

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно–інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії
(повне найменування інституту, назва факультету)
та радіоелектроніки

Кафедра Автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
В.В. Поцєпаєв
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” 2019 р.

Випускна кваліфікаційна робота
магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження та модернізація блоку регулювання швидкості та навантаження комбайнів УКД200-250»

Виконав : студент 2 курсу, групи СУАм-18
(шифр групи)

напряму підготовки (спеціальності) 151
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Рак О. В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник Поцєпаєв В. В. к.т.н. доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

*Засвідчую, що у цій випускній
кваліфікаційній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.*
Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Факультет Комп'ютерно–інтегрованих технологій, автоматизації,
електроінженерії та радіоелектроніки

(назва)

Кафедра Автоматики тателекомунікацій

(назва)

Допустити до захисту:

Декан фКІТАЕР

Е.А. Петелін _____
(підпис та дата)

Захист

відбувся _____
(дата)

з оцінкою _____

секретар

ДЕК _____
(підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему «Дослідження та модернізація блоку регулювання швидкості та
навантаження комбайнів УКД200-250»

Виконавець студент групи СУАм–18

Рак О. В.

Керівник

Поцєпаєв В.В.

Зав. кафедри «АТ»

Поцєпаєв В.В.

Консультанти

Нормоконтролер

Жуковська Д.О.

Покровськ– 2019 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації
електроінженерії та радіоелектроніки
Кафедра автоматика та телекомунікації
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ /_Поцєпаєв В.В./

“ _____ ” _____ 2019

року

З А В Д А Н Н Я НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Рак Олександр Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження та модернізація блоку регулювання швидкості та навантаження комбайнів УКД200-250

керівник роботи: Поцєпаєв В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від “ 24 ” 07 2019 року № 440

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: Дослідження та розробка штрекової частини системи телемеханічного керування комбайнів УКД200-250

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1) Виконати аналіз структури та характеристик серійного регулятора навантаження та його принципової схеми видобувним комбайном УКД200-250.

2) Виконати дослідження математичної моделі регулятора навантаження приводів виконавчих органів комбайна УКД200-250.

3) Розробити реалізацію регулятора навантаження на панельному контролері visiGRAF .

4) Виконати заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Виконати аналіз структури та характеристик серійного регулятора навантаження та його принципової схеми видобувним комбайном УКД200-250.	25.10.19	
2	Виконати дослідження математичної моделі регулятора навантаження приводів виконавчих органів комбайна УКД200-250	2.11.19	
3	Розробити реалізацію регулятора навантаження на панельному контролері visiGRAF	15.11.19	
4	Розробка заходів з охорони праці	20.11.19	
5	Оформлення магістерської роботи	25.11.19	
6	Підготовка до захисту магістерської роботи	10.12.19	
7	Захист магістерської роботи	20.12.19	

Студент

_____ (підпис)

Рак О. В.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

В.В.

(підпис)

Поцєпась

(прізвище та ініціали)

Лист зауважень

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Рак О.В. Дослідження та модернізація блоку регулювання швидкості та навантаження комбайнів УКД200-250 / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2019.

Пояснювальна записка: 72 сторінки, 13 рисунків, 1 таблиця, 35 посилань на використану літературу.

Об'єкт розробки – регулятор навантаження видобувного комбайна УКД200-250.

Мета – дослідження та апаратна реалізація регулятора навантаження виконавчих органів.

Методи й засоби розробки: методи побудови систем автоматичного керування, методи системотехніки, методи реалізації алгоритмів автоматичного керування на сучасних контролерах.

Результат розробки – регулятор навантаження видобувного комбайна УКД200-250 на контролері visiGRAF.

ВИДОБУВНИЙ КОМБАЙН, КОНТРОЛЕР, РЕГУЛЯТОР НАВАНТАЖЕННЯ.

Список публікацій здобувача:

Рак О.В., Жовтобрух С.А., Аналіз функціональних можливостей апаратури автоматизації очисних комбайнів з ВСП[Текст], Всеукраїнська науково – технічна конференція молодих учених, аспірантів та студентів «Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень» (АКУ – 2017), 23 – 24 травня 2017 р, ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ 2017. – С. 193.

ANNOTATION

Rak O.V. Research and modernization of the block of regulation of speed and loading of combines UKD200-250 / Graduation qualification work for the degree "Master" in the specialty 151 "Automation and computer-integrated technologies". DVNZ DonNTU, Pokrovsk, 2019.

Explanatory note: 72 pages, 13 figures, 1 table, 35 references to used literature.

The object of development is the load regulator of the harvester UKD200-250.

Purpose - research and hardware implementation of the load regulator of executive bodies.

Development methods and methods: methods of construction of automatic control systems, methods of system engineering, methods of implementation of algorithms of automatic control on modern controllers.

The result of the development is the load regulator of the harvester UKD200-250 on the visiGRAF controller.

COAL COMBINE, CONTROLLER, LOAD CONTROLLER.

List of publications of the applicant:

Rak OV, Potsepayev VV, Zhovtobrukh SA, Functional Analysis of Automation of Cleaning Combine Harvesters from VSP [Text], All-Ukrainian Scientific and Technical Conference of Young Scientists, Graduate Students and Students «Automation, Control and Management: Search of Ideas and Decisions »(ACU - 2017), May 23 - 24, 2017, State Technical University“ DonNTU ”, Pokrovsk, 2017. - P. 193.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ	
УКД200-250.....	15
1.1.1 Характеристики видобувного комбайна УКД200-250.....	15
1.1.2 Характеристики електродвигуна приводу виконавчих органів	15
1.1.3 Характеристики винесеної системи подачі	19
1.2 Аналіз функцій та елементної бази регулятора навантаження та	
Швидкості РЕТ	23
Висновки по розділу 1.....	26
2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ САК КОМБАЙНА УКД200-250.....	28
2.1 Еквівалентна схема та система рівнянь	28
2.2 Реалізація математичної моделі САК комбайном з ВСП	34
Висновки по розділу 2.....	39
3. РОЗРОБКА РЕГУЛЯТОРА ШВИДКОСТІ ПОДАЧІ ТА	
НАВАНТАЖЕННЯ КОМБАЙНА З ВИНЕСЕНОЮ СИСТЕМОЮ	
ПОДАЧІ.....	40
3.1 Технічні вимоги до розробки регулятора навантаження.....	40
3.2 Вихідні дані для розробки регулятора навантаження	
та швидкості.....	41
3.3 Програмування регулятора швидкості подачі та	
навантаження приводу різання	46
Висновки по розділу 3	46
4 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ ИТУАЦІЯХ.....	47
4.1 Потенційні небезпеки і шкідливості на об'єкті	
дослідження.....	47
4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці користувача ПК.....	51
4.2.1 Організація робочого місця користувача	
ПК.....	53

4.2.1.1 Освітлення робочого місця користувача ПК.....	53
4.2.1.2 Шум на робочому місті користувача ПК.....	54
4.2.1.3 Параметри мікроклімату робочого міста користувача ПК.....	55
4.2.2 Планування і оснащення робочого місця користувача ПК.....	56
4.2.3 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення.....	57
4.2.4 Розрахунок рівня шуму на робочому місті користувача ПК.....	59
4.3 Забезпечення безпеки при надзвичайних ситуаціях.....	61
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64
ДОДАТОК А Технічні характеристики видобувного комбайна УКД200-250.....	63
ДОДАТОК Б Технічні характеристики електродвигуна ЕКВК4-220.....	65
комбайна УКД200-250.....	63
ДОДАТОК В Технічні характеристики винесеної системи подачі.....	67
ДОДАТОК Г Технічні характеристики видобувного контролера visiGRAF..	70
ДОДАТОК Д Технічні характеристики tCON.....	72

Випускна кваліфікаційна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження та модернізація блоку регулювання швидкості та навантаження комбайнів УКД200-250»

Виконав : студент 2 курсу, групи

СУАм-18

(шифр групи)

напряму підготовки (спеціальності)

151

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Рак О. В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

ВСТУП

Актуальність роботи. Основні промислові запаси вугілля України зосереджені в тонких пологих пластах потужністю 0,8...1,3 м. Відпрацювання таких пластів в основному ведеться видобувними комбайнами УКД200-250 з винесеною системою подачі. Винесена система подачі дозволяє скоротити довжину комбайна більш ніж на два метри, що дуже важливо в умовах тонкого пласта з порушеннями.

