

基于采样值的 CT 饱和检测方案的研究

程利军, 龙 翔, 杨奇逊

(华北电力大学, 北京 100085)

摘要: 电流互感器(CT)饱和时, 母线保护装置的可靠、安全、稳定运行是衡量母线保护的一项重要指标。文中分析了 CT 饱和时的特点, 提出了一种用于数字母线保护装置的基于瞬时值的 CT 饱和检测方案。该方案与基于瞬时值比率制动的差动保护有机的结合, 使数字母线保护装置具有快速、较高的抗 CT 饱和的优势。已有采用此方案的数字母线保护装置在电力系统中运行。

关键词: 数字母线保护; 采样值保护算法; CT 饱和检测

中图分类号: TM452

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2000)08-0019-03

1 引言

母线保护是电力系统中最重要设备, 其可靠运行直接影响到电力系统的安全、稳定运行。高压及超高压系统母线保护的研究应注重以下几个原则:

a) 外部故障, 即使 CT 完全饱和时应可靠不误动
b) 内部故障快速检测及跳闸, 即使在 CT 完全饱和时应可靠动作。由于 CT 的饱和不是发生在故障瞬间, 如果保护在 CT 饱和之前便完成判别, 保护的正确动作就得到保证, 而且对 CT 的要求相应也降低。根据这个要求, 保护的动作时间在 10ms 左右。

c) 自适应能力强

d) 调试、维护和运行简单、可靠

当母线发生近端外部故障时, CT 可能饱和。当 CT 饱和时, 二次电流发生畸变, 严重时可能接近于零, 此时差动保护将出现较大的差流, 差动保护判据将反映为内部故障, 母差保护将误动。这种情况对各种类型的母线保护正确动作都有影响。因此较高的抗 CT 饱和特性关系到母线保护的可靠性。

已有多 CT 饱和解决方案成功地应用于母线保护装置中。例如瑞典原 ASEA 公司的 RADSS 母线保护, 它利用中阻抗原理, 巧妙地利用了 CT 的暂态过程又考虑了稳态过程, 具有较强的抗 CT 饱和能力, 能保证母线保护可靠、正确工作; 瑞士原 BBC 公司的 INX5 型母线保护通过设置“饱和发生器”, 动态检测每个连接元件的正、负半波电流值来闭锁母线保护出口; ABB 公司最新推出的 REB500 型微机母线保护装置, 它采用“静态最大值保持”的方法, 并结合傅氏变换, 求出饱和支路的近似于真实的电流值, 最后由比例制动判据保证母线保护可靠不动作; 利用速饱和变换器

延时将电流送入差动回路, 即躲开故障电流的暂态过程来实现抗 CT 饱和; 利用高阻抗方案; 也有利用饱和时有较大的谐波量作为 CT 饱和和检测的判据等等。

本文提出了两种基于采样值算法的 CT 饱和检测的方法: 同步识别法、电流比相法。

2 CT 饱和的过程及电流特征

2.1 CT 的模型

电流互感器(CT)的简化等效电路如图 1。其中 Z_m 为励磁阻抗, R_2 、 L_2 为二次电阻和电感。在正常情况下, CT 的铁芯工作在低磁密的条件下, Z_m 很大, 流入励磁回路的励磁电流很小, 二次电流能够真实变换一次电流。当系统发生故障时, 由于短路电流往往含有一定幅值的非周期分量而使 CT 铁芯的磁密很快达到饱和值, 此时, Z_m 值降低, 流入励磁回路的励磁电流将增大, 二次电流的波形可能出现严重的畸变现象。特别地, 当 CT 严重饱和时, Z_m 值变为零, 一次电流将全部流入励磁回路。二次电流变为零, 此时差动回路将产生很大的不平衡电流, 这是导致母线保护误动的根本原因。

