

УДК 681.518.54

*Розглядається мікроконтролерна система діагностування, яка реалізує створений метод контролю технічного стану робочих органів вертикального валкового млина за його вібраційними характеристиками. Наводяться результати розробки її окремих функціональних блоків та алгоритму функціонування програмного забезпечення*

*Ключові слова: віброакустичний сигнал, мікроконтролерна система, алгоритм функціонування*

---

*Рассматривается микроконтроллерная система диагностирования, реализующая созданный метод контроля технического состояния рабочих органов вертикальной валковой мельницы по ее вибрационным характеристикам. Приводятся результаты разработки ее отдельных функциональных блоков и алгоритма функционирования программного обеспечения.*

*Ключевые слова: виброакустический сигнал, микроконтроллерная система, алгоритм функционирования*

---

*The microcontroller system of diagnostics, witch implements the generated method of vertical roller mill working units technical state control based on one's vibration characteristics is considered. The results of the development of its individual functional blocks and algorithm of functioning software*

*Key words: vibroacoustic signal, microcontroller system, functioning algorithm*

# МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВАЛКОВОГО МЛИНА

**Л. М. Заміховський**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри\*

**Р. Б. Скрипюк**

Асистент\*

\*Кафедра комп'ютерних технологій в системах

управління та автоматики

Івано-Франківський національний технічний університет

нафти і газу

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019

Контактний тел. (03422) 4-80-00

E-mail: ktsu@nung.if.ua

В [1] були розглянуті теоретичні передумови і запропонований практичний алгоритм реалізації методу контролю величини зношування поверхонь робочих органів вертикального валкового млина (далі по тексті – млина) – бігової доріжки та помольних валків на основі вимірювання та аналізу вібраційних характеристик процесу розмелювання вугілля. За результатами статистичного аналізу було встановлено, що вугілля, яке подається з дозатора в помольну чашу завжди має сталий відсотковий склад за розміром фрагментів, що зумовлено попереднім технологічним циклом його обробки. Тому за питомою кількістю віброударів, виміряною під час розколювання фрагментів значного розміру, можна обчислити питому кількість фрагментів, сигнали від яких не фіксуються давачами через мале співвідношення «сигнал/шум». При цьому можна визначити величину зношування поверхні робочих органів млина.

Метою статті є технічна реалізація створеного методу вібраційного контролю стану робочих органів млина.

Розробка апаратна частина мікроконтролерної системи діагностування. Структурна схема системи

наведена на рис. 1. Система складається з трьох функціонально завершених частин – модуля вібродавача з підсилювачем, лінії зв'язку та мікроконтролерного модуля.

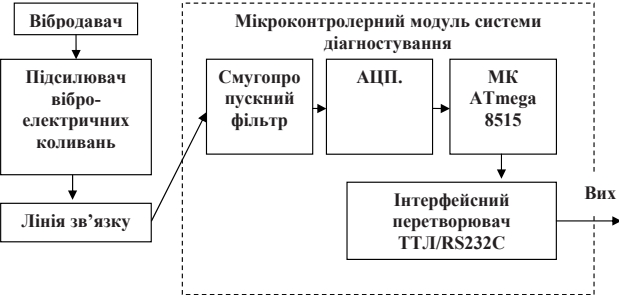


Рис. 1. Структурна схема мікроконтролерної системи діагностування

Визначимо вихідні дані для розробки системи діагностування технічного стану робочих органів млина – інформативну смугу віброакустичного сигналу.

Процес руйнування вугілля в помольній чаші млина супроводжується вібраційним процесом, вимірвальний діапазон частот якого може бути розбитий на смуги, що залежать від розмірів вугільних фрагментів (шматків вугілля).

За результатами проведеного статистичного аналізу розмірів шматків вугілля в умовах ВАТ «Івано-Франківськцемент» вся вибірка (36592 фрагменти) була розбита на дев'ять діапазонів (табл. 1) за результатами якої побудували гістограму розподілу кількості фрагментів вугілля від їх розмірів, представлену на рис. 2.

