

基于 DSP 的电力电压 测量信号放大系统

喻春笋, 温阳东

(合肥工业大学 电气工程与自动化学院, 安徽 合肥 230009)



喻春笋 (1980—), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统及其自动化。

摘 要: 基于 CVT 电容式电压互感器的电力系统电压测量现状, 提出应用于电压互感器的二次测的一种基于 DSP 的数字化高精度信号放大系统。该放大系统用数字化逆变器实现电力系统正弦电压信号功率的放大, 利用 DSP 数字处理器高速的处理能力和电流估计的 PI 控制算法实现逆变系统的高性能和高精度。最后, 给出了输入电压信号和输出放大后电压的比较波形。

关键词: 数字信号处理器; 功率放大器; 数字化逆变器

中图分类号: TM 930.111; TP 273+.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5531(2007)21-0035-03

Signal Amplifier in Power Voltage Measure System Based on DSP

YU Chunsun, WEN Yangdong

(College of Electric Engineering and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: A digital high precision signal power amplifier applied in the second winging of CVT for the high AC voltage measure in power system and the intrinsic problem and disadvantage of CVT applied in power voltage measure system was analysed, based on the status in quo of CVT applied in power system. This digital amplifier made up of a digital inverter can implement the sine voltage signal's power amplifying based on the digital signal processor. With the high processing ability of DSP and the improved digital PI control arithmetic based on the current prediction techniques. In the end, the experimental conclusion based on the compare prototype of the input voltage signal and the output power amplified voltage signal were presented.

Key words: digital signal processor(DSP); power amplifier; digital inverter

0 引 言

目前,用于电力系统高电压信号系统测量的主要还是电容式电压互感器。其工作原理是,电力系统高压信号通过电容器分压,使得一次电压变换为适当的中间电压,再用中间变压器将中间电压变为二次电压,并采用电抗器来补偿分压电容器的容抗,使电抗器的电抗与中间变压器的感抗之和与等值容抗在工频下调谐,消除容抗压降随二次负荷的变化而引起的二次电压的剧变。但这样的电容分压器能驱动的负荷极小,只有在二次侧开路或接入高阻抗负载,如静电电压表或真空管电压表等小负荷时才可能,否则读数将不准确。

实际使用中,CVT 的二次回路常带有很大的负荷。针对该问题,本文论述了基于 DSP 数字化的方法实现电力系统正弦电压信号功率的放大;着重研究了电力系统电压测量信号的高精度高性能放大器。该放大系统用数字化逆变器来实现电力系统正弦电压信号功率的放大,利用 DSP 数字处理器的高速处理能力,使系统实现高性能的算法控制,并对系统误差进行补偿,从而实现逆变系统的高性能和高精度。系统中逆变器的控制采用 TMS320F1240 芯片,在软件中实现了电压电流的双环控制,在逆变中应用了电流估计的 PI 控制算法,并对控制死区进行了补偿。前级直流电压由 3854 芯片控制 PFC 后的 AC/DC 提供。

温阳东(1955—),男,教授,研究方向为现场总线、变电站综合自动化及嵌入式系统应用。

1 工作原理

电压测量信号放大器的系统框图如图 1 所示。图中, u_{sin} 为输入电力系统的电压测量信号, 通过 DSP 的控制, 在逆变系统中将该测量信号功率放大, 从而获得和输入电压信号吻合的高精度可带大负载的输出测量信号 $u_{\text{sin(out)}}$ 。交流输入端的功率因数校正是一个 AC/DC 变换器, 它完成输入的整流, 同时控制输入电流为正弦波, 从而达到很高的输入功率因数, 功率因数校正部分还控制直流电压恒定, 不随输入的变化而改变, 从而为下级的逆变系统提供高质量稳定直流电源。

