

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))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Модернізація системи керування стрічкового конвеєра»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕПА-22м
спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

освітня програма «Електромеханічні системи
автоматизації та електропривод»



Євгеній БРИЛІЦЬКИЙ

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

« 21 » 11 2023 р.

Керівник к.т.н., доц. кафедри КЕМСК

Валентин ГРАБКО

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

« 21 » 11 2023 р.

Рецензент к.т.н., доц. кафедри КЕМСК

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

« 11 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри КЕМСК

Микола МОШНОРІЗ

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

« 28 » 11 2023 р.

Вінниця – 2023 року

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., доц.

Микола МОШНОРИЗ

“24” 10 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ



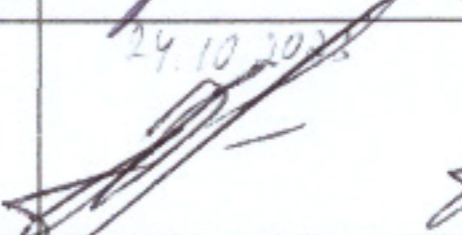
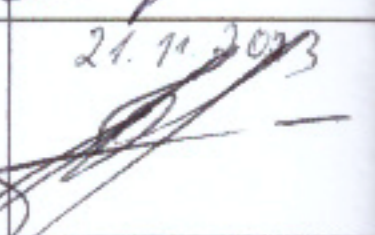
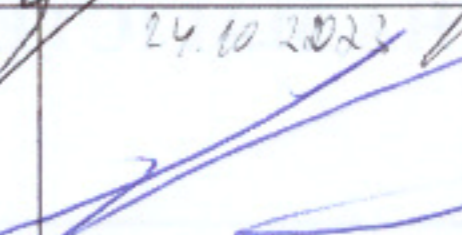
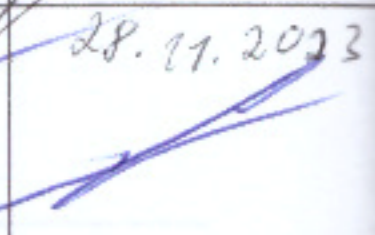
Бриліцькому Євгенію Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація системи керування стрічкового конвеєра
керівник роботи Габко Валентин Володимирович, к.т.н., доц. каф. КЕМСК
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” 09 2023 року №047
2. Строк подання студентом роботи 28 11 2023
3. Вихідні дані до роботи: використовуючи базу патентної інформації а також фахові наукові видання на основі аналізу обмежень, які притаманні існуючим електроприводам стрічкових конвеєрів, розробити математичну модель, структурні схеми та мікропроцесорну реалізацію пристрою, що дозволяє модернізувати електропривод стрічкового конвеєра
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Коротка характеристика виробничого механізму і режимів його роботи; 2 Розрахунок потужності; 3 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода; 4 Розрахунок і вибір перетворювального агрегату; 5 Перевірка електродвигуна; 6 Розрахунок і вибір елементів силової частини електропривода; 7 Розробка системи керування електропривода; 8 Розробка математичної моделі САЕП; 9 Розрахунок статичних характеристик двигуна; 10 Розрахунок динамічних режимів. Оцінка стійкості та якості; 11 Оптимізація та моделювання режимів роботи електропривода стрічкового конвеєра; 12 Економічна частина; 13 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Актуальність, предмет та об'єкт наукового дослідження; Загальний вигляд та
кінематична схема ланцюгового транспортеру. Тахограми робочого
механізму. Техніко-економічне порівняння варіантів системи; Схеми
електрична структурна; Схеми електрична функціональна; Схеми електрична
принципова; Математична модель системи, результати моделювання
Дослідження системи на стійкість та якість

6. Консультанти розділів проекту

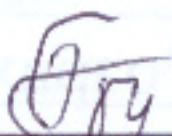
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	к.т.н., доц. каф. КЕМСК Гرابко В.В.	24.10.2023 	21.11.2023 
Економічна частина	к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ Шулле Ю.А.	24.10.2023 	21.11.2023 
Охорона праці	Зав. каф. БЖДПБ, д.пед.н., проф. Кобилянський О.В.	24.10.2023 	28.11.2023 

7. Дата видачі завдання 24.10.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	02.10.2023р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	21.11.2023р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	28.11.2023р.	
4	Виконання розділу «Економічна частина»	21.11.2023р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	28.11.2023р.	
6	Попередній захист МКР	28.11.2023р.	
7	Нормоконтроль МКР	28.11.2023р.	
8	Рецензування МКР	11.12.2023р.	
9	Захист МКР	14.12.2023р.	

Студент


(підпис)

Бриліцький Є.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту


(підпис)

Гرابко В.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 622.647.2

Брилiцький Є.І. Модернізація системи керування стрiчкового конвеєра. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма - електрична інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2023. – 125 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 22 назв; рис.:23; табл.:16.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі виконано вибір двигуна та його техніко-економічне обґрунтування. Для керування електродвигуном обрано двоконтурну систему підпорядкованого регулювання з керуванням по контуру швидкості та струму. Виходячи з оптимального режиму роботи системи обрано типи та розраховано параметри регуляторів. Працездатність системи (показники стійкості та якості) перевірено на математичній моделі в ППП MATLAB. В процесі моделювання використано лінеаризовану модель двигуна постійного струму електропривода ланцюгового транспортеру. Розроблено схему електричну принципову. Вимоги щодо безпечної експлуатації об'єкту розглянуті і вирішені у розділі «Охорона праці».

Ключові слова: електропривод, стрічковий конвеєр, система керування, контур швидкості та струму, регулятор, мікропроцесор.

ABSTRACT

Brylitskyi E.I. Modernization of the belt conveyor control system. Master's qualification thesis on specialty 141 – Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics, educational program - electrical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. – 125 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 22 titles; fig.: 23; tabl.: 16.

In this master's qualification work, the selection of the engine and its technical and economic justification are performed. To control the electric motor, a two-loop system of subordinate regulation with speed and current loop control was chosen. Based on the optimal operating mode of the system, the types and parameters of the regulators were selected. The performance of the system (stability and quality indicators) was checked on a mathematical model in MATLAB. In the modeling process, a linearized model of the direct current motor of the chain conveyor electric drive was used. A basic electrical diagram has been developed. The requirements for the safe operation of the object are considered and resolved in the "Occupational safety" section.

Keywords: electric drive, belt conveyor, control system, speed and current circuit, regulator, microprocessor.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО МЕХАНІЗМУ І РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ.....	9
1.1 Загальні відомості	9
1.2 Класифікація транспортерів.....	10
1.3 Висновки	14
2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ.....	15
2.1 Розрахунок приведених статичних та динамічних моментів і тахограм робочого механізму.....	15
2.1.1 Тахограма робочого механізму.....	15
2.1.2 Розрахунок динамічних та статичних моментів	19
2.2 Попередній вибір потужності електродвигуна	23
2.3 Висновки	25
3 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	26
3.1 Висновки	29
4 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ.....	30
4.1 Висновки	31
5 ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРОДВИГУНА.....	32
5.1 Розрахунок приведених інерційних мас і моментів інерції.....	32
5.2 Перевірка вибраного двигуна за нагрівом і перенавантаженням	34
5.3 Висновки	35
6 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ СИЛОВОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	36
6.1 Розрахунок і вибір трансформатора.....	36
6.2 Розрахунок і вибір вентилів	40
6.3 Розрахунок і вибір згладжувального дроселя	43
6.4 Розрахунок і вибір елементів захисту силового кола.....	44

6.4.1	Захист тиристорів від перенапруг	44
6.4.2	Захист тиристорів від перевантажень та струму КЗ.....	45
6.4.3	Вибір тахогенератора.....	46
6.5	Висновки	47
7	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	48
7.1	Електрична схема та режими її роботи.....	48
7.2	Розробка структурної схеми та режими її роботи	50
7.3	Розробка принципової електричної та монтажною схем системи електропривода.....	51
7.4	Висновки	58
8	РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ САЕП	59
8.1	Висновки	64
9	РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА.....	65
9.1	Висновки	67
10	РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ. ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ТА ЯКОСТІ.....	68
10.1	Оцінка стійкості.....	68
10.2	Оцінка якості	69
10.3	Висновки	71
11	ОПТИМІЗАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	72
11.1	Висновки	75
12	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	76
12.1	Визначення величини затрат запропонованого варіанту	77
12.2	Розрахунок основного фонду заробітної плати	77
12.3	Розрахунок експлуатаційних витрат для базового і нового варіантів.....	80
12.4	Розрахунок економічної ефективності.....	82
12.5	Висновки	82

13 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	83
13.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	84
13.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць у приміщенні для ТО.....	84
13.1.2 Електробезпека.....	87
13.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	89
13.2.1 Мікроклімат	89
13.2.2 Склад повітря робочої зони.....	90
13.2.3 Виробниче освітлення	91
13.2.4 Виробничий шум.....	93
13.2.5 Вібрації.....	94
13.2.6 Психофізіологічні фактори	96
13.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру в умовах дії загрозливих чинників в надзвичайних ситуаціях	98
13.3.1 Дослідження стійкості роботи системи керування електропривода ланцюгового транспортеру в умовах дії іонізуючих випромінювань	99
13.3.2 Дослідження стійкості роботи електропривода ланцюгового транспортеру в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	101
13.4 Розробка превентивних засобів по підвищенню стійкості роботи модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру в умовах надзвичайних ситуацій	103
13.5 Висновки	104
ВИСНОВКИ	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	107
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання	110
Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина.....	114

ВСТУП

Актуальність. Сучасний етап розвитку техніки керування електроприводами постійного струму характеризується випуском комплектних електроприводів. Усі типи таких приводів поєднує єдиний принцип побудови - підпорядковане регулювання параметрів з використанням універсальних блокових систем регулювання. Головною перевагою системи підпорядкованого регулювання є можливість простими способами обмежити регулюючі координати системи. Основні позитивні сторони таких систем – це можливість реалізації високих динамічних характеристик, простота їхнього налагодження й експлуатації, а також можливість широкої уніфікації схем і конструкцій елементів.

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є розробка системи електропривода стрічкового конвеєра. Для цього виконаємо техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода з метою визначення оптимального варіанту із ряду можливих для даного виробничого механізму. Проведемо розрахунок моментів статичного опору, які створює виробничий механізм протягом робочого циклу, побудуємо його навантажувальні діаграми. Здійснимо попередній вибір двигуна, а також виконаємо його перевірку за нагрівом і перенавантаженням. Дослідимо систему електропривода в перехідних режимах. Задана система є двоконтурною з від'ємним зворотним зв'язком за струмом і швидкістю.

Працездатність системи (показники стійкості та якості) перевіримо на математичній моделі в ПППІ MATLAB. Розробимо системи електричну принципову, структурну, функціональну та монтажну.

У сучасних автоматизованих електромеханічних системах продовжують широко використовуватися глибоко регульовані електроприводи постійного струму з двигунами паралельного збудження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Виконана робота співпадає з науковим напрямком діяльності кафедри КЕМСК і напрямком електротехніки, електроенергетики та електромеханіки.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення точності керування стрічковим конвеєром з можливістю контролю всіх вимірювальних параметрів.

Відповідно до вказаної мети необхідно розв'язати такі задачі:

- провести огляд існуючих методів і засобів керування системою електропривода;
- розробити математичні моделі для визначення оптимального налаштування системи керування електропривода;
- розробити структурні схеми пристроїв для керування стрічковим конвеєром;
- за розробленими математичними моделями реалізувати засіб в мікропроцесорному виконанні.

Об'єкт дослідження – процес контролю керування системою електропривода.

Предмет дослідження – модернізація електропривода стрічкового конвеєра.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач і аналізу прийнятих технічних та алгоритмічних рішень використані такі методи дослідження: теорії технічного діагностування, комп'ютерна математика та комп'ютерне моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

В роботі отримані наступні результати:

- Вдосконалено математичну модель для керування системою електропривода з можливістю її переналаштування під будь-які умови використання, що дозволяє використовувати її для більшої кількості систем керування.

- Створений метод для вимірювання та контролю даних, що дозволяє швидше ліквідувати недоліки системи та здійснювати моніторинг вимірних параметрів для відслідковування стану об'єкту контролю.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці за математичною моделлю структурних схем засобів для керування системою електропривода стрічкового конвеєра з використанням промислової елементної бази.

Розроблена структура мікропроцесорного засобу для керування системою електропривода, що дозволяє гнучко її застосувати до умов використання.

Застосування запропонованих пристроїв дозволяє підвищити безпеку експлуатації електричних мереж, а також підвищити якість і надійність керування ланцюговими транспортерами.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, за допомогою якого здійснювався розрахунок та налаштування системи керування електроприводом.

Особистий внесок здобувача. Основні результати формулювання відповідних висновків отримані автором самостійно.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи та її результати досліджень доповідались, обговорювались та схвалені на Регіональній науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», Вінниця, 2024 р.

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано одні тези доповіді.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО МЕХАНІЗМУ І РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ

1.1 Загальні відомості

Транспортери – це механізми безперервної дії. На сучасних підприємствах їх застосовують в якості: високопродуктивних транспортних машин, що передають вантажі з одного пункту в інший; транспортних агрегатів потужних перевантажувальних пристроїв і навантажувально-розвантажувальних машин; машин для переміщення вантажів-виробів по технологічному процесу потокового виробництва від одного робочого місця до іншого; машин і передавальних пристроїв в технологічних і автоматичних лініях виготовлення і обробки деталей і складальних одиниць виробів. Транспортери мають тісний зв'язок із загальним технологічним процесом виробництва, що обумовлює їх високу відповідальність. Ці машини повинні бути надійними і довговічними, зручними в експлуатації і здатними працювати в автоматичному режимі [1-3].

Основною класифікаційною ознакою транспортерів є тип тягового та вантажопідйомного органу. Розрізняють транспортери з ланцюговими, стрічковими, канатними тяговими органами та без тягового органу (гравітаційні, інерційні, гвинтові).

Автоматизація такого транспорту передбачає підвищення ефективності процесу доставки шляхом зниження витрат на обслуговування, а це призводить до збільшення продуктивності.

Процес пуску характеризується наявністю перехідних процесів у механічній частині конструкції і в електроприводі. Перехідні процеси супроводжуються різкими змінами різних параметрів стану в часі: механічних параметрів (швидкість ланцюга, натяг), електромагнітних параметрів у приводному двигуні. При цьому значення даних змінних можуть мінятися в

значній мірі, виходити за межі припустимих або критичних, що може привести до неефективної роботи або ушкоджень і руйнуванням всієї конструкції в цілому. Перевантаження ланцюга транспортера може привести до небезпечного зниження запасу міцності ланцюга, якщо його міцність обрана без урахування характеристик застосовуваного привода або його гальмівного пристрою.

1.2 Класифікація транспортерів

Транспортери призначені для безперервного транспортування насипних і одиничних вантажів за даною трасою у відповідності з технологічним процесом.

Основною класифікаційною ознакою транспортерів є тип тягового та вантажопідйомного органу.

За способом передачі переміщуваного вантажу розрізняють транспортуючі машини, що діють за допомогою:

- а) механічного приводу (електричного, гідравлічного, пневматичного);
- б) самотічних пристроїв;
- в) пристроїв пневматичного і гідравлічного транспорту.

В самотічних пристроях вантаж переміщається під дією власної сили тяжіння.

В пристроях пневматичного і гідравлічного транспорту рушійною силою є відповідно потік повітря або струмінь води.

Особливу групу представляють машини для транспортування розжареного рідкого металу, а також конвеєри для переміщення сипучих феромагнітних вантажів.

За конструкцією транспортуючі машини розділяють на машини з тяговим елементом (ланцюгом, стрічкою, канатом, штангою) для передачі рушійної сили і без нього.

Тяговий елемент мають ланцюгові, пластинчасті, скребкові, ковшові, підвісні, штангові і крокуючі транспортери, ескалатори і елеватори. Їх характерною особливістю є рух вантажу разом з тяговим елементом на робочій гілці.

До машин без тягового елемента відносяться гвинтові транспортери і транспортні труби. Їх характерною особливістю є поступальна хода вантажу, що транспортується, при обертальному або коливальному русі робочих елементів машини.

По роду переміщуваних вантажів розрізняють машини для насипних і для штучних вантажів.

Ланцюгові транспортери використовуються на виробництві для транспортування заготовок і крупно-габаритних профілів металу. Транспортери можуть бути підвісними та наземними. Довжина ланцюгового транспортера може сягати десятки і сотні метрів.

Ланцюги з обох сторін з приводом, один ланцюг нерухомо закріплений, інший - рухомий. Швидкість ланцюгів регулюється від 25 до 125 м / хв.

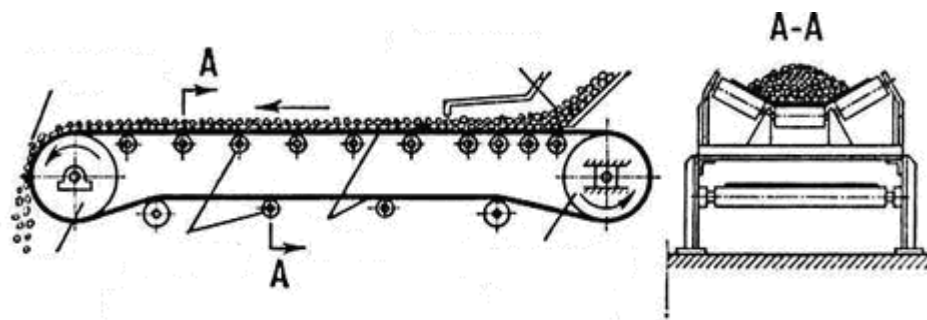


Рисунок 1.1 – Стрічковий конвеєр

Привід машини забезпечує передавання до робочого органу тільки обертального руху, а його перетворення в інші види (зворотньопоступальний, періодичний обертальний, коливний або інший складний рух) здійснюється механізмами робочого органу машини згідно з її функціональним призначенням.

Стрічковий конвеєр відрізняється маневреністю і дозволяє переміщувати велику кількість металу при одночасному його охолодженні.

Схема технологічного процесу ланцюгового транспортеру має вигляд:

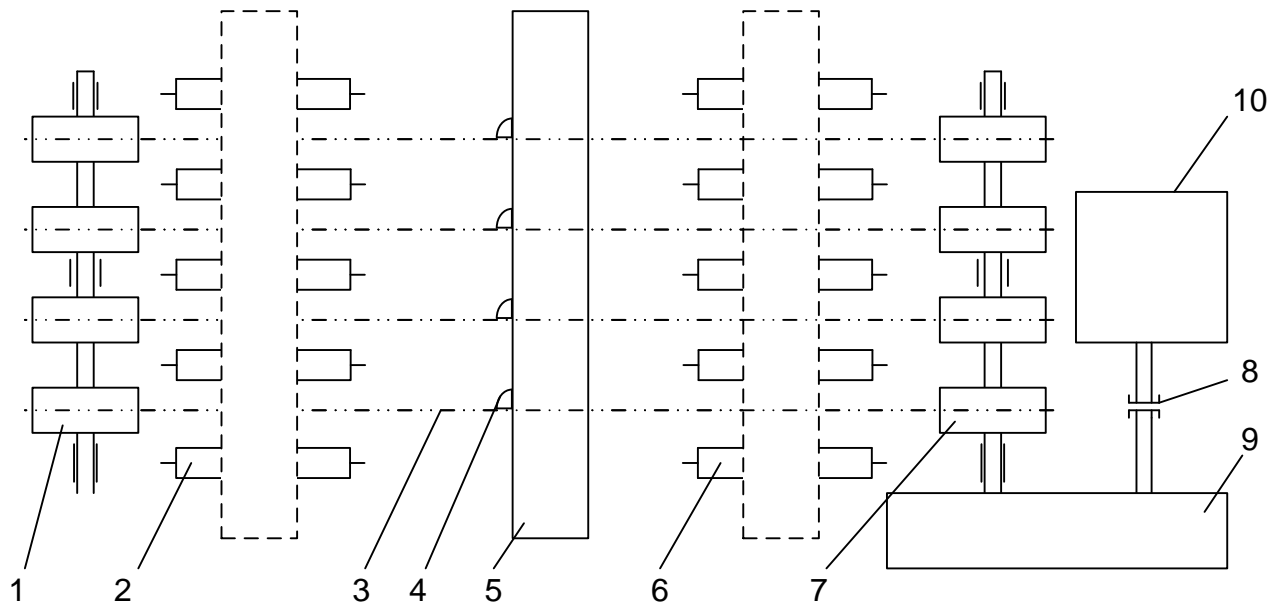


Рисунок 1.2 – Технологічна схема стрічкового конвеєра

На рисунку 1.2: 1 – ведений вал з зірками; 2 і 6 – рольганги; 3 – ланцюг; 4 – захват; 5 – заготовка; 7 – ведучий вал з зірками; 8 – гальмівний шків; 9 – редуктор; 10 – електродвигун.

Стрічковий конвеєр призначений для переміщення заготовки в напрямку від рольгангу 2 до рольгангу 6. Рух заготовки забезпечується за допомогою захвату 4, закріпленого на ланцюгах 3, натягнутих між зірками ведучого 7 і веденого валів 1.

В початковому положенні транспортера захват розташований перед рольгангом 2. Після подачі заготовки і зупинки рольганга транспортер розганяється, через 0,2 м захватує заготовку і переміщує її на робочій швидкості v_{δ} до рольгангу 6. Після досягнення заготовки необхідного положення транспортер реверсує і на швидкості $v_i > v_{\delta}$ повертається в вихідне положення.

Наступний цикл починається з моменту подачі на рольганг 2 нової заготовки і її повної зупинки на рольганзі.

Найдоцільніше у приводах машин застосовувати механічні передачі, які виконані у вигляді окремих механізмів - зубчастих і черв'ячних редукторів, коробок швидкостей, варіаторів. Редуктори мають високу несучу здатність, малі габаритні розміри, можуть забезпечити достатньо високе передаточне число, прості в обслуговуванні.

Тому електромеханічний привод загального призначення виконаний на основі стандартизованих і серійно виготовлених складових частин: електродвигуна 1, редуктора 2, муфти 3 і робочого механізму 4. Кінематична схема стрічкового конвеєра приведена на рисунку 1.3:

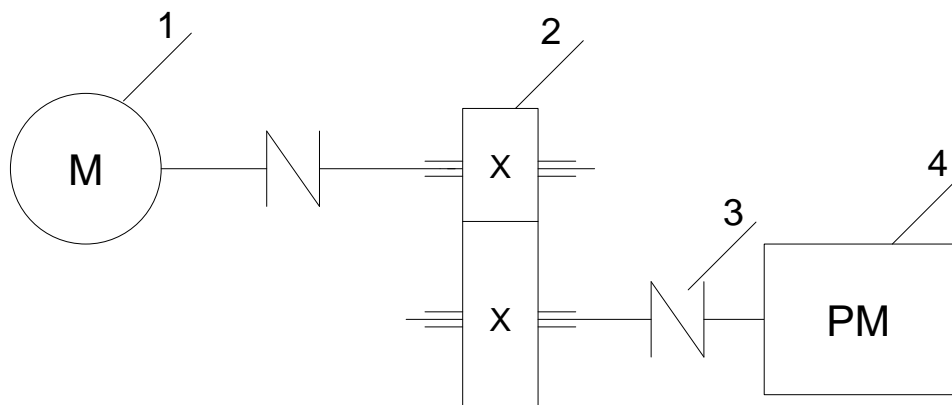


Рисунок 1.3 – Кінематична схема стрічкового конвеєра

При включенні двигуна 1, обертовий момент передається через редуктор 2 на ведучий вал, при цьому рухаються ланцюги, до яких прикріплені захвати. В цей час рухається ведений вал з зіркою. Заготовка під дією захватів переміщуються між направляючими.

