

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

НУБІП України

УДК 631.371:621.31

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

проф., д.т.н.

(підпис)

КАПЛУН В.В.

« ____ » _____ 2022 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

доц., к.т.н.

(підпис)

ОКУШКО О.В.

« ____ » _____ 2022 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «ПРОЕКТ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА»

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Савченко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

НУБІП України

Керівник магістерської роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Васюк В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Ступаченко Н.В.

(підпис)

(ПІБ)

НУБІП України

Київ – 2022

НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

К.Т.Н., доц.

Окушко О.В.

(підпис)

« _____ »

2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ

Ступаченку Назарію Володимировичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Проект енергозберігаючої системи управління асинхронного двигуна токарного верстата»

затверджена наказом ректора НУБІП України від 08.12.2021 № 2066/О”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 05.11.2022

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»; матеріали практики

4. Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Огляд літературних джерел та інтернет – ресурсів за тематикою магістерської роботи;
2. Особливості застосування асинхронних електродвигунів;
3. Розрахунок системи управління асинхронним двигуном;
4. Математичне описання роботи асинхронного двигуна;
5. Структурна схема системи управління, вибір структури і розрахунок параметрів регуляторів;
6. Заходи по безпеці експлуатації електрообладнання;
7. Економічна ефективність прийнятих рішень.

Дата видачі завдання 08.12.2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

Васюк В. В.

(підпис)

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

Ступаченко Н.В.

НУБІП України

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Магістерська робота: пояснювальна записка – 75 арк., 26 рис., 18 табл., 10 джерел.

В рамках магістерської роботи розроблена енергозберігаюча система керування трифазним асинхронним двигуном головного руху токарного верстата. Пристрій складається з блоку системи управління і датчика швидкості.

Мета роботи: розробка системи управління для регулювання режимами роботи асинхронного двигуна токарного верстату.

Об'єктом дослідження є процес керування асинхронного двигуна токарного верстату.

Предметом дослідження є проектування системи управління асинхронним двигуном токарного верстату.

У процесі магістерської роботи були виконані наступні завдання:

1. Огляд і аналіз існуючих способів регулювання швидкості асинхронного двигуна;
2. Розробити систему управління асинхронного двигуна токарного верстату;
3. Розробити математичну модель асинхронного двигуна, виконати розрахунок часу розгону, максимального кутового прискорення ходового гвинта, навантаження.

**ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД,
АСИНХРОННИЙ ДВИГУН З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ,
ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ.**

НУБІП України

РЕФЕРАТ

ВСТУП

ЗМІСТ

НУБІП України

Ошибка! Закладка не определена.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ..... 8

1.1 Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором..... 9

1.2 фазні роторні асинхронні двигуни..... 9

1.3 Способи керування асинхронним двигуном..... 10

1.4 Будова асинхронних електродвигунів..... 11

1.5 Принцип дії асинхронних електродвигунів..... 14

1.6 Пуск двигуна з асинхронним фазним ротором..... 16

1.7 Способи регулювання частоти обертання асинхронного двигуна... 17

1.7.1 Регулювання частоти..... 18

1.7.2 Зміна кількості пар полюсів..... 22

1.7.3 Зміна значення напруги живлення..... 23

1.7.4 Застосування додаткового опору в колі ротора..... 24

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ..... 26

2.1 Вихідні дані для розрахунку..... 26

2.2 Математичний опис роботи асинхронного двигуна..... 27

2.3 Розрахунок зусиль і моментів..... 28

2.4 Діаграма навантаження і швидкості..... 30

2.5 Вибір мотор-редуктора..... 31

2.6 Перевірте обігрів двигуна..... 32

2.7 Вибір перетворювача та схема його підключення..... 33

2.8 Структурна схема системи керування, вибір структури та розрахунок параметрів регулятора	34
2.9 Розрахункова схема системи керування системою приводу в середовищі MATLAB Simulink.....	36
2.10 Результати моделювання динамічних процесів з малими вхідними ефектами та в окремих режимах роботи.....	37
2.10 Системи керування асинхронними двигунами.....	40
2.10.1 Структурно-функціональна схема керування електроприводом	41
РОЗДІЛ 3 РЕМОНТ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....	48
3.1 Обґрунтування та вибір проекту обслуговування та ремонту енергетичного обладнання.....	48
3.2 Розрахунок електроосвітлення	48
3.3 Вибір апаратів керування та захисту та комплектних апаратів низької напруги.....	51
3.4 Розрахунок вентиляції.....	53
РОЗДІЛ 4 ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	56
4.1 Аналіз умов праці.....	56
4.2 Перелік організаційних заходів щодо підготовки до роботи та запобігання та ліквідації шкідливих виробничих процесів.....	56
4.3 Засоби індивідуального захисту.....	59
4.4 Розрядження заземлювального пристрою.....	59
4.5 Захист від спаму	66
4.6 Загальні положення про пожежну безпеку.....	67
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	70

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

В даний час багато досягнень в галузі науки і техніки пов'язані з розвитком електроніки. У наш час неможливо знайти галузь, де б не використовувалися електронні пристрої або електронні пристрої вимірювальної техніки та автоматики. Проектування електронних пристроїв промислового призначення є процесом обробки інформації, під час якого за допомогою певних методів і відповідного математичного апарату готується технічна документація на пристрій на основі первинних даних та інших даних, необхідних для вирішення поставленого завдання, який найкраще відповідає проектному завданню.

НУБІП України

Одним із важливих напрямків технічного прогресу є розробка нових систем управління, що забезпечують енергозбереження в цьому аспекті та модернізація існуючих промислових потужностей. Зараз це особливо актуально через постійне подорожчання енергоносіїв.

НУБІП України

Для промислових установок також дуже важливий показник надійності, який характеризує роботу пристрою в несприятливих умовах. Адже умови роботи точної комп'ютерної техніки на виробництві дуже несприятливі з екологічної точки зору.

НУБІП України

Мета не складається з магістерської роботи, розробити систему керування для регулювання робочих режимів асинхронного двигуна токарного верстата.

Об'єкт дослідження є процес керування асинхронним двигуном на токарному верстаті.

НУБІП України

Предмет дослідження – конструкція системи керування асинхронним двигуном токарного верстата.

Основна частина містить необхідні розрахунки, тексти програмного забезпечення та алгоритми, вибір елементної бази, вибір схемних рішень та інші результати.

НУБІП України

Методи дослідження. Методи та об'єкти дослідження. Поставлені в роботі задачі вирішувалися методами теорії автоматичного керування, математичного

моделювання динамічних процесів на персональному комп'ютері методами чисельного розв'язування та методами експериментальної перевірки.

Регулювання частоти перетворювача частоти дозволяє знизити енергоспоживання токарного верстата майже вдвічі. Крім зниження споживання електроенергії, частотне регулювання дозволяє контролювати обладнання з більш плавними перехідними процесами і знижувати динамічні навантаження, яким піддається кінематика електроприводу, що в свою чергу позитивно впливає на надійність і стабільність електропостачання кранового обладнання.

При застосуванні частотного регулювання додаткова економічна перевага забезпечується використанням синхронних електродвигунів із короткозамкненим ротором, які мають дуже малий пусковий момент порівняно з аналогічними електродвигунами конструкції «фазного ротора».

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

В даний час асинхронні двигуни складають не менше 80% всіх електродвигунів, що випускаються в промисловості. До них відносяться трифазні асинхронні двигуни.

Трифазні асинхронні двигуни широко використовуються в автоматичі та дистанційному механічному обладнанні, побутовій та медичній техніці, записуючій техніці тощо.

Асинхронний двигун - це двигун змінного струму, ротор якого не обертається з частотою, що дорівнює (в режимі приводу менше) частоті обертання магнітного поля, створюваного струмом в обмотках статора.

Сьогодні асинхронні двигуни складають основну масу електричних машин. Вони в основному використовуються як електродвигуни і є основними перетворювачами для перетворення електричної енергії в механічну.

Переваги асинхронних двигунів:

Широке застосування трифазних асинхронних двигунів пояснюється наступним:

- хороші експлуатаційні характеристики,
- легко обслуговувати,

- низька вартість,
- надійність роботи,
- їх конструкція проста.

Недоліки:

- маленький пусковий момент.
- великий стартовий струм.

Асинхронні двигуни мають статор і ротор, розділені повітряним зазором.

Його рухомими частинами є обмотки та магнітопровід, всі інші частини є конструктивними, що забезпечують необхідну міцність, жорсткість, охолодження, здатність до обертання тощо.

Обмотка статора являє собою трифазну (як правило, багатofазну) обмотку, і її провідники рівномірно розподілені по колу статора і прокладені пофазно в пазах з кутовим інтервалом 120 ел. град. Фази обмоток статора з'єднуються за стандартною схемою «трикутник» або «зірка» і підключаються до мережі трифазного струму. Магнітопровід статора перемагнічується в процесі зміни (обертання) магнітного потоку обмотки збудження, тому його роблять з електротехнічної сталі (зібраною пластинами) для забезпечення мінімальних магнітних втрат.

Залежно від конструкції ротора асинхронні двигуни діляться на два основні типи: короткозамкнені ротори і фазні ротори. Конструкція статорів для обох типів є однаковою, проте відрізняється виконання обмотки ротора.

Магнітопровід ротора аналогічний магнітопроводу статора – штихований, виконаний з електротехнічної сталі.

1.1 Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором

Закорочена обмотка ротора, яку через зовнішню схожість конструкції часто називають «білячою кліткою», складається з мідних або алюмінієвих стрижнів, замкнутих двома кільцями з обох кінців. Стрижні цієї обмотки вставляються в пази в осерді ротора. У машинах малої та середньої потужності ротори зазвичай виготовляють заливкою розплавлених алюмінієвих сплавів у канавки сердечника ротора. Кільця короткого замикання та лопасті відлиті разом із стрижнями «білячої клітки», завдяки яким відбувається самовентиляція самого ротора та вентиляція всієї машини. «Біляча клітка» у машинах великої потужності складається з мідних стрижнів, кінці яких з'єднані з короткозамикаючими кільцями.

1.2 Фазні роторні асинхронні двигуни

Часто різьблення ротора або статора вигинають для зменшення ЕРС вищих гармоній, викликаних пульсаціями магнітного потоку через наявність зубців, магнітний опір яких значно нижче магнітного опору обмотки. Шум від магнітних

причин. Для поліпшення пускових характеристик асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, тобто для збільшення пускового моменту, і зменшення пускового струму, в роторі використовується спеціальна форма канавки. При цьому зовнішня частина колії ротора від осі обертання має менший поперечний переріз, ніж внутрішня. Це дає можливість використовувати ефект витіснення струму, за рахунок якого активний опір обмотки ротора збільшується при великих зсувах (спочатку).

Асинхронні двигуни з короткоцикловим ротором мають малий пусковий момент і значний пусковий струм, що є істотним недоліком «білої клітини». Тому їх використовують в електроприводах, де не потрібні великі пускові моменти. Серед переваг варто відзначити простоту виготовлення і відсутність механічного контакту зі статичною частиною машини, що гарантує довговічність і знижує витрати на обслуговування. Завдяки спеціальній конструкції ротора можна досягти низької інерції двигуна, коли ротор залишається нерухомим, а в магнітній порожнині обертається лише порожній алюмінієвий циліндр (біла комірka або закорочена обмотка ротора).

1.3 Способи керування асинхронним двигуном

Керування асинхронним двигуном змінного струму передбачає зміну швидкості ротора та/або його крутного моменту.

Існують такі способи управління асинхронним двигуном:

- а) реостат - зміна частоти обертання АД з фазним ротором шляхом зміни опору реостата в колі ротора, що додатково збільшує пусковий момент;
- б) частотний - зміна частоти обертання АД шляхом зміни частоти струму мережі живлення, що викликає зміну частоти обертання поля статора.

Використовується для запуску двигуна через перетворювач частоти:

- а) перемикаючи обмотки зі схеми «зірка» на схему «трикутник» у процесі пуску двигуна, це зменшує пускові струми в обмотках приблизно в три рази, але при цьому знижує крутний момент;

б) імпульсні - шляхом подачі спеціального виду напруги живлення (наприклад, у вигляді порошку);

в) прикладення додаткової ЕРС у вторинному контурі в напрямку або в протилежному напрямку частоти ковзання.

г) зміною кількості пар полюсів, якщо такий перехід передбачено проектом (тільки для роторів kz);

д) шляхом зміни амплітуди напруги живлення тільки при зміні амплітуди (або середньоквадратичного значення) керуючої напруги. Тоді вектори напруг керування і збудження залишаються перпендикулярними (пуск автотрансформатора);

д) фазове керування характеризується тим, що зміна частоти обертання ротора досягається зміною фазового зсуву між векторами збуджувальної та керуючої напруг;

г) амплітудно-фазовий метод включає два описані методи;

h) Включення статорів реакторів у ланцюг поставок.

і) індуктивний опір двигуна з фазним ротором.

1.4 Будова асинхронних електродвигунів

Основними частинами всіх асинхронних двигунів є нерухома частина - статор і обертова частина, яка називається ротором.

Статор трифазного асинхронного двигуна складається з багатошарової котушки, запресованої в формовану раму. Внутрішня частина статора має пази для укладання обмотувальних провідників. Ці провідники є сторонами м'яких багатовиткових котушок, які утворюють три фази обмотки статора. Геометричні осі котушок зміщені відносно один одного в просторі на 120 градусів.

Фази обмотки можуть з'єднуватися за схемою «зірка» або «трикутник» в залежності від напруги мережі. Наприклад, якщо в паспорті на двигун вказано напруги 220 ~ 380В, то при напрузі мережі 380В фази з'єднуються у вигляді «зірки». Якщо напруга в мережі 220В, обмотки з'єднуються у вигляді «трикутника». В обох випадках фазна напруга двигуна дорівнює 220 В.

Ротор трифазного асинхронного двигуна являє собою циліндр, виготовлений з штампованих листів електротехнічної сталі і закріплений на валу. Залежно від типу обмотки ротори трифазних асинхронних двигунів поділяються на короткозамкнені та фазні.

Доліво-Добровольський вперше створив двигун із короткозамкненим ротором і дослідив його властивості. Він дізнався, що такі двигуни мають дуже серйозний недолік - обмежений пусковий момент. Доліво-Добровольський назвав причину цього недоліку - сильно вкорочений ротор. Вони також запропонували конструкцію двигуна з фазним ротором.

На малюнку 1.1. подано розріз асинхронної машини з фазним ротором: 1 - станина, 2 - обмотка статора, 3 - ротор, 4 - контактні кільця, 5 - щітки.

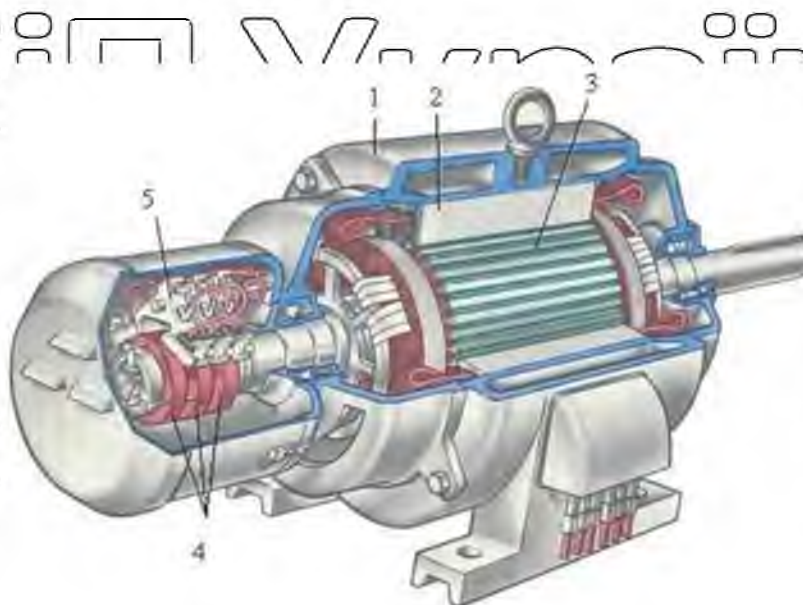
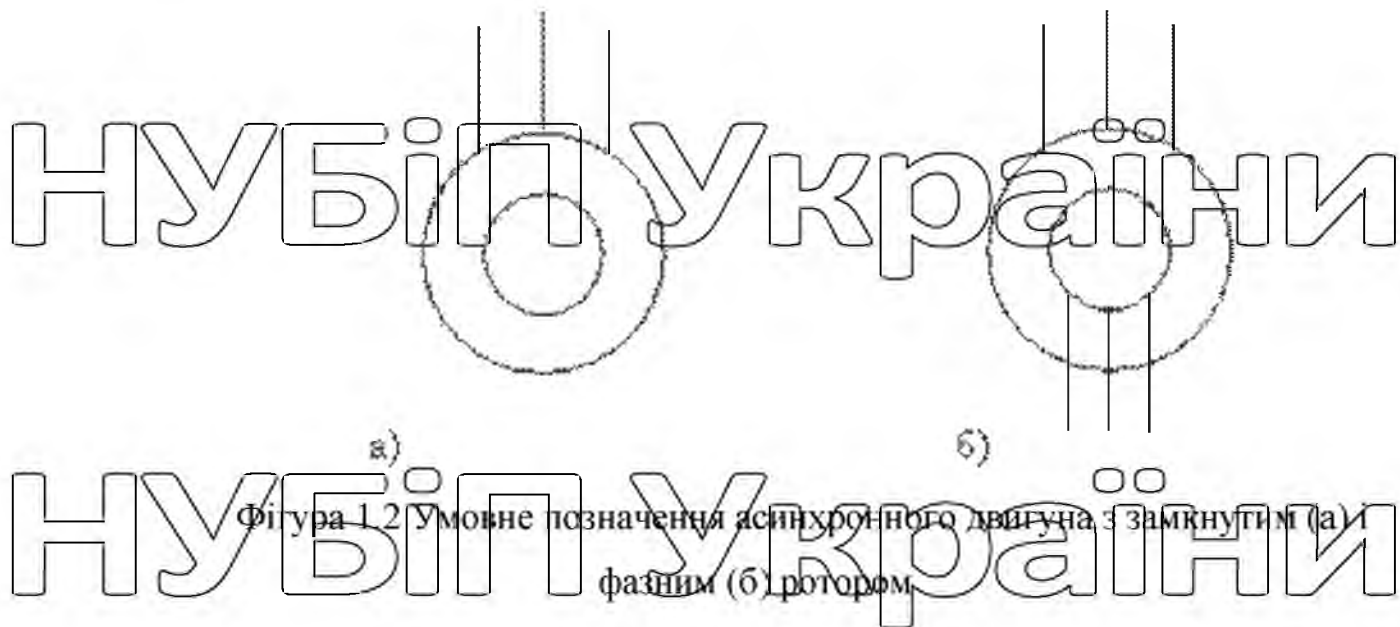


Рис.1.1. Фазовий ротор асинхронної машини

В однофазному роторі обмотка трифазна, аналогічна обмотці статора, з однаковою кількістю пар полюсів. Витки обмотки розміщені в пазах сердечника ротора і з'єднані за схемою зірка. Кінці кожної фази з'єднані з контактними кільцями, закріпленими на валу ротора, і виведені на зовнішню ланцюг через щітки. Контактні кільця виготовляють з латуні або сталі, вони повинні бути ізолювані один від одного і від вала. В якості щіток використовуються металеві графітові щітки, які притискаються до контактних кілець за допомогою пружин.

щіткотримачів, закріплених на корпусі машини. На малюнку 1.2 показана звичайна конфігурація асинхронного двигуна з короткозамкненим (а) і фазним (б) ротором.

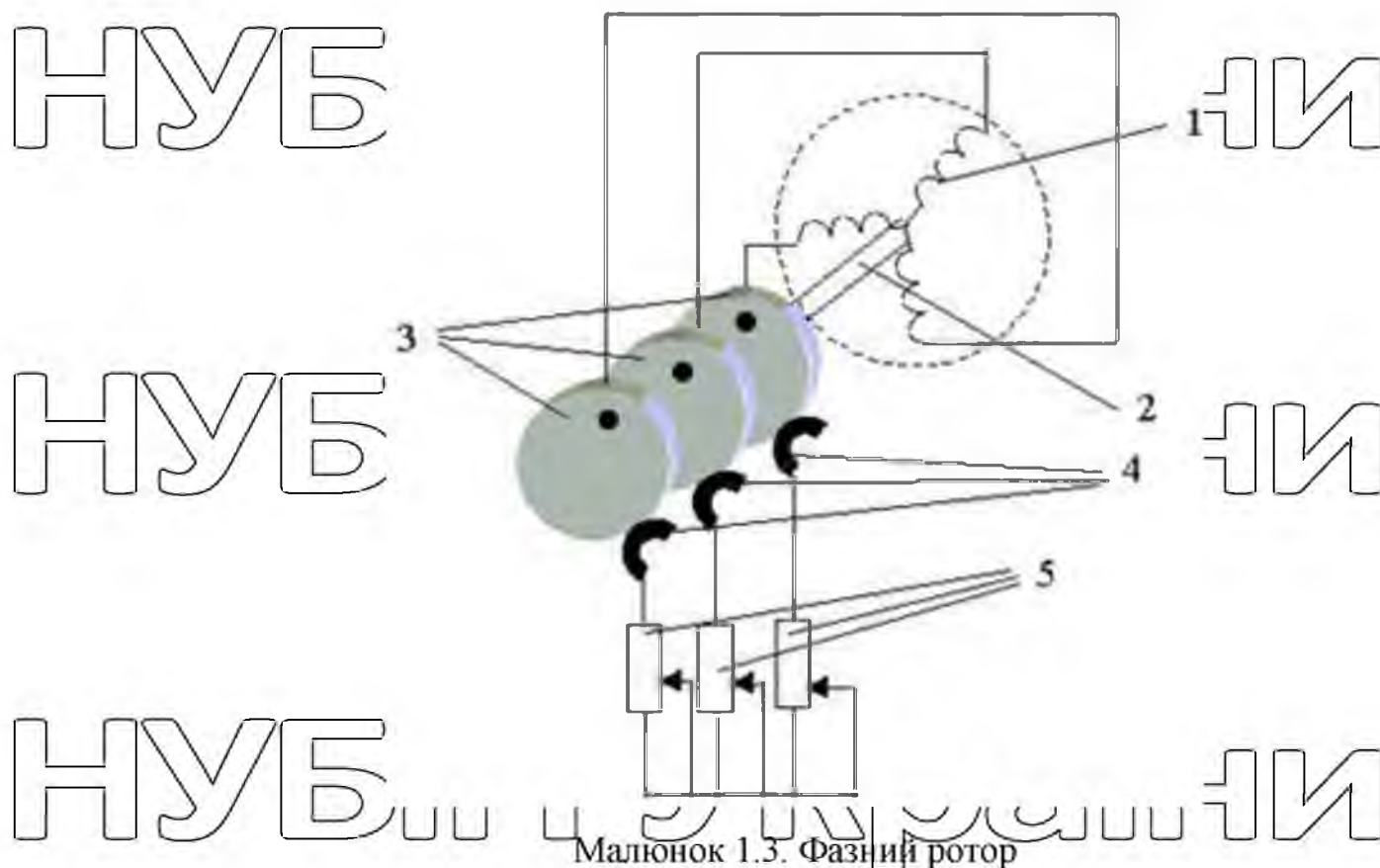


У потужних асинхронних електродвигунах і спеціальних машинах малої потужності для поліпшення пускових і регулюючих характеристик використовують фазні ротори. У цих випадках в роторі розміщена трифазна обмотка зі зміщенням геометричних осей фазних котушок (1) у просторі відносно одна одної на 120 градусів (рис. 1.3.).

