

一起电抗器差动保护误动事故的分析 and 对策

包顺先¹ 韩安兵² 李辉²

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211111; 2. 国网泸州供电公司, 四川 泸州 646000)

摘要: 分析了一起在变压器低压侧投入并联电抗器时电抗器差动保护的动作为, 指出 CT 暂态饱和是引起差动保护误动的根本原因。电抗器差动保护采用比率制动特性和二次谐波闭锁, 在一定程度上可以防止 CT 饱和所引起的误动, 当电抗器相电流比较小、制动电流比较小时, 比率制动特性不能起到应有的作用。此外, CT 饱和后, 差流中二次谐波含量很低, 导致二次谐波闭锁失效。提出了一种利用差动电流的直流分量和基波分量的比值来修正差动电流的方法, 该方法可以有效地防止 CT 暂态饱和所引起的差动保护误动。理论和实践表明, 采用该方法后该电抗器再未发生投入电抗器的误动事故。

关键词: 电抗器; 差动保护; 暂态饱和; 误动

中图分类号: TM772 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)01-0053-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.01.012

Analysis on Mal-operation of Reactor Differential Protection and Its Strategy

Bao Shunxian¹, Han Anbing², Li Hui²

(1. NR Electric Co., Ltd, Nanjing 211111, Jiangsu, China;

2. State Grid Luzhou Electric Power Supply Company, Luzhou 646000, Sichuan, China)

Abstract: The behavior of reactor differential protection is analyzed when switching on shunt reactor at the low voltage side of transformer, and it is pointed out that CT transient saturation is the root cause of triggering mal-operation. Applying ratio-brake characteristic and second harmonic blocking can avoid mal-operation to a large extent, however, in the case of small phase current and small brake current, the ratio-brake characteristic cannot play its due function. Furthermore, after CT saturation, second harmonic in differential current is very low, which will cause second-harmonic blocking invalid. A new algorithm is presented to avoid mal-operation caused by CT transient saturation. This algorithm makes use of the ratio of DC and fundamental component to get a correction factor, and then get a corrected differential current. Theory and practice show that there is not any mal-operation of shunt reactor differential relaying since this new algorithm is applied.

Key words: shunt reactor; differential protection; transient saturation; mal-operation

0 引言

高压电抗器安装在超高压变电所的开关站里, 吸收超高压架空线路的容性充电功率, 可以起到降低工频暂态过电压和限制操作过电压的作用, 能提高系统稳定性, 减少线路中传输的无功, 提高输电效率; 还能降低工频稳态电压利于系统同期, 有利于消除同步电机带空载长线路可能出现的自励磁现象。低压电抗器通常分组装设于超高压变电所主变压器

的低压侧, 作用是维持无功平衡。当高压电抗器装设容量不足或装设高压电抗器有困难时, 装设低压电抗器可以起补足作用, 按无功平衡的需要进行分组投切, 运行灵活, 投入低压电抗器还可以抑制轻负荷时母线电压升高。

GB/T 14285-2006《继电保护和安全自动装置技术规程》规定: 对油浸式并联电抗器内部及其引出线的相间和单相接地短路, 纵联差动保护应瞬时动作于跳闸。对于纵联差动保护而言, 其关键问题是防止 CT 暂态饱和所引起纵联差动保护误动, 目前在工程上常用的方法是采用比率制动特性和二次

谐波闭锁。即便如此,仍时常发生因CT饱和而引起的误动事故,需要引起继电保护工作者的关注。下面主要讨论低压电抗器CT饱和所引起的差动保护误动问题。

1 分析

某500 kV变电站在变压器低压侧投入并联电抗器时,电抗器差动保护误动跳闸。该电抗器保护采用两折线比率制动特性,差动电流定值为1.0 A,拐点电流为4.0 A,比率制动斜率为0.5。二次谐波闭锁定值为15%。差动电流 $I_{cd} = |I_1 + I_2|$,制动电流 $I_{zd} = |I_1 - I_2|/2$,其中 I_1 为电抗器第1侧电流, I_2 为电抗器第2侧电流, I_1 和 I_2 均以指向电抗器为正方向。

图1和图2分别是电抗器保护装置所记录的电抗器两侧电流波形。可以看出,在投入电抗器后,三相电流含有明显的直流分量成分,第1侧电流波形比较正常,但第2侧A相和C相电流波形在150 ms开始直流分量迅速衰减,呈现出明显的CT暂态饱和的特征。经计算差动电流波形如图3所示。

