

文章编号: 1005-0523(2010)05-0058-05

一种新型变压器差动保护起动元件

谢 伟¹, 何人望¹, 宋海燕²

(1. 华东交通大学 电气与电子工程学院, 江西 南昌 330013; 2. 湖南大学 电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘要:在电力变压器中,励磁涌流会引起变压器差动保护误动作。针对这一问题,提出一种新型的变压器差动保护起动元件——基于小波变换的行波识别起动元件,并且通过 MATLAB 中的 simulink 和 wavemenu 进行仿真。仿真结果表明,该起动元件可以正确识别励磁涌流与内部故障电流,从而能有效避免差动保护误动作。

关 键 词:励磁涌流;差动保护;起动元件;小波变换

中图分类号:TM41

文献标识码:A

变压器在电力系统中具有重要作用,电网对变压器保护的要求也越来越高。据文献[1]统计:目前,变压器差动保护的動作正确率不到 70%,远低于其他电力设备保护的运行水平,因此我们必须对变压器的保护方法做深入的探讨研究。文献[2]指出,变压器差动保护原理上只反应内部短路,并很好的取得了变压器内部故障时保护动作的灵敏性、快速性和选择性。但是差动保护只适用于满足电流基尔霍夫定律的纯电路设备,而在变压器差动保护范围内,不仅包含电路,而且包含非线性的铁心磁路,因此当变压器本身无故障空载合闸、外部故障切除电压恢复和过励磁时,差动保护中会过很大的励磁电流,从而导致变压器差动保护误动作。

目前,实际运行的变压器差动保护主要是采用以二次谐波制动原理和间断角原理来判别励磁涌流,其中二次谐波制动原理应用最为广泛。但是由于 CT 饱和,无功补偿用的并联电容或超高压长输电线分布电容的存在,使得变压器发生内部故障时也会产生很大的二次谐波,而且随着大型变压器铁心采用冷轧硅钢片后,饱和磁通倍数由 1.4 降到了 1.2~1.3,甚至低至 1.1,使励磁涌流的二次谐波含量有时低至 10% 以下,这样二次谐波制动原理的制动比很难选取,保护就可能存在不正确动作。为了克服谐波制动原理的缺陷,人们又研究各种区分变压器故障电流与励磁涌流的方法,包括间断角原理、波形对称原理、小波变换原理、磁通特性原理、等值电路原理、序阻抗原理、比率差动保护原理等,但是以上判别原理仍有不足之处^[3]。

因此,摆脱现有技术束缚,探寻新的变压器保护原理是今后研究的重点方向^[4]。本文提出了一种新型的变压器差动保护起动元件——基于小波变换的行波识别起动元件,它将有效的判别变压器的励磁涌流与内部故障,从而能大大提高变压器差动保护的可靠性。

1 起动元件的起动判据及其工作原理

小波变换是一种较新的数字信号处理工具,其最大特点是具有时间-频率局部化的性能,因而非常适合分析暂态行波这种具有奇异性质的突变信号^[5]。小波变换的奇异性检测理论是在行波中提取故障信息的理论基础,其中不同尺度下的小波变换模极大值准确地包含了故障点的主要故障信息,它们是:

(1) 行波信号突变量的幅值与陡度;(2) 行波信号突变量极性;(3) 故障出现的位置和时间;(4) 不同尺度下模极大值的变化情况。

因此小波变换的出现,为电流、电压行波在保护方面的应用奠定了坚实的数学基础^[6-10]。且为电压、电流行波分析在变压器差动保护方面的应用提供了可靠的科学依据。本文的研究主要用到小波变换下行波信号突变的幅值与陡度和不同尺度下模极大值的变化情况。

一个函数(信号) $f(t) \in R$ 在某点的奇异性常用其奇异性指数 Lipschitz α 来刻画,即信号的奇异检测理

收稿日期: 2010-07-07

基金项目: 华东交通大学科研基金资助项目(09DQ08)

作者简介: 谢 伟(1985—),男,硕士研究生,研究方向为电力系统及其自动化。

论^[4]。

定义 设 $0 \leq \alpha \leq 1$, 在点 t_0 , 若存在常数 K , 对 t_0 的临域 x 使得下式成立

$$|f(t)-f(t_0)| \leq K |t-t_0|^{\alpha} \tag{1}$$

则称函数 $f(t)$ 在点 t_0 的奇异性指数是 α 。
如果 $\alpha=1$, 则函数 $f(t)$ 在 t_0 是可微的, 称函数 $f(t)$ 没有奇异性; 如果 $\alpha=0$, 则函数 $f(t)$ 在 t_0 间断。
 α 越大, 说明奇异函数 $f(t)$ 越不奇异; α 越小, 说明奇异函数 $f(t)$ 在 t_0 点越尖锐。

