

DOI: 10.3963/j.issn.1671-7953.2010.02.026

基于 MSP430 单片机的轴频电场测量系统研究

蔡旭东^{1,2}, 方石², 龚沈光²

(1. 海军 91388 部队 92 分队, 广东 湛江 524022; 2. 海军工程大学 兵器工程系, 武汉 430033)

摘要:为较好地完成水中目标电场信号的测量,设计一套基于 MSP430F169 单片机的轴频电场测量系统,能解决测量中低功耗、低噪声等关键技术。系统具有便于携带、精度符合实际要求、性能可靠等特点。

关键词:电场测量;MSP430F169;AD 转换

中图分类号:U665;TP274

文献标志码:A

文章编号:1671-7953(2010)02-0093-04

航行中的舰船所产生的电场包含了极其丰富的频率成分,其能量主要集中在 0.001~0.200 Hz 的准静电场,1~7 Hz 的轴频电场,10~1 000 Hz 的工频及其倍频^[1]。传统的电场数据获取主要局限于实验室测量,而海上试验所采用的方法是通过电缆将传感器所探测的信号传输给 PC 机。实验设备过大,并且因人员安全因素而很难采集到复杂海况下的电场数据,同时也不利于携带。因此,进行基于 MSP430 单片机的电场测量系统的初步研究。该系统具有功耗较低、精度高、便于携带等特点。特别是在较为复杂的海况下,将其布放到测量海域,系统能自动测量环境及舰船电场。

1 硬件方案

电场测量系统硬件组成见图 1。电极接收舰船以及环境干扰信号,经放大与滤波后进行 A/D 转换,最后由单片机采用相应的程序对信号进行处理并存储。

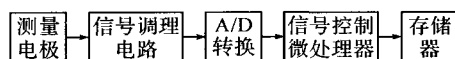


图 1 系统硬件组成

1.1 传感器

传感器采用噪声较低、稳定性好的 Ag-AgCl

收稿日期:2009-04-27

修回日期:2009-06-03

作者简介:蔡旭东(1985-),男,硕士生。

研究方向:军用目标特性,水中微弱电磁信号探测与处理。

E-mail: cxdxcd1985@163.com

电极,国外也有采用性能更好的碳纤维电极。电极直角坐标图见图 2。

在直角坐标系中,共采用 3 对电极分别测量电场的 3 个分量 $x(U_{x1}, U_{x2})$ 、 $y(U_{y1}, U_{y2})$ 、 $z(U_{z1}, U_{z2})$ 。每两个电极测量一个方向上的电位差,电极对的间距为 Δl 。每个电极所测量的值即为该点的电位 U ,在实际测量中,各方向上电场强度可以近似表示为^[1]:

$$E \approx \frac{U_2 - U_1}{\Delta l}$$

电极主要技术数据为:

- 内阻 $\leq 10 \text{ k}\Omega$; 比对电位 $\pm 3 \text{ mV}$;
- 液位部流速 $\leq 0.05 \text{ mL}/10 \text{ min}$;
- 电位偏差 $\leq \pm 4 \text{ mV}$; 稳定性 $\pm 3 \text{ mV}/(7 \text{ h})$ 。

1.2 信号放大电路

经过传感器获取的舰船所产生的电场信号是比较微弱的模拟信号,而且混入了噪声和干扰成分,需要进行信号预处理,这就对系统的接收灵敏度提出了很高的要求。采用三运算放大器的仪器仪表放大器^[2],具有极高的共模和差模输入阻抗、很低的输出阻抗、较高的共模抑制比以及精确稳定的增益。电路原理图见图 3。

