

差电流轨迹扫描法的研究

毛乃虎, 汪思满, 陈亚强, 刘赣宁

(国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 211100)

摘要: 针对母线区外故障 CT严重饱和时母差容易动作和区外故障转区内故障时存在流出电流而使得差动电流偏小母差不易动作的问题, 一般微机母线保护对这两种情况反应不够灵敏。对 SGB750数字式母线保护装置中采用的抗 CT饱和新原理——差电流轨迹扫描法进行了探讨。该原理抓住故障 CT传变特性, 快速有效判断出系统所发生的故障类型, 判据准确可靠。

关键词: 母线保护; 抗 CT饱和; 差电流轨迹扫描法

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2006)09-0073-03

0 引言

为更好地解决在系统发生各种故障, 特别是母线经过渡电阻接地、母线区内外故障 CT饱和、区外转区内故障以及各种故障发展等复杂情况下, 母线保护需可靠、快速、灵敏、准确反应系统^[1], 我们通过研究各种故障状态下电流波形, 结合母线保护领域内的理论研究成果、成功的现场运行实践经验, 提出一整套全新的母线差动保护判据, 该判据最大限度地不依赖电压判据, 以突变量电流和常规电流相结合的全电流判别方式, 采用差电流动态追忆法和差电流轨迹扫描法, 准确快速判别系统各种故障, 抗 CT饱和能力强, 区外故障 CT饱和保护可靠不动作, 区内故障 CT饱和、区外转区内故障保护则快速动作。

差电流动态追忆法主要针对母线发生区内故障时保护如何应对, 该方法在本文作者的另一篇论文《差电流动态追忆法的研究》中有详细介绍, 本文就不加描述。差流轨迹扫描法主要针对母线发生区外故障, 区外转区内故障及其他一些特征量不是很明显的故障。如果说差电流动态追忆法体现的是母线保护的快速性, 那么差流轨迹扫描法体现的就是母线保护的可靠性。

1 寻找差流间断点

当母线保护装置判出当前故障为区外故障或其他一些故障时, 由“差电流轨迹扫描法”对常规差电流的变化轨迹不间断地进行扫描监视, 采用数学方法逐点整形处理, 寻找“差流间断点”, 以判断系统是否发生区外转区内故障。

其中常规差电流又分为大差和小差, 根据母线

的多少就有多少对应的小差, 如果有两条母线以上, 则再多一个大差, 一条母线则无小差。比如说双母线就有两个小差和一个大差, 单母线则只有一个大差。小差即对应母线上所有投运支路同一时刻采样点的电流矢量和, 小差对应的制动电流即对应母线上所有投运支路同一时刻采样点的电流标量和。大差即母线上所有支路同一时刻采样点的电流矢量和(除去母联), 大差对应的制动电流即母线上所有支路同一时刻采样点的电流标量和(除去母联)。

差流轨迹扫描法的理论依据主要是:

- 1) 母线发生区外故障 CT未饱和时, 其不平衡电流很小, 达不到差电流动作门槛, 同时也不会超过比率制动量, 因此电流差动保护不会动作^[2]。
- 2) 母线发生区内故障时, 不论是否有支路 CT饱和, 其差电流连续无间断点, 差动保护将动作。
- 3) 母线发生区外故障 CT饱和时, 随着 CT饱和的加深差电流将大于动作门槛并有可能超过比率制动量, 但由于饱和 CT在一次电流过零点处至少有 2 ms的时间段能够正确传变^[3], 反映到差电流波形上为不连续有间断点存在。因此当“轨迹扫描法”检测到差电流有间断点时, 判系统发生区外故障 CT饱和, 从而有效地防止差动保护误动作。

判别差流波形中的间断点采用数字方法逐点整形处理。判据如下:

$$K_T = \left(\left| \sum I_{\phi T} \right| + \left| \sum I_{\phi(T-1)} \right| + \dots + \left| \sum I_{\phi(T-n)} \right| \right) / \left(\left| I_{\phi T} \right| + \left| I_{\phi(T-1)} \right| + \dots + \left| I_{\phi(T-n)} \right| \right)$$

式中: K_T 为 T 时刻某相差电流的制动系数, $\left| \sum I_{\phi T} \right|$ 为 T 时刻某相差电流值, $\left| I_{\phi T} \right|$ 为 T 时刻某相制动电流值。 n 一般取 3或 4, n 取的太少则 K_T 易受差流过零点的影响; 反之 n 取的太多则 K_T 易受饱和段差流的影响。在采样频率比较高的前提下(如大于 48

