УДК 681.542.35

В.О. Кондратець, проф., канд. техн. наук, А.М. Мацуй, асп.
Кіровоградський національний технічний університет

Обґрунтування параметрів і структури блока ідентифікації співвідношення тверде/рідке по тиску пульпи

У статті приведені параметри і структура інформаційного блока комп'ютеризованої системи ідентифікації співвідношення тверде/рідке по показанням двох перетворювачів тиску, встановлених у донній частині приймального пристрою завиткового живильника з невеликим перепадом висоти. Обґрунтовано підхід розв'язання даної задачі в організаційно-технічному об'єкті, розглянуті проміжні алгоритми і алгоритми визначення співвідношення тверде/рідке та осереднення параметра.
інформаційний блок, ідентифікація, співвідношення тверде/рідке, алгоритми, основний, додатковий перетворювач, випадковий процес

Найбільш енерговитратним процесом у збагачувальній галузі, яка дедалі отримує найбільш широке розповсюдження, є подрібнення руди. Розповсюджені на Україні міцні залізні руди в перших стадіях подрібнюють з використанням схеми, де кульовий млин працює в замкнутому циклі з двоспіральним класифікатором, з першої спіралі якого надходить мокре вихідне живлення. Такі умови роботи даного організаційно-технічного об'єкта, що несе в циклі основне навантаження, не дозволяють підтримувати в ньому необхідне розрідження пульпи (співвідношення рідке/тверде), яке в значній мірі визначає ефективність роботи куль і транспортуючі можливості рідкого матеріалу. У даній технологічній точці найкращі умови роботи організаційно-технічного об'єкта забезпечуються при вмісті твердого в пульпі 80…82%. Невитримування такого розрідження приводить до перевитрати електричної енергії, куль, футерівки та знижує продуктивність технологічного агрегату по готовому продукту. Це не відповідає вимогам законодавства України про ресурсозберігаючі технології в енергетиці та промисловості. Оскільки стаття спрямована на розв'язання вказаної технічної задачі, її тема є актуальною. Крім того, матеріали, що висвітлюються в даній статті, спрямовані на виконання науково-дослідної роботи "Система комп'ютерної ідентифікації співвідношення тверде/рідке при подрібненні пісків класифікатора" (державний реєстраційний номер 0107U005470), яка є частиною розв'язання даної проблеми.

Задачу автоматичної стабілізації заданого розрідження пульпи в кульових млинах з циркулюючим навантаженням в різні роки розв'язує ряд науковців, однак розроблені засоби для згаданого циклу подрібнення не підходять. Для кульових млинів, що подрібнюють піски класифікаторів, запропоновано лише один пристрій [1], який забезпечує ефективну стабілізацію розрідження пульпи, однак він відрізняється можливістю забивання каналу витратоміра піскового потоку сторонніми включеннями. Тривалий час інші засоби не розроблялися. Авторами даної статті запропоновано підхід [2] ідентифікації розрідження пульпи в приймальному пристрої завиткового живильника по тиску, що вимірюється двома пневматичними трубками і дозволяє обійти згадану трудність. Однак цю задачу в таких технологічних умовах ніхто не розв'язував.

Метою даної роботи є обґрунтування параметрів і структури блока ідентифікації співвідношення тверде/рідке по тиску пульпи в двох пневматичних трубках.

Блок ідентифікації співвідношення тверде/рідке здійснює автоматичне визначення

© В.О. Кондратець, А.М. Мацуй, 2010

даного параметра в організаційно-технічному об'єкті з можливістю наступного автоматичного регулювання заданим його значенням. Ідентифікація співвідношення тверде/рідке виконується в приймальному пристрої завиткового живильника, де пульпа здійснює складні коливальні рухи, які являють собою випадковий процес. Інформаційними засобами виступають дві пневматичні трубки – відкриті гідростатичні перетворювачі, встановлені в донній частині з невеликим перепадом висоти. Нижній перетворювач є основним, а зміщений по вертикалі – додатковим.

