

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню _____ **бакалавр** _____
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента _____ Крат Владислав Петрович _____
_____ (ПІБ)

Академічної групи _____ 141-16ск-3 _____
(шифр)

спеціальності 141
Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка _____
(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою
Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка _____
(офіційна назва)

На тему: Автоматизований електропривод механізму пересування мостового крану _____
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи				
розділів:				
Технічна частина	Бешта О.С	75	добре	
Автоматизований електропривод	Бешта О.С	75	добре	
Дослідження динаміки електропривода	Бешта О.С	75	добре	
Охорона праці	Лутс І.О	75	добре	
Техніко-економічне обґрунтування	Дементьева Н.В	85	добре	
Рецензент	Колб А.А	75	добре	
Нормоконтролер	Казачковський М.М	80	добре	

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
електропривода
(повна назва)

_____ Казачковський М.М
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_15_»_квітня_____2019_року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Крат Владислав Петрович академічної групи 141-16ск-3
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою _____

Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Автоматизований електропривод механізму пересування мостового крану

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	Загальна характеристика механізму	14.01.2019 20.03.2019
Спеціальний	Вибір потрібного двигуна, редуктора, перетворювача частоти та гальмівного пристрою	13.05.2019 20.05.2019
Моделювання	Побудова моделі та дослідження її динаміки	27.05.2019 02.06.2019
Охорона праці	Аналіз небезпечних факторів виробництва розрахунок заземлення	03.06.2019 09.06.2019
Економічний	Розрахунок економічної ефективності обґрунтований висновок	10.06.2019 16.06.2019

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Бешта О.С

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15 жовтня 2018

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Крат В.П

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 70 стор., 9 рис., 9 табл., 5 джерел, листа графічної частини.

Об'єкт детальної розробки: автоматизований електропривод механізму пересування мостового крану

Мета роботи: надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні системи автоматизованого електроприводу мостового крану.

В проекті зроблений аналіз заходів обґрунтована номінальна потужність двигуна. Обрано перетворювач частоти і компоненти силової частини електропривода.

Виконаний розрахунок системи автоматичного регулювання і проведено дослідження динаміки електромеханічної системи.

У проекті представлено обґрунтування вибору гальмівного пристрою.

Розроблені заходи щодо охорони праці на виробництві.

Доведена економічна ефективність впровадження технічних рішень.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 70 стр., 9 рис., 9 табл., 5 ист., листа графической части

Объект детальной разработки: автоматизированный электропривод механизма передвижения мостового крана

Цель работы: приобретение необходимых навыков по техническому решению задач при проектировании системы автоматизированного электропривода мостового крана.

В проекте произведен анализ мероприятий, обоснована номинальная мощность двигателя

В проекте произведен анализ перемещения мостового крана, обоснована номинальная мощность двигателя. Выбран преобразователь частоты и компоненты силовой части электропривода.

В проекте представлен расчет параметров коммутационной аппаратуры электропривода.

Разработаны мероприятия по охране труда на производстве. Доказана экономическая целесообразность внедрения разработанных технических решений.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ABTRACT

The explanatory note: 70 pages., 9 figures., 9 tables., 5 references, graphical sheets.

Detailed design of the object: automated electric drive of the bridge crane movement

Project goal: acquisition of the necessary skills for the technical solution of tasks when designing the system of automated electric drive bridge crane.

The project's analysis of the measures justified the rated power of the engine. The frequency converter and components of the power part of the electric drive are selected.

The calculation of the automatic control system was carried out and the dynamics of the electromechanical system was studied.

The draft justifies the choice of the braking device.

Work on occupational safety at work is being developed.

The economic efficiency of implementation of technical solutions is proved.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЗМІСТ

ВСТУП	
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
1.1 Короткий опис технологічного процесу. Призначення, устрій і режим роботи мостового крану в/п 20/5т	
1.2 Вимоги, що висуваються до електроустаткування мостового крану	
1.3 Обґрунтування та вибір системи керування	
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД	
2.1. Вибір електродвигуна	
2.2 Розрахунок та побудова механічної характеристики	
2.3 Перевірка двигуна механізму переміщення за нагрівом	
2.4 Вибір редуктора	
2.5 Вибір перетворювача	
2.6 Вибір гальмівного пристрою	
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників	
4.2 Заходи з техніки безпеки при експлуатації та ремонті електроустаткування крана	
4.3 Заходи з протипожежної безпеки при експлуатації та ремонті електроустаткування крана	
4.3 Розрахування заземлення електроустановки	
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	
5.1 Вступ	
5.2 Розрахунок капітальних витрат	
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	

								Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

ВСТУП

Здійснення вантажно-розвантажувальних робіт, виключення важкої ручної праці при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій, комплексна механізація і автоматизація виробничих процесів у всіх галузях народного господарства немислимі без використання широкого комплексу підйомно-транспортних машин. Сучасні потокові технологічні й автоматизовані лінії, міжцеховий і внутрішньо цеховий транспорт, вантажно-розвантажувальні операції на складах та перевалочних пунктах органічно пов'язані із застосуванням різноманітних типів підйомно-транспортних машин і механізмів, що забезпечують безперервність і ритмічність виробничих процесів. Тому застосування даного обладнання визначає ефективність сучасного виробництва, а рівень механізації технічного виробництва – ступінь досконалості і продуктивності підприємства. При сучасній інтенсивності виробництва не можна забезпечити його стійку і ритмічну роботу без узгодженої і безвідмовної роботи засобів транспортування сировини, напівфабрикатів і готової продукції на всіх стадіях обробки і складування.

У даній бакалаврській роботі буде модернізовано електропривод механізму переміщення мостового крана.

Бакалаврська дипломна робота присвячена важливому питанню модернізації електричного привода механізму переміщення мостового крана зокрема необхідно: здійснити коротку характеристику механізму і режимів його роботи, сформулювати вимоги до електропривода механізму переміщення; розрахувати потужність і вибрати двигун, перетворювач, систему керування; змодельовати роботу модернізованої системи електропривода; розробити необхідні електричні схеми.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Короткий опис технологічного процесу. Призначення, устрій і режим роботи мостового крану в/п 20/5т

Заготовка поступає в Трубопрокатний цех №5 залізною дорогою (для прокатки труб використовується заготовка круглого перетину діаметром 10мм) та перевіряється на вхідному контролі по сертифікату заводу-постачальника, що засвідчує відповідність заготовки ДЕСТу або технічним умовам. За допомогою мостового крану вантажопід'ємністю 7,5/7,5т їх розвантажують на склад заготовок. Після цього перевірену та придатну заготовку ріжуть для подальшого транспортування до завантажувального пристрою в кільцеву піч, де вона проходить три умовні зони: томильну (1200-1250 °С), сварочну (1300-1350 °С) та методичну. На дощі посаду й у книзі по нагріванню виконуються записи із вказівкою місця замовлення, розмірами труб, розмірами заготовки, постачальника заготовки, марки сталі, номера плавки, кількості штук, часу початку посадки кожної нової плавки.

Для настроювання станів і на початку прокатки кожного нового розміру труб повинно бути підготовлено не менш 5-7 заготовок, на яких зроблений вимір довжини й діаметра.

Після видачі з печі заготовку подають до пневматичного пристрою для зацентрування в гарячому стані. Настроювання зацентровщика виконується так, щоб вісь заготовки збігалася з віссю бойка.

Прошивання заготівки здійснюється на прошивному стані косоволкой прокатки з постійним кутом розкочування .

Опісля відбувається прокатка на автомат-стані, де знаходиться трьохвалкова кліть розкатного стана зі з'ємною кришкою, що оснащена барабанами, поворот яких навколо поздовжньої осі забезпечує зміну кутів подачі валків. Робочі валки через подушки жорстко закріплені в барабанах

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

з фіксованим положенням кута розкочування. Потім трубі проходять процес охолодження та правки, їх візуально перевіряють та знову нагрівають перед гартуванням. Після проходження процесу гартування труби проходять отпуск, теплу правку, неруйнівний контроль тіла та кінців труби.

Останнім етапом є відбір проб для проведення механічних випробувань та визначення хімічного складу.

Настроювання стана вважається правильним, якщо захват гільзи відбуваються плавно, без затримок, труби швидко відводиться після розкочування валків, розміри її відповідають таблицю прокатки й на трубах немає зовнішньої й внутрішньої спіралі.

У своїй дипломній проекті я розглядаю мостовий кран вантажопід'ємністю 20/5т. Цей кран займається перевозкою вантажу по цеху, серед яких двигуни, тахогенератори, запчастини прокатного стану та інше. Крім того кран виконує чергові аварійно-ремонтні роботи і вразі поломки двигунів або іншого обладнання транспортує їх на склад, а потім на відвантаження до електроремонтного цеху.

Мостовий підйомний кран складається з мосту, що перекриває увесь проліт цеху та вантажопідйомного возику з механізмом підйому та переміщення. Міст пересувається по підкрановим рейкам, які встановлені на підкранових балках цехової споруди, а вантажопідйомний возик – по рель сам моста крану.

Міст складається з чотирьох сталевих балок та двох допоміжних, які скріпляють головні балки. Усі чотири балки з'єднанні між собою за допомогою сварки та утворюють прямокутну раму.

Возик слугує для підйому та переміщення вантажу впродовж мосту крану та складається із сталеві рами, на котрій монтується ведучі та

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

підтримуючі колеса. Конструкція виконана за допомогою сварки. На возику встановлюється:

а) механізм руху возика з електродвигуном, редуктором, гальмівним пристроєм та двома кінцевими вимикачами;

б) механізм головного підйому з електродвигуном, редуктором, канатним барабаном, гальмівним пристроєм та обмежувачем підйому;

в) механізм допоміжного підйому з електродвигуном, редуктором, канатним барабаном, гальмівним пристроєм та обмежувачем підйому.

Мостовий кран працює у середньому режимі, а його електроустаткування у повторно-короткочасному режимі.

1.2 Вимоги, що висуваються до електроустаткування мостового крану

Кранові механізми працюють у різноманітних умовах: від легких – у механічних цехах, до дуже важких – у ливарних і металургійних цехах. Для механізмів типових кранів характерні наступні режими роботи з різними значеннями відносної тривалості вмикання (ТВ):

I – легкий (Л) з ТВ = 15-25% (до 60 вмик./год.)

II – середній (С) із ТВ = 25% (до 120 вмик./год.)

III – важкий (В) із ТВ = 40% (до 240 вмик./год.)

IV – дуже важкий (ДВ) із ТВ = 60% (до 240 вмик./год.)

Умови роботи кранового електроустаткування дуже важкі. При розташуванні мостового крана під дахом цеху електрообладнання схильні до дії високої температури, диму, агресивних газів, пилу. При розташуванні на відкритому повітрі мостовий кран піддається впливу опадів, низьких температур та навколишнього середовища.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Електроприводи для кранових механізмів виготовляють як на змінному, так і на постійному струмі: перші – на базі асинхронних двигунів, а другі – на базі двигунів паралельного, послідовного чи змішаного збудження. Напруга двигунів змінного струму – не більша 660 В, а постійного струму – до 600 В.

Механізми кранів працюють у важких атмосферних умовах при повторно-короткочасному режимі з великим числом вмикань за годину. Тому для них випускаються спеціальні кранові і металургійні електродвигуни з підвищеною перевантажувальною здатністю, високою механічною міцністю і із зменшеною електромеханічною (динамічною) сталою часу.

Раніше у приводах кранових механізмів широко застосовувалися двигуни постійного струму серії ДП і змінного струму серії МТ і МТК. В даний час ці двигуни замінені крановими і металургійними двигунами постійного струму серії Д (з послідовним, змішаним чи з паралельним збудженням), змінного струму з фазним ротором серій МТР і МТН, і з короткозамкненим ротором серій МТКР і МТКН, причому двигуни змінного струму використовуються набагато частіше (майже 90% кранових електроприводів). У двигунів серій Д, МТН і МТКН ізоляція класу Н, а серій МТР і МТКР – класу Р. Конструктивно вони виконуються закритими з продуванням і з охолодженням ззовні.

