

纵联零序方向保护 误动原因分析及其对策

汪 萍¹, 陈久林²

(1. 江苏电力调度交易中心, 江苏 南京 210024;

2. 江苏省电力试验研究院, 江苏 南京 210036)

摘要: 在非全相运行期间, 由于保护逻辑设置不当或通道等因素的影响, 往往会导致高压输电线路纵联零序方向保护误动作。结合现场 500 kV 电网中出现的某次故障事故, 深入分析了事故中纵联零序方向保护误动作的原因: 通信接口设备对允许信号的展宽; 非全相运行时没有闭锁纵联零序保护。并详细描述了影响纵联零序方向保护正确动作的主要因素, 有弱馈、非全相运行、分布电容、功率倒向、零序互感等。给出了防止纵联零序方向保护误动作的解决措施: 非全相运行与零序功率倒向、逻辑的输出通过或门构成闭锁纵联零序保护; 去掉接口装置对允许信号的展宽。现场运行结果证明了该解决措施的准确性和有效性。

关键词: 输电线路; 纵联保护; 零序; 误动作

中图分类号: TM 773

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)07-0122-04

在“四统一”里明确规定: “当被保护线路发生单相接地故障时, 保护动作切除故障相, 线路转入非全相运行, 此时一般零序电流灵敏 I 段、II 段, 高频方向保护, 高频闭锁距离保护等有误动作的可能, 因此必须在非全相运行状态将这些保护闭锁”。因此, 在非全相运行期间, 灵敏 I 段需要退出工作, 不灵敏 I 段可继续运行^[1-4]。

由于保护逻辑或高频通道等因素的影响引起纵联零序保护误动事件在 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^[5-7]。针对这些问题, 国内学者提出了一些解决方案和新的措施^[8-16]。2002 年 500 kV 阳城送出线路在单相高阻接地故障时, ABB 公司的 REL531 允许式纵联零序方向保护发生误动作, 这里就这次误动的原因进行详细深入的分析并提出相应的解决措施。

1 事故分析

1.1 事故情况

在阳城送出工程中, 山西阳城电厂装机容量为 6 台 350 MW 机组, 经过山东的东明开关站和江苏的三堡变电所接入华东电网, 阳东线路长度为 256.3 km, 东三线路长度为 269.3 km, 其中阳东线路配置了 ABB 公司的 REL 561 光纤差动保护和 REL 531 允许式纵联保护。

图 1 给出了故障前的系统图, 2002 年 3 月 17 日 8 时 42 分, 阳东 I 线上发生 A 相接地故障, 东明侧的 REL 561 光纤差动保护动作, 经选相跳开 A 相, 故障发生约 150 ms 后, 东明侧 REL 531 保护装置的纵联零序保护再次动作, 跳开线路的另外两相; 阳城

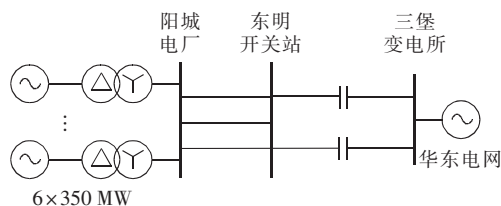


图 1 故障前的系统图

Fig.1 The system before fault

侧的 REL 561 保护先选相跳闸跳 A 相, 启动重合闸, 重合成功 10 s 后, 线路再次发生故障, 因重合闸无足够的充电时间, REL 561 保护直接动作于三相跳闸。

1.2 保护动作过程

东明侧 REL 561 保护故障录波如图 2 所示, 从图中可以看出, 故障发生后 30 ms 保护检测到接地故障, 39 ms 差动保护动作同时发出 A 相跳闸命令, 故障后 64 ms A 相跳开, 保护出口继电器的动作时间与开关的分闸时间之和为 25 ms。在 A 相跳开 166 ms 后 B、C 相又跳开了, 而此时 REL 561 保护没有发出任何跳闸命令, 可以判断出 B、C 相的跳闸命令是由其他保护发出。由动作情况分析出 REL 561 保护的动作行为是正确的。

