

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно - інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри автоматичної
та телекомунікацій

_____ Валерій ПОЦЕПАЄВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2023 р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка модернізованої системи автоматичного керування
видобувним комбайном»

Виконав : студент _____ 4 курсу, групи АКТ-19
(шифр групи)

спеціальності

151 Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Тараненко Олександр Володимирович
(прізвище та ініціали)

Керівник в.о. зав. каф. АТ, к.т.н., доц.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я)

_____ Валерій ПОЦЕПАЄВ
(підпис)

Рецензент зав. каф. ЕІ, к.т.н., доц.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я)

_____ Олександр КОЛЛАРОВ
(підпис)

Нормоконтроль:

_____ ас. Дар'я ЖУКОВСЬКА
(підпис)

16.06.2023р.

*Засвідчую, що у цій дипломній
роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.*

Студент _____
(підпис)

Луцьк – 2023 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
 (повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
 (повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
 (дата)

з оцінкою _____

Секретар ЕК _____
 (підпис)

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра

Тема: «Розробка модернізованої системи автоматичного керування
 видобувним комбайном»

Виконавець, студент
 гр. АТК-19

Олександр ТАРАНЕНКО
 (підпис, дата, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Валерій ПОЦЕПАЄВ

Консультанти:

(підпис, дата, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
 Валерій ПОЦЕПАЄВ

(підпис, дата, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
 Ганна ТЕЛИЧКО

(підпис, дата, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
 Ганна ТЕЛИЧКО

Нормоконтроль

16.06.2023р. Дар'я ЖУКОВСЬКА
 (підпис, дата, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Луцьк 2023р.

(шифр і назва)

« » 2023 року

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

3. Вихідні дані до роботи: НДРС, практика

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
	Поцепаєв В.В., в.о. зав. каф. АТ		
	Теличко Г.О., доц. каф. АТ		
Нормоконтроль	Жуковська Д.О.	-	16.06.2023

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз існуючих систем автоматичного керування видобувним комбайном	03.05.2023	
2	Проектування системи стабілізації навантаження приводу виконавчих органів видобувного комбайна	10. 05.2023	
3	Розробка математичної моделі винесеного приводу подачі та її дослідження	17. 05.2023	
4	Синтез САК	24.05.2023	
5	Моделювання перехідних процесів в системі автоматичного керування комбайном	30.05.2023	
6	Розробка заходів з охорони праці	06.06.2023	
7	Оформлення	15.06.2023	

Студент _____
(підпис)

Олександр ТАРАНЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Валерій ПОЦЕПАСВ
(прізвище та ініціали)

Лист зауважень

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

АНОТАЦІЯ

Тараненко Олександр Володимирович «Розробка модернізованої системи автоматичного керування видобувним комбайном» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2023.

Зміст пояснювальної записки до бакалаврської роботи: 63 сторінки, 28 рисунків, 20 посилань на використані джерела.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування швидкістю винесеного привода подачі видобувного комбайна.

Мета роботи – модернізація системи керування швидкістю винесеного привода подачі видобувного комбайна, що забезпечує кращі показники якості регулювання.

Методи й засоби розробки: методи аналізу та синтезу систем теорії автоматичного керування, математичне моделювання в середовищі MATLAB/Simulink.

Модернізація системи автоматичного керування швидкістю винесеного привода подачі видобувного комбайна передбачає синтез нової структури та параметрів контуру стабілізації швидкості системи, що дозволяє отримати кращі показники якості регулювання – перерегулювання та час регулювання за впливом завдання. Це забезпечить кращу стабілізацію навантаження на виконавчих органах комбайна та знизить ймовірність перекиду електродвигуна приводу виконавчих органів. Також передбачається реалізація системи автоматичного регулювання на контролері.

Ключові слова: СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, ВИДОБУВНИЙ КОМБАЙН, ВИНЕСЕНИЙ ПРИВІД ПОДАЧІ, ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ГАЛЬМО КОВЗАННЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СИНТЕЗ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СТРУКТУРНИХ ТА ПАРАМЕТРИЧНИХ РІШЕНЬ САК ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З ВИНЕСЕНОЮ СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ	11
1.1 Технологія керування видобувним комбайном з винесеною системою подачі.....	11
1.1.1 Склад та робота винесеної системи подачі.....	11
1.1.2 Функції регулятора навантаження та швидкості в існуючій апаратурі автоматизації комбайнів з ВСП.....	13
1.2 Критичний огляд структурних та параметричних рішень САК комбайном з ВСП, спрямованих на підвищення керованості комбайна	18
Висновки до розділу 1.....	25
1.4 Мета та завдання роботи	25
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З ВИНЕСЕНОЮ СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ... ..	27
2.1 Визначення датчиків змінного струму в асинхронних електродвигунах приводів виконавчих органів та подачі.....	28
2.2 Визначення датчиків кутової швидкості приводів винесеної системи подачі	29
2.3 Конструкція датчика струму в обмотці збудження електромагнітного гальма ковзання.....	30
2.4 Вибір програмованого логічного контролера	30
2.5 Вибір блоку живлення.....	32
2.6 Вибір модулів вводу-виводу даних.....	33
Висновки до розділу 2.....	35
3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИНЕСЕНИМ ПРИВОДОМ ПОДАЧІ КОМБАЙНА З ВСП	36

3.1 Ідея роботи та її перевірка.....	36
3.2 Математична та імітаційна модель винесеним приводом подачі.....	40
3.3 Порівняльне дослідження синтезованої САК винесеним приводом подачі.....	45
Висновки до розділу 3.....	47
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49
Додаток А. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	52

ВСТУП

Актуальність роботи. Кам'яне вугілля на теперішній час і в близькому майбутньому є важливою сировиною не тільки в енергетиці України, але й у багатьох технологіях хімічної промисловості та металургії.

Промислові запаси кам'яного вугілля нашої держави зосереджені у в основному у тонких пологих пластах потужністю 0,8...1,3 метри, залягають на великих глибинах та розробляються виключно у шахтний спосіб видобувними комбайнами. Більш ніж 60% комбайнів для видобутку тонких пластів оснащені винесеною системою подачі (ВСП). Це дозволяє скоротити довжину комбайна на 3...3,5 метри, що надає велику перевагу в умовах тонкого пласта у порівнянні з комбайнами з вбудованою у корпус комбайна системою подачі.

Вкрай обмежений виробничий простір при руйнуванні тонких пластів вимагає максимальної автоматизації технологічного процесу, котра має забезпечити мінімальну участь обслуговуючого персоналу у операціях виїмки та забезпечити максимальну продуктивність комбайна. Через це робота, присвячена підвищенню якості автоматичного керування комбайном з винесеною системою подачі, є актуальною.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування швидкістю винесеного привода подачі видобувного комбайна.

Мета роботи – модернізація системи автоматичного керування швидкістю винесеного привода подачі видобувного комбайна, що забезпечує кращу швидкодію та якість регулювання.

Методи й засоби розробки: методи аналізу та синтезу систем класичної теорії автоматичного керування, імітаційне моделювання в середовищі MATLAB/Simulink.

Завдання, котрі потрібно вирішити для досягнення мети:

1) Виконати критичний огляд існуючих структурних та параметричних рішень САК видобувним комбайном з винесеною системою подачі.

2) Розробити математичну та імітаційну модель САК винесеним приводом подачі та виконати синтез контуру стабілізації модернізованої системи, обрати обладнання для її реалізації.

3) Виконати порівняльне математичне моделювання існуючої та модернізованої системи та визначити показники якості останньої.

Практичне значення отриманих результатів. Модернізована система автоматичного керування видобувними комбайнами з винесеною системою подачі може замінити існуючу систему при модернізації або розробці нової апаратури автоматизації.

Апробація роботи. Основні тези бакалаврської робота доповідалися та обговорювалися на Web семінарах кафедри Автоматики та телекомунікацій ДонНТУ.

Структура та обсяг бакалаврської роботи. Робота містить: вступ, чотири розділи, висновки по роботі, перелік посилань та додатки. Обсяг роботи складає 63 сторінки, 28 рисунків, 20 посилань на використані літературні джерела.

1 КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СТРУКТУРНИХ ТА ПАРАМЕТРИЧНИХ РІШЕНЬ САК ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З ВИНЕСЕНОЮ СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ

1.1 Технологія керування видобувним комбайном з винесеною системою подачі

1.1.1 Склад та робота винесеної системи подачі

Схематично технологія видобутку та керування видобувним комбайном з винесеною системою подачі може бути представлена як це показано на рис. 1.1.

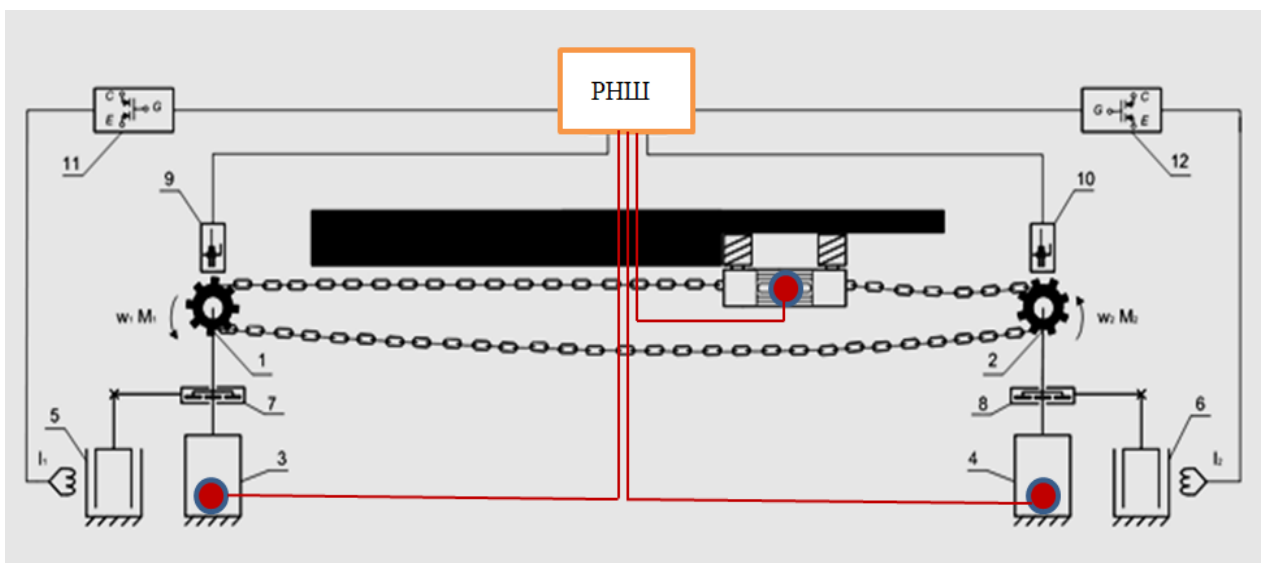


Рисунок 1.1 – Технологія видобутку та керування видобувним комбайном з винесеною системою подачі

Винесена система подачі являє собою замкнутий ланцюговий контур, у верхній частині якого знаходиться видобувний комбайн. Верхня частина контуру між комбайном та приводом подачі, в напрямку якого здійснюється рух, має назву робочої гілки. Верхня частина тягового ланцюга між

комбайном та приводом подачі, від якого рухається комбайн, зветься верхньою холостою гілкою, нижня частина ланцюгового контуру називається нижньою холостою гілкою. Привід подачі за напрямком руху називається тягнучим, протилежний – підтягуючим приводом.

Швидкість подачі комбайна, отже і навантаження приводу виконавчих органів, змінюється регулюванням кутової швидкості приводної зірки тягнучого приводу. Призначення підтягуючого приводу – переміщення нижньої холостої гілки ланцюга так, щоб з одного боку забезпечувати надійне зачеплення зірки та ланцюга, з другого – забезпечити невтручання підтягуючого приводу в роботу тягнучого, або інакше – не створювати крутний момент на зірці підтягуючого приводу. При зміні напрямку руху винесені приводи, що розташовані на рамах головок вибійного конвеєра, міняються ролями. Таким чином, винесена система подачі (ВСП) є симетричною у сенсі конструкції та керування нею.

Кожний з приводів складається з приводної зірки 1 (2), асинхронного електродвигуна 3 (4) потужністю до 55 кВт, електромагнітного гальма ковзання (ЕГК) 5 (6) з обмоткою збудження I_1 (I_2), диференціального планетарного редуктора 7 (8), датчика кутової швидкості приводу 9 (10), керованого випрямляча 11 (12), за допомогою якого струм керування в обмотці збудження може змінюватись від 0 до максимального значення 8 А. Кутова швидкість та крутний момент на зірці приводу визначаються величиною струму в обмотці збудження ЕГК.

Темним червоним кольором на схемі позначено датчики струму (тобто навантаження) асинхронних електродвигунів приводів подачі та приводу виконавчих органів комбайна.

Обидва приводи керуються регулятором навантаження приводу виконавчих органів та швидкості подачі (РНШ). Окрім показаних на схемі сигналів від датчиків кутової швидкості приводів та струмів електродвигунів приводів подачі та виконавчих органів, на вхід РНШ подаються уставки струмів номінального навантаження вказаних електроприводів та задана

швидкість подачі з пульта машиніста комбайна або зі штрекового апарата керування [1].

Конструкція ВСП у її сучасному вигляді ВСПК2 виробництва Харківського заводу «Світло шахтаря» наведена на рис.1.2 [2]. На рисунку показано лівий привід подачі, розташований з вибійної сторони конвеєра. ВСПК2 призначена для керування комбайнами з барабанними виконавчими органами КА-80, КА-90, КБТ200 та УКД200-250, УКД300, 1К101У з шнековими виконавчими органами

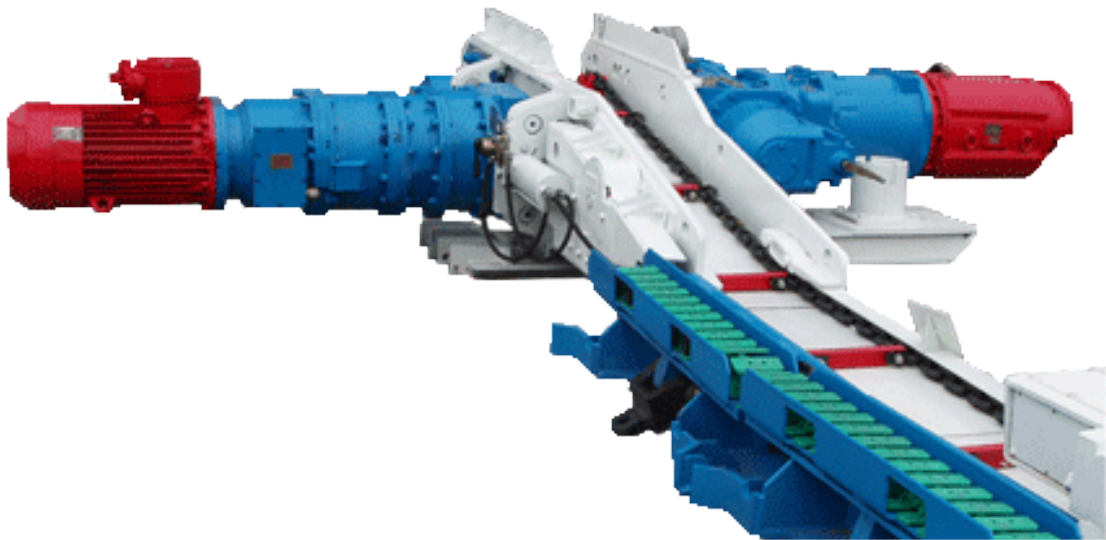


Рисунок 1.2 – Внесена система подачі ВСПК2 виробництва заводу «Світло шахтаря»

1.1.2 Функції регулятора навантаження та швидкості в існуючій апаратурі автоматизації комбайнів з ВСП

Регулятор навантаження та швидкості забезпечує роботу комбайна у двох режимах видобутку та його переміщення вздовж лави у режимі холостого ходу [1,3].