1.3 Висновки

В системі електропривода стрічкового конвеєра раніше (часто і зараз) використовувалася контакторно-релейна система керування, але із появою мікроконтролерів з'явилася можливість використовувати більш надійні, дешевші та точніші системи керування електроприводом.

Щодо типу електропривода використовуваного в системах транспортування, то використовують різні типи приводів в залежності від потреб системи.

2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ

2.1 Розрахунок приведених статичних та динамічних моментів і тахограм робочого механізму

2.1.1 Тахограма робочого механізму

Навантажувальні діаграми характеризують залежність моменту потужності або струму, які розвиває електричний двигун від часу, і використовується для оцінки перевантажувальної здатності електричного двигуна.

Статичні навантажувальні діаграми визначаються на основі технологічних даних і характеризують роботу виробничого механізму.

Динамічні навантажувальні діаграми оцінюються інерційними моментами що виникають в перехідних режимах роботи (пуск, гальмування).

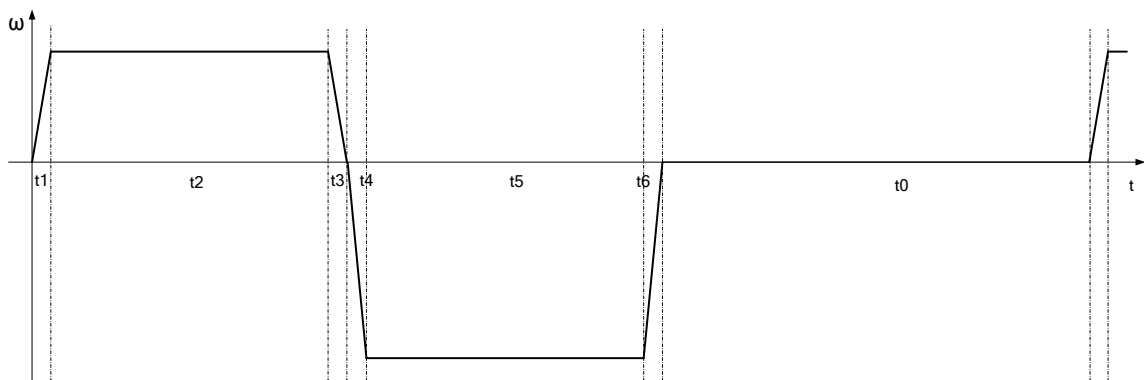


Рисунок 2.1 – Тахограма робочого механізму

На рисунку 2.1: t_1 – час розгону двигуна ; t_2 – час протягом якого виконується робота; t_3 – час гальмування до повної зупинки двигуна; t_4 – час реверсивного розгону; t_5 – час повертання в початкове положення; t_6 – час реверсивного гальмування; t_0 – час паузи.

Прискорення при пуску і гальмуванні двигуна a_1 і a_3 будуть однакові ($a_1 = a_3 = a_p$):

$$a_p = \frac{v_p^2}{2S_1}, \quad (2.1)$$

де v_p - швидкість робочого ходу ($v_p = 0,5$ м/с) ;

S_1 - відстань розгону при пуску ($S_1 = S_3 = 0,2$ м).

$$a_p = \frac{0,5^2}{2 \cdot 0,2} = 0,625 \text{ (м/с)}.$$

Прискорення при розгоні і зупинці двигуна при зворотньому ході a_4 і a_6 будуть рівні:

$$a_n = \frac{v_n^2}{2S_4}, \quad (2.2)$$

де v_n - швидкість повернення ($v_n = 0,5$ м/с) ;

S_4 - відстань розгону при реверсуванні ($S_4 = S_6 = 0,2$ м).

$$a_n = \frac{0,5^2}{2 \cdot 0,2} = 0,625 \text{ (м/с)}.$$

Оскільки прискорення a_n більше допустимого прискорення, то потрібно визначити відстань при поверненні з допустимим прискоренням:

$$S_4 = \frac{v_n^2}{2a_\delta}, \quad (2.3)$$

де a_δ - допустиме прискорення ($a_\delta = 1$ м/с).

$$S_4 = \frac{0,5}{2 \cdot 1} = 0,25 \text{ (м)}.$$

Знайдемо час розгону і зупинки двигуна буде рівним ($t_1 = t_3 = t_{p1}$):

$$t_{p1} = \frac{v_p}{a_p}, \quad (2.4)$$

$$t_{p1} = \frac{0,5}{0,625} = 0,8 \text{ (с)}.$$

Знайдемо час переміщення заготовки :

$$t_2 = \frac{S_2}{v_p}, \quad (2.5)$$

де S_2 - відстань переміщення заготовки ($S_2 = 6 \text{ м}$).

$$t_2 = \frac{6}{0,5} = 12 \text{ (с)}.$$

Знайдемо час розгону і зупинки двигуна при реверсуванні ($t_4 = t_6 = t_{n1}$):

$$t_{n1} = \frac{v_n}{a_n}, \quad (2.6)$$

$$t_{n1} = \frac{0,5}{0,625} = 0,8 \text{ (с)}.$$

Знайдемо час повернення захвату:

$$t_5 = \frac{S_5}{v_n}, \quad (2.7)$$

де S_5 - відстань переміщення захвату ($S_5 = 6 \text{ м}$).

$$t_5 = \frac{6}{0,5} = 12 \text{ (с)}.$$

Знайдемо час всього циклу:

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{z}, \quad (2.8)$$

де z - кількість циклів за годину ($z = 80$).

$$t_u = \frac{3600}{80} = 45 \text{ (с)}.$$

Знайдемо час паузи:

$$t_0 = t_u - (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6), \quad (2.9)$$

$$t_0 = 45 - (0,8 + 12 + 0,8 + 0,8 + 12 + 0,8) = 17,8 \text{ (с)}.$$

Тривалість включення:

$$TB\% = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6}{t_u} \cdot 100\%, \quad (2.10)$$

$$TB\% = \frac{0,8 + 12 + 0,8 + 0,8 + 12 + 0,8}{45} \cdot 100\% = 40,3\%.$$

Тривалість включення фактичне $TB\%_{\text{факт}} = 40\%$.

Дані відстані, часу і прискорення приведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані відстані, часу і прискорення

Етапи	Відстань S, м	Час t, с.	Прискорення a, м/с.
Розгін	0,2	0,8	0,625
Переміщення	6	12	0
Гальмування	0,2	0,8	0,625
Реверсирований розгін	0,2	0,8	0,625
Повернення в початкове положення	6	12	0
Реверсивне гальмування	0,2	0,8	0,625

2.1.2 Розрахунок динамічних та статичних моментів

Для визначення динамічних моментів спочатку визначимо момент інерції вала з зіркою [1]:

$$J_{\epsilon} = m_{\epsilon} \frac{D^2}{4}, \quad (2.11)$$

де m_{ϵ} - маса вала, ($m_{\epsilon}=1800$ кг);

D - діаметр зірки, ($D=0,3$ м).

$$J_{\epsilon} = 1800 \frac{(0,3)^2}{4} = 63 (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Визначимо момент інерції робочого органу при навантаженні [1]:

$$J_{po} = 2J_{\epsilon} + m_3 \frac{D^2}{4}, \quad (2.12)$$

де m_3 - маса заготовки, ($m_3=700$ кг).

$$J_{po} = 2 \cdot 63 + 700 \frac{0,3^2}{4} = 141,75 (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Визначимо момент інерції механізму на холостому ході [1]:

$$J_{po(xx)} = 2J_{\epsilon}, \quad (2.13)$$

$$J_{po(xx)} = 2 \cdot 63 = 126 (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

При заданих величинах допустимого прискорення для кожного режиму роботи машини визначимо динамічні моменти:

1. Розгін і гальмування двигуна:

$$M_{\partial 1} = M_{\partial 3} = J_{po} \frac{2a_1}{D}, \quad (2.14)$$

$$M_{\partial 1} = M_{\partial 3} = 141,75 \cdot \frac{2 \cdot 0,625}{0,3} = 590,625 \text{ (Нм)}.$$

2. Реверсивний розгін і гальмування при поверненні в початкове положення [2]:

$$M_{\partial 4} = M_{\partial 6} = J_{po(xx)} \frac{2a_4}{D}, \quad (2.15)$$

$$M_{\partial 4} = M_{\partial 6} = 126 \cdot \frac{2 \cdot 0,625}{0,3} = 525 \text{ (Нм)}.$$

Визначимо складові робочих органів статичного моменту:

1. Момент сили тертя в підшипниках [1]:

$$M_{mn} = \frac{2 \cdot m_e \cdot d_{uu} \cdot \mu_n \cdot g}{2}, \quad (2.16)$$

де d_{uu} - діаметр шийки вала, ($d_{uu} = 0,075$ м.);

μ_n - коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках, ($\mu_n = 0,03$);

g - прискорення сили тяжіння, ($g = 9,81$ м/с).

$$M_{mn} = \frac{2 \cdot 2800 \cdot 0,075 \cdot 0,03 \cdot 9,81}{2} = 61,803 \text{ (Нм)}.$$

2. Момент сили тертя ковзання по горизонтальній площині [1];

$$M_{mk} = \frac{m_z \cdot \mu_c \cdot g \cdot D}{2}, \quad (2.17)$$

де μ_c - коефіцієнт тертя ковзання тіла по площині ($\mu_c = 0,2$).

$$M_{mk} = \frac{700 \cdot 0,2 \cdot 9,81 \cdot 0,3}{2} = 206,01 \text{ (Нм)}.$$

3. Момент сили тяжіння:

$$M_{cm} = \frac{m \cdot g \cdot D}{2}, \quad (2.18)$$

$$M_{cm} = \frac{700 \cdot 9,81 \cdot 0,3}{2} = 1030,05 \text{ (Нм)}.$$

Визначимо робочий статичний момент [3]:

$$M_c = M_{mn} + M_{mk} + M_{cm}, \quad (2.19)$$

$$M_c = 61,803 + 206,01 + 1030,05 = 1297,863 \text{ (Нм)}.$$

Визначимо статичний момент на холостому ході :

$$M_{c(xx)} = M_{mk}, \quad (2.20)$$

$$M_{c(xx)} = 206,01 \text{ (Нм)}.$$

Визначимо моменти двигуна на кожному з участків роботи:

1. Розгін двигуна [2]:

$$M_{\Sigma_1} = M_{\partial 1} + M_c, \quad (2.21)$$

$$M_{\Sigma_1} = 590,625 + 1297,863 = 1888,488 \text{ (Нм)}.$$

2. Переміщення заготовки:

$$M_{\Sigma_2} = M_c, \quad (2.22)$$

$$M_{\Sigma_2} = 1297,863 \text{ (Нм)}.$$

3. Зупинка двигуна до повної його зупинки:

$$M_{\Sigma_3} = M_c - M_{\partial 3}, \quad (2.23)$$

$$M_{\Sigma_3} = 1297,863 - 590,625 = 707,238 \text{ (Нм)}.$$

4. Реверс двигуна в початкове положення:

$$M_{\Sigma_4} = M_{\partial 4} + M_c, \quad (2.24)$$

$$M_{\Sigma_4} = 525 + 1297,863 = 1822,863 \text{ (Нм)}.$$

5. Повернення двигуна в початкове положення:

$$M_{\Sigma 5} = M_{c(xx)}, \quad (2.25)$$

$$M_{\Sigma 5} = 206,01 \text{ (Нм)}.$$

6. Реверсивне гальмування двигуна:

$$M_{\Sigma 6} = M_{d4} - M_c, \quad (2.26)$$

$$M_{\Sigma 6} = 525 - 1297,863 = -772,863 \text{ (Нм)}.$$

Дані моментів статичного, динамічного та сумарного моменту приведемо на рисунку 2.2.

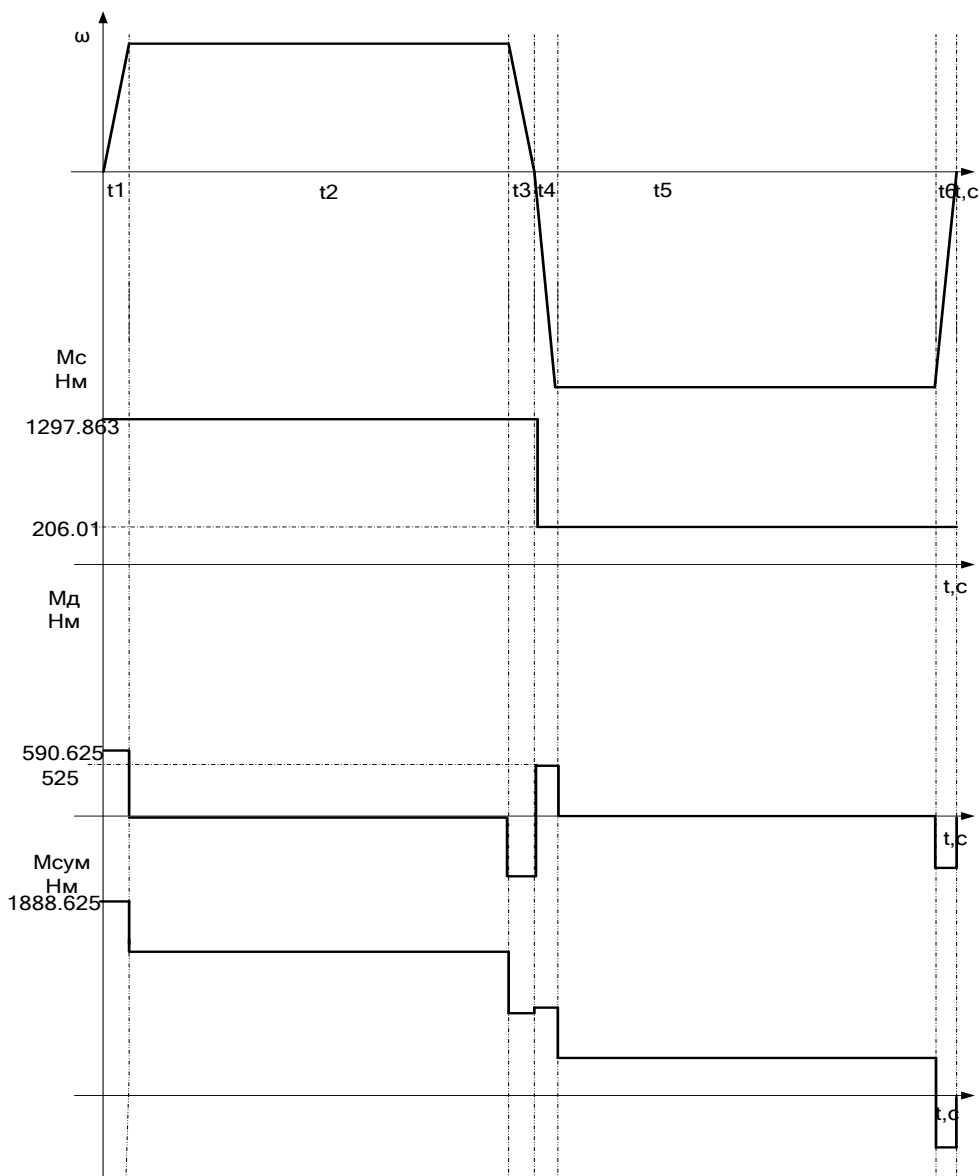


Рисунок 2.2 – Діаграма моменту статичного, динамічного та сумарного моментів

2.2 Попередній вибір потужності електродвигуна

На основі отриманих моментів двигуна розрахуємо середньоквадратичне значення моменту:

$$M_{сқд} = \sqrt{\frac{M_{\partial\epsilon 1}^2 \cdot t_1 + M_{\partial\epsilon 2}^2 \cdot t_2 + M_{\partial\epsilon 3}^2 \cdot t_3 + M_{\partial\epsilon 4}^2 \cdot t_4 + M_{\partial\epsilon 5}^2 \cdot t_5 + M_{\partial\epsilon 6}^2 \cdot t_6}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6}}, \quad (2.27)$$

$$M_{скд} = \sqrt{\frac{(590,625)^2 \cdot 0,8 + (1297,863)^2 \cdot 12 + (590,625)^2 \cdot 0,8 + (525)^2 \cdot 0,8 + (206,01)^2 \cdot 12 + (525)^2 \cdot 0,8}{0,8 + 12 + 0,8 + 0,8 + 12 + 0,8}}$$

$$= 8888,29(\text{Нм}).$$

Визначимо потужність електродвигуна [4]:

$$P_{дв} = k_1 \cdot M_{скд} \cdot \frac{2v_n}{D} \sqrt{\frac{TB\%}{TB\%_{кат}}}, \quad (2.28)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження для даного технологічного процесу ($k_1 = 1,3 \div 1,5$);

$TB\%$ – тривалість включення фактичне;

$TB\%_{кат}$ – тривалість включення найближча до каталожного значення ($TB\%_{кат} = 40\%$).

$$P_{дв} = (1,3 \div 1,5) \cdot 8888,29 \cdot \frac{2 \cdot 0,5}{0,3} \sqrt{\frac{40,3}{40}} = 32530,546 \div 37535,246 (\text{Вт}).$$

По отриманим значенням потужності двигуна з каталожних даних вибираємо двигун з умови $P_{ном.кат} \geq P_{дв}$. Обираємо з довідника двигун постійного струму послідовного збудження Д810 технічними характеристиками приведеними в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Паспортні значення двигуна постійного струму послідовного збудження

Найменування	Значення
Номінальна потужність на валу P_n , кВт	35
Число активних провідників якоря N	234
Опір якоря і додаткових полюсів R_d , Ом	0,035
Момент інерції якоря J_d , кг·м ²	3,65
Номінальний струм I_n , А	148
Номінальна частота обертання $n_{ном}$, Об/хв	600
Опір обмотки збудження $R_{оз}$, Ом	46
Номінальний струм збудження $I_з$, А	3,9
Напруга U , В	220
ККД двигуна η , %	83

2.3 Висновки

В даному розділі було розраховано приведені статичні моменти двигуна, розраховано та побудовано тахограми робочого механізму швидкості, прискорення та сумарного моменту. Також в даному розділі була попередньо розрахована потужність двигуна, при врахуванні коефіцієнту запасу, отримано значення, орієнтуючись по якому можна вибрати двигун.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Технічне порівняння здійснюється з метою остаточного прийняття рішення по вибору системи електропривода (ЕП). Таке порівняння визначається по критерію приведених затрат.

Системи електроприводів характеризуються рядом показників: діапазон регулювання швидкості; плавність регулювання; жорсткість механічної характеристики; стійкість електропривода; характер зміни моменту; допустима за умовами нагріву перевантажувальна здатність двигуна [4-7].

Всі вище наведені системи ЕП мають свої переваги та недоліки. ДПС характеризується високим рівнем пускового моменту, діапазон регулювання $D=1:5$. ТП-ДПС має діапазон регулювання $D=10:1$.

Використовуючи критерій приведених затрат здійснимо порівняння систем електропривода вказаних вище з позиції їх економічної ефективності. Проведемо розрахунок для системи ДПС РКС.

Визначимо капітальні затрати:

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

де D – вартість двигуна, грн.;

C – вартість системи керування, грн.

$$K = 333242,32 + 179950,85 = 513193,17(\text{грн}).$$

Річні капітальні затрати становлять:

$$Z_p = 0,27 \cdot K, \quad (3.2)$$

$$K = 0,27 \cdot 513193,17 = 138562,16(\text{грн/рік}).$$

Проведемо розрахунок часу роботи механізму за рік:

$$t_p = N \cdot s \cdot n, \quad (3.3)$$

де N – кількість днів, протягом яких працює механізм ($N = 250$);

s – кількість змін ($s = 1$);

n – кількість робочих годин протягом дня ($n = 8$);

$$t_p = 250 \cdot 1 \cdot 8 = 2000(\text{год}).$$

Час роботи механізму з врахуванням тривалості ввімкнення для $TB = 40\%$:

$$t_{TB} = 0,4 \cdot t_p, \quad (3.4)$$

$$t_{TB} = 0,4 \cdot 2000 = 800(\text{год}).$$

Нехай в перехідних режимах механізм працює 25% часу. Тоді час роботи в перехідних режимах становить:

$$t_{ПР} = 0,25 \cdot t_{TB}, \quad (3.5)$$

$$t_{ПР} = 0,25 \cdot 800 = 200(\text{год}).$$

Тоді додаткові витрати B для двигуна, при умові, що вартість одного кВт потужності в промисловості становить $C = 6,07(\text{грн/кВт} \cdot \text{год})$.

$$B = t_{ПР} \cdot K \cdot C, \quad (3.6)$$

$$B = 200 \cdot 35 \cdot 6,07 = 42490(\text{грн/рік}).$$

Приведені затрати можна знайти як:

$$B = 0,27 \cdot E + B + K, \quad (3.7)$$

де E – експлуатаційні витрати, грн./рік;

$$3 = 0,27 \cdot 513193,17 + 2696532,95 + 42490 = 2877585,11(\text{грн/рік}).$$

Розрахунки для інших систем електропривода вказаних вище проводяться аналогічним чином. Дані розрахунків заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Вартість елементів ЕП і приведені річні затрати на спорудження та експлуатацію ЕП

Системи ЕП Показники	РКС-ДПС	Г-Д	ТП-Д	ШП- ДПС	МП-ДПС
Вартість двигуна Д, грн.	333242,32	333242,32	333242,32	333242,32	333242,32
Вартість СК С, грн.	206115,05	177097,64	179950,85	552077,77	523297,15
Капітальні затрати К, грн.	478962,46	501865,59	513193,17	669075,11	643509,68
Річні капітальні затрати Кр, грн./рік	129329,78	135503,60	138562,16	180650,09	173747,42
Експлуатаційні затрати Е, грн./рік	2617139,12	2615106,98	2696532,95	2705283,08	2720524,11
Додаткові затрати В, грн./рік	42490	42490	-	-	42490
Приведені затрати З, грн./рік	2899896,09	2911526,61	2877585,11	2914140,78	3059321,46

Для електропривода найбільш вигідним є використання системи "тиристорний перетворювач – двигун постійного струму" тому, що для цього типу системи електропривода є найменші приведені затрати, немає додаткових затрат.

3.1 Висновки

В даному розділі було проведено техніко-економічний розрахунок різних систем електропривода. Найбільш економічно вигідною є використання системи "тиристорний перетворювач – двигун постійного струму" так як цей тип системи електропривода має найменші приведені затрати та немає додаткових затрат.

4 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Розрахуємо загальне передаточне число редуктора [5]:

$$i_R = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{нб}}}, \quad (4.1)$$

де $\omega_{\text{дв}}$ – кутова швидкість на валу двигуна, рад/с.

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{ном}}}{60}, \quad (4.2)$$

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 600}{60} = 62,8 \text{ (рад/с)}.$$

Обчислимо швидкість обертання приводного валу з зіркою [5]:

$$\omega_{\text{нб}} = \frac{2 \cdot v}{D_{\text{нб}}}, \quad (4.3)$$

$$\omega_{\text{нб}} = \frac{2 \cdot 0,5}{0,3} = 3,33 \text{ (рад/с)}.$$

$$i_R = \frac{62,8}{3,33} = 18,85.$$

Прив'язуючись до стандартного значення передаточного числа редуктора, приймаємо $i_R = 20$.