由于两侧的 REL 531 保护装置都没有录到故障波形, 只能从事件量的动作顺序进行分析, 如表 1 和表 2 所示。

阳城侧的 REL 531 保护在线路发生接地故障 35 ms 时, 零序正方向元件动作, 启动纵联零序保护发信, 发信脉冲宽度为 77 ms。东明侧零序正方向元件在故障发生后 98 ms 时 (此时 A 相已经跳开) 动作, 直到三相跳开后返回。由 REL 561 保护录波能看出 A 相故障前负荷电流约为 330 A, 故障时东明侧

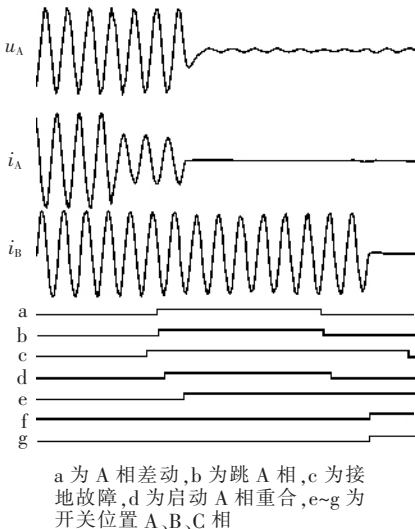


图 2 故障录波图
Fig.2 The fault recording

表 1 阳城侧的保护动作记录
Tab.1 The operation records of the protection at Yangcheng side

t / ms	事件量名称	变位情况
0	故障发生	
35	纵联零序发信	动作
112	纵联零序发信	复归
127	纵联零序收信	动作
444	纵联零序收信	复归

电流下降为 157 A,阳城侧电流上升为 655 A,而且两侧的故障电流与负荷电流的相位相比基本没有变化,可见 A 相是经过高电阻接地的(事后检查为 A 相因风偏对山石放电)。阳城侧的故障电流达到了零序正方向元件的启动值,故障发生后就启动了发信,东明侧零序正方向元件在故障时没有动作与发信。在 REL 561 保护动作两侧都跳开 A 相后,线路处于非全相运行状态时,对于阳城电厂侧而言,零序为反方向,零序正方向元件返回,故在发信 77 ms 后就停信了;对东明侧而言,非全相运行时的零序为正方向,故两侧的纵联零序方向保护发信逻辑是正确的。

再看两侧保护的收信,阳城侧在 35 ms 时发信,

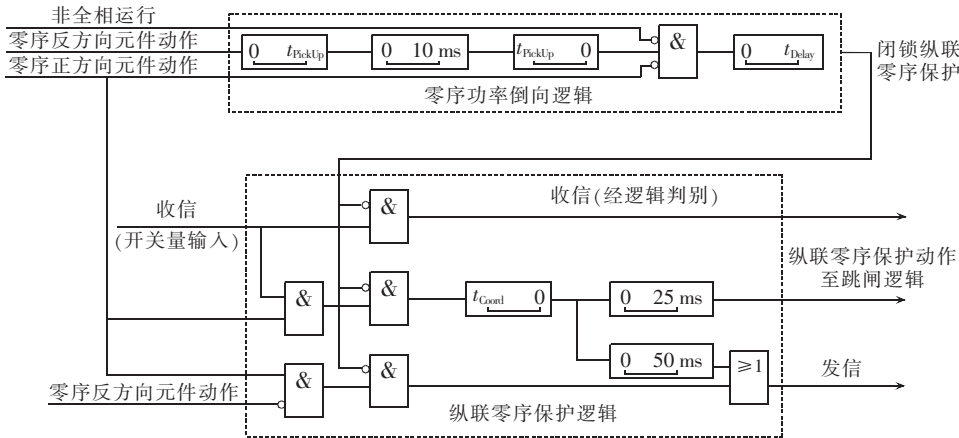


图 3 目前采用的纵联零序保护逻辑图

Fig.3 The protective logic of current longitudinal zero sequence protection

表 2 东明侧的保护动作记录
Tab.2 The operation records of the protection at Dongming side

t / ms	事件量名称	变位情况
0	故障发生	
64	纵联零序收信	动作
98	纵联零序发信	动作
146	纵联零序保护	动作
197	保护总出口三跳	动作
204	闭锁重合闸	动作
247	纵联零序收信	复归
280	纵联零序保护	复归
309	纵联零序发信	复归
352	保护总出口三跳	复归
359	闭锁重合闸	复归

