

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

02.02 – КМР. 175 “С” 2023.02.01. 032 ПЗ

ФЕДОРЧЕНКА МАКСИМА ВАЛЕНТИНОВИЧА
2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 631.171:621.311

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

проф., д.т.н. /КАПЛУН В.В./
вчене звання, науковий ступінь підпис

доц., к.т.н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання, науковий ступінь підпис

” _____ ” 2023 р.
число місяць рік

” _____ ” 2023 р.
число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТРИЧКОВОГО КОНВЕЄРА
МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ
СИСТЕМИ ПУСКУ»**

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва)
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

Д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Червінський Л.С.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Федорченко М.В.
(ПІБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о.завідувача кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

К.Т.Н., доцент /ОКУШКО О.В./
науковий ступінь, вчене звання підпис ПІБ

” _____ ” _____ 2023 р.
число місяць рік

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
Федорченку Максиму Валентиновичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Дослідження електропривода стрічкового конвеєра методом математичного моделювання з оптимізацією системи пуску»
затверджена наказом ректора НУБіП України від “12” 07 2023 р. №407 “С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2023.11.03
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи:

- Результати науково-дослідницької роботи кафедри ЕЕЕ.
- Публікації співробітників кафедри ЕЕЕ.
- Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.
- Нормативні документи: ПУЕ, ПТЕЕС та ПБЕЕС, ДСТУ, ДБН тощо.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Вступ., 1 Коротка характеристика виробничого механізму та режимів його роботи., 2. Розрахунок потужності вибір та перевірка електродвигуна., 3. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода., 4. Розробка математичної моделі САЕП., 5. Розробка методики для пристроїв плавного пуску електропривода стрічкового конвеєра., 6. Удосконалення системи керування стрічкового конвеєра., 7. Охорона праці., Висновки

Дата видачі завдання “15” липня 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Червінський Л.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання Федорченко М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

Зміст

| | |
|---------|---|
| РЕФЕРАТ | 6 |
| Вступ | 9 |

| | |
|--|----|
| РОЗДІЛ 1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО МЕХАНІЗМУ ТА РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ | 12 |
| 1.1 Технічні характеристики і опис конвеєра | 14 |

| | |
|--|----|
| РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ВИБІР ТА ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРОДВИГУНА | 19 |
| 2.1 Вибір електродвигуна та його перевірка | 24 |

| | |
|---|----|
| РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА | 26 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ САЕП | 31 |
| 4.1 Розрахунок статичних характеристик САЕП | 32 |
| 4.2 Розрахунок і вибір силових елементів перетворювального агрегату | 37 |

| | |
|---|----|
| РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ ПЛАВНОГО ПУСКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА | 41 |
| 5.1 Розрахунок динамічних режимів, оцінка стійкості | 41 |

| | |
|--|----|
| 5.2 Аналіз динамічних процесів, що виникають при запуску стрічкових конвеєрів | 45 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 5.3 Розробка структурної схеми запуску стрічкового конвеєра при фіксованих значеннях кута відкриття тиристорів фазових регуляторів..... | 52 |
| 5.4 Привід стрічкового конвеєра як мехатронний модуль..... | 54 |

| | |
|--|----|
| РОЗДІЛ 6. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СТРІЧКОВИМ КОНВЕЄРА..... | 57 |
| 6.1 Розробка системи керування електропривода..... | 57 |

| | |
|--|----|
| 6.2 Розробка функціональної схеми системи керування конвеєра..... | 64 |
| 6.3 Розробка електричної принципової схеми системи керування стрічковим конвеєром..... | 66 |

| | |
|---|----|
| 6.4 Розрахунок тиристорного регулятора..... | 68 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| 6.5 Модельне дослідження розробленої системи керування..... | 75 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ..... | 78 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта..... | 79 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 7.1.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації електропривода..... | 79 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії..... | 81 |
|--|----|

| | |
|------------------------|----|
| 7.2.1 Мікроклімат..... | 81 |
|------------------------|----|

| | |
|---------------------------------------|----|
| 7.2.2 Склад повітря робочої зони..... | 81 |
|---------------------------------------|----|

| | |
|---------------------------------|----|
| 7.2.3 Виробниче освітлення..... | 82 |
|---------------------------------|----|

| | |
|---------------------------|----|
| 7.2.4 Виробничий шум..... | 84 |
|---------------------------|----|

| | |
|---------------|----|
| ВИСНОВКИ..... | 86 |
|---------------|----|

| | |
|-----------------------|----|
| Перелік посилань..... | 87 |
|-----------------------|----|

| | |
|--------------|----|
| Додатки..... | 89 |
|--------------|----|

РЕФЕРАТ

Дослідження режимів роботи стрічкового конвеєра методом математичного моделювання з оптимізацією системи пуску.

Федорченко М.В.. - кваліфікаційна магістерська робота. – кафедра електротехніки, Електромеханіки та електротехнологій ІНП ЕІА, НУБІП України. Київ. 2023.

Пояснювальна записка виконана на 100 листах друкованого тексту і містить 15 таблиць, 26 рисунків. При виконанні роботи було використано 27 літературних джерел. Робота складається з вступу, семи розділів основної частини, висновку, списку літератури та додажків.

Актуальність. Сучасний машинний пристрій або виробничий агрегат складається з великого числа різноманітних деталей, окремих машин і апаратів, що виконують певні, властиві їм функції. Всі разом вони виконують роботу, направлену на забезпечення певного виробничого процесу.

Найпоширенішим механізмом на будь-якому великому виробництві являється конвеєр та конвеєрні системи. У тому чи іншому вигляді конвеєрні системи існують практично на кожному серійному виробництві або великому складі. Тому введення автоматизованого електропривода (особливо в агропромисловому комплексі, як найменш автоматизованій галузі народного господарства нашої країни) є центральним питанням при механізації та автоматизації технологічних процесів. При цьому значна частина функцій у частині конвеєра й адаптації його механізмів під конкретні умови експлуатації лягає на електронну систему управління, одним із основних завдань якої є оптимальний пуск конвеєра, контроль основних параметрів та глибока діагностика режимів його роботи.

Мета і задачі дослідження. Дана магістерська робота присвячена дослідженню питань модернізації системи електропривода стрічкового конвеєра з метою зменшення перевантажень, що виникають у механізмах конвеєра при його пуску з використанням двохвидкісних асинхронних електродвигунів.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язані такі основні задачі:

- розроблено математичні моделі САЕП

- досліджено будову і особливості роботи стрічкових конвеєрів;

- розраховано потужності електро двигунів;

- вдосконалено системи керування стрічковим конвеєром з використанням пристроїв плавного пуску;

- здійснено розробку схеми автоматичного управління електро двигунів з короткозамкненим ротором, керованим перетворювачем тиристора з автономним інвертором струму;

- здійснено розрахунок тиристорного регулятора та ін.;

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність роботи полягає в тому, що дослідження режимів роботи стрічкового конвеєра методом математичного моделювання з оптимізацією системи пуску, дозволило

запропонувати алгоритм запуску, як одного двигуна, так і всіх приводів багатодвигунного стрічкового конвеєра. Отримані результати дозволять у подальшому відпрацювати модель стрічкового конвеєра, що дозволяють на стадії проектування задавати необхідні алгоритми функціонування з

урахуванням реальних умов експлуатації - в частині довжини конвеєра, кута нахилу, встановленої потужності і кількості електроприводів, планованих вантажопотоків і т. п.

Об'єктом дослідження: є система плавного електроприводу стрічкового конвеєра.

Предметом досліджень є алгоритм і математичні залежності керування електроприводом стрічкового конвеєра.

Методи досліджень. У роботі використані фундаментальні положення теорії електропривода, теорії автоматичного керування, методи математичного аналізу, комп'ютерне моделювання та експериментальні дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що:

НУБІП України

- Вдосконалено методику керування електроприводом стрічкового конвеєра за рахунок використання пристроїв плавного пуску, що дасть змогу значно покращити динаміку їх пуску.

- Вдосконалено системи приводу стрічкових конвеєрів на основі підвищення ролі інформаційного компонента в системі управління.

НУБІП України

- Дістав подальший розвиток метод запуску, як одного двигуна, так і всіх приводів багатодвигунного стрічкового конвеєра, що дасть змогу отримати результати, які дозволять у подальшому відпрацювати модель стрічкового конвеєра, що дозволяє на стадії проектування задавати необхідні алгоритми функціонування з урахуванням реальних умов експлуатації – в частині довжини конвеєра, кута нахилу, встановленої потужності і кількості електроприводів, планованих вантажопотоків і т. п.

Апробація результатів: Матеріали магістерської роботи доповідались на

НУБІП України

конференціях та семінарах кафедри « Електротехніки, Електромеханіки та електротехнологій » НУБІП України протягом навчання. Опубліковані тези.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО МЕХАНІЗМУ ТА РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ

Конвеєр – машина безперервної дії для переміщення сипких, кускових та штучних вантажів.

Спектр різноманітних конвеєрних систем настільки широкий, що класифікувати їх можна за багатьма параметрами. Звичайно виділяють декілька основних видів конвеєрів:

1. приводні роликів;
2. стрічкові;
3. пластинчасті;
4. шнекові (гвинтові);
5. інерційні;
6. рольганги;
7. скребкові;
8. поворотні секції різних конструкцій.

Для проведення завантажувально-розвантажувальних операцій, розподілу вантажопотоків на складі або підприємстві, переміщення вантажів від однієї точки технологічної лінії до іншої, як правило, застосовуються стрічкові конвеєри та рольганги.

Найбільш поширеними і достатньо універсальними є стрічкові конвеєри, що складаються з вантажонесучої нескінченної стрічки, проміжних опорних роликів, приводного і натяжного барабанів з приводним устаткуванням і опорною конструкцією. Випускаються модифікації з різними типами стрічок залежно від потреб замовника, наприклад, з брезентовою, гумовотканинною, сітчастою стрічкою, або спеціальною харчовою стрічкою. Конвеєри даного типу можуть переміщати практично будь-які вантажі і предмети: сипкі продукти і одиничні вантажі, коробки, різні деталі і вузли, тощо. Серед різновидів подібних систем можна відзначити прямі стрічкові конвеєри (підходять для

НУБІП УКРАЇНИ

транспортування різноманітних вантажів), стрічкові конвеєри із захисними бортами (для транспортування вантажів, які можуть вийти за межі конвеєра), з роликowymi опорами (для переміщення сипких вантажів), з сітчастою стрічкою (найбільшого розповсюдження отримали в харчовій промисловості).

НУБІП УКРАЇНИ

В даному випадку розглядається стрічковий конвеєр. ○○

Усі конвеєри із стрічкою шириною 0,8 м мають уніфіковані роликосопори діаметром $d=0,89$ м та барабани діаметром $D_0=0,5$ м.

НУБІП УКРАЇНИ

Конвеєр 2Л80 має двобарабанный привод з незалежними приводними блоками, кожен з яких має асинхронний двигун з турбомуфтою. Кріплення двигуна фланцеве. Приводні блоки оснащені циліндричним конічним редуктором, що дає можливість розташувати двигун і турбомуфти уздовж конвеєра і забезпечити вільний доступ до них для обслуговування. Стрічка огинає приводні барабани чистою стороною. Для підвищення коефіцієнта зчеплення стрічки з барабаном їх поверхня має перехресувати насічку глибиною 1,5-2 мм і кроком 6-8 мм.

НУБІП УКРАЇНИ

Особливістю конвеєра 2Л80 [1] є комбінований автоматичний натяжний пристрій. Попередній натяг здійснюється за допомогою електричної лебідки.

НУБІП УКРАЇНИ

Комплексна витяжка стрічки при пуску і при зміні навантаження на стрічку під час роботи здійснюється автоматично без приводним зрівноважним механізмом, який за допомогою переміщення двох візків з натяжним барабаном підтримує постійне відношення натягів (4:1) гілок стрічки, набігаючої на привод (робочої) і збігаючої з приводу (зворотної).

НУБІП УКРАЇНИ

Кінематична схема стрічкового конвеєра зображена на рисунку 1.1



Рисунок 1.1 – Кінематична схема стрічкового конвеєра

На рисунку: 1 – електричний двигун; 2,4 – муфта; 3 – редуктор; 5 – барабан; 6 – стрічка; I – вал електричного двигуна; II, III – проміжний вал; IV – вал конвеєра.

1.1 Технічні характеристики і опис конвеєра

Найбільш поширеними механізмами безперервного транспорту є конвеєри різних типів, конструкція яких визначається головним чином характером переміщуваних вантажів, вагою і швидкістю їх руху. Сипкі вантажі переміщуються стрічковими конвеєрами, штучні – пластинчастими, роликowymi і підвісними. На кораблях конвеєра знайшли застосування у рибодобувній галузі,

на трапезах їх встановлюють для транспортування сировини з одного трюму до іншого для подальшої обробки або заморозки. Серед конвеєрів промислових підприємств частіше за інших можна зустріти стрічкові і підвісні стрічкові конвеєри: перші - на металургійних заводах, гірських розробках, паливоподачах

електростанцій, в будівельній і харчовій промисловості, другі - на машинобудівних заводах, а також в хімічних, фарбувальних і інших цехах.

Стрічкові конвеєри широко використовуються в металургійній, гірничодобувній і інших видах промисловості. Їх використовують для транспортування насипних і штучних вантажів-на невеликі відстані. Простота і надійність їх конструкції забезпечує їх роботу в череді довгого часу. Стрічкові конвеєри можна використовувати як в закритих, так і на відкритих ділянках, що пояснює їх широке використання в промисловості. Конвеєри відносяться до машин безперервного типу дії і характеризуються безперервним переміщенням

вантажів по заданій трасі без зупинки для завантаження або розвантаження. Завдяки безперервності переміщення вантажу, відсутності зупинок для завантаження і розвантаження і поєднанню робочого і зворотного рухів вантажонесучого елемента машини безперервної дії мають високу продуктивність, що дуже важливе для сучасних підприємств з великими вантажопотоками.

Стрічкові конвеєри застосовують для переміщення в горизонтальному і полого похилому напрямках всіляких насипних і штучних вантажів, а також для міжопераційного транспортування виробів при поточковому виробництві. Вони

набули широкого поширення у всіх галузях промисловості і є основними агрегатами механізації транспорту в ливарних цехах (подача і розподіл землі і прибирання відходів), на топливоподачах електростанцій, підземного і наземного транспорту вугілля і породи у вуглевидобувній промисловості, руди,

коксу і флюсів в металургії, будівельних матеріалів і корисних копалин в кар'єрах, зерна в зернохранилищах, піску і каменя на будівництві каналів і гідроелектростанцій і ін.

НУБІП України

Загальний привід стрічкового конвеєра показаний на рис. 1.2

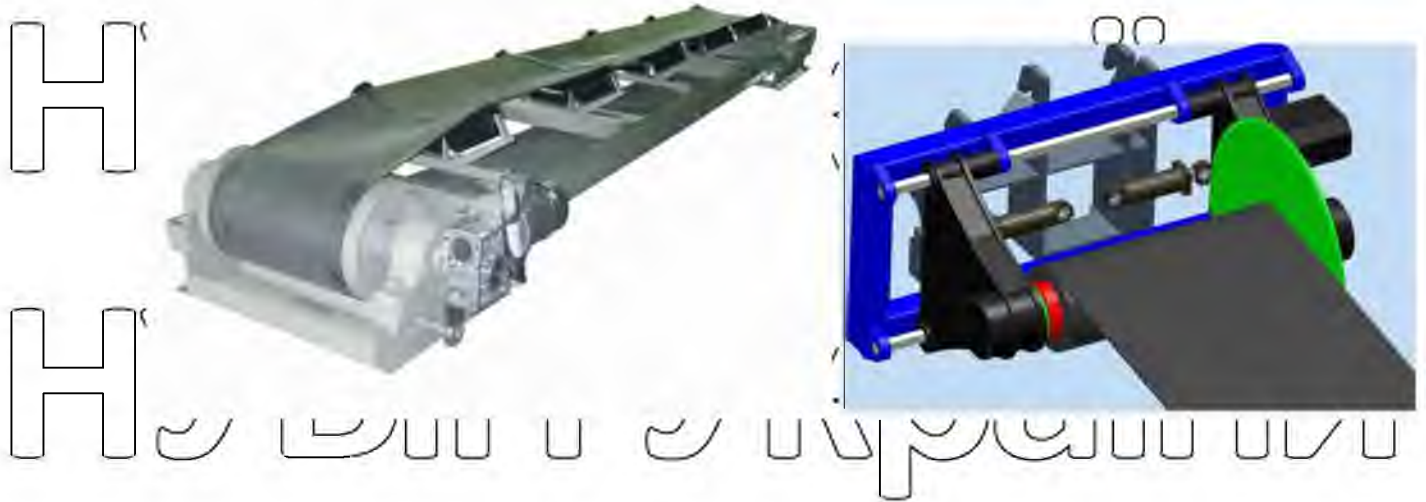


Рисунок 1.2 - Загальний вигляд стрічкового конвеєра

Стрічка завантажується через одну або декілька завантажувальних воронки, розміщених на конвеєрі. Вантаж, що транспортується, переміщується на верхній (вантажонесучій, робочій) гілці стрічки, а нижня гілка є поворотною (зворотною). Можливо також транспортування вантажів одночасно на верхній і нижній гілках стрічки у різних напрямках.

Стрічкові конвеєри служать складовими частинами таких складних машин, як роторні екскаватори, перевантажувальні і відвальні мости, навантажувально-розвантажувальні машини і тому подібне. Великого поширення стрічкові конвеєри набули завдяки можливості здобуття високої продуктивності (до 30000 т/ч), великій довжині транспортування (до 3-4 км. в одному конвеєрі і до 100 км. в системі з декількох конвеєрів), простоти конструкції і експлуатації і високої надійності роботи. По розташуванню на місцевості стрічкові конвеєри розділяють на стаціонарних і рухливих (що розглядаються в цій главі), пересувних і переносних, нереставних (для кар'єрів відкритих розробки і наливних, плаваючих на понтонах

По конструкції і призначенню розрізняють стрічкові конвеєри загального призначення (ГОСТ 22644-77-ГОСТ 22647-77) і спеціальні: підземні, для харчової, мукомельно-круп'яної і комбикормової промисловості і потокового виробництва в приладобудівній, радіотехнічній і легкій промисловості.

За типом стрічки конвеєри бувають з прогумованою, сталевою цілісно прокатною і дротяною стрічкою. Найбільшого поширення набули конвеєри з прогумованою стрічкою. По конструкції прогумованої стрічки, опорних ходових пристроїв і передачі тягового зусилля розрізняють стрічкові конвеєри, в яких стрічка є вантажонесучим і тяговим елементом (основний тип), стрічково-канатні і стрічково-ланцюгові, в яких стрічка служить лише вантажонесучим елементом, а тяговим елементом є два канати або один ланцюг.

Конвеєри з різними видами стрічок можуть мати по контуру однакові траси, проте радіуси поворотів і кути нахилу ρ для кожного виду стрічок будуть різними. Кут нахилу конвеєра до горизонту залежить від коефіцієнта тертя вантажу, що транспортується, об стрічку при русі (а отже, від матеріалу і характеру поверхні стрічки), форми профілю стрічки (плоска або жолобчаста), кута природного укусу насипного вантажу, способу завантаження і швидкості руху стрічки.

Стрічковий конвеєр (рис.1.3) складається з нескінченної ланки стрічки 1, що огинає два кінцеві барабани – передній, приводний 2 і задній, натяжний 3, і яка підтримується на всій довжині опорними роликami (ролікоопорами) 4 і 5. Іноді замість ролікоопор стрічка підтримується нерухомим, зазвичай дерев'яним, настилом. Ролікоопори кріпляться до металеві або дерев'яної опорної рами 6 конвеєра. Стрічка приводиться в рух приводним барабаном від електроприводу. Для забезпечення належної сили тертя між ободом барабана і стрічкою, а також для підтримки вантажу на стрічці між роликami за допомогою натяжного пристосування 7 створюється постійне натягнення стрічки.

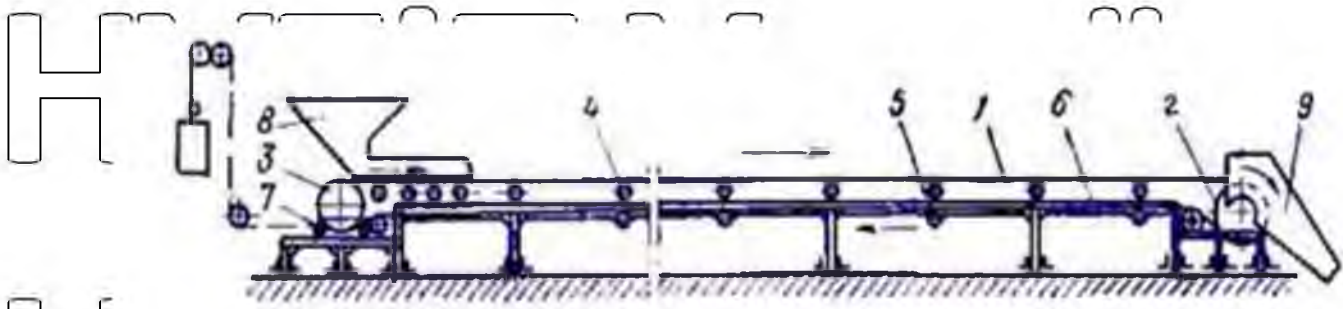


Рисунок 1.3. - Схема стрічкового конвеєра: 1 – стрічка; 2 – приводний барабан; 3 – натяжний барабан; 4 – роликові опори; 5 – роликові опори порожньої гілки; 6 – опорна рама; 7 – натяжний пристрій; 8 – завантажувальна воронка; 9 – розвантажувальний жолоб

Стрічкові конвеєри бувають стаціонарні, пересувні і переносні. Промисловість випускає стаціонарні стрічкові конвеєри (з шириною стрічки 400... 2000 мм), що складаються із стандартних вузлів і елементів.

Подача матеріалу на стрічку здійснюється через завантажувальну воронку 8, встановлену над стрічкою. Розвантаження матеріалу із стрічки проводиться на кінцях конвеєра біля головнього (приводного) барабана, рідше біля натяжного (хвостового) барабана або в проміжних пунктах по довжині конвеєра за допомогою спеціальних розвантажувальних пристроїв – розвантажувальних візків або скидаючих щитів.

Стрічкові конвеєри застосовують для переміщення матеріалу по горизонталі, під кутом і по комбінованій траєкторії, що складається з горизонтальних і похилих ділянок з увігнутими або опуклими перегинами.

Граничний кут нахилу конвеєрної стрічки, що має гладку поверхню, залежить від роду вантажу. Залежно від призначення і продуктивності конвеєра робочі гілки стрічки надаються жолобчатою або плоскою формою. Для шипуваних вантажів, наприклад баластів, кінцесолози, мішків т. п., застосовуються конвеєри з плоскою стрічкою. Для сухих вантажів переважно застосування має жолобчата стрічка.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики конвеєра

| Показники | Одиниця виміру | Величина |
|--|----------------------|----------|
| Ширина стрічки | мм | 800 |
| Довжина конвеєра: | м | 70 |
| Номінальна довжина, між центрами барабанів | мм | 6360 |
| Між центрами барабанів по горизонталі | мм | 6060 |
| Швидкість руху стрічки | м/сек | 2 |
| Продуктивність | т/час | |
| Висота підйому | Мм | 0 |
| Регулювання швидкості руху стрічки | Частотне регулювання | |
| Виконання електроустаткування | Загальнопромислове | |
| Система управління конвеєром | Автоматизована | |
| Електродвигун: тип | Асинхронний | 3 |
| потужність, кВт | кВт | |
| Редуктор: | Циліндровий | |

Висновок до розділу: в данному розділі коротко розглянуто характеристику виробничого механізму та режими його роботи, його кінематичну схему.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ, ВИБІР ТА ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПРИВОДУ ТРАНСПОРТЕРА

Для розрахунку потужності двигуна та побудови навантажувальної діаграми двигуна визначимо силу опору пересування роликів [2]. Опір пересування роликів залежить від кількох факторів: вага вантажу, власна вага стрічки, власна вага ролика, продуктивність конвеєра, геометричні розміри ходової частини, тип підшипників та якість монтажу. Опір в барабанах конвеєра визначається тертям в підшипниках, тертям кочення, тертям ступиці барабанів. Опір кочення залежить від пружних властивостей тіл, що дотикаються, кривизни їх поверхні, пружних мікро переміщень в зоні контакту, величини тиску. На подолання сил опору при коченні витрачається енергія. Опір кочення з'являється в результаті втрат в шарах, які прилягають до місця контакту.

Сила опору руху завантаженої на горизонтальній прямолінійній ділянці конвеєра [2] довжиною L дорівнює:

$$F_{\text{зав}} = (q + q_{\text{л}} + q_{\text{р}}) \cdot L \cdot \omega_{\text{оп}}, \quad (2.1)$$

де q – поgone навантаження від маси матеріалу, Н/м;

$q_{\text{л}}$ – поgone навантаження від маси стрічки, Н/м;

$q_{\text{р}}$ – вага частин роликів, що обертаються для навантажених віток, Н/м,

$\omega_{\text{оп}}$ – коефіцієнт опору руху стрічки ($\omega_{\text{оп}}=0,025$).

