

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕГУЛЯТОРА НАВАНТАЖЕННЯ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ ВИДОБУВНИХ КОМБАЙНІВ УКД 200-250

Коровін В.С., магістрант, korovin.vic@gmail.com
Поцєпаєв В.В., к.т.н., доцент, valerii.potsepaiev@donntu.edu.ua

Виймка тонких пологих вугільних пластів потужністю 0,85...1,3 м в Україні здебільше ведеться видобувними комбайнами УКД200-250, оснащеними винесеною системою подачі. Обмеженість робочого простору в умовах тонкого пласта, а тому важкі умови праці обслуговуючого персоналу, вимагають максимальний рівень автоматизації технологічних режимів комбайна.

В системі автоматичного керування комбайном (САК) функція автоматичного керування навантаженням здійснюється регулятором навантаження привода різання, який входить до складу серійної апаратури автоматизації КД-А та більш пізнього її аналога РЕТ.

Електромагнітні муфти і гальма ковзання забезпечують можливість автоматичного регулювання моменту і швидкості обертання вихідного валу електропривода при малій потужності управління, високій надійності та відносно низькій ціні.

ЕГК (електромагнітне гальмо ковзання) має значні переваги порівняно з електромагнітною муфтою. Є легко керованим передатним елементом приводу. Воно має невеликі габарити і вагу, не має ковзаючих контактів, що створюють іскріння, що полегшує його іскробезпечне виконання. Привід з ЕГК забезпечує можливість плавного регулювання крутного моменту приводу і регулювання швидкості подачі комбайна в потрібному діапазоні.

Багато уваги та зусиль на дослідження динаміки та режимів роботи видобувних комбайнів докладено колективом авторів під керівництвом професора ДонНТУ Н.Г. Бойко. Для завдань цієї роботи важливим висновком з низки його робіт є синхронізація коливань корпусу комбайна збуреннями з виконавчих органів.

Аналіз існуючого регулятора навантаження. Найкращим чином структуру та ідеологію побудови існуючого регулятора навантаження приводів подачі та приводу виконавчих органів в промисловій апаратурі керування комбайнами УКД200-250 та іншими комбайнами з ВСП видно з опису патенту (авторського свідоцтва на винахід). Структура регулятора гірничої машини наведена на рис. 1.

Відмінною ознакою конструкції даного регулятора від інших винаходів у цій галузі є наявність керованого ключа, що на певний час розриває сигнал регулювання.

Імпульсний елемент 7 представляє собою генератор 18 прямокутних імпульсів, вихід якого через діод 19 підключений до затвору польового транзистора 20, витокom з'єднаного з виходом елемента 6 порівняння, а стоком – зі входом інтегруючого елемента 8.

Різнопolarity прямокутні імпульси генератора 18 керують ключем таким чином, що польовий транзистор відкритий на час 0,5с, закритий на протязі 1с. Тобто, на протязі 0,5с система замкнена, а 1с – розімкнена.

