

变压器微机差动保护新算法

黄纯 毛弋 彭建春 谭文其 湖南大学 长沙(410082)

【摘要】 将交点相角法原理应用于微机继电保护,提出了一种新的变压器差动保护微机算法。算法能可靠区分变压器内外部故障,并具有占用内存少、计算量小、反应故障时间短等特点。

【关键词】 变压器差动保护 交点相角法 微机保护

引言

用交点相角法构成的变压器差动保护^[1],在外部短路时,从基本原理上就对不平衡电流具有很好的制动特性,不需要附加制动电路或措施;内部短路时,它具有很高的灵敏度,特别是对匝间短路反应灵敏。同时,由于它彻底消除了外部短路不平衡电流的影响,从而简化了整定计算与调试方法。采用交点相角法原理用集成元件制成的“相角比较式变压器差动保护装置”经动模实验和近一年的现场试运行证明性能优良,并已通过了科研鉴定。

近年来,微机保护受到继电保护工作者的广泛欢迎,并因其具有与整流型、晶体管型和集成电路保护所不可比拟的技术特点和优越性,逐渐成为它们的替代产品,本文将交点相角法原理应用于微机保护,提出了变压器差动保护计算机算法,由于它充分利用了交点相角法和微机保护两者的技术优势,因此保护具有良好的动作特性。

1 基于交点相角法的变压器差动保护

设变压器原、副方电流互感器二次电流 i_1 、 i_2 分别为:

$$i_1 = I_1 \sin(\omega t - \varphi)$$

$$i_2 = I_2 \sin(\omega t - \varphi)$$

把相位超前 i_1 角度 φ 的电流 $i' = I_1 \sin(\omega t)$ 限幅得电流 i_0

$$i_0 = \begin{cases} I_1 \sin(\omega t) & -I_{\max} \leq i' \leq I_{\max} \\ I_{\max} & i' > I_{\max} \\ -I_{\max} & i' < -I_{\max} \end{cases}$$

把 i_0 作为基准电流。上式中 $I_{\max}$ 取变压器额定运行时电流 i_1 的幅值。

变压器正常运行时 i_0 、 i_1 、 i_2 的波形如图1所示。可以看出,在每个周波内, i_1 与 i_0 在 t_1 、 t_2 处有交点。在 t_1 处($i_0 - i_1$)由正变负;在 t_2 处($i_0 - i_1$)由负变正。显然 i_2 与 i_0 也有同样的两个交点 t'_1 和 t'_2 , 且

$$|\omega t_1 - \omega t'_1| = |\omega t_2 - \omega t'_2| = \theta$$

我们称 θ 为 i_1 与 i_2 的交点相角, $[t_1, t'_1]$ 、 $[t_2, t'_2]$ 称为交点相角区间。在交点相角区间内, $i_0 - i_1$ 与 $i_0 - i_2$ 总是异号的。

变压器正常运行时,原副方 CT 二次电流幅值、相位是大体相等的,这时交点相角 θ 较小。

变压器外部短路情况下的 i_0 、 i_1 、 i_2 波形及交点相角如图2所示。这时的交点相角小于正常运行时的值,且如果变压器原副方电流相位差 $\varphi_1 - \varphi_2$ 及幅值比 $K = I_1/I_2$ 保持不变,交点相角

随着短路电流的增大而减小。图3给出了变压器内部短路下的情形,这时交点相角远大于正常运行时的值,并随短路电流增加而增大。

因此,可把动作判据定为 $\theta > \theta_d$,并按额定运行时的交点相角整定保护。这样,外部故障时保护可靠制动,内部故障时保护可靠动作。分析和试验还表明,对于变压器的其它运行状态,交点相角法也具有良好的动作特性。但是,在励磁涌流或互感器断线的情况下,交点相角可能大于正常运行时的值,此时须采取制动措施。