Режим видобутку комбайна в автоматичному режимі. Цей режим роботи є основним і забезпечує максимальну швидкість подачі до 5 м/хв.,

тобто максимальну продуктивність комбайна, при номінальному навантаженні привода виконавчих органів. Максимальна швидкість подачі в автоматичному режимі може бути обмежена з пульта машиніста комбайна або зі штрекового апарата керування ВСП, якщо того вимагатимуть технологічні умови видобутку.

В автоматичному режимі роботи комбайна РНШ є двоконтурним регулятором, де зовнішнім контуром є контур стабілізації навантаження привода виконавчих органів, а внутрішнім підлеглим – контур стабілізації швидкості подачі [3,4]. Необхідність контуру стабілізації швидкості обумовлена м'якими механічними характеристиками електромагнітного гальма ковзання, які наведено нарис. 1.3 [5].

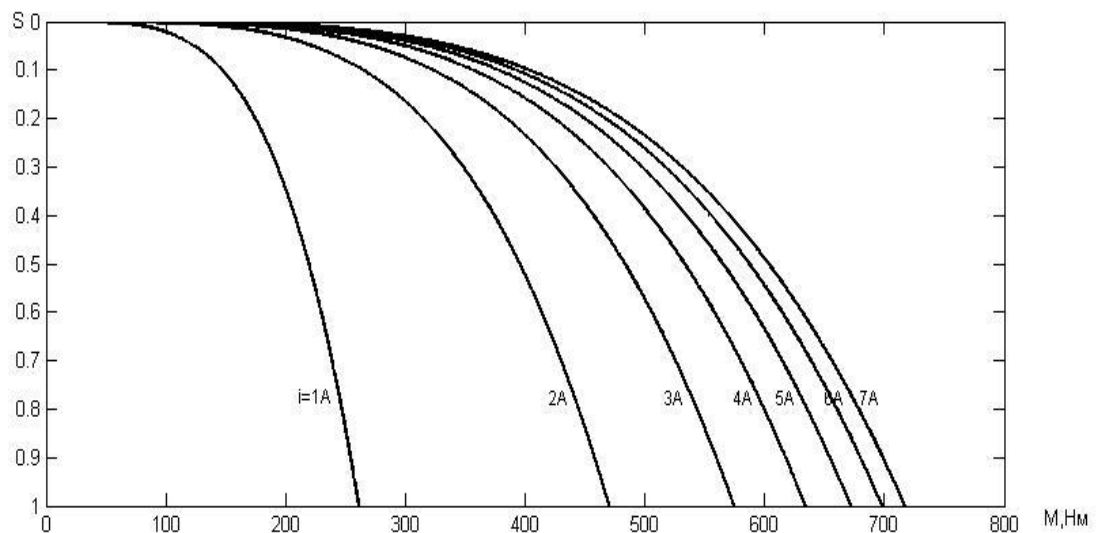


Рисунок 1.3 – Механічні характеристики електромагнітного гальма ковзання при різних струмах в обмотці збудження 1...7 А.

На рисунку позначено: S – ковзання між нерухомим якорем та індуктором ЕГК, що обертається, M – крутний момент на валу індуктора ЕГК.

Структурна схема контуру стабілізації, що вперше запропонована та досліджена у роботі [6], наведена на рис. 1.4. Саме така структура контуру

стабілізації швидкості була реалізована у РНШ апаратури автоматизації КД-А, яка багато років випускалася серійно Макіївським заводом шахтної автоматики. Така ж структура з невеликими змінами, пов'язаними з переходом від тахогенераторного датчика кутової швидкості привода до індуктивного на наближення, використана в більш пізній апаратурі РЭТ [4], що замінила РНШ.

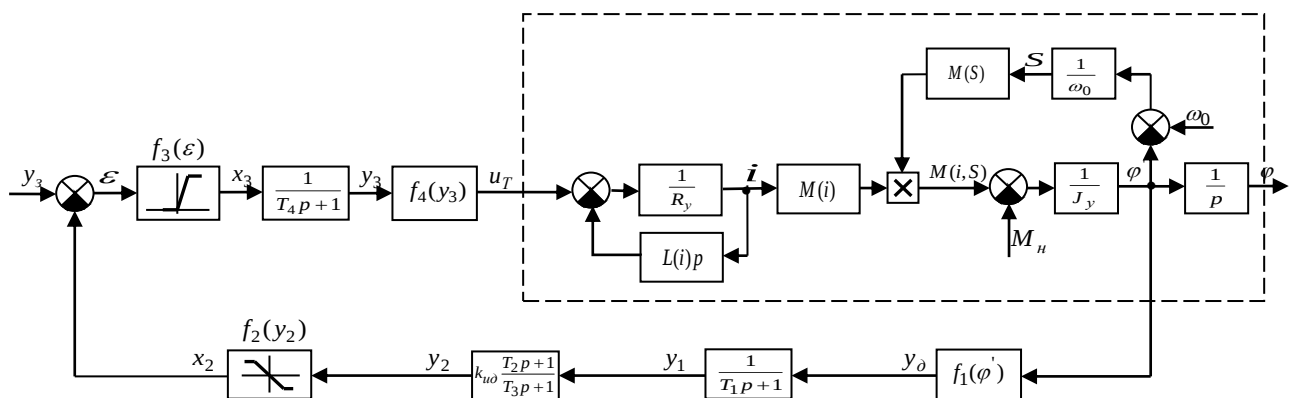


Рисунок 1.4 – Структурна схема контуру стабілізації швидкості винесеного привода з ЕГК

Пунктирною лінією на схемі виділено структурну схему привода подачі як об'єкта керування, що включає обмотку збудження гальма, його механічні характеристики та момент інерції мас привода, що обертаються. Докладно структурна схема контуру стабілізації швидкості описана у роботах [6,]. Зазначимо тільки, що з точки зору закону керування, у контурі стабілізації швидкості застосовано пропорційно-диференціальний регулятор з формуванням похідної по швидкості у зворотному зв'язку. Таке формування похідної важко пояснити, тобто краще застосувати звичайний пропорційно-диференціальний регулятор.

Зовнішній контур стабілізації навантаження привода виконавчих органів представляє собою інтегральний регулятор, але з особливостями, які докладно проаналізовані у науковій статті [7] та детально досліджені у магістерській роботі [8]. Вказана особливість полягає у введенні затримки в

надходження сигналу розузгодження між поточним значенням струму електродвигуна привода виконавчих органів та уставкою номінального струму. На рис. 1.5 наведено фрагмент принципової схеми блоку регулювання навантаження, котрий реалізовано в апаратурі КД-А та РЕТ.

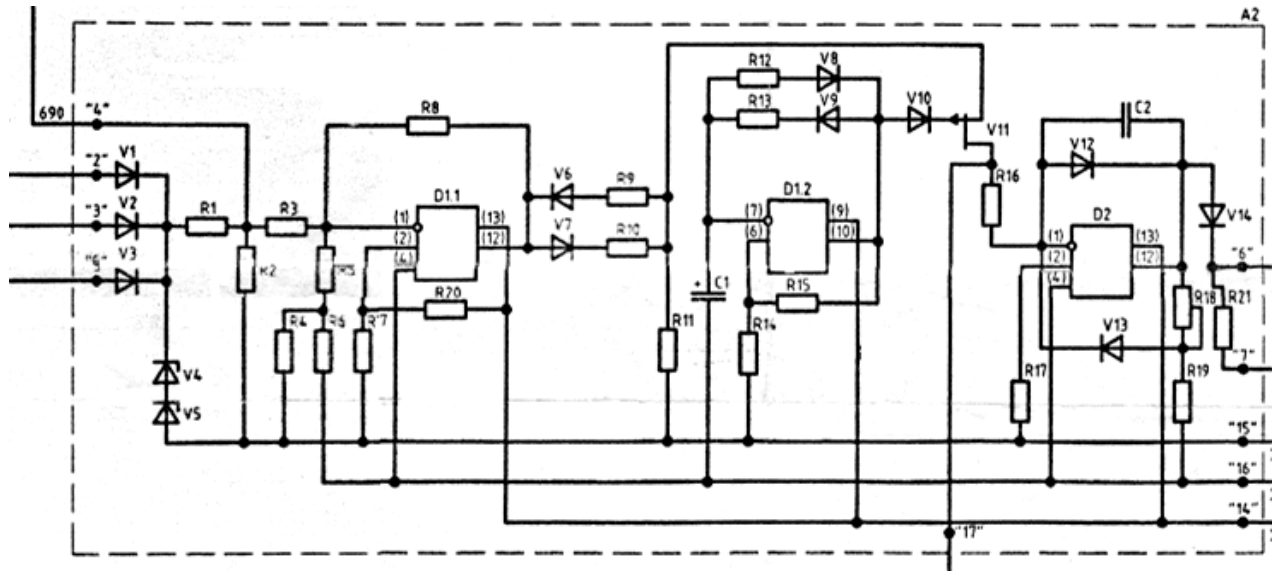


Рисунок 1.5 – Принципова схема регулятора навантаження приводу виконавчих органів

Тут більший з сигналів з датчиків струму електродвигунів приводу виконавчих органів та приводів подачі (див. рис. 1.1) подається на елемент порівняння, виконаний на операційному підсилювачі D1.1. З його виходу сигнал розузгодження через ключ, виконаний на польовому транзисторі V11, надходить на інтегратор, виконаний на операційному підсилювачі D2. Ключ V11 керується генератором прямокутних імпульсів, що й забезпечує затримку в інтегруванні сигналу розузгодження на час, коли амплітуда імпульсу на затворі V11 дорівнює нулю.

Таке рішення пояснюється тим, що затримка, тривалість якої більша за час відпрацювання впливу завдання по швидкості, дозволяє відпрацювати зміну завдання по швидкості контуром стабілізації швидкості та врахувати

запізнення у формуванні навантаження на виконавчих органах. На думку розробників РНШ це підвищує стійкість системи.

В роботі [7] вказано, що введення затримки не підвищує стійкість системи, а навпаки підвищує її коливальність і є причиною виходу системи автоматичного керування навантаженням привода виконавчих органів на коливальну межу стійкості. Про це свідчать результати моделювання автоматичного режиму роботи комбайна для різних довжин робочої гілки тягового ланцюга при різних швидкостях подачі комбайна. Фрагмент моделювання наведено на рис. 1.6.

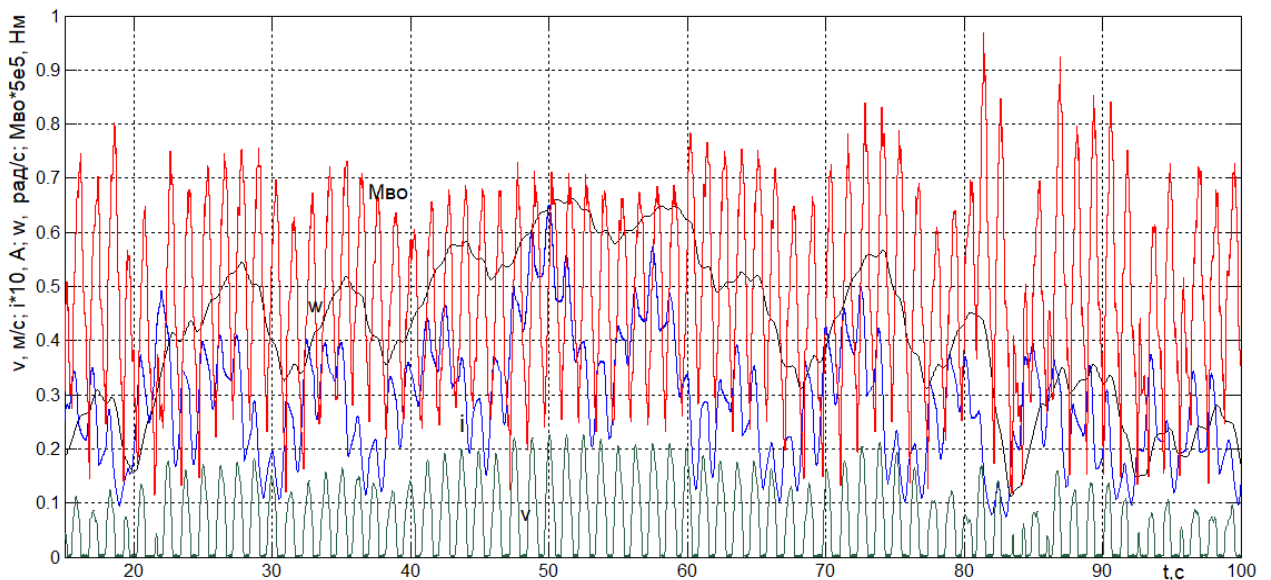


Рисунок 1.6 – Коливальний режим роботи САК навантаженням приводу виконавчих органів при довжині ланцюга 200 м.

Таким чином, розглянутий серійний регулятор у складі апаратури автоматизації КД-А та РЕТ створює високодинамічні автоколивальні режими на межі стійкості системи автоматичного керування навантаженням приводу виконавчих органів комбайна з винесеною системою подачі.

Режим видобутку комбайна з постійною швидкістю подачі. В цьому режимі контур стабілізації навантаження на виконавчих органах не працює, а швидкість подачі контуру стабілізації швидкості задається з пульта

машиніста комбайна або зі штрекового апарата управління. Управління швидкістю подачі зі штреку виконується у випадку руйнування вугільного пласта, який небезпечний викидами вугілля і знаходження людей у зоні видобутку небезпечно для їх життя.

Режим холостого ходу комбайна. В цьому режимі працює також тільки контур стабілізації швидкості подачі. При холостому ході передбачено збільшення швидкості подачі до 10 м/хв. Швидкість подачі може бути також задана з пульта машиніста комбайна або зі штрекового апарату управління.