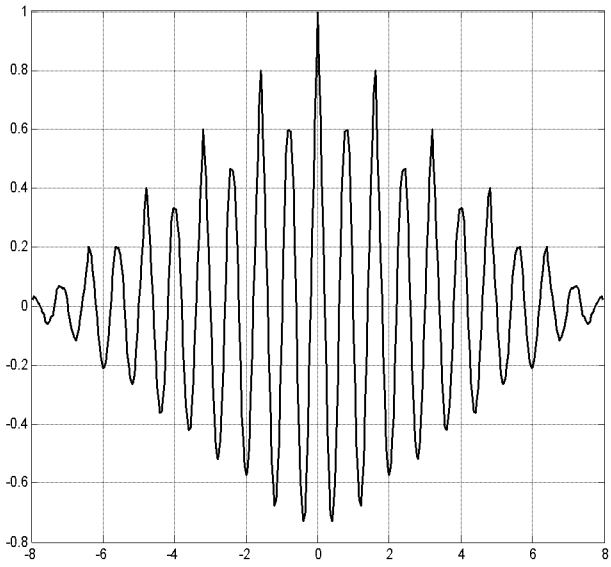
При визначенні співвідношення тверде/рідке вимірювання тиску у відкритих гідростатичних перетворювачах найкраще здійснювати при незмінних їх показаннях. Це гарантує найвищу точність визначення параметра та відсутність перехідного процесу як по каналу рівня, так і по каналу густини пульпи, що виступає фактором незмінності процесу, який ідентифікується. Визначення моменту знімання сигналів з перетворювачів тиску можливо здійснити кількома підходами. Концепція загального підходу до розв'язання цієї задачі розглянута в [3].

Одним з найбільш простих підходів вимірювання тиску в перетворювачах є фіксування їх вихідних величин безпосередньо перед входженням захватного органу завиткового живильника в пульпу, оскільки час заспокоєння рідкої суміші при цьому є найбільш тривалим. Тут необхідно здійснити керування процесом в часі. Такий процес потребує наявності точки відмітки часу в кожному циклі захоплення матеріалу з приймального пристрою завиткового живильника. Керування в часі дозволяє здійснити незмінна швидкість обертання захватного органу завиткового живильника. За точку відліку найбільш зручно прийняти горизонтальне положення захватного органу. Воно може бути зафіксованим, наприклад за допомогою безконтактного індуктивного вимикача ВБДР-1 або пристрою аналогічного призначення, розробленого спеціально для умов гірничої промисловості [4], який необхідно встановлювати в кожусі завиткового живильника. При проходженні змінного козирка захватного органу через поле вимикача він формує імпульс, який проявляється в замиканні або розмиканні контактів виконавчого реле. При цьому замикаючі контакти роз'єднуються, а розмикаючі – з'єднуються. По даній команді розпочинається відлік часу до моменту початку зняття інформації з перетворювачів тиску і відлік тривалості зняття значень тиску пульпи у перетворювачах. Як показав аналіз та експериментальна перевірка, хвильовий процес у завитковому живильнику в режимі вільних коливань після виходу захватного органу з пульпи не заспокоюється настільки, щоб можливо було визначити співвідношення тверде/рідке з великою точністю, особливо при невеликій і близькій до неї витраті пісків.

Характер створення і затухання хвильового процесу в приймальному пристрої завиткового живильника та надходження хвильового потоку вихідного матеріалу з піскового жолоба дозволяють допустити існування періодичного процесу коливань, параметри якого можливо використати при отриманні надійної інформації про процес з перетворювачів тиску. Такий процес, якщо він існує, може виявити кореляційна функція при умові великих значень тимчасового інтервалу τ і відсутності затухання. На рис.1 приведені нормовані кореляційні функції випадкового процесу зміни рівня пульпи в центральній частині приймального пристрою завиткового живильника при різних усталених значеннях рівня рідкої суміші, отримані по експериментальним реалізаціям значної протяжності відповідно програмі MATLAB. З графіків кореляційних функцій видно (рис.1), що вони мають складні окреслення, які змінюються з усталеним значенням рівня пульпи. Однак в усіх випадках характер зміни є затухаючим, що приходить до нуля. Отже, кореляційні функції випадкових процесів зміни рівня пульпи в приймальному пристрої завиткового живильника в часі не мають періодичної складової. Сам конкретний випадковий процес її також не має і цю властивість випадкових процесів використати для отримання інформації про параметри

