

УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ІМПУЛЬСНИМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ПОЛЯМИ У ВЕРТИКАЛЬНОМУ, БАГАТОРІВНЕВОМУ СЕПАРАТОРІ

© Білоус Б. Д., Зелінський І. Д., Кечур Д. І., Комлик О. С., 2017

Удосконалено структуру принципової електричної схеми системи контролю та управління імпульсними електромагнітними полями у вертикальному багаторівневому сепараторі. Введено у схему елементи контролю струмів в електромагнітах рівня та елементи оперативної та довготривалої пам'яті режимів сепарації матеріалів.

Ключові слова: електромагнітний сепаратор, контроль, управління.

IMPROVEMENT OF SCHEMATIC DIAGRAMS CONTROL SYSTEM OF PULSED ELECTROMAGNETIC FIELDS IN THE VERTICAL, MULTI-LEVEL SEPARATOR

Improved structure schematic diagrams control system pulsed electromagnetic fields in an upright multi-level separator. Introduced in the scheme controls current in the electromagnet and elements of operational and long-term memory mode separation materials.

Keywords: electromagnetic separator, control, system.

Постановка проблеми. Основною перешкодою на шляху до цілеспрямованої утилізації золи виносу, що утворюється у теплогенеруючих агрегатах під час спалювання кам'яного вугілля, є її нестабільний склад. Особливо це проявляється у кількості залишків не спаленого палива. Зола виносу є придатною до використання за вмісту в ній залишків органічного палива не більше ніж 4 % від загального об'єму. Однак за плаваючого теплового навантаження теплогенеруючих агрегатів забезпечити таку характеристику золи виносу фактично неможливо без додаткової обробки. Для стабілізації складу золи за вмістом залишків органічного палива використовують метод поділу загального об'єму золи на фракції з різними магнітними властивостями. Технологічний процес поділу реалізується за допомогою використання магнітних сепараторів. Найперспективнішими за показниками якості поділу вихідного продукту є вертикальні багаторівневі сепаратори на імпульсних електромагнітних полях. В основу роботи сепараторів цього типу покладений вплив на частинки продукту змінних, високочастотних електромагнітних полів. Частинка продукту, знаходячись у вільному падінні, у порожнині сепаратора у залежності від магнітних властивостей змінює траєкторію руху під впливом змінного, високочастотного магнітного поля. Поле генерується електромагнітами на т. зв. рівнях сепаратора за рахунок подачі на електромагніти рівня імпульсного електричного живлення високої частоти та скважності за напругою та струмом. Складність контролю та управління живленням електромагнітів рівня зумовлюється їх високими індуктивністю та ємністю. Завдання ще більше ускладнюється через необхідність включення рівнів сепаратора у роботу за наперед заданим технологією сепарації алгоритмом. Основні функції системи контролю та управління магнітним сепаратором полягають у формуванні сигналів контролю та управління електромагнітами рівня з заданою амплітудою та частотою із забезпеченням модуляції вихідного сигналу сигналами високої частоти. Важливою є функція не тільки зміни параметрів вихідних сигналів, а й зберігання встановлених експериментально значень з можливістю їх використання із

заданою кількістю повторень на кожному з рівнів сепаратора. Відомі принципові електричні схеми систем контролю та управління елементами з високими ємностями та індуктивностями унеможливають повноцінно контролювати та управляти технологічним процесом поділу золи виносу на фракції у багаторівневому, вертикальному сепараторі з імпульсними електромагнітними полями. Удосконалення структури принципової електричної схеми контролю та управління імпульсними електромагнітними полями є актуальним завданням, що тут розв'язується.

