

基于小波包变换的自适应重合闸

蔡超豪 沈阳电力高等专科学校 (110036)

【摘要】 讨论了利用小波包变换鉴别输电线路瞬时性故障与永久性故障以构成自适应重合闸的原理和方法,分析表明该方法算法简单、检测准确,分辨率高,是一种颇有前途的检测方法。

【关键词】 小波分析 小波包 自适应重合闸

1 引言

输电线路故障有70%~80%为单相接地短路,自动重合闸是保证安全供电的有效措施。为了防止重合于永久性故障,研究了区分瞬时性故障与永久性故障的判别方法。如为永久性故障则不重合,这称为自适应重合闸。目前已经提出利用单相跳闸后线路上感应电压不同来区分两类故障,如电压判别法、电压补偿判别法等^[1]。理论分析和试验结果表明,这些方法简洁、明了,对部分故障能作出正确判断,但由于它们没有综合考虑系统参数的影响,对一些特殊工况如有并联电抗器补偿的长线路有误判的可能。

作者曾将小波分析应用于输电线路的自适应重合闸,探讨了利用小波变换检测线路电压局部极大值来区分瞬时性与永久性两类故障的新方法^[2]。本文将小波包变换应用于自适应重合闸,可获得更高的分辨率。

2 小波包变换

小波分析是近几年开始推广应用的一种信号处理方法,它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的特征,并能在不同频带上考察信号特征的演化,克服了傅里叶分析不能对信号在时域上进行局部化分析的缺点,因而将广泛地应用于电力系统的故障诊断。

小波包变换是小波分析的一种。选定某种小波函数后,设其滤波系数为 $h = \{h_n\}$, 令 $g_k = (-1)^k h_{1-k}$, 定义一列递归函数

$$W_{2n}(t) = \sqrt{2} \sum h_k W_n(2t - k)$$

$$W_{2n+1}(t) = \sqrt{2} \sum g_k W_n(2t - k)$$

由上式所确定的 $\{W_n(t)\}$ 即为小波包, $W_1(t)$ 就是对应的小波函数^[3]。

为了对数字信号 $f(t)$ 进行小波包处理,可将滤

波算子(用 H 和 G 表示)反复地作用于 $f(x)$ 及由变换得出的新结果上,将小波分析的二元结构改变成树式结构,得到一组树式小波包变换如图1所示。

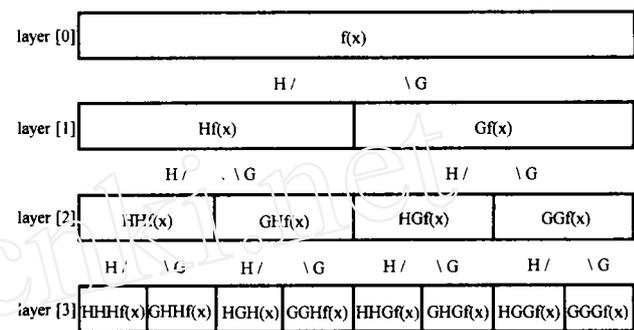


图1 树式小波包变换

图1中将原信号作为0层,另外画出了1、2、3三层小波包变换, $f(x)$ 是原信号, $Hf(x)$ 对应于 $f(x)$ 的低频分量,而 $Gf(x)$ 则对应于 $f(x)$ 的高频分量;同理 $HHf(x)$ 对应的是 $Hf(x)$ 的低频分量,而 $GHf(x)$ 对应的是 $Hf(x)$ 的高频分量。不同窗口所对应的小波包分量具有不同的频率特性。

将信号进行小波包分解后,原始信号的某些特性会体现在某一个或几个小波包上,这样就可选择它们提出所需要的特征。即只要选择所需的几个小波包来处理,以减少处理的数据量加快处理速度。

在小波分析中,随着频率的增加,小波函数的时间分辨率提高,但是其频率分辨率则下降,这是小波变换的一个缺陷。在小波包变换中,它能随频率的增加,将频率窗口进一步分割变细,提高频率分辨率,因而它在高频段同时具有较高的时间分辨率和频率分辨率,从而对突变信号的频域分析有重要应用价值。