Важкі умови праці обслуговуючого персоналу, що визначає обмеженість робочого простору в умовах тонкого пласта, вимагають максимальний рівень автоматизації технологічних режимів комбайна. Це в першу чергу стосується автоматичного режиму розробки пласта, при якому швидкість подачі визначається регулятором навантаження в залежності від навантаження приводу різання комбайна. В автоматичному режимі стабілізується потужність електродвигуна виконавчих органів на номінальному рівні, що забезпечує максимальну продуктивність комбайна при варіації опірності вугілля різанню вздовж лави.

В системі автоматичного керування комбайном (САК) автоматичне керування навантаженням здійснюється регулятором навантаження привода різання, який є складовою серійної апаратури автоматизації КД-А та більш пізнього її аналога РЕТ. Регулятор навантаження не переглядався з початку 80-тих років. З огляду на викладене, дослідження та модернізація регулятора навантаження привода виконавчих органів є актуальним науково – технічним завданням.

Метою роботи є реалізація регулятора навантаження та швидкості привода винесеною системою подачі комбайна УКД 200 – 250 на сучасному контролері.

Методи дослідження. методи побудови систем автоматичного керування, методи системотехніки, методи реалізації алгоритмів автоматичного

керування на сучасних контролерах. Методи програмування сучасних контролерів.

Завдання роботи, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети:

Виконати аналіз структури та основних характеристик САК видобувним комбайном УКД200-250.

Виконати аналіз структури та параметрів серійного регулятора навантаження приводу виконавчих органів в апаратурі автоматизації комбайнів з ВСП КД-А та РЕТ.

Розробити математичну модель САК комбайном з ВСП та її реалізацію в середовищі моделювання.

Виконати дослідження та апаратну модернізацію регулятора навантаження приводу виконавчих органів комбайна УКД200-250.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблена структура та параметри регулятора навантаження приводу виконавчих органів можуть бути використані при модернізації апаратури автоматизації комбайнів з винесеною системою подачі ВСПК УКД200-250, КА85, КА90, К200 та ГШ200В .

Апробація роботи. Основні положення магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «АКУ»: автоматизація, контроль управління 24 травня 2017 року та V Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих учених, аспірантів та студентів «Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень» (АКУ-2019), 22-23 травня 2019 р., ДонНТУ, м. Покровськ.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи . Структура кваліфікаційної роботи магістра відповідає визначеному науковим керівником плану наукового дослідження, меті та завданням дослідження, методам досягнення мети. Робота містить анотацію, вступ, чотири розділи, основні висновки та перелік використаної літератури. Загальний обсяг

роботи складає 68 сторінок машинописного тексту, 13 рисунків, 1 таблицю та 35 посилань на використану літературу.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ ТА ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1.1 Характеристики видобувного комбайна УКД200-250

Видобувний комбайн УКД200-250 з винесеною системою подачі ВСПК показано на рис. 1.1 [1].



Рисунок 1.1 – Видобувний комбайн УКД200-250 з винесеною системою подачі ВСПК

Комбайн УКД 200-250 призначений для виїмки тонких похилих пластів потужністю 0,85...1,35 МВт. Характеристики комбайна наведені у додатку А.

1.1.2 Характеристики електродвигуна приводу виконавчих органів

Наступним важливим пристроєм видобувного комбайна, що безпосередньо відноситься до цієї роботи, є Електродвигун приводу

виконавчих органів, є головним регульованим пристроєм при автоматичному режимі роботи комбайна (його струм або потужність приводу виконавчих органів). В комбайнах УКД200-250 в приводі різання застосовано вибухозахищений асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором ЕКВК4-220, що спеціально розроблений для комплектації названих комбайнів інститутом ДП «УкрНДІВЕ» [2] додаток Б.



Рисунок 1.2 – Електродвигун приводу різання ЕКВК4-220

1.1.3 Характеристики винесеної системи подачі

Винесена система подачі (ВСП або ВСПК) видобувних комбайнів УКД200-250 конструктивно виконана у вигляді двох приводів, розташованих на рамах головок скребкового конвеєра. Кожний з приводів має можливість пересуватись вздовж рами за допомогою гідродомкратів, що дозволяє регулювати натягнення ланцюгового контуру. Вихідний вал кожного привода оснащується приводною зіркою, котра переміщує замкнений ланцюговий контур, розташований у вертикальній площині. В розрив верхньої частини ланцюгового контуру закріплено корпус комбайна.

Верхня гілка ланцюгового контуру між комбайном та приводом, в напрямку якого здійснюється рух, за усталеною термінологією є робочою. Інші гілки ланцюгового контуру - холості, відповідно верхня холоста і нижня холоста гілка. Всі гілки тягового ланцюга рухаються в спеціальному

захисному жолобі, ланки якого закріплені на рештаках скребкового конвеєра. Таким чином, ланцюговий контур є закритим, що усуває можливість травмування обслуговуючого персоналу. Але закритість цепного контуру спричиняє значні втрати потужності приводів на тертя тягового ланцюга при скривленнях конвеєрного ставу та переміщення мокрого штабу в жолобах та напрямних вздовж лави і може призвести до заштибовки ланцюга при тривалих простоях комбайна. До того ж тертя ланцюга є причиною його достатньо швидкого зносу та необхідності заміни приблизно двічі на рік.

Викладене свідчить, що зусилля, необхідне для переміщення ланцюгового контуру в ВСП, змінюється в широких межах і визначається довжиною лави, довжиною робочої гілки тягового ланцюга, ступенем скривлення машинної дороги при задвижці секцій кріпи, заштибованості ланцюга в жолобах, вологості вугілля. Це визначило технічні вимоги до гарантованих тягових зусиль, що має забезпечувати ВСП [3]. Зовнішній вигляд винесеного привода подачі з електромагнітним гальмом ковзання (ЕГК) в якості варіатора швидкості подачі у складі винесеної системи подачі ВСПК2, яка виробляється харківським заводом «Світло шахтаря», наведено на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд винесеного привода подачі з ЕГК у складі ВСПК2

1.2 Аналіз функцій та елементної бази регулятора навантаження та швидкості РЕТ.

Регулятор навантаження і швидкості (рис.1.4) представляє собою вибухобезпечну оболонку, в якій розміщені: роз'єднувач, джерело живлення типу ІП15-127, блок БВ-РНШ, блок БВП.

