

## 一起不同电压同杆双回线纵联零序保护动作分析

孙文华<sup>1</sup>, 袁宇波<sup>2</sup>, 黄浩声<sup>2</sup>

(1.常州供电公司,江苏常州 213003;2.江苏省电力公司电力科学研究院,江苏南京 211103)

**摘要:**文中分析了一起500 kV和220 kV同杆并架线路,在500 kV线路末端发生故障时,220 kV线路纵联零序保护误动的原因,并从一般性原理上分析同杆架设双回路零序互感引起纵联零序保护误动的机理。分析表明在弱电耦合的情况下由于零序互感的存在,在相邻线路发生接地故障时,由于本线路两侧零序电压出现反相,使得纵联零序方向保护误判为线路内部故障,引起保护装置误动,为同类事故的分析提供了参考。

**关键词:**不同电压等级,同杆并架,零序互感,纵联零序保护

**中图分类号:** TM72

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2013)06-0012-03

随着电网结构的快速发展,由于建设走廊的限制、土地资源及经济性等方面的原因,同杆双回线路甚至同杆多回线的局面会大量出现,同杆架设双回线虽然在土地利用和节约资源上占有优势,但由于零序互感的存在,对继电保护的整定和动作正确性带来了影响<sup>[1-5]</sup>。相邻线路故障引起本线路保护的不正确动作将会引起两回线同时切除的严重后果,会直接影响到系统的安全运行<sup>[6,7]</sup>。某地区500 kV与220 kV电压等级同杆架设多回线路就曾发生过一起此类问题。针对该案例,通过现场故障录波数据的分析,查找保护动作原因,验证了同杆架设双回线之间的零序互感将影响保护动作的正确性,为正确分析同类事故提供了参考。

## 1 案例分析

如图1所示,某500 kV线路和220 kV线路同杆架设,故障前500 kV系统正在启动,处于单侧充电状态,在充电500 kV线路的过程中,在500 kV线路末端发生短路故障,220 kV线路纵联零序保护动作。相应线路两侧故障录波如图2和图3所示。

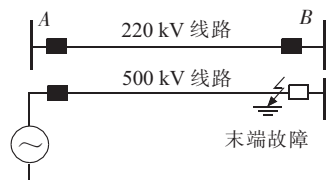


图1 系统的接线图

从图2、图3可以看出,两侧的零序电压出现了反相的特征,且零序电流超前零序电压 $90^\circ$ ,出现了区内故障的特征,导致纵向零序方向保护误动。

## 2 相邻线路流过零序电流时的故障特征

若平行架设的两回线路电气上完全没有联系,如两条线路分排运行,或两回线分别属于不同的电压等

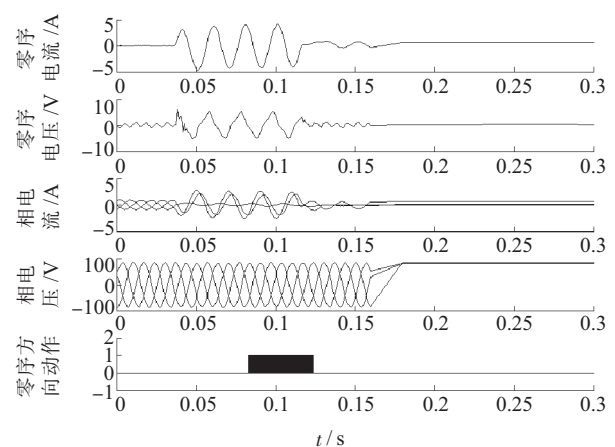


图2 220 kV A侧的电流电压波形

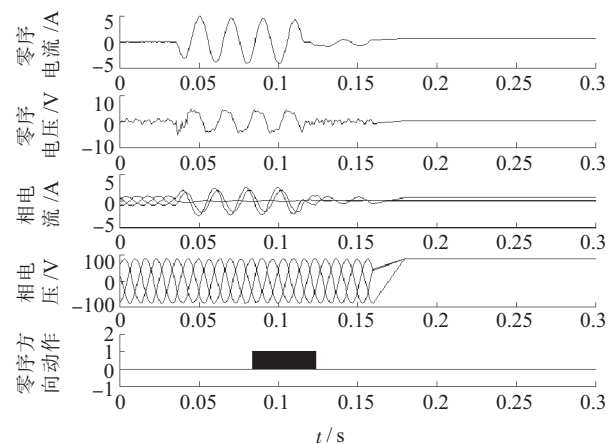


图3 220 kV B侧的电流电压波形

级(本案例),当相邻线上流过零序电流时(发生单相接地故障),由于互感的影响,将会在本线路上产生零序感应电流,并使电网各点出现相应的零序电压,如图4所示。 $AB$ 与 $MN$ 为有互感且无电气联系的线路,当 $AB$ 线路区外故障或首端发生单相接地短路时, $AB$ 线路流过零序电流, $MN$ 线路上将会感应零序电压,相当于 $MN$ 上叠加了一个大小为 $\dot{I}_0 X_{0m}$ 的零序电压源, $Z_{M0}$ 与 $Z_{N0}$ 为线路 $MN$ 两侧背后的等值零序阻抗。