3 瞬时性故障与永久性故障电压波形特征

文献^[4]利用 EMTP 软件包对 128km、400kV 单回输电线路 64km 处发生单相接地故障进行了仿真

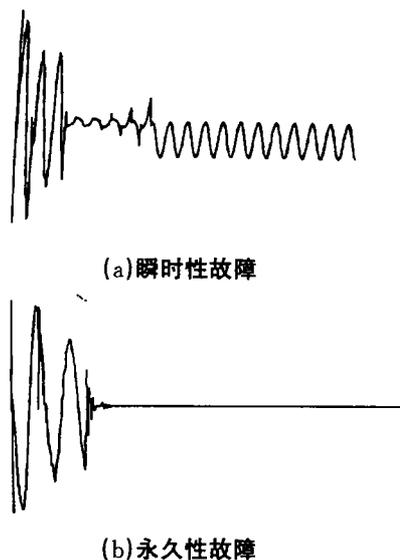


图2 线路首端电压波形

研究,图2(a)、(b)分别示出了瞬时性和永久性故障时线路首端故障相对地电压的暂态过程。当发生单相接地故障时,最初半周期由于电压击穿故障点产生较高频率畸变,断路器跳闸后瞬时性故障与永久性故障的波形有了明显的区别。对于图(a)的瞬时

性故障由于线路上有感应电压,故障点电弧时灭时燃,突然的重燃导致产生尖顶波电压,电弧趋于熄灭后,工频恢复电压由于故障相电压的浮动而偏移。图(b)所示为永久性故障情况,故障切除后故障相电压波形由于持续的对地短路而趋于很小,其数值取决于高阻抗接地故障还是低阻抗接地故障。

由上可见,输电线路瞬时性故障断路器跳闸后电弧熄灭前,由于电弧重燃导致产生尖顶波电压,电弧熄灭后才趋于工频恢复电压;而永久性故障除电弧熄灭时产生高频振荡外并不经历工频电弧重燃阶段。所以如在线路故障跳闸后检测到连续的工频电压尖顶波即可判定为瞬时性故障,并可判定电弧熄灭时间。

基于小波包变换的自适应单相重合闸的基本原理就是鉴别上述两种情况下的电压波形。

4 利用小波包变换检测工频电压尖顶波

电弧重燃产生的电压尖顶波导致了信号的奇异性,在小波包变换的高频段便可明显地区别于正弦电压。

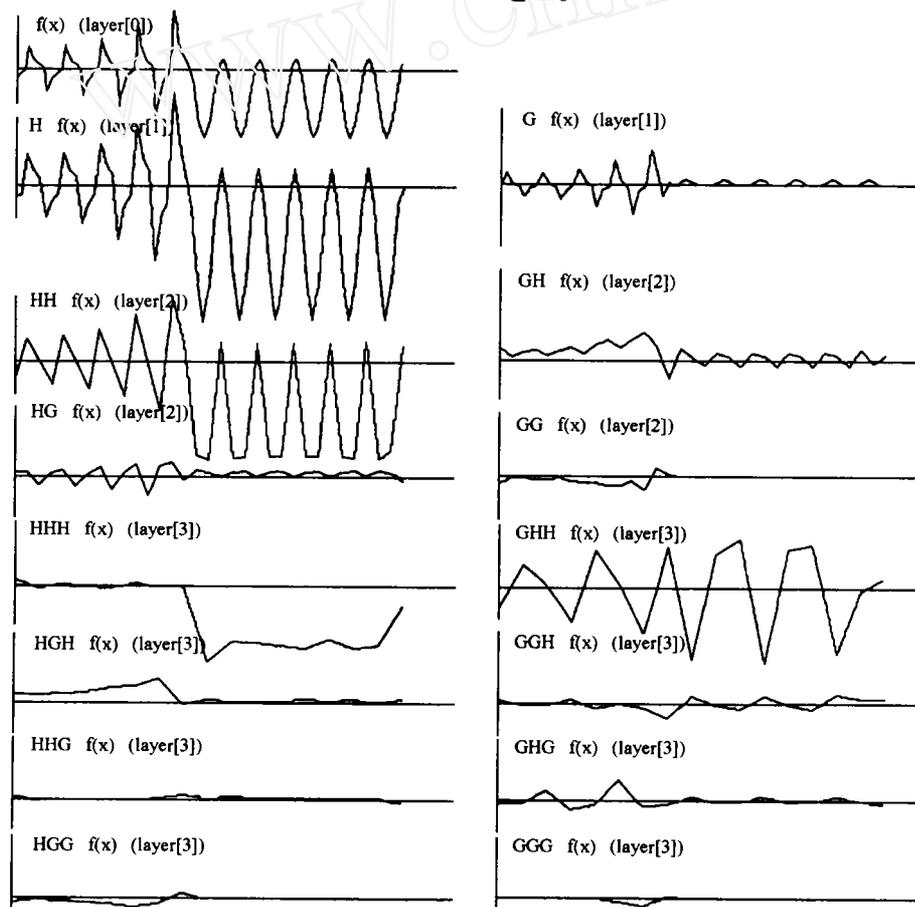


图3 电弧重燃波形的小波包变换

本文对电弧重燃波形进行小波包变换如图3所示。本文选择 S. Mallet 给出的小波^[5],小波的滤波系数为

$$\begin{aligned} h[0] &= 0.542 & h[1] &= 0.307 & h[2] &= -0.035 \\ h[3] &= -0.078 & h[4] &= 0.023 & h[5] &= 0.030 \\ h[6] &= -0.012 & h[7] &= -0.013 & h[8] &= 0.006 \\ h[9] &= 0.006 & h[10] &= -0.003 & h[11] &= -0.002 \end{aligned}$$