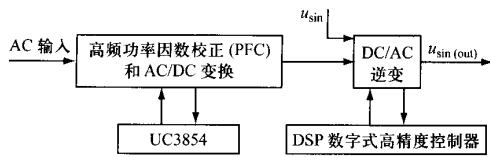


图 1 电压测量信号放大器的基本框图

电压测量信号放大器主要有两个部分: 输入功率因数校正部分和逆变部分。所有的功率部分都由一块 F240 进行控制, 两个功率部分都是一个单独的控制系統; 输入功率因数校正和逆变部分都是双环控制系统, 一个电流环, 一个电压环。为保证逆变高精度算法的实现, PFC 的前级采用 UC3854, 而把 F240 芯片的空间和时间全部留给了关键的 DC/AC。

图 2 为基于 DSP 控制的电压信号放大系统主回路的拓扑图。它主要由输入功率因数校正、逆变和输出滤波器部分组成。需要注意的是, 输入和输出有公共的中性线, 虽足够安全, 但为了提高稳定性和可靠性, 在前级的 AC 交流电源端增加了一个交流隔离变压器, 它也可作交流电源变

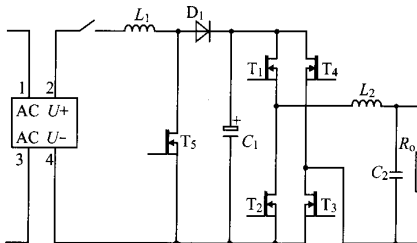


图 2 基于 DSP 控制的电压信号放大系统主回路拓扑图

换用。为了提高控制精度和电源质量, 直流部分和逆变部分采用双环控制。输入功率因数校正部分由功率管 T_5 、电感 L_1 、二极管 D_1 、电容 C_1 组成, 它为逆变提供直流电源。输出部分由电容 C_1 、功率管 $T_1 \sim T_4$ 、电感 L_2 、电容 C_2 等组成, 它产生系统所需的和输入正弦参考信号吻合的交流电压。

2 数字化逆变系统的实现

TMS320F240 与逆变器的接线如图 3 所示。

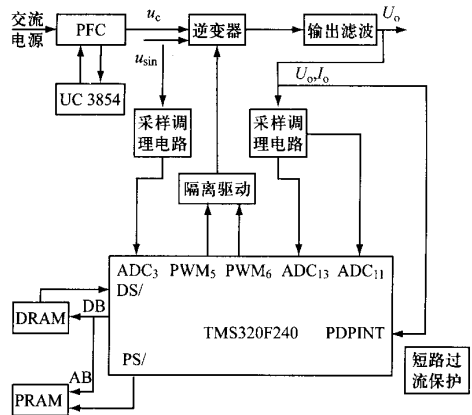


图 3 TMS320F240 与逆变器的接线

为实现系统的高精度, 逆变系统应用 DSP 数字化, 而前级 PFC 则由硬件实现。因为电力系统电压测量放大系统实际上也是一个逆变电源系统, 故逆变系统的设计在本系统中至关重要, 它直接参与输入正弦电压信号的处理和输出正弦电压信号的产生, 并影响本系统的精度和其他性能。本系统所用的逆变主电路为一单相全桥电压源逆变器的主电路结构。

根据 PWM 调制的基本原理, 只要给出逆变电路的正弦波输出频率、幅值和半个周期内的脉冲数, 就可确定 PWM 波形各个脉冲的宽度和间隔, 通过一定的方法得到该确定的 PWM, 然后按 PWM 波的规律控制逆变电路中各开关管的通断, 就能得到幅值等于直流电压, 变化规律为需要的正弦 SPWM 波, 再通过 LC 滤波电路滤去多余的高频分量, 就可得到所需的正弦波。

逆变系统中使用 DSP 芯片的全比较单元的 2 个输出脚 PWM_5 、 PWM_6 , 对逆变器的功率管进行控制, 输入电压测量信号 u_{sin} 和输出电压测量信号

