

基于 MSP430 高精度数字 电流仪的设计

于本化, 孔令彬, 郑晓航

(中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘要:设计了一套基于 MSP430 超低功耗在线测量电流仪, 可以精密测量小范围内的电流强度。分析了干扰噪声对测量的影响。在硬件电路设计中利用了二极管的门坎电压, 在软件设计中引入了小波算法对信号进行降噪处理。给出了中心频率为 50 Hz, 额定电流为 200 mA 的小电流试验结果, 试验结果和实际运行情况表明, 在常用工频附近, 其准确度可达 0.5%, 该技术已在强电磁场下应用, 其性能稳定、可靠。

关键词:电流仪门坎电压; 小波算法; 强电磁场

中图分类号: TM930.1

文献标识码: B

文章编号: 1004-4507(2008)01-0065-04

High Accuracy and Digital Amperemeter With MSP430

YU Ben-hua, KONG Ling-bin, ZHENG Xiao-hang

(China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: A novel on-line monitoring and measure amperemeter is presented based on MSP430 designed to measure small current. The system adopts diode threshold voltage and wavelet transform algorithm to denoise. The rated current is 200mA when the centre frequency is 50Hz and the veracity is 0.5%. Field tests show that the system is reliability and dependability in lightning electromagnetic field.

Keywords: amperemeter threshold voltage; wavelet transform algorithm; electromagnetic field

1 引言

近年来, 随着全球电气化的发展, 配电网中整流器、变频调速装置、电弧炉、电气化铁路以及各种电力电子设备不断增加, 电力电子变流器件等非线性

性负荷的大量应用, 使电网受到谐波污染日益严重。同时, 电网中白噪声的存在, 使我们在进行波形分析和测量时产生了很大困难。目前, 电力系统的测量仪表去除噪声和谐波的方法大多基于快速傅里叶变换(FFT)及其改进算法, 但这些方法不能有

收稿日期: 2008-01-06

作者简介: 于本化(1979-) 男, 硕士研究生, 研究方向为机电一体化。

效地消除数字信号中的白噪声和高次谐波,所以我们所设计的仪表很难达到测量高精度的要求,因此有必要研究一种精密仪表,能够在高斯白噪声和高次谐波干扰的环境下,仍能够达到测量精度要求。基于以上原因,本文是针对传统应用于强干扰环境下的测量仪表测量误差较大的现状而设计的。其应用如框图 1 所示:

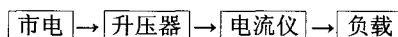


图 1 应用框图

此仪表应用于高压端,用来测量电路回路的电流。硬件电路利用 MSP430 系列超低功耗单片机以及外围的数字及模拟电路,软件在编写的过程中应用小波算法,实现小电流精密测量。同时,用红外通信的方式将所得数据传到低压区的 PC 机,从而达到了远程控制,测量精度高和电路简单的目标。

2 电路方案及硬件构成

2.1 硬件方案设计

硬件电路以 MSP430F169 核心,外部电路由模拟电路检测模块与数字控制模块组成。具体框图如图 2 所示。其中 MCU 芯片具有低功耗特点,集成了多达 8 路 12 位高速 A/D 模拟输入通道,可以用于电池供电,这样可防止用开关电源供电时高压电引入到低压区,造成事故。

