

功率倒向对平行双回线纵联保护的影响分析及对策

陈久林¹, 陈建民², 张 量¹, 曹海欧¹

(1. 江苏省电力试验研究院, 江苏省南京市 210036; 2. 华东电力调度交易中心, 上海市 200002)

摘要: 平行双回线中一回线路出现内部故障, 由于两侧开关切除不同时, 在切除故障期间非故障线路可能出现功率倒向现象。纵联保护往往因为闭锁信号或者允许信号在时间配合上出现问题而导致保护误动。文中就某一 500 kV 电网上出现的具体故障, 深入分析了功率倒向引起纵联保护误动的原因, 并提出了相应的解决措施。

关键词: 输电线路; 平行双回线; 纵联保护; 功率倒向

中图分类号: TM773

0 引言

平行双回线路因为功率倒向引起纵联保护的误动事件在 220 kV 电网以及 500 kV 电网上都发生过, 其中有国产的保护装置也有国外的保护装置。例如, 2002 年 7 月 21 日山西运城城市 220 kV 平行双回线路临河 I 线 A 相单相接地一侧开关先跳开后, 临河 II 线功率出现倒向, 临河 II 线的纵联保护 WXB-15 保护出现误动^[1]。2004 年华东 500 kV 电网中也发生过平行双回线路上超范围允许式 ALPS (advanced line protection system) 纵联保护因为功率倒向而误动, 本文就这次功率倒向引起的 ALPS 纵联保护误动的事故进行分析并提出相应的对策。

1 功率倒向对纵联保护的影响^[2,3]

在平行双回线路中, 一条线路发生故障时, 故障切除时可能会导致另外一条没有故障的线路上短路功率的方向发生转换(简称功率倒向)。纵联保护根据是反方向元件还是正方向元件动作发高频信号, 将通信方式分为闭锁式与允许式; 根据正方向元件的动作范围, 允许式原理又分为欠范围允许式与超范围允许式 2 种类型。欠范围允许式采用仅保护本线范围的正方向元件(如阻抗 I 段)发允许信号, 超范围允许式采用保护超出本线范围正方向元件(如阻抗 II 段)发允许信号。

如图 1 所示, 假设故障发生在线路 L1 上靠近 M 侧的 F 点, 断路器 DL1 先于断路器 DL2 跳闸。在 DL1 跳闸前, 假设线路 L2 中的短路功率由 N 侧流向 M 侧, 线路 L2 的 N 侧正方向元件动作, 向 M 侧发允许信号, 在 DL1 跳闸后 DL2 跳闸前, 线路 L2 中的短路功率倒向, 假设 L2 线路上采用超范围允许式纵联保护, 那么 L2 的 M 侧正方向元件动作, 发

信并准备跳闸, 此时 N 侧的正方向元件将返回并停止发允许信号, 但是, 由于正方向元件以及反方向元件的动作时间不同, 以及允许信号传输的延时, DL3 侧检测到的允许信号未能及时复归, 可能导致线路 L2 上的 DL3 侧纵联保护误动。



图 1 平行双回线路功率倒向示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the power converse in double-circuit transmission lines

超范围允许式纵联保护时间配合如图 2 所示。L2 线路的 DL3 侧纵联保护在 L1 线路内部故障后 t_2 时刻(正方向元件动作时间以及允许信号传输时间之和)收到对侧的允许信号, 功率倒向后, 该允许信号仍存在, 一直保持到 t_5 时刻, 即对侧 DL4 侧纵联保护检测到反方向元件动作并停发允许信号。因此, L2 线路功率倒向后, DL3 侧纵联保护在功率倒向后检测到正方向故障时, 对侧的允许信号可能仍然保持以至 DL3 侧纵联保护误跳。

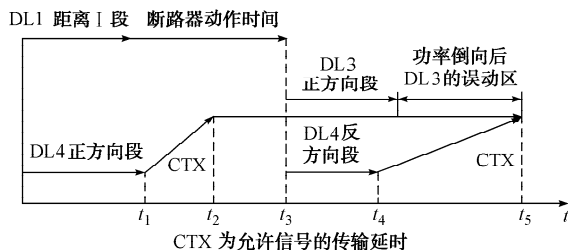


图 2 功率倒向引起纵联保护误动作

Fig. 2 Mal-operation of the pilot protective relaying for the power converse

2 防止功率倒向误动的措施

在平行双回线路中功率倒向时,纵联保护装置一般都会采取相应的措施来避免功率倒向引起的区外故障误动。在超范围允许式纵联保护中,ABB公司 REL500 系列线路保护采用的办法是:一旦检测到功率方向由反方向转变为正方向后,将暂时闭锁允许信号的发送以及本侧纵联保护的跳闸,闭锁延时 t_{delay} 用来躲避线路两侧的方向元件动作的时间差,实现逻辑如图 3 所示^[4]。