Погone навантаження від маси матеріалу:

$$q = \frac{g \cdot Q}{3,6 \cdot v}, \quad (2.2)$$

$$q = \frac{9,81 \cdot 250}{3,6 \cdot 2} = 340,6 \text{ (Н / м)}.$$

Визначаємо погонне навантаження в залежності від маси стрічки:

$$q_{л} = g \cdot m_{ст} \cdot B, \quad (2.3)$$

де $m_{ст}$ – маса стрічки конвеєра ($m_{ст} = 2,9$ кг/м);
 B – ширина стрічки конвеєра ($B = 0,8$ м).

$$q_{л} = 9,81 \cdot 2,9 \cdot 0,8 = 22,7 \text{ (Н / м)}$$

Вага частин роликів, що обертаються для навантажених віток:

$$q_p = \frac{g \cdot m_p}{l_p} \quad (2.4)$$

де m_p – вага частин роликів опор завантаженої вітки ($m_p = 108$ кг);
 l_p – відстань між роликів опорами завантаженої вітки ($l_p = 1,4$ м).

$$q_p = \frac{9,81 \cdot 108}{1,4} = 756,7 \text{ (Н / м)},$$

$$F_{зав} = (340,6 + 22,7 + 756,7) \cdot 400 \cdot 0,025 = 11200 \text{ (Н)}$$

Сила опору руху на холостій (порожній) вітці:

$$F_{пор} = (q_{л} + q_p) \cdot L \cdot \omega_{ол}, \quad (2.5)$$

де q_p – вага частин роликів, що обертаються для порожніх віток, Н/м:

$$q_p = \frac{g \cdot m_p}{l_p} \quad (2.6)$$

НУБІП України

де m_p – вага частин роликоопор завантаженої вітки ($m_p = 53$ кг);
 l_p – відстань між роликооперами завантаженої вітки ($l_p = 3$ м).

$$q_p' = \frac{9,81 \cdot 53}{3} = 173,3 \text{ (Н / м)}.$$

НУБІП України

$$F_{\text{пор}} = (22,7 + 173,3) \cdot 400 \cdot 0,025 = 1961 \text{ (Н)}.$$

Розрахуємо обертові моменти на валу приводного барабану [3]:

НУБІП України

$$M_6 = F_0 \cdot \frac{D_6}{2}, \quad (2.7)$$

де D_6 – діаметр барабану ($D_6 = 0,5$ м);

F_0 – тягове зусилля на приводному валу конвеєра.

НУБІП України

$$F_0 = k_T \cdot (E_{\text{зав}} + F_{\text{пор}}), \quad (2.8)$$

де k_T – коефіцієнт, який враховує опір від тертя в підшипниках барабана при згині стрічки на барабані ($k_T = 1,1$).

НУБІП України

$$F_0 = 1,1 \cdot (11200 + 1961) = 14480 \text{ (Н)},$$

$$M_6 = 14480 \cdot \frac{0,5}{2} = 3620 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

НУБІП України

Оскільки механізм має два приводних барабана, то маємо:

$$M_{61} = M_{62} = \frac{M_6}{2}, \quad (2.9)$$

НУБІП України

$$M_{61} = M_{62} = \frac{3620}{2} = 1810 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Зусилля реалізується за допомогою електродвигуна та передається до барабана через редуктор. Визначимо який момент повинен при цьому розвивати двигун.

При цьому кутова швидкість обертового колеса повинна бути:

$$\omega_{об} = \frac{v}{R_6} \quad (2.10)$$
$$\omega_{об} = \frac{2}{0,25} = 8 \text{ (рад / с).}$$

Передаюче число редуктора:

$$i = \frac{\omega_{дв}}{\omega_{об}}, \quad (2.11)$$

де $\omega_{дв}$ – кутова швидкість валу двигуна ($\omega_{дв} = 153,4$ рад/с).

$$i = \frac{153,4}{8} = 19,17.$$

Момент статичних сил опору при встановленому режимі конвеєра приведений до валу двигуна:

$$M_{ст} = \frac{M_{б1}}{i \cdot \eta_{мех}} \quad (2.12)$$

де $\eta_{мех}$ – коефіцієнт корисної дії механізму ($\eta_{мех} = 0,8$).

$$M_{ст} = \frac{1810}{19,17 \cdot 0,8} = 118 \text{ (Н} \cdot \text{м).}$$

НУБІП України

Обґрунтуємо, як будуть виглядати тахограма та навантажувальна діаграма електропривода транспортера у відповідності до технологічного процесу.

Тахограма та навантажувальна діаграма зображена на рисунку 2.1.

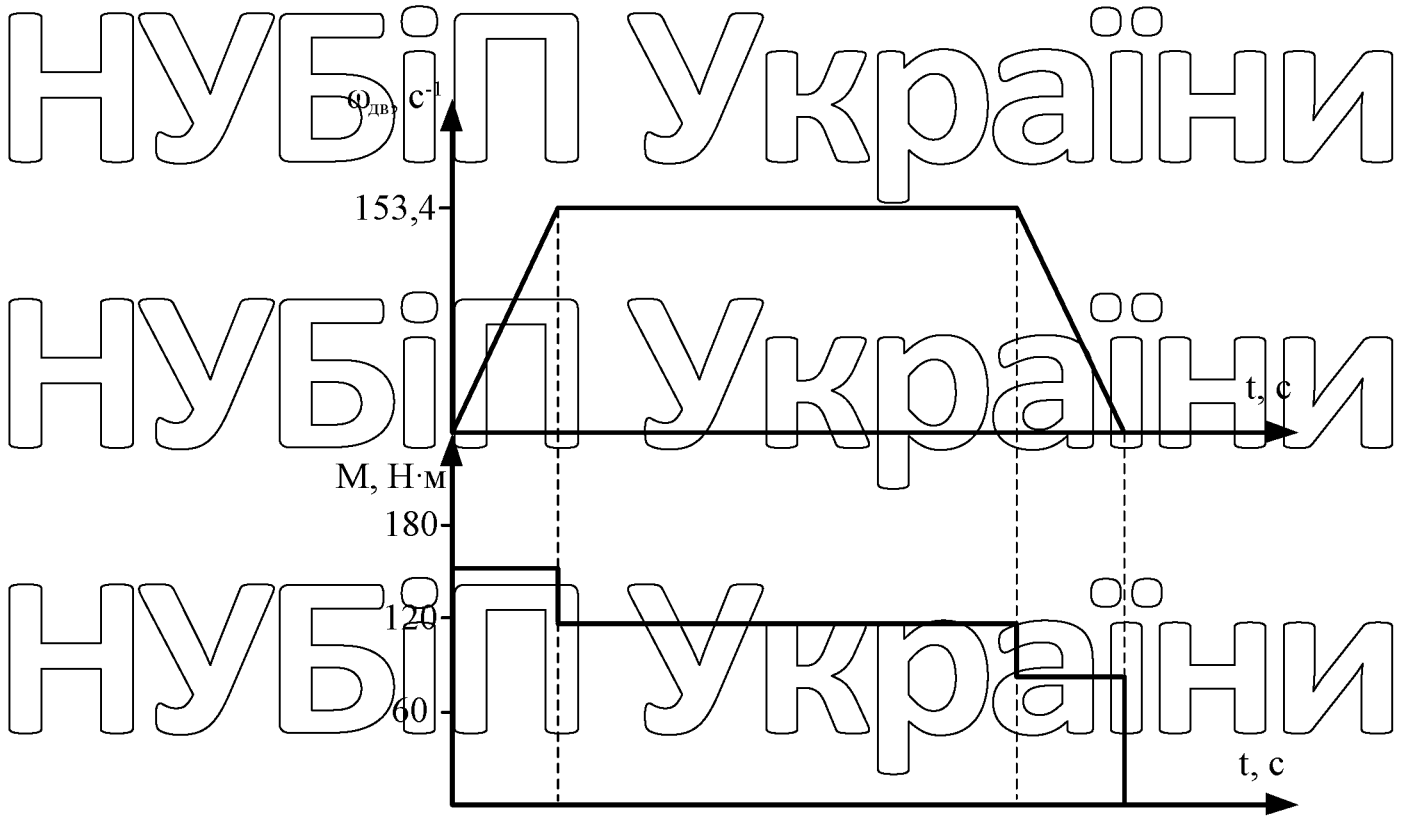


Рисунок 2.1 – Тахограма та навантажувальна діаграма привода

Розрахуємо установлену потужність електродвигуна:

$$P_y = k_3 \frac{F_0 \cdot z}{\eta_{\text{мех}}}, \quad (2.13)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу зчеплення стрічки з барабаном ($k_3=1,15$).

$$P_y = 1,15 \frac{14480 \cdot 2}{0,8} = 41,6 \text{ (кВт)}.$$

Для прийнятого двобарабанного електродви́вода загальна потужність розподіляється між двома барабанами у відповідності з прийнятим коефіцієнтом відношення потужностей.

$$P_y = P_1 + P_2, \quad (2.14)$$

$$P_1 = \frac{P_y \cdot k_B}{k_B + 1}, \quad (2.15)$$

де k_B – коефіцієнт відношення потужностей ($k_B=1$).

$$P_1 = \frac{41,6 \cdot 1}{1+1} = 20,8 \text{ (кВт)}.$$

$$P_2 = \frac{P_y}{k_B + 1}, \quad (2.16)$$

$$P_2 = \frac{41,6}{1+1} = 20,8 \text{ (кВт)}.$$

2.1 Вибір електродвигуна та його перевірка

За значенням розрахункової потужності та спираючись на результати техніко-економічного обґрунтування обираємо з [4] двигун типу АІР180S4 з технічними характеристиками наведеними в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики двигуна

| | |
|--|----------|
| Тип двигуна | АІР180S4 |
| Номинальна потужність $P_{дв}$, кВт | 22 |
| Номинальна напруга $U_{дв}$, В | 380 |
| Номинальний струм обмоток статора $I_{дв}$, А | 44,4 |
| Номинальна кутова швидкість $n_{дв}$, об/хв | 1465 |
| Номинальний коефіцієнт потужності $\cos\phi$ | 0,86 |

| | |
|---|-------|
| Номинальний коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв}, \%$ | 0,91 |
| Відношення $M_{max} / M_{дв}$ | 2,4 |
| Відношення $M_{пуск} / M_{дв}$ | 2,1 |
| Відношення $I_{пуск} / I_{дв}$ | 7 |
| Момент інерції $J_p, \text{кг} \cdot \text{м}^2$ | 0,475 |

Виконаємо перевірку правильності вибору електродвигуна за допомогою методу еквівалентного моменту.

Для цього розрахуємо номінальний момент двигуна:

$$M_{дв} = \frac{P_{дв}}{\omega_{дв}} \quad (2.17)$$

Номинальна кутова швидкість приводного двигуна:

$$\omega_{дв} = \frac{2\pi n_{дв}}{60} \quad (2.18)$$

$$\omega_{дв.н} = \frac{2 \cdot 3,14}{60} 1465 = 153,4 (\text{с}^{-1}),$$

$$M_{дв} = \frac{22000}{153,4} = 143,4 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

$$M_{екв} = (M_{ст} + M_{дин}) \cdot \sqrt{\frac{TV_{\phi}}{1,1(TV_{ст} - TV_{\phi}) + TV_{ст}}}, \quad (2.19)$$

де TV_{ϕ} — фактична тривалість ввімкнення ($TV_{\phi} = 0,8$);

$TV_{ст}$ — стандартна тривалість ввімкнення ($TV_{ст} = 1$).

$$M_{екв} = (118 + 38,1) \cdot \sqrt{\frac{0,8}{1,1(1 - 0,8) + 1}} = 141,32 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Оскільки повинна бути виконана вимога:

$$M_{дв} > M_{екв}$$

НУБІП України

Фактично маємо $143,4 > 141,32$

То можна зробити висновок, що двигун обрано вірно.

Висновок до розділу: В даному розділі розраховано потужність приводних

двигунів, вибрано приводний двигун для системи електропривода; наведено його

номінальні параметри; здійснено перевірку двигуна за методом еквівалентного моменту.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУВІП України

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

3.1. Аналіз систем керування електроприводом. Для приводу конвеєра

можуть бути застосовані такі системи побудови і керування електропривода: релейно - контакторна система – двигун постійного струму (РКС-ДПС), система релейно - контакторного управління асинхронного двигуна з фазним ротором (РКС-АД з ФР), система тиристорний перетворювач - двигун (ТП-Д), система перетворювач частоти - асинхронний двигун (ПЧ-АД), система пристрої плавного пуску електродвигуна (ППП). Коротко розглянемо основні переваги та недоліки приведених систем керування електропривода.

Релейно – контакторна система – двигун постійного струму (РКС-ДПС)

характеризується вузьким діапазоном регулювання швидкості, малоекономічність, має механічні характеристики з невисоким показником жорсткості. Система релейно - контакторного управління асинхронного двигуна з фазним ротором (РКС-АДФР) характеризується відносною плавністю регулювання, але є малоекономічною, має високі втрати в двигуні, вузький діапазон регулювання швидкості та механічні характеристики з невисоким показником жорсткості.

Система тиристорний перетворювач - двигун (ТП-Д) характеризується високою швидкодією та високим ККД, проте має невисокий коефіцієнт потужності та значно спотворює струм, що споживається з мережі.

Система перетворювач частоти - асинхронний двигун (ПЧ-АД) характеризується широким рядом переваг: широкий діапазон регулювання швидкості; жорсткість характеристик в робочій ділянці залишається незмінною; зниження пускових струмів до мінімального рівня необхідного для пуску та зниження ударних навантажень при пуску; економія електроенергії за рахунок високого ККД перетворювача та оптимізації роботи приводного двигуна із конкретним навантаженням.

Система з пристроєм плавного пуску електродвигуна (ППП)-використовується для плавного пуску та зупинки трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненими роторами. Переваги використання даного пристрої є очевидні:

- безударний пуск двигуна, плавне гальмування, динамічне гальмування;
- регулювання моменту, зменшення пускового струму;
- зменшення перевантаження та перегріву двигуна, зменшення

- електричних втрат в електродвигуні;
- усунення ривків в механічній частині обладнання;
- усунення гідравлічних ударів в трубах і запірній арматурі в момент пуску та зупинки насосів, компресорів, вентиляторів.

Пристрої плавного пуску використовують для керування привідними двигунами насосів, компресорів, вентиляторів, транспортерів, спеціальних механізмів, які потребують плавного безударного пуску, для унеможливлення поломки механічної частини.

3.2. Порівняння при веденні варіантів за критерієм приведених витрат. Для остаточного прийняття рішення щодо вибору системи електричного привода здійснимо порівняння розглянутих варіантів за критерієм приведених витрат. Визначимо приведені витрати для системи електропривода ПЧ-АД.

Приведені витрати:

$$Z = E_n \cdot K + C, \quad (3.1)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,17$);

K – капітальні вкладення;

C – загальні щорічні відрахування, які враховуються у собівартості продукції.

Капітальні вкладення:

$$K = D + CK, \quad (3.2)$$

НУБІП України
де D – вартість двигуна ($D=12900$ грн),
 $СК$ – вартість системи керування ($СК=28600$ грн).

НУБІП України
 $K = 12900 + 28600 = 41500$ (грн).
Річні капітальні витрати:

НУБІП України
 $K_{\text{річні}} = E_n \cdot K,$ (3.3)
 $K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 41500 = 7055$ (грн).

Загальні додаткові відрахування:

НУБІП України
 $C = C_A + C_P + C_D + C_O,$ (3.4)

де C_A – амортизаційні відрахування;

C_P – відрахування на ремонт;

C_D – додаткові відрахування;

C_O – відрахування на обслуговування.

Величина амортизаційних відрахувань:

НУБІП України
 $C_A = 0,1 \cdot K,$ (3.5)
 $C_A = 0,1 \cdot 41500 = 4150$ (грн).
Відрахування на ремонт електрообладнання:

НУБІП України
 $C_P = 0,02 \cdot K,$ (3.6)
 $C_P = 0,02 \cdot 41500 = 830$ (грн).

Додаткові відрахування, що враховують втрати енергії в електроприводі за рік:

$$C_d = \Delta W_{дв} \cdot c, \quad (3.7)$$

де $\Delta W_{дв}$ - сумарні втрати енергії в двигуні;
 c - вартість електроенергії, ($c=0,74$ грн/кВт год).
 Сумарні втрати енергії енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах за рік:

$$\Delta W_{дв} = (\Delta P_{дв.н} + \Delta P_{дв.пр}) \cdot k_{зв} \cdot \Phi, \quad (3.8)$$

де $\Delta P_{дв.н}$ - втрати потужності у двигуні в номінальному режимі роботи;
 $\Delta P_{дв.пр}$ - втрати потужності у двигуні у перехідних процесах;

$k_{зв}$ - коефіцієнт завантаження за потужністю, приймається $k_{зв}=0,8$;
 Φ - дійсний фонд часу роботи електродвигуна за рік.
 Втрати потужності у двигуні в номінальному режимі роботи:

$$\Delta P_{дв.н} = 2 \cdot P_{дв.н} \frac{1 - \eta_{дв.н}}{\eta_{дв.н}}, \quad (3.9)$$

де $P_{дв.н}$ - номінальна потужність приводного двигуна;
 $\eta_{дв.н}$ - номінальний ККД приводного двигуна,
 $\Delta P_{дв.н} = 2 \cdot 22 \frac{1 - 0,91}{0,91} = 4,35$ (кВт).

Додаткові втрати потужності в двигуні в перехідних режимах:

$$\Delta P_{дв.пр} = 0,1 \cdot P_{дв.н}, \quad (3.10)$$

$$\Delta P_{дв.пр} = 0,1 \cdot 4,35 = 0,435$$
 (кВт).

Дійсний фонд часу роботи електропривода за рік:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{рд} \cdot Z_{рз} \cdot t_{рз}, \quad (3.11)$$

де ε - відносна тривалість ввімкнення ($\varepsilon=0,53$);
 $Z_{рд}$ - кількість робочих днів за рік ($Z_{рд}=365$ днів);

$Z_{рз}$ – кількість робочих змін ($Z_{рз}=1$);
 $t_{рз}$ – тривалість робочої зміни ($t_{рз}=8$ год).
 $\Phi = 0,53 \cdot 260 \cdot 1 \cdot 8 = 1102$ (год).

$$\Delta W_{дв} = (4,35 + 0,435) \cdot 0,8 \cdot 1102 = 4222 \text{ (кВт / рік)}$$

$C_{д} = 4222 \cdot 1,42 = 5995,24$ (грн)

Відрахування на обслуговування електрообладнання:

$$C_{о} = 0,05 \cdot (C_{А} + C_{Р} + C_{д}), \quad (3.12)$$

$C_{о} = 0,05 \cdot (4150 + 830 + 3124) = 405$ (грн),
 $C = 4150 + 830 + 3124 + 405 = 8509$ (грн),
 $Z = 0,17 \cdot 41500 + 8509 = 15560$ (грн).

Результати розрахунків зведемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця приведених витрат

| Показники | Системи електричного привода | | | |
|--|------------------------------|-------------|-------|-------|
| | РКС-ДПС | РКС-АД з ФР | ТП-Д | ПЧ-АД |
| Вартість двигуна Д, грн | 32250 | 25800 | 32250 | 12900 |
| Вартість системи керування СК, грн | 14300 | 15730 | 25740 | 28600 |
| Капітальні вкладення К, грн | 46550 | 41530 | 57990 | 41500 |
| Річні капітальні витрати $K_{річні}$, грн | 7914 | 7060 | 9858 | 7055 |
| Амортизаційні відрахування $C_{а}$, грн/рік | 4655 | 4153 | 5799 | 4150 |
| Відрахування на ремонт $C_{р}$, грн/рік | 931 | 831 | 1160 | 830 |
| Додаткові відрахування $C_{д}$, грн/рік | 8122 | 8122 | 3124 | 3124 |
| Відрахування на обслуговування $C_{о}$, грн/рік | 685 | 655 | 504 | 405 |
| Загальні відрахування С, грн/рік | 14394 | 13761 | 10587 | 8509 |
| Приведені витрати З, грн/рік | 22307 | 20821 | 20445 | 15560 |

НУБІП України

Висновок до розділу: в даному розділі проведено порівняння систем електропривода за техніко-економічним критерієм орієнтовних цін станом на 2015-2020 р. Спираючись на результати порівнянь, робимо висновок, що

система електропривода (НПП) є найбільш оптимальним варіантом для привода даного стрічкового конвеєра.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ САЕП

4.1. Визначення вихідних даних. При розрахунках будемо вважати, що всі параметри схеми заміщення сталі [9].

$$U_{з.с} = W_{рег.ш} (p) \cdot (U_{з.ш} - U_{зз.ш}) \quad (4.1)$$

$$U_{к} = W_{рег.с} (p) \cdot (U_{з.с} - U_{зз.с}) \quad (4.2)$$

$$f = \frac{K_{пч}}{T_{пч} \cdot p + 1} \cdot U_{к} \quad (4.3)$$

Синхронна кутова швидкість:

$$\omega_{\theta} = \frac{2 \cdot \pi}{z_p} \cdot f \quad (4.4)$$

Момент двигуна:

$$M = \frac{\beta}{T_e \cdot p + 1} \quad (4.5)$$

Модуль жорсткості лінеаризованої статичної механічної характеристики двигуна визначаємо з виразу:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{к}}{\omega_{\theta} \cdot s_{к}} \quad (4.6)$$

Електромагнітна стала часу:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot s_K} \quad (4.7)$$

Рівняння руху електропривода:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c \quad (4.8)$$

Рівняння руху електропривода в просторі Лапласа:

$$J \cdot p \cdot \omega = M - M_c \quad (4.9)$$

З останнього рівняння виразимо кутову швидкість ω :

$$\omega = \frac{1}{J \cdot p} (M - M_c) \quad (4.10)$$

Рівняння (4.1) – (4.10) є основою математичної моделі САЕП.

4.2. Розрахунок статичних характеристик САЕП

Для побудови природної механічної характеристики АД з КЗ ротором

можна скористатись як формулою Клосса, так і формулою Чекунова [10].

Механічна характеристика за формулою Клосса:

$$M(s) = \frac{2 \cdot M_K \cdot (1 + a \cdot s_K)}{\frac{s}{s_K} + 2 \cdot a \cdot s_K + \frac{s_K}{s}} \quad (4.11)$$

де M_K – критичний момент двигуна;

НУБІП України

S – ковзання;

S_k – критичне ковзання.

Всі необхідні параметри взяті з паспортних даних електродвигуна.

Критичний момент двигуна:

НУБІП України

$$M_k = \frac{M_{\max}}{M_{\text{дв}}} \cdot M_{\text{дв}} \quad (4.12)$$

$M_k = 2,3 \cdot 143,4 = 344,1 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$

Синхронна кутова швидкість двигуна:

НУБІП України

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{p} \quad (4.13)$$

де f_1 – частота напруги живлення ($f_1 = 50$ Гц);

p – число пар полюсів електричної машини ($p = 2$).

НУБІП України

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 157 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

НУБІП України

Синхронна швидкість обертання двигуна:

НУБІП України

$$n_0 = \frac{60 \cdot f_1}{p} \quad (4.14)$$

$n_0 = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ (об/хв)}$

Номинальне ковзання:

НУБІП України

$$S_{\text{ном}} = \frac{n_0 - n_{\text{ном}}}{n_0} \quad (4.15)$$

НУБІП України

$$s_{\text{НОМ}} = \frac{1500 - 1465}{1500} = 0,023.$$

Критичне ковзання:

НУБІП України

$$s_{\text{к}} = s_{\text{НОМ}} \cdot (\lambda_{\text{m max}} + \sqrt{\lambda_{\text{m max}}^2 - 1}), \quad (4.16)$$

$$s_{\text{к}} = 0,023 \cdot (2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,107.$$

НУБІП України

Механічні втрати приймають рівними 5% від номінальної потужності [10]:

$$P_{\text{мех}} = 0,05 \cdot P_{\text{НОМ}}, \quad (4.17)$$

$$P_{\text{мех}} = 0,05 \cdot 22000 = 1100(\text{Вт}).$$

НУБІП України

Розрахунковий активний опір ротора приведення до статора:

$$R'_{\text{р}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{\text{НОМ}} + P_{\text{мех}}}{I_{\text{НОМ}}^2 \cdot \frac{1 - s_{\text{НОМ}}}{s_{\text{НОМ}}}}, \quad (4.18)$$

НУБІП України

$$R'_{\text{р}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{22000 + 1100}{44,4^2 \cdot \frac{1 - 0,023}{0,023}} = 0,093(\text{Ом}).$$

НУБІП України

Номінальна фазна напруга:

$$U_{\text{ф.НОМ}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3}}, \quad (4.19)$$

НУБІП України

$$U_{\text{ф.НОМ}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,3(\text{В}).$$

Розрахунковий активний опір статора:

$$R_c = \frac{U_{\phi, \text{НОМ}} \cdot \cos \varphi \cdot (1 - \eta_{\text{НОМ}})}{I_{\text{НОМ}}} - e^2 \cdot R'_p - \frac{P_{\text{мех}}}{3 \cdot I_{\text{НОМ}}^2} \quad (4.20)$$

де C – розрахунковий коефіцієнт ($C = 1,04$).

$$R_c = \frac{219,3 \cdot 0,86 \cdot (1 - 0,91)}{44,4} - 1,04^2 \cdot 0,093 - \frac{1100}{3 \cdot 44,4^2} = 0,096 (\text{Ом}).$$

Коефіцієнт a :

$$a = \frac{R_c}{R'_p} \quad (4.21)$$

$$a = \frac{0,096}{0,0093} = 1,024.$$

Вираз (4.11) набуде вигляду:

$$M(s) = \frac{2 \cdot 344,1 \cdot (1 + 1,024 \cdot 0,107)}{s \cdot (0,107 + 2 \cdot 1,024 \cdot 0,107 + \frac{0,107}{s})}$$

Механічна характеристика за формулою Клоса:

$$M(s) = M_k \frac{2 + (s^2 - s_k^2) \cdot K_s}{s \cdot (s + s_k) \cdot (s + \frac{s_k}{s})} \quad (4.22)$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт:

$$K_s = \frac{\lambda_{m \text{пуск}} \cdot (1 + s_k) - 2}{\lambda_{m \text{max}} \cdot (1 - s_k)} \quad (4.23)$$

Підставивши значення параметрів маємо

$$K_s = \frac{2,1 \cdot (1 + 0,107) - 2}{2,3 \cdot (1 - 0,107)} = 0,25$$

Відповідно, вираз (4.22) набуде вигляду:

$$M(s) = 344,1 \cdot \frac{s^2 + (s^2 - 0,107^2) \cdot 0,25}{s^2 + 0,107s + 0,107}$$

Рівняння, яке описує залежність швидкості обертання двигуна від ковзання

має вигляд:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s) \quad (4.24)$$

Для побудови механічної характеристики за рівняннями (4.11), (4.22) та (4.24) скористаємось програмним математичним середовищем Mathcad.

