

区外故障引起 500 kV 主变纵差保护误动的分析

蒋琛, 严鹏志, 喻建, 叶渊灵
(江苏方天电力技术有限公司, 江苏南京 211102)

摘要: 介绍一起因区外单相故障引发的 500 kV 自耦变压器纵差保护误动事故, 从此类型国外纵差保护原理入手, 分析了误动原因, 并对同类型的主变纵差保护在电网中的应用提出建议。

关键词: 自耦变压器; 纵差保护; 误动; 极性; 电流互感器

中图分类号: TM772

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2015)05-0012-03

在超高压电力系统中, 自耦变压器与同容量的普通变压器相比, 具有材料省、造价低、损耗小、重量轻及便于运输等优点, 因而得到了广泛的应用^[1]。对于工程运用中最为广泛的 Y/Δ-11 接线方式变压器而言, 如 Y 侧采用中性点接地方式时, 当 Y 侧发生区外接地故障时, Y 侧差动电流互感器将感受到零序电流, 而 d 侧差动电流互感器不会感受到零序电流。当流入保护装置各侧电流互感器采用 Y 型接线时, 如果不采取零流补偿措施, 区外接地故障时将易造成变压器纵差保护误动等现象^[2]。国产变压器保护一般采用自产零序的方式通过算法对零序电流进行消零补偿。而某火电厂变压器采用国外西门子变压器保护(保护型号为 7UT635), 按双重化配置原则配置了 2 套主变保护装置, 采用外接零序 TA 的方式对零序电流进行消零补偿。在一次区外故障中主变纵差保护动作, 跳开变压器各侧断路器, 造成机组停机。结合国外纵差保护装置原理, 分析事故中纵差保护误动原因, 并对此类型纵差保护的在电力系统中得应用提出改进建议。

1 事故经过

某电厂一次电气接线如图 1 所示。事故前, 厂内 4 台机组带负荷正常运行, 500 kV 开关站及 4 条 500 kV 线路正常运行。2013 年 7 月 20 日中午 12 点 30 分, 送出线 III 因线路上遭受雷击发生 A 相瞬时接地故障, 线路保护正确动作, 但同一时刻造成不同串 G1 机组主变 2 套主变差动保护均动作出口, 造成机组跳闸, 机组甩负荷保护动作。

2 动作行为检查

调取西门子发变组保护管理机故障信息, 由主变差动保护装置动作报告可知, 当发生故障时, 主变差动保护显示 A、B、C 三相差流均为 $3.56I_N$ 左右, 查主变铭牌参数得知额定电流 I_N 为 830 A, 所以故障时刻差动电流一次值为 2955 A。

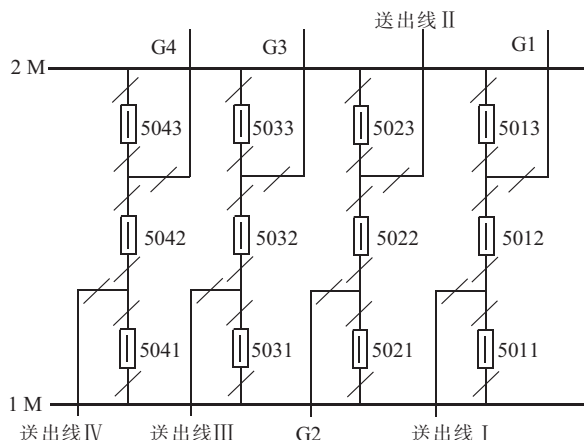
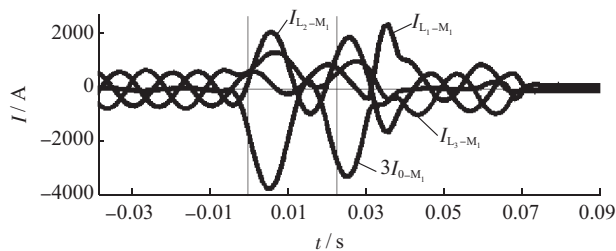
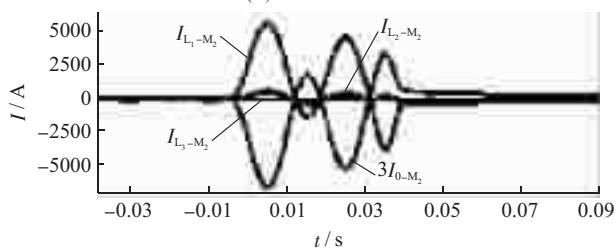


