

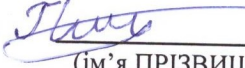
Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

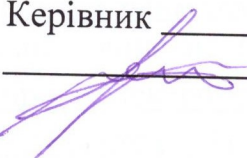
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

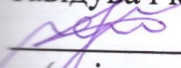
Бакалаврська дипломна робота на тему:
**«ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПОДАЧІ ТА НАМОТУВАННЯ
СИЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛІВ»**

Виконав: студент 3 курсу, групи ЕМ-22мс
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Іван ПЛЯЦКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)
«28» 05 2024 р.

Керівник  к.т.н., доц. кафедри КЕМСК
Микола МОШНОРИЗ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)
«28» 05 2024 р.

 Рецензент доц. каф. ЕСЕМ
Юрій ЛОБОДА
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)
«10» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри КЕМСК
 Микола МОШНОРИЗ
(прізвище та ініціали)
«28» 05 2024 р.

Вінниця – 2024 року

Освітня програма «Електромеханіка»

“ 11 ” 03 2024 року

Загальні відомості про об'єкт дослідження. Мета та завдання дослідження.
Розрахунок параметрів об'єкта дослідження. Техніко-економічне порівняння систем електроприводу. Функціональна схема електропривода. Розрахунок і вибір елементів електропривода. Розрахунок системи керування електроприводом. Схема електрична принципова.

6. Консультанти розділів роботи

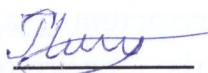
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Мошноріз М. М., к.т.н., доц. каф. КЕМСК	11.03.24	28.05.24
Охорона праці	Кобилянський О.В., д. пед. н., зав. каф. БЖДПБ	11.03.24	28.05.24

7. Дата видачі завдання 11.03.24

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.24	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.24	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.24	
5	Попередній захист БДР	28.05.24	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.24	
7	Рецензування БДР	10.06.24	
8	Захист БДР	13.06.24	

Студент

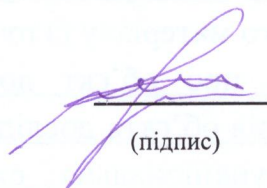


І. О. ПЛЯЦКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



М. М. Мошноріз

(підпис)

(прізвище та ініціали)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Мошноріз М. М., к.т.н., доц. каф. КЕМСК		
Охорона праці	Кобилянський О.В., д. пед. н., зав. каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)		
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР		
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР		
4	Виконання розділу «Охорона праці»		
5	Попередній захист БДР		
6	Нормоконтроль БДР		
7	Рецензування БДР		
8	Захист БДР		

Студент

_____ І. О. ПЛЯЦКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ М. М. Мошноріз
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 81 сторінки формату А4, на яких є 24 рисунки, 13 таблиць, список використаних джерел містить 28 найменувань.

В бакалаврській дипломній роботі розроблено систему електропривода механізму подачі та намотування силових електричних кабелів, яка враховує вплив на показники надійності роботи електропривода значення швидкості переміщення кабелю нитки кабеля на виході кабельного барабану. Розглянуто моталка системи тепlopостачання потужністю 1,5кВт, розраховано приводний двигун, вибрано елементну базу для забезпечення ефективної роботи; розроблено принципову схему електропривода та розділ забезпечення безпеки праці при роботі з електроприводом.

Ключові слова: механізм подачі та намотування силових електричних кабелів, кабельний барабан, електропривод, частотне керування, моделювання.

THE SUMMARY

The bachelor thesis consists of 81 pages of A4 format, on which there are 24 figures, 13 tables, the list of used sources contains 28 items.

The bachelor's thesis developed an electric drive system for the mechanism for feeding and winding power electric cables, which takes into account the influence of the speed of movement of the cable thread at the output of the cable drum on the reliability of the electric drive. The winding of the heat supply system with a capacity of 1.5 kW was considered, the drive motor was calculated, and the element base was selected to ensure efficient operation; the principle diagram of the electric drive and the section on ensuring labor safety when working with the electric drive have been developed.

Key words: mechanism of winding and winding of power electric cables, cable drum, electric drive, frequency control, modeling.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕЛЕКТРОПРИВОД МОТАЛКАНИХ МЕХАНІЗМІВ	8
1.1 Моталкані установки	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Режими роботи моталканих установок та способи їх регулювання.....	14
1.3 Загальні відомості про електропривод моталканих установок.	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Вимоги до електроприводу моталканих установок.....	17
1.5 Класифікація електроприводів моталканих установок	Ошибка! Закладка не определена.
1.6 Особливості роботи електроприводів моталканих установок.	Ошибка! Закладка не определена.
2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	20
2.1 Технічні вимоги до моталканих установок системи водопостачання.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Розрахунок вихідних параметрів системи водопостачання	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Моталкана установка	Ошибка! Закладка не определена.
2.4 Приводний електричний двигун.....	Ошибка! Закладка не определена.
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	26
4 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	34
5 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	35
5.1 Розрахунок і вибір пристроїв захисту двигуна	35
5.2 Розрахунок і вибір перетворювача частоти.....	37
5.3 Розрахунок та вибір контакторів.	Ошибка! Закладка не определена.
5.4 Розрахунок перерізу та вибір ліній живлення електропривода	41
5.5 Перевірка захисту електропривода від перевантаження та струмів короткого замикання.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.6 Вибір сенсора швидкості переміщення кабелю.....	42
5.7 Розрахунок регулятора швидкості переміщення кабелю	35

6	ОЦІНКА ВПЛИВУ ВЕЛИЧИНИ РОБОЧОГО ШВИДКОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ КАБЕЛЮ НА РЕСУРС МОТАЛКИ	Ошибка! Закладка не определена
6.1	Математична модель оцінки ресурсу моталки	Ошибка! Закладка не определена
6.2	Реалізація пристрою визначення ресурсу моталки	Ошибка! Закладка не определена
7	КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	46
7.1	Моделювання роботи розімкнутої системи електропривода	48
7.2	Моделювання роботи моталки в замкнутій системі регулювання	59
8	СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРОПРИВОДА	63
9	ОХОРОНА ПРАЦІ	65
9.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	66
9.1.1	Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах.	66
9.1.2	Електробезпека	68
9.2	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	70
9.2.1	Мікроклімат	70
9.2.2	Склад повітря робочої зони	70
9.2.3	Виробниче освітлення	71
9.2.4	Виробничий шум	72
9.3	Пожежна безпека	73
	ВИСНОВКИ	77
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
	Додаток А. Технічне завдання	83
	Додаток Б. Розрахунок регулятора швидкості переміщення кабелю	86
	Додаток В. Ілюстративні матеріали	87

ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів є однією з ключових тенденцій сучасного промислового виробництва і науково-технічного прогресу. Розглянемо основні аспекти, що підкреслюють актуальність цього питання.

1. Підвищення ефективності та продуктивності. Автоматизація дозволяє значно підвищити ефективність виробничих процесів. Завдяки використанню автоматизованих систем можна зменшити час виконання операцій, знизити витрати на виробництво та підвищити якість продукції. Це, в свою чергу, дозволяє підприємствам бути більш конкурентоспроможними на ринку.

2. Зниження людського фактора. Використання автоматизованих систем мінімізує можливість помилок, спричинених людським фактором. Роботи та автоматизовані системи можуть працювати без зупинок, не потребуючи відпочинку, що забезпечує безперервність виробництва.

3. Покращення умов праці. Автоматизація сприяє зниженню фізичних та психоемоційних навантажень на працівників. Це особливо актуально для важких, небезпечних або монотонних видів робіт. Роботи можуть виконувати завдання в умовах, небезпечних для здоров'я людини, що покращує загальні умови праці.

4. Енергоефективність. Автоматизовані системи дозволяють оптимізувати використання енергоресурсів, що важливо в умовах зростання цін на енергоносії та необхідності збереження природних ресурсів. Завдяки точному контролю та регулюванню технологічних параметрів, можна знизити витрати енергії та зменшити викиди шкідливих речовин.

5. Інтеграція сучасних технологій. Автоматизація технологічних процесів передбачає інтеграцію сучасних інформаційних технологій, таких як інтернет речей (IoT), великі дані (Big Data), штучний інтелект (AI) та машинне навчання. Це дозволяє створювати "розумні" виробничі системи,

які можуть самостійно адаптуватися до змінних умов і оптимізувати свою роботу в режимі реального часу.

6. Глобалізація та стандартизація. Сучасні ринки вимагають високого рівня стандартизації продукції. Автоматизація сприяє досягненню стабільної якості продукції, що відповідає міжнародним стандартам. Це особливо важливо для підприємств, які працюють на глобальному ринку.

Сучасна промисловість і побутова сфера потребують великої кількості різних видів кабелів для передачі електроенергії, даних та інших сигналів. Збільшення попиту на кабельні системи вимагає оптимізації процесів їх виробництва, транспортування та установки, що робить процеси намотування та відмотування кабелів надзвичайно важливими.

Автоматизація процесу намотування та відмотування кабелів значно підвищує ефективність виробництва. Сучасні автоматизовані системи дозволяють швидко та точно намотувати кабелі на котушки, зменшуючи час на цей процес і підвищуючи загальну продуктивність. Це важливо як для великих промислових підприємств, так і для дрібних виробників кабельної продукції.

Автоматизовані системи намотування та відмотування кабелів допомагають знизити виробничі витрати. Вони мінімізують відходи матеріалу, знижують витрати на ручну працю та забезпечують точність намотування, що зменшує кількість браку. Це сприяє зниженню загальних витрат на виробництво кабельної продукції.

Точність намотування кабелів впливає на їх якість та безпеку. Автоматизовані системи забезпечують рівномірне та щільне намотування, що зменшує ризик пошкодження кабелю під час транспортування та установки. Це особливо важливо для високовольтних кабелів і кабелів зв'язку, де навіть незначні пошкодження можуть призвести до серйозних проблем.

Сучасні автоматизовані системи намотування та відмотування кабелів дозволяють швидко переналаштовувати обладнання для роботи з різними

типами кабелів і катушок. Це забезпечує високу гнучкість виробничого процесу і можливість швидко реагувати на зміну вимог ринку.

Отже, метою роботи є підвищення ефективності процесу намотування та відмотування електричних кабелів за рахунок розробки автоматизованого електроприводу моталки.

Об'єктом дослідження є процес намотування та розмотування електричних кабелів з дотриманням технології і точності вимірювання довжини кабеля.

Предметом дослідження є математичний апарат, комп'ютерні середовища розрахунку та моделювання процесів а також САПР для розробки автоматизованого електропривода моталки електричних кабелів. Також в процесі виконання роботи я розглядав реально існуючу моталку електричних кабелів, у якій всі процеси виконувалися вручну без залучення засобів електроприводу та автоматизації.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі: розрахувати параметри електропривода механізму подачі та намотування електричних кабелів; вибрати економічно-доцільну систему електропривода; розробити структурну схему електропривода і обрати її основні елементи; розробити функціональну схему електропривода і розрахувати систему керування; розробити математичну модель електропривода; промоделювати роботу електропривода при заданих умовах роботи; розробити спрощену принципову схему електропривода і вивчити питання безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу [1-6].

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Подача та намотування силових електричних кабелів у виробництві

Подача і намотування силових електричних кабелів на виробництві — це важлива операція, особливо у виробництві, де використовуються великі обсяги кабелів. [1].

В побуді і малому виробництві використовуються прості засоби для намотування та розмотування кабелів малої довжини та перерізу (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Ручні пристрої намотування електричного кабелю

Якщо у виробництві використовуються кабелі значного перерізу, то ручні засоби намотування та розмотування кабелю, непридатні через велику вагу барабанів та значні тягові зусилля під час намотування чи змотування кабелю (рис. 1.2).

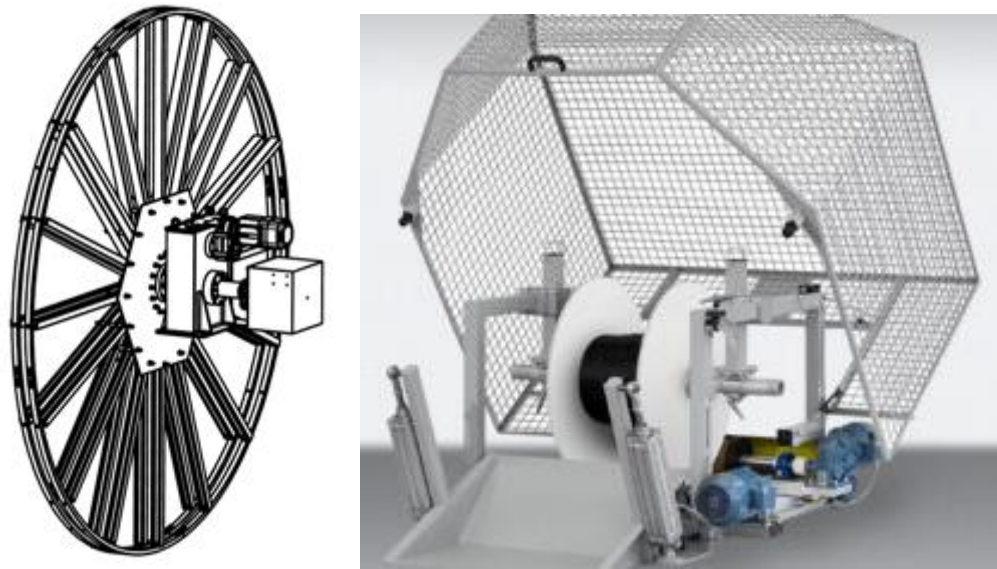


Рисунок 1.2 – Механізовані пристрої намотування електричного кабелю

Технол гічний процес подачі і намотування силових електричних кабелів на виробництві може включати такі етапи:

Підготовка робочої зони: Очищення та підготовка робочої зони.

Забезпечення необхідних матеріалів, інструментів та обладнання.

Підготовка кабелю: Перевірка кабелю на наявність пошкоджень або дефектів. Розгортання кабелю з бухти або барабану.

Намотування кабелю: Вибір методу намотування (пряме намотування, зігнута форма тощо). Правильне намотування кабелю згідно з вимогами технічної документації та специфікацій виробника. Контроль напруги кабелю під час намотування.

Фіксація кінців кабелю: Фіксація кінців кабелю після завершення намотування, щоб уникнути розпускання.

Якість та безпека: Періодична перевірка якості кабелю під час намотування. Дотримання правил безпеки та використання захисного обладнання.

Документація: Фіксація даних про кожен кабель у виробничій документації. Ведення журналу процесу намотування для подальшого аналізу та вдосконалення процесу.

Фінальна перевірка: Перевірка правильності намотування та якості кабелю після завершення процесу. Цей технологічний процес забезпечує ефективне та якісне виробництво силових електричних кабелів, дотримуючись вимог якості та безпеки.

Технологічний процес виготовлення електричних кабелів може бути дещо складнішим, і це включає кілька ділянок. Давайте розглянемо загальний процес виготовлення, а також окрему ділянку змотування кабелів на барабани:

Підготовка матеріалів: Початковий етап включає замовлення і підготовку необхідних матеріалів для виготовлення кабелю, таких як провідники, ізоляційні матеріали, оболонки тощо.

Екструзія: Провідники пропускаються через екструдер, де на них наноситься ізоляційний шар. Це може бути полімерна суміш, яка плавиться та наноситься на провідник.

Збирання: Після екструзії провідники збираються разом відповідно до дизайну кабелю. Це може включати одно- або багатожильні провідники, які обгортаються разом для формування кабельного пучка.

Змотування на барабани: На цій ділянці провідники, які вже оброблені ізоляційним шаром, намотуються на барабани. Це робиться для подальшого транспортування або зберігання кабелю перед його використанням. Змотування може бути автоматизованим або виконуватися вручну, залежно від масштабу виробництва і обсягів робіт.

Тестування: Після завершення виготовлення кабелю його піддають тестуванню, щоб переконатися, що всі провідники належним чином ізольовані та що кабель відповідає вимогам якості.

Пакування і доставка: Кабель пакується відповідно до потреб замовника та готується до доставки на склад або безпосередньо на місце використання.

Змотування кабелів на барабани відбувається після етапу збирання та перед тестуванням і пакуванням. Ця ділянка процесу дозволяє зручно транспортувати та зберігати кабель до моменту його використання.

Важливим етапом процедури змотування кабелів на барабани є контроль його довжини.

Контроль довжини кабеля є важливою складовою виробництва та використання кабелю, оскільки точний метраж є ключовим для правильного планування, установки та бюджетування проектів (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Засоби підрахунку числа обертів кабельних барабанів

Ось деякі методи контролю метражу кабеля:

Використання механічних лічильників: У виробничих умовах кабель може проходити через механічні лічильники, які автоматично реєструють кількість метрів, які пройшли через них.

Вимірювання вручну: Оператор може виміряти метраж кабеля вручну за допомогою стрічки або метрівки. Цей метод зазвичай використовується для невеликих обсягів кабелю або в умовах, де немає доступу до автоматизованих систем.

Використання лазерних вимірювачів: У деяких випадках можуть використовуватися лазерні вимірювачі для точного вимірювання метражу кабеля, особливо в ситуаціях, де потрібно вимірювати великі обсяги кабелю на відкритих площах.

Використання вбудованих систем устаткування: Деяке устаткування, таке як витяжні машини або екструдери, може мати вбудовані системи вимірювання, які автоматично контролюють метраж кабеля під час процесу виготовлення.

Перевірка при отриманні: При отриманні кабелю зі складу або від постачальника, метраж може бути перевірений шляхом вимірювання або перевірки лічильниками.

Безліч способів контролю метражу кабеля може бути використано, вибір залежить від умов виробництва, обсягів робіт та доступних ресурсів. Важливо, щоб будь-який обраний метод був точним та надійним, щоб уникнути помилок у вимірюванні, які можуть призвести до недообчислення кількості кабелю.

Вбудовані системи устаткування для контролю метражу кабеля можуть бути встановлені безпосередньо на обладнанні, що використовується в процесі виробництва кабелю. Ось деякі можливі варіанти цих систем:

Лічильники зворотнього рахунку: Деяке устаткування може бути обладнане лічильниками зворотнього рахунку, які автоматично реєструють кількість метрів кабелю, які пройшли через обладнання. Ці лічильники можуть бути підключені до комп'ютерної системи для автоматичного запису даних.

Інтегровані датчики: Деяке устаткування може мати вбудовані датчики, які вимірюють довжину кабелю під час процесу виготовлення. Ці датчики можуть бути оптичними, магнітними або іншими типами, які реєструють переміщення кабелю та перетворюють його на вимірювану одиницю.

Системи реєстрації даних: Виробниче обладнання може бути обладнане системами реєстрації даних, які автоматично фіксують довжину

кабелю під час процесу. Ці системи можуть включати програмне забезпечення для обробки та аналізу даних.

Контрольна панель: Деякі обладнання може мати вбудовані контрольні панелі, на яких відображається інформація про метраж кабелю під час роботи. Оператор може в режимі реального часу спостерігати за прогресом та вчасно вживати заходів, якщо щось піде не так.

Автоматичне зупинення: Деяке обладнання може бути налаштоване на автоматичне зупинення, коли досягнутий заданий метраж кабелю. Це дозволяє уникнути перевиробництва і забезпечити точність метражу.

Використання вбудованих систем устаткування для контролю метражу кабеля дозволяє автоматизувати процес та забезпечити точність та надійність вимірювання. Такі системи зазвичай зменшують ризик помилок та витрати на ручне вимірювання.

Важливим моментом в технологічному процесі намотування чи розмотування силових електричних кабелів є контроль швидкості переміщення кабелю нитки кабеля.

Контроль швидкості переміщення кабелю кабеля під час намотування чи розмотування є важливою складовою процесу, оскільки неправильний натяг може призвести до проблем з кабелем, таких як перекручування, пошкодження і навіть збої в роботі обладнання. Ось декілька методів контролю швидкості переміщення кабелю кабеля:

Використання тензометрів: Тензометри - це пристрої, які вимірюють силу швидкості переміщення кабелю кабеля. Вони можуть бути встановлені на намотувальному або розмотувальному обладнанні для автоматичного контролю швидкості переміщення кабелю під час процесу.

Механічні пристрої: Деякі обладнання можуть мати вбудовані механічні пристрої, які регулюють натяг кабеля. Ці пристрої можуть бути налаштовані на певний рівень швидкості переміщення кабелю або автоматично підтримувати сталу силу швидкості переміщення кабелю.

