

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДРОБИЛЬНОГО ЦЕХУ НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ КОМБІНАТІ

Король С.В., к.т.н., доц., Іванов М.Д., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. На сучасних гірничо-збагачувальних комбінатах використовується велика кількість потужних (1-3 МВт) та малопотужних двигунів. Через велику складність та небезпечність процесу, вартість помилки має велику ціну, тому питання автоматизації на сучасних гірничо-збагачувальних комбінатах стоїть дуже гостро. Широке використання засобів автоматизації дозволяє зменшити вплив людини на технологічний процес до рівня контролю та моніторингу. Крім того комплексна автоматизація роботи цеху дозволить синхронізувати роботу обладнання, підвищити контрольованість процесу, автоматизувати запуск і відключення цеху і зменшити пікові навантаження на енергомережу.

Опис технологічного процесу.

Дробильний цех гірничо-збагачувального комбінату складається з 4 секцій, в кожній секції відбувається по 3 етапи дроблення і один етап фільтрації.

На першому етапі дроблення руда подається до двох паралельно працюючих млинів. Після млинів руда поступає у класифікатор руди, і туди ж подається вода, витрати якої контролюються.

Вимір щільності I, II, III стадій класифікації контролюється за рахунок радіоізотопних вимірювачів щільності ПМК-2 з блоками «Berthold» LG7440D.

Після класифікаторів руда поступає на магнітну сепарацію для відділення залізної руди від шлаку. Далі руда поступає на наступні магнітні сепаратори для перечистки. Після перечистки руда потрапляє на II-й етап. На першому етапі задіяно 2 приводи млина, 1 привод класифікатора, 2 привода насосів для подачі води, 1 привод насоса прокачки руди, 2 привода конвеєра, 2 привода магнітних сепаратора.

На другому етапі класифікації з технологічного зумпфу руда поступає на гідроциклон основної класифікації, а з нього на гідроциклон додаткової контрольної класифікації. Далі руда іде на млин II-го етапу, а з млина знову на зумпф та гідроциклони. Злив з гідроциклонів додаткової і контрольної класифікації йде на магнітну сепарацію III-го етапу. Злив з гідроциклону основної класифікації йде на дешламацію. Після магнітних дешламаторів руда йде знову до гідроциклонів додаткової контрольної класифікації.

На другому етапі класифікації використовується один привод млина, 5 приводів гідроциклонів, 5 приводів насосів подачі руди, один привод насосу подачі води, 2 привода магнітних дешламаторів.

На третьому етапі класифікації до технологічного зумпфу руда йде з магнітного сепаратора, з зумпфу руда переходить до гідроциклону. Піски (грубозерниста, згущена пульпа) гідроциклонів надходять до млина, а з млина до зумпфа III-го етапу. Злив з гідроциклонів переміщується до дешламаторів.

На третьому етапі класифікації задіяний один привод млина, 4 привода гідроциклонів, 4 привода насосів перекачки продукту, 3 привода магнітних дешламаторів.

Далі продукт разом з переливом вакуум-фільтрів поступає на магнітні сепаратори, і після цього поступає на вакуум фільтри. Після фільтрації концентрат конвеєрами відправляється на аглофабрику, або на склад концентрату.

У четвертому етапі фільтрації використовується 6 приводів магнітних сепараторів, 3 привода вакуум-фільтр, 2 привода конвеєра.

Мета роботи. Розробка функціональної схеми системи автоматизації процесу дроблення на гірничо збагачувальному комбінаті та концепції програми автоматизації.

Матеріал дослідження. Технологічний процес характеризується великими розмірами виробничого приміщення. Тому, щоб мінімізувати завади у сигналах керування і вимірювання, обрано розподілений тип системи автоматизації, коли біля кожного місця розміщення обладнання знаходиться мережевий вузол збору інформації з датчиків і видачі керуючих дій, рис. 1.

