

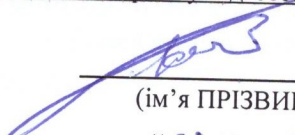
Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

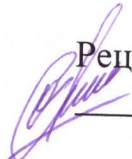
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

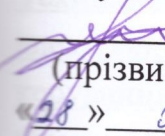
Бакалаврська дипломна робота на тему:
«ЕЛЕКТРОПРИВОД ГІДРАВЛІЧНОЇ ПІДЙОМНОЇ ПЛАТФОРМИ
ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 1000КГ»

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


Антон БЛАЖКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)
«28» 25 2024 р.

Керівник  к.т.н., доц. кафедри КЕМСК
Сергій БАБІЙ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)
«28» 25 2024 р.

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

Допущено до захисту
Завідувач кафедри КЕМСК
 Микола МОШНОРИЗ
(прізвище та ініціали)
«28» 25 2024 р.

Вінниця – 2024 року

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма «Електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕМСК

к.т.н., доц. Микола МОШНОРИЗ

“11” 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я **НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Блажку Антону Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Електропривод гідравлічної підйомної платформи вантажопідйомністю 1000кг

керівник роботи Бабій Сергій Миколайович, к.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “11” 03 2024 року № 80

2. Строк подання студентом роботи _____

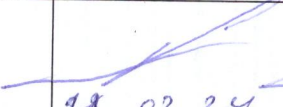
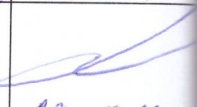
3. Вихідні дані до роботи: вантажепідйомність - 1000кг; висота підйому вантажу - 4м; маса платформи - 400кг.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Загальні відомості про електропривод насосних агрегатів. Розрахунок параметрів об'єкта дослідження. Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода. Функціональна схема електропривода. Розрахунок і вибір елементів електропривода. Комп'ютерне моделювання роботи електропривода. Схема електрична принципова електропривода. Охорона праці.

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

Мета та завдання дослідження. Розрахунок параметрів об'єкта дослідження. Техніко-економічне порівняння систем електроприводу. Функціональна схема електропривода. Розрахунок і вибір елементів електропривода. Розрахунок системи керування електроприводом. Комп'ютерне моделювання роботи електропривода. Схема електрична принципова системи електропривода. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

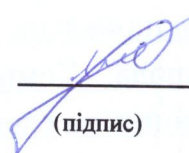
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бабій С. М., к.т.н., доц. каф. КЕМСК	 11.03.24	 28.05.24
Охорона праці	Кобилянський О.В., д. пед. н., зав. каф. БЖДПБ	 28.03.24	 28.05.24

7. Дата видачі завдання 11.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024	
7	Рецензування БДР	10.06.2024	
8	Захист БДР	12.06.2024	

Студент


(підпис)

А. В. Блажко

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

С. М. Бабій

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 94 сторінок формату А4, на яких є 22 рисунка, 18 таблицілиць, список використаних джерел містить 11 найменувань.

В бакалаврській дипломній роботі розроблено систему електропривода насосної установки, яка враховує вплив на показники надійності роботи електропривода значення тиску води на виході насосу. Розглянуто насосний агрегат системи теплопостачання потужністю 11кВт, розраховано приводний двигун, вибрано елементну базу для забезпечення ефективної роботи; для оцінки надійності роботи насосного агрегату застосовано підхід до визначення тривалості напрацювання на відмову залежно від значення тиску насосу; розроблено принципову схему електропривода та розділ забезпечення безпеки праці при роботі з електроприводом.

Ключові слова: тривалість напрацювання на відмову, насосна установка, електропривод, частотне керування, моделювання.

THE SUMMARY

The bachelor thesis consists of 94 pages of A4 format, on which there are 22 figures, 18 tables, the list of used sources contains 11 titles.

The bachelor's thesis developed an electric drive system for a pumping unit that takes into account the influence of the water pressure at the pump outlet on the reliability of the electric drive. The pump unit of the heat supply system with a capacity of 11 kW was considered, the drive motor was calculated, and the element base was selected to ensure efficient operation; to assess the reliability of the pump unit, the approach to determining the duration of the failure period depending on the value of the pump pressure is used; the principle diagram of the electric drive and the section on ensuring labor safety when working with the electric drive have been developed.

Key words: failure duration, pump installation, electric drive, frequency control, simulation.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	7
1.1 Будівельні підйомники	7
1.2 Підйомні столи (платформи)	8
1.3 Електропривод підйомної платформи.	11
1.4 Вимоги до електропривода підйомної платформи.	13
2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	16
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	23
4 СТРУКТУРА ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	29
4.1 Структура електрпривода	29
4.2 Привідний електричний двигун	30
4.3 Перевірка вибраного двигуна	31
4.4 Розрахунок і вибір перетворювача частоти	33
4.5 Розрахунок і вибір пристроїв захисту двигуна	37
4.6 Перевірка захисту електропривода від перевантаження та струмів короткого замикання	38
5 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	41
5.1 Розрахунок та вибір випрямляча	42
5.2 Розрахунок згладжувального фільтра	44
5.3 Розрахунок інвертора	44
6 РОЗРАХУНОК ТА ПОБУДОВА ХАРАКТЕРИСТИК РОЗІМКНЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	47
7 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМКНЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	50

	4
7.1 Розрахунок параметрів об'єкта керування	50
7.2 Синтез регулятора струму	51
7.3 Синтез регулятора тиску	52
7.4 Дослідження динамічних характеристик замкненої системи шляхом ком'п'юторного моделювання	53
7.5 Дослідження системи електропривода на стійкість та якість	56
8 СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРОПРИВОДА	59
9 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
9.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	61
9.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	61
9.1.2 Електробезпека	64
9.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	66
9.2.1 Мікроклімат	66
9.2.2 Склад повітря робочої зони	66
9.2.3 Виробниче освітлення	67
9.3 Пожежна безпека	68
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73
Додаток А. Технічне завдання	76
Додаток Б. Ілюстративні матеріали	79

ВСТУП

Гідравлічні підйомні платформи мають безліч переваг, які роблять їх незамінними в багатьох виробничих і складських процесах. Ось кілька причин, чому варто використовувати ці пристрої:

Переваги використання гідравлічних підйомних платформ:

Ефективність переміщення вантажів. Гідравлічні платформи дозволяють швидко та безпечно переміщувати важкі вантажі на різні висоти.

Вони здатні піднімати вантажі до 25 тонн, що робить їх ідеальними для переміщення важкої техніки, автотранспорту та великої кількості піддонів одночасно.

Економічність. Використання підйомних платформ допомагає знизити витрати на робочу силу та скоротити час на вантажно-розвантажувальні роботи. Вони потребують менше енергії та обслуговування порівняно з іншими підйомними механізмами, такими як вантажні ліфти.

Універсальність застосування. Платформи можуть бути налаштовані відповідно до специфічних потреб підприємства, з різними розмірами та формами. Вони підходять для використання у складах, цехах, торгових центрах та інших об'єктах.

Простота встановлення та використання. Гідравлічні підйомні платформи не потребують громіздких шахт і машинних відділень, як вантажні ліфти, що значно спрощує їх встановлення. Вони легко керуються за допомогою простих у використанні пультів управління.

Підвищення безпеки. Сучасні гідравлічні платформи оснащені різноманітними системами безпеки, такими як аварійні вимикачі, обмежувачі вантажопідйомності та захисні огороження. Вони також мають раму безпеки, яка негайно зупиняє рух платформи при контакті з перешкодою, зменшуючи ризик механічних пошкоджень і травм.

Поліпшення ергономіки праці. Використання підйомних платформ знижує фізичне навантаження на працівників, дозволяючи їм працювати в комфортніших умовах.

Це сприяє зменшенню ризику професійних захворювань та підвищенню загальної продуктивності праці.

Отже, підйомні платформи є ефективним, економічним та безпечним рішенням для переміщення вантажів на виробництвах і складах. Вони не тільки спрощують процеси вантажно-розвантажувальних робіт, але й підвищують загальну ефективність і безпеку роботи. Враховуючи всі ці переваги, використання гідравлічних підйомних платформ є доцільним і вигідним рішенням для багатьох підприємств.

Метою роботи є підвищення ефективності переміщення вантажів та безпеки обслуговуючого персоналу за рахунок розробки автоматизованого електропривода гідравлічної підйомної платформи.

Об'єктом дослідження є процес розробки автоматизованого електропривода гідравлічної підйомної платформи дворівневого складського приміщення.

Предметом дослідження є математичні залежності, а також специфічні комп'ютерні середовища для розрахунку параметрів електропривода та імітації його роботи в заданих умовах.

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

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Будівельні підйомники

Класифікація будівельних підйомників:

За призначенням:

Вантажні: Призначені тільки для транспортування вантажів.

Вантажопасажирські: Дозволяють транспортувати як вантажі, так і людей.

За способом установки:

Пересувні: Можуть переміщатися щодо будівлі під час роботи.

Стаціонарні: Монтуються або приставляються до будівлі і не переміщуються під час роботи.

За конструкцією напрямних:

Підвісні (гнучкі): Напрявні є гнучкими.

Жорсткі: Напрявні є жорсткими і можуть бути щогловими, скіповими або шахтними.

За типом грузонесущого органу:

Клітти, кабіни, платформи, ківші, крюки, бункери, цебри та інші.

За механізмом підйому:

Канатні: Використовують канатно-блокову систему або лебідку.

Безканатні: Мають зубчасто-рейкові або цевочного-рейкові механізми.

За способом монтажу:

Мобільні: Перевозяться з об'єкта на об'єкт у зібраному вигляді.

Немобільні: Розбираються на секції та перевозяться в зібраному вигляді.

Основні параметри підйомників:

Вантажопідйомність: Максимальна допустима маса вантажу.

Найбільша висота підйому вантажу: Відстань по вертикалі від рівня землі до найвищої точки, куди може піднятися вантаж.

Швидкість підйому і опускання вантажу: Швидкість переміщення вантажу вгору і вниз.

Переміщення вантажу по горизонталі: Максимальна відстань, на яку може переміщуватися вантаж по горизонталі.

Інші параметри: Встановлена потужність, конструктивна маса, продуктивність тощо.

1.2 Підйомні столи (платформи)

Гідравлічні підйомники знайшли широке застосування на багатьох об'єктах в Україні, таких як склади, цехи та торгові центри. Зазвичай їх використовують для завантаження та вивантаження автомобілів. Однак ми хочемо звернути вашу увагу на інше цікаве і вигідне використання цих пристроїв – переміщення вантажів між поверхами як альтернатива вантажним ліфтам [2].



Рисунок 1.1 – Гідравлічний підйомний стіл ножичного типу

Переваги підйомних столів:

Відсутність потреби у громіздкій шахті та машинному відділенні. На відміну від ліфтів, підйомні столи не потребують складних конструкцій, що робить їх установку та використання набагато простішими і економічнішими.

Легкість у використанні. Ці столи не вимагають значних витрат на експлуатацію, їх легко використовувати.

Індивідуальні розміри платформи. Платформу можна виготовити практично будь-якого розміру відповідно до потреб підприємства.

Висока вантажопідйомність. Вантажопідйомність таких столів може становити від 1 до 25 тонн, що дозволяє переміщати не лише вантажі на піддонах (1 або 2 піддони), але й важкі автотранспортувачі або кілька піддонів одночасно, що значно прискорює робочий процес.

З розвитком технологій підйомні гідравлічні столи оснащуються новітніми системами управління та безпеки, такими як електронні системи управління висотою, автоматичні системи блокування, енергозберігаючі гідравлічні системи тощо.

Гідравлічні підйомники широко використовуються на складах, у цехах та торгових центрах України. На відміну від вантажних ліфтів, вони не потребують встановлення громіздкої шахти і машинного відділення, легкі у використанні і не потребують значних витрат на експлуатацію. Платформу підйомного столу можна зробити будь-якого розміру, з вантажопідйомністю від 1 до 25 тонн, що дозволяє переміщати навіть важкі автотранспортувачі.

На виробництвах і складах часто виникає потреба переміщувати вантажі на висоту від 3 до 6 метрів. У цьому діапазоні використання підйомних столів є вигіднішим за встановлення вантажного ліфта. Для висот понад 8 метрів доцільніше використовувати вантажні ліфти.

Принцип роботи гідравлічної платформи.

При включенні насоса приводиться в дію ножичний механізм, який піднімає платформу на потрібну висоту або опускає її під власною вагою. Управління здійснюється за допомогою дротяного пульта, розташованого поруч зі столом, або встановленого безпосередньо на підйомний стіл. Рух столу відбувається тільки при натиснутій кнопці, що відповідає європейським нормам безпеки.

Гідравлічні підйомні платформи оснащені аварійними вимикачами, обмежувачами вантажопідйомності, клапанами безпеки, механічними упорами, рамою безпеки і захисними огороженнями. Рама безпеки, виготовлена з цільного алюмінієвого профілю, розташована під платформою і негайно зупиняє рух при контакті з перешкодою.

Різновиди платформ.

Існують різні типи платформ для різних завдань []:

Одноножичні та докові столи для вантажно-розвантажувальних робіт на складах.

Довгорозмірні столи для обробки довгих вантажів.

Автомобільні столи для автосервісів і автосалонів.

Низькопрофільні столи для покращення ергономіки на виробництві.



Рисунок 1.2 – Види і сфера застосування підйомних платформ

Висновок: гідравлічні підйомні столи – це повноцінне рішення для ефективного переміщення вантажів, яке забезпечує максимальну вигоду при розумних витратах і короткому циклі окупності.

1.3 Електропривод підйомної платформи.

Електропривод підйомних платформ використовується для руху платформи вгору і вниз, забезпечуючи ефективний і безпечний транспорт вантажів або людей на різні рівні. Основні компоненти електроприводу включають електродвигун, редуктор, систему управління та безпеки.

Для приводу підйомників загалом використовують такі типи електроприводів:

Асинхронні електродвигуни. Це найпоширеніший тип електродвигунів, використовуваних в підйомних платформах. Вони є надійними, простими в обслуговуванні та мають тривалий термін служби. Переваги: висока ефективність, низька вартість, здатність працювати в широкому діапазоні швидкостей та потужностей. Недоліки: можуть мати меншу точність регулювання швидкості порівняно з деякими іншими типами двигунів.

Синхронні електродвигуни: ці двигуни працюють на постійній швидкості, синхронізованій з частотою електричної мережі. Переваги: висока точність контролю швидкості та позиції, висока ефективність. Недоліки: складніша конструкція і вища вартість порівняно з асинхронними двигунами.

Постійні магнітні двигуни (BLDC) - безщіткові двигуни постійного струму (BLDC) використовують постійні магніти для створення магнітного поля. Переваги: висока ефективність, низький рівень шуму, тривалий термін служби через відсутність щіток. Недоліки: вища вартість та складність управління порівняно з асинхронними двигунами.

Сервоприводи: включають в себе двигун і систему зворотного зв'язку для точного контролю положення, швидкості та прискорення. Переваги:

висока точність і швидкодія, здатність до програмного управління. Недоліки: висока вартість і складність системи.

Гідравлічні приводні системи з електричним управлінням використовують електродвигуни для приводу гідравлічних насосів, які, в свою чергу, керують гідравлічними циліндрами. Переваги: висока вантажопідйомність і плавність роботи. Недоліки: складність системи і необхідність обслуговування гідравлічних компонентів.

Гідравлічні приводні системи з електричним управлінням поєднують переваги гідравлічних систем з точністю і зручністю електронного управління. Вони широко використовуються в підйомних платформах, особливо там, де потрібна висока вантажопідйомність, плавність роботи і точність управління.

Основні компоненти гідравлічних приводних систем з електричним управлінням

Електродвигун - приводить в дію гідравлічний насос. Найчастіше використовуються асинхронні електродвигуни, оскільки вони надійні і ефективні.

Гідравлічний насос - перетворює механічну енергію від електродвигуна в гідравлічну енергію, створюючи потік рідини під тиском. Типи насосів: шестеренні, лопатеві, поршневі.

Гідравлічні циліндри - перетворюють гідравлічну енергію назад в механічну енергію для підйому платформи. Складаються з поршня, що рухається всередині циліндра під дією тиску гідравлічної рідини.

Гідравлічний резервуар - містить гідравлічну рідину, яка циркулює через систему.

Гідравлічні клапани - регулюють потік рідини, контролюючи напрямок, тиск і швидкість руху гідравлічної рідини. Типи клапанів: розподільні, запобіжні, регулюючі.

Система управління – включає електронні контролери, сенсори та приводи для точного управління роботою гідравлічної системи. Може

включати програмовані логічні контролери (PLC) або мікроконтролери для автоматизації процесів.

Принцип роботи: електродвигун запускається і приводить в дію гідравлічний насос, який створює потік гідравлічної рідини під тиском. Гідравлічна рідина надходить до гідравлічного циліндра через розподільний клапан. Тиск рідини змушує поршень циліндра рухатися, піднімаючи платформу. Система управління отримує сигнали від сенсорів, які відстежують положення платформи. Контролер регулює клапани для точного управління потоком рідини, забезпечуючи плавне підняття або опускання платформи.

Для опускання платформи контролер відкриває зворотний клапан, дозволяючи рідині повернутися в резервуар, при цьому поршень повертається в початкове положення.

Переваги гідравлічних приводних систем з електричним управлінням: висока вантажопідйомність (можуть піднімати важкі вантажі з великою точністю і стабільністю), плавність роботи (забезпечують плавне і рівномірне підняття та опускання, що важливо для безпеки та комфорту пацієнтів і операторів), точність управління (електронні системи управління дозволяють точно контролювати рухи платформи, що є критично важливим для медичних та промислових застосувань), гнучкість і надійність (можуть бути адаптовані для різних умов і вимог, забезпечуючи надійну роботу в тривалий період).

1.4 Вимоги до електропривода підйомної платформи.

Вимоги до електропривода підйомних платформ включають ряд технічних та безпекових параметрів, які забезпечують ефективну та безпечну роботу системи. Ось деякі з них:

- Надійність і міцність: Електропривід повинен бути достатньо міцним та надійним, щоб витримувати постійні навантаження та забезпечувати стабільну роботу протягом тривалого періоду.

- Ефективність: Ефективний електропривід має забезпечувати оптимальне співвідношення між витратою енергії та виконаною роботою, забезпечуючи ефективність використання системи.