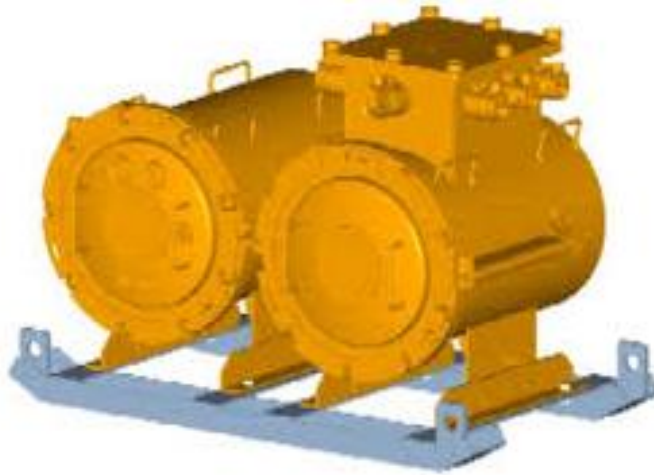


Рисунок 1.4 – Регулятор навантаження та швидкості

Регулятор навантаження та швидкості (рис.1.5) складається з наступних блоків, які розміщені на двох відкидних панелях:

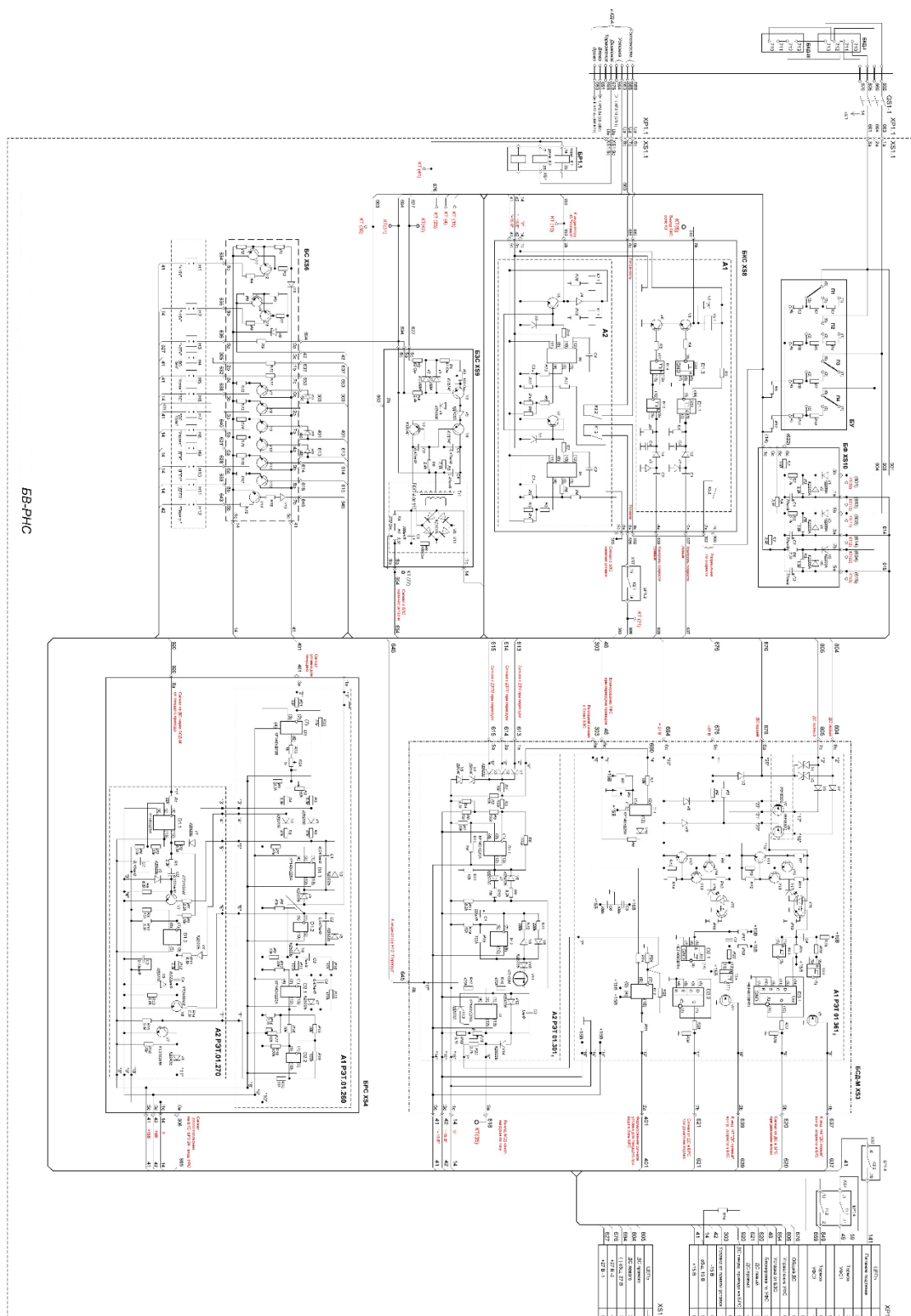


Рисунок 1.5 – схема принципова БВ - РНС

- Блок фільтрів БФ призначений для фільтрації сигналів, що надходять з датчиків струму, пропорційних поточним значенням струмів електродвигунів комбайна та подачі;
- Блок реле БРЗ-24;
- Блок узгоджувальний БС призначений для узгодження сигналів які надходять на поодинокі індикатори РНС;
- Блок БЗС призначений для формування сигналу пропорційного заданої швидкості подачі, що задається з пульта машиніста комбайна (ПМК);
- Блок контролю швидкості БКС призначений для блокування подачі напруги в муфту при відсутності імпульсних сигналів з датчиків швидкості, а
- також при неприпустимій величині напруги уставки;
- Блок БРС1 призначений для регулювання приводів швидкості подачі ВСП і являє собою регулятор з ПІД-законом регулювання;
- Блок БСД (блок сполучення датчиків) призначена для зниження рівня уставки швидкості подачі при перевищенні струмів приводів подачі і комбайна, а також блокування роботи блоків УФС при заклинюванні приводів комбайна, чим забезпечується відключення подачі комбайна;

Необхідна величина швидкості подачі встановлюється задатчиком швидкості подачі. Задатчик швидкості подачі представляє собою перемикач з набором резисторів.

Блок вихідних підсилювачів (рис.1.6) має наступну складову:

- Пристрій фазоздвигаючий УФС, призначений для регулювання струму в обмотках електромагнітного гальма;
- Блок силових тиристорів БСТ, який подає струм в обмотку збудження ЕГК;

Функціонально регулятор є системою стабілізації швидкості подачі. Регулятор дозволяє управляти швидкістю подачі в дистанційному, місцевому та автоматичному режимі з лави або штреку, шляхом зміни струму збудження в обмотках електромагнітних гальм винесеного механізму подачі.

Висновки по розділу

Регулятор навантаження та швидкості РЕТ має застарілу в порівнянні з сучасними комплексами елементну базу, що не дозволяє використовувати можливості мережевого підключення периферійних пристроїв.

