

一起主变零序保护越级跳闸事故分析与处理

李敏霞¹, 袁文嘉¹, 席小娟¹, 姬希军²

(1. 许昌供电公司, 河南 许昌 461000; 2. 许继电气公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了一起主变零序保护越级跳闸事故的相关情况, 通过对现场相关电气设备进行了特性试验、绝缘检查、二次回路测量等, 并就保护动作报告和事故录波进行分析, 得出事故原因: 1、线路保护 CT 极性接反; 2、主变中性点 CT 变比配置不合适; 3、中性点土壤阻值超标。以上三个问题的存在, 造成主变零序保护越级跳闸事故。针对运行中的缺陷提出了: 接入保护装置的电压、电流极性必须正确; 降低土壤电阻率, 确保接地电阻满足规程的要求等纠正措施及解决方案。

关键词: 零序; 中性点; 零序网络; 电阻率; CT

Analysis and countermeasure of leapfrog trip in main transformer zero-sequence protection

LI Min-xia¹, YUAN Wen-jia¹, XI Xiao-juan¹, JI Xi-jun²

(1. Xuchang Power Supply Company, Xuchang 461000, China; 2. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper introduces main transformer together with the protection of zero-sequence leapfrog trip-related accidents. According to on-site relevant electrical equipment characteristics of the test, insulation inspection, the secondary loop measurement, and the analysis of reporting and action on the protection of the incident waves, the paper points out the causes of the accident: 1. the line to protect polar is the anti-CT; 2. the main transformer neutral CT configuration change is inappropriate; 3. neutral soil resistance is out of standard. The three reasons, result in zero change principal protection order leapfrog tripping accidents. It presents the countermeasures for the deficiencies in the operation, including the access protection device voltage and current polarity must be correct, reducing soil resistivity earthing resistance, and ensuring that procedures meet the requirements.

Key words: zero-sequence; neutral point; zero-sequence network; resistivity; CT

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)22-0156-04

0 引言

在电力系统中, 继电保护是电力网的重要环节, 是电力网安全稳定的可靠保证, 在电力网中具有举足轻重的作用。对于继电保护, 其电气回路的接线, 以及电气设备的特性必须符合规程。在实际的电网运行中, 一个小小的疏忽所造成的隐患往往是致命的, 会给电力网的安全稳定运行带来很大的危害。

2006年7月19日16时58分, 某变电站由04线接地短路而引起的一起主变保护越级跳闸事故, 造成城区大面积停电。事故发生后, 运行单位及相关厂家及时对问题进行了分析与处理。通过此次事故, 使我们深深的体会到, 电力网的运行要符合电力规程的重要性。

1 现场检查情况

1.1 事故情况描述

7月19日16:58左右, 某变电站04线发生接地短路, 线路保护未动作, 该站1#变零序过流I段保护动作跳三侧开关, 此时变电站的运行方式如图1所示, 与1#变并列运行的2#变却未动作, 原因不明确。另外, 2006年5月26日18时28分, 1#变零序保护也动作过, 导致三侧开关跳闸。

1.2 事故相关运行方式的了解

该站现有2台110 kV变压器, Y/Y/ Δ 绕组类型, 变压器其他参数相同。110 kV母线采用单母分段带旁母接线, 35 kV和6 kV母线采用单母分段接线。110 kV侧的5#线和4#线为电源端, 4#线为负荷, 主变其它两侧均为负荷侧。正常运行时两个主变的110 kV侧中性点均接地, 无装设放电间隙。35 kV侧中性点经消弧线圈接地。

1.3 值班记录

2006年7月19日21时左右, 1#主变零序过流I段保护动作, 三侧开关跳开。保护动作报告为:

2006年7月19日16:58, 01零序过流I段动作, 动作量 $I_0=18.36\text{ A}$ 。(另一次为: 2006年5月26日18:28, 01零序过流I段动作, 动作量 $I_0=7.61\text{ A}$ 。)

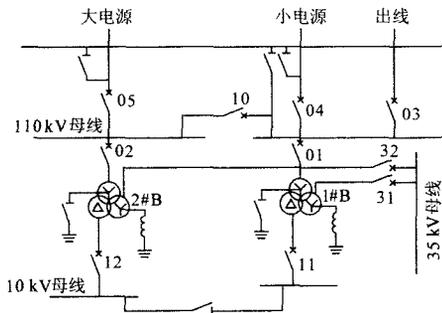


图1 某变电站1#主变零序过流I段动作时运行方式
Fig.1 A # 1 main transformer substation of zero-sequence over-current I running way above action