- Керованість: Електропривід повинен бути добре керований, щоб оператор міг точно керувати рухом платформи вгору і вниз, а також реагувати на зміни швидкості та напрямку руху.

- Безпека: Система повинна мати вбудовані заходи безпеки, такі як датчики аварії, системи аварійного вимикача, обмежувачі швидкості та інші, які захищають операторів та пасажирів від можливих небезпек.

- Легкість обслуговування: Електропривід повинен бути легко обслуговуваний та ремонтований, забезпечуючи простий доступ до основних компонентів і запасних частин.

- Відповідність стандартам: Електропривід повинен відповідати всім вимогам та стандартам безпеки та якості, що встановлені відповідними організаціями і нормативними документами.

Загалом, електропривід підйомних платформ повинен бути спроектований з урахуванням вимог конкретного застосування, забезпечуючи оптимальну продуктивність, безпеку та надійність роботи системи.

Особливості роботи електропривода підйомної платформи зазвичай визначаються конкретними технічними характеристиками системи та умовами її застосування. Однак, деякі загальні особливості включають:

- Плавний рух: Електропривід повинен забезпечувати плавний та контрольований рух підйомної платформи. Це особливо важливо при підйомі та опусканні вантажів або пасажирів, щоб уникнути раптових рухів, які можуть бути небезпечними.

- Точність керування: Електропривід повинен бути добре керованим, забезпечуючи точність переміщення платформи вгору або вниз. Це особливо важливо при роботі в обмеженому просторі або в умовах, де потрібно плавно вирівнювати платформу на потрібному рівні.

- Безпека: Електропривід повинен мати вбудовані системи безпеки, які запобігають аварійним ситуаціям та захищають операторів та пасажирів. Це може включати датчики аварії, системи аварійного вимикача, обмежувачі швидкості та інші заходи безпеки.

- Надійність: Електропривід повинен бути надійним у роботі, забезпечуючи стабільну та безперебійну роботу підйомної платформи протягом тривалого періоду. Це особливо важливо для систем, які використовуються в інтенсивному режимі роботи або в умовах високих навантажень.

- Енергоефективність: Електропривід повинен бути енергоефективним, щоб забезпечити оптимальне співвідношення між витратою енергії та виконаною роботою. Це дозволяє зменшити витрати на енергію та знизити експлуатаційні витрати системи.

Ці особливості спільно допомагають забезпечити ефективну та безпечну роботу електропривода підйомної платформи в різних умовах експлуатації.

2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглянемо існуючий механізм підйому вантажів у двохрівневому складському приміщенні. Зовнішній вигляд механізму подано на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд підйомної платформи

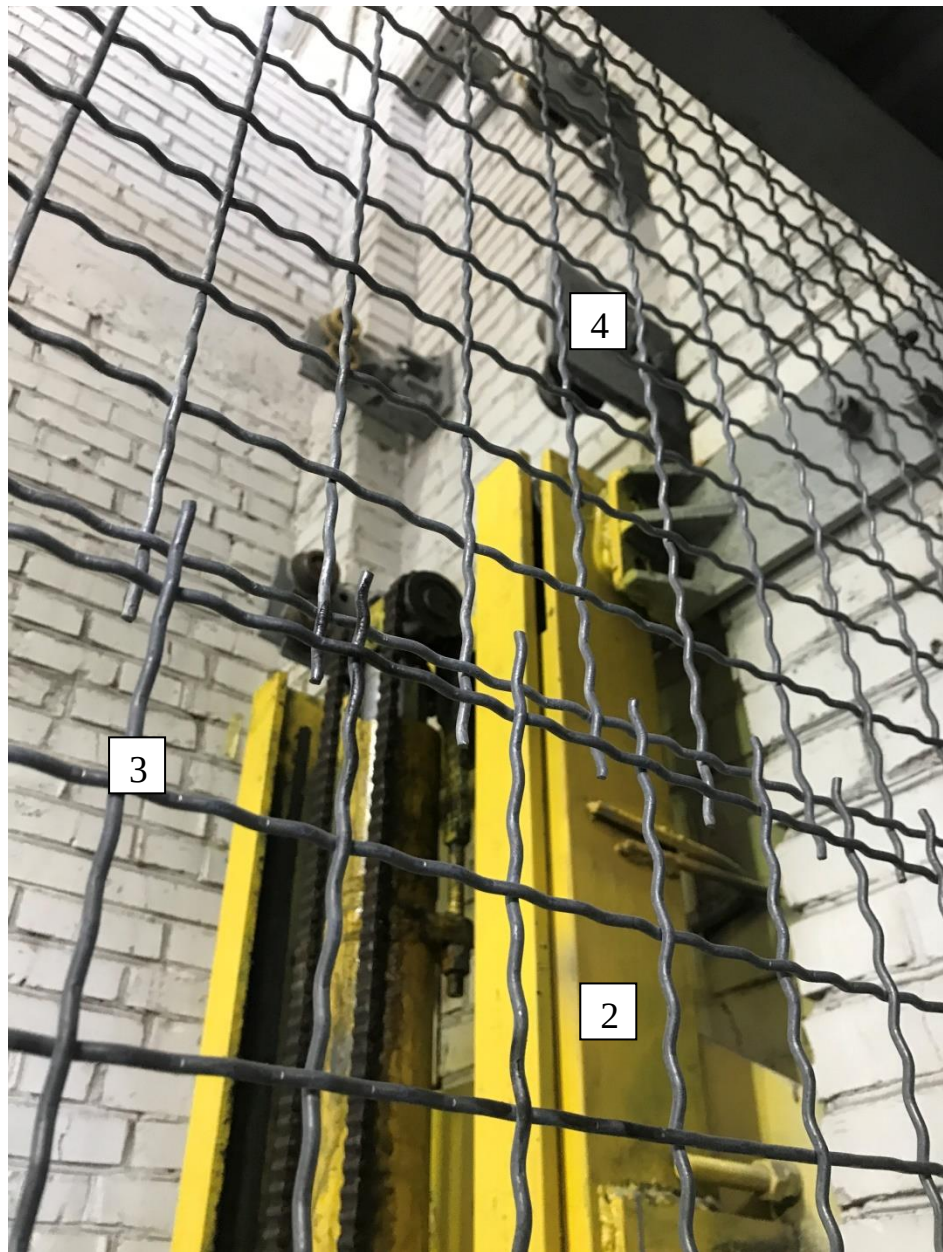


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд підйомної платформи (вигляд з боку)

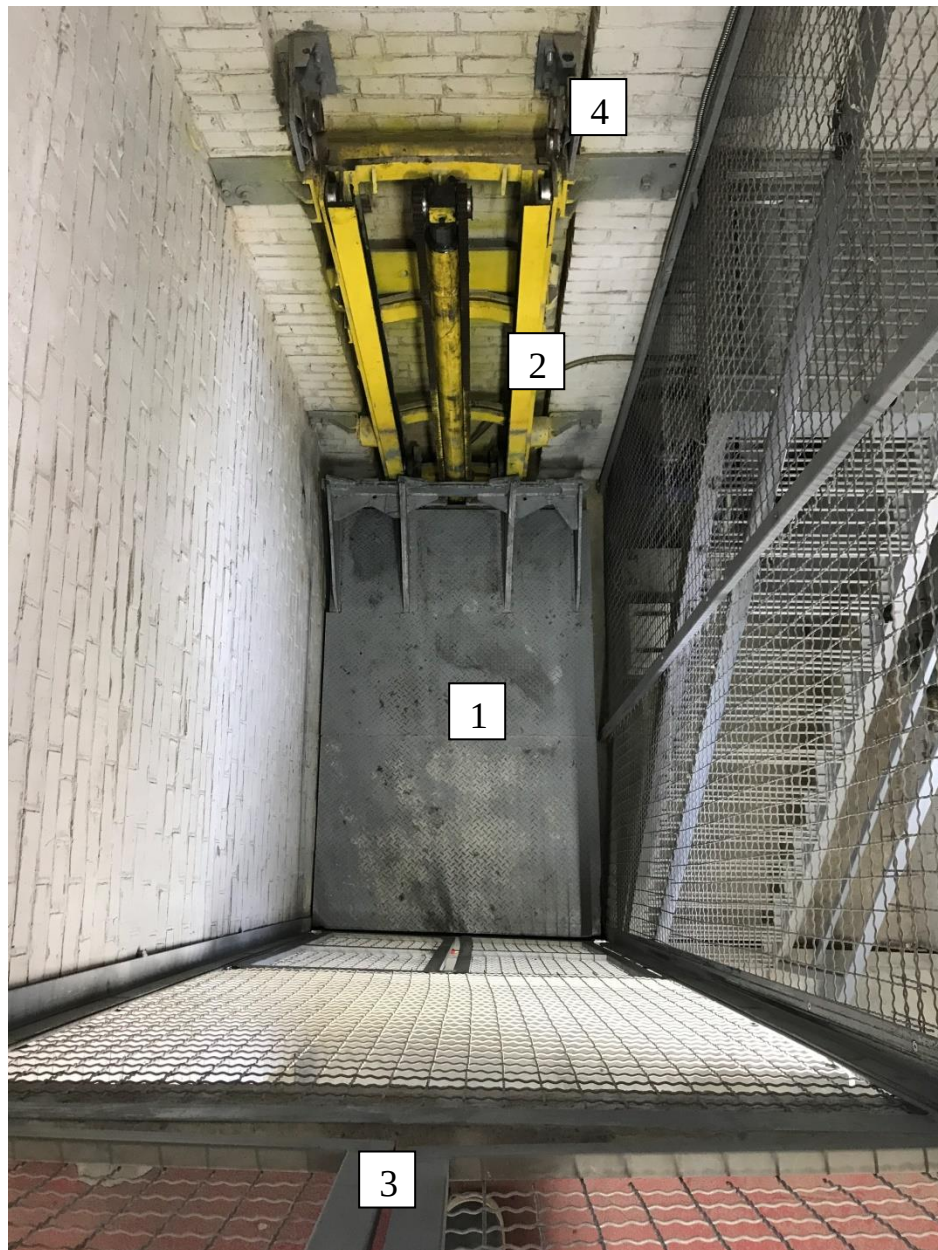


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд підйомної платформи (вигляд зверху)

На рисунку 2.1-2.3 позначено: 1 – підйомна платформа; 2 – каркас підйомного механізму; 3 – огороження механізму; 4 – направляючі ролики, по яких рухається каркас.

Відомо, що для підйому платформи використовується гідроциліндр з діаметром поршня 120мм, ходом поршня 2000мм та типом виконання – 4. Для підйому вантажу 1000кг необхідно застосувати силу:

$$F_p = (m_v + m_p) \cdot g, \quad (2.1)$$

де m_v – вантажепідйомність, кг ($m_v = 1000$ кг);

m_p – маса платформи з рухомим каркасом підйомного механізму, кг ($m_p = 400$ кг).

Отримаємо силу підйому:

$$F_p = (1000 + 400) \cdot 9,8 = 13720 \text{ (Н)}.$$

Для підйому заданої ваги на певну висоту необхідно буде затратити роботу, яка визначається за формулою:

$$A_p = F_p \cdot H, \quad (2.2)$$

де H – висота підйому, м ($H = 4$ м).

Отримаємо роботу для підйому:

$$A_p = 13720 \cdot 4 = 54880 \text{ (Дж)}.$$

З врахуванням коефіцієнта корисної дії гідропривода можна отримати затрачену роботу на підйом вантажу:

$$A_{pz} = \frac{A_p}{\eta_g}, \quad (2.3)$$

де η_g – коефіцієнт корисної дії гідропривода ($\eta_g = 0,8$).

Отримаємо затрачену роботу для підйому:

$$A_{pz} = \frac{54880}{0,8} = 68600 \text{ (Дж)}.$$

Якщо платформу піднімати протягом якогось часу, то на це буде витрачена потужність:

$$N_t = \frac{A_{pz}}{t_p}, \quad (2.4)$$

де t_p – розрахунковий час підйому, с.

Для часу підйому 25с отримаємо потужність:

$$N_t = \frac{68600}{25} = 2744 \text{ (Вт)}.$$

З врахуванням коефіцієнту запасу отримаємо розрахункове значення потужності електропривода:

$$N_p = k_z \cdot N_t,$$

де k_z – розрахунковий коефіцієнт запасу механізму ($k_z = 1,05$).

Отримаємо:

$$N_p = 1,05 \cdot 2744 = 2881 \text{ (Вт)}.$$

Платформа працює у короткочасному режимі роботи, тому за даним розрахунковим значенням можна обирати двигун.

Зі стандартного ряду потужністю найближчим буде двигун потужністю 3,0кВт. Частота обертання двигуна обирається для конкретної моделі гідропривода. Припустимо, що гідропривод розрахований на частоту обертання 3000об/хв.

Зовнішній вигляд гідропривода подамо на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд гідропривода підйомної платформи

На рисунку 2.4 позначено: 1 – розширювальний бак з мастилом; 2 – приводний двигун масляного насосу; 3 – масляний насос шестерного типу; 4 – індикатор рівня мастила.

Зовнішній вигляд існуючої системи керування гідроприводом зображено на рисунку 2.5.

Зовнішній вигляд перепускного клапану подамо на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Існуючої системи керування підйомником

На рисунку 2.5 позначено: 1 – перепускний гідравлічний клапан; 2 – кінцевий вимикач крайнього положення важеля клапану; 3 – автоматичний вимикач подачі живлення у систему; 4 – кнопкова станція вмикання підйомника на підйом.

Управління механізмом виконується наступним чином: якщо підйомник знаходиться у тиждьому положенні, то шляхом вмикання автоматичного вимикача 3 і кнопки пуск 4 відбувається нагнітання масла двигуном у поршень. При досягненні крайнього верхнього положення спрацьовує верхній кінцевий вимикач і двигун зупиняється. Підйомна платформа в такому разі залишається вгорі нерухомою.

Для опускання платформи треба натиснути на важіль 1 і мастило з поршня перетікає назад у розширювальний бак. Платформа опуститься під своєю вагою.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

У якості приводного двигуна можна використати асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором. Двигун постійного струму буде недоречним через масогабаритні показники і, відповідно, вартість.

Для забезпечення плавності запуску та зупинки електропривод гідропривода повинен житися або від пристрою плавного пуску, або від перетворювача частоти. Як можливий варіант – це використання релейно-контакторної системи керування з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором і реостатами у колі статора двигуна.

Розглянемо, для порівняння, такі системи електропривода:

1) релейно-контакторна система керування з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (РКС-АД). Це існуюча система електропривода;

2) пристрій плавного пуску з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (ППП-АД);

3) перетворювач частоти з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (ПЧ-АД).

Економічне обґрунтування вибору системи електропривода виконаємо за методом приведених затрат.

З мережі інтернет знайдемо вартості двигунів та силових перетворювачів кожної з систем електроприводу. Деякі вартості обладнання подамо нижче. На рисунку 3.1 представимо вартість перетворювача частоти та пристрою плавного пуску з мережі інтернет. Оскільки з силовим перетворювачем необхідно встановлювати автоматичний вимикач, контактор, клемні затискачі, електромонтажну шафу, то у розрахунках систему керування оцінюватимемо у подвійну вартість від самого перетворювача.

Вартість системи РКС приймемо рівною половині від вартості системи керування ППП.

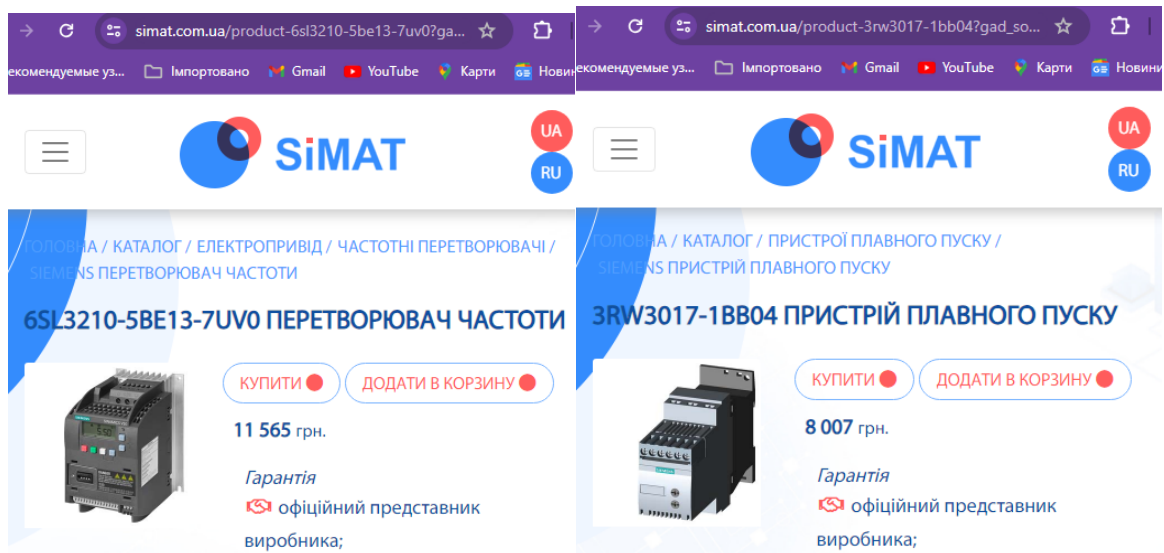


Рисунок 3.1 – Вартість перетворювача частоти та пристрою плавного пуску потужністю 4кВт

Результати зведемо до таблиці 3.1.

Для прикладу виконаємо розрахунок системи ППП–АД.

Капітальні затрати

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

де D – вартість двигуна ($D = 0$ грн, оскільки у роботі існуюча система електропривода з існуючим двигуном);

C – вартість системи керування ($C = 16014$ грн).

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

Таким чином, отримаємо

$$K = 0 + 16014 = 16014 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні затрати:

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

$$K_p = 0,17 \cdot 16014 = 5925 \text{ (грн./рік)}.$$

Час роботи механізму за рік

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

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

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

ТВ – тривалість увімкнення механізму ($\text{ТВ} = 40\% = 0,4 \text{ в. о.}$).

За рік отримаємо час роботи:

$$t_{\text{рік}} = 250 \cdot 8 \cdot 0,4 = 800 \text{ (год./рік)}.$$

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

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

де $P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність з врахуванням того, що в роботі знаходиться постійно лише один насос ($P_{\text{вст}} = 3,0 \text{ кВт}$).

