

用混合分析方法设计供电质量分析仪

翟子楠, 王化冰

(平顶山学院 电气信息工程学院, 河南 平顶山 467099)

摘 要:通过对电能质量常用算法优缺点的分析,设计了快速傅里叶变换(FFT)和小波分析相结合的混合分析算法.此算法能够根据信号是否具有突变而选取合适的分析过程.描述了主要算法的设计原理及基于DSP处理器的硬件设计,并通过仿真实验验证了算法的可行性.

关键词:电能质量;混合算法;小波分析

中图分类号:TM933

文献标识码:A

文章编号:1673-1670(2015)02-0041-03

0 引言

近年来,新型用电设备正成为电能质量问题的主要来源,电力电子装置对电能质量的要求也更高.在这样的背景下,电网电能质量的实时检测表现得尤为重要与突出,通过设计智能化的工业监控单元实现实时检测,不仅能够使我们掌握全网的电能质量水平与状况,同时能够使我们取得大量的、详实的、不同运行工况的现场数据,从而为电能质量问题的控制治理提供不可缺少的数据支持.

目前电能质量分析设备的多家制造商推出的此类产品可以检测多项电力和电能质量参数,只是产品设计原理、精度、功能参数等方面存在参差不齐的情况.从电能质量问题的危害和各种电能质量问题发生的频率方面分析,谐波显然是最为重要的电能质量问题之一.这些产品常常采用基于FFT的方法,由于傅里叶分析在时域的分辨率是不变的,因而不足以在任意小的范围内描述或确定频率^[1].虽然傅里叶变换提供了稳态信号的分析方法,但是分析突变信号和非平稳信号却无能为力.而小波变换提供了一种局部分析信号的能力,能分析突变信号和非平稳信号是其这几年流行的原因^[2].

考虑到傅里叶变换与小波变换应用的各自特点,将两者结合应用到电能质量分析过程处理稳态和非稳态信号应该是一种可行的方案^[3-4].为了验证方案的可行性,设计了基于两种信号分析的混合算法及相应的硬件验证系统.

1 混合分析算法

基于FFT的方法在谐波分析方面具有简明有效的特点,是其他方法无法比拟的.不过基于FFT的方法(短时FFT)具有固定宽度的时频窗口,因此无法适应信号频率的变化.小波变换具有对信号的自适应性.目前针对突变的、暂态的非平稳电能质量扰动的分类识别、短时间谐波的检测、电压闪变的时频分析一般采用小波多分辨率信号分解的电能质量检测新方法. Mallat 使用多分辨率分析的概念统一了各种具体小波基的构造方法,并由此提出了现今广泛使用的快速小波分解和重构算法,它在小波分析中的地位与快速傅里叶变换在傅里叶分析中的地位相当^[5].但利用小波变换不能准确地测量谐波分量的幅值.电能质量在线监测的算法可以同时具备FFT方法和多分辨率分析方法,这样可以发挥各自的优点^[6].笔者最终采用了两种方法相结合的形式来分析电能质量的问题. FFT 已经是成熟的信号分析方法,这里不再介绍,主要阐述一下如何利用快速小波分解和重构算法及小波奇异性检测原理实现信号的混合分析.

任意信号 $f(t) \in L_2(R)$ 空间可用多分辨率信号分解公式表示为:

$$f(t) = \sum_k C_j(k) \varphi_{j,k}(t) + \sum_{j=1}^J \sum_k d_j(k) \Psi_{j,k}(t). \quad (1)$$

式中分解系数为:

收稿日期:2014-10-27

基金项目:河南省科技厅科技攻关计划(092102210303)

作者简介:翟子楠(1975—),男,河南省周口市人,平顶山学院电气信息工程学院副教授,主要研究方向:电力系统自动化.

$$C_{j+1}(k) = \sum_m h_0(m - 2k) C_j(m), \quad (2)$$

$$d_{j+1}(k) = \sum_m h_1(m - 2k) C_j(m). \quad (3)$$

同时根据小波奇异性检测原理:若函数在某处有间断或某阶导数不连续,则称函数在此处有奇异性,而该点被称为信号的奇异点.可以根据模极大值点探测信号的奇异点^[7].