Фази обмотки з'єднані зіркою, а їх кінці з'єднані з трьома контактними кільцями (3), насадженими на вал (2) і електрично ізольованими як від вала, так і між собою. За допомогою щіток (4), що знаходяться в ковзному контакті з кільцями (3), можна ввести в ланцюг фазної обмотки регулюючі резистори (5).

Асинхронний двигун з фазним ротором має кращі пускові та керуючі характеристики, але характеризується більшою масою, розмірами та вартістю, ніж асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

НУБІП України



1.5 Принцип дії асинхронних електродвигунів

Принцип дії асинхронної машини заснований на використанні обертового магнітного поля. При включенні трифазної обмотки статора в мережу створюється обертове магнітне поле, кутова швидкість якого визначається частотою мережі f і числом пар полюсів в обмотці p :

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p} \quad (1.1)$$

де ω_1 – кутова частота, рад/с; f – частота, Гц; p – кількість пар полюсів.

Проходячи по провідниках в обмотках статора і ротора, це поле індуксує в обмотках ЕРС (згідно із законом електромагнітної індукції). Коли обмотка ротора замкнута, її ЕРС створює струм у колі ротора. Електромагнітний момент створюється в результаті взаємодії струму з утвореним магнітним полем. Якщо цей крутний момент перевищує момент опору вала двигуна, вал починає обертатися і приводити в рух робочий механізм. Зазвичай кутова швидкість ω_2

ротора не дорівнює кутовій швидкості ω_1 так званого синхронного магнітного поля. Звідси і назва асинхронний двигун, тобто несинхронний.

Робота асинхронної машини характеризується ковзанням s , яке є відносною різницею кутових швидкостей поля ω_1 і ротора ω_2 :

$$s = \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{\omega_1} \quad (1.2)$$

на слизкій землі s .

Величина і знак ковзання, що залежить від кутової швидкості відносно магнітного поля ротора, визначає режим роботи асинхронної машини. Так, в ідеальному стані холостого ходу ротор і магнітне поле обертаються в одному напрямку з однаковою частотою, ковзання $s = 0$, ротор нерухомий відносно обертового магнітного поля, ЕРС в його обмотці не індукується, струм ротора і електромагнітний момент машини дорівнюють нулю. При запуску ротор зупиняється в перший момент: $\omega_2 = 0, s = 1$. У загальному випадку, коли ковзання активізується в стані руху, воно змінюється від $s = 1$ до $s = 0$. ідеальний стан спокою.

Коли ротор обертається зі швидкістю $\omega_2 > \omega_1$ в напрямку обертання магнітного поля, ковзання стає від'ємним. Автомобіль переходить в генераторний режим і розвиває гальмівний момент. При обертанні ротора в напрямку, протилежному напрямку обертання магнітного поля ($s > 1$), асинхронна машина переходить в режим протиковзання і одночасно розвиває гальмівний момент. Таким чином, двигун ($s = 1 \div 0$), генератор ($s = 0 \div -\infty$) і антиперехідний режим ($s = 1 \div +\infty$) відрізняються в залежності від ковзання. Для гальмування асинхронних двигунів використовуються генераторний і антиперехідний режими.

Фазний ротор має трифазну (як правило, багатофазну) обмотку, зазвичай з'єднану за схемою «зірка», і приводить в обертання разом з валом машини контактні кільця. У ланцюзі обмотки ротора за допомогою металевих графітових щіток ковзають по кільцях:

а) містить пускорегульований реостат, який виконує роль додаткового активного опору, однакового для кожної фази. Зменшуючи пусковий струм, домагаються збільшення пускового моменту до максимального значення (в перший момент). Такі двигуни використовуються для приводу машин, які запускаються під великим навантаженням або вимагають плавного регулювання обертів.

б) вставити індуктивності (дроселі) в кожну фазу ротора. Опір дроселів залежить від частоти струму, а як відомо, частота струмів ковзання найбільша в роторі в перший момент пуску. У міру обертання ротора частота наведених струмів зменшується, а разом з цим зменшується і опір дроселя. Індуктивний опір в ланцюзі фазного ротора дозволяє автоматизувати процедуру запуску двигуна і при необхідності «витягнути» двигун, обороти якого впали через перевантаження. Індуктивність підтримує струми ротора на постійному рівні.

в) вставте джерело постійного струму, щоб таким чином отримати синхронну машину.

г) введення живлення від інвертора, що дозволяє контролювати швидкість і моментні характеристики двигуна. Це особливий режим роботи (машина подвійної потужності). Можна відкрити напругу мережі без перетворювача, з виразом, протилежним тому, що живить статор.

1.6 Пуск двигуна з асинхронним фазним ротором

Умови пуску асинхронного двигуна з фазною обмоткою ротора можна істотно поліпшити за рахунок деякої складності в конструкції і обслуговуванні двигуна.

Оскільки активний опір фазної обмотки ротора відносно невеликий, то для отримання максимального початкового пускового моменту в ланцюг ротора необхідно включити пусковий реостат з опором фази.

Коли ротор починає обертатися, ковзання зменшується, а отже, ЕРС і струм ротора, а отже, і крутний момент. Щоб двигун продовжував розвивати крутний момент, близький до максимального, необхідно поступово зменшувати

отір пускового реостата. Нарешті, коли двигун досягає номінальної швидкості, пусковий реостат замикається накоротко.

Для зменшення механічних втрат і зносу кілець і щіток двигуни іноді оснащують пристроєм для підйому щіток і короткого замикання кілець.

Чим більшим повинен бути пусковий момент, чим ближче до максимального крутного моменту, тим вищим буде пусковий струм. Тому тільки

для особливо важких умов пуску реостат підбирають таким чином, щоб пусковий момент дорівнював максимальному.

Щоб пусковий реостат не перегрівався при пуску, його потужність повинна приблизно дорівнювати потужності двигуна. Пускові реостати для двигунів великої потужності виготовляють з масляним охолодженням.

Звичайно, використання пускового реостата значно покращує умови пуску асинхронного двигуна, збільшуючи пусковий момент і зменшуючи пусковий струм.

1.7 Способи регулювання частоти обертання асинхронного двигуна

Практично всі машини оснащені асинхронними двигунами в якості електроприводу. Вони мають просту конструкцію і не дорогі. У зв'язку з цим важливо відрегулювати частоту обертання асинхронного двигуна. Але в

стандартній схемі редуктора можливе управління його оборотами тільки за допомогою механічних систем передачі (редуктори, шківів), що не завжди зручно. Більше переваг має електричне регулювання частоти обертання ротора,

хоча воно ускладнює схему підключення асинхронного двигуна (рисунк 1.4).

Для деяких вузлів автоматики підходить електричне регулювання частоти обертання вала асинхронного електродвигуна. Тільки так можна досягти плавного і точного налаштування режимів роботи. Існує кілька способів керування частотою обертання шляхом маніпулювання частотою, напругою та формою струму. Усе показано на діаграмі.

Способи регулювання частоти обертання асинхронного двигуна					
Зміна швидкості електромагнітного поля статора			Зміна ковзання двигуна при незмінному значенні електромагнітного поля статора		
Регулювання частоти шляхом зміни частоти	Зміна кількості пар полюсів	Зміна значення напруги живлення	Застосування додаткового опору в колі ротора	Асинхронний вентильний каскад	Два потужні двигуни
Для двигунів з короткозамкненим ротором			Для двигунів з асинхронним фазним ротором		

Рисунок 1.4 Способи регулювання частоти обертання асинхронного

двигуна

З методів, представлених на малюнку 1.4, найбільш поширеним для

регулювання швидкості ротора є зміна наступних параметрів:

- напруга, що подається на статор,
- допоміжний опір для кола ротора,
- кількість полюсів,
- частота струму.

Останні два способи дозволяють змінювати швидкість обертання без істотного зниження ККД і втрати потужності, тоді як інші методи регулювання сприяють зниженню ККД пропорційно величині ковзання. Але обидва мають свої переваги та недоліки. Так як на виробництві найчастіше використовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором, всі подальші розмови будуть стосуватися саме цього типу електродвигунів.

1.7.1 Регулювання частоти

Напівпровідникові перетворювачі в основному використовуються для регулювання частоти. Принцип їх роботи заснований на особливостях роботи асинхронного двигуна, де частота обертання магнітного поля статора залежить

від частоти напруги мережі живлення. Швидкість обертання поля статора визначається за формулою:

$$n_1 = 60f/p, \quad (3.1)$$

де n_1 - частота обертання поля, об/хв; f – частота живлення, (Гц); p - кількість пар полюсів статора; 60 — коефіцієнт перерахунку розміру.

Щоб асинхронний електродвигун працював ефективно без втрат, необхідно якомога швидше змінити напругу, що подається. Напруга повинна змінюватися в залежності від моменту навантаження. Якщо навантаження постійне, напруга змінюється пропорційно частоті.

Сучасні частотні регулятори дозволяють зменшувати і збільшувати обороти в широкому діапазоні. Це призвело до їх широкого використання в обладнанні з контрольованим розривом, наприклад у багатьох контактних машинах для зварних сіток. У них швидкість обертання асинхронного двигуна, що приводить в рух вал обмотки, регулюється напівпровідниковим перетворювачем. Таке регулювання дозволяє оператору, який контролює правильність виконання технічних операцій, поступово прискорювати або сповільнювати темп під час налагодження верстата.

Зупинимося детальніше на принципі роботи частотного перетворювача. Він заснований на принципі подвійного перетворення. Регулятор складається з випрямляча, імпульсного перетворювача і системи керування. У випрямлячі синусоїдальна напруга буде перетворюватися в постійну напругу і подаватися на інвертор. Потужний трифазний імпульсний перетворювач має шість транзисторних ключів. Через ці автоматичні вимикачі на обмотки статора подається постійна напруга, так що в потрібний момент на відповідну обмотку подається постійний або зворотний струм зі зсувом фаз на 120° . Таким чином, постійна напруга перетворюється в змінну трифазну напругу з необхідною амплітудою і частотою.

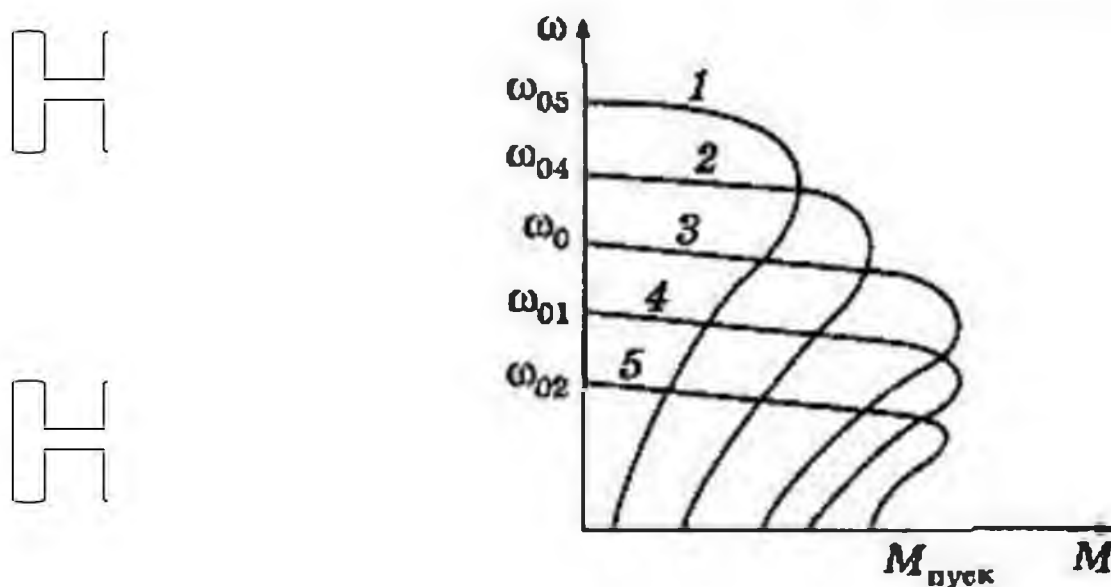


Рис. 1.5 Механічні властивості частотно-регульованого асинхронного двигуна

Необхідні параметри задаються через модуль керування. Автоматичне налаштування функції кнопок здійснюється за принципом широтно-імпульсної модуляції. В якості комутаторів використовуються потужні транзистори IGBT. У порівнянні з тиристорами вони мають високу частоту перемикачів і генерують майже синусоїдальний струм з мінімальними спотвореннями. Незважаючи на практичність таких пристроїв, їх вартість залишається дуже високою для двигунів середньої і великої потужності.

Для отримання високих енергетичних показників (коефіцієнтів потужності, корисного руху, перевантажувальної здатності) для асинхронних двигунів необхідно якнайшвидше змінити напругу живлення. Закон зміни напружень залежить від характеру моменту навантаження. При постійному моменті навантаження напруга в статорі повинна регулюватися пропорційно частоті.

Зі зменшенням частоти f критичний момент дещо зменшується в області низьких частот обертання. Це пояснюється збільшенням впливу активного опору обмотки статора з одночасним зниженням частоти і напруги.

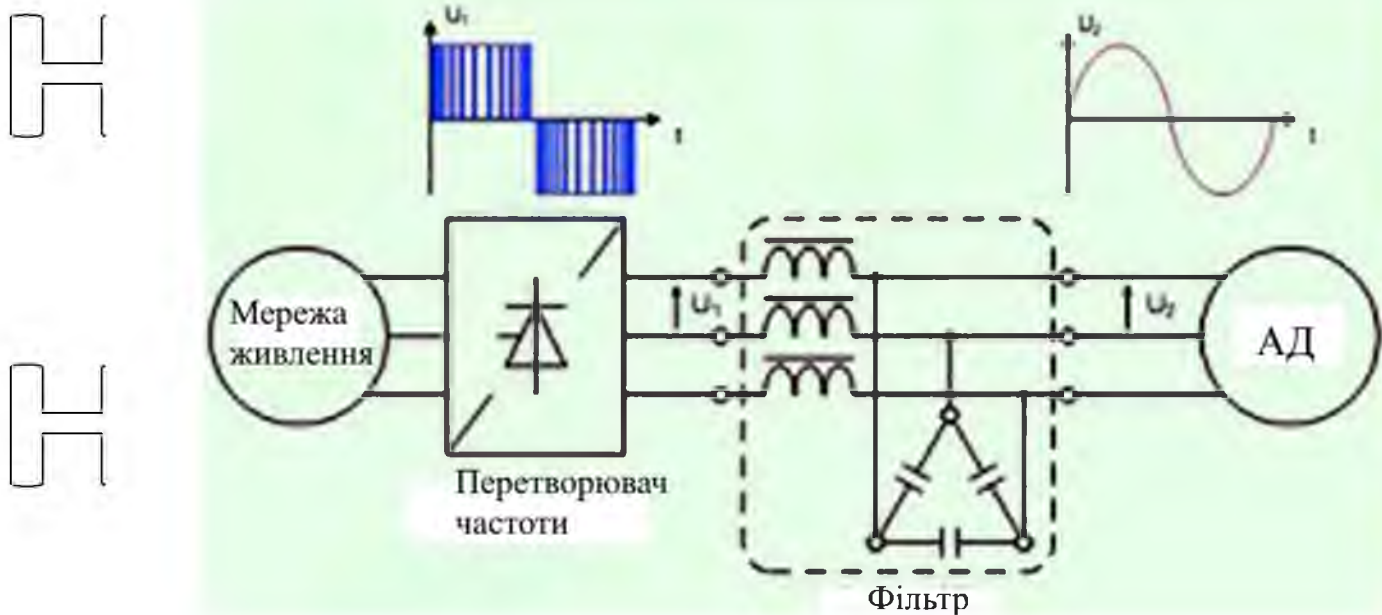


Рис. 1.6 Принцип регулювання частоти

Частотне регулювання швидкості асинхронного двигуна дозволяє змінювати частоту обертання в діапазоні (20 - 30)

Найбільш перспективним для регулювання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором є частотний метод. При такому розташуванні втрати потужності невеликі, оскільки втрати на ковзання мінімальні.

Більшість сучасних перетворювачів частоти побудовані за схемою подвійного перетворення. Вони складаються з таких основних частин: приєднання постійного струму (некерований випрямляч), силовий імпульсний перетворювач і система керування.

З'єднання постійного струму складається з некерованого випрямляча та фільтра. Змінна напруга електричної мережі буде потім перетворена в постійну напругу.

Потужний трифазний імпульсний перетворювач складається з шести транзисторних ключів. Кожна обмотка електродвигуна через відповідний перемикач з'єднана з позитивною і негативною клемою випрямляча. Інвертор перетворює випрямлену напругу в трифазну змінну з необхідною частотою і амплітудою, яка подається на обмотки статора електродвигуна.

Як перемикачі в кінцевому каскаді перетворювача використовуються потужні транзистори IGBT. У порівнянні з тиристорами вони мають більш високу частоту перемикання, що дозволяє формувати синусоїдальний вихідний сигнал з мінімальними спотвореннями. Регулювання вихідної частоти f_{out} і вихідної напруги здійснюється за рахунок високочастотної широтно-імпульсної модуляції.

1.7.2 Зміна кількості пар полюсів

Безступінчасте регулювання швидкості може бути досягнуто за допомогою спеціальних високошвидкісних асинхронних двигунів з короткозамкненими роторами.

З виразу $n^* = 60f/p$ випливає, що при зміні числа пар полюсів p виникають механічні властивості магнітного поля статора з різною частотою обертання n^* . Оскільки значення p задано як ціле число, перехід від одного знака до іншого відбувається поступово в процесі коригування.

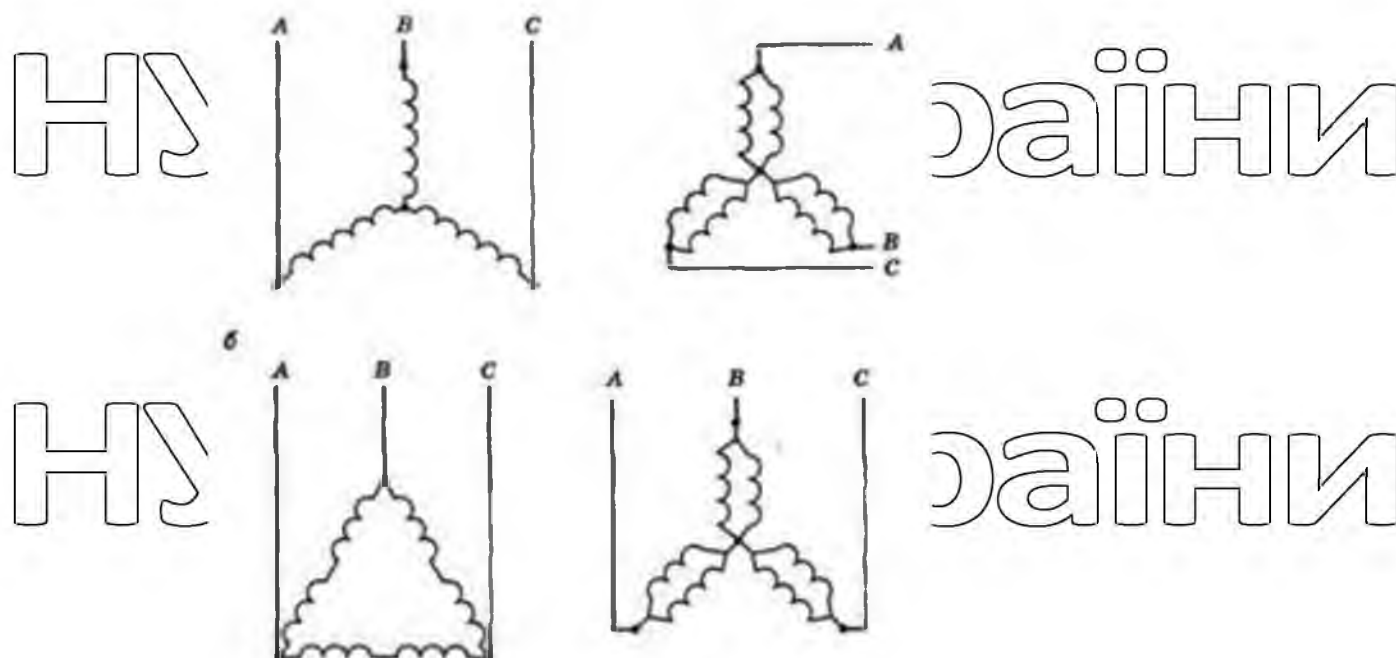


Рис. 1.7 Схема зміни обмоток асинхронного двигуна:

а - з одинарного зіркою на подвійній; б - від трикутника до подвійної зірки

Є два способи змінити кількість пар полюсів. У першому випадку в пазах статора розміщені дві обмотки з різною кількістю полюсів. При зміні швидкості одна з обмоток включається в мережу. У другому випадку обмотка кожної фази складається з двох частин, з'єднаних паралельно або послідовно. При цьому кількість полярних пар змінюється вдвічі.