Отримаємо

$$Z_{\text{вст}} = 3,0 \cdot 800 = 2400 \text{ (кВтгод/рік)}.$$

Затрати на електроенергію електроприводом відрізняються від встановлених затрат на величину втрат енергії в перехідних режимах роботи або режимах роботи, що відрізняються від номінального. Найкращу ефективність роботи має система ПЧ–АД. Для цієї системи затрати в

перехідних режимах роботи відсутні, а при роботі з меншою частотою обертання ніж номінальна, затрати енергії стають ще меншими.

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

Для системи РКС-АД затрати енергії будуть найвищими, оскільки до кількості енергії в стаціонарному режимі додається кількість енергії в перехідному.

Затрати на електроенергію електроприводом ППП–АД будуть дорівнювати:

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

де c – вартість електроенергії ($c = 8 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год}$).

Отримаємо такі затрати на електроенергію:

$$Z_{\text{ел}} = 8 \cdot 2400 = 19200 (\text{грн./рік}).$$

Затрати на електроенергію в перехідному режимі роботи приймемо рівними 25% від затрат в стаціонарному режимі:

$$Z_{\text{перех}} = 0,25 \cdot Z_{\text{вст}}, \quad (3.6)$$

$$Z_{\text{перех}} = 0,25 \cdot 2400 = 600 (\text{кВт}\cdot\text{год}).$$

Затрати на амортизацію системи електропривода:

$$Z_{\text{а}} = 0,1K, \quad (3.7)$$

$$Z_{\text{а}} = 0,1 \cdot 16014 = 1601 (\text{грн./рік}).$$

Затрати на ремонт обладнання можна наближено знайти за виразом

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

$$Z_p = 0,02 \cdot 16014 = 320 \text{ (грн./рік)}.$$

Затрати на обслуговування можна наближено знайти за виразом

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

$$Z_o = 0,05 \cdot (2722 + 1601 + 320) = 1056 \text{ (грн./рік)}.$$

Приведені затрати на спорудження електропривода

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

$$Z = 16014 + 2722 + 1601 + 320 + 1056 = 24900 \text{ (грн./рік)}.$$

Результати розрахунку інших систем електропривода зведено у таблиці 3.1.

За результатами розрахунку трьох запропонованих систем електроприводу, найкращою буде система ПЧ–АД.

ППП буде працювати без зворотних зв'язків як розімкнута система. Крім того вона не дозволить реалізувати регулювання інтенсивності підйому та опускання підйомника.

Система електроривода ПЧ-АД сама дорога за капітальними затратами, але вона має найвищу ефективність і можливість глибокого регулювання частоти обертання.

Контроль роботи механізму буде виконуватися шляховими та кінцевими вимикачами, автоматичним вимикачем та тепловим реле.

Техніко-економічне співставлення систем електроприводу

	РКС-АД	ППП-АД	ПЧ-АД
Вартість двигуна, грн.	0	0	0
Вартість сист. керув., грн.	8007	16014	23130
Капітальні затрати, грн.	8007	16014	23130
Річні кап. затрати, грн./рік	1361	2722	3932
Затрати на електроен. грн./рік	24000	19200	14400
Затрати на амортиз., грн./рік	801	1601	2313
Затрати на ремонт, грн./рік	160	320	463
Затрати на обслугов., грн./рік	1248	1056	859
Приведені річні затрати, грн./рік	27570	24900	21966

4 СТРУКТУРА ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

4.1 Структура електрпривода

Структура електропривода зображена на рисунку 4.1.

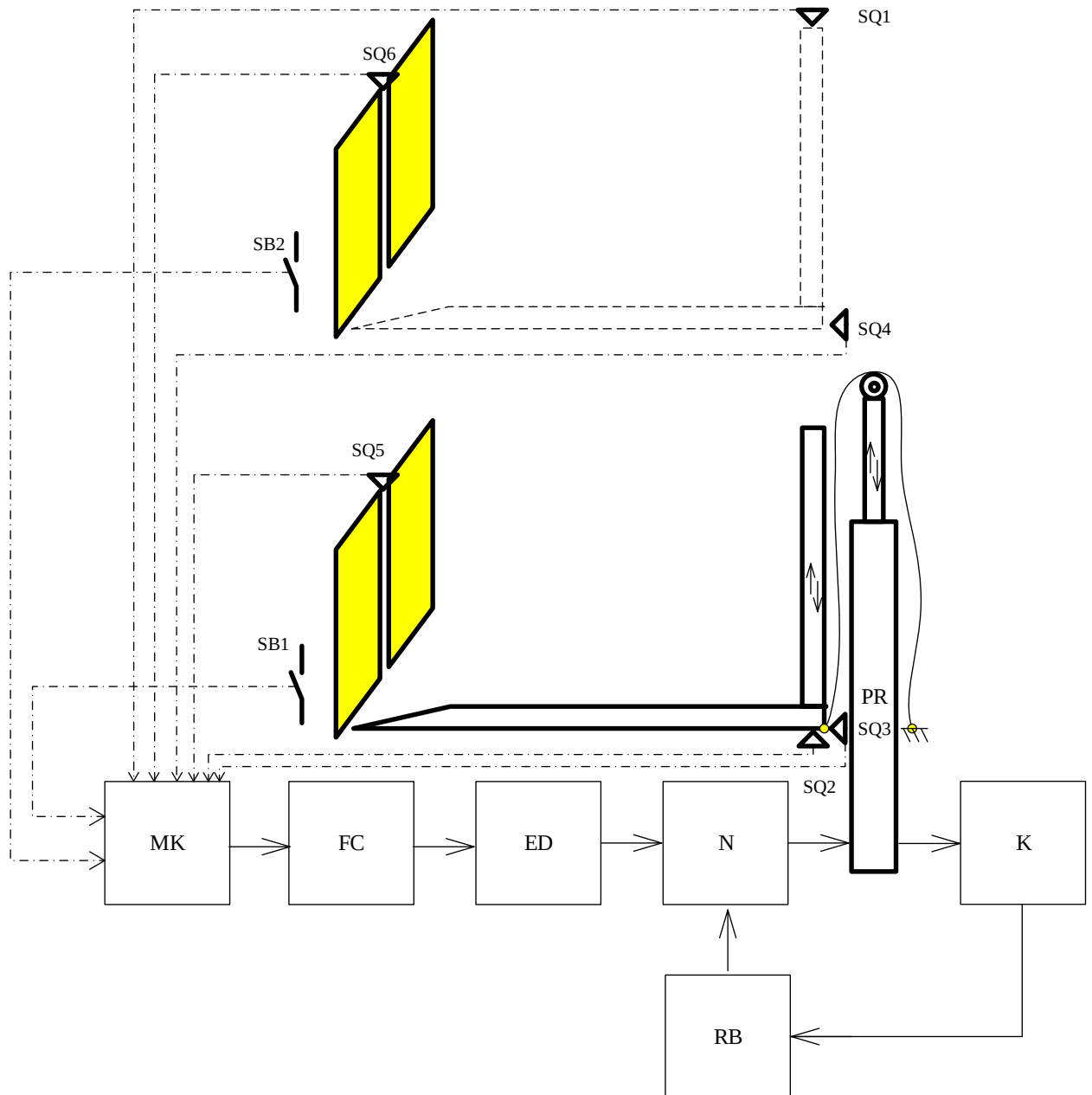


Рисунок 4.1 – Структура електропривода підйомної платформи

На рисунку 4.1 позначено: МК – мікроконтролер; FC – перетворювач частоти; ED – електричний двигун; N – насос; PR – поршень; К – перепускний (спускний) клапан; RB – ємність з мастилом (резервуар); SQ1,2 – кінцеві вимикачі відповідно крайнього верхнього та нижнього положень; SQ3, 4 – шляхові вимикачі відповідно першого та другого поверхів; SQ5, 6 – кінцеві вимикачі зачинених дверей шахти відповідно першого та другого поверхів; SB1, 2 – кнопкові вимикачі запуску підйомника відповідно з першого та другого поверхів.

4.2 Привідний електричний двигун

Зовнішній вигляд привідного двигуна масляного насосу подано на рисунку 2.4.

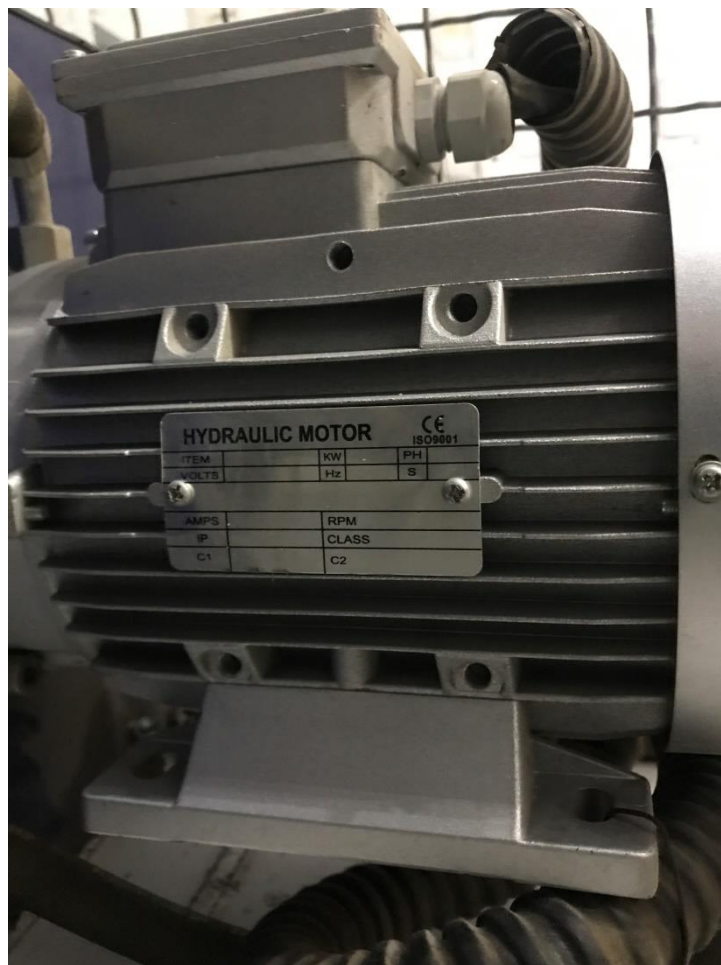


Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд привідного двигуна масляного насосу

Отже, для приводу насосу використовується асинхронний двигун виробництва GRUNDFOS марки 160MC2. Паспортні дані двигуна зведемо у таблицю 2.2.

Таблиця 4.1 – Паспортні дані приводного асинхронного двигуна виробництва GRUNDFOS марки 160MC2

Тип двигуна	Потужність	Швидкість	Струм	ККД, %	$\cos\phi$	I_p/I_n	M_p/M_n	$M_{\max}/M_n$	Момент інерції, кгм^2	Маса, кг
GRUNDFOS марки 160MC2	3 кВт	2870 об/хв	6,1 А	84,5 %	0,88	7,0	2,3	2,6	0,0024	20,6

Електродвигуни для приводу моноблочних насосів є трифазні асинхронні одношвидкісні двигуни з короткозамкненим ротором. За умовами експлуатації в частині впливу механічних факторів зовнішнього середовища двигуни відносяться до групи М1 ГОСТ17516.1-90, що витримують вібрацію від зовнішніх джерел з прискоренням до 5 м/с^2 з частотою до 35Гц.

Конструкція електродвигунів для моноблочних насосів аналогічна конструкції двигунів основного (загальнопромислового) виконання. Вільні кінці валів призначені для посадки робочих коліс насосів. Кліматичне виконання і розміщення - У1.

4.3 Перевірка вибраного двигуна

Момент механізму визначається за формулою:

$$M_{\text{мех}} = \frac{N_p}{\omega}; \quad (4.1)$$

де ω – кутова швидкість.

$$\omega = \frac{2\pi n_{\text{мех}}}{60}, \quad (4.2)$$

де $n_{\text{мех}}$ – номінальна швидкість обертання масляного насоса ($n = 3000$ об/хв.).

Отримаємо

$$\omega = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 3000}{60} = 314,1 \text{ (рад/с)}.$$

Момент механізму:

$$M_{\text{мех}} = \frac{2991,45}{314,1} = 9,173 \text{ (Н·м)}.$$

Момент попередньо розрахованого двигуна:

$$M_{\text{ном}} = \frac{3000}{0,1047 \cdot 2870} = 9,98 \text{ (Н·м)}.$$

Перевірка двигуна виконується за умови:

$$M_{\text{ном}} > M_{\text{мех}},$$

$$9,98 \text{ Нм} > 9,173 \text{ Нм}.$$

Умова виконується, отже двигун вибрано вірно.

Перевірка за пуском не виконується з двох причин:

1. навантаження турбомеханізмів, до яких відноситься масляний насос, зростає від нуля до номінального по квадратичному закону. Тому при малих швидкостях обертання момент навантаження незначний.

2. У роботі розглядається система ПЧ-АД, яка забезпечує плавний розгін електропривода без пускових струмів.

4.4 Розрахунок і вибір перетворювача частоти

Вибір перетворювача частоти виконується за потужністю і струмом тривалого навантаження, а також величиною короточасних перевантажень

Умови вибору пристрою перетворювача частоти:

$$\begin{cases} P_{\text{ППП}} \geq P_{\text{дв.сп}}, \\ I_{\text{ПЧ}} \geq I_{\text{дв.ном}}, \end{cases} \quad (4.3)$$

де $P_{\text{дв.сп}}$ – споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі, кВт;

$I_{\text{дв.ном}}$ – номінальний струм приводного двигуна, А.

Споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot P_{\text{дв.н}}}{\eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}}, \quad (4.4)$$

де k – коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти ($k = 0,95 \dots 1,05$);

$P_{\text{дв.н}}$ – номінальна потужність приводного двигуна;

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

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

Отримаємо потужність:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{0,95 \cdot 3,0}{0,845 \cdot 0,88} = 3,833 \text{ (кВт)}.$$

Таким чином, вибираємо з перетворювач частоти Siemens Sinamics G120C потужністю 4кВт. Зовнішній вигляд перетворювача частоти

зображений на рисунку 5.1, а його технічні характеристики наведені в таблиці 5.3.



Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд перетворювача частоти Siemens Sinamics G120C

SINAMICS G120C був спеціально розроблений для виробників обладнання, які шукають економічний та компактний перетворювач частоти, що забезпечує просте управління безліччю функцій. Цей пристрій поєднує компактне виконання з високою питомою потужністю і характеризується швидкою установкою та введенням в експлуатацію. Перетворювач випускається у трьох основних типорозмірах на діапазон потужностей від 0,55 до 18,5 кВт. Перетворювач також має всі основні комунікаційні інтерфейси та є невід'ємною частиною Комплексної автоматизації (TIA). Швидке проектування та введення в експлуатацію з використанням

програмних засобів SIZER та STARTER, а також створення резервних копій даних за допомогою панелі оператора BOP-2, IOP та карти пам'яті SD.

Відмінні риси:

- самий компактний габарит,
- компактний перетворювач з високою щільністю потужності,
- швидке механічне встановлення (швидкознімна панель оператора).
- монтаж пліч-о-пліч,
- зручний та простий у використанні,
- просте, оптимізоване введення в експлуатацію,
- відповідний набір параметрів (просте зберігання та копіювання).
- використання з панелями оператора IOP та BOP-2, а також з'єднання з ПК по USB,
- передова технологія,
- висока енергоефективність, векторне керування без датчика, автоматичне зниження потоку з ECO U/f,
- вбудована функція безпечного відключення (STO) включена у базове виконання,
- інтерфейси USS/Modbus RTU, PROFIBUS DP, PROFINET, CANopen,
- типове застосування.

Таблиця 4.2 – Технічні дані перетворювача частоти Siemens Sinamics G120C

Параметр	Значення
Напруга живлення / потужність	3 AC 380-480В +10% -20% /0,55...18,5кВт
Вихідна частота	0 ... 650 Гц
Припустиме навантаження	Низьке навантаження (LO): 150% на 3 з плюс 110% на 57с за навантажувальний цикл у 300с Високе навантаження (АЛЕ): 200% на 3 з плюс 150% на 57с за навантажувальний цикл у 300с
Ступінь захисту	IP20
Конструкція	Компактний моноблочний перетворювач, що об'єднує в одному пристрої керуючий модуль (CU) та силовий модуль (PM), панель оператора опціональна
Робоча температура	-10 до +40 ° С без погіршення ном. параметрів +40 до +60°3 погіршенням ном. параметрів
Макс, вологість повітря	95% (без конденсату)
Тип управління	U/f, U2/f, FCC, параметрована U/f, векторне без датчика
Входи	6 цифрових входів: (оптична ізоляція, вільний опорний потенціал (власна група потенціалів), вибір логіки NPN/PNP; 1 аналоговий вхід: біполярний, режим струму (0/4...20мА)/напрузі (-10...+10В). Може використовуватись як цифровий вхід
Виходи	2 цифрові виходи:
D01: транзисторний вихід D02: релейний вихід	1 аналоговий вихід: режим струму (0/4...20мА)/напрузі (0...+10В)
Комунікаційні інтерфейси	USS/Modbus RTU, PROFIBUS DP, PROFINET, CANopen
гальмування	Реостатне гальмування (вбудований гальмівний модуль), гальмування постійним струмом, змішане гальмування
Електромагнітна сумісність (EMC)	3 вбудованим мережним фільтром категорії C2/C3 відповідає EN 61800-3.
Стандарти	EAC, CE, CULus, C-tick, ГОСТ Р

4.5 Розрахунок і вибір пристроїв захисту двигуна

Пусковий струм двигуна

$$I_{\text{пуск}} = k_{\text{ip}} I_n, \quad (4.5)$$

де k_{ip} – кратність пускового струму ($k_{\text{ip}} = 7,0$);

I_n – номінальний струм двигуна ($I_n = 6,1 \text{ A}$).

Отримаємо пусковий струм

$$I_{\text{пуск}} = 7,0 \cdot 6,1 = 42,7 \text{ (A)}.$$

Умова вибору автоматичного вимикача для полегшених умов пуску має вигляд

$$I_{\text{авт}} \geq 0,4 \cdot I_{\text{пуск}} = 0,4 \cdot 42,7 = 17,08 \text{ (A)}.$$

Отже, номінальний струм автоматичного вимикача повинен бути не меншим за 17,08 А. Оскільки кратність пускового струму двигуна становить 7,0, то автоматичний вимикач повинен мати групу електромагнітного розчіплювача С.