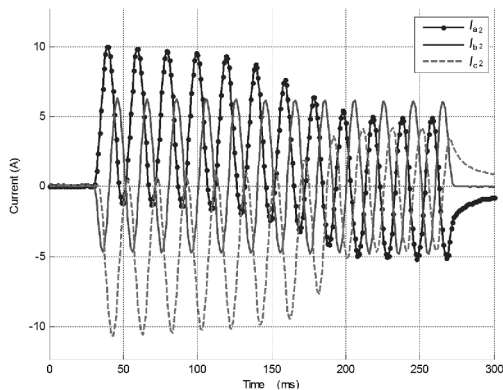


图1 电抗器第1侧三相电流

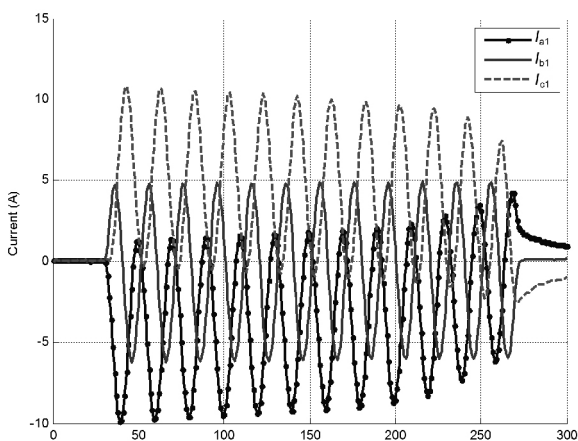


图2 电抗器第2侧三相电流

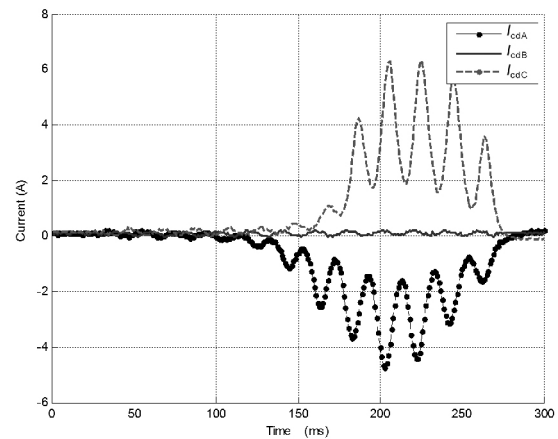


图3 电抗器三相差流波形

差动保护在215 ms判定A相和C相差动动作,并发出跳闸命令,在200 ms至250 ms期间,差动电流和制动电流的比率制动轨迹如图4所示,差动电流二次谐波含量如图5所示。在此时间范围内,差动电流二次谐波含量均小于15%,在215 ms时刻A相二次谐波含量为6.5%,C相二次谐波含量为11%,二次谐波未能闭锁差动保护。

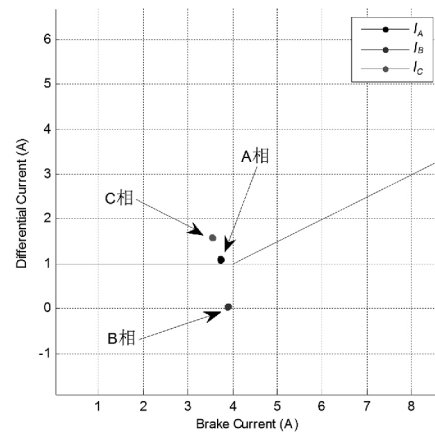


图4 三相差动电流比率制动轨迹

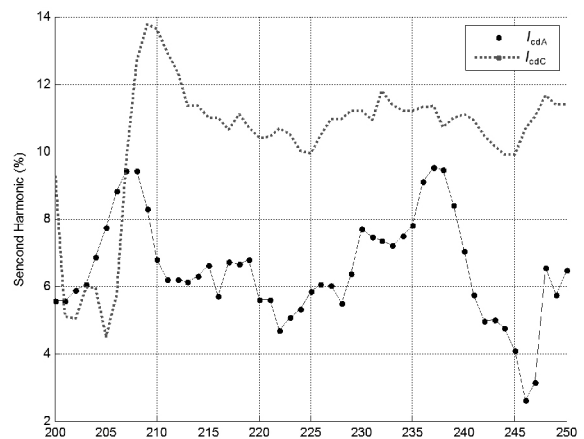


图5 A相和C相差动电流二次谐波含量

2 对策

避免 CT 饱和可能引起的保护误动一直是困扰差动保护可靠性的主要问题。本次事故表明采用比率制动特性和二次谐波闭锁仍难以有效地避免 CT 饱和引起的差动保护误动作,特别是在较小的制动电流情况下的 CT 饱和问题需要在保护算法上采取额外的补救措施。