Регулювання швидкості шляхом зміни кількості пар полюсів є економічним, а механічні властивості зберігають жорсткість. Недоліком способу є неступовий характер зміни частоти обертання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Випускаються двоступінчасті двигуни з числом полюсів 4/2, 8/4, 12/6. Чотиришвидкісний електродвигун з 12/8/6/4 полюсами має дві змінні обмотки

1.7.3 Зміна значення напруги живлення

Коли напруга U зменшується, крутний момент двигуна зменшується пропорційно U^2 . Завдяки цьому змінюються механічні властивості, зменшується критичний момент M_k , збільшується ковзання з постійним моментом опору і зменшується частота обертання ротора.

Зменшити напругу U можна, включивши в коло статора реостати (рис. 1.8, а), автотрансформатори (рис. 1.8, б) або регульовані дроселі (рис. 1.8, в). Реостати при включенні втрачають значну потужність ($R I^2$).

Автотрансформатори дозволяють регулювати частоту обертання тільки вручну.

Регульовані заглишки дозволяють автоматизувати цей процес, для цього їх схема включається в систему автоматичного регулювання.

Цей спосіб використовується тільки в двигунах малої потужності, тому що при такому способі регулювання знижується ККД двигуна, знижується критичний момент, а діапазон регулювання відносно малий.

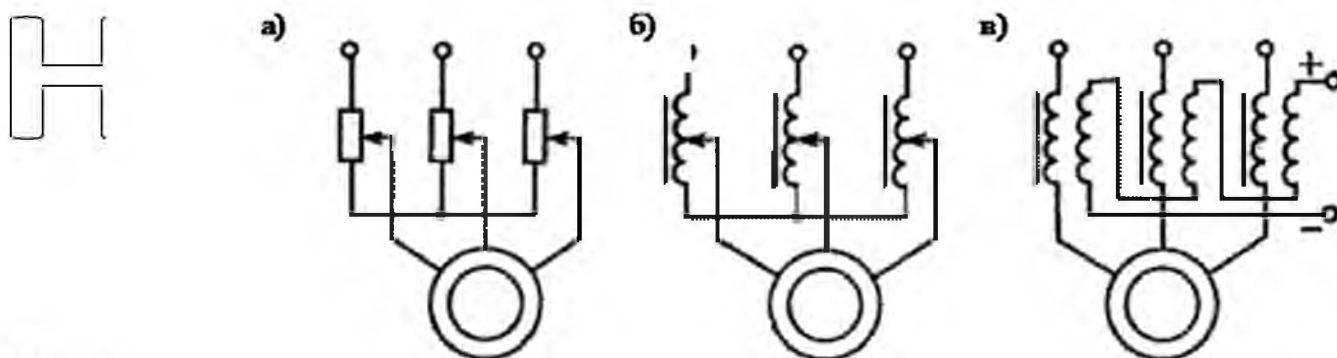


Рис. 1.8 Регулювання частоти обертання асинхронного двигуна зміною напруги

1.7.4 Застосування додаткового опору в колі ротора

Введення опору в ланцюг ротора призводить до збільшення втрат потужності і зниження частоти обертання ротора двигуна за рахунок збільшення ковзання, оскільки $n = n_0 (1 - s)$.

При одночасному збільшенні опору в ланцюзі ротора частота обертання вала двигуна зменшується.

Жорсткість механічних властивостей значно знижується зі зменшенням частоти обертання, що обмежує діапазон регулювання (2 - 3).

Недоліком цього способу є значні втрати енергії, пропорційні роботі. Таке розташування можливо тільки для двигуна з однофазним ротором.

Цей спосіб можна використовувати тільки для двигунів з фазованим ротором. Таке регулювання пов'язане зі зміною зсуву s відповідно до залежності $n = n_1 (1 - s)$.

При збільшенні R_2 кут нахилу механічної характеристики збільшується, а критичний момент залишається постійним ($M_k = \text{const}$).

Це досягається включенням регульованого трифазного реостата в ланцюг обмоток фаз ротора, як при пуску двигуна. Але цей реостат повинен бути розрахований на тривале навантаження струмом ротора, а не на короткий, як пусковий реостат.

Збільшення активного опору кола ротора змінює характеристику $M_{\text{в}}(s)$ - робить її більш плавною. Якщо збільшити активний

опір ланцюга ротора шляхом ступінчастого збільшення опору реостата в фіксований момент на валу двигуна ($r_1 < r_2 < r_3$), то робоча точка буде відповідати від однієї кривої до іншої. до збільшення опору ланцюга ротора, тому

збільшується ковзання, тому зменшується частота обертання двигуна. Таким чином можна змінювати частоту обертання ротора від номінальної до повної зупинки. Недоліком такого способу регулювання є відносно великі втрати енергії

фіг. 1.9 вводить сімейство $n(M)$ функцій у різних R_2 . Якщо момент навантаження $M_c = \text{const}$, то частота обертання n з R_2 із збільшенням зменшується, а ковзання зростає.

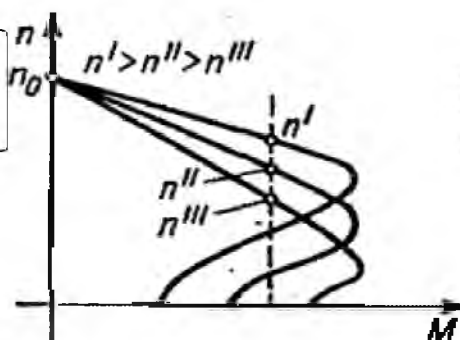


Рис. 1.9 Сімейство функцій $n(M)$

Такий спосіб регулювання має ряд недоліків: додаткові втрати енергії в реостаті, механічні властивості м'які, порівняно малий інтервал регулювання.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ

НУБІП України

2.1 Вихідні дані для розрахунку

На рисунку 2.1 показано схематичне зображення токарного верстата. Лівий кінець обробленої деталі закріплюють в отворі передньої головки.

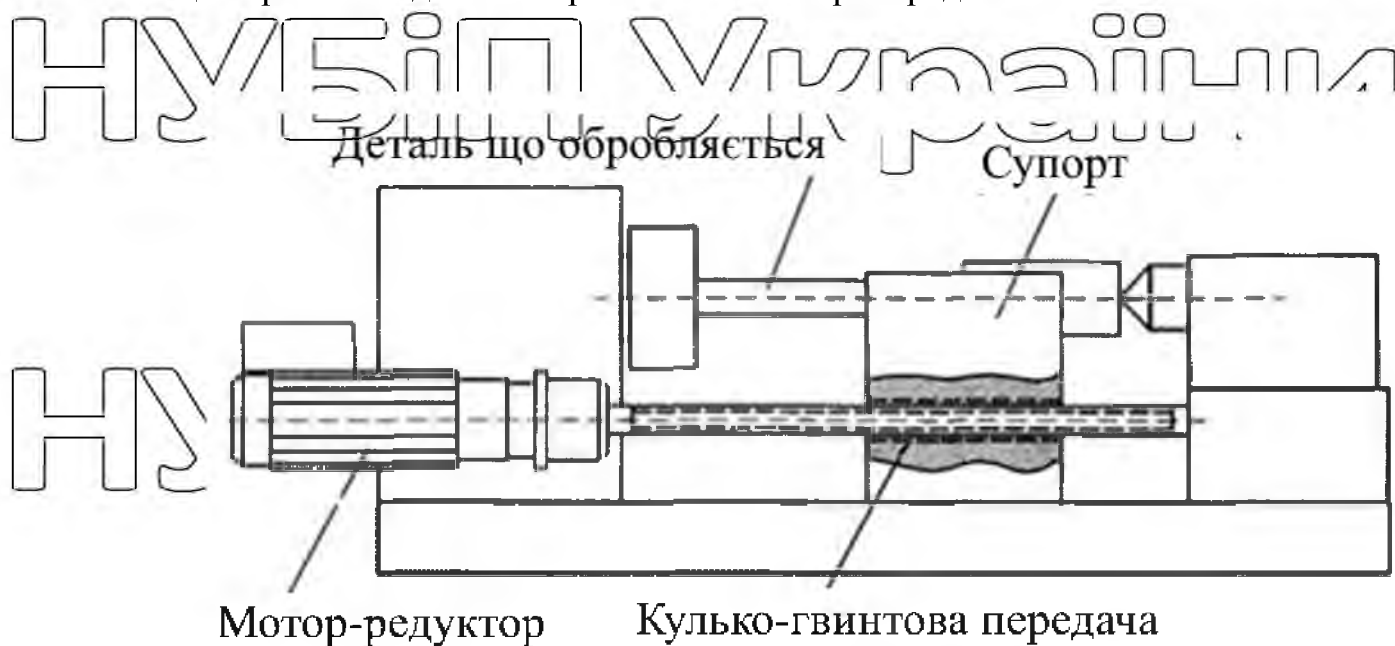


Рис. 2.1 Схематичне зображення токарного верстата

НУБІП України

Правий кінець утримується в задній головці, щоб деталь могла обертатися.

Обертання деталі виконує головний привід, розташований в передній головці. На супорті кріпиться різальний інструмент (вставка), яким обробляється деталь.

Трансмісія супорта містить двигун подачі (мотор-редуктор), який обертає ходовий гвинт кульково-гвинтової передачі. Ходовий гвинт з'єднаний з супортом гайкою, яка жорстко з'єднана з супортом. Під час робочого ходу гальмівний супорт переміщується в поздовжньому напрямку (на малюнку зліва направо) і деталь обробляється фрезою. При русі заднім ходом гальмівний супорт повертається у вихідне положення. Швидше, немає процесу різання.

Перед обробкою заготовки включається привід супорта. Після досягнення

НУБІП України

робочої швидкості фреза підводиться до ділянки різання і починається процес різання.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 2-1

Параметри для електроприводу гальмівного супорта токарного верстата

№	Параметр	Маркування	Розміри	Основні риси
1	Маса гальмівного супорта	m	кг	1650 рік
2	Максимальна сила різання	Φ	Н	3400
3	Максимальна швидкість руху супорта по прямій	$v_{\text{пmax}}$	Дружина	0,008
4	Максимальна швидкість руху гальмівного супорта при зворотньому ході	$v_{\text{o max}}$	Дружина	0,016
5	Довжина обробленої частини деталі	l	м	2
6	Максимальне прискорення без процесу різання	$a_{\text{макс}}$	м/с ²	0,005
7	Крок гвинта	C	м	$4 \cdot 10^{-3}$
8	Коефіцієнт тертя сталі з маслом в сталі...	μ	-	0,25
9	ККД кульково-гвинтової передачі	$\eta_{\text{пер}}$	-	0,8
1	Тип електроприводу	-	Електропривод з асинхронним двигуном	
7	Характер водія	-	Знову коротко	

2.2 Математичний опис роботи асинхронного двигуна

$$M_{\text{дв}} \approx I_{\text{пр}} \frac{d\omega}{dt} + \alpha \omega + M_{\text{н}} \quad (2.1)$$

де $M_{\text{дв}}$ – момент, прикладений до двигуна, Н·м; $I_{\text{пр}}$ – приведений момент інерції всіх обертових мас до валу електродвигуна, Н·м; ω – кутова швидкість, рад/с; α – в'язкий коефіцієнт тертя; $M_{\text{н}}$ – момент навантаження, Н·м $I_{\text{пр}} \omega \alpha M_{\text{н}}$

$$\frac{I_{\text{пр}}}{\alpha} \cdot \frac{d\omega}{dt} + \omega = \frac{M_{\text{дв}} - M_{\text{н}}}{\alpha} \quad (2.2)$$

$$T_{\text{мех}} = \frac{I_{\text{пр}}}{\alpha} \quad (2.3)$$

$$K_{\text{эд}} = \frac{1}{z} \quad (2.4)$$

$$T_{\text{мех}} \frac{d\omega}{dt} + \omega = K_{\text{эд}}(M_{\text{дв}} - M_{\text{н}}) \quad (2.5)$$

при $t=0$; $\omega = 0$

Щоб розв'язати рівняння:

$$\omega = K_{\text{эд}}(M_{\text{дв}} - M_{\text{н}}) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T_{\text{мех}}}}) \quad (2.6)$$

Перехідний період

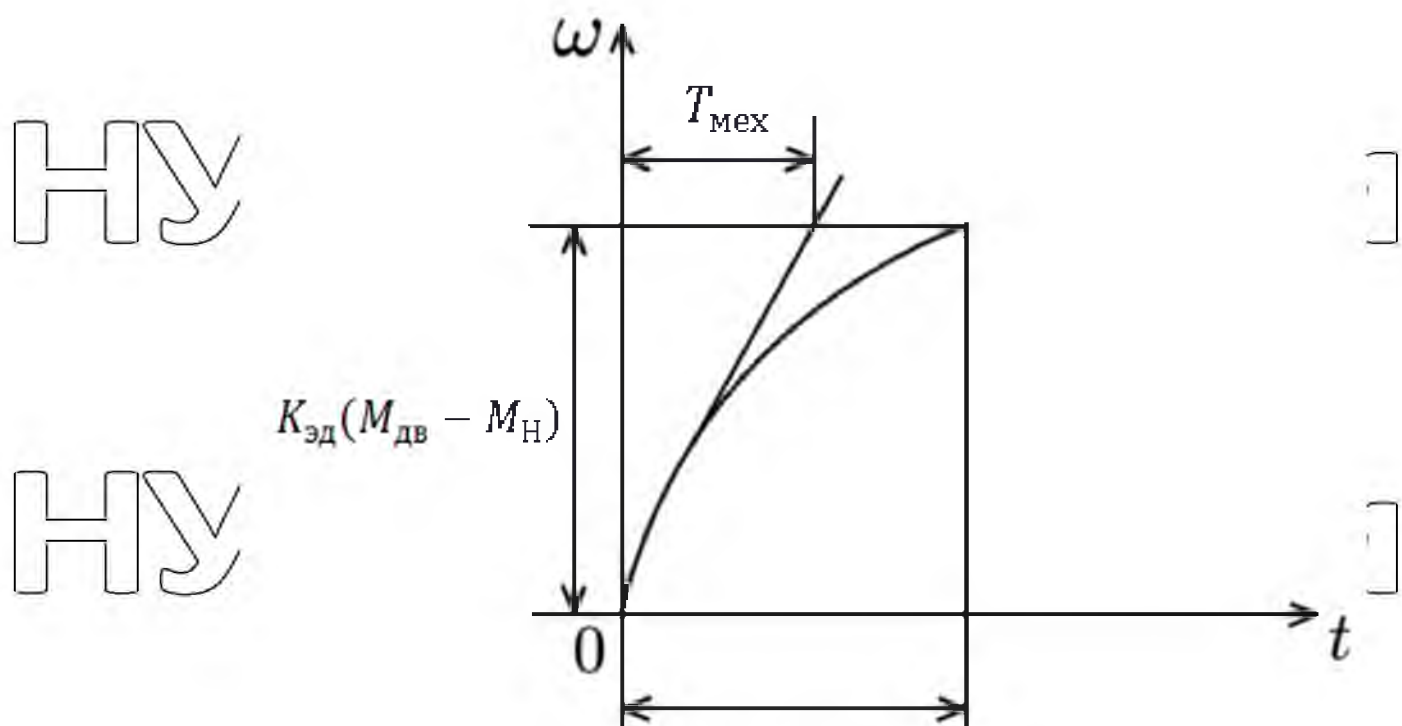


Рис. 2.2 Графік залежності кутової швидкості від часу

2.3 Розрахунок зусиль і моментів

Зусилля для усунення тертя ковзання під час руху супорта по напрямних:

$$F_{\text{тр}} = mg\mu = 1650 \cdot 9,8 \cdot 0,25 = 4045,4 \text{ Н} \quad (2.7)$$

Максимальне зусилля на супорті під час постійного руху в процесі різання:

$$F_c = F_{max} + F_{тр} = 3400 + 4045,4 = 7445,5 \quad (2.8)$$

Максимальна кутова швидкість ходового гвинта в процесі різання:

$$\omega'_{p,max} = \frac{2\pi v_{p,max}}{s} \quad \omega'_{p,max} = 12,56 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.9)$$

Максимальна кутова швидкість ходового гвинта під час зворотного ходу супорта:

$$\omega'_{o,max} = \frac{2\pi v_{o,max}}{s} \quad \omega'_{o,max} = 25,12 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.10)$$

Момент пасивного навантаження на ходовий гвинт у процесі різання з урахуванням коефіцієнта запасу $K_{зап} = 1,3$:

$$M'_{c,рез.} = \frac{K_{зап} F_c v_{p,max}}{\omega'_{p,max} \eta_{ШВП}} = 7,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.11)$$

Момент пасивного навантаження на ходовий гвинт без процесу різання при прямолінійному русі з урахуванням коефіцієнта запасу $K_{зап} = 1,3$:

$$M'_{c,без,рез.} = \frac{K_{зап} F_{тр} v_{p,max}}{\omega'_{p,max} \eta_{ШВП}} = 4,185 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.12)$$

Момент пасивного навантаження на ходовий гвинт при зворотному ході гальмівного супорта з урахуванням $K_{зап} = 1,3$:

$$M'_{c,o.} = \frac{K_{зап} F_{тр} v_{o,max}}{\omega'_{o,max} \eta_{ШВП}} = 4,185 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.13)$$

Сила ходового гвинта, необхідна для переміщення супорта з максимальною швидкістю під час процесу різання, становить:

$$P_{max} = M'_{c,рез.} \omega'_{p,max} = 96,79 \text{ Вт} \quad (2.14)$$

Час розгону та рівний час гальмування t_g (без процесу різання):

$$t_{розг} = \frac{v_{o,max}}{a_{max}} = 3,2 \text{ с} \quad (2.15)$$

Максимальна кутова швидкість гвинта:

$$\left(\frac{d\omega'}{dt}\right)_{max,рез} = \left(\frac{d\omega'}{dt}\right)_{max,o.x.} = \frac{a_{max} \omega'_{p,max}}{v_{p,max}} = 7,85 \text{ с} \quad (2.16)$$

Тривалість руху на постійній швидкості в процесі різання:

$$t_{рез} = \frac{l}{v_{p,max}} = 250 \text{ с} \quad (2.17)$$

Час руху з постійною швидкістю в зворотному напрямку:

$$t_{0,x} = \frac{l}{v_{p,max}} = 125 \text{ c} \quad (2.18)$$

Момент інерції супорта, прикладеного до ходового гвинта (вихідний вал трансмісії):

$$J_{0,x} = J_{рез} = m \left(\frac{v_{p,max}}{\omega'_{p,max}} \right)^2 = 6,68 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.19)$$

Крутний момент пропелера в залежності від положення:

$$M'_{д,рез} = J_{рез} \left(\frac{d\omega'}{dt} \right)_{max,рез} + M'_{с,рез} = 7,705 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.20)$$

$$M'_{д,о} = J_{рез} \left(\frac{d\omega'}{dt} \right)_{max,рез} + M'_{с,о} = 4,19 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.21)$$