Аналіз останніх досліджень. Загальний аналіз стану та напрямків розвитку основних технологічних процесів розділення порошкових матеріалів на фракції за магнітними властивостями наведений у [1]. Тут достатньо повно висвітлені принципи побудови та особливості технологічних процесів розділення матеріалів на основі магнітного сепарування, наведені кількісні та якісні характеристики до магнітних полів сепараторів, що реалізують технологічні процеси розділення порошкових продуктів на фракції з різними магнітними властивостями. Повнота наведеної інформації є достатньою для прийняття необхідних системоутворювальних рішень під час побудови технологічних процесів магнітного сепарування та створення систем контролю та управління обладнанням, що реалізує ці процеси. Основні засади побудови дискретних та безперервних систем контролю та управління викладені у [2]. Застосування розробленої у цій роботі методології є загальноприйнятим та дає змогу цілеспрямовано розробляти принципові схеми систем контролю та управління технологічними процесами. Найближчими до розв'язку поставлених у цій роботі задач є принципові схеми систем контролю та управління технологічними процесами розділення порошкових матеріалів на фракції у імпульсних магнітних полях наведені у [3–5]. Запропоновані схемні рішення дають можливість достатньо ефективно контролювати роботу магнітних сепараторів, що побудовані на використанні не модульованих, імпульсних магнітних полів низької частоти. Однак застосування наведених схемних рішень для реалізації електричних схем систем контролю та управління високочастотними, модульованими, імпульсними полями електромагнітів з котушками великої індуктивності та ємності без відповідного удосконалення є неможливим.

Мета роботи – розробити та удосконалити структуру принципової електричної схеми системи контролю та управління імпульсними електромагнітними полями у вертикальному, багаторівневому сепараторі.

Виклад основного матеріалу. Структурну схему системи контролю та управління багаторівневим сепаратором зображено на рис. 1. До складу системи контролю та управління входить персональний комп'ютер ПК, блоки контролю та управління електромагнітами одного рівня сепаратора БКЕ1...БКЕ n , де n – кількість блоків, по три електромагніти, з'єднані з одним блоком БКЕ#. Електромагніти окремого блока позначені на схемі як ЕМ#.1, ЕМ#.2 та ЕМ#.3, де # – номер блока БКЕ. Блок загальної системи контролю схеми керування СК, до якої підключені кнопки Пуск та Стоп. Структура блоків керування для усіх рівнів однакова. Для обміну даними між персональним комп'ютером блоками керування та схемою керування використовується інтерфейс RS485. Кожен блок має свою адресу, що дає змогу ідентифікувати його у процесі обміну даними.

Програмне забезпечення ПК дає можливість задавати режими роботи блоків керування кожним рівнем сепарації. Від ПК до блока керування передається така інформація:

- амплітуда вихідного сигналу;
- частота вихідного сигналу;
- частота модуляції вихідного сигналу (у разі відсутності модуляції частота дорівнює 0);
- час перекриття роботи з наступним блоком;
- час роботи модуля для дискретного режиму роботи;
- час до запуску наступного блока;
- зсув фаз для неперервного режиму роботи.

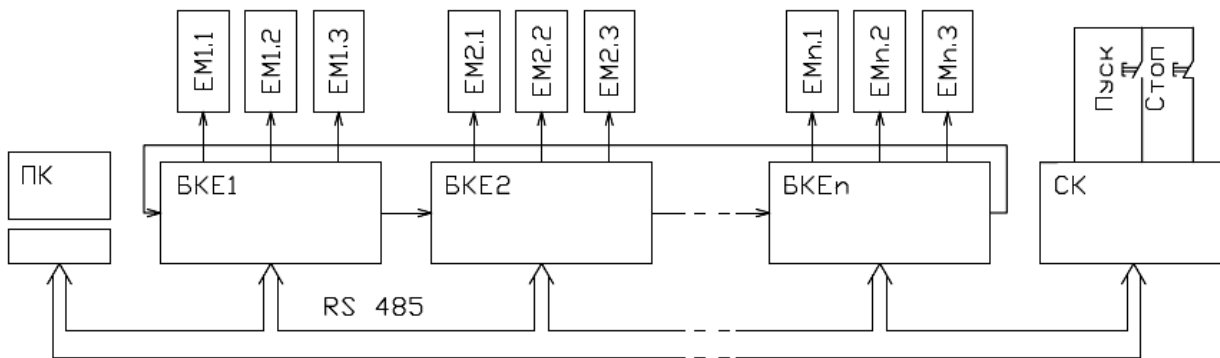


Рис. 1. Структурна схема системи контролю та управління багаторівневим сепаратором

Від блока керування до ПК передаються:

- робочі параметри (амплітуда, частота, модуляція та час перекриття);
- сигналізація про стан (увімкнений та вимкнений);
- сигналізація про перевищення струму на виході;
- значення вихідних струмів по кожному виходу.