东明侧在 64 ms 时收信,通道传输时间为 29 ms,同样东明侧 98 ms 时发信,经过 29 ms 后阳城在 127 ms 时收信,这是正确的。但阳城与东明侧发信脉宽分别为 77 ms 和 211 ms,而东明侧收信脉宽却为 183 ms,阳城侧为 317 ms。多出来的 106 ms 是通信接口设备对保护信号的展宽。

阳城侧在收到东明侧的信号时,其零序正方向元件已经返回了,故阳城侧的 REL 531 保护没有发出任何跳闸命令。

东明侧的 REL 531 保护在 183 ms 的收信脉宽时间内零序正方向元件为动作状态,加上保护逻辑上的缺陷(见下文分析),致使保护在 197 ms 时发出了三相跳闸的命令。

1.3 保护动作行为分析

阳东线的 REL 531 纵联零序方向保护采用的是超范围允许式,在零序正方向元件动作同时收到对侧发出的允许信号,在经过通道配合时间 t_{Coord} 后,纵联零序保护就会输出一个至少 25 ms 的动作脉冲信号,逻辑图如图 3 所示。纵联零序保护的脉冲信号连接到跳闸逻辑,跳闸逻辑再根据选相元件的动作情况来决定瞬时跳哪一相,如此时选相元件没有动作,则延时 50 ms 后直接三相跳闸。图 3 中零序功率倒向逻辑的输出用于闭锁纵联零序保护,在平行双回线路发生零序功率倒向时,一旦检测到零序功率方

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零序保护的跳闸,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。

在东明侧零序正方向元件 98 ms 动作时就已经收到了阳城侧的允许信号了,再经 48 ms 的通道配合时间 t_{Coord} (整定值为 50 ms) 后,146 ms 时纵联零序保护发出动作脉冲。由于此次故障为高阻抗接地故障,故障比较轻微,REL 531 保护装置的阻抗选相元件未启动,经过 51 ms 等待后,在 197 ms 时跳闸逻辑直接发出三相跳闸信号。如果没有通信接口设备对保护信号的展宽,则东明侧的允许信号应该在 141 ms 时就没有了,纵联零序保护的动作脉冲就不会发出来。通信接口设备对允许信号的展宽是 REL 531 保护不正确动作的原因之一。

东明侧的零序正方向元件在 A 相跳开后之所以会启动,完全是由于负荷电流的影响,因此在非全相运行时纵联零序保护应退出运行。图 3 中零序功率倒向逻辑中的“非全相运行”输入是用来防止重合于故障线路上纵联零序被误闭锁的情况发生的。应将非全相运行与零序功率倒向逻辑的输出 2 个信号都去闭锁纵联零序保护。如图 4 所示,在原逻辑的基础上增加了 1 个或门,在保护三相位置不一致时就闭锁跳闸发信,但当单相跳闸是由纵联零序自身发出时,则发信会被保护展宽 50 ms,来保证对侧保护有足够的动作时间。非全相运行时没有闭锁纵联零序保护是 REL 531 保护不正确动作的另一个原因。

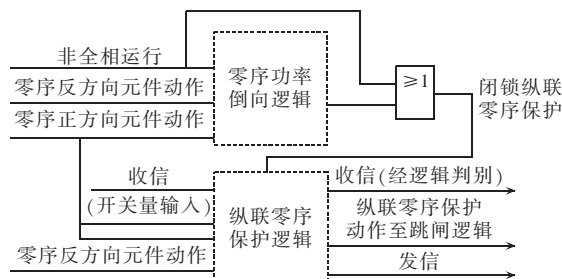


图 4 改进后的纵联零序保护逻辑图

Fig.4 The improved protective logic of longitudinal zero sequence protection

2 防止误动的措施

针对上述高频零序保护误动作现象,提出了 2 条改进措施。

a. 非全相运行与零序功率倒向逻辑的输出通过或门构成闭锁纵联零序保护的条件,见图 4,这样就能满足国家“四统一”的规定。在现场作了更改后,该线路在随后的 2002 年 4 月 8 日发生类似故障时,纵联零序保护工作正常,没有再误动作。

b. 去掉接口装置对允许信号的展宽。REL531 纵联零序保护发出的允许信号是接点信号,经光电转换装置的接口,通过光纤通道传输到对侧。通道只需如实地传输保护信号即可,不应该对保护信号做任何展宽,该展宽的地方保护逻辑上已经考虑到了。此展宽延时在发生零序功率倒向时,纵联零序保护也有误动的可能性,取决于 t_{Delay} 与 t_{Coord} 的整定,在两者之