点采样) n 值越小越容易检测差流有无间断点, 其抗饱和和能力越强。

一个典型的区外故障 CT 饱和图如图 1。

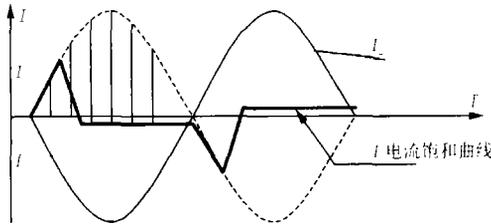


图 1 区外故障 CT 饱和图

Fig 1 CT saturated by external fault busbar operation

由图 1 可见在区外故障 CT 饱和时, 在一个周波内饱和支路 I_1 总有正确传变的一段时间, 反映在差流波形上为总有一段时间差流幅值较小, 故在某一计算段内, 当 K_T 小于设定门槛 K_{jdd} 时, 即判为有间断点, 此时的差流是由区外故障 CT 饱和所引起, 保护装置可靠不动作。而对于区内故障时, 考虑最严重情况下两条故障线路电流相位相差 60° 时, K_T 的值仍大于 K_{jdd} , 故区内故障保护装置能可靠动作。

2 快速谐波制动

快速谐波制动判据为一种数学解析方法, 可在 5ms 的时间内滤掉直流和基波分量, 快速反映差电流中各次谐波分量水平 D_T 。

$$D_T = 0 \cdot (\text{直流分量}) + 0 \cdot \sin(t) + 1 \cdot 0 \cdot \sin(2t) + 2 \cdot 2 \cdot \sin(3t) + 3 \cdot 1 \cdot \sin(4t) + 3 \cdot 2 \cdot \sin(5t) + 2 \cdot 5 \cdot \sin(6t) + 1 \cdot 2 \cdot \sin(7t) + 0 \cdot 19 \cdot \sin(8t)$$

当差流是由于区外故障 CT 饱和所引起时, 差流中基波量很少, 而谐波量很多, 故 D_T 一般都大于设定门槛 D_{jdd} 。而差流是由于区内故障所引起时, 即使故障时有 CT 饱和其基波量仍远多于谐波量, 故 D_T 一般都小于设定门槛 D_{jdd} 。由于快速谐波制动属于母线故障判别的一个辅助闭锁条件, 为防止误闭锁, 故其与波形识别相结合判别且 D_{jdd} 一般取较小值。

3 波形识别

我们知道对于一个正常的电流波形, 如图 1 中支路 I_2 , 在一个周波内波形特点为至少两个过零点, 幅值有正有负, 变化频率在 50Hz 左右。下面看一个空充主变时的录波图, 如图 2。

图中 x_{c2} 为 II 母小差, z_{d2} 为 II 母制动电流, I_{c2} 为主变的 C 相, I_{lc} 为母联的 C 相, 试验项目为通过合母联对主变单元空充。由图 2 可见空充主变时, 主

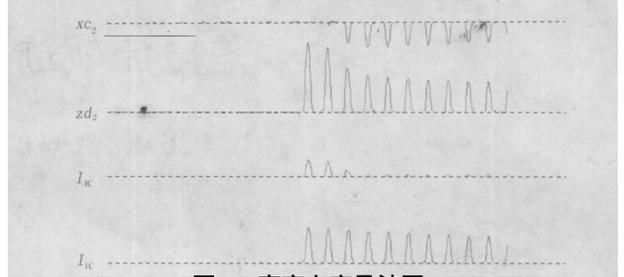


图 2 空充主变录波图

Fig 2 Charge by empty transformer scheme

变与母联支路都叠加了直流分量和谐波分量, 由于这两条支路的 CT 对直流和谐波分量的衰减不一致而造成差流的出现。从波形上看差流只有负半波 (母联电流对于 II 母要取反) 而几乎没有正半波。

为防止各种 CT 饱和有可能造成的对装置动作行为的影响, 在母线保护中增加波形识别的判据如下:

- 1) 在一个周波内, 电流波形必须有至少 2 个过零点。
- 2) 在一个周波内, 电流波形必须有正有负, 且要达到一定的比值。
- 3) 在一个周波内, 谐波分量水平 D_T 必须小于 D_{jdd} 。