Збереження робочих параметрів здійснюється у енергонезалежній пам'яті мікроконтролера блока керування електромагнітами. Це необхідно для того, щоб система контролю та управління функціонувала за відсутності ПК. Програмне забезпечення ПК дає змогу змінювати робочі режими та контролювати струм електромагнітів кожного рівня сепарації. Також на ПК ведеться архів вихідних струмів у прив'язці до часу. У разі виникнення перевантажень така інформація дасть змогу оператору швидше виявити причину перевантаження.

Для запуску та зупинки системи керування використовуються відповідні кнопки схеми керування або відповідні кнопки програмного забезпечення ПК. Також у схемі передбачена кнопка аварійної зупинки (на рис. 1 не показано). Натискання на цю кнопку знімає напругу живлення з усіх блоків системи контролю та управління.

Синхронізація роботи блоків БКЕ здійснюється за допомогою дискретних сигналів. У блоках керування електромагнітами синхронізується робота таймерів мікроконтролерів. Наявність синхронізації дає змогу забезпечити почергове вмикання блоків БКЕ за дискретних режимів роботи, або зсув фаз за неперервного режиму роботи. На виході блока БКЕ формуються три вихідні сигнали для електромагнітів. Сигнали мають прямокутну форму та зсув фаз по 120° один щодо одного. Блок дає змогу змінювати амплітуду та частоту вихідних сигналів, а також модулювати ці сигнали високочастотними сигналами.

Для забезпечення поставлених завдань важливим є вибір типу вихідного комутатора. Для силових кіл використовуються тиристорні (симісторні) та транзисторні комутатори. Оскільки вихідні сигнали є однополярними, достатньо побудувати комутатор на трьох ключових елементах. Тиристори переважно зручно використовувати для побудови комутатора з вихідною частотою 50 або 100 Гц. Для зміни вихідної частоти у широких межах доцільно використати як ключові елементи – транзистори. Також транзистори дають змогу модулювати вихідний сигнал високочастотним сигналом.

Схему електричну принципову блока керування електромагнітами БКЕ зображено на рис. 2. Наведений варіант схеми з напругою живлення від однофазної мережі 220 В без контролю вихідних струмів. Така схема дає змогу керувати електромагнітами сумарною потужністю не більше 2 кВт і була створена для експериментального зразка сепаратора. Використовуючи електромагніти більшої потужності, доцільно використовувати живлення від трифазної мережі.

Схема складається з інтерфейсу зв'язку RS 485 мікросхеми D1, мікроконтролера D2, трифазного вихідного комутатора, побудованого на мікросхемах D3-D5 та транзисторах VT1-VT3,

симісторного регулятора напруги, побудованого на мікросхемі D6 та симісторі VT7, модуля формування імпульсів переходу вхідної напруги через 0, побудованого на мікросхемах D7 та D8, блока живлення з вихідною нестабілізованою напругою +15 В та стабілізованою напругою +5 В, побудованого на трансформаторі T1 та мікросхемі D9.