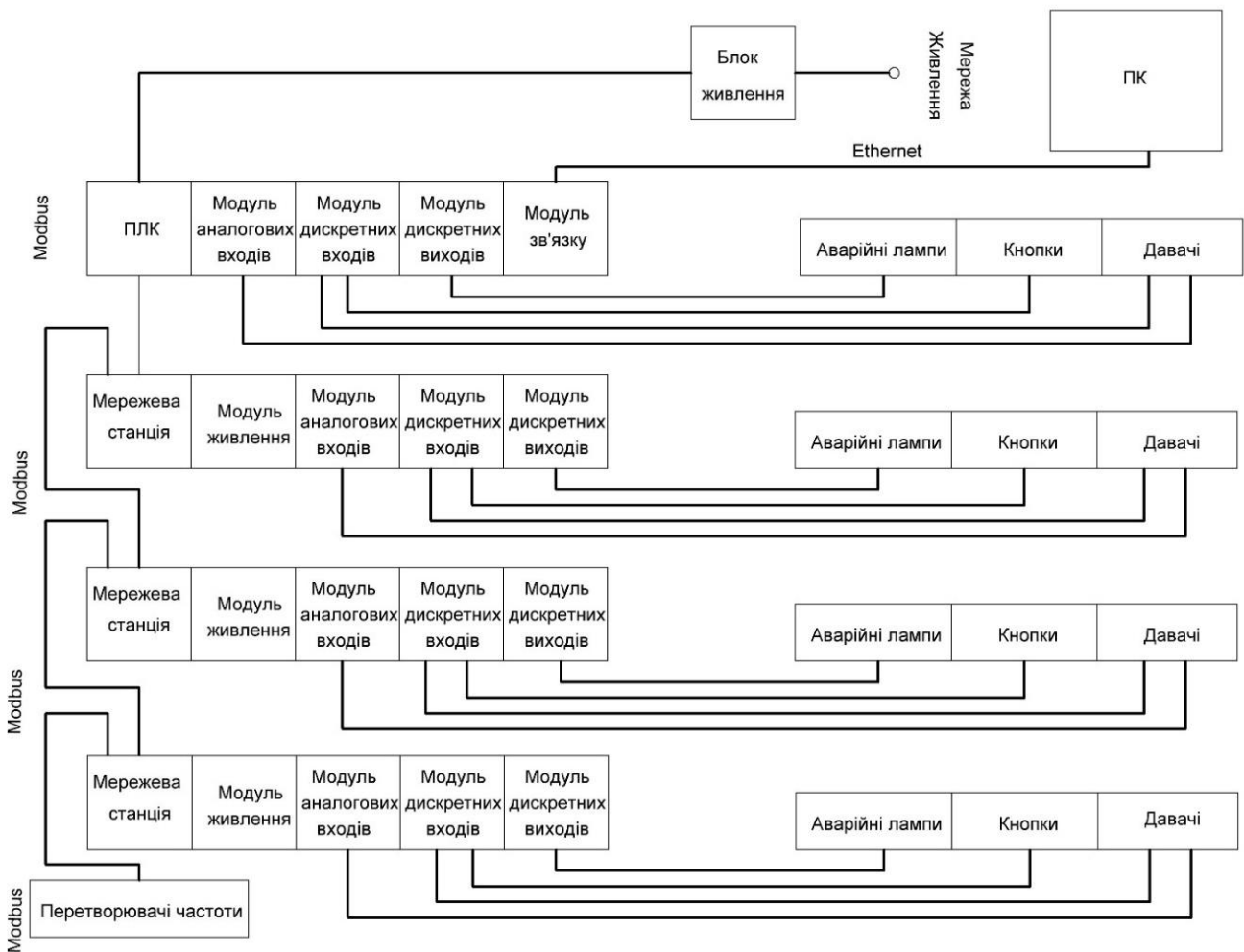


Рисунок 1 – Функціональна схема автоматизації технологічного процесу

Апаратну частину системи автоматизації пропонується реалізувати на обладнанні виробництва компанії Schneider Electric: ПЛК Modicon M241-

Modbus+Ethernet+CANopen (Центральний контролер системи автоматизації); комунікаційні модулі віддаленого вводу/виводу Modicon TM3 Bus Coupler (мережеві станція для кожного мережевого вузла); модулі вводу/виводу серії TM3 (для підключення датчиків і виконавчих пристроїв).

