

2. Носуленко В. И., Мещеряков Г. Н. Размерная обработка металлов электрической дугой // Электронная обработка материалов. – 1981. – № 1. – С. 19-23.
3. Боков В. М. Розмірне формо-утворення поверхонь електричною дугою. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2002. – 300 с.
4. Боков В. М. Принцип розмірного формоутворення електричною дугою кінцевих поверхонь // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип.. 32. – Кіровоград: КДТУ, 2002. – С. 99-105.
5. Боков В. М. Фізичний процес електроерозії при розмірній обробці дугою // Вісник Інженерної академії України. Вип. 2. – Київ: ТОВ «Поліпром», 2002. – С. 22-29.
6. Хренов К. К. Сварка, резка и пайка металлов. – М.: Машиностроение, 1973. – 408 с.
7. Лесков Г. И. Электрическая сварочная дуга. – М.: Машиностроение, 1970. – 335 с.
8. Electro-physical Processes in Electric Pulse Metal Cutting from the View of Efficiency and Electrode Wear / G. N. Meshcheriakov. – Process and Metal Transfer of the CIRP Vol 18, 1970, p. 491-499.

В. Боков, М. Попова

Физический механизм формирования электрической дугой шероховатости боковой поверхности

Исследован и описан физический механизм формирования электрической дугой шероховатости боковой поверхности электрода-заготовки в условиях варьирования угла наклона образующей боковой поверхности электрода-инструмента.

V. Bokov, M. Popova

Physical mechanism of lateral surface roughness forming by means of electric arc

Physical mechanism of lateral surface roughness forming of electrode-billet in the conditions of inclination variation of lateral surface generatrix of electrode-instrument is studied and described.

Одержано 11.02.11

УДК 681.542.35

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

Ідентифікація співвідношення руда/вода в приймальному пристрої завиткового живильника як регульованому об'єкті

У статті приведені конструкція блока перетворювачів тиску пульпи та функціональна схема інформаційного блока розробленого засобу ідентифікації співвідношення руда/вода в приймальному пристрої завиткового живильника. Наведені конструктивні дані, складові апаратури, параметри фільтрування сигналів.

ідентифікація, співвідношення руда/вода, блок перетворювачів тиску, інформаційний блок, наднормальний тиск

У збагачувальній галузі найбільш енерговитратним процесом виступає подрібнення руди. В Україні, зокрема, розповсюджені цикли подрібнення руди крупністю 0-25 мм з переробкою пісків двоспирального класифікатора у кульових млинах, які несуть основне навантаження. Відсутність засобів ідентифікації співвідношення руда/вода в даному циклі подрібнення приводить до значного

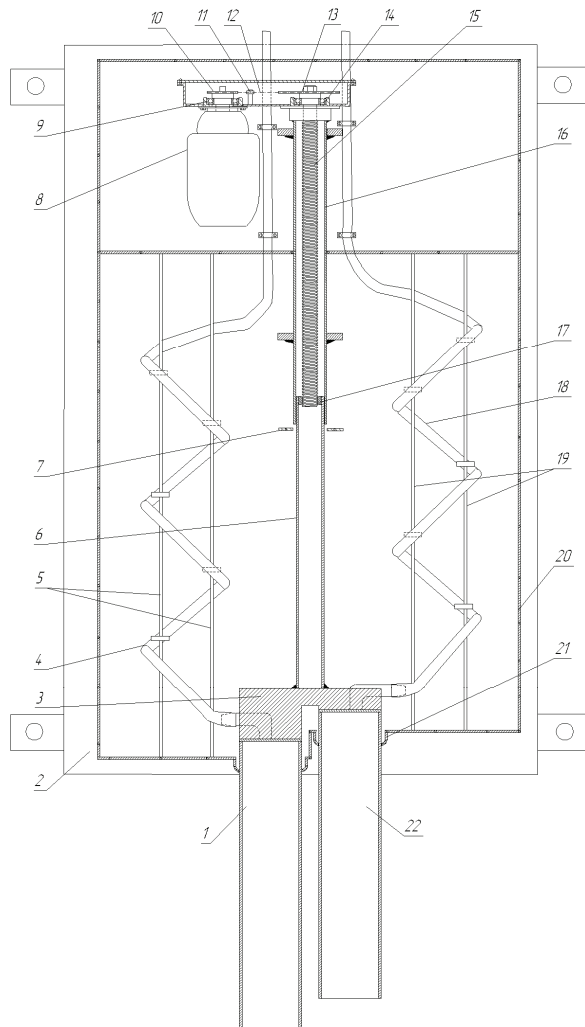
перевитрачання електричної енергії, куль і футерівки, що не відповідає вимогам законодавства України про ресурсозберігаючі технології в енергетиці та промисловості. Враховуючи, що дана стаття спрямована на розв'язання задачі ресурсозбереження в металургійній галузі, її тема є актуальною. Матеріали даної публікації отримані в результаті виконання науково-дослідної роботи “Система комп'ютерної ідентифікації співвідношення тверде/рідке при подрібненні пісків класифікатора” (державний реєстраційний номер 0107U005470).

