

浅析励磁涌流引起的主变差动保护误动

孔飘红, 余 彬, 韩荣杰

(萧山供电局, 浙江 萧山 311200)

摘 要: 主变空载投运时, 由于励磁涌流引起差动保护误动作时有发生。结合一起 110 kV 主变发生因励磁涌流引起的差动保护误动故障, 对励磁涌流的特性、保护误动作的原因、整定计算等方面进行了分析, 并就如何躲开励磁涌流的影响进行了探讨。

关键词: 主变; 差动保护; 励磁涌流; 二次谐波制动; 防误动

中图分类号: TM403.5

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2012)03-0016-03

Analysis on Misoperation of Differential Protection for Main Transformer Caused by Excitation Inrush Current

KONG Piao-hong, YU Bin, HAN Rong-jie

(Xiaoshan Power Supply Bureau, Xiaoshan Zhejiang 311200, China)

Abstract: When no-load main transformers are put in operation, misoperation of differential protection often occurs because of excitation inrush current. This paper analyzes the characteristics of excitation inrush current, misoperation causes of differential protection, setting calculation etc. based on the misoperation of differential protection for the 110 kV main transformer caused by excitation inrush current, and discusses the countermeasures to eliminate the influence of excitation inrush current.

Key words: main transformer; differential protection; excitation inrush current; secondary harmonic restraint; anti-misoperation

0 事故概况

某 110 kV 变电站的 1 号主变压器(简称主变)为西门子变压器有限公司生产的 SZ9-50MVA/110 kV 的两圈变压器, 配置了许继四方公司的 CST221B 系列差动保护。该主变于 2000 年 3 月投入运行, 分别于 2003 年、2006 年、2008 年预试合格, 保护装置面板和电源板于 2005 年进行过更换。

2010 年 9 月 11 日, 变电站按一线送一变正常方式运行, 由于系统故障导致 1 号进线失电, 110 kV 备自投动作, 跳开 1 号进线开关, 并合上 110 kV 桥开关。1 号主变因躲不过励磁涌流, 差动保护动作跳 1 号主变各侧开关, 10 kV 备自投重合成功。

1 变压器励磁涌流分析

变压器产生励磁涌流的原因是变压器铁心的严重饱和及励磁阻抗的大幅度降低。当变压器一次侧加上电压后, 电流和磁通都不可能发生突变, 而必须有一个过渡过程才能达到稳定状态。

当电压瞬时值为零时投入变压器, 铁心中的磁通 Φ 应落后电压 90° , 达到最大值 $-\Phi_m$ 值。此时铁心严重饱和, 励磁涌流达到最大值, 约 5~7 倍变压器额定电流。当电压为最大值时投入变压器, 铁心中的磁通为零, 就不会出现励磁涌流, 只有正常励磁电流。所以最严重的励磁涌流是发生在一相电压为零时合闸的瞬间。但对于三相变压器而言, 无论何时合闸, 至少有两相会出现不同程度的励磁涌流。

2 差动保护防励磁涌流原理

差动保护作为变压器的主保护,其整定值应躲过变压器在空载投运及外部故障后电压恢复时产生的励磁涌流。变压器差动保护中多具有变压器励磁涌流特征(包括幅值偏于时间轴一侧、二次谐波含量大、波形有间断角等)的制动特性,以躲过变压器励磁涌流对差动保护的影响。

微机差动保护所采用的励磁涌流闭锁方式(如二次谐波闭锁、波形判别闭锁等)还较不可靠,容易引起误动或拒动。目前二次谐波闭锁判据主要有以下5种形式^[1-2]:

(1)本相闭锁本相(分相制动):即本相电流中的二次与基波的比值大于整定值时,则闭锁本相差动保护。

(2)一相闭锁三相:即三相电流中任意一相电流中的二次谐波与基波的比值大于整定值时,就闭锁差动保护。

(3)最大比值闭锁:即按三相中最大二次谐波电流与三相中最大基波电流的比值大小来闭锁各相保护。

(4)三取二原则:综合利用上述3种电流闭锁形式,若三相差流中至少两相的二次谐波含量大于制动系数,判为励磁涌流;若三相中至少两相的二次谐波含量小于制动系数,判为内部故障。

(5)浮动门槛闭锁:即动态自适应二次谐波制动,不仅考虑励磁涌流中二次谐波与基波的幅值比例关系,还考虑二次谐波与基波的相角关系,在二次谐波与基波分量的相角差接近 0° 或 180° 时,将二次谐波制动的系数适当降低,而且自适应动态调整降低门槛值的时间。