Візуальний контроль: Оператор може візуально контролювати натяг кабеля під час процесу намотування або розмотування. Він може використовувати показники на обладнанні або оцінювати напругу кабеля за виглядом та відчуттям.

Контрольний натиск роликів: Ролики, через які проходить кабель під час намотування чи розмотування, можуть мати налаштований натиск, який допомагає регулювати натяг. Контроль за цим натиском може здійснюватися вручну або автоматично.

Звукові сигнали: Деяке обладнання може бути обладнане звуковими сигналами, які показують перевищення або недолік швидкості переміщення кабелю кабеля. Оператор може слухати ці сигнали і вживати відповідні заходи для корекції швидкості переміщення кабелю.

Незалежно від методу, контроль швидкості переміщення кабелю кабеля є важливим елементом забезпечення якості та безпеки процесу намотування чи розмотування. Він допомагає уникнути перевантаження кабеля та забезпечити його правильну укладку чи розгортання [Ошибка! Источник ссылки не найден.-21].

1.2 Електропривод механізму намотування або розмотування електричного кабелю.

Зовнішній вигляд одного з варіацій механізму намотування або розмотування електричного кабелю подано на рис. 1.4 [22].

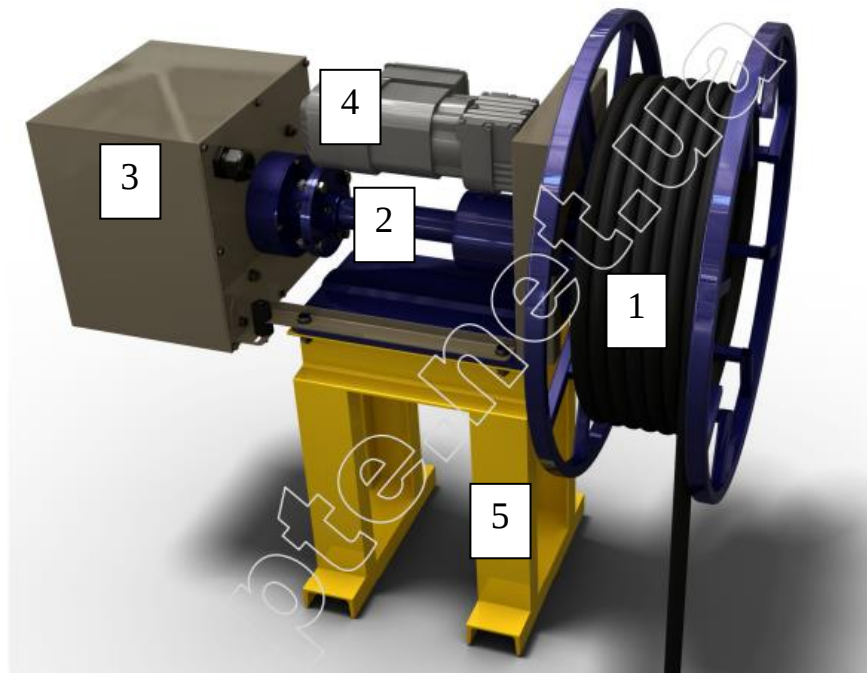


Рисунок 1.4 – Моторний кабельний барабан

На рисунку 1.4 кабельного барабану позначено: 1 – барабан для намотування та розмотування електричних кабелів; 2 – вал передачі зусилля від двигуна до барабану; 3 – електричний двигун (привод); 4 – механізм гальмування та підрахунку кількості обертів; 5 – станина для кріплення і встановлення механізму.

Моторні кабельні барабани призначені для надійної та безпечної подачі електроенергії до різних електроустановок, у тому числі до вузлових механізмів підйомно-транспортного устаткування. Моторні кабельні барабани найчастіше встановлюються на такі елементи вантажопідіймальних механізмів, як рама вантажного візка або міст крана, надійно захищають струмопровідний кабель від можливих пошкоджень або заплутування, а також дозволяють раціонально використовувати виробничий простір.

Моторні кабельні барабани, що мають механічний привід з частотним регулюванням, мають ряд відмітних переваг:

- зведена до мінімуму ймовірність розриву кабелю, що досягається постійним моментом його намотування (розмотування), а також наявністю спеціальних вимикачів, що запобігають повне розмотування;

- немає необхідності використовувати контрвантаж;
- намотування або розмотування електрокабелю можна реалізовувати як вручну, так і дистанційним способом;
- система електроприводу відстежує і усуває провисання кабелю.

Електропривод кабельного барабану повинен відповідати ряду вимог, щоб забезпечити ефективну та безпечну роботу системи намотування або розмотування кабелю. Ось деякі з найважливіших вимог до електропривода кабельного барабану:

- Надійність: Електропривід повинен бути надійним і безперебійно працювати протягом тривалого часу без відмов.
- Плавний регулювання швидкості: Система керування повинна забезпечувати плавне і точне регулювання швидкості обертання барабану для уникнення перекручування або перетягування кабелю.
- Висока точність позиціонування: Важливо, щоб електропривід міг точно позиціонувати барабан для правильного намотування або розмотування кабелю.
- Захист від перевантаження: Привід повинен мати вбудовані захисні механізми, які запобігають перевантаженню системи в разі надмірного опору або неправильності кабелю.
- Енергоефективність: Пристрій має бути енергоефективним, щоб зменшити витрати електроенергії та забезпечити економію коштів на експлуатацію.
- Простота установки та обслуговування: Важливо, щоб електропривід був легко встановлювати і обслуговувати, з мінімальною кількістю технічних знань та навичок.
- Сумісність з іншими системами: Пристрій повинен бути сумісним з іншими компонентами системи намотування або розмотування кабелю, такими як система керування та вимірювальні пристрої.

Ці вимоги є ключовими для забезпечення ефективності, безпеки та надійності роботи системи намотування або розмотування кабелю.

1.3 Автоматизація механізмів намотування або розмотування електричного кабелю.

Проблематика в системах намотування та розмотування електричних кабелів може бути різноманітною і включати такі аспекти [23-28]:

- Контроль швидкості переміщення кабелю: Недостатній або занадто великий натяг кабелю може призвести до його пошкодження або неправильного функціонування системи, до якої він підключений.

- Керування напрямком руху кабелю: У системах з автоматизованим намотуванням або розмотуванням кабелю важливо правильно контролювати його напрямок руху, щоб уникнути перекручування або змішування кабелю.

- Точність вимірювання метражу кабелю: Важливо мати точну і надійну систему вимірювання метражу кабелю, оскільки неправильний вимір може призвести до помилок у розрахунках або використанні неправильної кількості матеріалу.

- Збереження цілісності кабелю: Під час намотування або розмотування кабелю можуть виникати ситуації, коли він може бути пошкоджений або зігнутий, що може призвести до зниження його ефективності та тривалості служби.

- Управління процесом: Для ефективного та безпечного намотування та розмотування кабелю необхідно правильно керувати всіма етапами процесу, включаючи встановлення параметрів, моніторинг та реагування на виникаючі проблеми.

- Ефективність та продуктивність: Важливо забезпечити оптимальну ефективність та продуктивність процесу намотування та розмотування кабелю, щоб зменшити час та витрати на виробництво.

Це лише деякі з проблем, які можуть виникати в системах намотування та розмотування електричних кабелів. Для їх вирішення необхідно ретельне планування, розробка та впровадження відповідних технологій та процедур.

Автоматизація процесу намотування та розмотування електричного кабелю може забезпечити більшу продуктивність, точність та безпеку операцій. Ось деякі основні вимоги до автоматизації цих процесів:

Система керування і програмне забезпечення:

- Можливість програмування параметрів процесу (швидкість, напрямок руху, точність позиціонування тощо).
- Інтуїтивний і простий інтерфейс для операторів.
- Можливість автоматичного виявлення та корекції помилок.

Система моніторингу і діагностики:

- Можливість моніторингу параметрів процесу (швидкість, натяг, метраж кабелю тощо).
- Автоматичне виявлення аномалій та можливість негайної реакції на них.
- Відображення історії операцій для аналізу та вдосконалення процесу.

Система безпеки:

- Захист від перевантаження та перегріву.
- Захист від аварійних ситуацій, таких як злами або перекручування кабелю.
- Автоматичний вимикач у випадку виявлення небезпечних умов.

Точність та стабільність:

- Висока точність позиціонування барабану та кабелю.
- Мінімальні відхилення від встановлених параметрів.
- Стабільна робота системи навіть при зміні умов або навантаженні.

Енергоефективність:

- Мінімізація споживання електроенергії шляхом оптимізації роботи приводів та системи керування.
- Автоматичне вимкнення або перехід в режим очікування відразу після завершення процесу.

Гнучкість та адаптивність:

- Можливість налаштовувати систему для роботи з різними типами кабелів та різними розмірами барабанів.
- Автоматичне переключення між різними режимами роботи залежно від встановлених параметрів.

Ці вимоги спрямовані на забезпечення ефективності, безпеки та надійності автоматизованого процесу намотування та розмотування електричного кабелю.

1.4 Висновки

Вирішення питання механізації та автоматизації процесу намотування та розмотування електричних кабелів є актуальним і це дозволить підвищити ефективність роботи технологічного процесу взагалі, зменшити енергоспоживання, підвищити надійність роботи і безпеку праці обслуговуючого персоналу.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- розрахувати параметри електропривода механізму подачі та намотування електричних кабелів;
- вибрати економічно-доцільну систему електропривода; розробити структурну схему електропривода і обрати її основні елементи;
- розробити функціональну схему електропривода і розрахувати систему керування;
- розробити математичну модель електропривода;
- промодельовати роботу електропривода при заданих умовах роботи;
- розробити спрощену принципову схему електропривода;
- вивчити питання безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу.

2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглянемо існуючий механізм намотування та розмотування кабелів промислового підприємства, зовнішній вигляд якого подано на рис. 2.1.

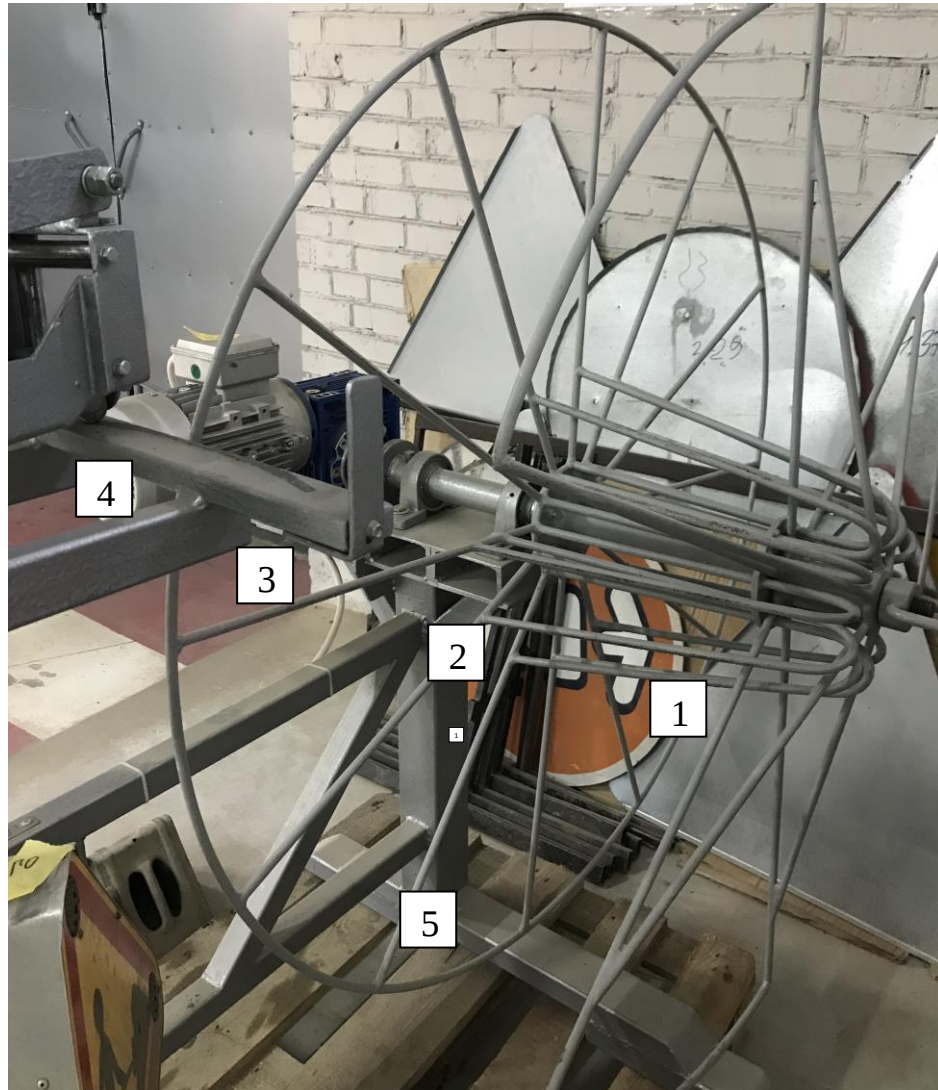


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд механізму, що розглядається в дипломній роботі

На рисунку 2.1 позначено: 1 – барабан для намотування та розмотування електричних кабелів; 2 – вал передачі зусилля від двигуна до барабану; 3 – електричний двигун (привод); 4 – механізм гальмування та підрахунку кількості обертів; 5 – станина для кріплення і встановлення механізму.

У якості приводу використовується асинхронний двигун, але в бакалаврській роботі виконаємо порівняння різних електроприводів і розрахуємо той, який буде найбільш доцільним.

Експериментальним шляхом встановлено, що дана конструкція, розміри якої подано на рис. 2.2, призначена для намотування кабелів до 185мм.кв. і витримує тягове зусилля 460Н.

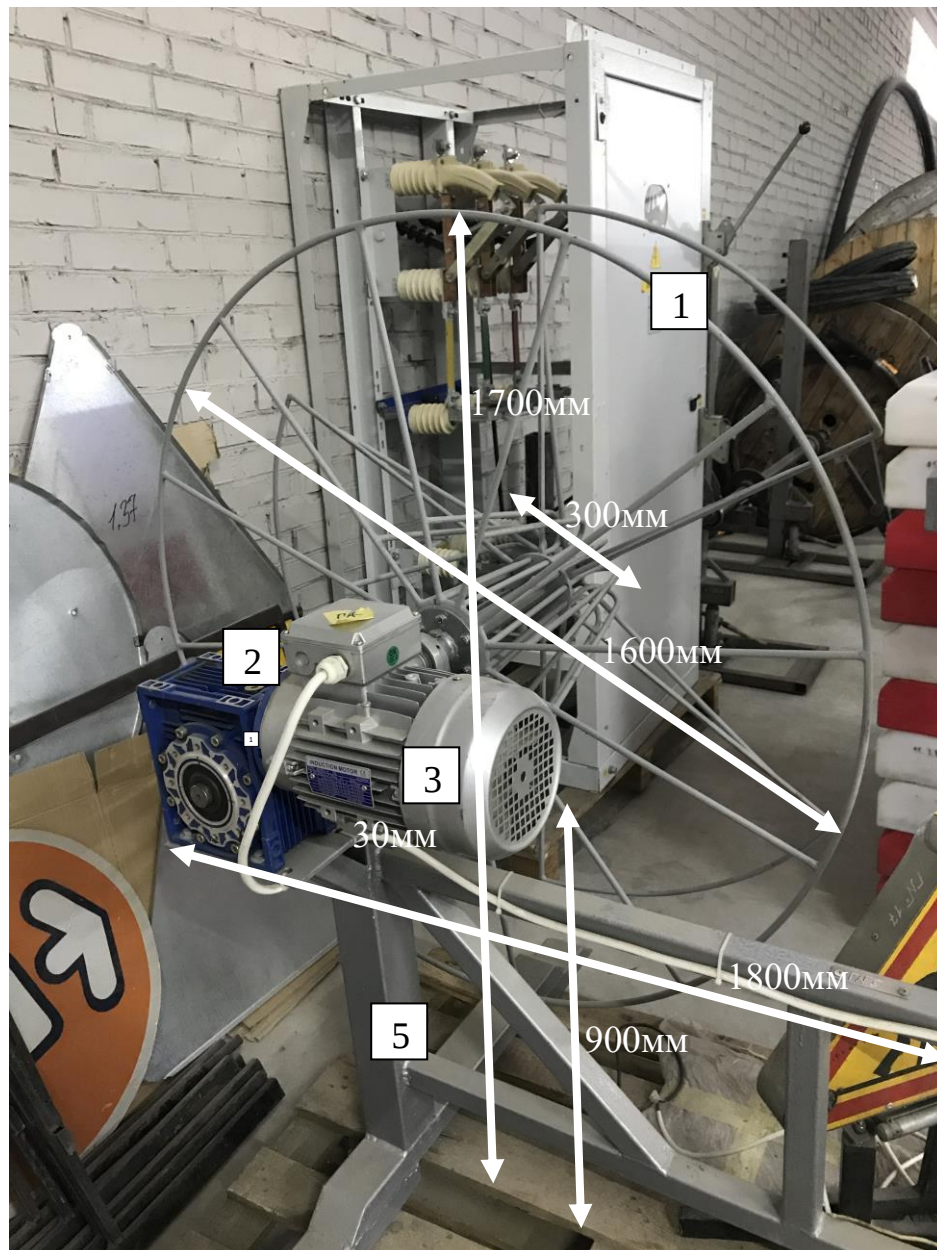


Рисунок 2.2 – Габаритні розміри механізму намотування та розмотування кабелів, що розглядається в дипломній роботі

Швидкість намотування підберемо, виходячи з умов зручності роботи обслуговуючого персоналу. Встановлено, що найбільш зручною швидкістю лінійного переміщення кабелю буде швидкість: 1,7м/с.

Потужність для виконання роботи щодо швидкості переміщення кабелю з даним зусиллям і швидкістю можна визначити за формулою:

$$N_{nat} = F_{nat} \cdot V_{nat}, \quad (2.1)$$

де F_{nat} – максимальна сила швидкості переміщення кабелю ($F_{nat} = 460\text{Н}$);

V_{nat} - максимальна швидкість переміщення кабеля ($V_{nat}=1,7\text{м/с}$).

Отримаємо потужність з якою відбуватиметься змотування або намотування кабеля:

$$N_{nat} = 460 \cdot 1,7 = 7822 \text{ (Вт)}.$$

Якщо прийняти, що коефіцієнт корисної дії механізму намотування рівний 0,9, а коефіцієнт корисної дії редуктора для передачі зусилля з механізму намотування до двигуна дорівнює 0,8, то з врахуванням коефіцієнта запасу 1,2 можна отримати приведену до валу двигуна потужність:

$$N_{dv} = \frac{k_z \cdot N_{nat}}{\eta_{meh} \cdot \eta_{red}}, \quad (2.2)$$

де k_z – розрахунковий коефіцієнт запасу потужності механізму ($k_z=1,2$);

η_{meh} - розрахункове значення коефіцієнту корисної дії механізму намотування ($\eta_{meh} = 0,9$);

η_{red} - розрахункове значення коефіцієнту корисної дії редуктора ($\eta_{red}=0,8$).

Отримаємо потужність:

$$N_{dv} = \frac{1,2 \cdot 782}{0,9 \cdot 0,8} = 1303 \text{ (Вт)}.$$

Знайдемо швидкість обертання механізму намотування кабелів за формулою:

$$\omega_{mot} = \frac{V_{nat}}{R_{mot.min}}, \quad (2.3)$$

де $R_{mot.min}$ – мінімальний радіус механізму намотування кабелю ($R_{mot.min} = 300\text{мм}$).

Отримаємо кутову швидкість обертання моталки:

$$\omega_{mot} = \frac{1,7}{0,3} = 5,667 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Частота обертання механізму буде дорівнювати:

$$n_{mot} = \frac{60}{2\pi} \cdot \omega_{mot}, \quad (2.4)$$

$$n_{mot} = \frac{60}{2 \cdot 3,14} \cdot 5,667 = 54,123 \text{ (об/хв)}.$$

Для даної потужності та зусилля швидкості переміщення кабелю обираємо черв'ячний редуктор NMRV 075 виробництва MOTOVARIO. Зовнішній вигляд редуктора подано на рис. 2.2.

