Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ "Дніпровська політехніка"

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра *Електропривода*
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломного проекту (роботи)
бакалавр
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань *141 електротехніка та електромеханіка*
(шифр і назва галузі знань)
напрям підготовки *6.05070204 «Електромеханіка»*
(код і назва напряму підготовки)

освітній рівень *бакалавр*
(назва освітнього рівня)
кваліфікація *фахівець у галузі електромеханіки*
(код і назва кваліфікації)

на тему: *Модернізація електропривода переміщення моста двухопорного крану вантажністю 5 т.*

Виконавець:
студент *4* **курсу, групи** *ЕМ-15-1*

_____ *Люлька Б.В.*
(підпис) **(прізвище та ініціали)**

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	*Балахонцев О.В.*		
розділів			
Спеціальна частина	*Балахонцев О.В.*		
Охорона праці	*Столбченко О.В.*		
Економіка	*Тимошенко Л.В.*		
Рецензент			
Нормоконтроль	*Казачковський М.М.*		

Дніпро
2019

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
НТУ «Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
Завідувач кафедри
електроприводу
(повназва)
_____ *Казачковський М.М.*
(підпис) (прізвище,ініціали)
29.01.2019 року

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект
бакалавр
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту *ЕМ-15-1* *Люльки Б.В.*
(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломного проекту: *Модернізація електропривода переміщення моста двухопорного крану вантажністю 5 т.*

затверджена наказом ректора ДВНЗ НТУ "Дніпровська політехніка" від 18.06.2019 № 568-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Спеціальний	*Модернізація електропривода переміщення моста двухопорного крану вантажністю 5 т.*	29.01 –27.05
Охорона праці	*Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, заходи щодо їх усунення та розрахунок системи заземлення.*	28.05 – 3.06
Економічний	*Розрахунок основних техніко-економічних показників впровадження дипломного проекту.*	4.06 – 18.06

Завдання видав _____ *Балахонцев О.В.*
(підпис) (прізвище, ініціали)
Завдання прийняв до виконання _____ *Люлька Б.В.*
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 29.01.2019

Термін подання дипломного проекту до ДЕК 18.06.2019

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 61 стор., 13 рис., 12 табл., 7 джерел, 4 листа графічної частини.

Об'єкт детальної розробки: модернізація електропривода переміщення моста двухопорного крану вантажністю 5 т.

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

В проекті зроблений аналіз заходів щодо модернізації електропривода підйому мостового крану, обґрунтована номінальна потужність двигуна. Обрано перетворювач частоти і компоненти силової частини електропривода.

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

Розроблені заходи щодо охорони праці на виробництві.

Доведена економічна ефективність впровадження технічних рішень.

МОСТОВИЙ КРАН, РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....5
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....6
1.1 Опис механізму.....6
1.2 Вимоги до електроприводу кранових механізмів.....7
1.3 Вихідні дані до проектування.....12
2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД.....13
2.1 Вибір типу електроприводу.....13
2.2 Вибір електродвигуна.....14
2.3 Вибір перетворювача.....19
2.4 Вибір гальмівного пристрою.....23
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ.....25
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....31
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників.....31
4.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці.....32
4.3 Пожежна безпека.....34
4.4 Оцінка акустичної безпеки при роботі крана.....34
4.5 Оцінка електробезпеки при експлуатації крану.....35
4.6 Освітлення.....36
4.7 Заходи щодо надзвичайних ситуацій.....36
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....37
5.1 Розрахунок капітальних інвестицій.....38
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....44
5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....44
5.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....47
5.2.3 Єдиний соціальний внесок.....50
5.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....50
5.2.5 Розрахунок вартості втрат електроенергії.....51
5.2.6 Визначення інших витрат.....52
5.3 Визначення річної економії від впровадження об'єкту проектування....53
ВИСНОВКИ.....55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....56

ВСТУП

Метою дипломного проекту є надбання необхідних навичок по технічному рішенню завдань при проектуванні системи автоматизованого електроприводу.

Об'єктом проектування в цій роботі є привід переміщення моста двухопорного крану вантажністю 5 т .

Завданнями цього проекту є:

– розрахунок по діаграми навантаження необхідної потужності електродвигуна і вибір перетворювача частоти;

– розрахунок математичної моделі рівнянь руху механічної частини мостового крану і перетворювача енергії.

– синтез САК електроприводу ;

– створення моделі електроприводу;

– розрахунок техніко-економічної ефективності від застосування розробленої системи.

Кінцевою метою проектування, розробки, впровадження та застосування переміщювально-транспортних машин є ліквідація ручних вантажно-розвантажувальних робіт і виключення важкої праці при виконанні основних і допоміжних операцій.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис механізму

Кран однобалочний використовується при невеликих обсягах вантажопотоку як на відкритому повітрі (при температурах від -40 до +40 З), так і в закритих приміщеннях. Універсальна конструкція мостового крана сприяє його широкому застосуванню в промисловій сфері, а також при підйомі і переміщенні вантажів вагою від 1 до 5 тонн.

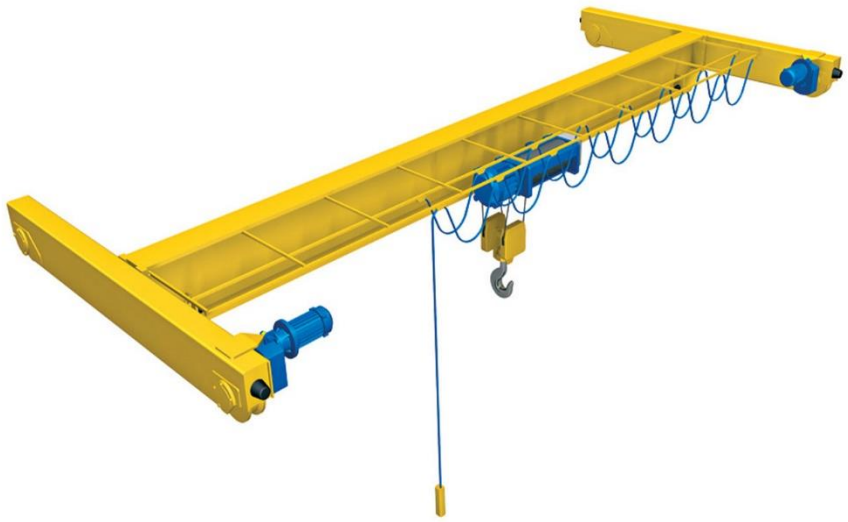

Рис.1.1.Мостовий двухопорний кран вантажністю 5 т.

Ідеальний електропривод механізму горизонтального переміщення повинен забезпечувати жорсткі механічні характеристики в руховому і гальмівному режимах. На відміну від механізму підйому гальмівний режим механізмів горизонтального переміщення займає лише невеликий час циклу і виникає, як правило, при переході з вищих швидкостей на нижчі.

Багато механізмів горизонтального переміщення крану мають великий приведений момент інерції, тому, щоб уникнути підвищених динамічних навантажень на металоконструкції і механізми електропривод повинен обмежувати прискорення при пуску і гальмуванні.

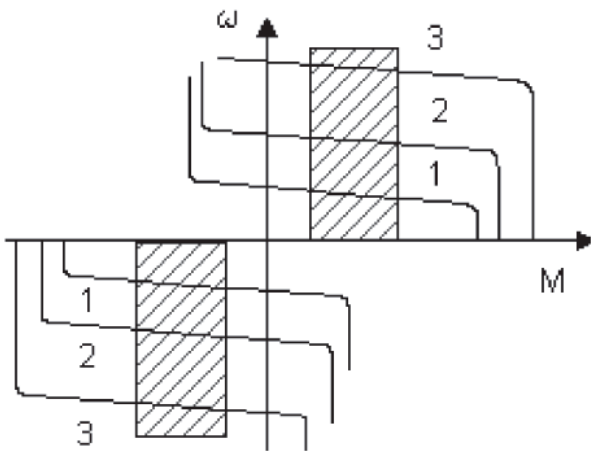

Рис.1.2 Бажані механічні характеристики електроприводу механізму горизонтального переміщення

Залежно від типу приводу розрізняють однобалочні мостові крани з ручним і електричним приводом. У ручних підвісних мостових кранах (ГОСТ 7075-80 і ГОСТ 7413-80) в якості механізмів підйому застосовують підвісні ланцюгові талі. Однобалочний опорний мостовий кран складається з моста, виконаного у вигляді двотаврової балки, що спирається на дві кінцеві балки, ручного механізму пересування, що приводиться в рух ланцюгом, і ручної візки з ланцюговим приводом. Вантажопідйомність цих кранів до 5т, проліт до 11.4 м. Мостові крани з електричним приводом розділяються на опорні і підвісні. Вантажопідйомність опорних кранів до 5 т, проліт до 25.5 м. Вантажопідйомність однобалочних підвісних мостових кранів до 5 т., Проліт до 34.8 м. Крани вантажопідйомністю до 5 т обладнуються електроталями, керованими з підлоги. На кранах більшої вантажопідйомності встановлюються звичайні механізми підйому мостових кранів опорної конструкції і управляються з нерухомої або рухомої кабіни. Швидкість пересування кранів, керованих з підлоги, не перевищує 0.53 м / с; швидкість пересування кранів, керованих з кабіни, досягає 1м / с. В якості несучої балки однобалочних кранів підвісної конструкції застосовують, як правило, двутавр. В необхідних випадках несучу балку підсилюють вертикальної шпренгельної

конструкцією і горизонтальною фермою. Балки підвішують до ходових кареток, які переміщаються по підкранових двотаврових напрямних. Половина опорних кареток - приводні. Стикування несучих балок сусідніх прольотів здійснюють за допомогою спеціальних замків, що запобігають перехід візки на сусідній політ при відкритому замку. Підвісні мостові крани істотно легше опорних мостових кранів тієї ж вантажопідйомності. До того ж вони дозволяють використовувати практично всю корисну площу виробничого приміщення.

1.2 Вимоги до електроприводу кранових механізмів

До електроприводу кранових механізмів ставляться такі вимоги:

- 1. Регулювання кутової швидкості двигуна в порівняно широких межах (від 4:1 до 10:1 і більше), оскільки важкі вантажі доцільно перемішувати з меншою швидкістю, а порожній гак чи візок - з більшою швидкістю для забезпечення більшої продуктивності крана. Зменшення швидкості також необхідне для здійснення точної зупинки вантажів з метою обмеження ударів при їх посадці.
- 2. Забезпечення необхідної жорсткості механічних характеристик привода (щоб низькі швидкості не залежали від вантажу).
- 3. Обмеження прискорень до допустимих меж при мінімальній тривалості перехідних процесів (забезпечує вишу продуктивність, попереджує буксування коліс).
- 4. Реверсування електропривода.