Для захисту від перегріву обираємо тепловий розчіплювач. Умова вибору струму теплового розчіплювача має вигляд:

$$I_{\text{тр.н}} \geq I_n, \quad (4.6)$$

де $I_{\text{тр.н}}$ - номінальний струм теплового елемента, А.

Вибираємо автоматичний вимикач EATON PL6 C20/3, технічні характеристики якого зведемо у Таблиці 5.1.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автоматичного вимикача EATON PL6 C20/3

Назва параметру	Значення
Тип	6kA C-20A
Кількість і тип полюсів	3/3P
Крива захису	C
Номінальна робоча напруга змінного струму, В	230 / 400
Відключаюча спроможність, кА	6
Номінальна робоча напруга змінного струму, В	460
Номінальний струм при 30 °С, А	20
Діапазон спрацювання термічного розчіплювача	(1,13 – 1,45) I _н
Поріг електромагнітного розчіплювача	(5 – 10) I _н

4.6 Перевірка захисту електропривода від перевантаження та струмів короткого замикання

Автоматичний вимикач призначений для живлення індивідуального електропривода, а тому має забезпечувати його захист від короткого замикання та перевантаження. Оскільки, автоматичний вимикач обраний за умовою пропускання пускових струмів, то його тепловий розчіплювач не забезпечить захисту електропривода від перегріву. Тому додатково встановлюється теплове реле.

Мінімальна межа спрацювання теплового реле дорівнює:

$$I_{\text{розщ.тепл}} = 7(A). \quad (4.7)$$

Струм спрацювання теплового захисту двигуна дорівнює:

$$I_{\text{тепл}} = 1,2 \cdot I_n = 1,2 \cdot 6,1 = 7,32(\text{А}). \quad (4.8)$$

Умова спрацювання теплового захисту матиме вигляд:

$$I_{\text{тепл}} = 1,2 \cdot I_n = 7,32(\text{А}) > 7(\text{А}) = I_{\text{розщ.тепл}} - \text{виконується}. \quad (4.9)$$

Для перевірки надійності спрацювання захисту електропривода від струмів короткого замикання розрахуємо струм короткого замикання вкінці кабельної лінії. Знайдемо повний опір однієї фази лінії, що з'єднує силовий трансформатор та електропривод:

$$z_{\text{kz}} = z_{\text{f-0}} + z_t / 3, \quad (4.10)$$

де $z_{\text{f-0}}$ - повний опір петлі «фаза-нуль», Ом;

z_t - повний опір обмоток трансформатора, Ом.

Опір петлі «фаза-нуль» можна знайти за формулою:

$$z_{\text{f-0}} = 2 \cdot \sqrt{(R \cdot L)^2 + (X \cdot L)^2}, \quad (4.11)$$

$$z_{\text{f-0}} = 2 \cdot \sqrt{(0,0018 \cdot 30)^2 + (0,00033 \cdot 30)^2} = 0,107(\text{Ом}).$$

Опір трансформатора можна знайти за формулою:

$$z_t = \frac{U_f}{I_n} \cdot U_{\text{kz}}, \quad (4.12)$$

де U_f - фазна напруга трансформатора, В;

I_n - номінальний струм двигуна, А;

ΔU_{kz} - напруга трансформатора при короткому замиканні ($\Delta U_{\text{kz}} = 4\%$).

Отримаємо:

$$z_t = \frac{220}{6,1} \cdot 0,04 = 1,443(\text{Ом}).$$

Струм короткого замикання у кінці лінії буде дорівнювати:

$$I_{kz} = \frac{U_f}{Z_{kz}} = \frac{U_f}{Z_{f-0} + Z_t / 3}, \quad (4.13)$$

$$I_{kz} = \frac{220}{0,107 + 1,443 / 3} = 374,15 \text{ (A)}.$$

Антональний струм спрацювання електромагнітного розщиплювача автоматичного вимикача буде дорівнювати:

$$I_{kz,avt} = k_i \cdot I_{avt.n}, \quad (4.14)$$

де k_i - кратність струму спрацювання електромагнітного розщиплювача;

$I_{avt.n}$ - номінальний струм автоматичного вимикача, А.

Отримаємо значення струму:

$$I_{kz,avt} = 7 \cdot 20 = 140 \text{ (A)}.$$

Умова спрацювання захисту від короткого замикання має вигляд:

$$I_{kz} = 374,15 \text{ (A)} > 140 \text{ (A)} = I_{kz,avt} - \text{виконується.} \quad (4.15)$$

Отже, захист електропривода від короткого замикання та перегріву вибрано вірно.

5 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Для підтримання тиску на потрібному рівні введемо зворотній зв'язок за тиском мастила у напірному трубопроводі механізму.

Для запобігання перегрівання двигуна при непередбачуваних обставинах (несиметрія напруги живлення, перевантаження, понижена напруга живлення тощо), введемо в систему зворотній зв'язок за струмом двигуна.

На рисунку 5.1 представлена функціональна схема електропривода, де М – мережа живлення; АВ – автоматичний вимикач, В – некерований випрямляч, АІН – автономний інвертор напруги, Д – двигун, РТ – регулятор тиску, РС – регулятор струму, СС – сенсор струму, СТ – сенсор тиску, СІФК – система імпульсно-фазового керування.

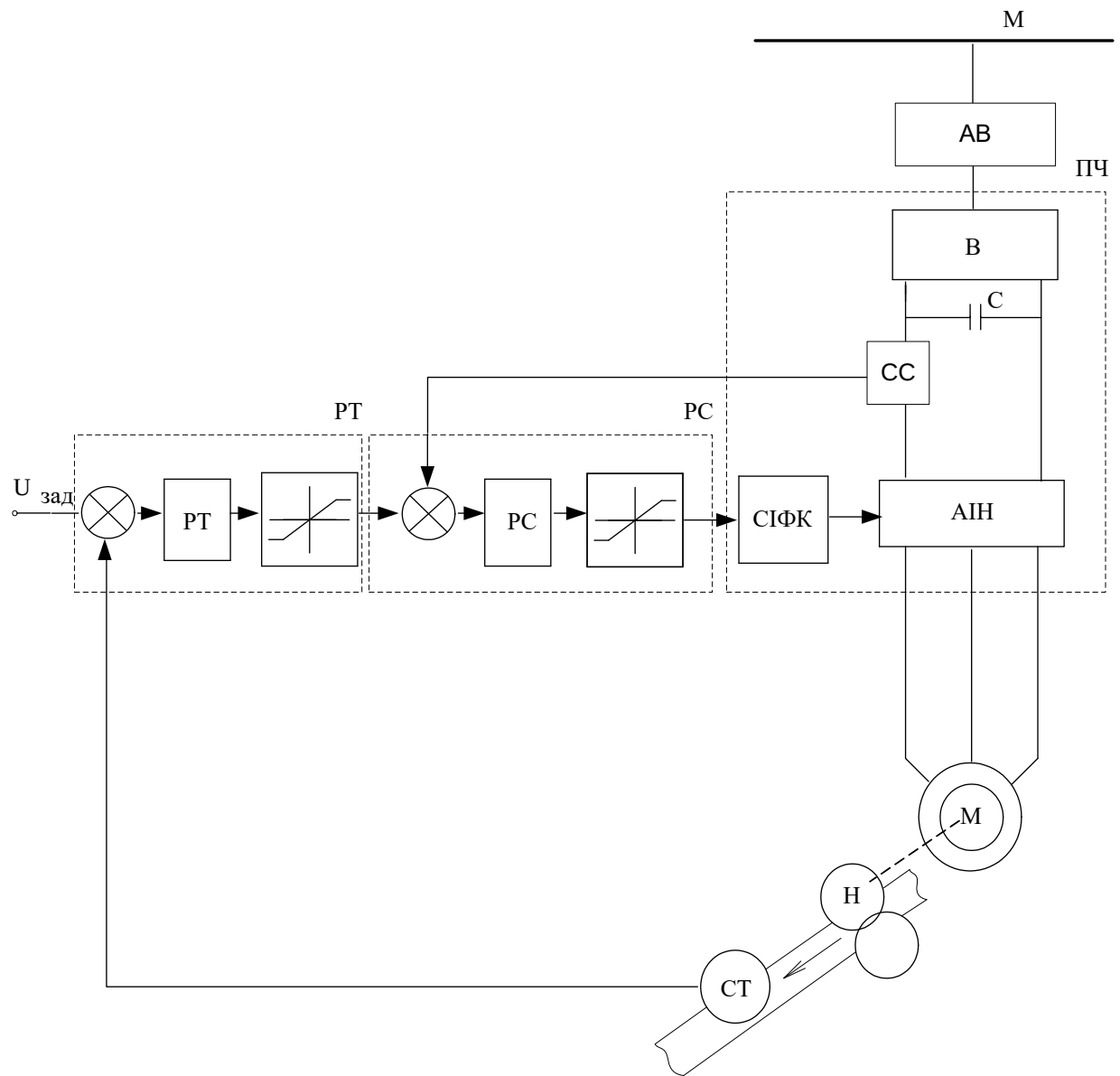


Рисунок 5.1 – Функціональна схема електропривода

5.1 Розрахунок та вибір випрямляча

Функцію випрямляча виконує некерований випрямляч, який зібраний за трифазною мостовою схемою.

Розрахунок діодів виконуємо за наступними параметрами:

- за максимальною допустимою зворотною напругою ($U_{зв.мах}$),
- за максимальним допустимим середнім струмом ($I_{пр.мах}$).

Максимальна допустима напруга на діоді:

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{3H} \cdot U_{\text{л}}, \quad (5.1)$$

де κ_{3H} – коефіцієнт запасу по напрузі, ($\kappa_{3H} = 1,5$);

$U_{\text{л}}$ – лінійна напруга, ($U_{\text{л}}=380 \text{ В}$).

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot 1,5 \cdot 380 = 806,102 \text{ (В)}.$$

Середній стум через діод для трифазної мостової схеми:

$$I_{\text{cp}} = \frac{\lambda \cdot I_{\text{н}}}{3}, \quad (5.2)$$

де λ – кратність пускового струму двигуна, ($\lambda = 7$);

$I_{\text{н}}$ – номінальний струм двигуна.

$$I_{\text{cp}} = \frac{7 \cdot 6,1}{3} = 14,23 \text{ (А)}.$$

Середній струм приведений до стандартних параметрів діода:

$$I_{\text{пр}} = \kappa_{3i} \cdot I_{\text{cp}}, \quad (5.3)$$

де κ_{3i} – коефіцієнт запасу по струму, ($\kappa_{3i} = 2$).

$$I_{\text{пр}} = 2 \cdot 14,23 = 28,46 \text{ (А)}.$$

За отриманими даними вибираємо діоди за умовами:

$$U_{\text{зв max.d}} > U_{\max} = 806,102 \text{ (В)},$$

$$I_{\text{пр max.d}} > I_{\text{пр}} = 28,46 \text{ (А)}.$$

Вибираємо діоди типу Д132-32, паспортні дані яких занесені в табл. 6.1.

Таблиця 5.1 – Паспортні дані діодів Д132-32

Тип	Uзв.мах, В	Iпр, А	Iуд,кА	Uимп, В	Iзв, мА
Д132-32	100 - 1800	32	1.5	1.35	6

5.2 Розрахунок згладжувального фільтра

Функцію згладжувального фільтра виконує ємність «С» яка розраховується за формулою:

$$C_{\phi} = \frac{I_d}{2 \cdot U_d \cdot k_{\pi} \cdot \omega}, \quad (5.4)$$

де U_d – випрямлена напруга ($U_d = 540$ В);

I_d – випрямлений струм;

k_{π} – коефіцієнт пульсацій ($k_{\pi} = 0,05$);

ω – кутова частота живлячої мережі.

$$C_{\phi} = \frac{6,1}{2 \cdot 540 \cdot 0,05 \cdot 314} = 0.00036 \text{ (Ф)}.$$

За розрахованими даними з довідника вибираємо конденсатор згладжувального фільтра.

5.3 Розрахунок інвертора

Автономний інвертор напруги складається з ключівв – транзисторів, діодів та СІФК.

Вибір транзисторів виконуємо за наступними параметрами:

- за максимальним струмом переходу емітер-колектор в відкритому стані через транзистор $I_{к.мах}$;
- за максимальною напругою переходу емітер-колектор транзистора $U_{ке.мах}$.

Окрім того потрібно вибрати транзистори з найменш можливим часом увімкнення і вимкнення, для забезпечення найбільш можливої частоти комутації.

Максимально допустимий струм двигуна за умови комутації:

$$I_{доп} = \lambda \cdot I_{н}, \quad (5.5)$$

де λ – кратність пускового струму двигуна;

$I_{н}$ – номінальний струм двигуна.

$$I_{доп} = 7 \cdot 6,1 = 42,7 \text{ (A)}.$$

Максимальний струм приведений до класифікації параметрів транзисторів;

$$I_{мах} = k_{зі} \cdot k_{охл} \cdot I_{доп}, \quad (5.6)$$

де $k_{зі}$ – коефіцієнт запасу по струму, ($k_{зі} = 1,5$);

$k_{охл}$ – коефіцієнт врахування охолодження ($k_{охл} = 1,1$);

$$I_{мах} = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 42,7 = 70,46 \text{ (A)}.$$

Максимальна напруга, яка прикладається до транзистора в закритому стані:

$$U_{мах} = \sqrt{2} \cdot k_{зн} \cdot U_{н}, \quad (5.7)$$

де $k_{\text{зн}}$ – коефіцієнт перенапруги, ($k_{\text{зн}} = 1,3$);

$U_{\text{н}}$ – номінальна випрямлена напруга.

$$U_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 380 = 698,62 (\text{В}).$$

Вибираємо транзистори за умови:

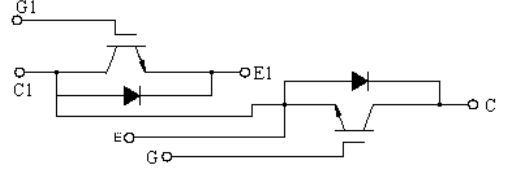
$$\begin{aligned} I_{k \text{ max}} &> I_{\text{max}}; \\ U_{\text{ке. max}} &> U_{\text{max}}. \end{aligned} \quad (5.8)$$

За розрахунковими даними максимального струму і напруги вибираємо шунтуючі діоди, за умовою:

$$\begin{cases} I_{\text{пр max}} > I_{\text{max}}; \\ U_{\text{пр max}} > U_{\text{max}}. \end{cases} \quad (5.9)$$

З довідника вибираємо IGBT модулі виробника SIEMENS AG дані котрих заносимо в табл. 6.3.

Таблиця 5.2 – Технічні дані IGBT модулів

Тип	$U_{\text{ке В}}$	$I_{\text{ке А}}$	Схема модуля
BSM25GB170DN	1700	25	

6 РОЗРАХУНОК ТА ПОБУДОВА ХАРАКТЕРИСТИК РОЗІМКНЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Для побудови статичних характеристик системи ПЧ-АД скористаємося формулою К. А. Чекунова:

$$M = \frac{2 \cdot M_K + (s^2 - s_K^2) \cdot K_c}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}}, \quad (6.1)$$

де K_c – розраховується за формулою:

$$K_c = \frac{\lambda \cdot \left(\frac{1}{s_K} + s_K \right) - 2}{1 - s_K^2}, \quad (6.2)$$

де λ – відношення пускового моменту до максимального.

Критичний момент:

$$M_K = \lambda \cdot M_H, \quad (6.3)$$

$$M_K = 2,6 \cdot 9,98 = 25,95 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Критичне ковзання:

$$s_K = s_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}). \quad (6.4)$$

Номінальне ковзання:

$$s_n = \frac{n_0 - n_{\text{НОМ}}}{n_0},$$

$$s_n = \frac{3000 - 2870}{3000} = 0,043.$$

$$s_K = 0,043 (2,6 + \sqrt{2,6^2 - 1}) = 0,215.$$

Таким чином, отримаємо:

$$K_c = \frac{2,6 \cdot \left(\frac{1}{0,215} + 0,215 \right) - 2}{1 - 0,215^2} = 11,17.$$

Формула Чекунова набуде вигляду:

$$M = \frac{2 \cdot 25,95 + (s^2 - 0,215^2) \cdot 11,17}{\frac{s}{0,215} + \frac{0,215}{s}}.$$

Побудуємо залежність ковзання від моменту асинхронного двигуна в математичному пакеті Mathcad. Природня механічна характеристика АД, побудована в математичному пакеті Mathcad, зображена на рис. 8.1.