线路 $MN$ 各点的零序电压分布如下:

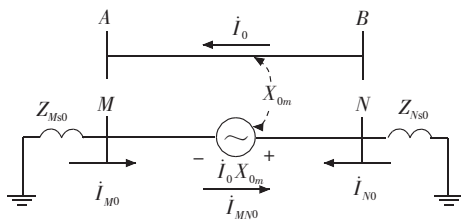


图4 系统接线示意图

$$\dot{U}_0(\alpha) = -\dot{I}_{MN0} [(1-a)Z_{Ms0} - aZ_{Ns0}] \quad (1)$$

式(1)中: $a$ 为线路从 $M$ 侧开始计算的距离百分比。

其中 $AB$ 为I回线, $MN$ 为II回线, $MN$ 线路上各点电压和电流分布如图5所示。

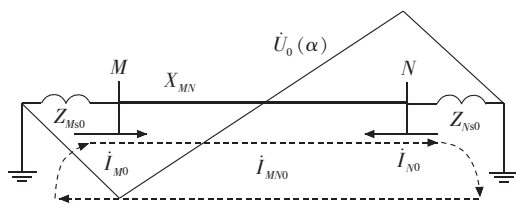


图5 MN线路上各点电压和电流分布示意图

由互感引起的零序电压在线路的电气中点为0,在保护安装处达到最大,并在变压器接地阻抗的末端又变为0, $M$ 侧、 $N$ 侧的零序电压相位相反, $M$ 侧、 $N$ 侧的零序电流实际为同一个穿越性环流,但由于两侧参考方向都由母线指向线路,因此两侧的零序电流大小相等方向相反。由此得到 $M$ 点、 $N$ 点的电压为:

$$\dot{U}_{M0} = \dot{U}(0) = -\dot{I}_{MN0} Z_{Ms0} = -\dot{I}_{M0} Z_{Ms0} \quad (2)$$

$$\dot{U}_{N0} = \dot{U}(1) = \dot{I}_{MN0} Z_{Ns0} = -\dot{I}_{N0} Z_{Ns0} \quad (3)$$

式(2,3)显示,当理想情况忽略线路电阻分量时, $MN$ 线 $M$ 侧和 $N$ 侧测量到的零序电流均超前零序电压相位 $90^\circ$ ,如图6所示。与下面分析的本线路内部接地故障情况一致,从而妨碍零序方向继电器正确判断故障,只要当 $MN$ 线的零序电流超过保护零序停信值,就会造成纵联零序保护误动。

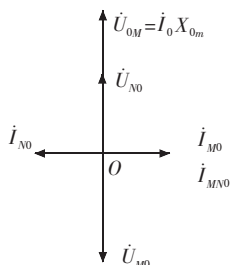


图6 互感引起的零序电流与零序电压的关系

### 3 内部故障时的电压电流分布

内部故障时,等效为在故障点并联一个零序电压,零序电流的分布是沿着故障点向两侧流动,故障点的零序电压最高,各电压电流的相量如图7、图8所示。

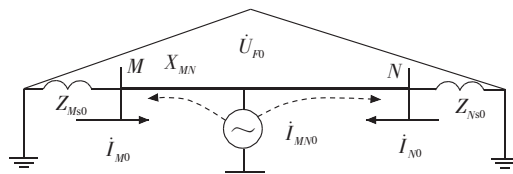


图7 内部故障时零序电压的分布

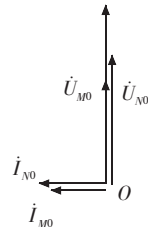


图8 内部故障时的相量图

对于发生故障的线路,零序电流超前零序电压,两端零序功率的方向同时指向线路。

从上面的分析比较可以看出:(1)内部故障时零序电流是注入性的,分别向线路两侧注入并入地,因此两侧零序电流同相,零序电压也同相,且电流超前电压,零序功率方向指向线路内部;(2)互感引起的零序电流是穿越性的环流,因此两侧零序电流反相,零序感应电压可以视为串联于线路,因此线路两侧的零序电压极容易反相,两侧零序电流同样也超前零序电压,零序功率方向为指向线路内部,纵联零序保护误判为线路内部故障。