变压器差动保护的原理是基于进入网络的电流和离开网络的电流相等, 但差动原理用到电力变压器的内部保护上, 则存在励磁涌流, 可能造成差动保护误动作^{[1]209}, 所以如何识别励磁涌流与内部故障是解决问题的关键。

对励磁涌流与内部故障行波信号进行小波变换, 作者得出励磁涌流和内部故障行波信号在小波变换下模极大值的变换规律: 对于励磁涌流, 其小波变换模极大值随 $s=2^j$ (尺度因子) 的增大而迅速衰减; 而内部故障行波信号的小波变换模极大值随尺度因子的增大而增大或保持不变。据此起动元件的起动条件可以设定为: 对于起动元件所检测到的信号, 如果其小波变换的模极大值增大或不变, 则判定为行波故障信号到来, 起动元件起动, 否则起动元件不动作, 用式子可表示成

$$I_{2\max}^j \geq I_2^{j-1} \tag{2}$$

式中: $I_{2\max}^j$ 表示在尺度因子 $s=2^j$ 下的模极大值, I_2^{j-1} 表示在尺度因子 $s=2^{j-1}$ 下的模极大值。
为了保证起动元件的可靠性, 还可进一步通过设定门槛 I_{set} 来判定, 该门槛 I_{set} 由出厂试验时, 根据变压器的自身参数及运行环境获得, 与 I_2^{j-1} 的大小没有必然关系。

$$I_{2\max}^j \geq I_{\text{set}} \tag{3}$$

综合(2)和(3)就可以构成基于小波变换的行波识别起动元件。则基于小波变换的行波识别起动元件的起动原理框图如图 1。

从而变压器差动保护动作的原理框图如图 2。

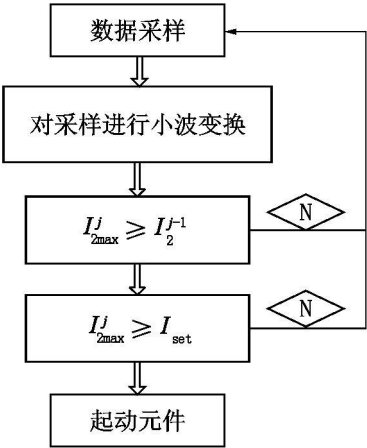


图 1 起动原理框图

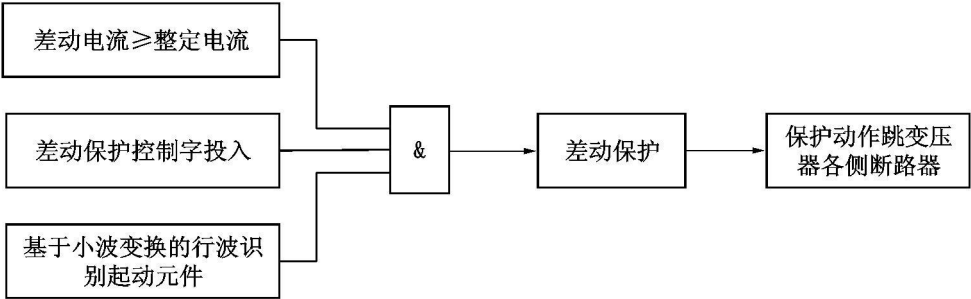


图 2 变压器差动保护动作框图

2 基于 simulink 及 wavemenu 的实例仿真

MATLAB 中的 simulink Power System 提供了电力系统的各种电力元件, 可以用来建立仿真模型, 确定好模型的各项参数, 就能得到正确的涌流和短路电流波形的模型仿真。另外, MATLAB 中的 wavemenu 为得到的各电流波形提供了各种小波变化工具, 本文主要用二进小波在不同 s (s 为尺度因子) 下的 db3 连续小波变换。

本文利用饱和单相双绕组变压器建立了励磁涌流模型和短路故障模型, 如图 3 和图 5 所示, 得出励磁涌流波形和变压器短路故障波形及各波形在不同尺度因子下的小波变换波形图, 如图 4 和图 6 所示, 仿真型变压器参数如表 1。