Для приводу кранів характерним є повторно-короткочасний режим роботи, регулювання швидкості, значні перевантаження, часте реверсування, електричне гальмування, значні вібрації, поштовхи, часті пуски, в тому числі пуски під навантаженням. Все це пред'являє до електроустаткування мостових кранів металургійних цехів ряд специфічних вимог, основними з яких є висока надійність, безперебійність роботи, висока механічна міцність безпеку обслуговування, простота експлуатації і ремонту, забезпечення плавного пуску та регулювання

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

швидкості, підтримка заданої швидкості і заданого прискорення і уповільнення незалежно від швидкості перемикання контактів

командоконтроллера. Допустиме прискорення моста і візка при транспортуванні повинно бути не більше 0,1-0,2 м/с, прискорення механізму підйому не більше 0,5 м/с.

Мостовий кран виготовляють для різних умов використання за ступенем завантаження, часу роботи, інтенсивності ведення операцій, ступеня відповідальності вантажопідйомних операцій і кліматичних факторів

експлуатації. Ці умови забезпечуються основними параметрами мостових кранів.

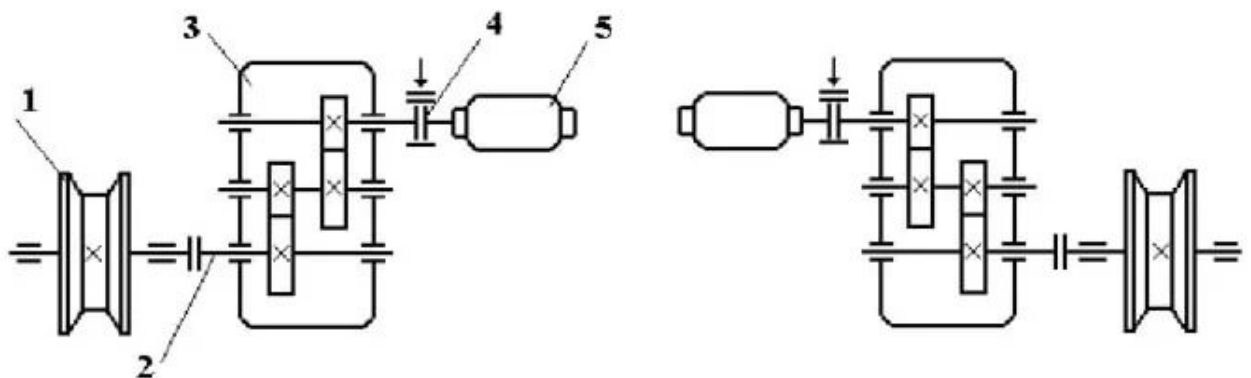


Рисунок 1.2 Кінематична схема механізму переміщення крану з роздільним приводом

1 - Колесо; 2 - Вихідний вал; 3 - Редуктор; 4 - Зубчата муфта с тормозним шківом ; 5 – Ротор

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1.3 Обґрунтування та вибір системи керування

Для здійснення автоматичного регулювання передбачаються керовані перетворювачі і регулятори, що дозволяють автоматично під впливом зворотних зв'язків здійснювати регулювання координат електропривода, наприклад моменту, швидкості, потокозчеплення та інше. Найбільш широко використовуються електромашинні і вентильні керовані перетворювачі напруги постійного струму і частоти змінного струму і відповідні системи ЕП: система генератор - двигун (Г-Д); система тиристорний перетворювач - двигун (ТП-Д); система перетворювач частоти - асинхронний двигун (ПЧ-АД). Також швидкість і момент можна змінювати шляхом реостатного регулювання. Вибір раціонального способу регулювання з можливих є важливим завданням, яке вирішується при проектуванні електроприводу.

Всі вище перелічені системи мають ряд переваг і недоліків, аналіз яких при обліку пред'являються технічних вимог і специфіки виробничого механізму дозволяє здійснити правильний вибір системи регулювання.

Так, в даний час продовжує успішно застосовуватися система Г-Д. Її основними перевагами є відсутність викривлення споживаного з мережі струму і відносно невелика споживання реактивної потужності. При застосуванні синхронного двигуна в перетворювальній агрегаті шляхом регулювання струму збудження можна забезпечити роботу електропривода з $\cos\varphi$ для компенсації реактивної потужності, споживаної іншими установками.

На жаль, системі Г-Д притаманні кілька серйозних недоліків, обумовлених необхідністю триразового електромеханічного перетворення енергії.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Як наслідок - низькі маса габаритні та енергетичні показники, і сприятливі регулювальні можливості досягаються ціною істотних витрат дефіцитної міді, високоякісної сталі і праці. Поряд з цим характерний низький загальний ККД системи.

На сьогоднішній день досить популярною є система ДПТ-ТП. Завдяки своїй швидкодії, відносній простоті та дешевизні. Недоліками цієї системи є значне спотворення форми спожитого з мережі струму та змінюваний в широких межах $\cos\varphi \approx \cos\alpha$.

Розглядаючи спосіб реостатного регулювання не можна не відзначити його низьку точність і діапазон регулювання, невисоку плавність, а також маса габаритні показники (наявність резисторів, комутуючих апаратури) і зниження ККД при збільшенні діапазону регулювання. Однак даний спосіб привабливий своєю простотою і невисокими витратами на реалізацію.

З розвитком силової напівпровідникової і мікропроцесорної техніки стало можливим створення пристрою частотного регулювання електроприводом, яке дозволяє точно управляти швидкістю і моментом електродвигуна по заданих параметрах в точній відповідності з характером навантаження. Це у свою чергу, дозволяє здійснювати точне регулювання практично будь-якого процесу в найбільш економічному режимі, без важких перехідних процесів в технологічних системах і електричних мережах.

Частотне регулювання ефективно застосовується на підприємствах енергетики, промисловості і комунального господарства.

Застосування пристроїв плавного регулювання частоти обертання двигунів дає ряд додаткових переваг, а саме:

– плавний пуск і зупинку двигуна виключає шкідливу дію перехідних процесів в технологічному устаткуванні;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

– пуск двигуна здійснюється при струмах, обмежених на рівні номінального значення, що підвищує довговічність двигуна, знижує вимоги до потужності живлячої мережі і потужності комутуючої апаратури;

– можлива модернізація діючих технологічних агрегатів без заміни основного устаткування і практично без перерв в його роботі.

Системи управління на базі частотних перетворювачів можуть мати будь-які технологічно необхідні функції, реалізація яких можлива як за рахунок вбудованих в перетворювачі програмованих контролерів, так і додаткових контролерів, що функціонують спільно з перетворювачами.

Застосуємо електропривод по системі "Перетворювач частоти - асинхронний двигун". Такий тип є найбільш доцільним для даного механізму.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

1 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

2.1. Вибір електродвигуна

Параметр	Позначення	Од. вим.	Значення
Вантажопідйомність	m_B	кг	20000
Вага крана	m_M	кг	42000
Швидкість переміщення крана	V_{II}	м/с	1.35
Діаметр ходового колеса	D_K	м	0.54
Діаметр цапфи вала ходового колеса	d_{II}	м	0.19
шлях переміщення	L	м	74
число циклів у годину	N_{II}	-	9
коефіцієнт корисної дії	η	-	0.87
передаточне число редуктора	i	-	18
Коефіцієнт, що враховує умови роботи редуктора	$k_{мех}$	-	2.25

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахункова маса вантажу

$$G_B = 10^3 \cdot 9,81 \cdot m_B,$$

$$G_B = 10^3 \cdot 9,81 \cdot 20 = 196200 \text{ Нм}$$

Вага мосту

$$G_M = 10^3 \cdot 9,81 \cdot m_M,$$

$$G_M = 10^3 \cdot 9,81 \cdot 42 = 412020 \text{ Нм}$$

Стискальне зусилля на ободі колеса

$$F_M = \frac{\beta(G_B + G_{BB})}{D_k} \cdot (2f + \mu \cdot d_u),$$

де β - коефіцієнт, що враховує додаткове тертя реборди колеса о рейку,

$$\beta = 1,4;$$

μ - коефіцієнт тертя ковзання, $\mu = 0,15$;

f - коефіцієнт тертя кочення, $f = 0,0006$.

$$F_M = \frac{1,4 \cdot (196200 + 412020)}{0,54} \cdot (2 \cdot 0,0006 + 0,15 \cdot 0,19) = 46832,94 \text{ кВТ}$$

Максимальна статична потужність

$$P_c = \frac{F_M \cdot V_{\Pi}}{10^3 \cdot \eta},$$

$$P_c = \frac{46832,94 \cdot 1,35}{10^3 \cdot 0,87} = 72,67 \text{ кВТ}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Попередня потужність

$$P'_{np} = k \cdot P_c,$$

де k - коефіцієнт циклічності роботи механізму, $k = 0,95$.

$$P'_{np} = 0,95 \cdot 72,67 = 69,03 \text{ кВт}$$

Час роботи

$$t_p = \frac{L}{V_n},$$

$$t_p = \frac{74}{1,35} = 54,81 \text{ с}$$

Час циклу

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{N_{\text{ц}}},$$

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{9} = 400 \text{ с}$$

Розрахункова тривалість вмикання

$$TBr\% = \frac{K_1 \cdot t_p}{t_{\text{ц}}} \cdot 100\%$$

де K_1 - кількість операцій за цикл, $K_1 = 2$.

$$TBr\% = \frac{2 \cdot 50}{400} \cdot 100\% = 25 \%$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахункова потужність двигуна при каталожній тривалості вмикання. Двигуни, призначені для повторно – короткочасного режиму, випускаються з $TB_{КАТ} = 40\%$.

$$P_p = P' n_p \sqrt{\frac{TB_p\%}{TB_{кат}\%}}$$

$$P_p = 69,03 \cdot \sqrt{\frac{27}{40}} = 56,69 \text{ кВт}$$

Розрахункова кутова швидкість

$$\omega_{роз} = \frac{2 \cdot V_{п \cdot i}}{D_k}$$

$$\omega_{роз} = \frac{2 \cdot 1,35 \cdot 18}{0,54} = 90 \text{ 1/с}$$

Розрахункова частота обертання двигуна

$$n_{роз} = 9,55 \cdot \omega_{роз}$$

$$n_{роз} = 9,55 \cdot 90 = 859,5 \text{ об/хв}$$

При виборі двигунів для механізму пересування крану варто врахувати, що на ньому встановлено два двигуни

$$P_p' = \frac{P_p}{2}$$

$$P_p' = \frac{56,6}{2} = 28,3 \text{ кВт}$$

По значенням P_p , n_p і $TB_{КАТ}$ обираємо двигун, дотримуючись умови, щоб номінальна потужність двигуна була рівна або більше (до 20%) розрахункової потужності.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 2.1 – Номінальні дані асинхронного двигуна

Тип двигуна	P_H , кВт	n_H , об/хв	I_C , А	\cos, φ	ККД, %	$I_{P.H.}$	$E_{P.H.}$	M_{MAX} , Нм	GD^2 , кгм ²	U_T В
МТН 412-6	30	965	76	0,71	84,5	73	255	932	2,7	380

Якщо $n_{рне}$ співпадає з n_H , то необхідно перерахувати передаточне число редуктора i .

Номінальна швидкість двигуна

$$\omega_H = \frac{n_H}{9,55},$$

$$\omega_H = \frac{965}{9,55} = 100,041/\text{с}$$

Передаточне число редуктора

$$i_{p2} = \frac{\omega_H \cdot D_K}{2 \cdot V_{II}}$$

$$i_{p2} = \frac{100,04 \cdot 0,54}{2 \cdot 1,35} = 20$$

Номінальний момент

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} \cdot 10^3,$$

$$M_H = \frac{30}{100,04} \cdot 1000 = 290 \text{ Нм}$$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2.2 Розрахунок та побудова механічної характеристики

Синхронна швидкість двигуна

$$n_c = \frac{60 \cdot f}{p},$$

де – f – частота мережі, $f=50$ Гц;

p - число пар полюсів, приймається в залежності від типу двигуна, $p=3$.

$$n_c = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ об/хв}$$

Кутова швидкість, синхронна

$$\omega_c = \frac{n_c}{9,55},$$

$$\omega_c = \frac{1000}{9,55} = 104,711/c$$

Для побудови природної характеристики необхідно визначити номінальне ковзання

$$S_H = \frac{\omega_c - \omega_H}{\omega_c},$$

$$S_H = \frac{104,71 - 100,48}{104,71} = 0,04$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевантажувальна здатність

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_H}$$

$$\lambda = \frac{1630}{547} = 2,98$$

Критичне ковзання

$$S_{\text{кр}} = S_H \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}),$$

$$S_{\text{кр}} = 0,04 \cdot (2,98 + \sqrt{2,98^2 - 1}) = 0,23$$

Таблиця 2.2 – Данні для побудови механічної характеристики

№	S	$M = \frac{2 \cdot M_{\max}}{S/S_{\text{кр}} + S_{\text{кр}}/S}$	$\omega = \omega_c \cdot (1 - S)$
1	0	0	104,71
2	0,01	141,49	103,66
3	0,02	281,28	102,61
4	0,03	417,95	101,57
5	S_H	550,67	100,52
6	0,1	1194,14	94,24
7	0,2	1613,86	83,77
8	$S_{\text{кр}}$	1630	80,63
9	0,3	1574,88	73,3
10	0,5	1239,54	52,35
11	0,7	967,36	31,44
12	1	711,79	0

По даним таблиці 2 будемо механічну характеристику (рисунок.2). Для побудови робочої характеристики необхідно на осі M відкласти значення M_H , та робочу швидкість.