На рисунку 4.1 представлено механічні характеристики АД з КЗ ротором побудовані окремо за формулами Клосса (характеристика 1) та Чекунова (характеристика 2).

НУБІП України

НУБІП України

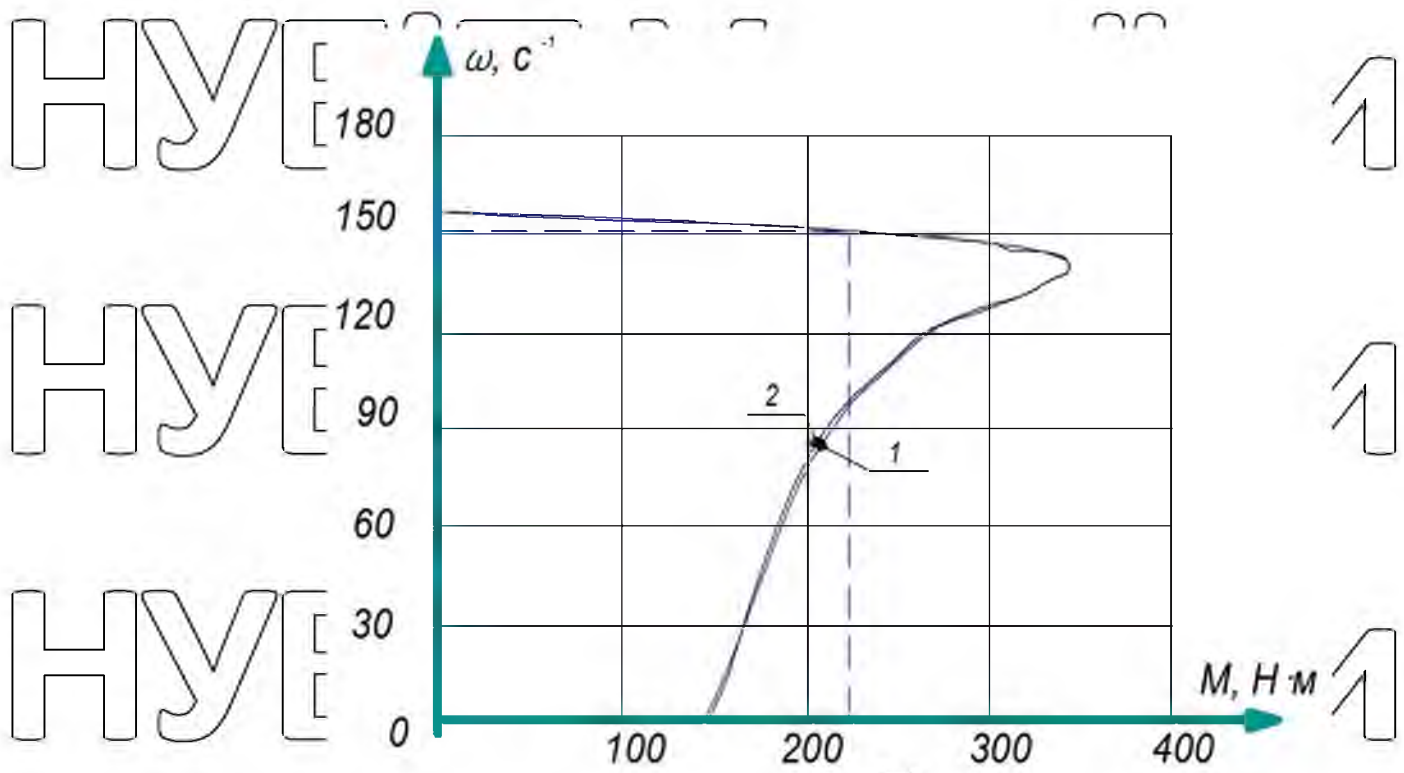


Рисунок 4.1 – Природні механічні характеристики АД з КЗ ротором побудовані за формулами Клосса (1) та Чекунова (2)

4.2 Розрахунок і вибір силових елементів пристрою плавного пуску

Проведемо розрахунок і вибір вентильних ключів (ВК) перетворювача напруги.

Для цього визначимо номінальний струм статора електродвигуна:

$$I_1 = \frac{P_{дв}}{\sqrt{3} \cdot U_{дв} \cdot \eta_{дв} \cdot \cos\phi}, \quad (4.25)$$

$$I_1 = \frac{22000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,91 \cdot 0,86} = 42,7(\text{А}).$$

Максимальне значення випрямленого струму ВК:

$$I_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot I_1 \cdot \cos\phi, \quad (4.26)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Підставивши значення, маємо $I_d = \frac{3\sqrt{2} \cdot 42,7}{3,14} \cdot 0,86 = 49,6(\text{A})$.

Середній струм тиристорного ключа визначається з виразу:

НУБІП УКРАЇНИ

$$I_{VS} = \frac{I_d}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot (1 + \cos \varphi), \quad (4.27)$$

$$I_{VS} = \frac{42,7}{\sqrt{2} \cdot 3,14} \cdot (1 + 0,86) = 17,8(\text{A}).$$

НУБІП УКРАЇНИ

Середній струм зворотного діода тиристорної схеми :

$$I_{VD} = \frac{I_d}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot (1 - \cos \varphi), \quad (4.28)$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$I_{VD} = \frac{42,7}{\sqrt{2} \cdot 3,14} \cdot (1 - 0,86) = 1,34(\text{A}).$$

Найбільша вихідна напруга визначається з виразу :

НУБІП УКРАЇНИ

$$U_{d0} = \frac{\pi}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}} \cdot U_{\text{ЛВ}}, \quad (4.29)$$
$$U_{d0} = \frac{3,14}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}} \cdot 380 = 487,3(\text{В}).$$

НУБІП УКРАЇНИ

Напруга для вибору тиристорів та діодів повинна забезпечувати нерівність:

$$U_{VS} \geq U_{d0} \cdot k_{U1} \cdot k_{U2}, \quad (4.30)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де k_{U1} , k_{U2} – коефіцієнти запасу, що враховують можливі перенапруги мережі живлення та в схемі відповідно ($k_{U1}=1,15$, $k_{U2}=1,35$).

$$U_{VS} \geq 487,3 \cdot 1,15 \cdot 1,35 = 756,6(\text{В}).$$

НУБІП УКРАЇНИ

Обираємо з [5] тиристори типу T222-20 та з [6] діоди типу RL206. Технічні дані тиристора наведені в таблиці 4.1 та діода – в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Технічні дані тиристора

| Тип | $I_{в.ср.доп},$ А | $U_{з.доп},$ В | $I_{уд},$ А | $U_{упр},$ В | $I_{упр},$ А |
|---------|----------------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| T222-20 | 20 | 800 | 300 | 3 | 0,06 |

Таблиця 4.2 – Технічні дані діода

| Тип | $I_{пр},$ А | $U_{прст.зв},$ В | $I_{імпр},$ А | $U_{імпл.зв},$ В |
|-------|----------------|---------------------|------------------|---------------------|
| RL206 | 2 | 800 | 70 | 960 |

Проведемо розрахунок фільтра. В якості фільтра автономного інвертора напруги використовується індуктивний дросель та конденсатор.

Величина індуктивності визначається виразом :

$$L_{\phi} = \frac{1}{\omega_1} \cdot \left[\frac{U_{дд}}{I_{д}} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{p} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2} \right) \cdot \sin \alpha + 80 \right] \cdot \frac{L_{н}}{U_{н}} \quad (4.31)$$

де ω_1 – кутова частота мережі ($\omega_1=314 \text{ с}^{-1}$);

p – кількість пульсацій випрямленого струму за період ($p=2$);

α – кут відкритого стану тиристора ($\alpha=120^\circ$);

$L_{н}$ – індуктивність навантаження.

Підставивши дані , маємо

$$L_{\phi} = \frac{1}{314} \cdot \frac{487,3}{49,6} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{2} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2} \right) \sin 120^\circ + 80 \cdot 0 = 0,28 (\text{мГн}).$$

Обираємо з [7] дросель типу РТСТ-82-0,505У3 із значенням індуктивності $L_{з.др.} = 0,505 \cdot 10^{-3}$ Гн, активним опором $R_{з.др.} = 37 \cdot 10^{-3}$ Ом та номінальним постійним струмом $I_{н.пост} = 100$ А.

Ємність конденсатора визначають за формулою:

$$C_{\phi} \geq \frac{1}{36 \cdot L_{\phi} \cdot \omega_{в}} \quad (4.32)$$

де $\omega_{в}$ – найменша кутова частота випрямленого струму ($\omega_{в} = 30$ с⁻¹).

$$C_{\phi} \geq \frac{1}{36 \cdot 0,28 \cdot 30} = 3,2 \text{ (мФ)}.$$

Обираємо [8] конденсатор типу К50-35, 3300 мкФ, 400 В.

Вибір автоматичного вимикача проводиться за відповідність до умови:

$$\begin{cases} I_{в.н} > I_1, \\ I_{в.відкл} > I_{\max} \end{cases} \quad (4.33)$$

де $I_{в.н}$ – довготривалий номінальний струм вимикача;

$I_{в.відкл}$ – максимальний струм відключення вимикача;

I_{\max} – максимальний струм електродвигуна.

$$I_{\max} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{дв}}} \cdot I_{\text{дв}}, \quad (4.34)$$

Де максимальний струм електродвигуна

$$I_{\max} = 7,44,4 = 310,8 \text{ (А)}.$$

Обираємо з [7] автоматичний вимикач типу ВА 52-37 за параметрами
 $I_{в.н}=440 \text{ А}, U_{в.л}=440 \text{ В}, I_{в.выдкп}=400 \text{ А}.$
Перевіримо правильність вибору згідно умови (4.33):

$\begin{cases} 440 > 42,1, \\ 400 > 310,8. \end{cases}$

Умова виконується, отже, автоматичний вимикач обрано вірно.

Висновок до розділу: в даному розділі обґрунтовано і розроблено математичну модель САЕП, розраховано та побудовано статичні характеристики САЕП, проведено розрахунки, відповідно до яких, обрано силові елементи перетворювального агрегату схеми живлення електродвигуна.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ ПЛАВНОГО ПУСКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТРИЧКОВОГО КОНВЕЄРА

5.1 Розрахунок динамічних режимів. оцінка стійкості

Нобудову динамічних характеристик реалізуємо в середовищі Matlab Simulink [11]. Представимо графіки перехідних процесів моменту та кутової швидкості при запуску системи електропривода із номінальним навантаженням відповідно на рисунку 5.1 та 5.2.

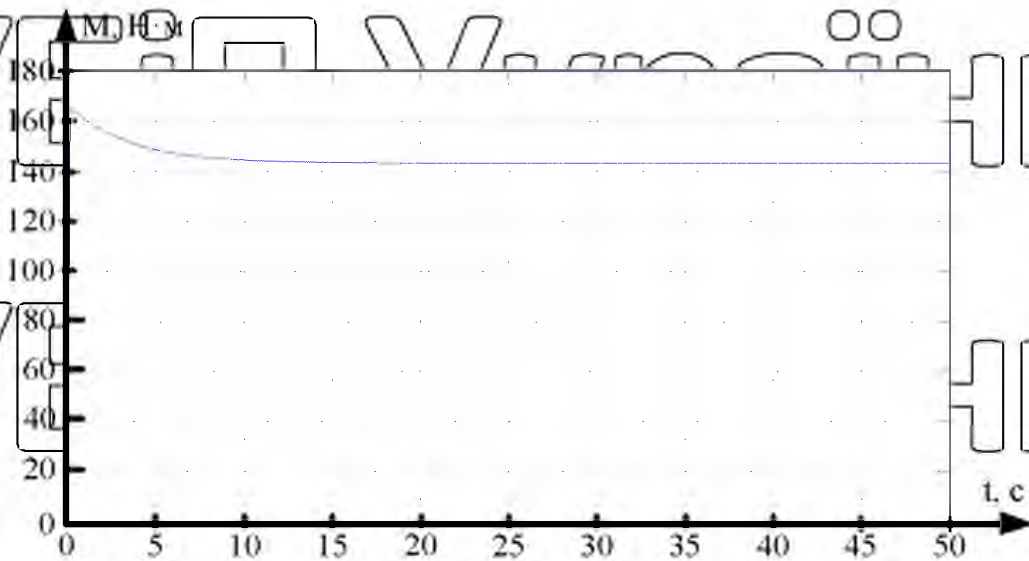


Рисунок 5.1 – Графік перехідного процесу струму якоря

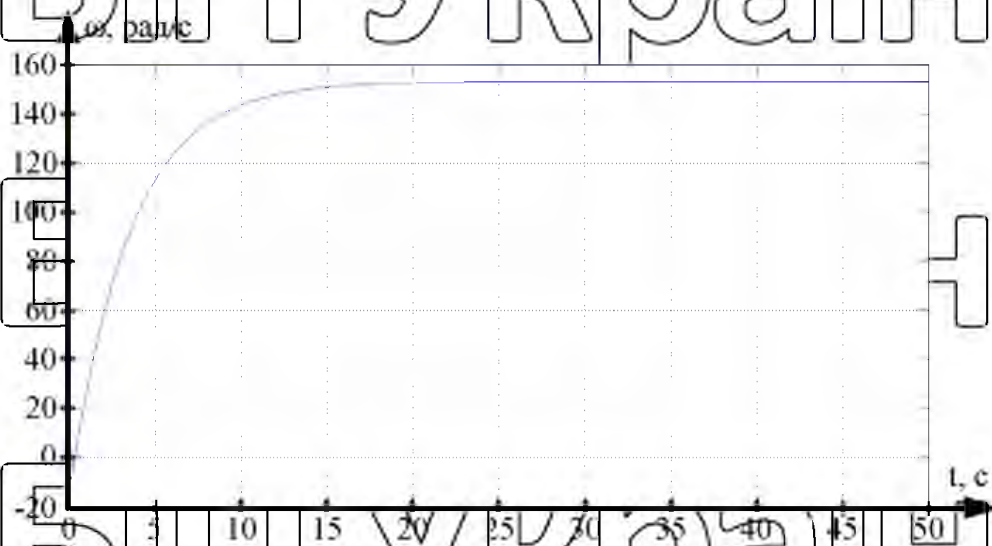


Рисунок 5.2 – Графік перехідного процесу кутової швидкості

Оцінимо стійкість САЕП за допомогою логарифмічної амплітудо-частотної характеристики (ЛАЧХ) та логарифмічної фазо-частотної характеристики (ЛФЧХ) за передавальною функцією розімкнутої системи.

$$W(p) = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot p - 4540}{1000 \cdot p^2 + 59000 \cdot p}$$

Виконаємо заміну $p=j\omega$:

$$W(\omega) = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot j\omega - 4540}{-1000 \cdot \omega^2 + 59000 \cdot j\omega}$$

Домножимо попередній вираз на спряжений та виділимо дійсну й уявну частини.

$$P(\omega) = \frac{130}{29 \cdot \omega^2 + 100000}$$

$$Q(\omega) = -\frac{7700}{29 \cdot \omega^2 + 100000}$$

Визначимо АЧХ:

$$A(\omega) = \sqrt{P(\omega)^2 + Q(\omega)^2}, \quad (5.1)$$

$$A(\omega) = \sqrt{\left(\frac{130}{29 \cdot \omega^2 + 100000}\right)^2 + \left(\frac{7700}{29 \cdot \omega^2 + 100000}\right)^2}$$

Виконаємо елементарні математичні спрощення підкореняемого виразу:

$$A(\omega) = 7700 \cdot \sqrt{\frac{1}{5,8 \cdot 10^6 \cdot \omega^2 + 841 \cdot \omega^2 + 10^{10}}}$$

Відповідно, визначимо ЛАЧХ за виразом:

$$L(\omega) = 20 \cdot \lg[A(\omega)], \quad (5.2)$$

$$L(\omega) = 20 \cdot \lg \left[7700 \cdot \sqrt{\frac{1}{5,8 \cdot 10^6 \cdot \omega^2 + 841 \cdot \omega^2 + 10^{10}}} \right]$$

Виконаємо елементарні спрощення:

$$L(\omega) = 4,3 \cdot \ln \left(\frac{1}{5,8 \cdot 10^6 \cdot \omega^2 + 841 \cdot \omega^2 + 10^{10}} \right) + 78$$

Визначимо фазово-частотну характеристику (ФЧХ) за виразом:

$$\Phi(\omega) = \operatorname{arctg} \left(\frac{P(\omega)}{Q(\omega)} \right), \quad (5.3)$$

$$\text{Маємо } \Phi(\omega) = \operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{130}{29 \cdot \omega^2 + 100000}}{7700} \right)$$

Виконаємо елементарні спрощення:

$$\Phi(\omega) = \operatorname{arctg} \left(\frac{4,3 \cdot 10^{20} \cdot \omega^2 + 1,5 \cdot 10^{24}}{7,2 \cdot 10^{18} \cdot \omega^2 + 2,5 \cdot 10^{22}} \right)$$

За отриманими даними будемо ЛАЧХ та ЛФЧХ. Графіки ЛАЧХ та ЛФЧХ представлені нижче на рисунку 5.3.

НУБІП України

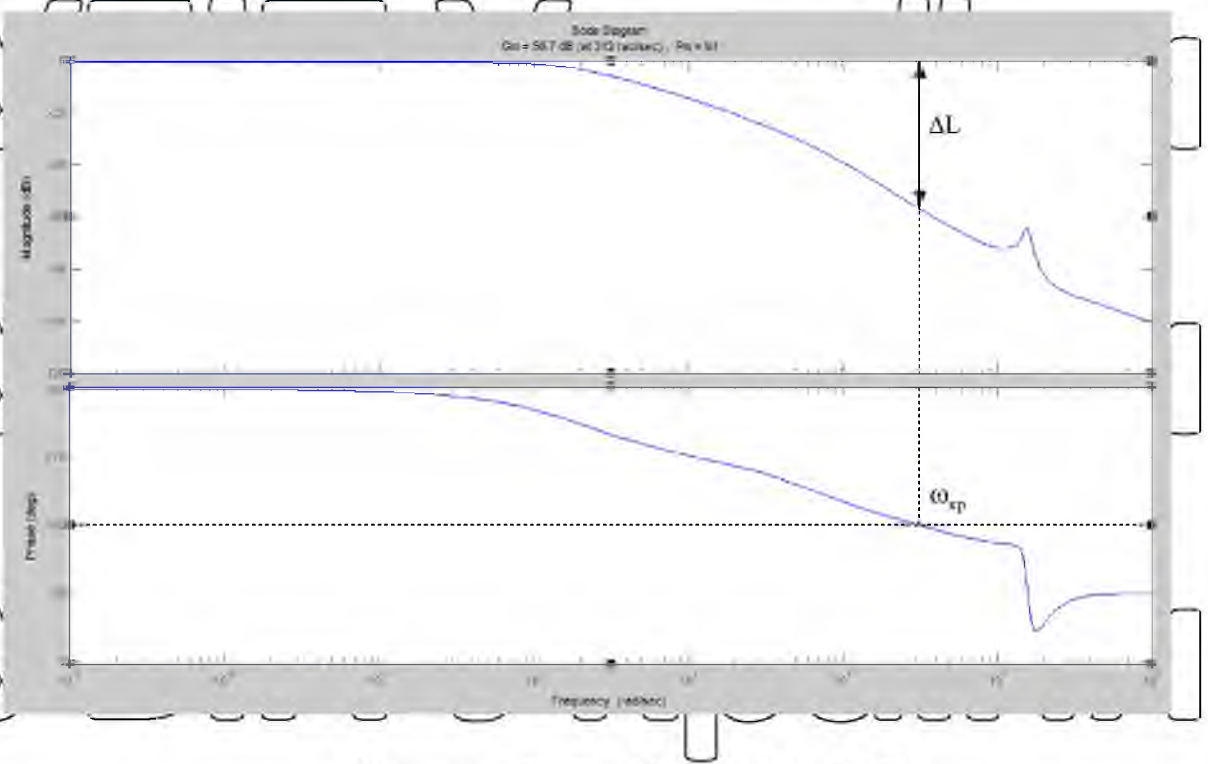


Рисунок 5.3– Графіки ЛАЧХ і ФЧХ

З отриманих графіків видно, що система САЕП є стійкою та має запаси стійкості по амплітуді $\Delta L = 56,7$ дБ та по фазі $\Delta\Phi = \infty$.

Маючи передавальну функцію системи електропривода, оцінимо її якість.

Графік характеристики переходного процесу системи САЕП із нанесеними показниками якості представлений на рисунку 5.4

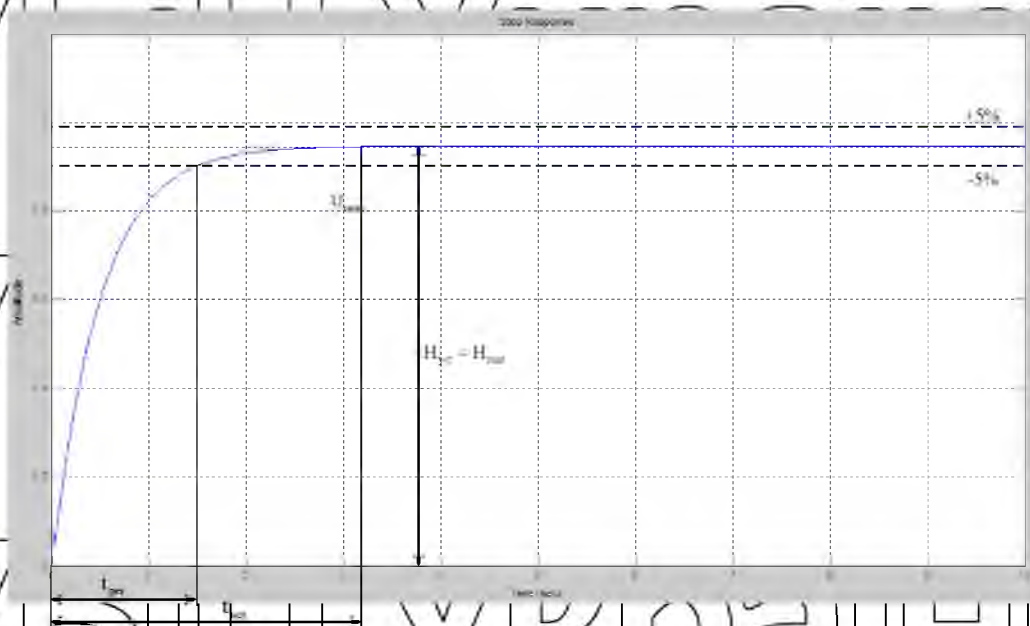


Рисунок 5.4 – Графік перехідної характеристики системи САЕП із нанесеними показниками якості

Аналіз кривої на рис. 5.4 показує, що перехідний процес не має коливань, а, отже, перерегулювання відсутнє; час регулювання $t_{рег}=1,46$ с; час встановлення $t_{вст}=2,75$ с; по закінченню перехідного процесу усталене значення $N_{уст}=0,945$

5.2 Аналіз динамічних процесів, що виникають при запуску стрічкових конвеєрів

Для стрічкового конвеєра найбільш важким є пусковий режим: створюються великі динамічні моменти, що викликають коливання і пробуксовки конвеєрної стрічки, коливання в натяжних пристроях і накиди навантаження на редуктори і приводні двигуни. Вихід з ладу дорогої (40-70% загальної вартості конвеєра) стрічки відбувається, як правило, в процесі пусків, перш за все в місцях з'єднання (швів). Виключити або звести до мінімуму це явище можливо лише при плавному пуску конвеєрів, який забезпечується тільки приводними пристроями (гідромuftами, індукційними регуляторами і т. д.) В поєднанні з приводними електродвигунами.

В останні роки УкрНДІВЕ і Автоматормаш розробили пристрої плавного пуску КУУПВ і АПМ для конвеєрів першого типорозміру нового розмірного ряду з однодвигунним приводом. На даний час значна кількість таких перетворювачів введена в роботу і вони продовжують успішно експлуатуватися. Відзначено скорочення поривів стрічок і порушень стиків, економія часу і витрат на виконання ремонтних робіт, зменшення пускових струмів, плавний запуск і достатня надійність самих пристроїв [1].

Однак, створення і дослідження стрічкових конвеєрів, різних пристроїв плавного пуску і приводних електродвигунів велися зазвичай у відриві один від одного. В результаті не враховано, з одного боку, деякі особливості конвеєрів (дуже великі в порівнянні з роторами двигунів махові маси з широким

діапазоном їх зміни, необхідність обмеження величини прискорення при пуску і ін.). З іншого - можливості навіть спеціальних конвеєрних електродвигунів (серії ЕДКЛОФ) по їх нагріванню при пуску, спільній кількості пусків підряд з холодного і гарячого станів двигуна, інтервали між пусками і т. д.

Інститути-розробники і заводи-виробники стрічкових конвеєрів під час виборів приводу орієнтуються, в основному, на номінальну потужність і частоту обертання вихідного вала редуктора одно-або багатопровідного блоку конвеєра, не враховуючи інші пускові властивості приводних двигунів. Розробники і виробники створюють двигуни також без урахування низки параметрів, що ускладнюють, а іноді виключають, можливість запуску конвеєра.

Метою даної роботи є аналіз динамічних процесів, що виникають при запуску стрічкових конвеєрів, і оптимізації цього процесу за рахунок використання пристроїв на базі тиристорних регуляторів напруги. Істотний

вплив на пуск конвеєра надають махові моменти всіх обертів і переміщаються в площині частин, які залежать від довжини, завантаження і кута установки конвеєра. Аналіз показує, що більш продуктивні конвеєри одного і того ж типовиконання з однаковим кутом установки мають меншу довжину, але

махового моменту їх залишається практично незмінним: від 4785 до 4901 Н·м² при довжині конвеєра від 1 544 до 870 м і вугіллі установки 0° для конвеєра 2Л-1000-02 з двохрухових приводом і від 6033 до 6058 Н·м² при довжині 2316-1304 м для конвеєра 2Л-1000-03 з трьохдвигунним приводом. Помітне відхилення відзначається при зміні кута установки. Так, маховий момент конвеєра 2Л-1000-

02 при куті 0° становить 4785 Н·м², а при 18° - в 1,49 рази менше, тобто 3204 Н·м². У стрічкових конвеєрів коефіцієнт інерції F_I коливається в дуже великому діапазоні:

$$F_I = \frac{\sum GD_k^2 + \sum GD_{qi}^2}{\sum GD_{qi}^2}, \quad (5.4)$$

НУБІП України

де $\sum GD_{\epsilon}^2$ - сума махових моментів мас, що обертаються завантаженого або незавантаженого конвеєра, $\text{H} \cdot \text{м}^2$;

НУБІП України

$\sum GD_{qi}^2$ - сума махових моментів одного або декількох приводних двигунів (GD_q^2) одного двигуна потужністю 132 кВт і частотою обертання 1500 хв⁻¹ (синхронною) становить 49 $\text{H} \cdot \text{м}^2$.