1.4 保护整定定值

1#变: 零序过流一段 $I=5\text{ A}$, $t_1=0.5\text{ s}$; 零序过流二段 $I=5\text{ A}$, $t_2=2.5\text{ s}$; CT抽头取300/5。
2#变定值同1#变。

1.5 故障录波器记录

本站03#线和04#线的WXH-812/N线路保护在1#主变跳闸时记录了零序启动的录波, 波形数据如下:

①03#线的录波波形(图2)

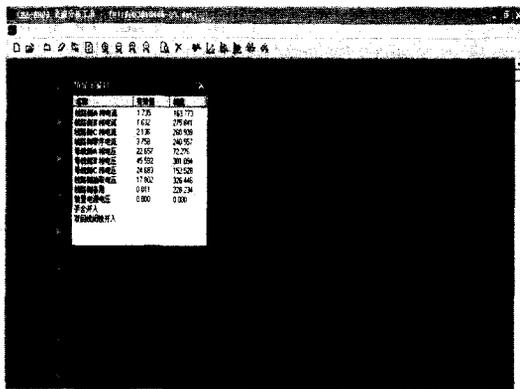


图2 03#线的录波波形图

Fig.2 3 # line recorded waveform diagram

03#线波形数据为:
 $I_A=1.735\angle 163^\circ\text{ A}$,
 $I_B=1.632\angle 275^\circ\text{ A}$,
 $I_C=2.136\angle 260^\circ\text{ A}$,
 $I_0=3.758\angle 240^\circ\text{ A}$,
 $u_A=22.65\angle 72^\circ\text{ V}$,
 $u_B=45.59\angle 31^\circ\text{ V}$,
 $u_C=24.68\angle 152^\circ\text{ V}$,

$$u_0=17.80\angle 326^\circ\text{ V}.$$

②04#线的录波波形(图3)

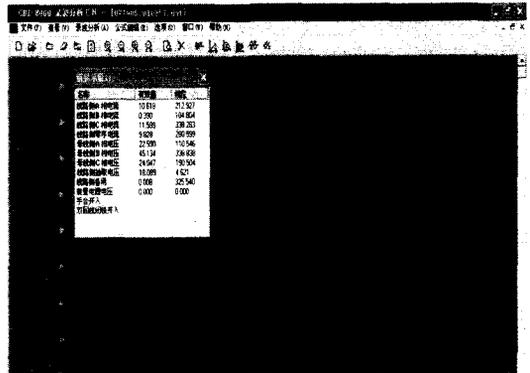


图3 04#线的录波波形图

Fig.3 04 # line recorded waveform diagram

04#线波形数据为:

$I_A=10.618\angle 212^\circ\text{ A}$,
 $I_B=0.390\angle 104^\circ\text{ A}$,
 $I_C=11.59\angle 338^\circ\text{ A}$,
 $I_0=9.828\angle 280^\circ\text{ A}$,
 $U_A=22.59\angle 110^\circ\text{ V}$,
 $U_B=45.13\angle 338^\circ\text{ V}$,
 $U_C=24.04\angle 150^\circ\text{ V}$,
 $U_0=18.08\angle 4^\circ\text{ V}$.

1.6 保护设备检查

- (1)对保护定值进行检查, 没有发现装置定值整定异常或超规;
- (2)对保护运行实时参数检查, 运行参数正常。
- (3)对零序保护性能进行测试, 保护特性正常, 且能正常跳开主变三侧开关。
- (4)检查两台主变中性点零序CT, 发现CT抽头实取100/5, 与设计整定值300/5不符。
- (5)检查两台主变中性点接地处对土壤阻值: 1#变 $0.18\ \Omega$, 2#变 $1.48\ \Omega$, 2#变超出国家关于变电所地网各接地点对土壤阻值不大于 $0.5\ \Omega$ 的标准。

2 保护动作分析

2.1 短路故障类型定位

由于零序电流的存在, 肯定是电网中发生了接地故障。对于线路保护, 正向接地故障 $3U_0$ 超前 $3I_0$ 为 -110° (即 250°) 左右, 反向接地故障 $3U_0$ 超前 $3I_0$ 为 70° 左右。在04#线路波形数据中, A、C相表现出了较大的故障电流, 大概为11A左右; 零序电流为9.8A, 可是接地距离保护和零序保护均没有动作。在对04#线路保护回路的检查中, 发现CT回路极性接反了, 而在极性接反情况下保护启动记