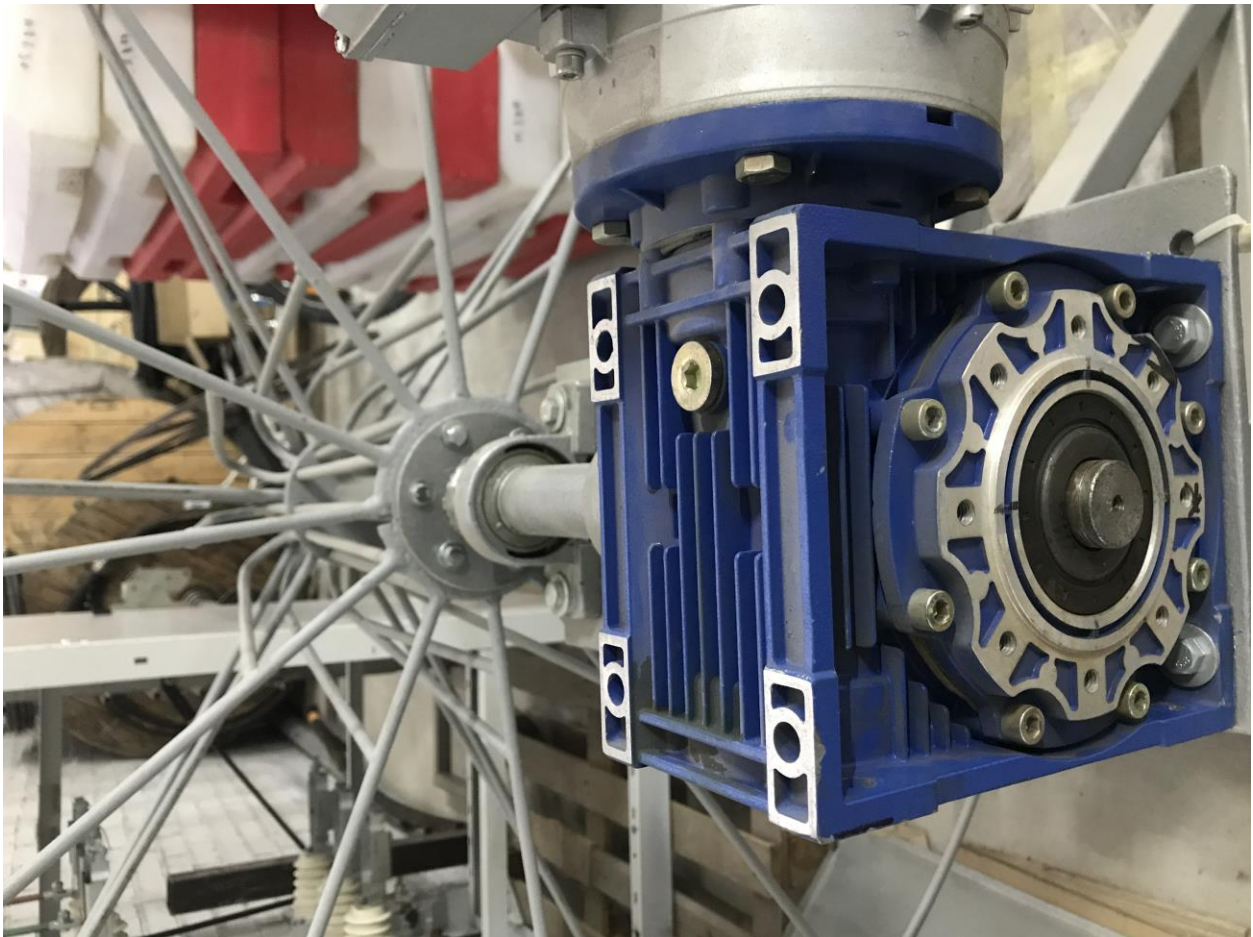


Рисунок 2.3 – Черв’ячний редуктор NMRV 075 виробництва MOTOVARIO

Паспортні дані редуктора зведемо у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 –Паспортні дані редуктора NMRV 075 виробництва MOTOVARIO

Модель	Частота обертання двигуна, об/хв	Передавальне відношення	Оберти вихідного валу, об/хв	Потужність електродвигуна, кВт	Крутний момент, Нм	ККД	Сервісний фактор
NMRV 075	1400	25	56	1,5	205	0,8	1,06

Для заданого значення передавального відношення редуктора можна знайти приведену швидкість обертання валу двигуна. Виконаємо це за наступною формулою:

$$n_{dv} = i_{red} \cdot n_{mot}, \quad (2.5)$$

де i_{red} – передавальне відношення редуктора ($i_{red} = 25$).

Отримаємо:

$$n_{dv} = 25 \cdot 54,123 = 1353 \text{ (об/хв)}.$$

Механізм працюватиме у тривалому режимі роботи, тому за даними розрахунковими значеннями потужності та частоти обертання можна обирати двигун. Умова вибору двигуна буде мати вигляд:

$$\begin{cases} N \geq N_{dv}, \\ n \approx n_{dv}. \end{cases} \quad (2.6)$$

Зі стандартного ряду потужністю найближчим буде двигун потужністю 1,5кВт на частоту обертання 1500об/хв.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

У якості приводного двигуна можна використати асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором. Двигун постійного струму буде недоречним через масогабаритні показники і, відповідно, вартість. Більше того, для живлення двигуна постійного струму необхідно передбачати словів випрямлячі, які також мають завищені масогабаритні показники відносно перетворювачів змінного струму.

Для забезпечення плавності запуску та зупинки електропривод механізму намотування та розмотування може житися або від пристрою плавного пуску, або від перетворювача частоти.

Розглянемо, для порівняння, такі системи електропривода:

- 1) пристрій плавного пуску з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (ППП–АД);
- 2) перетворювач частоти з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (ПЧ–АД).

Економічне обґрунтування вибору системи електропривода виконаємо за методом приведених затрат.

З мережі інтернет знайдемо вартості двигунів та силових перетворювачів кожної з систем електроприводу. Результати зведемо до табл. 3.1.

Для прикладу виконаємо розрахунок системи ППП–АД.

Капітальні затрати

$$K = D + C, \quad (3.1)$$

де D – вартість двигуна ($D = 6920$ грн);

C – вартість системи керування ($C = 8452$ грн).

Вартість системи керування включає вартість силового перетворювача та необхідної для його роботи електротехнічної апаратури (контактори, кнопки, перемикачі, провoda, кабелі тощо).

Таким чином, отримаємо

$$K = 6920 + 8452 = 15372 \text{ (грн.)}$$

Річні капітальні затрати:

$$K_p = 0,17 \cdot K, \quad (3.2)$$

$$K_p = 0,17 \cdot 15372 = 2613 \text{ (грн./рік)}.$$

Час роботи механізму за рік

$$t_{\text{рік}} = d \cdot t \cdot T_B, \quad (3.3)$$

де d – кількість робочих днів ($d = 250$);

t – кількість робочих годин в день ($t = 8 \text{ год.}$);

T_B – тривалість увімкнення механізму ($T_B = 80\% = 0,8 \text{ в. о.}$).

За рік отримаємо час роботи:

$$t_{\text{рік}} = 250 \cdot 8 \cdot 0,8 = 1600 \text{ (год./рік)}.$$

Знайдемо затрати електричної енергії на виконання роботи електричним двигуном при роботі зі встановленою потужністю протягом року

$$Z_{\text{вст}} = c \cdot P_{\text{вст}} \cdot t_{\text{рік}}, \quad (3.4)$$

де $P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність з врахуванням того, що в роботі знаходиться постійно лише один моталка ($P_{\text{вст}} = 1,5 \text{ кВт}$);
 c – вартість електроенергії ($c = 8 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год}$).

Отримаємо

$$Z_{\text{вст}} = 8 \cdot 1,5 \cdot 1600 = 12800 \text{ (кВтгод/рік)}.$$

Затрати на електроенергію електроприводом відрізняються від встановлених затрат на величину втрат енергії в перехідних режимах роботи або режимах роботи, що відрізняються від номінального. Найкращу ефективність роботи має система ПЧ–АД. Для цієї системи затрати в перехідних режимах роботи відсутні, а при роботі з меншою частотою обертання ніж номінальна, затрати енергії стають ще меншими.

Гірша ефективність роботу у системі ППП–АД. Для якої відсутні затрати енергії в перехідних режимах роботи. Власне і завдання плавного пуску є забезпечення плавного розгону та зупинки електропривода, щоб не було перехідних стрибків струму і як наслідок споживання енергії.

Для розрахунку приймемо ефективність пристрою плавного пуску рівною 0,75 ефективності перетворювача частоти. Це твердження є цілком виправданим виходячи зі значень коефіцієнтів корисної дії силових перетворювачів однієї лінійки одного виробника (дослідження згідно даного твердження були проведені на перетворювачах компанії Schneider Electric).

Затрати на електроенергію електроприводом ППП–АД будуть дорівнювати:

$$Z_{\text{ел}} = Z_{\text{вст}}, \quad (3.5)$$

а системи ПЧ–АД:

$$Z_{\text{ел}} = 0,75 \cdot Z_{\text{вст}}, \quad (3.6)$$

$$Z_{\text{ел}} = 0,75 \cdot 12800 = 9600 \text{ (грн./рік)}.$$

Затрати на електроенергію в перехідному режимі роботи вважатимемо відсутніми, оскільки обидві системи забезпечують плавний розгін і гальмування електропривода.

Затрати на амортизацію системи електропривода:

$$Z_a = 0,1K, \quad (3.7)$$

$$Z_a = 0,1 \cdot 15372 = 1537,2 \text{ (грн./рік)}.$$

Затрати на ремонт обладнання можна наближено знайти за виразом

$$Z_p = 0,02K, \quad (3.8)$$

$$Z_p = 0,02 \cdot 15372 = 307 \text{ (грн./рік)}.$$

Затрати на обслуговування можна наближено знайти за виразом

$$Z_o = 0,05(Z_{\text{ел}} + Z_a + Z_p), \quad (3.9)$$

$$Z_o = 0,05 \cdot (12800 + 1537 + 307) = 732 \text{ (грн./рік)}.$$

Приведені затрати на спорудження електропривода

$$Z = K_p + Z_{\text{ел}} + Z_a + Z_p + Z_o, \quad (3.10)$$

$$Z = 2613 + 12800 + 1537 + 307 + 732 = 17990 \text{ (грн./рік)}.$$

Результати розрахунку інших систем електропривода зведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Техніко-економічне співставлення систем електроприводу

	ППП-АД	ПЧ-АД
Вартість двигуна, грн.	6920	6920
Вартість сист. керув., грн.	8452	28100
Капітальні затрати, грн.	15372	35020
Річні кап. затрати, грн./рік	2613	5953
Затрати на електроен. грн./рік	12800	9600
Затрати на амортиз., грн./рік	1537	3502
Затрати на ремонт, грн./рік	307	700
Затрати на обслугов., грн./рік	732	690
Приведені річні затрати, грн./рік	17990	20446

За результатами розрахунку двох запропонованих систем, найкращою буде система ППП–АД.

Для випадку, якщо потрібно забезпечити регулювання обертів намотування кабелів дана система не дозволить забезпечити технологічний процес, тому залишатиметься лише система ПЧ-АД.

Для обґрунтування вибору системи ПЧ-АД знайдемо термін, за який річні приведені затрати будуть меншими від річної вигоди використання даної системи. Отримаємо:

$$T = \frac{Z_{\text{ПЧ-АД}} - Z_{\text{ППП-АД}}}{Z_{\text{ел.ППП-АД}} - Z_{\text{ел.ПЧ-АД}}},$$

де $Z_{\text{ПЧ-АД}}, Z_{\text{ППП-АД}}$ - приведені річні затрати на влаштування електропривода за схемою відповідно ПЧ-АД та ППП-АД, грн;

$Z_{\text{ел.ППП-АД}}, Z_{\text{ел.ПЧ-АД}}$ - річні затрати на електроенергію при роботі електроприводів за схемою відповідно ПЧ-АД та ППП-АД, грн.

$$T = \frac{20446 - 17990}{12800 - 9600} = 0,77 \text{ (роки)}.$$

Тобто, виходить, що при даних параметрах система електропривода ПЧ-АД вже через 0,77роки стане бути вигіднішою ніж ППП-АД, але при цьому вона дозволить регулювати частоту обертання механізму намотування кабелів.

Таким чином, обираємо електропривод ПЧ-АД.

Обираємо асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором MS 90L1-4 1.50KWB5 виробництва INDUKTOR MOTOR.

Електродвигун серії MS — це алюмінієві трифазні асинхронні двигуни. Ця серія має широкий діапазон потужностей і обертів і не один раз підтвердили на практиці заявлені показники енергоефективності та довговічності.

Зовнішній вигляд двигуна подано на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором MS 90L1-4 1.50KWB5 виробництва INDUKTOR MOTOR

Паспортні дані двигуна зведемо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Паспортні дані асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором MS 90L1-4 1.50KWB5 виробництва INDUKTOR MOTOR

Модель	Частота обертання двигуна, об/хв	Потужність електродвигуна, кВт	Додаткові опції	ККД	Ступінь захисту
MS 90L1-4	1400	1,5	Наявне електромагнітне гальмо	0,93	IP55

Електродвигун MS зібрані з високоякісних матеріалів відповідно з міжнародним стандартом якості ІЕС. Ця серія двигунів має безпечну та надійну конструкцію, яка дає змогу легко його обслуговувати, а в експлуатаційних характеристиках варто зазначити, безшумність роботи та низький рівень вібрацій. Двигуни серії MS призначені як для спеціалізованого, так і для загального застосування, водночас є ефективною

альтернативою практично всім аналоговим агрегатам, випущеним іншими брендами-виробниками.

Складальне креслення двигуна подамо на рис. 3.2.

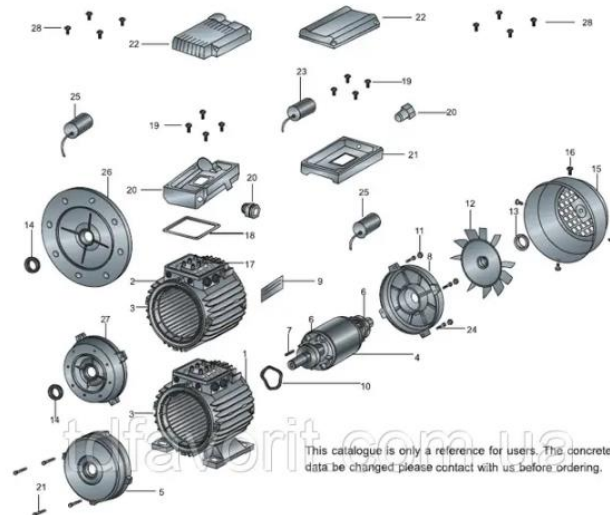


Рисунок 3.2 – Складальне креслення двигуна MS 90L1-4 1.50KWB5 виробництва INDUKTOR MOTOR

4 СТРУКТУРНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Структурна схема електропривода зображена на рис. 4.1.

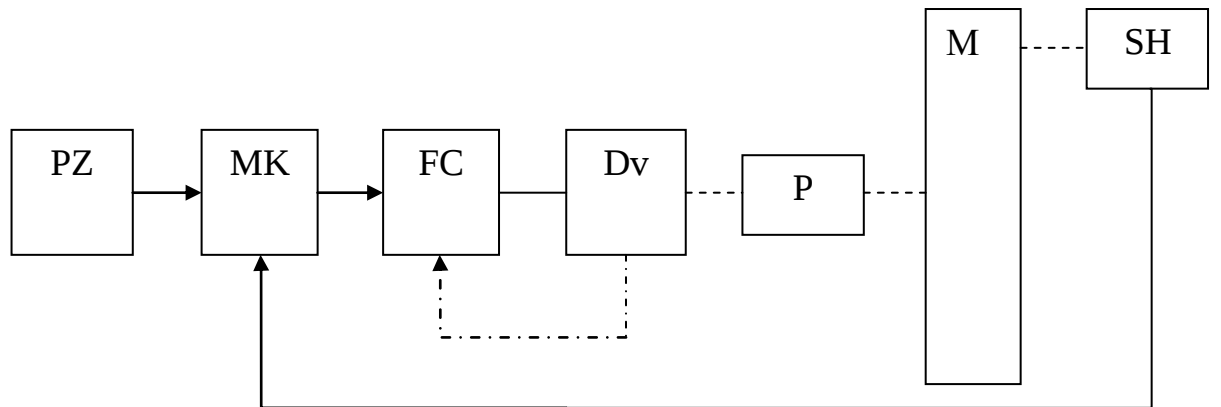


Рисунок 4.1 – Структурна схема електропривода механізму намотування кабелів

На рис. 4.1 позначено: PZ – пристрій задання сигналу інтенсивності роботи механізму намотування; МК – мікроконтролер, який призначений для забезпечення автоматизації процесу мотання; FC – перетворювач частоти; Dv – приводний асинхронний двигун з коротко замкнутим ротором; P – редуктор; M – механізм намотування (барабан); SH – сенсор швидкості (лінійної) переміщення кабеля.

Для забезпечення стабілізації швидкості намотування чи подачі кабеля у системі керування передбачено зворотний зв'язок за швидкістю кабеля. Цей зворотний зв'язок реалізовано як зовнішній. Регулятор швидкості програмується у МК.

Пристрій завдання сигналу PZ реалізується під виглядом потенціометра, сигнал з якого подається на аналоговий вхід контролера.

Всередині перетворювача частоти реалізовано внутрішній контур зворотного зв'язку за струмом двигуна. На схемі він показаний штрих-пунктирною лінією.

Механічні зв'язки на схемі поканазі штриховою лінією, сигнали керування – суцільними лініями зі стрілками, а силові лінії – без стрілок.

5 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

В попередніх розділах роботи для існуючого механізму подачі та намотування кабелів було обрано редуктор і приводний двигун. Невирішеним залишається питання вибору перетворювача частоти, контролера, пристрою задання та сенсора швидкості кабеля.

Силова електрична частина електропривода передбачає також і вибір його кабельно-провідникового обладнання, пристроїв захисту від коротких замикань і перевантажень.

5.1 Розрахунок і вибір пристроїв захисту двигуна

Номінальний струм двигуна можна розрахувати за формулою:

$$I_n = \frac{N_n}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{lin.n}} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_{\text{dv.n}}}, \quad (5.1)$$

де N_n – номінальна потужність двигуна ($N_n = 1,5\text{кВт}$);

$U_{\text{lin.n}}$ – номінальний лінійна напруга живлення двигуна ($U_{\text{lin.n}} = 380\text{В}$);

$\cos \varphi_n$ - номінальний коефіцієнт потужності двигуна (оскільки дані відсутні, то з врахуванням запасу обираємо значення $\cos \varphi_n = 0,8$);

$\eta_{\text{dv.n}}$ - номінальне значення коефіцієнта корисної дії двигуна ($\eta_{\text{dv.n}} = 0,93$).

Отримаємо номінальний струм:

$$I_n = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,93} = 3,1 \text{ (А)}.$$

Пусковий струм двигуна визначається за формулою:

$$I_p = k_{\text{ip}} I_n, \quad (5.2)$$

де k_{ip} – кратність пускового струму (дані відсутні, тому прийmemo $k_{ip} = 7,5$)

Отримаємо пусковий струм:

$$I_p = 7,5 \cdot 3,1 = 23(A).$$

Умова вибору автоматичного вимикача для полегшених умов пуску має вигляд

$$I_{avt} \geq 0,4 \cdot I_p = 0,4 \cdot 23 = 9,2(A).$$

Отже, номінальний струм автоматичного вимикача повинен бути не меншим за 9,2 А. Оскільки кратність пускового струму двигуна становить 7,5, то сам автоматичний вимикач повинен мати групу електромагнітного розчіплювача С.

Вибираємо автоматичний вимикач EATON PL6 C10/3, технічні характеристики якого зведемо у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики автоматичного вимикача EATON PL6 C10/3

Назва параметру	Значення
Тип	6kA C-10A
Кількість і тип полюсів	3/3P
Крива захису	C
Номінальна робоча напруга змінного струму, В	230 / 400
Відключаюча спроможність, кА	6
Номінальна робоча напруга змінного струму, В	460
Номінальний струм при 30 °С, А	10
Діапазон спрацювання термічного розчіплювача	$(1,13 - 1,45) I_n$
Поріг електромагнітного розчіплювача	$(5 - 10) I_n$

Для захисту від перегріву обираємо теплове реле. Умова вибору струму теплового реле має вигляд:

$$I_{tr.n} \geq I_n, \quad (5.3)$$

де $I_{tr.n}$ - номінальний струм теплового реле, А.