第一级的 2 个放大器工作在同相结构,他们的闭环输入电阻较高,起高输入阻抗缓冲器的作用,第二级放大器构成输出级,具有很低的闭环输出电阻。其放大倍数为:

$$A = [1 + 2(R_3/R_g)](R_2/R_1) \approx 500$$

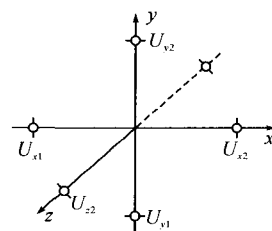


图 2 电极直角坐标图

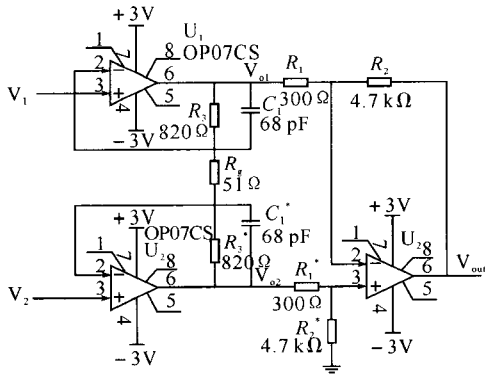


图 3 放大电路

前端低噪声放大器的主要作用是放大传感器检测到的微弱信号,降低噪声干扰,使其能够更好地采集有效信号。

1.3 滤波电路

传感器所感应到的信号既有舰船产生的电场信号,同时还有海洋环境本身的电场信号以及工频信号等无效的干扰信号。为了能够更好地对目标进行检测,提取信号特征,需要滤出背景噪声干扰信号。目标特征主要集中在 7 Hz 以下,因此将滤波器截止频率 f_c 设定为 7 Hz。采用有源低通二阶滤波器,设计电路见图 4^[3]。

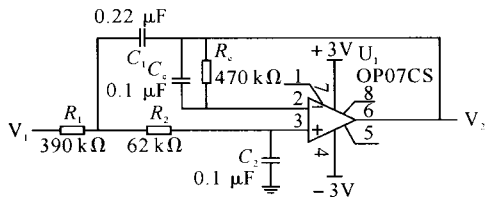


图 4 有源低通二阶滤波器

在反馈电路中插入电阻 R_c 和电容 C_c ,以防止振荡。通过连接 5 个低通二阶滤波器形成 10 阶滤波器,达到较好的滤波效果。在低通滤波电路前端加一高通滤波器,形成带通滤波器,获得单一方向上 1~7 Hz 的舰船轴频电场信号。采用如图 5 所示的 5 Hz、5 V 的输入信号源 $x(t)$ 对滤波电路进行仿真,输出信号见图 6,显示该电路具有较好效果,输出信号 $y(t)$ 在 0.3 s 开始稳定,从图 7 表明 6 Hz 以下具有较好的平坦性,偏差较小。

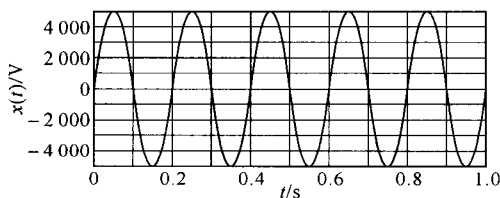


图 5 信号源

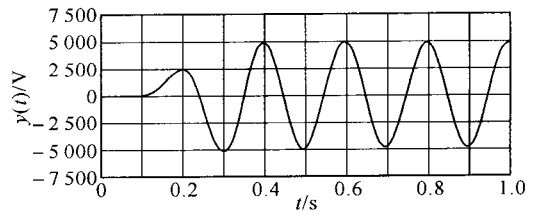


图 6 输出信号

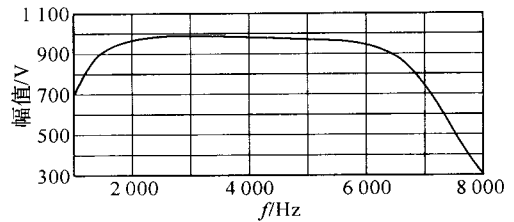


图 7 幅频特性

1.4 A/D 转换

A/D 转换部分选用 16 位的 $\Sigma - \Delta$ A/D 模数转换器——A/D7705。A/D7705 工作电压为 2.7~3.3 V,基准源外接 2.5 V,串行数据接口有片选信号 \overline{CS} 、串行时钟输入 SCLK、串行数据输入 DIN、串行数据输出 DOUT,状态信号接口 \overline{DRDY} ^[4]。A/D 转换器与单片机的连接见图 8。