Привод з асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором застосовується для механізмів кранів невеликої потужності (менше 10-15 кВт), що працюють в легкому режимі.

Такий привод достатньо простий, надійний, допускає велике число включень за годину і застосовується при великій і середній потужностях. Але

цей привод не забезпечує необхідну жорсткість регулювання характеристик, він є неекономічним внаслідок значних втрат в пускорегулювальних резисторах.

Якщо до електропривода висуваються підвищені вимоги щодо регулювання швидкості, то застосовують двигуни постійного струму. Для механізмів підйому приводи на постійному струмі використовуються з двигунами послідовного збудження, що допускають велике навантаження по моменту і мають м'яку природну характеристику, що дозволяє підіймати і опускати легкі вантажі з підвищеною швидкістю.

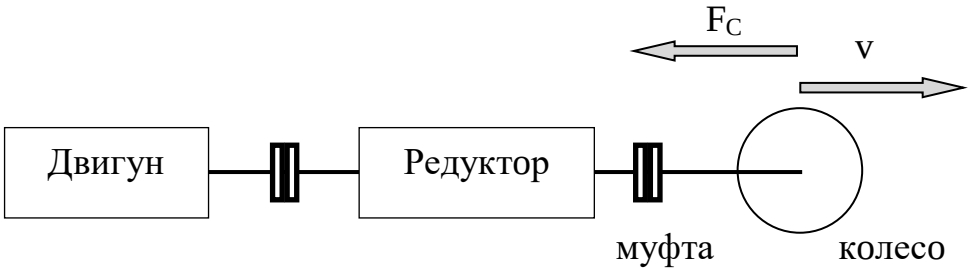

Рис. 1.3. Кінематична схема механізму переміщення крана

Електродвигуни з короткозамкненим ротором мають пристойну механічну характеристику, незважаючи на недоліки, вони лідирують за показниками їх застосування.

Традиційно для кранового електроприводу застосовуються спеціально розроблені серії електродвигунів змінного і постійного струму. За геометрії магнітопроводу, ступеня використання електротехнічних матеріалів, електромеханічним характеристикам і конструктивним виконанням такі електродвигуни істотно відрізняються від двигунів загальнопромислового виконання. Режим роботи електродвигунів в крановому електроприводі характеризується широким зміною навантажень, частими пусками і гальмуваннями, широким діапазоном зміни швидкості нижче і вище номінальної (у електроприводах постійного струму і частотно-регульованих електроприводах). Кранові двигуни розраховані для роботи в повторно-

короткочасному режимі, який характеризується тривалістю включення (ПВ) 15, 25, 40 і 60% при тривалості циклу не більше 10 хв. Основним номінальним режимом кранових двигунів змінного струму є ПВ = 40%. Через високі вимоги до динаміки двигунів в перехідних процесах пуску і гальмування і для зниження витрати енергії при цьому двигуни конструюються таким чином, щоб момент інерції ротора був, по можливості, мінімальним. Зниження моменту інерції досягається шляхом зменшення висоти осі обертання при заданій потужності двигуна. Електродвигуни мають підвищений (у порівнянні з електродвигунами загальнопромислового виконання) запас міцності механічних вузлів і деталей. Кріплення пакета ротора на валу завжди проводиться за допомогою шпонки.

Традиційно, основне застосування в кранових електроприводах знаходять асинхронні двигуни з фазним ротором. Регулювання швидкості і моменту в електроприводах з такими двигунами проводиться включенням в ланцюг ротора пускорегулювальних резисторів. Для отримання знижених (посадочних) швидкостей опускання вантажу застосовується режим противключення або різні спеціальні схеми включення (наприклад - динамічного гальмування самозбудженням).

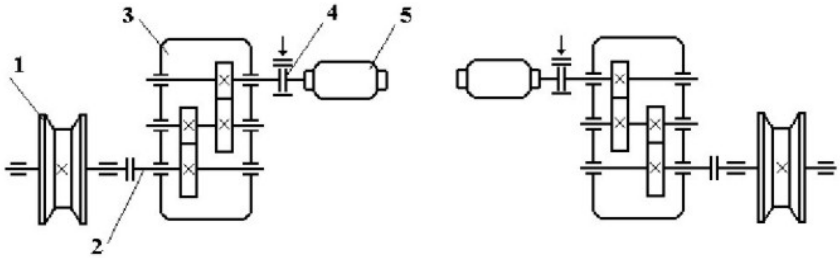

Рис. 1.4. Механізм пересування з роздільним приводом

1- колесо; 2- вихідний вал редуктора; 3- редуктор; 4- муфта; 5- електро двигун

Робота асинхронних двигунів в системах частотного регулювання має свої особливості. Перш за все, при частотному керуванні значно знижуються втрати енергії в двигунах в пуско-гальмівних режимах. Це дозволяє переходити на більш високооборотні електроприводи, і при проектуванні

двигунів основну увагу приділяти зниженню втрат в обмотках двигуна в номінальному режимі. При проектуванні двигунів для системи частотного регулювання враховується наступне:

1. Основні співвідношення між геометричними розмірами, прийняті для кранових асинхронних двигунів, зберігаються, оскільки визначальним тут є режим роботи, а не система регулювання.

2. У сучасних частотно-регульованих електроприводах з векторним керуванням механічні характеристики формується системою управління перетворювача. Тому при проектуванні електродвигунів, призначених для роботи тільки з перетворювачами частоти, можна не вживати спеціальні заходи для підвищення перевантажувальної здатності і пускового моменту.

3. Оптимальні частоти обертання двигунів в системах приватного регулювання, як уже було сказано, вище, ніж у звичайних системах, і складають 1900 - 1800 об / хв для легкого і середнього режимів роботи і до 1500 - 800 об / хв - для важкого режиму. Однак при проектуванні слід узгоджувати максимальну частоту обертання розроблювального електроприводу і максимальну допустиму частоту обертання редуктора.

4. Двигуни повинні бути працездатні при підвищенні частоти вихідної напруги перетворювача в 1,5 - 2 рази по відношенню до номінальної частоти.

5. З метою зниження втрат обмотка ротора двигуна заливається чистим алюмінієм або виконується мідної, ковзання при цьому - мінімальне. Регулювання вихідної напруги і частоти двигуна дозволяє оптимізувати використання його активних частин і забезпечити роботу двигуна в режимі мінімальних втрат.

6. Можливе виконання двигунів на нестандартне напруга, відповідне вихідній напрузі перетворювача частоти.

Всі ці заходи, а також оптимальне розмежування зон регулювання, дозволяють при однаковому навантаженні знизити в 1,5 - 1,8 рази потужність двигуна в частотно-регульованому приводі.

1.3 Вихідні дані до проектування

Таблиця 1.1.

Параметр	Позначення	Од. вим.	Значення
Швидкість руху	V	м/сек	0,75
Діаметр колеса	Dк	м	0,7
Час руху	t1	сек	12
Час паузи	t2	сек	8
Час циклу	Тц	сек	44
Зусилля	F1	кН	50
	F2	кН	45
	Fт	кН	10
Передавальне число редуктора	i_p	-	40
Вага частин, що рухаються поступово	mΣ	т	17,5
Допустиме прискорення	a_доп	v/сек^2	0,75
ККД механічної передачі	η	-	0,9
ККД механічної передачі без вантажу	η	-	0.77
Коефіцієнт запасу для врахування динамічного навантаження	Кзап	-	2
Вантажопідьємність	mг	т	5
Маса крану	mк	т	3
Довжина прольоту	Lпрол	м	20
Коефіцієнт тертя ковзання в підшипнику	μ	-	0.02

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

2.1 Вибір типу електроприводу

Переваги асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором:

- приблизно постійна швидкість при різних навантаженнях;
- можливість короткочасних механічних перевантажень;
- простота конструкції;
- простота пуску і легкість його автоматизації;
- вищі cos φ і ККД, ніж у електродвигунів з фазним ротором.

Недоліки асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором:

- труднощі в регулюванні швидкості обертання;
- великий пусковий струм;
- низький cos φ при недовантаження.

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;

– 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.

2.2. Вибір електродвигуна.

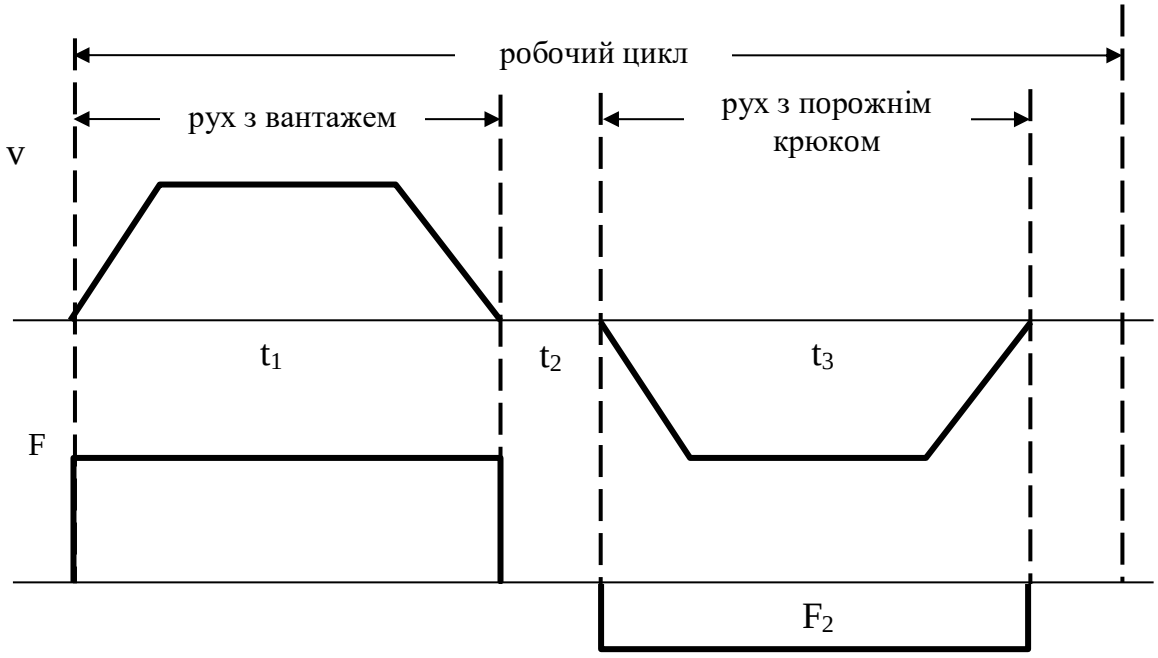

Рис. 2.1. Діаграми моменту та швидкості приводу горизонтального переміщення крана

Вантажопідйомна сила :

$$F_o = m_г \cdot g = 5000 \cdot 9.81 = 49 \text{ кН}$$

Час за який пройде кран відстань Lпрол :

$$t = \frac{Lпрол}{V} = \frac{20}{0.75} = 26{,}667 \text{ с}$$

Розраховуємо ковзання асинхронного двигуна

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ об/хв}$$

$$s = \frac{(n_1 - n)}{n_1} = \frac{1000 - 935}{1000} = 0.065$$

n_1- швидкість циклічної зміни магнітного потоку статора, називається синхронною швидкістю двигуна.

