



УКРАЇНА

(19) UA (11) 11488 (13) U

(51) 7 B03B13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗБАГАЧЕННЯ РУДНИХ МАТЕРІАЛІВ

1

2

(21) u200507274

(22) 21.07.2005

(24) 15.12.2005

(46) 15.12.2005, Бюл. № 12, 2005 р.

(72) Моркун Володимир Станіславович, Сотнікова
Тетяна Геннадівна

(73) КРИВОРІЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Система автоматичного керування процесом збагачення рудних матеріалів, що включає млин, у який подається руда, що працює у замкнутому циклі з класифікатором, у який подається вода, злив з якого через вимірювальну посудину надходить у збагачувальний апарат, виконавчий механізм, з'єднаний з регулювальним клапаном у трубопроводі подачі води у класифікатор, послідовно з'єднані мультивібратор, перший запускаючий одновібратор, перший генератор та перший випромінювальний перетворювач, встановлений на першій формувальній призмі, яка закріплена на стінці вимірювальної посудини, на якій також закріплено другу формувальну призму із встановленим на ній першим приймальним перетворювачем, який з'єднано із входом першого логарифмічного підсилювача, блок селекції, другий логарифмічний підсилювач, лінію затримки, перший формувач імпульсів, блок задання та перший блок ділення, яка відрізняється тим, що у систему введено послідовно з'єднані другий запускаючий одновібратор, вхід якого підключено до виходу мультивібратора, другий генератор та другий випромінювальний перетворювач, який встановлено на вимірювальній посудині, перший інтегратор, вхід якого підключено до виходу першого логарифмічного підсилювача, послідовно з'єднані другий приймальний перетворювач, що встановлений на вимірювальній посудині та підключений до входу другого логарифмічного підсилювача, другий інтегратор вхід якого підключено до виходу другого логарифмічного підсилювача, а вихід - до першого входу першого блока ділення, другий вхід якого зв'язано з виходом першого інтегратора, послідовно з'єднані перший формувач імпульсів, вхід якого підключено до виходу мультивібратора,

конденсатор та перша котушка, послідовно з'єднані третій генератор, підсилювач з керованим коефіцієнтом посилення та друга котушка, послідовно з'єднані подільник частоти, підключений своїм входом до виходу мультивібратора, другий формувач імпульсів та генератор лінійно зростаючої напруги, вихід якого підключено до управляючого входу підсилювача з керованим коефіцієнтом посилення, диференціатор, вхід якого підключено до виходу першого блока ділення, а вихід - до першого входу блока селекції, другий вхід якого з'єднано з виходом другого формувача імпульсів, послідовно з'єднані нуль-орган, вхід якого підключено до виходу блока селекції, та лінія затримки, два блоки пам'яті, перші входи яких підключено до виходу лінії затримки, другі - до виходу нуль-органа, третій вхід першого з них - до виходу першого блока ділення, а третій вхід другого - до виходу генератора лінійно зростаючої напруги, другий блок ділення, входи якого підключено до виходів першого і другого блоків пам'яті, послідовно з'єднані блок корекції, підключений своїм входом до виходу другого блока ділення, та блок задання, лінійний регулятор, перший вхід якого підключено до виходу першого блока ділення, другий вхід - до виходу блока задання, а вихід - до виконавчого механізму, послідовно з'єднані логічний блок, перший вхід якого підключено до виходу першого блока ділення, а другий - до виходу блока задання, екстремальний регулятор, перетворювач потужності та привідний двигун конвеєра-живильника млина рудою, блок множення та масовитратомір, підключений до першого входу останнього, другий вхід якого з'єднано з виходом першого блока ділення, а вихід - з другим входом екстремального регулятора, першу і другу котушки встановлено на вимірювальній посудині одна за одною за напрямком руху досліджуваного середовища, перша та друга формувальні призми встановлені на одній стінці, а другий випромінювальний та другий приймальний перетворювачі - на протилежних стінках вимірювальної посудини.