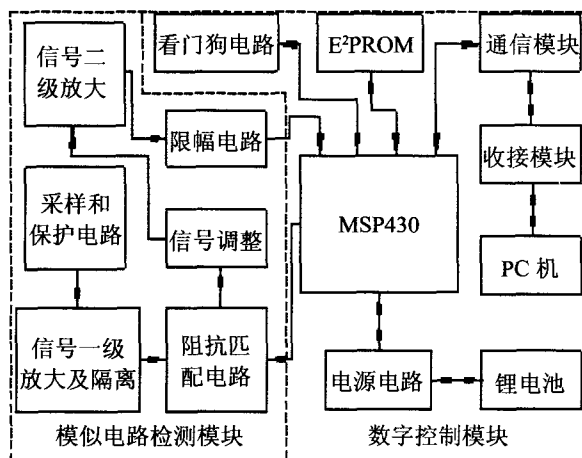


图 2 电路检测模块框图

2.2 数字电路设计

2.2.1 看门狗电路和 E2PROM

通常内置看门狗易被失控的代码所影响,它无法提供外部独立看门狗电路所具有的保护能力,外部的看门狗有一个单独的时钟脉冲源,使其可靠性大为增加。如果配置正确,它们就不会被失控代码绕过或无效化,因此在对安全性能要求较高的应用场合需采用外部看门狗。本套仪器采用 Xicor 公司生产的 X5043 芯片为外部看门狗和 E2PROM,它是一种集上电复位、看门狗、电压监控和串行 E2PROM(4KROM)4 种功能于一身的可编程芯片。

2.2.2 电源电路

电源采用 MCP73861 电源管理芯片,此芯片能够进行充电控制,可编程控制充电电流的大小,控制充电时间,充电完毕后,能够实现自动断电,可以通过与其相连的 LED 灯显示充电状态以及过温保护等。基于以上功能,应用此芯片在本电路中非常适合。

2.2.3 通信模块

通信模块采用红外通信方式,这样可以防止用传统的电磁载波通信受强电磁场干扰的弊端。电路通过必要的驱动辅以红外发送和接收芯片连接到 MCU 的串行接口上,再通过红外载波频率为 38K 发送和接收。

2.3 模拟电路设计

2.3.1 采样和保护电路

采样电路如图 3 所示,采样是通过几个精密小阻值电阻,阻值如图所示,由分析可知,小阻值电阻可以减少此仪表的内阻和降低功耗,同时方便配合二极管工作;保护电路是由 6 个安森美(Onsemi)公司生产的 MUR220 二极管,此二极管的特性曲线如图 4 所示,它具有低的前向导通电压,极低的反向漏电流,超快的 25 纳秒反向恢复时间。基于以上特性符合本电路中,同时此二极管的门坎电压大小经过笔者做过多次实验,测定其门坎电压为 ≤ 0.15 V,也就是说在低于 0.15 V 的时候,它是不导通的,即不影响到电路。所以当采样电阻两端的压差小于 0.15 V 的时候,相当于此二极管不存在,这样不会

引起测量误差。

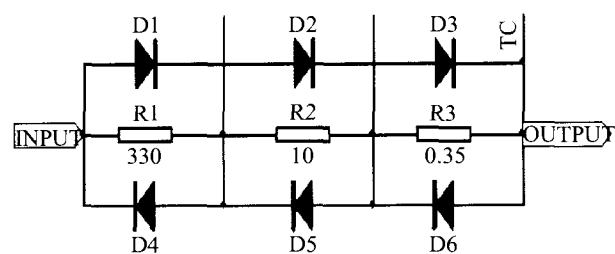


图3 采样电路

2.3.2 信号调整电路

此处采用同相比放大电路如图4所示,这样做一方面可以防止原电路中的电流流入被测电路,影响测量精度;另外一方面,采用电压串联负反馈,可以增加输入阻抗和减小输出阻抗,并且可以把信号放大到后级单元容易处理的程度。采用多路模拟开关 DG442,可以根据电阻上的压差来切换不同的采样电阻。此模拟开关 DG442 为 CMOS 工艺制造,导通阻抗很小,仅为 50 Ω,而后级信号调整采用真有效值芯片 LTC1966,其输入阻抗为 8 MΩ,所以,模拟开关能够满足要求。有效值芯片可以把交流信号调整到直流信号,再经过二级放大后,放大到适合 A/D 采样的信号,最后经过限幅电路,进入 MSP430 芯片自带的 A/D 中进行采样进行数据处理。