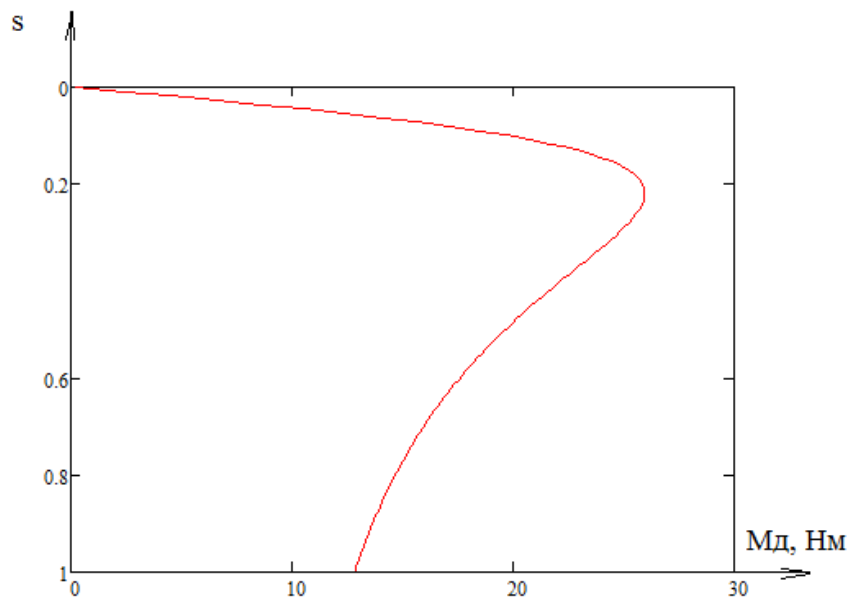


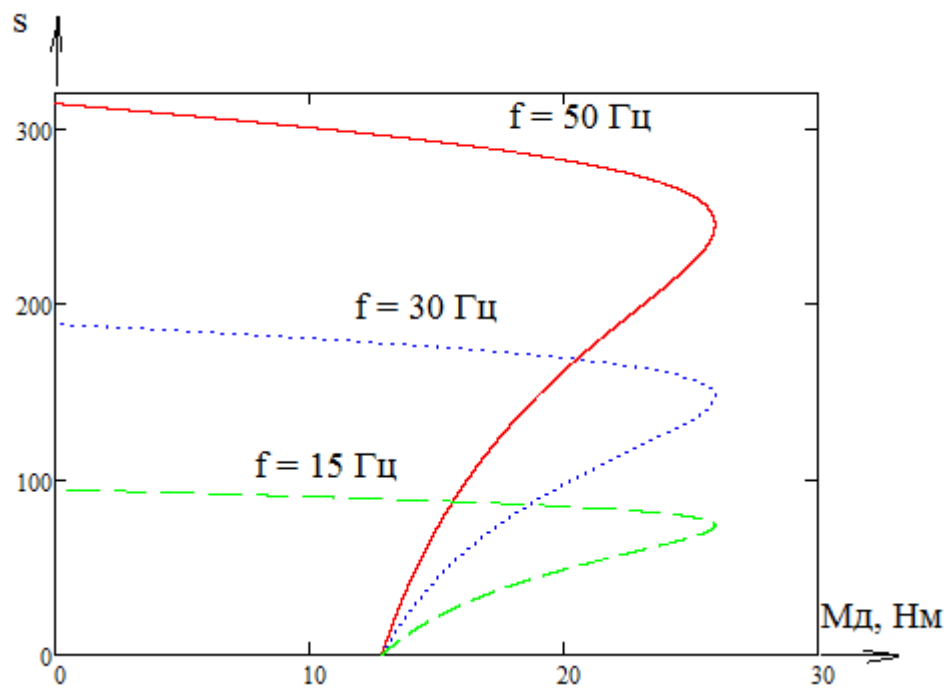
Рисунок 6.1 – Природня механічна характеристика АД

При зміні частоти напруги живлення АД буде змінюватися його швидкість холостого ходу, відповідно до формули:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{z_p} f, \quad (6.5)$$

де f – частота напруги живлення двигуна.

Якщо буде змінюватися швидкість холостого ходу, то буде змінюватися і ковзання, яке виступає незалежною змінною у аналітичному виразі механічної характеристики. Побудуємо природню та штучні механічні характеристики при зміні частоти напруги живлення двигуна. Графіки механічних характеристик у одній системі координат зобразимо на рис. 8.2.



Природня та штучні механічна характеристика АД

Таким чином, при зміні частоти напруги живлення АД його критичний момент на змінюється, а характеристики опускаються паралельно одна до одної при зменшенні частоти. Пусковий момент залишається постійним.

7 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМКНЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

7.1 Розрахунок параметрів об'єкта керування

Знайдемо коефіцієнти моделі:

$$k_{пч} = \frac{f_{ном}}{U_{з.мах}}, \quad (7.1)$$

де $f_{ном}$ – максимальна частота на виході перетворювача, ($f_{ном} = 50$ Гц);

$U_{з.мах}$ – максимальна задаюча напруга, ($U_{з.мах} = 10$ В).

$$k_{пч} = \frac{50}{10} = 5 \text{ (Гц/В)}.$$

Постійна часу перетворювача приймається рівною ($T_{пч} = 0,001$ с).

$$k_c = \frac{2\pi}{z_p}, \quad (7.2)$$

де z_p – кількість пар полюсів, ($p = 1$).

$$k_c = \frac{2 \cdot 3.14}{1} = 6,28.$$

Коефіцієнт жорсткості механічної характеристики АД:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_K}{\omega_0 \cdot S_K}, \quad (7.3)$$

де ω_0 – кутова синхронна швидкість;

S_K – критичне ковзання;

M_K – критичний момент.

$$\beta = \frac{2 \cdot 25,95}{314,1 \cdot 0,215} = 0,77 (\text{Нс/рад}).$$

Електромагнітна постійна часу:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot s_k}, \quad (7.4)$$

$$T_e = \frac{1}{314,1 \cdot 0,215} = 0,015.$$

7.2 Синтез регулятора струму

Для синтезу регулятора струму запишемо передаточну функцію об'єкта регулювання контуру струму:

$$W_{\text{ОРС}}(p) = W_{\text{РТ}} \frac{k_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}} \cdot p + 1} \cdot \frac{2\pi}{z_p} \cdot \frac{\beta}{T_e \cdot p + 1}. \quad (7.5)$$

За некомпенсовану постійну часу T_μ приймемо постійну часу ПЧ ($T_\mu = T_{\text{пч}} = 0,001$ с).

Бажана передаточна функція замкнутого контуру регулювання струму, налаштованого на модульний критерій оптимальності, має вигляд:

$$W_{\text{ж.с.}}(p) = \frac{1/k_{\text{от}}}{2 \cdot T_\mu \cdot p \cdot (T_\mu \cdot p + 1)}. \quad (8.6)$$

$$W_{\text{РТ}} = \frac{T_e \cdot p + 1}{T_i \cdot p} = \frac{0,015 \cdot p + 1}{92,74 \cdot p} = 1,62 \cdot 10^{-4} + \frac{0,01}{p}.$$

$$T_i = \frac{z_p}{4 \cdot T_\mu \cdot k_{\text{пч}} \cdot \pi \cdot \beta \cdot k_{\text{от}}};$$

$$T_i = \frac{1}{4 \cdot 0,001 \cdot 5 \cdot 3,14 \cdot 0,77 \cdot 0,223} = 92,74 \text{ (с)}.$$

Передаточний коефіцієнт $k_{\text{ос}}$ визначається із умови рівності напруги зворотного зв'язку максимальної напруги задавання (в даному випадку 10 В)

при заданій швидкості обертання, котра приймається рівній номінальній швидкості обертання валу двигуна:

$$k_{oc} = \frac{U_{з.мах}}{\omega_0};$$

$$k_{oc} = \frac{10}{314,1} = 0,032 (В \cdot с).$$

$$k_{от} = \frac{U_{з.мах}}{I_6},$$

де I_6 – базисне значення струму, приймається рівним пусковому струму:

$$k_{от} = \frac{10}{7,6,1} = 0,223 (В/А).$$

7.3 Синтез регулятора тиску

Під час дослідження динамічних характеристик сигнал зворотного зв'язку за тиском будемо обраховувати за сигналом швидкості обертання двигуна. Відомо, що напір насос пропорційний квадратичній залежності його частоти обертання. Якщо лінеаризувати цю квадратичну залежність в області номінальних значень частоти обертання, то з певною припущення можна отримати сигнал тиску за сигналом частоти обертання. Для розрахунків будемо користуватися цією особливістю.

Об'єкт регулювання тиску складається з перетворювача частоти і асинхронного двигуна,

$$W_{OPC}(p) = W_{PC} \cdot W_{\text{конт. скор.}}^3 \cdot \frac{3}{2} z_p \cdot k_2 \cdot \frac{1}{J_{\Sigma} \cdot p} = \quad (7.6)$$

$$= W_{PC} \cdot \frac{1/k_{ДС}}{2 \cdot T_{\mu} \cdot p + 1} \cdot \frac{3}{2} z_p \cdot k_2 \cdot \frac{1}{J_{\Sigma} \cdot p}.$$

Бажана передаточна функція розімкнутого контура регулювання швидкості має вигляд:

$$W_{p.c.}(p) = \frac{1/k_{oc}}{4 \cdot T_{\mu} \cdot p \cdot (T_{\mu} \cdot p + 1)}. \quad (7.7)$$

$$W_{pc} = \frac{K_{от} \cdot J_{\Sigma}}{6 \cdot T_{\mu} \cdot K_{oc} \cdot z_p \cdot k_n}. \quad (7.8)$$

$$W_{pc} = \frac{0,223 \cdot 0,046}{6 \cdot 0,001 \cdot 0,032 \cdot 1 \cdot 2,74} = 19,5.$$

7.4 Дослідження динамічних характеристик замкненої системи шляхом комп'юторного моделювання

Комп'ютерна модель системи електропривода, зібрана в ППП Matlab зображена на рис. 9.1, а результати моделювання – на рис. 9.2.

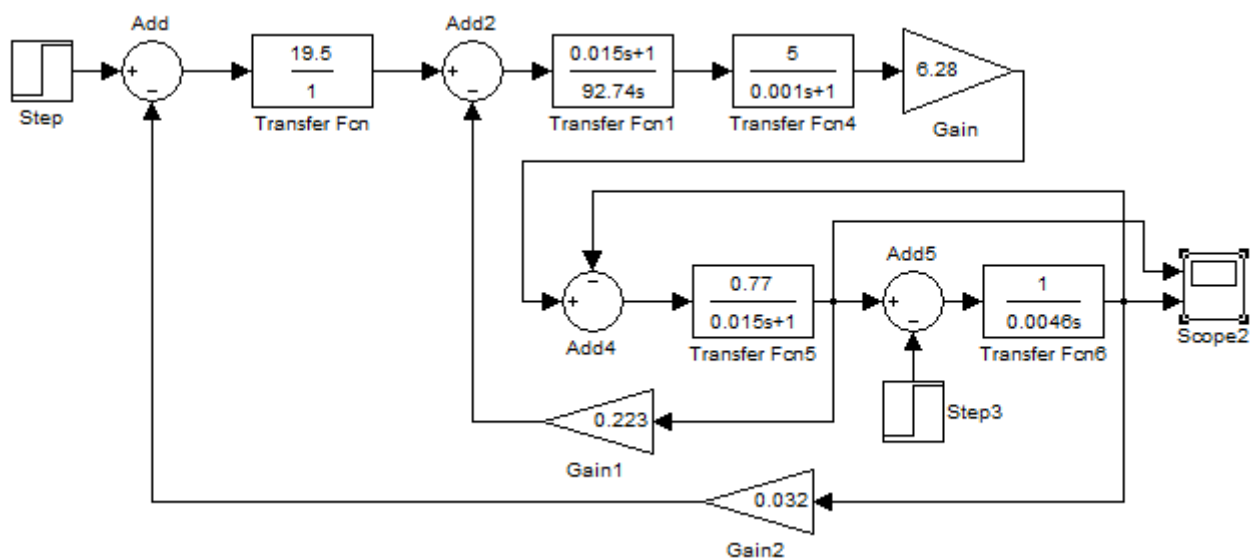


Рисунок 7.1 – Комп'ютерна модель електропривода

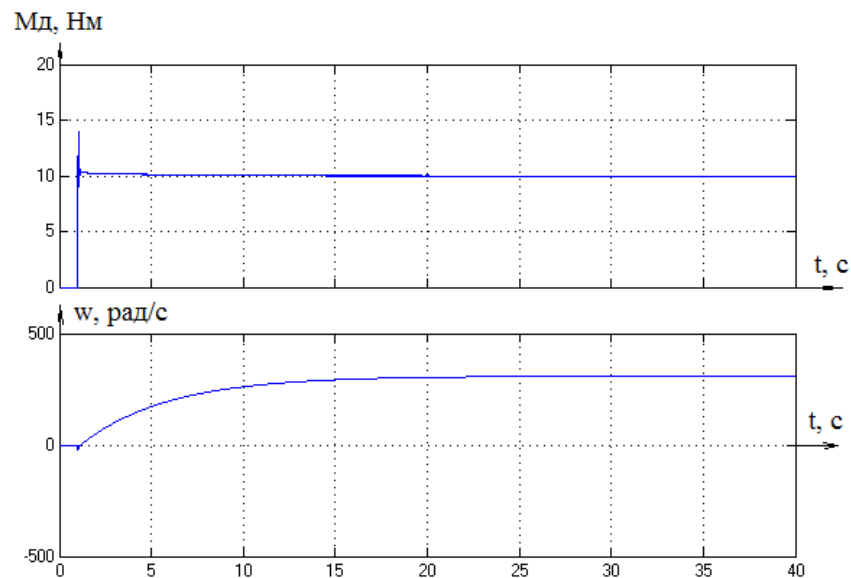


Рисунок 7.2 – Графіки перехідних процесів електропривода при пуску на номінальне навантаження

Побудуємо модель електроприводу з врахуванням вентиляторного характеру навантаження. Комп'ютерна модель, зібрана в ППП Matlab Simulink, зображена на рис. 9.3.

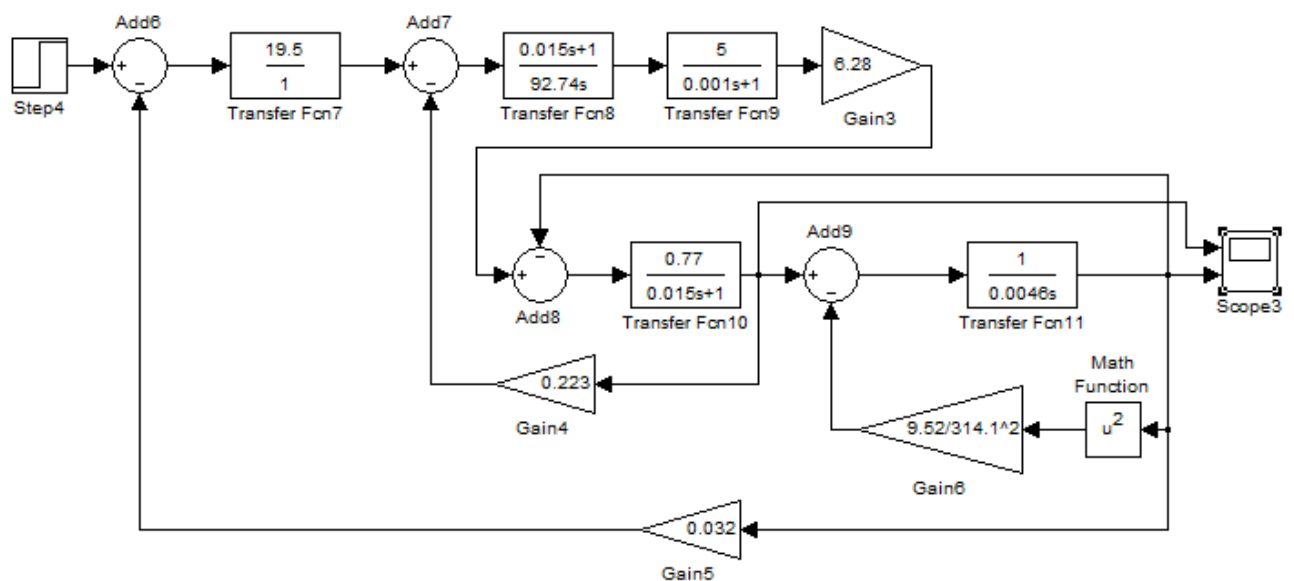


Рисунок 7.3 – Комп'ютерна модель електропривода при роботі насоса

Графіки перехідних процесів швидкості та моменту двигуна при пуску на вентиляторний характер навантаження зображено на рис. 9.4.

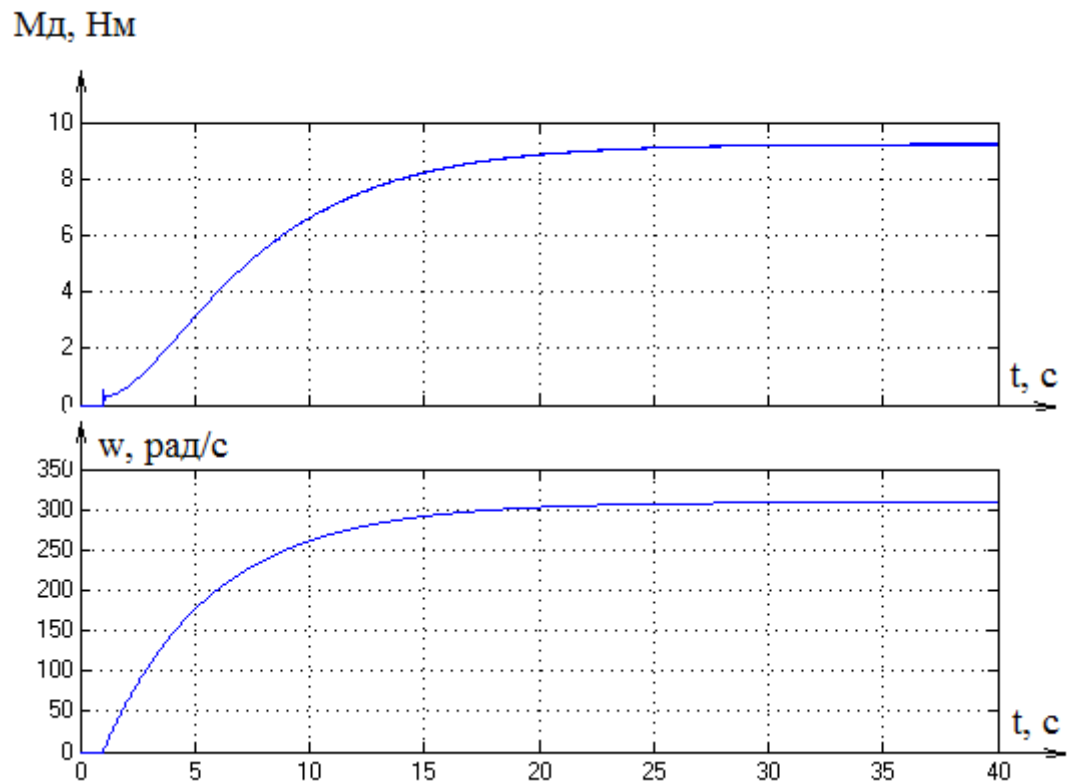


Рисунок 7.4 – Графіки перехідних процесів електропривода при роботі насоса

Розглянемо роботу електропривода при раптовому накиді навантаження, рівному половині від номінального та скиді навантаження, рівному четвертій частині від номінального. Накид виконаємо у 40 с., а скид – у 50 с. роботи після пуску. Графіки перехідних процесів швидкості та моменту двигуна при цьому представимо на рис. 9.5.