З урахуванням вибраного передаточного числа редуктора кутова швидкість приводної зірки буде рівна:

$$\omega_{\text{нб}} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{i_R}, \quad (4.4)$$

$$\omega_{\text{нб}} = \frac{62,8}{20} = 3,14 \text{ (рад/с)}.$$

4.1 Висновки

В даному розділі було здійснено розрахунок та вибір перетворювального агрегату, в результаті чого зроблено розрахунок швидкості обертання приводної зірки.

5 ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРОДВИГУНА

5.1 Розрахунок приведених інерційних мас і моментів інерції

Приведений до валу двигуна сумарний момент інерції рухомих виконуючих органів робочої машини і зв'язаних з ними рухомими масами:

$$J_{np} = \frac{J_{po}}{(i_R)^2}, \quad (5.1)$$

$$J_{np} = \frac{141,75}{(20)^2} = 0,35 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Приведений до валу двигуна сумарний момент інерції рухомих виконуючих органів робочої машини і зв'язаних з ними рухомими масами на холостому ходу [6]:

$$J_{np(xx)} = \frac{J_{po(xx)}}{(i_R)^2}, \quad (5.2)$$

$$J_{np(xx)} = \frac{126}{(20)^2} = 0,315 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Сумарний момент інерції до валу двигуна при роботі:

$$J = \delta J_o + J_{np}, \quad (5.3)$$

де J_o - момент інерції ротора двигуна ;

δ – коефіцієнт, що враховує моменти інерції всіх механізмів, що знаходяться на валу двигуна (редуктор, муфта тощо) ($\delta = 1,5$).

$$J = 1,5 \cdot 3,65 + 0,35 = 5,825 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Сумарний момент інерції до валу двигуна на холостому ході:

$$J_{xx} = \delta J_o + J_{np(xx)}, \quad (5.4)$$

$$J = 1,5 \cdot 3,65 + 0,315 = 5,79 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Визначимо приведені моменти системи до валу двигуна:

1. Приведений момент до валу двигуна при розгін [7]:

$$M'_{\Sigma^1} = \frac{M_{\Sigma^1}}{i_R}, \quad (5.5)$$

$$M'_{\Sigma^1} = \frac{1888,488}{20} = 94,42 \text{ (Н·м)}.$$

2. Приведений момент до валу двигуна при переміщенні заготовки:

$$M'_{\Sigma^2} = \frac{M_{\Sigma^2}}{i_R}, \quad (5.6)$$

$$M'_{\Sigma^2} = \frac{1297,863}{20} = 64,89 \text{ (Н·м)}.$$

3. Приведений момент до валу двигуна при зупинці двигуна :

$$M'_{\Sigma^3} = \frac{M_{\Sigma^3}}{i_R}, \quad (5.7)$$

$$M'_{\Sigma^3} = \frac{707,238}{20} = 35,36 \text{ (Н·м)}.$$

4. Приведений момент до валу двигуна при розгоні двигуна на зворотньому ході:

$$M'_{\Sigma^4} = \frac{M_{\Sigma^4}}{i_R}, \quad (5.8)$$

$$M'_{\Sigma^4} = \frac{1822,863}{20} = 91,14 \text{ (Н·м)}.$$

5. Приведений момент до валу двигуна при поверненні в початкове положення:

$$M'_{\Sigma^5} = \frac{M_{\Sigma^5}}{i_R}, \quad (5.9)$$

$$M'_{\Sigma^5} = \frac{206,01}{20} = 10,3 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

6. Приведений момент до валу двигуна при зупинці двигуна :

$$M'_{\Sigma^6} = \frac{M_{\Sigma^6}}{i_R}, \quad (5.10)$$

$$M'_6 = \frac{772,863}{20} = 38,64 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

7. Приведений середньоквадратичний момент до валу двигуна:

$$M'_{скд} = \frac{M_{скд}}{i_R}, \quad (5.11)$$

$$M'_{скд} = \frac{8888,29}{20} = 444,41 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

5.2 Перевірка вибраного двигуна за нагрівом і перенавантаженням

Електродвигун при своїй роботі може нагріватися до визначеної температури, визначеною в першу чергу нагрівостійкістю застосованих матеріалів. Дотримання встановлених заводом обмежень по допустимій температурі нагріву, забезпечує нормальний термін його використання в межах 15...20 років. Перевищення температури веде до скорочення терміну служби електричного двигуна.

Суть перевірки двигуна за нагрівом складається з співставлення допустимої для нього температури з тою, яку він має при роботі.

Повторно короткочасний режим роботи (S_3) двигуна характеризується незмінним навантаженням на протязі часу, за який перегрів всіх частин досягає усталеного значення [8, 9].

Перевірку вибраного електродвигуна здійснюємо методом еквівалентного моменту:

$$M'_{екв} \leq M_{ном}, \quad (5.12)$$

Номінальний момент визначаємо за формулою:

$$M_{ном} = 9550 \frac{P_{дв}}{n_n}, \quad (5.13)$$

де n_i – частота обертання двигуна ($n_n = 600$ об/хв).

$$M_{ном} = 9550 \frac{35}{600} = 557,08(\text{Н}\cdot\text{м}).$$

Перевіряємо за умовою:

$$444,41(\text{Н}\cdot\text{м}) \leq 557,08(\text{Н}\cdot\text{м}).$$

Отже, умова нагріву виконується, тобто кількість теплоти що виділяється двигуном не перевищує допустимого значення температури електродвигуна під час роботи буде в нормі.

5.3 Висновки

В даному розділі було здійснено перевірку електродвигуна, а також розрахунок приведених інерційних мас та моментів інерції. Як свідчить кінцевий результат розрахунку, приводний двигун вибраний вірно, тобто за нагрівом та перевантаженням він задовольняє умовам роботи ланцюгового конвеєра в надійних безаварійних режимах. Вибраний двигун придатний та доцільний до експлуатації в даній системі електропривода ланцюгового конвеєра.

6 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ СИЛОВОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

6.1 Розрахунок і вибір трансформатора

Для розрахунку попередньо приймається, що значення випрямленої напруги дорівнює номінальній напрузі двигуна [23], значення випрямленого струму – номінальному значенню, а значення випрямленої потужності – номінальному значенню потужності. Типова (габаритна) потужність трансформатора:

$$S_T = \frac{K_{s1} + K_{s2}}{2} \cdot P_d = K_s \cdot P_d, \quad (6.1)$$

$$S_T = \frac{1,045 + 1,045}{2} \cdot 35 = 1,045 \cdot 35 = 36,575(\text{кВА}),$$

де, K_{s1}, K_{s2}, K_s – коефіцієнт схеми випрямлення за потужністю

$$K_{s1} = \frac{m_1 K_{i1}}{K_u}, \quad (6.2)$$

$$K_{s1} = \frac{3 \cdot 0,816}{2,34} = 1,045,$$

$$K_{s2} = \frac{d \cdot K_{i2}}{K_u}, \quad (6.3)$$

$$K_{s2} = \frac{3 \cdot 0,816}{2,34} = 1,045,$$

де m_1 – число фаз первинної обмотки трансформатора,

K_{i1}, K_{i2} – коефіцієнт схеми випрямлення за струмами первинної та вторинної обмоток трансформатора,

K_u – коефіцієнт схеми випрямлення за напругою,

d – число вторинних обмоток трансформатора.

Попередньо виберемо трансформатор за типовою потужністю S_T , первиною напругою $U_{1н}$ та вторинною $U_{2н}$ орієнтуючись на випрямлену напругу U_d .

Параметри якого в таблиці 6.1:

Таблиця 6.1 – Параметри трансформатора типу ТСП-63/0,7

S_n	$U_{1н}$	$U_{2н}$	$U_{к\%}$	$I_{0\%}$	P_0	P_k
кВА	кВ	кВ	%	%	кВт	кВт
38	380	205	5,5	5	300	1900

де S_n – номінальна потужність трансформатора,

$U_{1н}$ – номінальна напруга первинної обмотки трансформатора,

$U_{2н}$ – номінальна напруга вторинної обмотки трансформатора,

$U_{к\%}$ – напруга КЗ, виражена у % від номінальної фазної напруги первинної обмотки,

$I_{0\%}$ – струм ХХ, виражений у %,

P_0 – потужність ХХ, виражена у %,

P_k – потужність КЗ.

Коефіцієнт трансформації:

$$K_{mp} = \frac{U_{1н}}{U_{2н}}, \quad (6.4)$$

$$K_{mp} = \frac{380}{205} = 1,854.$$

Діюче значення струму у вторинній обмотці трансформатора:

$$I_2 = \frac{\sqrt{2} \cdot I_d}{\sqrt{m}}, \quad (6.5)$$

$$I_2 = \frac{148}{\sqrt{3}} = 121,87 \text{ (A)}.$$

Діюче значення струму у первинній обмотці трансформатора:

$$I_1 = \frac{1}{K_{mp}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} I_d, \quad (6.6)$$

$$I_1 = \frac{1}{1,854} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 148 = 67,85 \text{ (A)}.$$

Втрати в міді трансформатора виражено у % від номінальної потужності первинної обмотки трансформатора S_{1H} :

$$S_{1H} = 1,1 \cdot K_{s1} \cdot U_H \cdot I_H, \quad (6.7)$$

$$S_{1H} = 1,1 \cdot 1,045 \cdot 220 \cdot 148 = 3,743 \cdot 10^4 \text{ (Вт)},$$

$$\Delta P_{H\%} = \frac{P_0}{S_{1H}} \cdot 100\%, \quad (6.8)$$

$$\Delta P_{H\%} = \frac{300}{3,743 \cdot 10^4} \cdot 100\% = 0,801(\%).$$

Активний опір однієї фази трансформатора приведений до вторинної обмотки:

$$R_{mp} = \frac{1,1 \cdot K_{s1}}{m_1 \cdot K_{i1}^2} \cdot \frac{U_H}{I_H} \cdot \frac{\Delta P_{H\%}}{100}, \quad (6.9)$$

$$R_{mp} = \frac{1,1 \cdot 1,045}{3 \cdot 0,816^2} \cdot \frac{220}{148} \cdot \frac{0,778}{100} = 0,03 \text{ (Ом)}.$$

Мінімальне значення номінальної вторинної фазної ЕРС трансформатора:

$$E_{2H} = K_3 \frac{U_H + \Delta U_m + (1,1 \div 1,2) K_R R_{mp} I_H}{K_H \left(1 - \frac{\Delta U_{H\%}}{100}\right) \cos \alpha_{\min} - \frac{K_x}{K_{i1}} \cdot \frac{\Delta U_{k\%}}{100}}, \quad (6.10)$$

$$E_{2H} = 1,05 \cdot \frac{220 + 2 + 1,1 \cdot 2 \cdot 0,03 \cdot 148}{2,34 \cdot \left(1 - \frac{5,5}{100}\right) \cos 25^\circ - \frac{0,955}{0,816} \cdot \frac{5,5}{100}} = 119,529 \text{ (В)}.$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує несиметрію кутів відкривання тиристорів за фазами і який враховує запас за напругою для забезпечення номінальної частоти обертання двигуна в системі автоматичного керування ($K_3 = 1,05 \div 1,1$),

ΔU_m – спад напруги на тиристорах ($\Delta U_m = 2 \text{ (В)}$),

K_R – коефіцієнт схеми $k_R = q$,

де q – число груп, що включені послідовно,

α_{\min} – мінімальне значення кута відкривання тиристорів ($\alpha_{\min} = 25^\circ \div 30^\circ$),

K_x – коефіцієнт схеми.

Індуктивний опір однієї фази трансформатора приведений до вторинної обмотки :

$$X_{mp} = \frac{U_{1H}}{K_{mp}^2 \cdot I_{1H}} \cdot \frac{U_{k\%}}{100}, \quad (6.11)$$

$$X_{mp} = \frac{380}{1,85^2 \cdot 148} \cdot \frac{5,5}{100} = 0,041 \text{ (Ом)}.$$

Виходячи з потужності трансформатора вибираємо трансформатор типу ТСП-63/0,7.

6.2 Розрахунок і вибір вентилів

Розрахунок та вибір тиристорів виконується за середнім значенням анодного струму зворотній напрузі і перевірка за перевантажувальною здатністю.

Середнє значення стуму через вентиль:

$$I_{всп} = \frac{\lambda \cdot I_n}{m_n \cdot K_{ох}}, \quad (6.12)$$

$$I_{всп} = \frac{2,4 \cdot 148}{3 \cdot 0,35} = 338,285 \text{ (A)}.$$

де, $K_{ох}$ – коефіцієнт охолодження тиристора ($K_{ох} = 0,35$).

Середнє значення випрямленої ЕРС при $\alpha = 0$:

$$E_{d0} = K_u \cdot E_{2н}, \quad (6.13)$$

$$E_{d0} = 2,34 \cdot 119,529 = 279,69 \text{ (В)}.$$

Величина максимального значення зворотної напруги на тиристорі:

$$U_{з\max} = K_{зн} \cdot K_{u\max} \cdot E_{d0}, \quad (6.14)$$

$$U_{з\max} = 1,25 \cdot 1,045 \cdot 279,69 = 365,34 \text{ (В)}.$$

де $K_{зн}$ – коефіцієнт запасу за напругою ($K_{ці} = 1,25$);

$K_{u\max}$ – коефіцієнт схеми випрямлення;

За значеннями отриманими по формулах (6.13), (6.15) вибираємо відповідний тиристор виходячи з умов:

$$\begin{cases} I_{всп} \leq I_{всп\text{дон}}, \\ U_{з\max} \leq U_{з\text{дон}}, \end{cases} \quad (6.15)$$

$$\begin{cases} 338,285 \leq 350, \\ 365,34 \leq 500. \end{cases}$$

де $I_{всп\dot{о}он}$ – допустиме значення середнього струму через тиристор,

$U_{з\dot{о}он}$ – допустиме значення зворотної напруги тиристора.

З довідника [9] вибираємо тиристор типу Т71-350, технічні дані якого наведені в таблиці 6.2:

Таблиця 6.2 – Технічні дані тиристора типу Т71-350

$I_{всп\dot{о}он}$	$U_{з\dot{о}он}$	$I_{y\dot{o}}$	$t_{\dot{о}он}$
А	В	А	с
350	500	4500	0,2

де $t_{\dot{о}он}$ – допустимий час дії перевантаження тиристора,

$I_{y\dot{o}}$ – ударний струм,

Струм КЗ в первинній обмотці трансформатора:

$$I_{1кз} = \frac{I_{1н}}{U_{к\%}} \cdot 100\% , \quad (6.16)$$

$$I_{1кз} = \frac{67,85}{5,5} \cdot 100\% = 1233,63 \text{ (А)}.$$

Коефіцієнт перевантаження попередньо вибраного тиристора за ударним струмом,

$$K_{неp} = \frac{I_{y\dot{o}}}{I_{всп\dot{о}он}} , \quad (6.17)$$

$$K_{неp} = \frac{4500}{350} = 12,85 .$$

де $I_{y\dot{o}}$ – допустимий ударний струм тиристора.

Умови правильності вибору тиристора за його номінальним значенням струму:

$$I_{\text{всп}} > \frac{K_{mp}}{K_{nep} \cdot K_{i1}} \cdot I_{1кз}, \quad (6.18)$$

$$350 > 218,12.$$

Індуктивний опір розсіювання трансформатора приведений до первинної обмотки.

$$X'_{mp} = \frac{U_{1н}}{I_{1н}} \cdot \frac{U_{к\%}}{100}, \quad (6.19)$$

$$X'_{mp} = \frac{380}{148} \cdot \frac{5,5}{100} = 0,14 \text{ (Ом)}.$$

Приведений до первинної обмотки трансформатора індуктивний опір реактора.

$$X'_{cp} = \frac{U_{1н} \cdot K_{mp}}{K_{nep} \cdot K_{i1} \cdot I_{\text{всп}}} - X'_{mp}, \quad (6.20)$$

$$X'_{cp} = \frac{380 \cdot 1,854}{12,85 \cdot 0,816 \cdot 350} - 0,14 = 0,124 \text{ (Ом)}.$$

Величина індуктивного струму обмотки реактора:

$$L_{cp} = \frac{X'_{cp}}{2\pi f \cdot K_{mp}^2}, \quad (6.21)$$

$$L_{cp} = \frac{0,124}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1,854^2} = 1,148 \cdot 10^{-4} \text{ (Гн)}.$$

Перевірка тиристора за перевантажувальною здатністю:

$$I_{\text{в max}} = \lambda \cdot I_n \leq I_{\text{всп}}, \quad (6.22)$$

$$325,6 \leq 350$$

де λ – час дії перевантаження, кратність перевантаження за струмом.

6.3 Розрахунок і вибір згладжувального дроселя

Індуктивність згладжувального дроселя визначається:

$$L_{здр} = \frac{B \cdot E_{2n} \cdot \sin \alpha}{2\pi f \cdot m_n \cdot I_{\Delta \min}} - K_R L_{mp} - L_{я}, \quad (6.23)$$

де, B – коефіцієнт схеми випрямлення,

m_n – кратність пульсацій випрямленої напруги та струму,

$I_{\Delta \min}$ – min значення граничного струму,

$$I_{\Delta \min} = (0,05 \div 0,1)I_d, \quad (6.24)$$

де, α – кут, що відповідає максимальному куту виходячи із заданого діапазону D регулятора швидкості:

$$\alpha = 40^{\circ}, D = (5 \div 20)$$

де $L_{я}$ – індуктивність якоря двигуна;

$$L_{я} = K \frac{30 \cdot U_{ном}}{\pi \cdot p \cdot n_{ном} \cdot I_{ном}}, \quad (6.25)$$

$$L_{я} = 0,6 \cdot \frac{30 \cdot 220}{50 \cdot 2 \cdot 600 \cdot 148} = 0,00045 \text{ (Гн)}.$$

де K – коефіцієнт, який враховує конструктивну особливість двигуна, ($K=0,6$ для некомпенсованих машин).

p – кількість пар полюсів;

$n_{ном}$ – номінальна частота обертання.

$$L_{здр} = \frac{0,278 \cdot 119,529 \cdot 0,64}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 7,4} - 2 \cdot 5,04 \cdot 10^{-4} - 0,00045 = 2,44 \cdot 10^{-3} \text{ (Гн)}.$$

Катодний реостат вибираємо за величиною випрямленого струму, що по ньому протікає та за індуктивністю, яка повинна були не менша за розрахункову.

З каталогу [8] вибираємо загладжуваний дросель типу FTCT-20-5-2,44 зі стандартними значеннями індуктивності $L_{здр} = 0,006$ Гн, активним опором $RL_{здр} = 0,017$ (Ом), струмом $I = 205$ (А) та напругою $U = 220$ (В).

6.4 Розрахунок і вибір елементів захисту силового кола

6.4.1 Захист тиристорів від перенапруг

Для захисту від комутаційних перенапруг використовуються RC кола, які включають паралельно тиристорам.

Величину ємкості для RC кола можна знайти за наступною формулою:

$$C = \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{всп.дон}}}{U_{\text{здон}}}, \quad (6.26)$$

$$C = \frac{10 \cdot 10^{-6} \cdot 350}{500} = 7 \cdot 10^{-6} (\Phi).$$

Значення опору для RC кола:

$$R = \frac{10 \cdot U_{\text{здон}}}{I_{\text{всп.дон}}}, \quad (6.27)$$

$$R = \frac{10 \cdot 500}{350} = 14,28 (\text{Ом}).$$

З довідника [7] вибираємо резистор типу ALR1703/1903M з номінальною напругою 220 В і струмом 200 А та максимальним навантаженням 0,5 Вт.

6.4.2 Захист тиристорів від перевантажень та струму КЗ

Для захисту від зовнішніх КЗ та перекидання інвертора використовуються автоматичні вимикачі. Вимикачі встановлюють зі сторони постійного струму перетворювача. У випадку живлення перетворювача від мережі до 380 В ці автомати служать для захисту трансформаторів, або анодних струмообмежуючих реакторів. В перетворювачах з одним тиристором в плечі трифазної мостової схеми ці автомати призначені для захисту при внутрішніх КЗ, тобто при пробіі тиристора.

Вибір тиристорного вимикача проводить за наступною умовою:

$$\begin{cases} U_{ам} \geq E_{2max}, \\ I_{ам} \geq I_{ном}, \end{cases} \quad (6.28)$$

де $U_{ам}$ – номінальна напруга автоматичного вимикача;

$I_{ам}$ – довготривалий номінальний струм автоматичного вимикача.

$$\begin{cases} 220 \geq 119,529, \\ 160 \geq 148. \end{cases}$$

З дотриманням вище зазначених умов вибираємо автоматичний вимикач типу АЗ710Б, із номінальною напругою 220 (В) та номінальним струмом 160 (А).

У випадку живлення тиристорного перетворювача від мережі 6-10 кВт захист узгоджувального трансформатора здійснюється високовольтним масляним вимикачем.

Запобіжники вибираємо за такими умовами:

за номінальною напругою мережі:

$$U_{ном.зан} \geq 220, \quad (6.29)$$

$$220 \geq 220.$$

за струмом габариту:

$$I_{\text{ном.зап.заб}} > I_d, \quad (6.30)$$

$$200 > 148.$$

за тривалим розрахунковим струмом:

$$I_{\text{ном.вст}} = \frac{I_n}{2,5}. \quad (6.31)$$

$$I_{\text{ном.вст}} = \frac{148}{2,5} = 59,2(\text{А}).$$

де $I_{\text{ном.вст}}$ – номінальний струм плавкої вставки.

З дотриманням зазначених умов вибираємо запобіжник типу ПН2-200 з номінальною напругою 220 В і струмом 200 А.

6.4.3 Вибір тахогенератора

Тахогенератор обираємо за частотою обертання двигуна:

$$n_{\text{ном.ТГ}} \geq n_{\text{ном}}, \quad (6.32)$$

$$800 \geq 600.$$

де $n_{\text{ном.ТГ}}$ – номінальна частота обертання тахогенератора.

Із каталогу [13] вибираємо тахогенератор типу ПТ-38 із номінальною напругою 220 В та номінальною швидкістю обертання 600 об/хв.

Коефіцієнт підсилення тахогенератора визначаємо як:

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{U_{\text{номТГ}}}{\omega_{\text{номТГ}}}, \quad (6.33)$$

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{220}{83,73} = 2,62.$$

де $U_{\text{номТГ}}$ – номінальна напруга тахогенератора;

$\omega_{\text{номТГ}}$ - номінальна кутова швидкість тахогенератора;

$$\omega_{номТГ} = \frac{\pi \cdot n_{номТГ}}{30}, \quad (6.34)$$

$$\omega_{номТГ} = \frac{\pi \cdot 800}{30} = 83,73, (\text{рад/с}).$$

Коефіцієнт дільника тахогенератора:

$$K_{\deltaТГ} = \frac{10}{K_{ТГ} \cdot \omega_{номТГ}}, \quad (6.35)$$

$$K_{\deltaТГ} = \frac{10}{2,62 \cdot 83,73} = 0,045.$$

6.5 Висновки

В даному розділі було розраховано та вибрано елементи силової частини електропривода, а саме – трансформатор, вентиля, згладжувальні дроселі, елементи захисту силового кола, а також тахогенератор. Крім того, здійснено захист тиристорів від перенапруг, перевантажень за струмів короткого замикання.