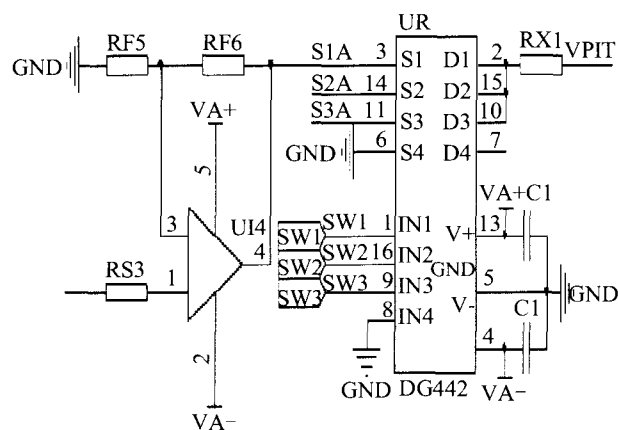


图4 信号调整电路

原因为:仪表是串连在高压母线上,其工作在强电、强磁场环境下,而且此高压是经过升压器得到,升压器中应用的非线性元件电容和电感,产生高次谐波干扰,加之器件本身的热噪声干扰,产生白噪声干扰。在电路设计时应用了硬件滤波,但是效果并不理想。为此,本系统在硬件设计中采用降噪的同时,软件采用小波算法进行了降噪处理,信号变换在时域和频域时具有良好的局部性,因此用此法能够达到降噪的目的。其具体措施如下:首先对采样的含噪声信号进行多层小波分解,除去谐波部分和高斯白噪声的小波系数,最后将剩余系数逆变换得到降噪后的信号。

3.2 仿真结果

升压器输出的电压信号中含有基波、高次谐波和高斯白噪声。经过采样电阻后得到的模拟电压信号为:

$$S(t) = 1 + \sin \omega t + 0.5 \sin 5 \omega t + 0.2 \sin 7 \omega t + e(t)$$

其中: $\omega = 100 \pi$, $e(t)$ 为满足 $N(0, 1)$ 正态分布的高斯白噪声。仿真波形见图5,仿真结果表明:利用小波变换对电流信号进行降噪处理后,有助于信号检测。

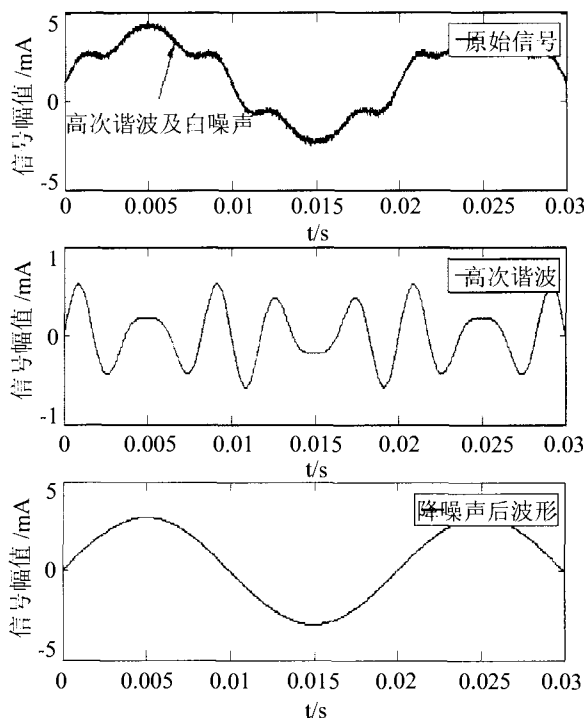


图5 仿真波形

3 系统软件设计

3.1 小波降噪:

电路的干扰主要是谐波和高斯白噪声,其产生

4 性能测试与分析

表 1 为对现场测试时得到的典型数据,图 6、7 是该数据的绝对误差和相对误差图,该数据是在工作在环境温度 25℃,10 kV 工作电压下,实验数据表明,该系统能够很好的满足对线路小电流精确测量要求。

