

线路纵差保护同步采样基准端的自动确定方法

路光辉¹, 倪伟东², 熊章学¹, 桑仲庆¹, 胡叶宾¹, 王尔寒¹

(1. 许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000; 2. 华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640)

摘要: 首先介绍了目前确定采样基准端的两种方法: 人工设定和自动确定, 然后提出了一种完全基于数据通道的采样基准端的自动确定方法, 并详细介绍了该方法的具体实现。该方法物理意义明确, 具有实现简单、可靠实用的特点, 已经过保护装置的实际验证。

关键词: 线路电流差动保护; 同步采样调整; 采样基准端

中图分类号: TM773 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2005)10-0082-03

0 概述

目前, 基于数据通道的光纤电流差动保护由于原理简单可靠、天然选相、适用性强等优越性能已成为高压线路主保护的首选。由于分相电流差动继电保护的原理在于比较高压输电线路两端的电流的相位, 为保证线路两端差动保护计算的正确性, 必须保证进行计算的两端电流的采样时刻一致。实际上, 由于两侧保护装置上电时刻不同和采样晶振偏差, 再加上一端采样数据传送到另一端的时间延迟, 无法保证进行计算的两端电流的采样时刻一致。为使进行计算的两端电流的采样时刻一致, 需设定一端的采样时刻为参考基准, 另一端参照基准调整自己的采样时刻, 这样将两侧保护采样时刻调整一致的过程称为同步调整。目前已提出的同步调整算法主要有基于数据通道的梯形同步算法、借助 GPS 的同步方法和参考相量同步法等。在各种同步调整的算法中, 由于基于数据通道的梯形同步算法简单适用, 可靠性高, 已成为国内外电流差动保护装置同步调整的主要方法。GPS 的同步方法由于要求较高硬件支持, 参考相量同步法由于受输电线路参数测量误差影响较大, 二者目前不做为同步调整主要算法, 只在某些条件情况下作为梯形同步算法的补充。

梯形同步算法进行采样调整时首先要确定一端为采样基准端(主端、参考端), 另一端则作为同步调整端(从端)。被定为采样基准端的保护不进行采样同步调整, 其采样时刻作为两侧保护采样时刻的参考基准; 被定为同步端的保护根据通道信息计算出两侧采样时刻偏差并进行采样时刻调整, 同步端采样时刻向参考端看齐, 从而使两端保护的采样时刻一致。

梯形同步算法是基于数据通道的收发时延一致

的基础上, 图 1 给出相应示意图。

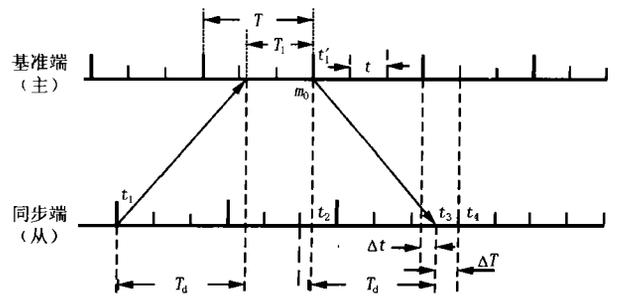


图 1 梯形算法同步调整示意图

Fig 1 Diagram of adjusting synchronization with trapezoidal algorithm

采用该方法时, 保护进行同步调整的一端(同步端)在发送时刻 t_1 向采样基准端发送的数据帧中带有发送时刻信息 (t_1), 在收到同步端信息后, 基准端向同步端返回对端时刻信息 (t_1)、本侧收到对侧保护信息时刻与本侧下次数据帧发送时刻的时间差 (T_1) 和本端发送时刻 (t_1), 则保护同步端在 t_2 时刻接收到基准端返回信息后可进行采样时刻计算并参照基准端采样时刻进行采样时刻调整。

$$T_d = (t_2 - t_1 - T_1) / 2 \quad (1)$$

$$T_d = nt + t \quad (2)$$

$$t = T_d - nt \quad (3)$$

$$T = t - t \quad (4)$$

式中: T 为数据发送间隔, t 为采样间隔, T 为 t 的整数倍; T_d 为通道时延; t_2 为与基准端 t_1 时刻对齐的同步端时刻。同步端由 t_2 时刻起经过 T 时间段开放采样中断即可。 T 就是同步端需要调整的采样时间, 即 $t_4 = t_2 + T$ 。

