

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 Загородський Максим Сергійович
(ПІБ)

академічної групи 141-16ск-3
(шифр)

спеціальності 6.050702 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

за освітньо-професійною програмою

(офіційна назва)

на тему «Модернізація електроприводу підйому мостового крану ЕМК 160/32 ТС 34М»
(назва за наказом ректора)

| Керівники | Прізвище, ініціали | Оцінка за шкалою | | Підпис |
|---|-----------------------|------------------|---------------|--------|
| | | рейтинг овою | інституційною | |
| кваліфікаційної роботи | Бородай В.А. | | | |
| розділів: | | | | |
| Технологічна частина | Бакутін А.В. | | | |
| Автоматизований електропривод | Бакутін А.В. | | | |
| Дослідження динаміки електропривода | Бакутін А.В. | | | |
| Охорона праці | Лутс І.О | | | |
| Техніко-економічне обґрунтування | Дементьєва Н.В | | | |
| Рецензент | | | | |
| Нормоконтролер | Казачковський М.М | | | |

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електропривода

(повна назва)

(підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеня _____ бакалавр

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента _____ Загородський Максим Сергійович

(ПІБ)

академічної групи _____ 141-16ск-3

(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

на тему «Модернізація електроприводу підйому мостового крану ЕМК 160/32 ТС 34М» (назва за наказом ректора)

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

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|-------------------------------------|---|------------------|
| Вступ | Актуальність, мета та завдання дипломного проекту | 04.05.2019 |
| Технологічна частина | Загальна характеристика кранових механізмів | 13.05.2019 |
| Автоматизований Електропривод | Розрахунок та підбір типу електроприводу, електродвигуна, перетворювача та гальмівного пристрою | 10.05.2019 |
| Дослідження динаміки електропривода | Моделювання роботи електроприводу розрахунок оптимальних значень | 15.05.2019 |
| Охорона праці | Інженерно-технічні заходи з охорони праці | 25.05.2019 |
| Техніко-економічне обґрунтування | Економічне обґрунтування прийнятих рішень | 04.06.2019 |

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Бакутін А.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15 жовтня 2018

Дата подання до екзаменаційної комісії _____ 02.06.2019 р

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Загородський М.С.

(прізвище, ініціал)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 54 стор., 13 рис., 7 табл., 7 джерел, 4 листа графічної частини.

Об'єкт детальної розробки: модернізація головного електропривода підйому мостового крану ЕМК 160/32 ТС 34М

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.

У проекті представлено обґрунтування вибору гальмівного пристрою, представлені рекомендації щодо програмного пакету для перетворювача частоти.

Розроблені заходи щодо охорони праці на виробництві.

Доведена економічна ефективність впровадження технічних рішень.

МОСТОВИЙ КРАН, РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД,
АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 3 |

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 54 стр., 13 рис., 7 табл., 7 ист., 4 листа графической части

Объект детальной разработки: модернизация главного электропривода подъема мостового крана ЕМК 160/32 ТС 34М

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

В проекте произведен анализ мероприятий по модернизации электропривода подъема мостового крана, обоснована номинальная мощность двигателя

В проекте произведен анализ по модернизации электропривода подъема 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.

МОСТОВОЙ КРАН, РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД,
АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 4 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ABTRACT

The explanatory note: 54 pages., 13 figures., 7 tables., 7 references, 4 graphical sheets.

Detailed design of the object: the modernization of the main electric lifting crane EMK 160/32 TC 34M

Project **goal:**
To acquire the necessary skills for solving technical problems in the design of automated electric overhead crane.

The project analyzed the modernization of the electric lifting crane, grounded nominal motor power. Selected components of the frequency converter and the power of the drive.

The project shows the calculation of the parameters of the electric switchgear.

Actions on safety in the workplace. We prove the economic feasibility of the developed solutions.

BRIDGE CRANE, REGULATED ELECTRIC DRIVE, ASYNCHRONOUS
MOTOR, FRIQUENCY CONVERTER

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 5 |

ЗМІСТ

| | |
|---|------|
| ВСТУП..... | 7 |
| 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 8 |
| 1.1 Вимоги до електроприводу кранових механізмів | 8 |
| 1.2 Особливості проєктованого електроприводу | 9 |
| 1.3 Вихідні дані до проєктування | 13 |
| 2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД | 14 |
| 2.1 Вибір типу електроприводу | 14 |
| 2.2. Вибір електродвигуна. | 16 |
| 2.3 Вибір перетворювача | 23 |
| 2.4 Вибір гальмівного пристрою | 29 |
| 2.5 Рекомендації щодо вибору програмного забезпечення для ПЧ..... | 300 |
| 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ | 333 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ | 36 |
| 4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників | 36 |
| 4.2 Інженерно-технічні заходи щодо охорони праці | 37 |
| 4.3 Пожежна безпека | 39 |
| 4.4 Заходи щодо надзвичайних ситуацій | 430 |
| 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ | 474 |
| 5.1 Розрахунок капітальних витрат | 4548 |
| 5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат | 47 |
| ВИСНОВКИ | 563 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ | 574 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 6 |

ВСТУП

Метою дипломного проекту є Модернізація електроприводу підйому мостового крану ЕМК 160/32 ТС 34М і вирішенні технічних рішень при проектуванні систем автоматизованого електропривода.

Об'єктом проектування в цій роботі є асинхронний двигун і перетворювач частоти.

Завданням даного проекту є:

- розрахунок потужності для вибору типу двигуна;
- розрахунок математичної моделі рівнянь руху механічної частини мостового крану и перетворювача частоти.
 - створення моделі електропривода;
- Розрахунок техніко-економічної ефективності від застосування розробленої системи.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Вимоги до електроприводу кранових механізмів

Мостові крани є найбільш масовими вантажопідіймальними машинами на промислових підприємствах. Існує поділ мостових кранів на крани загального призначення, призначені для підйому і переміщення вантажів у всіх галузях промисловості, і спеціальні крани, призначені для обслуговування певних технологічних процесів, наприклад, в металургійній промисловості. По конструкції механізмів спеціальні крани можуть значно відрізнятися від кранів загального призначення. Мостові крани мають механізми підйому, пересування крана і пересування вантажного візка. Механізмів підйому може бути кілька, розташованих як на одній, так і на декількох вантажних візках. Мостові крани можуть експлуатуватися як в закритих приміщеннях, так і на відкритому повітрі. Режим роботи більшості мостових кранів загального призначення не перевищує 5К. Режим роботи спеціальних кранів металургійного виробництва, як правило, вище 5К. Як серед кранів загального призначення (ремонтні крани), так і серед спеціальних (крани гребель гідроелектростанцій) можна виділити групу рідко використовуваних кранів з режимом роботи 1К. Такі крани часто мають велику вантажопідйомність (до кількох сотень тонн). Номінальна швидкість підйому вантажу для кранів загального призначення, як правило, не перевищує 0,25 м / с, номінальна швидкість механізмів пересування може досягати 1,7 м / с. Вимог ГОСТ по діапазону регулювання швидкості для таких кранів не існує, однак, для механізму підйому (якщо значення посадкової швидкості не обговорено спеціально) можна орієнтуватися на значення посадкової швидкості для баштових кранів - 0,08 м / с. Таким чином, необхідний діапазон регулювання швидкості не перевищує 4 -6:1. Необхідний діапазон регулювання швидкості механізмів пересування може досягати 20:1. До мостовим кранам відносяться і так звані кран "балки або однобалочні мостові крани. Такі крани найчастіше керуються з підлоги за допомогою підвісного пульта або по радіоканалу. В якості механізмів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 8 |

підйому і пересування візка використовуються серійні електроталі. Режим роботи таких кранів рідко перевищує 4К.

Наведемо кінематичну схему механізму підйому (Рис.2).