Робоча швидкість

$$\omega_p = \omega_c \cdot 0,88,$$

$$\omega_p = 104,71 \cdot 0,88 = 92,141/\text{с}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Отримане значення відкладаємо на вісі ω , проектуємо на лінію M_H , отримуємо точку А. Через ω_c і точку А проводимо пряму лінію, це і буде робоча характеристика (Рисунок 2.1).

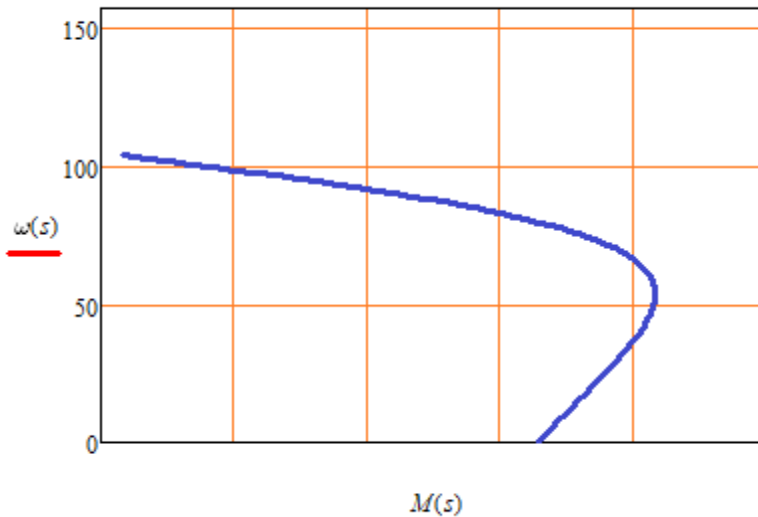


Рисунок.2.1-Механічна характеристика

Розрахунок перехідних процесів

Статичний момент, приведений до валу двигуна, при підйомі з вантажем

$$M_{\text{спв}} = \frac{(G_B + G_O) \cdot D_G}{2 \cdot i_{p2} \cdot \eta \cdot K_{\Pi}}$$

$$M_{\text{спв}} = \frac{(196200 + 10398,6) \cdot 0,6}{2 \cdot 57,97 \cdot 0,88 \cdot 2} = 252,49 \text{ Нм}$$

Статичний момент, приведений до валу двигуна, при гальмівним спуску з вантажем

$$M_{\text{ссв}} = \frac{(G_B + G_O) \cdot D_G \cdot \eta}{2 \cdot i_{p2} \cdot K_{\Pi}}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\text{свв}} = \frac{(196200 + 10398,6) \cdot 0,6 \cdot 0,88}{2 \cdot 57,97 \cdot 2} = 475,77 \text{ Нм}$$

Коефіцієнт завантаження

$$K_3 = \frac{m_0}{m_B + m_0},$$

$$K_3 = \frac{1,06}{20 + 1,06} = 0,05$$

Статичний момент, приведений до валу двигуна, при підйомі
пустого вантажезахоплюючого пристрою

$$M_{\text{спо}} = \frac{G_0 \cdot D_6}{2 \cdot i_{p2} \cdot K_{\Pi} \cdot \eta_0},$$

де η_0 - коефіцієнт корисної дії механізму при певному
навантаженні, $\eta_0 = 0,2$

$$M_{\text{спо}} = \frac{10398,6 \cdot 0,6}{2 \cdot 57,97 \cdot 2 \cdot 0,2} = 134,52 \text{ Н}$$

Статичний момент, приведений до валу двигуна, при спуску
пустого вантажезахоплюючого пристрою

$$M_{\text{cco}} = \frac{G_0 \cdot D_6}{2 \cdot i_{p2} \cdot K_{\Pi}} \cdot (2 \cdot \eta_0 - 1),$$

$$M_{\text{cco}} = \frac{10398,5 \cdot 0,6}{2 \cdot 57,97 \cdot 2} \cdot (2 \cdot 0,2 - 1) = -16,15 \text{ Нм}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Момент інерції двигуна

$$J_{\text{дв}} = \frac{GD^2}{4},$$

$$J_{\text{дв}} = \frac{4,10}{4} = 1,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Момент інерції гальмового шківa

$$J_{\text{ш}} = 0,3 \cdot J_{\text{дв}},$$

$$J_{\text{ш}} = 0,3 \cdot 1,02 = 0,31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Момент інерції муфти

$$J_{\text{м}} = 0,15 \cdot J_{\text{дв}},$$

$$J_{\text{м}} = 0,15 \cdot 1,03 = 0,15 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Момент інерції поступово-рухомих елементів системи

$$J_{\text{пдв}} = \frac{(G_{\text{в}} + G_0) \cdot V^2}{9,81 \cdot \omega_{\text{н}}^2},$$

$$J_{\text{пдв}} = \frac{(196200 + 10398,6) \cdot 0,26^2}{9,81 \cdot 100,48^2} = 0,15 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Приведений момент інерції при роботі з вантажем

$$J_{\text{в}} = K_2 \cdot Z \cdot (J_{\text{дв}} + J_{\text{ш}} + J_{\text{м}}) + J_{\text{пв}},$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де K_2 - коефіцієнт, який приблизно враховує роботу моменту інерції редуктора і барабану, $K_2 = 1,15$.

$$J_B = 1,15 \cdot 2 \cdot (1,0 + 0,31 + 0,15) + 0,15 = 1,85 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Момент інерції поступово – рухомих елементів системи без урахування маси вантажу

$$J_{\text{пдо}} = \frac{G_o \cdot V^2}{9,81 \cdot \omega_n^2}$$

$$J_{\text{пдо}} = \frac{10398,6 \cdot 0,26^2}{9,81 \cdot 100,48^2} = 0,007 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Приведений момент інерції без вантажу

$$J_o = K_2 \cdot (J_{\text{дв}} + J_{\text{ш}} + J_{\text{м}}) + J_{\text{по}}$$

$$J_o = 1,15 \cdot (1,0 + 0,31 + 0,15) + 0,007 = 1,7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Динамічний момент при підйомі з вантажем

$$M_{\text{дпв}} = J_B \cdot \frac{2 \cdot i_{\text{р2}} \cdot a}{D_6}$$

де a - прискорення, $a = 0,3 \text{ м/с}^2$.

$$M_{\text{дпв}} = 1,85 \cdot \frac{2 \cdot 57,97 \cdot 0,3}{0,6} = 107,25 \text{ Нм}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Динамічний момент при гальмуванні без вантажу

$$M_{\text{дпо}} = J_0 \cdot \frac{2 \cdot i_{p2} \cdot a}{D_6},$$

$$M_{\text{дпо}} = 1,7 \cdot \frac{2 \cdot 57,97 \cdot 0,3}{0,6} = 98,55 \text{ Нм}$$

Момент середньо-пусковий при розгоні з вантажем

$$M_{\text{ср.пв}} = M_{\text{дпв}} + M_{\text{спв}},$$

$$M_{\text{ср.пв}} = 107,25 + 652,49 = 759,74 \text{ Нм}$$

Момент середньо-пусковий при розгоні без вантажу

$$M_{\text{ср.по}} = M_{\text{дпо}} + M_{\text{спо}},$$

$$M_{\text{ср.по}} = 98,55 + 134,52 = 233,07 \text{ Нм}$$

Момент гальмівний

$$M_{\Gamma} = K_{\Gamma} \cdot M_{\text{с.мах}},$$

де $M_{\text{с.мах}}$ – максимальній статичний момент, $M_{\text{с.мах}} = M_{\text{спв}}$;

K_{Γ} – коефіцієнт запасу, $K_{\Gamma} = 2$.

$$M_{\Gamma} = 2 \cdot 652,49 = 1304,98 \text{ Нм}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахунок перехідних процесів

Час пуску

$$t_{\text{ппв}} = J_{\text{в}} \cdot \frac{\omega_{\text{спв}}}{M_{\text{ср.пв}} - M_{\text{спв}}},$$

де $\omega_{\text{спв}}$ – кутова швидкість підйому з вантажем, $\omega_{\text{спв}} = 96 \text{ 1/с}$.

$$t_{\text{ппв}} = 1,85 \cdot \frac{100}{759,74 - 652,49} = 1,72 \text{ с}$$

Час гальмування

$$t_{\text{гпв}} = J_{\text{в}} \cdot \frac{\omega_{\text{спв}}}{M_{\text{г}} + M_{\text{срв}}},$$

$$t_{\text{гпв}} = 1,85 \cdot \frac{100}{1304,98 + 652,49} = 0,09 \text{ с}$$

Швидкість підйому з вантажем

$$V_{\text{пв}} = \frac{\omega_{\text{спв}} \cdot D_{\text{б}}}{i_{\text{р2}} \cdot 2},$$

$$V_{\text{пв}} = \frac{100 \cdot 0,6}{57,97 \cdot 2} = 0,52$$

Шлях пройдений при пуску

$$S_{\text{ппв}} = t_{\text{ппв}} \cdot \frac{V_{\text{пв}}}{2},$$

$$S_{\text{пв}} = 1,72 \cdot \frac{0,52}{2} = 0,45 \text{ м}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Шлях пройдений при гальмуванні

$$S_{\text{ГПВ}} = t_{\text{ГПВ}} \cdot \frac{V_{\text{ПВ}}}{2},$$

$$S_{\text{ГПВ}} = 0,09 \cdot \frac{0,52}{2} = 0,02 \text{ м}$$

Шлях пройдений з рівномірною швидкістю

$$S_{\text{рпв}} = H - S_{\text{ппв}} - S_{\text{ГПВ}},$$

$$S_{\text{рпв}} = 12 - 0,45 - 0,02 = 11,53 \text{ м}$$

Час рівномірного руху

$$t_{\text{рпв}} = \frac{S_{\text{рпв}}}{V_{\text{ПВ}}},$$

$$t_{\text{рпв}} = \frac{11,53}{0,52} = 22,17 \text{ с}$$

Спуск із вантажем

Час пуску

$$t_{\text{псв}} = J_{\text{В}} \cdot \frac{\omega_{\text{свв}}}{M_{\text{свв}}},$$

де $\omega_{\text{свв}}$ – кутова швидкість спуску з вантажем, $\omega_{\text{свв}} = 101 \text{ 1/с}$.

$$t_{\text{псв}} = 1,85 \cdot \frac{101}{475,77} = 0,39 \text{ с}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Час гальмування

$$t_{ГСВ} = J_0 \cdot \frac{\omega_{CCO}}{M_{CP.PO} + M_{CCO}},$$

$$t_{ГСВ} = 1,85 \cdot \frac{101}{1304,98 - 475,77} = 0,22 \text{ с}$$

Швидкість спуску з вантажем

$$V_{CB} = \frac{\omega_{CCB} \cdot D_6}{i_{P2} \cdot 2},$$

$$V_{CB} = \frac{101 \cdot 0,6}{57,97 \cdot 2} = 0,52 \text{ м/с}$$

Шлях пройдений при пуску

$$S_{ПСВ} = t_{ПСВ} \cdot \frac{V_{CO}}{2},$$

$$S_{ПСВ} = 0,39 \cdot \frac{0,52}{2} = 0,1 \text{ м}$$

Шлях пройдений при гальмуванні

$$S_{ГСВ} = t_{ГСВ} \cdot \frac{V_{CB}}{2},$$

$$S_{ГСВ} = 0,22 \cdot \frac{0,52}{2} = 0,06 \text{ м}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Шлях прохідний з рівномірною швидкістю

$$S_{\text{рсв}} = H - S_{\text{псв}} - S_{\text{гсв}},$$

$$S_{\text{рсв}} = 12 - 0,1 - 0,06 = 11,84 \text{ м}$$

Час рівномірного руху

$$t_{\text{рсв}} = \frac{S_{\text{рсв}}}{V_{\text{п}}},$$

$$t_{\text{рсв}} = \frac{11,84}{0,26} = 45,54 \text{ с}$$

Підйом без вантажу

Час пуску

$$t_{\text{ппо}} = J_0 \cdot \frac{\omega_{\text{спо}}}{M_{\text{н}} - M_{\text{спо}}},$$

