

## 一起500 kV线路高频零序保护误动分析

赵晓明<sup>1</sup>, 黄晓明<sup>1</sup>, 杨涛<sup>1</sup>, 余志慧<sup>2</sup>

(1 浙江省电力试验研究院, 浙江 杭州 310014; 2 杭州市电力局, 浙江 杭州 310016)

**摘要:** 介绍了浙江省一起500 kV线路高频零序保护误动事故实例, 并从保护应用和配置情况及区外故障时保护正常动作行出发, 结合线路两侧变电站及电厂的事件顺序记录以及超范围允许式第二种保护逻辑(POR2)和高频收信逻辑, 深入分析了高频零序保护误动的原因。再次提出保护投产前核对定值单的重要性, 应引起运行和检修人员的高度重视。

**关键词:** 保护误动; 高频保护; 超范围允许式逻辑; 误整定

## Analysis of 500 kV line aided zero-sequence protection mal-operation

ZHAO Xiao-ming<sup>1</sup>, HUANG Xiao-ming<sup>1</sup>, YANG Tao<sup>1</sup>, YU Zhi-hui<sup>2</sup>

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

2. Hangzhou Electric Power Bureau, Hangzhou 310016, China)

**Abstract:** One instance of 500 kV line high-frequency zero-sequence protection mal-operation is introduced in this paper. Combined with the permissive overreach scheme (POR2) and the receive scheme, the paper analyzes the reasons of the accident using the SOE compared with the configuration and the right action of the relay fault in outer of the protection zone. In the end, this paper proposes the importance of checking the protection setting.

**Key words:** mal-operation; high-frequency protection; permissive overreach scheme; mal-setting

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)17-0094-03

## 0 引言

2007年7月22日18时07分09秒, 500 kV凤×变电站×仪5420线(全长97 km)发生C相瞬时性区外接地故障, 凤×变侧5420线保护未动, 5052开关、5053开关正常运行, 对侧××电厂5420线第二套LFZR111高频零序保护动作, 67 ms后电厂侧5054开关三相跳闸。图1为故障波形图。

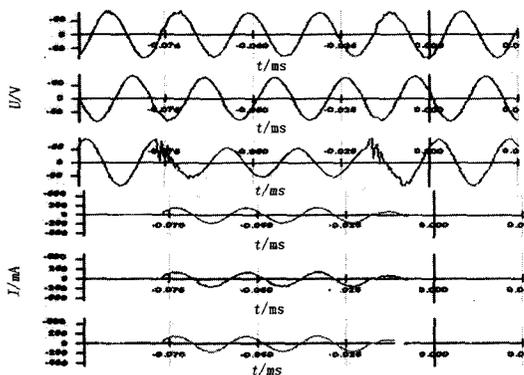


图1 电厂侧故障波形图

Fig. 1 Fault waveforms of power plant side

经现场查看事件顺序记录和录波图发现, ×仪5420线两侧第一套线路光纤纵差保护以及后备距离保护均未动作, 保护运行正常; 第二套线路保护, 其中变电站侧无保护动作和跳闸信号, 有保护高频收发信号动作和返回等事件记录以及报文; 电厂侧第二套LFZR111保护装置有高频零序动作信号和线路保护A、B、C分相跳闸信号以及电厂侧5054开关三相跳闸信号。初步判断为电厂侧第二套LFZR111高频零序保护误动。图2为500 kV凤×变电站—××电厂一次主接线图。

## 1 5420线保护应用和配置情况及区外故障时保护正常动作行为分析

×仪5420线线路保护按双重化配置, 且线路两侧保护配置完全一样, 其中第一套保护配置为AREVA公司的P546光纤差动保护和LFZR111后备距离保护, 第二套保护配置为AREVA公司的LFZR111高频距离、高频零序保护和SEL公司的SEL-351远方跳闸就地判别装置。按照《华东电网500 kV继电保护应用技术原则(修订稿)》, 该线路