$u_{\sin(\text{out})}$ 隔离采样后分别送到 ADC 模块的 ADC₃ 和 ADC₁₃ 通道进行 A/D 转换, 以便实现输出信号对输入信号实时精确的跟踪控制。输出电流信号 I 隔离采样后送到 ADC 模 ADC₁₁ 通道。PI₁ 和 PI₂ 分别为电压 PI 调节器和电流 PI 调节器。有了这些信号, 就可利用 DSP 数字处理器高速的处理能力和电流估计的 PI 控制算法来实现逆变系统的高性能和高精度。

这种接口的实现方法是逆变器的双闭环、全数字、逐点控制算法, 它相比传统的逆变 SPWM

控制的实现方法有动态性能好、抗干扰能力强、器件少、无温飘等优点, 并在软件里高速灵活地实现控制算法。

3 逆变系统的仿真及其仿真结果

Simulink 软件是 Matlab 软件包的扩展, 专门用于动态系统的仿真, 具有很强的动态系统仿真的能力, 仿真速度较快, 因此, 可将计算机仿真技术运用到数字化逆变器的分析和设计中。Simulink 仿真模型和框图如图 4 所示。

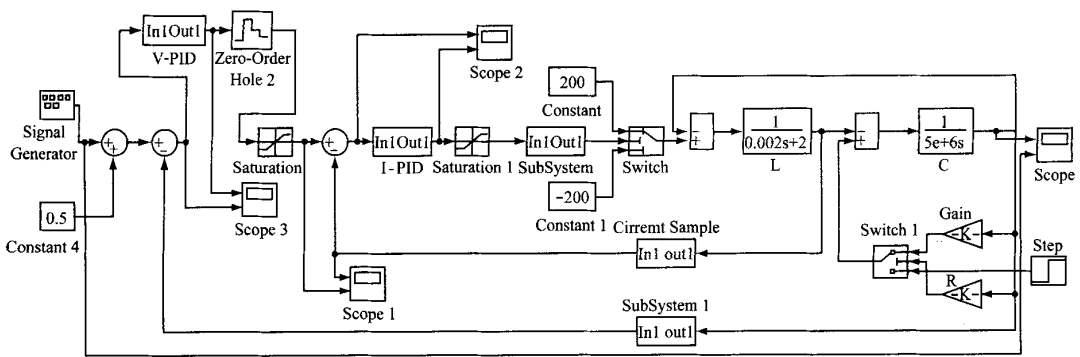


图 4 逆变系统的 Simulink 仿真模型

图中: SubSystem1 为输出电压的采样调理系统; Current Sample 框表示输出电流采样调理系统; V-PID 和 I-PID 分别为电压 PI 控制环和电流 PI 控制环; 而输入电压信号则用 Signal Generation 来表示。

系统输出电压和输入电压信号的比较在 Scope 中可以观察到 (见图 5)。图中: 上半部为输出电压信号; 下半部为输入的参考电压信号。可以看出, 输出电压稳定、精确地跟踪输入电压信号, 在系统电压环、电流环以及其他部分设计好之后, 系统可得到较满意的结果。

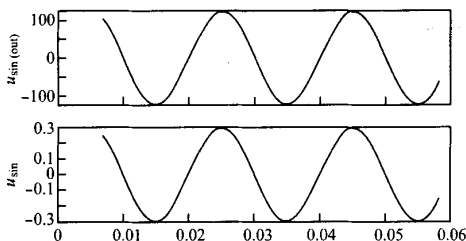


图 5 逆变系统的 Simulink 仿真结果

4 实验结果

图 6 为未经过电流估计的 PI 控制算法的输入/输出电压波形图, 其中, 浅色的为输入电压信号波形, 深色的为输出电压信号波形, 时间轴为 2.5 ms 每格, 幅值轴为 50 V 每格, 其他环境条件为: 控制频率 40 kHz 电压环电流双环控制, 输出滤波 $L=1.5 \text{ mH}$, $C=2 \mu\text{F}$, 输出功率 400 W。由图可见, 输出电压信号对输入信号有明显的相位滞后。