内部故障零序电流超前零序电压的原因是两侧的零序电流都是流入母线所致,而零序互感引起的误动,电流是穿越型的,因此两侧电流反相,但电压也反相了,负负得正,虽然线路内部没有发生故障,但从两侧零序功率方向的角度看,后果和内部故障相同。

### 4 结束语

随着电力系统的快速发展和电网结构的越趋复杂,某些特殊的系统工况相继出现,当500 kV发展成省级电网的主干网后,220 kV的电网逐步辐射状运行,出现弱电联系运行方式变多,本文结合现场事故案例,从理论上分析了同杆架设多回线路零序互感引起纵联零序保护误动的机理,为电网故障分析提供依据和借鉴,同时由于光纤电流差动保护从原理上对零序互感具有免疫力,建议在新上线路和老线路保护改造时优先采用。

#### 参考文献:

[1] 王梅义. 高压电网继电保护运行技术[M]. 北京:电力工业出版社,2006:72-92.  
 [2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京:中国电力出版社,2005:235-250.  
 [3] 张运洲,李 晖. 中国特高压电网的发展战略论述[J]. 中国电机工程学报,2009,29(22):1-7.

- [4] KALYUZHNY A, KUSHNIR G. Analysis of Current Unbalance in Transmission Systems With Short Lines[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2007, 22(2): 1040-1048.
- [5] 徐建国. 对国外超高压同塔多回送电线路技术的调研分析[J]. 电力建设, 2001, 22(7): 15-18.
- [6] 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]. 2版. 北京: 中国电力出版社, 2004: 142-152.
- [7] 曾耿晖, 黄明辉, 刘之尧, 等. 同杆线路纵联零序保护误动分析及措施[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(20): 103-107.

作者简介:

孙文华(1965), 男, 江苏江都人, 高级工程师, 研究方向为电能质量在线监测、安全管理及继电保护等;

袁宇波(1975), 男, 江苏丹阳人, 高级工程师, 从事电力系统继电保护试验和研究工作;

黄浩声(1979), 男, 浙江温岭人, 工程师, 研究方向为电力系统继电保护、直流控保系统等。

## Analysis on Protection Actions of Zero-sequence Direction Relay for Double-parallel Lines with Different Voltage Level

SUN Wenhua<sup>1</sup>, YUAN Yubo<sup>2</sup>, HUANG Haosheng<sup>2</sup>

(1. Changzhou Power Supply Company, Changzhou 213003, China;

2. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** This paper analyzes the process of zero-sequence direction relay mal-operation of a double parallel 500 kV and 220kV lines after a fault occurred at the end of the 500 kV line. The mechanism is studied, which shows that the mal-operation is caused by the zero-sequence mutual inductance between multi-transmission lines. In the case of grounding fault occurred at one of parallel line, the existence of zero-sequence mutual inductance would activate the zero-sequence direction relay of the other line. The conclusion of this paper will provide a valuable reference for similar faults analysis.

**Key words:** different voltage level, double-circuit parallel transmission line, zero-sequence mutual inductance, zero-sequence direction relay

(上接第 11 页)

- [11] 孙恭南, 唐伟, 叶菁. 防止和应涌流误动的方案讨论[J]. 电力系统装备, 2004(5), 70-71.
- [12] 王怀智, 孙显初, 常林. 和应涌流对变压器差动保护影响的试验研究[J]. 继电器, 2001, 29(7): 52-54.
- [13] 周云波, 曹良. 一起主变压器差动保护误动事故及防治对策[J]. 电网技术, 2001, 25(12).
- [14] 李磊, 马杰, 张玮, 等. L90 光纤差动保护误动原因分析[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(4): 97-99.

作者简介:

袁宇波(1975), 男, 江苏丹阳人, 高级工程师, 长期从事继电保护试验和研究工作;

李鹏(1982), 男, 陕西周至人, 博士, 研究方向为电力系统继电保护、直流控保技术等;

黄浩声(1979), 男, 浙江温岭人, 工程师, 研究方向为电力系统继电保护、直流控保系统等。

## Review on Analysis and Strategy for Transformer Differential Protection Malfunction

YUAN Yubo, LI Peng, HUANG Haosheng

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** The reasons of some typical transformer differential protection malfunction, such as excitation inrush current of transformer no-load closing, sympathetic inrush of energized transformer, restorative inrush caused by external fault cleared, TA transient saturation, partial transient saturation, and assistant of zero-sequence circulation current are theoretically and practically reviewed in this paper. Based on the analysis, some strategies are proposed to avoid these malfunctions. Understanding these problems correctly is helpful in developing, designing, debugging and operating protection device, which will improve the accuracy of transformer protection during field operation.

**Key words:** transformer differential protection, excitation inrush current, sympathetic inrush, zero-sequence circulation current

# 欢迎投稿 欢迎订阅