Задачу автоматичної стабілізації розрідження пульпи здебільшого розв'язували в різні роки стосовно кульових млинів першої стадії подрібнення, однак такі засоби для даного циклу не підходять. Для даних умов запропоновано лише один засіб [1]. Він забезпечує розв'язання даної задачі, однак відрізняється можливістю забивання каналу витратоміра піскового потоку сторонніми включеннями, які мають місце у вітчизняних технологічних процесах. Інші технічні засоби цього призначення тривалий час не розроблялися. Авторами даної публікації запропоновано підхід ідентифікації розрідження пульпи в приймальному пристрої завиткового живильника за рівнем і тиском рідкої суміші [2]. Однак дані задачі в цих технологічних умовах ніхто не розв'язував.

Метою даної роботи є обґрунтування конструкції і розробка засобу ідентифікації співвідношення тверде/рідке в приймальному пристрої завиткового живильника за рівнем і тиском пульпи в ньому.

Засіб ідентифікації співвідношення руда/вода в приймальному пристрої завиткового живильника включає блок перетворювачів тиску пульпи та інформаційний блок. В блоці перетворювачів тиску пульпи ведучою ланкою виступають безпосередньо перетворювачі тиску пульпи у тиск повітря, які являють собою відкриті знизу, а зверху зв'язані з перетворювачами тиску в іншу фізичну величину, вертикально встановлені циліндричні патрубки висотою 600 мм. Тиск повітря в циліндричних патрубках необхідно перетворити в іншу величину, зручну для ідентифікації рівня і тиску пульпи в приймальному пристрої завиткового живильника. Для цього використовують ряд технічних засобів. Аналіз цих засобів показав, що для вимірювання даного параметра слід застосовувати перетворювач вимірювальний наднормального тиску САПФІР-22М-ДИ2120 з діапазоном вимірювання 0-10 кПа. Він має межі допустимої основної приведенної похибки $\pm 0,5\%$ і граничний допустимий робочий наднормальний тиск 75 кПа. Робочим середовищем для нього є повітря. Пристрій призначений для неперервного вимірювання і перетворення наднормального тиску газоподібних і рідких, що не кристалізуються середовищ, неагресивних до матеріалу вимірювальної камери, в уніфікований сигнал постійного струму 0...5 мА або 0-20 мА. Матеріал, що контактує з вимірюваним середовищем, - титан ВТ9 і сплав 12Х18Н10Т.

Перетворювач і тензометричний вимірювач тиску є безінерційними динамічними ланками [3]. Обґрунтування параметрів пневматичних трубок блока перетворювачів тиску пульпи з залученням літературних джерел [4, 5] показало, що вимірювальний канал тиску пульпи, включаючи патрубок, імпульсну трубку та тензометричний перетворювач і тензометричний вимірювач тиску є безінерційними динамічними ланками [3]. Обґрунтування параметрів пневматичних трубок блока перетворювачів тиску пульпи з залученням літературних джерел [4, 5] показало, що вимірювальний канал тиску пульпи, включаючи патрубок, імпульсну трубку та тензометричний перетворювач, являє собою підсилювальну динамічну ланку, яка не вносить викривлень в результат ідентифікації в наслідок впливу ємнісного та чистого запізнювання. Зміна температури навколишнього середовища в межах $+5^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$ практично не впливає на стан акустичної системи. При цьому пневматична трубка має довжину 3 м, а внутрішній діаметр – 18 мм.