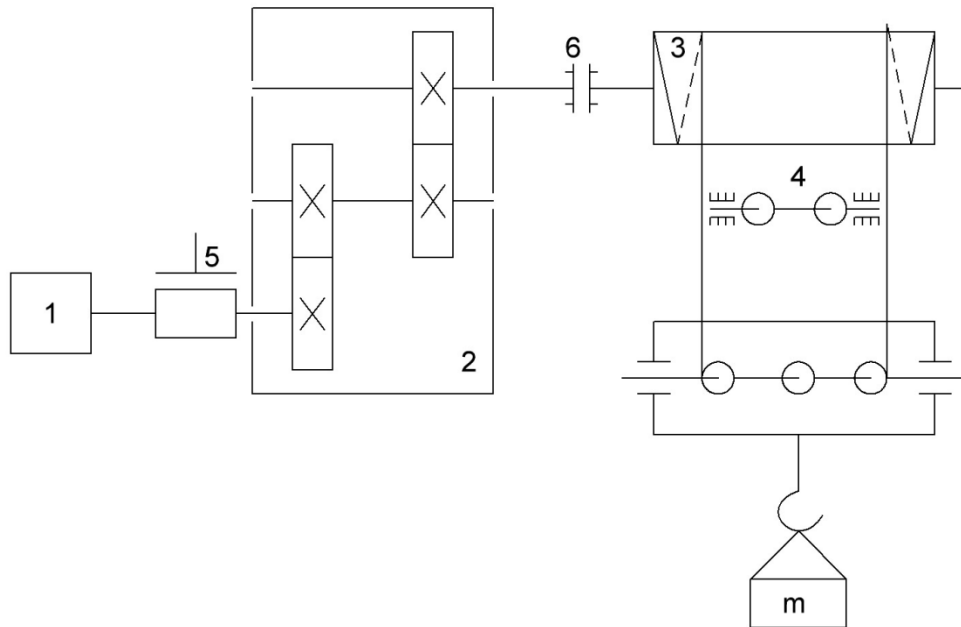


Рис.1 Кінематична схема механізму підйому:

1 - електродвигун; 2-редуктор; 3-барабан; 4-поліспаст; 5-гальмо; 6-сполучна муфта.

1.2 Особливості проектного електроприводу

Електропривод вантажопідйомних кранів має ряд особливостей, що відрізняють його від електроприводів інших загальнопромислових і спеціальних механізмів :

Механічні характеристики електроприводу розташовані в усіх чотирьох квадрантах; бажано забезпечити плавний перехід приводної електричної машини з режиму двигуна в генераторний режим при спуску.

Особливості електроприводу мостових кранів:

✓ відносно невисокий діапазон регулювання швидкості (в більшості випадків не вище 10:1 при одинзонному регулюванні швидкості);

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 9 |

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).

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

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, ковання 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.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

1.3 Вихідні дані до проектування

Таблиця 1.

| Параметр | Позначення | Од. вим. | Значення |
|---|------------|------------------|----------|
| Вантажопідйомність лебідки головного крана | G_1 | т | 160 |
| Вага захватного пристрою | G_0 | т | 0,8 |
| Діаметр барабана | $D_б$ | м | 1 |
| Швидкість підйому і спуску вантажу головним краном | V_{H1} | м/с | 0,042 |
| Швидкість підйому і спуску вантажу допоміжним краном | V_{H2} | м/с | 0,13 |
| Прискорення / уповільнення при роботі з вантажем | a_1 | м/с ² | 0,0175 |
| Прискорення / уповільнення при роботі без вантажу | a_0 | м/с ² | 0,038 |
| Кратність поліспасти | $k_{п}$ | - | 5 |
| Передавальне число редуктора | i_p | - | 300 |
| ПВ механізму | ПВ | % | 25 |
| Тривалість циклу | $t_{ц}$ | с | 1800 |
| ККД редуктора | η_p | - | 0,86 |
| ККД поліспасти | $\eta_{п}$ | - | 0,98 |
| ККД барабана | $\eta_б$ | - | 0,95 |
| Висота підйому | H | м | 12 |

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

2.1 Вибір типу електроприводу

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 $\cos\phi$ для компенсації реактивної потужності, споживаної іншими установками.

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

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;
- 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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

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.

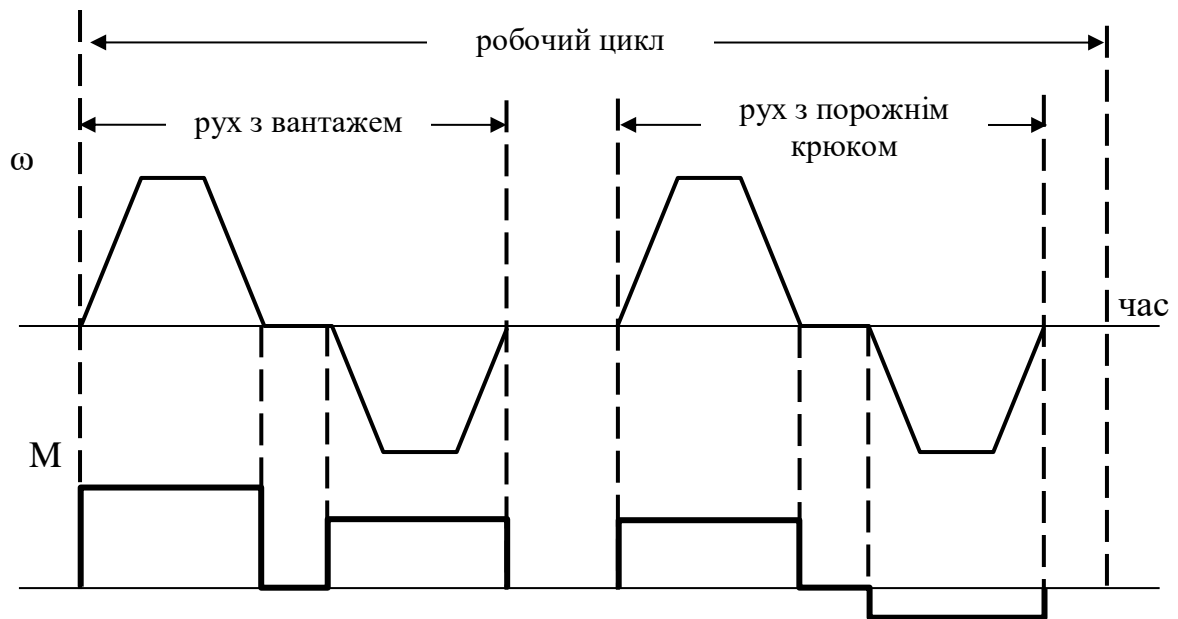


Рис. 2 Діаграми моменту та швидкості головного підйому крана

Час пуску (гальмування) двигуна з вантажем:

$$t_{п1,2} = t_{г1,2} = \frac{V_H}{a_1} = \frac{0,042}{0,0175} = 2,4 \text{ с};$$

Час пуску (гальмування) двигуна без вантажу:

$$t_{п3,4} = t_{г3,4} = \frac{V_H}{a_0} = \frac{0,042}{0,038} = 1,1 \text{ с};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

Середня швидкість пересування вантажу (захватного пристрою) за час пуску і гальмування:

$$V_{01,2} = \frac{a_1 \cdot t_{п1,2}}{2} = \frac{0,0175 \cdot 2,4}{2} = 0,021 \text{ м/с};$$

$$V_{03,4} = \frac{a_0 \cdot t_{г3,4}}{2} = \frac{0,038 \cdot 1,1}{2} = 0,0209 \text{ м/с};$$

Шлях, пройдений вантажем (захватним пристроєм) за час пуску і гальмування:

$$l_{p1,2} = 2 \cdot V_{01,2} \cdot t_{п1,2} = 2 \cdot 0,021 \cdot 2,4 = 0,1008 \text{ м};$$

$$l_{p3,4} = 2 \cdot V_{03,4} \cdot t_{г3,4} = 2 \cdot 0,0209 \cdot 1,1 = 0,04598 \text{ м};$$