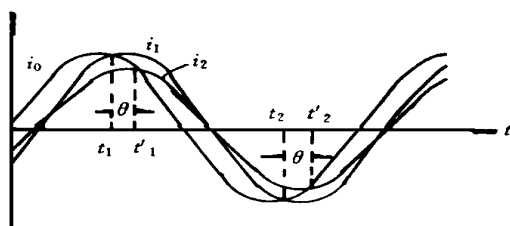


图1 变压器正常运行时的交点相角

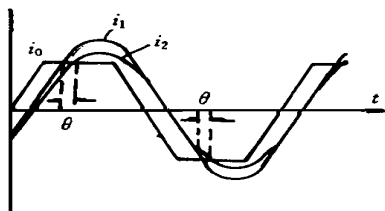


图2 外部短路时的交点相角

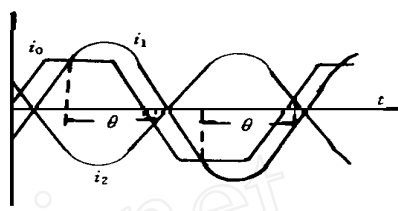


图3 内部短路时的交点相角

2 保护算法原理

计算机采样变压器原、副边CT二次电流 i_1 、 i_2 。为保证算法计算精度,采样频率取1200Hz,即每周波采样24点,相邻两采样点间的电角度差为 15° 。同时为便于基准电流 i_0 的求取,取 $\varphi = 30^\circ$,即 i_0 超前原边电流 i_1 相位角 30° ,这样基准电压 i_0 为:

$$i_0(k) = \begin{cases} i_1(k+2) & -I_{\max} \leq i_1(k+2) \leq I_{\max} \\ I_{\max} & i_1(k+2) > I_{\max} \\ -I_{\max} & i_1(k+2) < -I_{\max} \end{cases}$$

对于电流 i (可为 i_1 或 i_2),考察相邻两采样点,如果 $\Delta i(k-1) = i_0(k-1) - i(k-1)$ 与 $\Delta i(k) = i_0(k) - i(k)$ 异号,则在采样点 $k-1$ 与 k 之间, i 与 i_0 必有交点。交点按 $\Delta i = i_0 - i$ 值的变化可分为两类:一类在交点处 Δi 由正变负,另一类在交点处 Δi 由负变正。在采样点 $k-1$ 与 k 之间,把 i_0 与 i 的波形近似看成直线,如图4,用几何知识容易知:

$$\frac{t - t_{k-1}}{t_k - t} = \frac{i_0(k-1) - i(k-1)}{i(k) - i_0(k)}$$

$$t = t_k - \frac{\Delta i(k)}{\Delta i(k) - \Delta i(k-1)} T_m \quad (1)$$

式中 t_k 分别为交点处及第 k 次采样点处的时间。 $T_m = t_k - t_{k-1}$ 为采样周期

式1又可以写成

$$\theta = \theta_k - \frac{\Delta i(k)}{\Delta i(k) - \Delta i(k-1)} \theta_{k-1} \quad (2)$$

其中 θ_k 分别为交点处及第 k 次采样点处的电角度, $\theta_k = \omega \cdot T_m = 15^\circ$ 为相邻两采样点间的电角度差。

交点距第 k 次采样点的电角度为 $\Delta \theta$ 为

$$\Delta \theta = \theta_k - \theta = \frac{\Delta i(k)}{\Delta i(k) - \Delta i(k-1)} \theta_{k-1} \quad (3)$$

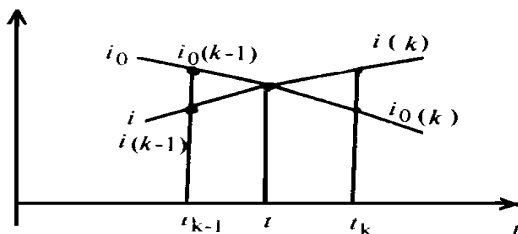


图4

用上述方法,确定 i_1 与 i_0 变点处的电角度和交点类型,以及 i_2 与 i_0 变点处的电角度和交点类型,从而可计算 i_1 和 i_0 的交点与 i_2 和 i_0 的相邻同类交点间的电角度差,即 i_1 与 i_2 的交点相角。