Обчислюємо вагу крана з вантажем:

$$G_г = m_г \cdot g = 5000 \cdot 9.8 = 49\,000 \text{ Н}$$

Обчислюємо вагу крана без вантажу:

$$G_о = m_о \cdot g = 3000 \cdot 9.8 = 29\,400 \text{ Н}$$

Обчислюємо радіус ходового колеса:

$$R = \frac{D_к}{2} = \frac{0.7}{2} = 0.35 \text{ м}$$

Обчислюємо радіус цапфи колеса:

$$D_ц = 0.2 \cdot D_к = 0.2 \cdot 0.7 = 0.14 \text{ м}$$

$$r = \frac{D_ц}{2} = \frac{0.14}{2} = 0.07 \text{ м}$$

Визначаємо опір руху механізму при переміщенні з повним вантажем:

$$F_г = К \cdot \frac{G_г + G_о}{R}(\mu \cdot r + f)$$

$$F_г = 1.8 \cdot \frac{49\,000 + 29\,400}{0.35}(0.02 \cdot 0.07 + 0.001) = 574.56 \text{ Н}$$

К - коефіцієнт тертя ребер коліс об рейки;

Визначаємо опір руху механізму при переміщенні без вантажу:

$$F_0 = К \cdot \frac{G_o}{R}(\mu \cdot r + f) = 1.8 \cdot \frac{29\,400}{0.35}(0.02 \cdot 0.07 + 0.001) = 357.9\ Н$$

Розраховуємо момент статичного опору на валу електродвигуна при русі з вантажем:

$$M_{с1} = 9.55 \cdot \frac{F_г \cdot V}{n \cdot \eta} = 9.55 \cdot \frac{574.56 \cdot 0.75}{935 \cdot 0.9} = 4.89\ Н \cdot м$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження крана на холостому ході:

$$К_{зав} = \frac{G_0}{G_0 + G_г} = \frac{29\,400}{29\,400 + 49\,000} = 0.375$$

Розраховуємо момент статичного опору на валу без вантажу:

$$M_{с2} = 9.55 \cdot \frac{F_0 \cdot V}{n \cdot \eta_0} = 9.55 \cdot \frac{357.9 \cdot 0.75}{935 \cdot 0.77} = 3.56\ Н \cdot м$$

Розраховуємо середній статичний еквівалентний момент:

$$M_e = \sqrt{\frac{M_{с1}^2 + M_{с2}^2}{2}} = \sqrt{\frac{23.91 + 12.67}{2}} = 4.27\ Н \cdot м$$

Необхідна номінальна швидкість двигуна:

$$n_н = \frac{V_н \cdot i_р \cdot 60}{D_к \cdot \pi} = \frac{0.75 \cdot 40 \cdot 60}{0.7 \cdot 3.14} = 818.9 \text{ об/хв}$$

$$\omega_н = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_н}{60} = \frac{2 * 3.14 \cdot 818.9}{60} = 85.7 \text{ рад/с}$$

Дійсна тривалість включення:.

$$ПВ_{роз} = \frac{\sum_1^n t_i}{t_ц} \cdot 100 = \frac{20}{44} \cdot 100 = 45.4\%$$

Розрахунок потужності двигуна :

$$Р_{екв} = Кзап \cdot \frac{Fт \cdot V}{\eta} = 2 * \frac{10000 \cdot 0.75}{0.9} = 16.667 \text{ кВт}$$

Перерахована на стандартну тривалість включення потужність:

$$Р_{екв\ м} = Р_{екв} \sqrt{\frac{ПВрас}{ПВн}} = 16.667 \sqrt{\frac{45.5}{40}} = 17.77 \text{ кВт}$$

Враховуючи те, що мостовий кран дводвигуновий, тоді потужність одного двигуна дорівнює 8.885 кВт

Номінальна потужність двигуна (P_n) визначається з умови $P_n \geq P_{экв с.м}$

За розрахованої номінальної потужності з урахуванням прийнятої системи електропривода вибирається двигун марки: МТКМ312-6 з такими параметрами:

Таблиця 2.1

Номінальна потужність P_N	кВт	11
Номінальна швидкість n_N	об/хв	935
Номінальний момент M_N	Н·м	112.35
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_N$	-	0,8
Номінальний струм I_N	А	26
Момент інерції J	кг·м^2	0.300
p	-	3
Активний опір фази статора R1	Ом	0.595
Індуктивний опір фази статора X1	Ом	0.485
Активний опір фази ротора R2	Ом	0.62
Індуктивний опір фази ротора X2	Ом	0.56
ККД	%	0.84

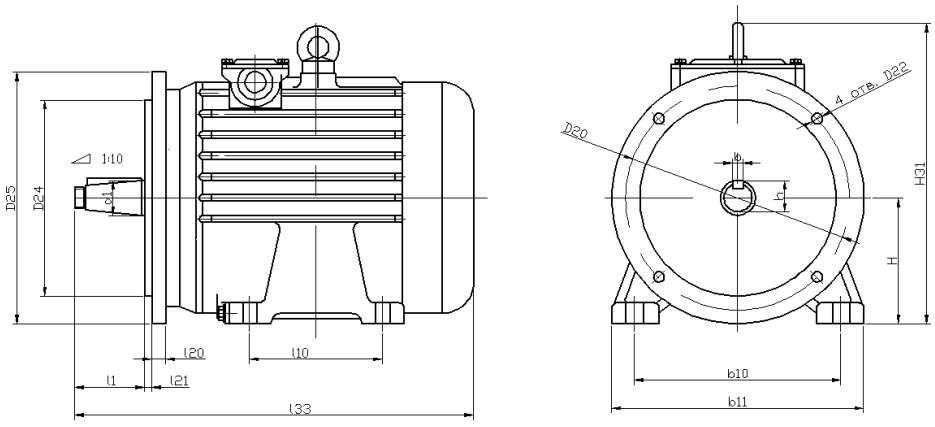

Рис 2.2 Креслення двигуна типу МТКМ 312-6

Визначимо номінальний момент:

$$M_н = 9.55 \cdot \frac{P_н}{n_н} = 9.55 \cdot \frac{11000}{935} = 112.35 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо середній пусковий момент двигуна:

$$M_п = 1.6 \cdot M_н = 179.76 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо маховий момент, приведений до валу двигуна при русі моста з вантажем:

$$СД_{дв^2} = 0.3 \cdot 40 = 12 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$СД_{гр^2} = 1.15 \cdot СД_{дв^2} \cdot 365(G_г + G_0) \cdot \frac{V^2}{n^2}$$

$$СД_{гр^2} = 1.15 \cdot 12 \cdot 365 \cdot (49\,000 + 29\,400) \cdot \frac{0.75^2}{935^2} = 254 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$$

Визначимо маховий момент, приведений до валу двигуна при русі моста без вантажу:

$$СД_{гр^2} = 1.15 \cdot СД_{дв^2} \cdot 365 * \frac{G_0 \cdot V^2}{n^2}$$

$$СД_{гр^2} = 1.15 \cdot 12 \cdot 365 \cdot \frac{29\,400 \cdot 0.75^2}{935^2} = 95.2 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$$

2.3 Вибір перетворювача

При виборі перетворювача частоти (ПЧ) необхідно враховувати те, що управління відбувається векторнім методом, тому потрібно вибрати частотний перетворювач для кожного двигуна.

Цим вимогам відповідає перетворювач частоти Schneider ATV71

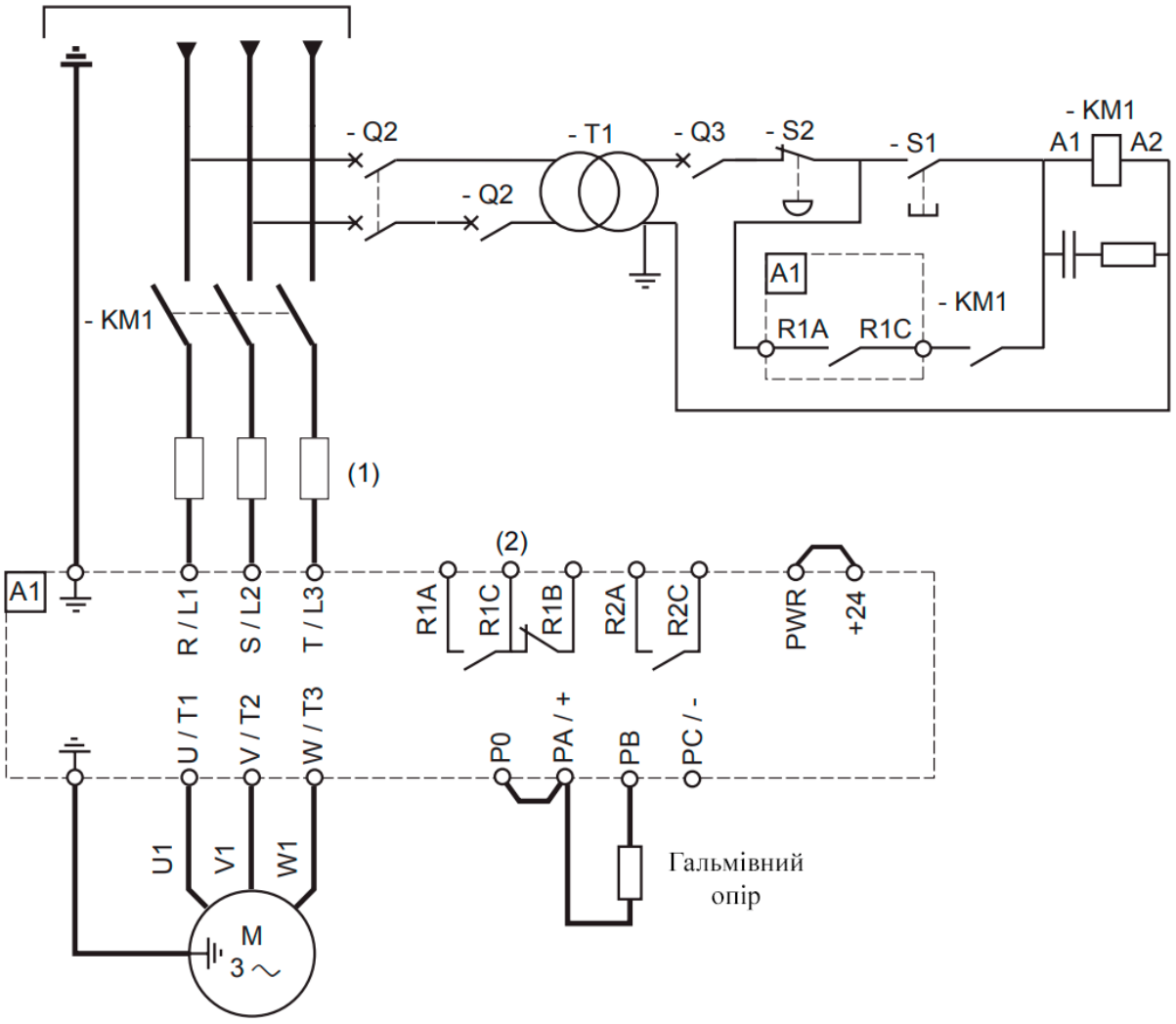

Рис.2.3. Принципова схема підключення перетворювача частоти до двигунів.