只要同步端由 t_2 时刻起经过 T 时间段开放采样中断即使 t_4 时刻起两端采样时刻对齐, 这一过程为采样间隔调整, 两侧采样时刻对齐后, 计算出的

传输时延 T_d 除以采样间隔 t 取整数得 $[T_d/t]$, 因基准端采样序号为 m_0 , 同步端 t_k 时刻的采样序号调整为 $m_0 + [T_d/t] + 1$, 同步端的采样序号就可以和基准端保持一致, 这一过程为采样序号调整。

同步端通过采样间隔调整进行采样时刻对齐和序号调整进行采样序号对齐, 完成同步调整过程。

从上述介绍可见, 为使两侧采样同步调整过程正常进行, 首先应确定采样基准端和同步调整端, 即主从定位。

1 确定同步调整采样基准端的方法

电流差动保护常用的基准端设定方法有两种: 人工设定和自动设定。

1) 人工设定

装置设置基准端设定跳针或提供基准端设置的控制字, 由人工来选择基准端。保护 CPU 读取跳针开入状态或定值控制字来确定本装置的同步调整状态。这种方法简单, 但用户使用却十分不便:

一是定值控制字设定方式要求调度部门参与; 人为设置保护采样基准端和同步调整端, 无论是定值控制字还是跳针状态都需运行部门经常检查校验, 不方便运行管理。

二是增加维护人员工作量。首先产品在现场投运时就多了一道确定采样基准端的步骤, 而且要求两侧通过人工沟通和校验才能保证设置的正确; 其次是在通道检修或自环试验时, 须人为改变基准端状态, 增加了因操作人员的疏忽导致采样基准端准状态错误的可能性。例如, 在保护装置检修试验时, 需通过软压板或控制字设置保护为基准端做单端试验, 试验完毕后再恢复软压板或控制字为运行状态。一旦操作失误, 试验状态与实际运行要求不一致, 降低了保护可靠性。

2) 自动设定

实现自动设定方法则通过专用逻辑程序实现, 它要求保护装置能自适应地区分双端运行和自环状态, 并在双端运行时自动确定参考端与同步端。例如在作自环试验时自动切换到自环状态, 试验结束后自适应随光纤连接方式的改变而切换回双端状态并自动完成主从定位。

自动设定方法使现场运行人员不需关心装置的状态, 而且基准端和同步端也不需要现场整定, 完全摆脱了人为因素对保护状态的影响。文献 [2] 提出了一种自动确定基准端方法, 该方法利用随机数来自动确定基准端、同步端。两侧保护在装置上电时

向对侧发送的数据帧中含有计算机给出的一个随机数, 通过比较两侧随机数大小来确定基准端, 可以选大者为基准端 (主端), 小者为同步端 (从端), 也可以选小者为基准端 (主端), 大者为同步端 (从端)。确定基准端的过程又称为主从定位过程。

2 基于通道确定同步采样基准端的方法

当两侧保护装置上电时, 由于两侧保护上电时刻不同和采样晶振偏差其采样时刻会有差异。本文提出的基于通道的同步采样基准端确定方法就是根据两侧保护装置采样时刻超前 (滞后) 关系来确定同步采样基准端。采样时刻先后差异反映在保护传送的通道参数上, 通过这些通道参数, 每侧保护都可计算出本侧和对侧的采样时刻先、后, 保护可选采样时刻超前者为基准端, 采样时刻滞后的一端作为同步端; 保护也可选采样时刻滞后的为基准端, 采样时刻超前的一端作为同步端。

