

差流动态追忆法的研究

毛乃虎, 康 丰, 唐治国, 张澄宇

(国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 211100)

摘要: 母线保护中存在母线经高阻接地故障易导致差流特性不明显和母线区外故障易造成电流互感器严重饱和的现象。针对此在 SGB 750 数字式母线保护装置中采用了突变差量电流快速启动及常规差电流慢速积分启动的双启动原理来区分检查各种特性的差流; 采用差流动态追忆法抗区外故障电流互感器饱和, 通过提取差流的突变量值和对饱和拐点进行分析以区分区内、外故障。大量的动态模拟试验证明, 这 2 个原理能抓住故障电流互感器传变特性, 快速有效地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; 双启动原理; 差流动态追忆法

中图分类号: TM 773

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)12-0029-03

为更好地解决系统发生的各种故障, 特别是母线经高阻接地故障、母线区内、外故障并发生严重电流互感器(TA)饱和、区外转区内故障及各种故障发展等复杂情况下, 母线保护能可靠、快速、灵敏、准确反应系统^[1-2], 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, 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 TA 饱和能力强, 区外故障 TA 饱和保护可靠不动作, 区内故障 TA 饱和、区外转区内故障保护快速动作。

1 双启动原理

SGB 750 系列数字式母线保护装置采用分相式完全电流差动保护原理, 针对电力系统各种不同故障类型的故障特征, 设置突变量差电流快速启动及常规差电流慢速积分启动双启动方案, 使得在区内金属性接地故障时保护能快速启动, 在经过渡电阻接地时保护由慢速积分启动, 确保动作判据的灵敏度。

一般微机母线保护中都有快速启动, 而缺乏慢速启动^[3-4]。且一般微机母线保护中制动系数的取值通常为 0.6~0.8(复式比率制动系数可相应折算)^[5]。高比率制动系数主要为防止区外故障时 TA 严重饱和却使得母线发生高阻接地故障时动作缓慢甚至不动作。由于 SGB 750 数字式母线保护装置中采用大量新原理使得抗 TA 饱和对制动系数的要求大幅降低, 故制动系数的取值一般为 0.3, 有效地解决了母线发生高阻接地时差流的制动系数 K 普遍较小的难题。一般典型的经高阻接地的连续录波数据中差流的制动系数 K 普遍小于 0.6。

突变量差电流快速启动主要判据为

$$|\sum \Delta I_d| \geq I_{op1}, \Delta K_{res} \geq K_1$$

式中 $|\sum \Delta I_d|$ 为差电流变化量, 等于各连接单元电流变化量和的绝对值; I_{op1} 为快速启动差电流门槛值; ΔK_{res} 为差电流变化量与制动电流变化量的比值, 其中制动电流变化量等于各连接单元电流变化量绝对值之和; K_1 为快速启动制动系数设定值。

常规差电流慢速积分启动主要判据为

$$\sum |I_d| \geq I_{op2}, K_{res} \geq K_2$$

式中 $\sum |I_d|$ 为常规差电流积分; I_{op2} 为常规差电流动作门槛值; K_{res} 为常规差电流与制动电流的比值; K_2 为常规制动系数设定值。

差动保护的動作特性

曲线如图 1 所示, 其中 I_d 为差流, I_r 为制动电流, I_{dmin} 为差流门槛。

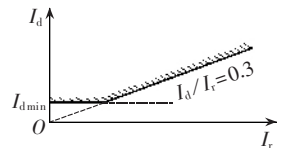


图 1 差流保护动作特性图
Fig.1 Action characteristic of differential current protection

突变量差电流快速启动与常规差电流慢速积分启动主要有 2 点不同: 其一为差流值, 突

变量差流为差流变化值, 其计算数据窗短、反应灵敏, 常规差流为一个积分值, 其计算数据窗较长、反应不够灵敏; 另一个为制动系数, 突变量差流中 ΔK_{res} 为突变差流除以突变制动电流, 突变制动电流不受负荷电流和各源支路电势角差的影响, 从而 ΔK_{res} 具有快速、灵敏的特点, 常规差流中 K_{res} 为常规差流除以常规制动电流, 常规制动电流中包含了负荷电流, 故 K_{res} 灵敏度远小于 ΔK_{res} ^[6-7]。

