

Л.В. Музыка

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ЗАГРУЗКИ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Аннотация. Статья посвящена разработке системы автоматического управления загрузкой струйной мельницы на основе анализа акустических сигналов различных режимов ее работы. Цель работы – разработать автоматизированную систему управления бункером загрузки струйной мельницы на основе анализа акустических сигналов зоны измельчения.

Исследование проводилось для разных режимов записи сигналов акустического мониторинга и процесса измельчения различных сыпучих материалов. Численным экспериментом усовершенствована методика анализа акустических сигналов зоны измельчения, уменьшена погрешность. Создана аппаратная база системы управления и реализована модель управляемого бункера загрузки.

Разработана система управления загрузкой мельницы посредством управляемого бункера на основе результатов непрерывного акустического мониторинга процесса измельчения.

Ключевые слова: газоструйная мельница, акустический сигнал, контроллер, бункер загрузки.

Газоструйное измельчение является одним из наиболее перспективных способов получения тонкодисперсных материалов. Однако высокая энергоемкость технологического процесса сдерживает его широкое внедрение в промышленность. При выбранных технологических параметрах оптимальный режим измельчения определяется наполненностью струй материалом. При избытке (перегрузке мельницы) и недостатке (разгрузке мельницы) материала производительность снижается, процесс измельчения может прекратиться. Поэтому крайне важно контролировать загрузку струй материалом и вовремя осуществлять дозагрузку необходимой порции материала.

Исследования [1] показали эффективность контроля процесса струйного измельчения на основе акустического мониторинга. Установлена взаимосвязь технологических, режимных и акустических параметров процесса [2], разрабатывается автоматизированная система управления мельницей. Для каждой требуемой крупности готового продукта устанавливается свой технологический режим измельчения и классификации и, соответственно, свой диапазон характеристик акустических сигналов для достижения максимальной производительности измельчения. На этом основана система управления работой струйной мельницы по результатам акустического мониторинга

Цель работы – разработать автоматизированную систему управления бункером загрузки струйной мельницы на основе анализа акустических сигналов зоны измельчения.

Созданная ранее модель бункера [3] позволила разработать систему автоматического управления загрузкой мельницы. Для получения сигнала управления силовым приводом необходимо анализировать акустические сигналы зоны измельчения. Для выполнения анализа существует множество методик, но для реализации средствами программируемого логического контроллера (ПЛК) наиболее пригодный амплитудный анализ.

Для осуществления акустического мониторинга в измельчительной камере устанавливается волновод, который соединен с пьезокерамическим датчиком. В нашем случае был использован ПЛК TM251MESE (рис 1.) с модулями расширения (TM3DI8, TM3DQ8U и TM3AI2H) для обработки аналоговых и дискретных сигналов. Датчик фиксирует столкновения измельчаемых частиц с волноводом, и преобразует энергию столкновения в электрический сигнал. Исследования показали, что записываемый сигнал имеет небольшую амплитуду, которая при обычном режиме работы составляет порядка 100 мВ, а без загрузки материала (холостой ход) - 10-15 мВ. Разрядность АЦП составляет 16 разрядов при диапазоне измерения от 0 до 10 В. В связи с этим необходимо сигнал дополнительно усилить с помощью операционного усилителя, включенного по схеме не инвертирующего усилителя с коэффициентом усиления 10 (рис 1.).

