

基于 STM32 的电力谐波测试仪的设计

任丽棉

(唐山学院 信息工程系, 河北 唐山 063000)

摘要: 确定电力谐波测试仪的硬件系统和软件系统的设计方案, 其中硬件系统包括 STM32 芯片、电流互感器、A/D 电路、显示屏等器件; 软件系统中, 采用 FFT 和相位差校正法, 对电力谐波参数进行测量并校正; 将信号发生器产生的信号谐波测试结果和 Matlab 仿真结果对比。对比结果表明, 此设计测量频率和幅值的准确度较高。

关键词: 电力谐波; STM32; 电流互感器; 相位差校正

中图分类号: TN911.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-349X(2014)06-0067-02

Design of STM32-Based Power Harmonic Tester

REN Li-mian

(Department of Information Engineering, Tangshan College, Tangshan 063000, China)

Abstract: The author of this paper has designed the hardware and software systems of the power harmonic tester. The hardware system consists of a STM32 chip, current transformers, A/D circuits and displays. In the software, FFT and phase difference correction method are used to measure and adjust the power harmonic parameters. Then, The test results of the signal harmonics generated by signal generator and Matlab simulation results are compared, which shows that this design can provide a high accuracy value of the frequency and amplitude of power harmonic.

Key Words: power harmonics; STM32; current transformer; phase difference correction

0 引言

电能已经成为现代社会中不可缺少的重要能源,但是,随着科技的发展,大量的非线性电力电子设备被广泛应用于现代电力系统中,使电网中的电压电流波形产生畸变并伴随着各种干扰。因此电网谐波对电力系统安全、稳定、经济运行构成了潜在威胁,给周围电气环境也带来了极大的影响^[1]。电网谐波的抑制以谐波检测和分析为前提。准确、快速地检测系统中的谐波成分,可以鉴定电力系统及谐波源用户的实际谐波水平是否符合标准的规定。在电力设备调试、投运时进行谐波测量,可以确保设备投运后电力系统及设备的安全及经济运行,因此谐波检测的意义重大。本文基于 FFT 和相位差校正法设计一种较高精度的电力谐波测试仪,硬件设计采用目前在电力系统中比较流行的基于 Cortex-M3 内核的 STM32 芯片为主要处理器,结合电流互感器、A/D 采样电路、液晶显示屏等构成。

1 电力谐波测试仪的硬件结构

本文中电力谐波测试仪的硬件设计由以下几部分构成:

STM32 处理器、电流互感器、A/D 采样电路、LCD 液晶显示屏等,其中 STM32 处理器内部包含电源、存储器、复位和时钟电路。系统的总体设计思路是首先将高电压的电力信号经电流互感器转换成低电压信号,然后经 A/D 采样电路,将这些数据传输到 STM32 上进行数据处理,经谐波参数测试得到的各次谐波的幅值和频率显示在液晶显示屏上。硬件设计总体框图如图 1 所示。

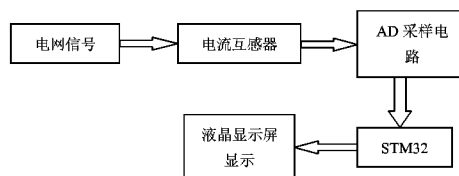


图 1 硬件设计总体框图

1.1 互感器处理电路

本设计最终要测量的是电网中的电信号,而电网中的电信号是电压有效值为 220V 的高电压信号,该信号在进入采样电路之前,需经过互感器处理电路转变为低电压信号,而

收稿日期:2014-07-11

作者简介:任丽棉(1981-),女,河北无极人,讲师,硕士,主要从事数字信号处理研究。

且波形保持不变。本设计采用的是 1 : 1 的电流互感器,它的一端串联一个 330 kΩ 电阻,产生一个小电流,然后另一侧感应出一个小电流,并且并联一个 500 Ω 的电阻,产生一个小电压,这就实现了高电压向低电压的转换,但是这时的信号仍不能接在采样电路上,它还需要与一直流小信号相加,将整个波形都上移到 x 轴的上侧,使电压值在 0~3.3 V 之内。电网电信号转换为低电压信号框图结构如图 2 所示。

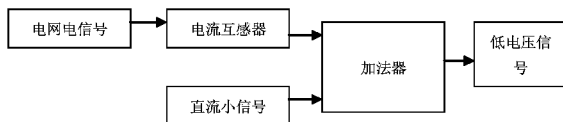


图 2 电网电信号转换为低电压信号框图

1.2 数据采样处理部分

经电流互感器处理后的低电压信号为模拟信号,需经过 A/D 转换电路转换成数字信号后,方能进入控制器进行相应的运算。对输入信号采样时,采样频率应满足奈奎斯特采样定理,一般来说,采样频率越高,得到的离散信号就越好,然后把得到的离散信号量化,将十进制的信号转换成二进制的信号。STM32F103ZET6 处理器中的 ADC 为 12 位,内部参考电压为 3.3 V。