НУБІП України

При 100% -ому завантаженні конвеєра 2Л-1000-02 при куті уставки 0° максимальна величина FJ дорівнює 49, при 18° - мінімальна, дорівнює 27,8. Для конвеєра 2Л-1000-03, відповідно 41 і 20. Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором 2ЕДКЛОФ-250, що застосовуються для приводу стрічкових конвеєрів, можуть забезпечити шість включень поспіль з інтервалом

НУБІП України

1 хв з холодного стану і два включення - з гарячого при $FJ \leq 6,3$, що значно менше коефіцієнта інерції шквтих стрічкових конвеєрів.

НУБІП України

Іншим параметром, що визначає вибір електроприводу, є прискорення конвеєра в період пуску. Від величини прискорення залежить динаміка і можливість виникнення коливань, особливо гумовотканинної конвеєрної стрічки. Тривалість коливального процесу тим більше, чим більше прискорення при пуску.

НУБІП України

Існуючі пристрої плавного пуску побудовані на базі тиристорних регуляторів напруги. Змінюється напруга U_{di} , що подається на двигун, шляхом зміни кута відкриття α тиристорів. Цей спосіб управління асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором, який отримав назву фазово регулювання, досліджений теоретично і експериментально [2].

НУБІП України

Однак, як показують дослідження, закладені в приводі моментні характеристики не створюють достатніх передумов для забезпечення оптимальних умов плавного пуску стрічкових конвеєрів, перш за все, в частині підтримки заданого прискорення при пуску і нагріванні обмотки статора, особливо стрижнів короткозамкненої клітки ротора двигуна пусковими

струмами. Значення цих струмів залежить від конструктивних особливостей двигуна, величини поданої напруги в статор і тривалості дії пускового струму. На рис. 5.5 показані механічні експериментальна і розрахункова штучні характеристики при живленні двигуна від тиристорного регулятора напруги ТРН

в залежності від кута α відкриття тиристорів з інтервалом 5° . На рис.5.5 M_e - експериментальні моментні механічні характеристики одного (1Д), двох (2Д) і трьох (3Д) двигунів при живленні від мережі змінного струму частотою 50 Гц, величина моменту для яких визначається за шкалою $M_{1Д}$, $M_{2Д}$ і $M_{3Д}$; $\alpha = 62,5 \dots$

100° - штучні механічні характеристики двигунів при живленні змінним струмом від ТРН при відповідних кутах α ; $M_{ек}$ - номінальний момент опору конвеєра довжиною $L = 1403$ м при куті установки 0° і повному завантаженні 1120 т / год; n - частота обертання двигуна, $xv^{1/}$; t_p - час розгону конвеєра, с.

Як приклад за вихідні дані прийняті результати заводських випробувань двигуна 2ЕДКЛЮФ-250ЛС4. Штучні механічні характеристики розраховані за методикою [2], в якій наведена номограма залежності $v_2 = f(\alpha, \theta)$ відомого виразу:

$$M_n = \left(\frac{U_{di}}{U_i} \right)^2 M_{ei} \quad (5.5)$$

або

$$M_{ni} = v^2 M_{ei}$$

де M_{ni} - поточний пусковий момент на штучній характеристиці, Н·м;

M_{ei} - поточний пусковий момент на природній характеристиці, Н·м;

U_n - номінальна напруга статора двигуна, В,

U_{di} - напруга, що подається в статор двигуна від ТРН при постійному куті відкриття, В;

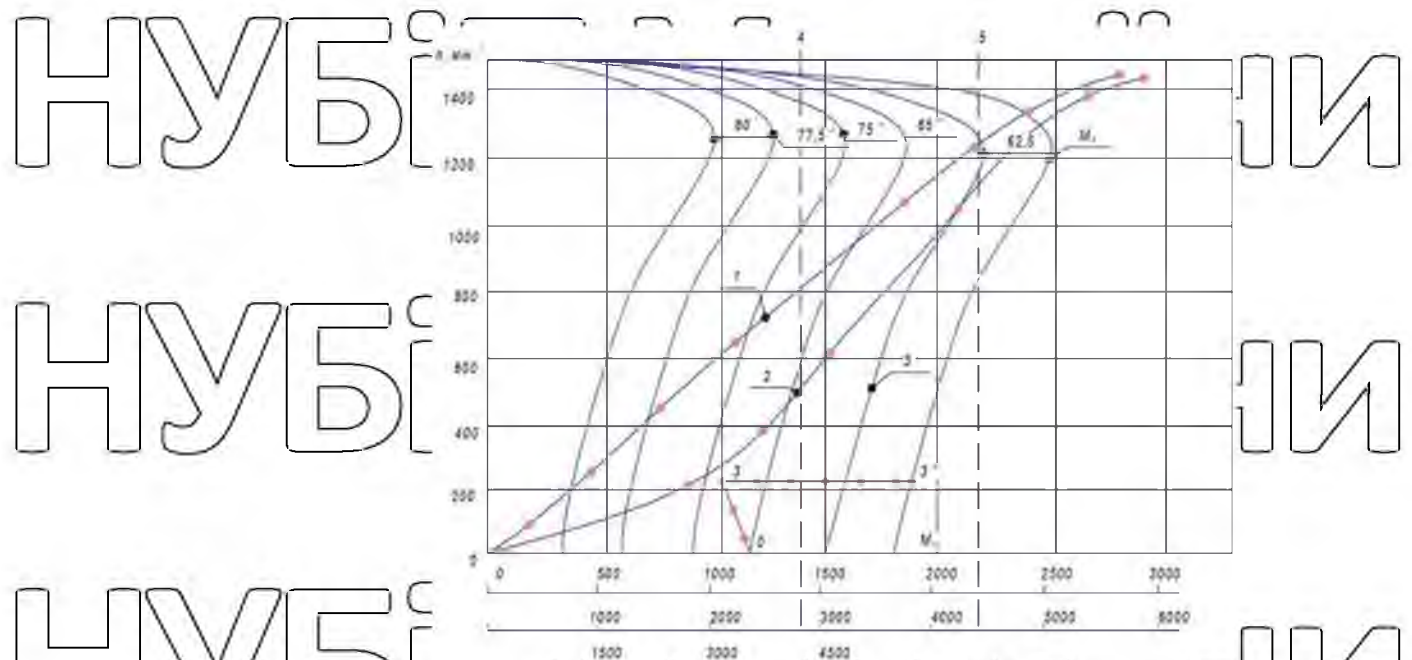


Рисунок 5.5 - Механічні характеристики електродвигуна і діаграми розгону конвеєра 2Л-1000-03:

1 і 2 - діаграми розгону конвеєра з постійним прискоренням і з його ступінчастим зміною;

3 - діаграма двоступеневого з-трансформаційних змін пускового моменту тягового зусилля;

4 і 5 - $M_{р, \text{необх}}$ - момент, необхідний для розгону конвеєра із середнім прискоренням $0,315 \text{ м/с}^2$, відповідно, для шкали M_1 і M_2 ; 0 і 3' - крива початку руху; 3', 3'' - перехід на характеристику розгону 3 ($\alpha = 75^\circ$),

v^2 - квадрат відношення поточного значення напруги, що подається в статор двигуна, до номінального значення напруги ;

ϕ - кут фазового навантаження двигуна визначається як $\arccos \phi$.

Механічні характеристики дозволяють аналізувати можливість пуску конвеєра однодвигунним приводом, користуючись шкалою моменту $M_{1д}$,

двохдвигунним - $M_{2д}$ і трьохдвигунним - $M_{3д}$, але двигуни повинні бути одного типу. Для цього розраховується момент опору на вихідному валу редуктора конвеєра (вхідному валу двигуна) $M_{ск}$, його величина відкладається на всіх трьох

шкалах. Наприклад, для конвеєра 2Л-1000-03 при 100% -ому навантаженні $M_{ск} = 1995 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Задавшись тривалістю пуску (10 с) або прискоренням ($0,315 \text{ м / с}^2$),

визначимо необхідний середній пусковий момент M_p , який в даному випадку складе $4394 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Аналіз характеристик і отриманих результатів показує наступне.

- під час пуску конвеєра трьома двигунами його можна розігнати за рахунок плавної зміни кута відкриття тиристора α з 80 до 75° , тобто змінювати напругу, що подається в статори двигунів, від 484 до 543 В, і еквівалентний пусковий струм від 667 до 774 А. Однак доцільніше поставити постійний кут $\alpha \approx 77,5^\circ$ і подавати в початковий момент (при $n = 0$) напруги 516 В;

- під час пуску конвеєра двома двигунами його розгін можна проводити за рахунок зміни кута α від 68 до $62,9^\circ$ (початкова напруга від 600 до 643 В), або задати постійний кут відкриття тиристорів $\alpha = 65^\circ$ при 643 В. У цьому випадку статори і ротори двигунів будуть «обтікати» пусковими струмами більшої величини, що призведе до більшого нагрівання двигунів і силових тиристорів ТРН.

Для пом'якшення пружних коливань в конвеєрній стрічці запропоновано процес пуску розділити на два періоди [3]: перший - до моменту початку руху стрічки (час $t_{тр}$); другий - розгін її до номінальної швидкості (час t_p). При цьому пусковий момент (тягове зусилля) в період рушання приймається меншим, ніж в період розгону.

На рис. 5.5 наведено дві діаграми швидкості розгону при 100% -ній навантаженні конвеєра 2Л-1000-03 трьома двигунами з живленням від ТРН. У першому випадку (крива 1) для забезпечення розгону із середнім прискоренням $j \approx 0,315$ м/с² необхідний середній пусковий момент на валу редуктора конвеєра МР не менше 4394 Н·м. Такий момент, розрахований за відомими формулами, може бути забезпечений приводним двигуном при постійно (на весь період розгону) відкритих на кут $\alpha \approx 77,5^\circ$ тиристорах ТРН. Як видно з механічної характеристики двигуна, при $n = 0$ на вал редуктора буде миттєво прикладений повний пусковий момент ≈ 5706 Н·м (динамічний 3711 Н·м), а тягове зусилля складе $231,6$ кН, що призведе до значних пружних коливань.

У другому випадку (крива 2) прийнято час рушання $t_{тр} = 3$ с, прискорення $0,15$ м/с², необхідний пусковий момент ≈ 3150 Н·м, який може бути забезпечений характеристикою двигуна з кутом $\alpha \approx 88,4^\circ$ (на рисунку 5.5 показаний її відрізок

0'-3'). Початковий пусковий момент 3300 Н·м (в 1,73 рази менше, ніж в першому випадку), а динамічний 1305 Н·м (в 2,84 рази менше). Таким чином, в початковий період пуску можна істотно знизити пружні ко-коливання в стрічці конвеєра.

При досягненні частоти обертання ротора двигуна 212 хв^{-1} (або через 3 с)

подається сигнал управління на відкриття кута α для переходу на потрібну характеристику (75°). В кінці першого періоду пусковий момент становив 3000 Н·м, динамічних - 1005 Н·м.

За час розгону, що залишився для другого періоду слід реалізувати швидкість стрічки 2,7 м/с або частоту обертання ротора двигуна 1273 хв^{-1} . Середня величина прискорення $0,386 \text{ м/с}^2$. Необхідний середній пусковий момент повинен бути не менше 4933 Н·м, а динамічний 2938 Н·м. Ці моменти можуть бути забезпечені при роботі двигуна на характеристиці з $\alpha \approx 75^\circ$.

Початковий пусковий момент на характеристиці в точці 3" складає 5834 Н·м (динамічний 3839). Приріст моментів, відповідно, 2834 і 1829 Н·м. У перехідному режимі динаміка за параметрами близька динаміці початкового періоду пуску конвеєра, отже, двоперіодна діаграма пуску конвеєра з точки зору полегшення його динаміки є більш доцільною.

В результаті досліджень спільної роботи стрічкових конвеєрів 2ЛІ-1000-03 з приводними двигунами 2ЕДКЛОФ-250ТС4, що живляться від тиристорних регуляторів напруги, було виявлено пролидежність їх властивостей.

Якщо для зниження виникнення і зменшення пружних коливань при пуску в стрічці конвеєра ефективно використовувати зменшення прискорення, що пов'язано зі збільшенням тривалості розгону до номінальної швидкості, то у двигунів це призводить до перегріву обмотки статора і, особливо стрижнів клітки ротора через тривалу дію великого пускового струму.

З даних заводських випробувань двигуна відомо, що зростання перегріву обмотки статора номінальним пусковим струмом при $n_p = 0$ становить $7,8^\circ$ за 1 с, а стрижнів клітки ротора $68,9^\circ$ за 1 с. Пусковий струм при знижених напругах визначиться за виразом з довідника [4]:

НУБІП України

$$I_{\text{п}} = I_{\text{н}} (U_{\text{ф}} / U_{\text{дн}})^{1/3}$$

де $U_{\text{ф}}$ – фактичне значення напруги, що подається на двигун, визначається

кутом відкриття тиристорів, тобто $U_{\text{ф}} \neq U_{\text{дн}}, \text{ В}$;

$I_{\text{пн}}$ – пусковий номінальний струм, А.

На механічних характеристиках при кутах $\alpha = 85^\circ \dots 100^\circ$ надійно забезпечується по нагріванню ротора один пуск, причому, по нагріванню статора можливі поспіль три-чотири пуски.

5.3 Розробка структурної схеми запуску стрічкового конвеєра при фіксованих значеннях кута відкриття тиристорів фазових регуляторів

Таким чином, знаючи необхідний пусковий момент для незавантаженого або завантаженого конвеєра, по викладеній методиці можна визначити, на якій моментній характеристиці і з яким кутом відкриття тиристорів ТРН слід робити розгін конвеєра, які напруги і пусковий струм подаються в кожен з статорів.

Відповідно визначається середня величина пускового струму $I_{\text{ср}}$ і середньоквадратичний еквівалентний $I_{\text{екв}}$ струм і температурні режими. Номінальна швидкість нового розмірного ряду, як відзначатимуть-дось вище, становить 1,6; 2; 2,5 і 3,15 м / с.

Отже, при прийнятому прискоренні $0,3 \text{ м / с}^2$, при розробці конвеєрів, час розгону конвеєра складе 5,3; 6,7; 8,3 і 10,5 с, що позначиться на нагріванні приводних електродвигунів. При цьому зменшення прискорення призводить до збільшення часу розгону і підвищення нагріву обмотки статора двигуна і стрижнів ротора (при великій тривалості пуску температура стрижнів при повітряному охолодженні двигуна може досягати критичних значень). Останнє обмеження є досить суттєве, особливо для конвеєрів, що вимагають низьких значень прискорень при пуску.

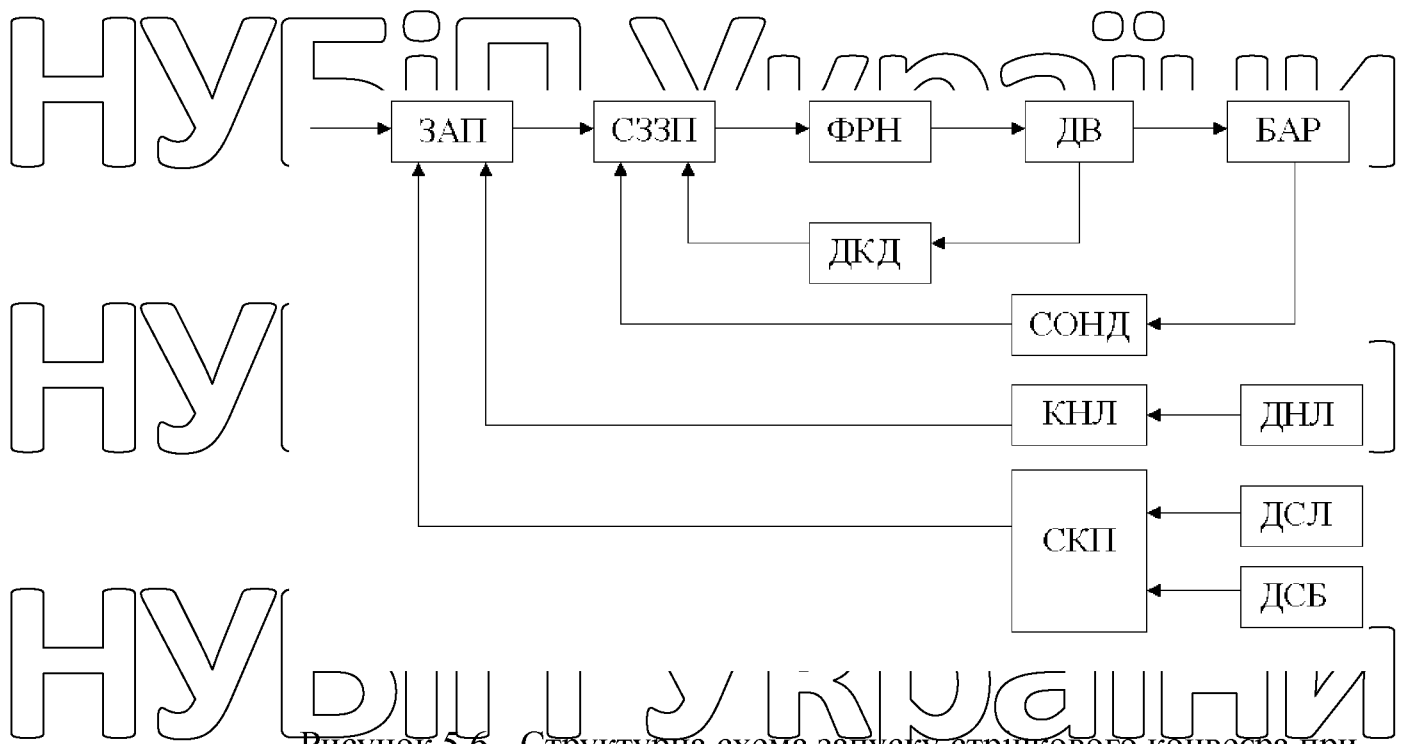


Рисунок 5.6 - Структурна схема запуску стрічкового конвеєра при фіксованих значеннях кутів відкриття тиристорів фазових регуляторів.

Реалізація пуску на фіксованих кутах може бути вирішена за допомогою пристрою, структурна схема якого наведена на рис. 5.6. Після пускового імпульсу А від апаратури автоматизації на субблок завдання алгоритму пуску ЗАП, що впливає на субблок завдання кута фіксованого відкриття тиристорів (СЗЗП), з його пам'яті витягується значення кута α_1 для періоду початку руху.

Субблок ФРН формує необхідний рівень напруги, що подається на приводний двигун ДВ, задаючи механічний момент початку руху. Контроль закінчення фази початку руху і перехід в фазу розгону здійснюються за допомогою субблока СОНД, що одержує сигнал від датчика початку руху стрічки, розташованого в точці збігання стрічки з барабана БАР.

Субблок СОНД впливає на субблок СЗЗП, який формує кут відкриття тиристора фази розгону α_2 , в результаті чого ФРН задає новий рівень напруги, що подається в статор двигуна ДВ. Двигун переходить на нову штучну характеристику, створюючи механічний момент, що відповідає моменту розгону.

Фаза розгону характеризується досягненням стрічкою номінальної

швидкості, яка контролюється субблоком контролю швидкості стрічки і пробуксовки СКП (видає команду на перехід двигуна на природну характеристику). У процесі пуску постійно контролюються пробуксовка і швидкість стрічки за допомогою датчиків ДКД, ДСЛ, ДСБ [5] і субблока СКП.

Крім того, контролюється натяг стрічки субблока КНЛ і датчиком ДНЛ.

5.4 Привід стрічкового конвеєра.

Системи управління перших зразків забезпечували виконання електричних захистів електроприводів, контроль їх стану, блокування при виникненні аварійних режимів, проте в наступні оптимізації пуску і роботи двошвидкісних стрічкових конвеєрів, дані пристрої мали ряд істотних недоліків:

- критерієм переходу з низькою швидкості на високу є тільки часовий чинник, не враховується поточна завантаження конвеєра, що призводить до несвоєчасного переходу на високу швидкість, що викликає виникнення перевантажень в трансмісіях конвеєра і електроприводах, аж до «перекидання» електродвигунів;

- захист електродвигунів від перевантаження по струму виконується тільки після граничного максимального рівня, що веде до зниження надійності електрообладнання;

- відсутні ряд суттєвих і необхідних захистів по контролю параметрів приводних редукторів та електродвигунів;

- низька інформативність пристроїв.

Необхідно створення пристроїв, основними функціями яких, крім забезпечення необхідних захистів і блокувань електроприводів конвеєра, було забезпечення найбільш раціонального (оптимального) пуску конвеєра із застосуванням спеціального алгоритму перемикання приводів в функції струму та часу з метою зменшення динамічних навантажень в елементах конвеєра при його запуску.

НУВБІП УКРАЇНИ

Розглядом та аналізом взаємодії механізмів механіки, електротехніки та електронних систем управління займається нова галузь науки – мехатроніка, що отримала широкий розвиток в останні роки.

Мехатроніка – це область науки і техніки, заснована на синергетичному поєднанні механізмів механіки з електронними та комп'ютерними компонентами, забезпечує проектування і виробництво якісно нових модулів, машин і систем з інтелектуальним керуванням їх функціональними рухами.

НУВБІП УКРАЇНИ

Однією з складових частин мехатроніки є інформаційність і, як наслідок, діагностичні властивості механічної складової об'єкта управління. При створенні нових пристроїв керування цим необхідно приділяти значну увагу. Так, при розробці двошвидкісного електродвигуна в якості контролю його температурного режиму доцільно ввести теплові датчики позисторного типу двох рівнів: перший з яких є аварійним і блокуючим, другий – попереджувальних, коригувальних захисну струмовий характеристику двигуна, представлену на (скорочує витримку часу на відключення двигуна при перевищенні допустимих значень споживаного струму) і запобігає пуск двигуна в нагрітому стані, що може призвести до виходу його з ладу.

НУВБІП УКРАЇНИ

До даного класу контрольованих параметрів можна віднести відхилення швидкості приводної зірочки від номінального значення і величину струму, споживаного приводними двигунами. За кнопок-індикаторів параметрами даних величин можна судити про стан привода конвеєра, його стану і робочого органу.

У зв'язку з цим з'являються нові технічні властивості, які є результатом синергетичного об'єднання складових частин (компонентів) конвеєри, що працюють на загальний результат, зокрема, зниження перевантажень у транспортному тяговому органі та приводах конвеєра, підвищення надійності експлуатації конвеєра, збільшення строку його служби, скорочення витрат на проведення ремонтно-профілактичних робіт.

НУВБІП УКРАЇНИ

Побудова конвеєра, як мехатронного модуля полягає в перенесенні функціонального навантаження в більшій мірі на електронну систему

управління, виконану на базі мікропроцесорної техніки, що дозволяє без значних вартісних витрат змінювати режими роботи машини (шляхом програмування) з урахуванням довжини конвеєра, кута установки, величини вантажопотоку, кількості приводів, з метою зменшення динамічних перевантажень трансмісії

конвеєра в період розгону, що призведе до збільшення терміну служби вузлів і механізмів конвеєра і зменшення ймовірності виникнення аварійної ситуації.

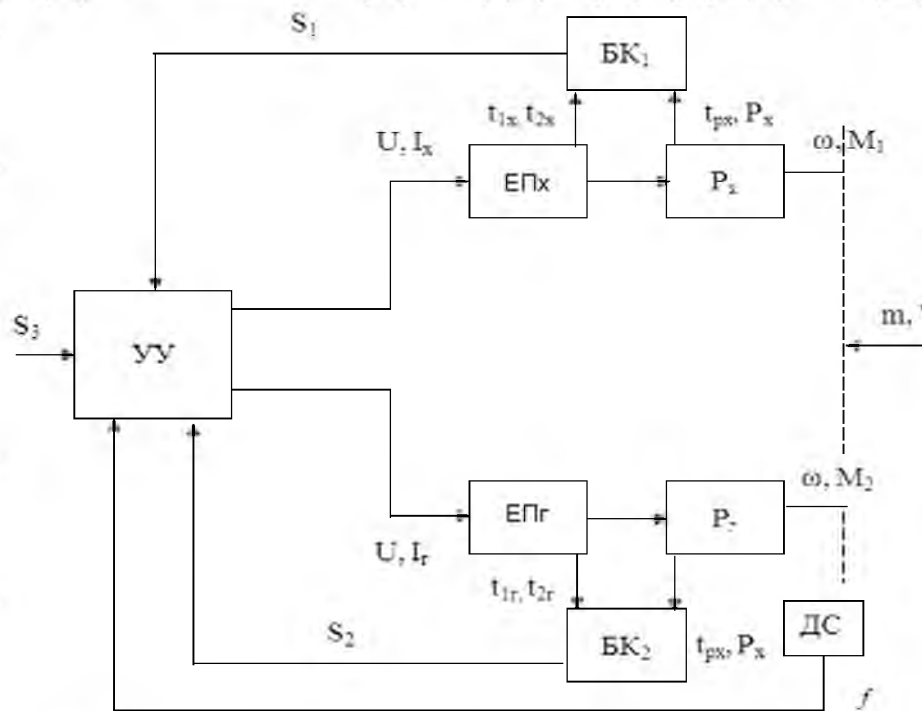


Рисунок 5.7. - Структурна схема привода стрічкового конвеєра в якості мехатронного модуля

Пристрій управління УУ, контролюючи інформаційні потоки S1 і S2, що надходять від блоків контролю BK2 головного приводу і BK1 хвостового приводу, а також команди пуску S3, формує керуючу напругу U надходить на електродвигуни хвостового ЕПх і головного ЕПг приводів, які за допомогою редукторів Рх і Рг створюють крутний момент на приводних зірках конвеєра.