2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ САК КОМБАЙНА УКД200-250

2.1 Еквівалентна схема та система рівнянь

Еквівалентна схема, на основі якої побудована математична модель динамічної системи винесений привід подачі – комбайн – вибій, наведена на рис. 2.1. Ця схема, запропонована та розроблена в дисертаційній роботі [10], є повністю відповідною до завдання роботи, тому що в достатній мірі враховує необхідні зв'язки в системі, але вільна від деталей, що не суттєві в завданні моделювання регулятора навантаження приводу виконавчих органів.

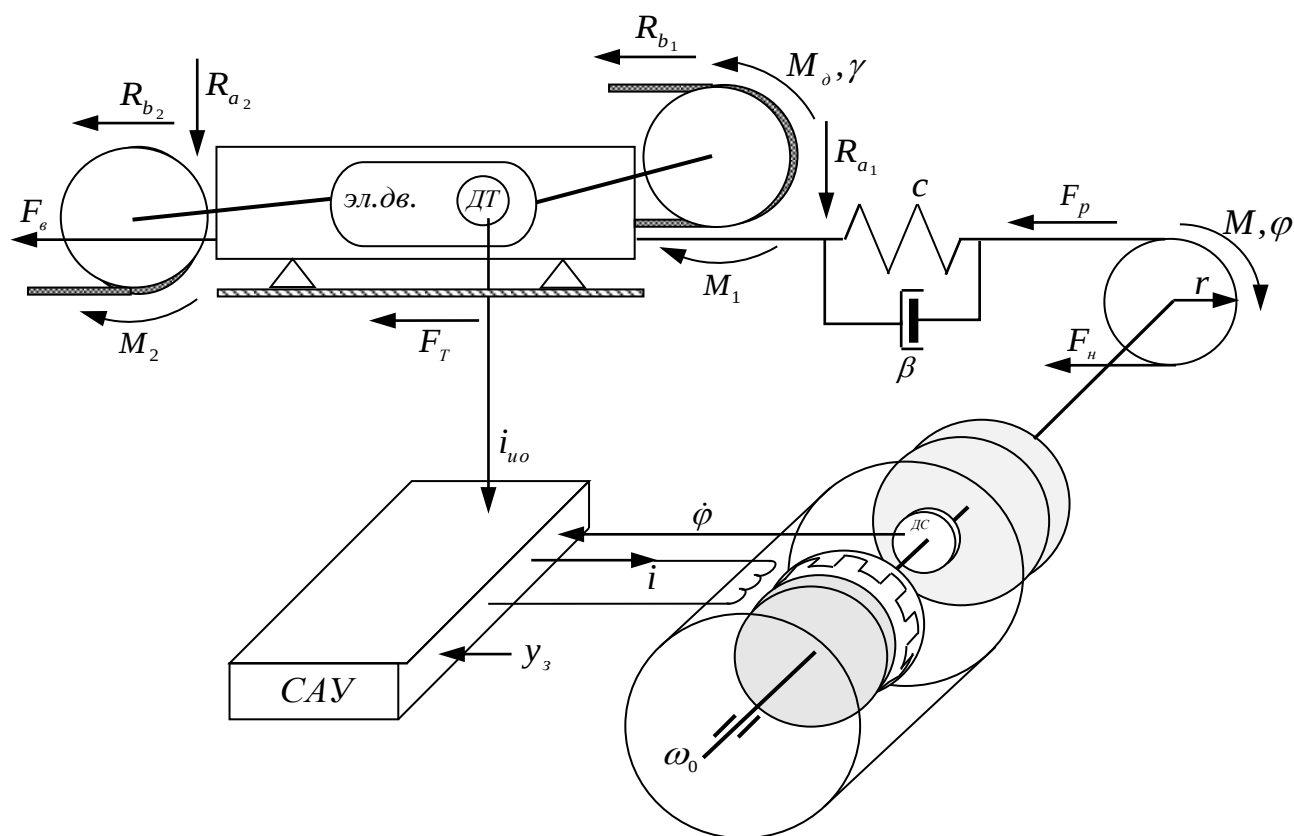


Рисунок 2.1 – Еквівалентна схема САК комбайном з ВСП

Завдання роботи цілком допускає врахування дії тільки тягнучого приводу ВСП. Це пояснюється тим, що при коректному налаштуванні підтягую чого приводу, він не впливає на роботу тягнучого приводу, так як його зусилля витрачається тільки на компенсацію сили спротиву переміщенню нижньої холостої гілки цепного контуру. В сучасному виді апаратури керування ВСП КД-А та РЕТ зусилля, підтягуючого приводу налаштовується вручну й залежить в основному від довжини лави та кута нахилу машинної дороги.

Налаштування струму в обмотці збудження електромагнітного гальма або муфти має бути таким, щоб підтягуючий привід не створював крутний момент на зірці тягнучого приводу. Безумовно, змінна скривленість машинної дороги, різна вологість вугільного штибу, що переміщується разом з тяговим ланцюгом, змінюють силу спротиву переміщенню нижньої гілки тягового ланцюга, але такі зміни мають низькочастотний характер і в моделі цієї роботи можуть враховуватися у вигляді констант.

Завдання роботи дозволяють припустити, що пружне зусилля в верхній холостій гілці ланцюгового контуру відсутнє за умовою відповідного налаштування зусилля підтягуючого приводу. Оскільки сили спротиву переміщенню верхньої холостої гілки також мають низькочастотний характер зміни, їх вплив на переміщення комбайна може бути прийнятий у вигляді константи, яка визначається довжиною верхнього холостого ланцюга та тими ж чинниками, що мають місце для нижньої холостої гілки.

Наведена еквівалентна схема може бути застосована як для приводів з електромагнітною муфтою, так і для приводів з гальмом ковзання тому, що різниця між ними існує тільки при включенні двигунів приводів подачі [11]. Дослідження перехідних процесів запуску приводів не входить до завдань цієї роботи.

Кутову швидкість ведучої частини приводу вважаємо константною, зважаючи на жорсткість механічної характеристики асинхронного

електродвигуна і її змінами можна знехтувати в порівнянні з варіацією кутової швидкості веденої частини приводу.

Кутова швидкість виконавчих органів вважається постійною, що ґрунтується на малій зміні ковзання асинхронного електродвигуна приводу різання при номінальних навантаженнях не більше 1%. Процеси перекидування двигуна приводу виконавчих органів в роботі не розглядаються.

Побудова математичної моделі САК для дослідження регулятора навантаження припускає врахування руху комбайна тільки в напрямку подачі.

Головним завданням роботи є дослідження регулятора навантаження приводу виконавчих органів тому модель обчислення навантажень має відтворювати процес утворення стружки на різцях виконавчих органів, що в тому числі залежить від переміщення комбайна, конструкції шнеків, крихко-пластичних характеристик вугілля у руйнованому пласті та взаємного розташування виконавчих органів [26...30].

Сигналів, що надходять на модельний контролер, мають відповідати реальним рівням аналогових сигналів, що надходять та знімаються з виходів реального контролера.

Часовими затримками реального контролера можна знехтувати, оскільки обраний контролер visiGRAF має тактову частоту 166 МГц, а модуль введення/виводу tCON, через який підключаються датчики струму двигунів та кутової швидкості приводів, забезпечує швидкість вимірювання до 100 в/с, що цілком достатньо, враховуючи частотний спектр збурень в системі.