де $\omega_{\text{спо}}$ – кутова швидкість підйому без вантажа, $\omega_{\text{спо}} = 103 \text{ 1/с}$.

$$t_{\text{ппо}} = 1,7 \cdot \frac{103}{547 - 134,52} = 1,79 \text{ с}$$

Час гальмування

$$t_{\text{гпо}} = J_0 \cdot \frac{\omega_{\text{спо}}}{M_{\text{г}} + M_{\text{ссо}}},$$

$$t_{\text{гпо}} = 1,7 \cdot \frac{103}{1304,98 + 134,52} = 0,12 \text{ с}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Швидкість спуску з вантажем

$$V_{\text{по}} = \frac{\omega_{\text{спо}} \cdot D_6}{i_{p2} \cdot 2},$$

$$V_{\text{по}} = \frac{103 \cdot 0,6}{57,97 \cdot 2} = 0,53 \text{ м/с}$$

Шлях пройдений при пуску

$$S_{\text{ппо}} = t_{\text{ппо}} \cdot \frac{V_{\text{по}}}{2},$$

$$S_{\text{ппо}} = 1,79 \cdot \frac{0,53}{2} = 0,47 \text{ м}$$

Шлях пройдений при гальмуванні

$$S_{\text{гпо}} = t_{\text{гпо}} \cdot \frac{V_{\text{по}}}{2},$$

$$S_{\text{гпо}} = 0,12 \cdot \frac{0,53}{2} = 0,03 \text{ м}$$

Шлях прохідний з рівномірною швидкістю

$$S_{\text{рпо}} = H - S_{\text{ппо}} - S_{\text{гпо}},$$

$$S_{\text{рпо}} = 12 - 0,47 - 0,03 = 11,5 \text{ м}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Час рівномірного руху

$$t_{\text{рпо}} = \frac{S_{\text{рпо}}}{V_{\text{по}}},$$

$$t_{\text{рпо}} = \frac{11,5}{0,26} = 44,23 \text{ с}$$

Спуск без вантажу

Час пуску

$$t_{\text{псо}} = J_0 \cdot \frac{\omega_{\text{cco}}}{M_{\text{ср.по}} + M_{\text{cco}}},$$

де ω_{cco} – кутова швидкість спуску без вантажу, $\omega_{\text{cco}} = 104,51/\text{с}$.

$$t_{\text{псо}} = 1,7 \cdot \frac{104,5}{233,07 + (-16,15)} = 0,82 \text{ с}$$

Час гальмування

$$t_{\text{гсо}} = J_0 \cdot \frac{\omega_{\text{cco}}}{M_{\text{г}} + M_{\text{cco}}},$$

$$t_{\text{гсо}} = 1,7 \cdot \frac{104,5}{1304,98 - (-16,15)} = 0,14 \text{ с}$$

Швидкість спуску з вантажем

$$V_{\text{со}} = \frac{\omega_{\text{cco}} \cdot D_6}{i_{\text{пз}} \cdot 2},$$

$$V_{\text{со}} = \frac{104,5 \cdot 0,6}{57,97 \cdot 2} = 0,54 \text{ м/с}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Шлях пройдений при пуску

$$S_{\text{псо}} = t_{\text{псо}} \cdot \frac{V_{\text{по}}}{2},$$

$$S_{\text{псо}} = 0,82 \cdot \frac{0,54}{2} = 0,22 \text{ м}$$

Шлях пройдений при гальмуванні

$$S_{\text{гсо}} = t_{\text{гсо}} \cdot \frac{V_{\text{со}}}{2},$$

$$S_{\text{гсо}} = 0,14 \cdot \frac{0,54}{2} = 0,04 \text{ м}$$

Шлях прохідний з рівномірною швидкістю

$$S_{\text{рсо}} = H - S_{\text{псо}} - S_{\text{гсо}},$$

$$S_{\text{рсо}} = 12 - 0,22 - 0,04 = 11,74 \text{ м}$$

Час рівномірного руху

$$t_{\text{рсо}} = \frac{S_{\text{рсо}}}{V_{\text{со}}},$$

$$t_{\text{рсо}} = \frac{11,47}{0,26} = 45,15$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Час фактичної роботи двигуна

$$t_{\phi} = t_{\text{пнв}} + t_{\text{рпв}} + t_{\text{гсв}} + t_{\text{рсв}} + t_{\text{ппо}} + t_{\text{рпо}} + t_{\text{псо}} + t_{\text{рсо}},$$

$$t_{\phi} = 1,72 + 22,17 + 0,39 + 45,54 + 1,79 + 44,23 + 0,82 + 45,15 = 161,81 \text{ с}$$

Сумарний час роботи

$$\Sigma_T = t_{\phi} + t_{\text{гпв}} + t_{\text{гсв}} + t_{\text{гпо}} + t_{\text{гсо}},$$

$$\Sigma_T = 161,81 + 0,09 + 0,22 + 0,12 + 0,14 = 162,38 \text{ с}$$

Час паузи

$$t_{\text{п}} = \frac{t_{\text{ц}} - \Sigma_T}{4},$$

$$t_{\text{п}} = \frac{400 - 162,38}{4} = 59,41 \text{ с}$$

2.3 Перевірка двигуна механізму переміщення за нагрівом

Фактична тривалість вмикання

$$ТВ_{\phi} \% = \frac{t_{\phi}}{t_{\text{ц}}} \cdot 100\%,$$

$$ТВ_{\phi} \% = \frac{161,81}{400} \cdot 100 = 42,2$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахунковий еквівалентний момент

$$M_{EP} = \left[(M_{CP.PB}^2 \cdot t_{ППВ} + M_{СПО}^2 \cdot t_{РПВ} + M_{ССВ}^2 \cdot t_{ПСВ} + M_{ССВ}^2 \cdot t_{РСВ} + 1,25 \cdot M_H^2 \cdot t_{ППО} + M_{СПО}^2 \cdot t_{РПО} + 1,25 \cdot M_H^2 \cdot t_{ПСО} + M_{ССО}^2 \cdot t_{РСО}) \cdot \frac{1}{t_{\Phi}} \right]^{\frac{1}{2}},$$

$$M_{EP} = \left[(759,74^2 \cdot 1,72 + 652,49^2 \cdot 22,17 + 457,77^2 \cdot 0,39 + 457,77^2 \cdot 45,54 + 1,25 \cdot 547^2 \cdot 1,79 + 134,52^2 \cdot 44,23 + 1,25 \cdot 547^2 \cdot 0,82 + (-16,15^2) \cdot 45,15) \cdot \frac{1}{161,81} \right]^{\frac{1}{2}} = 367,43 \text{ Нм}$$

Якщо $T_{B\Phi}$ відрізняється від T_{BKAT} , то необхідно M_{EP} привести до T_{BKAT}

$$M_E = M_{EP} \cdot \sqrt{\frac{T_{B\Phi}\%}{T_{BKAT}\%}},$$

$$M_E = 367,43 \cdot \sqrt{\frac{42,2}{40}} = 378,45 \text{ Нм}$$

Перевіряємо умову

$$M_E \leq M_H,$$

$$547 \leq 387,45 \text{ Н}$$

Обраний двигун МТН 412-6 пройшов по нагріву.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Максимальний момент двигуна

$$M_{\text{мах.дв}} = \lambda \cdot M_{\text{н}},$$

$$M_{\text{мах.дв}} = 2,98 \cdot 547 = 1630,06 \text{ Нм}$$

Перевірка на перевантажувальну здатність виконується за наступною умовою

$$1,3 \cdot M_{\text{мах.нагр}} \leq 0,85 \cdot M_{\text{мах.дв}}$$

де $M_{\text{МАХ.НАГР}}$ - максимальний момент з навантажувальної діаграми,

$$M_{\text{СПВ}} = 652,49 \text{ Нм};$$

1,3 - коефіцієнт, що враховує можливі кидки моменту при реостатному пуску;

0,85- коефіцієнт, що враховує зменшення максимального моменту при зниженні напруги на затискачах двигуна.

$$1,3 \cdot 652,49 \leq 0,85 \cdot 1630,06$$

$$848,24 < 1385,55$$

За результатами розрахунків остаточно обираю для механізму пересування мосту двигун МТН 412-6.

2.4. Вибір редуктора

У механізмах пересування кранів використовуються циліндричні горизонтальні двоступінчасті редуктори типів Ц2, Ц2В, Ц2Н, циліндричні

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

вертикальні триступінчаті кранові редуктори типів ВК, ВКУ та черв'ячні одноступінчасті універсальні редуктори типу Ч.

Вибір редуктора проводиться в залежності від кінематичної схеми приводу по передавальному числу, очікувану потужність або допустимому обертальному моменту на тихохідному валу і частоті обертання швидкохідного вала.

Частота обертання ходового колеса:

$$n_{\text{колеса}} = \frac{60 \cdot V_{\text{п}}}{3.14 \cdot D_{\text{к}}}$$

$$n_{\text{колеса}} = \frac{60 \cdot 1.35}{3.14 \cdot 0.54} = 47.647 \text{ об/мин}$$

Необхідну передавальне число приводу:

$$u_{\text{пер.число}} = \frac{P_{\text{н}}}{n_{\text{колеса}}}$$

$$u_{\text{пер.число}} = \frac{965}{47.647} = 20.253$$

Розрахункова потужність редуктора:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$P = P_H \cdot k_{\text{мех}}$$

$$P = 30 \cdot 2.25 = 67.5 \text{ кВт}$$

Момент, що обертає на тихохідному валу редуктора:

$$u_{\text{момент}} = 9550 \cdot \frac{P}{n_{\text{колёса}}}$$

$$u_{\text{момент}} = 9550 \cdot \frac{67.5}{47.647} = 13529.183 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Виходячи з розрахункових даних вибираємо редуктор типу ВКУ-965М з такими параметрами:

Таблиця 2.3 – Номінальні дані на редуктор

Параметр	Позначення	Од. вим.	Значення
Номінальне передаточне число	$u_{\text{пер.число}}$	-	40
Потужність	P	кВт	70
Номінальний крутний момент на тихохідному валу	$u_{\text{момент}}$	Н·м	19750

2.5. Вибір перетворювача

Максимальний споживаний струм двигуна:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$I_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot 3.14 \cdot \eta}{30 \cdot \sqrt{3} \cdot U_r \cdot \cos\varphi}$$

$$I_{\max} = \frac{932 \cdot 3.14 \cdot 965}{30 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.81 \cdot 0.71} = 94.503 \text{ A}$$

Оскільки $I_{\max} = 150\% \cdot I_r$ номінальний струм ПЧ повинен бути не менше:

$$I_r = \frac{I_{\max}}{1.5} = 63.002 \text{ A}$$

Так як в даному приводі використовуються два двигуни, керовані одним перетворювачем, тоді номінальний струм ПЧ повинен бути не менше:

$$I_r = 2 \cdot 63.002 = 126.004 \text{ A}$$

За номінальним струмом вибираємо перетворювач частоти **ATV71HD75N4Z** з такими параметрами:

Таблиця 2.4 – Номінальні дані на перетворювач

Параметр	Позначення	Од. вим.
Потужність	90	кВт
Повна потужність	109.9	кВт
Номінальний струм	160	А
Номінальна частота комутації	1-16 регулюється	кГц

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

З урахуванням вимоги ТЗ повна потужність перетворювача повинна перевищувати потужність двигуна на 20%.