图 1 事故时某电厂系统接线方式

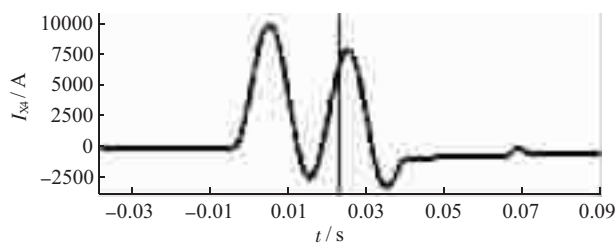
调取主变差动保护装置录波图如图 2 所示, 其中 M1 为 5013 开关电流, M2 为 5012 开关电流, I_{X4} 为外接主变中性点零序电流。



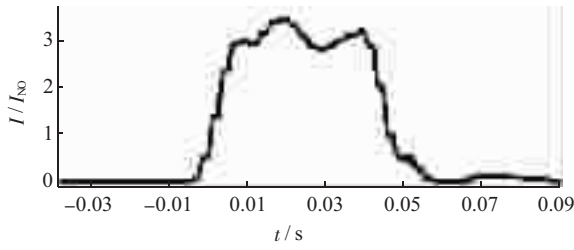
(a) 5013 开关电流



(b) 5012 开关电流



(c) 主变中性点电流



(d) 主变差动电流

图2 保护装置内部故障波形

由于该次故障为区外故障,在出现大电流及不平衡电流的情况下,差动保护不应该动作。考虑到是区外单相接地引起的主变差动保护误动,故重点怀疑主变差动保护消除零序功能是否正确。

3 保护原理以及动作原因分析

西门子变压器差动保护配置了零序电流补偿功能,共有两种零序补偿原理。

第一种方式是采用内部补偿方法(如图3所示),即不采用其他措施仅采用矩阵计算来消除零序电流。

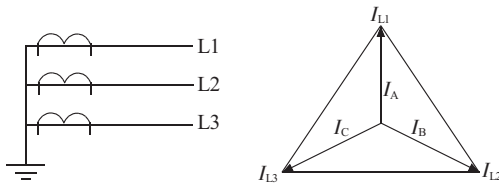


图3 第一种方法接线

主变差动电流计算按如下公式计算^[3]:

$$\begin{pmatrix} \dot{I}_A \\ \dot{I}_B \\ \dot{I}_C \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{I}_{L_1} \\ \dot{I}_{L_2} \\ \dot{I}_{L_3} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中: $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ 为折算后的三相差流; $\dot{I}_{L_1}, \dot{I}_{L_2}, \dot{I}_{L_3}$ 为Y侧三相电流。这样消除后,可防止区外接地故障时误动,但区内接地故障时差动保护灵敏度会降低,但不会影响保护的動作。

第二种方式是采用外部补偿方式(如图4所示)。

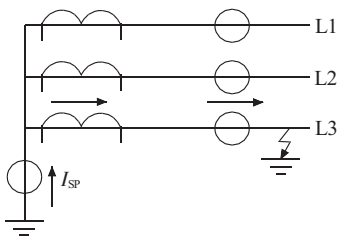


图4 第二种方法接线

采用将附加的中性点电流互感器上的电流引入矩阵的措施来处理零序电流,适应于差动保护范围内变压器中性点接地的情况,但差动保护范围内的中性点接地点上必须装有电流互感器才有此功能。该方法既

