

机电技术

基于 TMS320LF2407A 的乳化液自动配比系统

石跃芳 韩致信

(兰州理工大学机电工程学院, 兰州 730050)

摘要 介绍了一种基于 TMS320LF2407A 的乳化液自动配比系统。系统选用高性能数字控制芯片 TMS320LF2407A 作为核心控制器,充分发挥 DSP 芯片的高速运算和信号处理能力,较好地实现了乳化液浓度的实时监测、自动配比和可再用乳化液回收。

关键词 乳化液 自动配比 TMS320LF2407A

中图法分类号 TM571.64 TP273.1 TP332.3; **文献标志码** A

煤的生产是关系国计民生的大事,是关系国家可持续发展的重要战略物质。液压支架是综合机械化采煤的主要设备之一,它的工作性能对综采工作面的生产率、安全性等经济技术指标有很大的影响^[1]。乳化液是液压支架和液压支柱的传动介质,在液压系统中起血液作用。由于它的黏度小、防腐、防锈、润滑、难燃、价廉等特点在煤矿井下得到了广泛的推广和应用。

随着煤炭行业迅速发展,综采工作面高产高效的要求,乳化液的需求量也随之增加。对乳化液的浓度控制是采煤工作面生产的一个质量控制环节。乳化液浓度是否适当直接影响液压支架、液压支柱以及其它液压元件的寿命和生产成本。乳化液 = 乳化油 + 水,《煤矿安全规程》规定:乳化液的浓度一般在 3%—5% 之间。为了从根本上解决困扰煤矿生产的这些问题,研制实时性强、稳定性高、可靠耐用的智能乳化液系统就显得十分必要。

1 系统的工作原理

本系统是以 TMS320LF2407A^[2] 为控制核心,与多种传感器及执行机构共同构成闭环控制系统。其工作原理是:浓度传感器、液位传感器、油位传感器及 PH 值传感器将检测到的信号传给控制器 TMS320LF2407A,控制器按照设定的程序及算法对信号进行处理后,给执行机构电磁阀和变频器相应的信号来调节清水流量、调节乳化油供应量并对工作面回流液进行回收或不回收的处理,如此往复,使配置的乳化液浓度符合煤矿生产要求,并对可以再利用的乳化液进行回收利用。系统能实现的功能为:

(1) 在线检测乳化液浓度:当浓度 < 3% 时,利用变频调速器调节油泵,加大供油量;当浓度 > 5% 时,利用变频调速器调节油泵,减少供油量。

(2) 液位自动检测:实时检测,当乳化液罐液位 > 800 mm 时自动停止配液;当液位 < 150 mm 时,自动报警并按设定比例配液。

(3) 油位自动检测:实时检测,油位 < 300 mm 时,语音提示并灯光报警;油位 < 100 mm 时,自动停止配液并声光报警。

(4) 数据显示:液晶屏实时显示乳化液浓度、自

2009 年 9 月 14 日收到

第一作者简介:石跃芳(1981—),女,山西临汾人,兰州理工大学机电工程学院硕士研究生。

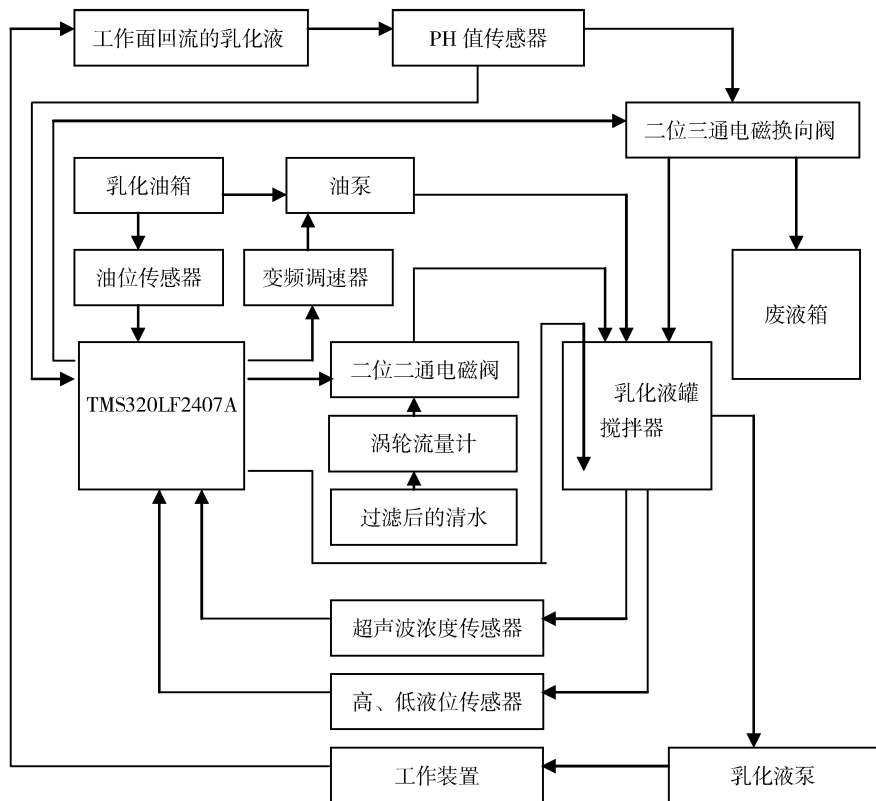


图1 系统原理框图

动配液状态、液位、油位及故障类别。

(5) PH 值检测:实时检测,当工作面回流的乳化液的 PH 值不在 8.7—9.2 之间时,控制电磁阀使回流液进入废液箱;否则,进入乳化液罐。

(6) 配液开始则搅拌器开始工作,配液停止搅拌器也停止工作。且在配液过程中搅拌器正转 3 min—停 1 min—反转 3 min,保障乳化液混合均匀。

系统原理框图见图 1。

2 系统的硬件设计

2.1 TMS320LF2407A 基本系统

TMS320LF2407A 是 TI 公司专为实时控制^[3]而设计的高性能 16 位定点 DSP 器件。它采用低电压 3.3 V 供电方式,功耗较低。为使 TMS320LF2407A 工作,将 CPU 核电源:CPU 核 3.3 V 引脚 V_{DD} , CPU 核地引脚 V_{SS} ; I/O 口电源: I/O 口 3.3 V 引脚 V_{DDO} ,

I/O 口地引脚 V_{SSO} ; PLL 电源: PLL 3.3 V 引脚 V_{CCA} , PLL 地引脚 V_{SS} ; Flash 编程电源: Flash 编程 +5V 引脚 V_{CCP} 。

本系统设计为仅由外部 5 V 电源供电,所以需将 5 V 电源变换为 3.3 V。这里选用 AMS1117—3.3 作为 DC/DC 转换芯片,它是一个低压降的电压调节器,输入为 +5 V 电压,可输出 +3.3 V 固定电压。

时钟信号: DSP 内部的 CPU 和片内外设都需要时钟信号,在 DSP 内部,有一个锁相环时钟模块 PLL,为 TMS320LF2407A 提供所需的各种时钟信号, TMS320LF2407A 的锁相环时钟电路需要片外滤波器电路的配合, PLL 片外滤波电路见图 2,这里采用晶振方式,即不使用片内的振荡电路,完全由外部有源振荡器产生所需的时钟,使用片内的 PLL 倍频电路来对这一来自片外的时钟进行倍频,以产生所需时钟。

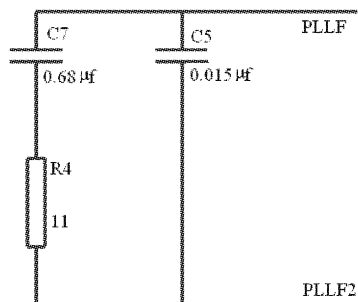


图2 PLL 片外滤波电路

TMS320LF2407A 系统电路图见图 3。如系统电路图所示连接,为 TMS320LF2407A 设置 JTAG 接口,以便使用仿真器仿真。这里采用无缓冲的简单连接方式,EMU0、EMU1 接 4.7 kΩ 上拉电阻,目的是使信号上升时间小于 10 μs。