Тоді за формулою:

$$P_{conv} \geq 1.2 \cdot 2 \cdot P_H = 1.2 \cdot 2 \cdot 30 = 21.6$$

$$160 \geq 72$$

Умова дотримується.

Перетворювачі частоти Altivar 71 / ATV71 призначені для двигунів потужністю від 0,37 до 630 кВт з чотирма типами мережевого живлення:

- однофазне, 200 - 240 В, от 0,37 до 5,5 кВт
- трифазне, 200 - 240 В, от 0,37 до 75 кВт;
- трифазне, 380 - 480 В, от 0,75 до 500 кВт;
- трифазне, 500 - 690 В, от 1,5 до 630 кВт.

Дана серія перетворювачів частоти дозволяє управляти за допомогою алгоритму векторного керування потоком (CVF) асинхронними двигунами в розімкнутій і замкнутій системи регулювання швидкості і синхронними двигунами з синусоїдальною Е.Д.С. в розімкнутій системі.

Переваги:

Потужність до 630 кВт, виняткові робочі характеристики, розширені функціональні можливості. Відкритість для всіх комунікаційних мереж, додатків, користувачів ATV 71 надає оригінальні рішення, що відповідають будь-яким індивідуальним вимогам.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Застосування:

Серія перетворювачів частоти Altivar 71 відповідає найсуворішим вимогам застосувань завдяки використанню різноманітних законів управління двигуном і численним функціональними можливостями.

Вона адаптована для вирішення найбільш складних завдань електроприводу:

- момент і підвищена точність при роботі на дуже низькій швидкості і поліпшені динамічні характеристики з алгоритмами векторного управління потоком в розімкнутій або замкнутій системі приводу;
- розширений діапазон вихідної частоти для високошвидкісних двигунів;
- паралельне включення двигунів і спеціальні приводи з використанням скалярного закону управління;
- точність підтримки швидкості і енергозбереження для разомкнутого приводу з синхронним двигуном;
- плавне, безударне управління незбалансованими механізмами за допомогою системи адаптації потужності (Energy Adaptation System - ENA).

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

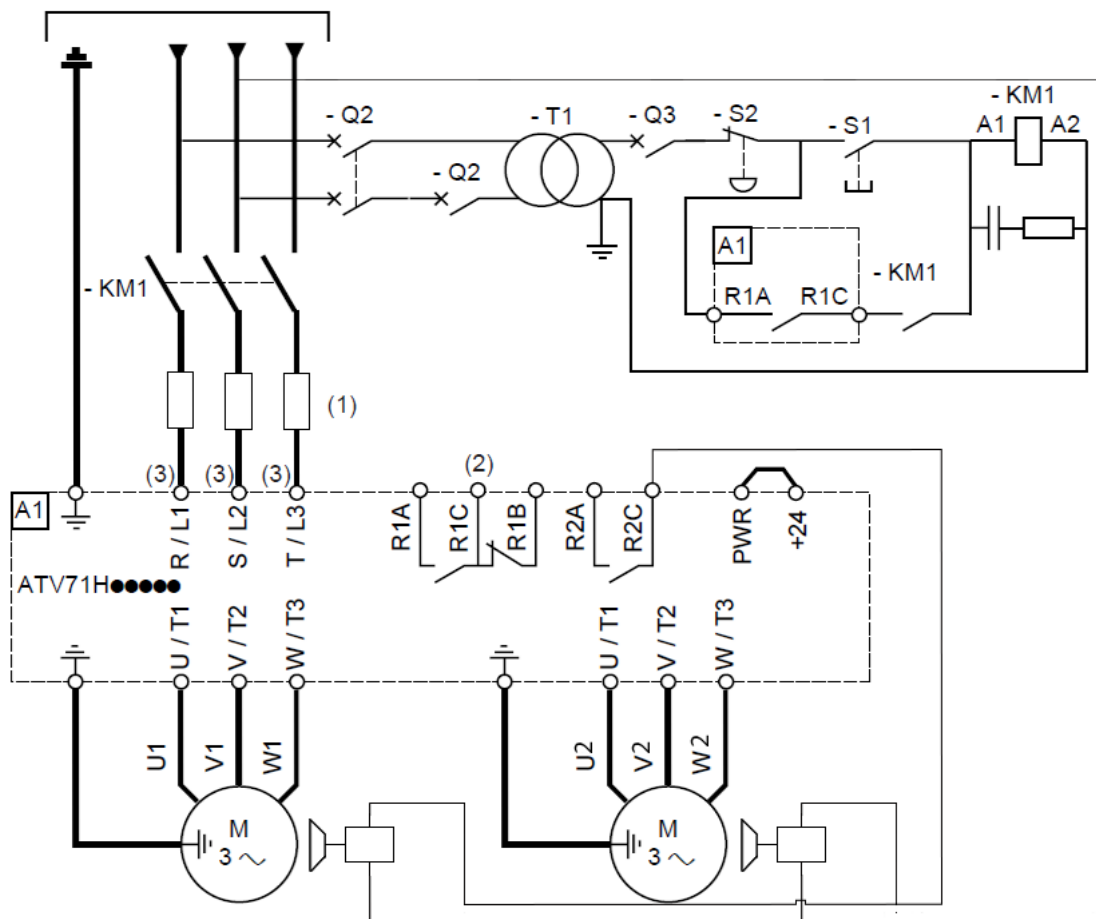


Рисунок.2.2 Схема підключення перетворювача частоти до двигунів.

Обраний перетворювач реалізує векторний закон регулювання. Суть векторного регулювання полягає в незалежному управлінні двома складовими струму статора, орієнтованими по осях d , q ротора. Складова по осі d являється потокостворюючою, по осі q - моментостворюючою. Характеристики векторного асинхронного електроприводу, таким чином, по точності і швидкодії наближаються до характеристик двозонного електроприводу постійного струму.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

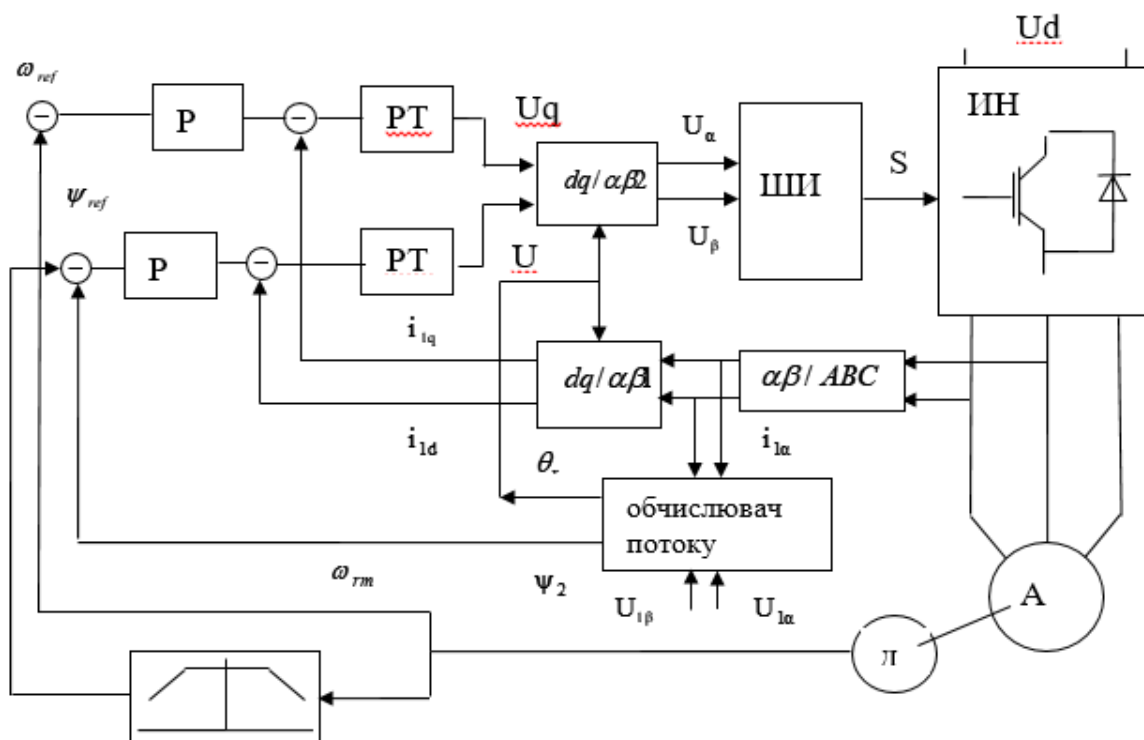


Рисунок. 2.3. Функціональна схема електроприводу, реалізуюча векторне керування.

Векторне управління вимагає перетворення координат. Напряга статора описується в осях α, β , роторні величини - в осях d, q .

Регулювальники поточозчеплення, швидкості, складових струмів по осях d, q розраховуються виходячи з симетричного критерію оптимізації відповідно до передавальної функції об'єкту управління (асинхронний двигун) по цих осях.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Вибір гальмівного пристрою

Перетворювач частоти без застосування додаткового гальмівного пристрою забезпечує гальмівний момент, рівний 30% від номінального (гальмування постійним струмом, гальмування магнітним потоком).

Гальмівний резистор для важкого режиму роботи забезпечує момент гальмування, рівний номінальному при номінальній швидкості протягом 3 секунд плюс протягом 7 секунд при гальмуванні від номінальної швидкості до нуля. В обох випадках робочий цикл - не частіше 1 разу на 2 хв. На невеликі потужності резистори виготовляються з алюмінієвого профілю. Резистори на великі потужності виготовляються зі сталевих пластин, при цьому вони завжди забезпечені термісторами. Всі HD резистори мають вбудований тепловий ключ - температура розчеплення 220 ° C.

Для перетворювача частоти **ATV71HD75N4Z**, згідно каталогу, необхідно вибрати гальмівний пристрій типу **VW3A7707**.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Параметри ланок, використовувані в моделі :

Базовий опір:

$$Z_b = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot I_r} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 30} = 7.313 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі статора:

$$R_{1b} = R_1 \cdot Z_b = 0.755 \cdot 7.313 = 5.521 \text{ Ом}$$

$$X_{1b} = X_1 \cdot Z_b = 1.05 \cdot 7.313 = 7.679 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі ротора:

$$R_{2b} = R_2 \cdot Z_b = 1.62 \cdot 7.313 = 11.847 \text{ Ом}$$

$$X_{2b} = X_2 \cdot Z_b = 1.02 \cdot 7.313 = 7.459 \text{ Ом}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$k_t = \frac{U_b}{2 \cdot I_r} = \frac{10}{60} = 0.167$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_c = \frac{U_b}{w_{drive}} = \frac{10}{87.92} = 0.114$$

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора:

$$k_2 = \frac{L_m}{L_2} = \frac{0.187}{0.211} = 0.887$$

Постійна часу ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{0.211}{1.62} = 0.13 \text{ c}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Номінальне потокозчеплення:

$$\psi_r = \frac{I_r}{I_r \cdot 1.5 \cdot \sqrt{2} \cdot k_2 \cdot 2p} = \frac{30}{30 \cdot 1.5 \cdot \sqrt{2} \cdot 0.887 \cdot 3} = 0.089$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потокозчепленню:

$$k_\psi = \frac{U_b}{\psi_r} = \frac{10}{0.089} = 112.922$$

Передаточна функція регулятора швидкості :

$$W_{sc} = \frac{J \cdot k_\psi \cdot k_t \cdot (8 \cdot T_\psi \cdot p + 1)}{48 \cdot T_\mu^2 \cdot k_c \cdot k_2 \cdot p_n}$$

Тоді пропорційна частина РШ :

$$W_{sc\Pi}(p) = \frac{J \cdot k_\psi \cdot k_t}{6 \cdot T_\mu^1 \cdot k_c \cdot k_2 \cdot p_n} = \frac{0.44 \cdot 112.922 \cdot 0.167}{6 \cdot 0.001 \cdot 0.114 \cdot 0.887 \cdot 6} = 2279.524$$

Інтегральна частина:

$$W_{scИ}(p) = \frac{J \cdot k_\psi \cdot k_t}{48 \cdot T_\mu^2 \cdot k_c \cdot k_2 \cdot p_n}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$W_{sc}И(p) = \frac{0.44 \cdot 112.922 \cdot 0.167}{48 \cdot 0.000001 \cdot 0.114 \cdot 0.887 \cdot 6} = 284940,46$$