Шлях, який припадає на рух вантажу (захватного пристрою) при сталій швидкості:

$$l_{усм1,2} = H - l_{p1,2} = 12 - 0,1008 = 11,899 \text{ м};$$

$$l_{усм3,4} = H - l_{p3,4} = 12 - 0,046 = 11,954 \text{ м};$$

Час підйому вантажу (захватного пристрою) з усталеною швидкістю:

$$t_{y1,2} = \frac{l_{усм1,2}}{V_H} = \frac{11,899}{0,042} = 283,3 \text{ с};$$

$$t_{y3,4} = \frac{l_{усм3,4}}{V_H} = \frac{11,954}{0,042} = 284,6 \text{ с};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

Вага вантажу та захватного пристрою при підйомі и спуску вантажу, кН,

$$G = G_0 + G_1 = 7,84 + 1568 = 1575,84 \text{ кН};$$

Момент статичного навантаження при русі з вантажем і без вантажу (для випадків підйому і спуску):

$$M_{\text{ст}} = \frac{G \cdot D_{\text{б}}}{2 \cdot i_p \cdot k \cdot \eta_{\text{пер}}} \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{ст}} = \frac{G' \cdot D_{\text{б}}}{2 \cdot i_p \cdot k} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$G' = G_0$ - вага вантажозахватного пристрою при піднятті і опусканні гака, кН.

де: i_p - передавальне число редуктора;

k - кратність поліспасти;

$\eta_{\text{пер}}$ - ККД передачі;

$$\eta_{\text{пер}} = \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{б}};$$

$$\text{де } \eta_{\text{ред}} = 0,86, \eta_{\text{п}} = 0,98, \eta_{\text{б}} = 0,95$$

$$\eta_{\text{пер}} = 0,86 \cdot 0,98 \cdot 0,95 = 0,8;$$

Підйом з вантажем:

$$M_{\text{ст1}} = \frac{G_1 \cdot D_{\text{б}}}{2 \cdot i_p \cdot k \cdot \eta_{\text{пер}}} \cdot 10^3 = \frac{1568 \cdot 1}{2 \cdot 300 \cdot 5 \cdot 0,8} \cdot 10^3 = 653,33 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

Спуск з вантажем:

$$M_{ст2} = \frac{G1 \cdot D_{\bar{b}}}{2 \cdot i_p \cdot k} \cdot \eta_{пер} \cdot 10^3 = \frac{1568 \cdot 1}{2 \cdot 300 \cdot 5} \cdot 0,8 \cdot 10^3 = 418,13 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначаємо ККД передачі ($\eta_{пер}$) для моментів статичного навантаження при підйомі та спуску захватного пристрою. Для цього необхідно визначити η , відхилення:

$$\eta_{пер} = \frac{G_0}{G_1 + G_0} = \frac{7,84}{7,84 + 1568} = 0,0049;$$

З графіка в книзі "Електропривод і автоматизація загальнопромислових механізмів". Енергія, 1980 визначаємо, $\eta_{пер} = 0,14$;

Підйом захватного пристрою:

$$M_{ст3} = \frac{G' \cdot D_{\bar{b}}}{2 \cdot i_p \cdot k \cdot \eta_{пер}} \cdot 10^3 = \frac{7,8 \cdot 1}{2 \cdot 300 \cdot 5 \cdot 0,014} \cdot 10^3 = 185,71 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Спуск захватного пристрою:

$$M_{ст4} = \frac{G' \cdot D_{\bar{b}}}{2 \cdot i_p \cdot k} \cdot \eta_{пер} \cdot 10^3 = \frac{7,8 \cdot 1}{2 \cdot 300 \cdot 5} \cdot 0,014 \cdot 10^3 = 0,0364 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

Момент статичного навантаження при русі з вантажем (для випадків підйому і спуску):

$$M_{ст} = \frac{G1 \cdot D_{\bar{6}}}{2 \cdot i_p \cdot k \cdot \eta_{пер}} \cdot 10^3;$$

Момент статичного навантаження при русі без вантажем (для випадків підйому і спуску):

$$M_{ст} = \frac{G0 \cdot D_{\bar{6}}}{2 \cdot i_p \cdot k \cdot \eta_{пер}} \cdot 10^3;$$

Підйом з вантажем:

$$M_{ст1} = \frac{G1 \cdot D_{\bar{6}}}{2 \cdot i_p \cdot k \cdot \eta_{пер}} \cdot 10^3 = \frac{1568 \cdot 1}{2 \cdot 300 \cdot 5 \cdot 0,8} \cdot 10^3 = 653,33 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Спуск з вантажем:

$$M_{ст2} = \frac{G1 \cdot D_{\bar{6}}}{2 \cdot i_p \cdot k} \cdot \eta_{пер} \cdot 10^3 = \frac{1568 \cdot 1}{2 \cdot 300 \cdot 5} \cdot 0,8 \cdot 10^3 = 418,13 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Повний час підйому (опускання) з вантажем:

$$t_1 = t_{п1} + t_{y1} + t_{т1} = 2,4 + 283,3 + 2,4 = 285,72 \text{ с};$$

$$t_2 = t_{п2} + t_{y2} + t_{т2} = 2,4 + 283,3 + 2,4 = 285,72 \text{ с};$$

Повний час підйому (опускання) без вантажу:

$$t_3 = t_{п3} + t_{y3} + t_{т3} = 1,1 + 284,6 + 1,1 = 286,8 \text{ с};$$

$$t_4 = t_{п4} + t_{y4} + t_{т4} = 1,1 + 284,6 + 1,1 = 286,8 \text{ с};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

Сумарний час роботи:

$$\Sigma t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 285,72 \cdot 2 + 286,8 \cdot 2 = 1145 \text{ с};$$

Визначаємо статичний, середньоквадратичний (еквівалентний) момент:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}};$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{653,33^2 \cdot 285,72 + 418,13^2 \cdot 285,72 + 185,71^2 \cdot 286,8 + 0,0364^2 \cdot 286,8}{1145,04}} = 397,878 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Попередній вибір потужності двигуна, як правило, проводиться по статистичному середньоквадратичному (еквівалентного) моменту, з урахуванням коефіцієнта запасу K_3 який враховує невідому на етапі попередніх розрахунків динамічну складову навантаження. $K_3 = (1,1 \div 1,5)$

Приймаємо $K_3 = 1,15$

$$M_{\text{екв.расч}} = M_{\text{екв}} \cdot K_3 = 397,878 \cdot 1,15 = 457,55 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Дійсна тривалість включення:

$$ПВ_{\text{расч}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_{\text{ц}}} \cdot 100\% = \frac{1145}{1800} \cdot 100\% = 63,61\%;$$

Необхідна номінальна швидкість двигуна:

$$n_H = \frac{V_H \cdot i_p \cdot k \cdot 60}{D_{\sigma} \cdot \pi} = \frac{0,042 \cdot 300 \cdot 5 \cdot 60}{1,314} = 1203,21 \text{ об/хв};$$

$$\omega_H = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60} = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 1203,21}{30} = 126 \text{ рад/с};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

Еквівалентна розрахункова потужність двигуна:

$$P_{\text{экв}} = M_{\text{экв.расч}} \cdot \omega_n \cdot 10^{-3} = 457,55 \cdot 126 \cdot 10^{-3} = 57,65 \text{ кВт};$$

Перерахована на стандартну тривалість включення потужність:

$$P_{\text{эквс.м}} = P_{\text{экв}} \sqrt{\frac{ПВ_{\text{рас}}}{ПВ_H}} = 57,65 \cdot \sqrt{\frac{63,61}{25}} = 90,50 \text{ кВт};$$