当以上三点均满足时, 该电流波形即为一个正常波形, 否则为不正常波形并闭锁母线保护。

4 原理综述

设 J_T 为 T 时刻的差电流间断点, D_T 为 T 时刻的谐波分量水平, t 为判别时间区间, 则 $J_T = F(K_T, D_T, B_T, t)$, 该式表示“间断点 J_T 是制动系数 K 、谐波分量水平 D 、波形识别水平 B 、判别时间区间 t 的函数, 其主要含义为:

如 T 点满足如下 4 个条件:

- 1) $F(K_T) < K_{jdd}$
 K_T 为 T 点的制动系数, K_{jdd} 为设定门槛。
- 2) $F(D_T) > D_{jdd}$
 D_T 为 T 点的谐波分量水平, D_{jdd} 为设定门槛。
- 3) $F(B_T) > B_{jdd}$
 B_T 为 T 点的波形识别水平 (B_T 值越小对应波形越好), B_{jdd} 为设定门槛。
- 4) $T_T < T < T_T + t$

则 T 点判为差电流“间断点 J_T ”。

若差电流波形中无“间断点 J_T ”, 则判别系统发生母线区内故障, 程序转入“出口跳闸判据”; 当检测到差电流波形中有“间断点 J_T ”, 则判别系统发生

区外故障 CT饱和,保护装置将重复上述“差电流轨迹扫描法”扫描监视,直至差电流消失。

由于差流间断点的判别很大程度上降低了区外故障时母线保护对制动系数的依赖,故 SGB750 数字式母线保护装置中取消了制动系数的用户整定,而取固定值 0.3,这也使得 SGB750 数字式母线保护装置在区外故障转区内故障同时存在流出电流而使得制动系数偏小时也容易动作,而传统母差则不易动作。

5 结语

在全新的 EDP-01 嵌入式系统平台基础上,成功开发研制的 SGB750 系列数字式母线保护装置采用差电流轨迹扫描法原理和其他保护原理,经全面的静态、动态模拟试验项目及系统试运行考核,该原理技术性能优异、抗干扰能力强,可广泛适用于超高压及以下各电压等级的母线保护。

参考文献:

[1] DL400-91, 继电保护和安全自动装置技术规程 [S].

DL400-91, Technical Regulations of Relay and Safety Auto Instrument[S].

[2] 王春生,卓乐友,艾素兰. 母线保护 [M]. 北京:中国电力出版社,1987.

WANG Chun-sheng, ZHUO Le-you, AI Su-lan Busbar Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1987.

[3] 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.

ZHU Sheng-shi Principle and Technique of High-voltage Power Relaying [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1995.

收稿日期: 2005-10-14; 修回日期: 2005-11-22

作者简介:

毛乃虎 (1975 -),男,工程师,从事微机母线保护的软件开发; E-mail: mnh@sac-china.com

汪思满 (1972 -),男,工程师,从事微机母线保护的软件开发;

陈亚强 (1963 -),男,高级工程师,从事微机母线保护的整体规划及管理工作。

Analysis of differential track scanned theory

MAO Nai-hu, WANG Si-man, CHEN Ya-qiang, LU Gan-ning
(Guodian Nanjing Automation Co., Ltd, Nanjing 211100, China)

Abstract: This paper proposes the problem that busbar protection with easy operation when CT seriously saturated by external fault busbar operation and the problem that busbar protection with hard operation caused by the decrease of the differential current which results in the flowing current when the fault location from the external zone to the internal zone. General microprocessor-based busbar protection devices can't distinguish them rapidly. In SGB750 digital busbar protection, the discussion is based on new CT anti-saturation theory—differential track scanned theory. The protector theory depends on the changes of the current transformer fault characteristics which can distinguish the power system internal fault rapidly and effectively. The data is correct and reliable.

Key words: busbar protection; CT anti-saturation; differential track scanned theory

三峡右岸电站发变组保护系统第二次设计联络会召开

2006年4月17日至19日,三峡右岸电站发变组保护系统第二次设计联络会在许继公司召开,三峡总公司机电工程部、三峡电厂、梯调中心、长江水利委员会勘测规划设计研究院等相关部门人员和许继电气公司相关人员15人出席。

在本次联络会上,与会各方对第一次联络会的遗留问题进行了认真的分析,在20Hz定子接地灵敏度分析、轴电流保护方案、隔离开关缺相保护方案等方面进行了深入探讨,并提出相应的解决方案。与会代表对许继公司在电力保护产品的技术水平和生产能力方面给予了充分肯定。