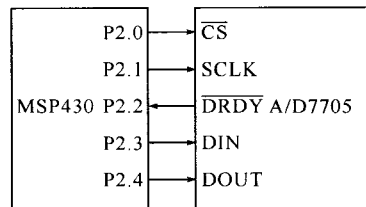


图 8 AD7706 与 MSP430F169 的连接

AD7705 采用使用 5 线方式与 MSP430 单片机进行连接^[5],将 A/D 的相应管脚与单片机 P2 端口进行连接,其中片选端 \overline{CS} 应一直保持为有效低电平,确保 AD 处于工作状态。程序流程见图 9。

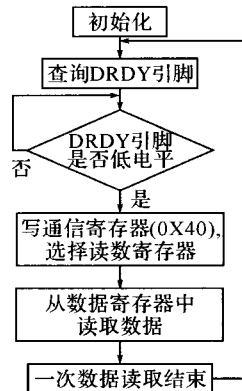


图 9 AD 工作程序流程图

MSP430 单片机对 AD 初始化,反复查询 $\overline{\text{DRDY}}$ 引脚,AD 未转换结束时,端口输入为高电平,直到转换结束后产生低电平,触发单片机进入中断程序,向 AD 通信寄存器写入控制命令,AD 将转换好的数据分为高 8 位和低 8 位传输给单片机,16 位数据传输结束后, $\overline{\text{DRDY}}$ 变为高电平,触发单片机转入低功耗模式 LMP3,这样处理可以较大程度上降低系统功耗。

1.5 核心控制芯片 MSP430

MSP430^[5] 系列单片机是美国德州仪器(TI)公司 1999 年开始推出的 16 位系列单片机,是具有精简指令集、超低功耗的混合型单片机。有强大的处理能力、丰富的片上外围模块和方便高效的开发环境等特点。供电电压可以在 1.8~3.6 V 范围内变化,具有 5 种节电模式;从等待方式唤醒时间只需要 6 μs ;具有 3 个捕获/比较寄存器的 16 位定时器;外接 32.768 kHz 和 8 MHz 的晶振,很好地增加了功耗和速度选择的灵活性;同时还具有内部温度传感器,置有多种外围设备。采用 MSP430F169 单片机作为核心器件,能够很好的满足对电场信号探测与分析判断的实时性要求。

2 软件系统设计

系统软件主要完成的是对电场信号进行较为及时、准确的采集与处理,方便输出动作控制信号。在单片机上实现信号处理,需要综合考虑运算速度、内存空间、系统功耗、抗干扰等因素,同时要求容易移植、可复用、能够适应不同硬件平台,这样才能更好地满足测量系统升级、改造等需求。考虑上述要求,进行模块化设计,软件具有较好的易移植、可复用等优点,流程见图 10^[6]。

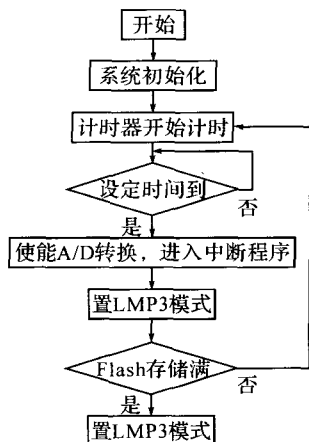


图 10 系统软件流程图

1) 工作之前需要进行初始化,完成单片机的 I/O、状态寄存器、时钟寄存器等设置。

2) 中断程序尽可能编写得较短,在中断中完成采集、存储功能,这样安排也能够从一定程度上降低功耗。

3) 采集数据先放到 MSP430 存储器中暂存,当达到一定字节在将其按页写入 Flash 中,在一定程度上提高效率,同时还能较好地降低功耗。

3 测量实验及数据分析

系统采用干电池供电,电压为 6 V。测量海域为某近海,传感器置于水下 10~40 m,海底为泥沙底。舰船电场 Z 分量测试曲线图和频谱图分别见图 11、12。目标信号的幅值特性明显,具有较好的观测性。在 1~6 Hz 附近具有明显的谱峰。