Таблиця 1

Залежність кількості фрагментів вугілля від їх діаметрів

Діаметр фрагментів [мм]	Усереднений діаметр [мм]	Кількість фрагментів [шт.]
3-5	4	29737
5-10	7.5	4295
10-15	12.5	1498
15-20	17.5	643
20-25	22.5	229
25-30	27.5	153
30-35	32.5	24
35-45	40	5
45-55	50	8

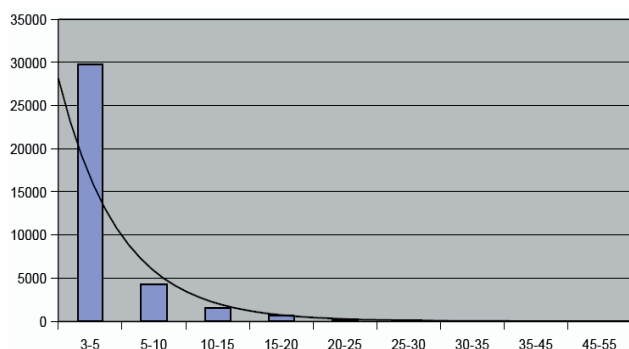


Рис. 2. Залежність кількості фрагментів вугілля від їх діаметрів

Представлена на рис. 2 гістограма може бути аналітично апроксимована експоненціальною функцією [2]:

$$n(d) = a \cdot e^{(b \cdot d)} + c \cdot e^{(d \cdot x)}$$

де коефіцієнти функції:  $a = 1194000$ ,  $b = -0,9852$ ,  $c = 13060$ ,  $d = -0,1733$ .

Розраховані частоти для робочого віброакустичного сигналу становлять від 40Гц до 100Гц. Інші частоти містять інформаційні завади, тому повинні

бути відфільтровані за допомогою аналогового фільтра. Використання аналогової фільтрації віброакустичного сигналу дозволяє уникнути застосування затратних при проектуванні, цифрових сигнальних процесорів. Необхідна частота смуги пропускання смугопрпускну-

$$f_0 = \frac{f_b + f_n}{2} = \frac{100 + 40}{2} = 70 \text{ Гц.}$$

Виходячи з можливості фізичної реалізації [3], сформульовані наступні вимоги до аналогового фільтра:

- Тип характеристики фільтра : поліном Чебишева.
- Центральна частота  $f_0 = 70$  Гц.
- Коефіцієнт підсилення фільтра  $K = 0$  дБ.
- Ширина смуги пропускання  $\Delta f = 60$  Гц.
- Порядок фільтра  $n = 6$ .
- Максимальна нерівномірність в смугі пропускання 3дБ.

Реалізація фільтра з використанням ланок Саллена-Кі дозволяє мінімізувати апаратні витрати на проектування. Принципова схема фільтра була синтезована з використанням системи проектування електронних схем МісгоСАР [4] (рис. 3).

Симуляція роботи схеми активного фільтра за допомогою МісгоСАР-а дозволила побудувати його АЧХ, яка повністю відповідала поставленим вимогам.

Підсилювач до віброакустичного давача системи діагностування. Розроблення підсилювача було здійснене на основі низькошумливого спеціалізованого інструментального підсилювача INA163 [5] (фірми Burr-Brown/Texas Instruments, США). Коефіцієнт підсилення INA163 дискретно регулюється за допомогою резисторів, які підключаються паралельно до входів (Res1, Res2) у відповідності до заданого двійкового коду і визначають коефіцієнт передачі підсилювача.

Наявність дискретного регулювання дозволяє проводити вимірювання віброприскорення в абсолютних значеннях віброприскорення (м/сек<sup>2</sup>). Підключення резисторів, що визначають коефіцієнт передачі інструментального підсилювача, здійснюється за допомогою герконових реле РЭС-55А. Підключення реле реалізоване з використанням мікросхеми-набору транзисторних ключів типу ULN2003 [6], яка забезпечує підсилення управляючого сигналу за струмом та захист усіх електронних елементів схеми від ЕРС самоіндукції, яка виникає при вимиканні електромагнітних реле.

