

电流互感器暂态仿真研究

阮树骅 周步祥 四川联合大学电力工程系(610065)

【摘要】 在分析继电保护和综合自动化系统用的电流互感器铁心电磁特性用一个微小时间段 Δt 上电流互感器励磁电流的变化量 $\Delta i_m'$,建立了计及铁心非线性及原始剩磁影响的电流互感器暂态仿真模型。开发了仿真计算程序,并利用该程序对电流互感器在电力系统三相短路故障时某相短路电流包含最大非周期分量情况下程。仿真结果说明所作的电流互感器的暂态仿真能够准确地模拟电流互感器在真实状况。

【关键词】 电流互感器 暂态仿真 励磁电流 非线性

概述

随着远距离输电和大容量机组的投入,我国电力系统的队伍规模越来越大和运行方式也日益复杂,保证电力系统安全供电已成为当今电力系统运行的首要系统的运行管理和调度,就是要充分发挥各种继电保护装置和监控系统的作用一点或局部的故障对整个系统的影响大化小、小化无。

电流互感器是各种继电保护装置和监控系统了解电力系统真实状态的重力系统暂态过程中能否真实地传变一次电流,对继电保护装置的正确动作和决策起着决定性的作用。因此,要求电流互感器应具有优良的暂态响应特性,但事实上由于电流互感器铁心电磁性能的复杂性,在电力系统暂态过程中,当时,尤其当一次电流偏于时间轴一侧(含非周期性分量)时,铁心将严重饱和,导致值和波形的失真。因此,有必要对电流互感器的暂态响应特性作仿真研究。

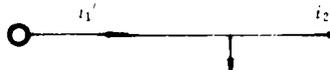
1 电流互感器暂态响应特性研究

1.1 电流互感器等值电路

继电保护和监控系统用的电流互感器要求在短路状态下准确,其等值电路中各参数均归算至二次侧。

图1中:

i_1' —电流互感器归算至二次侧的一次电流;



互感器等值电路(图1)中的励磁电感 L_μ 具有非线性:

$$\Psi = f(i_\mu')$$

图2中标出的 $(\Psi_s, i_{\mu s}')$ 为饱和段上某一饱和点。

电流互感器铁心的磁滞特性如图3所示,随着铁心磁化程度和过程的不同,不同的局部磁滞回线运作,说明电流互感器等值电路(图1)中的励磁电抗电感 L_μ 滞回线决定。当磁化至饱和点 $(\Psi_s, i_{\mu s}')$ 时,与饱和点对应的磁滞回线称为极限磁

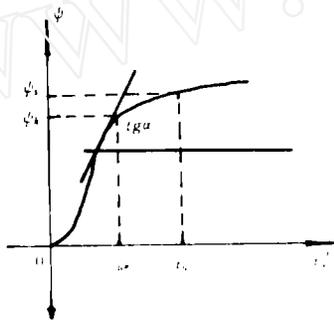


图2 电流互感器铁心普通磁化曲线

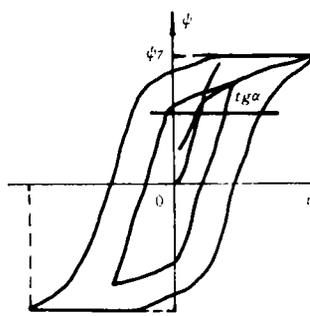


图3 电流互感器铁心局部磁滞回线和

1.3 电流互感器各电流关系

由电流互感器等值电路(图1)可得以下电流关系:

$$i_2 = i_1' - i_\mu'$$

$$\frac{d\Psi}{dt} = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

将式1、2代入式3并消去 i_2 得:

$$\left(\frac{d\Psi}{di_\mu'} + L_2\right) \frac{di_\mu'}{dt} + R_2 i_\mu' = R_2 i_1' + L_2 \frac{di_1'}{dt}$$

1.4 电流互感器暂态励磁电流 i_μ'

由于电流互感器的励磁电抗电感具有非线性和局部磁滞特性,在由4式求的暂态励磁电流 i_μ' 时,我们考虑采用先求取一个微小时间段 Δt 内的励磁电流的方法。

设已知 t_k 时刻的励磁电流为 $i_\mu'(t_k)$, 经历了一个微小时间段 Δt 后,励磁电流 $\Delta i_\mu'$, 则可得到 $t_{k+1} (= t_k + \Delta t)$ 时刻的励磁电流的近似值:

$$i_\mu'(t_{k+1}) = i_\mu'(t_k) + \Delta i_\mu'$$

由电流互感器铁心磁化曲线(图2)和铁心局部磁滞回线(图3)可知,在一个 Δt 内, $d\Psi/di_\mu'$ 可以由 $\Delta\Psi/\Delta i_\mu'$ 代替,而 $\Delta\Psi/\Delta i_\mu' (= tga)$ 即是由磁化曲线或磁滞

$$i_2(t_{k+1}) = i_1'(t_{k+1}) - i_{\mu}'(t_{k+1})$$

由式 5、7、8 迭代可将规定时间段内的 i_{μ}' 、 i_2 计算出来, 计算起点可从零点或始, 这样计算出来 i_{μ}' 、 i_2 , 考虑了电流互感器铁心的非线性、局部磁滞及原始剩磁

2 电流互感器暂态仿真算例

2.1 仿真用的原始数据

a. 电流互感器铁心基本磁化曲线和极限磁滞回线数据; b. 二次侧负载数据: $R_2 = 1.05$ (Ω), $L_2 = 0.06$ (mH); c. 一次侧电流数据: $i_1 = -10\cos 100\pi t + 10e^{-30t}$ (A); d. 微小时段 $\Delta t = 0.1$ (ms), 仿真时间为 0.3s。

2.2 电流互感器暂态响应仿真结果

动用所建立的仿真数学模型, 开发仿真计算程序, 并根据上述仿真用原始数据进行仿真计算, 电流互感器暂态响应仿真计算结果如图 4 所示。

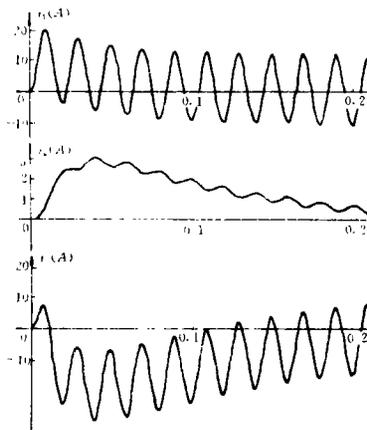


图 4 一次、励磁、二次电流

继电保护和综合自动化系统用的电流互感器要求在短路状态下准确, 但仿真结果表明, 在电力系统三相短路的过程中, 电变的二次电流有较大的失真, 这是由电流互感器铁心的非线性和磁滞引起的, 在电流互感器内出现较大的励磁涌流(随时间衰减的非周期分量), 暂态转变误差较大的是, 在短路后的 1/4 周期(0.005s)内, 由于电流互感器铁心还未及饱和, 暂态二次电流较好地体现了一次电流变化, 这在继电保护和综合自动化系统的决策利用。

仿真结果和文献^[1]中的理论分析结果相一致, 说明仿真模型是正确的。需要于在仿真计算中, 对一些参数作了适当的简化, 二次电流波形畸变并不十分严重, 更严重。

3 结论

本文在分析继电保护和监控系统用的电流互感器铁心电磁特性的基础上, 时间段 Δt 上电流互感器励磁电流的变化量 $\Delta i_{\mu}'$, 建立了计及铁心非线性、局部磁