这种计算方法是近似的,但由于相邻两采样点间电角度差不大,近似计算的交点相角误差也会较小。

考虑到计算误差及CT电流在幅值和相位上可能产生的最大误差,交点相角的整定值 θ_d 取 20° 。

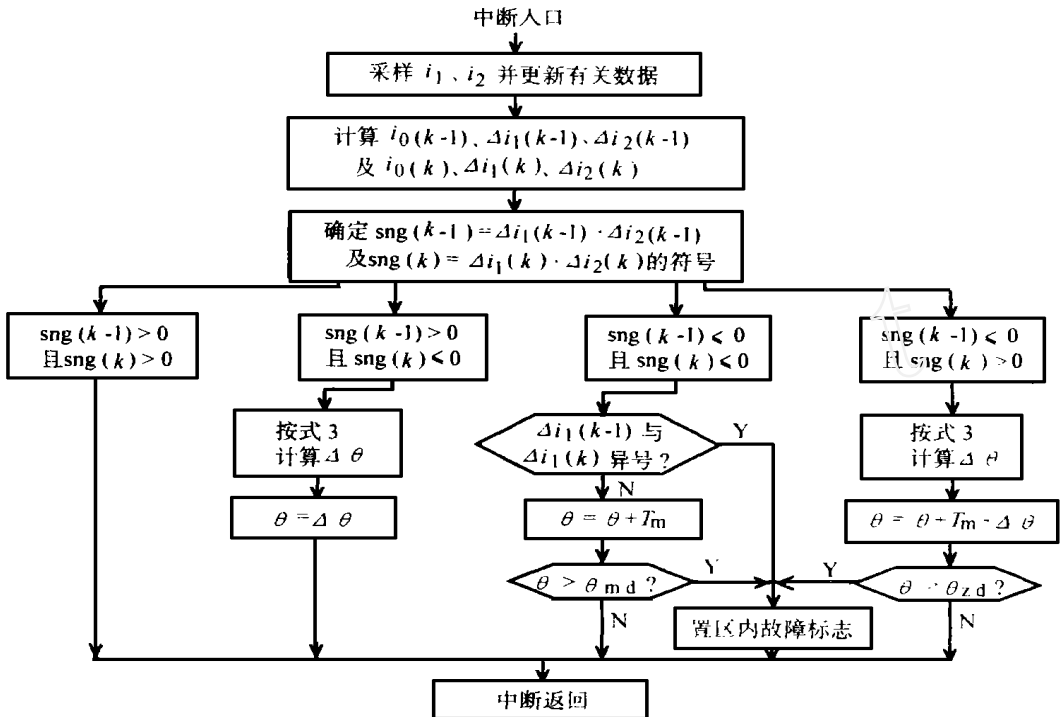


图5 程序流程图

3 程序流程及保护的实现

考察 $\Delta i_1(k) \cdot \Delta i_2(k)$ 及 $\Delta i_1(k-1) \cdot \Delta i_2(k-1)$ 的符号,不外乎有四种情况:

(1) $\Delta i_1(k) \cdot \Delta i_2(k) > 0$ 且 $\Delta i_1(k-1) \cdot \Delta i_2(k-1) > 0$,这时可能出现的情形有两种。其一:在第 $k-1$ 至 k 次采样点之间的区域内, Δi_1 和 Δi_2 的值都不改变符号,即 i_1 、 i_2 与 i_0 都无交点,由于 $\Delta i_1 \cdot \Delta i_2 > 0$,这段区域在交点相角区间之外。其二: Δi_1 与 Δi_2 都变号,即 i_1 、 i_2 与 i_0 都有交点,这时两个交点类型相同,且分别处于交点相角 θ 的上、下限, θ 小于两采样点的电角度差 15° ;不超过整定值,可忽略这一交点相角的出现。