(19) UA (11) 11488 (13) U

Корисна модель відноситься до автоматичного оптимального керування процесом збагачення корисних копалин і може бути використана при переробці руд зі змінними фізико-механічними та хіміко-мінералогічними характеристиками.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним як прототип, є система автоматичного керування процесом збагачення рудних матеріалів [Патент України №70712 А], що містить млин, у який подається руда, що працює у замкненому циклі з класифікатором, у який подається вода, злив з якого через вимірювальну посудину поступає у збагачувальний апарат, виконавчий механізм, з'єднаний з регулюючим клапаном у трубопроводі подачі води у класифікатор, послідовно з'єднані мультивібратор, перший запускаючий одновібратор, перший генератор та перший випромінюючий перетворювач, встановлений на першій формуючій призмі, яка закріплена на стінці вимірювальної посудини, на якій також закріплено другу формуючу призму із встановленим на ній першим приймальним перетворювачем, який з'єднано із входом першого логарифмічного посилювача, блок селекції, другий логарифмічний посилювач, лінію затримки, перший формувач імпульсів, блок завдання та перший блок ділення.

Недоліком відомої системи є те, що в умовах змінних фізико-механічних та хіміко-мінералогічних характеристик руди, яка подається на збагачення, для якісного розподілу її на корисну складову та пусту породу в процесі збагачення необхідна різна ступень подрібнення руди, що забезпечує необхідне розкриття зерен корисного компонента без їх перездрібнення. Регулювання при цьому тільки кількості води, що подається у класифікатор, не дозволяє отримати максимально можливу продуктивність технологічних агрегатів для даного типу руди. Крім того використання для керування технологічним процесом інформації про якість рудних матеріалів вже після їх збагачення (на виході збагачувального апарату) призводить до тривалих перехідних процесів у системі автоматичного управління і відповідно до погіршення якісних показників збагачення, тобто до збільшення втрат корисного компонента у хвостах збагачувального апарату і зменшенню виходу концентрату заданої якості.

Мета корисної моделі - підвищення якості управління.

Задачею корисної моделі є удосконалення системи автоматичного керування процесом збагачення рудних матеріалів за рахунок досягнення максимально можливої продуктивності технологічних агрегатів по перероблюваній руді при збереженні необхідної якості отриманого концентрату в умовах змінних її фізико-механічних та хіміко-мінералогічних характеристик.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що система автоматичного керування процесом збагачення рудних матеріалів містить млин, у який подається руда, що працює у замкненому циклі з класифікатором, у який подається вода, злив з якого через вимірювальну посудину поступає у збагачувальний апарат, виконавчий механізм, з'єднаний з регулюючим клапаном у трубо-

проводі подачі води у класифікатор, послідовно з'єднані мультивібратор, перший запускаючий одновібратор, перший генератор та перший випромінюючий перетворювач, встановлений на першій формуючій призмі, яка закріплена на стінці вимірювальної посудини, на якій також закріплено другу формуючу призму із встановленим на ній першим приймальним перетворювачем, який з'єднано із входом першого логарифмічного посилювача, блок селекції, другий логарифмічний посилювач, лінію затримки, перший формувач імпульсів, блок завдання та перший блок ділення.

Згідно з корисною моделлю у систему введено послідовно з'єднані другий запускаючий одновібратор, вхід якого підключено до виходу мультивібратора, другий генератор та другий випромінюючий перетворювач, який встановлено на вимірювальній посудині, перший інтегратор, вхід якого підключено до виходу першого логарифмічного посилювача, послідовно з'єднані другий приймальний перетворювач, що встановлено на вимірювальній посудині, та підключено до входу другого логарифмічного посилювача, другий інтегратор вхід якого підключено до виходу другого логарифмічного посилювача, а вихід - до першого входу першого блоку ділення, другий вхід якого зв'язано з виходом першого інтегратора, послідовно з'єднані перший формувач імпульсів, конденсатор та перша котушка, послідовно з'єднані третій генератор, посилювач з керуємим коефіцієнтом посилення та друга котушка, послідовно з'єднані дільник частоти, підключений своїм входом до виходу мультивібратора, другий формувач імпульсів та генератор лінійно зростаючої напруги, вихід якого підключено до управління входу посилювача з керуємим коефіцієнтом посилення, диференціатор, вхід якого підключено до виходу першого блоку ділення, а вихід - до першого входу блоку селекції, другий вхід якого з'єднано з виходом другого формувача імпульсів, послідовно з'єднані нуль-орган, вхід якого підключено до виходу блоку селекції, та лінія затримки, два блока пам'яті, перші входи яких підключено до виходу лінії затримки, другі - до виходу нуль-органу, третій вхід першого з них - до виходу першого блоку ділення, а третій вхід другого - до виходу генератора лінійно зростаючої напруги, другий блок ділення, входи якого підключено до виходів першого і другого блоків пам'яті, послідовно з'єднані блок корекції, підключений своїм входом до виходу другого блоку ділення, та блок завдання, лінійний регулятор, перший вхід якого підключено до виходу першого блоку ділення, другий вхід - до виходу блоку завдання, а вихід - до виконавчого механізму, послідовно з'єднані логічний блок, перший вхід якого підключено до виходу першого блоку ділення, а другий - до виходу блоку завдання, екстремальний регулятор, перетворювач потужності та приводний двигун конвеєра-живильника млина рудою, блок множення та масовитратомір, підключений до першого входу останнього, другий вхід якого з'єднано з виходом першого блоку ділення, а вихід - з другим входом екстремального регулятора, першу і другу котушки встановлено на вимірювальній