Як витікає з викладеного, в усіх трьох режимах роботи комбайна керованим є тільки тягнучий привід винесеної системи подачі. Привід, що підтягує нижню холосту гілку ланцюгового контуру працює на природних механічних характеристиках (див. рис. 1.3). Струм в обмотці приводу, що підтягує задається вручну. Це є суттєвим недоліком існуючої ВСП оскільки зусилля, потрібне на підтягування нижньої холостої гілки тягового ланцюга змінюється під дією декількох факторів, таких як зміна викривлення конвеєрного ставу, ступінь заштибованості напрямних тягового ланцюга, рівень зволоженості штибу, ступінь натягнутості ланцюгового контуру. Незважаючи на наукові та інженерні роботи, наприклад [9], присвячені цій проблемі, їх практичні пропозиції залишаються не реалізованими.

1.2 Критичний огляд структурних та параметричних рішень САК комбайном з ВСП, спрямованих на підвищення керованості комбайна

Грунтовною науковою працею з ранніх робіт, присвячених дослідженню систем автоматичного керування видобувними комбайнами з ВСП є дисертація [6]. Для виконання завдань досліджень в цій роботі вперше застосовано системний підхід, при якому розглядається математична модель динамічної системи привід подачі – комбайн – вибій, в якій відтворюються всі основні зв'язки, що існують в реальному режимі роботи комбайна з ВСП.

В цій моделі коректно відтворюється взаємодія виконавчих органів комбайна з руйнованим пластом, процес стружкоутворення на різцях виконавчого органа, а момент навантаження на виконавчому органі обчислюється як сума моментів на кожному різці, що контактує з вибієм [6,10]. В подальшому вказана модель успішно використовувалась для виконання різноманітних завдань з дослідження та синтезу САК видобувними комбайнами як самим автором, так і багатьма іншими дослідниками.

Вказаний системний підхід досить близько відображає еквівалентна схема, що наведена на рис. 1.7.

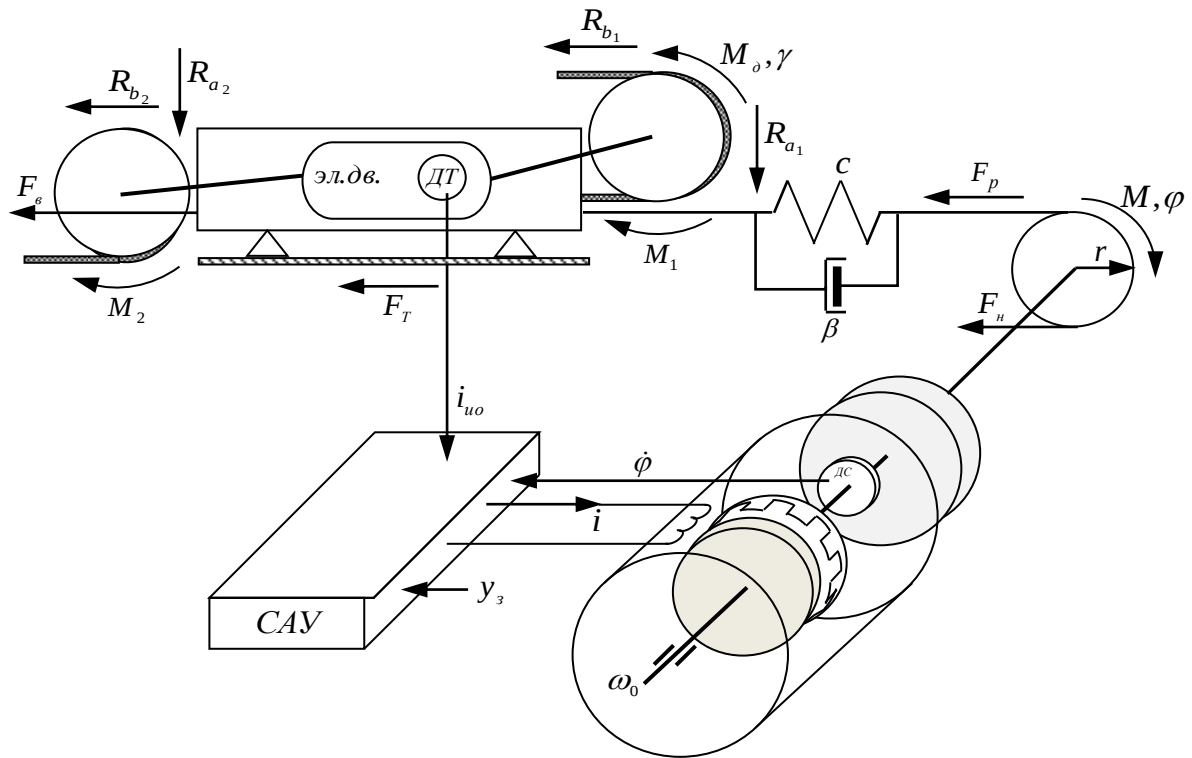


Рисунок 1.7 – Еквівалентна схема системи привід подачі – комбайн – вибій

Як видно з рисунка, в еквівалентній схемі зображено не електромагнітне гальмо ковзання, а електромагнітна муфта ковзання. Це пояснюється тим, що в ранніх конструкціях приводів ВСП в якості варіатора кутової швидкості використовувалась саме муфта, а не гальмо. В

подальшому для кращого охолодження та ж сама муфта була включена за схемою гальма, що дозволило застосувати водяне охолодження для відведення теплових втрат ковзання в масивному якорі. Важливо зазначити, що після включення асинхронного електродвигуна приводу, математична модель приводу з гальмом ковзання ідентична моделі приводу з муфтою ковзання.

У роботі, що розглядається, виконано досить незвичайні дослідження зв'язку динамічності навантажень на виконавчих органах з параметрами системи стабілізації швидкості подачі - коефіцієнтом передачі та постійними часу ланок корекції при різних швидкостях подачі та довжинах тягового ланцюга. Встановлено залежності коефіцієнта варіації моменту навантаження на виконавчих органах від вказаних параметрів. В силу того, що знайдені залежності мають екстремум, знайдено такі параметри контуру стабілізації, при яких динамічність навантажень на виконавчих органах мінімальна.

Подальші роботи цього автора та його аспірантів спрямовані на покращення керованості видобувних комбайнів з ВСП за рахунок підвищення швидкодії винесеного приводу з ЕГК.

У статті [11] викладено створення адаптивної системи автоматичного керування швидкістю винесеного приводу подачі з ЕГК. Необхідність адаптивної системи обумовлена тим, що магнітна система гальма ковзання є насиченою у більшості діапазону струмів керування, а тому індуктивність обмотки збудження гальма є функцією струму

$$L(i) = \frac{L_0}{1 + (ai)^2},$$

де L_0 – індуктивність при ненасиченому магнітопроводі.

Таким чином, i постійна часу обмотки збудження є функцією струму. Через це виникає потреба в корекції коефіцієнта при похідній у ПД регуляторі контуру стабілізації швидкості приводу, що й виконується у запропонованій структурі адаптивної САК. В результаті адаптації отримано якісні перехідні

процеси – вони аперіодичні та монотонні, а також зменшено час регулювання швидкості.

Для виконання адаптації за допомогою датчика струму вимірюється струм в обмотці збудження, далі він фільтрується інерційною ланкою щоб уникнути шуму коефіцієнта при похідній, далі перетворюється функцією, близькою до зворотної $L(i)$. Так визначається постійна часу при похідній $T(i)$ адаптованого ПД регулятора. Результати порівняльного моделювання перехідних процесів швидкості в неадаптованій та адаптованій САК наведено на рис. 1.8.

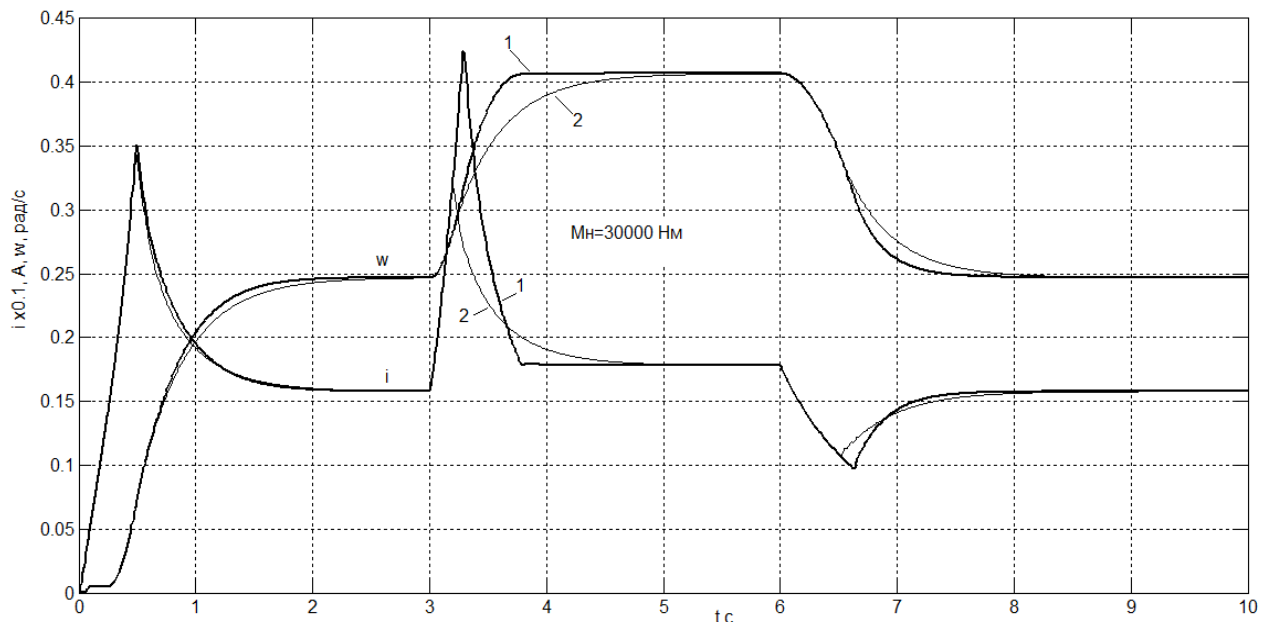


Рисунок 1.8 – Перехідні процеси швидкості та струму у вихідній та адаптованій САК приводом подачі: 1 – адаптована САК, 2 – вихідна САК

З огляду на отримані модельні реалізації перехідних процесів, суттєвого прискорення перехідного процесу зниження швидкості привода не отримано.

Магістерська робота [14] також присвячена питанням використання адаптивного контуру стабілізації швидкості у системі автоматичного

керування комбайном з ВСП. На відміну від попередньої наукової статті, дослідження виконано на повній моделі системи привід подачі – комбайн – вибій. Математична модель тут виконана за розглянутою еквівалентною схемою, котра наведена на рис. 1.7, а для моделювання моментів навантажень на виконавчих органах комбайна використовується найбільш адекватна та повна модель стружкоутворення. В результаті виконання порівняльних досліджень неадаптивної та адаптивної САК швидкістю привода подачі зроблено висновок про те, що в адаптивній САК час регулювання знижено на 2,5 с порівняно з неадаптивною САК, що суттєво знижує ймовірність стопоріння виконавчого органу комбайна через перевантаження. На рис. 1.9 представлено результати моделювання робочого режиму комбайна для різних швидкостей подачі 2 м/хв., 3 м/хв. та 5 м/хв. в адаптивній (червона лінія) та в неадаптивній САК (чорна лінія), що підтверджує висновок автора.

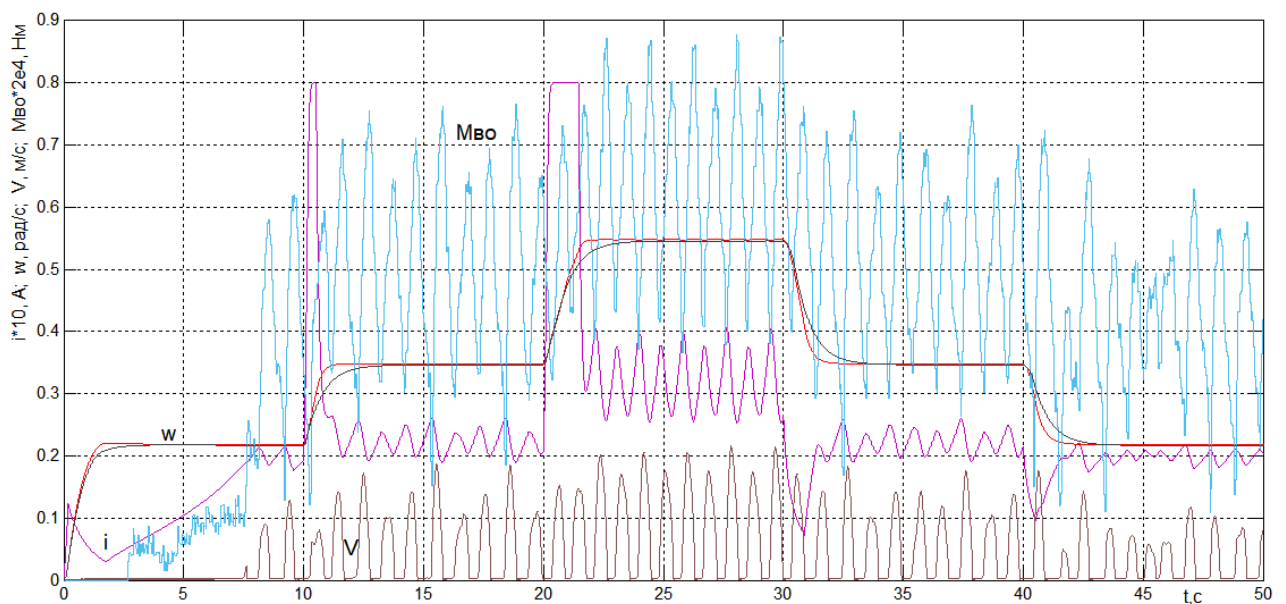


Рисунок 1.9 – Відпрацювання змін швидкості подачі в адаптивній та неадаптивній САК у робочому режимі комбайна

Протягом багатьох років тематиці дослідження та розробки винесеної системи подачі комбайнів для тонких пластів присвячені роботи вчених

Донецького національного технічного університету. Так в монографії [12] проаналізовано різні типи електричних приводів, які можуть бути застосовані у винесеній системі подачі. За результатами порівнянь перевага надається асинхронному частотно-регульованому приводу. Такий висновок має вагомі підстави, оскільки частотно-регульований привід має куди більш високий к.к.д., хоча вибохобезпечне виконання частотного перетворювача потужністю 55 кВт досить складне і має високу вартість в порівнянні з малопотужним керуванням гальмом ковзання.