Таблиця 2.2

Параметри перетворювача частоти Schneider ATV71

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Тип	-	ATV71HD15N4Z
Номінальна потужність	кВт	15
Вихідна напруга	В	3×380
Номінальний вихідний струм	А	48
Діапазон зміни частоти	Гц	0.5..599

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.

Функціональна схема електроприводу з векторним управлінням показана на рис. 2.2.

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

Регулювальники потокозчеплення, 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.

Переваги використання перетворювачів частоти:

- управління і контроль швидкості обертання електродвигуна;
- захист від кидків напруги і перевантажень;
- забезпечення плавного пуску і зупинки підконтрольного електрообладнання;
- полегшення робочого процесу при виконанні складних технічних завдань;
- стійкість до тривалих навантажень і імпульсним діям;
- можливість економії енергоресурсів аж до 40-50%;
- збільшення ККД електродвигунів;
- зниження зносу і поліпшення механічних показників підключеного обладнання;
- здійснення безперервного моніторингу технологічних параметрів і можливість оперативного втручання.

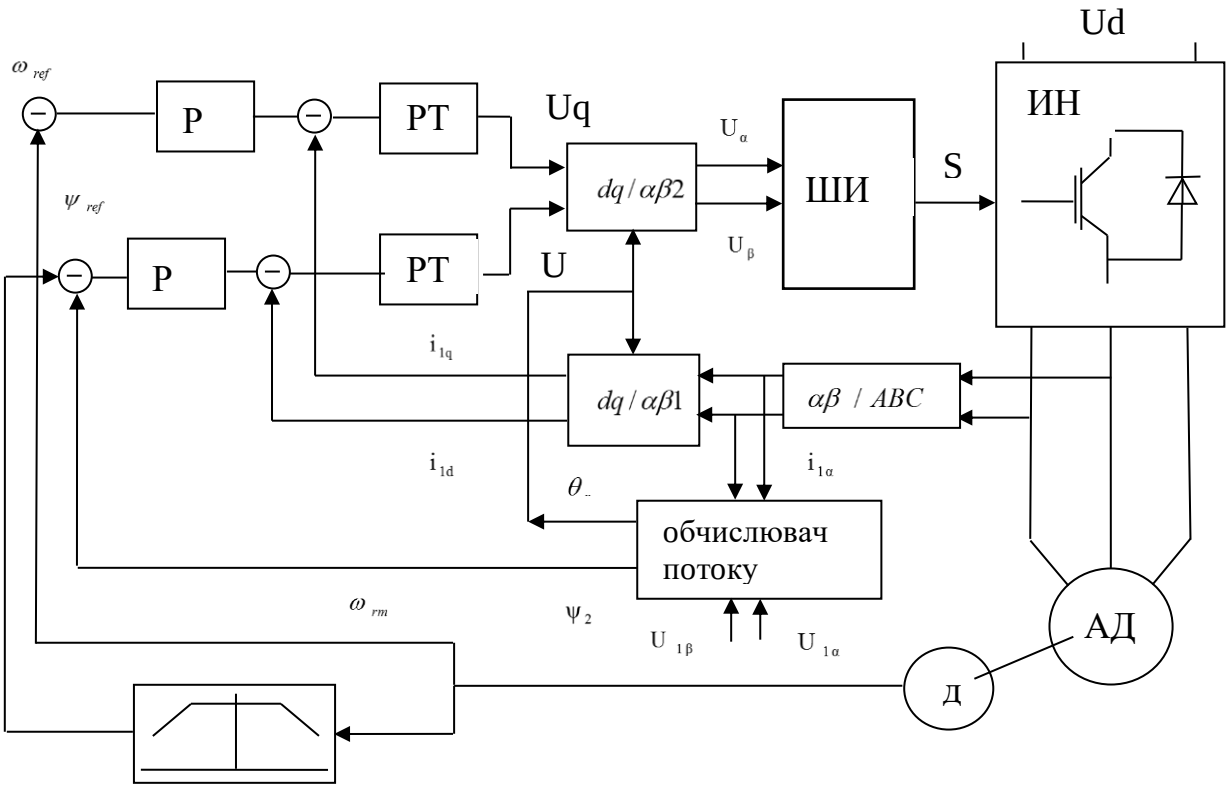

Рис. 2.4. Функціональна схема електроприводу, реалізуючи векторне керування.

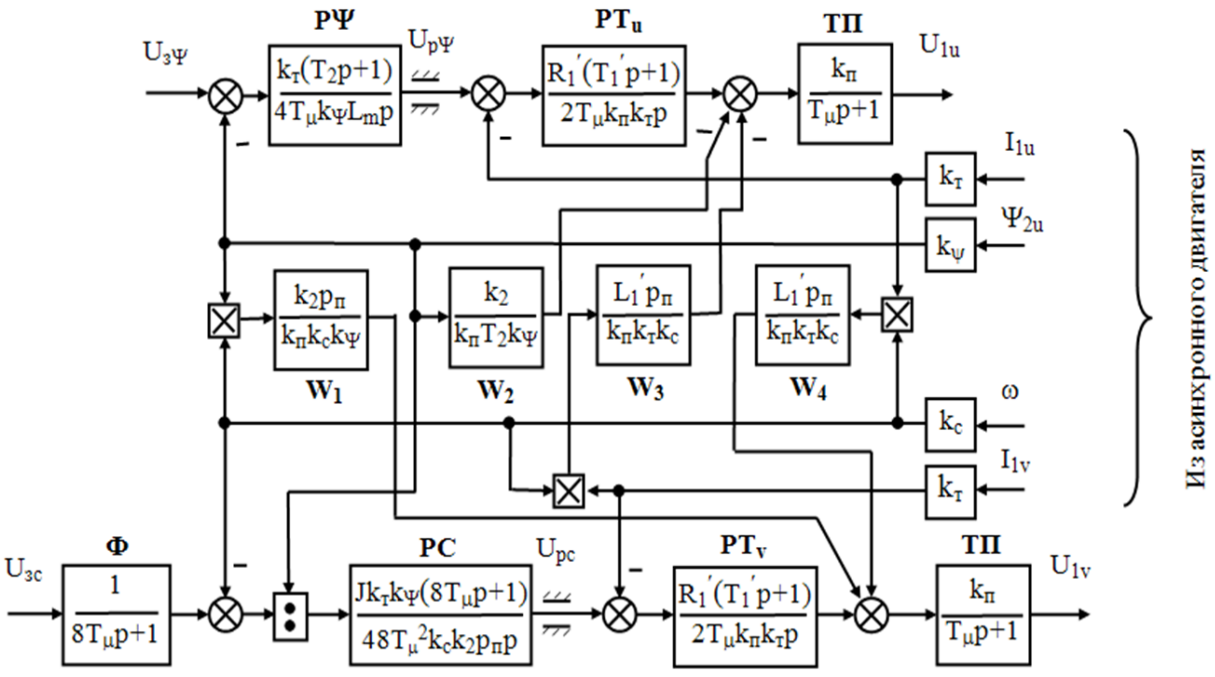

Рис. 2.5. Структурна схема САР електроприводу з векторним керуванням.

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).

Для забезпечення режиму гальмування з підвищеним гальмівним моментом (механізми з великим моментом інерції, технологічні процеси, які вимагають від обладнання високої динаміки і швидкого гальмування, приводи, при роботі яких можливий перехід двигуна в генераторний режим) використовуються додаткові гальмівні пристрої - гальмівні переривники та гальмівні резистори.

Додаткове гальмівний пристрій складається з вбудованого гальмівного переривника і зовнішнього гальмівного резистора.

Гальмівні резистори діляться на дві категорії: призначені для легкого режиму роботи (light duty - LD) і для важкого режиму роботи (heavy duty - HD).

Гальмівний резистор для легкого режиму роботи забезпечує момент гальмування, рівний номінальному протягом 5 секунд при гальмуванні від номінальної швидкості до нуля.

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 ° С.

Виконання за ступенем захисту - IP 20/21 (HD) і IP 50 (LD).

Для перетворювача частоти Schneider ATV71, згідно каталогу, необхідно вибрати гальмівний пристрій типу VW3A7704 для важкого режиму.