Передаточна функція регулятора потокозчеплення

$$W_{p\psi}(p) = \frac{k_t \cdot (T_2 \cdot p + 1)}{4 \cdot T_\mu^1 \cdot k_\psi \cdot L_m \cdot p_n}$$

Пропорційна частина регулятора потокозчеплення

$$W_{p\psi}П(p) = \frac{k_t \cdot T_2}{4 \cdot T_\mu^1 \cdot k_\psi \cdot L_m} = \frac{0.167 \cdot 0.13}{4 \cdot 0.001 \cdot 112.922 \cdot 0.187} = 0.257$$

Інтегральна частина регулятора потокозчеплення

$$W_{p\psi}И(p) = \frac{k_t \cdot (T_2 \cdot p + 1)}{4 \cdot T_\mu^1 \cdot k_\psi \cdot L_m} = \frac{0.026 \cdot (0.13 + 1)}{4 \cdot 0.001 \cdot 112.922 \cdot 0.187} = 0.515$$

Розрахункові параметри САР використовуються для програмування перетворювача частоти.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

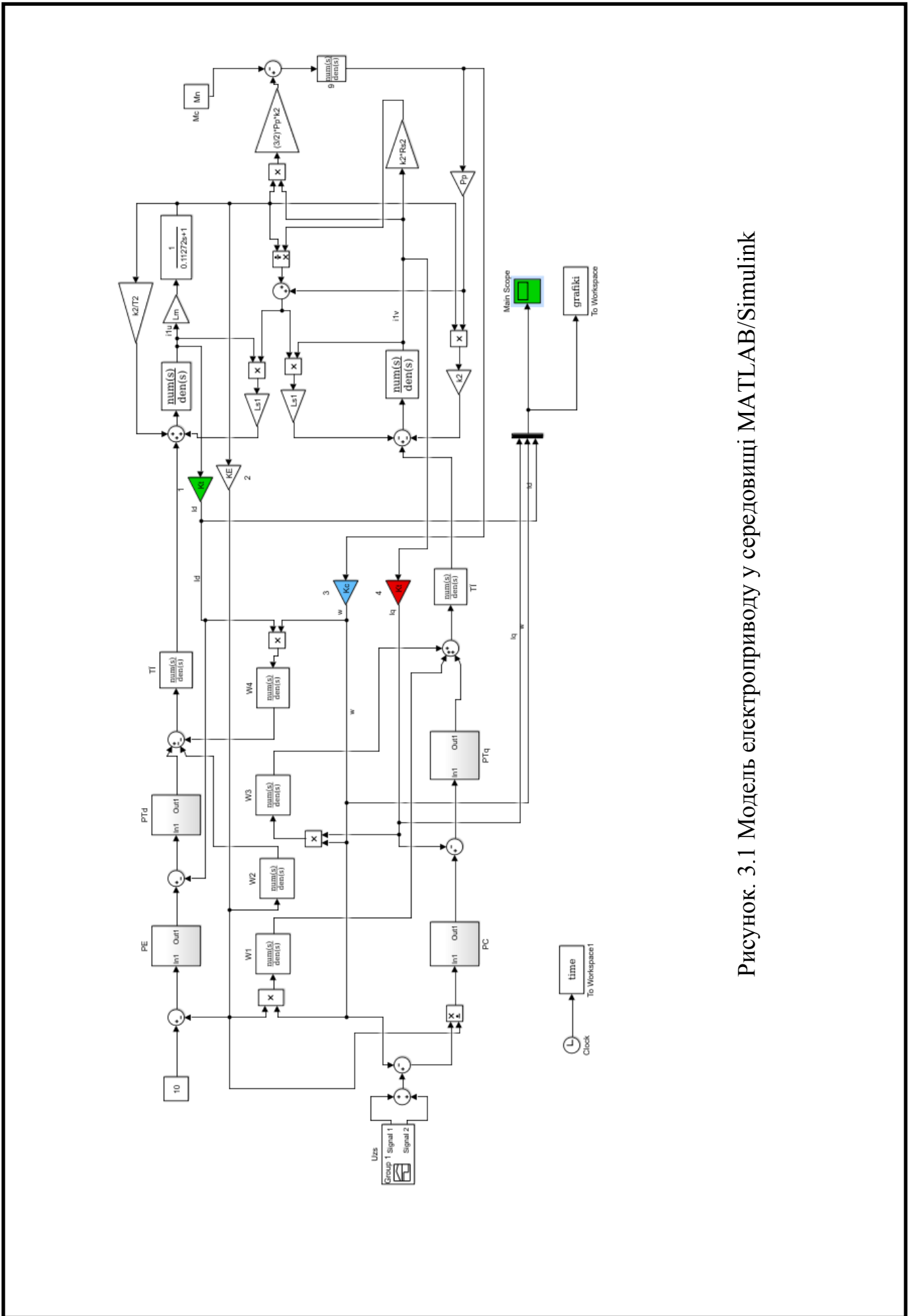


Рисунок 3.1 Модель електроприводу у середовищі MATLAB/Simulink

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
-----	------	----------	--------	------	------

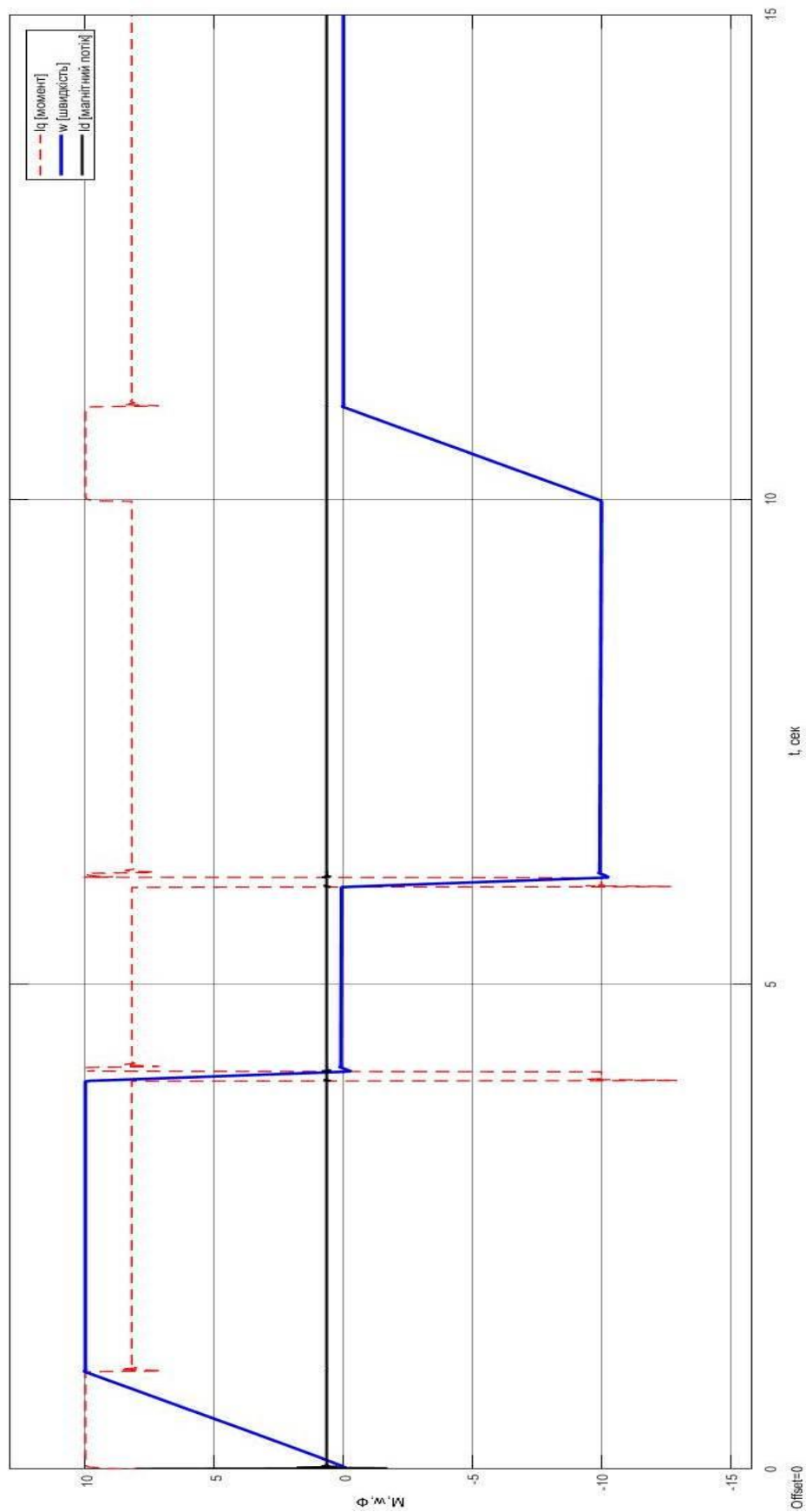


Рисунок 3.2 Графіки перехідних процесів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Арк.



Рисунок. 3.3 Графіки перехідних процесів при пуску двигуна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Арк.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників

При роботі крану на машиніста та допоміжній персонал можуть впливати небезпечні (що викликають травми) та шкідливі (що викликають захворювання та отруєння) виробничі чинники.

До небезпечних фізичних чинників відносяться: рухомі машини і механізми; незахищені рухливі елементи виробничого устаткування, різні підйомно-транспортні пристрої і вантажі, що переміщуються. Ці чинники призводять до травмування людей, які знаходяться у зоні дії крану.

В процесі роботи крану може статися: обрив канату, схід крану з рейки, що може привести до травматичних наслідків.

Основним небезпечним фактором є підвищена напруга в електричних ланцюгах комутаційної апаратури, замикання яких може відбутися через тіло машиніста чи іншого персоналу, який знаходиться у робочій зоні дії крану. Попадання під напругу може статися при обриві дроту, порушенні ізоляції, оголення дротів і пуску регулювальної апаратури, відсутності огорожень від струмопровідних шинопроводів.

Перебуваючи в кабіні управління, машиніст піддається впливу шуму і вібрацій. Шум виникає при роботі електродвигунів і механізмів крана, ударах на стиках рейок кранової колії. Вібрації при роботі мостового крана виникають як у вертикальній, так і в горизонтальній площинах. Вертикальні коливання кранового моста мають діапазон частоти - 1,5-8, 0 Гц. Горизонтальні коливання, які передаються кабіні управління в результаті розгойдування вантажу, - діапазон частот 0,2-1,0 Гц. Враховуючи, що резонансна частота коливань органів людського тіла знаходиться в діапазоні частот 1 -15 Гц, машиніст піддається вертикальним коливанням найбільш несприятливого спектру.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Під впливом вібрації у персоналу набуваються професійні захворювання, а механізми швидше виходять з ладу.

Також до небезпечних чинників відноситься недостатня освітленість, що може призвести до травм та порушення зору персоналу.

4.2 Заходи з техніки безпеки при експлуатації та ремонті електроустаткування крана

Для забезпечення електробезпеки потрібно застосовувати окремо або в поєднанні такі технічні способи та засоби:

- а) захисне заземлення;
- б) занулення;
- в) малу напругу (до 36 В);
- г) захисне відключення;
- д) ізоляцію струмовідучих частин;
- е) огорожувальні пристрої;
- ж) попереджувальну сигналізацію;
- з) блокування, знаки безпеки; засоби захисту і запобіжні пристосування.

До роботи з електроустановками допускаються особи, не мають медичних протипоказань та пройшли інструктаж, навчання безпечним методам праці і перевірку знань правил безпеки та інструкцій відповідно до займаної посади.

Проводити роботи з струмоведачими частинами, які знаходяться під напругою та поблизу них повинні не менш ніж двоє працюючих.

Електромонтери, електрослюсарі та інші особи, що проводять ремонт, налагодження та випробування електрообладнання, електропроводки та допоміжних пристроїв мостових кранів, повинні мати кваліфікаційну групу III.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Основні заходи з електробезпеки спрямовані на те, щоб повністю виключити електротравми. Це досягається таким пристроєм електроустановки, при якому її струмоведучі частини недоступні для випадкового дотику завдяки їх огороженню, розташуванню на недоступній висоті, блокуваннях і т. д.