CY7C1021CV33 是高性能 CMOS 静态 RAM,必要时可连接它作为对 TMS320LF2407A 片外程序空间的扩展,其容量为 64 k × 16,最小读/写时间为 12 ns,当 TMS320LF2407A 工作在 40 MHz 时,其机器周期为 25 ns,DSP 对其访问时无需加等待状态。

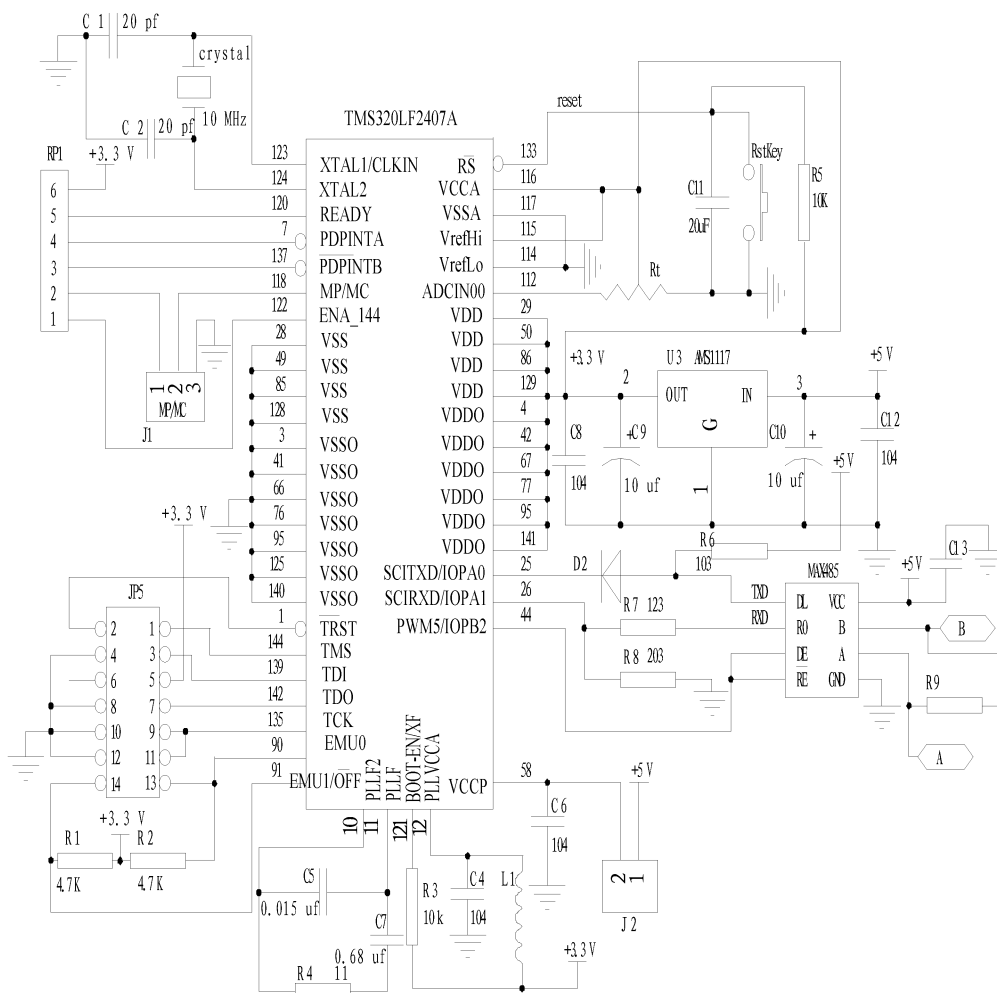


图3 TMS320LF2407A 系统电路图

2.2 隔离接口芯片 IDC3516

本系统中采用 IDC3516,对设备进行电气隔离。一方面可以避免 TMS320LF2407A、各种传感器、变

频调速器及电磁阀等设备之间进行长距离信号传输时的干扰;另一方面,系统中各设备外壳需要接大地,电路系统也要有公共参考地,进行电气隔离还可

以避免各设备的参考点之间存在电势差,形成接地环路,带来共模及差模噪声干扰。从而保障系统正常工作。

图4所示为IDC3516的接线原理图,引脚22、23之间连接的电位器RADJ1,用于调节输入电流 I_i 与输出电流 I_o 的比例,引脚21、22之间连接的可变电阻RADJ2为输出电流 I_o 的偏置调节电阻。D1、D2为限幅稳压管,用于线路浪涌电压、雷击强干扰的保护,F1、F2为自恢复保险,用于线路中过电流的保护。C1、C2是滤波电容,这里选用1 mF瓷片电容,可滤除高频差模干扰,减小输入、输出信号脉动成分。

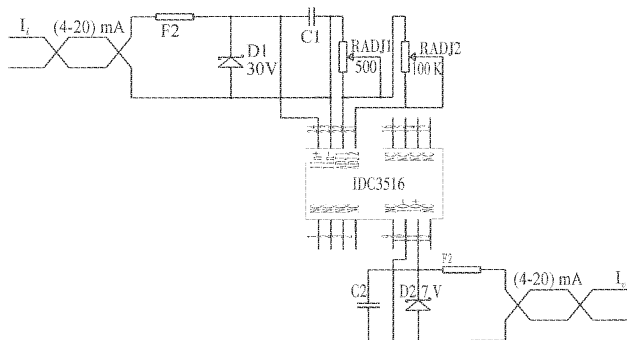


图4 IDC3516 接线原理图

2.3 超声波浓度传感器