表 1 变压器仿真模型参数

绕组	电压相量/ 10^3 V	电阻(标么值)	电感(标么值)
1	35	0.02	0.08
2	6.3	0.02	0.08

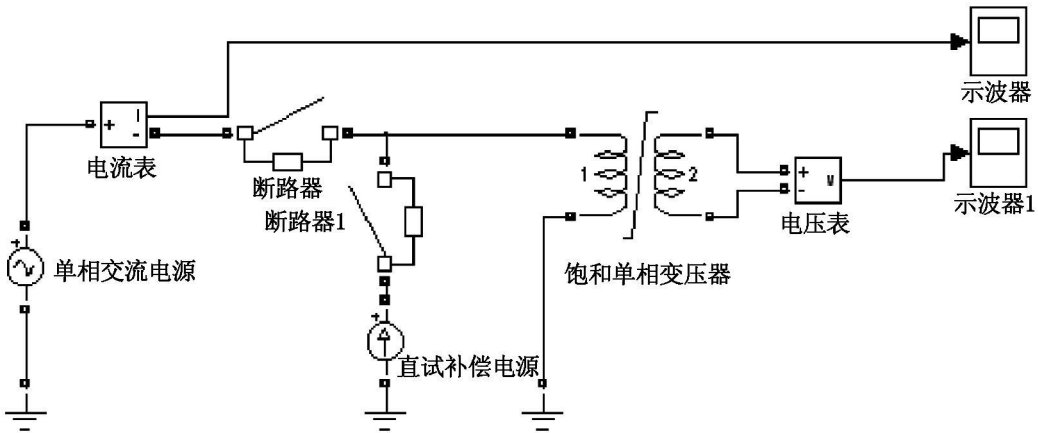


图 3 变压器励磁涌流仿真模型

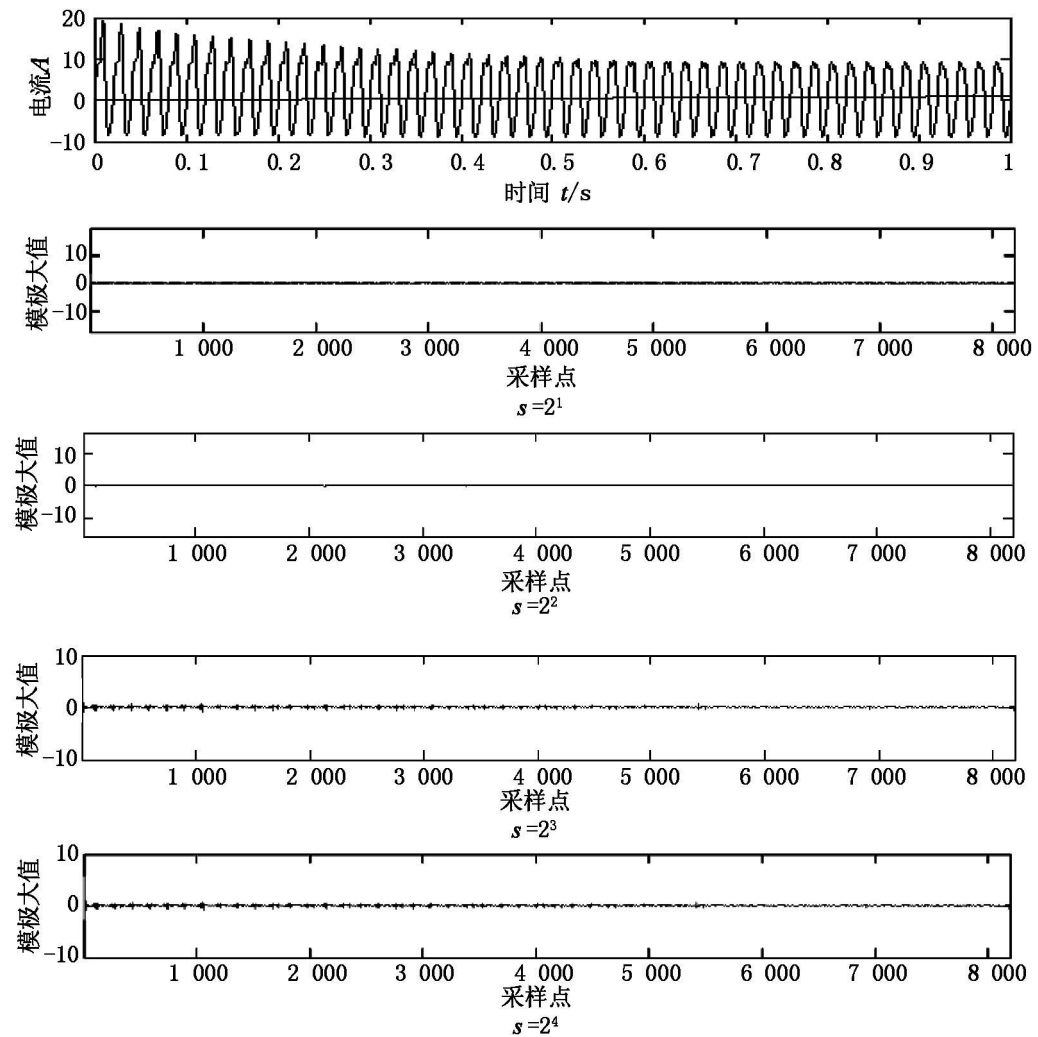


图 4 励磁涌流原始信号以及各尺度小波变换波形图

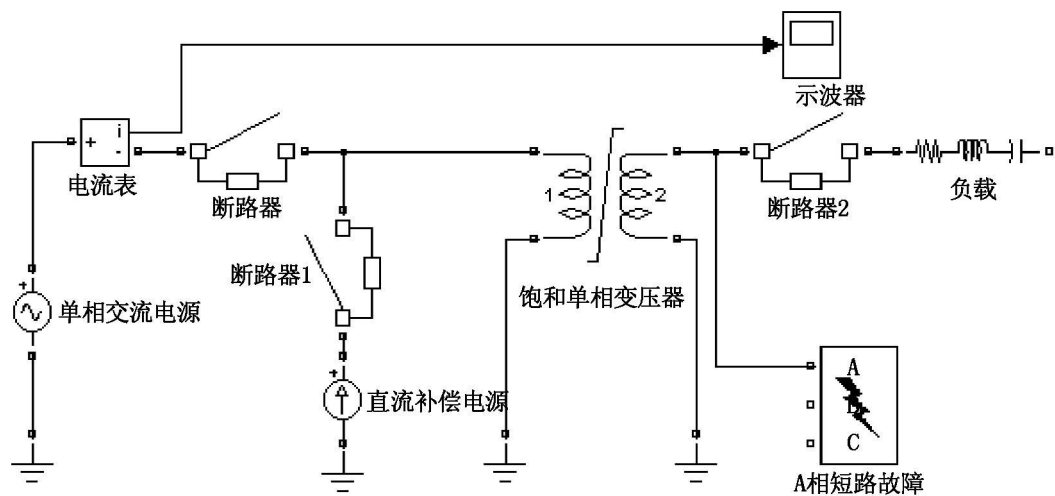


图 5 变压器内部故障仿真模型

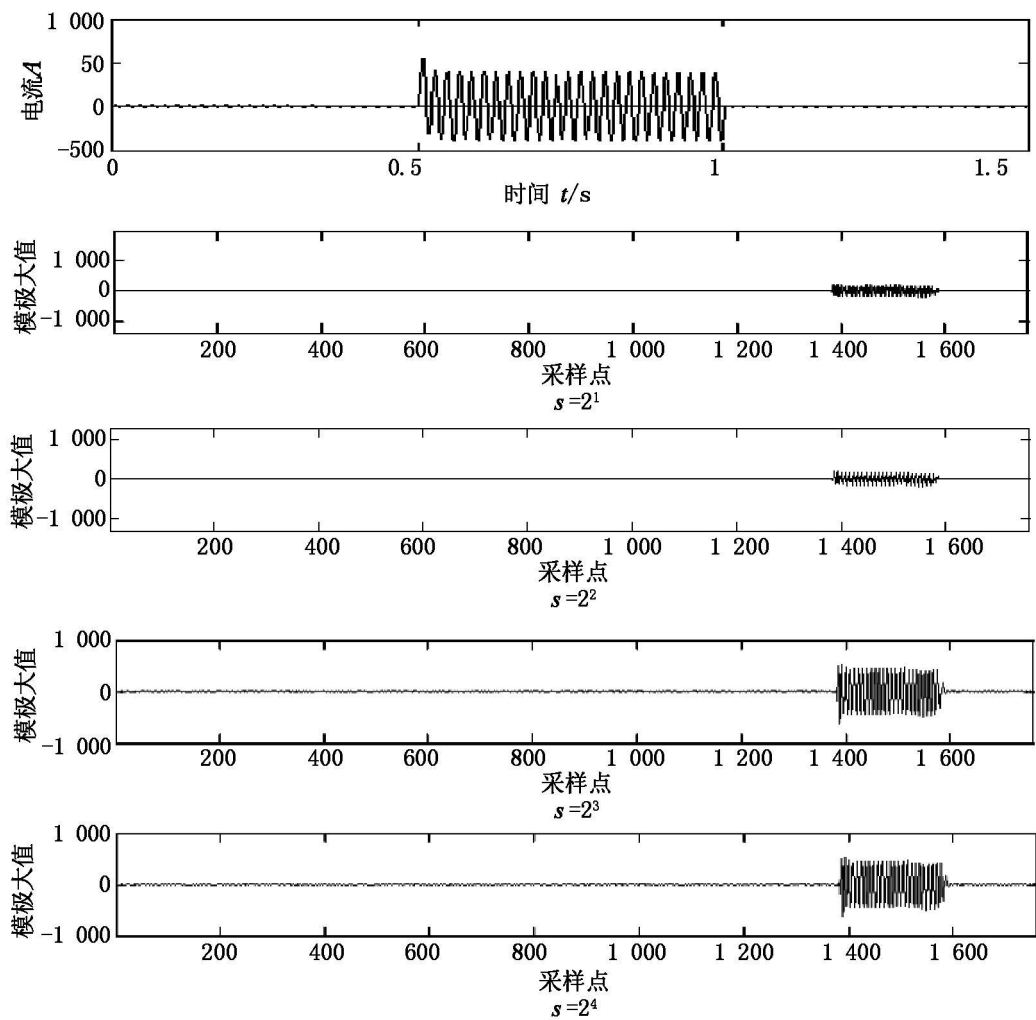


图 6 变压器短路电流原始信号以及各尺度小波变换波形图

从励磁涌流原始信号以及各尺度小波变换波形图(见图 4)可以看出:对于变压器励磁涌流,其小波变换模极大值随尺度因子的增大而迅速衰减;从变压器短路电流原始信号以及各尺度小波变换波形图(见图 6)可以看出:对于变压器短路故障电流,其小波变换模极大值随尺度因子的增大而增大或保持不变。因此,利用上述规律来设计出的基于小波变换的行波识别起动元件是完全合理可行的,进而大大提高变压器差动保护的可靠性。

3 结束语

小波分析具有多尺度分析和良好的时频局部化特性,可以准确地捕捉突变信号特征。本文通过将变压器励磁涌流与内部短路故障电流的仿真波形进行小波变换后发现,二者在不同尺度因子的小波变换下,其模极大值存在差异明显的变化规律,能够对变压器励磁涌流和内部短路电流进行准确的识别,从而得出一种新型的变压器差动保护起动元件——基于小波变换的行波识别起动元件。

参考文献:

- [1] 王维俭,王祥珩,王赞基.大型发电机变压器内部故障分析与继电保护[M].北京:中国电力出版社,2006:116-120.