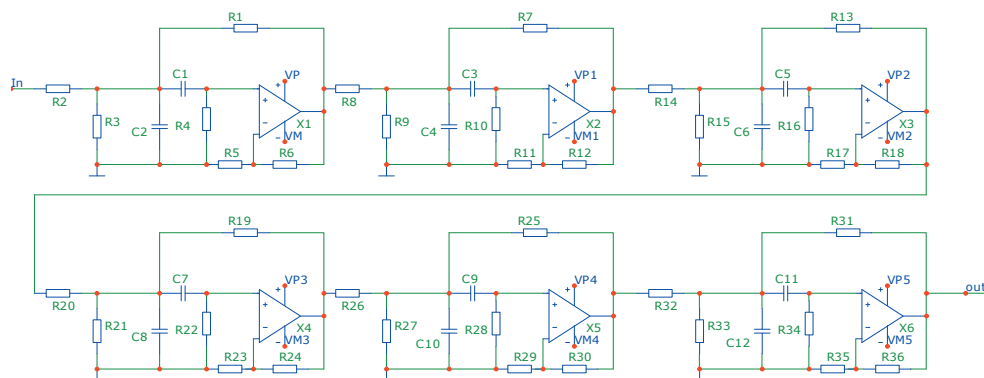


Рис. 3. Смугопрпускнуий фільтр. Схема електрична принципова

Вхід інструментального підсилювача INA163 захищений від можливої перенапруги за допомогою діодів VD1-VD4, які вмикаються в разі коли вхідна напруга внаслідок зовнішніх паразитних наведень перевищує значення  $\pm 15$  в, – напруги живлення інструментального підсилювача. Зміна коефіцієнта підсилення здійснюється дискретно, цифровим шляхом, за допомогою реверсивного лічильника KP1533IE7 (аналог 74HC193), що дозволяє поступово збільшувати і зменшувати підсилення схеми. Відображення поточного значення коефіцієнта підсилення здійснюється за допомогою дешифратора типу 54HC154 та 16 світлодіодів.

Розроблений підсилювач може працювати з вхідними розділювальними конденсаторами, які відфільтровують постійну складову сигналу, або без них – при цьому автоматичне регулювання постійного зміщення вихідного сигналу відбувається за допомогою інтегратора, виконаного на операційному підсилювачі ОРА134 та конденсаторів.

Живлення схеми двополярне  $\pm 15$  в, стабілізоване, виконане на трансформаторі ТПП-110 та двох лінійних стабілізаторах типу LM317[7], LM337[8]. Основне живлення використовується для роботи аналогових підсилювачів - мікросхем INA163 та ОРА134 [9] та електромагнітів управляючих реле РЭС-55А. Додаткова напруга живлення +5в використовується для роботи цифрових ТТЛ мікросхем (74HC193 та 54HC154) та світлодіодів індикації (HL2-HL17). Напруга +5в має окремий лінійний стабілізатор - мікросхему КРЕН5А( аналог LM7805) [10]. Окреме коло підвищеної напруги живлення виконане на додатковому трансформаторі ТПП-110, транзисторі VT1, та лінійному стабілізаторі напруги – мікросхемі LM317L. Таке коло дозволяє отримувати окрему фіксовану напругу в діапазоні від +24 до +45в. для живлення віброакустичного перетворювача, в разі, якщо він цього потребує. RC-кола вклучені в первинну обмотку трансформаторів живлення призначені для зменшення негативного впливу можливих перехідних процесів на лінії живлення.

Мікроконтролерна система діагностування з врахуванням розроблених функціоналіх блоків працює наступним чином: електричний сигнал від вібродавача підсилюється в окремому модулі підсилювача віброелектричних коливань, який фізично міститься в безпосередній близькості від вібродавача.