Враховуючи еквівалентну схему, розглянуті припущення та вимоги, система диференціальних рівнянь математичної моделі видобувного комбайна з ВСП УКД200-250 буде наступною:

$$\left\{ \begin{array}{l} m\ddot{x} = F_n + F_\partial - F_m - F_\varepsilon - R_b + F_{ck} \operatorname{sign}(\alpha_n); \\ J\ddot{\varphi} = M - M_n; \\ M = M_m \arctg^2(ai)(\sqrt[4]{S}), \quad S \in [0,1]; \\ M_n = (F_n + F_\partial + F_p - F_n) \cdot r_3; \\ U_\tau = iR + L(i)\dot{i}, \quad L(i) = \frac{L_0}{1+(ai)^2}, \\ U_\tau = \frac{U}{2} (1 + \cos(\pi - \frac{u}{u_m} \pi)); \\ T_2 \dot{u} = y - u; \\ y = \begin{cases} ku_{\Pi\Delta}, & 0 < u_{\Pi\Delta} < u_m/k, \\ u_m, & u_{\Pi\Delta} \geq u_m/k, \\ 0, & u_{\Pi\Delta} \leq 0; \end{cases} \\ u_{\Pi\Delta} = \varepsilon + k_\partial \dot{\varepsilon} - T_1 \dot{u}_{\Pi\Delta}; \\ \varepsilon = v - \dot{\varphi}; \end{array} \right. \quad (2.1)$$

В системі (2.1) позначаються [10]:

m – маса комбайна, кг;

x – узагальнена координата переміщення корпусу комбайна, м;

F_n - пружне зусилля в робочій гілці тягового ланцюга, Н;

$$F_n = c(\varphi r - x), \quad c = \begin{cases} E / L_p, & \varphi r - x > 0; \\ 0, & \varphi r - x \leq 0; \end{cases}$$

c – жорсткість робочої гілки тягового ланцюга, Н/м;

r_3 – радіус приводної зірки, м;

φ - узагальнена координата вихідного валу привода подачі, рад;

E – погонна жорсткість тягового ланцюга, Нм;

L_p - довжина робочої гілки тягового ланцюга, м;

F_∂ - дисипативна сила в робочій гілці тягового ланцюга, Н;

$$F_{\partial} = \beta(\dot{\phi}r - \dot{x}), \beta = \begin{cases} \chi\sqrt{cm_{\text{л}}}, \dot{\phi}r - \dot{x} > 0, \\ 0, \dot{\phi}r - \dot{x} \leq 0; \end{cases}$$

β - коефіцієнт дисипативних втрат, кг/с;

χ - коефіцієнт внутрішнього тертя;

$m_{\text{л}}$ - маса робочої гілки тягового ланцюга, кг;

F_m - сила тертя в опорах комбайна, Н;

$$F_m = \mu(\dot{x})(m \cdot g + R_a); \quad R_a = R_{a_1} + R_{a_2};$$

R_{a_1}, R_{a_2} сили вертикальних реакцій вибою на випереджаючому й відстаючому шнеках, Н;

$\mu(\dot{x})$ - коефіцієнт тертя в опора комбайна;

$$\mu(\dot{x}) = \text{sign}(\dot{x})(a_1 + a_2 e^{-a_3 \dot{x}} + a_4 \dot{x});$$

a_1, a_2, a_3, a_4 - позитивні константи;

$F_{\text{в}}$ - сила опору переміщенню верхньої холостої гілки тягового ланцюга в напрямних, Н;

$$F_{\epsilon} = L_{\epsilon} \kappa_{\epsilon};$$

κ_{ϵ} - коефіцієнт питомих втрат, що залежить від зігнутості конвеєра, конструкції напрямних, кількості та вологості штибу та попередньої натягнутості ланцюгового контуру, Н/м;

L_{ϵ} - довжина верхньої холостої гілки тягового ланцюга, м;

$R_b = R_{b_1} + R_{b_2}$ - сили горизонтальних реакцій вибою на відстаючому й випереджаючому шнеках, Н;

$F_{\text{ск}} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha_n)$; - сила, що скочує, α_n - кут нахилу пласта;

J - сумарний момент інерції ведених частин приводу подачі, кг·м²;

M - обертаючий момент приводу подачі, Н·м; Значення J , M приведені до вихідного валу приводу подачі.

$M_{\text{н}}$ - момент навантаження приводу;

i - струм управління в обмотці збудження гальма;

$$S = \frac{\omega_0 - \dot{\phi}}{\omega_0}$$

- ковзання гальма, ω_0 - кутова швидкість асинхронного двигуна привода подачі з врахуванням редукції.

F_p - сила опору переміщенню робочої гілки тягового ланцюга в напрямних, Н; $F_p = F_0 \kappa_p$;

F_0 - зусилля, необхідне для протягання незакріпленого ланцюга в напрямних, Н, визначається експериментально ;

κ_p - коефіцієнт, що враховує вигини конвеєра;

F_n - зусилля в нижній гілці тягового ланцюга, Н;

U_t - напруга на виході керованого випрямляча, яка подається на обмотку збудження ЕГК;

U - напруга, що підводиться до керованого випрямляча;

u - сигнал управління випрямлячем;

u_m - рівень обмеження сигналу управління на виході ПД регулятора;

U - сигнал на виході нелінійної ланки обмеження з коефіцієнтом передачі ПД регулятора k на лінійному інтервалі;

$u_{ПД}$ - сигнал управління ПД регулятора;

k_ϕ - коефіцієнт при похідній в сигналі ПД регулятора; При адаптивному ПД регулюванні є функцією струму управління

ε - сигнал неузгодження по швидкості;

v - завдання по швидкості подачі, яке в автоматичному режимі визначається законом управління регулятора навантаження приводу виконавчих органів, що розглядається нижче.

При адаптивному ПД законі управління в контурі стабілізації швидкості [16]:

$$u = \begin{cases} ku_{ПДА}, 0 < u_{ПДА} < u_m/k, \\ u_m, u_{ПДА} \geq u_m/k, \\ 0, u_{ПДА} \leq 0; \end{cases}$$

$$u_{ПДА} = k(1 + k_d(i')s)\varepsilon; \quad (2.2)$$

$$k_d = (0,1 + 0,35/(1 + (0,75i')^3));$$

$$i' = \frac{i}{Ts + 1};$$

при значеннях $u_m = 10$, $k = 50$, $T = 2$ с.

Критичний огляд моделей обчислення навантажень на виконавчих органах видобувних комбайнів - моменту на виконавчому органі M та вертикальної, горизонтальної та бічної сили, що є реакціями вибою R_a, R_b, R_c , показує, що найбільш коректною є модель формування навантажень, що розглянута та розроблена в наукових працях [26...30].

В цих роботах момент спротиву на виконавчому органі M і сили реакції вибою R_a, R_b, R_c визначаються сумою моментів і сил, що діють на кожний окремий i -тий різець, що перебуває в контакті з вибоєм:

$$M = R \sum_{i=1}^N z_i; \quad R_a = \sum_{i=1}^N a_i; \quad R_b = \sum_{i=1}^N b_i; \quad R_c = \sum_{i=1}^N c_i;$$

$$a_i = -y_i \cos \gamma_i + z_i \sin \gamma_i; \quad b_i = -y_i \sin \gamma_i - z_i \cos \gamma_i; \quad c_i = x_i;$$

Де позначено z_i, y_i, x_i відповідно сила різання, сила подачі й бічна сила, діюча на i -тий різець [26].

