侧保护满足线路两侧差流高于门槛起动电流和制动电流的条件下，还必须收到对侧差动允许信号才可选相动作。但在两侧开关重合闸不同时重合时处理手段各个厂家也有差别。就笔者所在的华东电网存在两种情况：一种是当一侧重合于故障开关三跳，另一侧也同时三跳本侧开关，深圳南瑞的 PRS-753 系列保护如此，其逻辑实现是当线路保护判断本侧非全相，电流元件返回，此时差动逻辑再次检测到故障直接三跳。另一种是当一侧重合于故障开关三跳，另一侧由于故障相开关已跳开，电流判据不满足，故线路保护不会再发跳令，一定要本侧合于故障后再发三跳令。南京南瑞 RCS-931 系列和北京四方 CSC-103 系列保护如此。

2.2 开关重合闸原理（单相一次重合闸）

2.2.1 重合闸计时

开关重合闸必需经外部命令输入起动，目前有两种起动重合闸的方式：保护或开关位置不对应。重合闸开始计时的判据国内外不同厂家有差异。国内厂家开关重合闸计时必须满足两个条件：线路保护跳令收回且无流（或开关已跳开）；国外厂家开关重合闸计时必须满足的两个条件是：收到起动重合闸信号且无流（或开关已跳开）。

2.2.2 重合闸计时过程中再次收到起动重合闸命令

一些厂家的重合闸本身不具备判别系统故障的功能，完全接受外部的起动命令，因此此类重合闸在计时过程中再次收到起动重合闸命令会将已走的延时时间清零后重新计时（案例二的南京南瑞 RCS-921AV1.07 及以下版本如是）。另有一些厂家的重合闸本身具有故障判别的简单逻辑，如案例一的南京南瑞 RCS-921AV1.07 以上版本，在重合闸延时超过 200 ms 后再次收到起动重合闸命令，则开关直接沟通三跳，而 ABB 的 REB551 在重合闸计时过程中如果再次收到与前一次相同相别的起动重合闸命

令则不予接受, 重合闸继续走延时, 然后重合; 如果再次收到与前一次不同相别的起动重合闸命令则开关直接三跳不重合。

3 案例分析^[2]

3.1 案例一

由于线路两侧开关保护重合闸是不同厂家的, 其中ABB厂家的REB551开关保护接受到线路保护的跳令时即开始重合闸计时; 而南瑞的RCS-921A的重合闸计时需等线路保护跳令返回后才开始, 由于所配置的ABB线路保护REL561判定线路故障后发出一个展宽至150 ms固定跳闸脉冲命令。因此梅里侧5043开关先于对侧重合, 重合于故障, 线路保护再次动作, 梅里侧开关三跳。而木渎侧, 因为开关保护重合令尚未发出, 因此线路保护再发跳C相令, 对于RCS-921A(V1.07版本以上)开关保护, 在重合闸启动200 ms后, 如果收到任何跳闸令, 重合闸立即放电, 沟通三跳。因此木渎侧开关重合闸未发重合令直接三跳。设想如果这条线路上配置的是两套南瑞的RCS-931系列分相电流差动保护, 则当梅里侧开关重合于故障时, 木渎侧由于没有故障电流存在, RCS-931不会发跳令, 必须等本侧开关合于故障后RCS-931才能发三跳令, 5041开关才能三跳; 或者木渎侧开关保护配置的是ABB厂家的REB551, 则当REL561线路保护再发单相起动重合闸令时, 由于前后两次故障相别相同, 开关不予接受, 重合闸继续走延时, 然后重合, 合于故障后REL561才能发三跳令, 5041开关方可三跳。

3.2 案例二

同样的原因, 东善桥侧5013开关REB551先重合, 三汊湾REL561保护又测量到B相故障而再次发出单跳令, 因三汊湾侧5051开关保护RCS-921A为V1.07版本, 在重合闸计时未到又接收到单跳令重合闸会清零并重新开始计时(重合闸计时665 ms未满足700 ms), 因此三汊湾侧5051开关近似于走了两倍的重合闸延时时间再重合。

4 几点建议

鉴于目前保护类型、厂家非常多, 新、老保护会在很长一段时间内共存。同一厂家的线路保护配

同一厂家的开关重合闸对应一个固定的故障类型应该不会出现上述不同的保护动作行为。但不同厂家的线路保护和开关重合闸配合可能会出现很多种难以预料的保护动作行为, 给现场运行人员和各级调度人员带来许多不必要的麻烦, 甚至延误事故处理。因此, 笔者建议:

(1) 对于分相电流差动原理的线路保护, 当一侧先合于故障时, 另一侧也有差流出现, 理论上完全能做到未合的这一侧也直接三跳, 而没必要本侧再次合于故障才三跳, 以减少对一次设备的冲击和对系统稳定产生不必要的影响。事实上国内外均有厂家这样实现了。其他目前还未这样处理的厂家应考虑软件修改的必要。

(2) 保护微机化的普遍使用, 重合闸智能化已成为可能, 因此开关重合闸编制一些故障判别的简单逻辑不是难事, 以保证不同厂家的线路保护和开关重合闸配合时能尽可能减少开关不必要的重合。

(3) 至于同一保护不同版本会出现不同的动作行为, 保护厂家应本着为用户负责的原则, 即时进行软件升级。

参考文献

- [1] 裘愉涛, 方愉冬, 宋森涛. 一起母线故障保护动作行为分析[J]. 浙江电力, 2004(2): 38-39.
QIU Yu-tao, FANG Yu-dong, SONG Sen-tao. Analysis on the Behavior of Protection Relays in a Busbar Fault[J]. Zhejiang Electric Power, 2004(2): 38-39.
- [2] 柳焕章. 中阻抗母线差动保护部正确动作事故分析[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(12): 91-93.
LIU Huang-zhang. Middle Impedance Type Bus Differential Protection Behavior Analysis[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 30(12): 91-93.

收稿日期: 2009-07-08; 修回日期: 2009-08-12

作者简介:

倪腊琴(1973-), 女, 高级工程师, 硕士, 从事继电保护运行管理和整定计算工作; E-mail: ni_lq@ec.sgcc.com.cn

骆敬年(1963-), 男, 高级工程师, 本科, 从事继电保护运行管理工作。

(上接第129页 continued from page 129)

- [2] 郭占伟, 魏晓强, 肖志刚, 等. 电压切换回路故障分析[J]. 继电器, 2006, 34(22): 81-83.
GUO Zhan-wei, WEI Xiao-qiang, XIAO Zhi-gang, et al. Analysis of Busbar Secondary Voltage Selection Route Faults[J]. Relay, 2006, 34(22): 81-83.

作者简介:

孙亚辉(1978-), 男, 工程师, 硕士, 从事变电运行工作; E-mail: s98021220@yahoo.com.cn

陈志强(1982-)男, 技术员, 大专, 从事变电运行工作;

蔡衍(1974-), 男, 工程师, 本科, 从事变电运行工作。

收稿日期: 2009-06-13; 修回日期: 2009-08-20