Підсилений сигнал через лінію зв'язку довжиною 10м надходить на вхід смугопрпусного фільтра (СПФ) мікроконтролерного модуля системи . Така схема дозволяє зменшити вплив наведених сторонніх електромагнітних завад на корисний сигнал.

СПФ виділяє з загального віброелектричного сигналу інформаційну смугу, яка і аналізується за допомогою мікроконтролера ATmega8515 [11], що працює на тактовій частоті 11,0592МГц, яка дозволяє узгоджувати швидкість передачі даних на всіх стандартних частотах СОМ-порта. Для перетворення до цифрового вигляду використовується 12-розрядне АЦП LTC1860 [12].

Мікросхема АЦП застосовується для побудови високошвидкісних систем збору даних, портативних вимірювальних інструментів, що можуть житись від автономних хімічних джерел живлення, тощо.

Програма мікроконтролера за розробленим алгоритмом діагностування підраховує питому кількість частинок, які створюють значні віброколивання та оцінює ступінь зношування поверхонь робочих органів млина. Мікроконтролер під'єднується до зовнішнього промислового контролера управління млином типу Simatic S7-400 фірми Siemens, за допомогою інтерфейса RS-232C [13].

Програмне забезпечення мікроконтролерної системи діагностування

Алгоритм функціонування програмного забезпечення системи діагностування вугільного млина наведений на рис. 4.

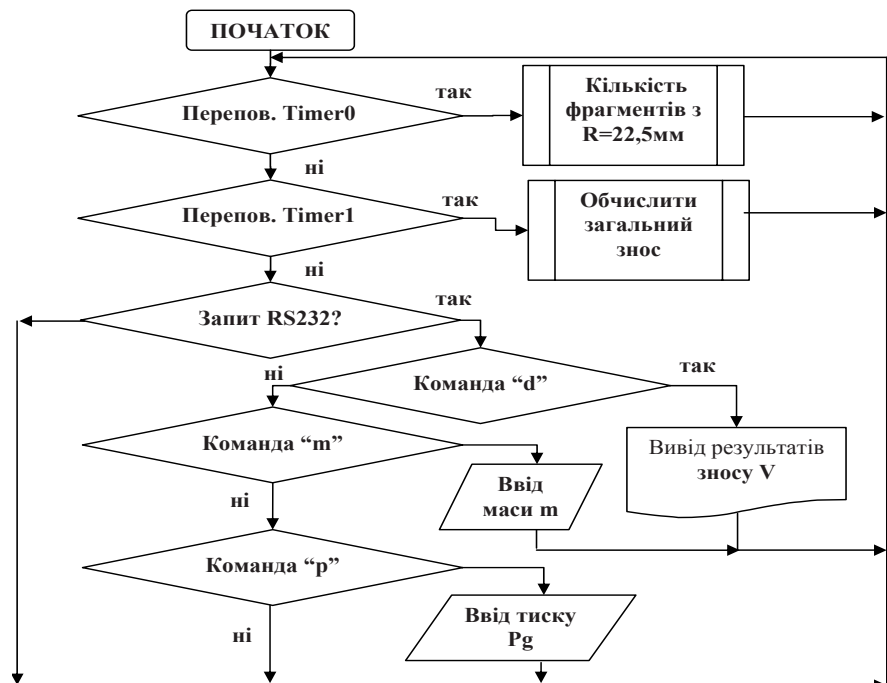


Рис. 4. Блок-схема програмного забезпечення мікроконтролерної системи діагностування

Робота алгоритму діагностування побудована на використанні системних таймерів мікроконтролера AtMega8515 [14], які задають часові інтервали, на основі яких здійснюється аналіз даних з АЦП, де визначається кількість фрагментів усередненого радіуса 22,5мм, та обчислюється загальний поточна величина зношування поверхонь робочих органів млина. Обмін даними із зовнішніми управляючими пристроями здійснюється за допомогою RS232C,

який у вигляді послідовного інтерфейсу реалізований в мікроконтролері з використанням системи переривань. Тому всі операції по вводу даних, необхідних для обчислень та виводу результатів розрахунків, здійснюються в підпрограмі обробки переривань послідовного інтерфейсу мікроконтролера AtMega8515.