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

За розрахованої швидкості обертання і номінальної потужності з урахуванням прийнятої системи електропривода вибирається двигун марки

Sg 315S4 з такими параметрами:

Таблиця 2.1

| | | |
|---------------------------------------|-------------------|-------|
| Номінальна потужність P_N | кВт | 110 |
| Номінальна швидкість n_N | об/хв | 1480 |
| Номінальний момент M_N | Н·м | 710 |
| Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_N$ | - | 0,92 |
| Номінальний струм I_N | А | 193 |
| Момент інерції J | кг·м ² | 1,67 |
| $2p$ | - | 4 |
| Активний опір фази статора R_1 | Ом | 0,078 |
| Індуктивний опір фази статора X_1 | Ом | 0,152 |
| Активний опір фази ротора R_2 | Ом | 0,185 |
| Індуктивний опір фази ротора X_2 | Ом | 0,291 |

Враховуючи те, що мостовий кран дводвигуновий, розрахунок двигуна додаткового крана можна спростити. Беручи до уваги вантажопідйомність

головного і допоміжного крана, висловимо їх співвідношення: $\frac{160}{32} = 5$; звідки

потужність двигуна додаткового крана буде: $110/5 = 22 \text{ кВт}$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

За розрахованої номінальної потужності з урахуванням прийнятої системи електропривода вибирається двигун марки:Sg 180L-4 з такими параметрами:

Таблиця 2.2

| | | |
|------------------------------------|-------------------|-------|
| Номінальна потужність P_N | кВт | 22 |
| Номінальна швидкість n_N | об/хв | 1465 |
| Номінальний момент M_N | Н·м | 143 |
| Коефіцієнт потужності $\cos\phi_N$ | - | 0,9 |
| Номінальний струм I_N | А | 40,8 |
| Момент інерції J | кг·м ² | 0,155 |
| $2p$ | - | 4 |

2.3 Вибір перетворювача

При виборі перетворювача частоти (ПЧ) необхідно враховувати можливість почергової роботи двох двигунів різної потужності з забезпеченням необхідних динамічних характеристик.

Цім вимогам відповідає перетворювач частоти Vacon NXP.

Перетворювачі частоти серії Vacon NXP випускаються в діапазоні потужностей від 0,25 кВт до 5000 кВт і напруг 208-690 В.

Якість і надійність роботи агрегатів часто залежать від точності і динаміки керування електроприводом. Перетворювачі частоти Vacon NXP були спеціально розроблені для забезпечення повної керованості механізмом при будь-яких зовнішніх впливах. Завдяки високій надійності і якості управління збільшується ресурс всієї системи.

В основі перетворювача Vacon NXP лежить високопродуктивний мікроконтролер, який забезпечує високі динамічні характеристики, необхідні для якісного і надійного контролю двигуна. Він може використовуватися як для додатків з розімкнутим контуром регулювання, так і для додатків, де потрібна наявність зворотного зв'язку по швидкості обертання.

Основні характеристики перетворювача частоти Vacon NXP:

- широкий діапазон потужностей і напруг;
- широкий набір макропрограми для адаптації Vacon NXP під будь-які вимоги і алгоритми;
 - управління індукційними двигунами та двигунами з постійними магнітами (синхронні):
 - Динамічний векторне управління з розімкненим і замкнутим контуром регулювання
 - Статична помилка за швидкістю <0.01%
 - Вбудований гальмівний преривач (до 30 кВт)
 - Повне управління моментом у всьому діапазоні швидкостей
 - Вбудований дросель змінного струму на вході
 - Пусковий момент > 200%, залежно від відповідності потужності двигуна і перетворювача;
- Високошвидкісні застосування (до 7200 Гц)
- широкий набір комунікаційних опцій і плат вводу-виводу;
- швидкодіючий зв'язок між приводами по системній шині;

Конструктивно перетворювач частоти складається з двох основних блоків - силового блоку і блоку управління. На вході, з боку мережі, трифазний дросель змінного струму і конденсатор ланки постійного струму утворюють LC-фільтр, який в поєднанні з випрямним мостом забезпечує постійну напругу постійного струму на вході IGBT-інверторного моста. Дросель змінного струму фільтрує як високочастотні перешкоди з боку мережі, так і перешкоди, що генеруються перетворювачем. Крім того, дросель змінного струму покращує форму кривої струму на вході перетворювача частоти. Потужність, споживана перетворювачем частоти з мережі, є практично активною. IGBT- інверторний міст створює симетричну 3-фазну змінну напругу живлення двигуна, регульовану методом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

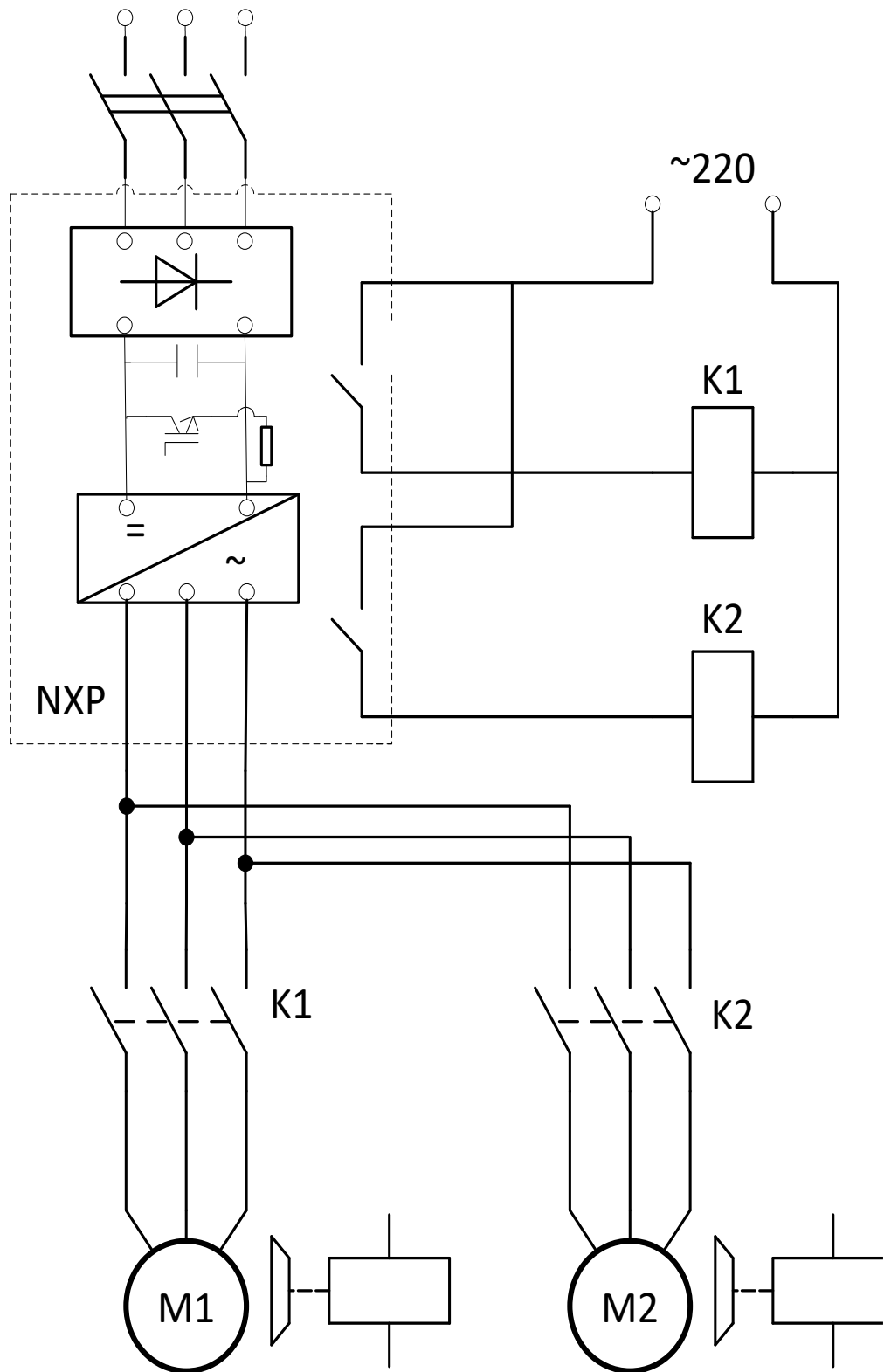


Рис.2.1 Функціональна схема підключення перетворювача частоти до двигунів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