На конвеєр також впливає зовнішній вплив, а саме - вантажопотік за допомогою зміни обсягів V маси, що надходить і яка контролюється пристроєм управління через різні датчики зміни режимів роботи конвеєра.

Висновок до розділу: в даному розділі проведено розрахунок та побудову динамічних характеристик; проведено оцінку стійкості та якості системи САЕП, плавний пуск стрічкових конвеєрів з реалізацією двоступеневої раціональної діаграми можливий на фіксованих значеннях кутів відкриття тиристорів тиристорних регуляторів напруги, що покращує динаміку пуску, полегшує теплові режими приводних двигунів і спрощує програмне і апаратне виконання, що дасть змогу заощадити значні кошти.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 6. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СТРИЧКОГО КОНВЕЄРА

6.1 Розробка системи керування електропривода

Застосування при необхідності в порівняно дешевих пристроях для запуску двигунів з обмеженням струму в процесі розгону привела до широкого поширення пристроїв плавного пуску (ППП).

Функціональна схема ППП представляє по суті силову схему і принцип управління перетворювального пристрою, відомого під назвою тиристорного регулятора напруги (ТРН). За рахунок можливості регулювання напруги на затискачах двигуна забезпечує формування струму і моменту двигуна в пусковому режимі.

ППП, по суті ТРН, в який введено замкнута система автоматичного регулювання струму і пристрій параметричного (функції часу) завдання амплітуди струму. В результаті ППП реалізує формування заданого обмеженого струму і моменту двигуна в процесі пуску.

Традиційна система плавного пуску представлена на малюнку забезпечує зниження пускового струму на заданому рівні (не більше 2 ... 3). При цьому різко зменшуються електродинамічні зусилля в обмотках і пов'язане з ними механічне пошкодження ізоляції обмоток. Зниження пускових моментів сприятливо і для механічної частини приводу.

Пристрій плавного пуску не змінює частоту або швидкість як це робить привід. Замість цього він плавно нарощує напругу, яка подається на двигун, від початкового значення до повного. Спочатку напруга на двигуні під час пуску настільки мала, що можна регулювати тільки зазор між зубчастими колесами або розтяжними приводними пасами і т.д. Це дозволяє уникнути різких ривків при пуску. Поступово напруга і крутний момент збільшуються, а стрічка транспортера починає прискорюватися. Однією з переваг цього методу пуску є можливість точного регулювання крутного моменту в залежності від потреб, і наявності або відсутності завантаження.

Використання пристрою плавного пуску дозволяє зменшити пусковий струм і тим самим уникнути зниження напруги в мережі. Також при цьому зменшується пусковий крутний момент і механічні дії на устаткування, що знижує необхідність в його обслуговуванні та ремонті. Пристрій плавного пуску

може виконувати плавну зупинку, що дозволяє уникнути пошкодження тендітного матеріалу на стрічкових конвейерах.

До основних параметрів системи керування електроприводом, які задаються і управляються за допомогою ППП можна віднести:

1. Час розгону - це час, за яке система плавного пуску збільшить напругу від початкового до повного.

2. Час гальмування - це час, за який напруга на виході системи знизиться від повного значення до напруги зупинки (початкової напруги).

Якщо за встановлений час двигун не встигає загальмуватися повністю, то подальша зупинка двигуна відбувається «на вибігу».

3. Обмеження струму - може використовуватися в тих випадках, коли потрібно обмеження пускового струму або при пуску під великим навантаженням, коли важко забезпечити хороший старт завданням тільки початкової напруги і часу включення. При досягненні межі обмеження струму система плавного пуску тимчасово припинить збільшення напруги, поки струм не знизиться нижче заданої межі, після чого процес збільшення напруги відновиться до досягнення повної напруги. Ця функція є не у всіх ППП.

4. Управління моментом застосовується в тих випадках, коли потрібно забезпечити двигуну конкретним моментом протягом усього часу пуску. При цьому необхідний для пуску двигуна струм не повинен перевищувати струм обмеження. Динамічний момент може бути постійний у всьому діапазоні зміни швидкостей. Регулювання моменту дозволяє використовувати один темп розгону електродвигуна для забезпечення пуску без механічних перенапруг.

5. Функція підтримки напруги дозволяє отримати пусковий момент для подолання механічного тертя. Застосовується, коли обертовий момент при

зниженій стартовій напрузі недостатньо для зрушення вала з місця, але основний розгін двигуна можна виконати і від зниженої напруги.

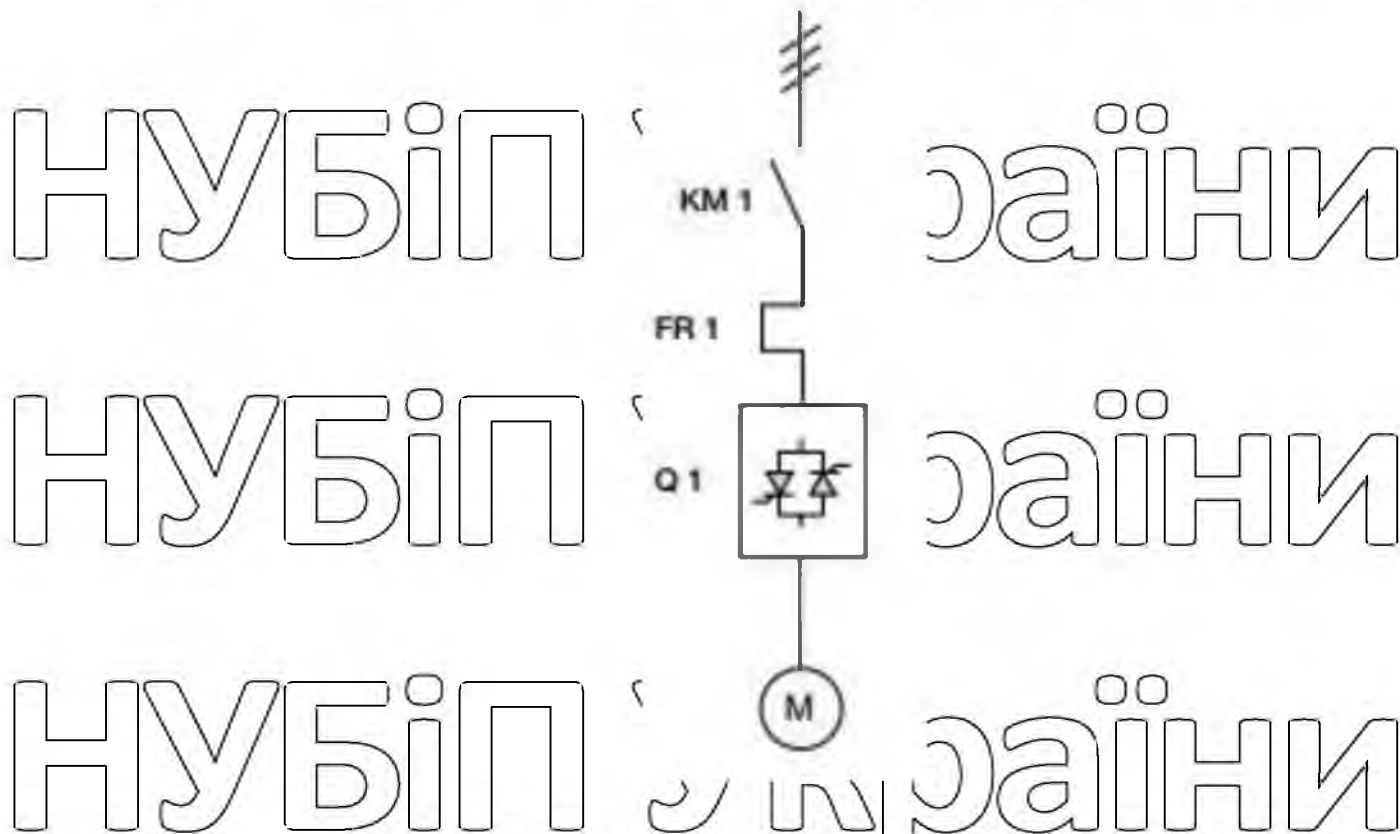


Рисунок 6.1 – Структурна схема пристрою плавного пуску електродвигуна

Серія пристроїв плавного пуску електродвигунів струмових конверсів

Серія Altistart 48

Пристрій плавного пуску Altistart 48 являє собою тиристорно перемикаючий пристрій, що забезпечує плавний пуск і зупинку трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором потужністю від 4 до 1200 кВт. Воно об'єднує функції плавного пуску і гальмування, замість механізмів і двигунів, а також зв'язку з системами автоматизації.

Характеристики алгоритму управління пристроями плавного пуску Altistart 48 забезпечують високу надійність, безпеку і простоту введення в експлуатацію.

Основні функції ППД Altistart 48:

1. спеціальний алгоритм керування моментом, реалізований в пристроях плавного пуску Altistart 48 (патент Schneider Electric);
2. підтримання моменту, що розвивається двигуном під час прискорення і уповільнення (значне зменшення ударних навантажень);

3. можливість закоротки пристрою за допомогою об'єднаного контактора після закінчення пуску з підтриманням електронних захистів;
4. великий допустимий діапазон зміни частоти при живленні від електроагрегатів;

Функції захисту двигуна і механізму:

1. вбудовано непрямий тепловий захист двигуна;
2. обробка інформації з терморезисторів (позисторів);
3. контроль часу пуску;
4. захист від недовантаження і перевантаження в сталому режимі.

У типовому варіанті, для управління одним або групою однакових за параметрами електродвигунів за допомогою ППП Altistart 48 необхідно:

поєднати дискретні виходи контролера з клемми ППП Stop (активний сигнал 0 В) і Run (активний сигнал + 24В). При цьому «0» живлення виходів контролера необхідно об'єднати з клемою COM ППП.

Ще два дискретних виходи контролера використовуються для управління вхідними контакторами.

Можливе управління ППП і за допомогою проміжних реле при цьому контакти реле служать для подачі на клемми Stop і Run сигналів з клем + 24V і COM пристрою плавного пуску. При дослідженні необхідно пам'ятати, що входи ППП RUN і STOP запрограмовані для команд пуску і зупинки. Сигнали управління можуть бути постійними або імпульсними.

Два інших входу LI3 і LI4 можуть бути налаштовані для виконання певних функцій. Altistart 48 має два дискретних і три релейних виходи.

Дискретні виходи LO1 і LO2 підключаються до відповідних входів контролера безпосередньо. Сигнали з реле R1, R2 і R3 подаються на відповідні входи контролера, при цьому +24 В живлення входів контролера подається клемми R1C, R2C і R3C, а клемми R1A, R2A і R3A з'єднуються з входами контролера.

При проєктуванні слід враховувати, що реле R1 може бути налаштоване для виконання наступних функцій:

1. Сигналізація про несправність. Реле розмикається при появі несправності ППІ.
2. Команда на ізолювання. Реле розмикається по сигналу низького рівня на вході STOP і в кінці уповільнення по команді уповільнення.

У всіх випадках при розмиканні реле R1 рекомендується запрограмувати контролер на відключення мережевого контактора. Реле R2 сконфігурованої тільки на функцію підключення контактора. Воно замикається після закінчення пуску і розмикається по команді STOP або при несправності.

Реле R3 конфігурується на виконання тих функцій, що і дискретні виходи LO1 і LO2. Altistart 48 має один аналоговий вихід AO1. Він дозволяє передавати на аналоговий вхід контролера струмовий сигнал 0-20 або $4-20$ мА, що містить інформацію про величину поточного струму або моменту двигуна, температуру двигуна, активну потужність.

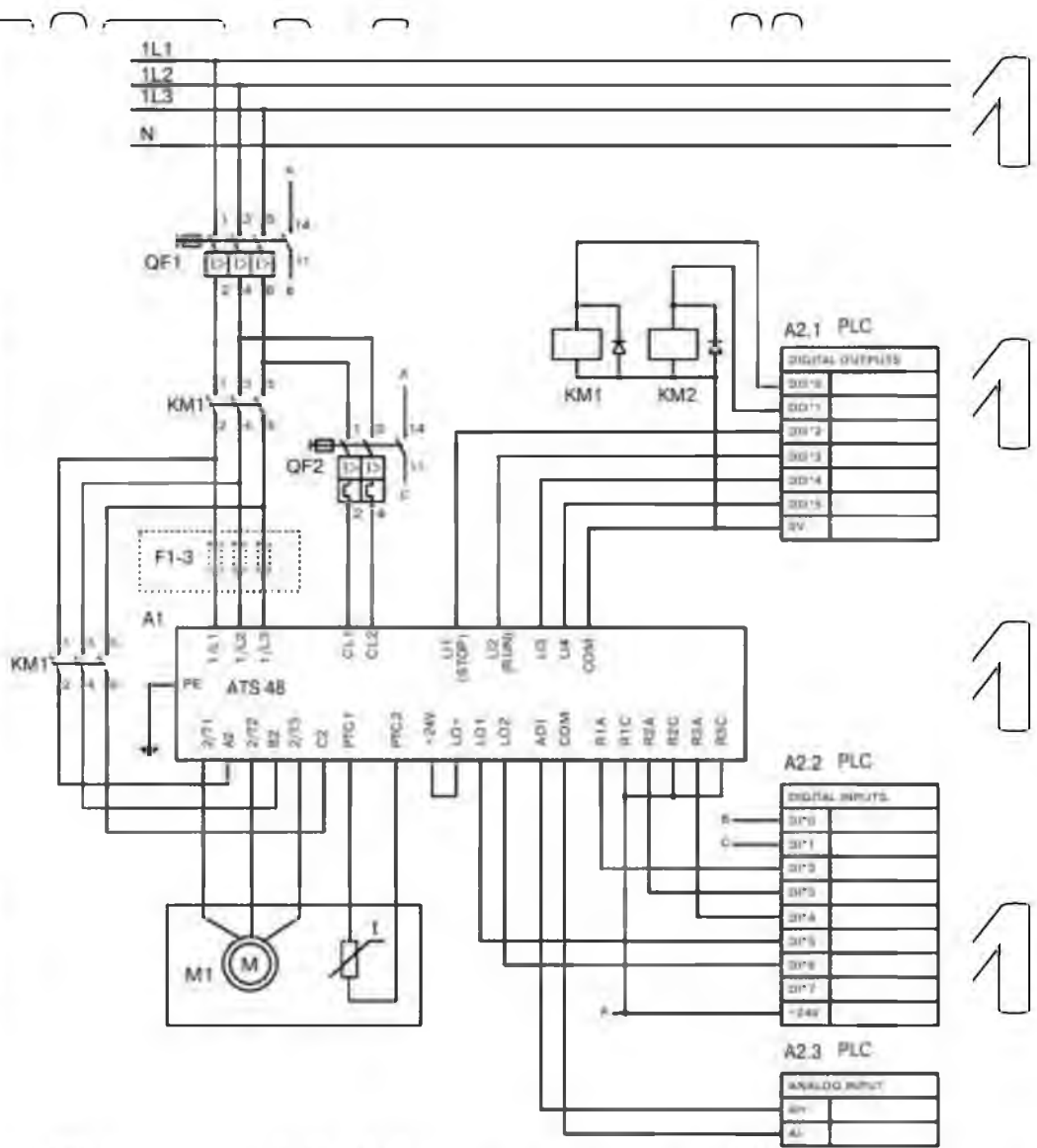


Рисунок 6.2 – Функціональна електрична схема з'єднання ППН Altistar 48 від PLC

ППП типу SSM компанії ABB

Кожне ППП є комплексним, автономним пристроєм одностороннього обслуговування. Силова частина включає в себе роз'єднувач, розрахований на відключення повного струму навантаження, силові запобіжники, закріплені вакуумні контактори, блок силових тиристорів.

З метою мінімізації компонентів і підвищення тим самим надійності ППП цифровий контролер управління тиристорами виконує одночасно і функції захисту двигуна. Запобіжники працюють як в режимах пуску і плавні зупинки,

так і при роботі двигуна безпосередньо від мережі з включеним контактором. Спеціалізованого пристрою РЗА не потрібно.

Для зручності експлуатації ППП виконані за принципом Plug and play, тобто потрібно лише підключення входу до мережі живлення (3 фази) і виходу - до двигуна (3 фази). Всі міжблочні зв'язки, захисту двигуна, джерела живлення і т.д. виконані всередині самого пристрою, додаткових блоків, кабелів, напруга ланцюгів управління, монтажних робіт не потрібно.

З метою підвищення надійності ППП з номінальним струмом нижче 400 А виконуються невентильованими (відсутні вентилятори охолодження). Всі ППП мають ступінь захисту не нижче IP 54 (стандарт) або IP 64 (опція) для роботи в умовах підвищеної забрудненості.

Для зручності проектування і розміщення на об'єкті конструкція ППП передбачає можливість двох варіантів його підключення. У цьому випадку

необхідність у зовнішній осередок введення з пристроєм РЗА відпадає (економія - 20-30 kUSD на один пристрій), досягається подвійне зниження займаної площі, подвійне збільшення часу напрацювання на відмову. У цьому випадку (опція за

бажанням замовника) живлення ППП здійснюється через зовнішню

(надлишкову) високовольтну комірку. Наявність вбудованих в ППП контакторів дозволяє тримати вимикач зовнішнього осередка постійно включеним і напруту живлення - постійно підведеними до ППП, а робочі комутації виконувати контакторами. Це дозволяє зовнішньому вимикачу працювати в

енергоощадному режимі за рахунок зниження числа комутацій, однак,

підвищуються розміри і загальна ціна технічного рішення.

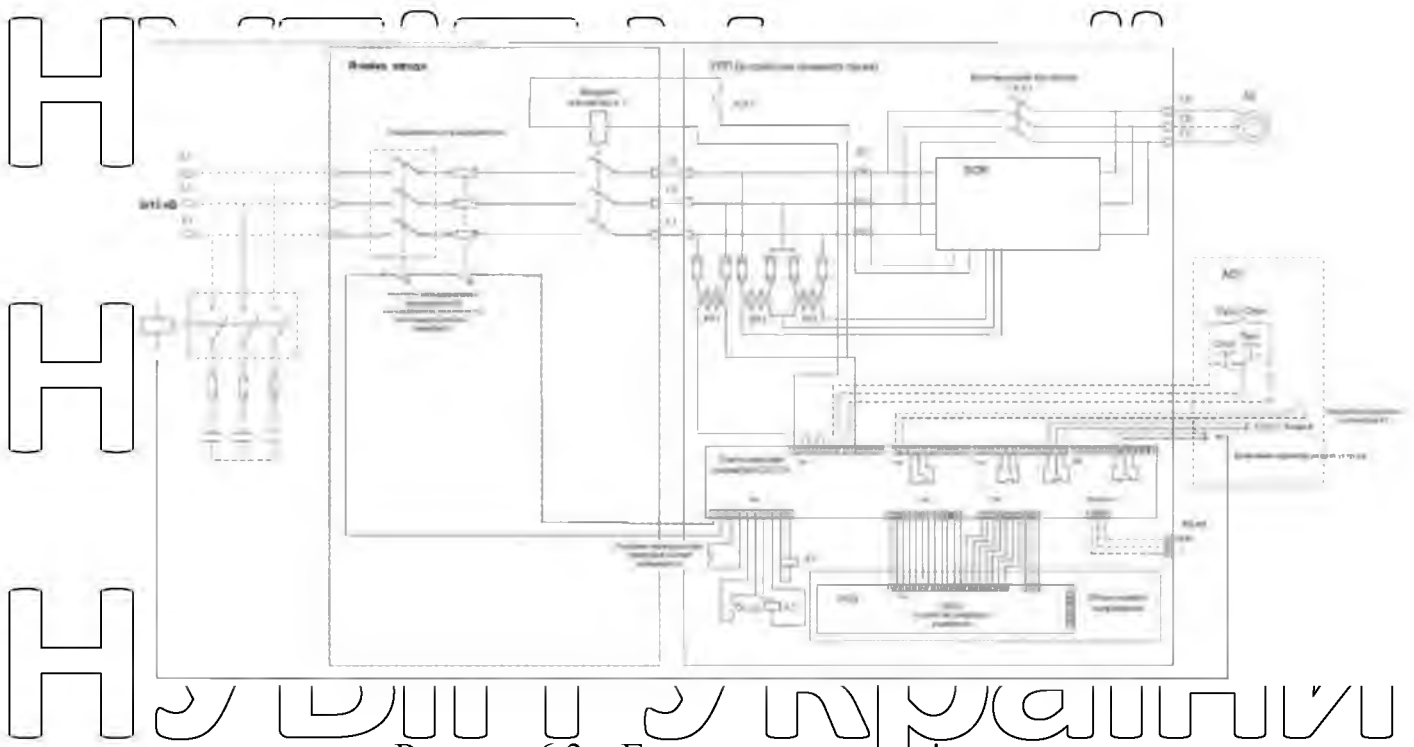


Рисунок 6.3 – Електрична схема з'єднання пристрою плавного пуску фірми SSM

6.2 Розробка функціональної схеми системи керування конденсатом

Як основний пристрій управління вибираємо керований мостовий перетворювач тиристора. Основним функціональним завданням якого є управління асинхронним електроприводом.

Для забезпечення нормальної роботи системи управління, що розробляється, складемо структурну схему всього комплексу, яка представлена на рис.6.4.

Напряга мережі поступає на трансформатор (ТР), де зменшується до необхідного рівня живлення керованого мостового перетворювача тиристора (КМТТ). Унаслідок чого забезпечується обертання асинхронного двигуна (АД), на вал якого закріплений за допомогою механічного зв'язку тахогенератор (ТГ) промовець у вигляді елемента зворотного зв'язку за швидкістю. Отримані сигнали зворотного зв'язку за швидкістю, струму і напрузі через блок зворотних зв'язків (БЗЗ) подається в систему управління (СУ) що дозволяє регулювати

роботу КМТП. Система управління насичується від додаткового джерела живлення (ДЖ).

НУБІП України

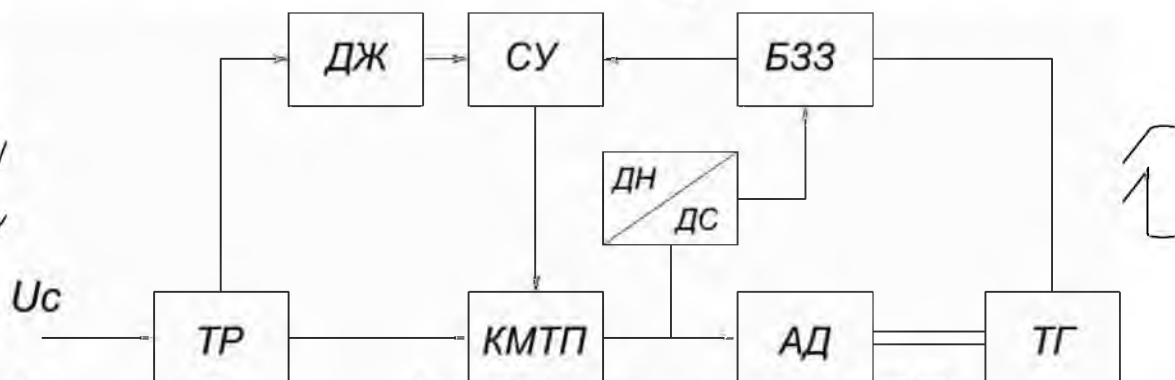


Рисунок 6.4 - Структурна схема системи управління стрічкового конвеєра.

На підставі розробленої структурної схеми рис.6.4 була складена функціональна схема яка представлена на рис.6.5

Трьохфазна сіткова напруга U_c поступає на трансформатор (ТР) і зменшується до необхідного рівня. Отримана на виході $U_{тр}$ подається на керований мостовий тиристорний перетворювач (КМТП) який складеться з тиристорного перетворювача (ТП) та автономного інвертора напруги (АІН).

Як видно з функціональної схеми рис.6.4 тиристорний перетворювач ТП перетворює трьохфазну синусоїдальну напругу в однофазну постійну. $U_{шт}$, яка потім подається до АІН, такий комплекс КМТП дозволяє реалізувати частотне управління виконавчим приводом стрічкового конвеєра.

Закони управління КМТП реалізуються за допомогою системи управління (СУ). Вироблені імпульси управління передаються по каналу управління (КУ) до блоку регулювання (БР). Рівень управляючих імпульсів залежить від використаних в системі зворотніх зв'язків які реалізовані на датчиках струму (ДС) та датчиках напруги (ДН) які реалізують зворотній зв'язок по струму та напрузі.

Зміну швидкості обертання привода М з частотою ω знімається тахогенератором (ТГ) і реалізує зворотній зв'язок по швидкості.

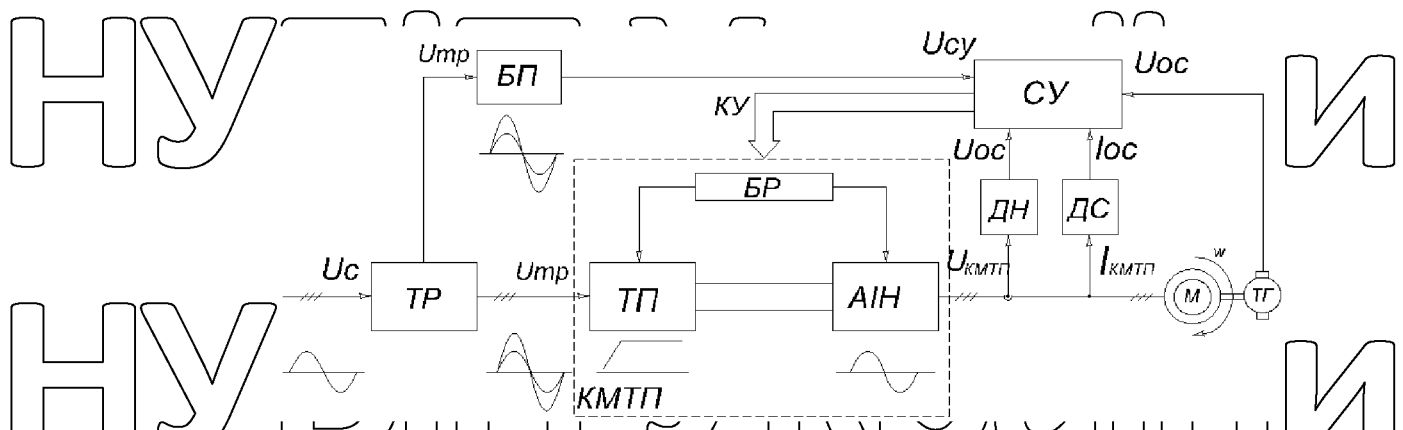


Рисунок 6.5 - Функціональна схема системи управління стрічкового конвеєра.