2.2 Реалізація математичної моделі САК комбайном з ВСП

Математична модель САУ комбайном з ВСП (2.1) є складною нелінійною системою високого порядку, до того ж навантаження на виконавчих органах обчислюються за допомогою складного алгоритму,

реалізованого на C++. Тому методом досліджень та синтезу регулятора навантаження обрано моделювання в середовищі Simulink MATLAB.

Структурна схема моделі САУ комбайном з ВСП в Simulink показана на рис. 2.2. В моделі в контурі стабілізації швидкості приводу використано ПД регулятор з адаптацією коефіцієнта при похідній по струму управління обмотки збудження гальма, що налаштовує коефіцієнт при похідній до зміни індуктивності обмотки збудження внаслідок насичення магнітопроводу електромагнітного гальма або муфти. Адаптивний регулятор скорочує час регулювання, покращуючи динамічні характеристики приводу. Розробка адаптивного регулятора швидкості приводу з ЕГК наведена в роботі [32].

Структура моделі визначена системою рівнянь (2.1). В процесі досліджень в моделі організовано зворотний зв'язок по струму управління з коефіцієнтом 0,5. Це знижує амплітуду коливань струму управління, що обумовлені коливаннями впливу завдання від регулятора навантаження, і, отже, коливань крутного моменту приводу, що покращить його втомний знос.

Результати моделювання роботи регулятора навантаження наведені на рис. 2.3, та 2.4.

В цих модельних експериментах східчасто змінювалась опірність вугілля різанню з початкового значення 350Н/мм. На 20-тій секунді опірність знижувалась до значення 250Н/мм, на 40-вій секунді опірність стрибкоподібно зменшувалась до 200Н/мм. Далі, в зворотному напрямку з 60- тої с, опірність збільшувалась стрибком до 250Н/мм, а з 80-тої с – знову підвищувалась до 350Н/мм. В усіх режимах дії збурень мають місце стійкі аперіодичні процеси стабілізації навантаження (струму електродвигуна) на виконавчих органах.

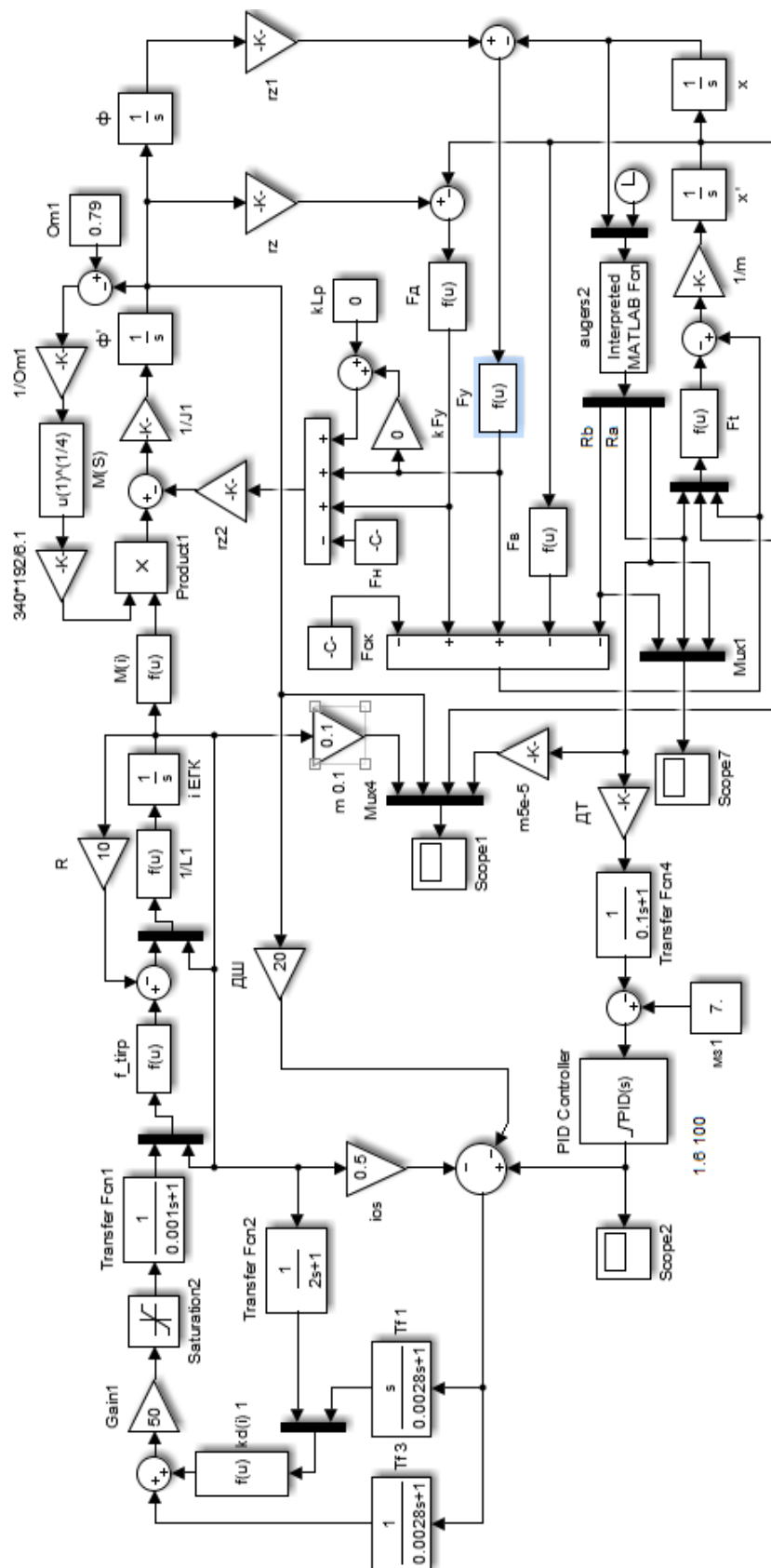


Рисунок – 2.2 Блок-діаграма моделі САК комбайном з ВСП в Simulink з И регулятором навантаження