同时, 为提高差动保护的安全性, 采用突变量电流差动判据与常规电流差动判据有机结合的方式, 则更为合理、可靠。

对于金属性接地故障或故障电流较大的故障可直接启动突变量差电流快速启动元件, 此元件动作

后,采用差电流动态追忆法对出现的突变量差电流的形成和发展过程进行追忆判别,以确认发生的故障类型,区外故障 TA 饱和和母线保护可靠不动作,而区内故障则快速动作,不受 TA 饱和影响。

对于其他由各种原因引起的突变量不明显的差流可启动常规差电流慢速积分启动元件,此元件动作后,采用差电流轨迹扫描法对出现的常规差流进行判别,以确认其故障类型。差电流轨迹扫描法不在本文中详述,请参看其他文献。

2 差流动态追忆法的依据

当电力系统发生故障时,可以采用正常运行系统叠加故障系统来分析^[8],对于故障系统,等同于在故障点叠加一个电势的变化量,当为金属性接地故障时,电势的变化量就是该点原有电压,而发生电阻接地时,电势的变化量就只是该点原有电压的一部分,假设故障系统其余无电源点,同时对同一电力系统,各支路的正、负、零序的阻抗角大致分别相同,所以各支路的突变量电流具有较好的一致性,在电流突变量差动瞬时值计算的公式中,区内故障的平均制动系数 K 值可以取 0.7 以上的较高值,同时由于减去了负荷电流分量,故障特征更明显。

在正常运行时,存在着不平衡的电流变化量,但是对一段正常运行的母线,如电流变化量较大,则电流变化量差电流和电流变化量制动电流之比 X 应该是较小的值,但是,在电流变化量较小时,由于采样和计算的误差,电流变化量差电流和电流变化量制动电流之比 X 可能离散值较大,不足以作为计算依据。

当系统发生故障,快速启动元件发现较大差流,电流变化量差电流和电流变化量制动电流之比 X 大于 0.3 的值,且满足启动的其他条件时装置启动,差流动态追忆法将以突变量差流发生时刻的短路水平,追踪突变量差流的形成和发展过程,从而避免正常运行的不平衡电流和负荷波动对判别的影响。

3 差流动态追忆法的判据

假设快速启动时刻的采样基准点为 k 点,紧接的采样点为 $k+1, k+2, \dots, k+n$ 。计算到 $k+n$ 点的差流突变系数 X_n 的计算公式为

$$X_n = \sum_{j=k-m}^{k+n-2} |\sum \Delta I_j| / \sum_{j=k-m}^{k+n-2} \sum |\Delta I_j|$$

式中 j 为计算采样点; k 为采样基准点; m 为向前追忆间隔; $n=2, 3, 4, \dots$ 。

而 k 点的差流变化系数 X_1 的计算公式为

$$X_1 = |\sum \Delta I_k| / \sum |\Delta I_k|$$

式中 $|\sum \Delta I_k|$ 为 k 点的差电流变化量; $\sum |\Delta I_k|$ 为 k 点的制动电流变化量。

由上公式可知, X_1 为快速启动时刻 k 的差流变化系数, X_2 为 k 及向前追忆 2 点后的差流变化系数,即 $X_2 = (|\sum \Delta I_{k-2}| + |\sum \Delta I_{k-1}| + |\sum \Delta I_k|) / (\sum |\Delta I_{k-2}| + \sum |\Delta I_{k-1}| + \sum |\Delta I_k|)$, 依此类推。差流

动态追忆法以突变量差流产生时刻的短路水平为依据,对突变量差流的形成和发展过程进行追忆分析,由下述 3 个特征判据明确区分系统发生区内故障或是区外故障 TA 饱和。

a. 突变量差流形成判据。若 $X_1 + X_2 < A$ 判为区外故障 TA 饱和,反之则判为区内故障。

b. TA 饱和拐点判据。若 $X_2 / X_1 < B$ 判为区外故障 TA 饱和,反之则判为区内故障。

c. 区内故障特征连续性判据。若 $X_1 + X_2 + \dots + X_5 > C$ 判为区内故障。

判据 **a** 和 **b** 对突变量差流的形成过程及突变系数进行定量分析。当故障点(k 点)及追忆到故障前后的几个采样计算点均有足够大的故障电流增量,则判为区内故障,否则判为区外故障、TA 饱和。判据 **c** 检查差流的连续性特征,作为母线区内故障时保护动作判别的必要条件。其结构框图如图 2 所示。