Обираємо теплове реле ETI RE27D-16 з параметрами у табл. 5.2

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики теплового реле ETI RE67.1D-16

Назва параметру	Значення
Тип	RE67.1D-16
Кількість полюсів	3
Струм, А	10 – 16
Номінальна робоча напруга змінного струму, В	230 / 400
Номінал додаткового запобіжника, А	25

5.2 Розрахунок і вибір перетворювача частоти

Вибір перетворювача частоти виконується за такими показниками:

- потужність споживача;
- струм навантаження в тривалому режимі роботи (номінальний);
- допустимий струм перевантаження двигуна, який може виникати при пуску електропривода або допустимих підвищеннях навантаження.

Оберемо перетворювач частоти у базові комплектації, на основі якого можна буде реалізувати замкнуту систему керування по швидкості переміщення кабелю нитки кабеля в трубопроводі.

Умови вибору перетворювача частоти:

$$\begin{cases} P_{ПЧ} \geq P_{дв.сп}, \\ I_{ПЧ} \geq I_n, \end{cases} \quad (5.4)$$

де $P_{\text{дв.сп}}$ - споживана електричним двигуном номінальна потужність, Вт.

Споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot N_{\text{н}}}{\eta_{\text{дв н}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}}, \quad (5.5)$$

де k – коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти

($k = 0,95 \dots 1,05$);

$N_{\text{н}}$ – номінальна потужність приводного двигуна;

$\eta_{\text{дв н}}$ – номінальний ККД приводного двигуна;

$\cos \varphi_{\text{ном}}$ – номінальний коефіцієнт потужності приводного двигуна/

Отримаємо потужність:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{0,95 \cdot 1,5}{0,8 \cdot 0,93} = 1915 \text{ (Вт)}.$$

Таким чином, вибираємо з перетворювач частоти Siemens Sinamics V20. Зовнішній вигляд перетворювача частоти зображений на рис. 5.1, а його технічні характеристики наведені на рис. 5.2.



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти Siemens Sinamics V20

Характеристики	
Струм, А	5.6
Потужність, кВт	2.2
Панель управління	В комплекті
Захист, клас	IP20
Тип управління	вектор
Фазність	3 фаз - 380 В
Вхідна фазність	3-ф/380
Вихідна фазність	3-ф/380
Вихідна частота, Гц	500
Робоча температура, °C	0 +50
Серія	SINAMICS V20
Гарантія, міс	12

Рисунок 5.2 – Технічні характеристики перетворювача частоти Siemens Sinamics V20

Частотний перетворювач Siemens SINAMICS V20 6SL3210-5BE22-2UV0 2,2 кВт/3 фаз. strong> - удосконалена за своїми робочими показниками

модель, призначена для прямого регулювання промислових двигунів асинхронного стандарту однофазної або трифазної основи.

Перетворювач частоти налаштовує подачу номінальної потужності, програмує колективне використання кількох приводів, а також здійснює операції щодо дистанційної та безперебійної роботи промислових механізмів.

Область застосування перетворювача частоти Siemens SINAMICS V20 - це промислова сфера, різної спрямованості. Модель можна використовувати разом з двигунами, насосами, вентиляцією, конвеєрним обладнанням і т.д.

Конструкція перетворювача частоти Сіменс SINAMICS V20 відповідає якісним показникам продуктивності, коли лицьовий кожух проводиться з ударостійкого корпусу, посадженого на сталеву основу, яка кріпиться до стіни. Перевагами даної моделі перетворювача є наступне:

- Простота в установці - фіксація на стіні або безпосередньо в наскрізному каналі;
- Підтримка новітнього та легкого в управлінні інтерфейсу USS, Modbus RTU;
- Захист від перевантажень, за допомогою переривника подачі живлення ПЧ 0.75 - 15 кВт;
- Простота в управлінні та програмуванні системи;
- Підтримка безперебійної роботи завдяки функції Keep Running Mode;
- Якісний захист від перевантажень;
- Підтримка функції - ECO (економне рішення в плані електроспоживання).

Додаткові компоненти, які підтримує перетворювач частоти:

- Фільтри мережі - стандарту C2/C3;
- Дроселі мережі - для регуляції та врівноважування подачі живлення;
- Модуль для гальмування - стандарт: 1 АС 230 В, 3АС 400 В.
- Додатковий пристрій для програмування параметрів;
- ЗКР-інтерфейс.

5.3 Розрахунок перерізу та вибір ліній живлення електропривода

Розрахункове навантаження споживача позначимо P_p , розрахунковий струм – I_p , довжину лінії живлення – L .

Від розподільчого щитка підприємства (РЩ-0,4кВ) до механізму подачі та намотування кабелів прокладається кабельна лінія. Виконаємо її мідним п'ятижильним кабелем в гофротрубі. Згідно ПУЕ-2017 табл. 1.3.4 мінімальний переріз п'ятижильного мідного кабеля у трубі на розрахунковий струм $I_p = 3,1\text{А}$ становить 0,75мм.кв. Для забезпечення умови механічної міцності кабеля переріз мідної жили магістральних ліній не повинен бути меншим 2,5мм.кв. Обираємо кабель ВВГнгд-5х2,5мм.кв. Виконаємо перевірку обраного кабеля за перегрівом і падінням напруги.

Допустимий струм мідного п'ятижильного проводу в трубі перерізом 2,5 мм.кв. згідно табл.1.3.4 ПУЕ-2017, становить: $I_{\text{доп}} = 0,8 \cdot 25 = 20\text{А}$ (коефіцієнт «0,8» враховує пониження допустимого струму в кабелі при кількості жил, більшій за 3). Виконаємо перевірку на перегрів:

$$I_{\text{доп}} = 20\text{А} > 3,1 = I_p - \text{виконується.} \quad (5.6)$$

Виконаємо перевірку кабеля на падіння напруги.

Згідно ПУЕ-2017 допустиме падіння напруги в силових кабельних лініях становить: $\Delta u_{\text{доп}} = 5\%$, а для ліній освітлення – 3%.

Падіння напруги в кабельній лінії трифазного живлення розраховується за формулою:

$$\Delta u = 1,73 \cdot I_p \cdot (R \cdot \cos\phi \cdot L + X \cdot \sin\phi \cdot L) / U_{\text{л}} \cdot 100\%, \quad (5.7)$$

де R – активний опір одного метру провідника заданого перерізу, Ом;

X – індуктивний опір одного метру провідника заданого перерізу, Ом;

$\cos\phi$ – коефіцієнт потужності споживача ($\cos\phi = 0,8$);

L – довжина лінії живлення, м;

$U_{\text{л}}$ - лінійна напруга живлення споживача, В.

Довжину лінії з врахуванням запасу на підключення кабелів прийmemo рівною 30м.

Падіння напруги у кабельній лінії буде дорівнювати:

$$\Delta u = 1,73 \cdot 3,1 \cdot (0,0018 \cdot 0,9 \cdot 30 + 0,00033 \cdot 0,44 \cdot 30) / 380 \cdot 100\% = 0,59\%. \quad (5.8)$$

Отже, втрати напруги не перевищують 5%, тому кабель вибрано вірно.

5.4 Вибір сенсора швидкості

Для забезпечення підтримання швидкості переміщення кабелю нитки кабеля на виході установки необхідно використати зворотний зв'язок за швидкістю подачі чи намотування кабеля. Для цього виконується спеціальне кріплення та пристосування, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 5.3.

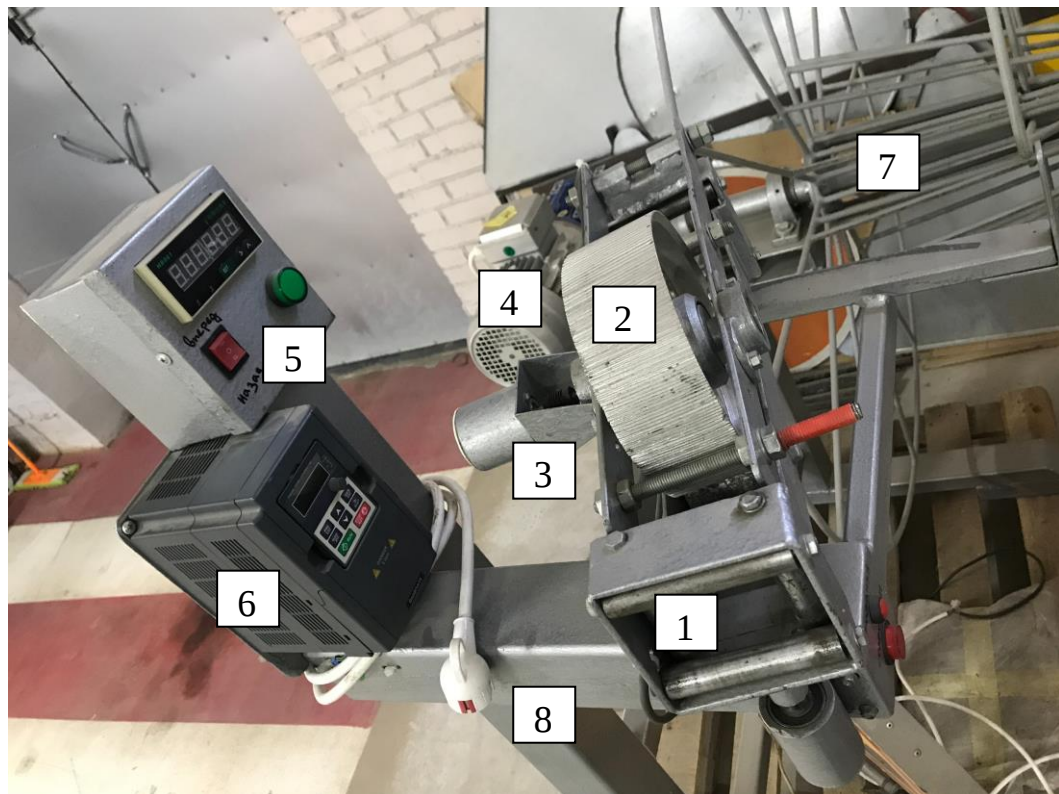


Рисунок 5.3 – Зовнішній вигляд пристосування для визначення швидкості подачі чи намотування кабелю

На рис. 5.3 позначено: 1 – вікно подачі кабеля; 2 – приводний барабан відліку метражу кабеля з насічками щоб запобігти проковзуванню по поверхні кабеля; 3 – сенсор швидкості обертання («ен-кодер»); 4 – приводний електричний двигун; 5 – контролер з дисплеєм для виведення інформації про метраж кабеля; 6 – перетворювач частоти; 7 – механізм намотування кабеля (кабельний барабан); 8 – станина, каркас установки.

Пристрій працює наступним чином: у вікно 1 подається кінець кабеля. Якщо пристрій забезпечує подачу кабеля, то кабель подається з барабану 7 на вікно 1, а якщо намотування – то з вікна 1 на барабан 7. Шляхом прикладання барабану 2 до поверхні кабеля забезпечується його обертання коли кабель буде переміщуватися чи в одну, чи в іншу сторони. Кількість обертів барабану 2 відліковується сенсором 3 і перетворюється в інформацію, зрозумілу для роботи контролера. Контролер веде облік і перерахунок кількості обертів барабану в метраж кабелю і відповідно його швидкість намотування. На контролер подається значення швидкості намотування, пі яке розраховується значення частоти обертання двигуна, яке подається на перетворювач частоти. Перетворювач частоти забезпечує плавний пуск, зупинку та роботу двигуна з заданою контролером частотою.

5.5 Вибір контролера керування

Для перетворювача частоти SIEMENS найбільш зручно застосовувати контролер цього ж виробника. Для наших потреб контролер може бути LOGO у базовій комплектації.

Siemens контролери використовуються для вирішення локальних завдань на підприємстві, наприклад, для збору даних, однак це не єдина сфера застосування пристрою. Воно має широкі можливості, у тому числі дозволяє створити оперативні робочі місця, використовувати зручний графічний інтерфейс. Промисловий контролер має підвищену витривалість і

може працювати в складних умовах експлуатації при постійному високому навантаженні.

Базовий модуль SIEMENS LOGO зображено на рис. 5.4.



Рисунок 5.4 – Зовнішній вигляд базового модуля SIEMENS LOGO BASIC

Логічний модуль LOGO! Basic має такі переваги з поміж інших подібних контролерів:

- Компактне, комфортне, економічне та універсальне рішення для побудови простих пристроїв автоматичного керування.
- Простота обслуговування, зручне та просте програмування
- "Все в одному": інтегрований дисплей та клавіатура, програмована логіка, бібліотеки вбудованих функцій, входи та виходи.
- 34 вбудовані функції до 400 функцій на програму.
- Програмування із вбудованої клавіатури без використання програматора та спеціального програмного забезпечення.

Для реалізації аналогового зворотного зв'язку за швидкістю механізму доповнимо базову версію контролера модулем аналогових вхідних сигналів.

Зовнішній вигляд модуля аналогових вхідних сигналів SIEMENS LOGO зображено на рис. 5.5.



Рисунок 5.5 – Зовнішній вигляд модуля аналогових вхідних сигналів SIEMENS LOGO

Один аналоговий вхід буде використовуватися для формування сигналу задання швидкості механізму, а інший – для зворотного зв'язку за швидкістю.

Також для забезпечення роботи контролера необхідно забезпечити живлення і дисплей для введення та виведення інформації.

6 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Побудуємо функціональну схему установки подачі та намотування кабелів. Подамо її на рис. 6.1.

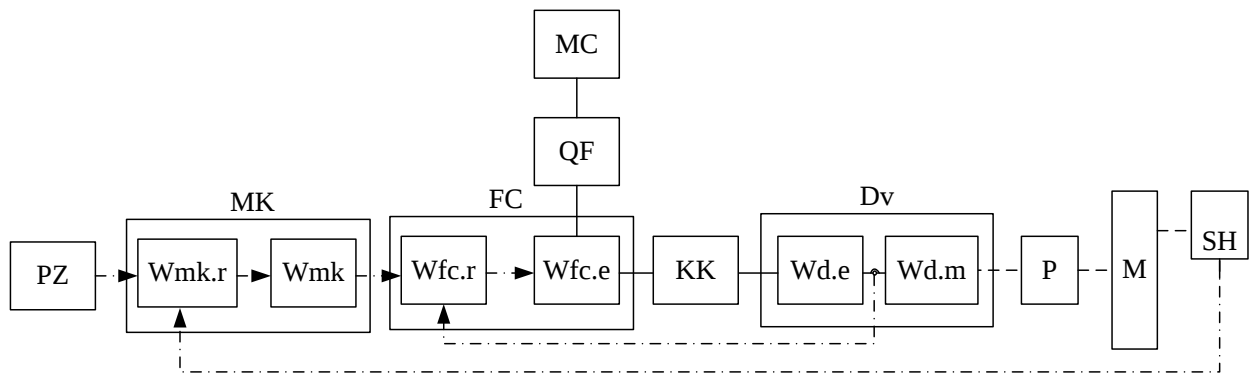


Рисунок 6.1 – Схема електрична функціональна механізму подачі та намотування електричних кабелів

На схемі використано такі ж самі позначення як на структурній схемі. Додатково деталізовано будову перетворювача частоти FC, двигуна Dv та мікроконтролера МК. Двигун представлено двома передавальними функціями, що відповідають за електричну частину двигуна Wd.e. та механічну частину Wd.m. Всі механічні зв'язки подано штриховою лінією, всі силові електричні – суцільною без стрілок і всі зв'язки у системі керування (мало струмові) подано штрих пунктирною лінією з вказівкою стрілкою напрямку сигналу.

Електрична частина двигуна живиться від перетворювача частоти через елемент захисту від перевантаження. Фізично це може бути теплове реле KK.

Перетворювач частоти розділено на силову електричну частину Wfc.e і частину, що відповідає за керування ключами перетворювача (інформаційну) Wfc.r. Саме остання частина реалізує вбудований зворотний зв'язок за струмом двигуна і виконує функцію регулятора струму. Силова частина перетворювача частоти забезпечує протікання живлення від електричної

мережі змінного струму 0,4кВ МС через пристрій захисту від короткого замикання, у якості якого може бути автоматичний вимикач АВ.

Мікроконтролер розділено на дві частини, перша з яких Wmk.r відповідає за функцію порівняння зазаячої дії та сигналу зворотного зв'язку за швидкістю кабеля і відповідного регулювання результату цього порівняння. Фактично цю функцію забезпечує регулятор швидкості подачі чи намотування кабеля. Друга частина контролера Wmk забезпечує обробку сигналу регулятора відповідно до потреби перерахунку кількості обертів притискного барабану у швидкість обертання і навпаки перетворення швидкості у метраж кабеля. Також друга частина контролера відповідає за введення та виведення необхідної інформації, за зв'язок з перетворювачем частоти тощо.

Таким чином, система керування електроприводом має двохконтурне виконання системи підпорядкованого регулювання з внутрішнім вбудованим контуром струму двигуна та зовнішнім контуром швидкості обертання барабану. Контур струму підпорядкований контуру швидкості, тому головною регулюючою координатою системи є швидкість подачі чи намотування кабелю.

7 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

7.1 Розрахунок моделі механізму подачі та намотування електричних кабелів

Комп'ютерна модель одноконтурної системи електропривода моталки подана на рис. 5.2.

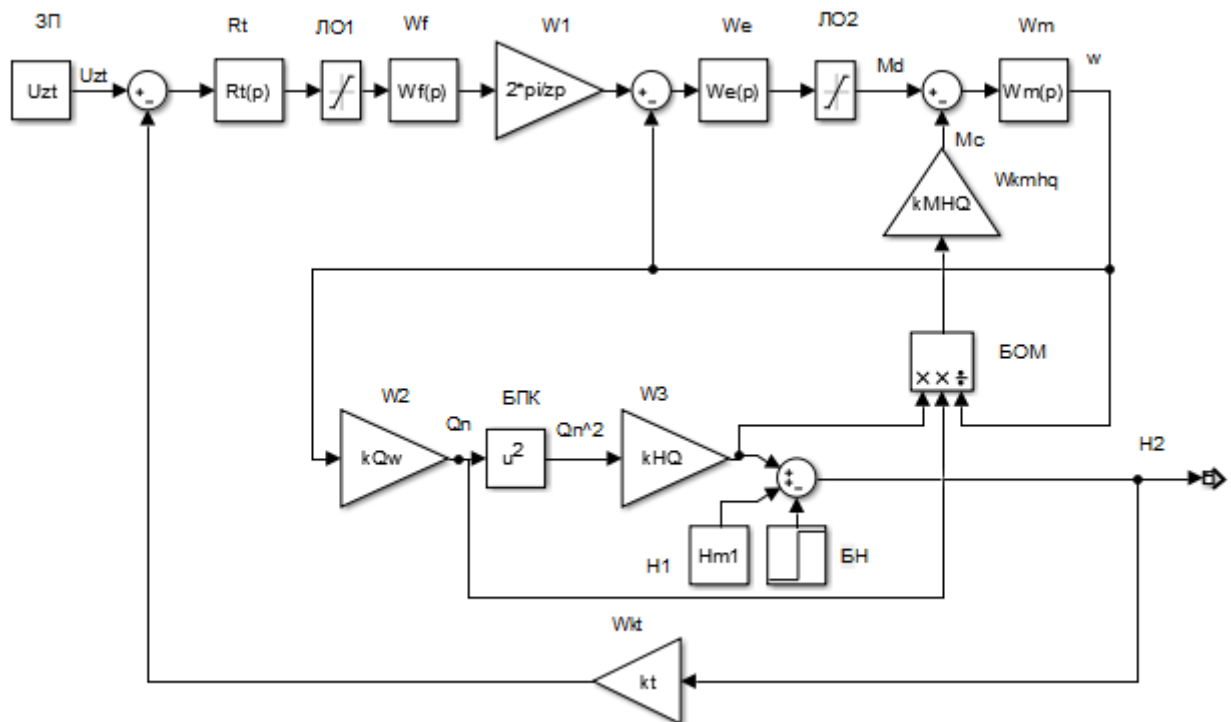


Рисунок 7.1 – Комп'ютерна модель електропривода

На рис. 5.2 використано такі позначення: $W1$ – перетворювач сигналу частоти напруги живлення двигуна у синхронну швидкість з коефіцієнтом перетворення $2\pi/zp$; We – перетворювач сигналу ковзання двигуна у сигнал моменту з передавальною функцією $We(p)$; Wf – перетворювач частоти з передавальною функцією $Wf(p)$; ЛО2 – ланка обмеження сигналу моменту двигуна на рівні критичного значення; Wm – перетворювач сигналу динамічного моменту двигуна до частоти обертання з передавальною функцією $Wm(p)$; $Wkmhq$ – перетворювач сигналу швидкості переміщення

кабелю моталкаа, його продуктивності та швидкості обертання до сигналу моменту навантаження на двигун з коефіцієнтом перетворення k_{MHQ} ; БОН – блок обчислення моменту навантаження на двигун, яке створюється моталкою; W_2 – перетворювач сигналу швидкості кабельного барабану до його продуктивності з коефіцієнтом перетворення k_{Qw} ; БПК – блок піднесення до квадрату вхідного сигналу (в даному випадку сигналу продуктивності моталки; W_3 перетворювач сигналу квадрату продуктивності моталкаа до сигналу швидкості переміщення кабелю нитки кабеля на виході моталкаа з коефіцієнтом перетворення k_{HQ} ; ЗП – задаючий пристрій, який формує сигнал напруги U_{zt} ; R_t – регулятор швидкості переміщення кабелю з передавальною функцією $R_t(p)$; ЛО1 – ланка обмеження сигналу на виході регулятора швидкості переміщення кабелю; Н1 – джерело сигналу швидкості переміщення кабелю нитки кабеля на вході моталканої станції (тиск у водопровідній мережі міста) Н1; БН – блок навантаження з формуванням сигналу швидкості переміщення кабелю нитки кабеля, що відбирається споживачами з водопроводу; Н2 – вихідний сигнал системи, який показує швидкість нитки кабеля у трубопроводі на виході моталканої станції 3-го підйому; W_{kt} – перетворювач сигналу швидкості переміщення кабелю нитки кабеля на виході станції до сигналу напруги задання; M_d – момент двигуна, Нм; w – частота обертання ротора двигуна та робочого колеса моталкаа, s^{-1} ; M_c – момент статичного навантаження, Нм; Q_n – продуктивність (подача) кабельного барабану, m^3/s ; Q_n^2 – квадрат продуктивності моталкаа; Н2 – тиск нитки кабеля на виході моталканої станції.