посудині одна за одною за напрямком руху досліджуваного середовища, перша та друга формуючі призми встановлені на одній стінці, а другий випромінюючий та другий приймальний перетворювачі - на протилежних стінках вимірювальної посудини.

Заявлена система ілюструється принциповою схемою.

Система автоматичного керування процесом збагачення рудних матеріалів містить млин 1, у який подається руда, що працює у замкненому циклі з класифікатором 2, у який подається вода, злив з якого через вимірювальну посудину 3 поступає у збагачувальний апарат 4, виконавчий механізм 5, з'єднаний з регулюючим клапаном 6 у трубопроводі 7 подачі води у класифікатор 2, послідовно з'єднані мультівібратор 8, перший запускаючий одинвібратор 9, перший генератор 10 та перший випромінюючий перетворювач 11, встановлений на першій формуючій призмі 12, яка закріплена на стінці вимірювальної посудини 3, на якій також закріплено другу формуючу призму 13 із встановленим на ній першим приймальним перетворювачем 14, який з'єднано із входом першого логарифмічного посилювача 15, послідовно з'єднані другий запускаючий одинвібратор 16, вхід якого підключено до виходу мультівібратора 8, другий генератор 17 та другий випромінюючий перетворювач 18, який встановлено на вимірювальній посудині 3, перший інтегратор 19, вхід якого підключено до виходу першого логарифмічного посилювача 15, послідовно з'єднані другий приймальний перетворювач 21, що встановлено на вимірювальній посудині 3, другий логарифмічний посилювач 22 та другий інтегратор 23, вихід якого підключено до першого входу першого блоку ділення 20, другий вхід якого зв'язано з виходом першого інтегратора 19, послідовно з'єднані перший формувач імпульсів 24, вхід якого підключено до виходу мультівібратора 8, конденсатор 25 та перша котушка 26, послідовно з'єднані третій генератор 27, посилювач 28 з керуемим коефіцієнтом посилення та друга котушка 29, послідовно з'єднані дільник частоти 30, підключений своїм входом до виходу мультівібратора 8, другий формувач імпульсів 31 та генератор 32 лінійно зростаючої напруги, вихід якого підключено до управляючого входу посилювача 28 з керуемим коефіцієнтом посилення, диференціатор 33, вхід якого підключено до виходу першого блоку ділення 20, а вихід - до першого входу блоку селекції 34, другий вхід якого з'єднано з виходом другого формувача імпульсів 31, послідовно з'єднані нуль-орган 35, вхід якого підключено до виходу блоку селекції 34, та лінія затримки 36, два блока пам'яті 37 і 38, перші входи яких підключено до виходу лінії затримки 36, другі - до виходу нуль-органу 35, третій вхід першого 37 з них - до виходу першого блоку ділення 20, а третій вхід другого 38 - до виходу генератора лінійно зростаючої напруги 32, другий блок ділення 39, входи якого підключено до виходів першого і другого блоків пам'яті 37 і 38, послідовно з'єднані блок корекції 40, підключений своїм входом до виходу другого блоку ділення 39, та блок завдання 41, лінійний регулятор 42, перший вхід якого підключено до виходу першого бло-

ку ділення 20, другий вхід - до виходу блоку завдання 41, а вихід - до виконавчого механізму 5, послідовно з'єднані логічний блок 43, перший вхід якого підключено до виходу першого блоку ділення 20, а другий - до виходу блоку завдання 41, екстремальний регулятор 44, перетворювач потужності 45 та приводний двигун 46 конвеєрживильника 47 млина 1 рудою, блок множення 48 та масовитратомір 49, підключений до першого входу останнього, другий вхід якого з'єднано з виходом першого блоку ділення 20, а вихід - з другим входом екстремального регулятора 44, першу 26 і другу 29 котушки встановлено на вимірювальній посудині 3 одна за одною за напрямком руху досліджуваного середовища, перша 12 та друга 13 формуючі призми встановлені на одній стінці, а другий випромінюючий 18 та другий приймальний 21 перетворювачі - на протилежних стінках вимірювальної посудини 3.