从图 3 可以看出:在 CT 逐渐饱和的过程中,差动电流逐渐增大,且差动电流波形偏向时间轴的一侧,A 相和 C 相差流均符合这个特征。因此,提出如下补充判据:

$$\begin{cases} R = 1 + \left| \frac{I_{cd0}}{\sqrt{2}I_{cd1}} \right| (I_{zd} < 1.5I_{gd}) \\ R = 1 (I_{zd} \geq 1.5I_{gd}) \\ I'_{cd} = \frac{I_{cd}}{R} \end{cases} \quad (1)$$

式中: R 为差动电流修正系数; I_{cd1} 为差动电流的基波分量幅值; I_{cd0} 为差动电流的直流分量幅值; I_{zd} 为制动电流基波幅值; I_{gd} 为拐点电流定值; I'_{cd} 为修正后的差动电流,并以此进行差动保护判定。

所提判据在制动电流较大 ($I_{zd} \geq 1.5I_{gd}$) 的情况下取 $R = 1$,与常规差动保护判据相同。在制动电流较小情况下 ($I_{zd} < 1.5I_{gd}$) 对差动电流进行修正,直流分量越大 R 值越大, I'_{cd} 修正后的差动电流越小,避免差动保护误动作。采用该判据后,重新计算的本次误动事故比率制动轨迹如图 6 所示,修正后的差动电流变小,使得比率制动轨迹位于制动曲线下方,差动保护不会误动作。

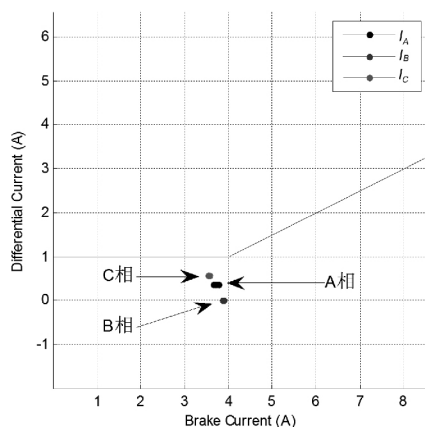


图 6 改进后的三相电流比率制动轨迹
根据上述算法,对电抗器差动保护装置进行了

改进,改进后再未发生电抗器差动保护的误动事故。

传统的比率制动特性很难避免电流幅值较小情况下的 CT 饱和引起的误动,特别是在差动电流门槛定值较小的情况下。较小的差动电流门槛定值虽然可以提高差动保护的灵敏度,但也降低了差动保护的安全性,容易引起保护误动作,在进行整定计算的时候需要综合考量。

由于一次系统运行和故障情形的多样性,单纯依靠保护装置自身的 CT 饱和闭锁判据以及比率制动特性本身对 CT 饱和的抵抗力很难适应所有情形下的 CT 饱和。对于传统的电磁式电流互感器,差动保护应尽量选取相同型号的 CT 以减少不平衡电流及 CT 饱和的影响。新型的电子式互感器不存在 CT 饱和问题,采用新型的电子式互感器才是彻底解决 CT 饱和问题的根本办法。

3 结语

目前,工程上普遍依靠比率制动特性和二次谐波闭锁来避免差动保护的 CT 饱和误动,该方法在电流幅值较小且发生 CT 饱和情况下,容易发生误动。通过一起电抗器差动保护误动事故的详细分析,指出小电流情况下 CT 暂态饱和是引起差动保护误动的根本原因,并提出了一种改进的差动保护算法,该算法利用差动电流中的直流分量与基波分量的幅值来确定修正系数,进而得到修正后的差动电流。理论和实践表明,使用该方法可以避免差动保护误动事故。此外,建议适当提高差动保护的差动电流门槛定值;采用电子式互感器,才能在根本上彻底解决 CT 饱和引起的差动保护误动问题。

参考文献

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [2] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京:中国电力出版社,1999.
- [3] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术(第三版)[M]. 北京:中国电力出版社,2005.

作者简介:

包顺先(1978),工程师、硕士,研究方向为电力系统无功功率补偿控制保护及柔性交流输电系统(FACTS);

韩安兵(1977),高级工程师、工程硕士,研究方向为电网调度运行管理。
(收稿日期:2017-09-22)