Елементи W_1 , W_e , ЛО2, W_m моделюють асинхронний двигун, на вхід лінійної моделі якого подається сигнал частоти напруги живлення та момент навантаження. На виході моделі двигуна отримується сигнал частоти обертання та електромагнітного моменту.

Блоки W_2 , W_3 , W_{kmhq} , БОМ є комп'ютерною моделлю відцентрового кабельного барабану, на вхід якого подається частота обертання робочого колеса, а на виході отримуємо напір моталкаа.

Припустимо, що задаюча опорна напруга $U_{zt,max} = 10(V)$. Ланка обмеження ЛО1 буде обмежувати сигнал на рівні $\pm U_{zt,max}$.

Частота обертання двигуна визначається за формулою:

$$\omega_{dn} = \frac{2\pi}{60} \cdot n_{dn}, \quad (7.1)$$

де n_{dn} – номінальна швидкість обертання двигуна ($n_{dn} = 1400$ об/хв).

Отримаємо швидкість двигуна:

$$\omega_{dn} = 0,1047 \cdot 1400 = 146,6 \text{ (рад/с)}.$$

Знайдемо номінальний момент двигуна:

$$M_n = 9550 \frac{P_{dn}}{n_{dn}}, \quad (7.2)$$

де P_{dn} – номінальна потужність двигуна ($P_{dn} = 1,5$ кВт).

Отримаємо:

$$M_n = 9550 \frac{1,5}{1400} = 10,232 \text{ (Нм)}.$$

Критичний момент двигуна:

$$M_k = k_{mk} \cdot M_n, \quad (7.3)$$

де k_{mk} – кратність максимального (критичного) моменту ($k_{mk} = 2,3$).

$$M_k = 2,3 \cdot 10,232 = 23,53 \text{ (Нм)}, \quad (7.4)$$

У якості об'єкта керування виступає електричний двигун, силовий перетворювач та моталка. Знайдемо всі можливі параметри об'єкта керування.

Приведене значення моменту інерції електропривода:

$$J = k_z \cdot J_d + J'_m, \quad (7.5)$$

де k_z – коефіцієнт запасу ($k_z = 1,2$);

J_d – момент інерції ротора двигуна ($J_d = 0,0055 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

J'_m – момент інерції барабану моталки з кабелем, приведений до валу двигуна.

Момент інерції робочого колеса моталки з кабелем, приймемо рівним кратним 1000 від моменту інерції ротора двигуна, отже отримаємо:

$$J_m = 1000 \cdot J_d = 1000 \cdot 0,0055 = 5,5 (\text{кг} \cdot \text{м}^2). \quad (7.6)$$

Приведене до валу двигуна значення моменту інерції механізму можна знайти за формулою:

$$J'_m = \frac{J_m}{i_{\text{red}}^2}, \quad (7.7)$$

$$J'_m = \frac{5,5}{25^2} = 0,0088 (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Сумарний момент інерції електропривода:

$$J = 1,2 \cdot 0,055 + 0,0088 = 0,015 (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Коефіцієнт підсилення ПЧ буде рівним:

$$k_f = \frac{f_n}{U_{z.\text{max}}} = \frac{50}{10} = 5; \quad (7.8)$$

Коефіцієнт нахилу механічної характеристики двигуна:

$$\beta = \frac{2M_{kn}}{s_{kn} \cdot \omega_0}, \quad (7.9)$$

де ω_0 – синхронна частота обертання, рад/с;

s_{kn} – критичне ковзання при номінальних параметрах живлення.

Синхронна швидкість розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} \omega_0 &= 0,1047 \cdot n_0, \\ \omega_0 &= 0,1047 \cdot 1500 = 157,1 \text{ (рад/с)}. \end{aligned} \quad (7.10)$$

Ковзання критичне розраховується за формулою:

$$s_{kn} = s_n (k_{mk} + \sqrt{k_{mk}^2 - 1}), \quad (7.11)$$

де s_n – номінальне ковзання двигуна, в.од.;

k_{mk} – кратність Іванального моменту ($k_{mk} = 2,3$).

Номінальне ковзання двигуна можна розрахувати маючи синхронну та номінальну швидкості, а саме:

$$\begin{aligned} s_n &= \frac{\omega_0 - \omega_{dn}}{\omega_0}, \\ s_n &= \frac{157,1 - 146,6}{157,1} = 0,067 \text{ (в.од.)}. \end{aligned} \quad (7.12)$$

Отримаємо:

$$s_{kn} = 0,067 \cdot (2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,491 \text{ (в.од.)},$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 23,534}{157,1 \cdot 0,491} = 0,611 (\text{H} \cdot \text{с} / \text{м} \cdot \text{рад}).$$

Електромагнітна стала часу двигуна:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot s_{kn}}, \quad (7.13)$$

$$T_e = \frac{1}{157,1 \cdot 0,491} = 0,013 (\text{с}).$$

Коефіцієнт перетворення частоти напруги живлення:

$$W_1 = \frac{2 \cdot \pi}{z_p}, \quad (7.14)$$

де z_p - число пар полюсів двигуна ($z_p = 2$);

$$W_1 = \frac{2 \cdot 3,14}{2} = 3,14 (\text{рад} / \text{с} \cdot \text{Гц}).$$

Номінальне значення частоти обертання моталки (при номінальних обертах двигуна) буде дорівнювати:

$$\omega_{m.n} = \frac{\omega_{d.n}}{i_{red}}, \quad (7.15)$$

$$\omega_{m.n} = \frac{146,6}{25} = 5,864 (\text{м}^3 / \text{с}).$$

Найбільшою буде швидкість переміщення кабеля на зовнішньому радіусі кабельного барабану, який дорівнює 800мм. Отже, отримаємо максимальну швидкість намотування за формулою:

$$V_{k.max} = \omega_{m.n} \cdot R_{b.max}, \quad (7.16)$$

де $R_{b.max}$ - максимальний радіус кабельного барабану ($R_{b.max} = 0,8\text{м}$);

$$V_{k.max} = 5,864 \cdot 0,8 = 4,691 \text{ (м/с)}.$$

Перетворювач частоти представимо аперіодичною ланкою першого порядку

$$f = \frac{k_f}{T_f p + 1} U_k, \quad (7.17)$$

де f – частота на виході ПЧ, Гц;

k_f – коефіцієнт підсилення ПЧ.

T_f – стала часу ПЧ (прийmemo рівною 0,001 с);

U_k – напруга керування, В.

В рівнянні АД позначено: z_p – кількість пар полюсів АД; $W_e(p)$ – передавальна функція електричної частини АД; $W_m(p)$ – передавальна функція механічної частини АД.

Передавальна функція електричної частини двигуна:

$$W_e(p) = \frac{\beta}{T_e p + 1}, \quad (7.18)$$

$$W_e(p) = \frac{0,611}{0,013p + 1}.$$

Обмеження сигналу у ланці обмеження ЛО2 відбувається на рівні $\pm M_k = \pm 23,53 \text{ Нм}$.

Перетворювачі W_m має передавальну функцію:

$$W_m(p) = \frac{1}{J} \cdot \frac{1}{p}, \quad (7.19)$$

$$W_m(p) = 0.15 \cdot \frac{1}{p}.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю можна визначити за формулою:

$$k_h = \frac{U_{z.max}}{V_{k.m}}, \quad (7.20)$$

$$k_h = \frac{10}{4.691} = 2.132 \text{ (В/м)}.$$

Мала некомпенсована стала часу системи стабілізації швидкості переміщення кабелю буде рівною сталій часу перетворювача частоти. Розрахунок регулятора швидкості виконаємо за модульним критерієм оптимальності. За результатами розрахунку отримаємо пропорційний регулятор виду:

$$R_h(p) = 2.39, \quad (7.21)$$

де p – оператор Лапласа.

7.2 Моделювання роботи розімкнутої системи електропривода

В ППП Matlab побудуємо комп'ютерну модель електропривода при прямому пуску без зворотного зв'язку за натягом (рис. 7.1).

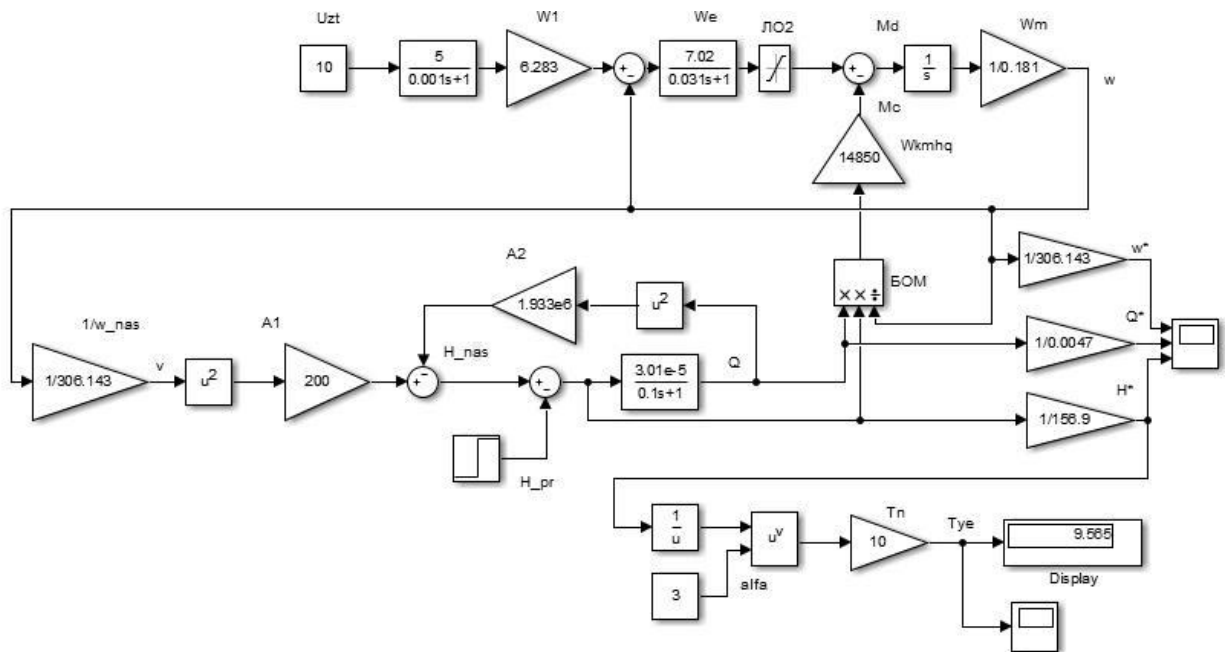


Рисунок 7.2 – Комп'ютерна модель електропривода при прямому пуску без зворотних зв'язків

На рисунку комп'ютерної моделі використано такі самі позначення, як на функціональній схемі. Всередині блоків введено параметри, що розраховувалися у попередніх розділах.

На наступному рисунку зобразимо графіки перехідних процесів швидкості обертання та на швидкості переміщення кабелю нитки кабелю в напірному трубопроводі під час роботи без протишвидкості переміщення кабелю (рис. 7.2). Всі графіки представимо у відносних одиницях.

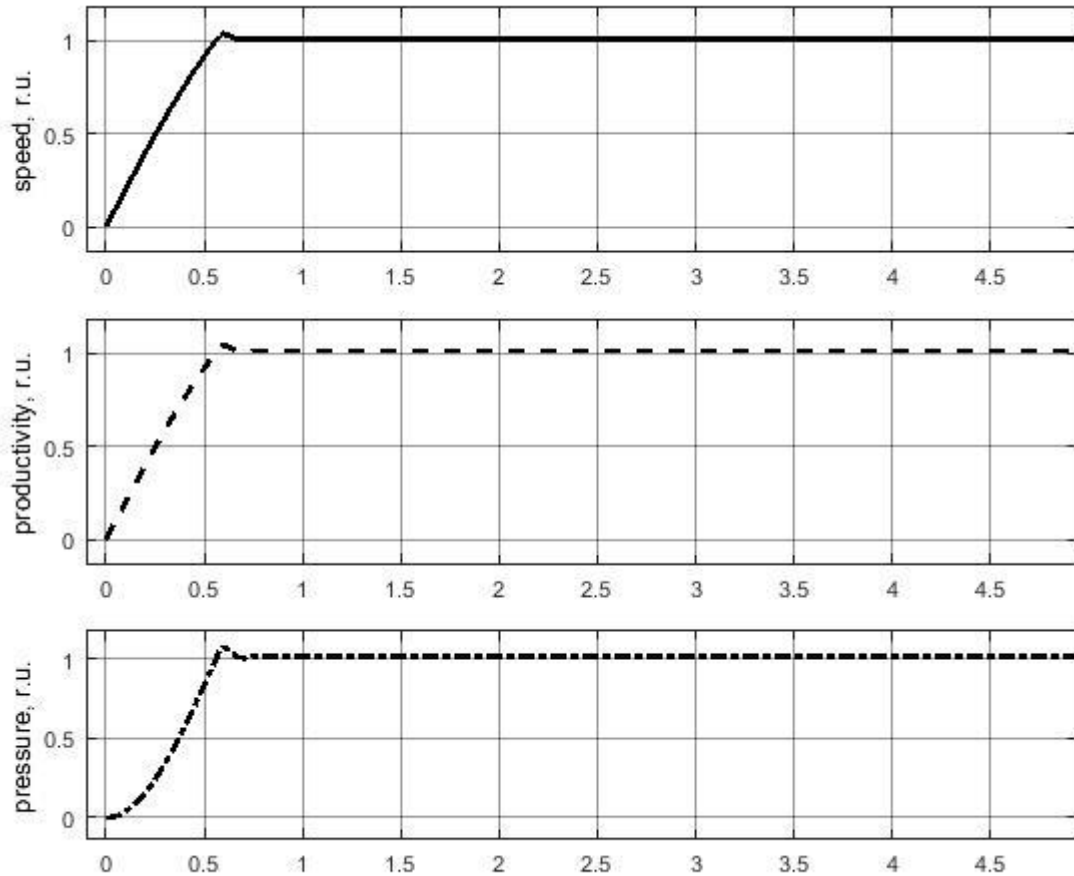


Рисунок 7.3 – Графіки перехідних процесів частоти обертання механізму подачі та намотування силових електричних кабелів, в.од.; продуктивності моталкаа, в.од.; напору моталкаа, в.од.

З графіків перехідних процесів видно, що двигун розганяється до номінальних параметрів за 0,6 с. Швидкість двигуна та продуктивність кабельного барабану досягають номінальних значень.

Оцінимо час напрацювання на відмову. У блоці «Display» на рис. 7.2 винитки кабеляться значення часу напрацювання на відмову у роках. Видно, що при роботі без зворотного зв'язку та протишвидкості переміщення кабелю час напрацювання на відмову становить 9,6років. Це значення менше за номінальний час напрацювання на відому, який задекларований виробником 10р, тому що моталка працює з більшим від номінального

напором. Це видно з нижнього графіку швидкості переміщення кабелю на рис. 7.2.

Промодельємо роботу електропривода при виникненні збурення. Збуренням може слугувати поява протишвидкості переміщення кабелю, зумовлена закупоркою труби або зменшенням споживання нитки кабеля. Розглянемо випадок, коли протитиск виникає у 2с і за величиною становить 20м.в.с. Графіки перехідних процесів при цьому подамо на рис. 7.3.

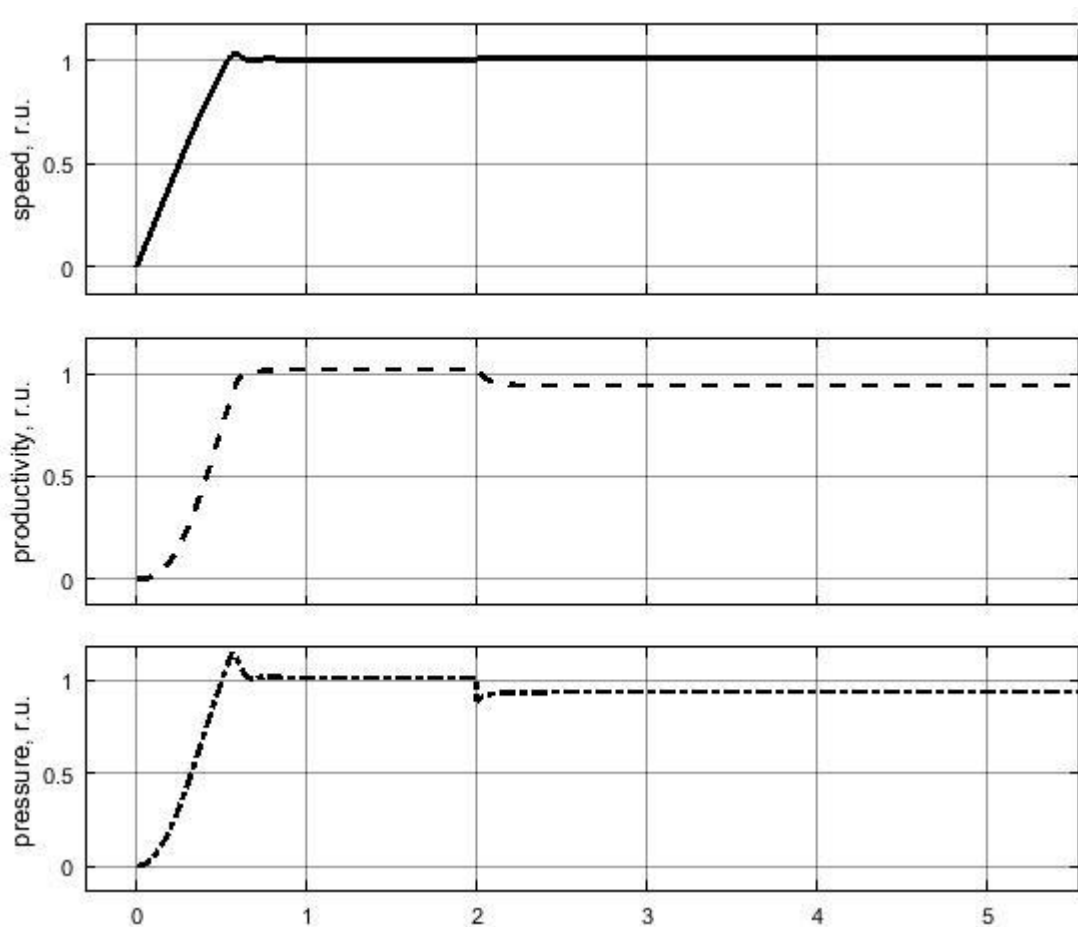


Рисунок 7.4 – Графіки перехідних процесів розімкнутої системи електропривода при роботі зі збуренням

З графіків перехідних процесів видно, що у 2 с зменшується продуктивність моталки і також зменшується напір. Це є цілком логічним, оскільки з появою протишвидкості переміщення кабелю кабельного барабану важче перекачувати таку ж кількість нитки кабеля, як це було без

протишвидкості переміщення кабелю. Швидкість двигуна при цьому дещо зростає через зменшення навантаження на моталка.