Система автоматичного керування процесом збагачення рудних матеріалів працює наступним чином.

Мультівібратор 8 виробляє прямокутні імпульси, які через перший одинвібратор 9 запускають перший генератор 10 імпульсів. На протязі імпульсу, сформованого першим одинвібратором 9, перший генератор 10 виробляє серію високочастотних електричних коливань фіксованої частоти. Перший випромінюючий перетворювач 9, наприклад, п'єзоелектричного типу, перетворює електричний сигнал у пружні об'ємні ультразвукові хвилі.

Ці коливання перетворюються першою формуючою призмою 12 у хвилі Лемба, які розповсюджуються у стінці вимірювальної посудини 3 з досліджуванним середовищем. Хвилі Лемба, пройшовши фіксовану відстань по стінці вимірювальної посудини 3, поступають на другу формуючу призму 13, яка перетворює їх в об'ємні ультразвукові коливання, що поступають потім на другий приймальний перетворювач 10. При цьому величина затухання хвиль Лемба у стінці вимірювальної посудини 3 визначається тільки пройденою відстанню та концентрацією твердої фази у досліджуваному середовищі, що контактує із стінкою вимірювальної посудини. Ця величина не залежить від розміру часток руди, що у ній знаходяться.

Одночасно імпульси з мультівібратора 8 через другий запускаючий одинвібратор 16 запускають другий генератор 17, який також виробляє серію високочастотних електричних коливань фіксованої частоти. Другий випромінюючий перетворювач 18, наприклад, п'єзоелектричного типу перетворює електричний сигнал в об'ємні пружні ультразвукові коливання середовища.

Через стінку вимірювальної посудини 3 вони передаються у досліджуване середовище та пройшовши фіксовану відстань у ньому, поступають на другий приймальний перетворювач 21, який здійснює перетворення пружних ультразвукових коливань в електричний сигнал. При проходженні об'ємних ультразвукових хвиль фіксованої відстані у досліджуваному середовищі, тобто у рудній пульпі (суспензії), величина їх затухання визначається концентрацією твердої фази контро-

льованої суспензії та розміром часток руди, що в ній знаходиться

Перший приймальний перетворювач 14 здійснює перетворення ультразвукових коливань в електричний сигнал, який посилюється першим логарифмічним посилювачем 15. У першому інтеграторі 19 проводиться перетворення вхідного імпульсного сигналу у аналоговий сигнал постійного току, амплітуда якого дорівнює середній амплітуді імпульсів за вибраний проміжок часу.

Прийнятий другим приймальним перетворювачем 21 сигнал посилюється у логарифмічному масштабі другим логарифмічним посилювачем 22. У другому інтеграторі 23 проводиться перетворення вхідного імпульсного сигналу в аналоговий сигнал постійного току, амплітуда якого дорівнює середній амплітуді імпульсів за вибраний проміжок часу.

У першому блоці ділення 20 обчислюється величина

$$S = S_1 \cdot S_2^{-1},$$

де S_1 - логарифм амплітуди сигналу, який пройшов через досліджуване середовище;

S_2 - логарифм амплітуди сигналу, який пройшов фіксовану відстань по стіні посудини з досліджуванним середовищем

Величина S являє собою концентрацію контрольного класу крупності часток твердої фази досліджуваного середовища.

Імпульс з мультивібратора 8 запускає перший формувач імпульсів 24, сигнал з якого формує у коливальному контурі, створеному першою котушкою 26 та конденсатором 25, затухаючі електромагнітні коливання, амплітуда яких змінюється за експоненціальним законом. Виникає при цьому магнітне поле розмагнічує досліджуване середовище.

Третій генератор 27 формує електричні коливання, які посилюються посилювачем 28 з керуємим коефіцієнтом посилення.

Дільник частоти 30 здійснює ділення частоти імпульсів з мультивібратора 8. Другий формувач імпульсів 31, який включається сигналом з дільника частоти 30, запускає генератор 32 сигналу з лінійно зростаючою амплітудою. Цей сигнал змінює коефіцієнт посилення посилювача 28 з керуємим коефіцієнтом посилення від нуля до вибраного значення у відповідності з указаним законом.

При цьому на виході посилювача 28 з керуємим коефіцієнтом посилення, а значить, і в другій котушці 29 формуються електромагнітні коливання, амплітуда яких змінюється аналогічно.