- 1 - основний перетворювач; 2 - основа блока перетворювачів; 3 - проміжний елемент; 4 - імпульсна трубка основного перетворювача; 5 - напрямна спіралі імпульсної трубки основного перетворювача; 6 - шток перетворювачів; 7 - напрямна штока перетворювачів; 8 - виконавчий механізм; 9 - вузол ведучої зірочки ланцюгової передачі; 10 - ведуча зірочка; 11 - натяжний пристрій ланцюга; 12 - ланцюг; 13 - ведома зірочка; 14 - вузол ведомої зірочки; 15 - ходовий вал; 16 - кожух штока перетворювачів; 17 - гайка штока перетворювачів; 18 - імпульсна трубка додаткового перетворювача; 19 - напрямна спіралі імпульсної трубки додаткового перетворювача; 20 - стінка блока перетворювачів; 21 - напрямна перетворювачів; 22 - додатковий перетворювач

Рисунок 1 - Конструкція блока перетворювачів тиску пульпи в приймальному пристрої завиткового живильника

Проведені дослідження дозволили розробити конструкцію блока перетворювачів тиску пульпи в приймальному пристрої завиткового живильника. Блок перетворювачів тиску пульпи показано на рис.1.

Блок перетворювачів тиску пульпи потребує автоматичного керування, оскільки відкриті знизу патрубкі періодично необхідно з'єднувати на певний час з атмосферою (60 с) і тривалий час (2 години) витримувати у вихідному стані, що відповідає вимірюванню технологічних параметрів. Стан перетворювачів у блоці змінює автоматично керований електричний двигун виконавчого механізму. Автоматичне управління електричними двигунами здійснюють у функції шляху, у функції часу і у функції швидкості. Аналіз показує, що блок перетворювачів тиску пульпи потребує комбінованого керування – у функції часу і функції шляху. Такі системи керування містять кінцеві вимикачі, що фіксують граничні положення механізму. Враховуючи особливості блока перетворювачів тиску пульпи були розроблені спеціальні конструкції кінцевих вимикачів та система управління.

Інформаційний блок (рис.2) має чотири входи і два виходи. Один вихід забезпечується двома входами, а інший усіма чотирма. Тому кожна вихідна інформація забезпечується практично окремими каналами. Дві величини $P_{ПН1}$ і $P_{ПН2}$ є випадковими

функціями часу, густина руди $\delta\rho$ – стала, що може приймати різні значення, P_a – атмосферний тиск, що повільно змінюється. Реалізація математичних виразів для визначення рівня і тиску пульпи передбачає нелінійність цих каналів. Оскільки в таких каналах умова стаціонарності не виконується, їх описати з певним наближенням як нелінійні системи немає можливості. Проблемним тут є і забезпечення мінімуму середньої квадратичної помилки вихідного сигналу. Ці задачі відпрацьовані в теорії лінійних систем автоматичного регулювання, які знаходяться під впливом випадкових процесів, та в інформаційній техніці при кількох випадкових процесах на вході [6].

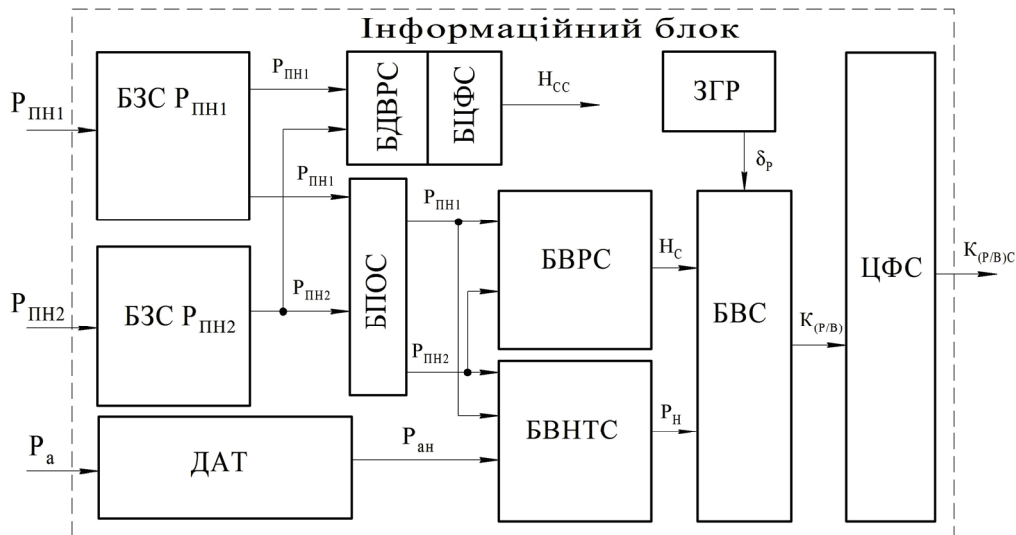


Рисунок 2 – Функціональна схема інформаційного блока засобу ідентифікації співвідношення руда/вода в приймальному пристрої завиткового живильника

У даному випадку забезпечити мінімум середньої квадратичної помилки вихідних сигналів не можливо як у наслідок нелінійності, так і зважаючи на неможливість змінювати структуру і параметри каналів, які реалізують отримані аналітичні залежності визначення вихідних величин. Зважаючи на це, єдиним підходом забезпечення необхідної точності визначення інформації є вплив на характеристики випадкових процесів – фільтрація випадкових сигналів перед їх обробкою та пошук ділянок випадкових процесів, на яких гарантовано забезпечується точне визначення шуканої величини.