2.4 Діаграма навантаження і швидкості

$$M_1 = (2,22) J_{рез} \left(\frac{d\omega'}{dt} \right)_{max,рез} + M'_{с,без,рез} = 0,005 \text{ Н} \cdot \text{м} + 4,185 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_1 = 4,189 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_2 = M'_{с,без,рез} = 4,185 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.23)$$

$$M_3 = M'_{с,рез} = 7,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.24)$$

$$M_4 = (2,25) M'_{с,без,рез} - J_{рез} \left(\frac{d\omega'}{dt} \right)_{max,рез} = 4,185 \text{ Н} \cdot \text{м} - 0,005 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_4 = 4,180 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_5 = (2,26) - M'_{с,о} - J_{рез} \left(\frac{d\omega'}{dt} \right)_{max,рез} = -4,185 \text{ Н} \cdot \text{м} - 0,005 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_5 = -4,190 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_6 = -M'_{с,о} = -4,185 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.27)$$

$$M_7 = -M'_{с,о} + J_{рез} \left(\frac{d\omega'}{dt} \right)_{max,рез} = -4,185 \text{ Н} \cdot \text{м} + 0,005 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.28)$$

$$M_7 = -4,180 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

НУБІП України

$T_1 = 1,6 \text{ с}$
 $T_2 =$ ігнорується через занадто низьке значення
 $T_3 = 250 \text{ р}$

$$T_4 = 1,6 \text{ с}$$

$$T_5 = 3,2 \text{ с}$$

$$T_6 = 125 \text{ п}$$

$T_7 = 3,2 \text{ с}$
 Період $T = 394,2 \text{ с}$

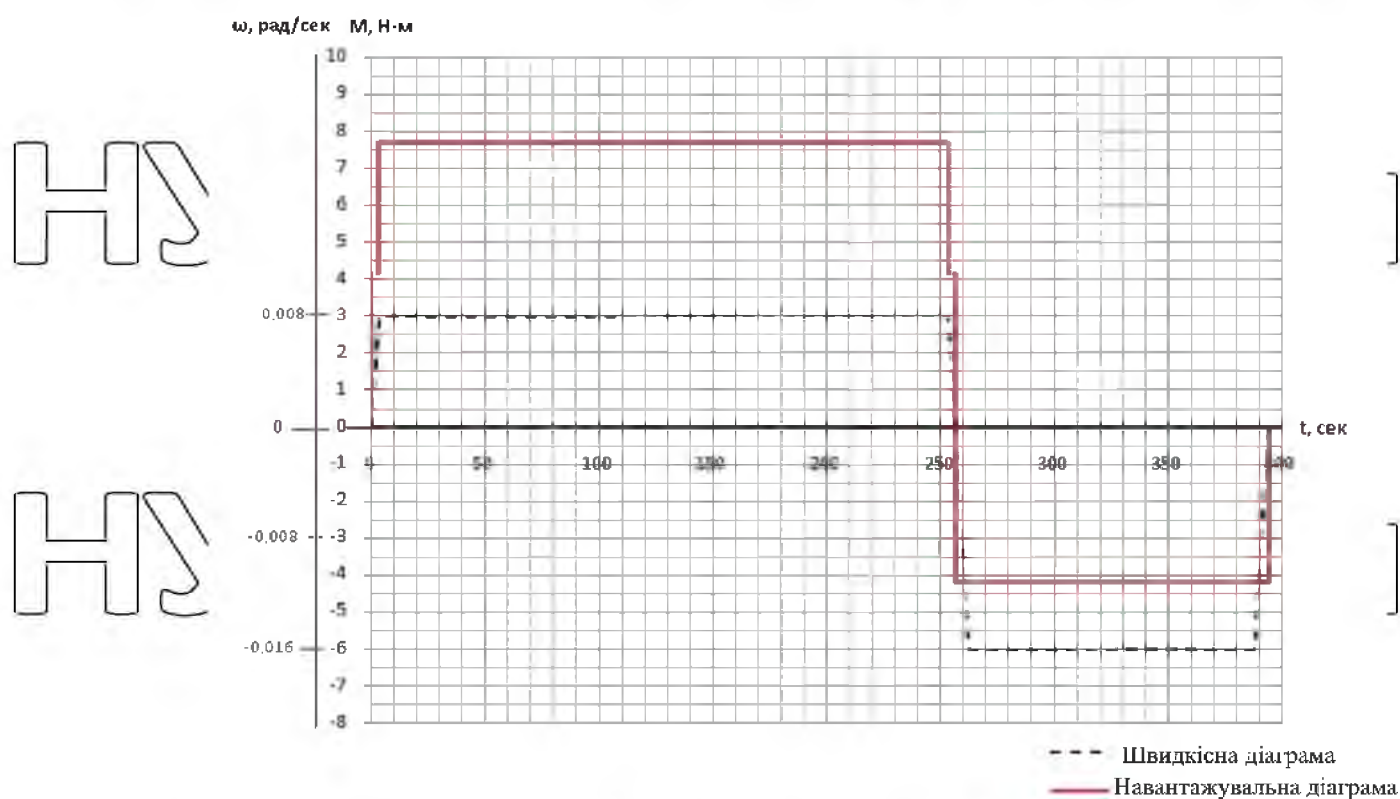


Рис. 2.3. Діаграма навантаження і швидкості

2.5 Вибір мотор-редуктора

$$P = \omega'_{o.max} M'_{д.рез} = 193,6 \text{ Вт} \quad (2.29)$$

$$n_{max} = \omega'_{o.max} \frac{60}{2\pi} = 240 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (2.30)$$

$$M_{max} = 7,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.31)$$

Таблиця 2.2

Параметри двигуна DFR63M4

Тип двигуна	P_H (кВт) M_H (Нм)	пп (об/хв)	I_H	$\cos\varphi$	Нитка/Вхід	M_{\max} (Нм)
DFR63M4	0,18 1.3	1320	0,55	0,78	2.9	3.6

Обмін:

$$i = \frac{1320}{240} = 5,5$$

$\frac{M_{\max}}{i} < 1,3 \cdot 1,8$ – перевірити максимальний крутний момент/

$$J_{\text{дв}} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$P_{\text{дв}} = 0,18 \text{ кВт}$$

Для двигуна була обрана коробка передач R-07. $i_{\text{ред}} = 5,76$

У розрахунках буде враховано момент інерції коробки передач, оскільки він становить менше 5% моменту інерції двигуна.

Тоді параметри двигуна будуть обрані відповідно до двигуна DR 63M4 для розрахунку в середовищі Matlab Simulink.

2.6 Перевірте обігрів двигуна

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_1^2 T_1 + M_3^2 T_3 + M_4^2 T_4 + M_5^2 T_5 + M_6^2 T_6 + M_7^2 T_7}{T_{\text{цикла}}}} \quad (2,32)$$

$$M_{\text{экв}} = 6,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\frac{M_{\text{экв}}}{i} = 1,15 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad M_{\text{НОМ}} = 1,3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2,33)$$

- тому двигун перевіряють на нагрів. $M_{\text{НОМ}} > \frac{M_{\text{экв}}}{i}$

2.7 Вибір перетворювача та схема його підключення

Відповідно до розрахункових даних, інвертор SEW MOVIDRIVE MDX60 підходить

Таблиця 2.3

Параметри інвертора SEW MOVIDRIVE MDX60

В стандартному виконанні	0005-5A3-4-00 827 722 2	0008-5A3-4-00 827 723 0	0011-5A3-4-00 827 724 9	0014-5A3-4-00 827 725 7
В спеціальному виконанні	0005-5A3-4-0T 827 726 5	0008-5A3-4-0T 827 727 3	0011-5A3-4-0T 827 728 1	0014-5A3-4-0T 827 729 X
Подвійне навантаження Потужність двигуна $P_{дв}$	0,55 кВт	0,75 кВт	1,1 кВт	1,5 кВт
Квадратичне навантаження Потужність двигуна $P_{дв}$	0,75 кВт	1,1 кВт	1,5 кВт	2,2 кВт
Струм = 125% $I_{ном}$ (при $U_{вх} = 3 \times 400$ В, $f_{щмм} = 4$ кГц)	$I_{дп}$ 2,5 А	3 А	3,8 А	5 А
Маса	2,0 кг		2,5 кг	
Габаритні розміри	Ш × В × Г 45 × 317 × 260 мм		67,5 × 317 × 260 мм	

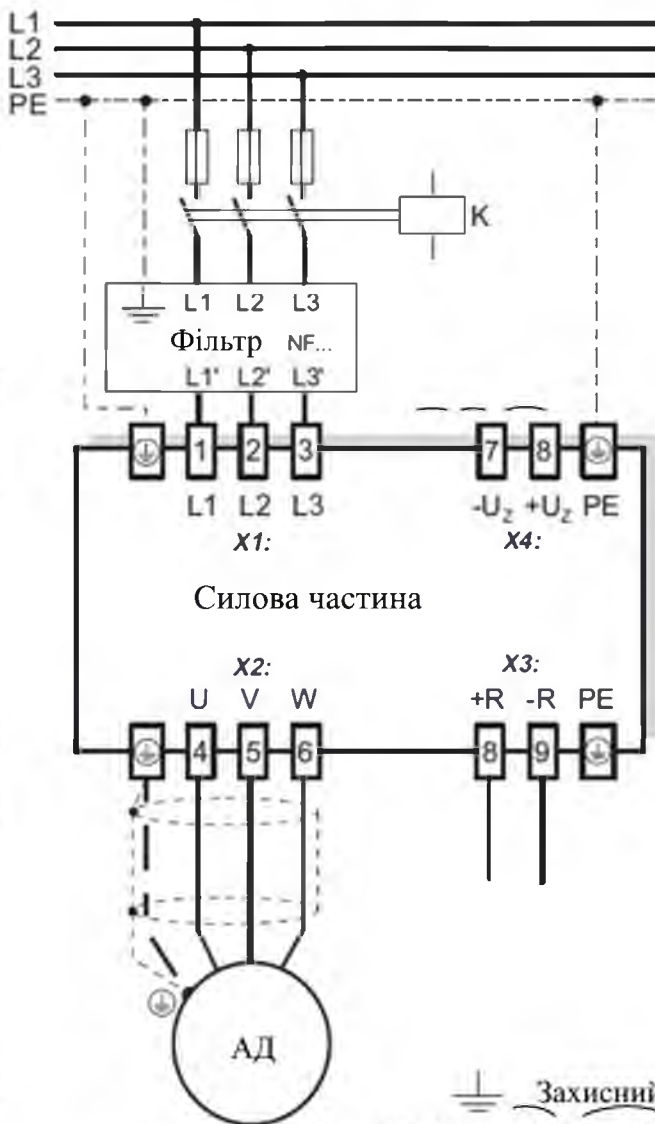


Рис. 2.4. Схема підключення силової частини перетворювача

2.8 Структурна схема системи керування, вибір структури та розрахунок параметрів регулятора

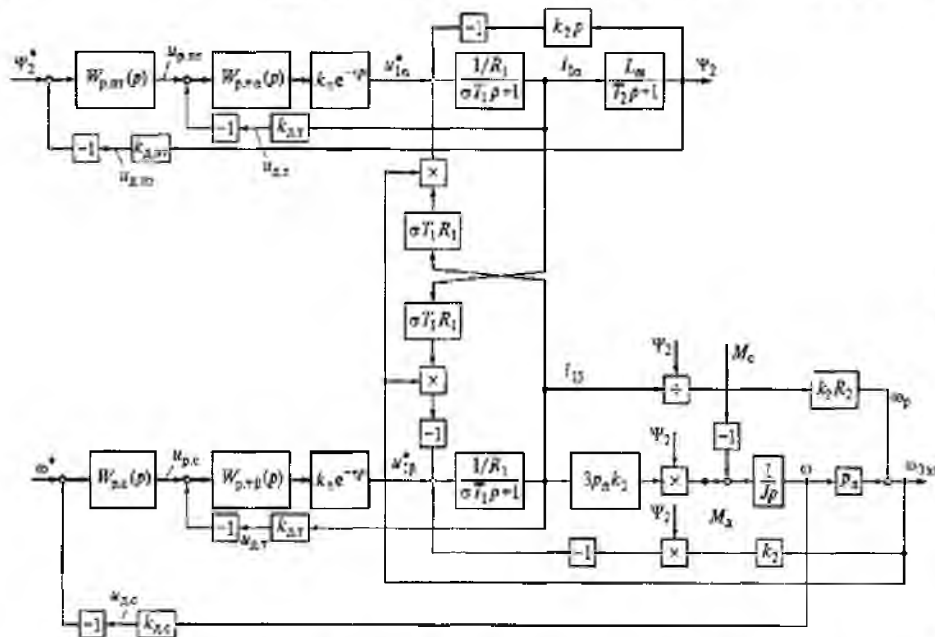


Рис. 2.5. Структурна схема системи регулювання швидкості при векторному управлінні асинхронним двигуном при поточних значеннях змінних

$$R_1 = 73,6$$

$$R_2 = 57,4$$

$$L_1 \sigma = 67,2 \cdot 10^{-3}$$

$$L_2 \sigma = 103,1 \cdot 10^{-3}$$

$$L_m = 1693,4 \cdot 10^{-3}$$

$$L_m = 1693,4 \cdot 10^{-3} \quad L_1 = L_1 \sigma + L_{\sigma}; \quad L_1 = 1,761 \quad (2,34)$$

$$L_2 = L_2 \sigma + L_n; \quad L_2 = 1,796 \quad (2,35)$$

$$T_1 = \frac{L_1}{R_1}; \quad T_1 = 0,024 \text{ c} \quad (2,36)$$

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2}; \quad T_2 = 0,031 \text{ в} \quad (2,37)$$

$$\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_2 L_2}; \quad \sigma = 0,093 \quad (2,38)$$

НУБІП України

Налаштування схем:

$$f = 4 * 10^3$$

$$\tau = \frac{1}{f}; \tau = 2,5 * 10^{-4} \text{ c} \quad (2,39)$$

$$T_{\mu i} = \tau \quad (2,40)$$

НУБІП України

$$\tau_{rt} = \sigma * T_1; \quad \tau_{rt} = 2,233 * 10^{-3} \text{ c} \quad (2,41)$$

$$\beta_{rt} = \frac{\sigma * T_1 * R_1}{2T_{\mu}}; \quad \beta_{rt} = 328,766 \quad (2,42)$$

Налаштування схеми управління поточозчепленням ротора:

$$T_{\mu \psi} = 2T_{\mu i}; \quad T_{\mu \psi} = 5 * 10^{-4} \text{ c} \quad (2,43)$$

$$\beta_{rpt} = \frac{T_2}{2T_{\mu \psi} L_m}; \quad \beta_{rpt} = 18,482 \quad (2,44)$$

НУБІП України

$$\tau_{rpt} = T_2; \quad \tau_{rpt} = 0,031 \quad (2,45)$$

$$k_1 = \frac{l_m}{L_1}, \quad k_2 = \frac{l_m}{L_2}, \quad k_1 = 0,962; \quad k_2 = 0,943 \quad (2,46)$$

НУБІП України

$$A = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sigma T_1} & -314 & \frac{-k_2}{\sigma T_1} & 0 \\ 314 & \frac{1}{\sigma T_1} & 0 & \frac{-k_2}{\sigma T_1} \\ \frac{-k_1}{\sigma T_2} & 0 & \frac{1}{\sigma T_2} & 0 \\ 0 & \frac{k_1}{\sigma T_2} & 0 & \frac{1}{\sigma T_2} \end{pmatrix}; \quad (2,47)$$

$$A = \begin{pmatrix} 447,734 & -314 & -422,039 & 0 \\ 314 & 447,734 & 0 & -422,039 \\ -329,145 & 0 & 342,206 & 0 \\ 0 & -329,145 & 0 & 342,206 \end{pmatrix};$$

НУБІП України

$$B = \begin{pmatrix} 230 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad B = A^{-1} * B; \quad B = \begin{pmatrix} \psi_{1\alpha} \\ \psi_{1\beta} \\ \psi_{2\alpha} \\ \psi_{2\beta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,996 \\ 0,72 \\ 0,092 \\ -0,692 \end{pmatrix} \quad (2,48)$$

$$\Psi_2 = \sqrt{\Psi_{2\alpha}^2 + \Psi_{2\beta}^2}; \quad \Psi_2 = 0,698 \quad (2,49)$$

Налаштування контуру швидкості:

НУБІП України

$$J_{mot} = 3,6 * 10^{-4}; \quad J_{ni} = 6,68 * 10^{-4} \text{ c}^2 \quad (2,50)$$

$$J_1 = J_{mot} + \frac{J_{ni}}{5,762}; \quad J_1 = 3,801 * 10^{-4} \text{ c}^2 \quad (2,51)$$

$$T_{\mu\omega} = 2T_{\mu i}; \quad T_{\mu\omega} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ В} \quad (2,52)$$

$$B_{rs} = \frac{J_1}{2T_{\mu\omega} \cdot 6 \cdot k_2 \cdot \Psi_2}; \quad B_{rs} = 0,096 \quad (2,53)$$

$$\tau_{rs} = 4T_{\mu\omega}; \quad \tau_{rs} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ В} \quad (2,54)$$

2.9 Розрахункова схема системи керування системою приводу в середовищі MATLAB Simulink

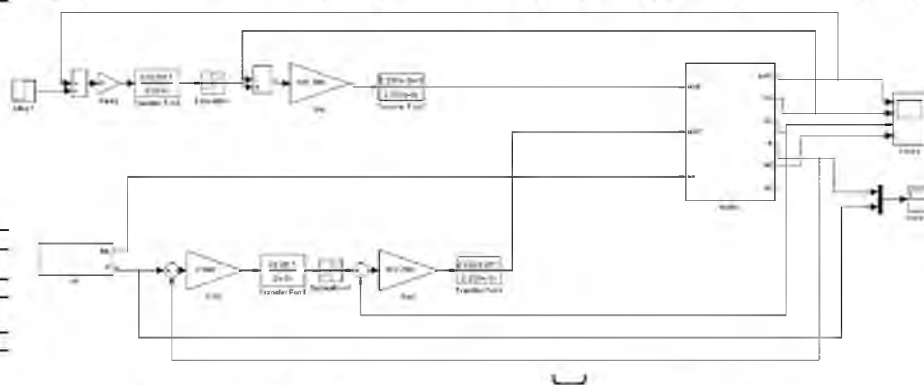


Рисунок 2.6 Структурна схема всієї системи

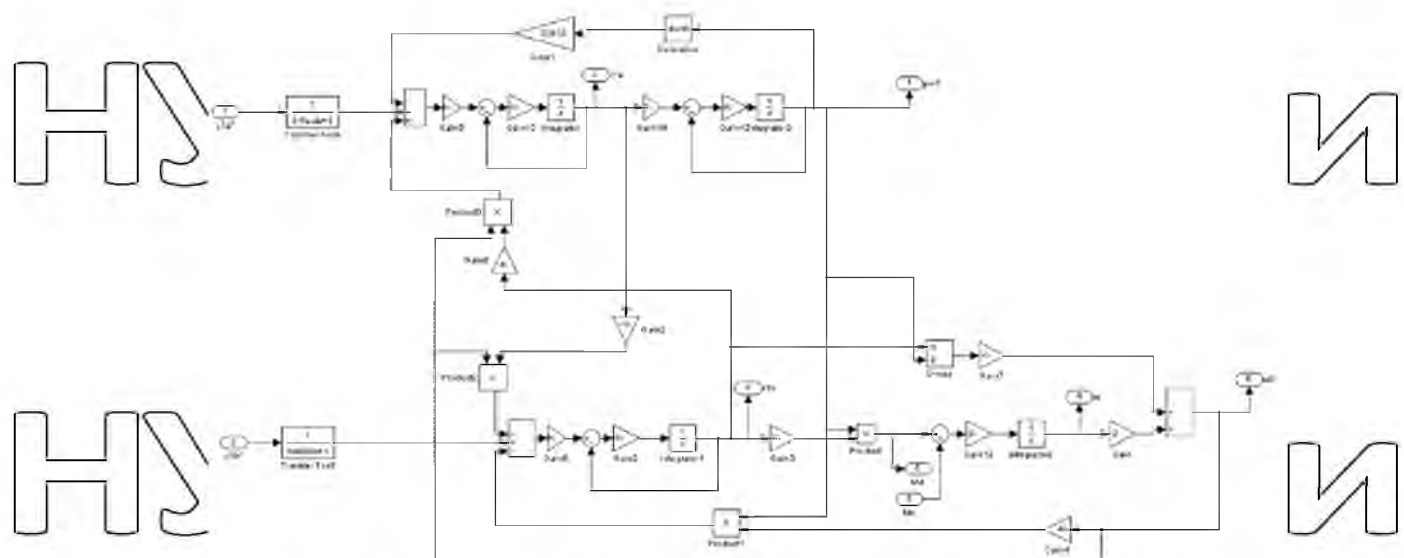


Рисунок 2.7 Структурна схема асинхронного двигуна

НУБІП України

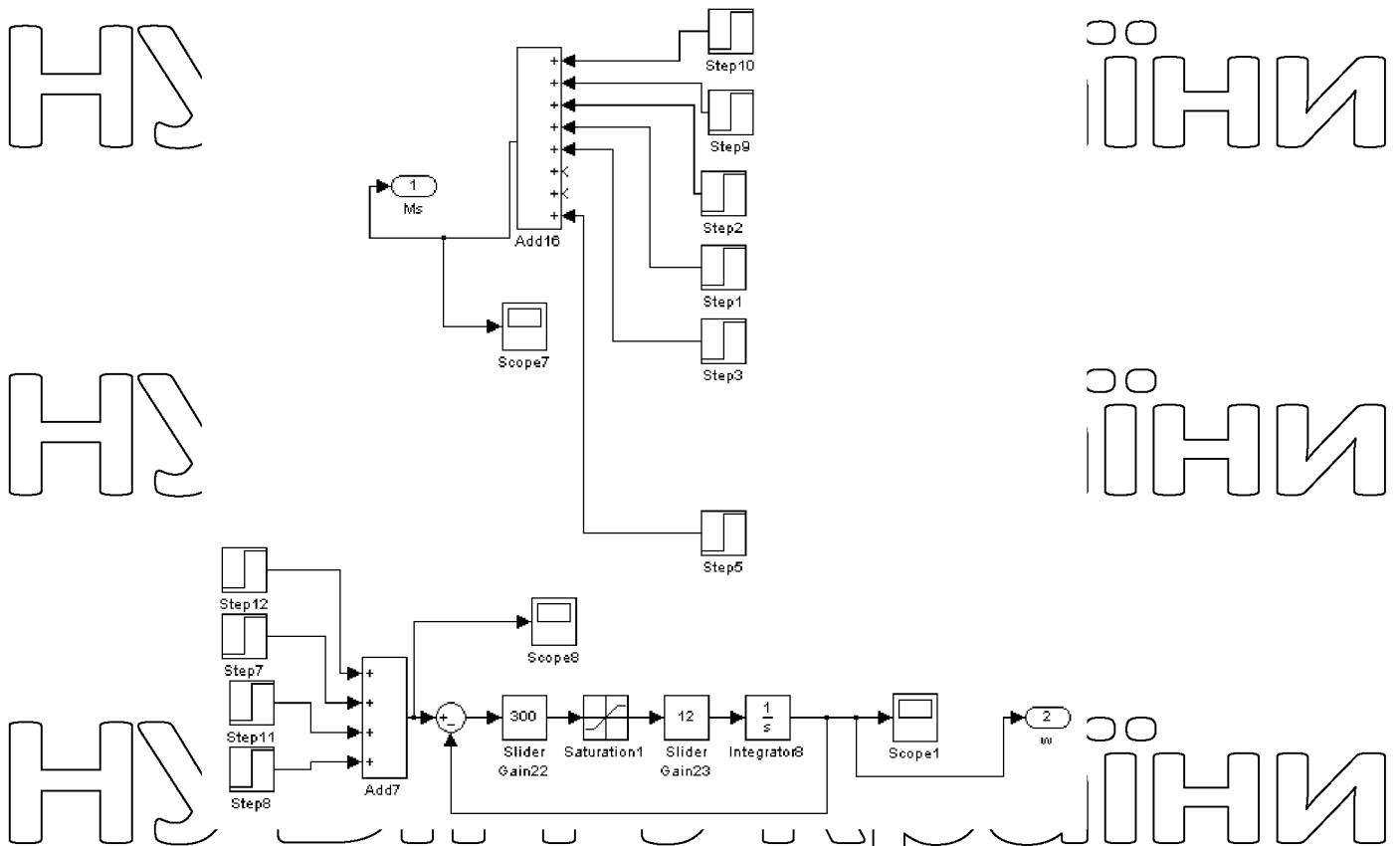


Рисунок 2.8 Структурна схема датчиків швидкості та моменту

2.10 Результати моделювання динамічних процесів з малими вхідними ефектами та в окремих режимах роботи