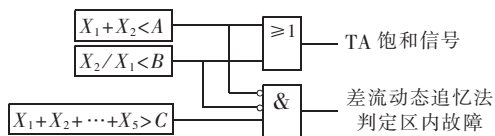


图 2 差流动态追忆法结构框图

Fig.2 Differential current dynamic reminiscing principle

由图 3 可知,在区外故障的 X_2 点与区内故障的 X_2 点有明显的差距。这主要由于区外故障的差流是由于 TA 饱和所引起的,差流与制动电流的变化不是同一时刻出现的,故障的瞬间母线上的差流为零,而制动电流却有一个比较大的变化,故障一段时间后由于故障支路的 TA 开始饱和并导致差流出现,故此差流的出现滞后于制动电流的变化^[9]。而区内故障时差流与制动电流的变化是同时出现的。

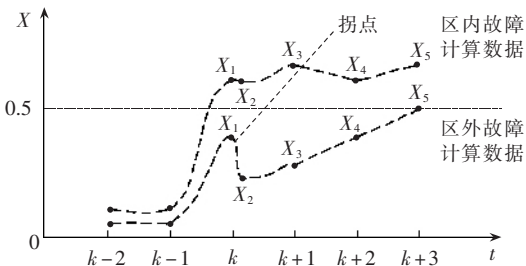


图 3 差流特征计算示意图

Fig.3 Calculation of differential current features

由于 X_2 为 k 及向前追忆 2 点后的差流变化系数,从公式上看区外故障与区内故障的差流变化系数的分母即突变制动电流不相等,因为 k 点前故障已经发生,因此,区外故障时的 $k-1, k-2$ 点的突变制动电流为一较大值;而因为 k 点时故障才发生,因此,区内故障时的 $k-1, k-2$ 点的突变制动电流近似为零。其分子即突变差流相差不大,区外故障与区内故障的 $k-1, k-2$ 点的差流均为一小值,由此可知区外故障的 X_2 点差流变化系数远小于区内故障的 X_2 点的原因所在。

4 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 SGB 750 系列数字式母线保护装置采用双启动原理及差电流动态追忆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] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 2 版. 北京:中国电力出版社,2002.

[2] 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.

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

[4] 周玉兰,许勇,王俊永,等. 2000 年全国电力系统继电保护与安全自动装置运行情况[J]. 电网技术,2001,25(8):63-75.

ZHOU Yu-lan,XU Yong,WANG Jun-yong,et al. Statistic and analysis of operation situation of protective relayings and automation devices of power systems in China in 2000 [J]. Power System Technology,2001,25(8):63-75.

[5] 程利军,冯国东,陈德树,等. 自适应式微机母线保护装置的研制

[J]. 电网技术,1996,20(9):24-28.

CHENG Li-jun,FENG Guo-dong,CHEN De-shu,et al. Development of adaptive busbar protection based on microcomputer [J]. Power System Technology,1996,20(9):24-28.

[6] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京:中国电力出版社,1998.

[7] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安:西安交通大学出版社,1996.

[8] 毛锦庆,赵自刚,马杰,等. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 2 版. 北京:中国电力出版社,2003.

[9] 汪觉恒,唐卫华. 国内外各类母线保护技术特性分析[J]. 电力自动化设备,2000,20(1):43-45.

WANG Jue-heng,TANG Wei-hua. Analysis of various bus-bar protection's technical characteristic [J]. Electric Power Automation Equipment,2000,20(1):43-45.

(责任编辑:李 玲)

作者简介:

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

康 丰(1978-),男,湖北天门人,助理工程师,从事微机母线保护的软件开发;

唐治国(1977-),男,陕西宝鸡人,工程师,从事微机母线保护的软件开发;

张澄宇(1972-),男,江苏南京人,工程师,从事微机母线保护的软件开发。

Research on differential current dynamic reminiscing principle

MAO Nai-hu,KANG Feng,TANG Zhi-guo,ZHANG Cheng-yu
(Guodian Nanjing Automation Co.,Ltd.,Nanjing 211100,China)

Abstract: In the bus protection,differential current characteristics are indistinct for the bus grounding fault via the big resistance and the out-zone fault often causes current transformer seriously saturated. The dual start-up principle is adopted in SGB 750 digital bus protection,which uses the differential current sudden change rapid start-up and the differential current integral start-up to distinguish various differential current characteristics,and uses the differential current dynamic reminiscing principle to resist the out-zone fault current transformer saturation by extracting the differential current sudden change and analyzing the saturation inflexion to differentiate between the external and internal fault. Dynamic simulation experiments verify that,introduced principles can fetch current transformer characteristics and distinguish fault types of power systems quickly and effectively. The criterion is correct and credible.

Key words: bus protection; dual start-up principle; differential dynamic reminiscing principle