6.3 Розробка електричної принципової схеми системи керування стрічковим конвеєром

Розроблений пристрій дозволяє регулювати змінну напругу трифазної мережі, навантаження якої сполучене зіркою. Розроблений трифазний регулятор напруги складається з трьох однакових однофазних регуляторів. Кожна фаза працює незалежно від інших. Для регулювальника були використані симетричні тиристри з гальванічною розв'язкою імпульсним трансформатором з коефіцієнтом трансформації 1. Система управління побудована на цифрових мікросхемах і дозволяє змінювати напругу на навантаженні в межах 50 - 220 В. Регулятор розрахований на струм навантаження 20 А.

Розглянемо принцип дії системи управління (рис 6.6), яка побудована на цифрових мікросхемах.

У регулювальнику використаний імпульсний метод регулювання комутуючими елементами - симетричними тиристорами. Час фазового регулювання визначає число розрядів в дичильнику вузла управління і період мережевої напруги.

Цифровий код регулювання з виходу DD5 поступає на вхід трьох однакових за схемою вузлів управління - каналів А, В і С. Фазова інформація, необхідна для роботи кожного каналу, поступає від трифазної мережі живлення навантаження. Кожен канал виробляє сигнал управління своїм симістором.

Для живлення кіл каналів служить окреме джерело стабілізованої напруги 5 В. Синусоїдальна фазна напруга через резистор R1 поступає до вузла синхронізації, виконаному на здвоєному оптроні U1. При позитивній півхвилі струм протікає через світлодіод оптрона U1.1 і транзистор цього оптрона

відкритий, тому на входах логічного елементу DD1.1 низький рівень сигналу. При негативній півхвилі відкритий транзистор оптрона U1.2 і на входах елементу DD1.1 також низький рівень. Але в моменти, коли мережева напруга переходить

через нуль, обидва світлодіоди вимкнені, транзистори оптронів закриті, а на входах елементу DD1.1 на короткі відрізки часу з'являється рівень логічної одиниці. На виході цього елементу формуються прямокутні синхроімпульси в моменти, коли фазна мережева напруга дорівнює нулю.

Синхроімпульси поступають одночасно на вхід дозволу запису PE лічильника DD2, на один з входів RS-триггера, зібраного на елементах DD3.1,

DD3.2, і на вхід генератора імпульсів, що управляє (на один з входів елементу DD1.3). Коли на вхід PE лічильника DD2 приходить напруга низького рівня, то код, зафіксований раніше по паралельних входах D1 - D4 лічильника, завантажується в нього незалежно від сигналів на тактових входах, тобто операція паралельного завантаження асинхронна.

У вихідному положенні на виході лічильника високий рівень. Якщо рахунок досяг максимуму, то з приходом наступного негативного тактового перепаду на вхід +1 лічильника на його виході з'явиться рівень логічного нуля.

Таким чином, на входи RS-триггера DD3.1, DD3.2 поступають імпульси низького рівня. Синхроімпульс з логічного елементу DD1.1 і вихідний імпульс лічильника DD2, зміщений по відношенню до синхроімпульса на якийсь час, визначає цифровим кодом на паралельних входах D1 - D4 лічильника.

На виході RS-триггера з'являється сигнал високого рівня, що вирішує проходження імпульсів генератора на вихід елементу збігу DD4.1. Цей елемент формує пакки коротких імпульсів, які через імпульсний трансформатор T1 поступають на перехід симістора каналу, що управляє, і відкривають його.

НУБІП України

Імпульсний трансформатор дозволяє гальванічно розв'язати кола каналу від мережі.

Генератор імпульсів виконаний на логічних елементах DD1.2- DD1.4

Частоту f_2 імпульсів генератора вибирають відповідно до залежності:

$$f_2 = 2 \cdot F_c \cdot (2^n - 1) \quad (6.1)$$

де F_c - частота живлячої мережі, Гц, n - число розрядів лічильника.

Налагодження регулятора потужності полягає в установці необхідної частоти генератора.

НУБІП України

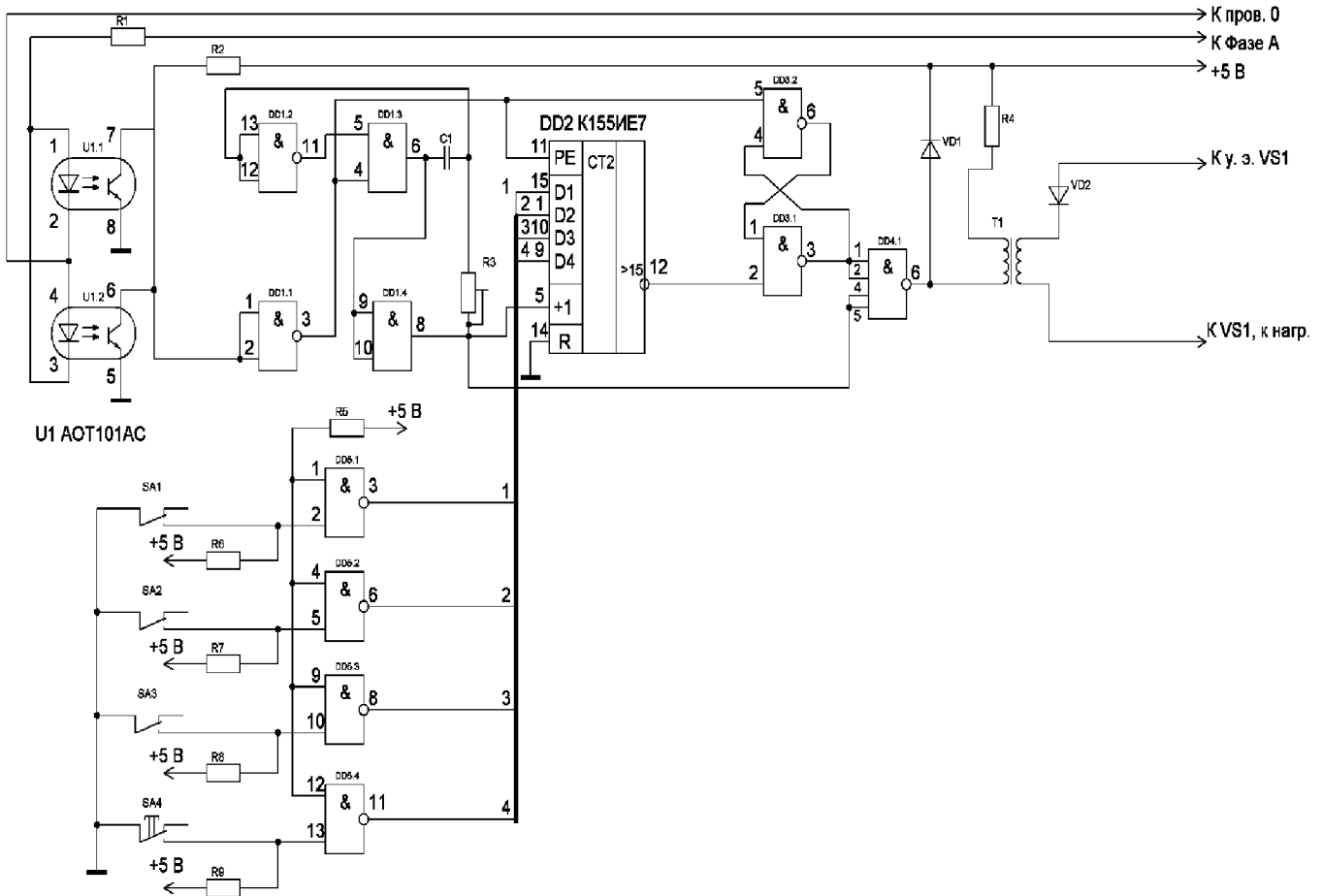


Рисунок 6.6 - Схема системи керування

НУБІП України

Трифазний регулятор складається з трьох однакових однофазних регуляторів, кожен з яких працює незалежно від інших. Розрахунок регулятора

зводиться до вибору тиристорів по граничних експлуатаційних параметрах, а також розрахунку необхідних кутів управління.

У схемі, що розраховується, симетричні тиристори повинні задовольняти наступним параметрам:

- максимальний прямий струм - 20 А;
- максимальна зворотна напруга - 310 В;
- максимальна напруга в прямому напрямі - 310 Ст
- 3 [5] вибираємо симетричний тиристор ТС2-25-4, для якого:
- імпульсна напруга у відкритому стані - 2 В;
- відмикаюча імпульсна напруга - 3,5 В;
- відмикаючий імпульсний струм управління - 150 мА;
- максимально допустима постійна напруга в закритому стані - 100 - 1100В;
- критична швидкість наростання напруги в закритому стані - 50 - 500В/мкс;
- максимально допустимий середній струм у відкритому стані - 25 А;
- максимально допустимий струм, що діє, у відкритому стані - 50 А.

В [1] по графіку визначаємо значення кутів управління. При напрузі 50 В кут управління $\alpha = 150^\circ$; при напрузі 220 В - $\alpha = 0^\circ$.

Розрахунок системи управління.

На вхід системи управління поступає напруга синхронізації від мережі живлення через обмежувальний резистор R1. Амплітуда напруги синхронізації.

Розрахуємо опір обмежувального резистора R1

$$R_1 = \frac{U_{\text{мерж}} - U_{\text{мерж.max}}}{I_{\text{пр}}} \quad (6.2)$$

де $I_{\text{пр}}$ - постійний прямий струм через діод,

$U_{\text{мерж}}$ - напруга мережі.

У пристрої синхронізації застосовується зворотно-оптрон АОТ101АС [7]

для якого:

- максимально допустима напруга ізоляції $U_{из}$ - 1500 В;
- максимально допустимий постійний прямий струм через діод $I_{пр}$ -

20 мА;

максимально комутована напруга $U_{ком}$ - 15 В;

максимальне падіння напруги $U_{пр}$ - 1,6 В;

- опір ізоляції $R_{из}$ - 100 ГОм.

$$U_{синхр. макс} = \sqrt{2} \cdot 1,5 В = 2,1 В;$$

$$R_1 = \frac{220 В - 2,1 В}{6 мА} = 36,3 кОм. \quad (6.3)$$

Розрахуємо розсіювану потужність на резисторі R1

$$P_{R1} = I_{пр}^2 \cdot R_1 = (6 \cdot 10^{-3} А)^2 \cdot 36,3 \cdot 10^3 Ом = 1,31 Вт. \quad (6.4)$$

З ряду Е24 вибираємо резистор опором 36 кОм марки МОП-2. [4]

Розрахуємо опір резистора R2

$$R_2 = \frac{U_{пит} - U_{ке}}{I_k}, \quad (6.5)$$

де $U_{жив}$ - напруга живлення $U_{жив} = 5 В$;

$U_{ке}$ - напруга колектор-емітер;

I_k - струм колектора;

$$R_2 = \frac{5 В - 0,4 В}{0,25 мА} = 19,6 кОм. \quad (6.6)$$

НУБІП України

Розрахуємо розсіювану потужність на резисторі R2

$$P_{R2} = I_k^2 \cdot R_2 = (0,25 \cdot 10^{-3} A)^2 \cdot 19,6 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 0,0012 \text{ Вт}. \quad (6.7)$$

НУБІП України

З ряду E24 виберемо резистор опором 20 кОм марки МЛТ-0,125 [4]

Розрахуємо необхідну частоту дотримання імпульсів тактового генератора по формулі:

НУБІП України

$$f_z = 2 \cdot F_c \cdot (2^n - 1), \quad (6.8)$$

де f_z - частота тактового генератора;

F_c - частота мережі 50 Гц;

n - кількість розрядів $n=4$;

НУБІП України

$$f_z = 2 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot (2^4 - 1) = 100 \cdot 15 = 1500 \text{ Гц}. \quad (6.9)$$

НУБІП України

Розрахуємо частотозадаючі елементи R3 і C1

$$T = 3 \cdot R_3 \cdot C_1, \quad (6.10)$$

НУБІП України

Виберемо опір резистора R3=220 Ом, і розрахуємо ємність конденсатора

$$C_1 = \frac{1}{3 \cdot R_3 \cdot f_z} = \frac{1}{3 \cdot 220 \text{ Ом} \cdot 1500 \text{ Гц}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 1,0 \text{ мкФ}. \quad (6.11)$$

НУБІП України

Резистор R3 вибираємо марки СПЗ-16, а конденсатор вибираємо марки К73-17 номінал ємкості 1 мкФ. [4]

Резистори R5 - R9 задають рівень логічної одиниці на логічному елементі DD5. Опір цих резисторів вибираємо 1 кОм.

Виберемо діод VD1 для якого повинно виконаються така умова, де

$$U_{обр. max} = \frac{5V}{1,1} = 4,55V. \quad (6.12)$$

З [4] вибираємо діод КД503А для якого:

максимально допустимий імпульсний струм - 200 мА;

- максимально допустимий постійний або середній прямий струм - 20 мА;

імпульсна пряма напруга - 2,5 В;

максимально допустима імпульсна або постійна зворотна напруга - 30 В;

- час зворотного відновлення діода - 0,01 мкс.

Розрахуємо опір резистора R4

$$R_4 = \frac{E_n}{I} = \frac{5V}{0,1A} = 50\Omega. \quad (6.13)$$

Розрахуємо розсіювану потужність на резисторі R4

$$P_{R4} = I^2 \cdot R_4 = (0,1A)^2 \cdot 50\Omega = 0,5W. \quad (6.14)$$

Вибираємо резистор з ряду E24 опором 51 Ом, марки МЛТ-0,5. [4]

3 [4] вибираємо діод VD2 з таких міркувань, що він повинен витримувати максимальний відмикаючий струм і максимальну напругу управління для даного вибраного симетричного тиристора.

Діод VD2 вибираємо КД103А для якого:

- максимально допустимий постійний прямий струм $I_{D, max} = 0,1 \text{ A}$;
- максимально допустима постійна зворотна напруга - 50 В ;
- постійна пряма напруга - 1 Ст .

Розрахунок джерела живлення системи управління.

Живлення системи управління здійснюється від джерела живлення $+5\text{В}$.
Струм вжитку системи управління від джерела живлення близько 100 мА .

Розрахуємо необхідну для роботи стабілізатора вхідну напругу $U_{вх}$ при заданій вихідній напрузі:

$$U_{вх} = U_f + 3 = 5\text{В} + 3 = 8\text{В}. \quad (6.15)$$

Розрахуємо максимально розсіювану транзистором потужність:

$$P_{max} = 1,3 \cdot (U_{вх} - U_H) \cdot I_H = 1,3 \cdot (8\text{В} - 5\text{В}) \cdot 0,1\text{А} = 0,39\text{Вт}. \quad (6.16)$$

Вибираємо регулюючий транзистор. Його гранично допустима розсіювана потужність має бути більше значення P_{max} , гранична допустима напруга між емітером і колектором - більше $U_{вх}$, а максимально допустимий струм колектора більше I_H . Вибираємо транзистор КТ815Б для якого: $h_{21e} = 40$, $U_{ке} = 40\text{В}$; $I_{кmax} = 1,5 \text{ А}$. [4]

Розрахуємо максимальний струм бази регулюючого транзистора:

$$I_{б, max} = \frac{I_H}{h_{21e}} = \frac{0,1\text{А}}{40} = 0,0025\text{А}. \quad (6.17)$$

Вибірємо відповідний стабілітрон. Його напруга стабілізації має дорівнювати вихідній напрузі стабілізатора, а значення максимального струму стабілізації перевищувати максимальний струм бази. Вибірємо стабілітрон

KC156A для якого: $h_{21e}=40$; $U_{ке}=40В$; $I_{k\max}=1,5 А$. [4]

Розрахуємо опір резистора R18

$$R_{18} = \frac{U_{\text{вып}} - U_{\text{ст}}}{I_{б,\max} + I_{\text{ст}}} = \frac{8В - 5,04В}{0,0025 А + 0,003 А} = 538,2 Ом. \quad (6.18)$$

Розрахуємо потужність розсіяння резистора R18

$$P_{R18} = \frac{(U_{\text{вып}} - U_{\text{ст}})^2}{R_{18}} = \frac{(8В - 5,04В)^2}{538,2 Ом} = 0,016 Вт. \quad (6.19)$$

З [4] вибірємо резистор R18=510 Ом, марки МДТ-0,25.

Визначаємо змінну напругу, яка має бути на вторинній обмотці мережевого трансформатора:

$$U_{II} = B \cdot U_{\text{вып}} = 1 \cdot 8В = 8В. \quad (6.20)$$

По струму навантаження визначуваний максимальний струм, поточний через кожен діод випрямного моста:

$$I_{д} = 0,5 \cdot C \cdot I_{н} = 0,5 \cdot 2,2 \cdot 0,14 = 0,114. \quad (6.21)$$

Визначимо зворотну напругу, яка буде прикладено до кожного діода випрямляча:

$$U_{\text{обр}} = 1,5 \cdot U_{\text{вып}} = 1,5 \cdot 8В = 12В. \quad (6.22)$$

НУБІП України

З [4] вибираємо діоди КД208Б для яких:

максимально допустимий постійний прямий струм - 0,5 А;

максимально допустима постійна зворотна напруга - 600 В;

постійна пряма напруга - 1,0 Ст

Розрахуємо ємність конденсатора фільтру:

НУБІП України

$$C_{\phi} = \frac{3200 \cdot I_H}{U_{\text{вып}} \cdot K_{\Pi}} = \frac{3200 \cdot 0,1A}{8B \cdot 0,67} = 59,7 \text{ мкФ}. \quad (6.23)$$

НУБІП України

Вибираємо конденсатор С4- 100 мкФ 16 В, марки К50-35, конденсатор С5 - 100 мкФ х 16 В, марки К50-35. [4]

З [6] виберемо трансформатор Тр1 марки ТВП 231 - 127/220 - 50 для якого:

НУБІП України

– номінальна потужність - 9 Вт;

– струм первинної обмотки - 0,016 А;

– напруга на вторинній обмотці - 10 В;

– номінальний струм вторинної обмотки - 0,3 А.

Вибір мережевого фільтру.

НУБІП України

Трифазний мережевий фільтр можна використовувати марки НДВ-110-380/30 для якого:

– частота живлячої мережі - 50 - 63 Гц;

– напруга живлення - трифазне 380 В;

НУБІП України

– номінальний струм навантаження - 30 А на кожен фазу

Також мережевий фільтр можна реалізувати з трьох однофазних мережевих фільтрів з тими параметрами, що і в попередньому мережевому

фільтрі. Для реалізації мережевого фільтру будуть використані три однофазні

НУБІП України

мережеві фільтри з такими параметрами:

– номінальний струм навантаження на одну фазу - 25 А;

– частота живлячої мережі - 50 Гц;

НУБІП України

– фазна напруга - 220 Ст
Три однофазні фільтри сполучаємо зіркою і отримуємо мережевий трифазний фільтр.

6.5 Модельне дослідження розробленої системи керування

Для підтвердження проведених теоретичних розрахунків у дипломній роботі виконано модельне дослідження роботи трьохфазного тиристорного регулятора. При інтерактивному моделюванні був вибраний програмний продукт SIMULINK реалізована модель дослідження представлена на рис.6.7

Особливістю дослідження моделі являється те що після збірки схеми були вибрані контрольні точки вимірювання форми та рівня сигналу.

На панелі осцилографа, підключеного до джерела живлення, були встановлені представлені параметри вимірювання: для шкали напруги фази А - 100 V/Div, без зміщення; для шкали напруги фази В - 100 V/Div, без зміщення; для шкали напруги фази С - 100 V/Div, без зміщення; для шкали часу - 5 ms/Div, без затримки. Фази А, В та С зміщенні одна від одної на 120 градусів, що і видно з рис.6.7.

Результати у виді осцилограм модельного дослідження приведені на рис.6.7 – 6.10.