表 1 试验结果测量值

测量值 /mA	0.14	0.45	0.80	1.20	2.54
标准值 /mA	0.14	0.45	0.80	1.21	2.55
测量值 /mA	5.66	8.65	13.95	16.4	19.90
标准值 /mA	5.69	8.70	14.00	16.4	19.90
测量值 /mA	25.8	33.6	35.5	48.9	66.1
标准值 /mA	25.7	33.5	35.3	49.3	66.5
测量值 /mA	85.9	107.9	133.9	164.3	202.4
标准值 /mA	86.1	107.8	133.5	163.6	201.3

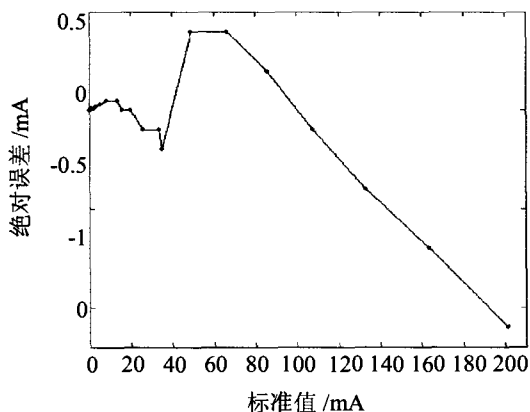


图 6 绝对误差显示图

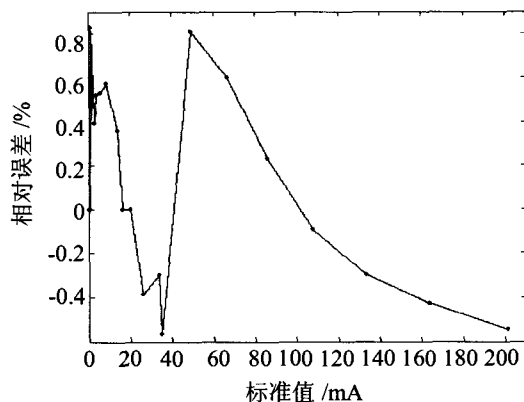


图 6 相对误差显示图

5 抗干扰的办法

在线监测单元运行在高电压、强电磁场环境中,为解决强电场对装置的影响,运用了同电位原理,即外壳为一个等势体和电路板的地相连,同时,仪表单元在电力系统中属于二次设备,即低压设备,其耐压能力与抗干扰能力都较弱。如果设计不当,容易引起该系统难以正常工作,严重时还会造成二次设备绝缘击穿损坏。本处对仪器采用屏蔽方法,将仪器电路板放在金属壳体内,金属体接缝处均采用焊接。屏蔽壳体上孔洞与缝隙在所难免,它们将降低屏蔽效果,不应开直孔,利用弯管,金属帽,金属网等将凿孔用金属板盖起来。

6 结论

本文设计了一套基于 MSP430 的在线监测电流仪器,分析了影响测量精度的主要原因以及线路干扰的主要来源,提出了二极管新的应用方法,实现了用小波变换进行信号降噪的目的与在强电磁场中的红外通信。本套系统具有成本低、抗强电磁场干扰强、可靠性高等优点,可应用在强干扰的环境。

参考文献:

- [1] 张浩然.X5045 电路及其应用[J].集成电路通讯, 2006,24(4): 16—19.
- [2] 胡大可.MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用[M].北京:航空航天大学出版社,2000.
- [3] 任震,黄群古,何建军.小波分析及其在电力系统中的应用[J].北京:中国电力出版社,2003.
- [4] Chen Y Z, Wei G H, Wei M. The simulation of strong electromagnetic pulse[A]. Proceedings of the 3th IEEE International Symposium on EMC[C]. Beijing: Post & Telecom Press, 2002. 107—110.
- [5] Widrow B, Stearns S D. Adaptive signal processing [M]. New York: Prentice-Hall Press, 1985.