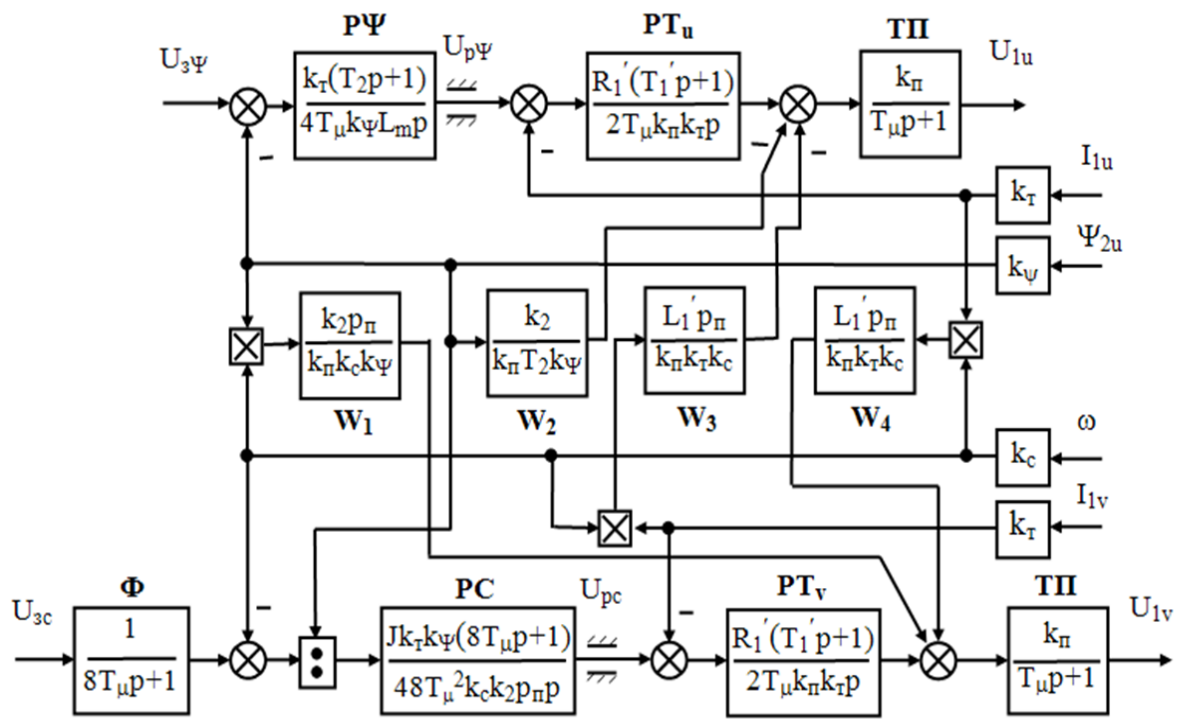
Параметри перетворювача частоти Vacon NXP.

Таблиця 2.3

| Параметр | Одиниця вимірювання | Значення |
|---------------------------------|---------------------|-----------|
| Тип | - | NXP0061 5 |
| Номінальна потужність (двигуна) | кВт | 110 |
| Вихідна напруга | В | 3×380 |
| Номінальний вихідний струм | А | 200 |
| Діапазон зміни частоти | Гц | 0,5..300 |

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.



Из асинхронного двигателя

Рис. 2.3. Структурна схема САР електроприводу з векторним керуванням.

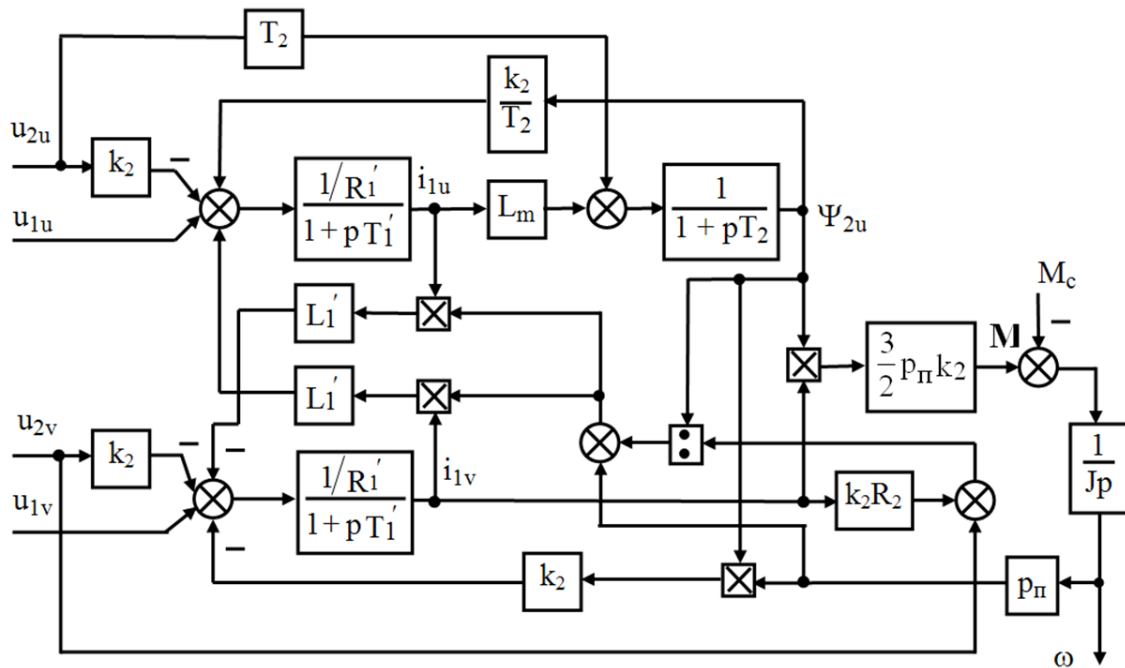


Рис. 2.4. Структурна схема асинхронного двигуна в осях d,q.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ

Арк.

28

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 (lightduty - LD) і для важкого режиму роботи (heavyduty - 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 ° C.

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

Для перетворювача частоти VaconNXP 0061 5, згідно каталогу, необхідно вибрати гальмівний пристрій типу BRR 0061 HD 5 для важкого режиму

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.5 Рекомендації щодо вибору програмного забезпечення для ПЧ

ControlBrakeApplication - це програмний пакет, який використовується для перетворювача частоти VaconNX- серії, як функція, де необхідне механічне гальмування. Для реалізації цієї функції, у перетворювач частоти необхідно вмонтувати плату розширення (NXOPTAA1).

Всі виходи на платі вільно програмовані. Вихід прямого сигналу управління і зворотного зв'язку кріпляться до входу DIN1 і DIN2

Додаткові функції:

- Програмування пуску / зупинки і сигналу зворотного логіки;
- Масштабування завдання;
- Один межа частоти контролю;
- Програмуюча S-подібна рампа;
- Гальмування постійним струмом при зупинці;
- Один заборону частотній області;
- Програмована U / F крива;
- Автоматичний перезапуск;
- Тепловий захист і захист від перекидання;
- Управління механічним гальмом;
- 8 цифрових уставок швидкості, 3 цифрових входи;
- FWD і REV безпечної швидкості вибираються за допомогою цифрових входів (NC);
- Обмеження швидкості з програмованого цифрового входу;

Принцип програмування вхідних сигналів для механічного гальмування, в багатоцільовому програмному пакеті Application Brake Control (і частково в інших програмних пакетах) відрізняється, порівняно із звичайним методом, використовуваним в інших пакетах Vacon NX (Standard, Multipurpose).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Розрахунок параметрів САР і моделювання проводимо у відносних одиницях.

