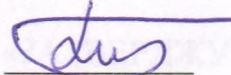


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри


(підпис)

І. С. Білюк

« 16 » 06 2025 р.

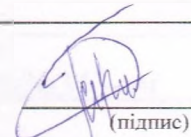
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

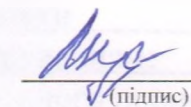
освітня програма Електротехніка та електротехнології
(назва освітньої програми)

на тему: Автоматизований електропривод ротора бурової установки

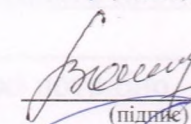
Виконав: студент IV курсу, групи 4317ст
Гаркас Артем Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

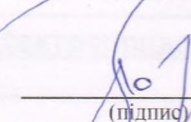
Керівник доц. каф. автоматики, к.т.н.,
доц. Зубарев А. А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

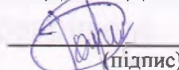
Нормоконтроль доц. каф. автоматики, к.т.н.,
доц. Васильєв О. Г.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент доц. каф. СЕЕС, к.т.н.,
доц. Новогрецький С. М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент 
(підпис)

м. Миколаїв – 2025 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра автоматики

Освітній ступінь бакалавр

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

(код і назва)

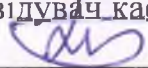
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва)

Освітня програма «Електротехніка та електротехнології»

(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри, к.т.н., доцент

І. С. Білюк

(підпис)

07 лютого 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра студенту

Гаркасу Артему Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизований електропривод ротора бурової установки

керівник роботи Зубарев А. А., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 23 квітня 2022 року №343-уч

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики бурової установки

БУ 3200/200ЭУК-2М2; система ПЧ-АД з частотно-струмовим керуванням;

перетворювач частоти ПЧИТ-К-630/0,66; показники якості перехідного процесу:

$\sigma \leq 30\%$, $t_p \leq 7$ с.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1. Опис бурової установки

4.2. Функціональна схема та вибір елементів автоматизованого електропривода

4.3. Розрахункова частина

4.4. Охорона праці

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

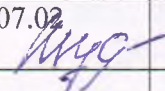
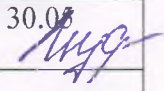
5.1. Кінематична схема ротора бурової установки БУ 3200/200ЭУК-2М2

5.2. Функціональна схема автоматизованого електропривода

5.3. Структурна схема автоматизованого електропривода

5.4. Дослідження динаміки автоматизованого електропривода

6. Консультанти розділів роботи

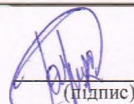
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Зубарев А. А., доцент кафедри автоматики	07.02 	30.05 

7. Дата видачі завдання 07 лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування актуальності проблеми, що розглядатиметься; визначення основної мети та завдань кваліфікаційної роботи. Вимоги до оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	21.02	
2	Короткий огляд літератури за темою дослідження. Опис об'єкта керування.	07.03	
3	Побудова функціональної схеми автоматизованого електропривода. Розрахунок та вибір його елементів.	21.03	
4	Математичний опис автоматизованого електропривода. Налаштування контурів регулювання.	18.04	
5	Дослідження динаміки автоматизованого електропривода в MATLAB.	16.05	
6	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини. Підготування доповіді.	30.05	

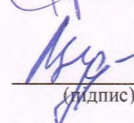
Студент


(підпис)

Гаркас А. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник
роботи


(підпис)

Зубарев А. А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 71 с., 4 р., 11 рис., 4 табл., 1 дод., 20 джерел.

Ключові слова: автоматизований електропривод, бурова установка, моделювання, перехідна характеристика, ротор, частотне керування.

Об'єкт дослідження – перехідні процеси в асинхронному електроприводі ротора бурової установки.

Мета роботи – синтез системи керування асинхронного електропривода ротора бурової установки.

Методи дослідження – моделювання перехідних процесів в асинхронному електроприводі ротора бурової установки з використанням сучасної теорії автоматичного керування та електропривода, імітаційне моделювання в MATLAB, обробка та аналіз отриманих результатів.

У першому розділі розглянуто склад та компоновку бурової установки. Проаналізовано вимоги до електроприводів головних механізмів, наведено технічні характеристики бурової установки. У розділі 2 наведено функціональну схему автоматизованого електропривода та обґрунтовано вибір його елементів. Розділ 3 містить математичний опис автоматизованого електропривода та розрахунок параметрів його елементів. Досліджено динаміку електропривода за допомогою MATLAB. В розділі 4 розглянуті питання з охорони праці. Додаток містить слайди мультимедійної презентації.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОПИС БУРОВОЇ УСТАНОВКИ.....	6
1.1 Склад і компоновка бурової установки	6
1.2 Призначення та вимоги до електроприводів головних механізмів	9
1.3 Технічні характеристики бурової установки БУ 3200/200ЭУК-2М2	13
2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	20
2.1 Функціональна схема автоматизованого електропривода	20
2.2 Обґрунтування вибору елементів.....	24
3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	34
3.1 Математичний опис автоматизованого електропривода.....	34
3.2 Розрахунок параметрів елементів	37
3.3 Дослідження динаміки.....	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	44
4.2 Розрахунок штучного освітлення.....	54
4.3 Заходи з техніки безпеки	56
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	70
ДОДАТОК А Мультимедійна презентація.....	72