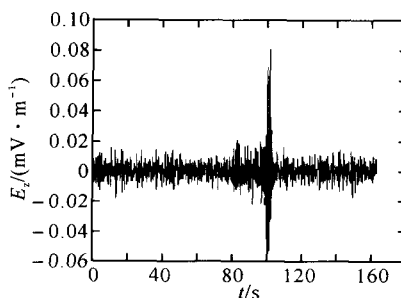


图 11 Z 分量电场

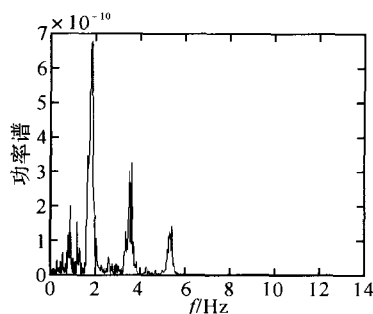


图 12 Z 分量电场频谱图

4 结束语

这是对电场探测系统设计的初步研究与尝试。对于水中目标电场信号源,还有待于加强研究,应用性能更加优异的器件(如 DSP 器件等),实现信号的采集和实时处理等,达到更好的智能化。

参考文献

- [1] 林春生,龚沈光. 舰船物理场[M]. 北京:兵器工业出版社,2007.

- [2] 刘树棠,朱茂林. 电路设计[M]. 西安:西安交通大学出版社,2004.
- [3] 彭 军. 测量电子电路设计-滤波器篇[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [4] 仇国庆. AD7705/7706 在仪器仪表中的应用[J]. 自动化与仪器仪表,2001,98(6):43-46.
- [5] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [6] 张 晨. MSP430 系列单片机实用 C 语言程序设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.

Data Acquisition System for Shaft-Rate Electric Field Measure Based on MSP430

CAI Xu-dong^{1,2}, FANG Shi², GONG Shen-guang²

(1 Naval Unit No. 91388, Zhanjiang Guangdong 524022, China;

2 Dept. of Weapon Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: Based on MSP430F169, a measurement system for the shaft-rate electric field of a ship is developed in order to commendably measure the object's signal about electric field under the water. The measurement system has solved the key techniques for low noise and low power. Practical results showed that the system is convenient to carry, high accuracy and credible of measurement.

Key words: electric field measure; MSP430 F169; analog-to-digital converter

(上接第 92 页)

容积法的消磁机组模型对稳态工况和瞬态工况下柴油机的性能具有较好的预测能力。

2) 分析机组在连续脉冲工况下的瞬态响应性能,了解废气涡轮增压系统影响机组瞬态特性的主要因素,提出的废气涡轮增压系统的优化方案对脉冲负载发电机组的后续开发和进一步性能优化具有较好的指导意义。

参考文献

- [1] 顾宏中. MIXPC 涡轮增压系统研究与优化设计[M]. 上海:上海交通大学出版社,2006.
- [2] 李人宪. 有限体积法基础[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
- [3] 刘永长. 内燃机工作过程模拟[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1996.
- [4] 顾宏中. 涡轮增压柴油机性能研究[M]. 上海:上海交通大学出版社,1998.
- [5] 林杰伦. 内燃机工作过程数值计算[M]. 西安:西安交通大学出版社,1986.
- [6] WOSCHNI G. A universally applicable equation for the instantaneous heat transfer coefficient in the Internal combustion engine [J]. SAE Transactions, 1967,76:3065.

On Simulation and Test of Turbocharged Diesel Engine Transient Characteristics under Pulsed Load Condition

XING Guang-xiao, ZENG Fan-ming, YUAN Li-guo

(School of Naval Architecture and Power, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: Based on the finite volume method (FVM) for one dimensional unsteady flow and the full-empty method, the simulation model of turbocharged diesel engine was established containing the cylinder, intake and exhaust pipe, turbocharger, intercooler and injection controller. The turbocharged diesel engine's transient working process under pulsed load was simulated and the simulation results were consistent with the test data. At the same time, the transient characteristics of turbocharged diesel engine under pulsed load were obtained, so that some methods of improving the matching between turbocharger and diesel under pulsed load were proposed.

Key words: turbocharged diesel engine; transient characteristic; one dimensional unsteady flow; pulsed load