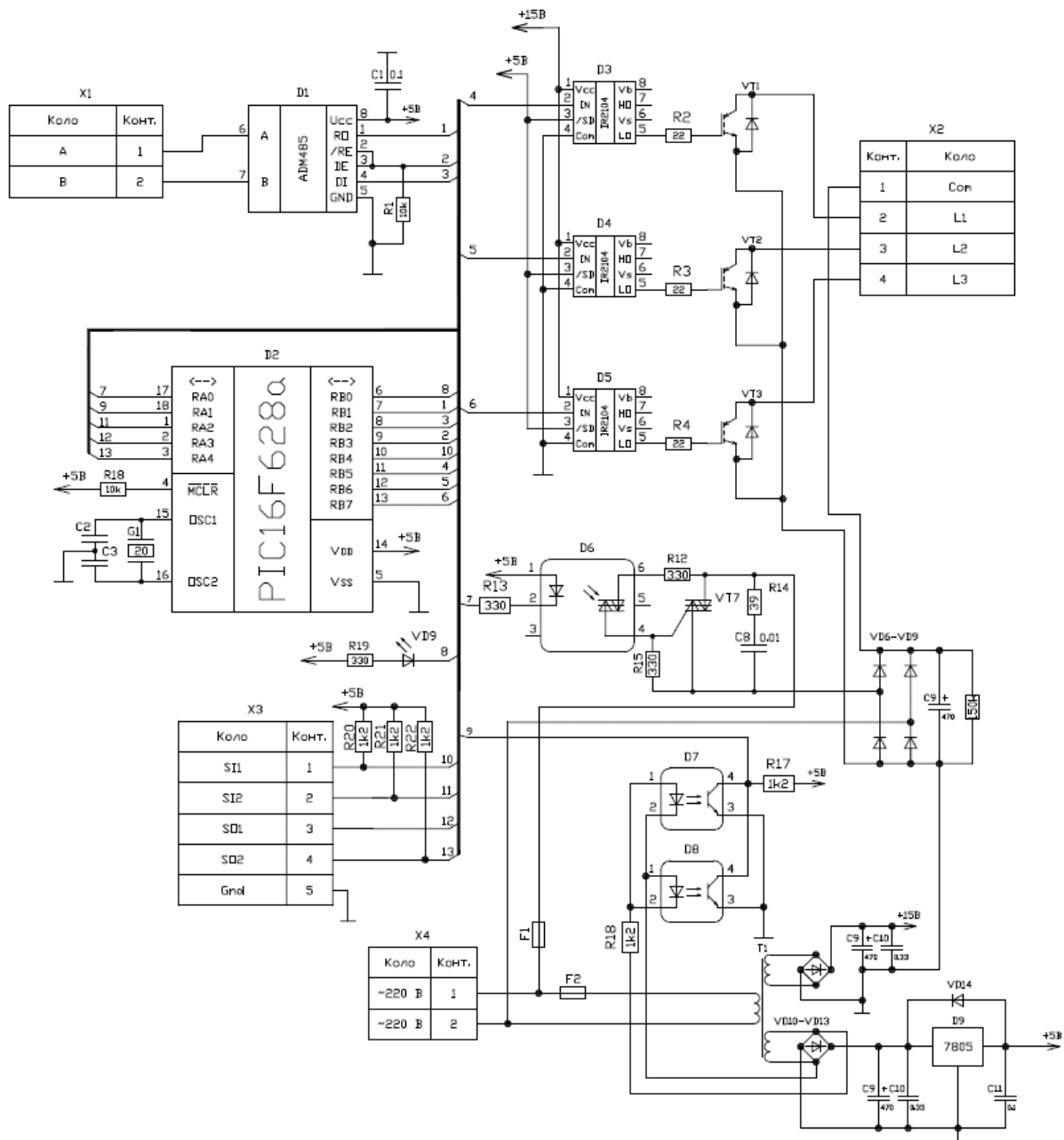


Рис. 2. Схема електрична принципова блока керування електромагнітами одного рівня сепаратора БКЕ

Працює схема так. Під час вмикання живлення параметри роботи читаються з енергонезалежної пам'яті мікроконтролера. Змінити параметри можна по інтерфейсу RS 485. Сигнали цього інтерфейсу підводяться до роз'єму X1. Далі сигнали мікросхеми D1 перетворюються у сигнали інтерфейсу UART та заводяться на відповідні входи мікроконтролера D2. Також по інтерфейсу RS 485 приходять сигнали від схеми керування про запуск та зупинку.