Відомо, що під фільтрацією розуміють будь-яке перетворення сигналів з метою зміни співвідношення між їх компонентами. Більш обґрунтованими і розповсюдженими є методи лінійної фільтрації. Для оцінки якості фільтрації введено кілька критеріїв. Оскільки цифрові фільтри володіють рядом переваг і ефективно працюють до сотень кілогерц, доцільно обрати для фільтрації сигналів цифрові фільтри, а в якості алгоритму фільтрації – розрахунок поточного середнього значення параметра на певному відрізку часу [7].

Цифрові фільтри випадкові процеси на їх входах переводять у невідповідні функції часу, тому система автоматичного регулювання буде знаходитись під впливом невідповідних сигналів, які можуть ступінчасто змінюватися. Реалізація прийнятого алгоритму фільтрації передбачає визначення оптимального часового інтервалу згладжування сигналів. У даному випадку оптимальне значення інтервалу згладжування сигналів витікає з фізичного змісту задачі. Цикл зміни рівня пульпи відбувається за половину оберту кульового млина, тобто 1,56 с. Однак хвильові процеси дещо можуть відрізнятися між собою в наслідок різної форми козирків захватних елементів, різних фаз стану пульпи в момент входження захватного елемента. Тому час інтегрування можливо взяти і більшим – 1,56 с; 3,12 с; 4,68 с; 6,24 с і т.д.

Випадкові функції часу $P_{ПН1}$ і $P_{ПН2}$ – це практично однакові сигнали, які лише незначно різняться амплітудою і мають у своєму складі найбільш високочастотну складову з періодом 0,3 с або частотою $f_B = 3,3$ Гц [8]. Знання верхнього значення частоти випадкового сигналу дозволяє встановити інтервал Δt змінання значень з неперервного процесу. Цей інтервал для похибки, що не перевищує 2%, дорівнює [9]

$$\Delta t \leq \frac{1}{2f_B},$$

де f_B – верхня частота складової випадкового процесу.

З врахуванням $f_B = 3,3$ Гц цей інтервал повинен складати $\Delta t \leq 0,152$ с. Прийmemo його в чотири рази меншим, тобто $\Delta t = 0,04$ с, підвищивши точність отримуваної інформації.

У зв'язку з викладеним інформаційний блок (рис.2) буде містити блоки запам'ятовування сигналів БЗС $P_{ПН1}$ і БЗС $P_{ПН2}$, в які заноситься по чергово поточна інформація з вторинних перетворювачів тиску через 0,04 с за кожний цикл 1,56 с. Кожна пара цих значень з даних блоків використовується БДВРС (блоком дискретного визначення рівня середовища) для визначення поточного значення рівня пульпи. Отримані результати піддаються цифровій фільтрації блоком цифрової фільтрації сигналу (БЦФС), на виході якого отримують середнє значення рівня середовища H_{CC} .

Однак алгоритм фільтрації сигналу рівня середовища не виявляється найкращим для визначення співвідношення руда/вода та його складових – рівня й тиску пульпи у приймальному пристрої. В динамічних умовах може бути певне неспівпадіння між рівнем і тиском пульпи у приймальному пристрої завиткового живильника. Таке неспівпадіння може бути ще більшим в осереднених сигналах рівня і тиску пульпи, тому запобігаючи виникненню додаткової помилки, доцільно застосувати інший алгоритм цифрової фільтрації – пошук ділянок незмінного значення рівня пульпи в реалізаціях випадкового процесу [10]. Цю задачу реалізує блок попередньої обробки сигналів БПОС. Незмінні пари значень $P_{ПН1}$ і $P_{ПН2}$ поряд з поточним значенням атмосферного тиску використовують для знаходження відповідних незмінних значень рівня H_C і наднормального тиску P_H середовища блоками БВРС і БВНТС, по яким з залученням густини руди δ_r розраховують блоком визначення співвідношення БВС незмінне співвідношення руда/вода. Отримані результати в процесі цифрового фільтрування ЦФС формують осереднене значення співвідношення руда/вода.