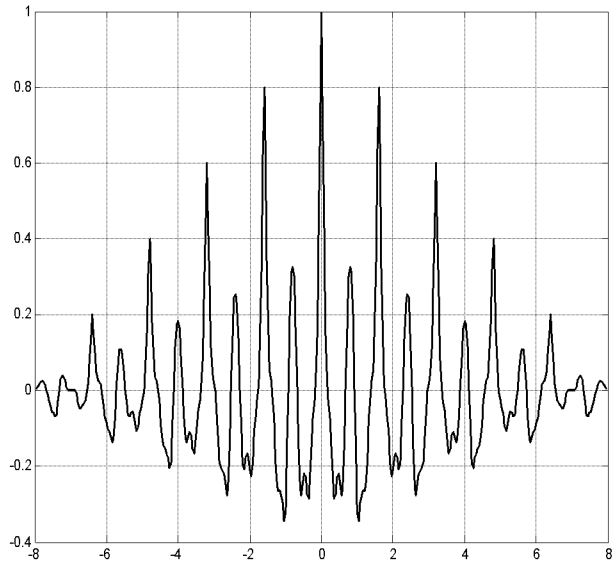
пульпи на основі показань перетворювачів тиску не можливо.

Тому розв'язати дану задачу можливо лише пошуком ділянки випадкового процесу з незмінними показаннями основного перетворювача в реалізації випадкового процесу, яка за тривалістю дорівнює половині оберту завиткового живильника. Її можна розв'язати кількома



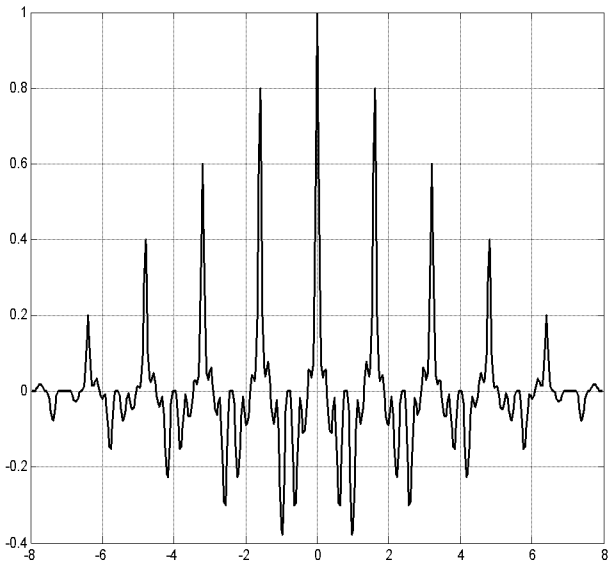
тимчасовий інтервал τ, с

а



тимчасовий інтервал τ, с

б



тимчасовий інтервал τ, с

в

а – при усталеному значенні рівня пульпи 340 мм; б – при усталеному значенні рівня пульпи 420 мм; в – при усталеному значенні рівня пульпи 500 мм