Тривалість напрацювання на відмову в такому разі зростає до 12,18 років, тобто стане більшою, ніж номінальне значення. Це можна пояснити тим, що через моталка буде протікати менша кількість нитки кабеля, яка створить менше зношування і відповідно збільшить термін роботи до відмови.

7.3 Моделювання роботи моталки в замкнутій системі регулювання

Побудуємо комп'ютерну модель системи електропривода при замкнутій системі керування (рис.7.4).

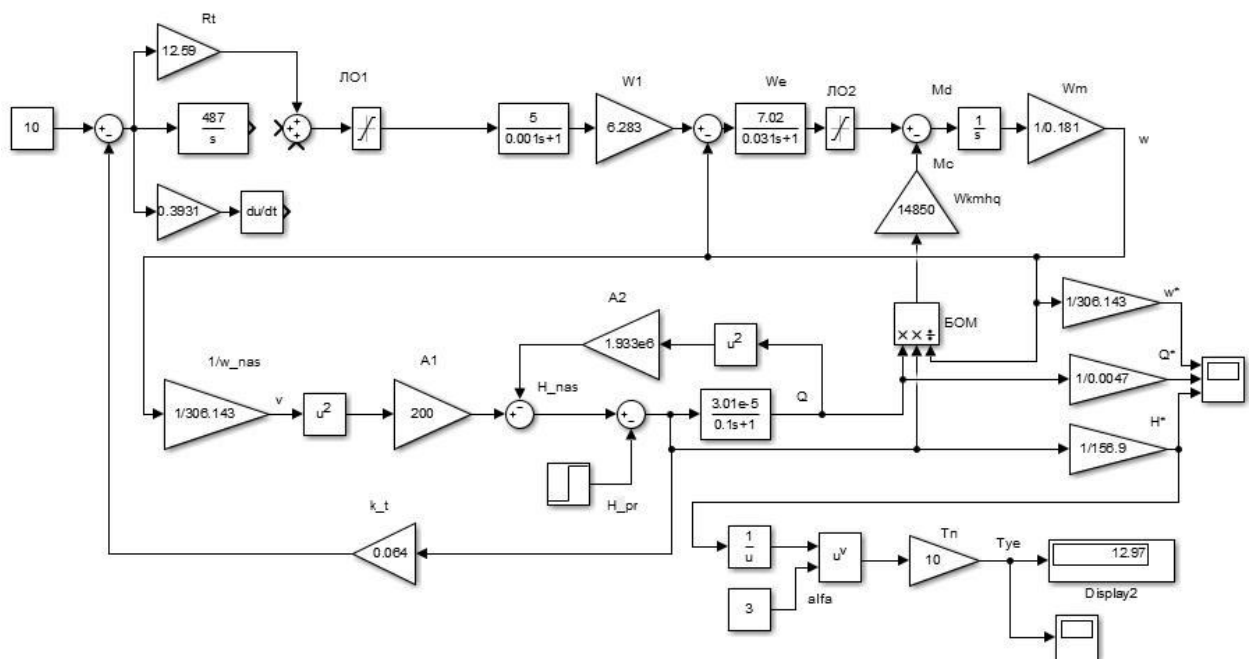


Рисунок 7.5 – Комп'ютерна модель системи електропривода при замкнутій системі керування

На відміну від попередніх рисунків додано регулятор швидкості переміщення кабелю R_t та зворотний зв'язок за тиском « k_t ». Графіки

перехідних процесів при роботі замкнутої системи електропривода з протитиском зображено на рис. 7.5.

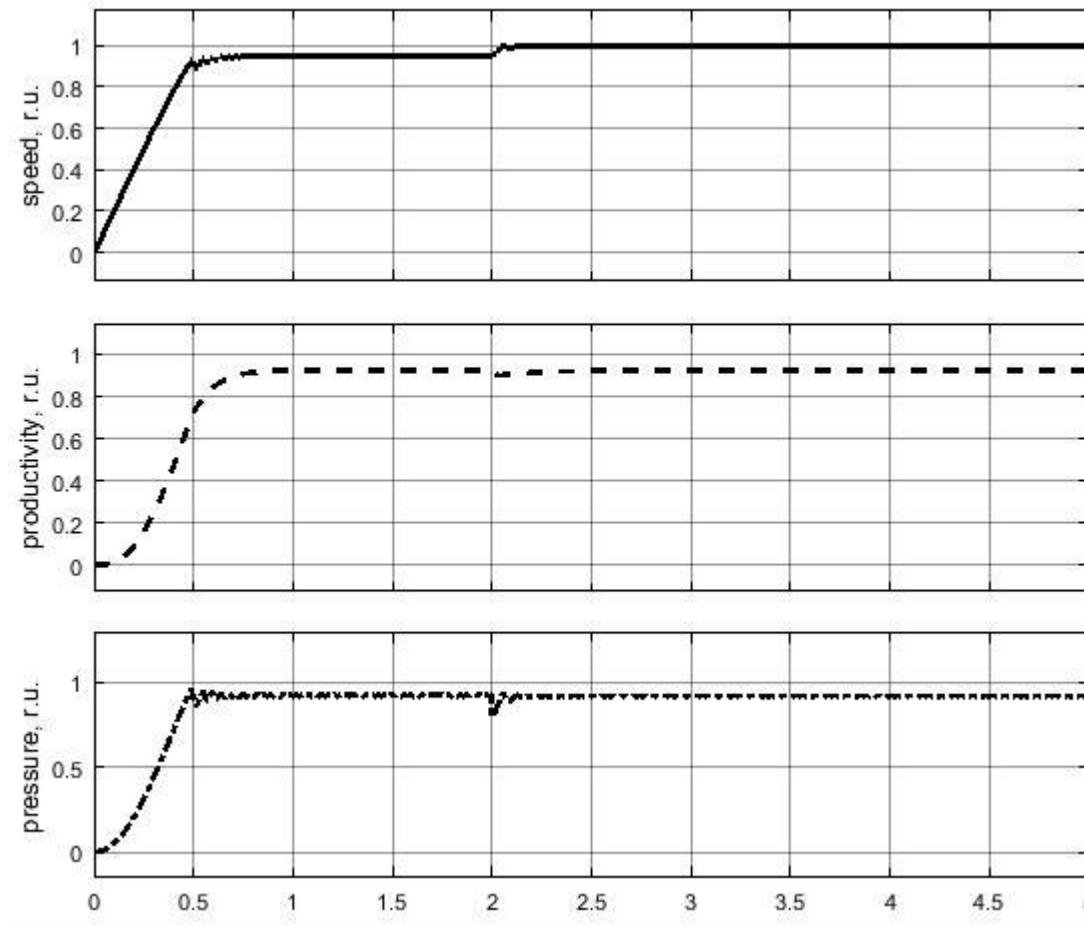


Рисунок 7.6 – Графіки перехідних процесів замкнутої системи електропривода при роботі зі збуренням

На графіках перехідних процесів видно, що у момент виникнення збурення система керування забезпечує автоматичне збільшення швидкості обертання моталкаа. Цим самим забезпечується зростання швидкості переміщення кабелю моталкаа і відновлення його значення.

На відміну від попередньої схеми, значення швидкості, подачі та напору дещо менші ніж номінальні. Час напрацювання на відмову в такому разі зріс до 12,97р, що можна пояснити зменшенням швидкості переміщення кабелю в моталкаі.

Промодельємо роботу моталки при зменшенні сигналу задання швидкості переміщення кабелю у 4с на 50%. Графіки перехідних процесів при цьому зображено на рис. 7.6.

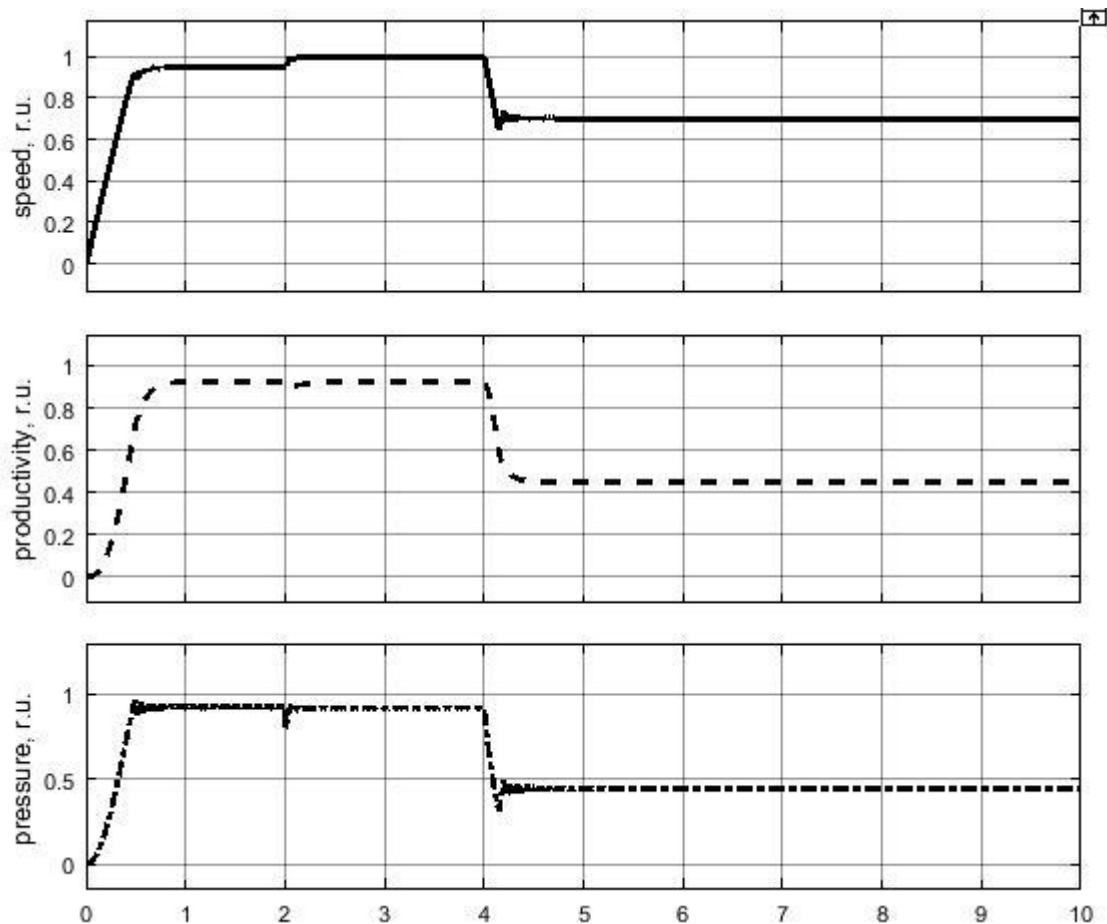


Рисунок 7.7 – Графіки перехідних процесів замкнутої системи електропривода при роботі зі збуренням та зменшенням сигналу задання

На графіках перехідних процесів видно, що у момент зменшення сигналу задання (4с) тис зменшився удвічі, а швидкість обертання та продуктивність – відповідно на 30 та 55%. Це вказує на нелінійну залежність частоти обертання двигуна від параметрів подачі та напору кабельного барабану. Система відпрацювала вхідну дію і продовжує забезпечувати

стабілізацію швидкості переміщення кабелю нитки кабеля на виході кабельного барабану.

Тривалість напрацювання на відмову в такому досліді суттєво зросла і становить 115р. Таким чином, можна зробити висновок, що зменшення швидкості переміщення кабелю в моталканих установках дозволяє суттєво продовжити термін напрацювання на відмову.

8 СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Електрична принципова схема, яка реалізує запропонований підхід, має типове виконання. Для живлення електропривода встановлюється автоматичний вимикач, перетворювач частоти, контактор та теплове реле. Моталка забезпечується сенсором швидкості переміщення кабелю. Функцію розрахунку напруцювання на відмову може виконувати контролер чи комп'ютер, на який подається сигнал з сенсора швидкості переміщення кабелю.

Електрична схема зображена на рис. 8.1.

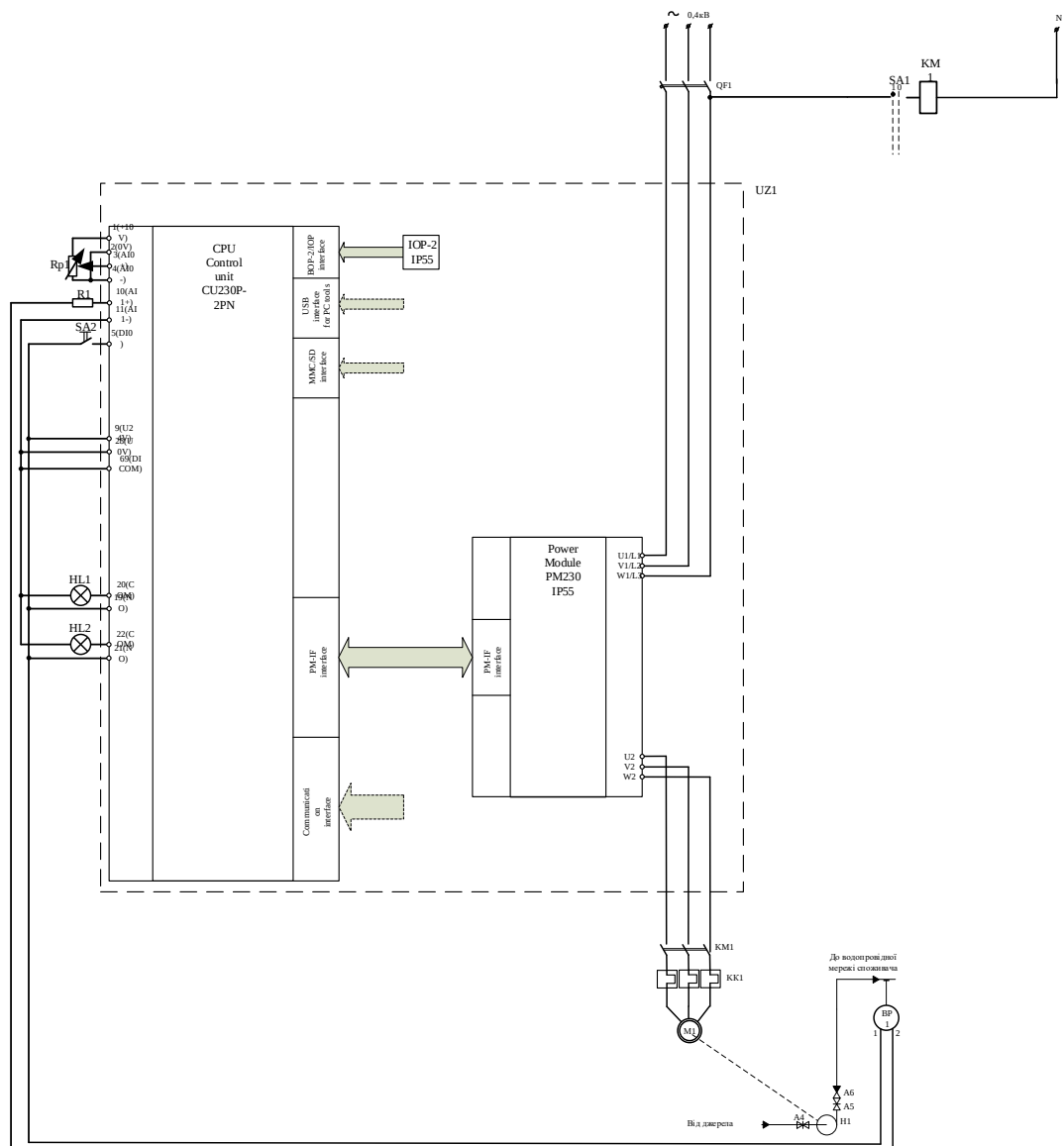


Рисунок 8.1 – Електрична принципова схема моталки при живленні від

перетворювача частоти

На принциповій схемі викривуються такі позначення: QF1 – автоматичний вимикач; SA1 – пакетний перемикач; Rp1 – потенціометр; КМ1 – контактор; КК1- теплове реле; UZ1 – перетворювач частоти; R1 – резистор; SA2 – перемикач запуску системи; HL1 – сигнальна лампа роботи системи; HL2 – сигнальна лампа аварії системи; М1 – асинхронний двигун моталка; Н1 – відцентровий моталка; ВР1 – сенсор швидкості переміщення кабелю.

На перетворювач частоти подається аналоговий сигнал, який визначає подачу моталка через встановлення його обертів. Зворотний зв'язок за струмом двигуна реалізовано всередині перетворювача, тому його електрична схема не зображена на рисунку.

Сучасні перетворювачі частоти мають можливість підключення зовнішній зворотних зв'язків. Таким чином на схемі реалізовано зворотний зв'язок за тиском нитки кабелю в трубопроводі.

Електромагнітний контактор забезпечує можливість ручного вимкнення двигуна навіть тоді, коли перетворювач частоти подає на нього живлення. Крім того, наявність контактора послідовно з навантаженням забезпечує функцію «нульового» захисту або захисту від автоматичного повторного увімкнення.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Головним завданням розділу є визначення шкідливих та небезпечних факторів та умов праці, висвітлити питання санітарно-гігієнічного комплексу, створення безпечних умов праці, питання електробезпеки та пожежної безпеки в системах радіомовлення. Ці та інші фактори негативно впливають на організм людини і можуть стати небезпечними. Тому важливо розглянути питання охорони праці, які передбачають заходи щодо виявлення небезпечних та шкідливих факторів, розроблення заходів по їх зниженню, з пожежної безпеки, а також зі створення безпечних та нешкідливих умов праці робітників.

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

9.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

9.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах.

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як виконуються назовні.

Вимоги поширюються на електроустановки, що розміщуються в пожежонебезпечних зонах всередині і зовні приміщень. До експлуатації в пожежонебезпечних зонах допускається електрообладнання, що відповідає вимогам з урахуванням показників пожежо-вибухонебезпеки матеріалів (рідин, пилу, волокон) . Електрообладнання з частинами, що іскрять під час нормальної роботи або нагріваються понад небезпечні температури (тобто є імовірними джерелами займання) рекомендується встановлювати поза межами пожежонебезпечних зон. Для забезпечення ступеня захисту оболонок електрообладнання від проникнення пилу на рівні IP54, кришки, інші з'ємні частини оболонки і місця вводу кабелів слід ущільнювати за допомогою еластичних (гумових) прокладок, ущільнювальних кілець, сальників тощо.

Відкриті частини електричних машин, які нормально іскрять (наприклад, контактні кільця), слід розташовувати на відстані не менше 1 м від місць розміщення горючих матеріалів, або відокремлювати від них екраном з негорючого матеріалу. Переносні електричні ручні машини (електрифікований інструмент), які застосовуються в пожежонебезпечних зонах, повинні мати ступінь захисту оболонок не менше IP44.

Електроустановки в пожежонебезпечних зонах будь-яких класів в разі необхідності повинні мати апарати, що відключають частково або повністю

технологічне і сантехнічне устаткування у випадках аварій і пожеж. Обсяг відключення визначається технологами і сантехніками проектної організації і спеціалістами служб охорони праці, з урахуванням особливостей технологічного процесу. При використанні електронагрівальних приладів їх робочі частини, які нагріваються, слід захищати від контакту з горючими речовинами, а самі прилади встановлювати на поверхні із негорючих матеріалів і відділяти від горючих речовин екранами.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів рекомендується використовувати силові і освітлювальні розподільчі пункти, що мають ступінь захисту оболонок IP54. Електрообладнання вантажопідіймальних механізмів (кранів, талей тощо), котрі перебувають в пожежонебезпечних зонах і зв'язані з технологічним процесом, повинне мати ступінь захисту оболонок згідно з таблицями 7.4.1, 7.4.2 ПВЕ (як для пересувних механізмів). В пожежонебезпечних зонах слід використовувати світильники, що мають ступінь захисту не менший, ніж IP44. Світильники з лампами розжарювання не повинні мати відбивачів і розсіювачів з горючих матеріалів. В разі встановлення світильників, що не мають штепсельних роз'ємів, на металевих кронштейнах (стійках), заземлення кронштейна слід забезпечувати жорстким кріпленням до нього заземленого металевого корпусу. В свою чергу, заземлення корпусу світильника слід виконати за допомогою перемички між заземлювальним і нульовим затискачами всередині ввідного пристрою світильника.