系统采用HU2109在线式超声波浓度测试仪^[3],见图5。超声波是一种在弹性介质中的机械振荡,它是由与介质相接触的振荡所引起的。超声波在各种液体中的传播状态随温度、压力和介质混合单元数、单元比浓度的不同而变化,多普勒参数是上述因素的有限元多次方程,在不同工艺精度要求下,可简化为N元三次~四次方程。超声波的多普勒参数在各种液体中及不同的温度、压力、混合元数、单元浓度条件下将随液体的浓度不同而改变,超声波或浓度仪通过精确的测定这些参数,并进行精确计算,即可直观显示乳化液的浓度变化。再通过I/O传输给控制器TMS320LF2407A,控制器对此数据进行判断,当浓度<3%时,利用变频调速器调节油泵,加大供油量;当浓度>5%时,利用变频调速器调节油泵,减少供油量。

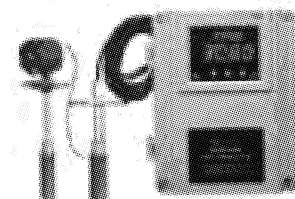


图5 HU2109 超声波浓度测试仪

2.4 液位传感器

本系统中选用三个本安防爆液位计CYB—24S分别检测乳化液罐的高、低液位和乳化油箱的油位。投入式液位计的测量元件是一个压阻式压力传感器,它对液位测量的原理,是把与液体深度成正比的液体静压力,转换成电信号输出,从而建立起电信号与液体深度的线性对应关系,实现对液位的测量。CYB—24S是全不锈钢防堵塞结构、防雷击、抗冲击、干扰、耐腐蚀,可长期投入乳化液和乳化油中使用。根据煤矿实际设计的乳化液罐外形尺寸 $4\,780 \times 1\,460 \times 1\,140\text{ mm}^3$,乳化油箱外形尺寸 $2\,500 \times 1\,460 \times 1\,260\text{ mm}^3$ 。CYB—24S进行检测时,当乳化液罐液位>800 mm时,系统自动停止配液;当液位<150 mm时,系统自动报警并按设定比例配液;当乳化油油位<300 mm时,系统设计了语音提示并灯光报警;当油位<100 mm时,系统自动停止配液并声光报警。