核心控制处理芯片 STM32F103ZET6 是一款基于 Cortex-M3 内核的处理芯片,封装为 LQFP-144。速度为 90MIPS,运行速度快,能快速地处理数据,闪存为 512 K,SRAM 为 64 K,容量大、方便储存大量数据,有 2 个 12 位的 ADC,能够更好地采集数据,具有体积小、功能强大和性能稳定等优点。其包含 CAN, I2C, SPI 和 USB 等通信外围接口,也便于以后系统的扩展。

2 电力谐波测试仪的软件实现

软件系统主要有五大模块。分别为系统初始化模块,ADC(包括 AD 采样和数据处理)模块,FFT 和相位差校正模块,结果计算模块以及液晶显示模块。软件设计的整体程序框图如图 3 所示。



图 3 软件程序框图

软件处理中,利用 FFT 进行信号频谱分析,并利用相位差校正法对所测参数作进一步的校正。相位差校正法一般有三种^[2,3]:第一种做法是采连续两段长为 N 的样本并分别进行 FFT,利用对应谱线的相位差值校正出谱峰处的准确频率和相位;第二种做法是只采样一段时域信号,对这段序列分别进行 N 点和 $N/2$ 点的 FFT,利用其相位差校正出峰值谱的准确频率和相位;第三种做法是先将原时域序列前 $N/2$ 点平移 $N/4$ 点,再将前、后的 $N/4$ 点置零形成一新序列,分

别对原序列和新序列进行 FFT 分析,利用对应峰值谱线的相位差进行频谱校正,这些相位差校正方法各有特点,可应用在不同的工程实际中。经实验发现,后两种相位差法的频率校正精度远不如第一种方法^[4],而且第一种方法的实时性并不比其他两种差,因此本设计采用传统的第一种校正法。其校正流程如图 4 所示。

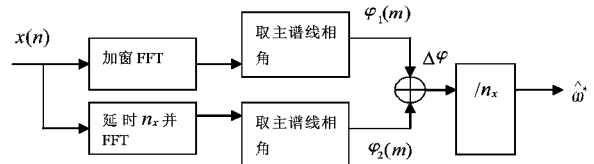


图 4 第一类相位差法的频率校正流程

3 仿真、实测试验与结果分析

系统在测试的时候首先选用信号发生器产生的三角波信号去验证系统的准确性和精度,同时与该实际值相比较的理论值是利用 Matlab 仿真测得的。由于电网中的电信号的基波频率为 50 Hz,谐波频率为 50 Hz 的整数倍,而三角波的频谱是由基波和很多次谐波组成,因此设计中用峰值 3.3 V,频率 50 Hz 的三角波信号来代替。信号发生器产生的三角波信号输入到本测试仪所测结果与 Matlab 仿真结果按照对应谐波进行对比,如表 1 所示。

表 1 实测结果与理论结果对比表

谐波次数	理论频率	实测频率	频率误差	理论幅值	实测幅值	幅值误差
0	0	0.00	0.00	3.300 0	3.284 7	0.015 3
1	50	50.00	0.00	1.337 7	1.318 4	0.019 3
2	100	99.99	0.01	0.000 0	0.000 5	0.000 5
3	150	149.98	0.02	0.148 9	0.149 2	0.000 3
4	200	200.10	0.10	0.000 0	0.001 9	0.001 9
5	250	250.21	0.21	0.053 8	0.053 1	0.000 7
6	300	299.97	0.03	0.000 0	0.002 0	0.002 0
7	350	350.00	0.00	0.027 6	0.026 2	0.001 0
8	400	400.29	0.29	0.000 0	0.001 3	0.001 3
9	450	449.93	0.07	0.016 8	0.017 0	0.000 2
10	500	499.17	0.83	0.000 0	0.001 0	0.001 0

从表 1 可以看出,前 10 次谐波(包括直流成分)的误差均在 1% 左右,表明此系统误差非常小。系统的准确性验证后,就要测电网中的电信号。电网电信号经过互感器处理电路接入到设计所用开发板上,液晶显示屏上能够正常显示出各次谐波的参数值。因为谐波产生的原因及其特点,决定了谐波并不是一成不变的,它是随时随地变化的,测试的地点不同,结果就不同,唯一大致不变的是基波成分,其电压幅值为 311 V,而测量的结果与这个值大致相等,并且谐波成分都非常地小,证明电网中的谐波成分含量很小,这也符合实际,所以此系统测试电网中的电信号是比较准确的。(下转第 84 页)