НУ

НУ

НУ

НУ

НУ

НУ

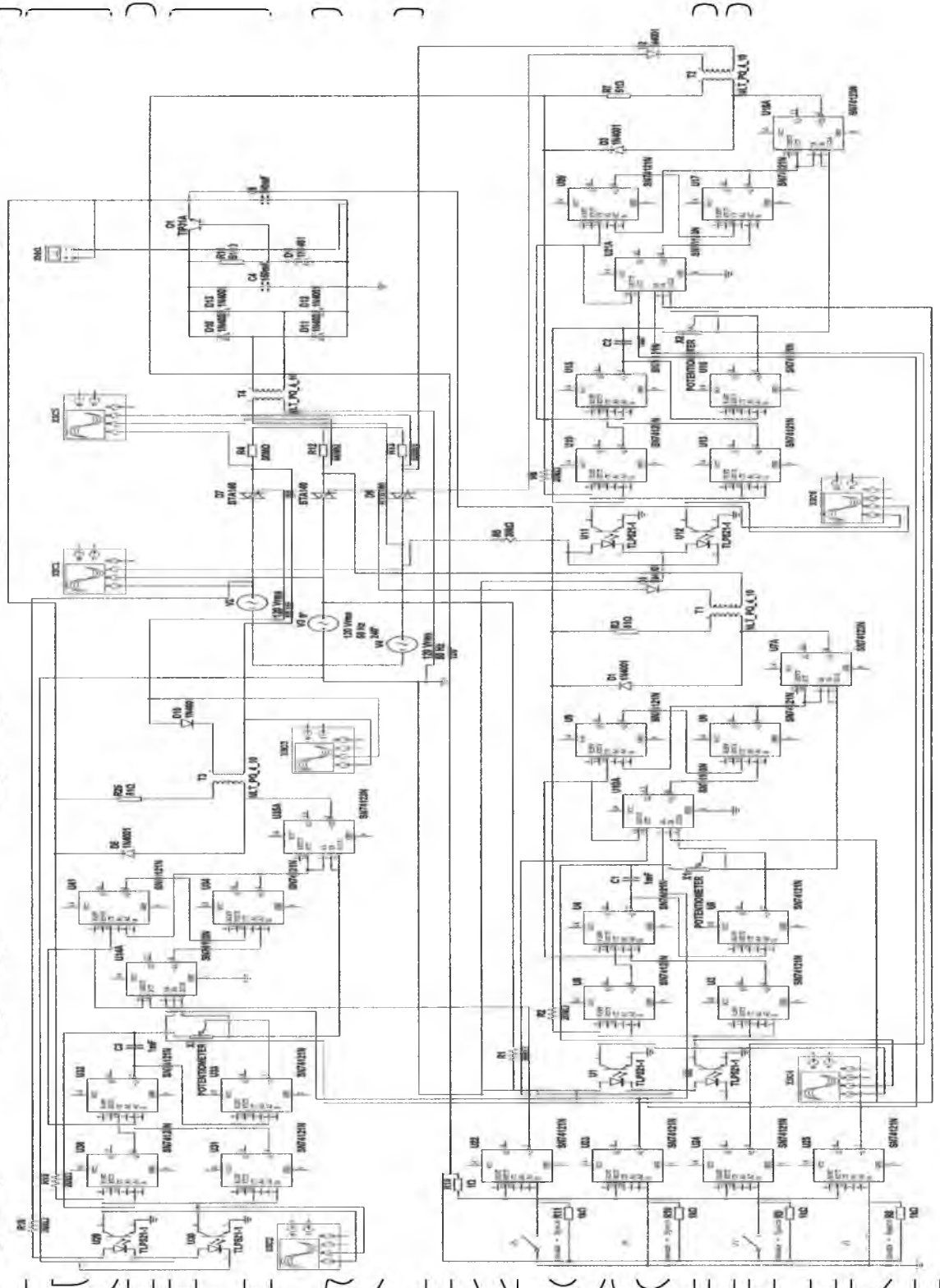


Рисунок 6.7- Модель системи керування

НУБІП України

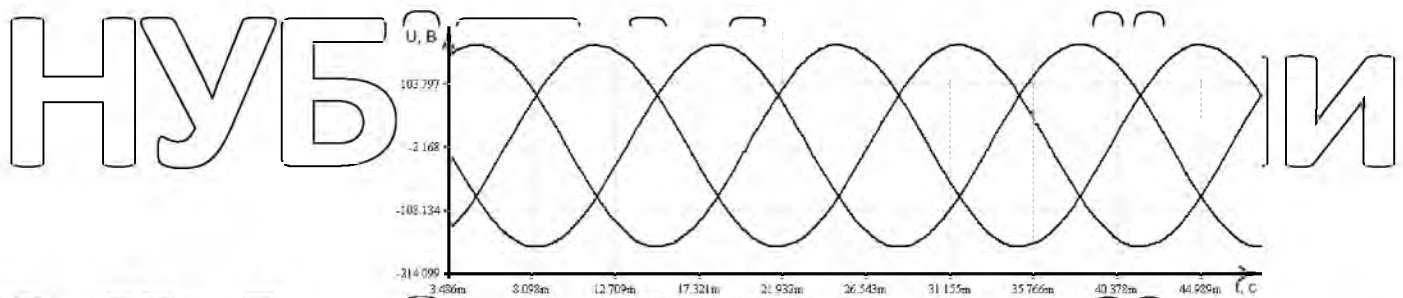


Рисунок 6.8 - Осцилограма напруги живлення

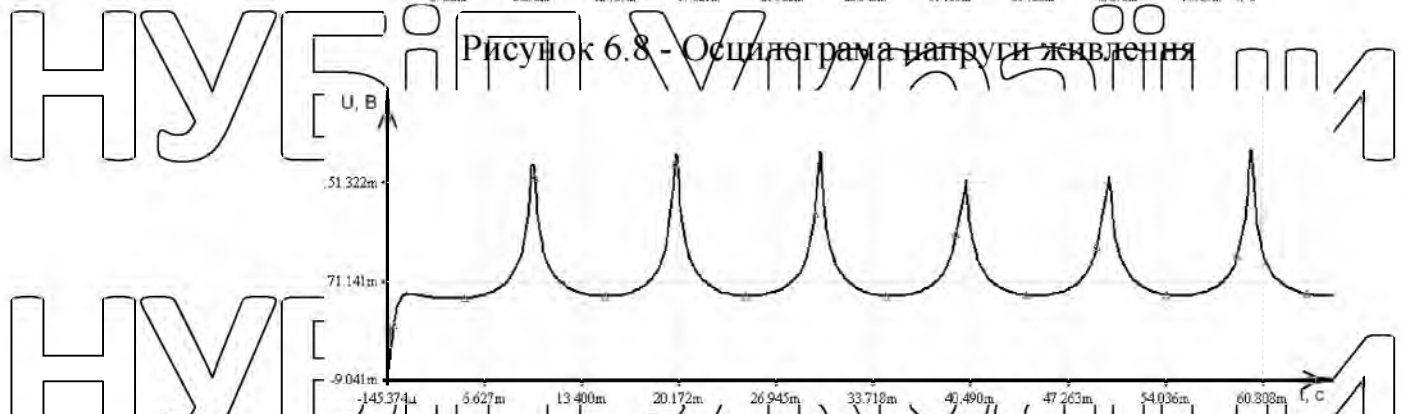


Рисунок 6.9 - Осцилограма сигналу що знятий після оптрона

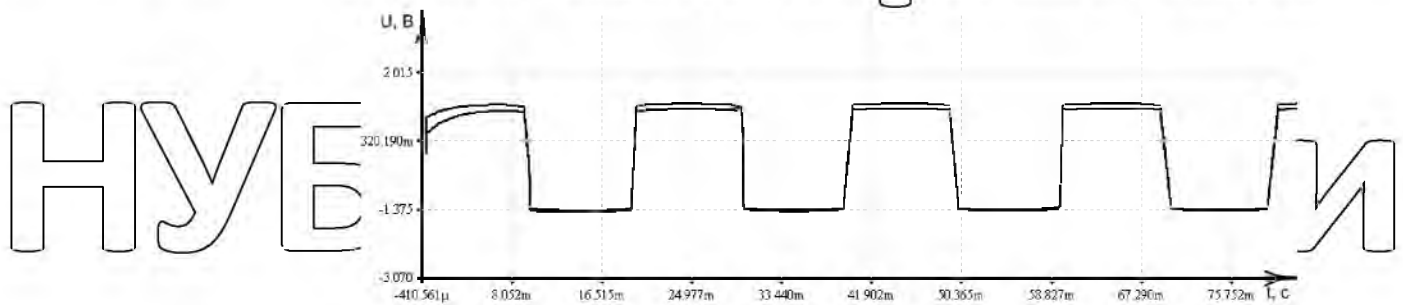


Рисунок 6.10 - Осцилограма сигналу керування що подається на

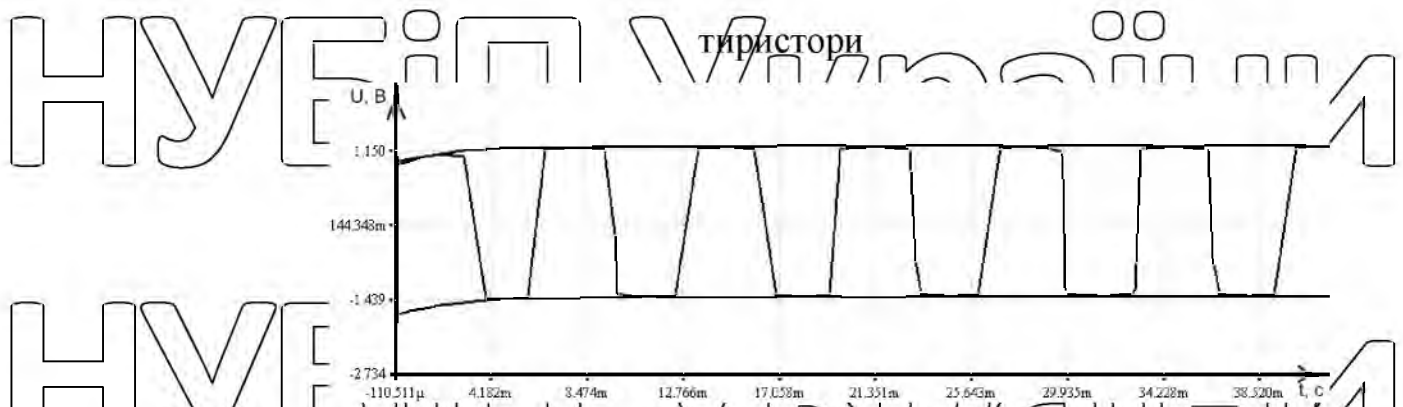


Рисунок 6.11 - Осцилограма напруги на двигуні

Висновок до розділу : в даному розділі розроблено схеми електрична, структурна, функціональна та принципова, здійснено вибір всіх основних елементів, а також проведено комп'ютерне моделювання системи керування

електроприводом (модельне дослідження роботи трьохфазного тиристорного регулятора).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

У даній магістерській роботі досліджено та розроблено систему плавного пуску електропривода стрічкового конвеєра, яка зібрана на сучасній

елементній базі, має високі технологічні і функціональні можливості.

Підприємство, яке експлуатує даній стрічковий конвеєр, є багатoproфiльним підприємством, займає значну територію, має у своєму складі велику кількість

обладнання з різними виробничими потужностями, умовами експлуатації, та

характером середовища. Підприємство відноситься до I категорії

електропостачання, живлення здійснюється від підстанції 10/0,4 кВ, яка знаходиться на відстані 5 км.

На оперативно-ремонтний персонал, що обслуговує стрічковий конвеєр, згідно ГОСТ 12.0.003-74 впливають наступні шкідливі та небезпечні фактори.

Фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- нестача природного освітлення;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може

виникнути через тіло людини.

Хімічні:

по характеру дії на організм людини:

- токсичні (оксид вуглецю).

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);

нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційне перевантаження).

7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

7.1.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації електропривода

Оператор даної установки (стрічкового конвеєра) повинен дотримуватись наступних основних правил техніки безпеки:

1. Необхідно візуально обстежити установку у відповідності з інструкцією по експлуатації і переконатися в її повній справності;

2. Забороняється експлуатація установок з несправним керуванням, гальмами і звуко/світловими сигналами. Якщо немає можливості усунення пошкодження на місці своїми силами, необхідно залучити до робіт фахівців спеціалізованої організації.

3. Забороняється керування установкою вологими або замасленими руками;

4. Забороняється збільшувати вантажопідйомність установки;

5. Рух установки повинен здійснюватись на безпечній швидкості;

6. Роботи по монтажу і модернізації системи керування проводяться за допомогою справного інструменту.

Для забезпечення безпечного ведення робіт обслуговуючий персонал зобов'язаний суворо дотримуватись правил техніки безпеки при експлуатації, технічному обслуговуванні, ремонті кранів. Недотримання правил техніки безпеки може призвести до отримання травм та втрати працездатності.

Живлення схеми системи керування установки, що розробляється здійснюється від трифазної промислової мережі напругою 380В з частотою

50Гц.

В чотирьох провідних мережах з заземленою нештралію металеві корпуси електрообладнання з'єднують з нульовим провідником.

НУБІП УКРАЇНИ

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу.

Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

НУБІП УКРАЇНИ

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

Під час роботи, пов'язаної з дотиком до струмопровідних частин електродвигуна, що обертаються, і механізму, який вони приводять в рух,

необхідно зупинити двигун і на його пусковому пристрої або ключі керування,

якщо можливе, обертання електродвигунів від з'єднаних з ним механізмів, слід зачинити і замкнути на замок засуву і шибери цих механізмів, а також вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди».

НУБІП УКРАЇНИ

Забороняється знімати огороження тих частин електродвигунів, що обертаються під час їх роботи.

НУБІП УКРАЇНИ

Під час роботи електродвигунів заземлення може бути встановлене на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднують електродвигуни з РУ (збіркою).

Під час роботи на механізмі, не пов'язаної з доторканням до частин, що обертаються, і у випадку роз'єднання з'єднувальної муфти, заземлювати кабельну лінію не слід.

НУБІП УКРАЇНИ

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлюють поряд з тим, на якому проводять роботи, слід вивісити плакат

«Стій! Напруга» незалежно від того, чи перебувають вони у роботі чи у резерві.

НУБІП УКРАЇНИ

7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

7.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [16].

НУБІП УКРАЇНИ

Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Робота оператора верстата відноситься до категорії Іб по важкості праці.

Енерговитрати за цією категорією становлять - до 140-174Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1- Допустимі норми параметрів повітря

| Період року | Категорія робіт | Температура, °С | | Відносна вологість | Швидкість руху, X |
|-------------|-----------------|-----------------|------------|--------------------|-------------------|
| | | Допустима | Допустима | | |
| | | Верхня межа | Нижня межа | Допустима | Допустима |
| Холодний | Іб | 20-24 | 17-25 | 75 | не більше 0,2 |
| Теплий | | 21-28 | 19-30 | 55 при 27 °С | 0,1-0,3 |

7.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати тил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. їх ГДК відповідно до [18] наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні верстатника

| Назва речовини | ГДК, мг/м ³ |
|----------------|------------------------|
|----------------|------------------------|

| | | | |
|-----------------|-------------|-----------|---------------|
| НУБІП | Максимально | Середньо- | Клас |
| | разова | добова | небезпечності |
| Пил нетоксичний | 0,5 | 0,15 | 4 |

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТу 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення [15]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;

- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

7.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

Підприємство знаходиться у Вінницькій області, система природного освітлення цеху з виготовлення автомобільних деталей відноситься до бокової.

Характеристика робіт у фарбувальній камері - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

При боковому освітленні КПО = 0,9%.

Нормоване значення КПО для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$e_N^v = e_H \cdot m_N \quad (7.1)$$

де m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N=0,9$.

$$e_N^v = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81\%$$

НУБІП УКРАЇНИ

Природне освітлення одностороннє і здійснюється через вікна, які орієнтовані на схід.
Штучне освітлення

Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення

НУБІП УКРАЇНИ

відіграє важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення.
Норми освітленості при штучному освітленні занесені до таблиці 7.3

Таблиця 7.3 - Норми освітленості при штучному освітленні

| Характеристика зорової роботи | Найменший розмір об'єкта розрізнення | Розряд зорової роботи | Підрозряд зорової роботи | Контраст об'єкта розрізнення з фоном | Характеристика фона | Освітленість, | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|----------|
| | | | | | | Штучне освітлення | |
| | | | | | | Комбіноване | Загальне |
| Середньої точності | Вище 0,5 до 1 | IV I | в | Середній, малий | Середній, темний | 450 | 200 |

НУБІП УКРАЇНИ

Для освітлення мшочого відділу вибираємо світильники прямого світла ЛПО-02 з двома світлодіодними лампами зі світловим потоком 870 Лм потужністю 16 Вт. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею становить 4,5 метра.

НУБІП УКРАЇНИ

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна ламп що вийшли з ладу, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

7.2.4 Виробничий шум

НУБІП УКРАЇНИ

На заводі з виготовлення автомобільних деталей. Джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати - механічний шум.

ШУМІ ВІП УКРАЇНИ

Шум - це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки - дзвін у вухах, запаморочення, головний

біль, підвищення температури, зниження продуктивності.

ШУМІ ВІП УКРАЇНИ

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше признічують нервову систему.

Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на

ШУМІ ВІП УКРАЇНИ

нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінних умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Відповідно до [11] рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по

ШУМІ ВІП УКРАЇНИ

формулі:

$$L = 10 \lg(I/I_0) = 10 \lg(p/p_0) = 10 \lg(U/U_0) \quad (7.2)$$

де L - рівень шуму, дБ;

p - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, 5-10 м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^5$ Па.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

-нормування за гранично допустимим спектром шуму;

-нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум - широкосмуговий з безперервний спектром

шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за

походженням - гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4- Допустимі рівні звукового тиску

| Робоче місце | Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньо геометричними 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 зменшення рівня шуму до допустимого в цеху об'єкту виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують проти шумні навушники, які закривають вушну раковину.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі:

1). Досліджено характеристику виробничого механізму та режими його роботи, розраховано потужність приводних двигунів, вибрано приводний двигун для системи електропривода; наведено його номінальні параметри; здійснено перевірку двигуна за методом еквівалентного моменту.

2). Проведено порівняння систем електропривода за техніко-економічним критерієм. Спираючись на результати порівнянь, робимо висновок, що система електропривода ППШ є найбільш оптимальним варіантом для привода стрічкового конвеєра.

3). Розроблено математичну модель САЕП, розраховано та побудовано статичні характеристики САЕП, проведено розрахунки, відповідно до яких, обрано силові елементи перетворювального агрегату.

4). Проведено розрахунок та побудову динамічних характеристик; проведено оцінку стійкості та якості системи САЕП. Плавний пуск стрічкових конвеєрів з реалізацією двоступеневої раціональної діаграми можливий на фіксованих значеннях кутів відкриття тиристорів тиристорних регуляторів напруги, що покращує динаміку пуску, полегшує теплові режими приводних двигунів і спрощує програмне і апаратне виконання, що дасть змогу заощадити значні кошти.

5). Розроблено схеми електричну, структурну, функціональну та принципову, здійснено вибір всіх основних елементів, а також проведене комп'ютерне моделювання системи керування електроприводом (модельне дослідження роботи трьохфазного тиристорного регулятора).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Величко Т. Г. Основи електроніки та мікросхемотехніки / Т. Г. Величко, О. О. Рубаненко, В. В. Явдик. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 151 с. – (Навчально-методичний посібник).

2. Електроніка і мікросхемотехніка / М. І. Стаднік, О. О. Рубаненко, А. А. Штуць, М. А. Колісник. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 234 с. – (Методичні вказівки з виконання курсової роботи).

3. Видмиш А. А. Теоретичні основи електротехніки / А. А. Видмиш, А. А. Штуць, М. А. Колісник. – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 83 с. – (Методичні вказівки).

4. Лежнюк П. Д. Технології наукових досліджень / П. Д. Лежнюк, В. А. Матвійчук, О. О. Рубаненко. – Вінниця: ВНАУ, 2015. – 186 с. – (Навчальний посібник).

5. Інтелектуалізація електроенергетичних систем / В. А. Матвійчук, О. Є. Рубаненко, О. О. Рубаненко, І. О. Гунько. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 110 с. – (Навчально-методичний посібник Конспект лекцій).

6. Стаднік М. І. Теоретичні основи автоматики / М. І. Стаднік, М. В. Зінев. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 116 с. – (Методичні вказівки по виконанню лабораторних).

7. Грабко В. В., Розводюк М. П., Грабко В. В. Системи керування електроприводами. Розрахунок системи підпорядкованого керування електроприводом постійного струму. Курсове та дипломне проектування. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2010. - 88 с.

8. Матвійчук В. А., Стаднік М. І., Рубаненко О. О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи для спеціальності 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА». / Вінниця: ВНАУ, 2016.- с.92

9. Конвейеры Справочник . Машиностроение , Ленинград , 1984 14. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Методичні

вказівки до виконання контрольних робіт для спеціальностей 7.092203; 7.090603 заочної форми навчання. /укладач Видмиш А.А./ Вінниця: ВДТУ.

10. Худолєєв Т.В., Ніколенко А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Автоматизований електропривод металургійних цехів". – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2002. -20с.

11. Герасим'як Р. П. и др. Асинхронний електропривод с тиристорным управлением. -К.: Техника, 1984. -150 с., ил. Библиогр. . с. 145-149.

12. Червінський Л.С. Регульований електропривод/Теорія. . Моделювання/ І.М. Голодний, Ю.М. Лавріненко, М.В. Синявський / Навчальний посібник, Київ, 2011. -512 с.

13. Червінський Л.С. Електричне освітлення та опромінення //Сторожук Л.О./ Навчальний посібник, Київ. 2011 -224 с.

14. Червінський Л.С. Фізико-технологічні та електрофізичні властивості сільськогосподарських продуктів і матеріалів/ Г.Б. Іноземцев, О.М. Берека, О.В. Окушко/ Навчальний посібник, Київ, 2012 -190 с.

15. Рудь А.В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва/ А.В.Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк, С.М. Кравченко, В.В. Іщенко, Л.С. Червінський//Підручник, Київ, «Агроосвіта». 2012, 2 тома, - 900 с.

16. Конвєєри [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.inppk.ru/>

17. Двигуни. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ventilator.ua/category/asinhronnye-elektrodvigateli-obshepromyshlennye/>

18. Тиристори. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://elvr.ru/poluprovodnikprib/tiristory/index.php>

19. Діоди. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.chipdip.ru/catalog/diodes-rectifier/?page=2>

20. Конденсатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.chipdip.ru/catalog/radial-electrolytic-capacitors/?page=17>

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

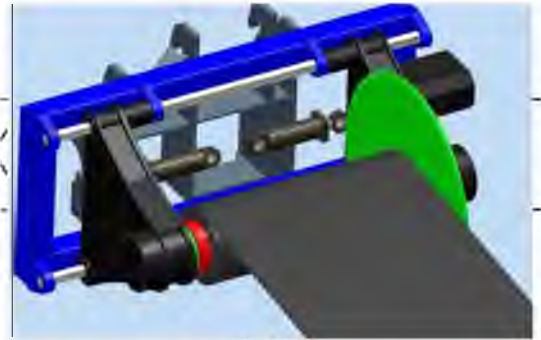
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток
Презентаційний матеріал

НУ



НУБІГ України

НУБІГ України



НУБІ

НУБІ



Рисунок 1 - Загальний вигляд стрічкових конвеєрів

НУБІП України

НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІ

НУБІП України

НУБІП України

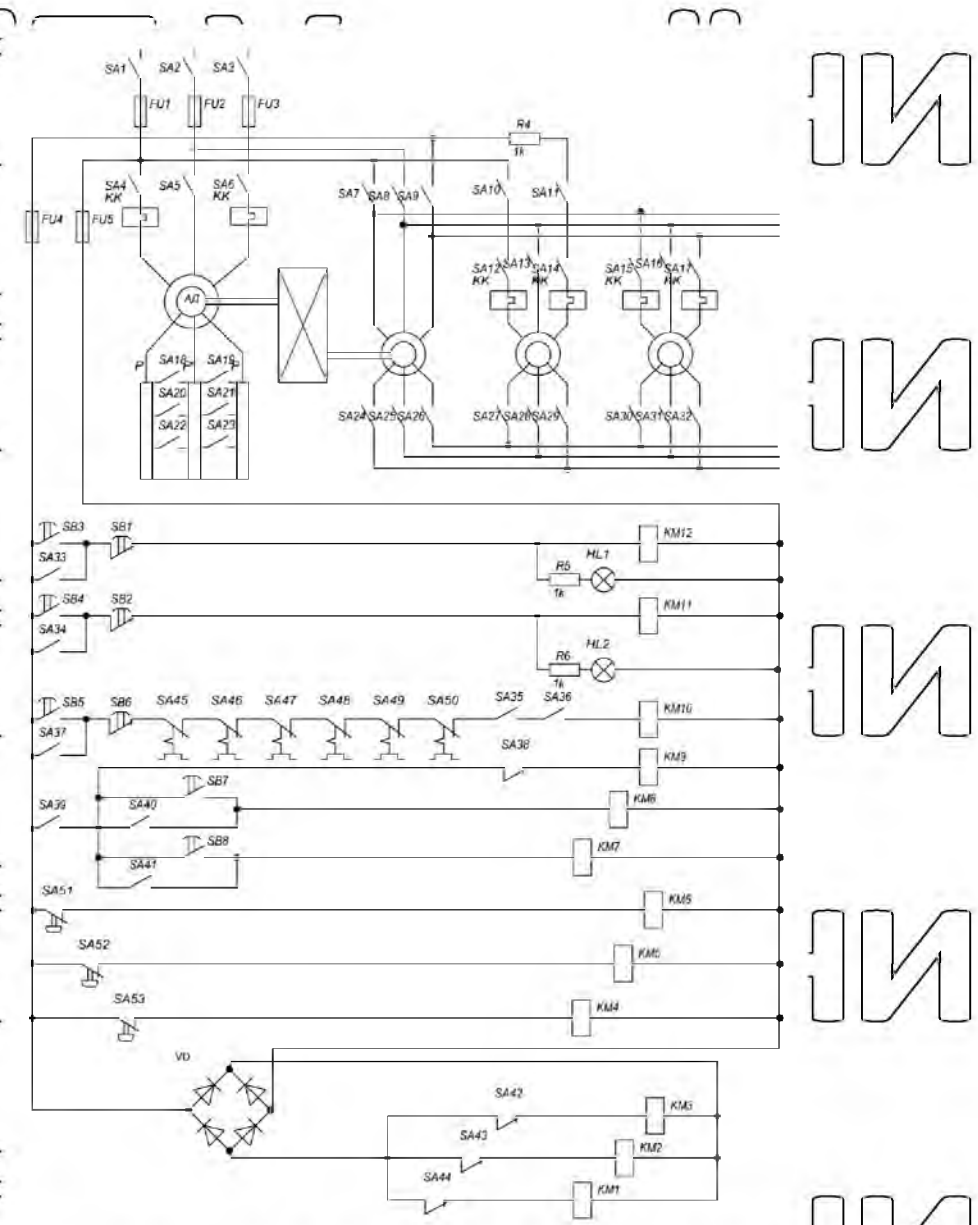


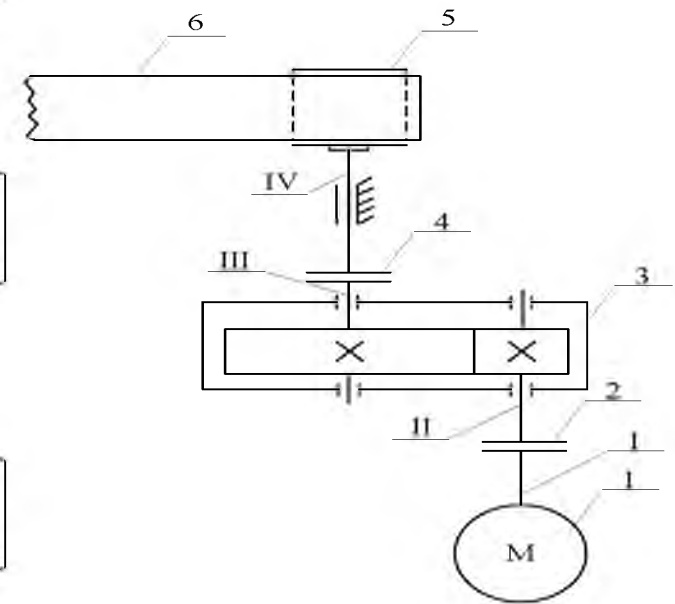
Рисунок 2. Схема керування електроприводом з фазним ротором

НУБІП України

Додаток



Зовнішній вигляд стрічкового конвеєра



Кінематична схема стрічкового конвеєра 1 – електричний двигун; 2,4 – муфта; 3 – редуктор; 5 – барабан; 6 – стрічка; I – вал електричного двигуна; II, III – проміжний вал; IV – вал конвеєра.