录的 $3U_0$ 超前 $3I_0$ 大约 86° ，如果极性正确的话，保护反映的是正向接地故障，在零序电流这么大的情况下，04#线路保护肯定是要跳闸的。对于 03#线路保护 CT 回路极性正常，在极性正确情况下保护启动记录的 $3U_0$ 超前 $3I_0$ 大约 86° （3#线保护滤波的零序向量如图 4 所示）。如果 04#线发生正向接地故障（4#线保护滤波的零序向量如图 5），那么 03#线保护反映的反向接地故障是正确的，正是由于 04#线路保护 CT 极性接反，线路保护不会动作，从而引起上一级相邻元件（变压器）的零序保护动作。综合以上情况，可判断在 04#线路上发生了 A、C 相接地故障。

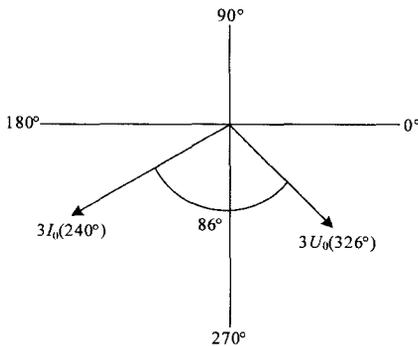


图 4 该站 3# 线路保护录波的零序相量示意图
Fig.4 Station # 3 line protection recorded wave of zero-sequence phasor diagram

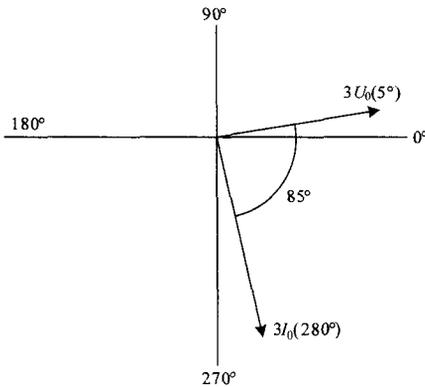


图 5 该站 4# 线路保护录波的零序相量示意图
Fig.5 Station # 4 line protection recorded wave of zero-sequence phasor diagram

2.2 零序网络分布

在电网中，由于各个变压器等电气设备的中性点接地的不确定性，因此在发生接地故障时的零序网络分布比较复杂。在跟运行单位核实了局部电网变压器中性点接地运行情况的基础上，我们拟制了

在 04#线路上发生 A、C 相接地故障时的零序网络分布示意图（如图 6 所示）。

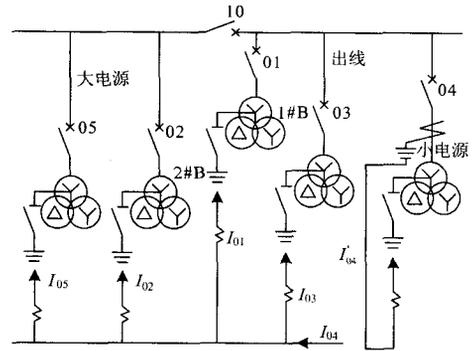


图 6 该站 1# 主变零序过流 I 段动作时的 110 kV 零序网络分布示意图

Fig.6 Station # 1 main transformer zero-sequence over-current action when I paragraph 110 kV distribution of zero-sequence network diagram

在示意图中，一部分零序电流通过 I_{04} 流向小电源系统，一部分通过 I_{04} 流向大电源系统。在 I_{04} 回路， I_{01} 流向该站 1# 变 110 kV 中性点， I_{02} 流向该站 2# 变 110 kV 中性点， I_{03} 流流出线变压器 110 kV 中性点， I_{05} 流向大电源变压器 110 kV 中性点。在正常情况下， I_{01} 和 I_{02} 接在同一个变电所的地上，大小值应基本相同。

2.3 主变保护动作行为分析

在零序网络分布图中， $I_{04}=I_{01}+I_{02}+I_{03}+I_{05}$ 。03#线路 CT 变比为 $300/5=60$ ，04#线路 CT 变比为 $600/5=120$ ，两台主变中性点零序 CT 变比为 $300/5=60$ 。计算发生接地故障时部分零序一次电流： $I_{04}=9.828 \times 120=1179$ A， $I_{01}=18.36 \times 60=1101$ A， $I_{03}=3.758 \times 60=225$ A。显然， $I_{01}+I_{03}=1101+225=1326$ A > 1179 A $= I_{04}$ ，这是不对的。在检查两台主变中性点零序 CT 时，发现 CT 抽头实取 $100/5$ ，与设计整定值 $300/5$ 不符。这样，进入到该站主变保护中的二次零序电流就比设计值增大了 3 倍。保护的灵敏度提高了，就有可能引起保护误动作。譬如，2006 年 5 月 26 日 18: 28, 01 零序过流 I 段动作，动作量 $I_0=7.61$ A，整定值为 $I_{dz}=5$ A，如果在 CT 变比抽头正确的话，那么 $I_0=7.61/3=2.53$ A < 5 A $= I_{dz}$ ，主变零序保护就不会误跳闸了。