(2) $\Delta i_1(k) \cdot \Delta i_2(k) \leq 0$ 且 $\Delta i_1(k-1) \cdot \Delta i_2(k-1) > 0$,这时在两采样点之间必有 Δi_1 或 Δi_2 之一改变符号, i_1 或 i_2 之一与 i_0 有交点,由于采样点 $k-1$ 处在交点相角区间外,可知这一交点为交点相角区间的起始点。

(3) $\Delta i_1(k) \cdot \Delta i_2(k) \leq 0$ 且 $\Delta i_1(k-1) \cdot \Delta i_2(k-1) \leq 0$,这时也有两种情形,其一, Δi_1 与 Δi_2 都不变号,即 i_1 、 i_2 与 i_0 都无交点,但两个采样点都在交点相角区间内。其二: Δi_1 与 Δi_2 都变号, i_1 、 i_2 与 i_0 都有交点且两交点类型不同,这种情况只可能在交点相角远大于整定值时才会出现。

(4) $\Delta i_1(k) \cdot \Delta i_2(k) > 0$ 且 $\Delta i_1(k-1) \cdot \Delta i_2(k-1) \leq 0$ 。必有 Δi_1 、 Δi_2 之一变号, i_1 、 Δi_2 之一与 i_0 有交点且这一交点处于交点相角区间的终点。

计算交点相角的程序段放在采样定时中断服务程序中, 程序简要流程图如图 5。

采用这种算法, 每相只需同时存储变压器原副方的第 $k-1$ 、 k 、 $k+1$ 、 $k+2$ 次各 4 个电流采样值, 占用计算机内存少。用单片机实现时, 可将这些数据存放在单片机的片内数据存储器中, 以提高存取和计算速度。同时从流程图容易看出, 算法计算量很小。

内部短路时, 交点相角较大, 保护能在交点相角下限出现之前动作, 反映故障时间可小于 10ms 。

为了验证本文算法的可行性, 我们采用一通用微机数据采集、监控模板构成保护装置样机, 并编制了相应的保护软件。励磁涌流采用间断角原理制动, 间断角采用与计算交点相角类似的算法求取。检测变压器三相 6 个电流互感器二次电流, 若发现其中有 1 个为零, 而其余 5 个都不为零时, 认为有互感器断线, 闭锁保护并发出断线信号。对这套动模装置进行实验, 保护性能达到了预期的要求。

4 结论

本文提出的变压器差动保护算法, 将交点相角法原理应用到微机保护领域, 使两者在技术上的优势有机结合起来, 保护具有较高的灵敏度和可靠性。保护算法占用内存少, 计算量小, 反映故障时间短, 易于实现。实验证实了算法的可行性和有效性。

参考文献

- 1 谭文其、黄纯、沈学斌. 相角比较式变压器差动保护. 继电器, 1995. 4
- 2 谭文其等. 构成继电保护的新方法—交点相角法. 湖南大学学报, 1995. 5
- 3 陈德树. 计算机继电保护原理与技术. 北京: 水利电力出版社, 1992
- 4 王维俭. 大型机组继电保护理论基础. 北京: 水利电力出版社, 1988

(上接 6 页)

3 结论

对于永久性故障, 一般的观点认为不应采取重合闸。但是本文通过对系统在重合闸操作后暂态能量函数的分析, 说明了对于一些永久性故障, 只要选择合适的重合闸时间, 可以使得系统在最后一次网络操作后的暂态能量比不采用重合闸还要小, 这样的重合闸操作对系统的稳定性是有好处的。对于一些实际的故障, 当其切除时间大于临界切除时间时, 若不采取其它网络操作, 系统将失去稳定。按照本文的观点, 在这种情况下, 只要能选择一最佳的时刻重合闸, 即使重合不成功, 仍可使原来不稳定的系统变的稳定, 这相当与增大了这种故障的临界切除时间。而且重合闸操作与其它提高系统稳定性措施如电气制动相比, 具有明显的经济性。对于实际系统的仿真也说明, 合适重合闸操作可以显著提高系统的稳定性。