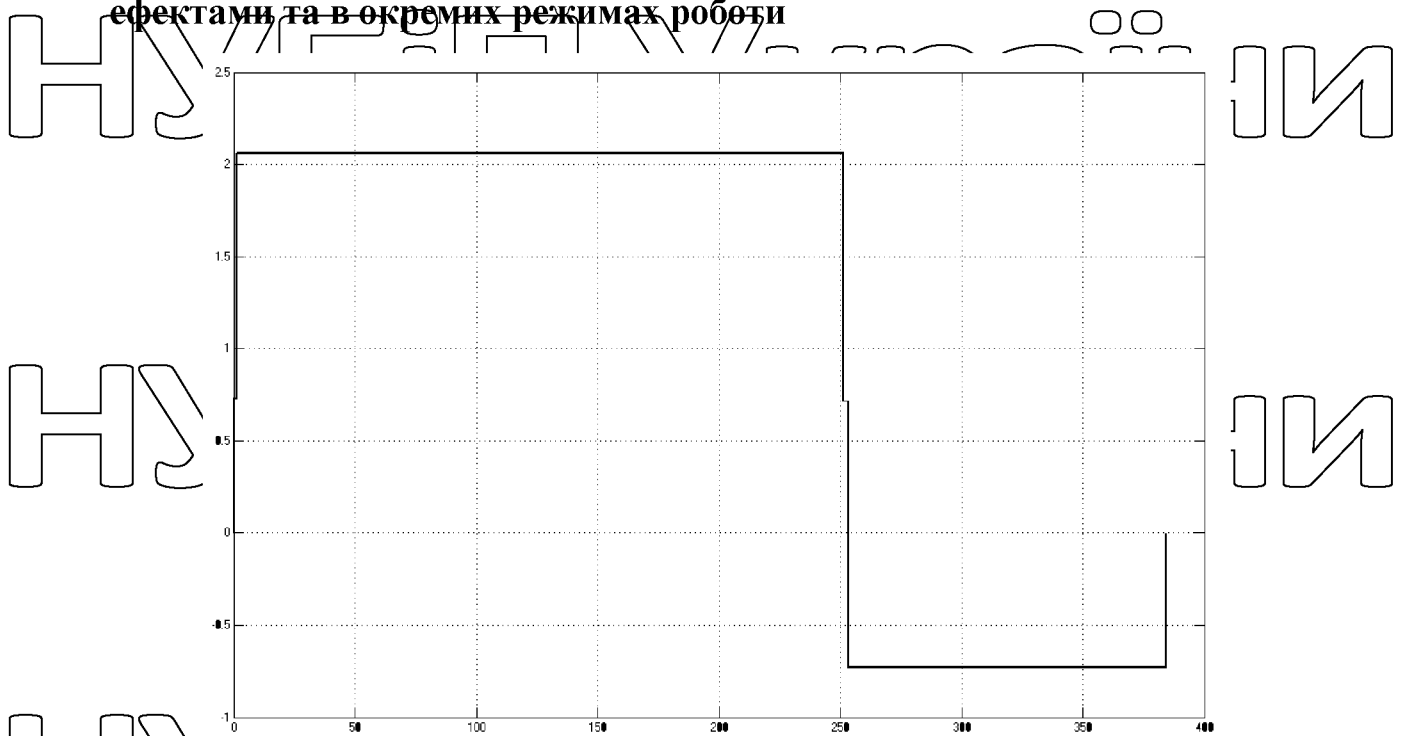


Рисунок 2.9 Графік моментів опору

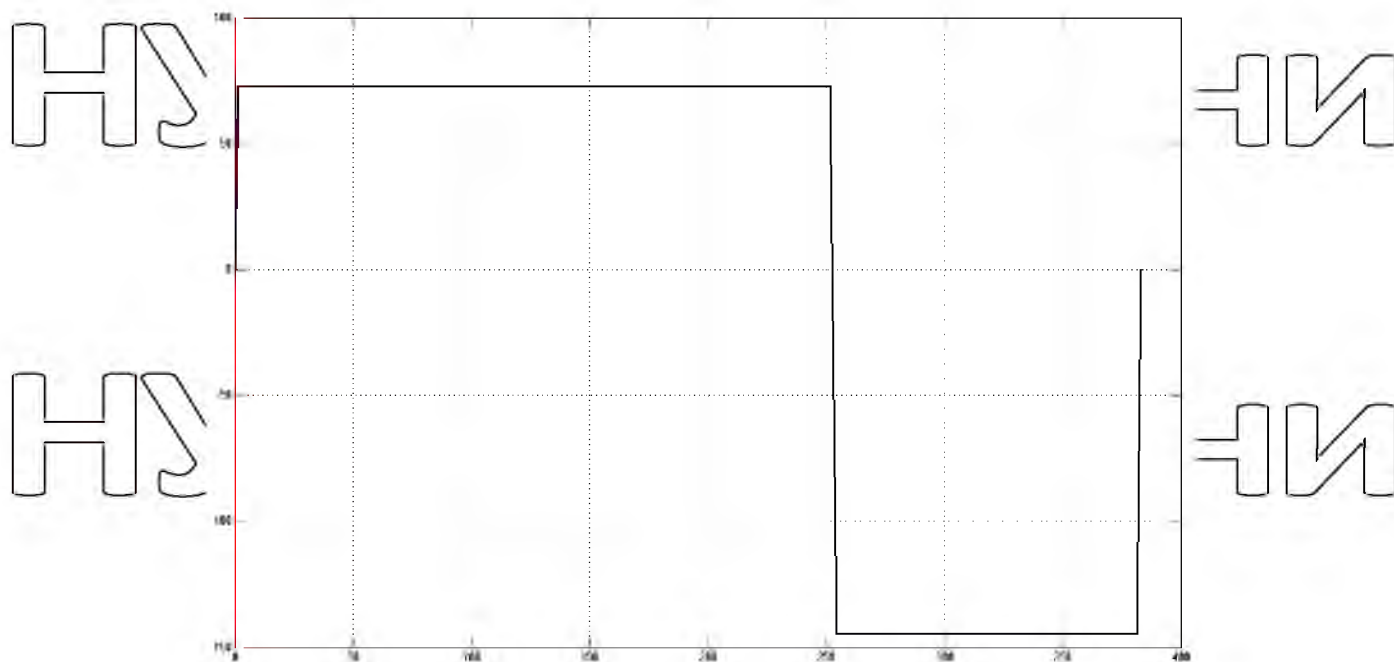
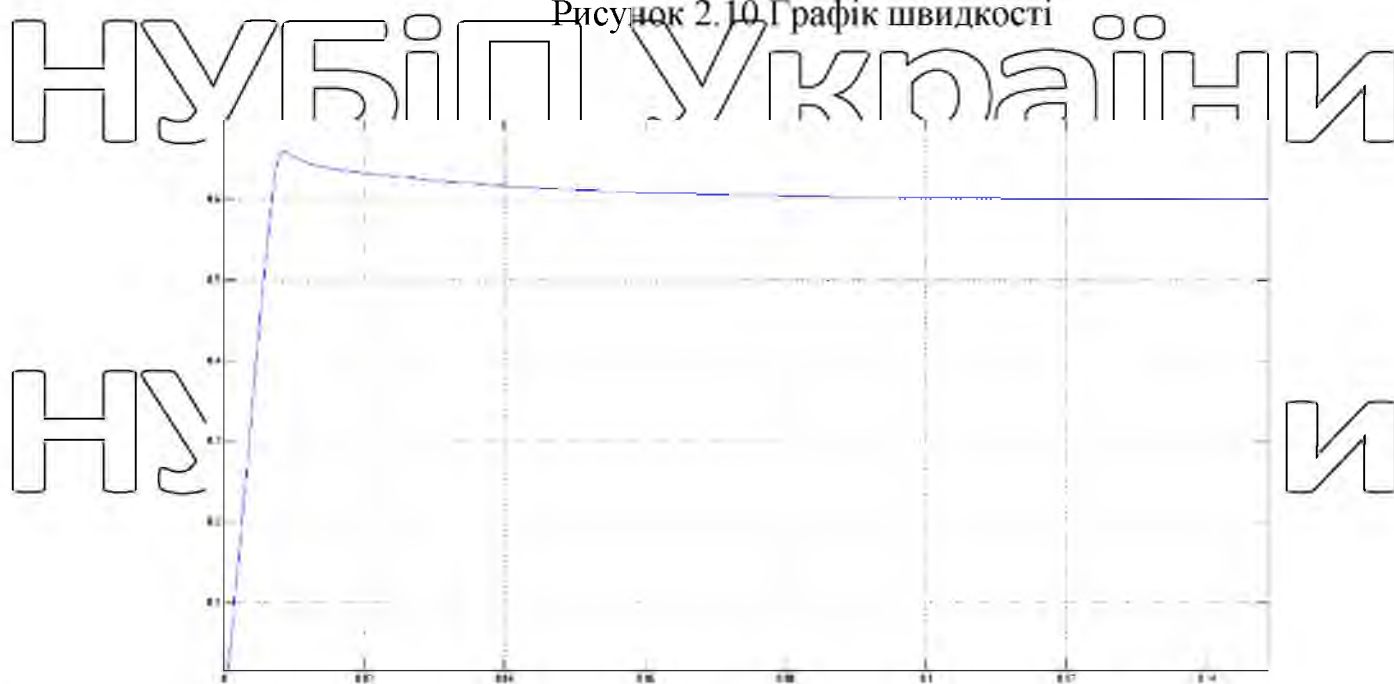
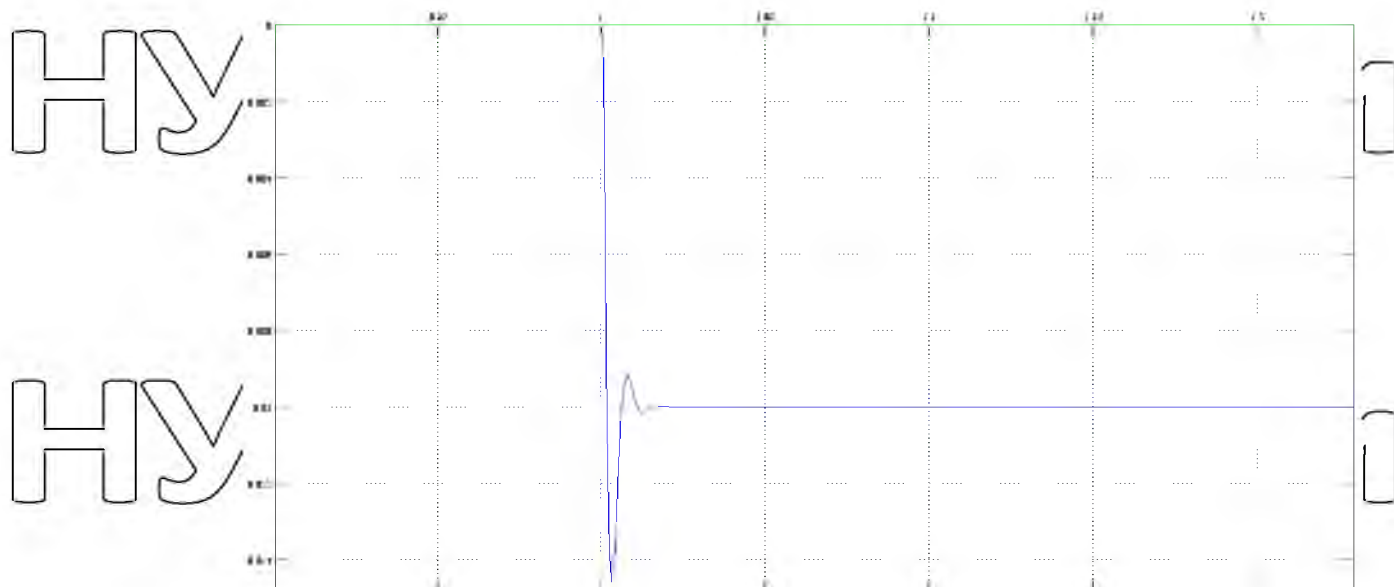


Рисунок 2.10. Графік швидкості



Малюнок 2.11. Діаграма реакції потоку на малу вхідну потужність

НУБІП України



Малюнок 2.12 Графік реакції швидкості на малу вхідну потужність

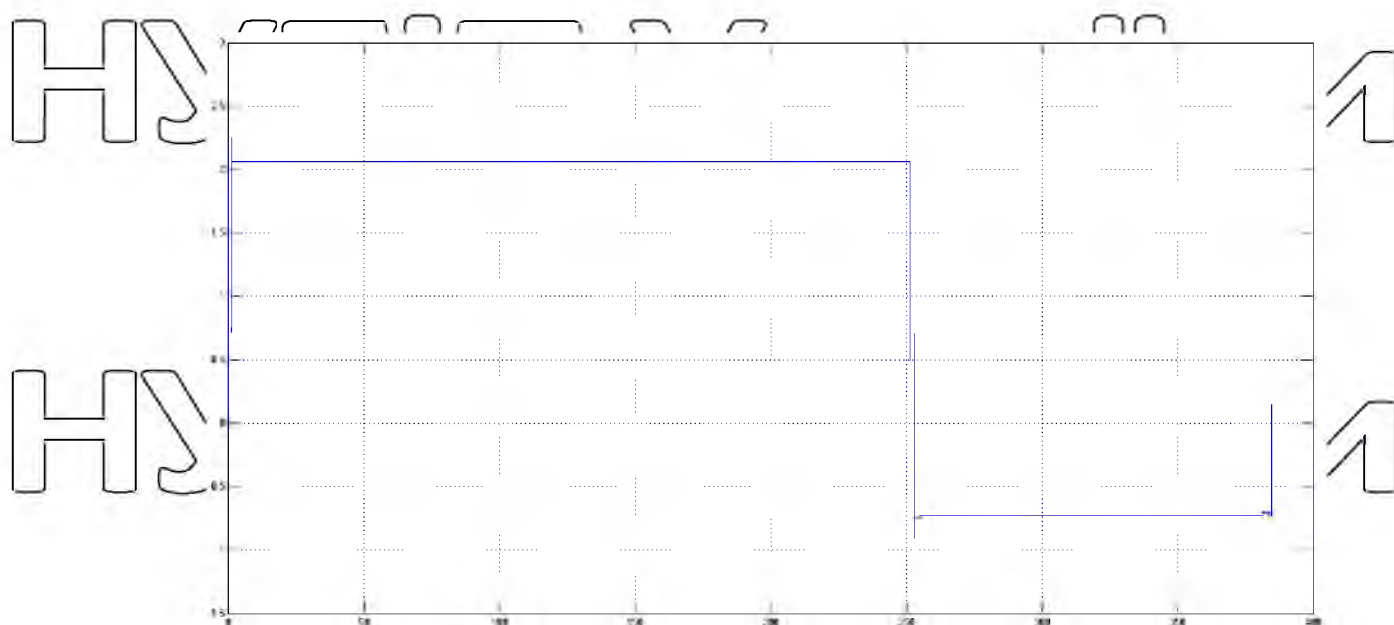


Рисунок 2.13 Діаграма крутного моменту двигуна

НУБІП України

НУБІП України

2.10 Системи керування асинхронними двигунами

В даний час існує досить багато способів регулювання швидкості асинхронного двигуна, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Виходячи з цього, необхідно розробити універсальну мікропроцесорну систему, що дозволяє вибрати один із способів регулювання. Таким чином можна регулювати не тільки швидкість регулювання, але й регулювання таких властивостей: коефіцієнт корисної активності, втрати енергії, втрати на ковзання тощо.

Для управління швидкістю асинхронного двигуна буде підключатися мікропроцесор AtMega128 (8-розрядний AVR - мікроконтролер з флеш-пам'яттю, що програмується внутрішньою системою, ємністю 128 кбайт) (рис.

2.14).

Необхідні схеми та датчики підключені до мікроконтролера AtMega128, щоб можна було регулювати швидкість асинхронного двигуна:

1. Короткозамкнений асинхронний двигун:

- а) частотне регулювання зміни частоти
- б) змінити кількість пар полюсів
- в) зміни напруги живлення

2. Асинхронні двигуни з фазним ротором:

- а) додавання додаткового опору ланцюгу ротора
- б) асинхронний вентильний каскад
- в) два двигуни

Спосіб регулювання зміною величини напруги живлення може застосовуватися як для короткозамкненого двигуна, так і для асинхронного двигуна з однофазним ротором.

Перевагами цієї системи є використання цієї системи як для двигунів короткого замикання, так і для двигунів з асинхронним фазним ротором; в ньому використовується тільки один метод регулювання швидкості руху, що дозволяє змінювати параметри ККД, живлення та багато інших характеристик, які можуть вплинути на якість виробу.

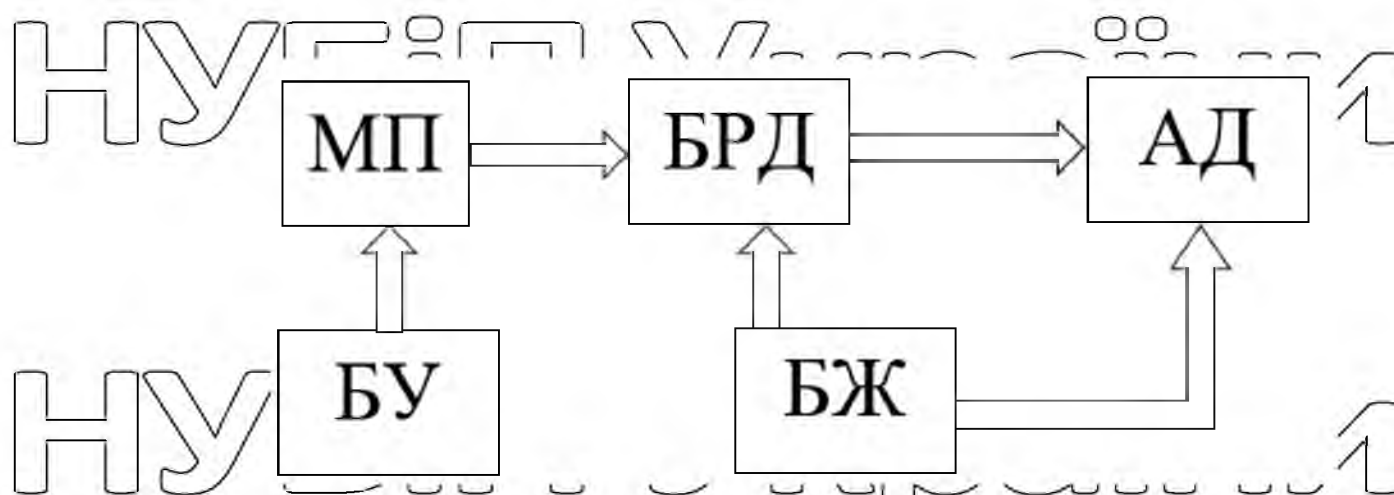


Рис. 2.14. Структурна схема системи регулювання швидкості

асинхронного двигуна: МП – мікропроцесор; БУ - блок керування; БЖ - блок живлення; БРД - блок регулювання двигуна; АД - це асинхронний двигун.

2.10.1 Структурно-функціональна схема керування електроприводом

Загальна будова електроприводу представлена у вигляді схеми (рисунок 2.15).

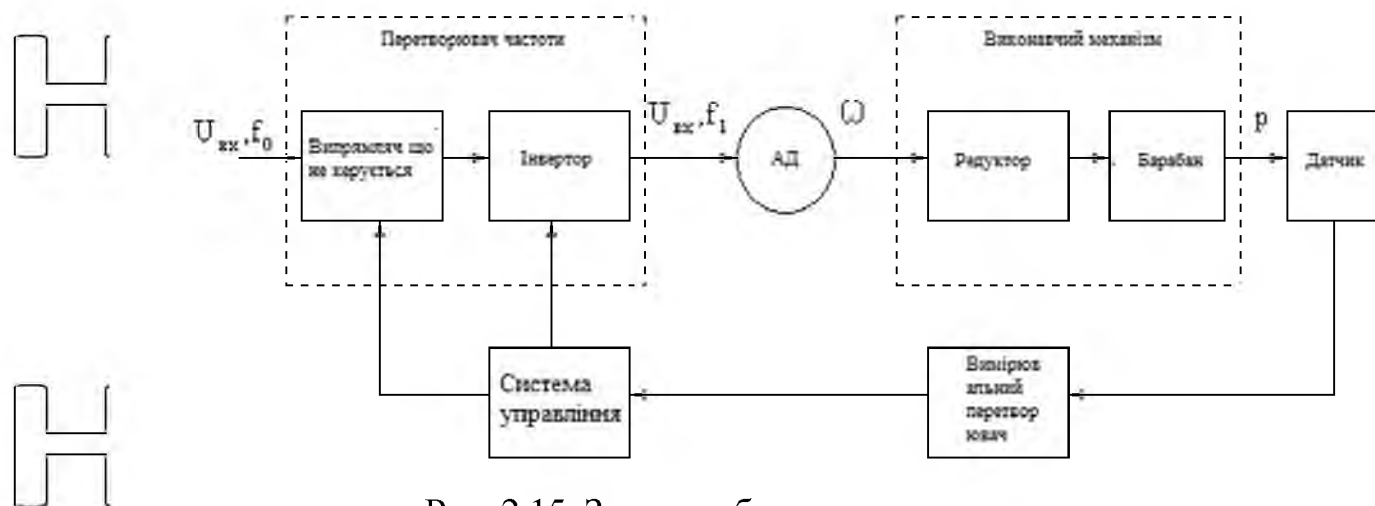


Рис. 2.15. Загальна будова електричного вузла

Загальна структурна схема показує вхідні та вихідні змінні для кожного з'єднання системи передачі електроенергії.

НУБІП України

Перетворювач частоти можна розділити на три основні частини: некерований випрямляч, перетворювач і систему управління випрямлячем і перетворювачем.

Функціональна схема системи автоматичного керування електродвигуном з перетворювачем частоти наведена на рисунку 2.16.