7 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

7.1 Електрична схема та режими її роботи

Електрична схема керування для роботи двигуна в режимі реверсу приведена на рисунку 7.1:

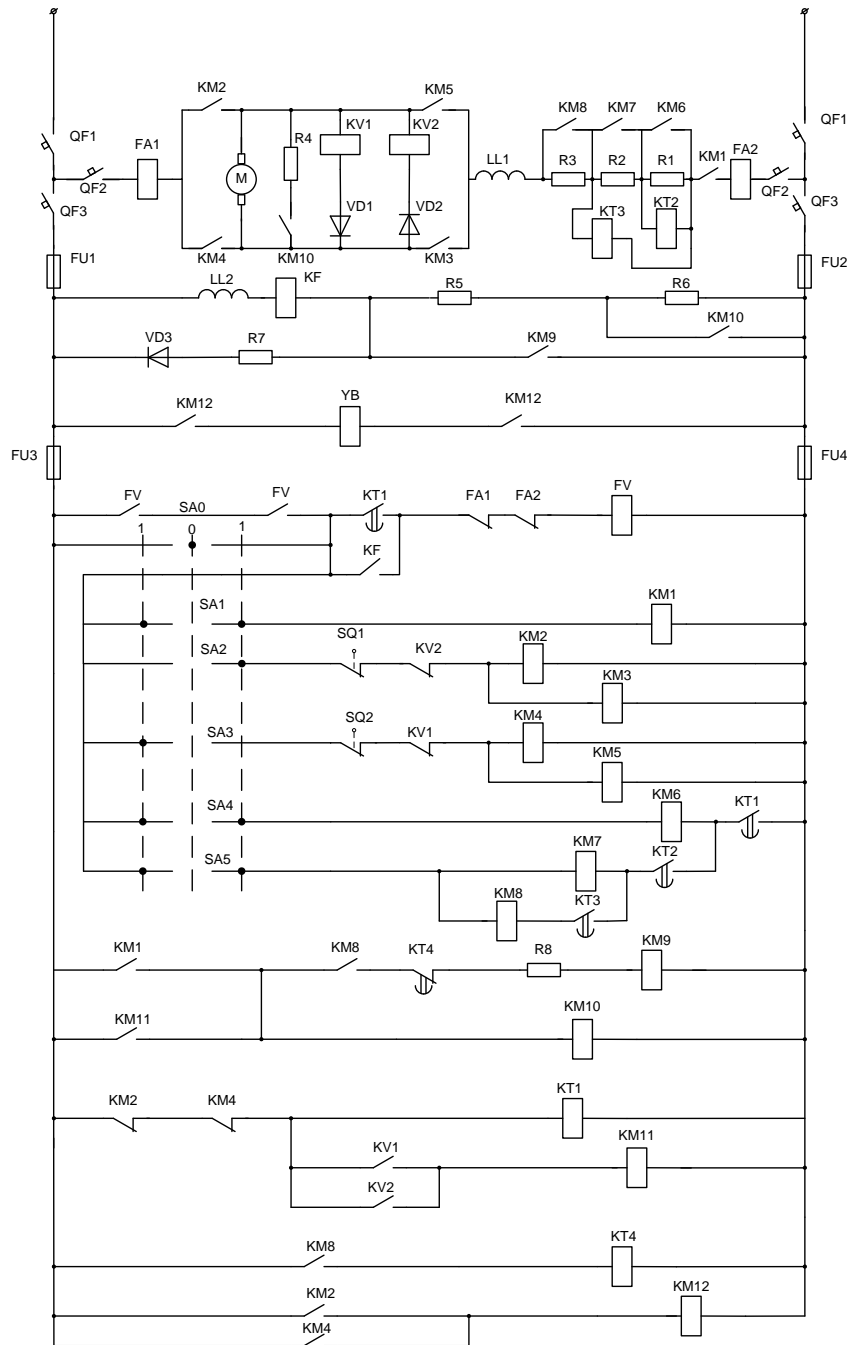


Рисунок 7.1 – Електрична схема керування ланцюгового транспортеру

Дана схема керування призначена для роботи двигуна в режимі реверсу. Схема забезпечує автоматичний трьохступеневий реостатний пуск двигуна до основної швидкості при номінальному магнітному потоці з управлінням по принципу часового реле і пуску двигуна до швидкості більше основного за рахунок послаблення магнітного потоку. Реверсування двигуна виникає при перемиканні SA із одного положення в інше. При зупинці виникає механічне та динамічне гальмування, так як і при реверсуванні.

Вмикаємо автомат QF1 (подали живлення на шафу управління). Вмикаємо автомат QF3, подалось живлення на обмотку збудження двигуна(по обмотці збудження протікає струм але двигун не працює так як живлення на сам двигун не подається).Спрацювало часове реле КТ1, його контакт замкнувся і спрацьовує котушка захисту FV, яка в свою чергу замкнула свої контакти які подали живлення на перемикач SA який знаходиться в нульовому положенні. Вмикаємо автомат QF2 який живить коло двигуна.

Вмикаємо SA в перше положення «вперед» спрацьовують контактори КМ1, КМ2, КМ3. Контакти контактора КМ1 замкнулися і ввімкнули в колі двигуна опори R1,R2 та R3, та в колі керування контактор КМ10, який виводять з кола опір R6 для збільшення струму в обмотці збудження. Контакт КМ2 в свою чергу замкнувся в колі двигуна і розімкнувся в колі управління це призводить до вимкнення часового реле КТ1. Після чого спрацьовує контактор КМ12, який вмикає електромагнітне гальмо яке надає двигуну розігнатися. Контакт КМ3 замкнув свій контакт що призвело до ввімкнення двигуна. Потім спрацьовує контактори КУ1 і КУ2 які служать для динамічного гальмування двигуна(«ВПЕРЕД» та «НЕЗАД» відповідно). Вимкнення часового реле КТ1 призвело до замикання одного із контактів, в наслідок чого відбулось ввімкнення контактора КМ6 який вивів з кола двигуна опір R1, це призвело до збільшення швидкості обертання двигуна. При вимкненні опору R1 відбулося падіння напруги на часовому реле КТ2, яке через деякий час замкнуло свій контакт, що призвело до ввімкнення контактора КМ7

який вивів з кола двигуна опір R2. При вимкненні опору R2 відбулося падіння напруги на часовому реле КТ3, яке також через деякий час замкнуло свій контакт, що призвело до ввімкнення контактора КМ8 який вивів з кола двигуна опір R3, а також призвело до ввімкнення часового реле КТ4. Після спрацювання часового реле КТ4 спрацював контактор КМ9 який вивів з кола збудження опір R5, що призвело до виходу двигуна на номінальну швидкість.

Після проведення пуску двигуна і переміщення, двигун зупиняють та проводять режим реверсу.

При ввімкненні SA в нульове положення відбувається зупинка двигуна за рахунок динамічного та механічного гальмування.

7.2 Розробка структурної схеми та режими її роботи

Схема підпорядкованого керування електроприводом постійного струму приведена на рисунку 7.2:

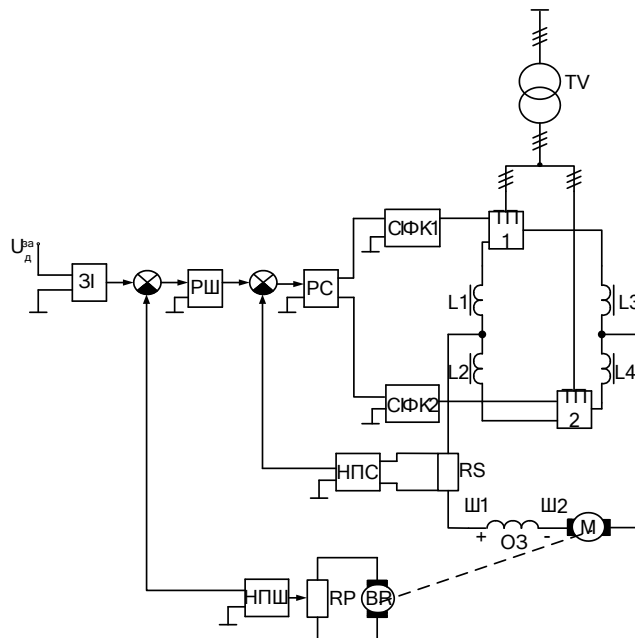


Рисунок 7.2 – Електрична структурна схема підпорядкованого керування реверсивного електроприводом постійного струму

На рисунку 7.2: $U_{зад}$ – напруга задання; ЗІ – задатчик інтенсивності; РШ – регулятор швидкості; РС – регулятор струму; СІФК – система імпульсно-фазового керування; TV – понижуючий трансформатор; RS – шунт; НПС – нормуючий перетворювач (датчик) струму; НПШ – нормуючий перетворювач (датчик) швидкості; BR – тахогенератор; М – машина постійного струму (обмотка якоря); ОЗ – обмотка збудження; ТП – тиристорний перетворювач.

Живлення схеми здійснюється від трифазної мережі змінного струму. При подачі живлення на схему, напруга через понижуючий трансформатор TV подається на тиристорний перетворювач ТП1 та ТП2, який перетворює змінну напругу в постійну.

Керування тиристорним перетворювачем здійснюється за допомогою СІФК (яка забезпечує достатню для вмикання тиристорів амплітуду напруги та струму імпульсів керування, забезпечує високу крутизну фронтів відіграє роль задаючого пристрою).

Згладжу вальний дросель L використовується для пропускання сигналів у визначеній смузі частот.

Така схема керування електроприводом має два зворотних зв'язки: по струму та по швидкості. У даному випадку внутрішнім є зворотній зв'язок по струму, а зовнішнім – по швидкості. Зворотній зв'язок по струму реалізований на основі нормованого перетворювача струму НПС та регулятора струму РС, зворотній зв'язок по швидкості – нормованого перетворювача швидкості НПШ та регулятора швидкості РШ. Сигнал на які подається із здавача імпульсів ЗІ, після чого через регулятори поступає на СІФК.

7.3 Розробка принципової електричної та монтажною схем системи електропривода

Для побудови принципової електричної та монтажною схем розрахуємо за датчик інтенсивності.

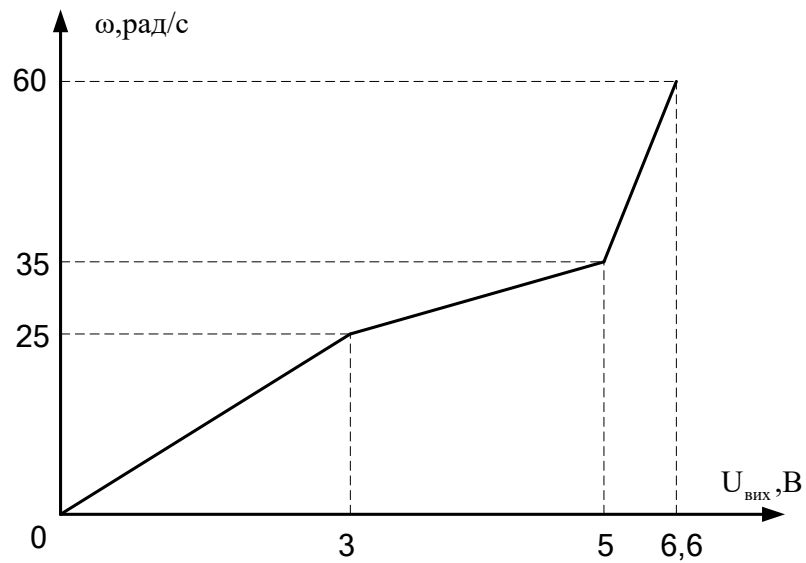


Рисунок 7.3 – Графік залежності швидкості та напруги

Розрахункова схема задатчика інтенсивності представлена на рисунку

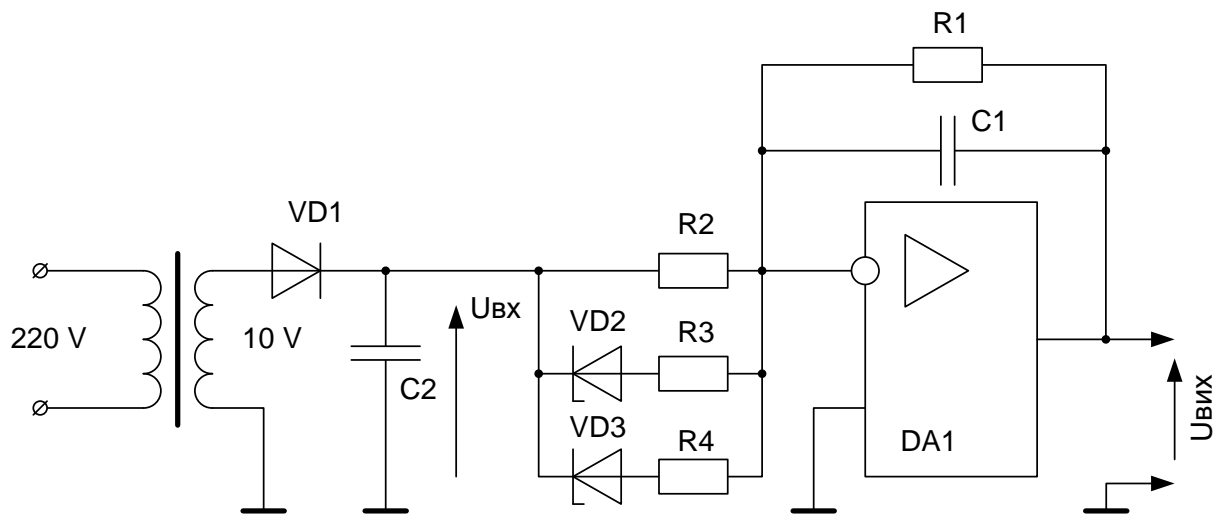


Рисунок 7.4 – Задатчик інтенсивності

Потенційну розв'язку забезпечує трансформатор з коефіцієнтом передачі КП на вході задатчика.

Час зростання напруги забезпечує схема інтегратора зібрана на оперативному підсилювачі.

З графіку завдання знайдемо приблизний коефіцієнт пропорційності резисторів R_2, R_3, R_4 :

$$K_T = \frac{\Delta \omega}{\Delta U_{вх}}, \quad (7.1)$$

$\Delta \omega$ - зміна регулюючого параметра на одній ділянці;

ΔU - зміна вхідної напруги на тій же ділянці;

$$K_{T1} = \frac{25}{3} = 8,33,$$

$$K_{T2} = \frac{35}{5} = 7,$$

$$K_{T3} = \frac{60}{6,6} = 9,09.$$

При ступінчатій подачі сигналу на задатчик інтенсивності 10 (В) в роботу включаються одразу всі резистори (R_2, R_3, R_4). Прийmemo їх паралельний опір рівним $R_{\text{третього}} = 0,5 \text{ кОм}$.

Тоді паралельний опір резисторів R_2, R_3 розраховується за формулою:

$$R_{\text{другого}} = n_1 \cdot R_{\text{третього}}, \quad (7.2)$$

$$n_1 = \frac{K_{T3}}{K_{T2}}, \quad (7.3)$$

$$n_1 = \frac{9,09}{7} = 1,29,$$

$$R_{\text{другого}} = 1,29 \cdot 0,5 = 0,645 \text{ (Ом)}.$$

Знайдемо величину опору R_2 :

$$R_2 = n_2 \cdot R_{\text{другого}}, \quad (7.4)$$

$$n_2 = \frac{K_{T2}}{K_{T1}}, \quad (7.5)$$

$$n_2 = \frac{7}{8,33} = 0,83,$$

$$R_2 = 0,83 \cdot 0,645 = 0,53 \text{ (кОм)}.$$

Виберемо з ряду резисторів стандартний номінал $R_2 = 0,55 \text{ кОм}$

$$R_{\text{другого}} = \frac{R_2}{n_2} \quad (7.6)$$

$$R_{\text{другого}} = \frac{0,55}{0,83} = 0,66 \text{ (кОм)}$$

Знайдемо величину опору R_3 :

$$R_3 = \frac{R_2 \cdot R_{\text{другого}}}{R_2 + R_{\text{другого}}} \quad (7.7)$$

$$R_3 = \frac{0,55 \cdot 0,66}{0,55 + 0,66} = 0,3 \text{ (кОм)}$$

Виберемо з ряду резисторів стандартний номінал $R_3 = 0,4 \text{ кОм}$

Знайдемо величину опору R_4 :

$$R_4 = \frac{R_{\text{другого}} \cdot R_{\text{третього}}}{R_{\text{другого}} + R_{\text{третього}}} \quad (7.8)$$

$$R_4 = \frac{0,66 \cdot 0,5}{0,66 + 0,5} = 0,28 \text{ (кОм)}$$

Виберемо з ряду резисторів стандартний номінал $R_4 = 0,3 \text{ кОм}$

За результатами номіналів резисторів знайдемо їх загальний опір

$$R_{\text{третього}} = 1,2 \text{ кОм}.$$

Визначимо величину ємності конденсатора зі зворотнього зв'язку операційного підсилювача з умови:

$$R_{\text{третього}} \cdot C = 2c \quad (7.9)$$

де $R_{\text{третього}}$ - загальний опір резисторів R_2, R_3, R_4 ;

$$C = \frac{2}{R_{\text{третього}}} \quad (7.10)$$

$$C = \frac{2}{1,2 \cdot 10^3} = 0,0016(\Phi)$$

Виберемо з ряду конденсаторів стандартний номінал $C = 1400$ мкФ.

Величина резистора R_1 та типи стабілітронів залежать від вихідної величини напруги трансформатора. Прийmemo вихідну напругу трансформатора $U_{\text{вих}} = 10$ В, при вхідній напрузі $U_{\text{вх}} = 220$ В.

Звідси коефіцієнт трансформації:

$$K_{TP} = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} \quad (7.11)$$

$$K_{TP} = \frac{10}{220} = 0,045$$

Обираємо випрямляючий діод Д12А з такими номінальними параметрами: $I_{\text{пр}} = 100$ мА, $U_{\text{пр}} = 1$ В, $U_{\text{обр}} = 50$ В

Врахуємо падіння напруги на випрямляючому діоді $U_{\text{д}} = U_{\text{пр}} = 1$ В

Тоді при

$$\omega = 25 - -U_{\text{вхоу}} = U_{\text{вих}} + U_{\text{д}} = 3 + 1 = 4\text{В},$$

$$\omega = 35 - -U_{\text{вхоу}} = U_{\text{вих}} + U_{\text{д}} = 5 + 1 = 6\text{В}$$

Виберемо стабілітрони для необхідної напруги:

2С139А $U_{\text{ст}} = 3,9$ В $I_{\text{ст}} = 10$ мА

$$2C168A \quad U_{ст} = 6,8 \text{ В} \quad I_{ст} = 10 \text{ мА}$$

Коефіцієнт підсилення операційного підсилювача приймемо рівний 2, щоб операційний підсилювач не ввійшов в насичення

$$k_y = 2.$$

Тоді значення опору в колі зворотного зв'язку:

$$R_1 = k_y \cdot R_{\text{третього}}, \quad (7.12)$$

$$R_1 = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ (кОм)}.$$

Конденсатор на вході операційного підсилювача повинен бути достатньої ємності, щоб згладити пульсації напруги з виходу випрямляючого діода:

$$C = \frac{m \cdot I_{\max}}{1.414 \cdot U \cdot 2\pi f}, \quad (7.13)$$

де m – кількість пульсацій в схемі випрямлення на період;

I_{\max} – максимально допустимий струм, який визначається струмом діода;

U – напруга на виході трансформатора

$$C = \frac{1 \cdot 70 \cdot 10^{-3}}{1,414 \cdot 10 \cdot 314} = 1,57 \cdot 10^{-5}$$

Приймаємо ємність конденсатора $C_2 = 16 \text{ мкФ}$.

Принципова схема керування електроприводом постійного струму приведена на рисунку 7.3.

В якості електропривода використано двигун постійного струму послідовного збудження. Живлення електропривода здійснюється від трифазної мережі 6 кВ. Напруга живлення через трансформатор, який призначений для узгодження напруги мережі і перетворювача, підводиться до

тиристорного перетворювача ТП. Автоматичний вимикач QF1 забезпечує живлення силового кола.

Дана схема дає можливість реалізувати реверс двигуна. Такий режим роботи можна здійснити за допомогою системи імпульсно-фазового керування СІФК1 і СІФК2. СІФК1 забезпечує прямий пуск двигуна, а СІФК2 – реверс. Керування СІФК здійснює регулятор струму РС. В якості регулятора струму взято П-регулятора.

Для регулювання швидкості використовуємо регулятор швидкості. В якості регулятора швидкості взято ПІ-регулятор. Дана схема дає можливість почергове застосування П і ПІ-регулятора. Це здійснюється за допомогою ключа SA1. При замкненому ключі діючим є ПІ-регулятор, при розімкненому – П-регулятор.

Схема містить елементи захисту силового кола – захист тиристорів від перенапруг, перевантаження та струму короткого замикання. Дросель виконує згладжування струму. Шунт використовується для розширення меж регулювання струму.

Схема містить мікроконтролер з типом модуля Zelio Logic SR3B216BD, з постійною напругою $U = 24\text{В}$, який має 10 дискретних входів та 10 дискретних виходів, а також 6 комбінованих дискретно-аналогових входів від 0 до 10 В. Мікроконтролер має дисплей клавіатури на який будемо виводити всю необхідну інформацію. Для мікроконтролера використовується мова програмування LD.

На мікроконтролер надходять сигнали з тахогенераторів, які слідкують за обертами барабанів транспортерів. У випадку аварії з виходу мікроконтролера надходить сигнал на двигун, в результаті чого він зупиняється.

Монтажна схема електропривода приведена в додатку Б.

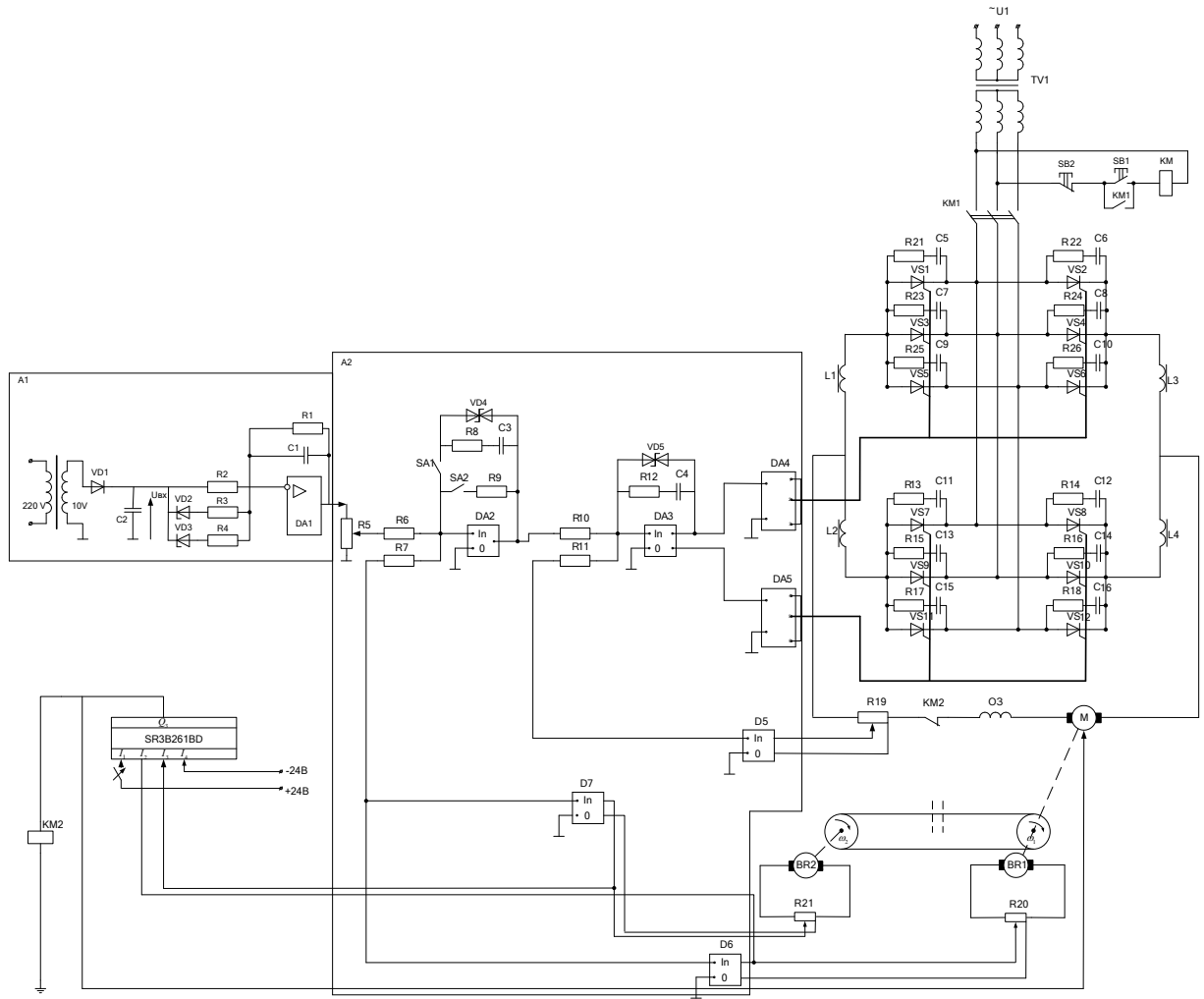


Рисунок 7.5 – Принципова схема керування електроприводом постійного струму

7.4 Висновки

В даному розділі було розроблено систему керування електроприводом. Зворотні зв'язки за струмом і швидкістю (в якості сенсорів яких виступає шунт та тахогенератор відповідно) дають змогу отримувати інформацію про стан двигуна і регулювати напругу двигуна у відповідності до технологічних потреб.