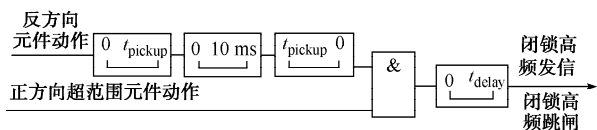


图 3 REL500 系列纵联保护发信逻辑

Fig. 3 Logic of sending the blocking signal about the REL500 series pilot protective relaying

GE 公司 ALPS 线路保护防止功率倒向引起保护误跳的逻辑如图 4 所示^[5]。反方向元件动作而正方向元件没有动作时,经 t_1 延时确认后即闭锁纵联保护的发信和跳闸,在正方向元件动作后闭锁时间长度为 t_2 ,此时间与 ABB 的 t_{delay} 延时作用相同。

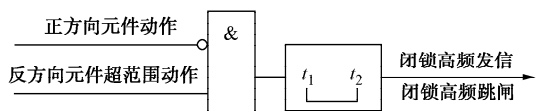


图 4 ALPS 纵联保护跳闸逻辑

Fig. 4 Logic of tripping the break about ALPS series pilot protective relaying

如上所述,REL500 系列以及 ALPS 保护都是通过判断出功率倒向后,设置一定的延时闭锁纵联保护来躲开两侧方向元件可能引起误动的的时间区域^[6]。此方法的缺点是,如果非故障线路功率倒向后紧接着发生内部故障,则保护的動作稍有延迟,不过延时很短,不会对后面的跳闸造成大的影响。

3 功率倒向误跳事故现象

2004 年 7 月,在华东 500 kV 电网上发生了平行双回线因功率倒向而误跳非故障线路的事故。一次系统结构如图 1 所示,L1 线路在距离 M 侧出口 8.5 km 处发生 B 相瞬时性故障,L1 线路两侧保护单相跳闸单相重合成功,动作正确。但同时,L2 线路保护在 M 侧也发生单相跳闸且重合成功的异常动作行为,在 N 侧没有异常情况发生。根据非故障的 L2 线路 M 侧的 B 相电流电压录波图(见图 5)显示,L2 线路初始负荷电流滞后电压 6.5° ,L1 的故障发生后电流超前电压 100° ,L1 线路的 M 侧断路器

DL1 在 72 ms 先跳开,此时 L2 的电流变为落后电压 80° ,L1 线路的 N 侧断路器 DL2 在 102 ms 后跳开,此时负荷电流滞后电压 10° 左右。可以看出:在 L1 线路的 M 侧断路器跳闸后、N 侧断路器跳闸前,明显存在功率方向转换的过程,最终导致在 L1 线路故障 156 ms 后非故障线路 L2 的 M 侧断路器误跳。