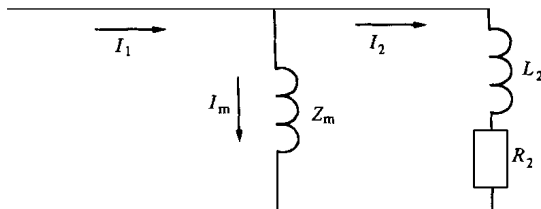


图 1 CT 简化等效电路

2.2 影响 CT 饱和的因素

理论分析表明,

a) CT 铁心饱和的时间与一次系统时间常数、CT 二次时间常数以及 CT 二次负载有关。

b) 一次暂态电流中非周期分量越大,CT 饱和也就越严重。

c) 一次系统时间常数越大,CT 饱和的时间也就越长。

d) CT 二次负载越大,CT 就越容易饱和。

e) 当励磁电流的非周期分量对应的磁通与剩磁方向相同时,铁心将更快、更深地进入饱和。

2.3 CT 饱和时的电流特征

a) 一次电流中含有较大的非周期分量,例如一次电流 100 % 偏移,饱和后二次电流产生较大的畸变,二次电流波形出现缺损,幅值降低。此时二次电流偏向坐标轴的一边,与变压器励磁涌流相似。

b) 一次电流中含有较大的周期分量,造成铁心在正、负半波均进入饱和,二次电流正、负半波均畸变,正、负半波是对称的。

3 基于采样值的 CT 饱和检测方案

当母线发生近端外部故障时,CT 可能饱和。比例制动判据允许 CT 有一定的波形畸变,特别是当制动系数 s 较大时,即使 CT 存在较大的误差,保护也不会误动。对于 $|\sum \dot{I}_i| > s \cdot \sum |\dot{I}_i|$ 判据,例如设 $s = 0.8$,计算表明,对于区外故障,仅当 $I_1 = 9 \cdot I_2$ 时,才满足比例制动判据。所以比例制动判据具有一定的抗 CT 饱和能力。但当 CT 完全饱和时,二次电流发生严重畸变,甚至可能接近于零,此时比例制动判据失效。

根据前面的分析,在发生短路的开始阶段,CT 可以正确地传变一次电流,如果继电保护能在该段时间内动作,基本可以不受铁芯饱和的影响。即使 CT 完全饱和,CT 的二次电流在故障开始时至少有 3 ~ 5ms 以上的线性传变区,且饱和时电流有较大的突变。此外,当一次电流的瞬时值由正半波趋向负半波时,CT 又可以正确地传变一次电流,即一次电流经过零点后,使得 CT 二次侧产生一个线性传变区。本文就是利用该线性区的有效数据作为 CT 饱和和检测的基础。

3.1 同步识别法

该方法基于以下两个前提:

a) 母线区内故障,电压闭锁元件动作,差动保护判据动作。

b) 母线区外故障,CT 不饱和,电压闭锁元件动作,差动保护判据不动作;CT 完全饱和,电压闭锁动

作,差动保护判据经历不动作、动作两个阶段。

从母线区外故障发生到 CT 开始饱和这段时间内,母线电压下降,电压闭锁元件动作,差动保护判据动作;CT 完全饱和,电压闭锁元件动作,差动保护判据先经历不动作阶段,延时后差动判据满足。其中母线电压检测采用较敏感的判据:三相低电压、零序电压、三相电压突变及零序电压突变。CT 饱和识别逻辑如图 2 所示。

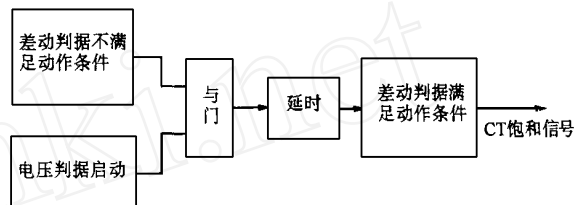


图 2 CT 饱和识别逻辑单元

3.2 电流比相法

设 $I_i(m)$ 为第 i 个连接元件第 m 时刻的电流采样值, I_{set} 为越限值, $i = 1 \dots N$ 为连接元件, $B_{pi}(m)$, $B_{ni}(m)$ 为第 i 个连接元件第 m 时刻的电流正、负半波越限标志, $S_p(m)$, $S_n(m)$ 母线上所有连接元件第 m 时刻的电流正、负半波越限标志和。

其中,

$$S_p(m) = \sum_{i=1}^N B_{pi}(m)$$

$$S_n(m) = \sum_{i=1}^N B_{ni}(m)$$

$$B_{pi}(m) = \begin{cases} 1 & I_i(m) \geq I_{set} \\ 0 & I_i(m) < I_{set} \end{cases}$$

$$B_{ni}(m) = \begin{cases} 1 & I_i(m) \leq -I_{set} \\ 0 & I_i(m) > -I_{set} \end{cases}$$