许继四方公司的早期产品CST221B型主变保护采用了第1种判据作为其制动逻辑。其判据为:

$$I_{2w} \geq K_{XB} \times I_{1w}$$

式中: I_{2w} 为每相差动电流中的二次谐波; I_{1w} 为对应相的差流基波; K_{XB} 为二次谐波制动比例系数。各相分别闭锁本相的比率差动保护。

3 二次谐波制动分析

上述第1种闭锁逻辑存在的主要问题是:由于变压器空载投运(简称空投)时并不是每相电流

中的二次谐波与基波的比值都很大,这种闭锁方式在空投时容易引起保护的误动。第2种闭锁方式在空投时可靠性很高,但是如果空投前已经有故障,由于非故障相为正常的励磁涌流,二次谐波与基波的比值较大,这种闭锁方式很可能导致差动保护拒动。同时,在带有匝间短路的变压器空投合闸时,差动保护因非故障相的励磁涌流而闭锁,引起变压器匝间短路的延缓切除,可能导致变压器的严重损坏。第3种闭锁逻辑也存在与第1种闭锁逻辑相同的问题,即在空投时出现励磁涌流情况下,引起差动保护误动。对于三取二的闭锁方式,曾经汇集多组来自于现场空投误动数据进行分析,认为二次谐波制动不宜采用三取二方式,它无法保证空投时保护不误动^[2]。第5种浮动门槛闭锁方式根据基波与二次谐波之间的相位关系自适应调整二次谐波制动比,充分利用了涌流的幅值和相位信息,可大大提高二次谐波制动原理的性能,较前3种方式在空投时的可靠性有所提高。