图 2 给出了该方法的详细描述。

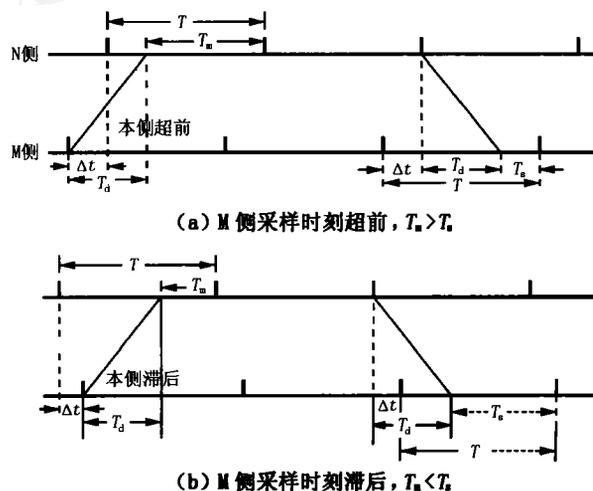


图 2 确定采样基准端和同步端方法示意图

Fig 2 Diagram of confirming sampling reference and synchronization terminal

由图 2 可知, 简单比较 T_m 和 T_s 的大小即可判定两侧采样时刻的超前 (滞后) 关系。

由前述可知, 梯形同步调整算法需要每侧保护记录本侧收到对侧保护信息时刻与本侧下次数据帧发送时刻的时间差 (T_m 和 T_s), 并把此时间差传送到对侧, 进而计算两侧采样时刻偏差 $t = (T_m - T_s) / 2$ 并进行调整。由于 T_m 和 T_s 也是同步调整算法必不可少的通道参数 (计算 T_1 和 t_2), 不需要为实现主从定位而专门生成和传输, 因此保护进行主从定位判断不需再特别生成进行主从判别信息, 也不

需采用主从定位信息帧或在数据帧上附加信息进行数据传送,从而简化了数据帧格式,实现了一种信息帧格式完成多种功能。直接利用梯形同步调整算法的中间结果和数据帧格式的归一,使得程序逻辑实现十分容易。

相对于比较两侧随机数方案来说,本方法在程序实现上更为简单,它仅需直接利用现有通道同步调整参数简单实现,不需利用随机函数发生器产生随机数,也不需两侧保护占用通道资源交换随机数。该方法有一定的物理意义,即根据两侧保护上电初始采样时刻先后的随机性来确定两侧保护统一的采样时刻向前或向后对齐。

对该方法的进一步解释描述如下。

同步定位逻辑实现分 3 种情况:

1) 两侧保护上电(或复位)无主从状态(采样基准未确定)时,保护应根据数据帧中的通道信息计算出本侧 T_m ,加上比较标号送往对侧;保护应在接收到对侧数据帧时比较相同标号下的 T_m 和 T_s ,并根据计算结果一次确定采样基准端。

T_m (或 T_s)的计算取决于通道延时和两侧的数据发送时刻,在采样没有同步时,它们的值不会相等。万一两侧 T_m 相等,两侧再同时取下一标号再进行判断。由于晶振特性差异会使两侧采样时刻产生漂移,再加上不同接收时刻的检测偏差,两侧新的 T_m 一般不会相同。若相同,可再次比较,只要比出大小,就在发送数据帧中置相应主从状态标。

由于自环状态时收到的数据帧即为本侧发送出的数据帧,参与比较的对侧 T_s 即为本侧送出的 T_m ,因此,相同标号下两侧 T_m 是同一个 T_m 。判别逻辑是:若两侧 T_m 一样,两侧再取下一比较标号下的 T_m 再比,直到比出大小。若连续取 10 次均相等时则判为自环状态。

2) 一侧保护上电(或复位)引起主从状态丢失时,保护应根据对侧数据中携带的主从状态直接确定本侧状态。这种情况下,对侧数据中已有主从状态信息而本侧状态未定,可根据对侧状态信息置本侧状态信息:对侧为主则本侧为从;对侧为从则本侧为主。这样保证单侧复位后快速确定主从且两侧状态不变。

3) 两侧保护在主从已定后为保证可靠性,应有实时校验功能。当对侧数据中已有主从状态信息而本侧主从状态已定,首先判断两侧状态是否匹配正确(一侧为主端另一侧为从端或两侧均为自环状态),若不正确则经延时 20 ms 确认后两侧均清本侧

状态标志,然后重新进行同步定位。

注意事项:

1) T_m 比较是在两侧序号完全相同时的比较,否则不能保证数据 T_m 和 T_s 的同时性。

2) 为保证采样同步调整的稳定性,基准端也应有稳定性。一旦主从定位成功,基准端确定后,除非两侧主从状态都丢失,保护不再进行 T_m 和 T_s 的比较。

3) 当检测到通道中断时间大于 500 ms 后,应清主从已定标和同步状态标,使保护重新进入主从定位程序。这是为了保证试验中光纤连接状态发生改变时(如试验中人工进行双端和自环状态相互切换时),两侧状态也相应改变。试验或检修进行通道切换时,通道一般中断一段时间,手动通道切换时间一般大于 2 s。

4) 主从校验功能是必要的,特别是在复用通道方式中。主从校验的要求是多方面的,一是防止试验后运行人员忘记从各种自环状态(如电自环、近端光自环、近端电自环、远端电自环、远端光自环)恢复到双端状态,因此要求自环状态时需有试验压板开入,如自环状态时无试验压板开入,为防止保护误动,应闭锁保护并告警;另一方面为防止当复用通道网管发生错误而将本侧发送出的信息环回到本侧造成误动,须进行实时主从状态检测,一旦两侧状态一致(主-主、从-从、自环-自环且无试验压板),认为通道错误从而闭锁保护并告警。