可以在区外接地故障时消除零序电流,又可保证在区内接地故障时差动保护灵敏度不降低。

采用外接零序电流补偿方式时,主变差动电流按如下公式计算:

$$\begin{pmatrix} \dot{I}_A \\ \dot{I}_B \\ \dot{I}_C \end{pmatrix} = 1 \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{I}_{L_1} \\ \dot{I}_{L_2} \\ \dot{I}_{L_3} \end{pmatrix} + \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \dot{I}_{SP} \\ \dot{I}_{SP} \\ \dot{I}_{SP} \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中: \dot{I}_{SP} 为主变中性点外接零序电流。当区外发生接地短路时,Y侧电流中的正、负序分量与d侧校正电流中的正、负序分量平衡,Y侧电流中的零序分量与中性点零序电流 $\dot{I}_{SP}/3$ 大小相等,极性相反,两者抵消,零序电流的影响被消去,提高了差动保护的可靠性。

当区内发生接地短路时,Y侧电流中的零序分量与中性点零序电流 $\dot{I}_{SP}/3$ 的和即为接地短路点零序电流的1/3,从而增大了差动电流,提高了差动保护反应区内接地短路的灵敏度。

但采用外部零序电流补偿方式时,必须保证零序TA的极性和实际接线一致,否则,当区外发生单相接地故障的时候,保护装置将会误动作^[4]。

在保护设定正确的情况下,保护装置高压侧测量到的 $3I_0$ 和中性点零序电流应该是同相位的。如果零序TA电流输入 I_{X4} 极性与实际接线相反的话,该零序电流将会叠加到保护装置计算得到的差动电流上,从而引起差动保护误动作。

现场保护装置相关设定如表1所示,M1、M2和 I_{X4} 的极性均指向变压器,即当区外发生接地的時候,M1+M2的二次电流 $3I_0$ 和 I_{X4} 的二次电流应该是反向的。

表1 现场保护装置相关设定

序号	设定值描述	设定值	说明
1211A	Diff-prot with meas. Earth current S1	YES	采用实际测量零序电流进行补偿
0511	CT-STNPNT M1 indir of object	YES	M1侧TA极性指向变压器
0521	CT-STNPNT M2 indir of object	YES	M2侧TA极性指向变压器
0741	Earthingelectro d I_{X4} connected to	Terminal P7	I_{X4} 零序电流输入的极性指向变压器

对图2进行分析,M1和M2侧 $3I_0$ 为一次电流的相位,和二次电流 $3I_0$ 比较是为反相的(由于0511和0521设定为YES)。因而,录波文件中的 I_{X4} 波形和M1及M2侧的 $3I_0$ 波形应该为同相位。

从保护装置录波文件可以看到,M1和M2的零序电流 $3I_0$ 和 I_{X4} 电流相位是相反的,因而可以判定保护装置 I_{X4} 的极性与现场TA接线是相反的。即主变高压侧自产零序电流与中性点外接零序电流相差180°。

I_{X4} 的有效值显示约 6 kA, 而根据录波图中的差流波形显示, 差动电流约等于 $3.55 I_n$ (2955 A)。根据零序电流补偿的计算公式, 如果是由于零序电流极性反相而引起的差动电流, 计算得到的差动电流应该为 $2 \times 1/3 I_{X4}$ (4000 A)。由此可见, 录波图中的 I_{X4} 有效值和差动电流计算得到的零序电流有一定误差。

如图 5 所示, 对 I_{X4} 波形进行谐波分量分析, 直流分量电流约为 2.5 kA, 工频分量电流约为 2.8 kA, 二次谐波分量约为 1.5 kA, 可见里面含有较大的直流分量。