НУБІП України

$\omega_{\text{пв}}, \text{с}^{-1}$

153.4

$M, \text{Н}\cdot\text{м}$

180

120

60

$t, \text{с}$

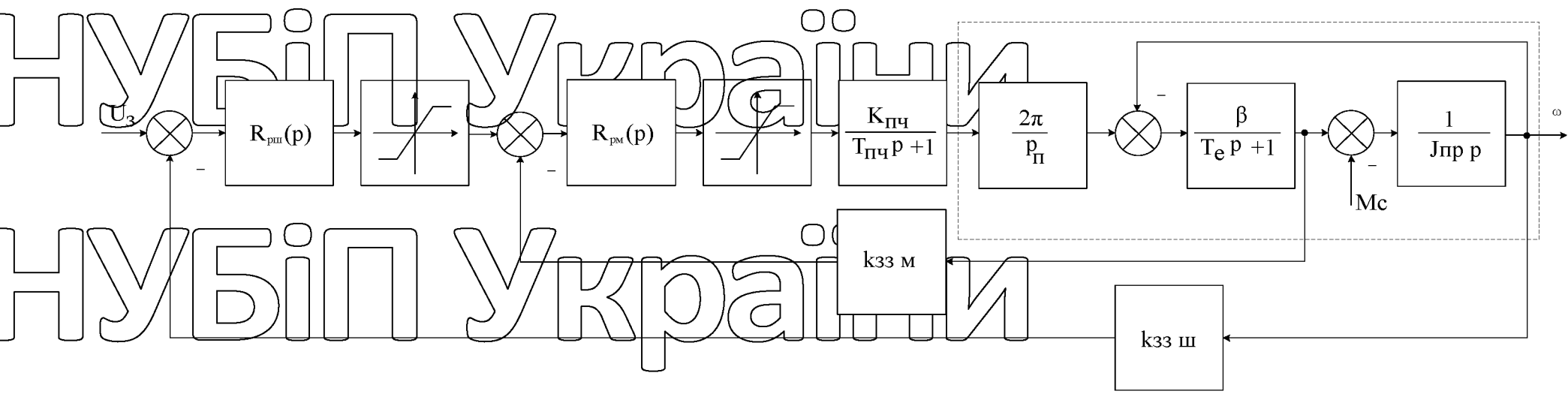
$t, \text{с}$

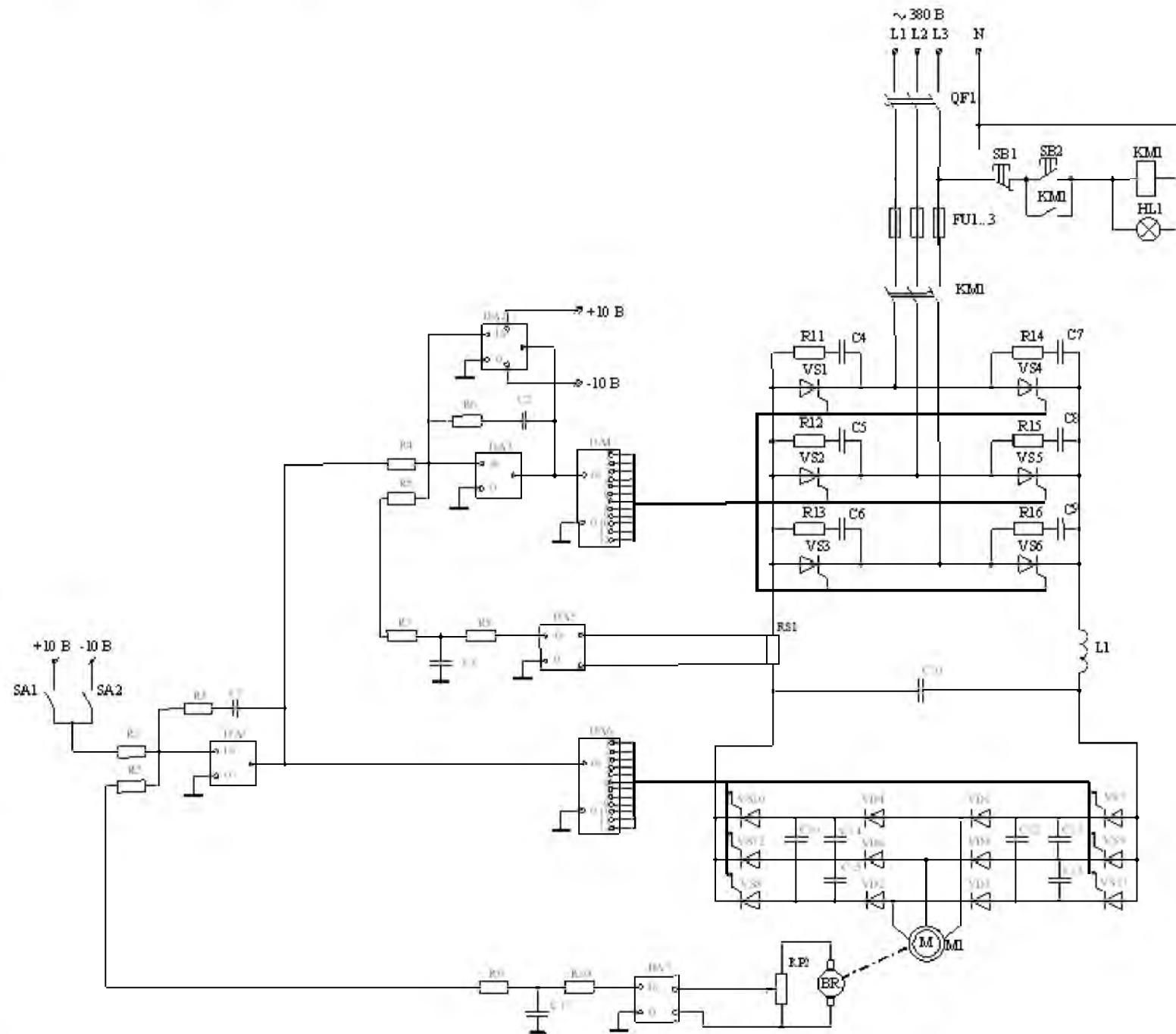
Тахограма та навантажувальна діаграма привода

НУБІП України

| Показники | Системи електричного привода | | | |
|--|------------------------------|-------------|-------|-------|
| | РКС-ДПС | РКС-АД з ФР | ТП-Д | ПЧ-АД |
| Вартість двигуна D , грн | 32250 | 25800 | 32250 | 12900 |
| Вартість ситеми керування СК, грн | 14300 | 15730 | 25740 | 28600 |
| Капітальні вкладення K , грн | 46550 | 41530 | 57990 | 41500 |
| Річні капітальні витрати $K_{річні}$, грн | 7914 | 7060 | 9858 | 7055 |
| Амортизаційні відрахування C_a , грн/рік | 4655 | 4153 | 5799 | 4150 |
| Відрахування на ремонт C_p , грн/рік | 931 | 831 | 1160 | 830 |
| Додаткові відрахування C_d , грн/рік | 8122 | 8122 | 3124 | 3124 |
| Відрахування на обслуговування C_o , грн/рік | 685 | 655 | 504 | 405 |
| Загальні відрахування C , грн/рік | 14394 | 13761 | 10587 | 8509 |
| Приведені витрати Z , грн/рік | 22307 | 20821 | 20445 | 15560 |

НУБІП України





НУБІП України

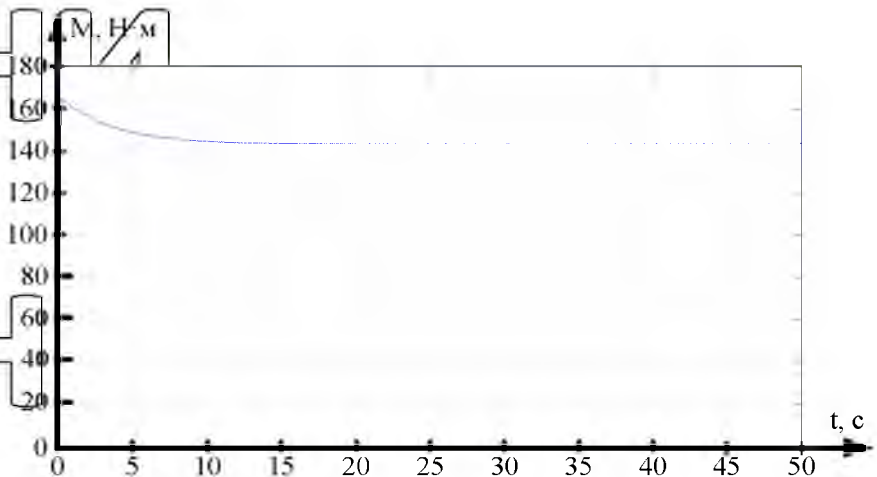
НУБІП України

НУБІП України

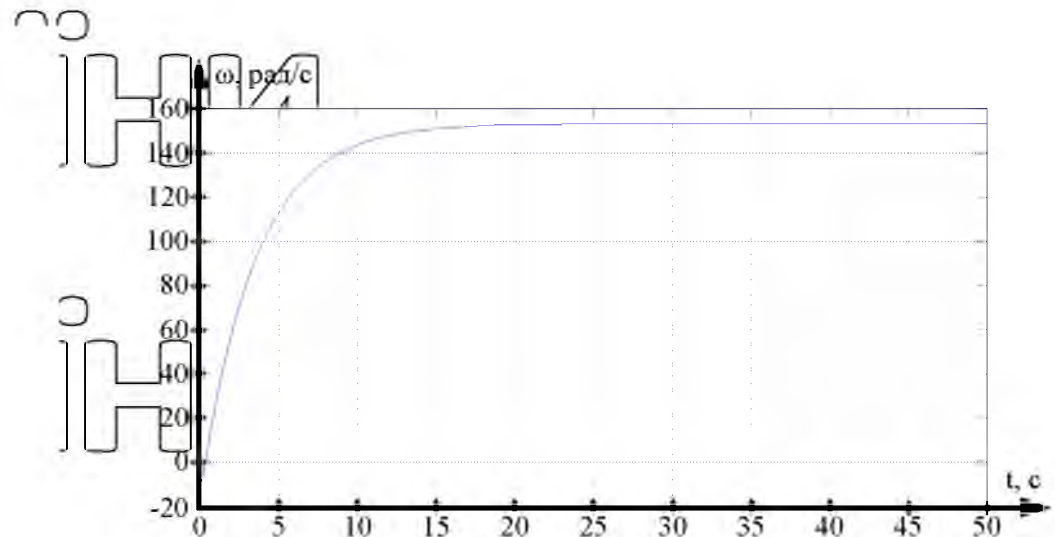
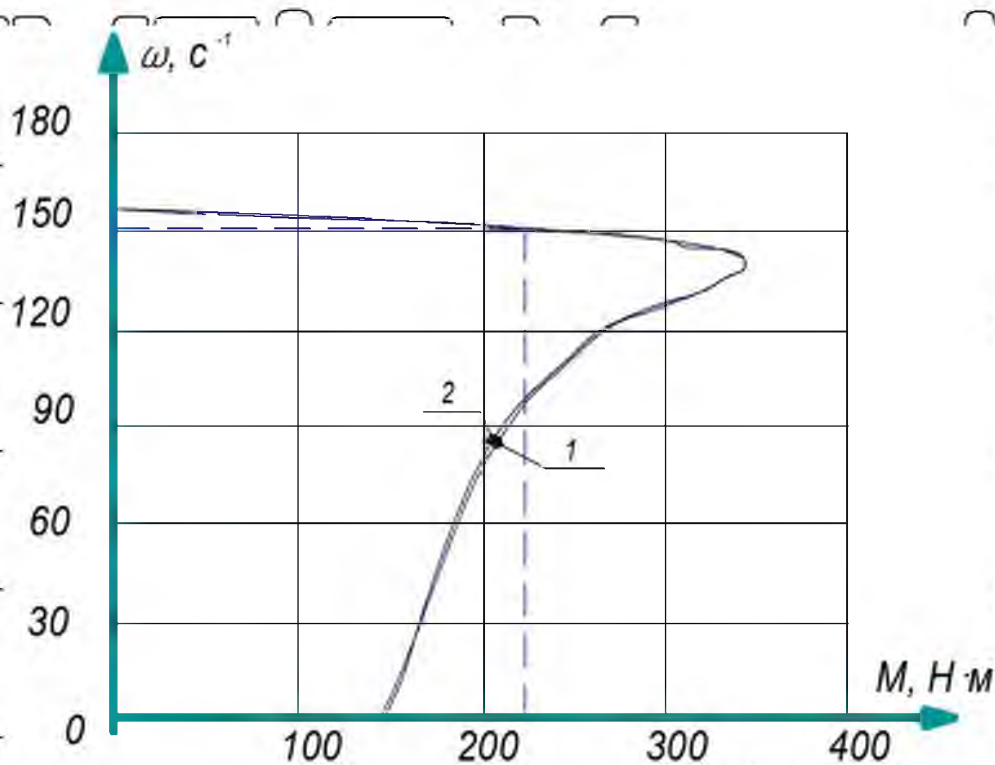
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП У



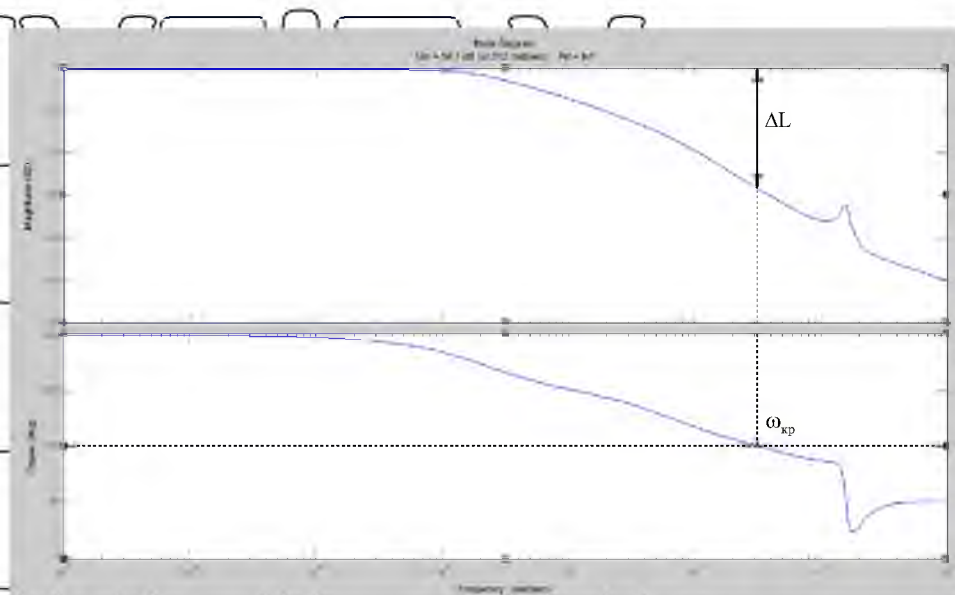
Графік перехідного процесу моменту



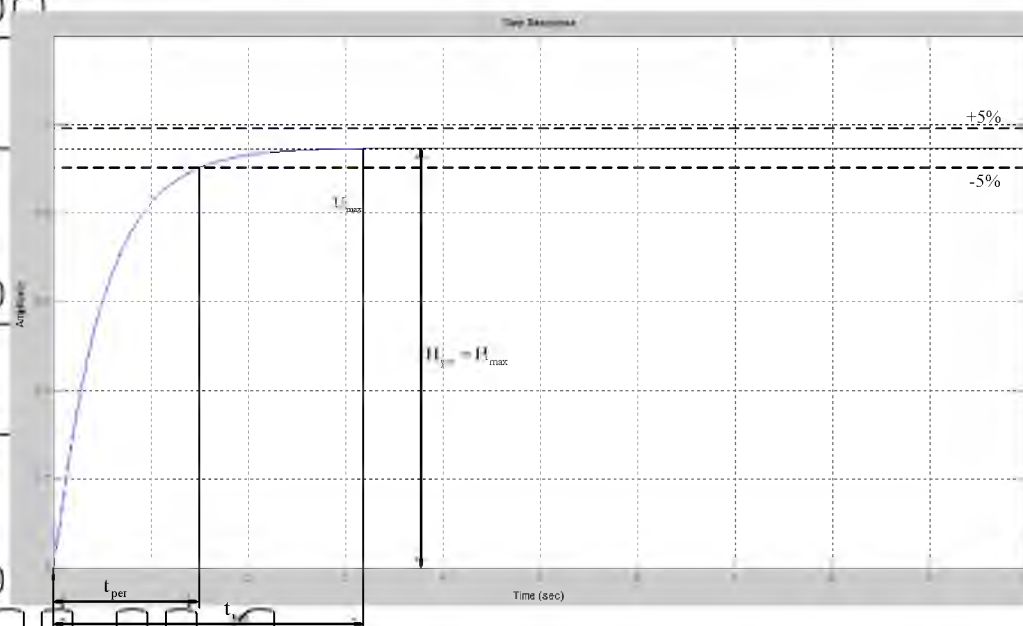
Графік перехідного процесу кутової швидкості

Природні механічні характеристики АД з КЗ ротором

побудовані за формулами Клосса (1) та Чекунова (2)

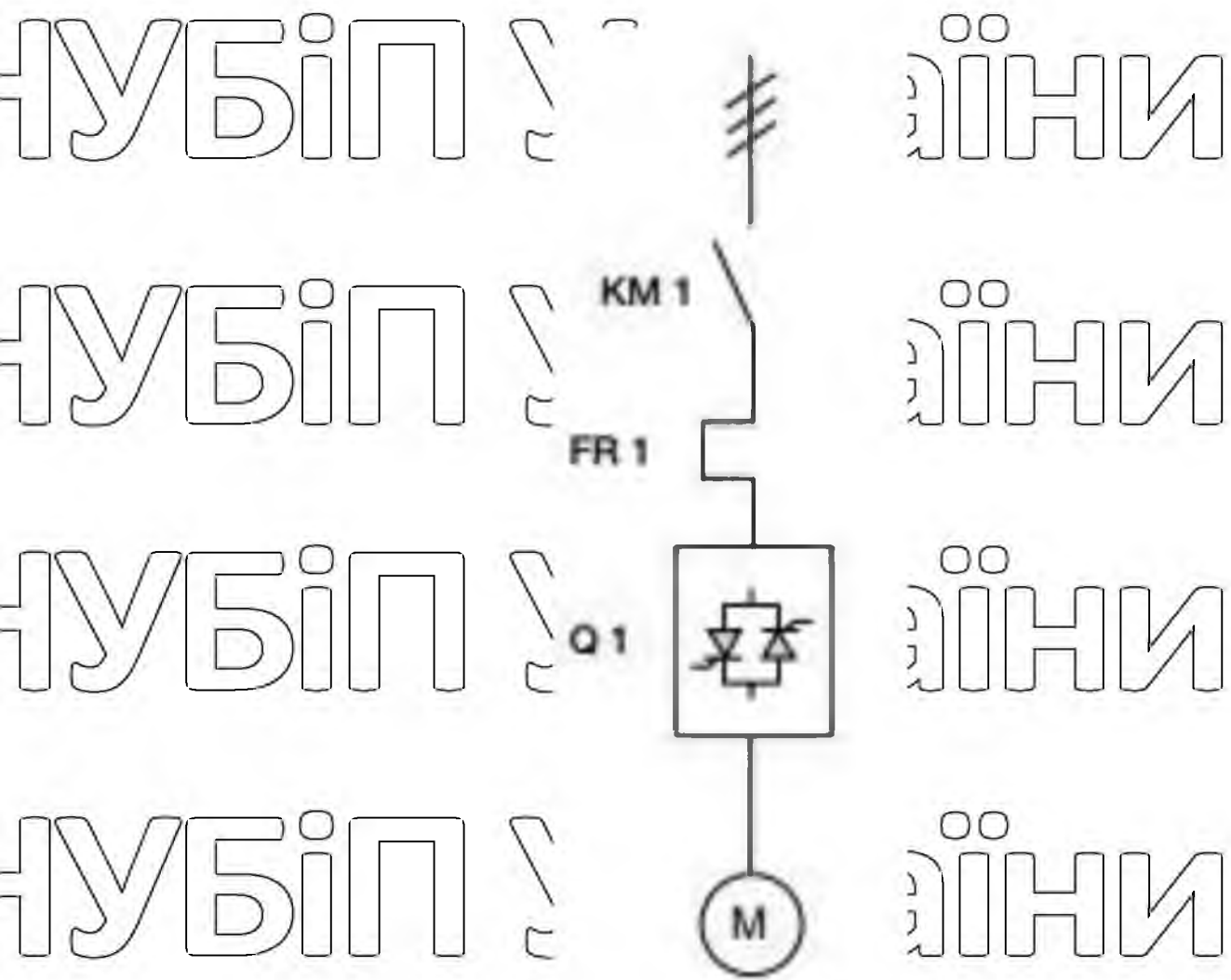


Дослідження на стійкість графіви ЛАЧХ і ФЧХ



Графік перехідної характеристики системи САЕП із нанесеними показниками якості

НУБІП України
 НУБІП України
 НУБІП України

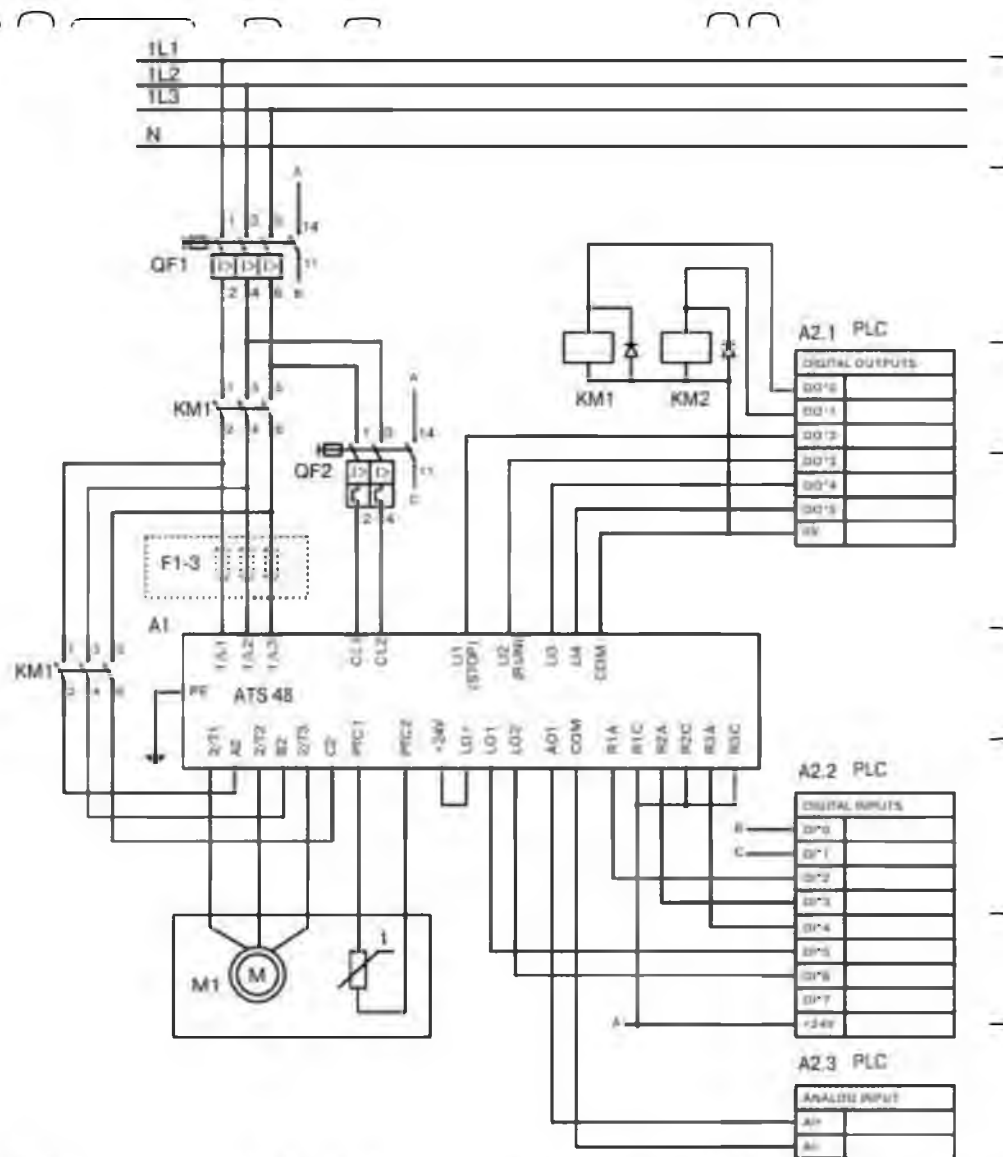


Пристрій плавного пуску

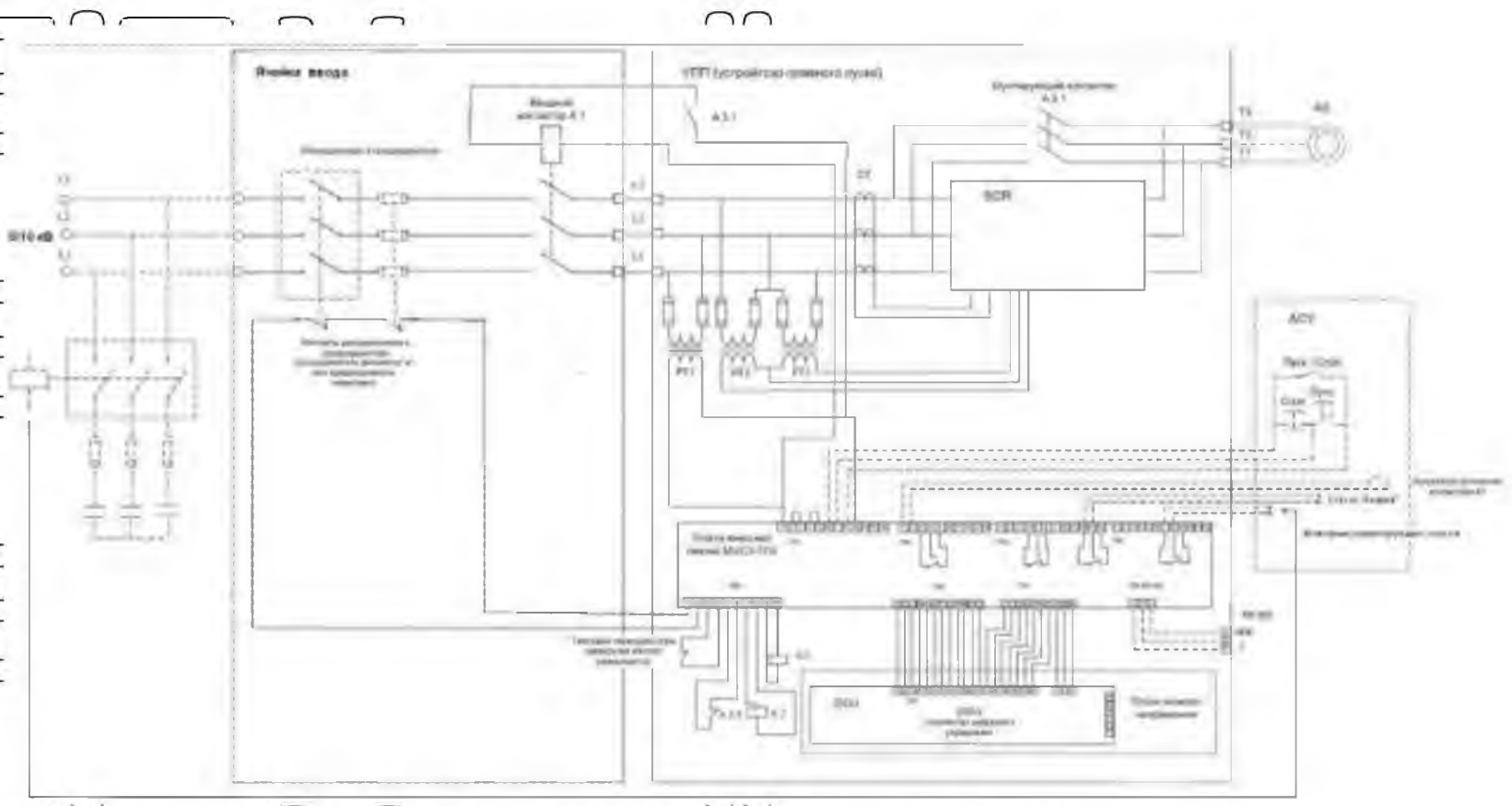
ЧУБІП України

ЧУБІП України

ЧУБІП України



Керування ПЧП Alstair 48 від PLC



Електрична схема з'єднання пристрою SSM