Виникає, в другій котушці 29 магнітне поле намагнічує досліджуване середовище, що приводить до флокуляції часток твердої фази. При цьому ступінь флокуляції часток твердої фази відомого розміру (відомої концентрації контрольного класу крупності часток твердої фази) при фіксованому значенні напруженості магнітного поля залежить тільки від концентрації феромагнітного компонента у частинках твердої фази. При лінійному ж збільшенні напруженості магнітного поля, що впливає на досліджуване середовище, за рахунок флокуляції відбувається зміна концентрації конт-

рольного класу крупності часток досліджуваного середовища, тобто величини S . Проте, при деякому пороговому значенні напруженості магнітного поля настає насичення, і величина S перестає змінюватись

Це порогове значення напруженості магнітного поля для певної (відомої) величини S залежить тільки від концентрації феромагнітного компонента у частках твердої фази досліджуваної суспензії.

Диференціатор 33 обчислює першу похідну величини S , тобто швидкість її зміни. Блок 34 селекції відмикається імпульсом з другого формувача імпульсів 31 на період дії магнітного поля другої котушки 29 на досліджуване середовище. Нуль-орган 35 фіксує рівність нулю першої похідної величини S після початку дії магнітного поля другої котушки 29 і виробляє при цьому сигнальний імпульс.

На третій (інформаційний) вхід першого блоку пам'яті 37 безперервно подається величина S , а на третій (інформаційний) вхід другого блоку пам'яті 38 - сигнал з виходу генератора 32 лінійно зростаючої напруги. Сигнальний імпульс з нуль-органу 35 фіксує поточні значення величин, що поступають на них.

У другому блоці ділення 39 обчислюється частно від ділення поточного значення величини S на величину, пропорційну пороговому значенню напруженості магнітного поля. Величина цього частного є концентрацією феромагнітного компонента у частках твердої фази визначеного класу крупності досліджуваного середовища, яка виражена у відносних одиницях. Ця величина характеризує ступінь розкриття корисного компонента. Сигнальний імпульс з виходу нуль-органу 35, затриманий лінійною затримкою 36 на час, необхідний для прочитання отриманого результату, скидає зафіксовані в першому 37 і другому 38 блоках пам'яті значення і готує їх до наступного циклу вимірювання.

Лінійний регулятор 42, наприклад пропорційно-інтегрально-диференціальний типу, по сигналу з першого блоку ділення 20 за допомогою виконавчого механізму 5 змінює положення регулюючого клапану 6 у трубопроводі 7 подачі води у класифікатор 2. При змінюванні кількості добавленої води, яка поступає у класифікатор 2, змінюються умови дрібнення руди у млині 1 і, як наслідок, змінюється гранулометричний склад (розмір часток) продукту, який поступає у збагачувальний апарат 4. Таким чином на визначеному рівні, що задається блоком завдання 41, стабілізується гранулометричний склад руди, що подається у збагачувальний апарат 4. Рівень стабілізації корегується коректором 40 у блоці завдання 41 по сигналу з другого блоку ділення 39 у відповідності з визначеним ступенем розкриття корисного компонента. Масовитратомір 49, наприклад ультразвукового типу, визначає кількість (масові витрати) рудного матеріалу у зливні класифікаторі 2. У блоці множення 48 визначається маса рудного матеріалу заданого класу крупності, який подається у збагачувальний апарат 4. Екстремальний регулятор 44 через перетворювач потужності 45 і приводний двигун 46 регулює швидкість конвеєра-живильника 47 рудою таким чином, щоб підтримувати продук-

тивність млина 1 по цьому показнику на максимальному рівні. У логічному блоці 43 через час, який потрібно для закінчення перехідних процесів у системі автоматичного керування провадиться порівняння визначеного по сигналу з другого блоку ділення 39 оптимального значення величини S^{opt} та її поточного значення S^t . Якщо ці значення не співпадають, це означає, що продуктивність млина занадто велика, щоб лінійний регулятор 42 був в змозі підтримувати необхідну ступень здрібнення. У цьому випадку логічний блок 43 провадить корекцію сигналу екстремального регулятора 44 для

зменшення величини відповідної продуктивності. Цей процес відбувається до тих пір, доки значення S^{opt} та S^t у логічному блоці не співпадуть між собою.

Таким чином система автоматичного керування процесом збагачення рудних матеріалів підтримує максимально можливу продуктивність технологічних агрегатів по руді при збереженні заданої якості отриманого продукту поза залежністю від змінних фізико-механічних та хіміко-мінералогічних характеристик вихідної руди.