Стаття [13] містить результати моделювання роботи винесеної системи подачі з частотно-регульованим приводом при робочому режимі очисного комбайна УКД200-250. Основна увага авторів зосереджена на дослідженні навантажень частотно-регульованого приводу та зусиль на переміщення ланцюгового контуру ВСП. Серед висновків дослідження вказано на великі втрати тягового зусилля на переміщення тягового ланцюга. Зроблено висновок, що винесений привід подачі з електромагнітним гальмом ковзання не забезпечує достатнього тягового зусилля. Такий висновок є безпідставним, оскільки тягове зусилля приводу з ЕГК складає 300000 Н (30 т), що цілком достатньо при довжині лави 300 м.

Ефективний та досить легко технічно реалізований спосіб скорочення часу перехідних процесів регулювання запропоновано та доведено у роботі [16]. Ідеєю автора роботи, а точніше його наукового керівника, є використання двополярного керованого випрямляча, що задає струм в обмотці збудження електромагнітного гальма, замість однополярного. Це дійсно дозволяє суттєво прискорити перехідні процеси струму, що особливо важливо, коли швидкість подачі комбайна необхідно якнайскоріше знизити при екстремому зростанні навантаження на виконавчих органах. Для реалізації такого способу керування струмом необхідно двополярний керований випрямляч та датчик струму в обмотці збудження гальма. Необхідність датчика струму пов'язана з тим, що зміна напрямку струму

збудження не впливає на напрямок крутного моменту індуктора гальма ковзання.

На рис. 1.10 наведено результати порівняльного моделювання перехідних процесів зміни швидкості привода подачі та струму у вихідній та синтезованій розглянутим вище способом системі стабілізації швидкості.

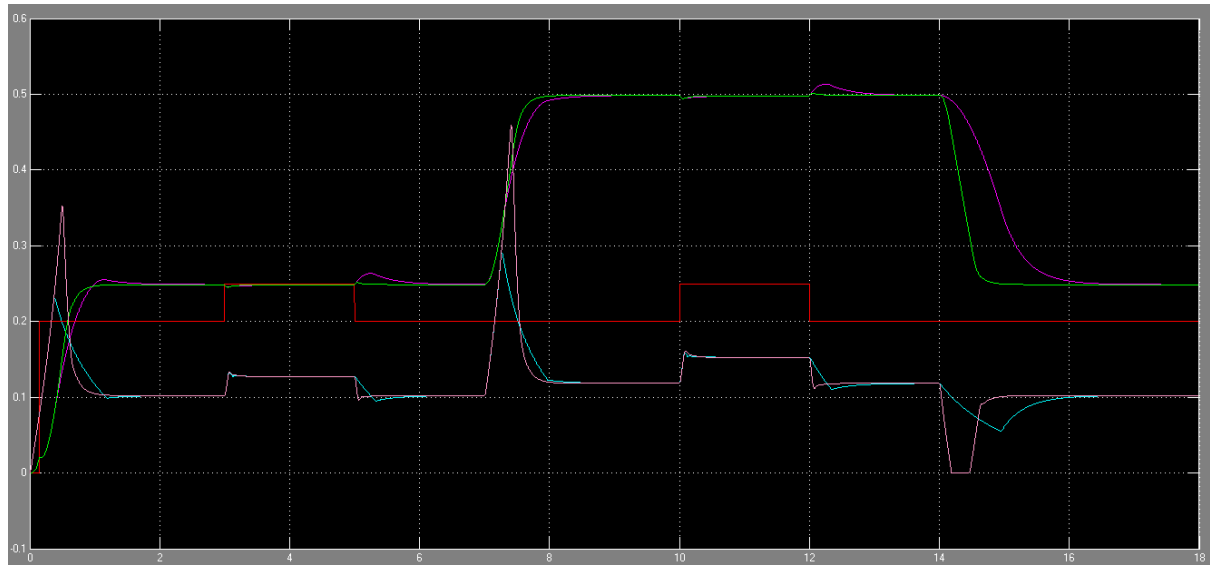


Рисунок 1.10 – Перехідні процеси у вихідній та синтезованій САК приводом подачі: пурпурова лінія – кутова швидкість у вихідній САК, зелена лінія – кутова швидкість у синтезованій САК

З наведених результатів моделювання витікає, що у найбільше важливому перехідному процесі зменшення кутової швидкості тягнучого приводу і, отже зменшення швидкості подачі комбайна, час зниження зменшується на 1,6 с. Це дозволяє не тільки уникати перекидів асинхронного двигуна приводу виконавчих органів, але й захищати трансмісію привода від ударних навантажень.

До недоліків роботи слід віднести відсутність перевірки прийнятого рішення на моделі робочого режиму комбайна, оскільки привід подачі взаємодіє з комбайном через пружний тяговий ланцюг в якому накопичена енергія тягового зусилля буде діяти ще якийсь час. До того ж запізнення у

стружкоутворенні теж буде впливати на швидкість зниження навантаження на виконавчому органі.

На думку керівника цієї роботи розглянуте зменшення часу зниження швидкості подачі можна отримати у більш дешевий спосіб, охопивши обмотку збудження гальма негативним зворотним зв'язком по струму з коефіцієнтом зворотного зв'язку 2. Це усуне необхідність застосування двополярного керованого випрямляча, а тільки знадобиться підвищення його вихідної напруги.

Висновки до розділу 1

1. Виконано критичний огляд існуючих структурних та параметричних рішень САК видобувним комбайном з винесеною системою подачі.
2. Наукові праці останнього часу, присвячені дослідженням та розробці САК комбайнами з ВСП, підтверджують актуальність теми цієї роботи.
3. Зменшення часу перехідних процесів швидкості подачі при їх аперіодичній та монотонній формі дасть можливість зменшити динамічність навантажень в приводах виконавчих органів та подачі.

1.4 Мета та завдання роботи

Мета роботи – модернізація системи автоматичного керування швидкістю винесеного привода подачі видобувного комбайна, що забезпечує кращу швидкодію та якість регулювання.

Для досягнення мети потрібно вирішення наступних завдань:

- 1) Виконати критичний огляд існуючих структурних та параметричних рішень САК видобувним комбайном з винесеною системою подачі.

2) Побудувати математичну та імітаційну модель САК винесеним приводом подачі та виконати синтез контуру стабілізації модернізованої системи, обрати обладнання для її реалізації.

3) Виконати порівняльне математичне моделювання існуючої та модернізованої системи та визначити показники якості останньої.

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ З ВИНЕСЕНОЮ СИСТЕМОЮ ПОДАЧІ

Проектування будь-якої системи автоматичного керування доцільно виконувати на основі функціональної схеми, яка відображає підключення зовнішніх елементів, зовнішні та внутрішні зв'язки проектованої САК. У випадку цієї роботи такою схемою може бути розглянута у попередньому розділі функціональна схема, що наведена на рис. 1.1. Відповідно до цієї схеми визначенню підлягають:

1. Датчики струму електродвигунів приводів подачі та різання.
2. Датчики кутової швидкості приводів подачі.
3. Датчики постійного струму в обмотці збудження ЕГК.
4. Промисловий контролер та блоки супроводу до нього.

Обрання інших елементів системи визначається багатьма факторами, розгляд яких виходить за межі цієї роботи.

Важливою особливістю пристроїв автоматизації, що експлуатуються в шахтах з вибухонебезпечною атмосферою по пилу та газу, є вимога іскробезпечності їх кіл виходу. Це означає, що при багатократному короткому замиканні їх вихідних клем, іскріння, яке створюється у момент замикання, не здатне спричинити вибух повітряно-метанової суміші або зважених у повітрі мікро частинок вугільного пилу. Для цього вихідні кола всіх пристроїв, призначених для використання в шахті, перевіряються на іскробезпечність та узгоджуються протоколами спеціалізованих державних установ.

Блоки апаратури розміщують у так звані РВ та РІ броньовані оболонки, які мають герметичні дверці. Такі оболонки здатні витримати вибух всередині, не випускаючи його назовні. Отже, вибір зовнішніх елементів САК суттєво обмежений та ускладнений з огляду на викладене вище.

2.1 Визначення датчиків змінного струму в асинхронних електродвигунах приводів виконавчих органів та подачі

У гірничий автоматиці для вимірювання струму електродвигунів використовуються датчики струму розробки інституту Донавтоматгомаш. Ці датчики безальтернативно використовуються в цій роботі.

Датчик струму являє собою трансформатор струму, первинна обмотка якого є жилою однієї з фаз силового кабелю, що живить статор асинхронного електродвигуна. Вторинна обмотка намотана та витому тороїдальному осерді з трансформаторної сталі. Для забезпечення іскробезпечності вихід датчика захищений стабілітроном та обмежувальним резистором. Вихідні дані датчика: максимальна сила струму первинної обмотки, контрольованої датчиком – 550 А; максимальна змінна напруга на вихідних затискачах датчика струму в режимі холостого ходу - 60 В. Креслення датчика наведено на рис. 2.1 [17].

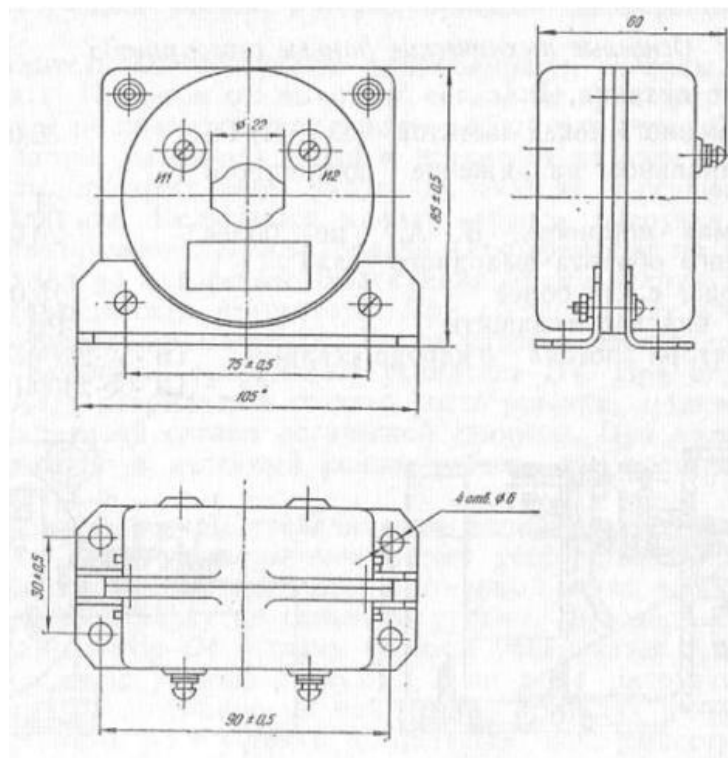


Рисунок 2.1 – Креслення датчика струму

2.2 Визначення датчиків кутової швидкості приводів винесеної системи подачі

У винесених приводах в якості датчика швидкості використовується індуктивний безконтактний датчик на наближення німецької фірми KLASCHKA. Датчик вбудовано у трансмісію редуктора привода подачі напроти одної з його шестерень. Зовнішній вид та установка датчика показані на рис. 2.2 та 2.3.



Рисунок 2.2 – Датчик кутової швидкості фірми KLASCHKA.

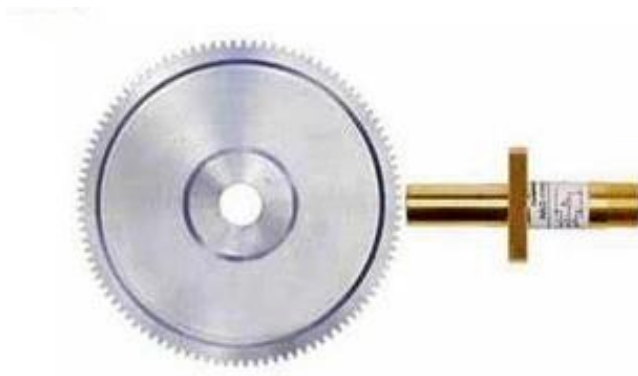


Рисунок 2.3 – Установка датчика кутової швидкості.

Датчик має імпульсний вихід. Діапазон частоти імпульсів 40...400 Гц. Вагомі підстави змінювати тип датчика кутової швидкості відсутні

2.3 Конструкція датчика струму в обмотці збудження електромагнітного гальма ковзання

Датчик струму доцільно виконати з відрізка високоомного дроту з площею перерізу достатньою для максимального струму 8 А. Опір такого датчика має складати 1 Ом. Теплова потужність буде складати 64 Вт. Такий датчик слід розмістити на підкладці з ізоляційного матеріалу з хорошою теплопровідністю та щільно закріпити всередині РВ оболонки для відводу тепла.

2.4 Вибір програмованого логічного контролера

Вибір обладнання, зокрема промислового логічного контролера (ПЛК), при технічній реалізації системи автоматичного керування визначається багатьма чинниками:

- Найменша постійна часу динамічної ланки в структурі системи.
- Складність та розміри динамічної структури системи, що визначають обсяг оперативної пам'яті. САК,
- Кількість аналогових та цифрових вхідних та вихідних сигналів.
- Можливість модифікації системи керування у бік розширення її функцій з відповідним збільшенням розміру програми.
- Застосування тієї моделі ПЛК та пристроїв автоматизації, що вже застосовується на підприємстві.
- Ціна комплекту обладнання.

Розглянута в роботі САК винесеним приводом подачі є тільки частиною системи автоматичного керування винесеною системою подачі та навантаженням приводу виконавчих органів. У розглянутому вигляді, що має місце у реальній апаратурі автоматизації, така САК керує тільки швидкістю подачі тягнучого приводу, в напрямку якого рухається комбайн. Цей недолік

існуючої САК необхідно усунути. Таким чином потрібно обирати ПЛК з урахуванням модернізації системи у вказаному напрямку.

У системі керування роботою комбайна виконуються численні логічні функції взаємодії роботи комбайна з конвеєром, кріпленням, датчиками метану, тощо, а також виконання оперативної діагностики агрегатів комбайна, що також потребує ресурси контролера. Доцільно з точки зору здешевлення апаратури автоматизації та підвищення її надійності мати один потужний ПЛК.

Ним цілком може бути програмований логічний контролер S7 фірми Siemens. Наприклад, модель S7CPU312 (6ES7 312-1AD10-0AB), що має достатні технічні характеристики, які легко доступні в мережі Інтернет. На рис. 2.4 наведено зовнішній вигляд ПЛК.



Рисунок 2.4 – ПЛК Siemens S7 CPU312

На рис. 2.5 представлена схема підключення ПЛК.