Важливим заходом, що забезпечує електробезпеку обслуговуючого персоналу, є захисне заземлення або занулення металевих неструмоведучих частин електрообладнання. Відповідно до Правилами устрою електроустановок захисним заземленням, виконуваних для забезпечення електробезпеки, називається навмісне металеве з'єднання із заземлюючим пристроєм елементів електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою. Занулення в електроустановках і мережах напругою до 1000 В — це навмісне електричне з'єднання металевих елементів установки, нормально ізольовані від частин, що знаходяться під напругою (корпуси електроустаткування, сталеві труби електропроводок та ін.), з глухозаземленою нейтралю генератора або трансформатора в мережах змінного струму, а також з глухозаземленої середньою точкою в трипровідних мережах постійного струму з нульовим проводом.

Захисне заземлення при пошкодженні ізоляції і переході напруги на частини металевої конструкції електроустановки автоматично відключає пошкоджене електрообладнання або знижує напругу на частинах конструкції до безпечного значення.

Заземлення металоконструкцій мостових кранів і встановленого на них електроустаткування можна виконувати через підкранові шляхи. Заземлення візків на кранах забезпечується контактом через рейки і ходові колеса. Приєднання заземлюючого проводу до рейковим шляхам крана повинно виконуватися за допомогою зварювання, а приєднання до корпусів електродвигунів, апаратів і т. п. — болтовими з'єднаннями, які забезпечують надійність контакту (контргайки, контррящіе шайби).

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Індивідуальні захисні засоби (ізоляційні килимки, рукавички, калоші, штанги) та застосування струму напругою 12 В для переносних ламп забезпечують безпеку роботи з електроустановками.

Під час огляду і чищення резисторів їх слід знеструмити. Так як в більшості випадків резистори поставляються і монтуються відкритими, тобто що знаходяться під напругою. Температура елементів резистора при роботі настільки висока, що дотик до їх поверхні може викликати сильний опік. Знеструмити можна тільки відключенням головного рубильника. Постанова контролера в нульове положення не є надійним засобом відключення, так як частина проводів може виявитися невідключеною.

При ремонті двигуна він повинен бути відключений всіма наявними в його ланцюзі апаратами (рубильниками, магнітним пускачем, контролером) і запобіжники повинні бути зняті. Якщо двигун, знімається для ремонту, то кінці від'єднаних кабелів слід заізолювати. На що включають пристроях вивішуються попереджувальні плакати і приймаються заходи, попереджуючі помилкове включення

4.3 Заходи з протипожежної безпеки при експлуатації та ремонті електроустаткування крана

У виробничих умовах, а також при виконанні ремонтно-монтажних робіт при порушенні протипожежних заходів не виключено виникнення вогнищ загоряння, які можуть перетворитися на пожежу.

На пожежо - і вибухонебезпечних ділянках підприємства вивішується попереджувальний плакат «Курити забороняється». Паління дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, де є урни або бочки з водою для недопалків. У цих місцях встановлюють напис «Місце для куріння». На багатьох передових підприємствах взяли більш

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

рішучі заходи. Перед входом встановили плакат «На території заводу палити заборонено».

Пожежа на крані особливо небезпечний: немає шляху для відступу при розвитку пожежі, і допомога важко чинити з-за великої висоти крана. Пожежі на кранах іноді виникають внаслідок несправностей електрообладнання.

Для гасіння пожежі на крані застосовують сухий вогнегасник типу ОУ-2, з сталевим балон з вуглекислим газом, стиснутим до 17 МПа.

Крім вогнегасників типу ОУ-2 можна застосовувати вогнегасники ОУ-5 та ОУ-8 з місткістю балона 5 і 8 л, які за конструкцією і принципом дії не відрізняються від ОУ-2.

Застосовувати пінні рідинні вогнегасники на кранах неприпустимо, тому що струмінь піни проводить струм і може викликати ураження електричним струмом людини, що працює з вогнегасником. Крім того, піна містить їдкі речовини і при попаданні на працюючих може призвести до опіків шкіри і псування одягу.

При будь-якому запаленні на крані треба негайно вимкнути головний рубильник і приступити до гасіння вогню.

4.3 Розрахування заземлення електроустановки

Таблиця 4.1 – Номінальні дані асинхронного двигуна

Тип дви-гуна	ТВ, %	Р _н , кВт	п _н , об/хв	І _с , А	cosφ	ККД, %	І _{р.н} , А	Е _{р.н} , В	М _{МАХ} , Нм	GD ² , кгм ²	Маса дви-гуна
МТН-412-6	40	30	965	76	0,71	84.5	73	255	1370	2,7	932

Заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею, або її еквівалентом, металевих неструмоведучих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою у зв'язку з пробоем ізоляції на корпус.

											Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Згідно ПУЕ, для забезпечення електробезпеки, всі металеві частини електрообладнання, по яких не повинен проходити струм повинні бути заземлені.

4.3.1 Визначаю струм замикання на землю;

$$I_3 = \frac{3 \cdot U_{\phi}}{350} (3,5 I_{\text{к.л.}} + I_{\text{в.л.}}), \text{ А}$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі $U_{\phi}=380\text{В}$, кВ; $I_{\text{к.л.}}$ –довжина електрично зв'язаних кабельних ліній, $I_{\text{к.л.}}=4,2$ км; $I_{\text{в.л.}}$ –довжина електрично зв'язаних повітряних ліній, $I_{\text{в.л.}}=12$ км.

$$I_3 = \frac{3 \cdot 380}{350} (3,5 \cdot 4,2 + 12) = 50,2, \text{ А}$$

4.3.2 Визначаю значення опору заземлення R_3 . За ПУЕ визначається в залежності від напруги, $660\text{В} > U > 380\text{В}$, $R_3 = 4$ Ом.

Опір природного заземлювача $R_{\text{п}} = 17,5$ Ом.

4.3.3 Визначається необхідний опір штучних заземлювачів;

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{п}} \cdot R_{\text{пуэ}}}{R_{\text{п}} - R_{\text{пуэ}}}$$

$$R_{\text{и}} = \frac{17,5 \cdot 4}{17,5 - 4} = 5,18 \text{ Ом}$$

4.3.4 Вибирається тип заземлюючого пристрою, виносний на підставі даних про об'єкт, що захищається, і значень $R_{\text{ш,р}}$.

Як вертикальні заземлювачі варто використовувати сталеві стрижні діаметром 35 мм, довжиною 3 м. Верхній кінець вертикального заземлювача повинен бути занурений на 0,7 м від поверхні землі. Як горизонтальні заземлювачі варто використовувати круглу сталь діаметром 10 мм.

4.3.5 Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту для однорідного ґрунту;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\rho_{\text{роз}} = \rho_{\text{вим}} \cdot \Psi, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

де $\rho_{\text{вим}}$ - питомий опір ґрунту, $\rho_{\text{вим}} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

Ψ - кліматичний коефіцієнт, $\Psi = 1,5$.

$$\rho_{\text{роз}} = 150 \cdot 1,5 = 225, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

4.3.6 Визначаю опір одиночного вертикального заземлювача;

$$R_B = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t_0+1}{5t_0-1} \right), \text{ Ом}$$

де $t_0 = 0,7$ м – мінімальна відстань від землі до вертикального електрода;

l – довжина вертикального заземлювача, $l = 3$ м;

d – діаметр вертикального заземлювача, $d = 0,035$ м.

$$R_B = \frac{225}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,035} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 1}{5 \cdot 0,7 - 1} \right) = 63,93, \text{ Ом}$$

Визначаємо опір горизонтального електрода;

$$R_G = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t}, \text{ Ом}$$

де $t = 0,7$ м – мінімальна відстань від землі до вертикального електрода;

l – довжина горизонтального заземлювача, $l = 25$ м;

d – діаметр горизонтального заземлювача, $d = 0,035$ м.

$$R_G = \frac{225}{2 \cdot 3,14 \cdot 25} \cdot \ln \frac{25^2}{0,035 \cdot 0,7} = 9,73 \text{ Ом}$$

Тоді розрахунковий опір заземлювача буде визначений за формулою;

$$R = \frac{R_B R_G}{R_B \eta_G + R_G \eta_B \cdot n}, \text{ Ом}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де $\eta_r = 0.75$ – Коефіцієнт використання горизонтального смугового електрода;

$\eta_v = 0.74$ – Коефіцієнт використання вертикального смугового електрода;

$$R = \frac{63,93 \cdot 9,73}{63,93 \cdot 0.75 + 9,73 \cdot 0.74 \cdot 10} = 5,18 \text{ Ом}$$

Отримане значення опору порівнюється з необхідним опором штучного заземлювача,

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

5. Техніко-економічне обґрунтування

5.1 Вступ

Основним завданням техніко-економічного обґрунтування є доведення економічної доцільності використання перетворювача частоти для управління електричним двигуном привода переміщення мостового крану.

Застосування електродвигуна керованого за допомогою перетворювача частоти не тільки покращить швидкість та точність роботи двигуна, що в свою чергу позитивно вплине на конкурентноспроможність продукції, а й поліпшить техніко-економічні показники.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

5.2 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні вкладення - це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні вкладення реалізації проекту включають в себе:

- витрати на придбання обладнання;
- витрати на монтаж и наладку обладнання;

Підрахунок витрат здійснюється на основі цін, наведених в прайс-лист виробників обладнання та інших довідкових матеріалів.

Для визначення проектних капіталовкладень використовується формула:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}$$

де - $K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i)$ - вартість придбання електрообладнання або сумарна вартість комплектуючих елементів, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k — кількість необхідних комплектуючих;

$Z_{\text{тзс}}$ — транспортно-заготовчі і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$ — витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{н}}$ — витрати на налаштування;

$Z_{\text{пр}}$ — інші одноразові вкладення грошових коштів.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Витрати на монтаж та налагодження

Витрати на монтаж знаходяться за формулою:

$$З_m = \sum(C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_{\text{доплат}} \cdot K_{\text{соц.вл.}} \cdot K_{\text{пр}}$$

Таблиця 5.2 Витрати на монтаж ($З_m$)

Найменування витрат	Позначення	Значення
Кількість працівників IV разряду, чол.	C_i	4
Часова ставка монтажника IV разряду, грн.	a_i	39,3
Час виконання робіт, г	t_i	8
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

$$З_m = \sum(4 \cdot 39,3 \cdot 8) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 2774 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 Витрати на налагодження ($З_n$)

Найменування витрат	Позначення	Значення
Кількість працівників IV разряду, чол.	C_i	2
Часова ставка монтажника VI разряду, грн.	a_i	41,8
Час виконання робіт, г	t_i	8
Коефіцієнт що враховує розмір доплат	$K_{\text{доплат}}$	1,69
Коефіцієнт що враховує відрахування на соціальні заходи	$K_{\text{соц.вл.}}$	1,22
Коефіцієнт що враховує інші витрати	$K_{\text{пр}}$	1,07

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$Z_H = \sum(2 \cdot 41,8 \cdot 8) \cdot 1,69 \cdot 1,22 \cdot 1,07 = 1475 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражений у грошовій формі.

До основних експлуатаційних витрат відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_3);
- відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);
- Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_T);
- вартість витрат на електроенергію (C_9);
- інші експлуатаційні витрати ($C_{пр}$).

Таким чином, річні експлуатаційні виплати складають:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_9 + C_{пр}$$

5.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат струму з рекуперацією.

Амортизаційна вартість основних фондів:

$$O_a = O_{п} - Л = 247521 - 0 = 247521 \text{ грн.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де $O_{п}$ - початкова (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

L - розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів. Якщо визначити очікувану ліквідаційну вартість об'єкта основних засобів складно, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється вважати її рівною нулю.

Електрообладнання відноситься до IV групи основних засобів з мінімальним строком корисного використання $T_k = 5$ років.

Норма амортизації H_a при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і визначається за формулою:

$$H_a = \frac{O_{п}-L}{O_{п}\cdot T_k} \cdot 100\% = \frac{247521-0}{247521\cdot 5} \cdot 100\% = 20\%$$

Таблиця 5.5 Розрахунок амортизаційних відчислень

Найменування	Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Сумма амортизації, грн.
Проектний варіант	319567	20	63913

5.3.2 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства.