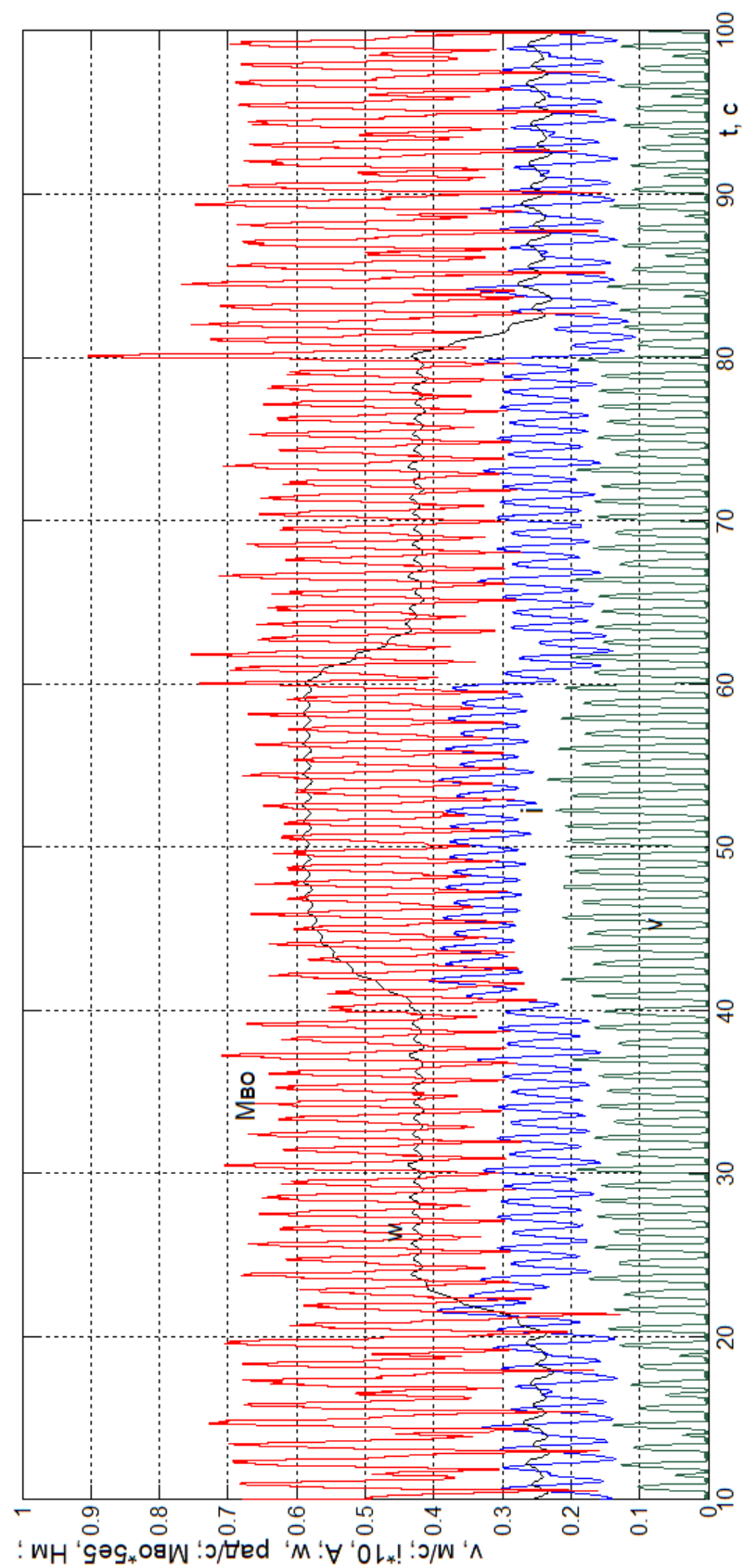


Рисунок – 2.3 Автоматичний режим роботи комбайна з розробленим регулятором при довжині ланцюга 100м

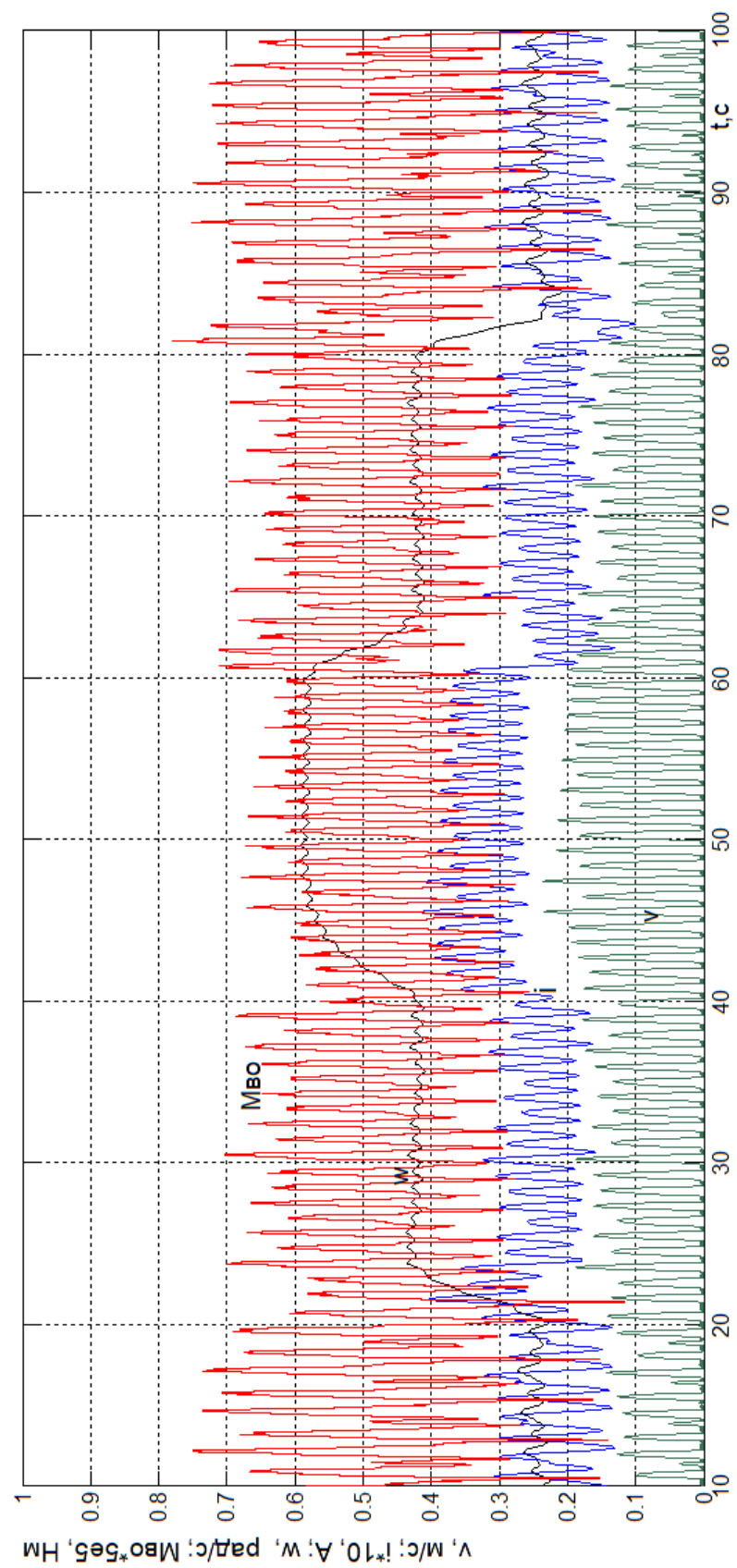


Рисунок – 2.4 Автоматичний режим роботи комбайна з розробленим регулятором при довжині ланцюга 200м

Модельний експеримент при довжині тягового ланцюга 100 м наведено на рис. 2.3 . Робота розробленого регулятора забезпечує якісну стабілізацію навантаження при всіх збуреннях.

Модельний експеримент досліджень роботи розробленого регулятора при довжині тягового ланцюга 200м представлено відповідно на рис. 2.4.

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.

Висновки по розділу

1. 1. Регулятор навантаження приводу різання комбайна УКД200-250 має бути інтегральним регулятором з коефіцієнтом передачі 1,6. Такий регулятор має достатні показники якості регулювання.

.

3 РОЗРОБКА РЕГУЛЯТОРА ШВИДКОСТІ ПОДАЧІ ТА НАВАНТАЖЕННЯ КОМБАЙНА З ВИНЕСЕНОЮ СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ

3.1 Технічні вимоги до розробки регулятора навантаження

Вимоги до систем автоматичного керування гірничими машинами визначаються відповідно до вимог шахтного електрообладнання, що наведені в додатку Г.