保护配置符合其应用技术原则, 也属目前浙江电网 500 kV 系统内线路保护的典型配置之一。

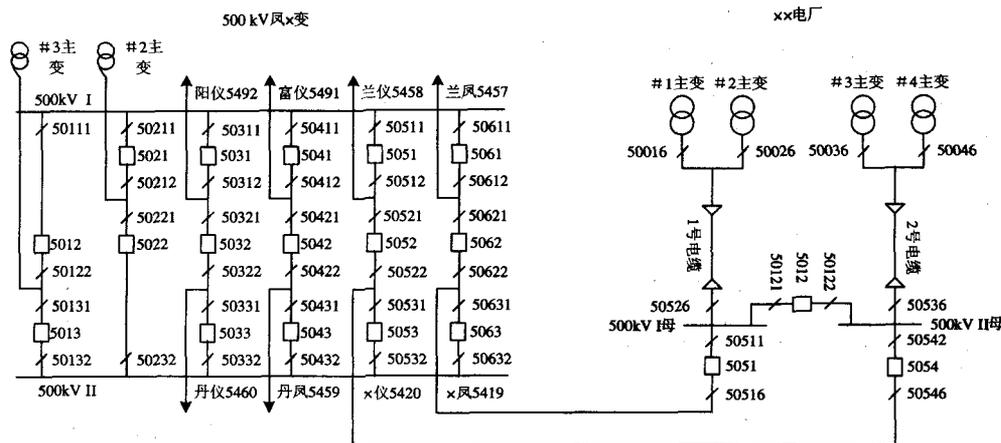


图2 500kV风×变电站-××电厂主接线图

Fig. 2 Electrical main connection diagram of 500kV substation Feng and the power plant

根据上述保护装置配置情况, 结合保护逻辑、定值和回路设计, 在系统正常运行靠近变电站侧发生×仪5420线线路区外C相瞬时故障时, 保护动作情况如下: 变电站侧第一套光纤差动保护P546和线路后备距离保护LFZR111应无保护动作和启动信号; 电厂侧第一套光纤差动保护P546无保护动作和启动信号, 线路后备距离保护LFZR111装置C相接地距离II段或III段保护启动和接地零序电流反时限保护启动, 保护不动作; 变电站侧第二套线路高频保护LFZR111装置接地零序反方向元件动作、C接地距离IV段元件(反方向元件)动作, 闭锁保护跳闸和保护转发信, SEL-351装置无保护动作和启动信号; 电厂侧第二套线路高频保护LFZR111装置C相接地距离II段或III段保护启动和接地零序电流反时限保护启动, 以及C相接地距离发信元件动作、接地零序正方向元件动作启动高频发信, 保护不动作。可见区外故障时两侧保护均应不动作。

## 2 高频零序保护误动分析

对于LFZR111保护装置, 高频零序保护动作有两个必备条件: 第一, 收到对侧高频零序发信信号; 第二, 本侧高频零序保护启动。对于第二个条件, 因为是变电站侧区外故障, 因此对于电厂侧, 保护判断为正方向, 高频零序保护启动是正确的。

表1为电厂侧LFZR111保护装置事件顺序记录。电厂侧高频零序保护启动的同时高频零序保护发信SigSend2动作, 46 ms后高频距离保护CRX1、高频零序保护CRX2相继收信, 进而高频零序保护动作, 三相跳闸。由此看出保护误动关键是电厂侧保护误收到对侧高频零序信号。

表1 电厂侧LFZR111保护装置事件顺序记录

Tab.1 SOE of LFZR111 in the plant

序号	事件名称	动作时间	动作状态
1	零序保护反时限启动 StDEFIDMT	18:07:09.937	ON
2	高频零序保护发信 SigSend2	18:07:09.942	ON
3	高频距离保护收信 CRX1	18:07:09.988	ON
4	高频零序保护收信 CRX2	18:07:09.988	ON
5	高频零序保护动作 TrDEFAid	18:07:09.989	ON
6	保护 A 相动作 TrAph	18:07:10.990	ON
7	保护 B 相动作 TrBph	18:07:10.990	ON
8	保护 C 相动作 TrCph	18:07:10.990	ON
9	高频距离保护发信 SigSend1	18:07:10.990	ON
10	零序保护反时限启动 StDEFIDMT	18:07:10.009	OFF
11	高频零序保护动作 TrDEFAid	18:07:10.014	OFF
12	保护 A 相动作 TrAph	18:07:10.049	OFF
13	保护 B 相动作 TrBph	18:07:10.049	OFF
14	保护 C 相动作 TrCph	18:07:10.049	OFF
15	高频距离保护收信 CRX1	18:07:10.093	OFF
16	高频零序保护收信 CRX2	18:07:10.094	OFF
17	高频零序保护发信 SigSend2	18:07:10.150	OFF
18	高频距离保护发信 SigSend1	18:07:10.151	OFF

另一方面, 对于变电站侧保护而言, 因为是区外故障, 所以变电站侧保护判断为反方向故障, 按照线路保护整定的超范围允许式第二种保护逻辑

(POR2), 高频零序保护和高频距离保护不应启动, 且应闭锁高频零序保护和高频距离保护转发信。表2为变电站侧LFZR111保护装置事件顺序记录。而从表2中看到, 保护装置在收到高频零序保护收信信号CRX2后, 11 ms转发了出去, 并且高频零序、高频距离一同转发, 这与保护正常动作时不一致, 初步判断导致电厂侧高频零序保护误动的症结就在于变电站侧高频零序保护误转发信号。