Параметри ланок, використовувані в моделі :

Базовий опір:

$$Z_b = \frac{U_m}{I_m \cdot \sqrt{3}} = \frac{380}{193 \cdot \sqrt{3}} = 1,13 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі статора:

$$R_{1b} = R_1 \cdot Z_b = 0,078 \cdot 1,13 = 0,887 \text{ Ом}$$

$$X_{1b} = X_1 \cdot Z_b = 0,152 \cdot 1,13 = 0,172 \text{ Ом}$$

Опори в ланцюзі ротора:

$$R_{2b} = R_2 \cdot Z_b = 0,185 \cdot 1,13 = 0,209 \text{ Ом}$$

$$X_{2b} = X_2 \cdot Z_b = 0,291 \cdot 1,13 = 0,329 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$k_t = \frac{U_b}{2 \cdot I_n} = \frac{10}{2 \cdot 193} = 0,026$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю:

$$k_s = \frac{U_b}{\omega_{\max}} = \frac{10}{1480 \cdot \pi / 30} = 0,0645$$

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора:

$$k_2 = \frac{L_m}{L_2} = \frac{0,313}{0,338} = 0,927$$

Постійна часу ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{0,338}{0,185} = 1,83 \text{ c}$$

Номінальне потокозчеплення:

$$\Psi_n = \frac{I_n}{1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot I_n \cdot 2p \cdot k_2} = \frac{193}{1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 193 \cdot 4 \cdot 0,927} = 0,127$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потокозчепленню:

$$k_\psi = \frac{U_b}{\Psi_n} = \frac{10}{0,127} = 78,74$$

Передаточна функція регулятора швидкості :

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

Толі пропорційна частина РШ :

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 34 |

$$W_{PC}II(p) = \frac{J k_t k_{\Psi}}{6T_{\mu} k_C k_2 p_n} = \frac{1,67 \cdot 0,026 \cdot 78,74}{6 \cdot 0,001 \cdot 0,0645 \cdot 0,927 \cdot 4} = 2382$$

Інтегральна частина:

$$W_{PC}II(p) = \frac{J k_t k_{\Psi}}{48T_{\mu}^2 k_C k_2 p_n} = \frac{1,67 \cdot 0,026 \cdot 78,74}{48 \cdot 0,001^2 \cdot 0,0645 \cdot 0,927 \cdot 4} = 297813$$

Передаточна функція регулятора потокозчеплення

$$W_{P\Psi}(p) = \frac{k_t (T_2 p + 1)}{4T_{\mu} k_{\Psi} L_m p}$$

Пропорційна частина регулятора потокозчеплення

$$W_{P\Psi}II(p) = \frac{k_t T_2}{4T_{\mu} k_{\Psi} L_m} = \frac{0,026 \cdot 1,83}{4 \cdot 0,001 \cdot 78,74 \cdot 0,313} = 0,483$$

Інтегральна частина регулятора потокозчеплення

$$W_{P\Psi}II(p) = \frac{k_t (T_2 p + 1)}{4T_{\mu} k_{\Psi} L_m} = \frac{0,026}{4 \cdot 0,001 \cdot 78,74 \cdot 0,313} = 0,263$$

Розрахункові параметри САР використовуються для програмування перетворювача частоти.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