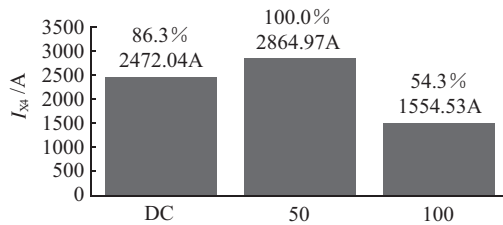


图 5 中性点外接零序电流谐波分量分析

从图 2 可以看出, I_{X4} 的第一个峰值和第一个谷值的绝对值相加约为 10.4 kA, 假定交流分量并未衰减, 则此时的 I_{X4} 交流分量有效值约为 3.53 kA, 这个值与差动电流计算得到的零序电流值大致相等。因而可以得出, 保护装置在差动电流计算值时先将直流分量滤波后再进行差动电流计算。

由上述分析可知, 此次主变差动保护动作原因是外接零序电流 i_{sp} 的极性与装置所需的零序 TA 电流输入极性相反。当外接零序电流的极性取反情况下, 零序电流不但不能补偿差动电流, 反而会叠加到保护装置计算得到的差动电流上, 这样在区外故障时将会有 $2/3 i_{sp}$ 的差动电流, 从而会引起差动保护误动作。

4 结束语

基于西门子主变差动保护零序补偿原理, 通过对案例进行详细分析, 找出问题并提出解决方法, 该方法

对解决类似变压器差动保护问题有很好的借鉴意义, 能够有效的保障变压器安全运行。当主变差动保护采用外部补偿方式情况下, 必须保证外接零序 TA 的极性和保护计算零序电流的方向一致。否则, 当区外发生单相接地故障的时候, 保护装置将会误动作。但外接零序电流 i_{sp} 的极性一般很难确定, 在常规火电厂启动方案中, 均不验证零序电流极性。如需确定, 则必须在整套启动时在主变高压侧单相接地, 利用发电机零序电流来确定。根据“华东继电保护 2012 整定方案”要求: 采用微机比率制动的主变(发变组)差动保护应按电调 (2002)60 号文精神将主变差动保护的整定值适当提高(如取 $0.6 \sim 0.8 I_N$)。如文中提到的西门子保护可整定为 $0.8 I_N$ 。现场整定人员也可以根据实际情况(如采取现场实测不平衡电流等方法), 适当抬高主变差动保护的启动值, 减少变压器误动概率。

参考文献:

- [1] 许彦, 赵立飞, 童伟. 500 kV 自耦变压器单相短路电流的限制效果分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(2): 15-17.
- [2] 袁宇波, 李鹏, 黄浩声. 变压器差动保护误动原因分析及对策综述[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(6): 8-11, 14.
- [3] 马宏忠, 方瑞明, 王建辉, 等. 电机学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 58-61.
- [4] 丁网林, 骆健, 刘强. 零序电流对数字变压器差动保护 Y,d 矢量变换的影响及对策. 电力系统自动化, 2004, 28(5): 56-58.

作者简介:

- 蒋琛(1981), 男, 江西鹰潭人, 工程师, 从事电力系统继电保护、大型火力发电机组调试等工作;
- 严鹏志(1988), 男, 江苏南京人, 助理工程师, 从事大型火力机组调试等工作;
- 喻建(1987), 男, 江苏南通人, 助理工程师, 从事大型火力发电厂机组调试等工作;
- 叶渊灵(1989), 男, 江苏南京人, 助理工程师, 从事大型火力发电厂机组调试等工作。

Analysis of 500 kV Main Transformer Longitudinal Differential Protection Malfunction Caused by External Fault

JIANG Chen, YAN Pengzhi, YU Jian, YE Yuanling

(Jiangsu Frontier Electrical Power Technology Co.Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: A 500 kV autotransformer longitudinal differential protection malfunction caused by an external single phase fault is introduced in this paper. The Differential protection principles of the imported equipment are studied, and the reasons for the malfunction are analyzed. Improvement recommendations is presented for similar protection devices in the power grid.

Key words: autotransformer; longitudinal differential protection; malfunction; polarity; current transformer

欢迎投稿 欢迎订阅