表2 变电站侧LFZR111保护装置事件顺序记录

Tab.2 SOE of LFZR111 in substation side

序号	事件名称	动作时间	动作状态
1	高频零序保护收信 CRX2	18:07:09.965	ON
2	高频零序保护发信 SigSend2	18:07:09.976	ON
3	高频距离保护发信 SigSend1	18:07:09.976	ON
4	高频距离保护收信 CRX1	18:07:10.003	ON
5	高频零序保护发信 SigSend2	18:07:10.075	OFF
6	高频距离保护发信 SigSend1	18:07:10.076	OFF
7	高频距离保护收信 CRX1	18:07:10.178	OFF
8	高频零序保护收信 CRX2	18:07:10.180	OFF

图3为高频收信逻辑图。图3中当高频零序保护正常投运时, ICDEF\_LS\_EN置1, 收到对侧高频零序信号(CRX2)后, 保护不会把高频零序和 高频距离信号合二为一, 根据POR2逻辑(限于篇幅文中省略POR2逻辑图), 也不会把上述信号合二为一, 因此高频距离通道和 高频零序通道是逻辑隔离的。但是当高频零序保护(ICDEF\_LS\_EN)停用时, ICDEF\_LS\_EN置0, 高频零序和 高频距离信号合二为一, 即CRX2、CRX1逻辑联通了。这时如果收到高频零序信号就意味着同时触发了高频距离收信信号, 因为是区外远离变电站的某处发生故障, 变电站侧高频距离保护IV恰好未启动, 同时高频零序保护按照华东总调整定要求又处在退出状态, 则保护所有的闭锁转发信功能无法实现, 于是出现了高频零序保护误转发信号现象。

查阅华东总调5420线第二套线路高频保护整定单, 作者发现高频零序保护确实整定在禁用, 即DEF SCHEME=DISABLED。而实际调阅两侧LFZR111保护装置的定值单, 变电站侧整定为DISABLED, 电厂侧整定为POR, 显然电厂侧定值出现了误整定。

通过上述POR2逻辑和收信逻辑分析得知, 当两侧高频零序保护均整定为DISABLED时, 因为高频零序保护功能完全被闭锁, 所以高频零序保护不会

发信, 即便高频距离通道和 高频零序通道逻辑联通也不会出现保护误动; 当两侧高频零序保护均整定为POR时, 因为此时高频距离通道和 高频零序通道逻辑隔离, 所以高频零序保护不会误转发信, 保护也不会误动; 当且仅当一侧整定为DISABLED、一侧整定为POR且POR侧发生正方向故障时高频零序保护有可能误动。

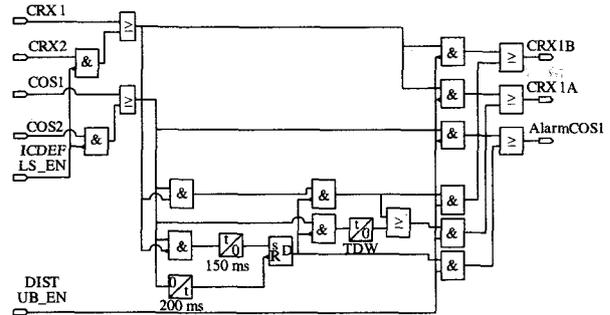


图3 高频收信逻辑图

Fig. 3 Receive scheme of high-frequency protection

### 3 结语

在此次事故调查和分析过程中, 保护装置内部的录波数据、事件顺序记录数据以及故障录波器的录波数据是事故分析快速准确的关键, 所以事故调查时应尽量详细地获得这方面的第一手资料。日常维护时, 要对保护装置内部录波功能和故障录波器的录波功能重点检查, 确保其在故障发生时能正常工作。同时, 通过此次保护误动事件再一次证明了保护投产前核对定值单的重要性, 继电保护的方方面面来不得半点马虎, 必须引起运行和检修人员的高度重视。

### 参考文献

- [1] 王松, 黄晓明, 等. 一起 500kV 线路距离保护误动分析[J]. 浙江电力, 2007, 26(2): 28-30.  
WANG Song, HUANG Xiao-ming, et al. Analysis of 500 kV Line Distance Protection Mal-operation[J]. Zhejiang Electric Power, 2007, 26(2): 28-30.
- [2] 刘正超, 刘之尧, 等. 一起复用载波机误发信引起保护误动的分析[J]. 继电器, 2005, 32(16): 60-62.  
LIU Zheng-chao, LIU Zhi-yao, et al. Analysis of a Mal-operation of Relay Protection Caused by Multiplex Carrier System[J]. Relay, 2005, 32(16): 60-62.
- [3] 高中德. 超高压电网继电保护专题分析[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990.  
GAO Zhong-de. Special Topic of Application of Relay Protection in Super Grid[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1990.