За функціональною схемою електричний блок включає:

- виконавчий двигун (М) - AIR160S6
- статичний перетворювач частоти (ППЧ), що складається з силової частини статичного перетворювача частоти (СУ ПЧ) і системи керування.
- система електроприводу (СУ ЕП).

Як виконавчий двигун в електроприводі використовується асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Силова частина РПЛ включає некерований випрямляч (НВ), автономний перетворювач напруги з широтно-імпульсною модуляцією та конденсатор у колі постійного струму С. Система керування статичним перетворювачем складається з трьох блоків:

- блок ВU1, який формує керуючі імпульси напівпровідникових ключів VS1-VS6, що забезпечує синусоїдну широтно-імпульсну модуляцію трифазної вихідної напруги від статичного перетворювача частоти при роботі електропривода в режимі руху;

- блок ВU2, що забезпечує імпульси керування напівпровідниковими ключами VS2, VS3, що забезпечує широтно-імпульсну модуляцію постійної напруги, що подається на дві послідовно з'єднані фази обмотки статора при роботі електроприводу в режимі динамічного гальмування;

- Перемикач передачі К імпульсів управління.
- Система керування електроприводом включає наступні елементи та блоки:
 - Пульт управління (ПУ);
 - датчик швидкості DS;
 - пропорційно-інтегральний регулятор (ПІ);
 - два колектори С1 і С2;
 - функціональний перетворювач (ФП);

- селектор інтенсивності гальмування (BRI);
 - блок розрахунку частоти синхронного обертавання (BV α(0)).

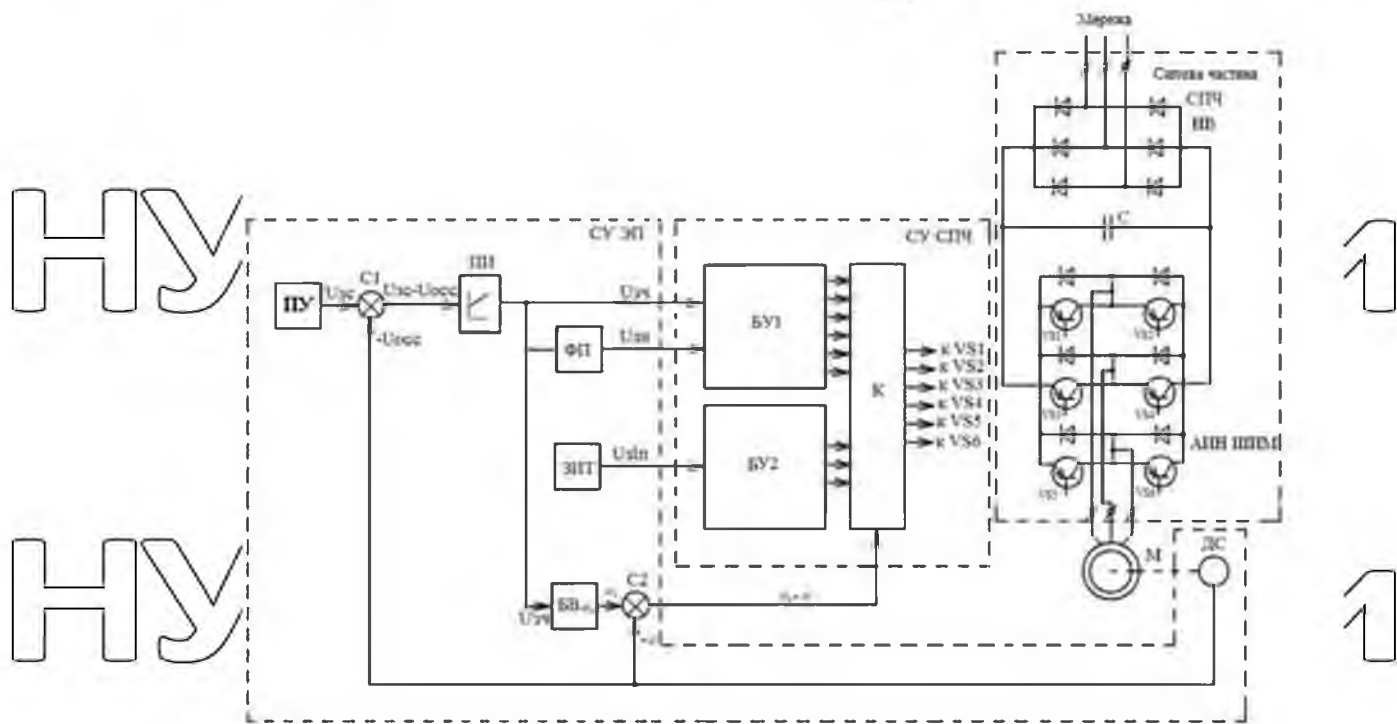


Рис. 2.16. Функціональна схема електропривода з регульованою швидкістю

При роботі в режимі руху електропривод являє собою замкнуту систему автоматичного регулювання зі зворотним зв'язком по частоті обертавання.

Необхідне значення частоти обертавання двигуна і пуск двигуна з частотним регулюванням визначається за допомогою ПУ, сигнал з його виходу подається

на позитивний вхід колектора С1. На негативному вході колектора С1 надходить сигнал, пропорційний фактичній швидкості двигуна. Різниця між сигналами, отриманими з виходу колектора С1, надходить на вхід пропорційного

інтегрального регулятора, який визначає необхідну залежність зміни частоти напруги від величини напруги на виході статичного перетворювача частоти. .

$$\frac{U_1}{f_1} = const.$$

(2,55)

де U_1 – значення поточного значення фазної напруги обмотки статора, f_1 – частота струму обмотки статора.

Основним завданням частотного регулювання є дослідження роботи АД з різним співвідношенням каналів регулювання напруги та частоти живлення статора, визначення так званих законів керування, а також законів, що забезпечують оптимальні умови роботи двигун в статичному і перехідному режимах. режими.

Загальний закон дає оптимальні умови роботи двигуна: для забезпечення оптимальної роботи АД при всіх значеннях частоти і навантаження необхідно змінювати відносну напругу двигуна пропорційно добутку відносної частоти на квадратний корінь з відносна частота. момент:

$$\gamma = \alpha \sqrt{\mu}, \quad (2,56)$$

де $\mu = M/M_{\text{ном}}$ $\mu = M/M_{\text{ном}}$ – відносний електромагнітний момент. Якщо

магнітопровід машини трохи насичений і активним опором статора можна знехтувати, то АД буде працювати з майже постійним коефіцієнтом потужності, статичним запасом стійкості та абсолютним ковзанням.

Закон Костенко можна вивести з наступних елементарних міркувань. я теж так думаю коефіцієнт перевантажувальної здатності залишається постійним під час регулювання, то критичний момент квадрата залежить від величини магнітного потоку, він також повинен залишатися постійним, і співвідношення моментів на двох різних частотах буде рівним

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\Phi_1^2}{\Phi_2^2} \Rightarrow \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \quad (2,57)$$

Однак, якщо знехтувати активним опором статора, напруга статора буде врівноважуватися ЕРС основного магнітного потоку і буде лінійно залежати від частоти та величини магнітного потоку, а співвідношення напруг буде таким же.

$$\frac{U_1}{\delta/2} \approx \frac{\Phi_1 f_1}{\Phi_2 f_2} \quad (2,58)$$

Заміна ~~Ошибки!~~ ~~Источник~~ ~~ссылки~~ ~~не~~ ~~найден.~~
~~в~~ ~~Ошибки!~~ ~~Источник~~ ~~ссылки~~ ~~не~~ ~~найден.~~, отримуємо закон Костенка

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{f_1}{f_2} \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \Leftrightarrow \gamma = \alpha \sqrt{\mu}. \quad (2,59)$$

Для деяких найпростіших випадків відносний імпульс можна вивести із закону Костенка. Враховуючи $\omega \approx \omega_1$ з точністю до ковзання, уявімо рівняння для механічної характеристики навантаження у вигляді степеневої функції $M = C\omega^k$ або $\mu = \alpha k$ у відносних одиницях. Тоді вираз матиме вигляд $\gamma = \alpha(1 + k/2)$

Звідси ми виведемо керівні закони для типових типів навантажень (табл. 2.3). Механічні властивості перетворювача частоти IF-AD з різними законами керування представлені на рисунку 2.17.

Таблиця 2.3

Адміністративні закони

	Тип навантаження		
	статичний $k = 0$ постійна;	вентилятор $M = C\omega^2, k = 2$	Постійна потужність $M\omega = \text{постійна}; k = -1$
Право керувати	$y = \alpha$	$y = a^2$	$\gamma = \sqrt{\alpha}$

Ці закони керування є стандартом де-факто, вбудованим у всі сучасні приводи загального призначення.

Закон Костенко можна розглядати стосовно відкритих і закритих систем керування. Його суть полягає в контролі напруги машини (магнітного потоку) як функції навантаження на вал без безпосереднього його вимірювання. Якщо навантаження зменшується, це також може зменшити магнітний потік шляхом зниження напруги при збереженні запасу статичної стабільності.

Вище зазначалося, що загальний вираз закону Костенко отримано за умови

$r_1 \approx 0$, що відповідає внутрішньому відносному напруженню

$$\frac{U_1'}{U_{1\text{ном}}} = \frac{U_1 - r_1 I_1}{U_{1\text{ном}}} = \gamma'$$

Можна показати, що таке керування, тобто оптимальне керування за активним опором статора, здійснюється шляхом підтримання рівня абсолютного ковзання

$\beta\omega \approx s_{\text{ном}} = \text{const}$ на постійному рівні, близькому до номінального. $\frac{U_1'}{U_{1\text{ном}}} =$

$$\frac{|U_1 - r_1 I_1|}{U_{1\text{ном}}} = \gamma'$$

Таке регулювання можна здійснити за допомогою зворотного зв'язку по

швидкості згідно з виразом $\omega = \omega_{1\text{ном}} (\alpha - \beta\omega)$.

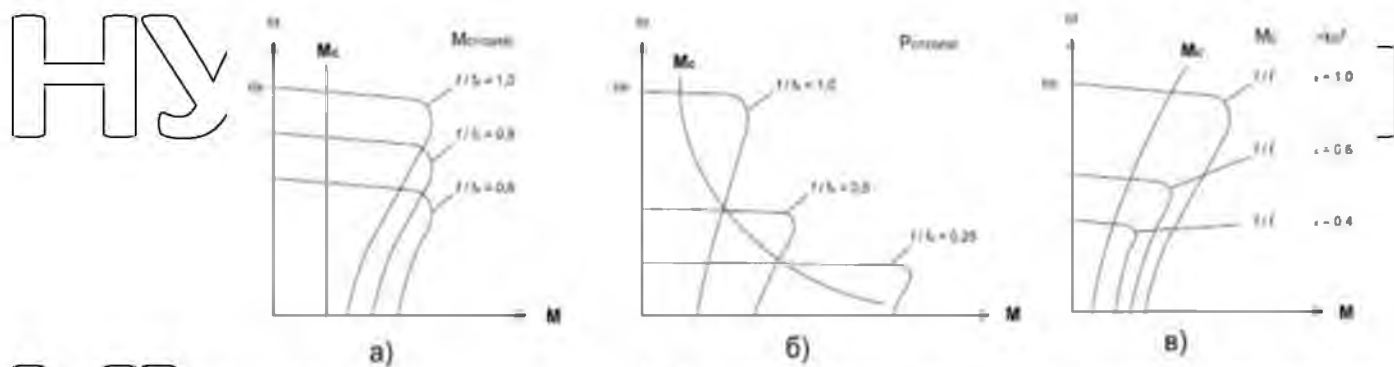


Рис. 2.17. Механічні властивості приладу ПЧ-АД

а) в постійний момент; б) при постійній потужності; в) з вентиляторним навантаженням.

Таким чином, для реалізації принципу частотного регулювання асинхронного двигуна необхідно згідно

виразом $\beta\omega \approx s_{\text{ном}} = \text{const}$ подається на статор підключеного двигуна, змінюючи частоту джерела живлення з урахуванням типу навантаження.

Перетворювальний пристрій виконує функцію перетворення параметрів електричної мережі в такі значення, необхідні для нормальної роботи рульового

двигуна, а також функцію дозування кількості електроенергії, що подається в електричну мережу. двигун для регулювання швидкості.

У системах регульованої електропередачі використовуються всі основні типи перетворювальних пристроїв: випрямлячі, що перетворюють змінну напругу в постійну; перетворювачі, що здійснюють зворотне перетворення енергії випрямляча; прямий перетворювач частоти; Регулятори напруги змінного і постійного струму, що забезпечують перетворення рівня напруги без зміни її частоти.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. РЕМОНТ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

НУБІП України

3.1 Обґрунтування та вибір проекту обслуговування та ремонту енергетичного обладнання

Проектно-дослідними інститутами розроблено ряд проектів головних і станцій технічного обслуговування енергетичного обладнання, деякі з них затверджені як типові.

Найбільш поширеними є типові проекти технічного обслуговування енергетичного обладнання та ремонтні пункти підприємств на 4200 умовних ремонтів на рік (18060 людино-годин) і 2100 умовних ремонтів на рік (9030 людино-годин на рік) на підприємствах.

Тому, враховуючи перспективу економічного розвитку, ми вибираємо типовий проект ТП 816-1-19 «Обслуговування енергетичного обладнання та ремонтний пункт на 2100 умовних ремонтів на рік» з річною трудомісткістю 9030 люд.-год.

Дана станція призначена для технічного обслуговування, своєчасного ремонту електро-, тепло-, теплоенергетичного, холодильного обладнання, усунення раптових збоїв і несправностей, сушіння, фарбування, підготовки монтажних, налагоджувальних робіт.

Поточному ремонту підлягають малі електроустановки, а також окремі частини і складальні одиниці різних видів енергетичного обладнання.

3.2 Розрахунок електроосвітлення

Для освітлення промислових і побутових об'єктів ми використовуємо лампи на лампочках і люмінесцентні трубки [13].

В основних виробничих корпусах висотою 5,2 м і додаткових приміщеннях висотою 2,6 м ми використовуємо світильники зі світлодіодними лампами.

Розрахунок електричної освітленості складу здійснюється методом використання світлового потоку, який використовується при розрахунках

НУБІП України

сумарної рівномірної освітленості горизонтальної поверхні в закритих приміщеннях. основна формула для розрахунків:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (3.1)$$

де Φ - розрахунковий світловий потік лампи, лм; E - нормоване освітлення, люкс; S - площа приміщення, м²; z коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z=1,15$; k - коефіцієнт запасу, $k=1,15$ для лампочок; N - кількість ламп, од; η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Ми вибираємо стандартизоване освітлення $E=30$ люкс для складів відповідно до галузевого стандарту [13] для освітлення підприємств, будівель і споруд.

Вибираємо тип світильника НСПЦ11х100 - для промислових підприємств, підвісний, повністю пілозахисний.

Знаходимо кількість ламп, припускаючи, що вони розміщені на найбільш прийнятній відносній відстані L , м, $\lambda = 1$.

$$L = l \cdot H_p, \quad (3.2)$$

де H_p - розрахункова висота, м; $H_p = 2,5$ м.

Потім,

$$L = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ м,}$$

кількість рядів N_a , одиниць і кількість ламп в ряду N_v :

$$N_a = b / L; \quad N_v = a / L, \quad (3.3)$$

де $b = 5$ м і $a = 5,5$ м - ширина і довжина кімнати відповідно.

$$N_a = 5 / 2,5 = 2 \text{ ряди,} \quad N_v = 5,5 / 2,5 \approx 2 \text{ шт.}$$

Загальна кількість світильників:

$$N = N_a \cdot N_v = 2 \cdot 2 = 4 \text{ шт,}$$

вибираємо протилежні коефіцієнти для даху, стін і підлоги [13]:

$$\rho_1 = 70\% - \text{стеля,} \quad \rho_2 = 50\% - \text{стіни,} \quad \rho_3 = 30\% - \text{підлога;}$$

встановлюємо індекс кімнати i [13]:

$i = a \cdot b / (a + b) = 5,5 \cdot 5,5 / (2,5 \cdot (5,5 + 5)) = 0,04$.

З таблиць знаходимо [13]. η - коефіцієнт використання світлового потоку 0,37;

Шляхом заміни даних **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, ми отримуємо:

$$\Phi = \frac{30 \cdot 1,15 \cdot 5 \cdot 5,5 \cdot 1,15}{4 \cdot 0,37} = 732,2 \text{ лм};$$

вибираємо лампу Expert Light A603 Eном = 790 лм, і Pном = 10,5 Вт.

Різниця між розрахунковим світловим потоком F і фактичним F_1 лампи не перевищує допустимих норм (+20% і -10%). Аналогічно проводяться розрахунки для інших приміщень з лампочками, результати яких записуються в світлотехнічні дані.

Розракуємо освітлення люмінесцентними лампами для підготовчої частини будівництва.

Спочатку вибираємо тип лампи PVLM 2-40 з лампами Osram Pure T8, світловий потік лампи $F_1 = 2340$ лм. Тепер визначимо розрахунковий світловий потік для цієї кімнати за формулою:

$$\Phi_p = E \cdot k \cdot S \cdot z / \eta, \quad (2,56)$$

де k – запас міцності для люмінесцентних ламп $k = 1,3$; z коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,1$ для люмінесцентних ламп; S - площа будівлі, м; E - нормоване освітлення, люкс; $E = 300$ лк;

$$S = a \cdot b = 5,5 \cdot 5,5 = 30,25 \text{ м}^2.$$

Індекс приміщення для ламп PVLM знаходимо з лампами Osram Pure T8. Однак коефіцієнти для даху, стін і підлоги

$$r_1 = 70\%, \quad r_2 = 50\%, \quad r_3 = 10\%, \quad h = 0,44.$$

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)} = \frac{5,5 \cdot 5,5}{3(5,5 + 5,5)} = 0,92$$

Тоді замість отриманих даних **Ошибка! Источник ссылки не найден.** ми отримуємо:

$$\Phi_p = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 30,25 \cdot 1,1}{0,44} = 29493,75 \text{ лм};$$
 кількість лампочок:

$$N = \Phi_p / \Phi_l = 29493,75 / 4680 = 6,3$$

Беремо 6 ламп PVLM 2·40 з лампами Osram Pure T8 і рівномірно розміщуємо їх по поверхні кімнати.

Потужність освітлювального приладу, кВт:

$$P = P_l \cdot N \cdot n \quad (2,57)$$

де P_l - потужність лампи, кВт; N - кількість ламп, кількість; n - кількість ламп у світильнику, шт.;

$$P = 0,04 \cdot 6 \cdot 2 = 0,48 \text{ кВт};$$

Ориєнтовна потужність освітлювального приладу, кВт з урахуванням втрат в пускових пристроях:

$$P_{\text{розр}} = P + 0,2 \cdot P \quad (2,58)$$

$$P_{\text{розр}} = 0,48 + 0,2 \cdot 0,48 = 0,576 \text{ кВт};$$

Освітлення для інших будівель розраховується так само за методом специфічного ефекту.

3.3 Вибір апаратів керування та захисту та комплектних апаратів низької напруги

Якщо брати для реалізації типовий проект, то зазначені пристрої захисного контролю електрообладнання повинні відповідати вимогам ПУЕ та ПТЕ [1,2].

Перевіримо та підберемо пускозахисну апаратуру для одного з електроприводів - приводу витяжного вентилятора, встановленого на ремонтній станції.

Паспортні дані на електродвигун АІР71А2У3: $P_{н.дв} = 0,75 \text{ кВт}$; $I_{н.дв} = 1,75$

$A, K_i = I_{input} / I_{н.дв}$.

Умови вибору автоматичного вимикача в ланцюзі живлення двигуна:

1) $U_{\text{Автор}} \geq \text{Мережа}$;

2) $I_{\text{н.авт.вим}} \geq \text{тобто}$;

3) $I_{\text{пес}} \geq \text{тобто}$;

4) $I_{\text{ел.м.рз}} (\text{вирізати}) \geq I_{\text{неспр}}$;

У наведених різницях: $U_{\text{авт}}$, $U_{\text{мер}}$ – відповідні номінальні напруги вимикача та мережі, В; $I_{\text{н.авт.віт}}$, $I_{\text{н.дв}}$ – номінальні струми для автоматичного вимикача та електродвигуна, А; $I_{\text{тг}}$ – струм тепловіддільника, А; $I_{\text{неспр}}$ – струм електромагнітного відключення, А; $I_{\text{відсічки}}$ – струм відсічки електромагнітного розчіплювача, А;

Дані для автоматичного вимикача ВА 51-25, встановленого в РП ПР8501-023У3:

$U_{\text{Автор}} = 660 \text{ В}$;
 $I_{\text{н.авт.вим}} = 100 \text{ А}$, $I_{\text{уст.ел.м.рзч}} = 3,15 \text{ А}$, $K_i = 7 \cdot I_{\text{тг}}$;
 $I_{\text{unsp}} = 1,65 \cdot I_{\text{від}} = 1,65 \cdot 9,35 = 15,42 \text{ А}$;

$I_{\text{відсічки}} = K_i \cdot I_{\text{уст.ел.м.рзч}} = 7 \cdot 3,15 = 22,05 \text{ А}$.

Перевірте критерії відбору:

1. $U_{\text{Автор}} = 660 \text{ В} > U_{\text{мер}} = 380 \text{ В}$;

2. $I_{\text{н.авт.вим}} = 100 \text{ А} > I_{\text{н.дв}} = 1,75 \text{ А}$;

3. Не перевіряємо, тому що буде термореле;

4. $I_{\text{вирізати}} = 22,05 > I_{\text{неспр}} = 15,42 \text{ А}$;

За конструкцією автоматичний вимикач триполюсний, з електромагнітним розчіплювачем максимального струму; без допоміжних контактів. Ступінь захисту корпусу комутатора IP30.

Для дистанційного керування роботою двигуна вибираємо магнітний пускач серії ПМЛ, застосовуючи такі умови вибору:

1. $U_{\text{починаючи з}} \geq \text{Мережа}$;

2. $I_{\text{п. поч}} \geq \text{тобто}$;

3. $I_{\text{тр}} \geq \text{тобто}$;

$I_{згідно з}$ ≥ 3 подальшим регулюванням струму замикання при Вн.дв, Вн.дв.