8 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ САЕП

Розрахуємо необхідні параметри для моделювання системи керування електроприводом ланцюгового транспортера:

Коефіцієнт двигуна:

$$K_{\phi} = \frac{1}{R_{я}}, \quad (8.1)$$

$$K_{\phi} = \frac{1}{0,035} = 28,571.$$

Електромагнітна стала часу

$$T_e = \frac{L_{я}}{R_{я}}, \quad (8.2)$$

$$T_e = \frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{0,035} = 0,045.$$

Номінальний потік двигуна:

$$K\Phi_n = \frac{U_n - I_{я} \cdot R_{я}}{n_{ном} \cdot 0,1047}, \quad (8.3)$$

$$K\Phi_n = \frac{220 - 148 \cdot 0,035}{600 \cdot 0,1047} = 3,419.$$

Статичний момент двигуна:

$$M_c = 9550 \cdot \frac{P_n}{n}, \quad (8.4)$$

$$M_c = 9550 \cdot \frac{35}{600} = 557,083(\text{Нм}).$$

Коефіцієнт пружності:

$$C_p = \frac{\pi}{32} \cdot G \cdot \frac{d^4}{l}, \quad (8.5)$$

$$C_p = \frac{3,14}{32} \cdot 8,5 \cdot 10^{10} \cdot \frac{0,3^4}{5} = 1,35 \cdot 10^7.$$

Коефіцієнт в'язкості між двигуном та барабаном:

$$\beta_{12} = 2 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{C_p \cdot J_\delta \cdot J_\delta}{J_\delta + J_\delta}}, \quad (8.6)$$

$$\beta_{12} = 2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{\frac{1,35 \cdot 10^7 \cdot 3,65 \cdot 63}{3,65 + 63}} = 2729,87.$$

Коефіцієнт в'язкості між робочою та холостою віткою:

$$\beta_{23} = 2 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{C_x \cdot J_p \cdot J_x}{J_p + J_x}}, \quad (8.7)$$

$$\beta_{23} = 2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{\frac{1,35 \cdot 10^3 \cdot 141,75 \cdot 126}{141,75 + 126}} = 120,035.$$

8. Коефіцієнт тиристорного регулятора напруги:

$$K_{ТРН} = \frac{U_3}{10}, \quad (8.8)$$

$$K_{ТРН} = \frac{220}{10} = 22.$$

9. Стала часу ТРН:

$$T_{ТРН} = 0,01. \quad (8.9)$$

В якості регулятора струму обрано пропорційно-інтегральний регулятор, передаточну функцію якого запишемо:

$$R = \frac{\tau_i p + 1}{\tau_0 p}, \quad (8.10)$$

де τ_i – велика стала часу

$$\tau_i = T_e, \quad (8.11)$$

$$\tau_i = 0,045.$$

8. Мала некомпенсована стала часу об'єкта керування:

$$T_\mu = T_{TPH} = 0,01.$$

9. Коефіцієнт передачі об'єкта керування:

$$K_{об} = K_\delta \cdot K_{TPH} \cdot K_{ЗЗС}, \quad (8.12)$$

$$K_{об} = 28,571 \cdot 22 \cdot 0,0015 = 0,94,$$

$$\tau_o = 2 \cdot T_\mu \cdot K_{об}, \quad (8.13)$$

$$\tau_o = 2 \cdot 0,01 \cdot 0,94 = 0,0188 \text{ (с)}.$$

В якості регулятора швидкості обрано пропорційно-інтегральний регулятор, передаточну функцію якого запишемо:

$$R = \frac{\tau_i p + 1}{\tau_o p}, \quad (8.14)$$

де τ_i – велика стала часу

$$\tau_i = J_\delta + J_p + J_x, \quad (8.15)$$

$$\tau_i = 3,65 + 141,75 + 126 = 271,4 \text{ (с)}.$$

8. Мала некомпенсована стала часу об'єкта керування:

$$T_\mu = T_e + T_{TPH} = 0,01 + 0,045 = 0,055.$$

9. Коефіцієнт передачі об'єкта керування:

$$K_{об} = K_\delta \cdot K_{TPH} \cdot K_{ЗЗШ}, \quad (8.16)$$

$$K_{об} = 28,571 \cdot 22 \cdot 0,159 = 99,94,$$

$$\tau_o = 2 \cdot T_\mu \cdot K_{об}, \quad (8.17)$$

$$\tau_o = 2 \cdot 0,055 \cdot 99,94 = 10,99(\text{с}).$$

10. Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$K_{зш} = \frac{U_{\max}}{\omega_{\max}}, \quad (8.18)$$

$$K_{зш} = \frac{10}{0,1047 \cdot 600} = 0,159.$$

11. Максимальне значення струму:

$$I_{\max} = \frac{U_H}{R_H}, \quad (8.19)$$

$$I_{\max} = \frac{220}{0,035} = 6285,71(\text{А}).$$

11. Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$K_{зс} = \frac{U_{\max}}{I_{\max}}, \quad (8.20)$$

$$K_{зс} = \frac{10}{6285,71} = 0,0015.$$

За даними структурної схеми складаємо математичну модель з врахуванням вище отриманих коефіцієнтів.

Структурна схема системи керування електроприводом стрічкового конвеєра при зміні навантаження зображена на рисунку 8.1:

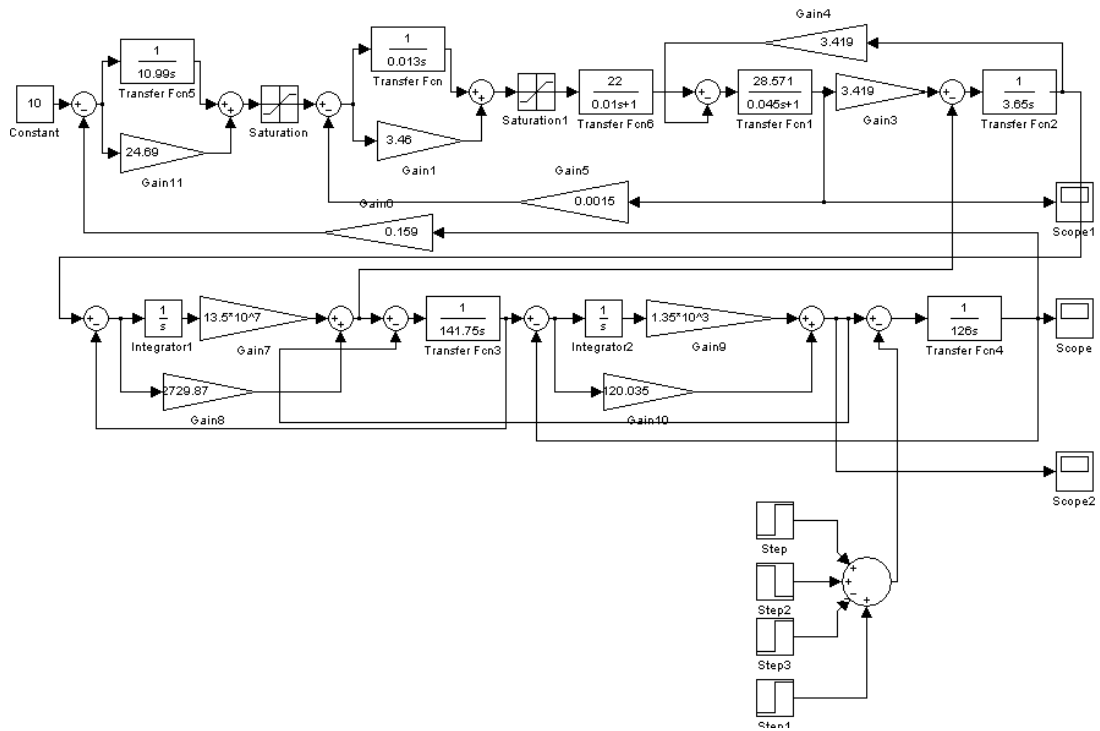


Рисунок 8.1 – Структурна схема системи керування електроприводом стрічкового конвеєра при зміні навантаження

За результатами моделювання було отримано наступні графіки:

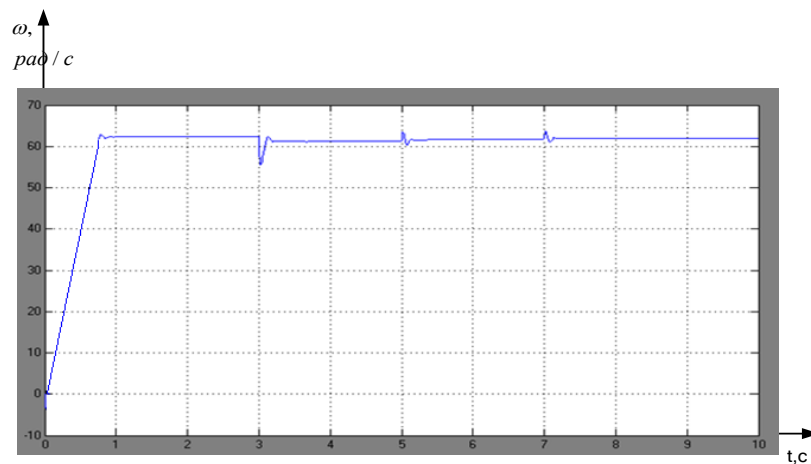


Рисунок 8.2 – Швидкісна характеристика при зміні навантаження

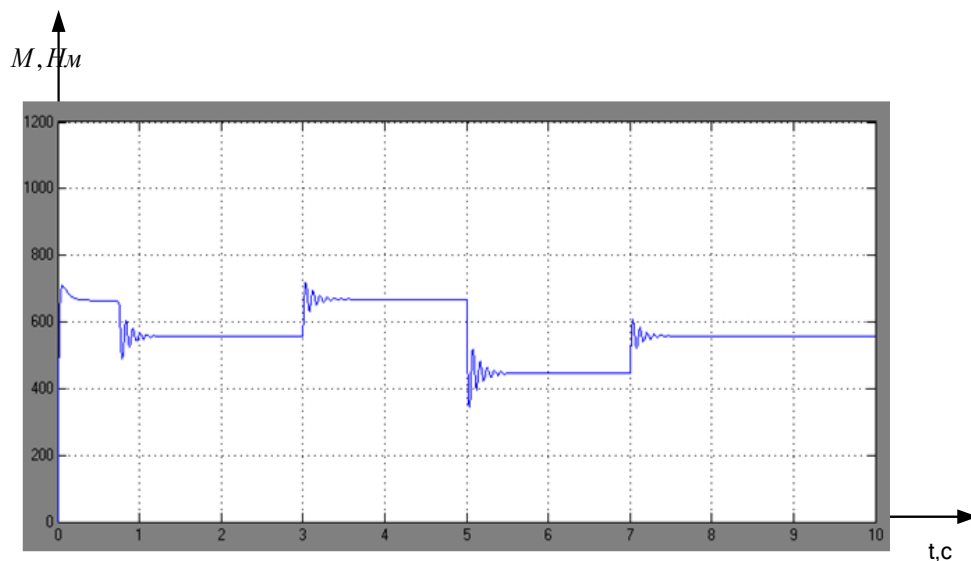


Рисунок 8.3 – Характеристика моменту при зміні навантаження

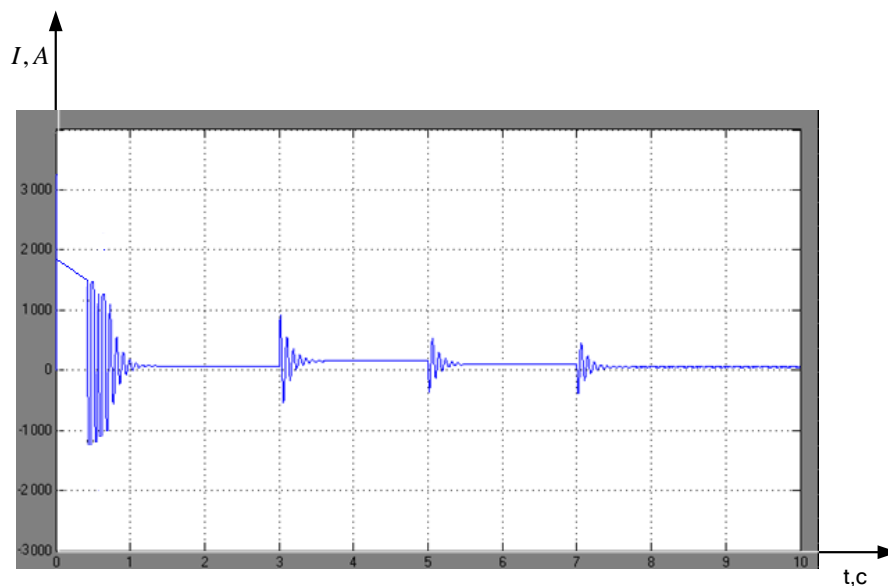


Рисунок 8.4 – Струмова характеристика при зміні навантаження

8.1 Висновки

Перехідні процеси в загальному випадку супроводжується значними по амплітуді піками перехідного електромагнітного моменту, що призводить до додаткових динамічних навантажень в механічній частині електроприводу і може викликати навіть поломку його елементів.

9 РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА

Вивід рівнянь для статичних характеристик двигуна проведемо при наступному допущенні: реакція якоря двигуна не враховується, момент на валу двигуна рівний електромагнітному моменту. Рівняння напруги для кола якоря, вираз ЕРС якоря і електромагнітного моменту записуються в наступному вигляді [8]:

$$U = E + IR, \quad (9.1)$$

$$E = k\Phi\omega, \quad (9.2)$$

$$M = k\Phi I, \quad (9.3)$$

де U – напруга яка подається на якір ($U = 220$ В);

R – повний опір кола якоря:

$$R_E = 0,5(1 - \eta) \frac{U_{ном}}{I_{ном}}, \quad (9.4)$$

де η_{ii} – ККД двигуна .

$$R_E = 0,5(1 - 0,83) \frac{220}{148} = 0,126 \text{ (Ом)},$$

$$k\Phi = \frac{U_{ном} - I_{ном} \cdot R_E}{\omega_{ог}}, \quad (9.5)$$

$$k\Phi = \frac{220 - 148 \cdot 0,126}{62,8} = 3,419.$$

Підставимо вираз (9.4) в (9.5), отримаємо формули для електромеханічної характеристики двигуна $\omega(I)$.

$$\omega = \frac{(U_{ном} - I_{ном} \cdot R_E)}{k\Phi}, \quad (9.6)$$

Формула для механічної характеристики $\omega(M)$ двигуна отримуємо з виразу (9.6) заміною в ньому струму і моменту у відповідності з виразом (9.5):

$$\omega = \frac{U}{k\Phi} - \frac{MR}{(k\Phi)^2}, \quad (9.7)$$

Будуємо електромеханічну характеристику, шляхом знаходження координат з виразу (9.6).

При $I = 0$:

$$\omega_0 = \frac{U}{k\Phi}, \quad (9.8)$$

$$\omega = \frac{220}{3,419} = 62,82(\text{рад/с}).$$

При $\omega = 0$:

$$I_{кз} = \frac{U}{R}, \quad (9.9)$$

$$I_{кз} = \frac{220}{0,126} = 1746,03(\text{А})$$

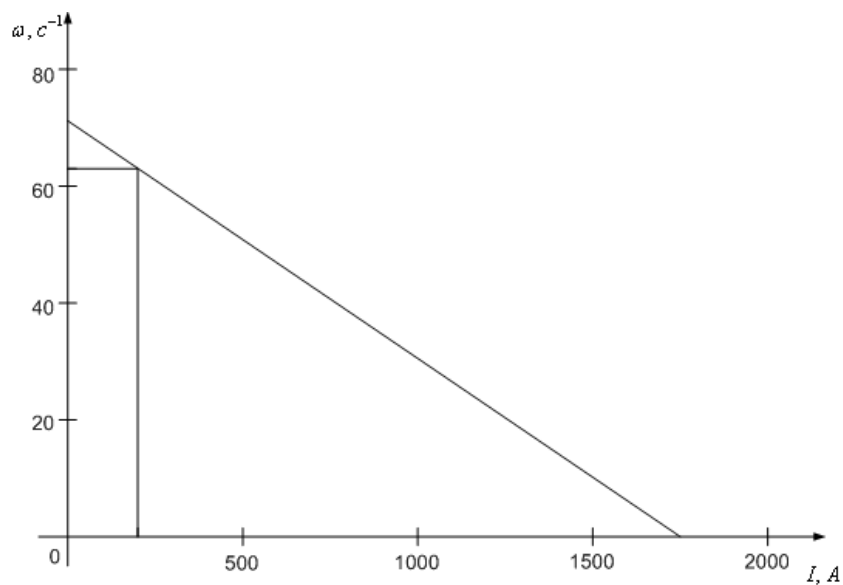


Рисунок 9.1 – Електромеханічна характеристика

Будуємо механічну характеристику двигуна паралельного збудження, шляхом знаходження координат з виразу (8.7).

При $M = 0$:

$$\omega_0 = \frac{U}{k\Phi}, \quad (9.10)$$

$$\omega = \frac{220}{3,419} = 62,82(\text{рад/с}).$$

При $\omega = 0$:

$$M_{кз} = k\Phi I_{кз}, \quad (9.11)$$

$$M_{кз} = 3,419 \cdot 1746,03 = 5969,67(\text{Нм}),$$

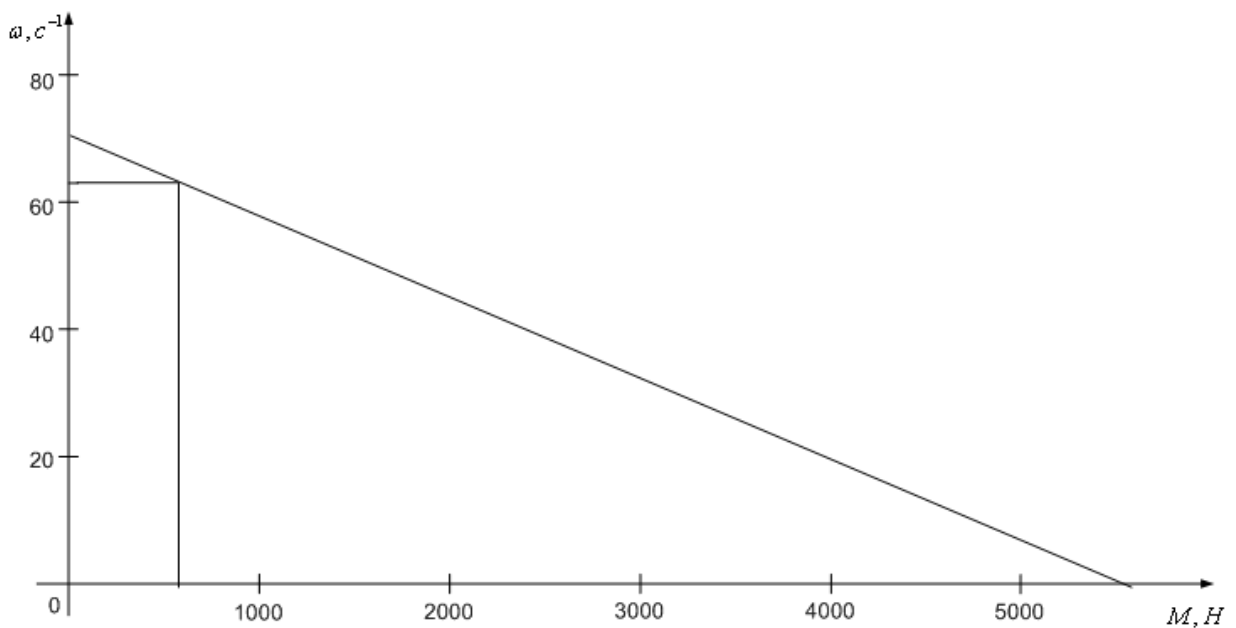


Рисунок 9.2 – Механічна характеристика

9.1 Висновки

В даному розділі були розраховані статичні характеристики електродвигуна: механічна та електромеханічна характеристики при всіх можливих швидкостях роботи електродвигуна.

10 РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ. ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ТА ЯКОСТІ

10.1 Оцінка стійкості

Для визначення стійкості системи побудуємо в програмі Matlab структурну схему стрічкового конвеєра:

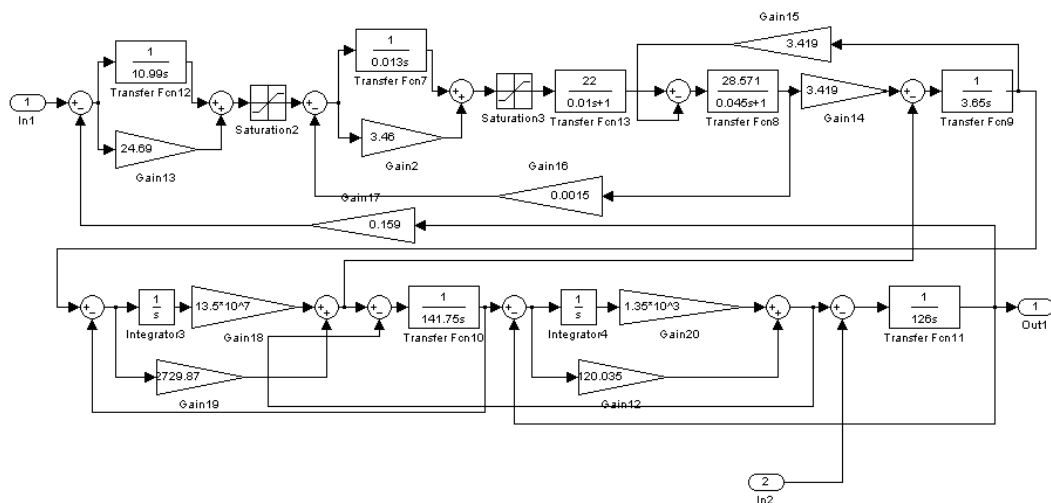


Рисунок 10.1 – Структурна схема системи керування електроприводом стрічкового конвеєра

Використовуючи команди $[a,b,c,d]=\text{linmod}(\text{untitled})$, $\text{sys}=\text{ss}(a,b,c,d)$, $\text{systf}=\text{tf}(\text{sys})$, $\text{margin}(\text{sys})$ отримали ЛАЧХ і ЛФЧХ по збурювальній дії.