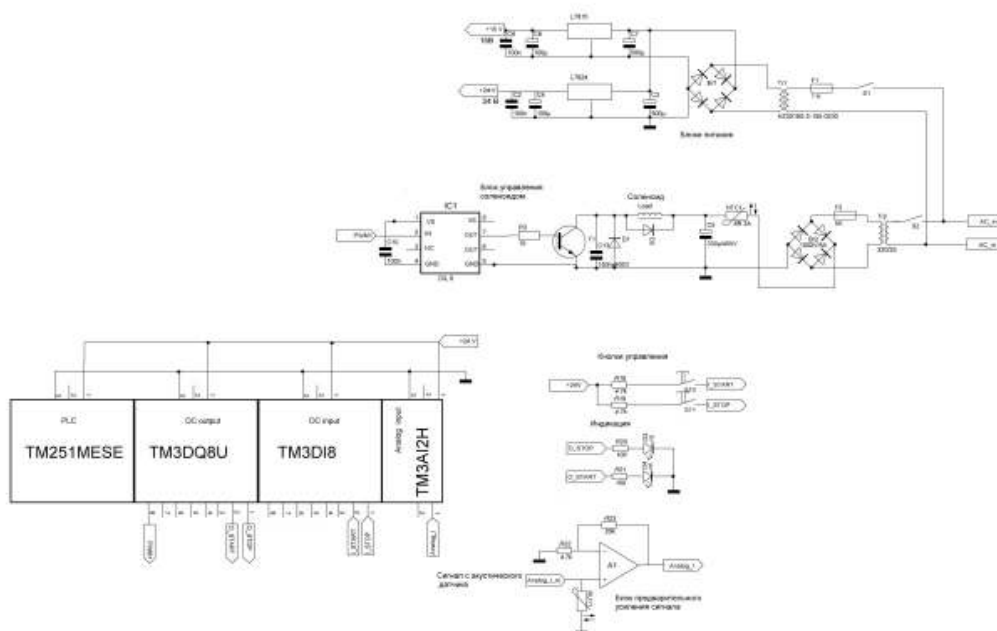


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема управления бункером загрузки

Измеряемый сигнал несет в себе возмущения, которые имеют случайный характер (перенапряжения), поэтому управление соленоидом бункера загрузки по одному амплитудному значению невозможно. Для устранения погрешности измерения берется выборка из 100 значений. При такой конфигурации время реакции САУ составит 100 мс, при частоте опроса 1 мс. Выбранное оборудование имеет ограничение по времени опроса АЦП за каждый цикл программы (рис 2.), которое составляет 1 мс.

Для оценки погрешности было проведено экспериментальное исследование сигналов. За истинный сигнал выбирается сигнал, записанный на частоте 400 кГц (рис. 3), а за измеряемый (рис. 4) – сигнал, записанный на частоте 1 кГц (при частоте опроса 1 мс.).