- [2] 阙小生,黎功华,张永记,等.基于 ATP 数字仿真的变压器励磁涌流和内部故障的研究[J].电工与电力,2009,29(2):1-4.
- [3] 何正友,钱清泉.电力系统暂态信号的小波分析方法及其应用[J].电力系统及其自动化学报,2002,14(4):11-14.
- [4] 贺家李,松从矩.电力系统继电保护原理[M].北京:中国电力出版社,2004:312-323.
- [5] 胡昌华,李国华,周涛.基于 MATLAB7.X 的系统分析与设计——小波分析[M].西安电子科技大学出版社,2008:174-181.
- [6] 王增平,徐岩,王雪,等.基于变压器模型的新型变压器保护原理的研究[J].中国机电工程学报,2003,23(12):54-58.
- [7] 杨利水,杨旭,徐岩.电力变压器内部故障的非线性仿真模型[J].电网技术,2009,33(20):183-186.
- [8] 李红连,张维理,张小兰,等.电力变压器内部故障简便仿真模型[J].重庆电力高等专科学校学报,2009,14(1):10-13.
- [9] 董新洲,贺家李,葛耀中,等.基于小波变换的行波故障选相元件研究[J].电力系统自动化,1999,23(1):20-22.
- [10] 王莉丽,荣雅君.基于小波神经网络的变压器励磁涌流和内部故障电流识别[J].继电器,2003,31(7):20-22.

A New Transformer Differential Protection Starting Component

Xie Wei¹, He Renwang¹, Song Haiyan²

(1.School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 2.School of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Excitation inrush currents in a power transformer might result in differential protection misoperations. The paper presents a novel approach to this problem. A new transformer differential protection starting component based on wavelet transform wave identification is proposed, and simulations are performed with simulink and wavemenu of MATLAB. Simulation results show that the starting component can correctly distinguish excitation inrush currents from internal fault currents, and thus the differential protection misoperations can be effectively avoided.

Key words: excitation inrush current; differential protection; starting component; wavelet transform

(责任编辑 王建华)