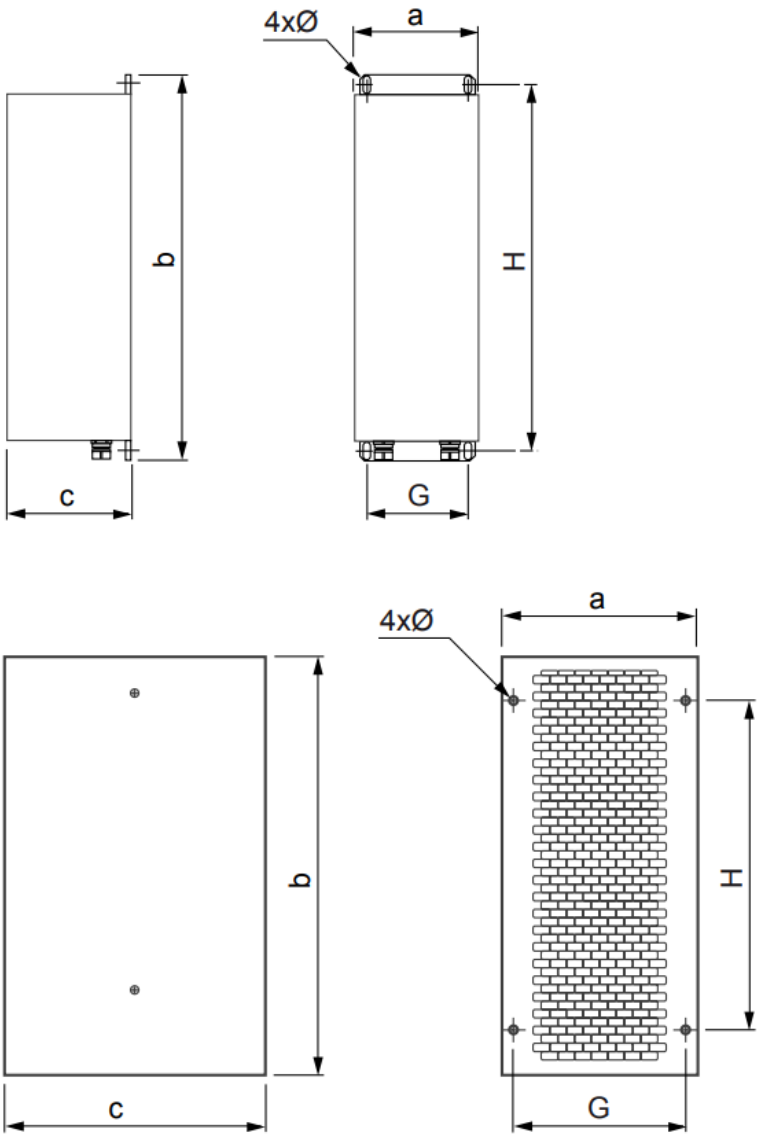

Рис.2.6. Розмірні параметри гальмівного резистора VW3A7704

Таблиця 2.3

	a	b	c	G	H	Ø
	mm (in.)	mm (in.)	mm (in.)	mm (in.)	mm (in.)	mm (in.)
VW3A7704…709	240 (9.45)	484 (19.06)	301 (11.85)	210 (8.27)	380 (14.96)	9 (0.35)

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Параметри ланок, використовувані в моделі :

Базовий опір:

$$Z_b = \frac{(U_н \cdot \sqrt{3})}{(I_н \cdot \sqrt{3})} = 14.66 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі статора:

$$R_{1b} = R_1 \cdot Z_b = 0.595 \cdot 14.66 = 8.72 \text{ Ом}$$

$$X_{1b} = X_1 \cdot Z_b = 0.485 \cdot 14.66 = 7.11 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі ротора:

$$R_{2b} = R_2 \cdot Z_b = 0.62 \cdot 8.438 = 9.09 \text{ Ом}$$

$$X_{2b} = X_2 \cdot Z_b = 0.56 \cdot 8.438 = 8.21 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$k_t = \frac{U_b}{2 \cdot I_{фн} \cdot 2^{0.5}} = \frac{10}{2 \cdot 15 \cdot 2^{0.5}} = 0.2357$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_s = \frac{U_b}{w \cdot \frac{П}{30}} = \frac{10}{935 \cdot \frac{3.14}{30}} = 0.102$$

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора:

$$k_2 = \frac{L_m}{L_2} = \frac{0.0416}{0.0567} = 0.8924$$

Постійна часу ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{0.0567}{5.246} = 0.0267$$

Номінальне потокозчеплення:

$$\Psi_н = \frac{I_н}{1.5 \cdot \sqrt{2} \cdot I_н \cdot 2p \cdot k_2} = \frac{26}{1.5 \cdot \sqrt{2} \cdot 26 \cdot 6 \cdot 0.8924} = 0.066$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потокозчепленню:

$$k_\Psi = \frac{U_b}{\Psi_н} = \frac{10}{0.066} = 151.5$$

Передаточна функція регулятора швидкості :

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

Тоді пропорційна частина РШ :

$$W_{РС}(p) = \frac{J \cdot k_t \cdot k_\psi}{6 \cdot T_\mu \cdot k_С \cdot k_2 \cdot p_n} = \frac{0.3 \cdot 0.2357 \cdot 151.5}{6 \cdot 0.001 \cdot 0.1022 \cdot 0.8924 \cdot 4} = 4894$$

Інтегральна частина:

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

$$W_{РС}И(p) = \frac{0.3 \cdot 0.2357 \cdot 151.5}{48 \cdot 0.001^2 \cdot 0.1022 \cdot 0.8924 \cdot 4} = 611760$$

Передаточна функція регулятора потокозчеплення:

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

Пропорційна частина регулятора потокозчеплення:

$$W_{РΨ}П(p) = \frac{k_t \cdot T_2}{4 \cdot T_\mu \cdot k_\psi \cdot L_m} = \frac{0.2357 \cdot 0.0267}{4 \cdot 0.001 \cdot 151.5 \cdot 0.2169} = 0.0478$$

Інтегральна частина регулятора потокозчеплення:

$$W_{РΨ}И(p) = \frac{k_t \cdot (T_2 \cdot p + 1)}{4 \cdot T_\mu \cdot k_\psi \cdot L_m} = \frac{0.26}{4 \cdot 0.001 \cdot 124.5 \cdot 0.0416} = 12.5$$

Розрахункові параметри САР використовуються для програмування перетворювача частоти.