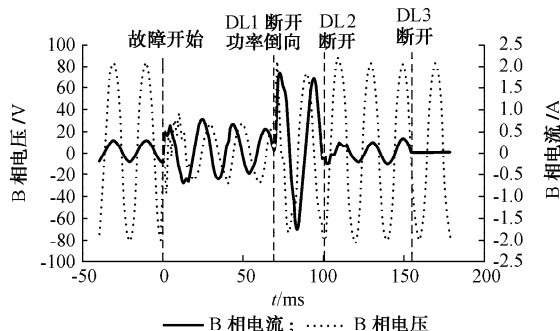


图 5 非故障线路 B 相电压电流录波图

Fig. 5 Voltage fault recording of phase-B in the sound transmission line

4 故障分析

根据电流电压的波形分析可知,在 L1 线路发生 B 相瞬时故障后,由于 L1 的纵联保护 DL1 动作超前于 DL2,非故障线路的 L2 上出现功率倒向。根据图 6 所示的非故障线路保护录波,N 侧发信的脉冲长度为 24 ms,在 L1 线路的 M 侧断路器跳开的 4 ms 后收回发信信号,此时间为正向距离保护的返回时间,因此,N 侧的发信回路正常;对于 M 侧的收信过程,因为信号的传输延时,M 侧接收到的允许信号脉冲滞后 N 侧发信脉冲 10 ms,M 侧保护先收到 44 ms 的收信脉冲,在中断 1.25 ms 后又收到 7.5 ms 的收信脉冲,因此 M 侧收信信号没有真实反映 N 侧的发信情况。正是由于 M 侧不正常的收信信号引起该侧保护不正确动作,在功率发生倒向的 10 ms 时,M 侧的正向距离保护元件启动,ALPS 保护装置内部检测到发生功率倒向后闭锁纵联保护 30 ms,通过 30 ms 的延时可以保证功率倒向后对侧装置的停信,但是实际上收信信号在正向距离保护元件动作后 36.25 ms 后才消失,即在 30 ms 延时后再次开放纵联保护时收信信号依然存在,故此时 M 侧纵联保护判为区内故障,跳开了 L2 线路 M 侧的断路器。

保护发信接点动作后,驱动数字接口装置(型号为 NSD70D)的光耦输入,转换成数字信号,经复用光纤通道送至对侧,在接收到对侧的发信信号后,经过 NSD70D 的转换变成接点信号与保护装置相联

系,它们之间的连接如图 7 所示。

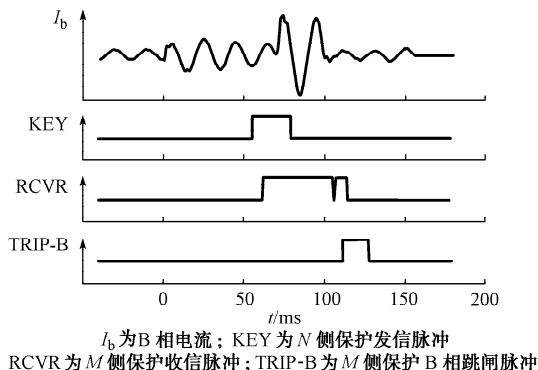


图 6 非故障线路故障录波图

Fig. 6 Fault recording of the sound transmission line

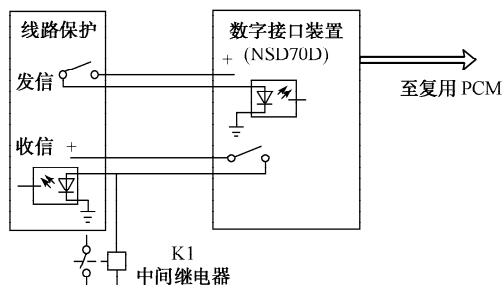


图 7 ALPS 纵联保护与 NSD70D 的接口

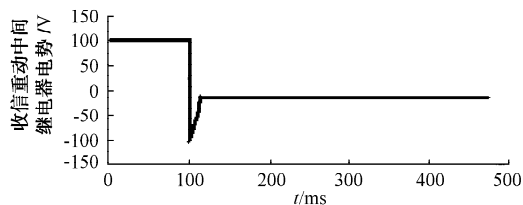
Fig. 7 Interface between ALPS series pilot protective relaying and NSD70D

经检查,数字接口装置 NSD70D 的内部设置了对发信信号的 20 ms 展宽时间,所以在故障时 N 侧发信 24 ms,而 M 侧却收到了 44 ms。

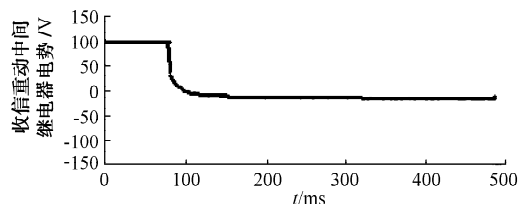
另外,在线路保护的收信输入回路上,并联了收信重动中间继电器 K1(如图 7 所示),用于对收信接点的扩充、报警及故障录波等用途。当 NSD70D 收信接点返回时,在 K1 的线圈中会产生反电势,实测此反电势的宽度约为 10 ms,峰值电压约为 90 V,实际电压波形如图 8(a)所示。断开外回路,测量线路保护的收信输入口的动作电压,输入回路动作值约 38 V,与所加的直流电压极性无关。这样就可以解释在 NSD70D 的收信接点返回、中断 1.25 ms 后又增加了 7.5 ms 的收信脉冲的原因。