图 7 为用经改进的控制算法, 即电流估计法测量得到的输入/输出电压波形图。浅色的为输入电压信号波形, 深色的为输出电压信号波形。其中, 时间轴为 2 ms/格, 幅值轴为 50 V/格。其他环境条件与图 6 相同。可见, 经过电流估计法进行控制的输出电压信号波形对输入电压信号波形的相位差有了很大改善, 提高了系统的稳定性和动态性能。

(下转第 41 页)

扰的可靠发射频点集中发射,不存在同频干扰的问题,确保数据传输的成功率,有效减少了功耗。

(4) 抗高压保护技术。系统电路采用了独特的高频高压阻断、吸收保护的技术器件和电路。

4.2 产品的预期指标

① 实际带宽达 8 MHz,可同时传输 8 路视频监控信号;② 实际传输距离 ≥ 200 m(在一个变压器范围内);③ 高低压隔离,设备安全、可靠;④ 能适应恶劣的电力环境,具有较好的抗干扰能力;⑤ 经抗噪、抗干扰处理后,视频信号能接收的程度;⑥ 可通过电脑播放,也可通过局域网或广域网实现远程监控;⑦ 可通过设备分配不同的监控权限;⑧ 多路实时监控,通道间设备传输密码,互不干扰。

5 结 语

本文设计了基于 ARM9 的电力线载波通信视频监控系統,重点介绍了系统的实现过程。利用 ARM9 芯片和嵌入式的系统设计思想,使产品小型化,实时性好,是新的尝试。本设计合理、实用,有一定的研究价值和商用价值。

【参考文献】

- [1] 张同良. 电力载波通信[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
- [2] 邱玉春,徐平平. 电力载波中扩频技术的应用[J]. 现代通信,1999(6):48-49.
- [3] 王赞基,郭静波. 电力线扩频载波通信技术及其应用[J]. 电力系统自动化,2000(11):64-68.

收稿日期:2007-06-04

(上接第 37 页)

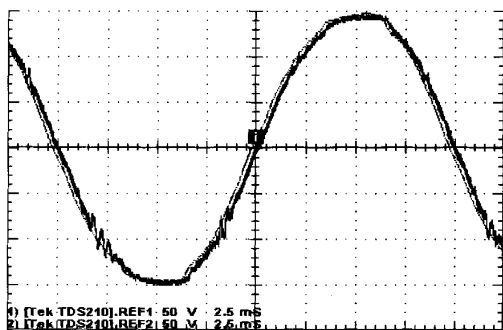


图 6 用普通 PI 双环控制的输入/输出波形

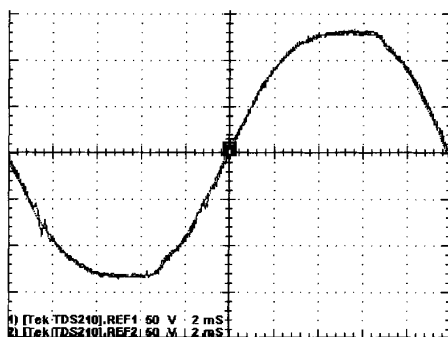


图 7 改进后 PI 双环控制的输入/输出波形

【参考文献】

- [1] 章兴华,吴为麟. 基于 DSP 数字化控制的高频 PFC 的仿真和实现[J]. 机电工程,2002(5):26-29.
- [2] 竹下隆晴. 采用 DSP 的开关电源软件控制法[J]. 电子情报通信学会论文誌,1999:591-599.

- [3] STEPHANE Bibian, HUA Jin. Time delay compensation of digital control for DC switchmode power supplies using prediction techniques[J]. IEEE Transactions On Power Electronics, 15(5):835-842.

收稿日期:2007-06-12

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告