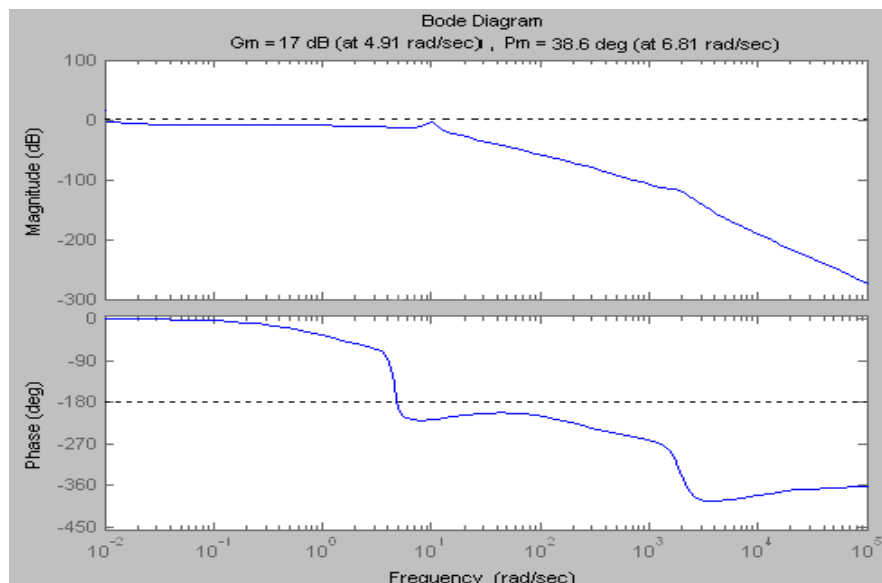


Рисунок 10.2 – Характеристика ЛАЧХ та ЛФЧХ

Знайдені запаси стійкості по амплітуді та по фазі запишемо в таблицю.

Таблиця 10.1 – Запаси стійкості

Gm	17
Pm	38,6

З отриманих ЛАЧХ і ЛФЧХ можна зробити висновок, що дана система є стійкою.

10.2 Оцінка якості

Встановлення того, що система стійка недостатньо для того щоб охарактеризувати ефективність її роботи. Для цього систему потрібно дослідити на якість по збурювальній дії. Використавши команду Matlab step (sys) отримаємо перехідний процес за яким дослідимо систему на якість. Графік перехідної характеристики зображений на рисунку 10.3

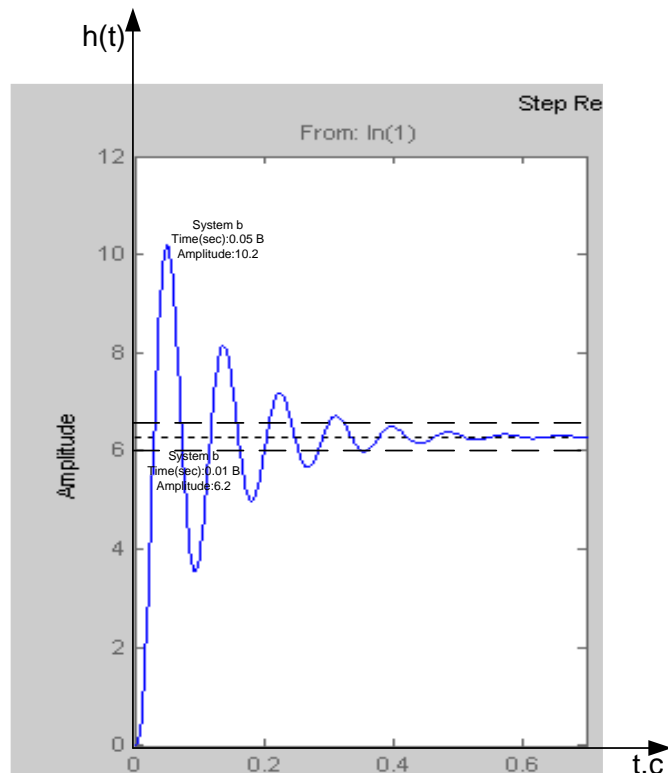


Рисунок 10.3 – Перехідна характеристика по збурювальній дії

По перехідному процесі знайдемо показники якості:

час встановлення:

$$t_{вст} = 0,01(с);$$

усталене значення – значення на якому стабілізується система:

$$H_{уст} = 6,2(с);$$

максимальне значення:

$$H_{max} = 10,2;$$

перерегулювання:

$$\sigma = \frac{H_{max} - H_{уст}}{H_{уст}} \cdot 100\% ,$$

$$\sigma = \frac{10,2 - 6,2}{10,2} \cdot 100\% = 39,21\% .$$

час регулювання:

$$t_{рег} = 0,3;$$

кількість коливань:

$$N = 6;$$

частота коливань:

$$f = \frac{N}{t_p} ,$$

$$f = \frac{6}{0,3} = 20 .$$

Показник перерегулювання складає 39,21%, а кількість коливань 6, можна зробити висновок, що система є якісна а отже і стійкою.

10.3 Висновки

В даному розділі було побудовано динамічні характеристики, окрім того було оцінено стійкість системи, і як видно із вище зазначених графіків – система стійка.

11 ОПТИМІЗАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Ланцюговий транспортер приводиться в дію двигуном Д через редуктор. Барабани транспортеру обертаються зі швидкістю ω_1 , ω_2 відповідно, перший – з номінальною швидкістю 600 об/хв, другий з трішки меншою тому, що в нашому випадку не жорстке щеплення барабанів. За швидкістю обертання слідкують сенсори швидкості СШ1 та СШ2, які подають сигнали на мікроконтролер де сигнал порівнюється із заданим значення швидкості.

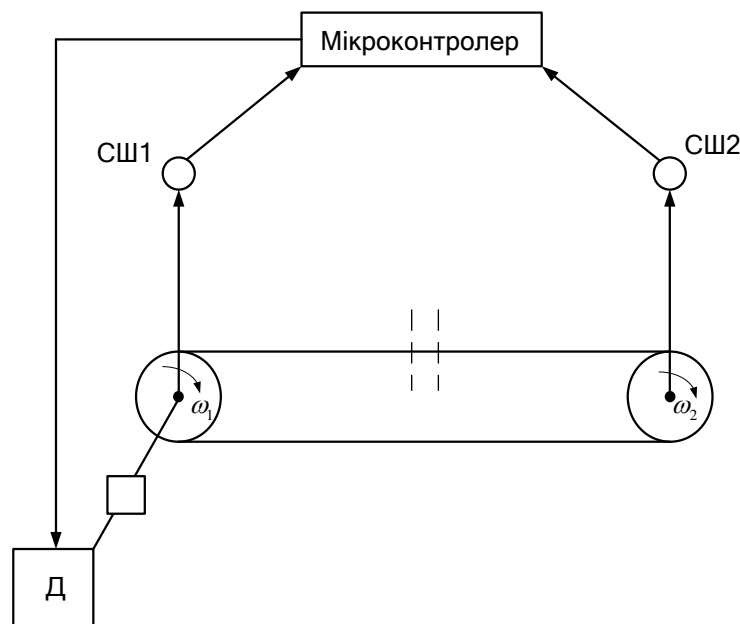


Рисунок 11.1 – Схема функціональна ланцюгового транспортеру

Якщо барабани обертаються з майже однаковою швидкістю, тобто:

$$|\omega_1 - \omega_2| < \Delta\omega,$$

то транспортер працює в нормальному режимі роботи.

У випадку, якщо сталася аварія (наприклад розрив ланцюга) відповідно сигнал, що надходить на мікроконтролер стає більшим від заданого, тобто:

$$|\omega_1 - \omega_2| > \Delta\omega.$$

В результаті цього на двигун поступає сигнал і він зупиняється.

Виберемо мікроконтролер з типом модуля Zelio Logic SR3B261BD, з параметрами, які приведені в таблиці 11.1:

Таблиця 11.1 – Параметри мікроконтролера

U, B	Дискретні входи	Комбіновані входи	Дискретні виходи	Дисплей, клавіатура	Таймер
24	10	6 (0-10В)	10	+	+

Мікроконтролер має вигляд:

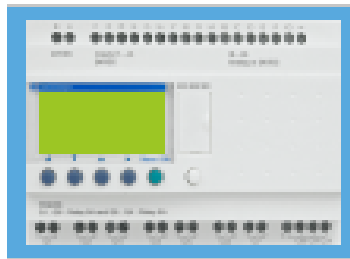


Рисунок 11.2 – Мікроконтролер типу SR3B261BD

На рисунку 11.3 представлена принципова схема ланцюгового транспортеру.

Живлення здійснюється від трифазної мережі. Напряга живлення підводиться до ТП, який перетворює змінну напругу в постійну, через понижуючий трансформатор TV.

При подачі живлення на мікроконтролер замикається контакт 2_1 в результаті чого відбувається запуск двигуна.

Двигун приводить в дію перший барабан транспортеру, за обертами якого слідує тахогенератор BR1. Відповідно при обертанні першого барабану обертається й другий, за його швидкістю слідує тахогенератор BR2.

Сигнали з виходів тахогенераторів надходять на входи мікроконтролера I_2 , I_3 . Якщо сталася аварія (другий барабан зупиняється) на вхід

мікроконтролера I_3 не надходить сигнал, з виходу Q_3 подається сигнал на двигун і він зупиняється.

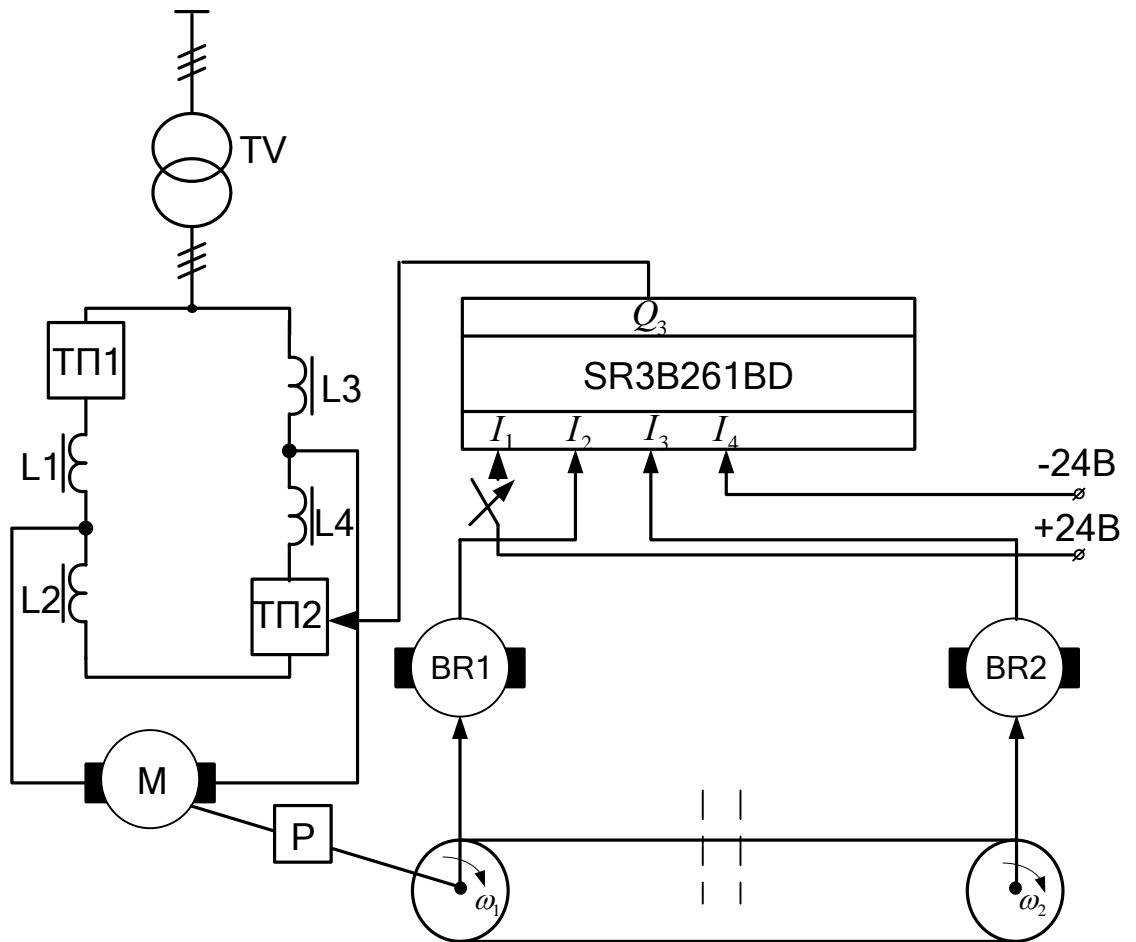


Рисунок 11.3 – Схема принципова стрічкового конвеєра

В програмі ZelioSoft 2 напишемо програму для мікроконтролера типу SR3B261BD (додаток Б).

Дана програма працює так: подається живлення на контакт I_1 в результаті чого запускається двигун. В цей час на екран мікроконтролера виводиться повідомлення “zapusk”.

Майже одночасно, при спрацюванні таймера $T1$ замикається контакт $T1$ та подається сигнал $SQ2$ та $SQ3$ (сенсори швидкості $CSH1$ та $CSH2$). На екран мікроконтролера виводиться повідомлення “w1,w2”. Двигун

обертається з номінальною швидкістю відповідно транспортер працює в нормальному режимі роботи.

У випадку якщо сталася аварія спрацьовує таймер ТТЗ, замикається контакт ТЗ. Це свідчить про зупинку другого барабана транспортеру, сигнал надходить на RQ3 – двигун зупиняється. На екран мікроконтролера виводиться повідомлення “avaria”.

11.1 Висновки

В даному розділі було здійснено оптимізацію та проведення моделювання режимів роботи електропривода ланцюгового транспортеру. Крім того, було розроблено програму керування мікроконтролера, що здійснює керування роботою електропривода.

12 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі використаємо метод порівняння економічної ефективності для визначення доцільності та економічності використання нового обладнання та технологічних процесів. При застосуванні цього методу основними показниками є величина мінімуму приведених затрат Z , яка є сумою річних експлуатаційних затрат C , і капітальних вкладень K , приведених до однієї розмірності в відповідності з нормативними коефіцієнтами ефективності E_n .

$$Z = C + E_n \cdot K, \quad (12.1)$$

Коефіцієнт ефективності E_n може складати від 0,08 до 0,15 в залежності від виду об'єкта. В нашому випадку для визначення ефективності нової техніки $E_n = 0,15$.

Розрахуємо річний економічний ефект, оскільки він є основним показником ефективності виробничого варіанту:

$$E_p = Z_B + Z_H = (C_B + E_n \cdot K_B) - (C_H + E_n \cdot K_H), \quad (12.2)$$

де "Б" "Н" відноситься до базового і нового варіантів.

Визначення річної ефективності від впровадження нової техніки дає найбільш новий результат при розрахунку по виразу:

$$E = (Z_B + Z_H) + (Y_B - Y_H), \quad (12.3)$$

де Y – річна величина можливих витрат, обумовлена аварійними системами, простотою її основних і оборотних фондів, обслуговування персоналу.

Строк окупності додаткових капітальних затрат розраховують при оцінці ефективності використання нового варіанта:

$$T_{OK} = \frac{K_H - K_B}{Z_H - Z_B}. \quad (12.4)$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{1}{T_{OK}} . \quad (12.5)$$

12.1 Визначення величини затрат запропонованого варіанту

Для визначення затрат нового варіанту приведемо кошторис на обладнання для базового і нового варіантів.

Таблиця 12.1 – Кошторис витрат на електроустаткування базового і нового варіанту

Найменування електрообладнання	№	Кошторисна вартість			
		Базова		Нова	
		За шт.,грн	Всього, грн	За шт.,грн	Всього, грн
Тиристорний перетворювач	1	179950,85	179950,85	179950,85	179950,85
Двигун Д 810	1	333242,32	333242,32	333242,32	333242,32
Мікроконтролер	1	-	-	4941,49	4941,49
Трансформатор ТПС-63/0,7	1	40760,09	40760,09	40760,09	40760,09
Всього			553953,26		558894,75
Транспортні витрати 7%			38776,73		39122,63
Всього ціна обладнання			592729,99		598017,38
Монтажні роботи 5%			29636,50		29900,87
Капітальні витрати			622366,49		627918,25

12.2 Розрахунок основного фонду заробітної плати

Розрахуємо фонд заробітної праці використовуючи існуючий тариф. Так як кожна установка є установкою з напругою до 1000 В, де напруга живлення $U=220$ В , то згідно ПУЕ обслуговувати дану установку може робітник у якого

розряд не нижче четвертого, а група допуску не нижче третього по електробезпеці.

Тарифна ставка першого розряду $ТС_1 = 40$ грн/год.

Тарифний коефіцієнт 4 розряду на сьогодні складає 2,03, тому:

$$ТС_4 = 2,03 \cdot 44 = 81,2 (\text{грн/год}).$$

$$З_T = ТС_4 \cdot m, \quad (12.6)$$

де m – кількість робочих годин в місяць ($m = 250 \cdot 8 = 2000$ год).

$$З_T = 81,2 \cdot 2000 = 162400 (\text{грн}).$$

Оплата праці за професійну та майстерну діяльність.

$$П_{\text{ПМ}} = \frac{З_T \cdot Н_{\text{ПМ}}}{100}, \quad (12.7)$$

де $Н_{\text{ПМ}}$ – надбавка за професійну діяльність (для працівників з четвертим розрядом 10%).

$$П_{\text{ПМ}} = \frac{162400 \cdot 10}{100} = 16240 (\text{грн}).$$

Оплата праці за шкідливих умов праці:

$$П_{\text{УП}} = \frac{З_T \cdot Н_{\text{УП}}}{100}, \quad (12.8)$$

де $Н_{\text{УП}}$ – надбавка за умови праці, що для четвертого розряду складають 17%.

$$П_{\text{УП}} = \frac{162400 \cdot 17}{100} = 27608 (\text{грн}).$$

Всього постійна заробітна плата складає:

$$З_{\text{пост}} = З_T + П_{\text{ПМ}} + П_{\text{УП}}, \quad (12.9)$$

$$З_{\text{пост}} = 162400 + 16240 + 27608 = 206248 (\text{грн}).$$

Оплата премій:

$$\Pi_{\text{ПР}} = \frac{З_{\text{пост}} \cdot K}{100}, \quad (12.10)$$

де K – коефіцієнт премії $K=32\%$.

$$\Pi_{\text{ПР}} = \frac{206248 \cdot 32}{100} = 65999,36(\text{грн}).$$

Доплата за роботу у святкові дні:

$$\Pi_{\text{СВ}} = 2 \cdot T_{\text{ЯВ}} \cdot N \cdot K_{\text{ЯВ}}, \quad (12.11)$$

де $T_{\text{ЯВ}}$ – тарифна ставка за зміну ($T_{\text{ЯВ}} = 81,2 \cdot 8 = 649,6(\text{грн})$);

N – кількість святкових днів ($N=10$ днів);

$K_{\text{ЯВ}}$ – коефіцієнт явочної кількості робітників ($K_{\text{ЯВ}} = 1$).

$$\Pi_{\text{СВ}} = 2 \cdot 649,6 \cdot 10 \cdot 1 = 12992(\text{грн}).$$

Всього основна заробітна плата становить:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{пост}} + \Pi_{\text{ПР}} + \Pi_{\text{СВ}}, \quad (12.12)$$

$$З_{\text{осн}} = 206248 + 65999,36 + 12992 = 285239,36(\text{грн}).$$

Додаткова заробітна плата:

$$З_{\text{дод}} = З_{\text{пост}} \cdot 0,1, \quad (12.13)$$

$$З_{\text{дод}} = 285239,36 \cdot 0,1 = 28523,94(\text{грн}).$$

Загальний фонд заробітної плати складає:

$$З_{\text{заг}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{дод}}, \quad (12.14)$$

$$З_{\text{заг}} = 285239,36 + 28523,94 = 313763,3(\text{грн}).$$

12.3 Розрахунок експлуатаційних витрат для базового і нового варіантів

За кошторисом витрат на електроустаткування величина капіталовкладень складає:

- для базового варіанта:

$$K_B = 622366,49(\text{грн}),$$

- для нового варіанта:

$$K_H = 627918,25(\text{грн}).$$

Витрати на електроенергію при встановленні частотного перетворювача зменшаться, оскільки при регулюванні (зменшенні) швидкості обертання двигуна зменшується і кількість енергії, яку споживає двигун

$$Z_{\text{енб}} = P \cdot \Phi \cdot m_0 \cdot K, \quad (12.15)$$

де P – потужність двигуна ($P=35(\text{кВт})$);

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

m_0 – кількість робочих днів в рік ($m_0 = 251$ день);

K – вартість електроенергії ($K=6,07(\text{грн})$).

$$Z_{\text{енб}} = 35 \cdot 8 \cdot 251 \cdot 6,07 = 426599,6(\text{грн}),$$

$$Z_{\text{енн}} = Z_{\text{енб}} - 0,4 \cdot Z_{\text{енб}}, \quad (12.16)$$

$$Z_{\text{енн}} = 426599,6 - 0,4 \cdot 426599,6 = 255959,76(\text{грн}).$$

Витрати на поточний ремонт обладнання. При використанні ТП зменшуються пускові струми, втрати в кабелях, збільшує надійність всієї установки, тобто кількість поломок зменшується, а отже надійність системи

електропривода зростає. Заплановані витрати на поточний ремонт і обслуговування при базовому варіанті становить 5%, а при новому 3,5%.

$$Z_{pb} = 0,05 \cdot K_{\sigma}, \quad (12.17)$$

$$Z_{pb} = 0,05 \cdot 622366,49 = 31118,32(\text{грн}),$$

$$Z_{pn} = 0,035 \cdot K_n, \quad (12.18)$$

$$Z_{pn} = 0,035 \cdot 627918,25 = 21977,14(\text{грн}).$$

Амортизаційні відрахування:

$$Z_a = \sum N_a \cdot K_i, \quad (12.19)$$

де N_a – норма амортизаційних відрахувань ($N_a = 10\%$).

$$Z_{ab} = 0,1 \cdot 622366,49 = 62236,65(\text{грн}),$$

$$Z_{an} = 0,1 \cdot 627918,25 = 62791,83(\text{грн}),$$

Витрати на допоміжні матеріали для ремонту обслуговуючого ремонт при базовому варіанті 20%, а при новому 5% від фонду оплати праці.

$$Z_m = 0,2 \cdot Z_{zag}, \quad (12.20)$$

$$Z_{mb} = 0,2 \cdot 313763,3 = 62752,66(\text{грн}),$$

$$Z_{mn} = 0,05 \cdot 313763,3 = 15688,16(\text{грн}).$$

Повні експлуатаційні затрати:

$$Z_e = Z_{enb} + Z_{br} + Z_{ab} + Z_{mb} + Z_{zag}, \quad (12.21)$$

$$Z_{eb} = 426599,6 + 31118,32 + 62236,65 + 62752,66 + 313763,3 = 896470,53(\text{грн}),$$

$$Z_{en} = 255959,76 + 21977,14 + 62791,83 + 15688,16 + 313763,3 = 670180,18(\text{грн}).$$

12.4 Розрахунок економічної ефективності

Розрахунок абсолютної ефективності за експлуатаційними витратами:

$$Z_{\text{еф}} = Z_{\text{об}} - Z_{\text{ен}}, \quad (12.22)$$

$$Z_{\text{еф}} = 896470,53 - 670180,18 = 226290,34 (\text{грн}).$$

Термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{н}} - K_{\text{б}}}{Z_{\text{еф}}}, \quad (12.23)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{627918,25 - 622366,49}{226290,34} = 0,4 (\text{роки}).$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (12.24)$$

$$E = \frac{1}{0,4} = 2,36.$$

12.5 Висновки

В даному розділі було розраховано величину затрат запропонованого варіанту системи керування, фонд заробітної плати, експлуатаційні витрати для базового та нового варіантів, а також економічна ефективність. Згідно проведених розрахунків термін окупності нової системи складає 0,4 роки, що є досить добре для покращення

13 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даній магістерській роботі розглядається модернізація електропривода ланцюгового транспортеру. Охорона праці – це система правових, економічних, організаційно-технічних, санітарно гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини під час трудової діяльності.

Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Економічне значення охорони праці визначається ефективністю заходів з покращення умов і підвищення безпеки праці та є економічним виразом соціальної значущості охорони праці.

На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який обслуговує обладнання для виготовлення та наладки модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, у відповідності з їх класифікацією [ГОСТ 12.0.003-74].

1) фізичні:

- підвищена запыленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;

- пряма і відбита блискучість.
- 2) психофізіологічні:
 - фізичні перевантаження (динамічні);
 - нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, монотонність праці).

13.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

13.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць у приміщенні для ТО

Приміщення для виготовлення та наладки модернізації електропривода ланцюгового транспортеру наведено на рисунку 13.1.

Загальна площа складає 120 м², в трьох виробничих приміщеннях розташовано 6 робочих місць, отже, площа на одного працівника складає 20 м², що відповідає нормованому значенню не менше 6 м².

Вимоги безпеки під час виконання робіт

1. Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати при собі посвідчення про перевірку знань з питань охорони праці. У разі відсутності посвідчення або наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки, працівник до роботи не допускається.

2. Роботи в електроустановках щодо заходів безпеки діляться на 3 категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмоведучих частинах або поблизу них;
- без зняття напруги далеко від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

3. Працівники, зайняті виконанням спеціальних видів робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, повинні бути навчені безпечному

виконанню таких робіт і мати відповідний запис у посвідченні про перевірку знань.

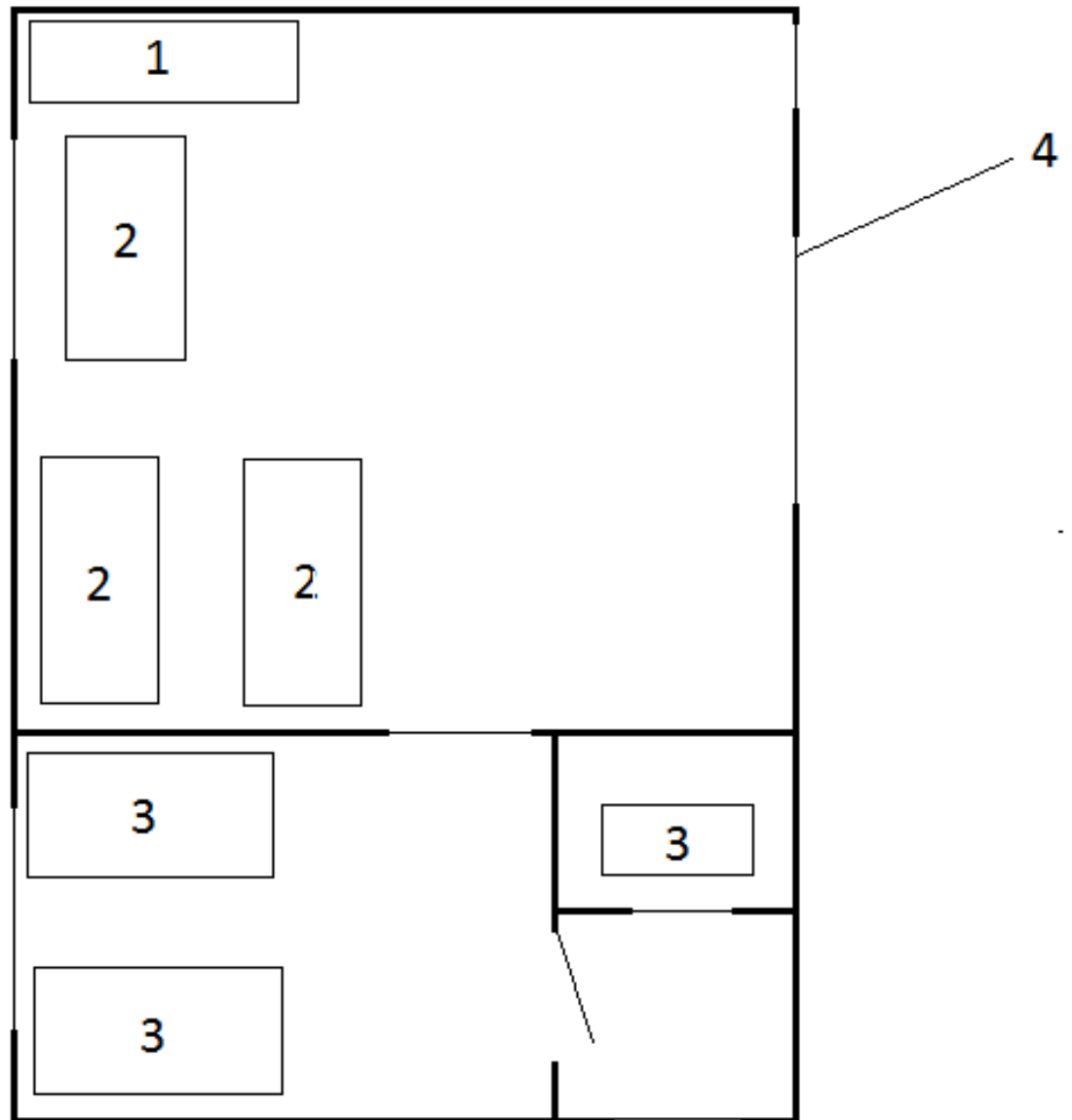


Рисунок 13.1 – Зображення приміщення і робочих місць

- де:
- 1 – шафа для працівників);
 - 2 – обладнання для ремонту ;
 - 3 – столи для наладки контролерів та перевірки;
 - 4 – ролет для завезення ланцюгового транспортеру.

4. Працівник, який обслуговує закріплені за ним електроустановки напругою до 1000 в одноосібно, повинен мати III групу з електробезпеки.

5. Під час виконання робіт в електроустановках необхідно виконувати організаційні заходи, які забезпечують безпеку робіт:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням згідно переліку робіт, які виконуються в порядку поточної експлуатації;

- підготовку робочих місць;

- допуск до роботи;

- нагляд під час виконання робіт;

- переклад на інше робоче місце;

- оформлення перерв у роботі та її закінчення.

6. Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід застосувати, в зазначеному порядку, наступні технічні заходи:

- провести необхідні відключення і вжити заходів, які виключають помилкове або мимовільне включення комутаційної апаратури;

- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;

- перевірити відсутність напруги на струмоведучих частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;

- встановити заземлення (включити заземлювальні ножі, застосувати переносні заземлення);

- обгородити, при необхідності, робочі місця або струмоведучі частини, які залишилися під напругою, і вивісити на огорожах плакати безпеки.

Залежно від місцевих умов, струмоведучі частини обгородити до або після їх заземлення.

7. Роботи без зняття напруги на струмоведучих частинах або поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, один з них керівник робіт повинен мати групу IV; інші групу III з обов'язковим оформленням роботи нарядом-допуском або розпорядженням.

8. Під час зняття і встановлення запобіжників під напругою в електроустановках напругою до 1000 В необхідно попередньо вимкнути всі навантаження, які живляться через зазначені запобіжники; користуватися при цьому ізолюючими кліщами або діелектричними рукавичками, а при наявності відкритих плавких вставок також і захисними окулярами.

9. Роботу із застосуванням драбин слід виконувати удвох, один з працівників повинен знаходитися знизу. Стояти на ящиках або інших предметах забороняється. У разі установки приставних драбин на балках, елементах металевих конструкцій і т.п. необхідно надійно закріпити верхівку і низ драбини на конструкціях.

В процесі обслуговування і ремонту електроустановок застосування металевих драбин забороняється.

13.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення приміщення для обстеження, технічного обслуговування та оперативного ремонту модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 - 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

- розміщувати неізольовані струмовідні 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 призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

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 ізолюваними 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.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

Для надання першої медичної допомоги при нещасних випадках повинна бути аптечка з набором необхідних перев'язочних матеріалів та медикаментів.

13.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

13.2.1 Мікроклімат

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

Таблиця 13.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Іа.

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху
		Допустима			
		Верхня межа	Нижня межа		
		На робочих місцях			
		Не Постійних	Не постійних		
Холодний	Легка Іб	25	17	75	0.1
Теплий	Легка Іб	30	19	65	0.2-0.6

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

13.2.2 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 13.2- Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування Речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпеки
	Максимально 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 проводити генеральне прибирання всіх областей, включаючи кроквяні ноги, з використанням продувки або пилососа.
- при високих концентраціях обробляти області по частинам.

Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу при продувках.

Планувати продувки або прибирання так щоб вони приходилось на час коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

13.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на природне та штучне освітлення.

Нормовані значення згідно ДБН В.2.5-28:2018 наведемо в таблиці 13.3.

Природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО при природному та сумісному освітленнях.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

13.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (13.1)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Таблиця 13.4 – Допустимі рівні шуму

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо герметичними частотами, Гц								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних Робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства.	107	95	87	82	78	75	73	71	69

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».

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

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».

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.

13.2.5 Вібрації

Вібрація – механічні коливання машин, обладнання, інструменту. Зіткнення їх з тілом працівника призводить до коливання рук, ніг, спини або всього організму.

Джерелами вібрації є ручні механізовані машини ударної, ударно-обертової та обертової дії з пневматичним або електричним приводом.

Джерелами вібрації в громадських будівлях є інженерне і санітарно-технічне обладнання.

Таблиця 13.5 - Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	<u>1,3</u>	<u>0,45</u>	<u>0,22</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	108	99	93	92	92	92				

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 13.6.

Таблиця 13.6 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальні	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;

- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

13.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я від 11 серпня 2014 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах і т. ін.) від 10% до 25% часу зміни; знаходження в позі стоячи від 60% до 80% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 1500

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 101 –300

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

Інтелектуальні навантаження: Рішення складних завдань з вибором за відомим алгоритмом (робота за серією інструкцій)

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальним значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів, Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання, Робота в умовах дефіциту часу

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 51 -75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 176–300

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження 11-25

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) 3-4

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 70% до 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 20-25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки Несе відповідальність за функціональну якість основної роботи (завдань). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади та ін.)

Ступінь ризику для власного життя

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 5-2

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 24-2

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 91-95

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 10– 12

Змінність роботи Тризмінна робота (робота у нічну зміну)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість

Перерви нерегламентовані або недостатньої тривалості до 3% часу зміни

13.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру в умовах дії загрозливих чинників в надзвичайних ситуаціях

Забезпечення стійкої роботи модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру в умовах надзвичайних ситуацій є одним із головних завдань в процесі проектування. Серед всіх чинників надзвичайних ситуацій, що можуть виникнути і вивести з ладу модернізований електропривод ланцюгового транспортеру можна виділити найзагрозливіші три: вплив електромагнітного імпульсу, іонізуючих випромінювань і температурний вплив при пожежі в наслідок короткого замкнення у автомобілі.

Гамма-випромінювання є найнебезпечнішим джерелом енергії, воно проникає у повітрі на відстань сотень метрів. Бета-випромінювання проникає в повітрі на відстань кількох метрів, а в живих тканинах кількох міліметрів. Альфа-частинки мають найкоротший радіус дії (кілька сантиметрів у повітрі, 0,1 мм у тканинах), а тому небезпечні лише у разі безпосереднього контакту з слизовими оболонками. Особливим видом іонізуючого випромінювання є нейтронне випромінювання (n), яке має місце при деяких діленнях урану або плутонію. Опромінення системи призводить до зміни струму та коефіцієнтів підсилення, також вплине на конденсатори в них понизиться напруга пробою і опір витоку, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність а також тангенс кута витрат.

В результаті дії ЕМІ імпульс струму чи напруги проникає в систему і спричиняє пошкодження, ступінь яких залежить від чутливості складових системи вузлів. Серйозні пошкодження викликає ЕМІ в роботі цифрових і контрольно-вимірювальних приладів.

Дія електромагнітного імпульсу може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання автомобіля. Проведемо дослідження стійкості роботи модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру

13.3.1 Дослідження стійкості роботи системи керування електропривода ланцюгового транспортеру в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій стійкості роботи системи, що розробляється, приймається допустима доза $D_{\text{доп}}(P)$ або граничне значення рівня радіації $P_{\text{гр}}(P/\text{год})$, при яких система буде нормально працювати.

Визначаємо граничні значення дози опромінення $D_{\text{гр}}$, для елементної бази системи, при яких виникають незворотні зміни. Отриманні данні заносимо в таблицю 13.7.

Таблиця 13.7 – Граничні значення експозиційних доз модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру

№	Блоки ЕП	Елементи системи ЕП	$D_{\text{гр}i}(P)$	$D_{\text{гр}}(P)$
1	Блок управління	Мікросхеми	10^5	10^4
2	Блок живлення	Конденсатори (K75-1021-9)	10^6	
		Резистори (ОСС2-35, С2-23)	10^5	
3	Блок підсилення	Транзистори (СМ600НА-5F)	10^4	
		Діоди (0,5W BZX79-C10V)	10^4	

По мінімальному значенню допустимої дози, при якій в елементній базі виникають необоротні зміни, визначаємо границю безпеки роботи РЕА в цілому. Проаналізувавши дані таблиці 13.1, робимо висновок, що самим уразливим елементом модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру з мінімальною дозою $D_{гр}=10^4$ Р є транзистори та діоди.

Визначаємо можливу дозу опромінення D_m за формулою :

$$D_m = \frac{2 \cdot P_1 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{п}})}{k_{осл}} , \quad (13.2)$$

де P_1 – максимальне значення рівня радіації ($P_1=5,71$ Р/год) ;

t_k – час кінця опромінення ($t_k = 87600$ год) ;

$t_{п}$ – час початку опромінення ($t_{п} = 1$ год) ;

$k_{осл}$ – коефіцієнт послаблення радіації будинком ($k_{осл} = 1$).

$$D_m = \frac{2 \cdot 5,71 \cdot (\sqrt{87600} - 1)}{1} = 3368,59(P).$$

Оскільки $D_{ф} > D_m (10^4 > 3368,59)$, то дана система модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру стійка до дії радіації. Визначимо допустимий час роботи в заданих умовах за формулою:

Визначимо допустимий час роботи системи в заданих умовах за формулою :

$$t_d = \left(\frac{D_{гр} \cdot k_{осл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{t_{п}}}{2 \cdot P_1} \right)^2 , \quad (13.3)$$

$$t_d = \frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 5,71 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 5,71} = 876,66.$$

Отже, можливо доза опромінення елементної бази $D_m = 3368,59 \text{ Р}$, а допустима – 10^4 Р . Отже, система є стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи системи в заданих умовах становить 876,66 год, при рівні радіації $5,71 \text{ Р/год}$.

13.3.2 Дослідження стійкості роботи електропривода ланцюгового транспортеру в умовах дії електромагнітного імпульсу

Визначимо горизонтальну складову напруженості електричного поля:

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} \cdot E_B, \quad (13.4)$$

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} \cdot 10320 = 10,32 \text{ (В/м)}.$$

На кожній ділянці визначається максимальна довжина струмопровідних частин (в горизонтальних і вертикальних частинах) $l_B = 1 \text{ м}$, $l_{\Gamma} = 1,5 \text{ м}$.

Напруга наводок:

$$U_B = E_{\Gamma} \cdot l_B = 10,32 \cdot 1 = 10,32 \text{ (В)},$$

$$U_{\Gamma} = E_B \cdot l_{\Gamma} = 10320 \cdot 1,5 = 12384 \text{ (В)}.$$

Визначимо допустимі коливання напруги живлення для різних блоків:

$$U_d = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N, \quad (13.5)$$

де N – відсоток допуску.

$$U_{d1} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 5 = 5,25 \text{ (В)},$$

$$U_{d2} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6 \text{ (В)},$$

$$U_{d3} = 80 + \frac{80}{100} \cdot 5 = 84(\text{В}).$$

Визначимо коефіцієнти безпеки для кожної ділянки:

Горизонтальної:

$$K_{\text{гр1}} = 20 \lg \frac{5,25}{12384} = -67,4(\text{дБ}),$$

$$K_{\text{гр2}} = 20 \lg \frac{12,6}{12384} = -59,8(\text{дБ}),$$

$$K_{\text{гр3}} = 20 \lg \frac{84}{12384} = -43,3(\text{дБ}).$$

Вертикальної:

$$K_{\text{бв1}} = 20 \lg \frac{5,25}{10,32} = -5,8(\text{дБ}),$$

$$K_{\text{бв2}} = 20 \lg \frac{12,6}{10,32} = 1,7(\text{дБ}),$$

$$K_{\text{бв3}} = 20 \lg \frac{84}{10,32} = 18,2(\text{дБ}).$$

Отримані дані заносимо в таблицю 13.8.

Таблиця 13.8 – Значення коефіцієнтів безпеки електропривода

№	Найменування	$K_{\text{гр}}$, дБ	$K_{\text{бв}}$, дБ	Результат дії
1	Блок живлення, 5В	-69,4	-5,8	Нестійкий
2	Блок живлення, 12 В	-59,8	1,7	Нестійкий
3	Силові елементи, 80 В	-43,3	18,2	Нестійкі

Границя стійкості системи керування $K_{\text{бmin}} = -67,4$ дБ, а $K_{\text{бгр}} = 38,8$ дБ.

Отже, система модернізованого електропривода ланцюгового транспортера є нестійкою в умовах дії електромагнітного випромінювання.

Для підвищення стійкості необхідно використовувати екранування РЕА.

13.4 Розробка превентивних засобів по підвищенню стійкості роботи модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру в умовах надзвичайних ситуацій

Перехідне гасіння енергії електричного поля екраном для сталі:

$$A=40-K_{\text{бр}}, \quad (13.6)$$

Для БЖ:

$$A_1 = 40 + 67,4 = 107,4 \text{ (дБ)};$$

Для БУ:

$$A_2 = 40 + 59,8 = 99,8 \text{ (дБ)};$$

Для БС:

$$A_3 = 40 + 43,3 = 83,3 \text{ (дБ)}.$$

Розрахуємо товщини захисних екранів:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (13.7)$$

де f – найбільш характерна частота, ($f = 15$ кГц).

Для БЖ:

$$t_1 = \frac{107,4}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,15 \text{ (см)};$$

Для БУ:

$$t_2 = \frac{99,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,15 \text{ (см)};$$

Для БС:

$$t_3 = \frac{83,3}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,13 \text{ (см)}.$$

Отже, при екрануванні блоку живлення та блоку управління з використанням екрану 0,15 см зі сталі, система керування буде стійкою в

умовах дії електромагнітного випромінювання, при екрануванні силових елементів з використанням екрану товщиною 0,13 см, силові елементи будуть стійкими в умовах дії електромагнітного випромінювання [12].

Отже, після проведення розрахунків визначено, що стійкість роботи системи автоматики стійка при заданому рівні радіації 5,71 Р/год. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою. Застосування екранування РЕА суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного випромінювання.

В результаті застосування екранів система буде працювати стійко аж до значення напруженості вертикальної складової 11,5 кВ/м. Ще одним варіантом підвищення стійкості апаратури до дії випромінювання є зменшення струмопровідних провідників (їх довжини) шляхом вдосконалення схем устаткування РЕА. Крім цього необхідно екранувати кабелі живлення, а також застосовувати прилади, які б вимикали радіотехнічні схеми на період впливу радіації.

13.5 Висновки

В даному розділі було розглянуто охорону праці та безпеку у надзвичайних ситуаціях. У розділі з охорони праці було розглянуто безпечну експлуатацію об'єкта, електробезпеку, технічні рішення з гігієни праці та робочої санітарії, склад повітря робочої зони, освітлення, шум, вібрації та психофізіологічні фактори. У розділі з цивільного захисту нами було проведено дослідження безпеки роботи модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру. Описано вплив та наслідки дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу на працездатність системи електропривода. Після проведення розрахунків визначено, що стійкість роботи системи управління стійка при заданому рівні радіації 5,71 Р/год. До дії ЕМІ система управління виявилась нестійкою.

В ході роботи було визначено коефіцієнти безпеки, які для горизонтальної та вертикальної ділянки блока живлення 5В становлять -69,4 та -5,8 дБ, блока живлення 15В – 59,8 та 1,7 відповідно і силових елементів - 43,3 і 18,2 та досягають номінального значення в 40 дБ.

Для досягнення граничного коефіцієнта безпеки, а відповідно безпечної роботи модернізованого електропривода ланцюгового транспортеру було запропоновано ряд заходів, розраховано товщину захисного екрана, для блока живлення 5В – 0,15мм, для блока живлення 15В – 0,15 мм., а для силових елементів 0,13 мм.

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень отримано такі наукові та практичні результати.

У галузі теоретичних та експериментальних досліджень:

1. Проведено огляд існуючих методів і засобів керування електроприводами стрічкових конвеєрів. На даному етапі розвитку теорії та техніки актуальним і перспективним є створення нових методів і засобів керування електроприводами ланцюгових транспортерів.

2. Проаналізовано існуючі математичні моделі для керування електроприводами стрічкових конвеєрів, за допомогою яких забезпечуються бажані результати. Дані моделі мають обмеження щодо їх застосування, тому на основі проведеного аналізу були розроблені математичні моделі для керування електроприводами ланцюгових транспортерів.

3. Дістали подальший розвиток алгоритмічне та апаратне забезпечення систем керування електроприводами стрічкових конвеєрів.

У галузі практичного застосування:

1. За розробленою математичною моделлю синтезовано структурні схеми засобів для покращення характеристик керування електроприводами стрічкових конвеєрів.