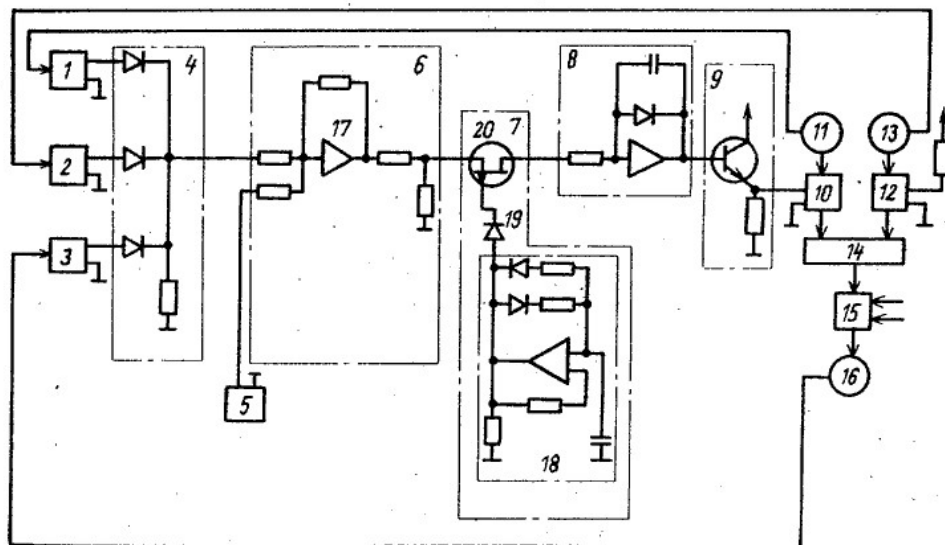


Рисунок 1. – Структура регулятора навантаження в патенті 1076578

Автори винаходу вважають, що така структура системи дозволяє при високому коефіцієнті передачі забезпечити високу якість регулювання навантаження при забезпеченні стійкості, оскільки керуючий вплив не змінюється на час перехідного процесу його відпрацювання інерційним об'єктом з запізненням. Викладене викликає великі сумніви щодо доцільності вводу запізнення в систему за рахунок пауз при закритому ключі і позитивному впливу цього на якість керування і особливо на стійкість системи.

Розглянута математична модель САК комбайном з ВСП є складною нелінійною системою високого порядку, в якій навантаження на виконавчих органах обчислюються програмно за складним алгоритмом. Тому методом досліджень системи та синтезу регулятора навантаження обрано моделювання в середовищі Simulink системи MATLAB.

Блок-діаграма повної моделі САК комбайном з ВСП в Simulink наведена на рис. 2. В моделі в контурі стабілізації швидкості приводу використано адаптивний ПД регулятор, що налаштовує коефіцієнт при похідній до зміни індуктивності обмотки збудження внаслідок насичення магнітопроводу електромагнітного гальма або муфти. Адаптивний регулятор дозволяє скоротити час регулювання тим самим покращуючи динамічні властивості приводу.