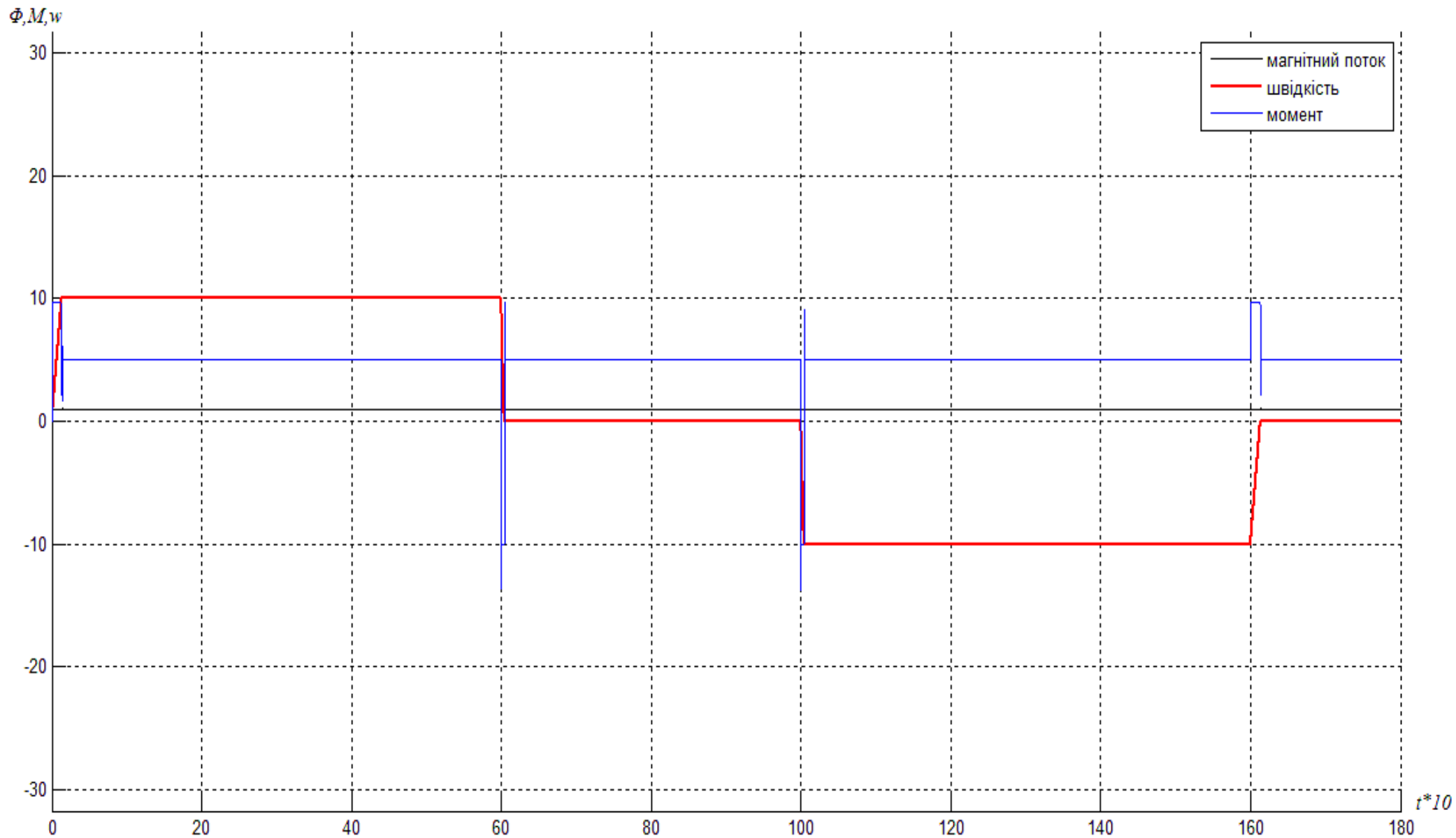


Рис. 3.2 Графіки перехідних процесів

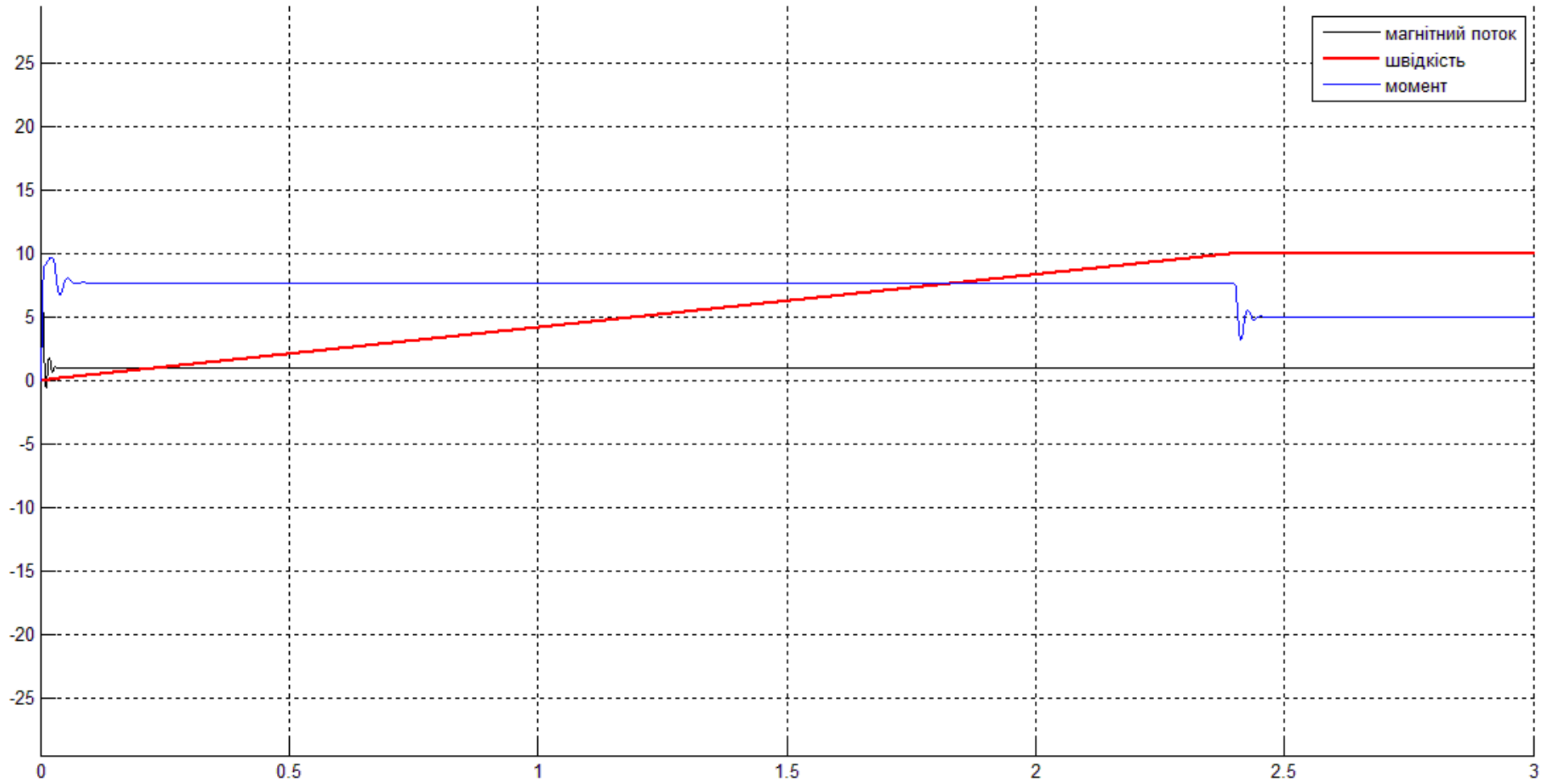


Рис. 3.3 Графіки перехідних процесів при пуску двигуна

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

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, угон крану при сильному вітрі, 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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

резонансна частота коливань органів людського тіла знаходиться в діапазоні частот 1 -15 Гц, машиніст піддається вертикальним коливанням найбільш несприятливого спектру.

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 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.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 37 |

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 зниження рівня загальної вібрації встановлюють амортизуючі прокладки в місцях кріплення кабіни до основної металоконструкції крану. Також можна встановити віброізолюючі сидіння.

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.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Шини та інші неізолювані струмопровідні частини огорожені. 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°C (t° поверхні менше 100°C).

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°C .

В цілях забезпечення пожежної безпеки, в кабіні 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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

крану, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та змінний інструктаж, отримали доступ до виконання змінного завдання від керівника робіт (начальника зміни).

4.4 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;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.5 Розрахування заземлення електроустановки

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.

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

4.2.1 Визначаю струм замикання на землю;

$$I_3 = \frac{3 \cdot U_{\phi}}{350} (3,5l_{к.л.} + l_{в.л.}), \text{ А} \quad (4.1)$$

де $U_{\phi}=380$ – фазна напруга мережі, кВ; $l_{к.л.}$, $l_{в.л.}$ – відповідно довжина електрично зв'язаних кабельних і повітряних ліній, км.

$$I_3 = \frac{3 \cdot 380}{350} (3,5 \cdot 2 + 1,2) = 15,42, \text{ А}$$

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

Опір природного заземлювача $R_{п} = 10,6 \text{ Ом}$.

4.2.3 Визначається необхідний опір штучних заземлювачів;

$$R_{ш} = \frac{R_{п} R_3}{R_{п} - R_3}, \text{ Ом} \quad (4.2)$$

$$R_{ш} = \frac{10,6 \cdot 4}{10,6 - 4} = 6,42, \text{ Ом}$$

4.2.4 Вибирається тип заземлюючого пристрою, виносний на підставі даних про об'єкт, що захищається, і значень $R_{ш}$, ρ .

4.2.5. Вибираються електроди стрижневі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

Як вертикальні заземлювачі варто використовувати сталеві стрижні діаметром 30 мм, довжиною 3 м. Верхній кінець вертикального заземлювача повинен бути занурений на 0,6 м від поверхні землі. Як горизонтальні заземлювачі варто використовувати круглу сталь діаметром 30 мм.

4.2.6 Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту для однорідного ґрунту;

$$\rho_{\text{роз}} = \rho_{\text{вим}} \cdot \Psi, \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (4.3)$$

де $\rho_{\text{вим}}$ - питомий опір ґрунту, $\rho_{\text{вим}} = 250 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

Ψ - кліматичний коефіцієнт, $\Psi = 1,3$.

$$\rho_{\text{роз}} = 250 \cdot 1,3 = 300, \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

4.2.7 Визначаю опір одиночного вертикального заземлювача;

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t_0+1}{5t_0-1} \right), \text{ Ом} \quad (4.4)$$

де $t_0 = 0,6 \text{ м}$ – мінімальна відстань від землі до вертикального електрода;

l – довжина вертикального заземлювача, $l = 3 \text{ м}$;

d – діаметр вертикального заземлювача, $d = 0,03 \text{ м}$.

$$R_{\text{в}} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \ln \left(2 \cdot \frac{2 \cdot 3}{0,03} + \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 0,6 + 1}{5 \cdot 0,6 - 1} \right) = 95,357, \text{ Ом}$$

Визначаємо опір горизонтального електрода;

$$R_{\text{г}} = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t}, \text{ Ом} \quad (4.4)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

де $t=0.6$ м – мінімальна відстань від землі до горизонтального електрода;

l – довжина горизонтального заземлювача, $l= 30$ м;

d – діаметр горизонтального заземлювача, $d = 0.03$ м.

$$R_{\Gamma} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{30^2}{0,03 \cdot 0,6} = 9.89 \text{ Ом}$$

Тоді розрахунковий опір заземлювача буде визначений за формулою;

$$R = \frac{R_{\text{в}} R_{\Gamma}}{R_{\text{в}} \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \eta_{\text{в}} \cdot n}, \text{ Ом} \quad (4.5)$$

де $\eta_{\Gamma} = 0.75$ – Коефіцієнт використання горизонтального смугового електрода;

$\eta_{\text{в}} = 0.81$ – Коефіцієнт використання вертикального смугового електрода;

$$R = \frac{95.357 \cdot 9.89}{95.357 \cdot 0.75 + 9.89 \cdot 0.81 \cdot 9} = 6.22, \text{ Ом}$$

Отримане значення опору порівнюється з необхідним опором штучного заземлювача, визначеним за формулою (4.2), значення майже рівні за значенням, що нас влаштовує .