Кожна мережева станція забезпечує передачу від/до ПЛК значень дискретних та аналогових виходів/входів. Та збирає інформацію про їх стан та передає на ПЛК. Також через мережу Modbus ПЛК керує перетворювачами частоти, що дозволяє передавати сигнали керування на великі відстані. На схемі всі перетворювачі зображено одним блоком, це зроблено для спрощення схеми, на практиці для кожного двигуна встановлюється окремий перетворювач частоти. На мережеві станції приходять сигнали з давачів, кнопок, а також вони видають сигнали керування на аварійні лампи. Робота і всі сигнали системи автоматизації можуть контролюватися з робочого місця оператора за допомогою підключення його до центрального ПЛК через мережу Ethernet.

Всі виконавчі механізми приводяться в рух електричними двигунами, які виконують роль приводів млинів, насосів, магнітних сепараторів, дешламаторів та конвеєрів. В результаті аналізу роботи всіх видів виконавчих механізмів алгоритми їх роботи було розділено на три типи.

Алгоритм першого типу реалізує керування наступними об'єктами: конвеєри подачі руди з регулюванням швидкості конвеєра, млини, класифікатори, насоси подачі води у класифікатор з регулюванням затвору подачі води, гідроциклони, дешламатори та насоси подачі продукту на гідроциклон. Необхідність запуску цих об'єктів визначають універсальні зовнішні сигнали K і KK (для кожного механізму свої), а зупинки – сигнал S. Сигнали X та Y сигналізують про необхідність переходу на вищу та нижчу швидкість відповідно. Тобто при появі сигналу X двигун повинен зменшити швидкість до певної заданої, а при появі сигналу Y двигун збільшує швидкість на певне значення, яке задане для цього типу обладнання. У випадку керування заслонкою аналогічно відбувається керування кутовим положенням. Наступна зміна швидкості може відбутися тільки після витримки часу, яка фіксується таймером. Вихідні сигнали M1, M2, Sb, Sm це сигнали дозволу роботи відповідного обладнання.

Графоперехід для механізмів першої групи зображено на рис. 2. Результат синтезу може бути використаний для всіх об'єктів даного типу, потрібно лише замінити (присвоїти) універсальні змінні на сигнали конкретного виконавчого механізму.

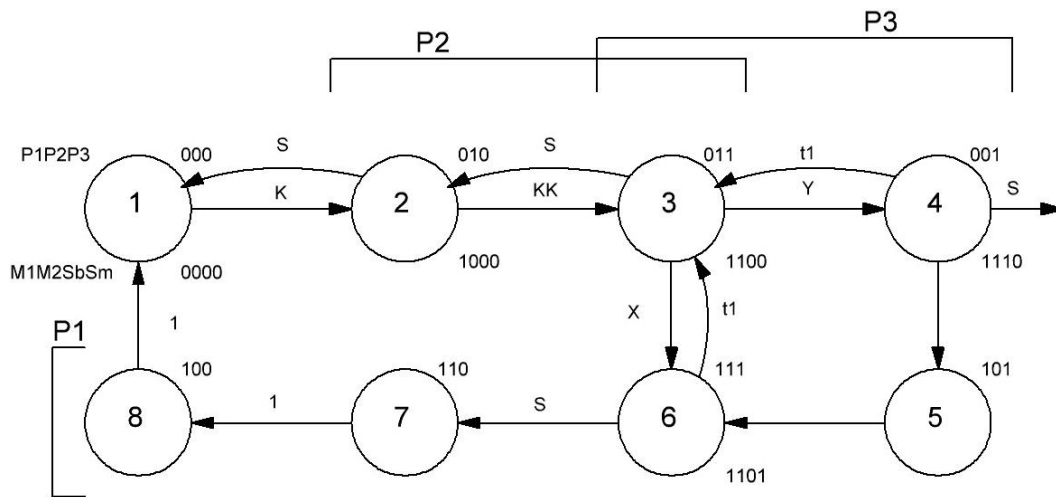


Рисунок 2 – Графоперехід для механізмів першої групи

Нижче наведено результати синтезу графопереходу першого типу.