参考文献

- 1 余贻鑫、陈礼义. 电力系统的安全性和稳定性. 科学出版社, 1988

CONTENTS AND ABSTRACTS(Partial)

THEORETICAL STUDY AND APPLICATION

The Influence of Reclosing Instant to CCT Yuan Yuchun, Zhang Baohui(4)
The critical clearing time (CCT) is defined as a given maximum permissible duration of fault before power system loses its stability. In general, CCT regards fault location, fault type and system structure before and after fault. For a given fault the extent of the CCT is decided on the stable region of the system under the fault. It is indicated from analysis on the transient energy function of the system after reclosing, that the reclosing can decrease the transient energy of the system. If the transient energy is decreased to less than that when not reclosing, the reclosing can improve the system's stability. It is indicated from calculation, for the fault at which the system will lose its stability under the second swing, the reclosing is able to heighten the withstanding capacity of the system to the fault. Comparing with that when not reclosing, the CCT of the fault increases importantly.

Keywords: Reclosing CCT

Node Voltage Analysis Method of Fault on Parallel Double Transmission Lines with Multi-Branches Zhang Xiaoyou, Cao Yijiang(7)

Basing on the current measured on each terminal of parallel double transmission lines with multi-branches, calculate the node voltages to detect and diagnose fault on the transmission lines. It is proved from simulation that the method is effective.

Keywords: Multi-branch Parallel double transmission line Fault diagnosis

A Measuring Method of Power System Frequency Basing on the Fourier Filtering Principle Zhou Damin(10)

An algorithm which uses output of the Fourier filter to measure power system frequency is presented. The algorithm adopts a simplified processing mode to eliminate the influence of different amplitude gains of sine and cosine filters and thus decreases calculation and responding time. Simulation result shows that the algorithm doesn't suffer from voltage zero-cross-point and has a higher measuring accuracy.

Keywords: Frequency Frequency measurement Power system

A New Algorithm of Microprocessor-Based Transformer Differential Protection Huang Chun et al(14)

A new algorithm of microprocessor-based transformer differential protection which uses a principle of cross phase angle method is presented. The algorithm can reliably discriminate internal and external faults of transformer and features less internal memory occupied, less calculations and shorter response time to fault.

Keywords: Transformer differential protection Cross phase angle method Microprocessor-based protection

Fast Data Acquisition of Stability Supervisory Control for Power System Ruan Shuhua, Zhou Buxiang(18)

A circuitry design scheme which can fast acquire pre/post fault data to ensure the real-time of stability supervisory control is presented through the analysis on data requirement of stability supervision control of power system and the availability of existing devices.

Key words: Stability supervisory control Data acquisition Realtime

NEW PRODUCT DEVELOPMENT

Development of XWJK-3000 Open Computer-Based Supervision and Control System Cao Quanxi et al(20)

A computer-based supervision & control system with open system structure is introduced. It uses DSP, PC bus and network technique. It can be used to realize integral automation in 35~220kV substations.

The Study of Microprocessor-Based Stability and Control Device Applied in Fengbai System Zhang Tao et al(23)

A new type of microprocessor-based device based on the spot is introduced. The device deals with the voltage of busbar and the current of transmission lines which are connected to the device. The device detects type of fault by means of the voltage and current and trips generators according to the settings. The hardware and software of the device are mainly described. Today, the device is applied in Dongfeng substation, Meihe substation, Hadawan substation and Fengman hydropower plant of Fengbai power system.

Analysis on the Technical Features of YTF(S)-500 Remote Trip Signal Transmission Device Zhu Yanzhang, Wang Kuipu(27)