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ</i> | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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 і аналіз показників економічної ефективності

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

5.1 Розрахунок капітальних витрат

Для визначення капітальних витрат можна скористатися формулою

$$K_{np} = K_{об}(\sum Ci) + Z_{тзс} + Z_m + Z_n + Z_{np} \text{ грн.}$$

де $K_{об}(\sum Ci)$ - вартість придбання електроустаткування (двигун і перетворювач), необхідного для реалізації прийнятого технічного рішення.

$Z_{тзс}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m - витрати на монтажні витрати;

Z_n - витрати на налагоджувальні витрати;

Z_{np} - інші одноразові вкладення грошових коштів.

Свідка капітальних витрат занесена до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Зведення капітальних витрат

| №п/п | Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів) | Кількість | Ціна за одиницю, грн | Сума, грн. |
|------|---|-----------|----------------------|------------|
| № | АД Тип: Sg 180L-4 | 1 | 15332 | 15332 |
| 1 | АД Тип: Sg 315S4 | 1 | 84710 | 84710 |
| 2 | Перетворювач частоти NXP та гальмівний пристрій (у комплекті) | 1 | 92363 | 92363 |
| | | | ВСЬОГО | 192405 |

Джерела інформації :

[http://www.cantonigroup.com/en/motors/cantoni_motor/site/711/catalogues
/]

[<http://elektroprestige.prom.ua/p5242167-preobrazovatel-chastoty-vason.html>]

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат (Z_{mzc}) визначається виходячи з:

1. Відстані доставки устаткування від місця придбання до місця експлуатації;
2. Кількості, маси і габаритів устаткування;
3. Виду транспортних засобів;
4. Транспортних тарифів;
5. Розцінок на навантажувально-розвантажувальні роботи;
6. Витрат на складську обробку.

Вартість перевезення устаткування із Польщі (місто Краків) в Дніпропетровськ, входить у вартість електроустаткування.

Витрати на монтажні (Z_m) і налагоджувальні роботи (Z_n) можна визначити таким чином:

$$Z_m = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 4 \cdot 28,46 \cdot 8 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 1283,3 \text{ грн.}$$

$$Z_n = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np} = 2 \cdot 28,46 \cdot 8 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 641,65 \text{ грн.}$$

де C_i - чисельність працівників і -го розряду, необхідних для виконання певного об'єму монтажних (налагоджувальних) робіт, чел.

a_i - часова тарифна ставка і -го розряду, грн.

a_i - часова тарифна ставка 4-го розряду станом на 2019р становить 28,46 грн./годину

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

t_i - час, необхідний для виконання певного об'єму монтажних (налагоджувальних) робіт, години

K_∂ - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{сз}$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

K_i - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Інші одноразові вкладення грошових коштів ($З_{пр}$) можуть включати витрати:

1. На демонтаж застарілого устаткування;
2. На проведення проектно-конструкторських робіт;
3. На підготовку персоналу;
4. На придбання готового програмного забезпечення.

Капітальні витрати:

$$K_{пр} = 192405 + 1283,3 + 641,65 = 194329,95 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати- це поточні витрати на експлуатацію і обслуговування об'єкту проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню відносяться:

1. Амортизаційні відрахування (Са);
2. Заробітна плата обслуговуючого персоналу (Сз);
3. Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (Сс);
4. Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування (Ст);

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

5. Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (C_5);
 6. Інші експлуатаційні витрати (C_6).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = c_a + C_3 + C_c + C_m + C_5 + C_{np}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат ведеться по проектному і базовому варіанту паралельно.

5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

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 5.2.

Таблиця 5.2

Розрахунок амортизаційних відрахувань

| Найменування показників | Капітальні витрати, грн. | Норма амортизації, % | Сума амортизації, грн. |
|-------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| Проектний варіант | 192405 | 20 | 38481 |
| Базовий варіант | 38538,18 | 20 | 7707,64 |

Базова балансова вартість замінюваного устаткування узяті за даними відділу основних засобів підприємства, що складають 38538,18.

Норма амортизації складає 20%, оскільки дане обладнання відноситься до четвертої групи основних фондів.

5.2.2 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:

$$Z_{m.p.} = \sum_{i=1}^n R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{s_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\Phi}$$

де n - число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i - годинна ставка робочих, виконуючих ремонт, грн. (30,47 грн по 5-му розряду на 2019р.)

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

m_i - число ремонтів за рік;

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту залежно від виду електроустаткування :

Асинхронні двигуни від 50 до 150 кВт – 2,5;

S_i - вартість однотипних замінюваних елементів, грн.;

Π - кількість однотипних замінюваних елементів;

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

T_{Φ} - число годин роботи апаратури в рік, ч.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 49 |

$$Z_{m.p.} = 30.47 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 2,5 + \frac{5000 \cdot 4}{2500} \cdot 6024 = 50324.9 \text{ грн.}$$

$$Z_{m.p.} = 30.47 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 2,5 + \frac{5000 \cdot 4}{2500} \cdot 6024 = 49258.45 \text{ грн.}$$

5.2.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування впродовж року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкту проектування по формулі:

$$C_e = W_p \cdot C_e, \text{ грн.},$$

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

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

Станом на 24 травня 2019р $C_e = 2.05$ грн

www.doe.dp.ua

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

$$W_r = N_y \times T_n \times K_{\text{инт}} \text{ кВт} \times \text{год}$$

де N_y – встановлена потужність обладнання;

T_n – номінальний час роботи обладнання на рік;

$K_{\text{инт}}$ – інтегральний коефіцієнт використання потужності;

$$W_{r.нр.} = 110 \cdot 6024 \cdot 0.6 = 397584 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$C_{e.нр.} = 397584 \cdot 2.05 = 815047.2 \text{ грн.}$$

$$W_{r.баз.} = 150 \cdot 6024 \cdot 0.6 = 542160 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$C_{e.баз.} = 542160 \cdot 2.05 = 1111428 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Заробітна плата обслуговуючого персоналу:

$$C_z = Z_{осн} + Z_{дод} = 51189,6 + 19196,1 = 70385,7 \text{ грн}$$

де $Z_{осн}$, $Z_{дод}$ - основна і додаткова заробітна плата відповідно, грн.

$$Z_{осн} = R_i \cdot t_i \cdot t_d \cdot t_t = 30,47 \cdot 7 \cdot 20 \cdot 12 = 51189,6 \text{ грн.}$$

$$Z_{дод} = Z_{осн} \cdot 0,375 = 19196,1 \text{ грн.}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати у проектному варіанті:

$$C_{пр} = C_a + C_z + C_c + C_m + C_э + C_{пр} = 192405 + 49258,45 + 397584 + 815047,2 = 1454294,65 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати у базовому варіанті:

$$C_б = C_a + C_z + C_c + C_m + C_э + C_{пр} = 38538,18 + 50324,9 + 542160 + 1111428 = 1742451,08 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

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 модернізації пропонованого устаткування складає 30450,6 гривень, розрахунковий коефіцієнт ефективності складає 0,221 і розрахунковий термін окупності капітальних вкладень складає 4,5 року.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ</i> | Арк. |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 52 |

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.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

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. 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.
7. Преобразователи частоты VACON. Руководство VAASA CONTROLLOY2000.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | ЕП.ПД.19.16.01.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 54 |