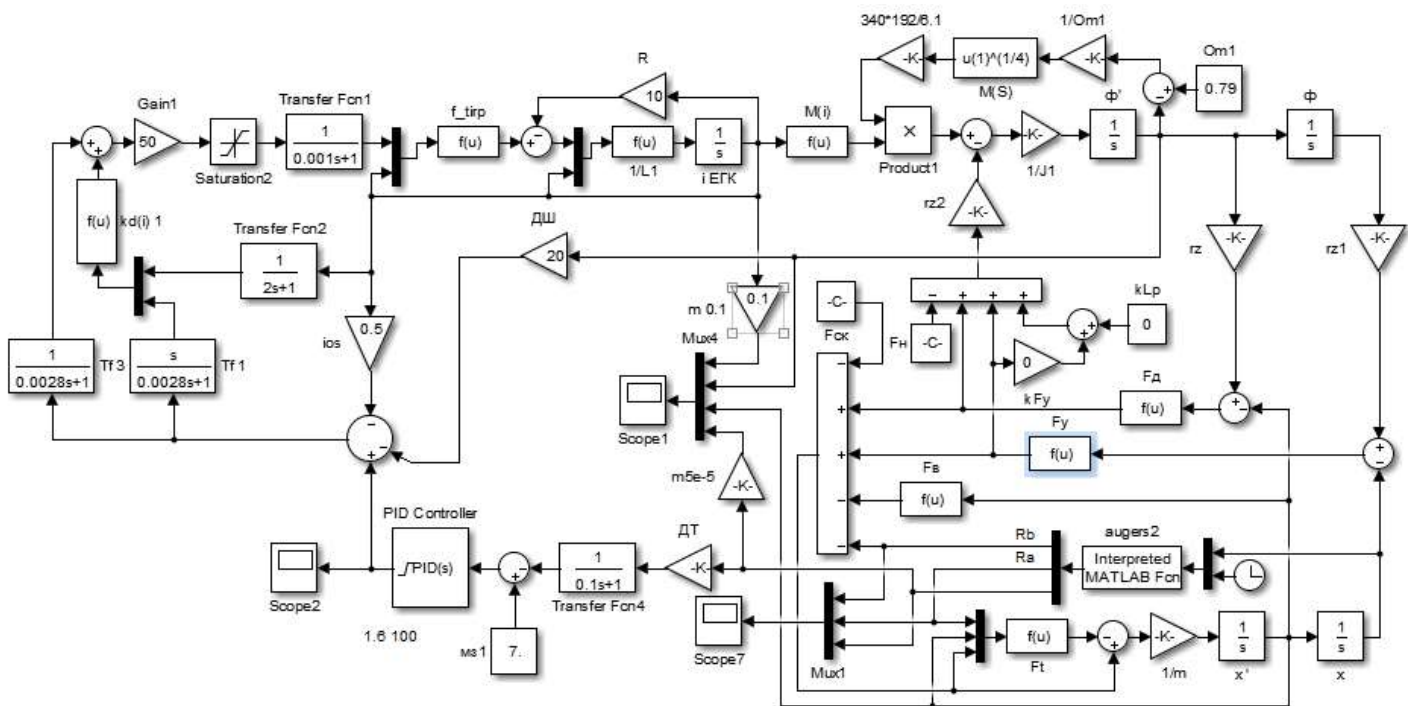


Рисунок – 2. Блок-діаграма моделі САК комбайном з ВСП виконана в Simulink з інтегральним регулятором навантаження

У ході роботи було також проведено реалізацію в Simulink математичної моделі з промисловим регулятором навантаження, що описаний в патенті №1076578. Ключ, що керується імпульсним елементом, між елементом неузгодження та інтегратором реалізовано за допомогою блоку множення та генератора прямокутних імпульсів. Генератор має період 1,5 с з тривалістю імпульсу 1с, як описано в патенті. В іншому моделі ідентичні.

Особливістю контуру регулювання навантаження є висока питома вага періодичної складової в сигналі зворотного зв'язку по струму управління, що визначається кінематичною невідновженістю виконавчого органу та його конструкцією, а також коливаннями корпусу комбайна зважаючи на наявність пружного тягового органу. Причому період основної гармоніки (1,63 Гц) практично співпадає з часовими характеристиками об'єкта керування, що унеможливає фільтрацію сигналу датчика струму електродвигуна привода різання при прийнятній швидкодії регулювання. Тому практично єдиним законом регулювання є інтегральний, який мінімізує періодичну складову в сигналі завдання швидкості подачі, до того ж забезпечить мінімальну помилку регулювання в умовно усталеному режимі.

Дослідження розробленого та промислового регулятора навантаження. Головним завданням дослідження було визначення коефіцієнта передачі інтегрального регулятора навантаження, який з одного боку забезпечує мінімальний час регулювання, з другого – перехідні процеси як по збуренню,

так і по впливу завдання без перерегулювання по струму електродвигуна виконавчих органів. В процесі моделювання було встановлено значення коефіцієнта 1,6. Малі відхилення від вказаного значення не змінювали показників якості регулювання, що свідчить про робастність системи.

На динамічні процеси в системі суттєво впливає довжина тягового ланцюга. В зв'язку з цим дослідження рухів системи проводилося для різних довжин тягового ланцюга та досліджувались відпрацювання збурень по зміні опірності вугілля різанню в автоматичному режимі роботи комбайна.

В усіх розглянутих модельних експериментах робота комбайна починалася при опірності вугілля різанню 350Н/мм. На 20-тій секунді опірність зменшувалась стрибком до значення 250Н/мм, на 40-вій секунді опірність знову стрибкоподібно зменшувалась до 200Н/мм. Починаючи з 60- тої секунди, опірність підвищувалась стрибком до рівня 250Н/мм, а з 80-тої – знову підвищувалась до значення 350Н/мм.