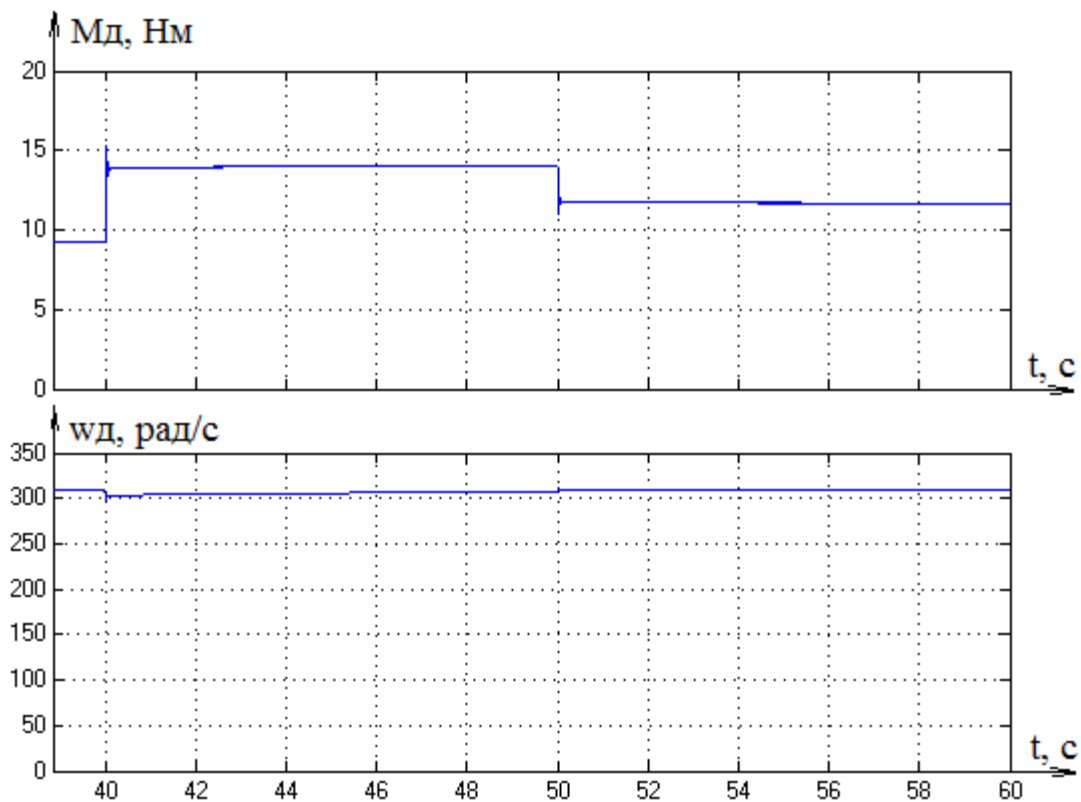


Рисунок 7.5 – Графіки перехідних процесів електропривода при раптовому накиді та скиді навантаження

З графіків перехідних процесів видно, що система керування відпрацьовує задаючу дію без небезпечних перерегулювань. Момент двигуна під час раптового пуску не перевищує номінальний більше ніж у 2 рази. При усталеній роботі системи параметри електропривода відповідають номінальним.

7.5 Дослідження системи електропривода на стійкість та якість

Для дослідження системи на стійкість та якість необхідно знайти її загальну передавальну функцію. Розрахунок загальної передавальної функції виконаємо у математичному пакеті Mathcad і представимо його у додатку Б.

Загальна передавальна функція системи електропривода має вигляд:

$$W_h(s) = \frac{3,32 \cdot 10^6 s + 2,21 \cdot 10^8}{3s^4 + 3200s^3 + 233600s^2 + 3,36 \cdot 10^7 s + 7,07 \cdot 10^6}. \quad (7.9)$$

В пакеті прикладних програм Matlab введемо цю передавальну функцію (рисунок. 9.6).

```
>> wh=tf([3.32e6 2.21e8],[3 3200 233600 3.36e7 7.07e6])
```

Transfer function:

$$\frac{3.32e006 s + 2.21e008}{3 s^4 + 3200 s^3 + 233600 s^2 + 3.36e007 s + 7.07e006}$$

Рисунок 7.6 – Загальна передавальна функція системи електропривода у вікні команд Matlab

Використовуючи функцію «Step», побудуємо перехідну характеристику системи (рисунок. 9.7).

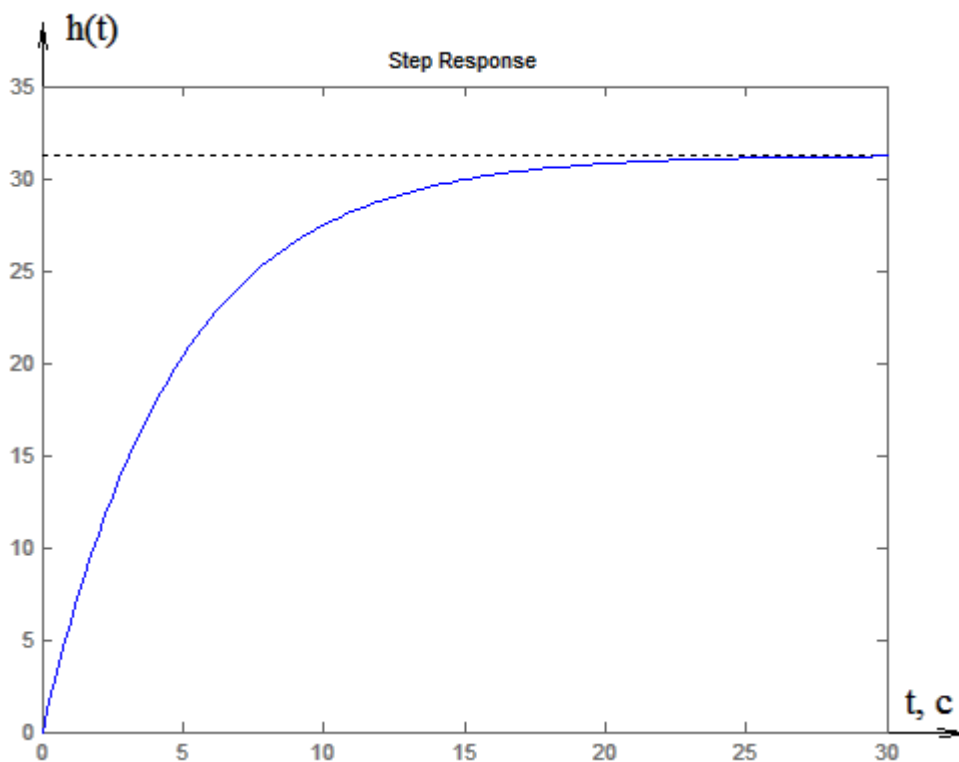


Рисунок 7.7 – Перехідна характеристика системи електропривода

По перехідній характеристиці можна судити про якість системи регулювання. Оскільки перерегулювання відсутнє, то система регулювання якісна.

Використовуючи функцію «margin», можна знайти запаси стійкості системи регулювання (рис. 9.8).

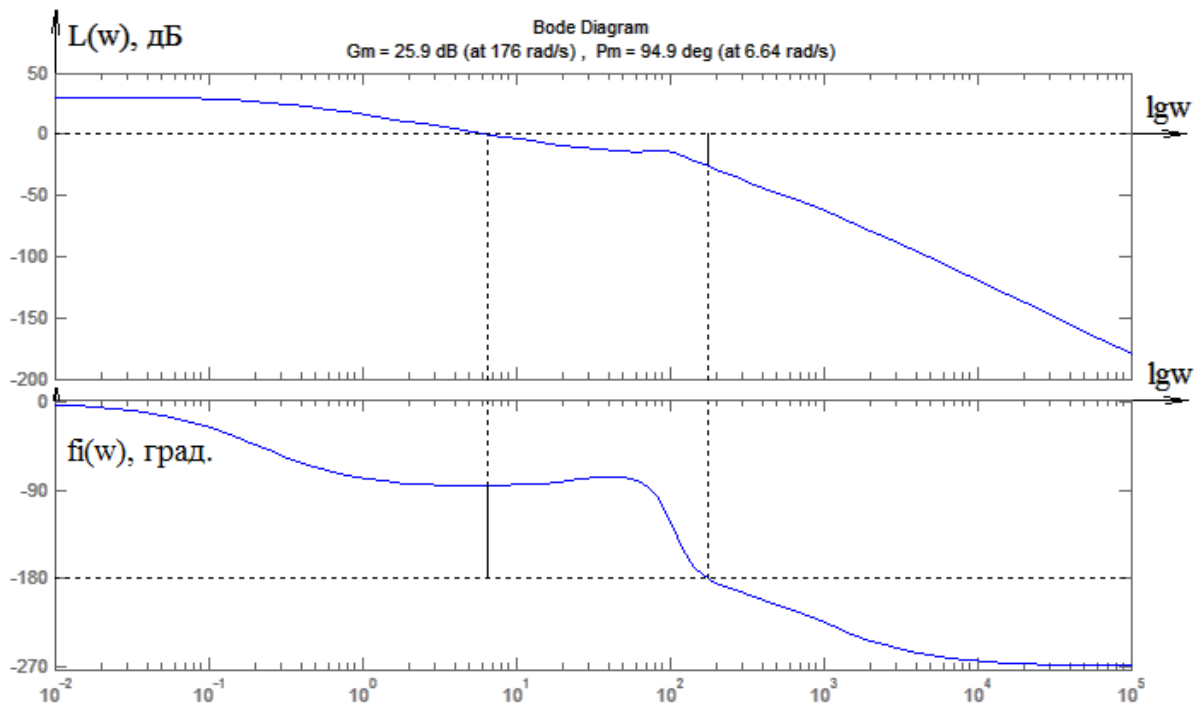


Рисунок 7.8 – Частотні характеристики системи електропривода

Оскільки частота зрізу (перетин амплітудочастотної характеристики з віссю $\lg \omega$) менша за критичну (перетин фазочастотної характеристики з віссю -180°), то за частотним критерієм стійкості система є стійкою в частотній області.

Запас стійкості системи електропривода по амплітуді:

$$G_m = 25,9 \text{ (дБ)}.$$

Запас стійкості системи електропривода по фазі:

$$P_m = 94,9 \text{ (град.)}.$$

8 СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Електрична принципова схема, яка реалізує запропонований підхід, має типове виконання. Для живлення електропривода встановлюється автоматичний вимикач, перетворювач частоти, теплове реле. Насос забезпечується сенсором тиску.

Електрична схема зображена на рисунку 8.1.

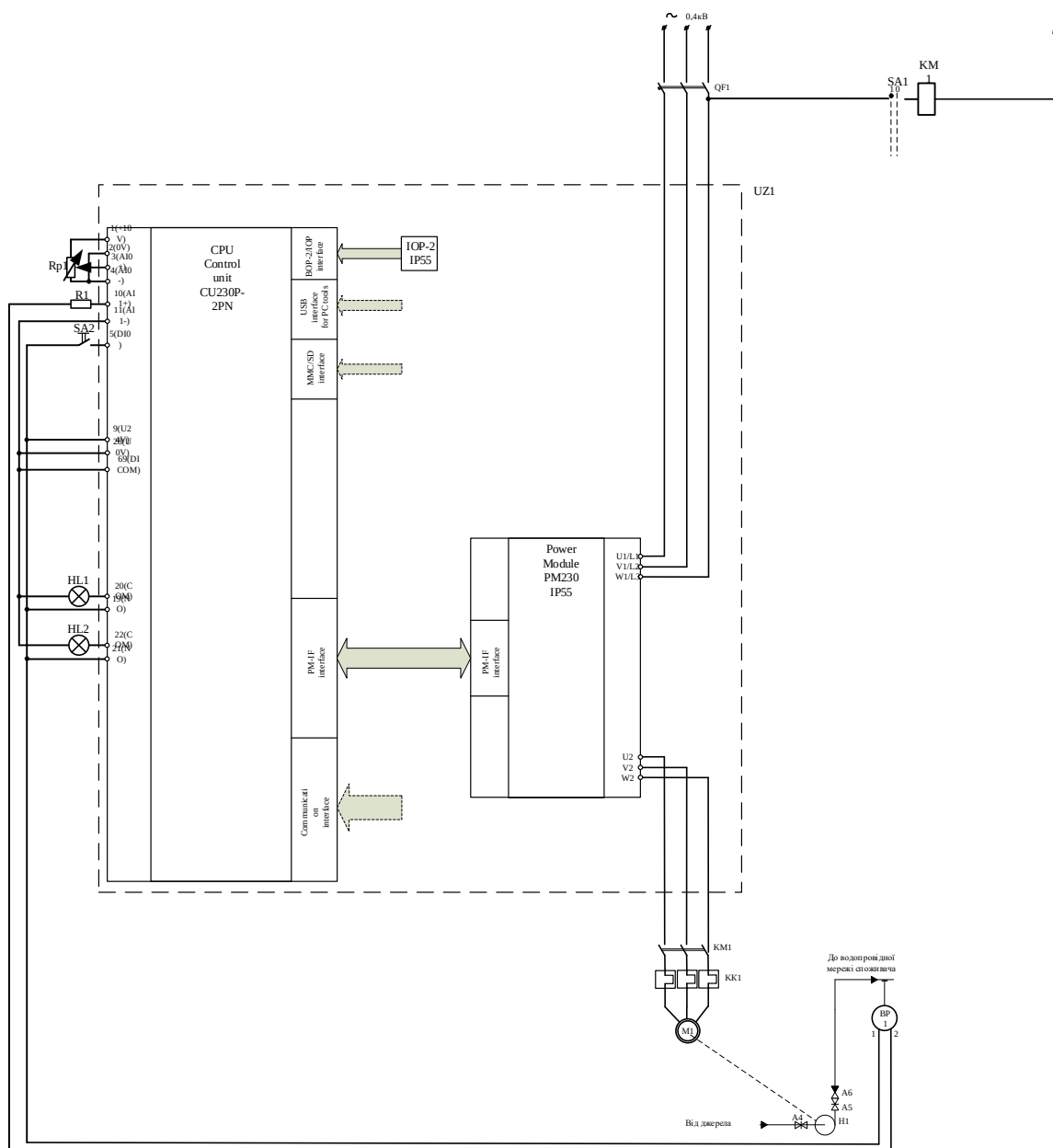


Рисунок 8.1 – Електрична принципова схема насосного агрегату при живленні від перетворювача частоти

На принциповій схемі викривуються такі позначення: QF1 – автоматичний вимикач; SA1 – пакетний перемикач; Rp1 – потенціометр; UZ1 – перетворювач частоти; R1 – резистор; SA2 – перемикач запуску системи; HL1 – сигнальна лампа роботи системи; HL2 – сигнальна лампа аварії системи; M1 – асинхронний двигун насоса; Н1 – масляний насос; BP1 – сенсор тиску.

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

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

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

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці під час монтажу та обслуговування обладнання гідравлічної підйомної платформи вантажопідйомністю 1000 кг. На оперативно-ремонтний персонал, що здійснює монтаж і експлуатацію електричного обладнання платформи, впливають такі шкідливі виробничі фактори: фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил); фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

9.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

9.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – з підвищеною небезпекою, у зв'язку з наявністю у цехах струмопровідної підлоги.

Оперативно-ремонтний персонал, який здійснює монтаж обладнання платформи, під час використання електрифікованого інструменту повинен

дотримуватися таких правил з охорони праці. Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи: I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізольовані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією; II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму; III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнувати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється. Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Для приєднання

трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення. Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструмент класів II і III не заземлюють. Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання. Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможливлувати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту. До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються працівники з II групою електробезпеки. До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

У електроінструмента класу I, крім того, має бути перевірена справність кола заземлення між його корпусом і заземлювальним контактом штепсельної вилки. Працівнику мають бути видані засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, килими) або розподільчий трансформатор, чи перетворювач із окремими обмотками, чи захисно вимикальне устаткування. Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з протермінованою датою періодичної чергової перевірки.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмопровідними підлогами – також і діелектричні калоші або килими. Електроінструментом класів II і III дозволяється працювати без застосування індивідуальних засобів захисту в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом.

У посудинах, апаратах та інших металевих спорудах в умовах обмеженої можливості переміщення і виходу з них дозволяється працювати електроінструментом класів I та II за умови, якщо тільки один електроінструмент одержує живлення від автономної двигун-генераторної установки, розподільчого трансформатора безпеки або перетворювача частоти із роздільними обмотками, а також електроінструментом класу III. В цьому разі джерело живлення (трансформатор, перетворювач тощо) слід розміщувати поза вказаними посудинами, а вторинне коло джерела не слід заземлювати. Забороняється підключати електроінструмент напругою до 12 В до електричної мережі загального користування через автотрансформатор, резистор або потенціометр.

9.1.2 Електробезпека

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

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; - підвід кабелів до споживачів здійснювати в закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний

провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

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

3) Електрозахисні засоби захисту

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

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

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

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.

9.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

9.2.1 Мікроклімат

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату під час виконання персоналом електромонтажних робіт наведено в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочих місцях оперативно-ремонтного персоналу передбачається:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

9.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м³. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оперативного персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації шкідливих речовин необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціювання повітря.

9.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, роботи з монтажу електрообладнання, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

9.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують «Правила пожежної безпеки в Україні» та інші правила пожежної безпеки для промислових підприємств і окремих об'єктів. Визначення пожежо-вибухонебезпечності речовин і матеріалів здійснюється за рекомендаціями, а, відповідно, категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок, де вони використовуються, зберігаються тощо.

Приміщення підприємства за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії В, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) легкозайmistі, горючі і/або важко горючі рідини, а також речовини і/або матеріали (для виготовлення різноманітної продукції з дерева), як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важко горючі речовини та матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легко-зайmistих, горючих та важко горючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м² кожна перевищує 180 МДж•м².

Відповідно електричне обладнання встановлюється в пожежонебезпечних зонах П-П – зони в приміщеннях, де виділяється горючий пил чи волокна з нижньою концентраційною границею (НКТ)

спалахування $> 65 \text{ г/м}^3$ до об'єму повітря, а також в зонах П-Ia – зони в приміщеннях, де є тверді горючі речовини чи матеріали.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості.

До II ступеня вогнестійкості відносяться будівлі з несучими і огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плиткових негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 9.4.

Таблиця 9.4 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Сту- пін- ь вог- не- стій- кос- ті бу- дин- ків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло- ни	сходові площад- ки, костури, сходи, балки, марші сходови х кліток	пере- криття між по- верхові (у т.ч. горищ і та над підва- лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходо- вих кліток	само- несуч і	зов- ніш- ні не- несу- чі	внут- рішні не- несуч і (пере- город- ки				пли- ти, наст и-ли, прог о-ни	балк и, ферм и, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 9.5.