利用小波变换检测信号奇异点的方法是:用 Mallat 分解及重构算法对信号进行多层分解,若分解后的系数具有模极大值,则说明信号出现奇异点,根据记录突变点出现的时间可以确定突变持续时间的长短.进而区分是暂态还是稳态扰动.在电能质量的分析中可以用模极大值的判断决定使用小波变换的重构算法还是使用傅里叶变换分析方法分析波形.如图 1 所示.

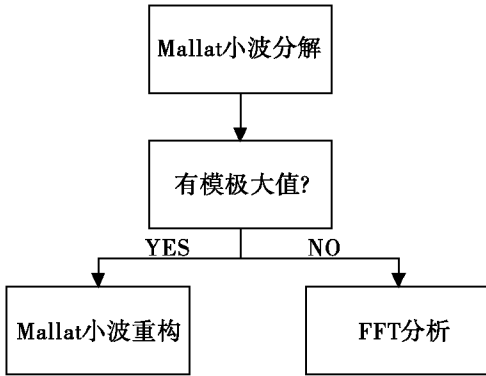


图 1 混合分析算法

2 硬件系统设计方案

按照我国制定的 6 项电力系统电能质量的国家标准:GB/T12325 - 1990《电能质量 供电电压允许偏差》,GB/T11549 - 1993《电能质量 公用电网谐波》,GB/T15543 - 1995《电能质量 三相电压不平衡度》,GB/T15945 - 1995《电能质量 电力系统频率允许偏差》,GB12326 - 2000《电能质量 电压波动和闪变》,GB/T18481 - 2001《电能质量 暂时过电压和瞬态过电压》,设计了能够实时测量系统三相电压、电流信号的频率,电压有效值、电流有效值、有功功率、无功功率、功率因数、电压电流三相不平衡度;电压、电流的谐波含有率和总的谐波畸变率等指标的硬件系统^[8].功能见图 2.

硬件系统由 DSP 主控模块, CPLD 逻辑模块, 数据采集模块, 通信模块, 人机接口模块组成. TMS320C28x 系列是 TI 公司推出的 32 位 DSP 芯片. 具有强大的数字信号处理能力和嵌入式控制能力. 特别适用于大量数据处理的测控场合. 由电压

互感器(PT), 电流互感器(CT), A/D 芯片构成采样通道, 采样的三相电压、电流模拟信号转换成数字信号后给 DSP 进行数据处理、显示结果、存储数据和传输数据等工作. 设计了 RS485 接口实现与上位机相连. CPLD 在系统中起逻辑控制作用, 分别与 DSP、A/D 模块、USB 模块、RS485 模块、LCD 模块、按键模块以及蜂鸣器接口. 系统组成框图见图 3.

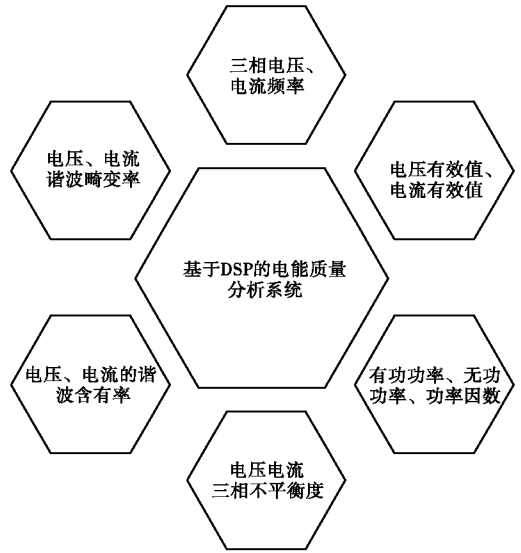


图 2 系统功能

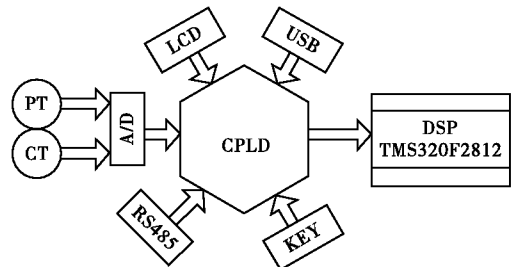


图 3 硬件系统结构

3 软件设计

程序流程图如图 4 所示. 系统完成对 DSP、LCD、通信模块的初始化. 启动 A/D 得到采样序列. 进行小波消噪, 确定是否存在模极大值以确定信号是否存在奇异点, 并根据奇异点存在的时间可进一步判断稳态扰动和非稳态扰动. 基于各次谐波参数可以计算出诸如电压有效值、电流有效值、频率值、各种功率参数、谐波含量、谐波畸变率、电压不平衡度、电流不平衡度等电能质量参数指标.