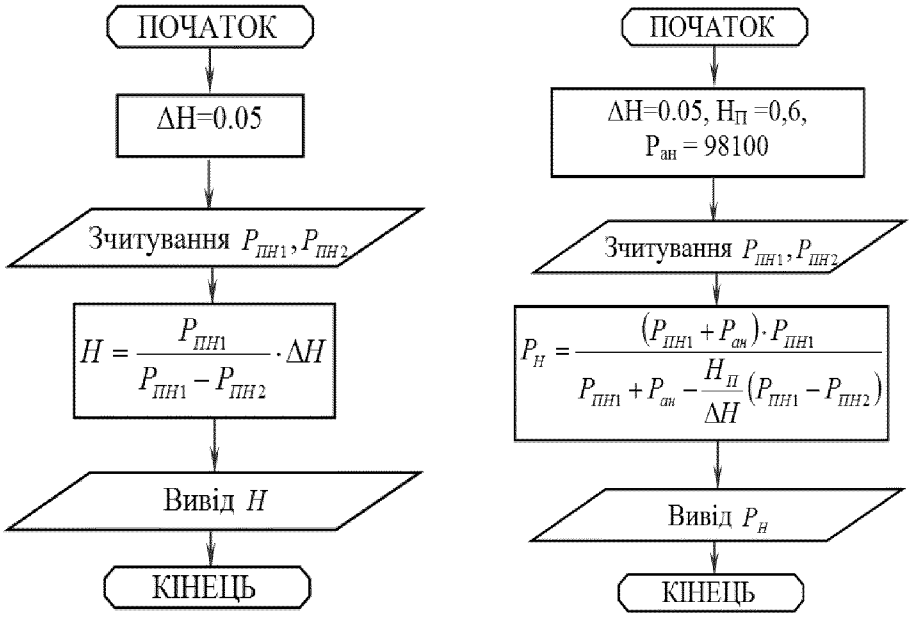
Рисунок 1 - Нормовані кореляційні функції випадкового процесу зміни рівня пульпи у центральній частині приймального пристрою завиткового живильника

підходами. Аналіз підходів показав, що найбільш раціональним є наступний. У запам'ятовуючий пристрій заносимо через 0,04 с сигнали основного і додаткового перетворювачів впродовж 1,56 с. Наступні сигнали заносимо в інші чарунки. Після обробки першого масиву дискретних сигналів результат заносимо в запам'ятовуючий пристрій, а інформацію стираємо, звільнивши чарунки для чергового масиву поточної інформації. Перший масив дискретних даних основного перетворювача у кількості 40 точок починає оброблятися. Перший рівень сигналу порівнюється з другим, якщо їх різниця не перевищує

± 3%, ці значення запам'ятовуються. Якщо різниця третього з двома попередніми не перевищує ± 3%, його також запам'ятовують. Цей процес продовжуємо до п'яти точок підряд. Він може закінчитися після п'ятої точки або раніше, якщо відхилення перевищувало ± 3%. Менше трьох однакових значень запам'ятовувати не передбачено. Якщо ділянка випадкового процесу з однаковими показаннями основного перетворювача виявлена, то середнє значення сигналу заноситься в пам'ять. Одночасно в пам'ять заносяться відповідно значення додаткового перетворювача, а потім їх середнє значення. Після цього оброблена інформація стирається і на її місце заносяться 40 точок наступного циклу. Так процес виявлення ділянки з незмінними значеннями сигналу основного перетворювача продовжується в кожній реалізації тривалістю 1,56 с.

Далі по середнім значенням сигналів основного перетворювача $P_{ПН1}$ та додаткового перетворювача $P_{ПН2}$ визначають рівень пульпи. Алгоритмічна схема визначення рівня пульпи приведена на рис.2,а. Знайдене значення рівня пульпи запам'ятовують.

Потім по середнім значенням сигналів перетворювачів $P_{ПН1}$ і $P_{ПН2}$ знаходять



а – рівня; б - тиску

Рисунок 2 – Алгоритмічні схеми визначення рівня та наднормального тиску пульпи

значення наднормального тиску, який створює пульпа в контрольованій точці приймального пристрою завиткового живильника в момент часу, що розглядається. Алгоритмічна схема визначення наднормального тиску пульпи показана на рис.2,б. Знайдене значення тиску пульпи також запам'ятовується.

По знайденим рівню пульпи і її наднормальному тиску відповідно алгоритмічній схемі, зображеній на рис.3, знаходять співвідношення тверде/рідке $K_{Р/В}$ у приймальному пристрої завиткового живильника. Значення співвідношення тверде/рідке $K_{Р/В}$ запам'ятовують. Далі цикли визначення цього технологічного параметра повторюються кожні 1,56 с.