4. Через конструктивну реалізацію;

5. $U_{кiшка} =$ Велика Британія,

де $U_{пуск}$ - номінальна напруга пускового двигуна, в; $I_{н.п}$ - номінальний струм стартера, А; $I_{т.г}$ - номінальний струм теплового реле, А; $U_{кот}$, $U_{к.к}$ - напруга котушки та кола керування відповідно, В.

Давайте перевіримо критерії вибору.

1. $U_{починаючи з} = 660 В > U_{мер} = 380 В;$

2. $I_{п. Початок} = 10 А > I_{н.дв} = 1,75 А;$

3. $I_{тр.} = 25 А > I_{н.дв} = 1,75 А;$

4. Пуск теплового реле, необоротний; ступінь захисту IP54, з кнопками

«Пуск» і «Стоп»;

5. $U_{ком} = 220 В = U_{к.к} = 220 В.$

Повна специфікація пускача ПМЛ 122002-02

Теплове реле РТЛ-1007-04 з діапазоном регулювання струму пошкодження номінальна потужність 1,5÷2,6 А. Номінальний струм реле 25 А, тому умови вибору виконані. В якості комплектного низьковольтного блоку вибираємо коробку 5115-2374UKL2. Наведено результати вибору апаратури пускового захисту та комплектних низьковольтних пристроїв графічна частина магістерської роботи. Для розподілу електроенергії приймаємо розподільні точки ПР11-3-078 з автоматичним вимикачем ВА51-39 на вході та вимикачем ВА51-25 на виході з лінії. Для освітлювальної мережі вибираємо ВЩОВ-25-6, автоматичні вимикачі на вихідних лініях ВА47-29 і вимикачі ВА 47-29 на вході зображені на графічній частині майстер-робота.

3.4 Розрахунок вентиляції

Вентиляційне обладнання цехів призначене для видалення газів, парів, пилу та інших шкідливих виділень, що утворюються в процесі виробництва.

Вентиляція приміщень може бути природною або механічною. Відповідно до існуючих норм природна вентиляція застосовується в приміщеннях з

кратністю повітрообміну (на малюнку показано, скільки разів повинен здійснюватися повітрообмін в приміщеннях за годину). Це приміщення, де не виділяються шкідливі гази і де на одного мешканця випадає більше 50 м³ повітря. У таких будівлях достатньо комплексного природного вітання. Площа покрівлі каркасів або блоків становить 2-4% від площі підлоги.

Для решти приміщень слід використовувати механічну вентиляцію. Його розрахунок полягає у визначенні ККД вентилятора та підборі стандартного вентилятора на основі даних розрахунку.

Виробничі цехи та відділи: обслуговування механічної та механічної, зварювальної та гідравлічної систем машин, повітрообміну призначені для зниження температури. Витяжка побудована з місцевим відсмоктуванням і загальним повітрообміном з верхньої зони.

Розглянемо орієнтовний розрахунок вентиляції на прикладі витяжної системи для пожежної частини пожежної частини.

Видалення повітря з опалювального столу становить 1800 ... 2000 м³ / год, тому продуктивність системи $Q = 1800 \dots 2000 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Для такої продуктивності я вирізав повітряний канал з гладкої оцинкованої сталі діаметром 225 мм. Площа районного будівельного майданчика $F = 0,0397 \text{ м}^2$.

Тоді швидкість вітру вздовж такого шляху визначається за формулою:

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot F} = \frac{1900}{3600 \cdot 0,0397} = 13,3 \text{ м/с},$$

Необхідний тиск, який створює вентилятор:

$$HP = 0,59 \gamma^2 \left(\frac{1}{50d} + \sum_{i=1}^n \beta_i \right),$$

де v – швидкість повітря, м/с; d – діаметр трубопроводу, м; l – довжина магістрального трубопроводу, м; $\sum_{i=1}^n \beta_i$ – сума коефіцієнтів локальних оп. - коефіцієнт опору на вході в регіональний газопровід, = 0,05; - відсотковий коефіцієнт для всієї районної адміністрації, = 0,4; – коефіцієнт місцевого опору на вході у вентилятор, = 0,62; – коефіцієнт місцевого опору для різкого вигину регіонального трубопроводу, = 0,5; – коефіцієнт місцевого опору на виході з

Н вентилятора, $\beta_1 = 0,84$; - коефіцієнт місцевої потреби на виході регіонального газопроводу, $\beta_2 = 0,5$. $\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4 \beta_5 \beta_6 \beta_7 \beta_8 \beta_9 \beta_{10}$
 Потім:

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 0,05 + 0,5 + 0,4 + 0,62 + 0,84 + 0,5 = 2,91.$$

Довжину районної лінії приймемо рівною $l = 15$ м.

$$\text{Тоді } H_p = 0,59 \cdot 13,3^2 \left(\frac{15}{50 \cdot 0,225} + 2,91 \right)$$

Н За отриманою інформацією приймаємо вентилятор Ц4-70 №4.

Технічні характеристики вентилятора: $Q = 1970$ м³/год; $H = 500$ Па; $n = 920$ об/хв; $\eta = 0,7$.

Встановлена потужність електродвигуна з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$P_{\text{електричний двигун}} = \frac{Q \cdot H \cdot k}{3,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}$$

Н де k - коефіцієнт запасу потужності, $k = 1,1 \dots 1,5$; η_1 - ккд вентилятора, $\eta_1 = 0,7$; η_2 - ккд викладача; $\eta_2 = 1$ (вентилятор розташований безпосередньо на валу двигуна);

$$P_{\text{електродвигун}} = \frac{1970 \cdot 0,5 \cdot 1,5}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 1} = 0,586 \text{ кВт.}$$

Н Номінальна потужність електродвигуна повинна бути:

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\text{ст}}$$

Отже розбираємо двигун АІР 80 А6UZ потужністю $P_{\text{ном}} = 0,75$ кВт.

Він оснащений трифазним змінним струмом частотою 50 Гц.

Виходячи з характеристик вентилятора, обіграємо двигун частотою обертання.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

НУБІП України

4.1 Аналіз умов праці

Небезпечні видита шкідливих умов і ускладнюючих факторів в ремонтній майстерні інженерних комунікацій:

Н

- доступ до сухих машин і механізмів;
- підвищена запиленість і загазованість повітря;
- рівень звуку на сторінці вище норми;
- важкі умови праці;
- можливість дотику до струмопровідних частин.

Н

Цех складається з наступних будівель, які належать до наступних категорій за характеристиками середовища, за використанням електричного струму, вибухо- та пожежобезпечністю.

У ремонтно-ремонтних відділеннях з бетонною підлогою килимове покриття та дерев'яні доріжки. Це захищає іноземних працівників від ураження електричним струмом.

Н

Для захисту персоналу від ударів по всій території вміло розвішані попереджувальні щити та таблички. Додаткову електроізоляцію використовують також у струмопровідних частинах технічного обладнання.

Сама будівля і все електрообладнання мають захисне і при необхідності додаткове заземлення. У бічних зонах підвищеної небезпеки персонал забезпечується засобами індивідуального захисту. Біля всіх технічних вузлів є захисні, електроізоляційні, поролонові прокладки.

Н

Для додаткового захисту обшивка полиць, стін і підлоги кислотостійка, а поверхня стін також гладка на висоті не менше 1,75 м.

4.2 Перелік організаційних заходів щодо підготовки до роботи та запобігання та ліквідації шкідливих виробничих процесів

Підготовка до роботи в майстерні:

НУБІП України

1. Перед початком ритуалу священик повинен одягнути встановлений одяг, одяг не повинен звисати для будь-якої молитви, волосся потрібно зібрати під головний одяг.

2. Приступаючи до роботи у віддаленій місцевості, працівник повинен перевірити наявність і придатність захисного огороження, надійність заземлювачів, а також усі інші заходи, пов'язані з усуненням небезпеки ураження електричним струмом.

3. Забезпечити справність обладнання, сигналізаторів і обладнання, а також вентиляції та місцевого освітлення.

4. Переконайтеся, що засоби пожежогасіння є, а аптечка укомплектована.

Організаційні заходи щодо захисту людей:

Роботи з технічного обслуговування та ремонту автомобілів проводяться у відведених для цього місцях. Необхідно створити безпечні умови для проведення церемоній у прилеглих місцях; обладнання, інструменти та пристосування повинні відповідати характеру виконуваних робіт і не допускати травм.

Під час примусового переміщення машин від поста до поста потокової лінії подається світловий або звуковий сигнал. Після сигналу про початок руху конвеєра працівники повинні залишити бічні місця, залишити оглядову яму і відійти від конвеєра. На кожному посту є кнопки «Стоп» для аварійної зупинки конвеєра.

Електрообладнання електробарабана діагностичного стенду (кришка управління, апаратна шафа, барабанні вузли та ін.) повинно бути надійно заземлене.

Після закінчення зміни слід вимкнути рубильник машини, закрити вентилі паливних баків і перевірити вентиль стисненого повітря.

Технічне обслуговування та ремонт знятих з автомобіля елементів електросистеми проводиться в майстерні (на місці).

Очищення деталей перед паянням і лудінням проводять в окремих місцях, обладнаних місцевою вентиляцією. Перед установкою паливні баки і крани від

паливних сумішей слід промити гарячою водою, промити їдким натром і просушити гарячим повітрям.

Пожежу необхідно гасити за допомогою вогнегасника, піску або розпиленої води. Для запобігання підвищенню тиску в газових балонах необхідно поливати їх холодною водою.

У підсобних приміщеннях забороняється палити та вживати їжу.

Підлогу, столи, лави та інструменти необхідно змочувати після кожної зміни.

Комора повинна бути обладнана роздягальною та мийною з шафами для зберігання домашнього та спеціального одягу.

Підлога в підсобному приміщенні (аккумуляторній майстерні), де встановлюються батареї, повинна бути цегляною або бетонною, неслизькою і без отворів.

Електричні кабелі в сховищах повинні бути герметизовані і прокладені в металевих трубах, покритих асфальтовим лаком. Освітлення аккумуляторної майстерні та заднього приміщення, а також заднього блоку має бути вибухобезпечним. Генератори та зовнішні електродвигуни не можуть бути встановлені в задньому відсіку. Він повинен бути обладнаний припливно-витяжною вентиляцією для видалення шкідливих газів, що виділяються під час зарядки аккумулятора.

Аккумуляторні батареї слід підключати за допомогою свинцевих затискачів, які щільно прилягають і запобігають іскрам. Забороняється з'єднувати аккумулятори кабелями. Зварювальні, листові роботи, виробничі роботи слід проводити в окремих ізольованих приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією.

Демонтаж і монтаж автомобільних шин проводити в спеціально відведених місцях (станціях). Перед зняттям шини необхідно випустити повітря з камери.

Під час накачування необхідно стежити за показаннями манометра, не допускаючи підвищення тиску повітря в шині вище зазначеного.

4.3 Засоби індивідуального захисту

Відповідно до ТП5-85 зберігається необхідна кількість засобів індивідуального захисту, необхідних для нормальної роботи.

Вибрані дані наведемо в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Розрахунок необхідної кількості засобів захисту для майстерні

Назва	Марка або тип	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Кіл-ть
Показники напруги	УВН-10	ТУ-34-3031-75	2
Вимірювальні кліщі	Ц-91	ТУ-25-04-856-76	3
Діелектричні рукавиці	ЩЗП	ТУ-38-106330-79	3
Переносне заземлення	1041-11041	ТУ-16-538232-84	2
Кліщі ізольовані	К-1000	ТУ-34-133807-85	3
Ремінь запобіжний	ВМ	ТУ-39062-84	3
Плакати і знаки безпеки	-	ГОСТ 124026-86	4
Інструмент із ізольованими ручками	КСМИ-2	ТУ-34-28-10072-80	3
Аптечка медична	-	ГОСТ 11516-83	2

4.4 Роз'ядження заземлювального пристрою

Дані для розрахунку заземлювальних зондів наведені в таблиці 4.2

Оскільки в підстанції використовуються електроприлади напругою до 1000 Вa, то заземлюючий пристрій повинен відповідати наступним вимогам:

- автоматичний вимикач 0,38 кВ, працює із заземленою мережею;
- автоматичний вимикач 10 кВ з ізольованою нульовою жилою.

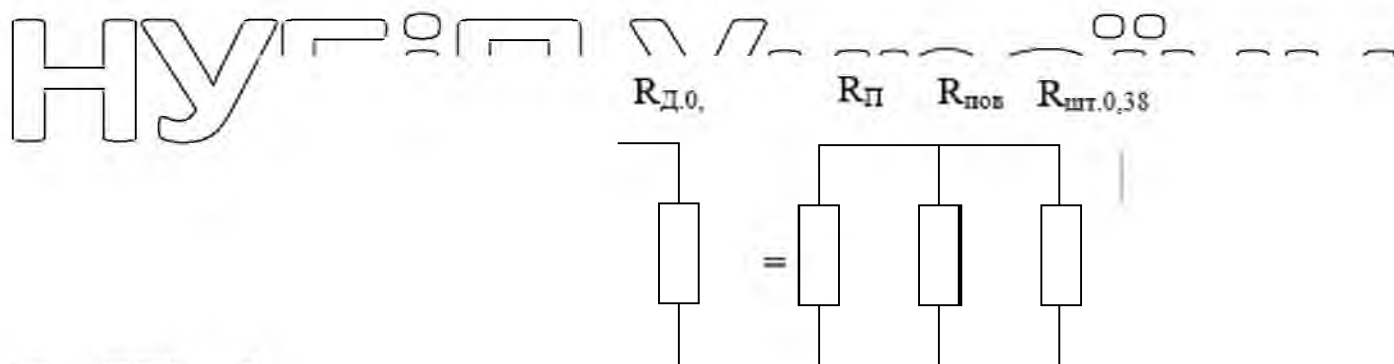
Ми подали вимогу 0,38 кВ для пластини заземлення

Таблиця 4.2

Вихід датчика заземлення

Найменування даних	Одиниці виміру	Числові показники
Потужність ТП, S_T	кВа	400
Діаметр вертик. електрода d	мм	16
Довжина вертик. електрода l	м	3
Питомий опір верхнього шару ґрунту ρ_1	Ом·м	900
Товщина верхнього шару ґрунту h_1	м	2
Питомий опір нижнього шару ґрунту ρ_2	Ом·м	350
Кількість n повітряних ліній напругою 0,38 кВ	шт	4
Кількість повторних заземлювачів m в кожній лінії		3
		1
		6
		8
Довжина мережі КЛ напругою 10 кВ L_K	км	6
Довжина мережі ПЛ напругою 10 кВ $L_{ПЛ}$	км	18
Площа фундаменту підстанції S_{ϵ}	м ²	100

Покажемо графік компенсації:



Малюнок 4.1. Схема заміщення 0,38 кВ

Для визначення допустимого значення опору заземлювальної труби розраховуємо еквівалентний питомий опір двофазного заземлення за формулою.

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot l}{\rho_1 \cdot (t + l - h_1) + \rho_2 \cdot (h_1 - t)} = \frac{900 \cdot 350 \cdot 3}{900 \cdot (0.8 + 3 - 2) + 350 \cdot (2 - 0.8)} = 463.235 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Оскільки $\rho_{eq} > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, допустимий опір пластини заземлення $R_{d.0.38}$ можна змінити:

$$R_{d.0.38} \leq 4 \cdot \rho_{eq} / 100 = 4 \cdot 463,2 / 100 = 18,5 \text{ Ом},$$

та Ршт.0.38 на штучному заземлювачі:

$$R_{шт.0.38} \leq 30 \cdot \rho_{eq} / 100 = 30 \cdot 438,9 / 100 = 138,9 \text{ Ом}$$

Допустимий опір заземлювача за схемою заміни Рд.0.38 необхідно забезпечувати з урахуванням опору природних заземлювачів R_p , опору штучного заземлювача $R_{шт}$ і сумарного опору всіх тимчасових заземлень $R_{пв}$. нульовий провід для повітряних ліній: 0,38 кВ

$$\frac{1}{R_{d.0.38}} = \frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_{\phi \phi}} + \frac{1}{R_{f i A}}$$

Значення R_p опору природного заземлювача, яким є залізобетонна основа будівлі, визначаємо за формулою:

$$R_f = \frac{0,5 \cdot \rho_{до}}{\sqrt{S_d}}$$

$$\rho_{еф} = \rho_1 \cdot \left(1 - e^{-a \frac{h_1}{\sqrt{S_6}}}\right) + \rho_2 \cdot \left(1 - e^{-\beta \frac{\sqrt{S_6}}{h_1}}\right);$$

$$\rho_{еф} = 900 \cdot \left(1 - e^{-3,6 \frac{2}{\sqrt{100}}}\right) + 350 \cdot \left(1 - e^{-0,1 \frac{\sqrt{100}}{2}}\right) = 599,6 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

де коефіцієнти $a=3,6$; $\beta=0,1$; Тоді $\rho_1 > \rho_2$.

Потім:

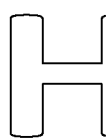
$$R_{п} = \frac{0,5 \cdot 599,6}{\sqrt{100}} = 29,9 \text{ Ом}.$$

Допустима величина сумарного опору всіх точок заземлення навколишньої ПЛ становить 0,38 кВ, з урахуванням розрахованого вище еквівалентного питомого опору заземлення воно не повинно бути більше.

$$R_l \leq 10 \cdot \rho_{eq} / 100 = 10 \cdot 599,6 / 100 = 46,3 \text{ Ом}$$

і кожен підводний заземлюючий пристрій -

$$R_{ПЗ} \leq 30 \cdot \rho_{eq} / 100 = 30 \cdot 438,9 / 100 = 138,9 \text{ Ом}$$



Для точності розрахунків отримуємо $R_{pz} = 138 \text{ Ом}$, що менше допустимого.

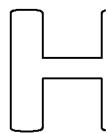
Визначаємо загальний опір заземлювачів в лініях:

$$R_{\text{пов.L1}} = R_{\text{PZ}}/n1 = 138/3 = 46,3 \text{ Ом} < 46,3 \text{ Ом},$$

$$R_{\text{пов.L2}} = R_{\text{PZ}}/n2 = 138/1 = 138 \text{ Ом} > 46,3 \text{ Ом},$$

$$R_{\text{пов.L3}} = R_{\text{PZ}}/n3 = 138/6 = 23,2 \text{ Ом} < 46,3 \text{ Ом},$$

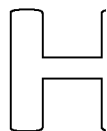
$$R_{\text{пов.L4}} = R_{\text{PZ}}/n1 = 138/8 = 17,4 \text{ Ом} < 46,3 \text{ Ом},$$



Загальна підтримка $R_{\text{пов}}$. Усі вторинні заземлення на лініях 0,33 кВ:

$$R_{\text{пов}} = \frac{R_{\text{л1}} \cdot R_{\text{л2}} \cdot R_{\text{л3}} \cdot R_{\text{л4}}}{R_{\text{л1}} \cdot R_{\text{л2}} \cdot R_{\text{л3}} + R_{\text{л2}} \cdot R_{\text{л3}} \cdot R_{\text{л4}} + R_{\text{л3}} \cdot R_{\text{л4}} \cdot R_{\text{л1}}} =$$

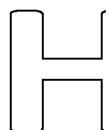
$$= \frac{46,3 \cdot 138 \cdot 23,2 \cdot 17,4}{46,3 \cdot 138 \cdot 23,2 + 138 \cdot 23,2 \cdot 17,4 + 23,2 \cdot 17,4 \cdot 46,3} = 11,6 \text{ Ом}.$$



Визначаємо сумарне значення $R_{\text{П}}$ і $R_{\text{пов}}$:

$$R_{\text{екв}} = \frac{R_{\text{П}} \cdot R_{\text{пов}}}{R_{\text{П}} + R_{\text{пов}}} = \frac{29,9 \cdot 11,6}{29,9 + 11,6} = 8,4 \text{ Ом}.$$

Оскільки $R_{\text{екв}} = 8,4 \text{ Ом} < R_{\text{д}}$.

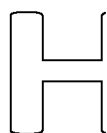


$$R_{\text{шт}} 0,38 = 138,9 \text{ Ом}.$$

Схема компенсації показана на рисунку 6.2.

Допустиме значення опору $R_{\text{д10}}$ заземлюючого пристрою визначається за формулою:

$$R_{\text{д10}} = \frac{67}{I_3} \leq 10 \text{ Ом},$$

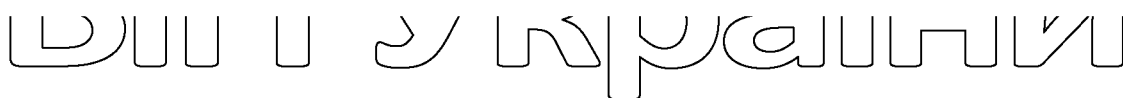
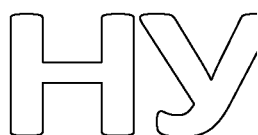


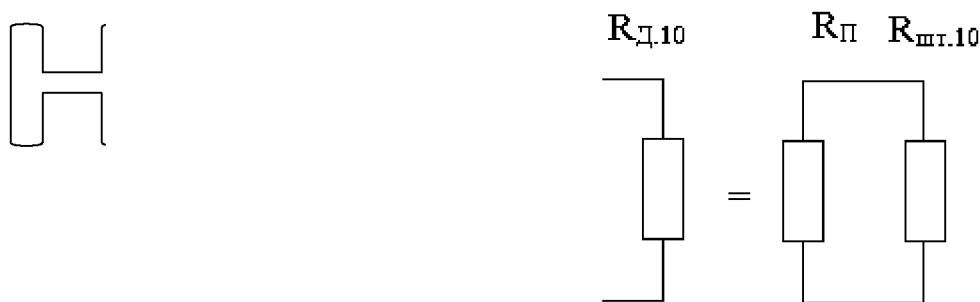
де I_3 - струм однофазного замикання на землю.

$$I_3 = \frac{U(L_n + 35L_k)}{350} = \frac{10(18 + 35 \cdot 6)}{350} = 6,5 \text{ А}.$$

$$R_{\text{д10}} = \frac{67}{6,5} \leq 10,3 \text{ Ом},$$

Тоді отримуємо $R_{\text{д10}} = 10 \text{ Ом}$.