和小于接口装置展宽时间时,纵联零序保护将误动。

3 影响纵联零序保护的主要因素

纵联零序方向保护由于如下的一些优点而被国内外高压线路保护广泛采用:不反应线路的负荷电流;不受电力系统振荡的影响;零序方向元件没有电压死区,越接近短路点时,零序电压越高,动作越灵敏可靠;不受过渡电阻的影响;能反应由不对称发展起来的三相短路。

零序方向元件可按相位比较或绝对值比较的原理构成,但归根结底是比较保护装设处的零序电压和零序电流的相位。影响纵联零序方向保护的主要因素有 4 点。

3.1 弱馈

如果弱电源侧的变压器高压侧中性点接地,零序方向元件能灵敏地动作;如果弱电源侧变压器高压侧中性点不接地,零序方向元件不能正确工作,须由故障检测元件和保护逻辑配合来保证保护正确动作。

3.2 非全相运行

若采用线路处的零序电压,在两相运行时纵联零序方向保护一般能正确动作;若采用母线处的零序电压,则不能正确动作。由于受负荷功率因数和分布电容等的影响,即使采用线路处的零序电压,纵联零序方向保护也容易误动作。所以,两相运行时应退出纵联零序方向保护。

3.3 分布电容

由于电容电流引起线路两侧零序电流大小和相位的变化,有可能造成两端零序功率方向元件灵敏度配合上的困难,一端或两端保护会视外部故障为内部故障,引起纵联零序方向保护误动作。

3.4 功率倒向

纵联零序和负序方向保护均受功率倒向的影响,解决的办法是启动元件动作或收信机收信后经过一段时间(大于本保护的动作时间,小于相邻线路断路器的跳闸时间)后尚未跳闸就认为是外部故障,于是将保护闭锁一段时间以避开两侧方向元件可能都处于动作状态的时间。

3.5 零序互感

在同杆并架的 2 条线路上,如这 2 条线路电气联系弱,在相邻线接地故障时,由于零序互感的影响,本线路两侧的零序电压出现反相,可能引起纵联零序保护误动。

4 结论

通过上述事故分析,暴露出现场一些值得思考的问题。首先,不能轻信进口保护,进口保护的逻辑并不一定适合中国电力系统的具体情况,非全相运行闭锁纵联零序在国产保护是考虑得很完善的问题;其次,要加强进口保护的动模仿真试验,许多试验在现场用继电保护测试仪器是无法模拟的。

参考文献:

[1] 贺家李,宋从矩.电力系统继电保护原理[M].北京:中国电力出

- 版社,2004.
- [2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 3版. 北京:中国电力出版社,2005.
 - [3] 许正亚. 输电线路新型距离保护[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
 - [4] 张保会,尹项根. 电力系统继电保护[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
 - [5] 方芳,李海涛,付子明. WXH-11型保护微机高闭SF-500收发讯机问题分析及解决对策[J]. 华中电力,2002,15(2):55-56.
FANG Fang, LI Hai-tao, FU Zi-ming. The problem analysis of SF-500 receiver-sender of type WXH-11 high frequency block protection based on microprocessor in substation[J]. Huazhong Power, 2002, 15(2): 55-56.
 - [6] 向前,周继馨,任勇. GPS在贵州东部电网“4·24”继电保护误动事故分析中的应用[J]. 电网技术,2000,24(1):22-23.
XIANG Qian, ZHOU Ji-xin, REN Yong. Application of GPS in analysis of “April 24” mal-operation of protection system of east Guizhou power network[J]. Power System Technology, 2000, 24(1): 22-23.
 - [7] 张德泉,张一龙,徐友平,等. 姚双线非同期并网事故分析[J]. 电网技术,2000,24(11):72-74.
ZHANG De-quan, ZHANG Yi-long, XU You-ping, et al. Accident caused by asynchronous connection of Henan power network to central China power grid through Yao-Shuang transmission line[J]. Power System Technology, 2000, 24(11): 72-74.
 - [8] 赵曼勇. 线路非全相运行时保护问题探讨[J]. 继电器,2003,31(7):81-83.
ZHAO Man-yong. Discussion on some protection problem about power line operating with phase failure[J]. Relay, 2003, 31(7): 81-83.
 - [9] 刘育权,吴国沛. YBX21收发信机现场改进措施分析与反措[J]. 继电器,2002,30(11):56-57,67.
LIU Yu-quan, WU Guo-pai. Analysis and improvement of YBX21 transceiver anti-accident measures[J]. Relay, 2002, 30(11): 56-57, 67.
 - [10] 赵锋,朱善君,孙新亚. 变电站自动化系统中事件记录时的问题分析及解决方案[J]. 电网技术,2001,25(11):66-69.
ZHAO Feng, ZHU Shan-jun, SUN Xin-ya. Analysis and solution of accident recording in substation automation[J]. Power System Technology, 2001, 25(11): 66-69.
 - [11] 徐柯,苗世洪,刘沛. 方向高频保护反序功率方向元件的非全相运行性能分析[J]. 电力系统自动化,2003,27(21):45-48,57.
XU Ke, MIAO Shi-hong, LIU Pei. Analysis for the performance of power line carrier protection based on negative sequence power direction in the condition of incomplete phase operation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(21): 45-48, 57.
 - [12] 薛明,吉吟东,孙新亚. 一种基于CSCD校时方法的研究[J]. 电网技术,2001,25(6):33-36.
XUE Ming, JI Yin-dong, SUN Xin-ya. A research on synchronization method for compensating serial communication delay[J]. Power System Technology, 2001, 25(6): 33-36.
 - [13] 丁晓兵,赵曼勇,徐振宇. 接地故障零序方向元件拒动保护改进方案[J]. 电力系统自动化,2006,30(9):88-89.
DING Xiao-bing, ZHAO Man-yong, XU Zhen-yu. Improvement on zero sequence current protection when directional element fails to operate during earth faults[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(9): 88-89.
 - [14] 许庆强,索南加乐,李瑞生,等. 正序故障分量方向元件误动的原因分析及对策[J]. 继电器,2005,33(9):12-16.
XU Qing-qiang, SUONAN Jia-le, LI Rui-sheng, et al. Mal-operation analysis of positive sequence fault components based directional relay and its countermeasure[J]. Relay, 2005, 33(9): 12-16.
 - [15] 聂清海,凌永华. 区外故障引起零序方向保护误动的原因分析[J]. 继电器,2001,29(4):48-50,53.
NIE Qing-hai, LING Yong-hua. Analysis on the causes of maloperation of zero-sequence directional protection by out-of-zone fault[J]. Relay, 2001, 29(4): 48-50, 53.
 - [16] 陈久林,陈建民,张量,等. 功率倒向对平行双回线纵联保护的影响分析及对策[J]. 电力系统自动化,2006,30(2):105-108.
CHEN Jiu-lin, CHEN Jian-min, ZHANG Liang, et al. Analysis on the influence of the power converse to the double-circuit transmission lines pilot protective relaying and its corresponding measures[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(2): 105-108.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

汪萍(1962-),女,江苏镇江人,高级工程师,主要从事电网继电保护运行整定计算工作(E-mail:wp@jsepc.com.cn);
陈久林(1970-),男,江苏扬州人,高级工程师,主要从事电力系统继电保护的试验与研究工作(E-mail:chen-ji@jlonline.com)。

Analysis of longitudinal zero sequence direction protection misoperation and its countermeasures

WANG Ping¹, CHEN Jiu-lin²

(1. Jiangsu Electric Power Dispatching Center, Nanjing 210024, China;

2. Jiangsu Electric Power Research Institute, Nanjing 210036, China)

Abstract: If the protective logic setting is incorrect or the communication channel wrong, the longitudinal zero sequence direction protection of high voltage transmission line will operate improperly under non-complete phase operating condition. With an accident in 500 kV power network, an improper operation of the longitudinal zero sequence direction protection is analyzed; the enable signal is extended by the communication interface device and the longitudinal zero sequence protection is not blocked under non-complete phase operation. The main factors causing its improper operation are described in detail, i.e. weak feeding, non-complete operation, distributed capacitance, inverse power direction, zero sequence mutual inductance, etc.. The countermeasures are put forward: blocking the longitudinal zero sequence direction protection by the OR gate output of the non-complete operation signal and inverse zero sequence power signal; removing the interface device to prevent extension of enable signal. Site operation shows that proposed countermeasures are correct and effect.

Key words: transmission line; longitudinal protection; zero sequence; misoperation