Таблиця 9.5 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 9.6 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських споруд слід приймати за таблицею 9.7 (знаменник).

Таблиця 9.6 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

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

На території підприємства встановлені вогнегасники ВП-5, ВВП-5, а також аналогічні ємністю 9 л.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі розроблено проєктні рішення на електропривод гідравлічної підйомної платформи вантажопідйомністю 1000кг. Для заданих умов роботи, а саме при відомій вантажопідйомності та короткочасному режимі роботи було розраховано потужність електропривода, яка дорівнює 3кВт. Частота обертання електропривода 3000об/хв.

Силове обладнання підйомної платформи інсуюче. У роботі описано всі елементи електропривода. Розроблено структуру механізму та функціональну схеми.

Для потужності 3кВт і режиму роботи системи виконано економічне порівняння можливих електроприводів. До розгляду бралися такі системи: 1) релейно-контакторна система керування з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (існуюча система електропривода); 2) пристрій плавного пуску з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором; 3) перетворювач частоти з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором. Виходячи з коефіцієнта увімкнення 40% при однозмінному графіку роботи з вихідними приведені затрати за рік найменші у системи ПЧ-АД. Її приведені річні затрати становлять 24900грн.

ППП буде працювати без зворотних зв'язків як розімкнута система. Крім того вона не дозволить реалізувати регулювання інтенсивності підйому та опускання підйомника.

Система електропривода ПЧ-АД сама дорога за капітальними затратами, але вона має найвищу ефективність і можливість глибокого регулювання частоти обертання.

Контроль роботи механізму виконується шляховими та кінцевими вимикачами, автоматичним вимикачем та тепловим реле.

У роботі розроблено структуру механізму з електроприводом та функціональну схему електропривода. У якості функціональної схеми обрано

класичну систему ПЧ з ланкою постійного струму та фільтром. Для забезпечення достатньої надійності роботи самого ПЧ розраховується зворотний зв'язок за струмом двигуна та зворотний зв'язок за тиском мастила у циліндрі поршня. Таким чином, система керування електроприводом буде двохконтурною з внутрішнім контуром струму та зовнішнім контуром тиску мастила.

У роботі розглядаються шляхові та кінцеві вимикачі відкритих дверей шахти, нижнього та верхнього положень підйомника.

Опускання підйомника реалізовано шляхом натискання клапану перетікання мастила з поршня у резервуар. Тобто під час опускання вантажів, електропривод не працюватиме. Інтенсивність опускання буде залежати від ваги вантажу та рівня відкривання спускного клапану.

За результатами розрахунків обрано базовий перетворювач частоти компанії SIEMENS G120C потужністю 4кВт. Він призначений для типових виконань і має вбудований зворотний зв'язок за струмом двигуна і можливість реалізації зворотного зв'язку за тиском.

Для забезпечення захисту від КЗ та перевантажень розраховано та обрано автоматичний вимикач EATON PL6 C20/3 на струм 20А.

Виконано розрахунок моделі об'єкта дослідження і побудовано комп'ютерну модель системи електропривода з двома контурами зворотного зв'язку. Результати моделювання підтвердили відмінні показники якості керування та стійкість системи у частотній області.

Розроблено електричну принципову схему електропривода та досліджено питання безпечної експлуатації об'єкта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Leonhard, W. (2001). Control of Electrical Drives. Springer.
2. Hughes, A. (2006). Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications. Newnes.
3. Ray, C. M. (2012). Industrial Lift Trucks. Butterworth-Heinemann.
4. Boldea, I., & Nasar, S. A. (2010). Electric Drives. CRC Press.
5. Krause, P. C., Wasynczuk, O., & Sudhoff, S. D. (2002). Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. Wiley-IEEE Press.
6. Dyson, B. M. (2015). Surgical Equipment and Supplies. F.A. Davis Company.
7. Сайт компанії SKLAD SERVICEH. Головна>Блог>Підйомні столи (платформи), як краща альтернатива вантажних ліфтів. URL: <https://ssk.ua/ua/blog/podemnye-stoly-platformy-kak-luchshaya-alternativa-gruzovym-114>.
8. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан; – К.: Аграрна освіта, 2008. – 577 с. (с. 34 - 47).
9. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, С.І.Пастушенко, С.І. Мовчан; – Запоріжжя: Прем'єр, 2005. – 464 с.(с. 30 - 40).
10. Hanselman, D. C. (2003). Brushless Motors: Magnetic Design, Performance, and Control. McGraw-Hill.
11. Krause, P. C., Wasynczuk, O., & Sudhoff, S. D. (2002). Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. Wiley-IEEE Press.
12. Boldea, I., & Nasar, S. A. (2010). Electric Drives. CRC Press.
13. Vas, P. (1998). Sensorless Vector and Direct Torque Control. Oxford University Press.
14. Fitzgerald, A. E., Kingsley Jr, C., & Umans, S. D. (2016). Electric Machinery. McGraw-Hill Education.

15. Boldea, I., & Nasar, S. A. (2010). *Electric Drives*. CRC Press.
16. Sinamics: перетворювачі частот Siemens SINAMICS (Німеччина). Головний каталог Sinamics. Модульний перетворювач для насосів, вентиляторів, компресорів. Sinamics G120C [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sinamics.drives-ua.com/sinamics-G120C.html>.
17. Merritt, H. E. (1967). *Hydraulic Control Systems*. Wiley.
18. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
19. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
20. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.
21. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
22. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
23. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
24. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
25. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

26. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

27. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

28. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

29. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

30. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

31. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

32. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

33. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додаток А

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри КЕМСК

к.т.н., доц. Микола МОШНОРІЗ

“ 02 ” 04 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

**ЕЛЕКТРОПРИВОД ГІДРАВЛІЧНОЇ ПІДЙОМНОЇ ПЛАТФОРМИ
ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 1000КГ**

08-24.БДР.019.00.000 ТЗ

Керівник роботи

доцент

Сергій БАБІЙ

“ 02 ” 04 2024 р.

Виконавець: ст. гр. ЕМ-22мс

Антон БЛАЖКО

“ 02 ” 04 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Електропривод гідравлічної підйомної платформи вантажопідйомністю 1000кг».

Скорочене найменування розробки – «Електропривод підйомної платформи вантажопідйомністю 1000кг».

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

2 Підстави для розробки

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

3 Призначення розробки і галузь використання

Вантажопідйомність - 1000кг; висота підйому вантажу - 4м; маса платформи - 400кг.

4 Вимоги до розробки

Електропривод гідравлічної підйомної платформи повинен забезпечувати надійну роботу у короткочасному режимі при тривалості увімкнення 40% всередині складського приміщення.

5 Комплектація розробки

Електропривод складається з гідропривода з двигуном, механізму підйому та системи керування. Система керування реалізована окремими блоками перетворювача частоти та кінцевих вимикачів.

6 Технічні характеристики

Вантажопідйомність - 1000кг; висота підйому вантажу - 4м; маса платформи - 400кг. Час підйому 25-40с. Режим роботи – короткочасний. Час увімкнення механізму – 40%.

7 Джерела розробки

Підйомник спроектовано за авторським проектом.

1. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, Д.П.Журавель, С.І.Мовчан; – К.: Аграрна освіта, 2008. – 577 с. (с. 34 - 47).

2. Boldea, I., & Nasar, S. A. (2010). Electric Drives. CRC Press.

3. Fitzgerald, A. E., Kingsley Jr, C., & Umans, S. D. (2016). Electric Machinery. McGraw-Hill Education.

8 Елементна база

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

9 Конструктивне виконання

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

10 Показники технологічності

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

11 Стадії і етапи розробки

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

12 Технічне обслуговування і ремонт

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

13 Живлення електропривода

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

Додаток Б

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ

**ЕЛЕКТРОПРИВОД ГІДРАВЛІЧНОЇ ПІДЙОМНОЇ ПЛАТФОРМИ
ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 1000КГ**

Бакалаврська дипломна робота на тему:
«ЕЛЕКТРОПРИВОД ГІДРАВЛІЧНОЇ ПІДЙОМНОЇ ПЛАТФОРМИ
ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 1000КГ»

Виконав ст. гр. ЕМ-22мс Антон Блажко
Керівник доц. Бабій С. М.

Постановка завдань дослідження

Метою роботи є підвищення ефективності переміщення вантажів та безпеки обслуговуючого персоналу за рахунок розробки автоматизованого електропривода гідравлічної підйомної платформи.

Об'єктом дослідження є процес розробки автоматизованого електропривода гідравлічної підйомної платформи дворівневого складського приміщення.

Предметом дослідження є математичні залежності, а також специфічні комп'ютерні середовища для розрахунку параметрів електропривода та імітації його роботи в заданих умовах.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі: розрахувати та обрати електричний двигун; вибрати економічно-доцільну систему електропривода; розробити структурну схему електропривода і обрати її основні елементи; розробити функціональну схему електропривода і розрахувати систему керування; розробити математичну модель електропривода; промодельювати роботу електропривода при заданих умовах роботи; розробити спрощену принципову схему електропривода і вивчити питання безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу.

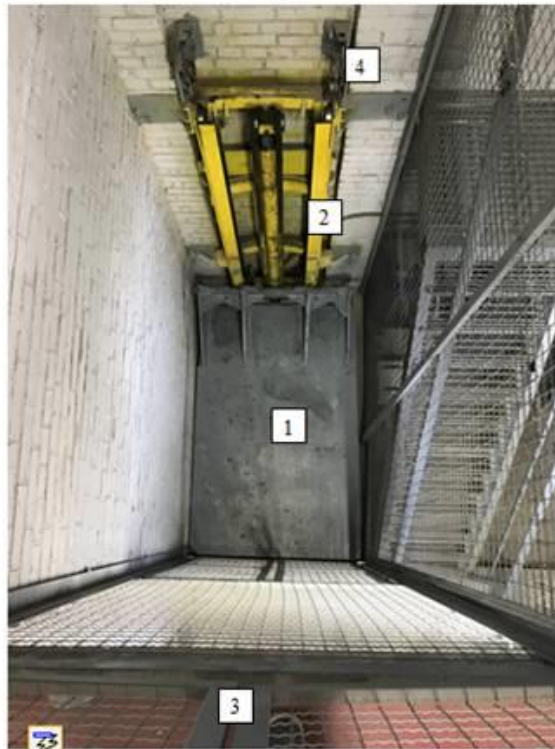


Опис механізму

На рисунках позначено: 1 – підйомна платформа; 2 – каркас підйомного механізму; 3 – огороження механізму; 4 – направляючі ролики, по яких рухається каркас.



Зовнішній вигляд підйомної платформи



Зовнішній вигляд підйомної платформи (вигляд зверху)



Зовнішній вигляд підйомної платформи (вигляд з боку)

Опис механізму



Зовнішній вигляд гідропривода підйомної платформи



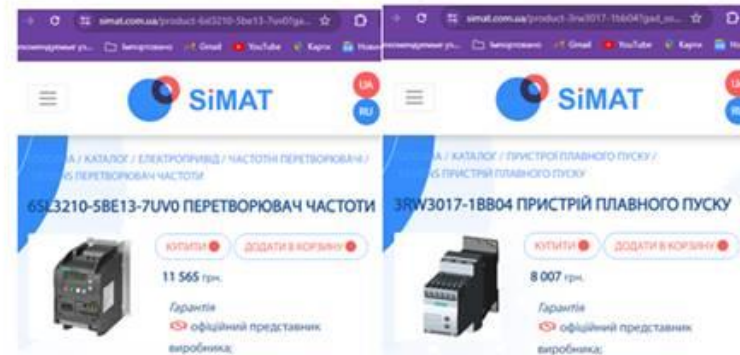
Існуючої системи керування підйомником

Техніко-економічне обґрунтування

Розглянемо, для порівняння, такі системи електропривода:

- 1) релейно-контакторна система керування з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (РКС-АД). Це існуюча система електропривода;
- 2) пристрій плавного пуску з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (ППП-АД);
- 3) перетворювач частоти з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (ПЧ-АД).

Економічне обґрунтування вибору системи електропривода виконаємо за методом приведених затрат.

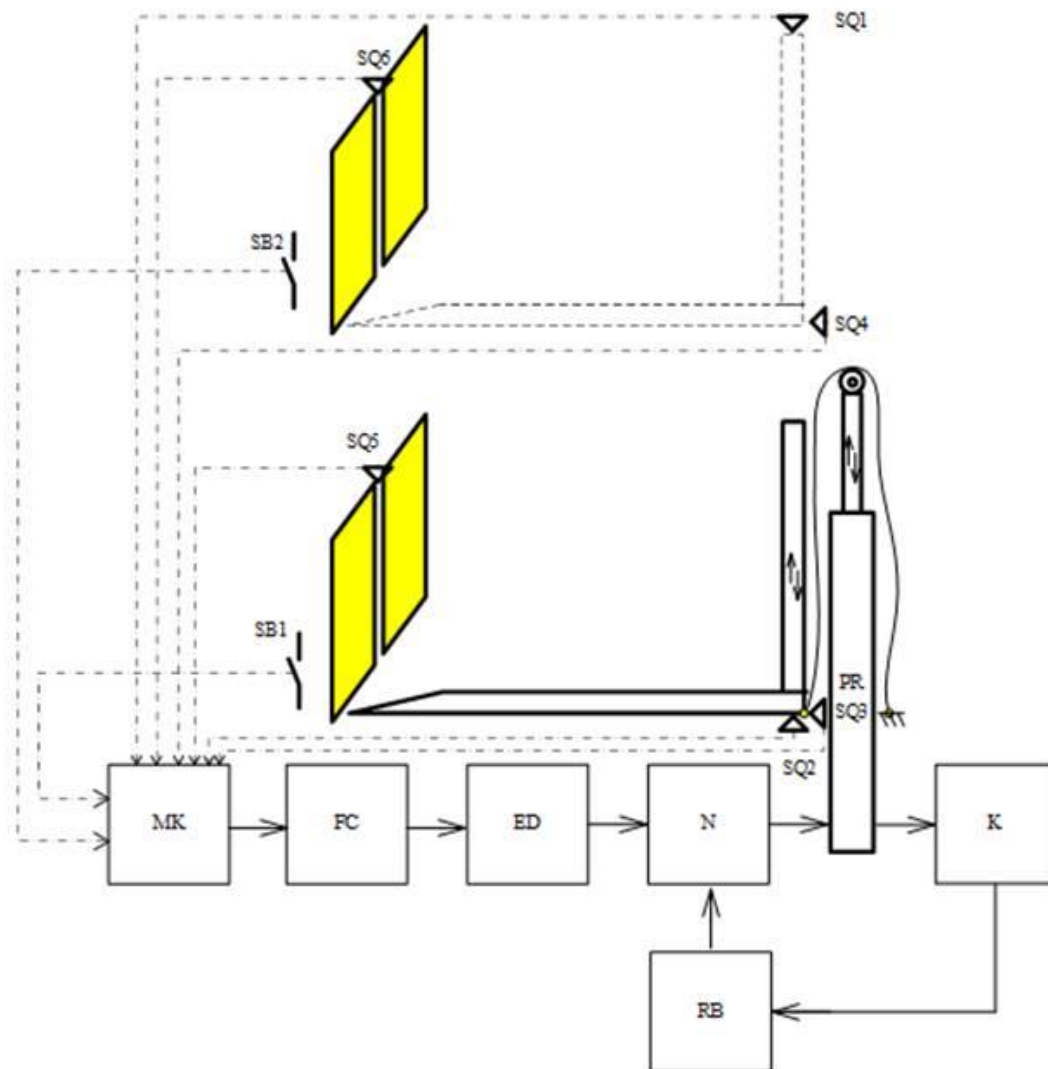


Вартість перетворювача частоти та пристрою плавного пуску потужністю 4кВт

Техніко-економічне співставлення систем електроприводу

	РКС-АД	ППП-АД	ПЧ-АД
Вартість двигуна, грн.	0	0	0
Вартість сист. керув., грн.	8007	16014	23130
Капітальні затрати, грн.	8007	16014	23130
Річні кап. затрати, грн./рік	1361	2722	3932
Затрати на електроен. грн./рік	24000	19200	14400
Затрати на амортиз., грн./рік	801	1601	2313
Затрати на ремонт, грн./рік	160	320	463
Затрати на обслугов., грн./рік	1248	1056	859
Приведені річні затрати, грн./рік	27570	24900	21966

Структура електропривода



Структура електропривода підйомної платформи

Вибір основних елементів



Зовнішній вигляд приводного двигуна масляного насосу

Паспортні дані приводного асинхронного двигуна виробництва GRUNDFOS марки 160MC2

Тип двигуна	Потужність	Швидкість	Струм	ККД	cosφ	I _п	M _п /M _н	M _п max/M _н	Момент інерції, кгм ²	Маса, кг
GRUNDFOS марки 160MC2	3 кВт	2870 об/хв	6,1 А	84,5 %	0,88	7,0	2,3	2,6	0,0024	20,6