(下转第 99 页 continued on page 99)

如图 3 所示。

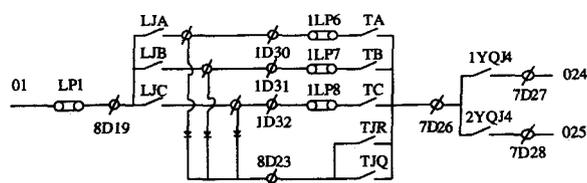


图 3 290 旁路保护启动失灵保护回路图

Fig.3 290 bypass protection starting failure protection circuit diagram

主变保护动作后，会作用于 290 开关操作箱的 TJR 继电器，如果 290 开关任何一相失灵，290 开关该相的失灵电流判别触点就会动作，这样就可以通过 TJR 继电器的触点启动失灵保护了。同时 290 开关也配置有自己的保护，当主变间隔有故障时，290 开关的保护也会动作，从而完成启动失灵的功能。

#### 4 总结和整改建议

从以上的分析知道，主变启动失灵的电流判据如果使用变压器套管 CT，那么在一定的条件下，可

能导致失灵保护拒动或者误动，因此我们在设计时，要认真考虑现场可能出现的各种情况，使用更准确代表开关分合状态的电流作为相电流判据，所以本人建议现场将失灵电流判据改用开关 CT 的二次绕组电流。在 220 kV 双母线配置的线路间隔中，每个 CT 均有 4 个二次绕组是给保护用的，其中母差保护用 2 个，线路保护用 2 个，失灵启动装置与其中一套线路保护共用。在主变间隔中，由于第二套差动保护使用套管 CT，这样还剩余一个保护级别的绕组给失灵判据使用。因此建议现场尽快整改。

#### 参考文献

- [1] 毛锦庆. 电力系统继电保护规程汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [2] DL 400-91, 继电保护和安全自动装置技术规程[S].

收稿日期: 2007-11-26; 修回日期: 2008-01-13

作者简介:

叶文德(1975-), 男, 本科, 工程师, 研究方向为继电保护.  
E-mail: ye\_wd.lzg@gxep.com.cn

(上接第 81 页 continued from page 81)

- [2] 董艺. 四边形原理距离保护中电阻分量的研究[J]. 继电器, 2007, 35 (14): 63-65.  
DONG Yi. Research of Resistance Components in Quadrilateral Characteristic Distance Relay[J]. Relay, 2007, 35 (14): 63-65.
- [3] 张太升, 罗承廉, 杜凌, 等. 四边形特性距离保护躲负荷性能分析[J]. 继电器, 2004, 32 (1): 28-31.  
ZHANG Tai-sheng, LUO Cheng-lian, DU Ling, et al. Relation between Load Impedance and Distance Relay with Quadrilateral Characteristics[J]. Relay, 2004, 32 (1): 28-31.
- [4] 连晶晶, 赵志英. 四边形特性阻抗继电器探讨[J]. 南昌水专学报, 1997, 16 (1): 53-56.  
LIAN Jing-jing, ZHAO Zhi-ying. Research on Impedance Relay of Quadrangle Characteristic[J]. Journal of Nanchang College of Water Conservancy and Hydroelectric Power, 1997, 16 (1): 53-56.
- [5] 艾欣, 杨以涵, 周孝信. 虚拟仪器技术及其在电力系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (15):

54-57.

AI Xin, YANG Yi-han, ZHOU Xiao-xin. Virtual Instrument Technology and Its Application to Power System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (15): 54-57.

- [6] 杨乐平, 李海涛, 肖相生, 等. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.  
YANG Le-ping, LI Hai-tao, XIAO Xiang-sheng, et al. LabVIEW Program Design and Application[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2001.

收稿日期: 2007-11-26; 修回日期: 2008-01-14

作者简介:

荣雅君(1957-), 女, 硕士, 教授, 主要研究方向为电力系统继电保护, E-mail: ronghu118@163.com

刘琳(1982-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统继电保护;

贾艳(1980-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统稳定器。

(上接第 96 页 continued from page 96)

收稿日期: 2007-11-27

作者简介:

赵晓明(1976-), 男, 工程师, 从事电力系统继电保护

研究和试验工作; E-mail: zjsbd@sina.com

黄晓明(1969-), 男, 高级工程师, 长期从事电力系统继电保护研究和管理工作的。