

交流电压回路对零序方向保护的影响

冯秋芳¹, 刘千宽¹, 夏红光², 朱瑞萍¹

(1. 许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000; 2. 舟山市电力公司, 浙江 舟山 316000)

摘要: 微机线路保护二次回路接线正确与否直接影响保护装置的动作行为, 通过对一 220 kV 线路区外故障纵联零序保护误动分析, 阐明交流电压回路接线不当对零序方向元件的影响, 并通过仿真计算和动模实验予以验证。

关键词: 交流电压回路; 微机线路保护; 纵联零序方向

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2004)19-0064-03

0 引言

2004年4月30日, 某电网220 kV线路在下一级110 kV线路发生C相接地故障(如图1所示), 甲站纵联零序方向动作出口, 经57 ms跳开甲站C相开关。该线路纵联保护采用专用收发信机作保护通道, 构成闭锁式保护, 故障后17 ms乙站纵联零序误判为正方向停信, 从而导致正方向侧即甲站纵联零序方向误动。

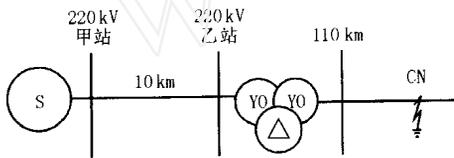


图1 故障系统图

Fig. 1 Configuration of fault system

1 故障分析

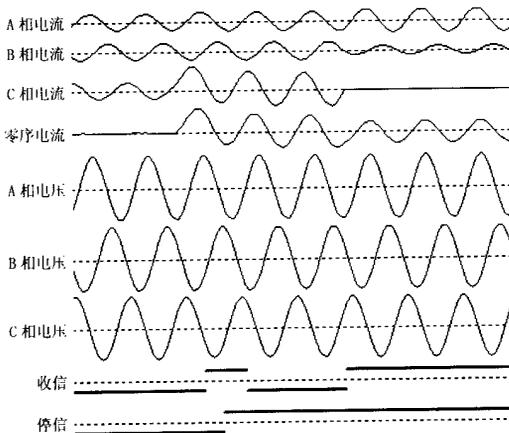


图2 甲侧装置录波图

Fig. 2 Wave of terminal

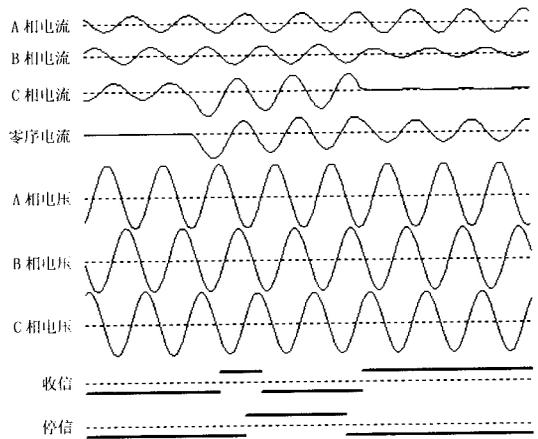


图3 乙侧装置录波图

Fig. 3 Wave of terminal

保护装置现场录波如图2和图3所示。结合录波图分析, 甲侧纵联零序故障后14 ms停信, 此次故障甲侧为正方向, 其停信属正常行为; 乙侧纵联零序故障后17 ms停信, 此次故障乙侧为反方向, 其停信属不正常行为, 正因为乙侧的停信, 造成了甲侧高频保护误动出口。乙侧的停信是造成此次保护误动的根本所在。理论上对应于图1故障系统的零序电压和负序电压分布如图4所示。

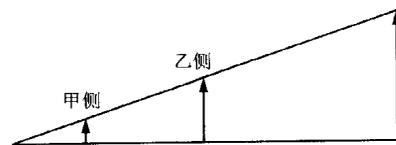


图4 系统故障零(负)序电压分布图

Fig. 4 Zero-sequence voltage distribution of fault system

由图4可见, 甲侧的零(负)序电压幅值应低于乙侧零(负)序电压, 即远离故障点处的零序电压和负序电压较小。

装置实测零、负序分量如表 1 所示(故障后 20 ms 数据)。表中序量计算是以 C 相为基准相。

表 1 故障后 20 ms 部分序分量数据

序分量	甲站		乙站	
	幅值/V	相角/(°)	幅值/V	相角/(°)
零序电压 $3U_0$	2.25	99.5	1.73	-153.5
零序电流 $3I_0$	0.332	197	0.335	20.67
负序电压 $3U_2$	3.3	106	4.0	106.5

从表 1 可以看出:

1) 乙侧 $3U_0$ 幅值小于甲侧 $3U_0$ 幅值,与图 4 所示理论上的零序电压分布不符,两侧零序电流正常即大小相等、方向相反,负序电压正常。

2) 两侧的 $3U_0$ 与 $3U_2$ 的相位关系如图 5 所示。从图 5 可见,甲乙两侧 $3U_0$ 相位差为 107° ;甲乙两侧 $3U_2$ 的相位差仅有 0.5° 。

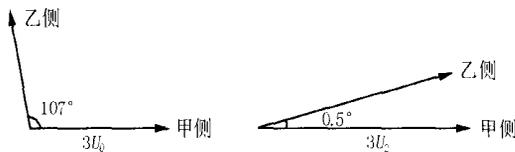


图 5 两侧 $3U_0$ 、 $3U_2$ 的相位关系

Fig. 5 Phase relationship between $3U_0$ and $3U_2$

造成上述现象的原因可能是以下原因之一:交流电压二次回路存在多点接地;交流电压二次中性线端子松动,接触不可靠,造成电压中性点悬浮;交流电压二次回路接线方式存在问题。

2 现场录波数据仿真分析

将装置录波的采样数据读出,用 Matlab 进一步仿真计算。

1) 计算乙侧零序方向元件 $\arg(U_0/I_0)$,零序方向元件会进入正方向动作区(零序方向元件的动作范围: $-30^\circ < \arg(U_0/I_0) < -190^\circ$)。如图 6 所示,横轴表示故障后的采样点,纵轴表示 $\arg(U_0/I_0)$ 的角度。

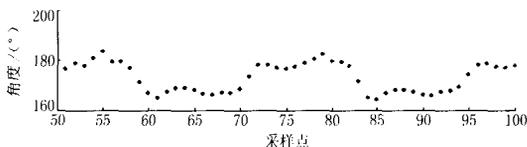


图 6 乙侧 $\arg(U_0/I_0)$ 的结果

Fig. 6 Result of $\arg(U_0/I_0)$ at terminal

2) 计算乙侧和甲侧零序电压之间的幅值比,如图 7 所示,横轴表示故障后的采样点,纵轴表示乙侧

和甲侧零序电压之间的幅值比。幅值比小于 1,即乙侧零序电压小于甲侧零序电压。

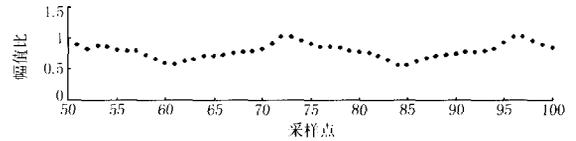
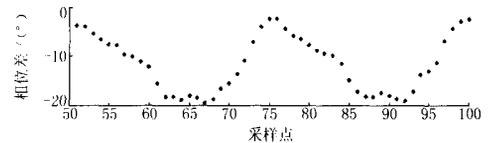


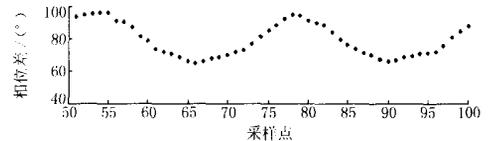
图 7 乙侧零序电压和甲侧零序电压之间的幅值比

Fig. 7 Amplitude ratio of zero sequence voltages at terminal and terminal

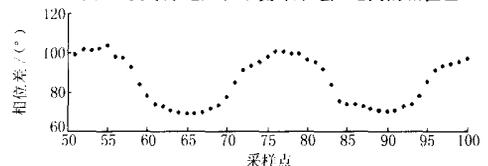
3) 计算甲乙两侧零序电压、负序电压的相位差,计算结果如图 8 所示。横轴表示故障后的采样点,纵轴表示相位差(°)。



(a) 乙侧负序电压和甲侧负序电压之间的相位差



(b) 乙侧零序电压和甲侧零序电压之间的相位差



(c) 乙侧零序和负序电压之间的相位差

图 8 计算结果

Fig. 8 Calculated results

下面结合单相接地故障的零、负序网络分析同侧零序和负序电压之间的相位关系。单相接地故障时系统零序和负序等值网络如图 9 所示。

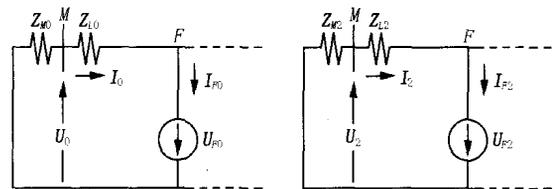


图 9 单相接地零、负序网络

Fig. 9 Zero-sequence and negative-sequence power grid of single-phase grounding

由单相接地的等值网络图可得出以下关系:

$$I_{F2} = I_{F0} \quad (1)$$

$$\frac{I_2}{I_0} = \frac{C_2}{C_0} \cdot \frac{I_{F2}}{I_{F0}} = \frac{C_2}{C_0} \quad (2)$$

$$\frac{U_2}{U_0} = \frac{I_2 Z_{M2}}{I_0 Z_{M0}} = \frac{Z_{M2}}{Z_{M0}} \frac{C_2}{C_0} \quad (3)$$