Малюнок 4.2. Схема заміщення 10 кВ

Оскільки $R_{п} > R_{д10}$, то значення опору $R_{шт10}$ штучного заземлювача визначається за формулою згідно зі схемою заміщення.

$$R_{шт10} = \frac{R_{п} \cdot R_{д10}}{R_{п} - R_{д10}} = \frac{29,9 \cdot 10}{29,9 - 10} = 15,6 \text{ Ом.}$$

Порівняйте значення $R_{пшт0,38}$ і $R_{пшт10}$. Для розрахунку беремо найменший з них, тобто $R_{пшт10} = 13,4$ Ом (відповідає умовам як 0,38 кВ, так і 10 кВ).

Тепер визначимо опори вертикальних і горизонтальних елементів заземлювача.

Опір вертикального заземлювача R визначається за формулою:

$$R_{в} = \frac{K_{с} \cdot \rho_{екв}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h + l}{4h - l} \right) = 255,8 \text{ Ом.}$$

де $K_{с} = 1,15$ - сезонний коефіцієнт;

$$h = T + 0,5 \cdot l = 0,8 + 0,5 \cdot 3 = 2,3 \text{ м}$$

Провідність вертикального стержня буде:

$$g_{в} = 1/R_{в} = 1/255,8 = 0,004 \text{ 1/Ом}$$

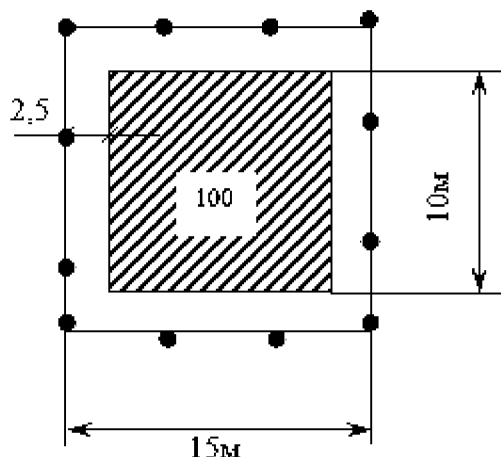
Початкове число вертикальних ступенів визначаємо без урахування щита між ними:

$$n = R_{в}/R_{сшт} = 255,8/15,6 = 14,4$$

Приймаємо 15 вертикальних сходинок. Схема контуру квадратного заземлювача з основою 10 м наведена на рисунку, з якого видно, що довж. $l_{Містер}$ довжина горизонтальних частин заземлювача 60м.



НУБІІ



ІНІИ

НУБІІГ

ІНІИ

Малюнок 4.3. Контурна схема землі

Щоб визначити опір горизонтальних елементів, ми спочатку визначимо еквівалентний опір точки реґ за допомогою лінійної інтерполяції.

Н

1. $\rho_1/\rho_2=2, h_1=3\text{ м}; l_g=60\text{ м}.$
 $\rho_{ег}/\rho_2 = 1,67.$

2. $\rho_1/\rho_2=5, h_1=3\text{ м}; l_g=60\text{ м}.$
 $\rho_{ег}/\rho_2 = 3,53.$

3. $\rho_1/\rho_2=2,57$ $\rho_1/\rho_2 = 2$ і $\rho_1/\rho_2 = 5, l_g=60\text{ м}, h_1=3\text{ м}.$

Н

$$\rho_{ег}/\rho_2 = 1,67 + \frac{3,53 - 1,67}{5 - 2} (2,57 - 2) = 1,305.$$

Тоді $\rho_{ег} = 1,305 \cdot \rho_2 = 1,305 \cdot 350 = 456,7\text{ Ом}\cdot\text{м}.$

Тепер визначаємо ширину горизонтального елемента заземлювача за формулою

Н

$$R_{\Gamma} = \frac{K_s \cdot \rho_{ег}}{2\pi \cdot l_{\Gamma}} \ln \frac{2 \cdot l_{\Gamma}^2}{b \cdot t} = 29,9\text{ Ом}.$$

де $K_s=2$ – сезонний фактор для горизонтального елемента.

Провідність горизонтального елемента заземлювача:

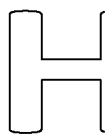
$$g_g = 1/R_g = 1/29,9 = 0,033\text{ 1/Ом}$$

Значення коефіцієнта виїмки η знаходять за даними таблиці шляхом

послідовної лінійної інтерполяції.

1. $\rho_1/\rho_2=1, n=15, h/l=0,5, a/l=1 \eta = 0,487$

□



$$2. \rho_1/\rho_2=1, n=15, h/l=1, a/l=1 \eta = 0,412$$

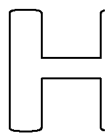
$$3. \rho_1/\rho_2=1, n=15, a/l=1, h/l=0,67 \eta = 0,412$$

$$4. \rho_1/\rho_2=3, n=15, a/l=1, h/l=0,5 \eta = 0,520$$

$$5. \rho_1/\rho_2=3, n=15, a/l=1, h/l=1, \eta = 0,546$$

6. Між $h/l=0,5$ та $h/l=1$ $\rho_1/\rho_2=3, n=15, a/l=1, h/l=0,67$.

$$\eta = 0,520 + \frac{0,546-0,520}{1} (0,67 - 0,5) = 0,093$$

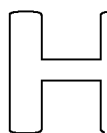


7. $\rho_1/\rho_2=2,57$ (між $\rho_1/\rho_2 = 1$ та $\rho_1/\rho_2 = 3$), $n=15, a/l=1, h/l=0,67$

$$\eta = 0,487 + \frac{0,093-0,487}{3-1} (2,57 - 1,0) = 0,455$$

Тепер визначимо довжину штучного заземлювача підстанції за формулою:

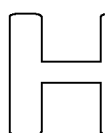
$$R_{шт} = \frac{1}{(\eta \cdot (n \cdot g_b + g_r))} = \frac{1}{(0,455 \cdot (15 \cdot 0,004 + 0,033))} = 23,6 \text{ Ом.}$$



Що не входить в допустимі межі $R_D=15,6$ Ом, тому збільшуємо кількість вертикальних ступенів до 30 і покриваємо їх штучним заземленням підстанції:

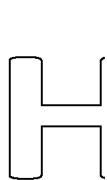
$$R_{шт} = \frac{1}{(0,455 \cdot (30 \cdot 0,004 + 0,033))} = 14,4 \text{ Ом.}$$

це менше допустимого опору.



Таким чином, штучний заземлювач являє собою замкнутий контур, що складається з 30 вертикальних стрижнів довжиною 3 м кожна, діаметром 0,016 м, з'єднаних горизонтальною стрижнею з трубою 40x4 мм завдовжки 60 м.

R_Z , загальний опір заземлювача з урахуванням опорів природного заземлювача і вторинних заземлювачів нульового провідника ПЛ:



$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{\Pi}} + \frac{1}{R_{шт}} + \frac{1}{R_{пов}} = \frac{1}{29,9} + \frac{1}{23,6} + \frac{1}{11,6} = 0,162 \text{ 1/Ом.}$$

$$R_3 = \frac{R_{\Pi} \cdot R_{шт} \cdot R_{пов}}{R_{\Pi} \cdot R_{шт} + R_{шт} \cdot R_{пов} + R_{\Pi} \cdot R_{пов}} = \frac{29,9 \cdot 23,6 \cdot 11,6}{29,9 \cdot 23,6 + 23,6 \cdot 11,6 + 29,9 \cdot 11,6} = 6,2 \text{ Ом.}$$

Тому відповідає вимогам ПУЕ - $85 R_z = 6,17 \text{ Ом} < R_{доп}=18,5 \text{ Ом}$.

НУБІІ УКРАЇНИ

4.5 Захист від снату

Належить назва господарства, де знаходиться ремонтна майстерня до області із середньою тривалістю 60-80 годин гроз протягом року, що відповідає 9 показникам на 1 км².

Для захисту від спливаючих хвиль вживаються такі заходи:

- Для захисту від перенапруг ТП від вищої напруги (10 кВ). встановлено

передавачі ПС-10;

- Для захисту ТП від грозових перенапруг передбачено 0,38 кВ Наступник типу ПВН-0,5.

Відповідно ПД-34.21.122-87 відноситься до ремонтної майстерні ІІ Категорії за системами блискавкозахисту з зоною В.

Для захисту обладнання від прямих ударів блискавки передбачений стандартний громовідвод. Очікувана кількість прямих ударів блискавки визначається за формулою:

$$N = [(B + 6 \cdot h_x) \cdot (L + 6 \cdot h_x) - 7,7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6},$$

де В - ширина будівлі, В = 18 м; L - довжина будівлі, L = 48 м; h_x - висота даху будівлі, h_x = 9,5 м; n - середня кількість штормових явищ, що припадають на 1

км²/пik

$$N = [(18 + 6 \cdot 9,5) \cdot (48 + 6 \cdot 9,5) - 7,7 \cdot 9,5^2] \cdot 9 \cdot 10^{-6} = 0,0064$$

Використовуємо 4 блискавковідводи на відстані 11 м один від одного.

Відзначаємо висоту коника h_{x1} і висоту стіни:

$$h_{x2} : h_{x1} = 9,5 \text{ м}; h_{x2} = 6,5 \text{ м}$$

Прийmemo h_c = h_{x1} = 9,5 м і знайдемо мінімальну висоту блискавковідводу:

$$h_{\min} = 0,89 \cdot h_c + 0,124 \cdot L,$$

$$h_{\min} = 0,89 \cdot 9,5 + 0,124 \cdot 11 = 9,8, \text{ м.}$$

Тоді n = 1,5; h = 14,7 м, що становить більше половини стелі. Але на висоті стелі ми отримуємо:

$$r_{cx2} = 14,7 \cdot (1 - 3/6,5) = 7,9 < 9 \text{ м,}$$

тобто на такій висоті частина даху не доходить до охоронної зони.

Збільшуємо висоту громовідводу до 13 м.

$$r'_0 = 1,5 \cdot 1,3 = 19,5 \text{ м}$$

$$r'_{cx} = 19,5 \cdot (1 - 3/6,5) = 10,5 > 9$$

Визначимо, чи захищений кут даху, відстань на площині блискавковідводу, найближчої до верху будівлі, дорівнює:

$$\sqrt{2^2 + 3,05^2} = 3,65 \text{ м.}$$

Радіус захисту виконано:

$$r'_{x2} = 1,5 \cdot \left(13 - \frac{0,3}{0,92}\right) = 19,01 > 9 \text{ м}$$

Пісня для захисту верхівки коня:

$$r_x = 1,5 \cdot \left(13 - \frac{0,5}{0,92}\right) = 18,68 > 9 \text{ м}$$

Заземлювальна пластина громовідводу виготовлена з паличок діаметр 12 мм

4.6 Загальні положення про пожежну безпеку

1 Пожежна безпека енергетичних підприємств забезпечується шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів, спрямованих на попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих матеріальних збитків, зменшення негативних екологічних наслідків, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж, а також евакуації з зони виникнення пожежі та можливого поширення на людей, документи та матеріальні цінності.

2 Відповідно до Закону України «Про пожежну безпеку» відповідальність за стан пожежної безпеки підприємств енергетики несуть керівники цих підприємств і організацій, а також відповідальні особи, затверджені наказами керівників та робочими інструкціями.

3 Обов'язки керівників підприємств та уповноважених ними організацій визначені статтею 5 Закону України "Про пожежну безпеку".

Пожежі в майстернях можуть виникати з таких причин:

Порушення правил користування відкритим вогнем та електричним струмом;

- виконання професійних обов'язків у спорудах і килимах, вкритих горючими матеріалами;

- викопування непідготовленого обладнання у пожежобезпечних зонах;

- експлуатація несправних систем опалення, електродвигунів, електродвигунів;

- Порушення правил користування негорючими, несумісними матеріалами, невибуховими речовинами.

Організаційні заходи щодо запобігання пожежі в цьому цеху включають:

1. Працівники ремонтного підприємства з ремонту електроустаткування повинні пройти початковий інструктаж з техніки безпеки, інструктаж на місці та набути навичок безпечного виконання робіт.

2. Підрядник повинен підтримувати бічні території в чистоті та намагатися не перекривати бічні дороги та підбирати відреставровані частини у відповідних місцях.

3. При відкручуванні гайок і болтів слід використовувати ріжковий і торцевий ключі.

4. У разі виявлення несправності будь-якого устаткування чи приладу під час роботи на будь-якій із ділянок під час виконання робіт роботу необхідно припинити та повідомити про це майстра або керівництво цеху. Дійте лише за вказівками керівництва.

5. Необхідно визначити час, місце і порядок проведення протипожежних інструктажів.

6. Налагодити організацію належного контролю пожежної безпеки об'єктів.

За виконання всіх заходів щодо запобігання пожежі в цеху відповідає одна особа з керівного складу.

Для гасіння потрібні технічні засоби Пожежі наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахунок необхідної кількості засобів пожежогасіння
в цеху електроенергетичної компанії

№	Назва обладнання і засобів гасіння пожежі	Місце розміщення	Тип	Кількість
1.	Вогнегасник хімічний піnnий	на кожному щиті і в середині приміщення	ОХП-10	30
2.	Вогнегасник вуглекислотний	на кожному щиті I в середині приміщення	ОУ-5	15
3.	Відро	на пожежному щиті	-	10
4.	Лопата	перед майстернею	-	10
5.	Ящик з піском	перед майстернею	-	10
6.	Лом	на пожежному щиті	-	10
7.	Багор	перед майстернею	-	10

Загальна розрахункова витрата води на гасіння внутрішньої пожежі в цеху становить 5 л/с (2,5 л/с з розрахунком на 2 етапи). Протипожежний стан цеху контролює начальник цеху.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ
РІШЕНЬ

НУБІП України

Капітальні витрати на будівництво об'єкта включають:

- Витрати на придбання обладнання та засобів автоматизації, включаючи витрати на монтажні матеріали, монтаж та додаткові витрати, пов'язані з їх придбанням і доставкою.

- витрати на дорогі пристосування та інструменти.

Орієнтовна вартість обладнання визначається на основі відбору обладнання, виготовленого в технічній частині дипломного проекту. Розрахунок складається за формою в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1
Розрахунок капітальних витрат на обладнання та споруди

№	назва Обладнання	Кількість, шт.	вартість		Вартість доставки та монтажу		Орієнтовна вартість, грн.	Амортизаційні відрахування	
			1 шт., грн.	загальний, грн	%	грн		норма амортизації, %	сумаі, грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Електричний двигунDFR63M4	1		10600	10	1060	11 660	10	11 66
2.	Редуктор R07	1		1500	10	150	1650 рік	10	165
3.	Перетворювач частоти SEW MOVIDRIVE MDX60	1		32 000	10	3200	35200	10	3520
	Разом						38010		4851

Після визначення кошторисної вартості проєктованого об'єкта необхідно визначити питомі капітальні вкладення, які розраховуються як частка всіх капітальних витрат за кошторисом, поділена на проєктну потужність об'єкта.

$$K = 38010 / 65472 = 0,58.$$

Одним із основних завдань організації виробництва є вибір раціонального режиму роботи підприємства та його підрозділів у часі. Робоча обстановка істотно впливає на використання часу основних виробничих фондів, особливо їх активної частини, а також на продуктивність праці працівників [18].

Ділова ситуація підприємства стосується встановленого періоду та порядку виробничої діяльності підприємства. Він визначає кількість робочих і неробочих днів і годин протягом року, кількість щоденних робочих змін і тривалість робочої зміни.

Аналіз досвіду використання різних методів роботи показує, що її вибір у деяких випадках визначається технічними або технічними умовами виробництва. При цьому, крім економічних міркувань, необхідно враховувати соціальну сторону питання.

Таблиця 5.2
Розрахунок чисельності працівників

Професійна назва	Розрахунок к Пілотність	фігура зміни	Розрахунок к день	Коефіцієнт перетворення	Бухгалтерський облік фігура
ключовий співробітник	2	3	6	1.68	9
помічник це працює	1	3	3	1.68	4
Разом	3		9		тринадцять

Прийнятий календарний порядок в основному визначає порядок виконання основних і допоміжних робіт і швидко організує виробничий процесу в цілому.

Робота на більшості виробництв проводиться в три зміни по 8 годин у безупинному режимі. Роботи з переривчастим робочим тижнем можуть виконуватися в одну, дві або три зміни в залежності від конкретних умов [18-19].

Коефіцієнт перерахунку для відвідуваності працівників для врахування безперервного виробництва:

$$K_{\text{пер}} = T_{\text{кав}} / T_{\text{зф}} = 365 / 217 = 1,68 \quad (5.1)$$

Встановлення автоматизованого електроприводу барабанної сушарки для сушіння сировини у виробництві рослинної олії дає можливість продовжити термін служби двигуна, оскільки без використання автоматизованого електродвигуна підвищується трудомісткість роботи, з'являється можливість статися аварійні ситуації можуть спричинити збій двигуна та збій мережі в джерелі живлення [20].

Електроенергія буде дорівнювати 11 кВт/год. Ресурс двигуна складе 8424 на рік, включаючи зупинку на капітальний ремонт. Годі кількість спожитої електроенергії за рік:

$$11 \cdot 8424 = 92,664 \text{ кВт/год.}$$

Економія електроенергії складе 10%:

$$\text{Звичайно: } 92,664 \cdot 0,1 = 9,266,4 \text{ кВт*год,}$$

$$\text{У вартісному виразі: } 9266,4 \cdot 15,11 = 140015304 \text{ грн.}$$

Крім вищесказаного, економія досягається за рахунок скорочення витрат на ремонт обладнання.

Вартість технічного обслуговування та ремонту обладнання без автоматизованого електродвигуна збільшується за рахунок оплати праці підсобних робітників, соціального збору та переміщення товарів всередині

заводу і становить 1 300 610 грн. Економія за цією позицією: 1399619 - 1118610 = 281119 грн.

Загальна економія складається з трьох основних компонентів.

- економія фонду оплати праці;
- економити електроенергію;
- економія на обслуговуванні та ремонті обладнання

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{фпл}} + E_{\text{ел}} + E_{\text{р}} = 504091 + 140\,015,304 + 281119 = 925\,225,304 \text{ грн.} \quad (5,2)$$

Період погашення становитиме:

$$T = K / E_{\text{заг}} = 357676 / 925\,225,304 = 0,4 \text{ року.} \quad (5,3)$$

Таблиця 5.3

Зведена таблиця техніко-економічних показників

№	Індикатори	одиниця	після автоматизація	Це збережено
1.	Продуктивність	т/год	8	8
2.	Кількість працівників	людина	тринадцять	2
3.	Фонд оплати праці	тис. грн	3660,139	504 091
4.	Споживання енергії	тис. грн	1400,15	140 015
5.	Витрати на утримання, експлуатацію та ремонт обладнання	тис. грн	1118,610	281,119
6.	Термін погашення	рік	0,4	
7.	загальна економія	тис. грн		925,225

ВИСНОВОК

Дана магістерська робота присвячена системі керування асинхронним двигуном головного руху токарного верстата. Оскільки пристрій побудовано на високоінтегрованій мікропроцесорній базі, досягнуті хороші масогабаритні та функціональні показники. Проведено аналіз структур систем управління, методів їх впровадження, за результатами зроблено вибір з урахуванням мінімальних витрат, простоти впровадження та наявності елементної бази.

Основна частина дипломного проекту містить необхідні розрахунки, вихідні тексти та програмні алгоритми для підтримки значень, зазначених у технічному завданні, а також вибір елементів системи керування. Динамічні характеристики джерела були розраховані за допомогою комп'ютера в пакеті програм MatLab, який показує, що відхилення параметрів від вихідних значень не більше заявленого. Термін окупності проекту склав 0,4 року.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила влаштування електроустановок. Публікація офіційна. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво Форт, 2017. - 760 с.
2. Правила технічної експлуатації електроприладів споживачів / Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 260с.
3. Правила безпечної експлуатації електроустановок ДНАОП 1.1.10-1.01-97. Державна інспекція охорони праці та здоров'я України.: - К.: Основа, 1998 - 380с.
4. Електропроводій: Підручник / Ю.В. М. Лавріненко, О. С. Марченко, П. І. Савченко та ін.; під редакцією Ю. М. Лавріненко. – К. : Ліра-К, 2009. – 504 с.
5. Швидкісні регульовані асинхронні та синхронні електричні передачі: Навч. навчання для студентів електромехан. закриття спеціальної вищої освіти в Україні / О. Г. Плахтина, С. С. Мазепа, А. С. Кузик; Львівський національний університет. ун-т прикладних наук».- Л., 2002.- 277 с.- Бібліогр.: с.227.
6. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів і потокових ліній: навч. Фахівці ВНЗ для підготовки III-IV рівнів акредитації за напрямом сільськогосподарського виробництва «Енергетика сільськогосподарського виробництва» / Є. І. Жулай, Б. В. Зайцев, Ю. М. Лавріненко та ін.; Під ред. Є. І. Жулай. – К.: Вища освіта, 2001. – 287 с.
7. Теорія дії електрики: лабораторні досліди для студ. Спеціальна електротехніка / А. А. Видмішин, Олексій Іванович Трошин ; М-во освіти і науки України, Вінниц. НУТУ – Вінниця: ВНТУ, 2003. – 143 с.
8. Оптимізація електропередач : навч. інструкція / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін ; М-во освіти і науки України, Вінниц. НТУ – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 249 с.
9. Електромонтажник робочих машин: навч. Посібник до здобуття вищої освіти для студентів / П. О. Василега, Д. В. Муріков. – Суми : Університетська книга, 2006. – 240 с.
10. Основи охорони праці: підручник / М. С. Одарченко, А. М. Одарченко, В. І. Степанов, та М. Черненко. - Х. : Видавництво "Сталь-видат", 2017. - 334 с.