根据以上分析,这次平行双回线因功率倒向而误跳非故障线路的原因不是保护的原理出错,而是数字接口装置 NSD70D 对发信信号的 20 ms 展宽时间和装置收信回路的设计问题。主要是:

1) 数字接口装置 NSD70D 的内部设置了对发信信号不必要的展宽时间,在通信调试和保护对调时没有充分意识到该问题的重要性,未将该展宽时间去掉。此次故障发生后对 NSD70D 的内部展宽时间进行了调整,调整至最小延时,其值为 5 ms。



(a) 并联中间继电器后的结果



(b) 没有并联中间继电器的结果

图 8 保护装置收信输入口上的电压录波图

Fig. 8 Fault recording of the voltage at the receiving port

2) 收信回路中并联继电器回路引起的反向电压导致收信脉冲变长,为消除并联继电器 K1 对线路保护收信输入的影响,解除了该并联继电器 K1,改成由 NSD70D 的另外一副收信接点直接去驱动 K1 用于发中央信号和录波。此项工作完成后再次录波,保护收信正常,录波图如图 8(b)所示。

3) ALPS 保护的收信输入口的电压动作特性不正确,与所加电压极性无关。加反向电压时不应该动作,此项内容需要 GE 公司进行整改。

另外,NSD70D 需要加强运行、试验和维护。目前普遍存在的一个现象是此类设备保护专业与通信专业都没有人管理。通信专业认为是保护专用,应由保护专业来管理;而它本身就是一个通信装置,保护专业没有能力进行试验与维护。因此,需要 2 个专业的人员加强沟通,同时要求继电保护专业人员扩大知识面,加强对通信专业知识的学习。

参考文献

- [1] 张国珠,邵玉槐. WXB-15 型微机纵联保护误动作分析. 太原理工大学学报, 2005, 36(1): 79—81.
ZHANG Guo-zhu, SHAO Yu-huai. Analysis of Maloperation of WXB-15 Type Microcomputer-based Protection. Journal of Taiyuan University of Technology, 2005, 36(1): 79—81.
- [2] 许正亚. 输电线路新型距离保护. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.
XU Zheng-ya. New Distance Protection for Transmission Lines. Beijing: China Water Power Press, 2002.
- [3] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术. 第 3 版. 北京: 中国电力出版社, 2005.
ZHU Sheng-shi. The Principle and Technique of High Voltage Network Protection. 3rd ed. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [4] ALPS Advanced Line Protection System Instruction Manual.

GE Power Management. <http://www.geindustrial.com>.

- [5] Application Manual REL 521 * 2. 3 Line Distance Protection Terminal. ABB Automation Products AB Substation Automation Division. <http://www.abb.com>.
- [6] 黄河, 孔伟彬. LFP-900 系列微机线路保护在广东 500 kV 系统中的应用. 电力系统自动化, 1999, 23(14): 45—47, 53.
- HUANG He, KONG Wei-bin. Application of LEP-900 Series Microprocessor-based Transmission Line Protection in Guangdong 500 kV Power System. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(14): 45—47, 53.

陈久林(1970—), 男, 工程师, 主要从事电力系统继电保护的试验与研究工作. E-mail: chen-jl@jlonline.com

陈建民(1962—), 男, 副总工程师, 主要从事电力系统继电保护设备的运行与技术管理工作. E-mail: chen_jm@ec.sp.com.cn

张 量(1970—), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护的研究与技术管理工作. E-mail: zzll_cn@yahoo.com.cn

Analysis on the Influence of the Power Converse to the Double-circuit Transmission Lines Pilot Protective Relaying and Its Corresponding Measures

CHEN Jiu-lin¹, CHEN Jian-min², ZHANG Liang¹, CAO Hai-ou¹

(1. Jiangsu Electric Power Research Institute, Nanjing 210036, China)

(2. East China Electric Power Dispatch & Communication Center, Shanghai 200002, China)

Abstract: For double-circuit transmission lines, when the two circuit breakers of fault transmission line trip sequentially to immune from its internal faults, the power direction of the sound line may change between forward direction and backward direction. During the changing of the power direction, the imparity of blocking signal or permissive signal may lead to the mal-operation of pilot protection in the sound line. An actual fault in 500 kV power network is provided. The reason of the mal-operation is analyzed in detail and the corresponding measures are proposed.

Key words: transmission line; double-circuit transmission lines; pilot protection; power converse