究结果表明服务蓝图是网络购物服务质量指标体系建立的有效依据, BP 神经网络方法是对网络购物服务质量水平评价和预测的可行工具, 在网络购物网站和其他服务业的服务质量评价方面具有较强的推广性。但 BP 网络输入的每个指标对输出的网络购物服务质量评价的影响程度的权重没有做出计算、分析, 这应该是以后的研究方向。

参考文献:

- [1] 孙寅. 网店服务质量影响因素分析[J]. 中国商贸, 2010(17): 40-41.
- [2] 李先国, 张茜. C2C 综合拍卖网站评价指标体系研究[J]. 管理世界, 2009(5): 178-179.
- [3] 孙建红, 邢宝山, 贾春梅. 基于 AHP 理论电子商务客户满意度指标体系构建[J]. 情报科学, 2011, 29(6): 898-901.
- [4] 李雯雯. 电子商务环境下网购商店服务质量评价量化模型的构建[J]. 科技管理研究, 2011(14): 158-161.
- [5] Reena Roy, Vaijayanthi Dr P, Shreenivasan K A. Service quality gap of foreign banks in india using PZB service quality model-an empirical study[J]. 2011 International Conference on Software and Computer Applications, 2011(9): 142-146.
- [6] 刘佳民. 服务蓝图法及其应用[J]. 企业改革与管理, 2008(8): 58-59.
- [7] 王鹤, 张婷. 基于服务蓝图的电力客户满意度评价研究[J]. 华北电力大学学报, 2007(2): 7-11.
- [8] 冯俊, 张运来. 服务管理学[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 41-52.
- [9] 张晶, 何楨. BP 网络在呼叫中心服务质量管理中的应用[J]. 哈尔滨商业大学学报, 2008, 24(2): 471-483.
- [10] 王萍, 严太山, 唐明利, 等. 基于用户的高校图书馆服务质量智能化评价方法研究[J]. 图书馆, 2008(3): 80-87.
- [11] James A Fitzsimmons, Mona J Fitzsimmons. Service management operations, strategy, information technology[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 60-68.
- [12] 刘卉, 韩福荣. 美容企业服务蓝图的设计与实施[J]. 中国质量, 2011(5): 34-36.
- [13] 桂河清. 改善我国移动通信运营商服务质量的探讨[J]. 经济师, 2008(4): 41-42.
- [14] Ajayi A O, Aderounmu G A, Soriyan H A, et al. An intelligent quality of service brokering model for e-commerce[J]. Expert Systems with Applications, 2010(37): 816-823.
- [15] 杨洋. 电子商务环境中的服务质量评价研究[J]. 经济论坛, 2010(4): 129-132.
- [16] 费小燕. 层次分析法在电子商务企业绩效评价中的应用[J]. 企业经济, 2010(9): 90-92.
- [17] Michel Benaroch, Ajit Appari. Pricing e-service quality risk in financial services[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2011(10): 534-544.
- [18] 左文明, 黎绍发, 易聪. 基于 SVM 的 B2C 商务网站服务质量评价模型[J]. 商场现代化, 2007(515): 176-177.
- [19] 宋彦军. ISO9000 与服务质量管理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 32-33.
- [20] 陈芝, 张东亮, 单汨源. 基于 BP 神经网络的中小企业技术创新能力评价研究[J]. 科技管理研究, 2010(2): 56-58.

(责任编辑: 白丽娟)

(上接第 68 页)

4 结论

针对电网谐波的检测和分析, 设计了基于 STM32 的电力谐波测试系统, 可以较高精度检测谐波的频率和幅值。系统利用多通道的并行 AD 进行信号采集, 采用频谱分析的方法提取信号的幅值和频率信息, 并采用相位差校正法对其作进一步校正以提高精度。相位差校正法在硬件平台上易于实现, 且实施硬件结构简单, 所得结果准确性较高, 有一定的参考实用价值。

参考文献:

- [1] 刘晨曦. 电力系统谐波检测全相位频谱分析研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2012.
- [2] 丁康, 罗江凯, 谢明. 离散频谱时移相位差校正法[J]. 应用数学和力学, 2002, 23(7): 729-735.
- [3] 谢明, 张晓飞, 丁康. 频谱分析中用于相位和频率校正的相位差校正法[J]. 振动工程学报, 1999, 12(4): 454-459.
- [4] 王兆华, 黄翔东. 数字信号全相位谱分析与滤波技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 52-53.

(责任编辑: 白丽娟)