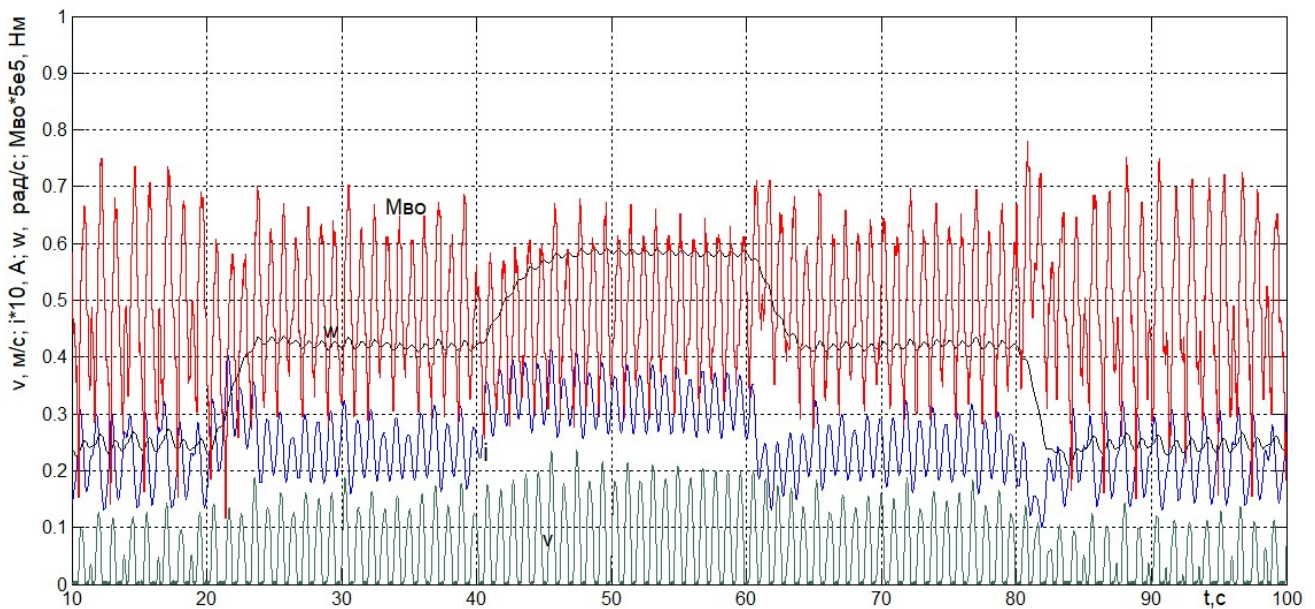


Рисунок – 3 Автоматичний режим роботи комбайна з розробленим регулятором при довжині ланцюга 200м

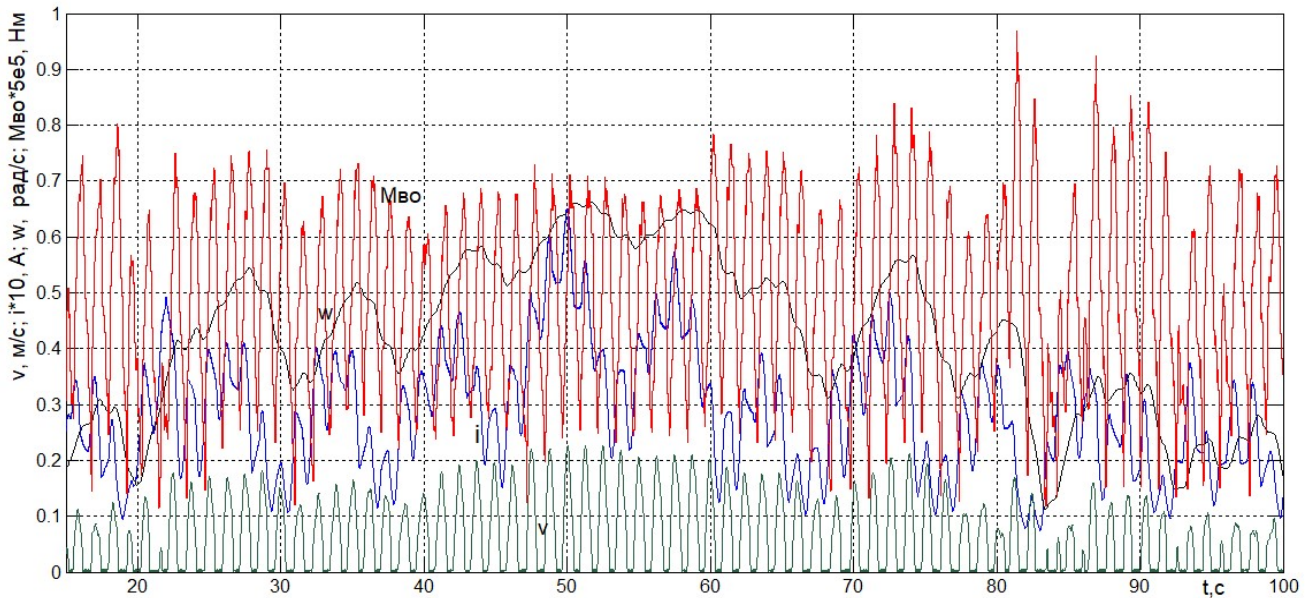


Рисунок – 4 Автоматичний режим роботи комбайна з промисловим регулятором при довжині ланцюга 200м

Робота розробленого регулятора забезпечує якісну стабілізацію навантаження при всіх збуреннях. Збільшена амплітуда коливань кутової швидкості при її значенні 0,25 рад/с (відповідає середній швидкості комбайна 2,25 м/хв.) є наслідком більшої амплітуди коливань пружного зусилля при довжині ланцюга 100м в порівнянні з 20м.