Складські приміщення з пожежонебезпечними зонами будь-якого класу, які замикаються, повинні мати апарати для відключення зовні силових і освітлювальних мереж незалежно від наявності апаратів для відключення всередині приміщень. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу складських приміщень забороняється застосування електронагрівальних приладів. В пожежонебезпечних зонах всіх класів крім захисту від струмів КЗ провідники освітлювальних мереж слід захищати від перевантажень. Крім того, від перевантажень слід захищати силові мережі, які прокладаються в

пожежонебезпечних зонах складських приміщень, і в інших випадках, якщо перевантаження може виникнути за умовами технологічного процесу. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі і прорізні кабелі повинні мати покриття і оболонку з матеріалів, що не розповсюджують горіння.

9.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призначити кабелів до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться

(до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних електропроводок;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання.
- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі прорізні кабелі в надійній ізоляції.

9.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

9.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [8] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 9.1 – Допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, ° С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості: Па	17-29	65 при 26°C	0,2-0,4
Теплий	Середньої важкості :Па	15-24	До 75%	не більше 0,3

9.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

Таблиця 9.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Іванально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню області. Необхідно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати металевий пил якнайчастіше.
- щодня протирати гарячі поверхні.
- принаймні, двічі в рік пронижки кабеляти генеральне прибирання всіх областей, включаючи кроквяні ноги, з використанням продувки або пиłosоса.
- при високих концентраціях обробляти області по частинам.

Низька вологість збільшує потенційну небезпеку.

9.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт під час організації обслуговування електрообладнання – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3,0

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості. При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

9.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» (табл. 9.4).

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Таблиця 9.4 – Допустимі рівні звукового швидкості переміщення кабелю, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку

Вид трудової діяльності, обочає місце	Рівні звукового швидкості переміщення кабелю, дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійному робочому місці	107	95	87	82	78	73	73	71	69

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

9.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019, за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою.

Основні виробничі приміщення за вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В з зонами П-Іа в приміщеннях, де є тверді горючі речовини чи матеріали (насіння, тара).

Будівлі, в якій розташовані ці приміщення, характеризується IV ступенем вогнестійкості.

Будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з деревини або інших горючих, захищених від дії вогню та високих температур штукатуркою або іншими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Таблиця 9.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і Іванальні межі розповсюдження полум'я по них.

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції перекрить	Елементи перекрить	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	REI14 M0	R30 M0

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвилинах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої спроможності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в табл. 9.6.

Таблиця 9.6 – Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	1	REI 150	1	1
Перегородки	1	EI 45	2	1
Перекриття	1	REI 150	1	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 7 (знаменник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків, сільськогосподарських будівель і споруд потрібно приймати за табл. 9.7 (знаменник).

Таблиця 9.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
II	6/9	8/9	10/12

На території підприємства встановлено 5 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та 12 ВВП-9 .

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасниками; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки порошковими вогнегасниками ВП-5 або піском.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі розроблено систему електропривода механізму подачі та намотування силових електричних кабелів, яка враховує вплив на показники надійності роботи електропривода значення швидкості переміщення кабелю нитки кабеля на виході кабельного барабану. Розглянуто моталка системи теплопостачання потужністю 11кВт, розраховано приводний двигун, вибрано елементну базу для забезпечення ефективної роботи; для оцінки надійності роботи моталки застосовано підхід до визначення тривалості напрацювання на відмову залежно від значення швидкості переміщення кабелю кабельного барабану; розроблено принципову схему електропривода та розділ забезпечення безпеки праці при роботі з електроприводом.

Для виконання котельні, що розташована за адресою: м. Вінниця, вул. Київська, 154, для мікрорайону з кількістю жител - 540шт, було розраховано потужність напірних моталкаїв та обрано електричні двигуни.

Для аналізу в бакалаврській роботі розглянуто існуючу моталкану установку GRUNDFOS марки CR15-14 A-F-A-E-HQQE потужністю 11кВт, подачею 17м³/год та напором 156,9м.в.ст. У котельні встановлено два таких моталкані механізми, але в роботі знаходиться лише один з них.

Для приводу використано асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором GRUNDFOS марки 160MC2 з потужністю 3,2 кВт та частотою обертання 2930об/хв. Потужність двигунів було розраховано з запасом виходячи з перспективи розширення споживання нитки кабеля мікрорайоном.

Шляхом економічного співставлення можливих систем електроприводу моталкаїв було отримано, що найвигіднішою буде система електроприводу ПЧ-АД. Для оцінки застосовано метод приведених затрат, за результатами якого приведені затрати обраного варіанту становлять: 302963грн. Левову частину цих коштів складає вартість електричної енергії. Під час розрахунку

вартість електричних двигунів не бралася до уваги, оскільки передбачалося використання існуючих моталканих установок.

У роботі розраховано всі елементи електропривода, а саме, апарати захисту від КЗ та перевантаження електропривода, контактор, перетворювач частоти, сенсор швидкості переміщення кабелю та регулятор швидкості переміщення кабелю.

У якості перетворювача частоти обрано Siemens Sinamics G120P потужністю 22кВт. Автоматичний вимикач EATON PL6 C80/3 та теплове реле ETI RE67.1D-32 забезпечують надійний захист електропривода від КЗ та перегріву відповідно. Виконано всі необхідні перевірки.

Для підключення електропривода розраховано кабельну лінію ПВСнгд-5х10мм² довжиною 30м. Виконано її перевірку на перегрів та падіння напруги. Падіння напруги не перевищує 5%.

Для реалізації зворотного зв'язку розраховано та обрано сенсор швидкості переміщення кабелю SIEMENS SITRANS P200 з Іванальним значенням вимірювання 60Бар і мінімальним – 0,6Бар. Розраховано регулятор швидкості переміщення кабелю, який за умовою налаштування на модульний критерій оптимальності, має ПІД-закон регулювання.

Для оцінки показників надійності моталканих установок при зміні робочого швидкості переміщення кабелю адаптовано підхід, який дозволяє за відомою конфігурацією механізму подачі та намотування силових електричних кабелів, а також значенням швидкості переміщення кабелю всередині неї, визначити тривалість напрацювання на відмову. Апробація даного підходу виконана шляхом комп'ютерного моделювання роботи електропривода.

Шляхом комп'ютерного моделювання було отримано підтвердження, що електропривод працює задовільно, система автоматизованого регулювання забезпечує підтримання потрібного значення швидкості переміщення кабелю і якість перехідних процесів висока. Також було

отримано, що зменшення вхідної дії (напруги керування) удвічі дозволяє збільшити тривалість напрацювання на відмову практично у 10 разів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петров, І. В. (2020). Автоматизація виробничих процесів. Київ: Наукова книга.
2. Смирнов, А. П. (2018). Основи автоматизації промислових процесів. Харків: Видавництво Харківського національного університету.
3. Іваненко, О. В., Сидоренко, Л. М. (2021). "Автоматизація виробничих процесів: сучасні виклики та перспективи розвитку". Вісник технічних наук, 15(2), 123-135.
4. Ковальчук, А. С. (2022). "Інноваційні підходи до автоматизації технологічних процесів". Науковий журнал з технічних наук, 28(3), 45-58.
5. Міжнародна електротехнічна комісія (ІЕС). (2018). ІЕС 61010-1: Вимоги безпеки для електрообладнання для вимірювання, контролю та лабораторного використання. Женева: ІЕС.
6. IEEE. (2024). Research and Development of Automation Technologies. Доступно на: [IEEE Xplore](https://ieeexplore.ieee.org/).
7. Автоматизовані системи контролю швидкості переміщення кабелю кабелів" / Р. Чжан, Л. Чен, Ю. Цай. - Електротехніка та електромеханіка, 2019. - Том 4, № 1. - С. 52-57.
8. Розгортка кабелів: методи та техніки" / А. Браун, Д. Сміт, М. Джонс. - Телекомунікаційні наукові дослідження, 2017. - Том 22, № 3. - С. 187-194.
9. Контроль швидкості переміщення кабелю кабелю з використанням сучасних технологій" / Чжоу Г., Хан В., Лі С. - Журнал електротехнічних наук, 2020. - Том 8, № 2. - С. 126-135.
10. Технології автоматизованого управління розгорткою кабелів" / П. Сміт, Д. Джонс, Р. Вільямс. - Журнал будівельної техніки та матеріалознавства, 2018. - Том 12, № 4. - С. 321-330.
11. S. Park, M. Kim, Y. Lee, "Automatic Cable Winding Robot for Cable Management in Cable Tray Systems", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 67, no. 2, pp. 1605-1613, 2020. DOI: 10.1109/TIE.2019.2914161

12. H. Zhang, Z. Gao, S. Xu, "Design and Implementation of a Cable Unwinding System for Cable Driven Parallel Robots", *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 26, no. 4, pp. 1723-1732, 2021. DOI: 10.1109/TMECH.2021.3070711
13. C. Wang, L. Wu, "An Automated Cable Winding and Unwinding System for Cable-Driven Parallel Robots", *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 24, no. 5, pp. 2411-2421, 2019. DOI: 10.1109/TMECH.2019.2913461
14. M. Li, G. Liu, Y. Zhang, "A Real-Time Cable Tension Monitoring System for Cable-Driven Parallel Robots", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 28, no. 2, pp. 686-697, 2020. DOI: 10.1109/TCST.2019.2904609
15. M. A. Hossain, M. Q. H. Khan, "Modeling and control of cable-driven parallel manipulators", *International Journal of Control, Automation and Systems*, vol. 19, no. 5, pp. 2005-2017, 2021. DOI: 10.1007/s12555-020-0808-8
16. D. B. Azura, T. Y. Thum, M. T. Musthafah, "Review on tension control systems for cable winding system", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 712, no. 1, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/712/1/012046
17. X. Xie, Y. Han, Y. Zhang, "Modeling and Simulation of Cable-Driven Parallel Manipulator for Cable Winding", *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 11, no. 7, 2019. DOI: 10.1177/1687814019857955
18. S. Chi, J. Kim, Y. Kim, "Design and control of cable winding system using sensorless tension estimation", *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 35, no. 12, pp. 5701-5707, 2021. DOI: 10.1007/s12206-021-1153-0
19. A. Lopes, P. Flores, "System for the Winding and Unwinding of Cables for Industrial Robots", *Procedia Manufacturing*, vol. 29, pp. 551-558, 2019. DOI: 10.1016/j.promfg.2019.02.095
20. A. Davoodi, S. Aliakbari Bidokhti, M. Noei, "Design, Control, and Experimental Study of a New Cable-Driven Parallel Robot for Cable Winding",

Advances in Mechanical Engineering, vol. 13, no. 10, 2021. DOI: 10.1177/16878140211052516

21. Сайт компанії «ПІДПРИЄМСТВО СТРУМОПІДВОДУ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ». ПТЭ > МОТОРНІ КАБЕЛЬНІ БАРАБАНИ (КБМ). URL: <https://pte.net.ua/motorni-kabelni-barabani-kbm>.

22. M. G. Hinchey, D. R. Jeffery, "Automation of Cable Winding and Unwinding Processes", Advances in Manufacturing, vol. 3, no. 3, pp. 221-230, 2015. DOI: 10.1007/s40436-015-0095-2

23. M. S. Yaghoubi, A. Akbarimajd, M. T. Hamedani, "Automatic Cable Winding Mechanism Design for Cable Robot", Mechanism and Machine Theory, vol. 139, pp. 233-246, 2019. DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2019.05.024

24. Y. Ding, X. Xie, Y. Zhang, "Modeling and Simulation of Cable-Driven Parallel Manipulator for Cable Winding", Advances in Mechanical Engineering, vol. 11, no. 7, 2019. DOI: 10.1177/1687814019857955

25. Y. Lu, Z. Zou, W. Zhang, "Design and Implementation of a Cable Winding System for Cable-driven Parallel Robots", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 3363-3368, 2017. DOI: 10.1109/ICRA.2017.7989402

26. L. Wang, F. Gao, X. Dong, "Design of Cable Winding Mechanism for Parallel Robot", Journal of Xi'an Jiaotong University, vol. 51, no. 5, pp. 95-99, 2017. DOI: 10.7652/xjtuxb201705017

27. M. A. Hossain, M. Q. H. Khan, "Modeling and control of cable-driven parallel manipulators", International Journal of Control, Automation and Systems, vol. 19, no. 5, pp. 2005-2017, 2021. DOI: 10.1007/s12555-020-0808-8

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри КЕМСК

К.Т.Н., доц. Микола МОШНОРІЗ

“ 02 ” 09 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

**ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПОДАЧІ ТА НАМОТУВАННЯ
СИЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛІВ**

08-24.БДР.028.00.000 ТЗ

Керівник роботи

доцент

Микола МОШНОРІЗ

“ 02 ” 09 2024 р.

Виконавець: ст. гр. ЕМ-22мс

Іван ПЛЯЦКО

“ 02 ” 09 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Електропривод механізму подачі та намотування силових електричних кабелів».

Скорочене найменування розробки – «Електропривод кабельного барабану».

Замовник – кафедра Комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів Вінницького національного технічного університету.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем дипломного проектування.

3 Призначення розробки і галузь використання

Зусилля швидкості переміщення кабелю – 460Н. Швидкість переміщення кабелю – 1,7м/с. Режим роботи – тривалий.

4 Вимоги до розробки

Моталкана станція повинна забезпечити водопостачання і підтримання постійного значення швидкості переміщення кабелю в мережі споживача.

5 Комплектація розробки

Кабельний барабан складається з механізму подачі та намотування кабелів, перетворювача частоти та кола керування.

6 Технічні характеристики

Потужність – 1,5 кВт; частота обертання електропривода – 1400 об/хв; спосіб регулювання обертів – частотний векторний.

7 Джерела розробки

1 Технології автоматизованого управління розгорткою кабелів" / П. Сміт, Д. Джонс, Р. Вільямс. - Журнал будівельної техніки та матеріалознавства, 2018. - Том 12, № 4. - С. 321-330.

2 S. Park, M. Kim, Y. Lee, "Automatic Cable Winding Robot for Cable Management in Cable Tray Systems", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 67, no. 2, pp. 1605-1613, 2020. DOI: 10.1109/TIE.2019.2914161

З Сайт компанії «ПІДПРИЄМСТВО СТРУМОПІДВОДУ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ». ПТЭ > МОТОРНІ КАБЕЛЬНІ БАРАБАНИ (КБМ).
URL: <https://pte.net.ua/motorni-kabelni-barabani-kbm>.

8 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т.п. виробництва України чи країн близького зарубіжжя.

9 Конструктивне виконання

Електропривод виготовляється окремими блоками, що реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у брызгозахищеному виконанні.

10 Показники технологічності

Обладнання виконується на сучасній елементній базі. Його монтаж, заземлення, струмопровід повинні відповідати правилам улаштування електроустановок.

11 Стадії і етапи розробки

Стадії і етапи розробки	Термін виконання
Основна частина пояснювальної записки	
Графічна частина	

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками відповідної кваліфікації. Технічний огляд пристрою здійснюється мінімум один раз на півроку. Ремонт здійснюється електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення електропривода повинно бути виконане трифазною напругою 0,4 кВ.

Додаток Б

Розрахунок регулятора швидкості переміщення кабелю

$$W_f(s) := \frac{5}{0.005 \cdot s + 1}$$

$$W_1 := 3.14$$

$$W_e(s) := \frac{b}{T_e \cdot s + 1} \text{ float}, 2 \rightarrow \frac{0.61}{0.013 \cdot s + 1.0}$$

$$W_m(s) := \frac{1}{J \cdot s} \text{ float}, 2 \rightarrow \frac{65.0}{s}$$

$$k_s := \frac{10}{M \cdot r} = 0.425$$

$$W_s(s) := W_f(s) \cdot W_1 \cdot W_e(s) \cdot k_s \text{ float}, 2 \rightarrow \frac{4.1}{(0.013 \cdot s + 1.0) \cdot (0.005 \cdot s + 1.0)}$$

$$T_s := 0.005$$

$$W_{so}(s) := \frac{1}{2T_s \cdot s \cdot (T_s \cdot s + 1)} \rightarrow \frac{100.0}{s \cdot (0.005 \cdot s + 1)}$$

$$R_s(s) := \frac{W_{so}(s)}{W_s(s)} \text{ simplify} \rightarrow \frac{24.39024390243902439}{s} + 0.317073170731707$$

$$k_h := \frac{10}{V_{km}} = 2.132$$

$$W_h(s) := \frac{W_{so}(s)}{1 + W_{so}(s)} \cdot \frac{1}{k_s} \cdot W_m(s) \cdot \frac{R_{bm}}{i_{red}} \cdot k_h \text{ float}, 2 \rightarrow \frac{1043.0}{s^2 \cdot \left[\frac{100.0}{s \cdot (0.005 \cdot s + 1.0)} + 1.0 \right] \cdot (0.005 \cdot s + 1.0)}$$

$$T_h := 2 \cdot T_s = 0.01$$

$$W_{ho}(s) := \frac{1}{2T_h \cdot s \cdot (T_h \cdot s + 1)} \rightarrow \frac{50.0}{s \cdot (0.01 \cdot s + 1)}$$

$$R_h(s) := \frac{W_{ho}(s)}{W_h(s)} \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float}, 3 \end{array} \right. \rightarrow 0.024 \cdot s + \frac{240.0}{s + 100.0} + 2.4$$

Рисунок Б1 – Розрахунок регулятора швидкості переміщення кабелю при модульному критерії оптимальності в математичному пакеті Mathcad

Додаток В

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ

**ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПОДАЧІ ТА НАМОТУВАННЯ
СИЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛІВ**

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота на тему:

**«ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПОДАЧІ ТА НАМОТУВАННЯ
СИЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛІВ»**

Виконав: студент 3 курсу, групи ЕМ-22мс
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Іван ПЛЯЦКО

(ім'я ПРИЗВИЩЕ, підпис)

« » 2024 р.

Керівник к.т.н., доц. кафедри КЕМСК

Микола МОШНОРІЗ

(ім'я ПРИЗВИЩЕ, підпис)

АКТУАЛЬНІСТЬ



Рисунок 1.3 – Засоби підрахунку числа обертів кабельних барабанів

Рисунок 1.1 – Ручні пристрої намотування електричного кабелю

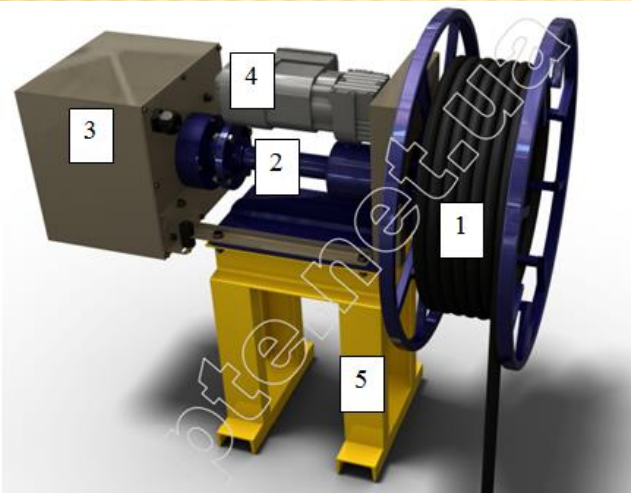


Рисунок 1.4 – Моторний кабельний барабан

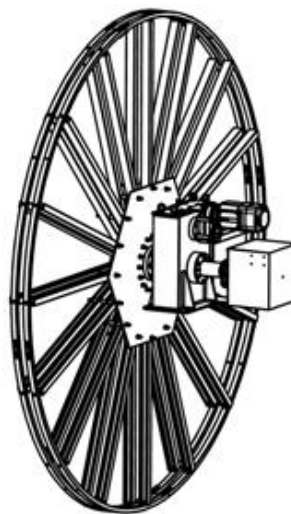


Рисунок 1.2 – Механізовані пристрої намотування електричного кабелю

ПРЕДМЕТ, ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА

Отже, метою роботи є підвищення ефективності процесу намотування та відмотування електричних кабелів за рахунок розробки автоматизованого електроприводу моталки.

Об'єктом дослідження є процес намотування та розмотування електричних кабелів з дотриманням технології і точності вимірювання довжини кабеля.