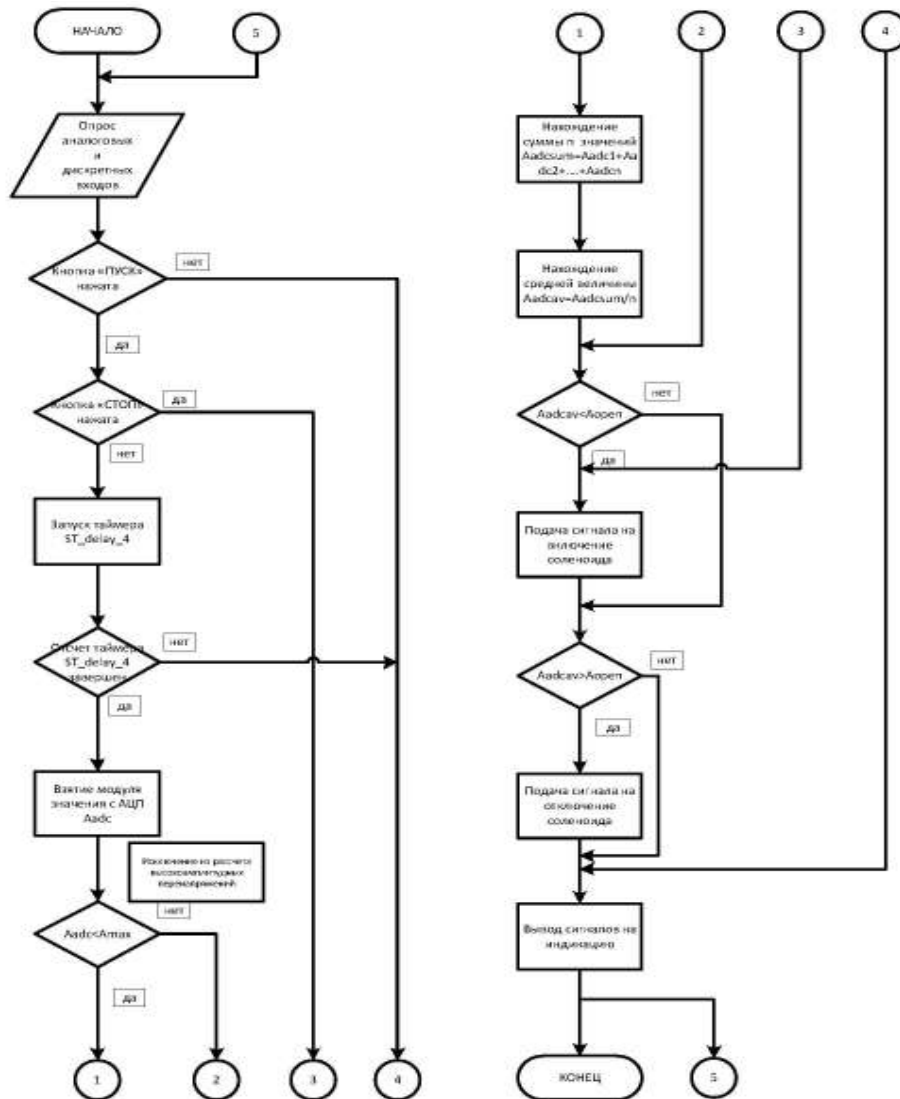
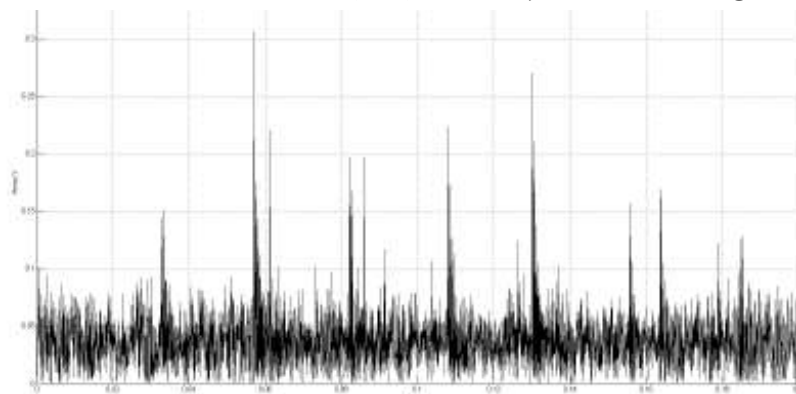
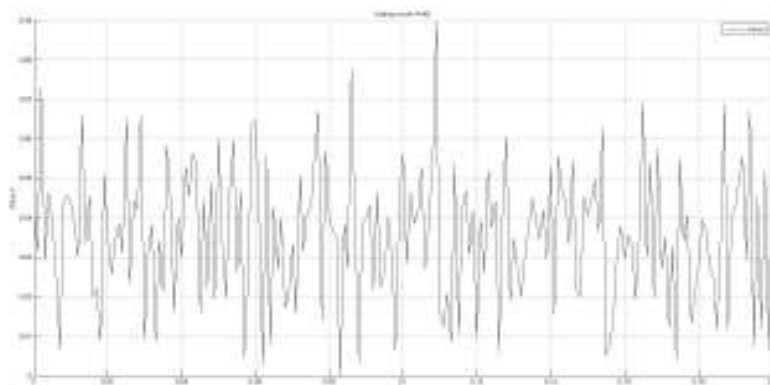


Рисунок 2 – Алгоритм работы программного обеспечения ПЛК



а)



б)

Рисунок 3 – Записи сигналов при частоте 400 кГц (а) и при частоте 1 кГц (б).

Обработав массив данных в пакете Matlab, и вычислив среднее арифметическое значение, получили, что относительная ошибка составила менее 1%. После вычислений и исключения из выборки случайных величин, среднее арифметическое значение сравнивается (рис. 2) с заданным значением величины амплитуды, которое было получено при предварительном исследовании измельчаемого материала.

Для исключения частого срабатывания («дребезжания») соленоида, заданная величина, выбирается в виде двух значений, а именно, для открытия и закрытия бункера загрузки. Опытным путем для установки УСИ-20 было установлено, что гистерезис $\pm 4-5\%$ от заданной величины является оптимальным с точки зрения быстродействия системы и износа подвижных частей привода бункера загрузки.

В качестве силового привода, был выбран соленоид, с питающим напряжением 12 В и рабочим током в установившемся режиме 5 А, с пружиной возврата, которая опускает оживайло (заслонку) и закрывает бункер загрузки в

случае прекращения подачи питающего напряжения. После обработки всех данных, управляющий сигнал поступает с модуля расширения ПЛК TM3DQ8U на блок управления соленоидом, который собран на базе полевого транзистора STP100N6F7 (рис. 4б) с рабочим напряжением 60 В и максимальным током до 100 А.. Затем управляющий сигнал передается на открытие или закрытие заслонки бункера загрузки (рис. 4а).