$$\begin{aligned}
 Sp1 &= X \cdot p2 \cdot p3 \\
 Rp1 &= \overline{X} \cdot p2 \cdot p3 + \overline{p2} \cdot \overline{p3} \\
 Sp2 &= K \cdot \overline{p1} \cdot \overline{p3} + Y \cdot p1 \cdot \overline{p3} \\
 Rp2 &= s \cdot \overline{p1} \cdot \overline{p3} + Y \cdot p1 \cdot \overline{p3} \\
 Sp3 &= KK \cdot p1 \cdot \overline{p2} \\
 Rp3 &= S \cdot p1 \cdot \overline{p2} + s \cdot \overline{p1} \cdot \overline{p2} \\
 M1 &= \overline{p1} \cdot p2 \cdot \overline{p3} + \overline{p1} \cdot p2 \cdot p3 + \overline{p1} \cdot \overline{p2} \cdot p3 + p1 \cdot p2 \cdot p3 \\
 M2 &= \overline{p1} \cdot p2 \cdot p3 + \overline{p1} \cdot \overline{p2} \cdot p3 + \overline{p1} \cdot \overline{p2} \cdot p3 \\
 Sb &= \overline{p1} \cdot \overline{p2} \cdot p3 \\
 Sm &= p1 \cdot p2 \cdot p3 \\
 T1 &= p1 \cdot p2 \cdot p3 + \overline{p1} \cdot \overline{p2} \cdot p3
 \end{aligned}$$

Другий тип об'єктів керування – це магнітні сепаратори, а саме механізми зміни куту нахилу магнітної системи та заслонки регулювання робочого зазору магнітних сепараторів. Необхідність запуску обладнання цього типу визначає універсальний зовнішній сигнал К (для кожного механізму свій), а зупинки – сигнал S.

Сигнали Р та Q сигналізують про необхідність збільшення чи зменшення положення технологічного об'єкту відповідно. Тобто при появі сигналу Q заслонка чи магнітна система повинні змінити своє положення до певного заданого (у сторону зменшення), а при появі сигналу Р відповідний параметр має збільшитись. Вихідні сигнали МЗ, Ub, Um це сигнали дозволу роботи відповідного обладнання.

Графоперехід для механізмів другої групи зображено на рис. 3. Результат синтезу також може бути використаний для всіх об'єктів даного типу після заміни універсальних змінних на сигнали конкретного виконавчого механізму.

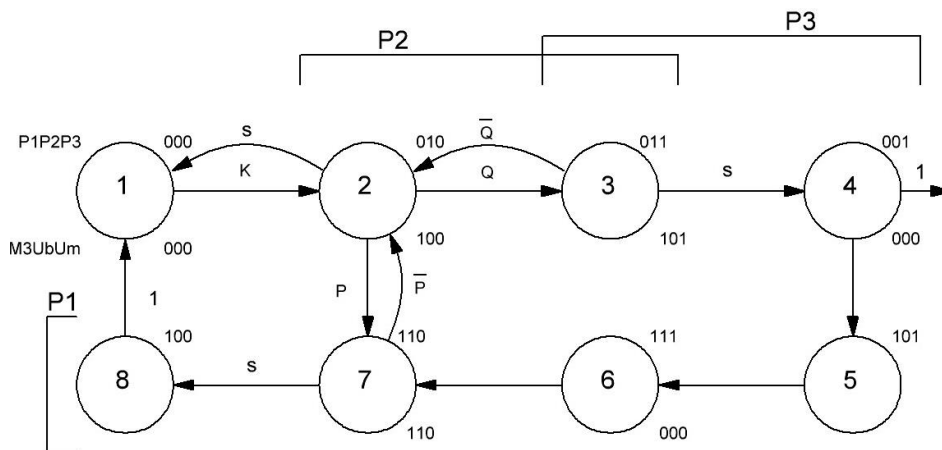


Рисунок 3 – Графоперехід для механізмів другої групи

Нижче наведено результуючі функції керування для графопереходу другого типу.

