

基于虚拟仪器和小波降噪原理的电力故障分析装置设计

肖骏¹, 王灿², 王晓兰²

(1. 甘肃电力科学研究院, 甘肃 兰州 730050; 2. 兰州理工大学电气工程与信息工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 提出了一种由工控机和虚拟仪器技术实现的电力系统故障信号降噪与分析装置的设计方案。在软件设计中, 把小波降噪和虚拟仪器技术相结合。主要通过设置对采样率和采样通道来完成信号的采集, 并且在故障录波时采用多种启动方式, 使得系统更加灵活, 然后再利用软硬阈值结合的方法对电力系统故障信号进行有效的降噪, 提高了电力系统故障类型判断和故障定位的准确度, 最后通过自动生成报表的形式来显示所有功能。

关键词: 虚拟仪器; 降噪; 故障定位

Design of electric power faulted signal analyzing device based on virtual instrumentation technology and wavelet denoise

XIAO Jun¹, WANG Can², WANG Xiao-lan²

(1. Gansu Electric Power Research Institute, Lanzhou 730050, China;

2. School of Electrical Engineering and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: This paper introduces a scheme for realizing electric power faulted signal noise reduction and analysis based on industrial controlling computer and virtual instrument. The wavelet noise reduction and virtual instrument technology are combined in terms of software design. It primarily sets the sampling rate and sampling channels to complete the signal acquisition. And in fault recorder, it uses a variety of start ways, which can make the system flexible. The effective noise reduction is achieved by combining soft and hard threshold, so as to improve the accuracy of fault determination and fault location. Finally, it uses the automatically generated reports to show all the function.

Key words: virtual instrumentation; denoise; fault location

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)06-0111-04

0 引言

输电线路故障的准确判断、精确定位, 长期以来得不到较好的解决, 这直接影响故障电路的供电恢复时间, 国内外对此都进行了广泛的研究^[1], 但是由于故障时的各种噪声信号的存在, 使得效果并不明显, 因此只有通过有效的降噪, 才能使故障定位精度进一步提高。传统的线性平滑降噪, 平滑了信号中的锐变尖峰部分, 损失了这些奇异点可能携带的重要信息。基于小波变换的降噪技术可以避免奇异性的损失且计算速度大为提高。

近年来, 虚拟仪器的兴起给该系统的研制提供了一条新的研究途径, 它除了在性能、用户可编制性等方面有诸多优点外, 在实际应用及社会经济利益等方面也有突出优势^[2]。基于此, 本文利用了软硬阈值结合的降噪方法设计了一种具有电力系统小

波降噪及分析的多功能系统。由于故障信号存在的比较短暂, 在线分析很难达到要求, 该装置主要采用离线的方法, 首先通过对故障信号录波, 然后根据录波数据再进行具体分析。文献[3]中主要把小波阈值降噪技术应用在输油管道泄露检测定位系统中, 通过仿真结果看出, 定位比较精确, 实用性很强。文献[4]主要讲述电力暂态信号的小波分析仪, 并且完成了小波变换和后处理等功能。本文利用软硬阈值结合的方法使得电力系统故障信号降噪效果非常明显, 更有利于对故障信号的分析。通过实际测试可以看出, 故障类型的判断、故障定位及故障时间的准确度等都有所提高。该装置采用了工控机和虚拟仪器相结合的设计方案, 系统软件以美国 NI 公司开发的 LabVIEW 为平台, 将整个系统的设计模块化、框图化, 完成系统的各个逻辑和分析功能的设计。

1 装置的硬件结构

本装置的总体设计采用了PCI总线方案，通过电压、电流互感器对信号进行隔离变换，并通过信号调理和A/D变换后送入计算机，利用PC工控机和虚拟仪器软件平台，对故障信号进行高速采样、降噪和分析。装置结构如图1所示。

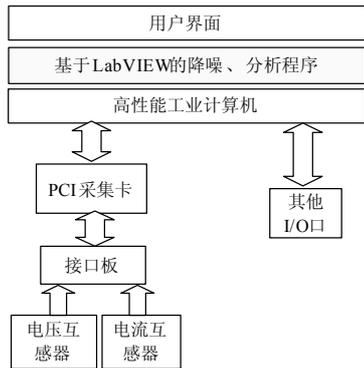


图 1 基于 LabVIEW 的分析装置结构图

Fig.1 Scheme of integrated fault analysis based on LabVIEW

从图1可以看出，该装置的硬件由一台高性能工业计算机，一块高速数据采集卡，电压、电流隔离变换和信号调理电路构成。为保证在比较宽的范围内，达到高的电压、电流测量精度，信号调理电路采用带CPU的自动增益调整电路，对相应的互感器送来的模拟信号自动进行分级放大，提高输入信号测量的精度。高速数据采集卡有多个模拟量输入通道，采样率最高可以达到250 KS/s，分辨率为16位，可以对接口板送来的电压和电流信号进行高速高精度采集；该采集卡还集成了多路可编程的数字I/O端口，其中8路作为上位机与单片机间的并行通信接口，其余编程作为开关量输入或输出，可以和外部设备形成闭环控制故障信号的发生。