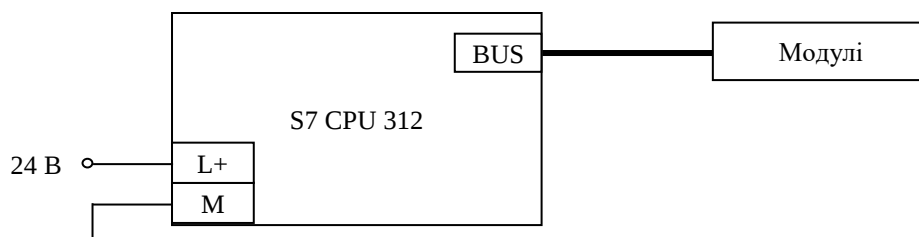


Рисунок 2.5 – Схема підключення S7-312

2.6 Вибір модулів вводу-виводу даних

Аналогові вхідні сигнали, що обробляються системою автоматичного керування комбайном з винесеною системою подачі:

- Датчик швидкості тягнучого приводу;
- Датчик швидкості приводу, що підтягує;
- Сигнал завдання швидкості подачі;
- Уставки струму 2;
- Струм в обмотці збудження електромагнітного гальма ковзання тягнучого приводу;
- Струм в обмотці збудження електромагнітного гальма ковзання приводу, що підтягує;
- Струм асинхронного електродвигуна тягнучого приводу;
- Струм асинхронного електродвигуна приводу, що підтягує;

Аналогові вихідні сигнали керування приводами винесеної системи подачі:

- Сигнал управління керованим випрямлячем тягнучого приводу;
- Сигнал управління керованим випрямлячем приводу, що підтягує;
- Сигнали індикації у кількості 5.

З огляду на кількість вхідних та вихідних аналогових сигналів, доцільно обрати модуль вводу SM 331 AI 8 x 16 Bit (-7NF00-) і модуль виводу SM 332 AO 4 x 16 Bit (-7ND02-), технічні характеристики яких представлені у таблиці додатку.

Схему підключення модуля вводу SM 331 AI 8x16 Bit наведено на рис. 2.8.

Схема підключення модуля виводу SM 332 AO 4 x 16 Bit показана на рис. 2.9.

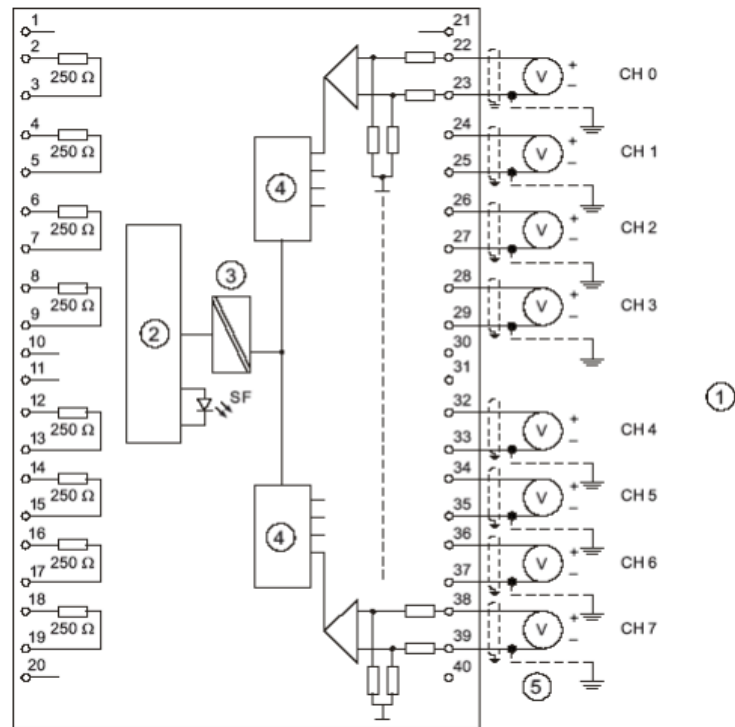
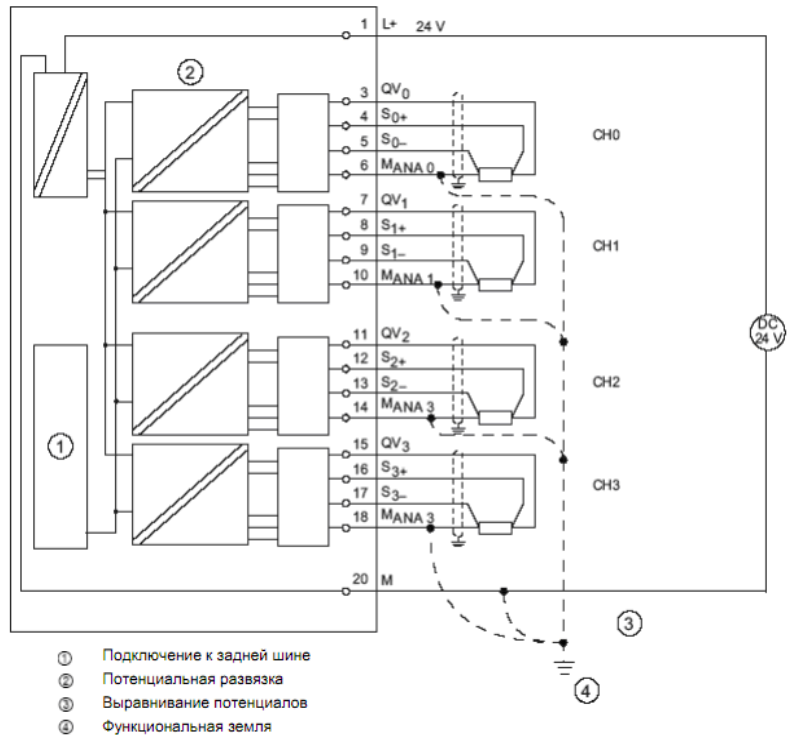


Рис. 6-1. Схема подключения и принципиальная схема

- ① Измерение напряжения
- ② Подключение к задней шине
- ③ Потенциальная развязка
- ④ Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)
- ⑤ Выравнивание потенциалов

Рисунок 2.8 – Схема підключення модуля вводу SM 331 AI 8x16 Bit



- ① Подключение к задней шине
- ② Потенциальная развязка
- ③ Выравнивание потенциалов
- ④ Функциональная земля

Рисунок 2.9 – Схема підключення модуля виводу SM 332 AO 4 x 16 Bit

Висновки до розділу 2

Виконано проектування системи автоматичного керування технологічними режимами комбайна з винесеною системою подачі.

З СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИНЕСЕНИМ ПРИВОДОМ ПОДАЧІ КОМБАЙНА З ВСП

3.1 Ідея роботи та її перевірка

Керування технологічними режимами видобувним комбайном з ВСП здійснюється через винесений привід подачі, який є сам по собі є системою автоматичного керування швидкістю подачі. Тому чим краще показники якості САК приводом подачі, тим краще керованість навантаженням на виконавчих органах комбайна.

Серед розглянутих робіт першого розділу проаналізовано роботу [16], в якій суттєво зменшено час регулювання швидкості приводу при аперіодичній монотонній формі перехідних процесів за рахунок використання двополярного керованого випрямляча та оснащення САК приводом датчика струму обмотки збудження гальма. Використання двополярного випрямляча суттєво здорожує його конструкцію оскільки справа не тільки в додаткових чотирьох IGBT транзисторах, але це розробка нової конструкції, включаючи нову РВ оболонку.

Ідея роботи полягає в корекції негативним зворотнім зв'язком за струмом, що охоплює обмотку збудження гальма та керований випрямляч. Така корекція зменшить постійну часу обмотки збудження до достатнього рівня і усуне необхідність застосування двополярного керованого випрямляча. Таким чином, будуть досягнуті мінімальні зміни в конструкції САК приводом подачі при тій же швидкодії, що й при використанні двополярного випрямляча.

З теорії автоматичного керування відомо, що при охопленні аперіодичної ланки першого порядку (а обмотка збудження і є такою ланкою хоч і нелінійною) з коефіцієнтом передачі k та постійною часу T негативним зворотним зв'язком, постійна часу та коефіцієнт передачі k

зменшується в $1 + k \cdot k_{kz}$ разів. Отже, потрібно компенсувати зменшення коефіцієнта передачі. З огляду на конструктивну реалізацію, при коефіцієнті передачі керованого випрямляча 8 та при коефіцієнті передачі обмотки збудження 0,1 їх загальний коефіцієнт передачі дорівнює 0,8. Тобто, при рівні сигналу на вході фазозсувного пристрою 10 В вихідна напруга керованого випрямляча має бути 80 В, тоді струм в обмотці збудження має бути 8 А. Розрахунок показує, що для збереження коефіцієнта передачі 0,8 при наявності зворотного зв'язка коефіцієнті передачі керованого випрямляча має бути 40. Для перевірки викладених міркувань розроблено модель у Simulink, що наведена на рис.3.1.

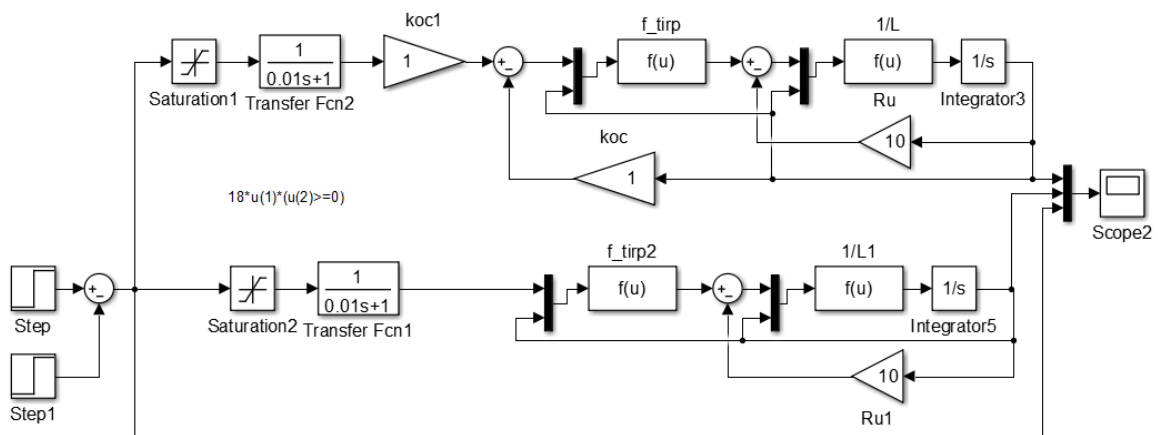


Рисунок 3.1 – Simulink модель для перевірки ідеї синтезу САК приводом подачі

Наведена модель реалізує два способи керування струмом в обмотці збудження гальма ковзання. Верхня частина моделі – представляє собою послідовне з'єднання керованого випрямляча і обмотки збудження, охоплених одиничним негативним зворотним зв'язком (блок koc), як викладено вище.

Нижня частина моделі – керування струмом в обмотці за допомогою двополярного керованого випрямляча. Моделі власне обмоток ідентичні.

Таким чином, наведена блок-діаграма дозволяє порівняти два вказані способи управління струмом і у порівнянні оцінити ідею керування.

Налаштування функціональних блоків наведені на рис. 3.2 та рис. 3.3.

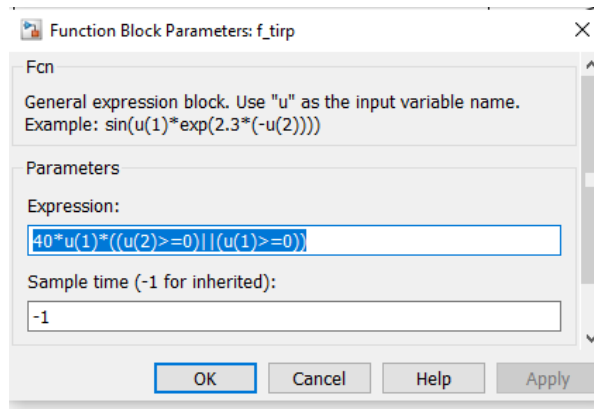


Рисунок 3.2 – Налаштування моделі керованого випрямляча

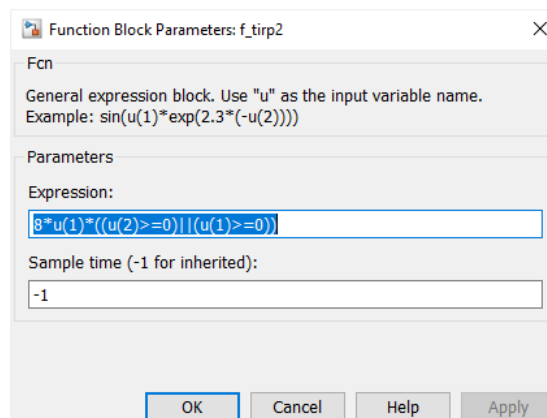


Рисунок 3.3 – Налаштування моделі керованого випрямляча

На рис. 3.4 наведено налаштування блоків 1/L та 1/ L1

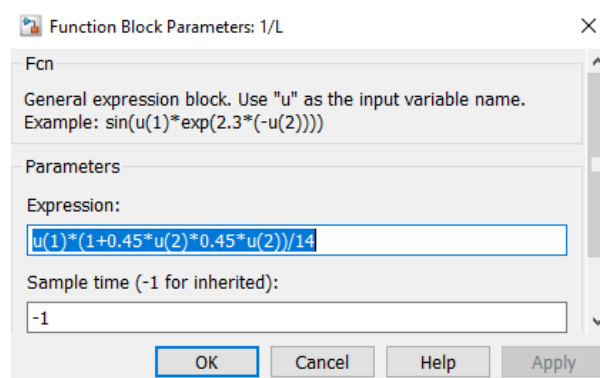


Рисунок 3.4 – Налаштування блоків 1/L та 1/ L1

На рис. 3.5 наведено результати моделювання перехідних процесів в обмотці збудження гальма ковзання для двох описаних вище способів керування струмом.