图3各个波形分别与图1各窗口对应。 $f(x)$ 为输入的电弧重燃波形(参看图2(a)),每工频周期采样12点。可以看到在 $Gf(x)$ 的图形中,尖顶波已明显区别于正弦波,模局部极大值相差很大,设定阈值,即可检测出弧光闪络及熄弧时刻。 $GGf(x)$ 图形中正弦波已降为0,电弧重燃时刻与弧光熄灭区别非常明显,极易检测与识别。

5 结论

本文探讨了基于小波包变换来检测输电线路瞬

时性故障与永久性故障的新方法,计算机仿真表明,该方法算法简单,检测准确,分辨率高,抗干扰能力强,不会发生误判。

参考文献

- 葛耀中等. 微机式自适应单相重合闸的判据和算法. 继电器, 1995, (2).
- 蔡超豪. 基于小波分析的自适应重合闸. 东北电力技术, 1998. 8.
- 秦前清, 杨宗凯. 实用小波分析. 西安电子出版社, 1994. 1.
- Fitton D S. 神经网络技术在自适应重合闸中的应用. 第五届电力系统保护进展国际会议论文集, 1993.
- Mallet S. A theory for multiresolution signal decomposition, IEEE Trans. on PAMI, 1989, 11(7).

收稿日期: 1998—08—24

蔡超豪 男, 1965年生, 在职硕士, 从事人工智能在继电保护中的应用研究工作。

ADAPTIVE AUTO-RECLOSING FOR TRANSMISSION LINE BASED ON WAVELET PACKET TRANSFORM

Cai Chaohao (Shenyang Institute of Electric Power, 110036, Shenyang, China)

Abstract The principle and method of an adaptive recloser which uses wavelet package transform to discriminate instantaneous fault and permanent fault of transmission Line are discussed. Analysis shows that the method is of simple algorithm, accurate detection, high resolution and future.

Keywords Wavelet analysis Wavelet packet Adaptive reclosing

(上接 20 页)

参考文献

- 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术. 西安交通大学出版社, 1993.
- 房鑫炎, 刘涛. 人工神经网络在自适应重合闸瞬时与永久故障判别中的应用. 全国高等院校电力系统及其自动化专业第十三届学术年会论文集, 1020~1025.
- 王伟. 人工神经网络原理. 北京航空航天大学出版社, 1995.
- 房鑫炎, 郁惟镛, 王山虎. 自适应重合闸的机理及仿真计算. 全国高等院校电力系统及其自动化专业第十二届学术年会论文集(下册), 808~812.
- 房鑫炎, 郁惟镛, 王曼. 自适应重合闸中首合相判据的探讨. 全国高等院校电力系统及其自动化专业第十二届学

术年会论文集, 905~910.

- 史忠植. 神经计算. 电子工业出版社, 1993.
- 施鸿宝. 神经网络及其应用. 西安交通大学出版社, 1993.
- 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理. 水利电力出版社, 1991.
- 刘增良, 刘有才. 模糊逻辑与神经网络—理论探索与研究. 北京航空航天大学出版社, 1996.

收稿日期: 1998—09—07

房鑫炎 男, 1963年生, 博士, 副教授, 主要从事继电保护及自动化研究工作。

郁惟镛 男, 1940年生, 教授, 博导, 主要从事继电保护及自动化研究工作。

THE APPLICATION OF THE MULTI-LAYER ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN THE IDENTIFICATION OF THE FIRST-RECLOSING PHASE AND THE SECOND-RECLOSING PHASE OF ADAPTIVE RECLOSURE

Fang Xinyan, Yu Weiyong, Wang Zhihua (Electric engineering department of S. J. T. U, 200240, Shanghai)

Abstract In order to resolve the problem of shunting to the system caused by classical reclosure to the permanent fault, it is necessary to use ANN in the adaptive sequential reclosure to identify the fault type and order the reclosing phases quickly and accurately. Combined with the simulation and net training, it has been proved that this action is possible.

Keywords Artificial neural network BP algorithm the adaptive sequential reclosure the first-reclosing phase the second-reclosing phase