在同样的运行方式和条件下，2#主变零序保护为什么会不动作呢？现场通过在中性点 CT 的二次抽头处对保护施加电流，保护中采样电流与测试电流相符，且保护动作特性正常，可以确定保护是没问题的。检查两台主变中性点接地网处对土壤阻值时

发现: 1#变 $X_{01}=0.18 \Omega$, 2#变 $X_{02}=1.48 \Omega$, 2#变超出国家关于变电所各接地点对土壤阻值不大于 0.5Ω 的标准。由于 X_{01} 和 X_{02} 并联接在变电所地网上, 假设该站变压器 110 kV 中性点对地零压为 $3U_0$, I_{01} 和 I_{02} 为接地故障时流向两台主变中性点实际的一次零序电流, 则以下公式成立

$$3U_0 = X_{01} \times I_{01} = X_{02} \times I_{02},$$

即有: $0.18 \Omega \times 1101 \text{ A}/3 = 1.48 \Omega \times I_{02}$, 可计算出 $I_{02} = 44.6 \text{ A}$

在 CT 变比为 100/5 的情况下, 2#主变保护中的零序电流为 $44.6/20=2.23 \text{ A}$, 小于保护定值, 因此 2#变零序保护不会动作。即使在 2#主变已超过绝缘能力的情况下, 保护仍有可能不符合动作条件而拒动作, 从而进一步引起上一级保护设备跳闸。

3 结论及反措建议

3.1 结论

此次事故发生后, 我们和运行单位经过认真检查分析后认为: 04#线路发生 A、C 接地故障, 由于线路 CT 极性接反, 线路保护不动作, 进一步引起上一级保护设备该站 1#主变零序保护动作跳闸; 另外, 在同样运行方式条件下, 由于 2#变中性点对地土壤阻值严重超出国家标准, 2#变零序保护未能动作跳闸。

3.2 反措处理

通过此次事故的分析处理, 发现一些影响电网安全运行的缺陷, 实施了以下反事故处理措施:

(1)调整了 04#线路 CT 极性, 使其正确。

(2)调整了 2 台主变中性点 CT 变比, 使其符合设计变比要求。

(3)建议运行单位在以后的大检中, 实施对 2#变中性点接地网处对地土壤阻值严重超标的情况进行处理, 使其符合国家标准。

参考文献

- [1] 王维俭. 发电机变压器继电保护整定计算例 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [2] 王梅义. 电网继电保护应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [3] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护典型故障分析 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [4] 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, 1995.
- [5] 夏道止. 电力系统分析 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1989.
- [6] 贺家李. 电力系统继电保护原理(增订版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

收稿日期: 2008-11-04; 修回日期: 2009-03-27

作者简介:

李敏霞 (1968-), 女, 工程师, 从事继电保护产品设计和调试; E-mail: yuanwenjia@sohu.com

袁文嘉 (1971-), 男, 工程师, 从事继电保护产品设计和调试;

席小娟 (1978-), 女, 助理工程师, 从事继电保护产品设计和调试。

(上接第 155 页 continued from page 155)

- [7] 朱韬析, 欧开健. 逆变侧送极控主系统直流电压测量结果影响分析(二) [J]. 南方电网技术录用
ZHU Tao-xi, OU Kai-jian. Analysis of the Influence on HVDC Transmission System of DC Voltage Measurements of Master Pole Control System at the Inverter Side: II [J]. Southern Power System Technology, processing.
- [8] 朱韬析, 王超. 浅析天广直流输电系统的基本控制策略 [J]. 电网技术, 2007, 31 (21): 22-25.
ZHU Tao-xi, WANG Chao. Analysis of the Basic Control Technique Used in Tian-Guang HVDC Transmission System [J]. Power System Technology, 2007, 31 (21): 22-25.

- [9] 朱韬析, 欧开健. 天广直流输电系统直流零电流保护动作原因分析 [J]. 南方电网技术录用.
ZHU Tao-xi, OU Kai-jian. Analysis of Action of DC Zero Current Protection in Tian-Guang HVDC Transmission Project [J]. Southern Power System Technology, processing.

收稿日期: 2008-11-30

作者简介:

朱韬析 (1980-), 男, 硕士, 工程师, 目前从事直流输电运行维护工作; E-mail: taoxi_zhu@hotmail.com

欧开健 (1974-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为直流系统仿真、交直流电力系统仿真分析。