а)



б)

Рисунок 4 – Аппаратная реализация системы автоматического управления приводом бункера загрузки

Выводы. Разработана система управления загрузкой мельницы посредством управляемого бункера на основе результатов непрерывного акустического мониторинга процесса измельчения.

ЛІТЕРАТУРА / LITERATURE

1. Pryadko N.S. Optimization of fine grinding on the acoustic monitoring basis // Power Engineering, Control & Information Technologies in Geotechnical Systems – 2015.– Taylor & Francis Group, London, p. 99-108.
2. Прядко Н.С. Акустические исследования струйного измельчения// LAP LAMBERT Academic Publishing.–OmniScriptum GmbH&Co.Kg.–2013.–Saarbrucken Germany.–172с.
3. Музыка Л.В., Прядко Н.С. Методика автоматического управления струйным измельчением на основе моделей объекта и системы управления //Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. Днепр – 2017. – № 2 (109). – С. 51-58.

REFERENCES

1. Pryadko N.S. Optimization of fine grinding on the acoustic monitoring basis // Power Engineering, Control & Information Technologies in Geotechnical Systems – 2015.– Taylor & Francis Group, London, p. 99-108.
2. Pryadko N.S. Akusticheskie issledovaniya struynogo ismelcheniya// LAP LAMBERT Academic Publishing.–OmniScriptum GmbH&Co.Kg.–2013 .– Saarbrücken Germany.–172 s.
3. Musyka L.V., Pryadko N.S. Metodika automaticheskogo upravleniya struynim ismelcheniem na osnove modeley objecta and systemi upravleniya // System technologies.. Dnipro - 2017. - № 2 (109). - S. 51-58.

Received 06.03.2019.

Accepted 12.03.2019.

Автоматичне керування режимом завантаження струминного млина

Стаття присвячена розробці системи автоматичного управління завантаженням струменевого млина на основі аналізу акустичних сигналів різних режимів його роботи. Дослідження проводилося для різних режимів запису сигналів акустичного моніторингу та процесу подрібнення різних сипучих матеріалів. Чисельним експериментом удосконалено методику аналізу акустичних сигналів зони подрібнення, зменшена похибка. Створено апаратну базу системи управління і реалізовано модель керованого бункеру завантаження.

An automatic mode control of the jet mill loading

A thin jet grinding is quite an energy-consuming process. Its production depends on the fullness of the mill chamber with material. Therefore, it is extremely important to control the loading of the jets with material and to reload the necessary portion of material in time.

Previous studies have shown the effectiveness of control the jet grinding process based on acoustic monitoring. The interrelation of technological, regime and acoustic parameters of the process has been established, an automated mill control system is being developed. For each required size of the ready product, its own grinding mode and classification and, accordingly, its range of acoustic signal characteristics are set to achieve maximum grinding productivity. This is the basis for controlling the jet mill operation according to the results of acoustic monitoring.

The aim of the paper is to develop an automated control system for the loading bunker of the jet mill based on the analysis of the acoustic signals of the grinding zone.

The study was conducted for different recording modes of acoustic monitoring signals and the grinding process of various bulk materials. To amplify the signal, an operational amplifier with a gain of 10 was used. To eliminate the measurement error, a sample of 100 values is taken. The used equipment has a limit time for the ADC polling for each program cycle. To estimate the error, an experimental study of signals was carried out. After processing all the data, the control signal is fed to the control unit of the solenoid, which is assembled on the basis of a field-effect transistor with an operating voltage of 60 V and a maximum current is up to 100 A. Then the control signal is transmitted to the opening or closing of the loading bunker gate.

The numerical experiment improved the analyzing method of the acoustic signal of the grinding zone, reduced the error. A hardware base of the control system was created and a model of a controlled loading bunker was implemented. A mill loading control system has been developed through a controlled bunker based on the results of continuous acoustic monitoring of the grinding process.

Музыка Л.В. - младший научный сотрудник Института технической механики НАН Украины и ГКА Украины.

Музыка Л.В. – молодший науковий співробітник Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України.

Muzyka L.V. – junior researcher of the Institute of Technical Mechanics of the NAS of Ukraine and DSA of Ukraine.