设 I_{set} 整定为躲母线上各个连接元件的最大负荷,则在正常运行方式下, $S_p(m)$, $S_n(m)$ 均为零。

对于母线内部故障,所有连接元件(馈线除外)的电流都是流向故障母线,它们的相位是一致的,则 $S_p(m)$, $S_n(m)$ 必有一个为零,另一个大于或等于 1。

对于母线外部故障,所有连接元件(馈线除外)的电流都是流向故障线路,它们的相位是不一致的,则 $S_p(m)$, $S_n(m)$ 必有一个为 1,另一个大于或等于 1。

对于母线外部故障,如果故障线路 CT 完全饱和,饱和后故障线路 CT 二次电流可能为零,无法进行比相,但饱和前 CT 线性传变区时可以比相的,则 $S_p(m)$, $S_n(m)$ 必有一个为 1,另一个大于或等于 1。

因为母线内部故障和母线外部故障母线 CT 完全

饱和时差动判据均成立,满足动作条件。为了区分上述情况,首先根据瞬时值电流差动判据识别出“母线内部故障”,以此时刻为基准向前回退几点,如果 $S_p(m)$, $S_n(m)$ 至少有一次为 1,另一个大于或等于 1,则可判为母线外部故障 CT 饱和;如果 $S_p(m)$, $S_n(m)$ 必有一个为零,另一个大于或等于 1,则可判为母线内部故障。

3.3 CT 饱和的处理

检测出 CT 饱和后,差动保护将被闭锁一段时间,以躲过故障的非周期分量。对于 330 ~ 500kV 超高压系统,闭锁时间可整定为 100 ~ 150ms,对于 110 ~ 220kV 高压系统,闭锁时间可整定为 60 ~ 80ms。

4 结论

基于同步识别法的 CT 饱和判据已成功地运用于 WMH 100 型微机母线保护装置中,并有近百套装置投入运行。基于电流比相法的 CT 饱和判据也已成功地

运用于 WMH 100A 型微机母线保护装置中,并在我国某 500kV 变电站中投入运行。理论及实践证明,这两种方法是可行的。

参考文献:

- [1] 程利军. 广东茂名 500kV 变电站 220kV 微机母线保护装置的研究. 继电器, 2000, (2).
- [2] 程利军等. 自适应式微机母线保护装置的研究. 电网技术, 1996, (9).

收稿日期: 2000-01-04 改回日期: 2000-02-18

作者简介: 程利军(1966-),男,高级工程师,博士研究生,主要研究方向为计算机在电力系统继电保护及自动控制中的应用; 龙翔(1965-),男,工程师,硕士,主要从事电力系统自动化的研究与设计工作; 杨奇逊(1937-),男,教授,博士生导师,中国工程院院士,主要从事电力系统继电保护与自动化的研究开发与教学工作。

The research of the sampling method for CT saturation in numeric busbar protection

CHENG Li-jun, LONG Xiang, YANG Qi-xun

(North China Electric Power University, Beijing 100085, China)

Abstract: It is very important for busbar protection that when CT saturated, the reliability of busbar protection has influenced the safe and stable operation of electric power system. Analyzed the criteria of busbar protection, the sampling CT saturation arithmetic used for numeric busbar protection is presented in this paper. Combined with the sampling arithmetic for differential current protection, the high speed for operation and stability for CT saturation of busbar protection is satisfied. Hundred of protections using the theory have been served in electric power system.

Keywords: numeric busbar protection; sampling arithmetic; CT saturation check

(上接第 9 页)

收稿日期: 2000-01-23

作者简介: 于霞(1972-),女,博士研究生,研究方向为综合智

能技术及其在电力系统控制中的应用; 宋凌锋(1970-),男,博士后,研究方向为电机驱动及智能控制技术; 陈学允(1934-),男,教授,博士生导师,中国电机工程学会理事,主要研究方向为电力系统分析与控制、智能技术在电力系统中的应用等。

Design a valve controller of turbogenerator with an integrated intelligent method

YU Xia¹, SONG Ling-feng², CHEN Xue-yun¹

(1. P. O. Box 353, Dept. of Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. Dept. of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Concerning the speciality of control system design problems, this paper presents an integrated intelligent method by introducing an improved genetic algorithm and a fuzzy-based reinforcement learning respectively into the offline and online development parts of a fuzzy neural network controller. Simulation results of its application on the valving control of steam turbine show that it has favorable control performance and simplified design process, it has higher intelligent levels and is potential in both theory and practice.

Keywords: fuzzy neural networks; genetic algorithm; reinforcement learning; valving control