2. Розроблено структуру мікропроцесорного засобу для здійснення керування електроприводами стрічкових конвеєрів з врахуванням струму, який через нього протікає, та швидкості обертання двигуна, в залежності від забезпеченого навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конвеєр [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.slovnyk.ua/index.php?swrd=конвеєр>.
2. О.О. Дереза Машини безперервного транспорту. – Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. – 108 с.
3. Механізація переробки і зберігання сільськогосподарської продукції: Навч.посібник / О.В. Якубовський, Р. Я. Натуркач, М.Л. Гордецька. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 364 с.
4. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції : Навч. Посібник. / О.В. Дацишин, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач За ред. О.В. Дацишина – К.: Мета, 2003. – 288 с.
5. Simovert Masterdrives Application Manual [Електронний ресурс] // Siemens. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/706/103153706/att_161/v1/Applikationshandbuch_e.pdf.
6. Промисловість та виробництво: Конвеєри і транспортери [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://bukvar.su/promyshlennost-proizvodstvo/90617-Konveiyery-itransportery.html>.
7. Розрахунки підймальних і транспортувальних машин / В. С.Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, та ін. // Підйомно-транспортні машини: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, та ін.. – Київ: Вища школа, 2009. – С. 734. Додаток LXXXIX.
8. Розрахунки підймальних і транспортувальних машин / В. С.Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, та ін. // Підйомно-транспортні машини: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, та ін.. – Київ: Вища школа, 2009. – С. 734. Додаток LXXXV.

9. Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин / В. С.Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, та ін. // Підйомно-транспортні машини: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, та ін.. – Київ: Вища школа, 2009. – С. 734: 495 с.

10. Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин / В. С.Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, та ін. // Підйомно-транспортні машини: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник, та ін.. – Київ: Вища школа, 2009. – С. 734. Додаток ХС.

11. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів заочної форми навчання напряму підготовки 6.050702 – "Електромеханіка" спеціальності "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" / Уклад: С. М. Пересада, С. М. Ковбаса. –Київ: НТУУ "КПІ", 2011 р. –96 с.

12. ABB standard drives. Technical catalogue. ACS550, 0.75 to 355 kW / 1 to 500 hp [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://library.e.abb.com/public/ACS%550.pdf>

13. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт для студентів напрямку підготовки 6.050702 – "Електромеханіка" спеціальності 7.05070204 "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" / Уклад: С. М. Ковбаса – Київ: НТУУ "КПІ", 2013. – 22 с.

14. Technical Information Datasheet BSM35GP120 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/infosheet/INFIN/BSM35GP120>.

15. Technical Information Datasheet MAL209624182E3 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/infosheet/VISHAY/MAL209624182E3>.

16. Technical Information Datasheet LV 200 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.datasheetlib.com/datasheets/LV+200.html>.

17. Jameco resistors Datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/691219.pdf>.
18. Technical Information Siemens 1XP8001-2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.rotor.co.uk/downloads/Installation&MaintenanceManual_Encoder.pdf.
19. Система керування частотно-регульованим електроприводом на базі асинхронного електричного двигуна / Б.Т. Кононов, А.О. Нечаус, Н.М. Рябуха [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.hups.mil.gov.ua//periodic-app/article/4076/zhups_2014_3_31.pdf.
20. Конспект лекцій для студентів денної навчання напрямку 6.050702 «Електромеханіка»// Уклад: С. М. Пересада –Київ: ФЕА НТУУ “КПІ”, – 2013 р. – С. 81.
21. Jukic T. Autotuning Controller with Backlash Compensation / T. Jukic, N. Peric. // EPE-PEMC. Dubrovnik & Cavtat. – 2002. – С. 6.
22. Chang T., Yuan D., Hanek H. Matched feedforward/model reference control of a high precision robot with dead-zone //IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2008. – Т. 16. – №. 1. – С. 94-102.

Додаток А

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КЕМСК

 к.т.н., доц. Микола МОШНОРИЗ

“ 07 ” _____ 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ


на магістерську кваліфікаційну роботу

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СТІЧКОВОГО
КОНВЕЄРА

08-24.МКР.002.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц. Валентин ГРАБКО

 “ 07 ” _____ 2023 р.

Розробив студ. гр. ЕПА-22м

 Євгеній БРИЛЦЬКИЙ

“ 07 ” _____ 2023 р.

Вінниця ВНТУ 2023

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки «Модернізація системи керування стрічкового конвеєра».

Скорочене найменування розробки – «Електропривод ланцюгового транспортеру». Замовник – кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем магістерських робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Електропривод транспортера призначений для транспортування крупногабаритних профілей металу поперек цеху.

4 Вимоги до розробки

Електропривод транспортеру повинен забезпечувати надійну роботу в тривалому режимі при невеликій частоті включень.

5 Комплектація розробки

Робоча машина являє собою тяговий орган механізму, привідний і натяжний барабани, стрічку.

Транспортуючим органом є стрічка конвеєра. Електродвигун, електропроводка всіх кіл системи і електромеханічне устаткування з апаратурою представляють собою ту частину загального машинного пристрою, яку і називають електроприводом ланцюгового транспортеру.

6 Технічні характеристики

Номінальна потужність електродвигуна, кВт	35
Номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв	600

7 Джерела розробки

1. Промисловість та виробництво: Конвеєри і транспортери [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://bukvar.su/promyshlennost-proizvodstvo/90617-Konveiyery-itransportery.html>.

2. О.О. Дереза Машини безперервного транспорту. – Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. – 108 с.

3. Механізація переробки і зберігання сільськогосподарської продукції: Навч. посібник / О.В. Якубовський, Р. Я. Натуркач, М.Л. Гордецька. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 364 с.

4. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції : Навч. Посібник. / О.В. Дацишин, О.В. Гвоздев, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач За ред. О.В. Дацишина – К.: Мета, 2003. – 288 с.

8 Етапи виконання

Основна частина	
Графічна частина	

9 Елементна база

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

10 Конструктивне виконання

Електропривод виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пило-вологозахищеному виконанні.

11 Показники технологічності

Електропривод ланцюгового транспортеру – двигун, апаратура керування, провідники, кабелі і т.п. виконується на сучасній елементній базі, його монтаж, заземлення, струмопровід повинен відповідати правилам улаштування електроустановок.

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками та слюсарями КВП і А відповідної кваліфікації. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

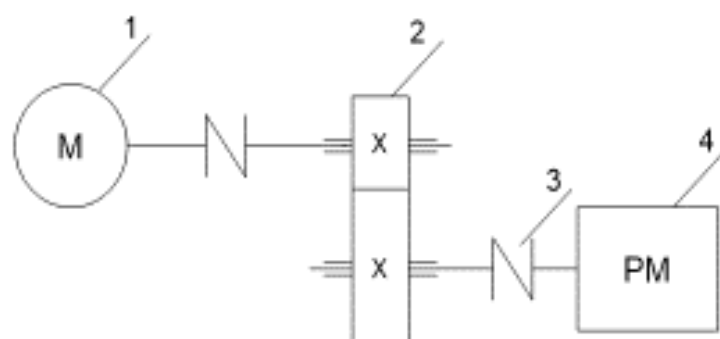
Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення точності системи керування стрічкового конвєсера з можливістю контролю всіх вимірювальних параметрів.

Відповідно до вказаної мети необхідно розв'язати такі задачі:

- провести огляд існуючих методів і засобів керування системою електропривода;
- розробити математичні моделі для визначення оптимального налаштування системи керування електропривода;
- розробити структурні схеми пристроїв для керування стрічковим конвєсром;
- за розробленими математичними моделями реалізувати засіб в мікропроцесорному виконанні.

Об'єкт дослідження – процес контролю керування системою електропривода.

Предмет дослідження – якість процесу керування.

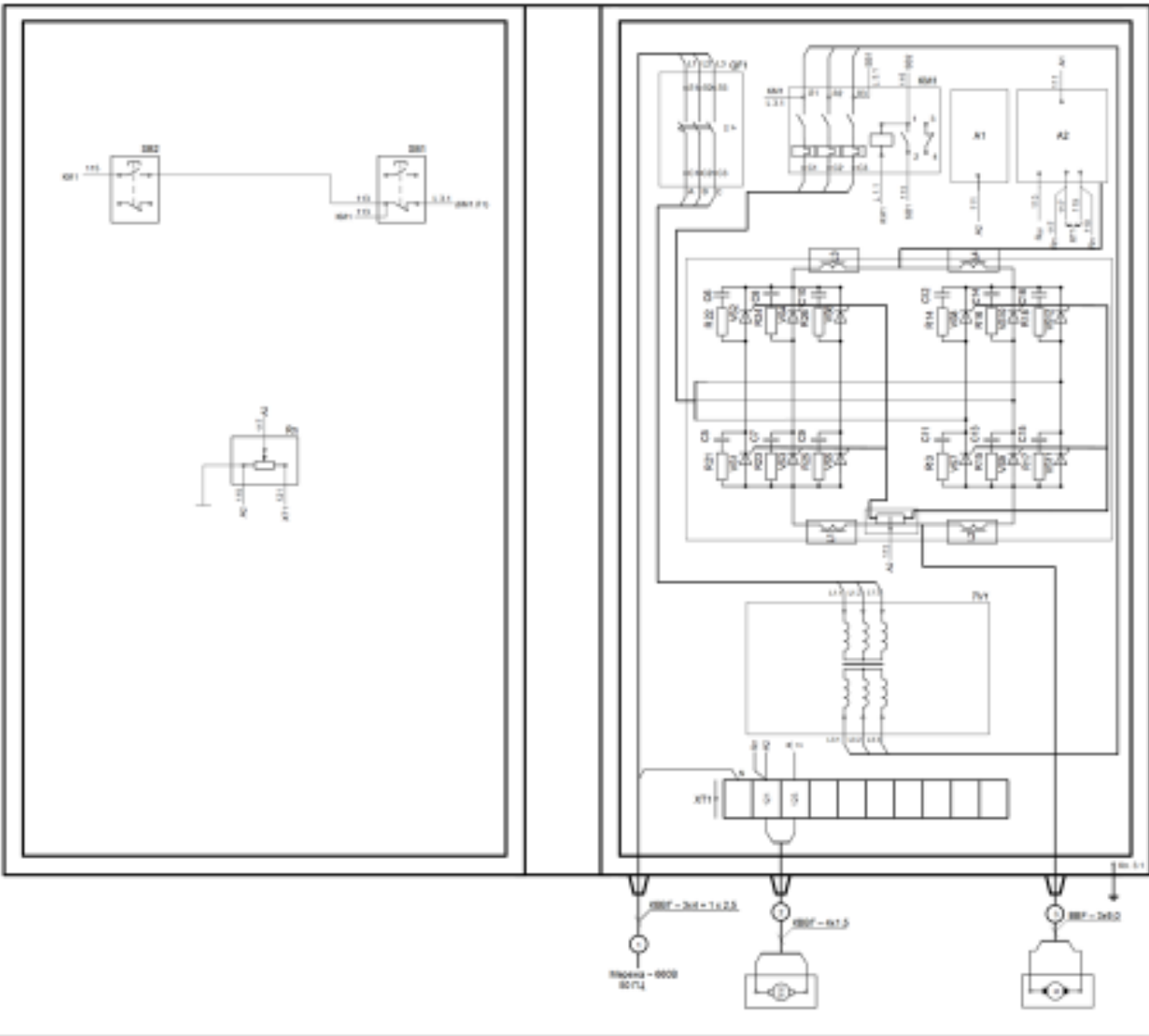


Кінематична схема стрічкового конвеєра



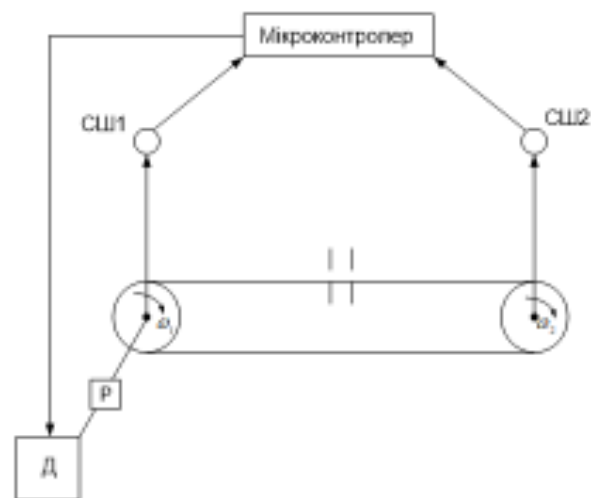
Тахограма робочого механізму

Система ЕП	Показники				
	РКС-ДПС	Г-Д	ТП-Д	ШП-ДПС	МП-ДПС
Вартість двигуна Д, грн.	333242,32	333242,32	333242,32	333242,32	333242,32
Вартість СК С, грн.	206116,05	177097,64	179950,85	652077,77	523297,16
Капітальні затрати К, грн.	478962,46	501865,99	513193,17	669075,11	643509,68
Річні капітальні затрати К _р , грн/рік	129329,78	135503,60	138562,16	180650,09	173747,42
Експлуатаційні затрати Е, грн/рік	2617139,12	2615106,98	2696532,95	2705283,08	2720524,11
Додаткові затрати В, грн/рік	24080	24080	-	-	24080
Приведені затрати З, грн/рік	2899896,09	2911626,61	2859175,11	2914140,78	3059321,46



№ п/п	Наименование	Кол	Примечание
	Земельный кабель		
Q2	Q23-10	1	
Q3	Q23-0	1	
Q4	Q23-200	1	
Q5	Q23-1	1	Ток
Q6	Q23-1	1	Отеч
A1	А1-10	1	
A2	А2-104 1.04 4.04 7.04 9.04	1	Моторный ток
TR	TR-100	1	Земельный кабель
TR1	TR1-10	1	Возврат
TR2	TR2-10	1	Возврат
TR3	TR3-10	1	Возврат
TR4	TR4-10	1	Возврат
TR5	TR5-10	1	Возврат
TR6	TR6-10	1	Возврат
TR7	TR7-10	1	Возврат
TR8	TR8-10	1	Возврат
TR9	TR9-10	1	Возврат
TR10	TR10-10	1	Возврат
TR11	TR11-10	1	Возврат
TR12	TR12-10	1	Возврат
TR13	TR13-10	1	Возврат
TR14	TR14-10	1	Возврат
TR15	TR15-10	1	Возврат
TR16	TR16-10	1	Возврат
TR17	TR17-10	1	Возврат
TR18	TR18-10	1	Возврат
TR19	TR19-10	1	Возврат
TR20	TR20-10	1	Возврат
TR21	TR21-10	1	Возврат
TR22	TR22-10	1	Возврат
TR23	TR23-10	1	Возврат
TR24	TR24-10	1	Возврат
TR25	TR25-10	1	Возврат
TR26	TR26-10	1	Возврат
TR27	TR27-10	1	Возврат
TR28	TR28-10	1	Возврат
TR29	TR29-10	1	Возврат
TR30	TR30-10	1	Возврат
TR31	TR31-10	1	Возврат
TR32	TR32-10	1	Возврат
TR33	TR33-10	1	Возврат
TR34	TR34-10	1	Возврат
TR35	TR35-10	1	Возврат
TR36	TR36-10	1	Возврат
TR37	TR37-10	1	Возврат
TR38	TR38-10	1	Возврат
TR39	TR39-10	1	Возврат
TR40	TR40-10	1	Возврат
TR41	TR41-10	1	Возврат
TR42	TR42-10	1	Возврат
TR43	TR43-10	1	Возврат
TR44	TR44-10	1	Возврат
TR45	TR45-10	1	Возврат
TR46	TR46-10	1	Возврат
TR47	TR47-10	1	Возврат
TR48	TR48-10	1	Возврат
TR49	TR49-10	1	Возврат
TR50	TR50-10	1	Возврат
TR51	TR51-10	1	Возврат
TR52	TR52-10	1	Возврат
TR53	TR53-10	1	Возврат
TR54	TR54-10	1	Возврат
TR55	TR55-10	1	Возврат
TR56	TR56-10	1	Возврат
TR57	TR57-10	1	Возврат
TR58	TR58-10	1	Возврат
TR59	TR59-10	1	Возврат
TR60	TR60-10	1	Возврат
TR61	TR61-10	1	Возврат
TR62	TR62-10	1	Возврат
TR63	TR63-10	1	Возврат
TR64	TR64-10	1	Возврат
TR65	TR65-10	1	Возврат
TR66	TR66-10	1	Возврат
TR67	TR67-10	1	Возврат
TR68	TR68-10	1	Возврат
TR69	TR69-10	1	Возврат
TR70	TR70-10	1	Возврат
TR71	TR71-10	1	Возврат
TR72	TR72-10	1	Возврат
TR73	TR73-10	1	Возврат
TR74	TR74-10	1	Возврат
TR75	TR75-10	1	Возврат
TR76	TR76-10	1	Возврат
TR77	TR77-10	1	Возврат
TR78	TR78-10	1	Возврат
TR79	TR79-10	1	Возврат
TR80	TR80-10	1	Возврат
TR81	TR81-10	1	Возврат
TR82	TR82-10	1	Возврат
TR83	TR83-10	1	Возврат
TR84	TR84-10	1	Возврат
TR85	TR85-10	1	Возврат
TR86	TR86-10	1	Возврат
TR87	TR87-10	1	Возврат
TR88	TR88-10	1	Возврат
TR89	TR89-10	1	Возврат
TR90	TR90-10	1	Возврат
TR91	TR91-10	1	Возврат
TR92	TR92-10	1	Возврат
TR93	TR93-10	1	Возврат
TR94	TR94-10	1	Возврат
TR95	TR95-10	1	Возврат
TR96	TR96-10	1	Возврат
TR97	TR97-10	1	Возврат
TR98	TR98-10	1	Возврат
TR99	TR99-10	1	Возврат
TR100	TR100-10	1	Возврат

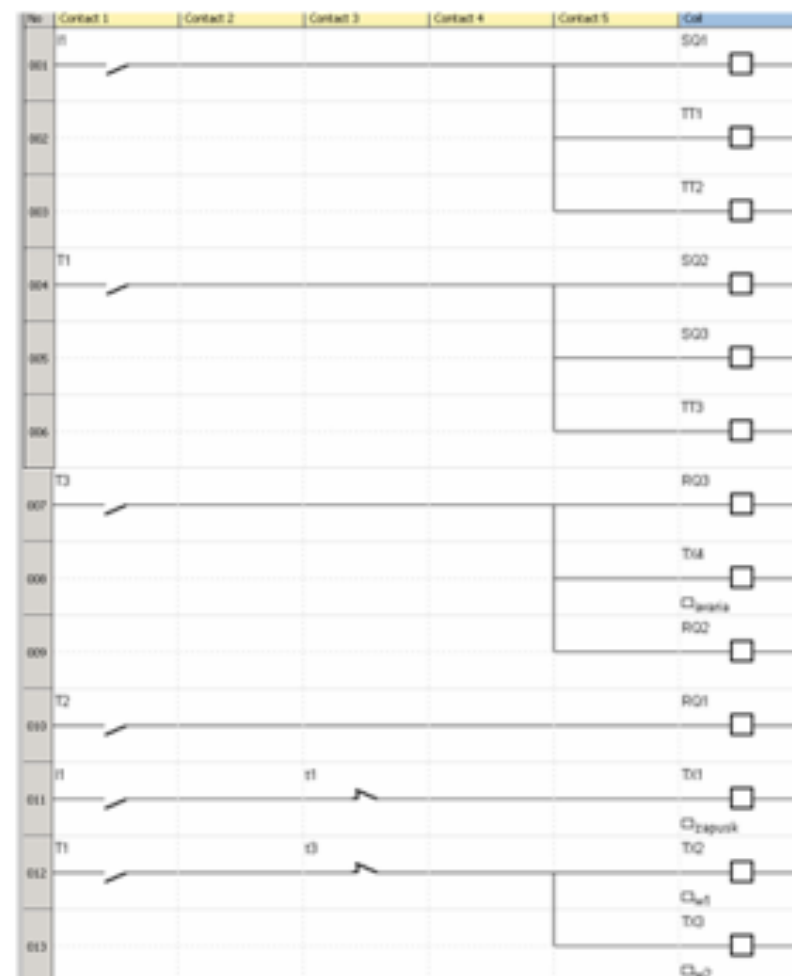
№ 10000000000000000000	
Исполнитель	Проверенный
Составитель	Составитель
Дата	Дата
Лист	Лист
Всего	Всего
Итого	Итого
Составитель	Составитель
Проверенный	Проверенный
Дата	Дата
Лист	Лист
Всего	Всего
Итого	Итого
Составитель	Составитель
Проверенный	Проверенный
Дата	Дата
Лист	Лист
Всего	Всего
Итого	Итого



Функціональна схема стрічкового конвеєра

Configurable functions

No	Symbol	Function	Lock	Latching	Parameters	Comment
T1		Timers	No	No	See details below	
T2		Timers	No	No	See details below	
T3		Timers	No	No	See details below	
X1		Test blocks	--	Yes	See details below	avashk
X2		Test blocks	--	Yes	See details below	w1
X3		Test blocks	--	Yes	See details below	w2
X4		Test blocks	--	Yes	See details below	avate



Програма мікроконтролера

ВИСНОВКИ

У галузі теоретичних та експериментальних досліджень:

1. Проведено огляд існуючих методів і засобів керування електроприводами стрічкових конвеєрів. На даному етапі розвитку теорії та техніки актуальним і перспективним є створення нових методів і засобів керування електроприводами стрічкових конвеєрів.

2. Проаналізовано існуючі математичні моделі для керування електроприводами стрічкових конвеєрів, за допомогою яких забезпечуються бажані результати. Дані моделі мають обмеження щодо їх застосування, тому на основі проведеного аналізу були розроблені математичні моделі для керування електроприводами стрічкових конвеєрів.

3. Дістали подальший розвиток алгоритмічне та апаратне забезпечення систем керування електроприводами стрічкових конвеєрів.

У галузі практичного застосування:

1. За розробленою математичною моделлю синтезовано структурну схему засобу для покращення характеристик керування електроприводами стрічкових конвеєрів.

2. Розроблено структуру мікропроцесорного засобу для здійснення керування електроприводами стрічкових конвеєрів з врахуванням струму, який через нього протікає, та швидкості обертання двигуна, в залежності від забезпеченого навантаження.

					08-24.МКР.002.00.000 Е2			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Модернізація системи керування стрічкового конвеєра. Функціональна схема, програма мікроконтролера.	Літ.	Маса	
Розробив:		Бриліцький Є.І.	<i>[Signature]</i>	21.11.23				
Перевірив:		Гرابко В.В.	<i>[Signature]</i>	21.11.23				
Т. контр.								
Реконструює:		<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	11.12.23		Аркуш		
Норм. кон.		<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	22.11.23				
Затверд.		Мошноріз М.М.	<i>[Signature]</i>	28.11.23				
						ВНТУ, гр. ЕПА-20		

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

Назва роботи: Модернізація системи керування стрічкового конвеєра ”

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕПА-22м

Науковий керівник: к.т.н., доц. Грабко В.В.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність	83,3%
Схожість	16,7%

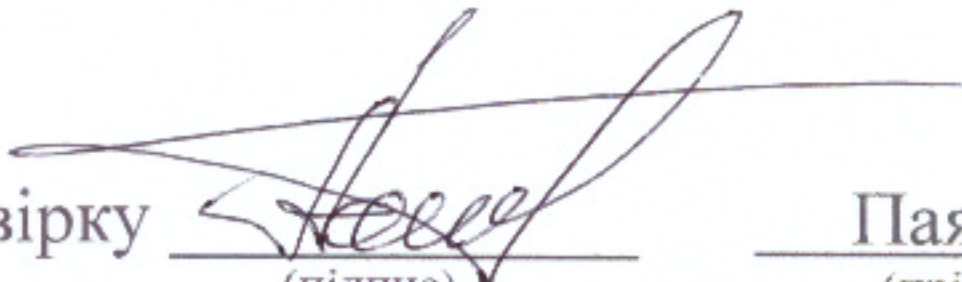
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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.А.

(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи


(підпис)

Бриліцький Є.І.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Грабко В.В.

(прізвище, ініціали)