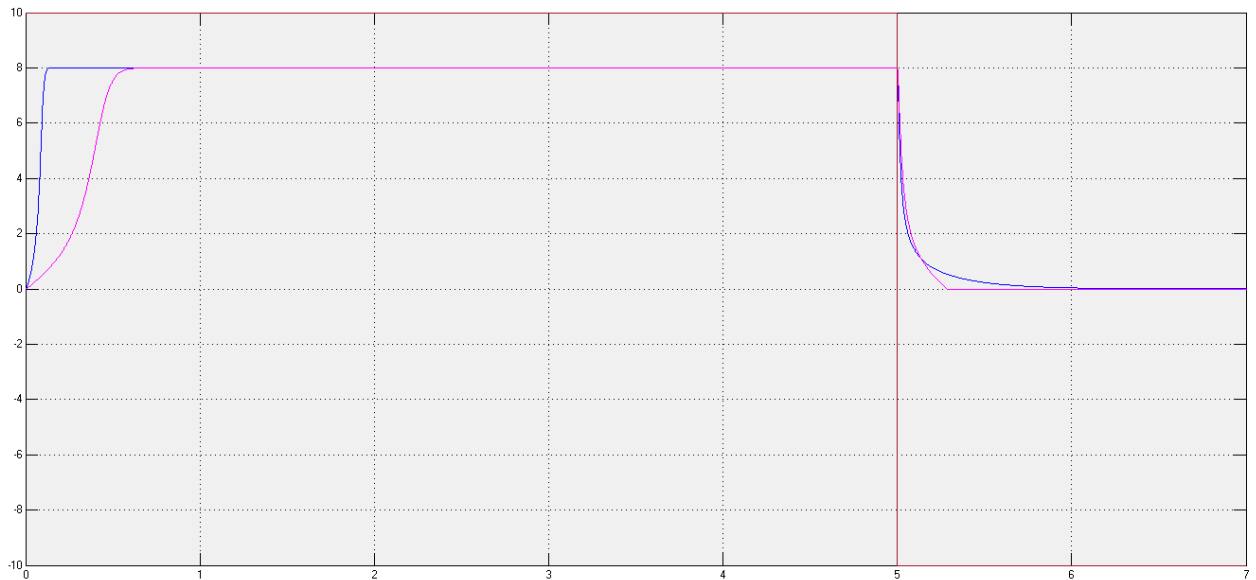


Рисунок 3.4 – Перехідні процеси зміни струму в обмотці гальма ковзання для двох способів керування: синя лінія – корекція негативним зворотним зв'язком, пурпурова лінія – керування з застосуванням двополярного керованого випрямляча

В цьому модельному експерименті на вхід керованих випрямлячів подається східчастий сигнал рівня +10, що відповідає максимальному сигналу на виході ПД регулятора. Це спричиняє перехідний процес зростання струму в обмотках до максимального значення 8 А. На 5 секунді подається стрибок рівня -10, що потрібно для двополярного керованого випрямляча, і далі протікає перехідний процес зниження струму до 0 А.

Наведені результати показують, що перехідні процеси в найбільш важливому режимі зниження струму при обох способах управління дуже близькі. Це свідчить про реальність висловленої ідеї керування та можливість її практичної реалізації.

3.2 Математична та імітаційна модель системи автоматичного керування винесеним приводом подачі

Виконання завдання синтезу та дослідження САК швидкістю винесеного привода подачі потребує наявності математичної моделі синтезованої системи. Для цього доцільно скористатись математичною моделлю, яка вже перевірена на адекватність і успішно використовувалась в багатьох завданнях дослідження та синтезу подібних систем [6]. З врахуванням всіх спрощень та припущень вказана математична модель власне привода з врахуванням керованого випрямляча має вигляд

$$\begin{aligned}
 J\dot{\omega} &= M - M_n, \\
 M(i, S) &= M_M \arctg^2(ai) \sqrt[4]{S}, \\
 U_T(u) &= Ri + \frac{L_0}{1+(ai)^2} \frac{di}{dt} \\
 U_T(u) &= \frac{U}{2} \left(1 + \cos \left(\pi - \frac{u}{u_m} \pi \right) \right)
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

де

U - напруга від трансформатора живлення, що підводиться до керованого випрямляча;

u - сигнал управління на вході керованого випрямляча;

u_m - максимальний рівень сигналу управління на вході керованого випрямляча;

ω – кутова швидкість привода подачі;

M_n – момент навантаження на вихідному валу привода;

R – активний опір обмотки збудження гальма ковзання.

J – приведений до вихідного валу момент інерції веденої частини привода (редуктора та індуктора гальма).

В якості регулятора (коригуючого пристрою) використано ПД регулятор у паралельній формі з бібліотеки Continuous системи MATLAB з нульовою інтегральною складовою. Тобто ПД регулятор. Практично всі розглянуті роботи розділу 1 використовують цей тип регулятора. З врахуванням зазначеного компенсаційна формула регулятора має вигляд

$$\varepsilon(P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1+N\frac{1}{s}}),$$

де ε - сигнал розузгодження за кутовою швидкістю;

P – коефіцієнт пропорційної складової;

$I=0$ - коефіцієнт інтегральної складової;

D - коефіцієнт диференціальної складової;

N – коефіцієнт фільтра при диференціальній складовій з постійною часу

$T=1/N$.

Відповідно до представленої моделі побудовано блок-діаграму імітаційної моделі у Simulink. Вона наведена на рис. 3.5. Модель по суті складається з двох моделей САК приводу, що потрібно для їх порівняльного аналізу.

Параметри регулювання – кутова швидкість, струм обмотки та момент навантаження на вихідному валу привода кожної з моделей виводяться на загальний Scope5.

У верхній моделі для підвищення швидкодії використовується описаний вище негативний зворотний зв'язок та однополярний керований випрямляч. Потрібно зазначити, що встановлений коефіцієнт зворотного зв'язку 1, що видно з налаштування блоку кос на рисунку, через різні масштаби сигналів з виходу регулятора (10 верхній рівень) та датчика струму (8 верхній рівень) у дійсності дорівнює $8/10 = 0,8$.

У нижній моделі для тієї ж мети використовується двополярний випрямляч. В обох моделях ПД регулятори мають обмеження вихідного сигналу. В верхній моделі діапазон вихідного сигналу регулятора знаходиться у межах $0 \dots 10$, у нижній – у межах $-10 \dots +10$, що завдано при налаштуванні блоків PID регуляторів.

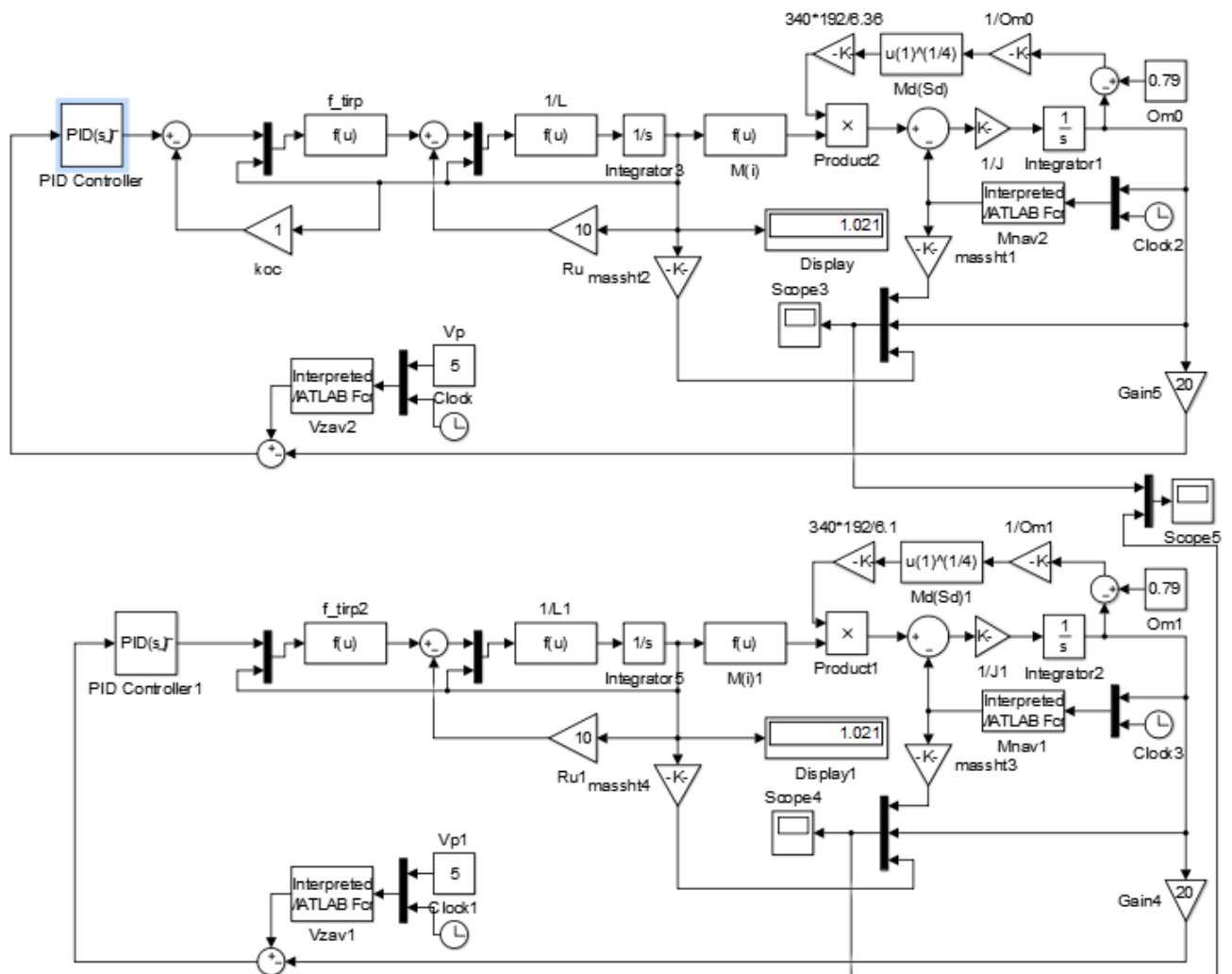


Рисунок 3.5 – Блок-діаграма моделі для дослідження якості регулювання двома способами керування швидкістю приводу подачі

У процесі досліджень були знайдені налаштування ПД регуляторів обох описаних САК приводом. Вони наведені у вікнах налаштувань, представлених на рис. 3.6 та рис. 3.7. Слід звернути увагу, що знайдені значення коефіцієнтів при похідних в рази менші, ніж у таких же регуляторах

в попередніх роботах. Це означає суттєве скорочення часу перехідних процесів струму і відповідно швидкості приводів подачі.

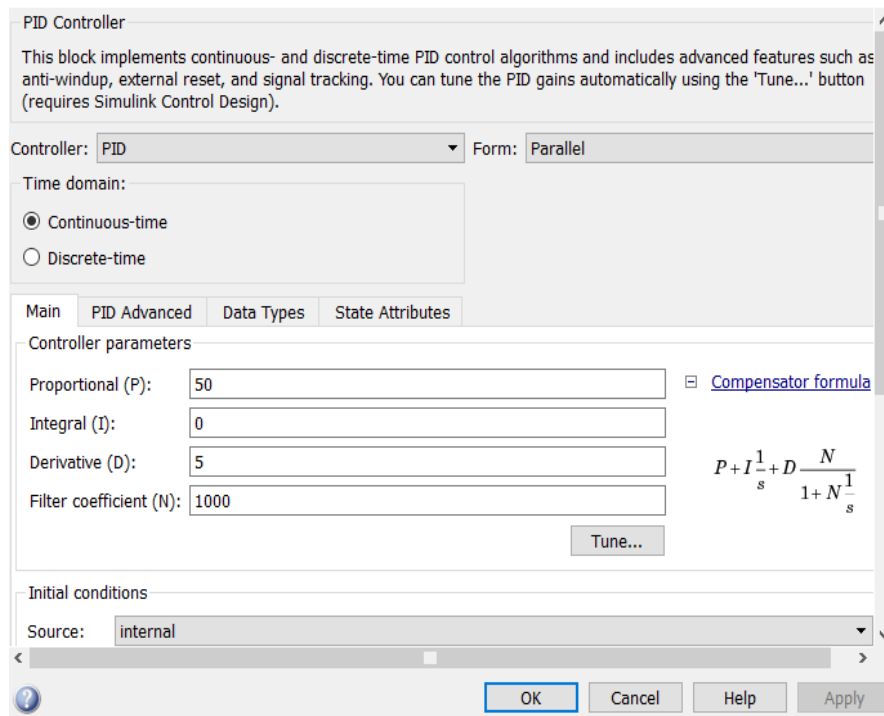


Рисунок 3.6 – Налаштування блоку PID Controller

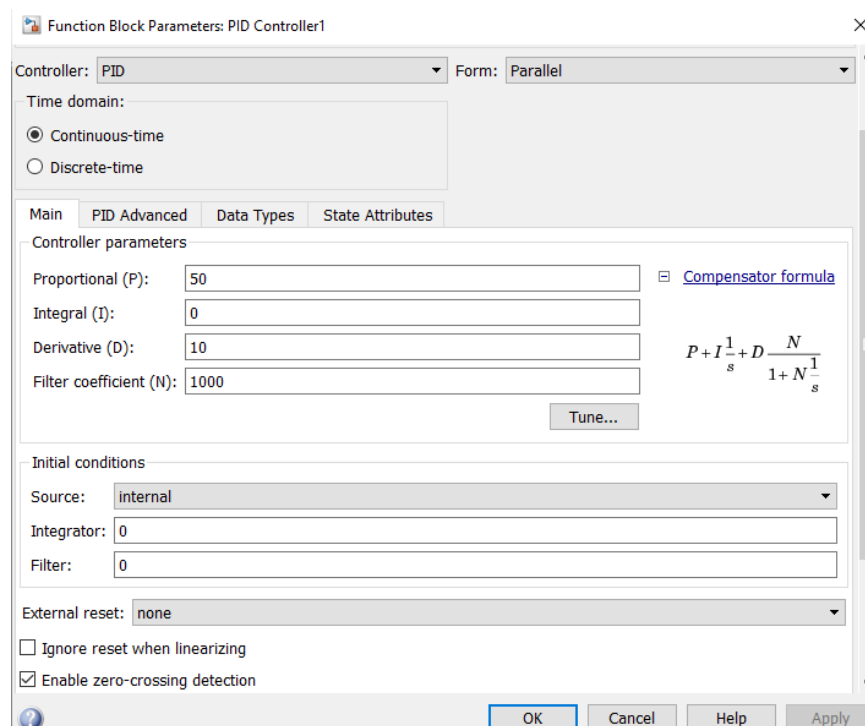


Рисунок 3.7 – Налаштування блоку PID Controller1

Блоки Vzav та Vzav1 являють собою функцію MATLAB, в якій задається потрібна послідовність та значення впливів завдання по швидкості привода.

Лістинг функції:

```
function [ yr ] = Vzav( u )
% Завдання впливу по швидкості привода
% від регулятора або з пульта машиніста комбайна
% u(1) – початкова швидкість привода
% u(2) – час
yr=u(1);
if u(2)>=7
    yr=u(1)*2;
end
if u(2)>=14
    yr=u(1);
end
```

Початкова швидкість привоу в моделях задається відповідно блоком Vp та Vp1.

У блоках Mnav1 та Mnav2 задається збурення на привід у вигляді стрибків моменту навантаження. Завдання моменту навантаження також виконано у вигляді функції, лістинг якої наведено нижче

```
function [ mn ] = Mnav(u )
% Момент навантаження привода
% u(2) – час
mn=20000;

if u(2)>3
    mn=25000;
end
if u(2)>5
    mn=20000;
end
if u(1)<=0.02
    mn=2000*u(1);
end
if u(2)>10
    mn=25000;
end
if u(2)>12
```

```
mn=20000;  
end
```

Зрозуміло, що зміст розглянутих функцій ідентичний для обох моделей.