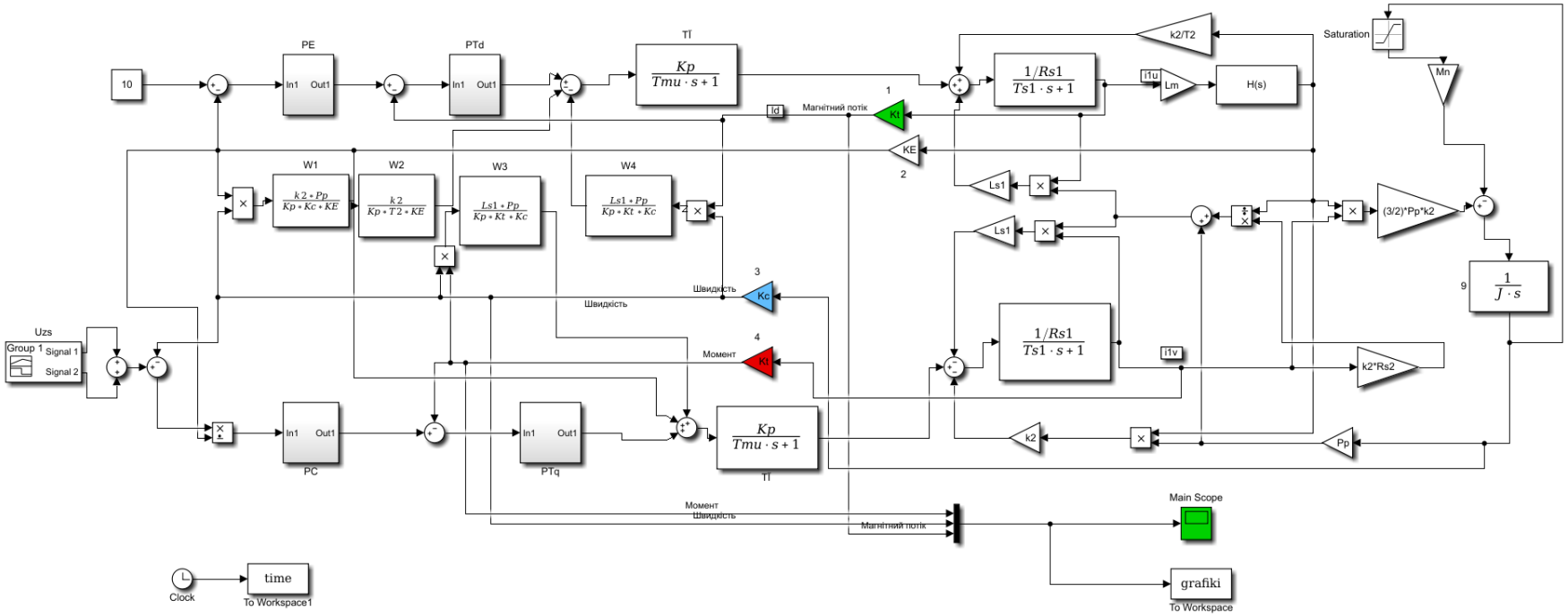

Рис. 3.1 Модель електроприводу у середовищі MATLAB/Simulink

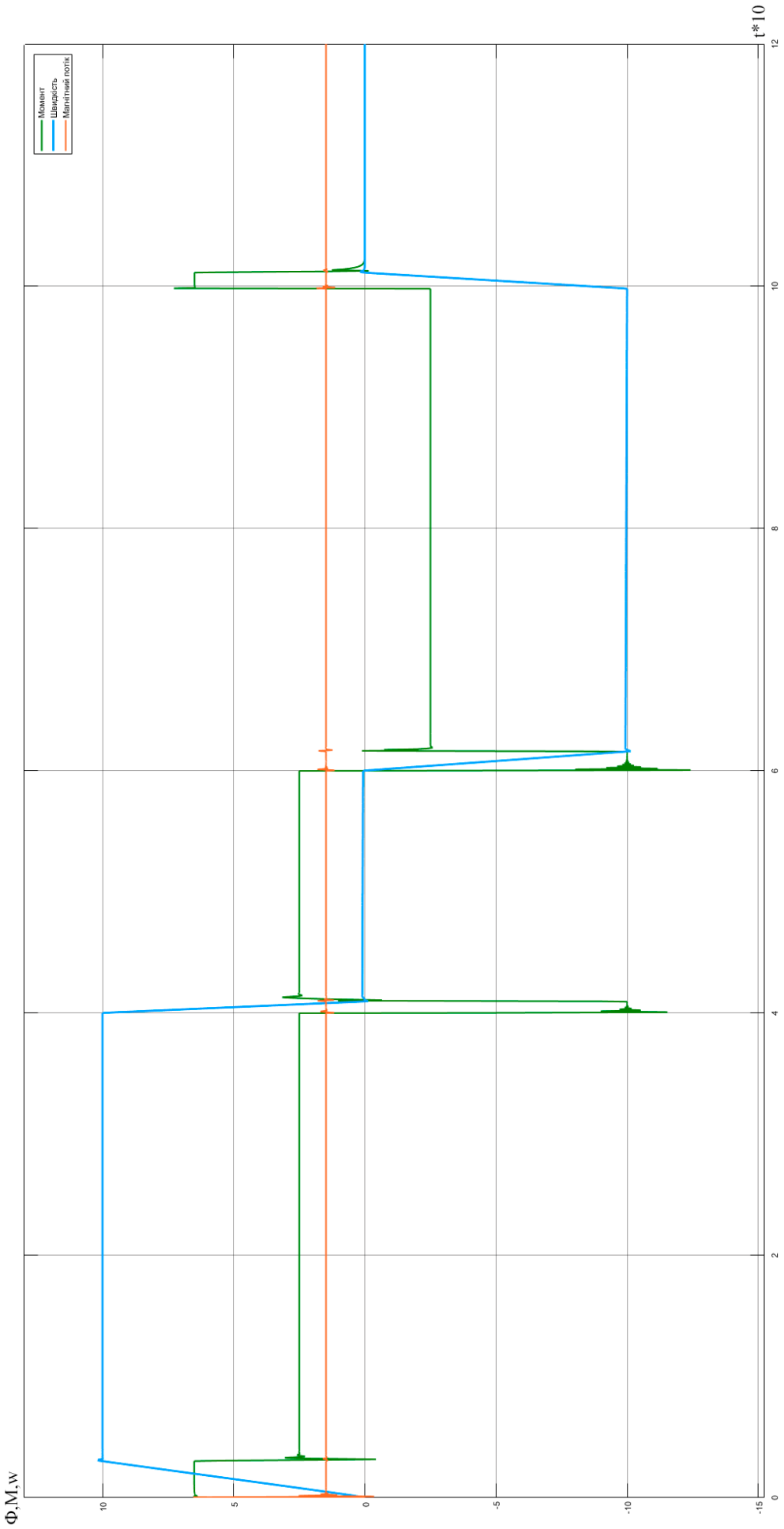

Рис. 3.2 Графіки перехідних процесів

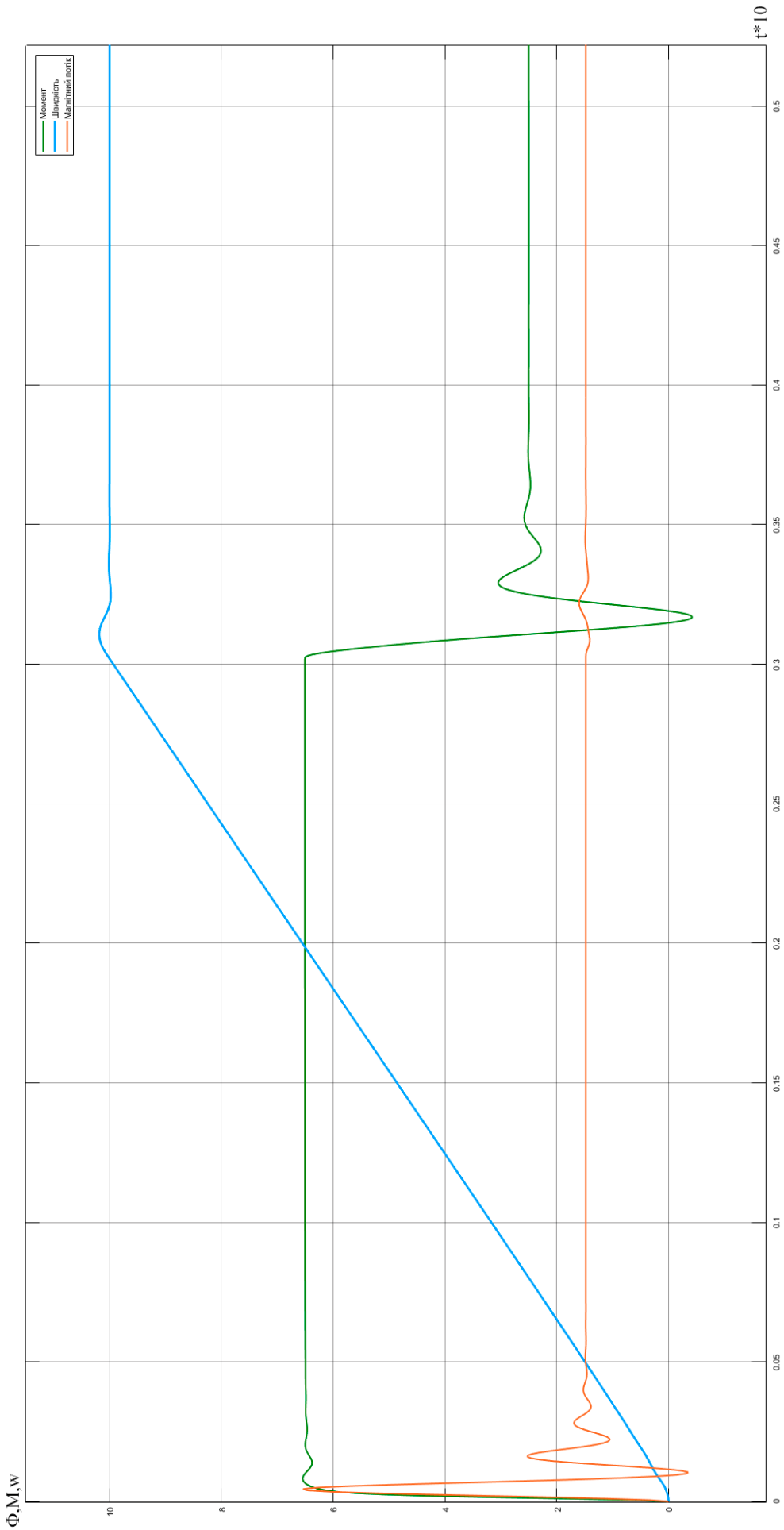

Рис. 3.3 Графіки перехідних процесів при пуску двигуна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Тема диплому: Модернізація електропривода переміщення моста двухопорного крану вантажністю 5 т.	Арк. 30

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У розділі дипломного проекту розглянуті питання охорони праці, пов’язані з роботою мостового крану, а саме з безпекою роботи машиніста, та персоналу, який знаходиться у робочій зоні дії крану.

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників

На кранівника під час роботи крана можуть впливати небезпечні (викликають травми) і шкідливі (викликають захворювання) виробничі фактори. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори регламентуються ГОСТ 12.0.003-74

Безпека праці при підйомі і переміщенні вантажів в значній мірі залежить від конструктивних особливостей підйомно-транспортних машин і відповідність їх правилам і нормам техніки безпеки Держгіртехнагляду.

До небезпечних фізичних факторів належать: рухомі машини і механізми; різні підйомно-транспортні пристрої і переміщувані вантажі; незахищені рухливі елементи виробничого обладнання (привідні і передавальні механізми, ріжучі інструменти, що обертаються і переміщаються пристосування і ін.); відлітають частки оброблюваного матеріалу та інструменту, електричний струм, підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів, які обробляє і т.д.

Шкідливими для здоров'я фізичними факторами є: підвищена або знижена температура повітря робочої зони; високі вологість і швидкість руху повітря; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку та різних випромінювань - теплових, іонізуючих, електромагнітних, інфрачервоних і ін. До шкідливих фізичних факторів належать також запиленість і загазованість повітря робочої зони;

4.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці

З метою попередження обслуговуючого персоналу, що знаходиться в безпосередній близькості від працюючого крану, при його пересуванні включається автоматично звуковий сигнал. Також звуковий сигнал включається при пересуванні вантажного візка.

Небезпека, що виникає при знаходженні людей на проїзній будові крану, виключається за допомогою автоматичного блокування дверей під час роботи крану.

З метою безпеки доступу до механізмів, запобіжним пристроєм, електроустаткуванню передбачені майданчики, сходи, обгороджування по конструкції.

Для унеможливлення попадання людини в зону роботи механізмів, усі висувні частини механізмів і електроустаткування міцно закріплені і закриті обгороджуваннями.

Для унеможливлення угону крану при сильному вітрі, на крані встановлюється протиугінний пристрій, буфера чи обмежувачі пересування. Захват примусової дії з ручним приводом і постійним зусиллям гальмування встановлюється в кінцевій балці і складається з двох важелів, шарнірно пов'язаних з сережками. Їх верхні кінці, виконані у вигляді двосторонніх вилок, взаємодіють з цапфами гайок. Останні мають праву і ліву різьбу і можуть переміщатися по гвинту при обертанні його через зірочку ланцюгом. Для виключення можливості пуску крана при включених протиугінних захопленнях на кожному з них змонтований кінцевий вимикач, який розмикає електричний ланцюг механізму пересування до моменту повного відходу губок важелів від головки рейки. Наявність ручного ланцюгового приводу дозволяє включення захоплень виробляти дистанційно. Також на крані встановлюються прилади, що включають попереджувальний звуковий сигнал і сигнальну лампу при швидкості вітру 20 м/с і більше.

Для виключення обриву каната, при підйомі вантажу, вага якого перевищує номінальну вантажопідйомність більш ніж на 10%, передбачений обмежувач вантажопідйомності, що автоматично відключає механізм підйому при перевищенні номінальної вантажопідйомності, а також при збільшенні навантаження на вантажні канати вище за допустиме, для виключення натягу і обриву каната при підйомі вантажу на неприпустиму висоту передбачений обмежувач висоти підйому.

Для уникнення сходу крану з рейок, у кінці шляху передбачені кінцеві вимикачі механізму пересування крану, які встановлені таким чином, що привід відключається дещо раніше, ніж відбувається контакт коліс крану з обмежувальним пристроєм. Ця відстань дорівнює половині гальмівного шляху крану.

Для унеможливлення попадання людини під напругу при огляді і техобслуговуванні крану рубильник має бути відключений.

У крані передбачено захисне заземлення, що є умисним з'єднанням із землею металевих частин устаткування, що знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть виявитися під ним в результаті порушення електроізоляції установки. Захист головних електричних ланцюгів крану здійснюється захисними пристроями з використанням автоматичних включень з високою комутаційною захисною здатністю.

Шини та інші неізольовані струмопровідні частини огороджені. Також встановлені сигнальні лампи, які вказують на наявність напруги на струмопровідних частинах.

Щодо освітленості, то виробничі будівлі проектують з природним освітленням по нормах освітленості. Штучне освітлення буває двох типів: робоче і аварійне. При використанні електроосвітлення в цеху при роботі мостового крану незалежно від кольору фону і контрастності об'єкту з фоном приймається освітленість, рівна 14 лк (робоче) і 0,5 лк (аварійне).

4.3 Пожежна безпека

Небезпечними чинниками пожежі, що впливають на людей, є: відкритий вогонь, іскри, підвищена температура довкілля, предметів, токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню.

Для мостового крану, для забезпечення пожежної безпеки використовуються наступні заходи: уся апаратура управління розміщена в герметичному контейнері, електродвигуни усіх механізмів мають ступінь захисту від зовнішнього середовища.

При цьому робоча t° обмоток шляхом створення запасу по струму 10 % складає менше 140 °С (t° поверхні менше 100 °С) .

Електроприводи кранів мають глибоке регулювання швидкостей. У зв'язку з цим навантаження гальм мінімальне, температура гальмівних колодок в робочому режимі не перевищує допустиму, резистори вибрані із стандартних блоків з розрахунком, щоб температура поверхні активних частин не перевищувала 185 °С.