2.5 变频器

变频器^[5]与计算机系统的接口方式是模拟量控制和数字量控制相结合的方式,计算机系统输出(0~10)V的控制电压控制变频器(0~50)Hz输出,通过I/O口通过光电和电磁隔离后控制变频器的正反转和启动、停止功能。系统选用三肯通用变频器SHF—5.5K,变频器调节电机的转速,从而控制乳化油的流量大小,进而和水混合成预期浓度的乳化液。

3 PID 控制

PID控制是一种传统的控制策略,具有控制方式简单、无稳态误差等特点,在工业控制中得到广泛应用,本系统就采用此控制方式。常规的PID控制

规律为

$$u(t) = k_p \left\{ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t [e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt}] dt \right\}.$$

其中: $e(t)$ 为输入偏差信号; k_p 为比例增益; T_i , T_d 分别为积分时间和微分时间; $u(t)$ 为输出控制信号。

令 $t = nT$, 经离散化后得其增量式数字 PID 控制算法为

$$\Delta u(n) = u(n) - u(n-1) =$$

$$k_p \{ [e(n) - e(n-1)] + \frac{T}{T_i} e(n) +$$

$$\frac{T_d}{T} [\Delta e(n) - \Delta e(n-1)] \}.$$

其中: T 为采样时间; n 为采样序号。

为方便计算,该算法又可以写成

$$\Delta u(n) = a_0 e(n) + a_1 e(n-1) + a_2 e(n-2).$$

其中 $a_0 = K_p \left(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T} \right)$, $a_1 = K_p \left(1 + \frac{2T_d}{T} \right)$,

$$a_2 = K_p \frac{T_d}{T}.$$

因此,只需保留时刻以及以前的两个时差 $e(n)$ 、 $e(n-1)$ 、 $e(n-2)$ 即可计算出 $\Delta u(n)$ 。系统还采用了积分分离法处理积分饱和问题。设积分分离阈值为 A , 当偏差 $e(n) \leq A$ 时采用 PID 算法,偏差大于 A 时采用 PD 算法。由于煤矿矿井生产情况不同, PID 参数可通过键盘现场输入,提高控制精度。

4 系统软件设计

本系统主要采用 C 语言编程。C 语言功能丰

富,表达力强,使用灵活方便;它是结构化语言,可移植性好;作为高级语言,它的编程效率高,是 DSP 软件编程的快捷工具。同时,由于用 C 语言开发 DSP 程序时,会遇到一些实时性要求较高或需要对 DSP 的底层资源进行操作的场合,故在 C 语言中嵌入少量汇编语言,减少了开发难度,又使所有操作都得以实现。

5 结束语

基于 TMS320LF2407A 的乳化液自动配比系统,不仅实现了乳化液的实时监测、自动配比,而且还对回流的乳化液 PH 值进行分析,从而对没有变质的乳化液进行回收再利用。实验表明,该系统效率高、可靠性强、运行稳定,能够很好的满足煤矿生产需要。

参 考 文 献

- 1 吴晓兰,陆 泉. 乳化液配置方式的发展. 煤炭机械,1999;9(18): 7—8
- 2 赵世廉. TMS320X240x DSP 原理及应用开发指南. 北京:北京航空航天大学出版社,2007
- 3 王 东,王 兵,李昌禧等. 超声波技术检测乳化液浓度的仿真与实验. 武汉科技学院学报,2004;17(3):33—37
- 4 曾加强. 基于 TMS320X2407 开关磁阻电机控制系统. 电机电器技术,2003;(5):32—34
- 5 林启雄. 基于 TMS320X2407 的 SR 电机调速系统设计. 大众科技,2008;(5):118—120

TMS320LF2407A—Based Automatching System of Emulsion

SHI Yue-fang, HAN Zhi-xin

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, P. R. China)

[Abstract] A TMS320LF2407A - based automatching system of emulsion is presented. The system adopts TMS320LF2407A, which is a high-performance digital control chip, as the core controller, giving full play of high-speed computing and signal processing capabilities to this DSP chip, and achieve a real-time monitoring of emulsion concentration, automatic matching and the recovery of reusable emulsion.

[Key words] emulsion automatching TMS320LF2407A