

基于 DSP 的风电场电能质量监测装置

王晓兰, 李智辉

(兰州理工大学 电气工程与信息工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 设计了一种基于 DSP 的风电场电能质量检测装置。采用 TMS320F28335 作为处理器, 通过 FPGA 来完成整个系统的逻辑控制; 采用了工业控制中通用的 CAN 通信方式与上位机通信。

关键词: DPS; FPGA; 风电场; 电能质量

中图分类号: TP274

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)11-0082-03

DSP-based power quality detection device in wind farm

WANG Xiao Lan, LI Zhi Hui

(College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: A kind of power quality detection device is designed in this paper based on DSP. Using TMS320F28335 as the processor and FPGA to complete the system logic control. Current industrial control CAN is adopted to communicate with host computer.

Key words: DPS; FPGA; wind farm; power quality

随着全世界新能源风力发电的大力发展, 电能质量的监测成为风电场的研究热点。风电场电能质量问题可以分为稳态电能质量与暂态电能质量问题。暂态电能质量问题通常以频谱和持续时间为特征, 分为脉冲暂态和振荡暂态两大类, 其主要表现形式有: 电压脉冲、浪涌、暂态振荡、电压跌落、毛刺或尖峰、电压突起、电压中断及电压短时闪变等, 被普遍接受的主要性能指标有电压短时变动(上升、下降、中断)、电磁暂态(脉冲、振荡)。

为了满足电能质量监测的实时性、高速性和连续性, 本文选用高速数字信号处理器 DSP 和复杂可编程逻辑器件 FPGA 实现了采样和数据分析同步进行, 达到了同步不间断地监测电能质量的目的, 并采用 CAN 总线通信方式与远方控制中心通信, 使分析的数据结果可以快速可靠地传到上位机。

1 硬件设计

本文设计的风电场电能质量监测系统采用 DSP、FPGA、CAN 等控制器组成, 系统结构如图 1。系统实现了对风电场运行过程中各性能指标的实时监测, 这些指标分为稳态电能质量(包括电压有效值、电流有效值、有功功率、无功功率等)及暂态电能质量(包括电压波动、电压短时闪变计算)。同时建立良好通信, 以便上位机存

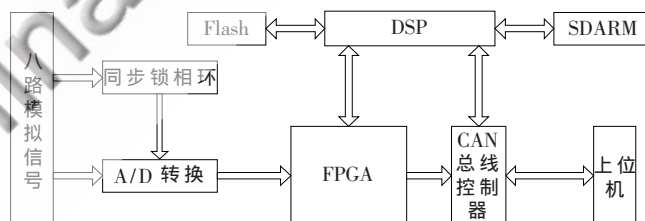


图 1 DSP 系统硬件构成

储数据, 控制数据的采集、计算和分析。

本系统采用的是“DSP+FPGA”的模式结构。数据采集芯片是 16 位模数转换芯片 ADS8364。经过电流变换器和电压变换器后的风电场三相电压电流信号以及风速风向信号, 由模数芯片 ADS836 进行同步采样、保持、A/D 转换成数字信号, 传送至 DSP 进行分类计算和数据处理, 然后通过 CAN 通信接口传送至上位机, 进行数据的分析管理。

DSP 采用 TI 公司一款高性价比的 2000 系列 DSP 处理器 TMS320F28335, TMS320F28335 是基于 TMS320Cxx 内核的浮点数字信号处理器, 是一款功能强大的 32 位浮点 DSP 芯片。TMS320F28335 具有 150 MHz 的高速处理能力, 具备 32 位浮点处理单元, 6 个 DMA 通道支持 ADC, 有多达 18 路的 PWM 输出, 其中有 6 路为 TI 特有

的更高精度的 PWM 输出, 12 位 16 通道 ADC, DSP 片内内置 256 K×16 bit Flash, 8 K×16 bit Boot ROM。本文中的 TMS320F28335 主要完成采样数据的实时分析处理, 进行各电能质量指标计算, 并将计算结果传送至上位机。ADS8364 是一种高速、低功耗、六通道同步采样和转换的 16 位模数转换器, 采用 +5 V 工作电压, 主要完成对风电场的三相电压电流以及风速风向进行采样, 采样数据发送至 DSP 进行实时分析处理。FPGA 采用 T2C35-V3, 主要实现整个系统的逻辑控制, 控制 A/D 采样与芯片译码。

2 软件设计

从软件设计角度看, DSP 系统主要完成实时数据的采集、小波消噪和计算, 同时通过 CAN 总线响应上位机系统的通信请求, 把各种计算结果和信息传送至上位机, 而上位机对整个系统进行控制和管理, 在需要数据的时候, 向 DSP 系统发出通信请求, 获取各种数据和信息。这样的设计使大量的实时采样和计算与系统的管理和控制可以并行执行, 通过通信使双方在任务执行上同步。其中小波消噪可以较好保存原信号中的高频突变部分。软件结构如图 2 所示。

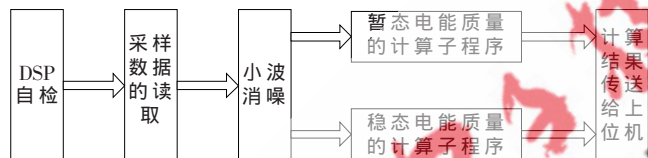


图 2 软件结构图

DSP 系统的软件程序采用汇编语言和 C 语言混合编程, 其中主程序和一部分子程序用 C 语言编写, 而一些运算量比较大的算法子程序使用汇编语言编写, 这样可以提高软件的执行效率, 更好利用 DSP 芯片的软硬件资源。程序使用模块化设计, 主要包括数据采集、电能质量算法和数据分析程序。用汇编语言编制 FFT 算法部分, 在一个周内实现对电压电流、风速风向 8 路信号的 128 个采样点进行 FFT 分析。由 FFT 运算得到基波的幅值和相位以及各次谐波的幅值和相位, 可求出三相电压的正序、负序分量, 从而确定三相不平衡度。本 DSP 系统程序还可分析计算得到电压有效值、电流有效值、有功功率、无功功率、功率因数、频率、电压波动, 电压短时闪变计算等测量结果, 运算流程如图 3 所示。