В цілях забезпечення пожежної безпеки, біля крану передбачений вуглекислотний вогнегасник (ВУ-2), який використовується в цілях гасіння електропроводки і електроустаткування.

До роботи на мостовому крані допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли курс навчання та мають посвідчення машиніста мостового крану, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та змінний інструктаж, отримали доступ до виконання змінного завдання від керівника робіт (начальника зміни).

4.4 Оцінка акустичної безпеки при роботі крана

Основним джерелом шуму при роботі крана є працюючий двигун.

Нормована характеристика - рівень звукового тиску (децибел). Людина сприймає шум при рівні звукового тиску до 100 дБ. При 100-120 дБ і частоті

2-5 Гц - утруднене ковтання. 125-137 дБ - летаргічний сон. 140 дБ - лопаються барабанні перетинки.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку в дБ на робочому місці кранівника крана по СНиП II-12-77 зведені в таблицю:

Таблиця 4.1

Середньо-геометри-чні частоти Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Рівень звуку, дБА
Фактичні рівні звукового тиску, дБ	96	91	86	83	82	82	80	76	74	85
Допустимі рівні звукового тиску, ДБ	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

4.5 Оцінка електробезпеки при експлуатації крану

Кран, вантажопідйомністю 5 т., Призначений для роботи на відкритому складі від 3-х фазного змінного струму напругою 380 В. і частотою 50 Гц. Попадання людини під напругу може статися при обриві проводу, порушення ізоляції, оголення проводів і пуску регулювальної апаратури.

При огляді і техобслуговуванні крана рубильник повинен бути відключений.

У разі проходження електричного струму через організм людини, він надає термічне, електролітичне дії, викликаючи місцеві і загальні електротравми.

У розробляється грейферних кранів передбачено захисне заземлення, що представляє собою навмисне з'єднання з землею металевих частин обладнання, що знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть

опинитися під ним в результаті порушення електроізоляції установки. Захист головних електричних ланцюгів крана здійснюється захисними пристроями з використанням автоматичних включень з високою комутаційною захисною здатністю.

4.6 Освітлення

Виробничі будівлі, як правило, проектують з природним освітленням за нормами освітленості. Робота мостового крана відноситься до V розряду точності з ЕСР = 2 · 103 с / о. Штучне освітлення буває двох типів: робоче та аварійне. При використанні електроосвітлення в цеху при роботі мостового крана незалежно від кольору фону і контрастності об'єкта з фоном приймається освітленість, що дорівнює 14 лк (робоче) і 0,5 лк (аварійне). Для робочого освітлення використовуються лампи типу 4Н-СМТ. Спосіб прокладки проводів ламп освітлення М-АПРТО / гт. Для аварійного освітлення використовуються лампи 6Л-ПУ-65. Спосіб прокладки проводів М-АПРТО.

4.7 Заходи щодо надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації (НС) на підприємстві, походження яких пов'язане з виробничо-господарською діяльністю людини на об'єктах техносфери відносять до техногенного виду НС. Як правило, техногенні НС виникають внаслідок аварій, що супроводжуються мимовільним виходом у навколишній простір речовини і (або) енергії. Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз або вивід людей з небезпечної зони, тобто евакуація. Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства зазначаються дії по евакуації працюючої зміни, як у випадку загрози, так і при виникненні НС. Виходячи з прогнозованої можливості виникнення аварій, катастрофи або стихійного лиха, які можуть спричинити за собою людські жертви, завдати

шкоди здоров'ю людей, порушити умови їх життєдіяльності, намічаються наступні заходи і тимчасові параметри з евакуації:

- Визначається вид евакуації (планомірна або екстрена);
- Проводиться розрахунок робітників і службовців, необхідних для проведення евакуації;
- Встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва;
- Намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення;

З урахуванням аналізу та оцінки ситуації керівник об'єктової комісії з НС може прийняти одне з рішень:

- Провести евакуацію всередині об'єкта;

Вивести персонал за межі об’єкта;

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Вступ

Метою даного розділу дипломного проекту є розрахунок економічних показників технічного рішення щодо модернізації електропривода головного підйому мостового крану. Суть технічного рішення полягає у впровадженні перетворювача частоти замість релейно-контакторної системи регулювання.

Впровадження частотного регулювання електроприводів (ЧРП) дозволяє:

- підвищити надійність роботи устаткування і систем;
- автоматизувати виробництво;
- економити ресурси і енергію.

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;

– 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.

Для обґрунтування економічної доцільності пропонованого в дипломному проекті обладнання необхідно вирішити наступні завдання:

1.Розрахунок капітальних витрат

2.Розрахунок експлуатаційних витрат

3.Розрахунок економії від впровадження проекту

5.1. Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації, та можуть включати.

• витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;

• витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;

• витрати, пов'язані з виконанням монтажно-налагоджувальних робіт;

•витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Таблиця 5.1.

Зведення капітальних витрат

№п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн.
1	Асинхронний двигун МТКМ312-6	2	25 164	50 328
2	Перетворювач частоти Altivar 71	2	17 262.53	34 525.06
3	Гальмівний резистор VW3A7704	2	9 050	18 100
			ВСЬОГО	102 953.06

Вартість монтажно-налагоджувальних робіт виконується робітниками підприємства та фактичними даними підприємства за формулою.

Відповідно до держбюджету – 2019 року, мінімальна зарплата з 1 січня 2019 року становить **4173** гривень на місяць.

Для монтажника 4 розряду з урахуванням тарифного коефіцієнту **1,57** місячна тарифна **заробітна плата дорівнюватиме:**

$$ЗП_{тар1} = 4173 * 1{,}57 = 6551.61 \text{ грн}$$

Звідси годинна тарифна ставка дорівнюватиме: **6551.61 грн / 172 год= 38 грн/год**

Коефіцієнти були взяті з Інтерпайп НТЗ, вході проходження зимної преддипломної практики: http://ntrp.interpipe.biz/

Витрати на монтажні (**$З_м$**) та на налагоджувальні роботи (**$З_н$**) можна визначити наступним чином:

Таблиця 5.2

Витрати на монтажні роботи ($В_м$)

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників	-	Ч	4
2	Часова тарифна ставка монтажника четвертого розряду	грн/год	a	38
3	Час для виконання робіт	год	t	16
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат	-	$К_д$	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи	-	$К_{см}$	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати	-	$К_{пр}$	1,05

$$З_м = \sum (Ч_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot К_d \cdot К_{СМ} \cdot К_{пр}$$

$$З_м = 4 \cdot 38 \cdot 16 \cdot 1.27 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 3\,956{,}54 \text{ грн}$$

Для монтажника 5 розряду з урахуванням тарифного коефіцієнту **1,95** місячна тарифна **заробітна плата дорівнюватиме:**

$$ЗП_{тар2} = 4173 * 1{,}95 = 8\,137{,}35 \text{ грн}$$

Звідси знайдемо годинну тарифну ставку: **8169.48 грн / 172 год= 47.3 грн/год**

Таблиця 5.3

Витрати на налагоджувальні роботи ($В_н$)

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників	-	Ч	1
2	Часова тарифна ставка монтажника п'ятого розряду	грн/год	a	47.3
3	Час для виконання робіт	Год	t	8
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат	-	$К_д$	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на единий соціальний внесок	-	$К_{см}$	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати	-	$К_{пр}$	1,05

$$З_н = \sum (Ч_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{СМ} \cdot K_{пр}$$

$$З_н = 1 \cdot 8 \cdot 47.3 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 615,60 \text{ грн.}$$

де **$Ч_i$** – чисельність працівників і-го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.

a_i – годинна тарифна ставка працівника і-го розряду, грн.

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.

$К_д$ – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$К_{см}$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$К_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат (**$З_{тзс}$**) визначається виходячи з:

- відстані доставки обладнання від місця придбання до місця експлуатації;

- кількості, маси і габаритів устаткування;

- виду транспортних засобів;

- транспортних тарифів;

- розцінок на вантажно-розвантажувальні роботи;

- витрат на складську обробку.

Транспортно-заготівельні і складські витрати за спрощеним методом визначаються у відсотках від вартості устаткування, матеріалів, виробів, конструкцій (5-7%) або за фактичними витратами.

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно прейскуранта цін фірми «AURORA TRANS» (https://avrora-trans.com/services/ukraine) станом на 5.05.2019

Машина з тентом вантажопідйомністю до **2т** ваги, **7.2 грн** за **1км** .

Відстань: **477,4 км**

Таким чином, загальна сума дорівнює:

$$К_{тзс} = 7.2 \cdot 477.4 = 3\ 437.28 \text{ грн}$$

Таким чином, капітальні інвестиції на здійснення проектного варіанта складають:

$$К_{п} = К_{об} + К_{тзс} + К_{м(н)}$$

де **$К_{об}$** – вартість устаткування за зведенням витрат (без ПДВ), тис. грн.;

$К_{тзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати, тис. грн.;

$К_{м(н)}$ – витрати на монтаж і налагодження устаткування, тис. грн.

$$К_{п} = 102\ 953.06 + 3\ 437.28 + (3\ 956{,}54 + 615{,}60) = 110\ 962.48 \text{ грн}$$

$К_{дем} = К_м$ так як в монтажних роботах відбувається ті ж самі процеси що и в демонтажних.

Повні капітальні витрати можуть бути визначені в такий спосіб:

$$К_{пов} = К_п + К_{дем} + К_{зал} = 110\,962{,}48 + 3\,956{,}54 = 114\,919{,}02 грн$$

де **$К_{зал}$** – залишкова вартість устаткування, що демонтується, будинків, споруд, тис. грн.

Витрати на придбання технічних засобів оформляються у вигляді зведення капітальних витрат за розділами (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Зведення капітальних інвестицій, тис. грн.

№ п/п	Найменування технічних засобів (обладнання)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Електрообладнання			
	Асинхронний двигун МТКМ312-6	2	25 164	50 328
	Перетворювач частоти Altivar 610	2	17 262.53	34 525.06
	Гальмівний резистор VW3A7704	2	9 050	18 100
2	Будівельно-монтажні роботи			
2.1	Демонтаж старого устаткування	1	3 956.54	3 956.54
2.2	Монтаж та налагодження крану	1	4 572.14	4 572.14
	УСЬОГО			111 481.74

До капітальних інвестицій можуть бути додані передвиробничі витрати на НДР і впровадження проектного варіанта ($К_{ндр}$), підготовку персоналу

($К_{пер}$), придбання програмного забезпечення ($К_{пз}$). Тоді повні капітальні інвестиції:

$$К_{пов} = К_{п} + К_{ндр} + К_{пер} + К_{пз}$$

$$К_{пов} = 110\,962{,}48 = 110\,962{,}48 \text{ грн}$$

5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

1. Амортизаційні відрахування ($\mathbf{C_а}$).
2. Заробітна плата обслуговуючого персоналу ($\mathbf{C_з}$).
3. Єдиний соціальний внесок ($\mathbf{C_с}$).
4. Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж ($\mathbf{C_{пр}}$).
5. Вартість втрат електроенергії ($\mathbf{C_е}$).
6. Інші витрати ($\mathbf{C_{ін}}$).

$$С = С_{а} + С_{з} + С_{с} + С_{пр} + С_{е} + С_{iн}$$

5.2.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Термін корисного використання об'єктів

основних засобів для нарахування амортизації, приймається як мінімально допустимих .