2 系统软件设计

该测试软件系统由图形化语言 LabVIEW 开发，由若干个模块组成，主要通过设置对采样率和采样通道来完成信号的采集，然后再进行小波消噪，最后再对数据进行分析，实现故障类型判断、故障点定位及故障持续时间计算等功能。该软件的流程图、界面如图 2 和图 3 所示，图 3 是在 A 相接地故障情况下的降噪和分析。

2.1 故障录波

由于故障发生时刻非常短暂，在线分析很难达到要求，该装置采用先录波后分析的方法来完成，

对所采集的信号幅值、相位、频率等参数进行实时计算，并将采样得到的数字量存储在计算机存储器中。录波启动方式有模拟量启停，数字量启停，模拟量启动数字量停止。任意一个启动判据启动，故障录波记录过程按A、B、C、D、E五个区段形成一次完整的录波，符合DLT553-1994标准的要求。与故障数据分析处理模块进行信息交换时采用局部实时变量，可以大大提高数据传输的速度。

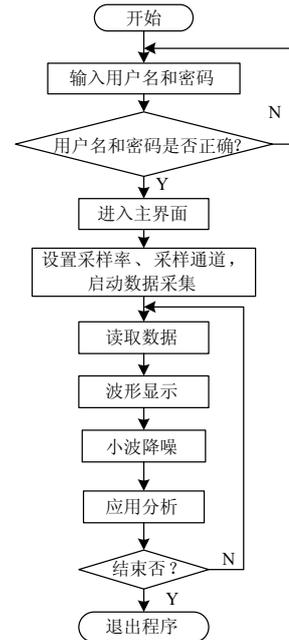


图 2 软件设计流程图

Fig.2 Software design flow chart

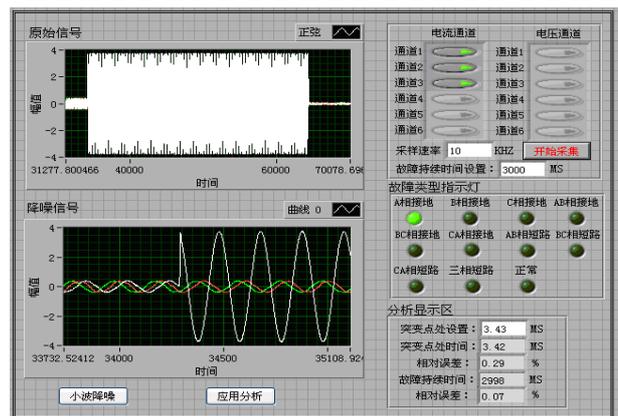


图 3 降噪与分析界面图

Fig.3 The interface plans of noise reduction and analysis

2.2 小波降噪

电力系统中采集到的信号存在着大量的噪声和其它干扰成分，噪声的干扰对信号奇异点的判断造成很大的影响，降噪效果的好坏，直接关系到故

障定位的精度和故障判断的准确性。小波阈值降噪是一种比较实用的方法,阈值降噪通常是对小波分解的每层高频系数,选择一个阈值进行阈值量化处理。设定随尺度变化的阈值 $\lambda(j) = \sigma j + \sqrt{2 \log(N)} / \log(j+1)$,其中 σ^2 为噪声的方差, N 为离散采样信号的长度, j 为分解尺度。令 $cd(j)$ 为分解尺度上的原始高频系数, $\hat{cd}(j)$ 为阈值量化后的高频系数。在信号的降噪中,通常采用硬阈值降噪或软阈值降噪的方法,硬阈值降噪可以保留信号的特征,但是在平滑方面有所欠缺;软阈值降噪则可以使降噪后的信号平滑一些,但是会丢掉某些特征。而软硬阈值相结合的方法,则可以兼顾降噪后的信号特征和信号的平滑性,其定义为:

$$\hat{cd}(j) = \begin{cases} \text{sign}(cd(j)) * (|cd(j)| - a\lambda(j)), & |cd(j)| \geq \lambda(j) \\ 0, & |cd(j)| < \lambda(j) \end{cases}$$

$$0 \leq a \leq 1$$

该方法的降噪效果非常明显,由于单独的软阈值方法量化出来的 \hat{cd} ,其绝对值总比 cd 要小 $\lambda(j)$ ($cd(j) \geq \lambda(j)$ 时),因此要设法减小此偏差,但是如把次偏差减小为零,则变成硬阈值情况,其效果也不是很好。因此,通过在阈值函数中加入 a 因子,在0和1之间适当调整 a 的大小,则可以获得更好的降噪效果。