式中: C_0 、 C_2 分别为零序、负序分配系数。

单相接地时,根据式(1),故障点对地的零、负序电流完全相等,从而得到式(2)和式(3)。在式(3)中, Z_{M2}/Z_{M0} 和 C_2/C_0 的相位都接近零度,因此保护安装处的负序和零序电压基本同相位,即不论甲侧还是乙侧,零负序电压相位基本相同。结合图4,两侧的零序(或者负序)电压也应该接近同相位。而由仿真结果中图8(a)所示,乙侧和甲侧的负序电压基本同相位;乙侧零序电压和甲侧零序电压之间的相位差达到80左右,如图8(b)所示;乙侧零序和负序电压之间的相位差在90左右,如图8(c)所示。

仿真计算结果表明,甲侧数据正确无矛盾,而乙侧由于外部交流电压回路出现了问题产生一个虚假的零序电压,从而导致乙侧纵联零序误判方向。

3 动模实验

以图1所示的系统为模型,针对上述分析和仿真计算进行动模对比实验。

1) 在变压器后的CN点发生接地故障,甲侧判为正方向,乙侧判为反方向,且方向十分明确,都在最大灵敏角附近。

2) 在变压器后的CN点发生接地故障,同时乙侧母线电压互感器中性点经一个小电阻接地。此时出现与现场类似的情况:乙侧停信,甲侧高频零序误动。故障数据如表2所示。

从表2可见,出现了与现场类似的情况:乙侧零序电压低于甲侧零序电压;负序电压正常,即乙侧负序电压高于甲侧;乙侧负序方向元件判为反方向,但零序方向在正方向动作边界。两侧 $3U_0$ 相位差为

107.5°,两侧 $3U_2$ 相位差为4.6°,可见,由于交流电压二次回路存在的问题,造成 $3U_0$ 相位发生畸变,从而导致零序方向误判,造成保护误动。

表2 故障后部分序分量数据

序分量	甲侧		乙侧	
	幅值/V	相角/(°)	幅值/V	相角/(°)
零序电压 $3U_0$	7.48	-105.5	6.5	147
零序电流 $3I_0$	0.902	-11.6	0.971	167.5
负序电压 $3U_2$	6.898	-111.4	8.38	-115
负序电流 $3I_2$	0.883	-11.0	0.898	172.6

4 结论

从上述的分析和实验结果可知,在高频保护中采用零序方向元件, $3U_0$ 的相位对零序方向元件起到关键的作用。交流电压二次回路的接线应正确可靠,以保证零序功率方向元件和保护装置的正确动作。

参考文献:

- [1] 朱声石(ZHU Sheng-shi). 高压电网继电保护原理与技术(第二版)(Principle and Technology of Protective Relaying in HV System, Second Edition) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press), 1995.
- [2] 许正亚(XU Zheng-ya). 输电线路新型距离保护(New Type of Distance Protection of Power Line) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press), 2002.

收稿日期: 2004-06-14; 修回日期: 2004-08-16

作者简介:

冯秋芳(1969-),女,工程师,从事电力系统继电保护开发工作; E-mail: qiuqiangf@xjgc.com

刘千宽(1967-),男,工程师,从事电力系统继电保护开发工作。

Influence of AC voltage circuit on zero-sequence direction protection

FENG Qiu-fang¹, LIU Qian-kuan¹, XIA Hong-guang², ZHU Rui-ping¹

(1. Protection and Automation Business Department, XI Electric Corporation, Xuchang 461000, China;

2. Zhoushan Electric Power Company, Zhoushan 316000, China)

Abstract: Actions of protective devices have much to do with the secondary circuit connection in microprocessor based line protection. The malfunction of zero-sequence pilot relay protection is analyzed, which resulted from external fault in 220 kV line system. And the reason that the connection of AC voltage circuit influences on zero sequence direction relay is presented, which is validated by simulation calculation and dynamic simulation test.

Key words: AC voltage circuit; microprocessor-based line protection; zero-sequence direction pilot relay protection