Таблиця 5.5

Мінімально допустимі терміни корисного використання за окремими групами основних засобів

Групи	Мінімально допустимі терміни корисного використання, років
група 3 – будівлі;	20
– споруди;	15
– передавальні пристрої	10
група 4 – машини і обладнання; – електронно-обчислювальні машини, інші машини для автоматичної обробки інформації, пов’язані з ними засоби зчитування або друку інформації, комп'ютерні програми, інформаційні системи і т. д.	5 2
група 5 – транспортні засоби	5
група 6 – інструменти, прилади, інвентар (меблі)	4

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$Л = В_{рин} \cdot (1 - К_{вп})$$

Коефіцієнт вимушеного продажу знаходиться в межах 0,1 - 0,5 або від 10 до 50% від ринкової вартості об'єкта, нехай коефіцієнт вимушеного продажу дорівнює 0.3 або 30% . Тоді **Л** дорівнює:

$$Л = 102\,953.06 \cdot (1 - 30\%) = 72\,067{,}14$$

$$Ф_а = Ф_п - Л$$

$$Ф_а = 102\,953.06 - 72\,067.14 = 30\,885.92 \text{ грн}$$

де **$Ф_п$** – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

Л – 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.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$Н_а = \frac{Ф_п - Л}{Ф_п \cdot Т_п} \cdot 100\% = \frac{102\,953.06 - 72\,067.14}{102\,953.06 \cdot 5} \cdot 100\,\% = 6\,\%$$

де **$Т_п$** – термін корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$АО = \frac{Ф_п - Н_а}{100} = \frac{102\,935.06 - 6\%}{100} = 967.58$$

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат по видах основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними підприємства про балансову вартість замінюваного устаткування для базового варіанту. Дані розрахунку занесені до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування показників	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
Проектний варіант	102 953.06	6	6 177.37
Базовий варіант	38 538.18	6	2 312.29

Базова балансова вартість замінюваного устаткування узяті за даними відділу основних засобів підприємства, що складають 38 538.18.

5.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється по категоріях персоналу (робітники, ІТП, керівники), що обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їхньої чисельності, режиму роботи, за погодинними тарифними ставками, посадовими окладами, формами і системами оплати праці і преміювання, що застосовують на підприємстві.

Основна заробітна плата працівників – це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками

і відрядними розцінками, посадовими окладами для спеціалістів, службовців і керівників.

При визначенні основної заробітної плати робітників (за відрядною або погодинною формами оплати) необхідно знати погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду та розрахувати номінальний річний фонд робочого часу робітника.

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника $F_н$ визначається відповідно до режиму його роботи (кількістю робочих днів і тривалістю зміни):

$$F_н = (Д_к - Д_{св} - Д_{вих}) \cdot T_{зм} = (365 - 11 - 104) \cdot 6 = 1\,500 \text{ год}$$

де $Д_к$, $Д_{св}$, $Д_{вих}$ – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин.

Розрахунок номінального річного фонду робочого часу повинний бути наведений у пояснювальній записці.

При розрахунку заробітної плати інженерно-технічного персоналу слід враховувати, що вона визначається, виходячи з місячного посадового окладу.

Результати розрахунку основної заробітної плати обслуговуючого персоналу представляються у вигляді табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Розрахунок річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Явочний штат у зміну, осіб	Списковий склад з урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
1	монтажник 4 розряду	4	4	38	6000	228 000
2	монтажник 5 розряду	1	1	47.3	1 500	70 950
	УСЬОГО	5	5	-	-	298 950

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад встановлених норм, за особливі умови праці. До додаткової заробітної плати належать премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій за діючими на підприємстві преміальними системами, доплати і надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством (за роботу в нічний і вечірній час, у важких і шкідливих умовах, за багатозмінний режим

роботи, за керівництво бригадою незвільненим бригадирам, за навчання учнів тощо).

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 10% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$С_З = З_{осн} + З_{дод}$$

$$С_З = 298\,950 + 29\,895 = 328\,845 \text{ грн}$$

де $\mathbf{З_{осн}}$, $\mathbf{З_{дод}}$ – основна і додаткова заробітна плата відповідно.

5.2.3. Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати (за узгодженням з консультантом економічної частини дипломного проекту). Соціальний внесок це 20% від заробітної

$$С_с = 20\% \cdot 298\,950 = 59\,790 \text{ грн}$$

5.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

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

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати по формулі:

$$\mathrm{C_{пр}} = \sum_{i=1}^{n} R_i \cdot T_i \cdot m_i \cdot R_{\sum i} + \frac{s_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot \mathrm{T_ф}$$

де n - число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

Ri - годинна ставка робочих, виконуючих ремонт, грн. (12,07 грн)

ti - трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю залежно від виду ремонту, год/од.: (середнього – 7 год)

mi - число ремонтів за рік;

R∑- сумарна категорія складності ремонту залежно від виду електроустаткування :

Асинхронні двигуни від 10 до 150 кВт – 2,5;

Si - вартість однотипних замінюваних елементів, грн.;

П- кількість однотипних замінюваних елементів;

Т- середній термін служби деталей цього типу, ч.;

Тф- число годин роботи апаратури в рік, ч.

$$\mathrm{C_{пр.про}} = 12.07 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 2.5 + \frac{213 \cdot 3}{1600} \cdot 1800 = 930.1 \text{ грн}$$

$$\mathrm{C_{пр.баз}} = 12.07 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 2.5 + \frac{456 \cdot 4}{1000} \cdot 1800 = 3587.3 \text{ грн}$$

5.2.5. Розрахунок вартості втрат електроенергії

Вартість втрат електроенергії об'єктом проектування протягом року визначається за формулою:

Станом на 01.06.2019 – 1.7529 грн. за 1 кВт/год;

Оскільки обладння працює в генераторному режимі близько 40% робочго циклу , то і витрати енергії зменшаться на 40% , також 40% буде генеруватися в мережу, а також робочий цикл роботи механізма є нерівномірним

еквівалентна потужність двигуна продовж робочого циклу становить 11 кВт, а в моменти розгону та гальмування є більшою за номінальну, доречніше буде використовувати для розрахунку вживаної електроенергії саме еквівалентну потужність

$$С_{е.пр} = W_{г.пр} \cdot Ц_е = 21\,120 \cdot 1.75 = 36\,960 \text{ грн}$$

$$С_{е.баз} = W_{г.баз} \cdot Ц_е = 24\,960 \cdot 1.75 = 43\,680 \text{ грн}$$

де **Wp** – річні втрати електроенергії, кВт·годин;

Це – тариф на електроенергію, грн./кВт·годин.

Річні втрати електроенергії **Wp** визначаються в спеціальній частині дипломного проекту і погоджуються з керівником проекту.

Якщо на підприємстві використовується багатозонний облік електроенергії, то Wp розподіляється за зонами обліку і у кожній з них застосовується свій тариф на електроенергію.

Кількість спожитої за рік електроенергії, кВт-год розраховуємо по формулі:

$$W_{г.пр} = t_d \cdot t_h \cdot t_n \cdot P_n = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 11 = 21\,120 \text{ кВт} \cdot \text{г}\mathbf{о}\text{д}$$

$$W_{г.баз} = t_d \cdot t_h \cdot t_n \cdot P_n = 20 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 13 = 24\,960 \text{ кВт} \cdot \text{г}\mathbf{о}\text{д}$$

де t_d - кількість робочих днів в місяць.

t_h - кількість робочих годин в зміну.

t_t - кількість місяців на рік.

Рн - потужність електродвигуна.

5.2.6. Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати на охорону праці, на спецодяг тощо. Відповідно до практики ці витрати

визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_{інш.пр} = C_{з.пр} \cdot 4\% = 930.1 \cdot 4\% = 37.20 \text{ грн}$$

$$C_{інш.баз} = C_{з.баз} \cdot 4\% = 3587.3 \cdot 4\% = 143.49 \text{ грн}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати у проектному варіанті:

$$C_{пр} = C_а + C_з + C_с + C_{ін} + C_е + C_{пр}$$

$$C_{пр} = 6\,177.37 + 328\,845 + 59\,790 + 37.20 + 36\,960 + 930.1 = 432\,739.6$$

Річні експлуатаційні витрати у базовому варіанті:

$$C_{баз} = C_а + C_з + C_с + C_{ін} + C_е + C_{пр}$$

$$C_{баз} = 2\,312.29 + 328\,845 + 59\,790 + 143.49 + 43\,680 + 3\,587.3 = 438\,358$$

5.3 Визначення річної економії від впровадження об'єкту проектування

Повна річна економія від впровадження варіанту визначається:

$$E = \Delta П + \Delta C = 12\,869 + 5\,618.48 = 18\,487.48 \text{ грн}$$

Де ΔП - повний річний прибуток.

ΔС - економія (перевитрата) на експлуатаційних витратах, знаходиться за формулою.

$$\Delta C = C_{баз} - C_{пр} = 438\,358 - 432\,739.6 = 5\,618.48 \text{ грн}$$

Висновок:

У розрахунках цього розділу були отримані значення проектних капіталовкладень, витрат на монтажні і налагоджувальні роботи, річних експлуатаційних витрат, вартості електроенергії, споживаної об'єктом проектування впродовж року, витрат на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації, річній економії від впровадження прийнятого технічного рішення, коефіцієнта ефективності капітальних витрат, терміну окупності капітальних витрат.

Річна економія від модернізація пропонованого устаткування складає 18 487.48 гривень, розрахунковий термін окупності капітальних вкладень складає 5.4 років.

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.

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. Розеиберга, Е. М. Фесь- кова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 480 с.
6. http://www.sia.by/sites/default/files/docs/se2/se2-8/ATV71%20%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%20%D0%BF%D0%BE%20%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B5%2055-630%20%D0%BA%D0%92%D1%82%20V3.pdf
7. http://aop.nmu.org.ua/ua/metodicki/specialist/diplom/lp/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BA%D0%B0%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%B2.pdf