$$\begin{aligned}
 Sp1 &= P \cdot p2 \cdot \overline{p3} \\
 Rp1 &= \overline{P} \cdot p2 \cdot \overline{p3} + \overline{p2} \cdot \overline{p3} \\
 Sp2 &= k \cdot \overline{p1} \cdot \overline{p3} \\
 Rp2 &= s \cdot \overline{p1} \cdot p3 + s \cdot p1 \cdot \overline{p3} \\
 Sp3 &= Q \cdot \overline{p1} \cdot p2 \\
 Rp3 &= \overline{Q} \cdot \overline{p1} \cdot p2 + \overline{p1} \cdot \overline{p2} \\
 M3 &= p1 \cdot \overline{p2} \cdot \overline{p3} + \overline{p1} \cdot p2 \cdot p3 + p1 \cdot p2 \cdot \overline{p3} \\
 Ub &= \overline{p1} \cdot p2 \cdot \overline{p3} \\
 Um &= \overline{p1} \cdot p2 \cdot p3
 \end{aligned}$$

Третій тип об'єктів керування – двигуни насосів і млинів, які не потребують регулювання. Необхідність переходу обладнання до підготовчого режиму запуску визначає універсальний зовнішній сигнал Мп-1 (для кожного механізму свій), а безпосередньо запуск обладнання виконується при надходженні сигналу dpulp (для кожного механізму свій). Зупинки – сигнал S. Вихідні сигнали М4, М5, М6 це сигнали дозволу роботи відповідного обладнання.

Графоперехід для механізмів третього типу зображено на рис. 4. Результат синтезу також може бути використаний для всіх об'єктів даного типу.

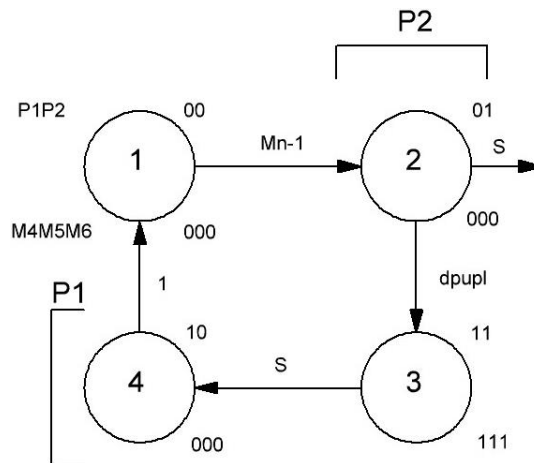


Рисунок 4 – Графоперехід для механізмів третьої групи

Нижче наведено результуючі функції керування отримані за третім графопереходом.

$$\begin{aligned}
 Sp1 &= dpupl \cdot p2 \\
 Rp1 &= \overline{p2} \\
 Sp2 &= Mn - 1 \cdot \overline{p1} \\
 Rp2 &= s \cdot \overline{p1} + s \cdot p1 \\
 M4 &= p1 \cdot p2 \\
 M5 &= p1 \cdot p2 \\
 M6 &= p1 \cdot p2
 \end{aligned}$$

Висновки. Розроблено концепцію функціональної схеми автоматичного керування обладнанням дробильної фабрики, яка дозволить реалізувати керування обладнанням, яке розосереджене на великій траєкторії. В результаті аналізу особливостей технологічного процесу все обладнання було розділено на три групи, і для кожної групи запропоновано один універсальний алгоритм керування, який реалізує запуск зупинку і регулювання основного технологічного параметру для всіх об'єктів своєї групи.

Перелік посилань

1. Маринич И.А. Реализация распределенной системы автоматического управления дробильно-измельчительным комплексом на базе промышленных контроллеров Schneider Electric // Наукові записки українського науково-дослідного інституту зв'язку. 2014. № 4 (17). С.92-98.
2. Сибирцева Н.Б., Потапенко А.Н., Семернин А.Н. Особенности автоматизации загрузки сырьевой мельницы в составе систем АСДУ // Механика и машиностроение . 2011. С.1-5.
3. Лукьянов В.Г. Горные машины и проведение горно-разведочных выработок. Томс: ЮРАЙТ, 2016. 350 с.