Визначені значення $K_{P/B}$ в ряді послідовних циклів 1,56 с не мають однакових значень, оскільки формування умов вимірювання і незмінності показань перетворювачів носять випадковий характер. На цей процес в певній мірі впливають зміна крупності піскового продукту, його кількості, умов перемішування в пісковому жолобі та приймальному пристрої завиткового живильника. Тому визначений параметр $K_{P/B}$ необхідно осереднювати по ряду послідовно розташованих значень. Алгоритмічна схема осереднення значень співвідношення тверде/рідке у приймальному пристрої завиткового живильника по визначеній кількості точок показана на рис.4. Цей осереднений показник заносять у спеціально відведені чарунки пам'яті і використовують при управлінні технологічним процесом.

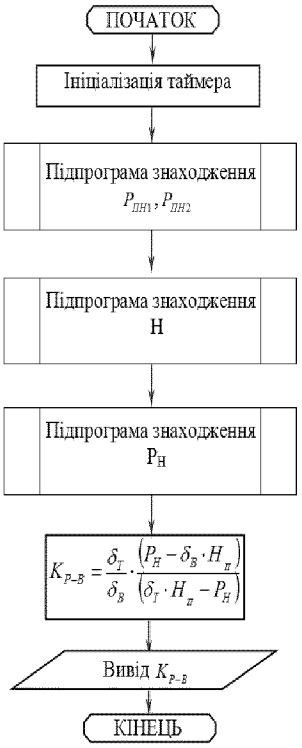


Рисунок 3 – Алгоритмічна схема знаходження $K_{P/B}$

Результати автоматичного керування процесом стабілізації співвідношення тверде/рідке в значній мірі залежать від тривалості осереднення сигналу $K_{P/B}$. З одного боку, чим більша тривалість осереднення по значній кількості точок $K_{P/B}$, тим точніше визначається істинне значення параметра, що підвищує точність керування та позбавляє систему від шкідливих перехідних процесів в наслідок випадкових змін співвідношення тверде/рідке. З іншого боку, чим триваліше осереднення, тим більше запізнювання виникає в системі керування, що погіршує її показники. Тому найкращі результати автоматичного керування процесом можливо отримати при оптимізації тривалості осереднення в конкретних умовах роботи. Якщо співвідношення тверде/рідке практично не змінюється, то осереднювати сигнал можливо і доцільно за кілька точок дві-три, порівнюючи його з попереднім результатом. У випадку значних коливань $K_{P/B}$ необхідно знаходити компромісне значення параметра.

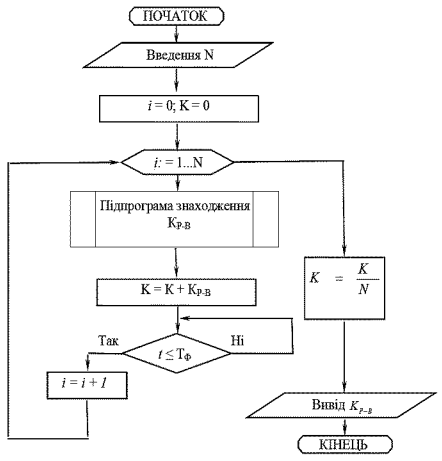


Рисунок 4 – Алгоритмічна схема осереднення значень співвідношення тверде/рідке по визначеній кількості точок

Точність автоматичного регулювання співвідношення тверде/рідке залежить і від похибки знаходження регульованого параметра - $K_{P/B}$. Вона, крім того, в значній мірі визначається розрядністю аналого-цифрового перетворення. Аналіз показав, що 12-розрядні АЦП не створюють відчутних помилок при визначенні співвідношення тверде/рідке.