3.3 Порівняльне дослідження синтезованої САК винесеним приводом подачі

Результати моделювання САК приводу подачі для двох способів керування при різних завданнях швидкості та стрибках навантаження наведені на рис. 3.8.

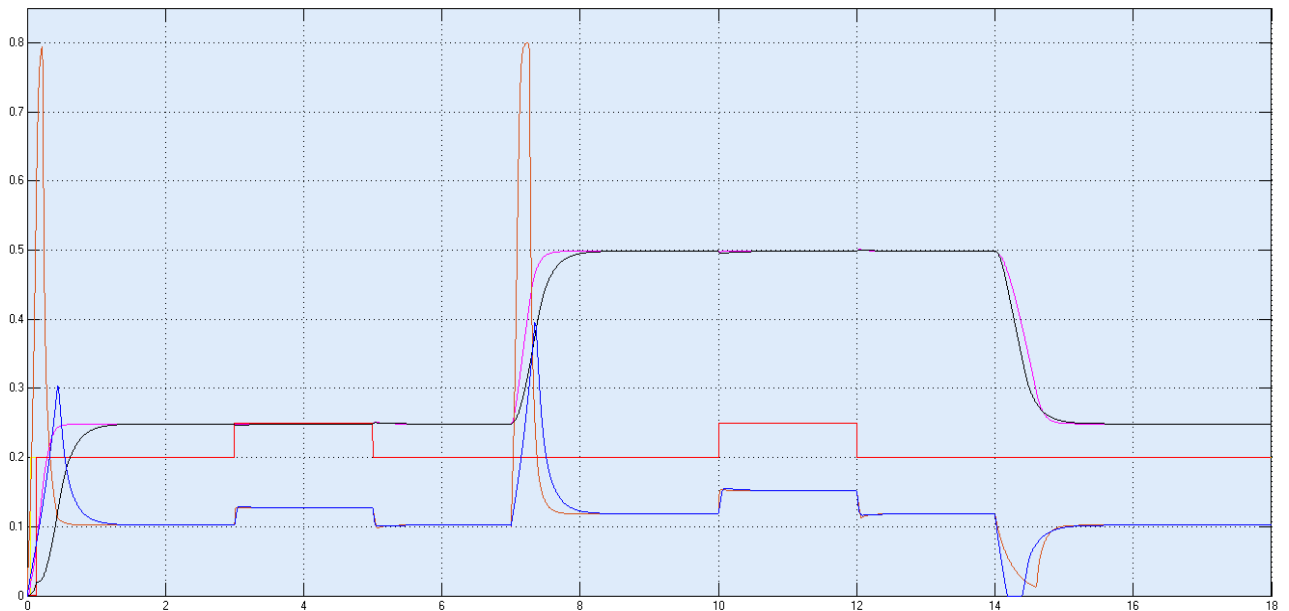


Рисунок 3.8 – Результати моделювання САК приводу подачі для двох способів керування

Лінії на рисунку позначені:

- Червона – момент навантаження приводів, масштаб $1e5$ Нм.
- Пурпурова – кутова швидкість верхньої САК з корекцією зворотним зв'язком по струму та однополярним керованим випрямлячем, масштаб 1 рад/с.

- Чорна – кутова швидкість нижньої САК з двополярним керуванням випрямлячем, масштаб 1 рад/с.
- Коричнева – струм в обмотці верхньої САК, масштаб 0,1 А.
- Синя – струм в обмотці верхньої САК, масштаб 0,1 А.

Зміст модельного експерименту наступний. З 0с до 2с розгін приводу і вихід на усталений режим кутовою швидкістю 0,25 рад/с. Перехідний процес розгону аперіодичний та монотонний в обох системах керування.

З 3с до 5с східчає збільшення моменту навантаження з 20000Нм до 25000Нм. Зазначимо, що таке збурення прекрасно відпрацьовується обома системами керування без коливань та перерегулювання. На рис. 3.9 показано збільшене вертикальним зумом зображення відпрацювання збурення, що підтверджує вказаний характер перехідного процесу відпрацювання.

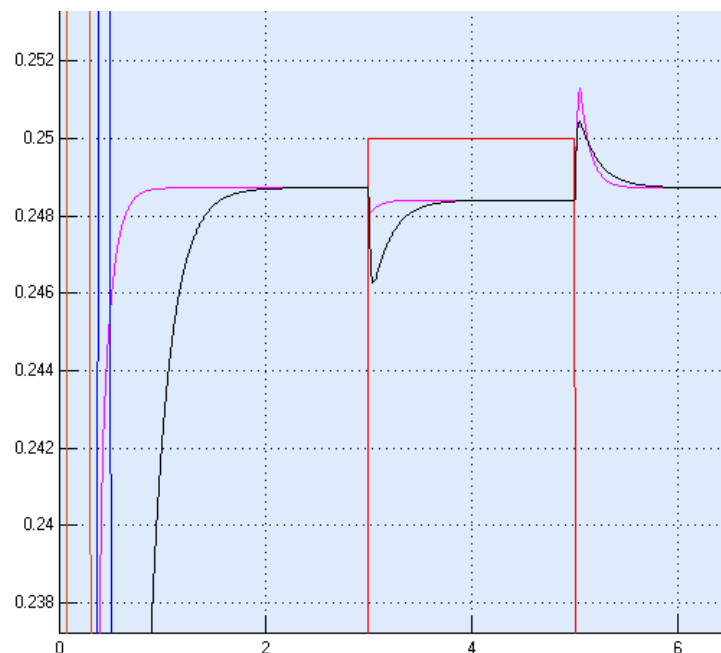


Рисунок 3.9 – збільшений фрагмент відпрацювання збурення обома САК

З 7с до 14с має місце східчає збільшення завдання по швидкості з 0,25 до 5 рад/с. Це спричиняє аперіодичний та монотонний перехідний процес збільшення швидкості тривалість якого у верхній САК близько 0,5с, у

нижній – близько 1с. Тобто САК з корекцією зворотним зв'язком по струму має удвічі більшу швидкодію. З 10с до 12 знову має місце східчасте збурення, яке відпрацьовується обома САК приводом вже описаним вище чином.

На 14с завдання по кутовій швидкості східчасто зменшується з 5 до 2,5 рад/с, через що має місце найважливіший перехідний процес зниження кутової швидкості, тривалість якого визначає спроможність САК приводом знижувати швидкість подачі комбайна при виникненні раптової перевантаженості його виконавчих органів. Тривалість перехідного процесу в обох системах майже однакова, що доводить перевагу корекції зворотним зв'язком перед використанням двополярного випрямляча. Зауважимо, що усі перехідні процеси кутової швидкості в обох системах аперіодичні та монотонні.

Висновки до розділу 3

1. Синтезовано модернізовану САК винесеним приводом подачі з корекцією негативним зворотним зв'язком обмотки збудження гальма ковзання та однополярного керованого випрямляча, що дозволило знизити час регулювання на 1,6 с в найбільш важливому перехідному процесі зниження швидкості приводу.
2. Розроблено імітаційну модель САК швидкістю приводу, дослідження якої доводять переваги синтезованої САК перед промисловою САК та найкращою розробкою подібної системи з літературних джерел.
3. Синтезована в роботі САК винесеним приводом подачі має аперіодичні та монотонні перехідні процеси швидкості подачі, що забезпечує якість керування видобувним комбайном.

ВИСНОВКИ

1. Виконаний критичний огляд існуючих структурних та параметричних рішень САК видобувним комбайном з винесеною системою подачі свідчить: тема роботи є актуальною, зменшення часу перехідних процесів швидкості подачі при їх аперіодичній та монотонній формі дасть можливість зменшити динамічність навантажень в приводі виконавчих органів та подачі, що підвищить продуктивність комбайна.
2. Спроековано модернізовану САК винесеним приводом подачі комбайна з ВСП.
3. Синтезовано модернізовану САК винесеним приводом подачі з корекцією негативним зворотним зв'язком обмотки збудження гальма ковзання та однополярного керованого випрямляча, що дозволило знизити час регулювання на 1,6 с в найбільш важливому перехідному процесі зниження швидкості привода подачі.
4. Розроблено імітаційну модель САК швидкістю приводу, дослідження якої доводять переваги синтезованої САК перед промисловою САК та найкращою розробкою подібної системи.
5. Синтезована в роботі САК винесеним приводом подачі має більш швидкі, аперіодичні та монотонні перехідні процеси швидкості подачі, що забезпечує більшу якість керування видобувним комбайном, підвищення його продуктивності та надійності.
6. Розроблено заходи з охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комплекс технических средств управления очистными комбайнами с вынесенной системой подачи (КТС-М.УХЛ5): [руководство по эксплуатации]. – Донецк: ОАО «Автоматгормаш» им. В.А. Антипова, 2007. – 39 с.
2. Вынесенная система подачи комбайна УКД200 – 250 типа ВСПК [Электронный ресурс] // ХМЗ «Свет шахтера». – 2008. – Режим доступа до статті: http://www.shaht.kharkov.ua/files/index_1.html.
3. Апаратура КД-А [Электронный ресурс]. – Режим доступа до статті: <http://mzsha.inf.ua/>
4. Апаратура РЭТ УХЛ5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа до статті: <http://elektro-mehanik.ru/files/file/45-apparatura-ret-ukhl5/>
5. Ковальчук А.Н. Протокол заводских испытаний блока вынесенной системы подачи БП ВСП за 24.08.2006 г., / А.Н. Ковальчук - ОАО «ХМЗ «Свет шахтера», г. Харьков. 2006. – 35с.
6. Поцепаев В.В. Исследование динамики и выбор рациональных параметров вынесенного привода подачи очистных комбайнов: дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. / Поцепаев В.В. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1985. – 197 с.
7. Поцепаєв В.В. Дослідження регулятора навантаження виконавчих органів видобувних комбайнів з винесеною системою подачі/ В.В. Поцепаєв // Науковий вісник ДонНТУ. – Покровськ, 2019 № 1-2 2019 с.48-53.
8. Коровін В.С. Дослідження та розробка регулятора навантаження виконавчих органів комбайнів УКД 200-250: кваліфікаційна робота магістра / В.С. Коровін. – Покровськ: ДонНТУ, 2019. – 77 с.
9. А.с. 1461919 (СССР). Способ управления вынесенной системой подачи очистного комбайна / Донавтоматгормаш. Авт. изобрет. С.В. Дубинин,

- В.В. Поцєпаєв, Л.Я. Красик, И.Т. Сидоренко Заявл. 04.03.87, № 4204123.
10. Поцєпаєв В.В. Математична модель навантажень на виконавчих органах видобувного комбайна / В.В. Поцєпаєв // Матеріали сьомої міжнародної науково-технічної конференції “Моделювання і комп’ютерна графіка” 18-24 вересня 2017 року, м. Київ – м. Покровськ: ДонНТУ, 2017. – 285 с. С. 263-266.
 11. Поцєпаєв В.В. Адаптивна система автоматичного управління приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання/ В.В. Поцєпаєв , Ю.Б. Шмідт, Р.Р. Мамєдов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: “Обчислювальна техніка та автоматизація”. – Покровськ, 2017 № 1(30) 2017 с.17-27.
 12. Кондрахін В.П. Електричні механізми переміщення очисних комбайнів / В.П. Кондрахін, В.В. Косарєв, М.І. Стаднік. – Під. ред. В.П. Кондрахіна. – Донецьк: Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2010. – 257с.
 13. Бойко Н.Г. Перемещение очистных комбайнов с гибким тяговым органом/ Бойко Н.Г.// Наукові праці ДонНТУ. Серія: Гірничо-електромеханічна. - 2012. - № 23 (196). - С.11-18.
 14. 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.
 15. Стоян Є.В., Поцєпаєв В.В. Дослідження та розробка компенсаційного регулятора навантаження видобувного комбайна [Текст] / Є.В. Стоян // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених «ТАК»: телекомунікації, автоматика, комп’ютерно-інтегровані технології, 29-30 листопада 2017 р.: збірник доповідей. – ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ 2017. – С. 232 – 236 .

- 16.Савенко Д.І. Модернізація системи автоматичного керування швидкістю винесеного привода подачі видобувного комбайна: кваліфікаційна робота бакалавра / Д.І. Савенко. – Покровськ: ДонНТУ, 2022. – 68 с.
- 17.Гуревич Л.С. Електрослесарю добычного и проходческого оборудования: Справочник\ под общ. ред. В.А. Антипова. – 2-е изд. перераб. и доп. – Донецк: Донбасс, 1989. – 159с.
- 18.МATLAB 5 х. Вычисления, визуализация, программирование / Н.Н. Мартынов, А. П. Иванов. – КУДИЦ-ОБРАЗ. 2000. 336 с.
- 19.Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування / М.Г. Попович, О.В., Ковальчук. – Київ: Либідь, 2007. – 656 с.
- 20.Костюченко М.П. “Основи охорони праці”, “Охорона праці в галузі”.
Ч.1. Загальні питання та менеджмент охорони праці: Навч.-методичний посібник. – Донецьк: Вид-во ДУІ і ШІ, 2010. – 158с.

Додаток А ОХОРОНА ПРАЦІ

А.1 Потенційні небезпеки і шкідливості на об'єкті дослідження

В даній бакалаврській роботі досліджується і розробляється система автоматичного управління видобувним комбайном з винесеною системою подачі з приводами на основі електромагнітних гальм ковзання.

Видобувні комбайни є основною і важливою вуглевидобувною технікою на шахтах України.

Вугільна шахта – це гірниче підприємство підвищеної небезпеки, під час виробничої діяльності в підземних виробках якої можуть виникнути небезпечні та шкідливі виробничі чинники (НШВЧ), від дії яких працівники мають бути захищені.

До НШВЧ на підприємстві відносяться:

- рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена температура повітря робочої зони (несприятливий мікроклімат);
- підвищений рівень шуму та вібрації від обладнання;
- підвищене значення напруги в електромережі;
- підвищений вміст метану, вугільного пилу;
- значна фізична напруга;
- відсутність або нестача природного освітлення.

Комбайн експлуатується згідно з вимогами «Правил техніки безпеки, що діють, для вугільних шахт», технічних стандартів для експлуатації електрообладнання у вугільних шахтах.

При виїмці пластів небезпечних по раптових викидах вугілля і газу застосовується дистанційне управління комбайном.

А.2 Основні шкідливі виробничі фактори, що впливають на умови праці робітників відділу АСУ ТП

До основних шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, пов'язаних з роботою на персональному комп'ютері належать: напруга зорових органів та перевтомлення очей; навантаження на кисті рук та пальці; тривале знаходження в статичному стані, що викликає застійні явища в організмі; випромінювання різного виду (рентгенівське, електромагнітне, інфрачервоне, статистичні поля); механічні шуми, пов'язані з роботою кулера, дискового приводу, оргтехніки; іонізація повітря; виділення в повітря робочого приміщення різних хімічних речовин (озон, триметілфосфат, біфеніли); небезпека статичної електрики.