3 试验验证和结论

该自动确定参考端同步端方法通过 WXH-803A 数字式光纤电流差动保护的实验验证,状态设定正确,满足设计要求。

参考文献:

- [1] 高厚磊,江世芳,贺家李. 数字电流差动保护中几种同步采样方法[J]. 电力系统自动化, 1996, 20(9): 46-49.
GAO Hou-lei, JIANG Shi-fang, HE Jia-li Sampling Synchronization Methods in Digital Current Differential Protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 1996, 20(9): 46-49.
- [2] 李瑞生. WXH-803 超高压线路电流差动保护的研究(硕士学位论文)[D]. 西安:西安交通大学, 2003.
LI Rui-sheng Study on WXH-803 Current Differential Protection for HV/EHV Transmission Line, Thesis[D]. Xi an: Xi an Jiaotong University, 2003.

(下转第 88 页 continued on page 88)

- 继电器故障处理 [J]. 东北电力技术, 1998, 19(7): 41-42
- OUYANG Qiang, LI Qiang The Trouble Shooting for UNIIROL UNS3020a Type Ground Relay of the Rotor [J]. Northeastern Electric Power, 1998, 19(7): 41-42
- [4] 罗清华, 莫妃炳, 李廷堂. 自并励发电机励磁系统接地问题分析 [J]. 电力科学与工程, 2003, (4): 74-76
- LUO Qing-hua, MO Fei-bing, LI Ting-tang Analysis of Grounding Problems in Excitation Systems for Self-excited Generators [J]. Electric Power Science and Engineering, 2003, (4): 74-76

收稿日期: 2005-01-13; 修回日期: 2005-01-24

作者简介:

张战生 (1967 -), 男, 高级工程师, 从事电气专业管理工作;

黄新胜 (1971 -), 男, 工程师, 从事电气专业管理工作;

郑祖学 (1967 -), 男, 高级工程师, 从事发电设备电气检修管理工作;

吴笃贵 (1969 -), 男, 博士, 从事继电保护研发工作。

E-mail: duguiv@xjgc.com

Action reason analysis of rotor grounding protection of the #2 generator in Yuxin power plant

ZHANG Zhan-sheng¹, HUANG Xin-sheng¹, ZHENG Zu-xue¹, WU Du-gui²

(1. Xinxiang Thermal Power Plant, Xinxiang 453011, China; 2. XJ Electric Protection & Automation Business Department, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper illustrates the process to search the fault of the #2 generator excitation system in Yuxin electric power plant Henan province. And the basic reason of frequent actions in rotor one-point grounding protection is analyzed. In the end, the measures to solve this problem are presented.

Key words: generator rotor one-point grounding protection; action reason; measures

(上接第 84 页 continued from page 84)

- [3] 高厚磊, 江世芳, 贺家李. GPS 时间同步技术及其在数字电流差动保护中应用的研究 [J]. 电力系统及其自动化学报, 1996, 8(3): 37-43
- GAO Hou-lei, JIANG Shi-fang, HE Jia-li Study on GPS Time Synchronization Technique and Application in Digital Current Differential Protection [J]. Proceedings of the EP-SA, 1996, 8(3): 37-43

收稿日期: 2004-09-06; 修回日期: 2004-09-30

作者简介:

路光辉 (1969 -), 男, 工程师, 主要从事高压线路保护方面的研发工作; E-mail: luguanghui@xjgc.com

倪伟东 (1971 -), 男, 在职硕士生, 主要从事继电保护维护工作;

熊章学 (1970 -), 男, 工程师, 主要从事高压线路保护方面的研发工作。

Automatic confirmation method for synchronous sampling reference terminal of current differential protection

LU Guang-hui¹, NI Wei-dong², XIONG Zhang-xue¹, SANG Zhong-qing¹, HU Ye-bin¹, WANG Er-han¹

(1. XJ Electric Protection and Automation Business Department, Xuchang 461000, China; 2. College of Electric Power, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: After introducing two confirming sampling reference methods, manual setting and automatic confirmation, a new automatic confirmation method based on data channel is put forward, and a realizing approach is detailed. This method has been utilized in digital optical fiber current differential protection, and has proved to be simple, practical and reliable.

Key words: current differential protection; synchronous sampling regulation; sampling reference terminal