Оскільки блок перетворювачів тиску пульпи може змінювати своє положення, його стан і робота інформаційного блока повинні бути узгодженими. Знімання інформації з перетворювачів тиску пульпи можливо здійснювати лише в стані знаходження їх у нижньому робочому положенні.

Таким чином, засіб ідентифікації співвідношення руда/вода в приймальному пристрої завиткового живильника повинен включати розроблений блок перетворювачів тиску пульпи та інформаційний блок з запропонованою функціональною схемою. Оскільки блок перетворювачів повинен періодично виводитись з пульпи, його необхідно забезпечити відповідними технічними засобами.

На підставі проведених досліджень відкривається перспектива розробки блока ідентифікації співвідношення руда/вода в приймальному пристрої завиткового живильника та технічних засобів автоматичного управління роботою блока перетворювачів тиску пульпи, автоматичного керування інформаційним блоком, реалізації керуючих команд.

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. Танатар А.И. Элементы промышленной автоматизации и их динамические свойства / Танатар А.И.- К.: Техніка, 1975.- 232 с.
4. Нуберт Г.П. Измерительные преобразователи неэлектрических величин. Введение в теорию, расчет и конструирование / Нуберт Г.П.; пер. с англ. М.М. Фетисова.-Л.: Энергия, 1970.- 360 с.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Лойцянский Л.Г.- М.: Наука, 1987.- 840 с.
6. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций / Свешников А.А.- М.: Наука, 1968.- 464 с.
7. Алиев Т.М. Измерительная техника / Т.М. Алиев, А.А. Тер-Хачатуров.- М.: Высшая шк., 1991.- 384 с.

8. Кондратець В.О. Аналіз умов і засобів ідентифікації розрідження пульпи в приймальному пристрої завиткового живильника / В.О. Кондратець, А.М. Мацуї // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ.- 2009.- №22.- С. 36-43.
9. Солодовников В.В. Статистическая динамика линейных систем автоматического управления / Солодовников В.В.- М.: Физматгиз, 1960.- 600 с.
10. Мацуї А.М. Алгоритм обробки складних сигналів при ідентифікації розрідження пульпи у завитковому живильнику / Мацуї А.М. // Материали 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.

А. Мацуї, В. Кондратець

Идентификация соотношения руда/вода в приемном устройстве улиткового питателя как регулируемом объекте

В статье приведена конструкция блока преобразователей давления пульпы и функциональная схема информационного блока разработанного средства идентификации соотношения руда/вода в приемном устройстве улиткового питателя. Приведены конструктивные данные, составляющие аппаратуры, параметры фильтрации сигналов.

A. Matsuy, V. Kondratets

Identification of the ore/water ratio in the snail feeder's takers-off as managed object

In the article the construction of block of transformers pulp and functional diagram of informative block of the developed mean of identification of ratio is resulted ore/water in the snail feeder's takers-off. Structural information, making apparatuses, parameters of filtration of signals, is resulted.

Одержано 07.02.11

УДК 658.011.56

В.О. Кондратець, проф., канд. техн. наук, О.М. Сербул, канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Теоретичне дослідження динаміки САР розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням

В статті приведені результати теоретичних досліджень динаміки системи автоматичного регулювання розрідження пульпи в млинах з циркулюючим навантаженням. Показано, що розроблена система є стійкою при вибраних параметрах лінійної та нелінійної частини, автоколивання в якій не можливі. Запропонований ідеальний релейний елемент, що може спрацьовувати і відпускати при різниці в сигналах всього на 1,0 % від заданого значення співвідношення руда/вода, забезпечує високу якість автоматичного регулювання. Система забезпечує найкращу якість при максимально можливому в ній передавальному відношенні редуктора виконавчого механізму, що дорівнює 0,02.

теоретичне дослідження, динаміка САР, розрідження пульпи, млин з циркулюючим навантаженням

В Україні збагачення бідних залізних руд отримало широке розповсюдження. Зокрема, тут розміщені найбільші у світі гірничозбагачувальні комбінати, де корисні копалини здебільшого у першій стадії подрібнюються кульовими млинами з циркулюючим навантаженням, які споживають велику кількість куль, футерівки та електричної енергії. Найкращі показники при номінальному завантаженні рудою вони забезпечують в умовах певного співвідношення руда/вода, що визначається