До психологічно шкідливих факторів можна віднести розумову напругу та нервово-емоційне перевантаження, які виникають внаслідок підвищеної концентрації уваги. Усі ці фактори негативно впливають на здоров'я працівників відділу АСУ ТП та сприяють виникненню професійних захворювань: комп'ютерний зоровий синдром; радіохвильова хвороба; синдром висихання рогівки ока; кистьовий тунельний синдром; захворювання шкіри; захворювання кишкового тракту; серцево-судинні захворювання; комп'ютерна алергія.

А.3 Заходи щодо поліпшення умов праці робітників відділу АСУ ТП

Для зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища на працівників відділу АСУ ТП необхідно вжити заходів щодо поліпшення їх умов праці: при облаштуванні робочих місць з ПК не допускати розміщення комп'ютеру у підвальних приміщеннях; приміщення має бути обладнане системою опалення, кондиціонування повітря, вентиляцією; для боротьби зі статичним полем підтримувати відносну

вологість повітря на рівні 50-60% за допомогою кондиціонування, для підлоги використовувати матеріали з антистатичного матеріалу; дотримуватися параметрів: площа на одного працюючого – 6 м², об'єм – 20 м³; відстань від робочого місця з ПК до стіни з вікном повинна становити не менше ніж 1,5 м, від інших стін – на відстані 1 м, а відстань між столами – 1,5 м; не застосовувати для обробки приміщення полімерні матеріали, що виділяють шкідливі хімічні речовини; відстань від екрану комп'ютера до очей повинна складати 50-70 см; час праці за ПК не повинен перевищувати 20 годин на тиждень, при цьому робити перерву кожні 45 хвилин на 5 хвилин.

Для зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища робоче місце з ПК повинно відповідати наступним гігієнічним вимогам: екран та клавіатура повинні розташовуватись на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600...700 мм; висота робочої поверхні робочого столу має регулюватися в межах 680...800 мм; робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм.

Для зменшення негативного впливу мобільного апарату необхідно: скоротити до мінімуму час розмови по телефону; обирати мобільний телефон з мінімальним значенням SAR (Specific Absorbtion Rate). SAR – одиниця виміру питомої величини поглинання випромінювання організмом людини; максимальна потужність випромінювання телефону. Максимальне значення SAR у Європі складає 2 Вт/кг;[4] підносити термінал до вуха після з'єднання з абонентом. Під час здійснення з'єднання збільшується потужність випромінювання телефону.

Згідно з приведеними вимогами можемо розробити схему необхідного розташування робочих місць, яка приведена на рис. А.1:

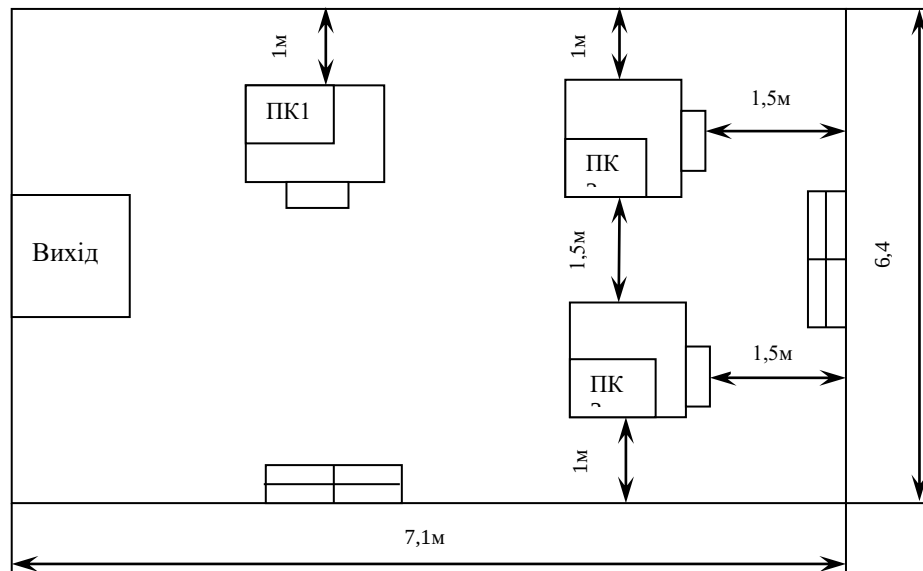


Рисунок А.1 – Облаштованість робочих місць із ПК відділу

Таким чином, дотримано всіх вимог. При цьому працюючі не звернені обличчям до вікна при роботі за комп'ютером.

А.4 Розрахунок кондиціонування та вентиляції для відділу АСУ ТП

У відділі АСУ ТП є джерела екстремальних температур, тому необхідно визначити необхідні умови їх вентилявання. Витрату повітря у відділі з додатковим тепловиділенням визначаємо по формулі:

$$L = \frac{Q_{над}}{c \cdot p (t_b - t_n)}, \quad (A.1)$$

де $Q_{над}$ - надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.;

c - теплоємність повітря (0,237 ккал/кг);

p - обсягова вага повітря (1,226 кг/ м³);

t_b - температура витяжного повітря (26°С);

t_n - температура повітря, що притікає (18°С).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла по формулі:

$$Q_{над} = Q_{уст} + Q_{пер} + Q_{осв} + Q_{ср}, \quad (A.2)$$

де $Q_{уст}$ - виділення тепла від устаткування;

$Q_{пер}$ - виділення тепла робітниками;

$Q_{осв}$ - надходження тепла від електричного освітлення;

$Q_{ср}$ - надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування по формулі:

$$Q_{уст} = P \cdot K_a \cdot K_b \cdot 860 \text{ ккал/год}, \quad (A.3)$$

де P - сумарна потужність устаткування, кВт/год;

K_a - коефіцієнт установленної потужності (0,95);

K_b - коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$Q_{уст} = [(x_1 \cdot k_1) + (x_2 \cdot k_2) + (x_3 \cdot k_3) + (x_4 \cdot k_4)] \cdot K_a \cdot K_b \cdot 860 \text{ ккал/год}, \quad (A.4)$$

де x - кількість системних блоків, моніторів, принтерів, кондиціонерів відповідно; k - потужність системних блоків, моніторів, принтерів, кондиціонерів відповідно.

Розрахуємо:

$$Q_{уст} = [(3 \cdot 0,5) + (3 \cdot 0,1) + (1 \cdot 0,4) + (1 \cdot 6,3)] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 490,2 \text{ ккал/год}. \quad (A.5)$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою формули:

$$Q_{пер} = n \times g, \quad (A.6)$$

де n - кількість працюючих;

g - кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.)

Розрахуємо:

$$Q_{\text{пер}} = 6 \times 100 = 600 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.7})$$

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення по формулі:

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{м}} \cdot g_1 \cdot S, \quad (\text{A.8})$$

де $E_{\text{м}}$ – нормована освітленість для цієї зорової роботи, приймаємо рівним 400 лк;

g_1 – питома тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.);

S – площа приміщення, м².

Розрахуємо:

$$Q_{\text{осв}} = 400 \cdot 0,05 \cdot 45,44 = 908,8 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.9})$$

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна по формулі:

$$Q_{\text{ср}} = F \cdot g_2 \cdot K_{\text{осл}}, \quad (\text{A.10})$$

де F - площа віконних прорізів (1,55 м²);

g_2 - кількість тепла, що надходить через 1 м² віконного прорізу (65 ккал/год.);

$K_{\text{осл}}$ - коефіцієнт ослаблення, приймаємо - 0,4.

Розрахуємо:

$$Q_{\text{ср}} = 1,55 \cdot 65 \cdot 0,4 = 40,3 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.11})$$

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{\text{над}} = 490,2 + 600 + 908,8 + 40,3 = 2039,3 \text{ кал/год.} \quad (\text{A.12})$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{2039,3}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (26 - 18)} = 877,31 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (\text{A.13})$$

Існуюча в наявності система вентилявання має продуктивність 600 куб. м./годину, але це не задовольняє необхідним нормативам. Потрібно замінити функціонуючу систему вентилявання на більш потужнішу. Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря і відносна вологість у холодні періоди року повинна складати 22-24 градуса по Цельсію, 0,1 метра в секунду і 40-60 % відповідно. У теплі періоди року температура повітря повинна складати 23-25 градусів Цельсія, рухливість повітря 0,1-0,2 метрів секунду, вологість 40-60 %. Температура може коливатися від 22 до 26 градусів Цельсія при збереженні всіх інших параметрів мікроклімату. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним відділу АСУ ТП.

А.5 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання

Розміри відділу: довжина ($a=7,1$ м), ширина ($b=6,4$ м), висота ($h=3$ м). Визначимо норми освітлення для та розрахункову висоту для виділених зон. Мінімальна освітленість за нормами $E=400$ лк. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття - $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу

УПМ-15, які підвищуються до стелі, відстань від світильника до стелі $h_c = 0,5$ м. Мінімальна освітленість за нормами $E=400$ лк.

1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м.} \quad (\text{A.14})$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНіП П-4-79 повинна бути у межах 2,5 - 4,0 м, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку по відповідає цій вимозі.

2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 2,5 - 0,7 = 1,8 \text{ м.} \quad (\text{A.15})$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками (L) і висоти їх підвісу (h).

3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7h = 0,7 \cdot 1,8 = 1,26 \text{ м.} \quad (\text{A.16})$$

4) Розрахуємо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{ab}{L^2} = \frac{7,1 \cdot 6,4}{1,16^2} = 33,77 \approx 35 \quad (\text{A.17})$$

Приймаємо 35 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у 3 ряди по 7 штук.

5) Світловий потік лампи світильника визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} \text{ ккал / год} , \quad (\text{A.18})$$

де E - нормативна освітленість, лк;

K_3 - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп (1,5);

S - площа приміщення, що освітлюється, м²;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розжарювання (=1,15);

N - кількість світильників;

n - кількість ламп у світильнику;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, який визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

6) Визначимо показник приміщення для кожної зони:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{7,1 \cdot 6,4}{1,8 \cdot (7,1 + 6,4)} = 1,8 . \quad (\text{A.19})$$

7) З таблиці 3.25 [2] знаходимо коефіцієнт використання ($\eta = 0,52$) для світильників УПМ-15 (при $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$).

8) Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 45,44 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{35 \cdot 0,52} = 1722,73 \text{ лм} . \quad (\text{A.20})$$

9) З таблиці 3.27 [2] обираємо лампу БК (біспіральна криптонова) потужністю 100 Вт, світловий потік якої становить 1450 лм. Хоча це

значення менше розрахованого на 14%, однак не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Delta\Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$\Sigma P_{\text{св}} = P \cdot N = 100 \cdot 35 = 3,5 \text{ кВт.} \quad (\text{A.21})$$

А.6 Пожежна безпека

У приміщенні відділу АСУ ТП основні міри для забезпечення пожежної безпеки визначає Інструкція про заходи пожежної безпеки для службових приміщень. Вона є обов'язковою для виконання всіма співробітниками. В інструкції про засоби пожежної безпеки для службових приміщень забороняється: улаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні проводи безпосередньо по пальній основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), використовувати саморобні подовжувачі, що не відповідають вимогам Правил пристрою електроустановок; пристосовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу й інших предметів, обгортати електролампи і світильники, заклеювати ділянки електромережі пальною тканиною, папером; використовувати побутові електрокип'ятильники, чайники тощо без непалених підставок, залишати без нагляду включеними в електромережу кондиціонери, комп'ютери, рахункові і друкарські машинки і т.п.; захаращувати підступи до засобів пожежогасіння, використовувати пожежні крани, рукави і пожежний інвентар не за призначенням, зберігати документи, різні матеріали, предмети й інвентар у шафах (нішах) інженерних комунікацій; курити (крім спеціально відведених для цього адміністрацією місць, позначених написом «Місце для паління» і забезпечених урною чи попільницею з непаленого матеріалу), проводити зварювальні й інші вогневі

роботи без оформлення відповідного дозволу, застосовувати легкозаймисті рідини.

А.7 Безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Меблі й устаткування повинні розміщатися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (шириною не менше 1 м). Евакуаційні шляхи і виходи необхідно постійно держати вільними, нічим не захащувати. Засоби протипожежного захисту в приміщеннях потрібні триматися у справному стані.

У випадку виявлення пожежі слід: негайно повідомити державну пожежну охорону за телефоном «101», вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, своє прізвище; повідомити про пожежу керівництву, а в нічний час черговому охоронцю;

У разі можливості почати гасіння пожежі наявними засобами, організувати зустріч пожежних підрозділів.

При виникненні пожежі у початковій стадії його розвитку випромінюється тепло, токсичні продукти згоряння, імовірні руйнування будівельних споруд. Тому слід як можна швидше провести евакуацію людей із палаючої будівлі. Показником ефективності евакуації є час, протягом якого працівники можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будівлю в цілому. Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації не перевищує час настання критичної фази розвитку пожежі, тобто часу від початку пожежі до досягнення граничних для людини впливів факторів пожежі (критичних температур, ступені задимлення, зниження концентрації кисню и т.п.). Число евакуаційних виходів повинно бути не менш двох. Вони повинні розташовуватися розосереджено.

Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися у напрямку виходу із будівлі. У кожному приміщенні на видному місці повинен бути вивішений план евакуації при пожежі. При пожежі обов'язково необхідно враховувати

небезпечні чинники і механізм їх дії на людину. Користуватися ліфтом категорично забороняється. Шахта ліфта є шляхом для поширення диму і отруйних продуктів горіння, до того ж при пожежі ліфт часто відключають і можна опинитися в пастці при пожежі.

Якщо ви знаходитесь в приміщенні де немає пожежі, но відрізани вогнем, димом, високою температурою від головних шляхів евакуації, то в першу чергу необхідно заважити доступу диму и продуктів горіння в це приміщення. Для чого необхідно негайно закрити усі щілини у дверях та під ними змоченими водою ганчірками, рушниками, робочими халатами та іншим.

Якщо приміщення все ж заповнено димом, необхідно підповзти до вікна, закрити при цьому рот та ніс змоченою тканиною, яка грає роль фільтру та в певної мірі захищає від продуктів горіння.

Рухатись у задимленій зоні поповзом або максимально пригнувшись, необхідно тому що більшість нагрітих газоподібних отруйних речовин та дим збираються у верхній зоні приміщення, окрім цього, в приміщенні при горінні температура на рівні очей людини у 6 разів вище за температуру на рівні полу, до того ж внизу завжди зберігається більша концентрація кисню. Коли ви опинились біля вікна трохи відкрийте його та дихайте через щілину, очікуючи прибуття пожежників. При їх прибутті негайно зверніть на себе увагу. Ніколи не стрибайте через вікно без відомої на це необхідності (кожний другий стрибок з 4-го поверху при пожежі - смертельний).