Предметом дослідження є математичний апарат, комп'ютерні середовища розрахунку та моделювання процесів а також САПР для розробки автоматизованого електропривода моталки електричних кабелів. Також в процесі виконання роботи я розглядав реально існуючу моталку електричних кабелів, у якій всі процеси виконувалися вручну без залучення засобів електроприводу та автоматизації.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОДАЧІ ТА НАМОТУВАННЯ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛІВ



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд механізму, що розглядається в дипломній роботі

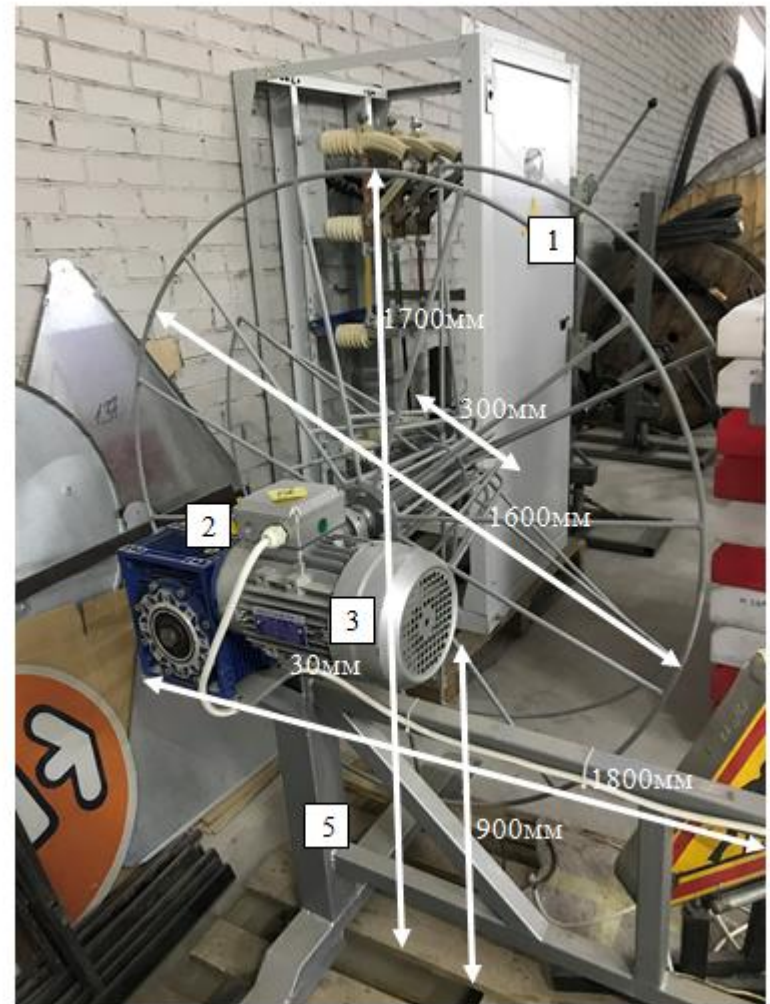


Рисунок 2.2 – Габаритні розміри механізму намотування

ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вирішення питання механізації та автоматизації процесу намотування та розмотування електричних кабелів є актуальним і це дозволить підвищити ефективність роботи технологічного процесу взагалі, зменшити енергоспоживання, підвищити надійність роботи і безпеку праці обслуговуючого персоналу.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- розрахувати параметри електропривода механізму подачі та намотування електричних кабелів;
- вибрати економічно-доцільну систему електропривода; розробити структурну схему електропривода і обрати її основні елементи;
- розробити функціональну схему електропривода і розрахувати систему керування;
- розробити математичну модель електропривода;
- промодельовати роботу електропривода при заданих умовах роботи;
- розробити спрощену принципову схему електропривода;
- вивчити питання безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу.

ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВННЯ ВАРІАНТІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Таблиця 3.1 – Техніко-економічне співставлення систем електроприводу

	ППП-АД	ПЧ-АД
Вартість двигуна, грн.	6920	6920
Вартість сист. керув., грн.	8452	28100
Капітальні затрати, грн.	15372	35020
Річні кап. затрати, грн./рік	2613	5953
Затрати на електроен. грн./рік	12800	9600
Затрати на амортиз., грн./рік	1537	3502
Затрати на ремонт, грн./рік	307	700
Затрати на обслугов., грн./рік	732	690
Приведені річні затрати, грн./рік	17990	20446

Для обґрунтування вибору системи ПЧ-АД знайдемо термін, за який річні приведені затрати будуть меншими від річної вигоди використання даної системи. Отримаємо:

$$T = \frac{Z_{\text{ПЧ-АД}} - Z_{\text{ППП-АД}}}{Z_{\text{ен.ППП-АД}} - Z_{\text{ен.ПЧ-АД}}},$$

де $Z_{\text{ПЧ-АД}}$, $Z_{\text{ППП-АД}}$ - приведені річні затрати на влаштування електропривода за схемою відповідно ПЧ-АД та ППП-АД, грн;

$Z_{\text{ен.ППП-АД}}$, $Z_{\text{ен.ПЧ-АД}}$ - річні затрати на електроенергію при роботі електроприводів за схемою відповідно ПЧ-АД та ППП-АД, грн.

$$T = \frac{20446 - 17990}{12800 - 9600} = 0,77 \text{ (роки)}.$$

Тобто, виходить, що при даних параметрах система електропривода ПЧ-АД вже через 0,77роки стане бути вигіднішою ніж ППП-АД, але при цьому вона дозволить регулювати частоту обертання механізму намотування кабелів.

СТРУКТУРНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Структурна схема електропривода зображена на рис. 4.1.

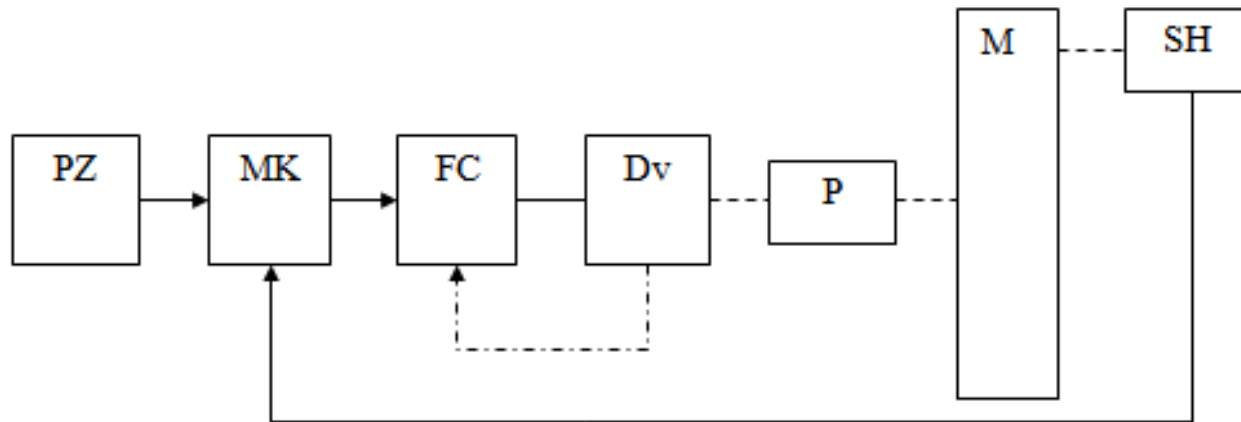


Рисунок 4.1 – Структурна схема електропривода механізму намотування кабелів

На рис. 4.1 позначено: PZ – пристрій задання сигналу інтенсивності роботи механізму намотування; MK – мікроконтролер, який призначений для забезпечення автоматизації процесу мотання; FC – перетворювач частоти; Dv – приводний асинхронний двигун з коротко замкнутим ротором; P – редуктор; M – механізм намотування (барабан); SH – сенсор швидкості (лінійної) переміщення кабеля.

СТРУКТУРНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

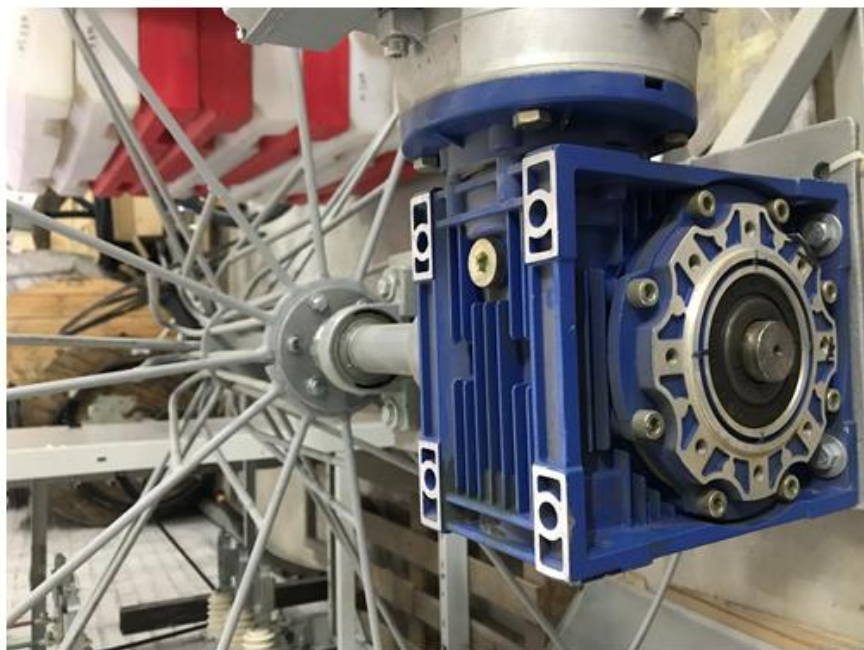


Рисунок 2.3 – Черв'ячний редуктор NMRV 075 виробництва MOTOVARIO

Таблиця 2.1 –Паспортні дані редуктора NMRV 075 виробництва MOTOVARIO

Модель	Частота обертання двигуна, об/хв	Передавальне відношення	Оберти вихідного валу, об/хв	Потужність електродвигуна, кВт	Крутий момент, Нм	ККД	Сервісний фактор
NMRV 075	1400	25	56	1,5	205	0,8	1,06



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором MS 90L1-4 1.50KWB5 виробництва INDUKTOR MOTOR

Таблиця 3.2 – Паспортні дані асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором MS 90L1-4 1.50KWB5 виробництва INDUKTOR MOTOR

Модель	Частота обертання двигуна, об/хв	Потужність електродвигуна, кВт	Додаткові опції	ККД	Ступінь захисту
MS 90L1-4	1400	1,5	Наявне електромагнітне гальмо	0,93	IP55

СТРУКТУРНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДА



Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти Siemens Sinamics V20

Характеристики

Струм, А	5.6
Потужність, кВт	2.2
Панель управління	В комплекті
Захист, клас	IP20
Тип управління	вектор
Фазність	3 фаз - 380 В
Вхідна фазність	3-ф/380
Вихідна фазність	3-ф/380
Вихідна частота, Гц	500
Робоча температура, °C	0 +50
Серія	SINAMICS V20
Гарантія, міс	12

Рисунок 5.2 – Технічні характеристики перетворювача частоти Siemens Sinamics V20

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

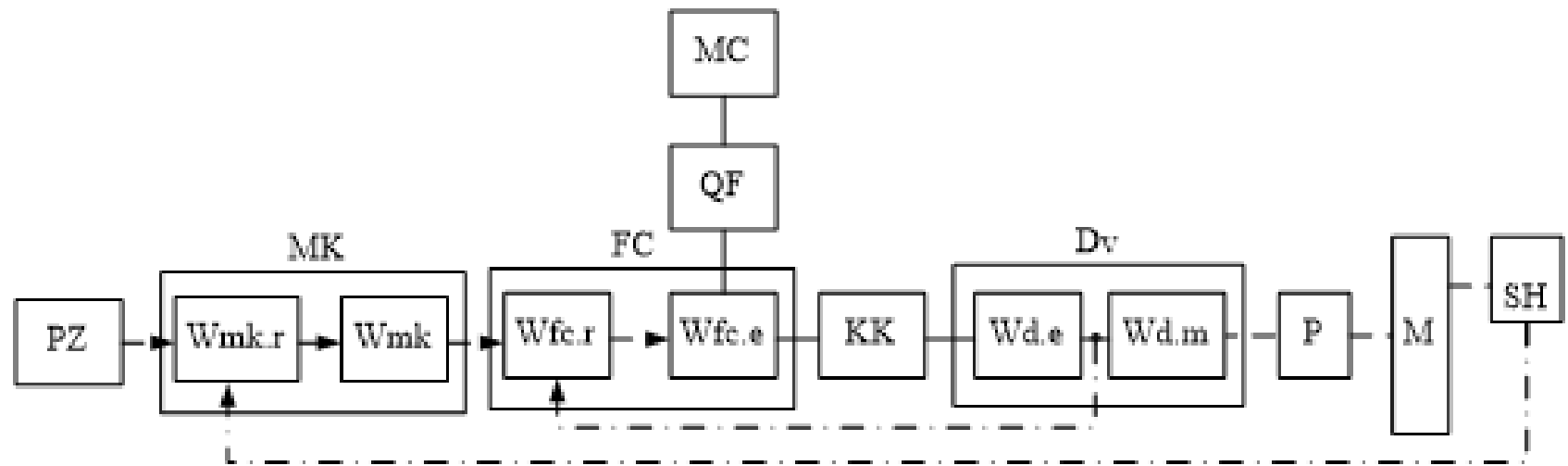


Рисунок 6.1 – Схема електрична функціональна механізму подачі та намотування електричних кабелів

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики автоматичного вимикача EATON PL6 C10/3

Назва параметру	Значення
Тип	6kA C-10A
Кількість і тип полюсів	3/3P
Крива захису	C
Номінальна робоча напруга змінного струму, В	230 / 400
Відключаюча спроможність, кА	6
Номінальна робоча напруга змінного струму, В	460
Номінальний струм при 30 °С, А	10
Діапазон спрацювання термічного розчіплювача	(1,13 – 1,45) I _н
Поріг електромагнітного розчіплювача	(5 – 10) I _н

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики теплового реле ETI RE67.1D-16

Назва параметру	Значення
Тип	RE67.1D-16
Кількість полюсів	3
Струм, А	10 – 16
Номінальна робоча напруга змінного струму, В	230 / 400
Номінал додаткового запобіжника, А	25

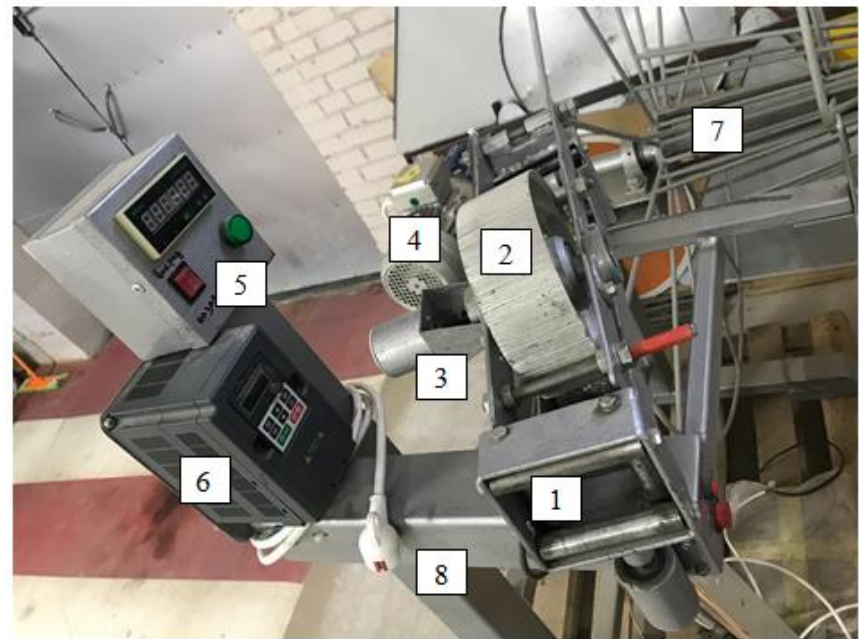


Рисунок 5.3 – Зовнішній вигляд пристосування для визначення швидкості подачі чи намотування кабелю

На рис. 5.3 позначено: 1 – вікно подачі кабелю; 2 – приводний барабан відліку метражу кабелю з насічками щоб запобігти проковзуванню по поверхні кабелю; 3 – сенсор швидкості обертання («ен-кодер»); 4 – приводний електричний двигун; 5 – контролер з дисплеєм для виведення інформації про метраж кабелю; 6 – перетворювач частоти; 7 – механізм намотування кабелю (кабельний барабан); 8 – станина, каркас установки.

МОИТЕ БИРАТЕЛИ МОЖЕЮТ БИРАТИ

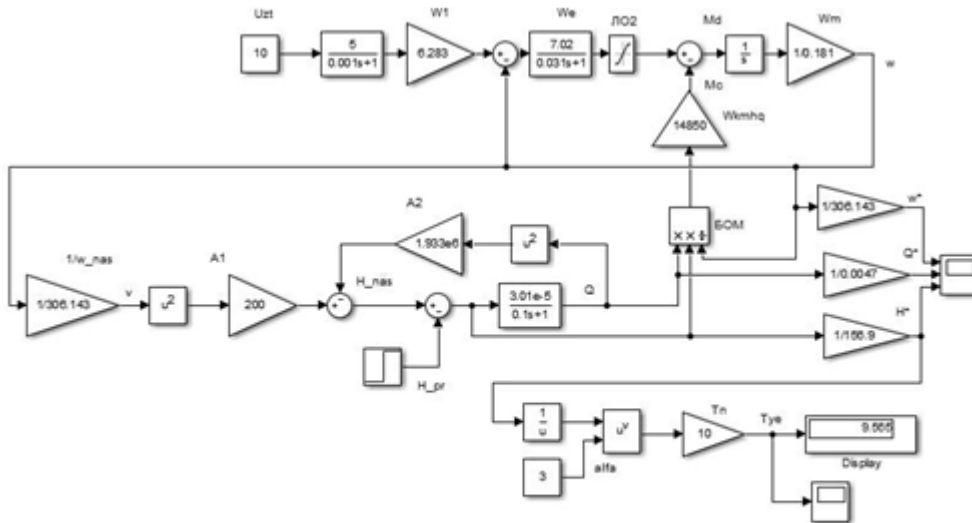
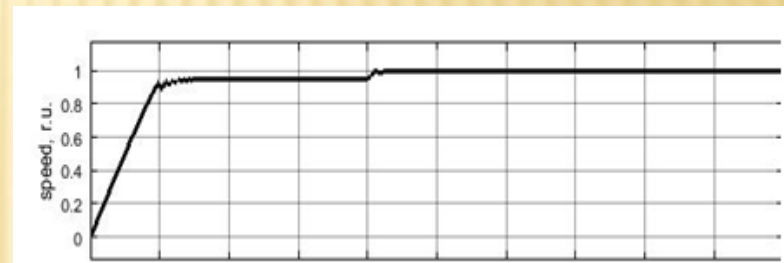
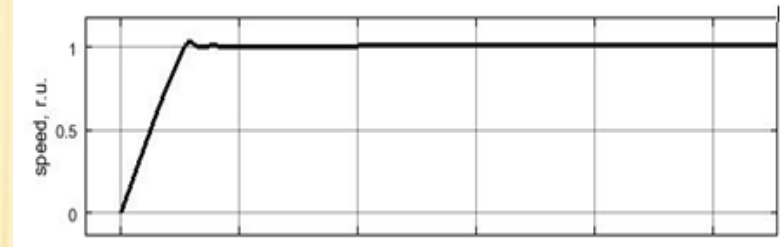


Рисунок 7.2 – Комп'ютерна модель електропривода при прямому пуску без зворотних зв'язків



**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: «Електропривод механізму подачі та намотування силових електричних кабелів»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕМ-22мс

Науковий керівник: к.т.н., доц. Мошноріз М.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність	98,1 %
Схожість	1,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ☐ ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Паянок О.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Пляцко І.

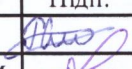
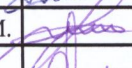
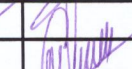
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мошноріз М.

(прізвище, ініціали)

					08-24.БДР.028.00.000 ЕЗ				
					Електропривод механізму подачі та намотування силових електричних кабелів	Літера		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			У		
Розробив		Пляцко І		28.05					
Перевірів		Мошноріз М.		28.05					
Т. контр.						Аркуш		Аркушів	
Рецензент		Лобода Ю.		10.06	Схема електрична принципова електропривода	ВНТУ, ЕМ-22мс			
Н.контр.		Бомбик В.		28.05					
Затв.		Мошноріз М.		28.05					