3 小波消噪仿真

小波消噪分为 3 个步骤进行:

(1) 信号的小波分解: 本文选用 db4 小波进行 3 层分解。

(2) 小波分解高频系数的阈值量化。本文选择一个 18 软阈值并进行量化处理。

(3) 小波的重构, 即消噪后的信号恢复。

假设叠加有白噪声的待分析原始信号为:

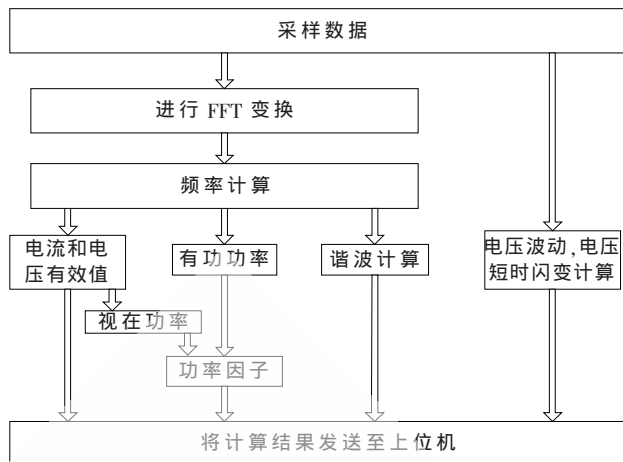


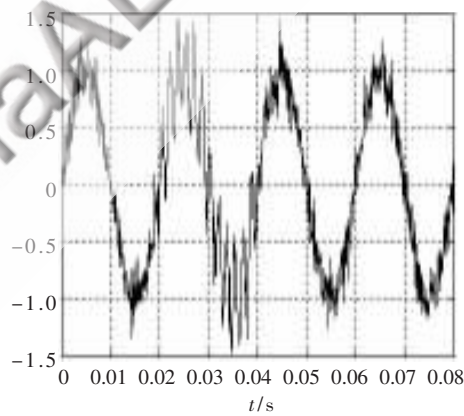
图 3 各指标运算流程

$$y = \sin(100\pi \times s_1) + U(s_2), s_1 \in [0, 0.0199] \cup [0.04, 0.0799](s)$$

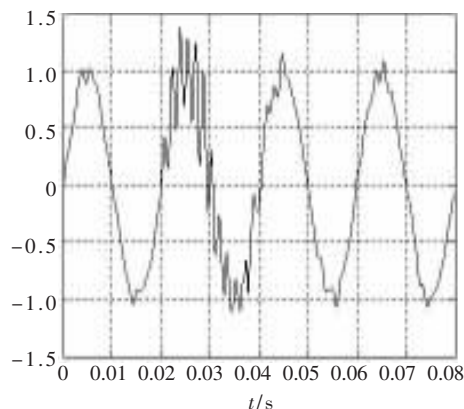
$$y = \sin(100\pi \times s_2) + 0.5\sin(13 \times 100\pi \times s_2) + U(s_2), s_2 \in [0.02, 0.0399](s)$$

式中 $U(s_1)$, $U(s_2)$ 为叠加的白噪声信号。为检验小波消噪的效果, 同时在信号模型中叠加了非噪声信号 (s_2 时段内), 原始信号波形图如图 4(a) 所示。

对上述存在噪声的信号选用 db4 小波进行消噪处理后的结果如图 4(b) 所示。比较图 4 中的 (a) 和 (b) 的信



(a) 含高次谐波量和白噪声原始信号



(b) 小波变换消噪后信号

图 4 消噪仿真结果

号可以看出,用小波消噪可以较好地保存原信号中的高次谐波部分,并且去掉了白噪声。

风电场电能质量实时监测与分析、管理是电能质量监测的一个的发展方向,其中风电场暂态电能质量监测是大力发展的重点。本文针对风电场电能质量监测与分析实时性的特点,设计了基于 FPGA、DSP 和 A/D 硬件结构的电能质量监测装置,以及基于小波变换与高速 DSP 的电能质量监测方法。

参考文献

- [1] Rahim bin Abdullah A, Zuri bin Sha'ameri A. Real-Time Power Quality Monitoring System Based On TMS320CV5416 DSP Processor [C]. International Conference on Power Electronics and Drives Systems, 2005:1668-1672.
- [2] Stephen G. Kochan. Programming inC[M]. 北京:电子工业出版社,2006.

- [3] 戴逸民,梁晓雯,裴小平.基于 DSP 的现代电子系统设计[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [4] 张雄伟,曹铁勇.DSP 芯片的原理与开发应用[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [5] 张德丰.Matlab 小波分析与工程应用[M].北京:国防工业出版社,2008.
- [6] 张勇,曾君,王世闻,等.风力发电机组便携式电能质量监测系统[J].控制理论与应用,2008,25(2).
- [7] 崔锦泰.小波分析导论[M].西安:西安交通大学出版社,1995.

(收稿日期:2010-01-06)

作者简介:

王晓兰,女,1963年生,教授,主要研究方向:智能控制与信息处理、仪表技术和自动化装置。

李智辉,男,1980年生,硕士研究生,主要研究方向:风电场电能质量检测。

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.chinaAET.com