由于该装置主要对系统中采集的电流、电压信号进行降噪,因此可以设置采样速率和采样通道等参数。将参数通过LabVIEW与Matlab接口传递给Matlab相应的功能函数,完成信号分析与处理功能,最后将处理结果回传给LabVIEW进行显示,虚拟小波降噪的原理框图如图4所示。



图4 虚拟小波降噪原理框图

Fig.4 Block diagram of virtual wavelet denoising

2.3 故障类型判断

在对故障类型检测中,通常可以利用故障电流序分量、单相电流突变和相电流差突变量等方法。由于采用故障电流序分量的关系来判断时,在选相过程中裕度角很小,精度不够,可靠性较低,但是对接地故障和非接地故障区别较快。而采用相电流差突变量方法具有抗共模干扰能力强、易于在微机上实现并且可以提高各种相间故障灵敏度等优点。所以系统通过小波降噪后采用相电流差突变量和序分量相结合的方法对故障分类,通过指示灯显示相应的故障。

2.4 故障测距

本软件系统提供的测距功能中,故障线路和故障相别可由用户人为干预选择。在我国目前采用的单端测距装置中,大多采用迭代法进行故障测距,在实际应用中,迭代法有可能不收敛或收敛至误根而导致测距失败。因此在本系统的单端测距算法中,对于单相接地短路和两相接地短路,采用直接解方程算法进行测距计算;对于相间短路,直接采用传统的阻抗算法,由故障相电流、电压差计算测量阻抗,据此确定故障点位置^[7]。图3是对三相电流进行采集并通过小波降噪后,计算出故障点的位置为3.42 s处,与故障设置的距离3.43 s处,相差0.01 s,相对误差为0.29%。

2.5 故障持续时间测量

故障持续时间是指故障信号从开始发出到结束的这段时间,由于在LabVIEW中自带的计时器是以ms为单位的,在对精度要求较高时,可能无法满足要求,本系统通过采集的点数再计算故障持续时间,当采集速率达到10 kHz时,两点之间的采集时间就变为100 μs,精度就会有所提高。如果要求更高,则采集速率还可以增大。由图3可以看出,测试得到的故障持续时间误差基本为0,完全可以达到电力系统测量标准。

2.6 报表生成

该系统可实现在记录完毕后生成报表的功能,可以根据内容生成不同格式的报表。而且在多通道的情况下,可以按照测试人员的要求选择其中某些通道的数据,动态生成报表^[8]。

3 结束语

本装置将小波降噪与虚拟仪器相结合,设计出了一种集小波降噪和电力系统故障判断、故障定位于一体的电力故障测试装置,该装置通过故障录波,可以很好地实现故障时刻的离线分析,是一种新型的故障分析装置,该装置通过小波降噪使得故障判断和故障定位的准确度进一步提高,该系统的人机界面也比较直观,有望在实际系统中得到广泛应用。

参考文献

- [1] 曾祥君,尹项根,陈浩,等. 新型输电线路故障综合定位系统研究[J]. 电力系统自动化,2000,25(22): 39-44. ZENG Xiang-jun,YIN Xiang-gen,CHEN Hao, et al. Study on a New Type of Integrative Fault Location System for Transmission Line[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 25(22): 39-44.
- [2] 樊江涛,刘静芳,陈剑云. 基于LabVIEW的牵引供电系统谐波负序分析仪[J]. 华东交通大学学报,2004,