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати за формулою:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$P_{т.р.} = \sum_{i=1}^n (R \cdot t \cdot m \cdot R_{\Sigma} + \frac{S \cdot \Pi}{T} \cdot T_{\phi})$$

де R - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t - трудомісткість одного ремонту (для малого приймаємо 1,2 год / од.);

m - кількість ремонтів в рік;

R_Σ- сумарна категорія складності ремонту (приймаємо 10);

S - вартість однотипних замінних елементів, грн;

Π - кількість однотипних замінних елементів, грн;

T - середній термін служби деталей одного типу, год;

T_φ - число годин роботи обладнання в рік, год.

Номінальний річний фонд робочого часу електрообладнання становить:

$$T_H = T_p \cdot K_{зм} \cdot t_{зм} = 240 \cdot 1 \cdot 8 = 1920 \text{ год.}$$

де K_{зм} - кількість робочих змін;

(240 робочих днів, зміна 8:00, робота в 1 зміну)

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт :

$$T_{п.рем.} = 6 \cdot 8 = 48 \text{ год.}$$

Технічна зупинка на обслуговування становить приблизно 1 год. в зміну тобто 245 годин.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Загальний час обслуговування

$$T_{\text{обсл}} = 48 + 240 = 288 \text{ год.}$$

Загальний час роботи обладнання становить

$$T_p = 1920 - 288 = 1632 \text{ год.}$$

Загальні витрати на експлуатацію і ремонт складають:

$$Z_{\text{т.р.}} = 24,59 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 10 + \frac{250 \cdot 6}{600} \cdot 1632 = 5260 \text{ грн.}$$

5.3.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкта проектування за формулою:

$$C_e = W_p \cdot C_e$$

де W_p - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт·год;

C_e - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт·год.

Ціна електроенергії для I класу споживачів станом на 1.04.2019 складає 1.79 грн / кВт · год.

<https://axiomplus.com.ua/news/tarifyi-dlya-predpriyatiy/>

Річний фонд робочого часу об'єкта проектування 1657 год.

Кількість спожитої електроенергії за рік об'єкта проектування:

$$W_p = P_{\text{п}} \cdot T_p = 35 \cdot 1657 = 57995 \text{ кВт} \cdot \text{час.}$$

де: $P_{\text{п}}$ – споживана потужність з урахуванням втрат.

$$P_{\text{п}} = 2 \cdot \frac{P_{\text{н}}}{\text{ККД}} = 2 \cdot \frac{30}{0.84} = 35 \text{ кВт}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року складає:

$$C_e = 57995 \cdot 1,79 = 103811 \text{ грн}$$

$$C = 53858 + 5260 + 68218 = 127336 \text{ грн}$$

Висновки

У даному розділі були визначені проектні капітальні витрати на впровадження розробленого технологічного рішення які складають 319567 грн. Річні експлуатаційні витрати складають 172984 грн.

Встановлення нового обладнання дозволило скороти витрати на електроенергію за рахунок зменшення втрат та раціонального використання електроенергії. Досягнуто це за рахунок сучасних технологій управління електродвигуном за допомогою перетворювача.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розраховано автоматизований електропривод, а саме: обрано відповідний вимогам двигун та перетворювач частоти.

У проекті була розрахована система автоматичного керування. На базі цих розрахунків створена модель електропривода, з якої зняті характеристики перехідних процесів.

У відповідному розділі розглянуті питання щодо охорони праці, прийняті рішення щодо усунення небезпечних факторів.

У розділі економіки шляхом розрахунків встановлена доцільність обраної техніки.

Аналізуючи все вищезазначене можна сказати, що в дипломі була доведена доцільність використання розглянутої системи автоматичного керування.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

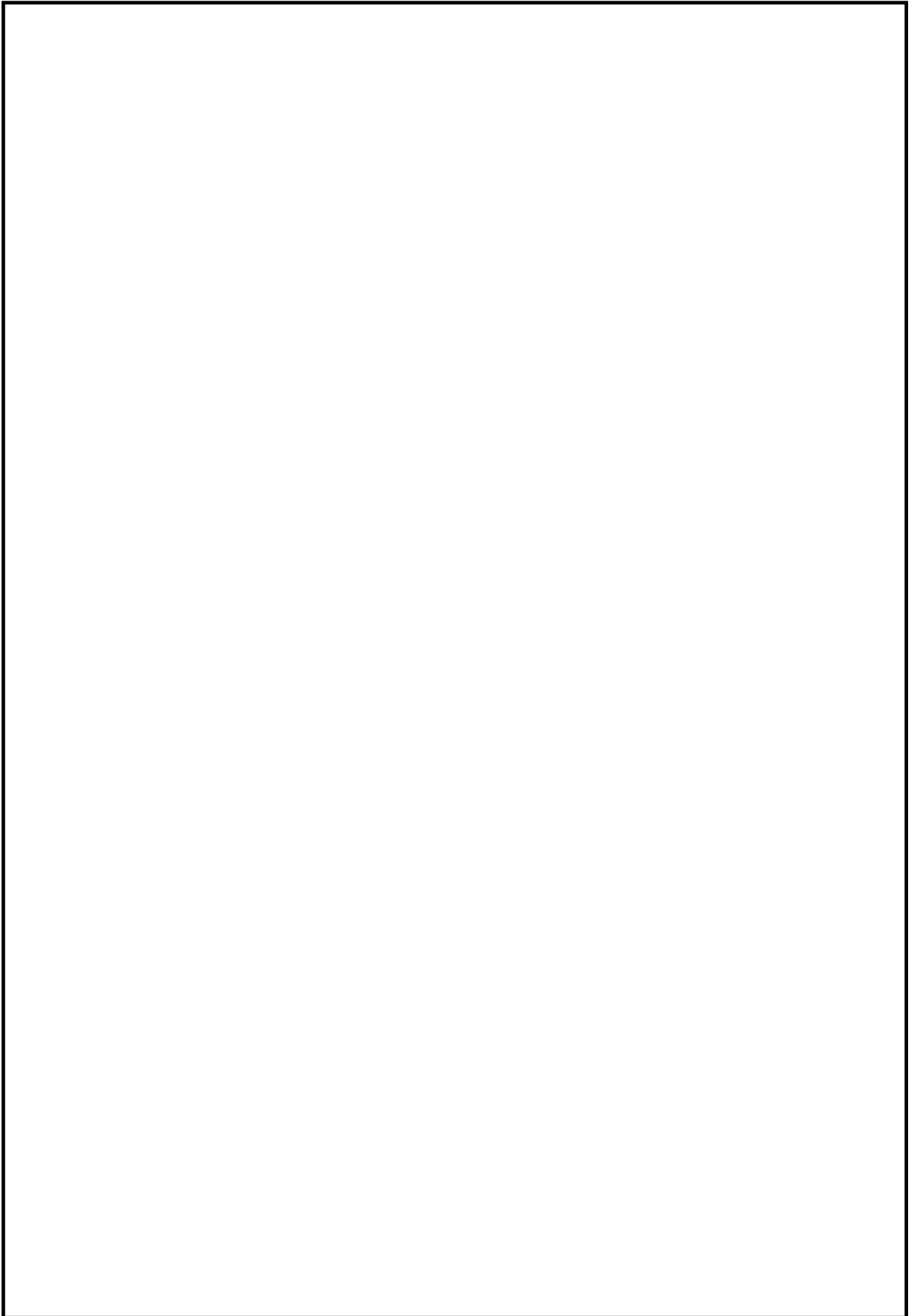
1. Колб А.А., Колб А.А. Теорія електроприводу: Навч. посібник. Д.: НГУ. – 2006.
2. Вешевский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977. – 432 с.
3. Яуре Я.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 344 с.
4. Народицкий А.Г. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов, М.: Энергия. 2004. 224 с.
5. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий/Под ред. М. Г. Зимеикова, Г. В. Розейберга, Е. М. Феськова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 480 с.
6. Справочник по кранам. В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов [Текст] Т. 2. / М. П. Александров, М. М. Гохберг, А. А. Ковин, 1988. - 559 с.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

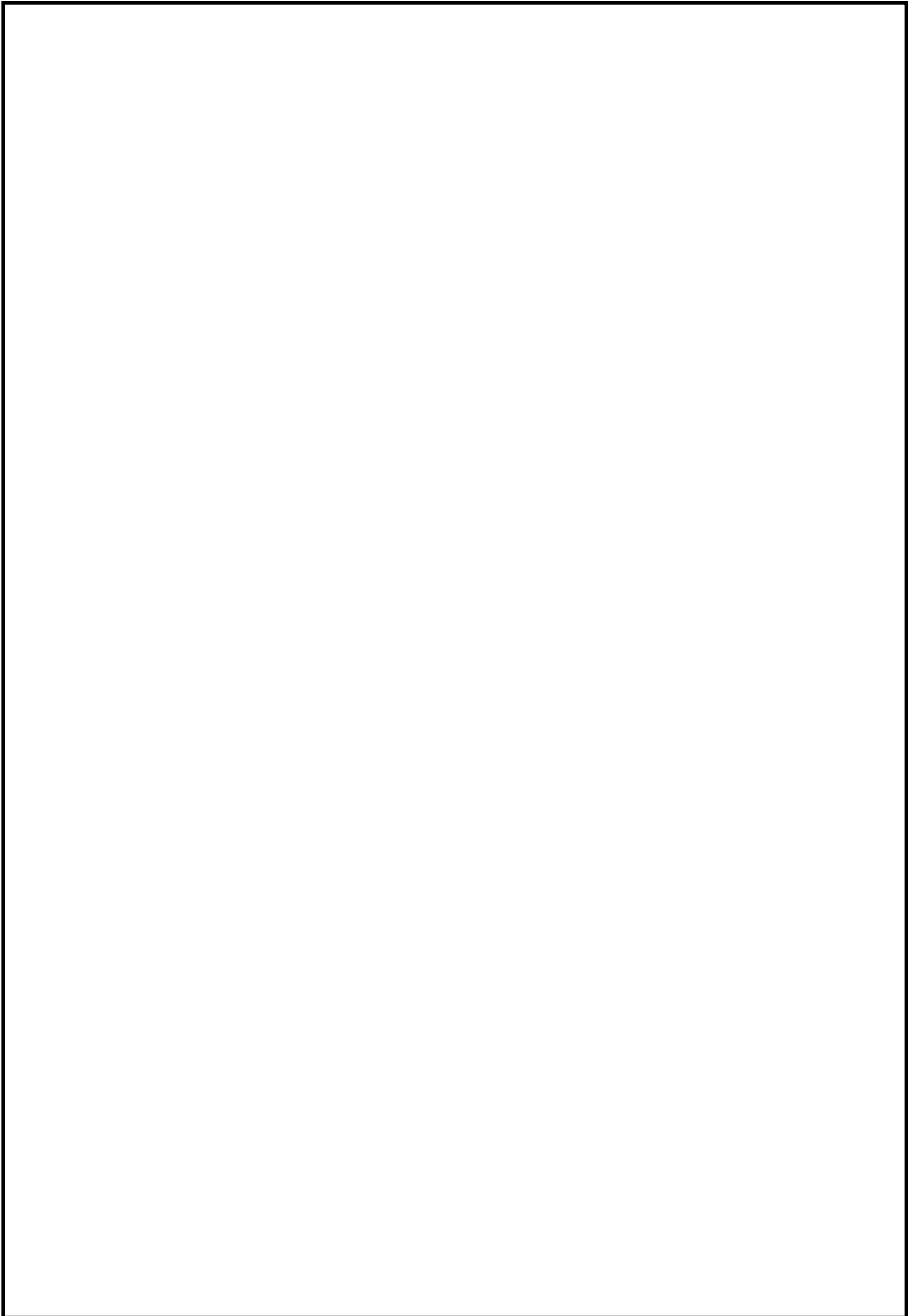
Интернет посилання:

1. <https://www.se.com/ua/ru/product/ATV71HD75N4Z/преобразователь-частоты-atv71-480в-75квт-эмс/?range=1155-altivar-71&node=12143614297-преобразователи-частоты>
2. <https://prom.ua/ua/p805797957-mtf-412-kranovyj.html>
3. <https://prom.ua/p493209614-reduktor-vku-965m.html>
4. <https://www.se.com/ru/ru/product/VW3A7707/тормозной-резистор-5-ом-1000-вт>

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