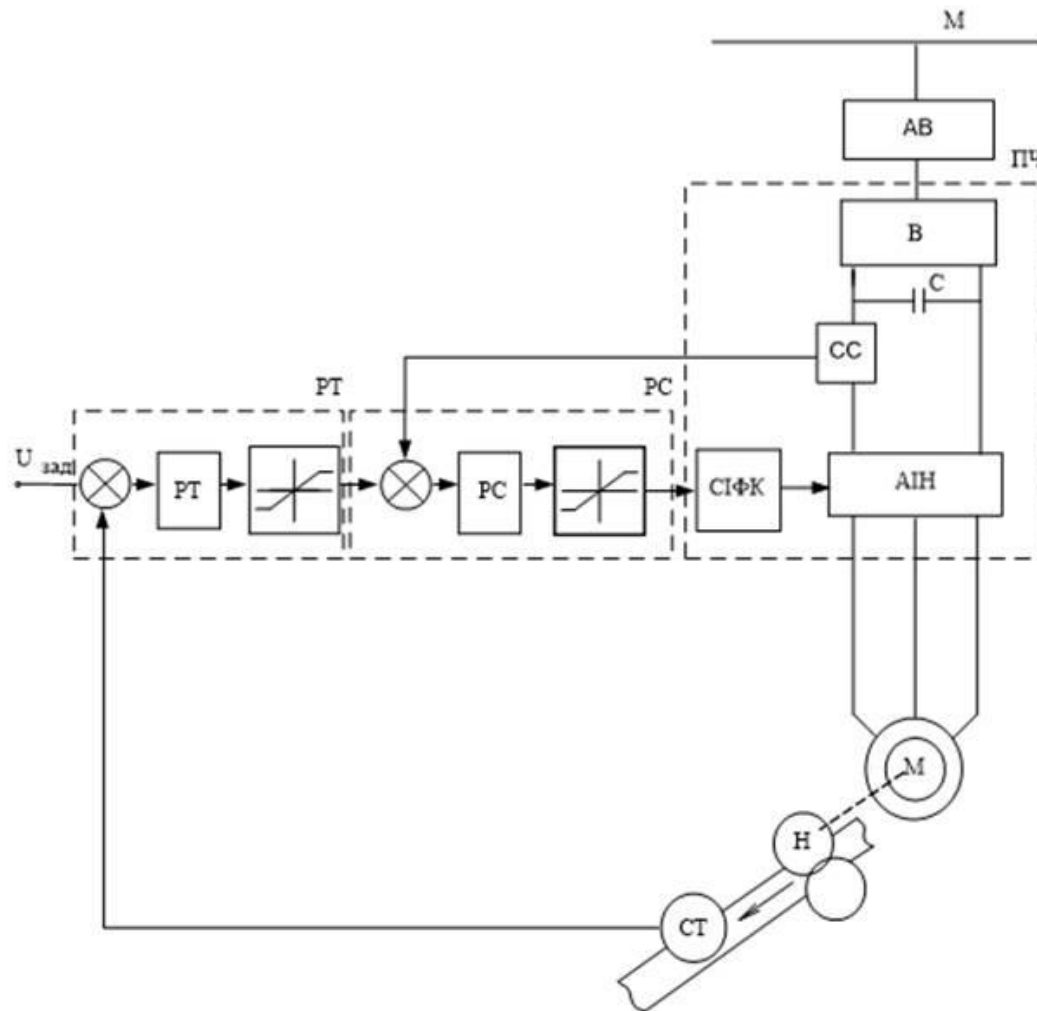
Технічні дані перетворювача частоти Siemens Sinamics G120C

Параметр	Значення
Напруга живлення / потужність	3 AC 380-480В +10% -20% / 0,35...18,5кВт
Вихідна частота	0 ... 650 Гц
Припустиме навантаження	Низьке навантаження (L/O): 150% на 3 з плюс 110% на 57с за навантажувальний цикл у 300с Високе навантаження (A/E): 200% на 3 з плюс 150% на 57с за навантажувальний цикл у 300с
Ступінь захисту	IP20
Конструкція	Компактний моноблочний перетворювач, що об'єднує в одному пристрої керуючий модуль (CU) та силовий модуль (PM), панель оператора опціональна
Робоча температура	-10 до +40 °С без погіршення ном. параметрів +40 до +60°3 погіршенням ном. параметрів
Макс. вологість повітря	95% (без конденсату)
Тип управління	U/f, U2/f, FCC, параметрована U/f, векторне без датчика
Входи	6 цифрових входів: (оптична ізоляція, вільний опорний потенціал (власна група потенціалів), вибір логіки NPN/PNP; 1 аналоговий вхід: біполярний, режим струму (0/4...20мА)/напруги (-10...+10В). Може використовуватись як цифровий вхід
Виходи	2 цифрові виходи:
D01: транзисторний вихід D02: релейний вихід	1 аналоговий вихід: режим струму (0/4...20мА)/напруги (0...+10В)
Комунікаційні інтерфейси	USS/Modbus RTU, PROFIBUS DP, PROFINET, CANopen
Гальмування	Реостатне гальмування (вбудований гальмівний модуль), гальмування постійним струмом, змінне гальмування
Електромагнітна сумісність (EMC)	3 вбудованих мережних фільтром категорії C2/C3 відповідає EN 61800-3.
Стандарти	EAC, CE, CULus, C-tick, ГОСТ Р



Зовнішній вигляд перетворювача частоти Siemens Sinamics G120C

Функціональна схема електропривода



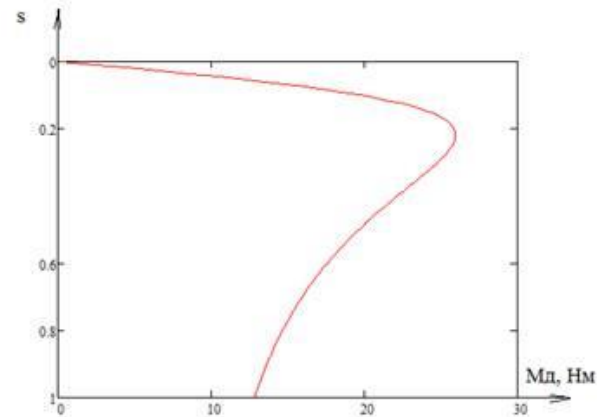
На рисунку представлена функціональна схема електропривода, де М – мережа живлення; АВ – автоматичний вимикач, В – некерований випрямляч, АІН – автономний інвертор напруги, Д – двигун, РТ – регулятор тиску, РС – регулятор струму, СС – сенсор струму, СТ – сенсор тиску, СИФК – система імпульсно-фазового керування.

Функціональна схема електропривода

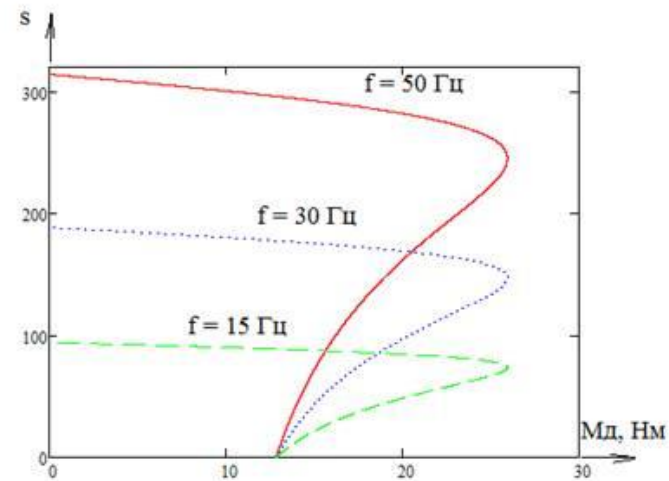
Дослідження розмікнутої схеми електропривода

Формула Чекунова набуде вигляду:

$$M = \frac{2 \cdot 25,95 + (s^2 - 0,215^2) \cdot 11,17}{\frac{s}{0,215} + \frac{0,215}{s}}$$



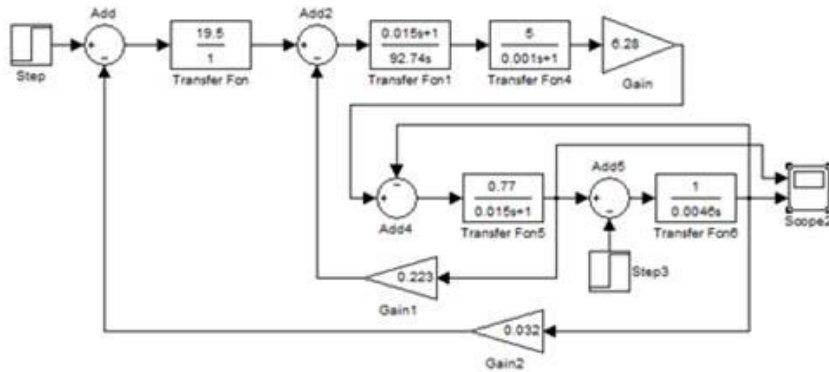
Природня механічна характеристика АД



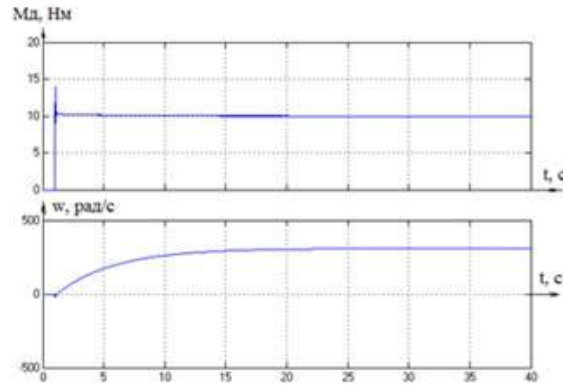
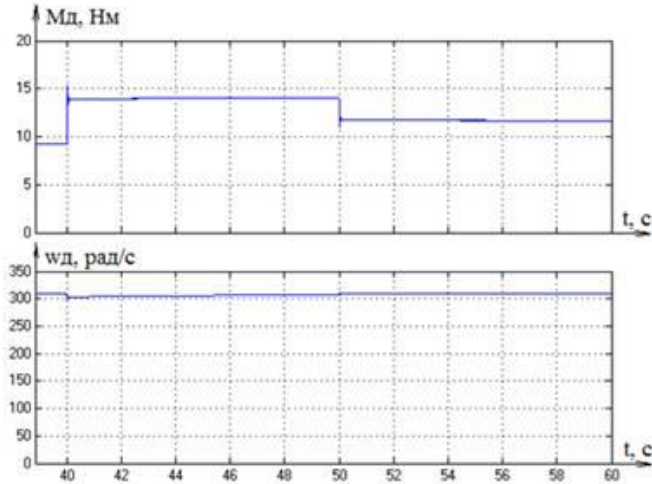
Природня та штучні механічна характеристика АД

Таким чином, при зміні частоти напруги живлення АД його критичний момент на змінюється, а характеристики опускаються паралельно одна до одної при зменшенні частоти. Пусковий момент залишається постійним.

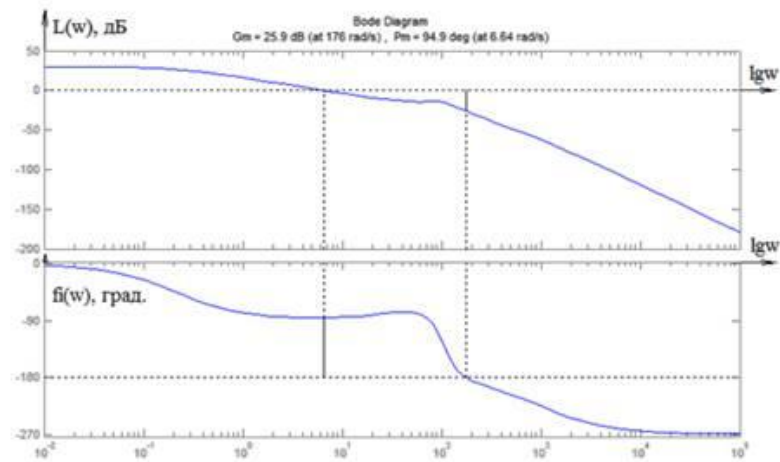
Дослідження замкнутої схеми електропривода



Комп'ютерна модель електропривода

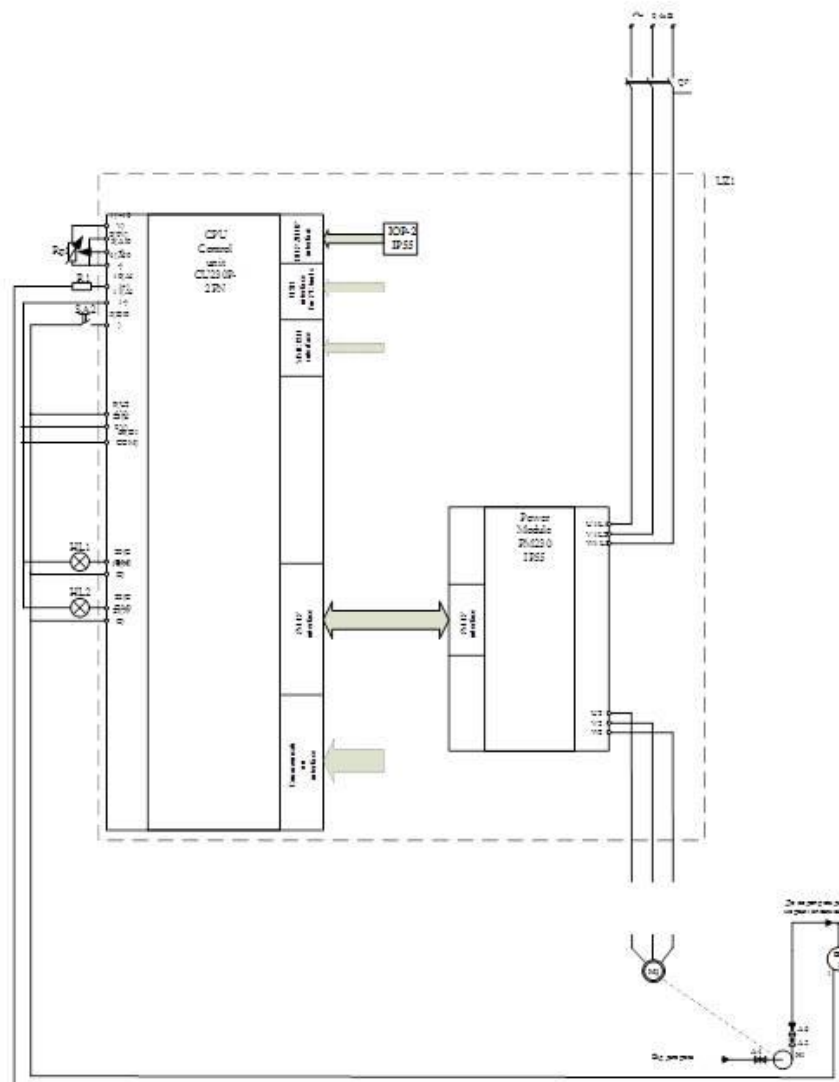


Графіки перехідних процесів електропривода при пуску на номінальне навантаження



Частотні характеристики системи електропривода

Схема електрична принципова



На принциповій схемі використовуються такі позначення: QF1 – автоматичний вимикач; SA1 – пакетний перемикач; Rp1 – потенціометр; UZ1 – перетворювач частоти; R1 – резистор; SA2 – перемикач запуску системи; HL1 – сигнальна лампа роботи системи; HL2 – сигнальна лампа аварії системи; M1 – асинхронний двигун насоса; H1 – масляний насос; BP1 – сенсор тиску.

Висновки

В бакалаврській дипломній роботі розроблено проєктні рішення на електропривод гідравлічної підйомної платформи вантажопідйомністю 1000кг. Для заданих умов роботи, а саме при відомій вантажопідйомності та короточасному режимі роботи було розраховано потужність електропривода, яка дорівнює 3кВт. Частота обертання електропривода 3000об/хв.

Силове обладнання підйомної платформи інсуюче. У роботі описано всі елементи електропривода. Розроблено структуру механізму та функціональну схеми.

Для потужності 3кВт і режиму роботи системи виконано економічне порівняння можливих електроприводів. До розгляду бралися такі системи: 1) релейно-контакторна система керування з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором (існуюча система електропривода); 2) пристрій плавного пуску з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором; 3) перетворювач частоти з асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором. Виходячи з коефіцієнта увімкнення 40% при однозмінному графіку роботи з вихідними приведені затрати за рік найменші у системи ПЧ-АД. Її приведені річні затрати становлять 24900грн.

ППП буде працювати без зворотних зв'язків як розімкнута система. Крім того вона не дозволить реалізувати регулювання інтенсивності підйому та опускання підйомника.

Система електропривода ПЧ-АД сама дорога за капітальними затратами, але вона має найвищу ефективність і можливість глибокого регулювання частоти обертання.

Контроль роботи механізму виконується шляховими та кінцевими вимикачами, автоматичним вимикачем та тепловим реле.

У роботі розроблено структуру механізму з електроприводом та функціональну схему електропривода. У якості функціональної схеми обрано класичну систему ПЧ з ланкою постійного струму та фільтром. Для забезпечення достатньої надійності роботи самого ПЧ розраховується зворотний зв'язок за струмом двигуна та зворотний зв'язок за тиском мастила у циліндрі поршня. Таким чином, система керування електроприводом буде двохконтурною з внутрішнім контуром струму та зовнішнім контуром тиску мастила.

У роботі розглядаються шляхові та кінцеві вимикачі відкритих дверей шахти, нижнього та верхнього положень підйомника.

Опускання підйомника реалізовано шляхом натискання клапану перетікання мастила з поршня у резервуар. Тобто під час опускання вантажів, електропривод не працюватиме. Інтенсивність опускання буде залежати від ваги вантажу та рівня відкривання спускного клапану.

За результатами розрахунків обрано базовий перетворювач частоти компанії SIEMENS G120C потужністю 4кВт. Він призначений для типових виконань і має вбудований зворотний зв'язок за струмом двигуна і можливість реалізації зворотного зв'язку за тиском.

Для забезпечення захисту від КЗ та перевантажень розраховано та обрано автоматичний вимикач EATON PL6 C20/3 на струм 20А.

Виконано розрахунок моделі об'єкта дослідження і побудовано комп'ютерну модель системи електропривода з двома контурами зворотного зв'язку. Результати моделювання підтвердили відмінні показники якості керування та стійкість системи у частотній області.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Електропривод гідравлічної підйомної платформи вантажопідйомністю 1000кг»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

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

Науковий керівник: К.Т.Н., доц. Бабій С. М.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unischek

Оригінальність	91,4 %
Схожість	8,6 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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

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

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

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

(підпис)

Блажко А. В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабій С. М.

(прізвище, ініціали)

					08-24.БДР.019.00.000 ЕЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЕЛЕКТРОПРИВОД ГІДРАВЛІЧНОЇ ПІДЙОМНОЇ ПЛАТФОРМИ ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 1000КГ	Літера	Маса	Масштаб
Розробив	Блажко А.			28.08		У		
Перевірів	Бабій С.			28.08		Аркуш	Аркушів	
Т. контр.					Схема електрична принципова електропривода	ВНТУ, ЕМ-22мс		
Рецензент	Побода Ю.			28.08.2008				
Н.контр.	Бомбик В.			28.08.2008				
Затв.	Мошноріз М.			28.08.2008				

Висновки

В бакалаврській дипломній роботі розроблено проєктні рішення на електропривод гідралічної підйомної платформи вантажопідйомністю

Система електропривода ПЧ-АД сама дорога за капітальними затратами, але вона має найвищу ефективність і можливість глибокого регулювання частоти обертання.