3.2 Вихідні дані для розробки регулятора навантаження та швидкості.

Вхідними даними для регулятора навантаження є сигнали що надходять на вхід регулятора :

- Струм електродвигуна приводу виконавчих органів;
- Струм електродвигуна приводу подачі 1;
- Струм електродвигуна приводу подачі 2;
- Сигнал датчика кутової швидкості приводу подачі 1;
- Сигнал датчика кутової швидкості приводу подачі 2;
- Сигнал завдання по швидкості подачі (Уставка):
 - 1) З пульта керування в режимі стабілізації швидкості подачі;
 - 2) З виходу регулятора навантаження в автоматичному режимі навантаження на виконавчих органах.

Вихідним сигналом регулятора є сигнал:

- пропорційний струму управління в обмотці збудження ЕГК, який подається на блок вихідних підсилювачів для керування тягнучим приводом ;
- сигнал пропорційний струму управління , який подається до блоку вихідних підсилювачів для керування ЕГК підтягуючого привода.

Перечислені сигнали визначають побудову схеми електричної принципальної.

На видобувних комбайнах застосовують датчик швидкості подачі сучасного покоління. Це два окремих двопровідних індуктивних датчики постійного струму з вихідним опором, що змінюється при надходженні до чуттєвого елемента металевого контролюючого об'єкта. Датчики вкручуються у встановлювальний диск, який фіксується на корпусі редуктора приводу подачі таким чином, щоб металеві зубці однієї із зірочок редуктора проходили повз чуттєві елементи датчиків та приводили до їх спрацьовування. Шляхом обертання диска встановлюється таке положення датчиків, при якому діаграми їх спрацьовування перекриваються на 50 %.

Регулятор навантаження та швидкості розміщується, входить до складу штрекової частини апаратури автоматизації комбайна УКД 200-250 , тому доцільно розглянути можливість використання для реалізації регулятора контролер штрекової частини апаратури.

В якості контролера апаратури використано панельний контролер фірми ICP DAS (Тайвань) VisiGRAF , який має характеристики, наведені в додатку В:



Рисунок 3.1 – Вид панельного контролера visiGRAF

Наведені характеристики показують що швидкодія та ресурси контролера дозволяють реалізувати всі завдання по керуванню видобувного комплексу і комбайна включаючи регулятор навантаження та швидкості. Оскільки контролер не має аналогових входів для реалізації має бути використаний модуль введення – виводу. Для уніфікації схемних рішень та конструкції доцільно використати модуль tCON яким вже оснащена конструкція ПУШ. Це дозволить використати принципову схему ПУШ з мінімальними переробками.

Зміни до схеми принципової ПУШ мають бути наступними. (На Вільні входи Модуля вводу-виводу):

Датчик струму електродвигуна приводу виконавчих органів;

Датчик струму електродвигуна приводу подачі 1;

Датчик струму електродвигуна приводу подачі 2;

Датчика кутової швидкості приводу подачі 1;

Датчика кутової швидкості приводу подачі 2;

Перелічені датчики входять до Е-компоненти видобувного комбайна. Вони приєднуються до модулів керування (з мікропроцесорами, перетворювачами, підсилювачами, схемами вводу-виводу тощо), які теж входять до складу Е-компоненти комбайна. Це дає можливість приєднувати датчик до найближчого компонента комплексу, в якому сигнал перетворюється в цифровий вид та передається далі послідовним каналом зв'язку іншим компонентам. Керування обміном даними, обробка інформації з датчиків та формування керуючого сигналу обмотки збудження, а також команд до інших компонентів комплексу, здійснюється в мікропроцесорному блоці відсіку керування.

Враховуючи необхідні зміни та підключення принципова схема блоку штрекового буде мати наступний вигляд.

3.3 Програмування регулятора швидкості подачі та навантаження приводу різання.

Структура регулятора навантаження та його параметри визначені в процесі моделювання, наступним етапом є програмування контролера. Програмування може бути виконане з стандартного ПК з використанням одного з середовищ: visiGRAF, LabWIEV, MATLAB. З огляду на те, що модель реалізована в MATLAB, доцільно використати для виконання завдання цю програмну систему.

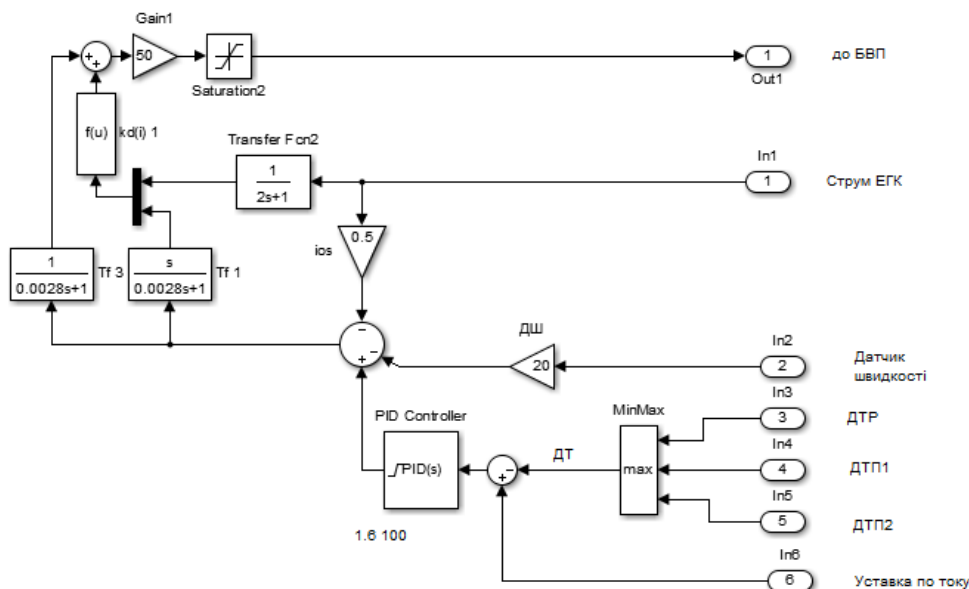


Рисунок 3.3 – модель регулятора навантаження в MATLAB.

Висновки по розділу.

- 1) Визначені вихідні дані для розробки регулятора навантаження.
- 2) Обрано та обгрунтовано контролер та блок введення виводу для реалізації регулятора навантаження.
- 3) Розроблено схему принципову підключення периферійних пристроїв та пульта штрекового.
- 4) Виконано блок діаграму в MATLAB для програмування контролера

ВИСНОВКИ

2. Регулятор навантаження та швидкості РЕТ має застарілу в порівнянні з сучасними комплексами елементну базу, що не дозволяє використовувати можливості мережевого підключення периферійних пристроїв.
3. Регулятор навантаження приводу різання комбайна УКД200-250 має бути інтегральним регулятором з коефіцієнтом передачі 1,6. Такий регулятор забезпечує достатні показники якості регулювання.
4. Обґрунтовано та обрано панельний контролер VisiGRAF та модуль введення / виводу tCON для розробки регулятора навантаження та швидкості подачі комбайна УКД200-250.
5. Розроблено та реалізовано на контролері регулятор навантаження виконавчих органів комбайна УКД200-250.
6. За типовою методикою виконані розрахунки з охорони праці проектувальника систем, що використовує комп'ютерні технології.