При використанні промислового регулятора мають місце значні коливання кутової швидкості приводу подачі особливо при кутовій швидкості в усталеному режимі 0,25 рад/с та 0,42 рад/с. Такі коливання суттєво збільшують втомний знос редукторів приводів подачі й різання.

Модельний експеримент досліджень роботи розробленого та промислового регулятора при довжині тягового ланцюга 200м представлено відповідно на рис. 3 та рис. 4.

В цих умовах розроблений регулятор забезпечує високі показники якості регулювання навантажень на виконавчих органах комбайна, коливальність відсутня при всіх збуреннях та в усьому діапазоні швидкостей подачі.

З промисловим регулятором має місце високодинамічний коливальний процес на грані втрати системою стійкості при будь яких збуреннях та в усьому діапазоні швидкостей подачі, що робить неприйнятним його використання.

Література

1. А.С. 1076578 СССР. Автоматический регулятор нагрузки горной машины / Л.Я. Косяковский, В.В. Поцпаев, А.А. Иванин. Научно-производственное объединение по созданию и выпуску средств автоматизации горных машин «Автоматгормаш».- заявл. 28.10.81; опубл. 28.02.84, Бюл. № 8.

2. Поцехаев В.В Математична модель навантажень на виконавчих органах видобувного комбайна / В.В. Поцехаев // Матеріали сьомої міжнародної науково-технічної конференції "Моделювання і комп'ютерна графіка" 18-24 вересня 2017 року, м. Покровськ, м. Київ . – м. Покровськ: ДонНТУ, 2017. – 285 с. С. 263-266.

3. Куш Г.І. Дослідження та розробка адаптивної системи автоматичного управління приводом в винесеній системі подачі видобувного комбайна: кваліфікаційна робота магістра / Г.І. Куш. – Покровськ: ДонНТУ, 2018. – 76с.

4. Бойко Н.Г. Очистные комбайны для тонких пологих пластов. - Донецк: ДНВЗ «ДонНТУ». 2010. - 476 с.

Анотація

Робота присвячена дослідженню та розробці регулятора навантаження приводу виконавчих органів видобувного комбайна з винесеною системою подачі. Дослідження виконано на імітаційній моделі, реалізованій в середовищі Simulink. В результаті порівняльних модельних експериментів встановлено, що серійний регулятор навантаження не забезпечує прийнятної якості регулювання навантаження. Натомість запропонований в роботі регулятор навантаження забезпечує стійкість системи та високу якість стабілізації навантажень.

Ключові слова: Система автоматичного керування, видобувний комбайн, навантаження виконавчих органів, якість регулювання.

Аннотация

Работа посвящена исследованию и разработке регулятора нагрузки привода исполнительных органов очистного комбайна с вынесенной системой подачи. Исследование выполнено на имитационной модели, реализованной в среде Simulink. В результате сравнительных модельных экспериментов установлено, что серийный регулятор нагрузки не обеспечивает приемлемого качества регулирования нагрузки. Предложенный в работе регулятор нагрузки обеспечивает устойчивость системы и высокое качество стабилизации нагрузок.

Ключевые слова: Система автоматического управления, очистной комбайн, нагрузка исполнительных органов, качество регулирования.

Abstract

The work is devoted to the research and development of the load regulator of the drive of the executive bodies of the shearer with a remote feed system. The study was performed on a simulation model implemented in the Simulink environment. As a result of comparative model experiments, it was found that a serial load regulator does not provide an acceptable quality of load regulation. The load regulator proposed in the work provides system stability and high quality load stabilization.

Keywords: automatic control system, shearer, load of executive bodies, quality of regulation.