4 仿真

实验对多种暂态电压波形进行了测试, 重点对谐波、断电、脉冲暂态、振荡暂态做了仿真分析, 图

5展示了短时突变测试正弦波形,通过采样后经系统处理提取到的干扰.通过记录分解系数模极大值持续时间大约500 ms可以判断短期扰动.从而验证了算法的可行性.稳态下的谐波仿真波形这里不再赘述.

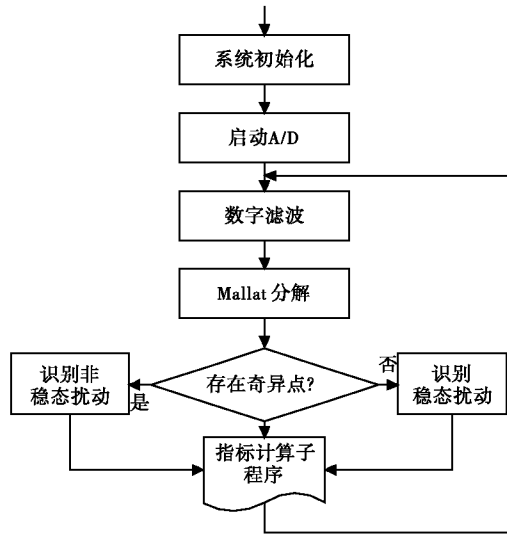


图4 软件系统结构

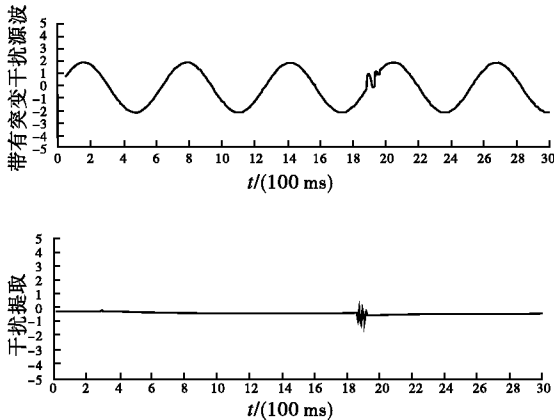


图5 仿真结果

5 结论

利用小波和傅里叶相结合的电能质量测量方法处理稳态与非稳态扰动,更完整地反映了扰动信号的特征.在算法上提高了对电能质量扰动信号特征的监测水平.提高了对噪声的处理能力.通过对典型信号的仿真分析,验证了该方法的实用性和可行性.能够满足高精度、实时的电能质量监测要求.

参考文献:

- [1]王大凯,彭进业.小波分析及其在信号处理中的应用[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [2]刘贵中,邸双亮.小波分析及其应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,1992.
- [3] Parle J A, Madrigal M, Acha E. Trends in Power Quality Monitoring[J]. Power Engineering Review, IEEE, 2001, 21(10): 3 - 21.
- [4]任震,黄群古,黄雯莹.多层多分辨分析算法及在电力系统中的应用[J].电网技术,2002,26(6):5-7,13.
- [5]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:(一)小波变换在电力系统暂态信号分析中的应用综述[J].电力系统及其自动化学报,2002,14(4):1-5,9.
- [6]李兰芳.电能质量在线监测系统[D].武汉:武汉大学,2004:32-33.
- [7]李威,王建曠,冉启文,等.一种新的电力系统暂态波形检测方法[J].电力系统自动化,2002(5):45-48.
- [8]全国电压电流等级和频率标准化技术委员会.电压电流频率和电能质量国家标准应用手册[M].北京:中国电力出版社,2001.

The Design of Power Quality Analyzer Based on Hybrid Analysis Algorithms

ZHAI Zinan, WANG Huabing

(School of Electric and Information Engineering, Pingdingshan University, Pingdingshan, Henan 467099, China)

Abstract: Through the analysis of the advantages and disadvantages of the commonly used algorithms for power quality, we have designed a hybrid analysis algorithms mixed with fast Fourier transform (FFT) and the wavelet analysis. This algorithm can select appropriate analysis process according to whether the signal has the mutation. This paper describes the design principles of the main algorithm and the design of hardware based on DSP processor, and gives the flow chart of software.

Key words: power quality; hybrid algorithm; wavelet analysis