Напруга живлення заводиться на блок керування через роз'єм X4. Далі напруга живлення подається через запобіжник F2 на трансформатор T1 блока живлення та через запобіжник F1 на

симісторний регулятор. Блок живлення формує напруги, необхідні для живлення усіх вузлів схеми. Мікросхеми живляться стабілізованою напругою 5 В, а драйвери вихідних транзисторів – напругою +15В.

Формування амплітуди вихідних сигналів здійснюється симісторним регулятором. Для формування кута увімкнення симістора необхідні сигнали початку синусоїди. У цій схемі імпульси про початок синусоїди формуються двома оптопарами D7 та D8. Зниження вхідної напруги для оптопар D7 та D8 виконує одна з обмоток трансформатора блока живлення. Сигнал про початок синусоїди з виходів мікросхем D7 та D8 подається на вхід мікроконтролера. Значення вихідної напруги формується як напруга живлення вихідного комутатора за допомогою симісторного регулятора. Для забезпечення увімкнення симістора VT7 використовуємо оптосимістор D6. Сигнал на увімкнення подається з виходу мікроконтролера. Таблиця залежності вихідної напруги та кута увімкнення симістора знаходиться у пам'яті мікроконтролера. Змінна напруга з виходу симістора за допомогою діодного моста VD6–VD9 перетворюється у постійну напругу для живлення комутатора. Комутатор можна будувати на n-канальних МДН транзисторах з індукованим каналом. Такі транзистори мають мінімальний опір каналу порівняно з р-канальними. За великих струмів використовувались IGBT-транзистори. Малий опір каналу транзисторів дає змогу пропускати великі струми за малої розсіюваної потужності. Важливо використовувати додаткові шунтуючі діоди на котушках електромагнітів. Такі діоди, розміщені на виводах котушок та на схемі, не показані. Експлуатація сепаратора без шунтуючих діодів не допускається, оскільки це призведе до виходу з ладу транзисторів комутатора. Для забезпечення вмикання транзисторів комутатора використані драйвери D3–D5. Зображені на схемі драйвери не дають змоги контролювати вихідний струм. У подальшому у схемі використовувались драйвери, що формують напругу, пропорційну до струму, через транзистор та апаратно вимикають транзистор при перевищенні заданого значення струму. Використання таких драйверів відображає струм, що протікає через вихідні транзистори.

У цій схемі для узгодження рівнів сигналів та гальванічного розділення сигналів мікроконтролера та інших модулів схеми використовувались оптопари.

Для синхронізації роботи сусідніх блоків використані дискретні сигнали, які подаються на мікроконтролер через роз'єм X3. Сигнали синхронізації дають змогу забезпечити синхронізацію внутрішніх таймерів блоків. Залежно від вибраного режиму така синхронізація дає можливість або почергово формувати вихідний сигнал на виводах блоків, або забезпечує заданий зсув фаз між вихідними сигналами блоків.

Висновок. Удосконалена структура принципової електричної схеми системи контролю та управління електромагнітним сепаратором забезпечує можливість підбору оптимальних режимів сепарації для матеріалів з різними феромагнітними характеристиками та фіксує ці режими у пам'яті системи контролю та управління. Використання пам'яті для фіксування режимів сепарації та запис статистики відтворюють будь-який режим сепарації з метою повторного використання.

1. *Справочник по обогащению руд. Основные процессы. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. О. С. Богданова. – М.: Недра, 1983. – 381 с.* 2. *Дискретные и непрерывные системы управления ЭП. – М.: МЭИ, 1983.* 3. Якубалик Э. К., Гришаев Д. В., Верхотуров М. В., Ермак Г. П. Сепарация высокосернистых железорудных промпродуктов в импульсных магнитных полях // *Горн. жур.* – 2000. – № 6. 4. Елфимов С. А. Самонастраивающийся импульсный электромагнитный сепаратор // *IV конгресс обогатителей стран СНГ. – 2003. – Т. 2. – С. 165.* 5. Елфимов С. А. Электромагнитный сепаратор-анализатор с пульсирующим магнитным полем // *XXV Гагаринские чтения: тезисы докл. Междунаrod. молодежной науч. конф. – М., 1999. – Т. 2.*