- 21(5): 54-58.
FAN Jiang-tao, LIU Jing-fang, CHEN Jian-yun. Harmonic Andnegative Sequence Analytical Instrument Based on LabVIEW Intraction Supply System[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2004, 21(5) : 54-58.
- [3] 苏维均, 周莺. 小波变换阈值降噪方法及在工程中的应用[J]. 微计算机信息, 2008, 24 (1) .
SU Wei-jun, ZHOU Ying. Wavelet Transform Threshold Noise Reduction Methods and the Application in Engineering[J]. Microcomputer Information, 2008, 24 (1) .
- [4] 陈小勤, 何正友, 钱清泉. 基于虚拟仪器的电力短暂信号小波分析仪[J]. 电力自动化设备, 2006, 26 (10) : 98-100.
CHEN Xiao-qin, HE Zheng-you, QIAN Qing-quan. Wavelet Transform Analysis Instrument of Electric Power Transient Signal Based on Virtual Instrument[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(10): 98-100.
- [5] 任震, 黄雯莹, 石志强. 小波分析及其在电力系统中的应用: (三) 工程应用技术[J]. 电力系统自动化, 1997, 21(3):12-15.
REN Zhen, HUANG Wen-ying, SHI Zhi-qiang. Wavelet Analysis and Applications to Power Systems Part Three Engineering Application[J]. Automation of Electric Power Systems, 1997, 21(3):12-15.
- [6] 董新洲, 贺家李, 葛耀中. 小波变换: 第 2 讲 离散小波变换[J]. 继电器, 1999, 27(2):57-60.
DONG Xing-zhou, HE Jia-li, GE Yao-zhong. Wavelet Transform: Part Two Separate Wavelet Transformation[J]. Relay, 1999, 27(2):57-60.
- [7] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1996.
GE Yao-zhong. New Principle and Technology for Protective Relaying and Fault Location[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1996.
- [8] 王晓兰, 李建海, 等. 基于 LabVIEW 的自动测试系统中动态报表的生成方法[J]. 测控技术, 2008, 27(9): 63-65.
WANG Xiao-lan, LI Jian-hai, et al. A Method of Dynamic Report Generation Based on LabVIEW in Automatic Test System[J]. Observation Technology, 2008, 27(9): 63-65.
- [9] 侯国屏, 王坤, 叶齐鑫. LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.341-347.
HOU Guo-ping, WANG Kun, YE Qi-xin. LabVIEW7.1 Programming and Virtual Instrumentation Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005. 341-347.

收稿日期: 2009-04-16

作者简介:

肖 骏 (1962-), 女, 高工, 主要研究方向为电力系统继电保护; E-mail: _xj361818@163.com

王 灿 (1983-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统分析;

王晓兰 (1963-), 女, 教授, 研究生导师, 研究方向为智能控制系统。

(上接第 103 页 continued from page 103)
参考文献

- [1] 张振旗, 孙廷玺, 郭正荣, 等. 输电线路泄漏电流采集范围取值探讨[J]. 高电压技术, 2003, 29(1): 56-57.
ZHANG Zhen-qi, SUN Ting-xi, WU Zheng-rong, et al. Discussion on Measurement Range of Leakage Current on HV Overhead Line[J]. High Voltage Engineering, 2003, 29(1): 56-57.
- [2] 王海跃, 等. 合成绝缘子在线检测方法的现状与发展[J]. 高电压技术, 2005(4): 31-34.
WANG Hai-yue, et al. Present and Future Development of on-line Detection Methods for Composite Insulator[J]. High Voltage Engineering, 2005(4): 31-34.
- [3] 康华光, 等. 电子技术基础模拟部分 (第四版) [M]. 1999.
- [4] 陈国庆, 方康玲, 刘宇. 一种精密有源绝对值电路的改进与应用[J]. 武汉科技大学学报: 自然科学版, 2005, 28 (4): 371.
CHEN Guo-qing, FANG Kang-ling, LIU Yu. Improvement and Application of an Exactitude Power Absolute Circuit[J]. Journal of Wuhan University of Science & Technology: Natural Science Edition, 2005, 28 (4): 371.
- [5] 黄新波, 刘家兵, 等. 绝缘子泄漏电流在线监测系统的设计与应用[J]. 电测与仪表, 2007, 44 (497): 12-13.
HUANG Xin-bo, LIU Jia-bing, et al. Designation and Application of an On-line Monitoring Insulator Leakage Current System[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2007, 44 (497): 12-13.
- [6] 陶元忠, 包建强, 等. 输电线路绝缘子运行技术手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003. 90-93.

收稿日期: 2009-03-27

作者简介:

周兴韬 (1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统及其自动化, 电气设备在线监测; E-mail: zhxt1119blue@163.com

王 玮 (1959-), 男, 博士生导师, 研究方向为电气设备在线检测技术, 电力系统稳定与控制等;

倪平浩 (1972-), 男, 讲师, 研究方向为电气设备在线监测技术, 电力系统继电保护。