Описані алгоритми можливо реалізувати мікропроцесорними засобами. При їх виборі необхідно враховувати швидкодію, оскільки за достатньо короткий відрізок часу необхідно реалізувати ряд алгоритмів, які відрізняються достатньою складністю, а також розрядність, що визначає точність отримання технологічного параметра. Крім того, при обґрунтуванні мікропроцесорних засобів слід враховувати розрядність аналого-цифрових перетворювачів, особливо, якщо вони є складовою частиною мікроконтролера. Цим вимогам відповідає мікроконтролер типу MSP430F1611PM. Він відрізняється невеликою споживаною потужністю в активному режимі – 280 мкА (1 МГц, 2,2 В), має 16 – розрядну RISC – архітектуру, 12 – розрядний АЦП з вбудованим джерелом опорної напруги, пристроєм вибору зберігання та функцією автоматичного перетворення, здвоєний синхронний 12 –

розрядний ЦАП, 16 – розрядний таймер з трьома регістрами захоплення фронтів порівняння та 16 – розрядний таймер з трьома або семи регістрами захоплення фронтів порівняння з мертвою зоною. Крім того, він забезпечений вбудованим компаратором, послідовним комунікаційним інтерфейсом (USART1), що працює в режимі асинхронного UART або синхронного SPI або I2C, супервізором напруги живлення з програмованим порогом, броунівським детектором, вбудованим послідовним внутрішньосхемним програматором, вбудованим завантажувачем, 48 кбайтами + 256 байтами флеш – пам'яті та 10 кбайтами ОЗП.

Експериментальна перевірка розроблених алгоритмів на прийнятих технічних засобах підтвердила можливість визначення вказаних технологічних параметрів з точністю, яку вимагає даний організаційно-технічний об'єкт.

На підставі проведених досліджень відкривається перспектива розробки блока ідентифікації співвідношення тверде/рідке в приймальних пристроях завиткових живильників, що дозволить здійснювати автоматичне регулювання заданими значеннями розрідження пульпи з забезпеченням економії електричної енергії та матеріальних ресурсів з одночасним підвищенням продуктивності організаційно-технічного об'єкта по готовому продукту.

Список літератури

1. А.с. 388790 СССР, МКИ В 03 b 11/00. Устройство для автоматического контроля загрузки и стабилизации разжижения пульпы в мельнице / Ф.Н. Дегтярев, А.А. Мерзляков, В.А. Кондратец, В.И. Новохатько, Н.И. Кучма, Т.И. Гуленко (СССР). – №1420849/29-33; заявл. 30.03.70; опубл. 05.07.73, Бюл. № 29.
2. Пат. 7741 Україна. МКВ 7 В 03 b 11/00. Спосіб автоматичного контролю розрідження пульпи в млинах, що подрібнюють піски механічних класифікаторів / В.О. Кондратець, А.М. Мацуй; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет.- №20041007979; заявл. 01.10.04; опубл. 15.07.05, Бюл. №7.
3. Мацуй А.М. Алгоритм обробки складних сигналів при ідентифікації розрідження пульпи у завитковому живильнику / А.М. Мацуй, В.О. Кондратець // Материалы XIII Международного молодежного форума. Часть 2. ["Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке"], (Харьков, 30 марта-1 апреля 2009г.) / М-во образования и науки Украины, Харьковский нац. ун-т радиоэлектроники.- Харьков, 2009.- С.347.
4. Технические средства автоматики в горной промышленности / [Волотковский С.А., Полтава Л.И., Бунько В.А., Подольский В.А.].- М.: Госнаучтехиздат лит. по горному делу, 1962.- 332с.

В. Кондратец, А. Мацуй

Обоснование параметров и структуры блока идентификации соотношения твердое / жидкое по давлению пульпы

В статье приведены параметры и структура информационного блока компьютеризованной системы идентификации соотношения твердое/жидкое по показаниям двух преобразователей давления, установленных в донной части приемного устройства питателя с небольшим перепадом по высоте. Обосновано подход решения данной задачи в организационно-техническом объекте, рассмотрены промежуточные алгоритмы и алгоритмы определения соотношения твердое/жидкое и усреднение параметра.

V. Kondratec, A. Macuy

The ground of parameters and structure of block of authentication of correlation is hard / liquid on pressure of pulp

In the article parameters and structure of informative block of the computer-assisted system of authentication of correlation are resulted hard/liquid on the testimonies of two sensators, set in the ground part of takers-off of feeder with a small overfall on a height. Approach of decision of this task is grounded in an organizationally-technical object, intermediate algorithms and algorithms of determination of correlation are considered hard/liquid and finding of middle parameter.

Одержано 22.01.10