При розробленні програмного забезпечення використані стандартні Сі-бібліотеки, та спеціалізовані AVR-бібліотеки, що входять до складу CodeVision [15,16]:

Перевірка роботи програмного забезпечення системи здійснена в системі ISIS Proteus.

---

### Висновки

---

Розроблена структурна схема мікроконтролерної системи діагностування, яка дозволяє реалізувати створений метод контролю технічного стану робочих

органів млина за його вібраційними характеристиками, та проведена розробка її окремих функціональних блоків:

- підсилювача віброакустичного сигналу на основі низькошумливого спеціалізованого інструментально-го підсилювача INA163, коефіцієнт підсилення якого дискретно регулюється, що дозволяє проводити вимірювання вібросигналу в абсолютних значеннях віброприскорення (м/сек<sup>2</sup>);

- аналогового фільтра, на основі визначеної інформативної частота віброакустичного сигналу та сформульованих вимог, реалізація якого проведена з використанням ланок Саллена-Кі, що дозволило мінімізувати апаратні витрати на проектування.

Розроблено алгоритм функціонування програмного забезпечення мікроконтролерної системи діагностування, робота якого побудована на використанні системних таймерів мікроконтролера AtMega8515 та здійснена перевірка роботи програмного забезпечення системи здійснена в системі ISIS Proteus.

---

### Література

1. Заміховський Л.М. Метод контролю технічного стану вертикального валкового млина AG MPS 180 ВК за його вібраційними характеристиками [Текст] /Заміховський Л.М., Скрипюк Р.Б., Ровінський В.А.// Нафтогазова енергетика. – 2010.-1(12).- С.138-142 Е.Р.
2. Д.Джонсон, Др.Джонсон, Г.Мур.. Справочник по активным фильтрам:/ пер.с англ.М.- Энергоатомиздат, 1983.-128с., с ил.
3. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. М.: Горячая линия-Телеком, 2007.- 464с.ил. ISBN 978-5- 93517-339-5.
4. 8-bit AVR Microcontroller with 8K bytes In-System Programmable Flash Atmega8515,Atmega8515L./www.atmel.com/dyn/resources/prod\_documents/doc2512.pdf.
5. INA163. Low-Noise, Low-Distortion instrumentation amplifier. //focus.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp.
6. ULN2003. High-voltage, high-current, darlington transistor arrays. // focus.ti.com/lit/ds/symlink/uln2003a.pdf
7. LM317. 3-Terminal 1.5A Positive Adjustable Regulator. // www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM317.pdf.
8. LM337. 3-Terminal 1.5A Negative Adjustable Regulator. // www.fairchildsemi.com/ds/LM%2FLM337.pdf.
9. OPA134, OPA2134, OPA4134. High Performance audio operational amplifiers. // focus.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?... opa134&fileType=pdf.
10. LM341/LM78MXX Series 3-Terminal Positive Voltage Regulators. // www.national.com/ds/LM/LM341.pdf.
11. 8-bit AVR Microcontroller with 8K bytes In-System Programmable Flash Atmega8515,Atmega8515L./ www.atmel.com/dyn/resources/prod\_documents/doc2512.pdf.
12. LTC1860/LTC1861 uPower,12bit, 250ksps 1-and 2-Channel ADCs in MSOP// cds.linear.com/docs/Datasheet/18601fa.pdf.
13. Кузьминов А.Ю. Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микроконтроллером. –М.: Радио и связь, 2004. -168 с.ил. ISBN 5-256-01715-2.
14. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR. Вводной курс./пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006.-272с.: ил. ISBN 5-94120-096 Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров/.
15. Сост. Ю.А. Шпак – К.:«МК-Пресс», 2006.- 400с.,ил. ISBN 966-8806-16-6.
16. Лебедев М.Б. CodeVisionAVR. Пособие для начинающих.-М.: Додэка-XXI, 2008.- 592 с.: ил. ISBN 978-5-94120-192-1.