通过以上的分析,可以列出上述5种二次谐波制动方式的优缺点,如表1所示。

表1 5种二次谐波闭锁方式的比较

二次谐波闭锁方式	空投可靠性	空投故障灵敏性
分相制动	低	高
一相闭锁三相	高	低
最大比最大	中	中
三取二	低	高
浮动门槛	高	中

4 事故原因分析

该变电站1号主变差动保护定值见表2。根据现场提供的1号进线的集中录波数据,对流经1号主变的励磁涌流特性进行定量分析。1号进线的电流波形如图1和图2所示。

对线路电流进行Y/ $\Delta 30^\circ$ 相位校正,得到校正

表2 1号主变差动保护定值

定值名称	定值
差动起动电流/A	0.43
二次谐波制动系数	0.2
比例制动系数	0.4
差动速断电流/A	13.12

后的电流波形及二次谐波百分含量如图 3-5 所示。

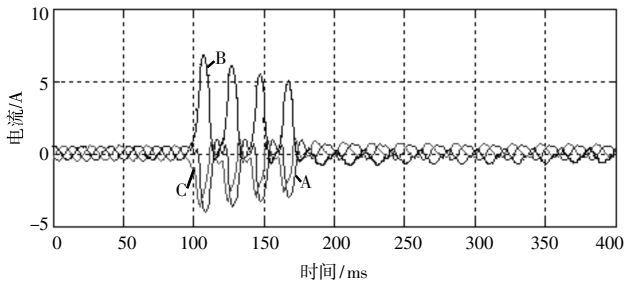


图 1 三相电流波形

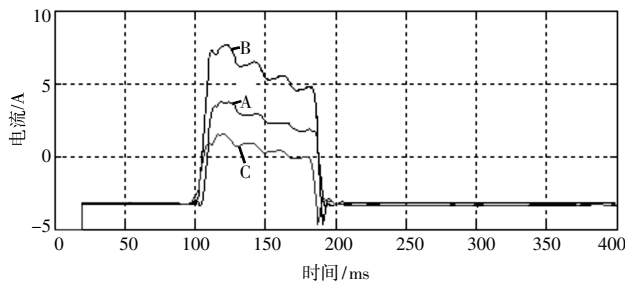


图 2 三相电流基波

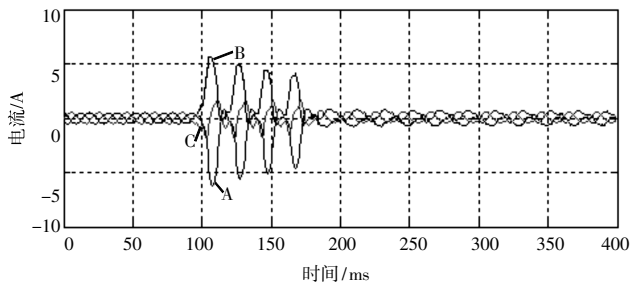


图 3 校正后的三相电流波形

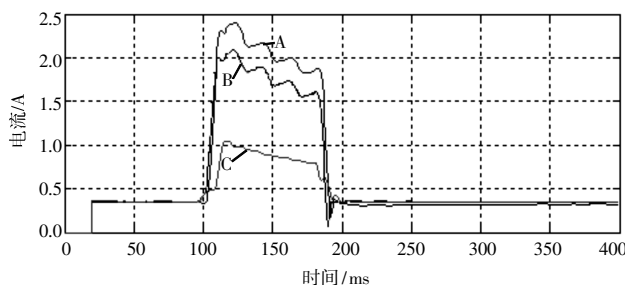


图 4 校正后的三相电流基波

由图 4 可见, C 相电流的基波幅值较小而二次谐波百分含量较大, A/B 相电流的基波幅值较大而二次谐波百分含量较小, 有小于 20% 的情况。由此可见, 在本次事故中流经 1 号主变保护

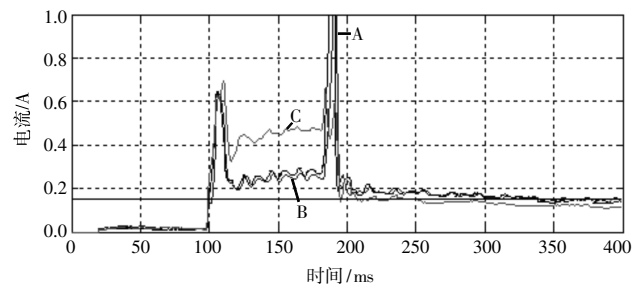


图 5 二次谐波百分含量图

的差动电流特性及保护动作行为如下: A/B 相差动电流幅值处于比率差动动作区内, 同时二次谐波含量小于二次谐波闭锁门槛定值(0.2), 满足差动保护的動作条件; 而 C 相因二次谐波含量始终大于二次谐波闭锁门槛定值, 闭锁 C 相差动保护, 因此与现场 A/B 相差动保护动作出口相吻合。

5 改进建议

(1)二次谐波制动系数定值设为 0.2, 其值较大, 在变压器空载投运时, 较易出现二次谐波难以闭锁差动保护的情况。建议将运行中的差动保护二次谐波定值进行适当调整。萧山电力局自 2006 年以来将新上主变差动保护二次谐波定值均设置为 0.15, 全局近百台差动保护二次谐波定值设为 0.15 的主变在空投时未发生过励磁涌流导致的差动保护误动作。

(2)在变压器空载投运时, 励磁涌流的二次谐波大小与合闸角有关。选择合适的合闸角, 也将减少励磁涌流的产生, 从而减少差动保护误动的可能性。国内外已有不少文献针对变压器抑制励磁涌流的控制合闸角策略进行分析, 找到了合闸角控制规律, 并通过实验验证了该策略的正确性^[3], 但离工程应用还有一定的差距。

6 结语

二次谐波制动的变压器差动保护应用效果是肯定的, 但是就二次谐波制动原理来说, 无论采用哪一种判据, 均存在不足。因此在实际应用中, 应该寻找新的原理和依靠辅助判据来弥补二次谐波制动原理的不足。比如在传统二次谐波制动的基础上增加相位特征判据^[4-5], 根据基波与二次谐波之间的相位关系自适应调整二次谐波

(下转第 49 页)

(上接第 18 页)

制动比,充分利用涌流的幅值和相位信息,提高变压器保护的综合性能。

参考文献:

- [1] 向阳,霍永锋,吴世和.变压器二次谐波闭锁比例制定差动保护[J].大众用电,2005(10):34-35.
- [2] 李艳艳.基于模糊识别的励磁涌流二次谐波改进原理[J].电力系统自动化,2008(13):62-66.
- [3] 李钜.Preisach 模型剩磁计算与抑制励磁涌流合闸角控

制规律[J].电力系统自动化,2006(19):37-41.

- [4] 吕珍.变压器差动保护二次谐波制动判据的仿真研究[J].继电器,2003(6):69-72.
- [5] 邵德军.改进型二次谐波励磁涌流制动方法[J].电网技术,2006(24):84-88.

收稿日期:2011-09-26

作者简介:孔飘红(1978-),女,浙江萧山人,工程师,从事电力系统继电保护工作。

(本文编辑:杨 勇)