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні вимоги до бурових установок потребують вдосконалення основних вузлів та елементів цих установок, автоматизації технологічних процесів. Одними з головних вузлів бурових установок – є електропривод основних механізмів: насосів, ротора, лебідки. Установа з автоматизованим електроприводом володіє наступними якостями: покращенні енергетичні показники установки; менше енергоспоживання і негативний вплив на живлячу мережу; збільшення продуктивності бурової установки; підвищений рівень автоматизації керування і контроль стану бурового устаткування.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є дослідження автоматизованого електропривода ротора бурової установки. Для досягнення зазначеної мети в кваліфікаційній роботі було визначено наступні завдання:

- 1) розглянути склад та компоновку бурової установки. Проаналізувати вимоги до електроприводів головних механізмів, навести технічні характеристики бурової установки БУ 3200/200ЭУК-2М2;
- 2) скласти функціональну схему автоматизованого електропривода та обґрунтувати вибір її елементів;
- 3) навести математичний опис об'єкта керування, елементів системи керування та виконати розрахунок їх параметрів;
- 4) дослідити динаміку автоматизованого електропривода.

Об'єктом дослідження є перехідні процеси в асинхронному електроприводі ротора бурової установки. Предмет роботи – параметри регулятора швидкості асинхронного електропривода ротора бурової установки, які впливають на якість керування.

1 ОПИС БУРОВОЇ УСТАНОВКИ

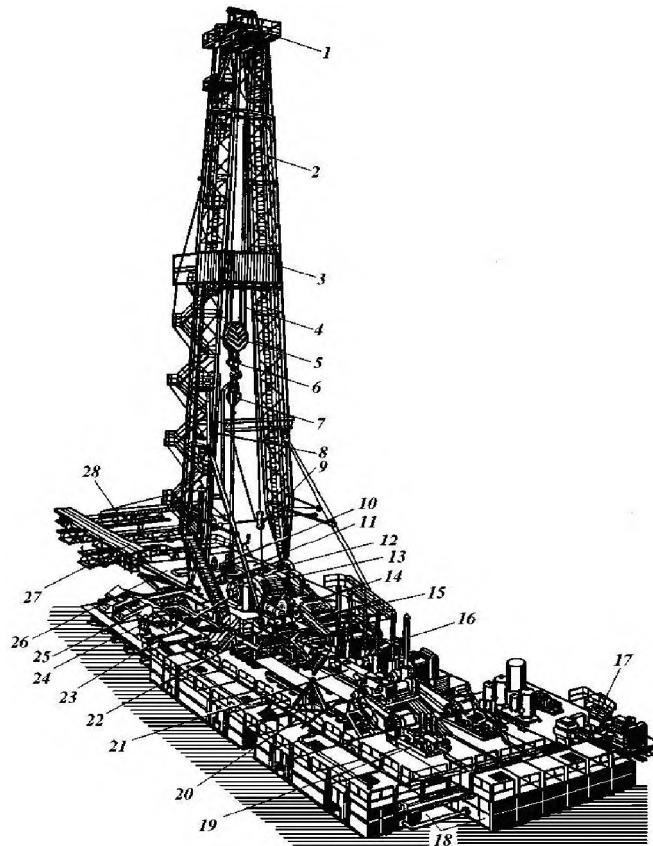
1.1 Склад і компоновка бурової установки

1.1.1 Бурова установка – це комплекс бурових машин, механізмів і устаткування, змонтований на точці буріння, який забезпечує за допомогою бурового інструменту самостійне виконання технологічних операцій. Склад і компоновка бурової установки показані на рисунку 1.1.

Сучасні бурові установки підрозділяються на наступні складові частини:

- бурове устаткування (талевий механізм, помпи, лебідка, вертлюг, ротор, привід, паливомасилоустановка, дизель-електричні станції, пневмосистема);
- бурові споруди (вежа, підстави, збірно-розбірні каркасно-панельні укриття);
- устаткування для механізації трудомістких робіт (регулятор подачі долота, механізми для автоматизації спуско-піднімальних операцій, пневматичне клинове захоплення для труб, автоматичний буровий ключ, допоміжна лебідка, пневморозкріплювач, крани для ремонтних робіт, пульт контролю процесів буріння, пости управління);
- устаткування для приготування, очищення і регенерації промивального розчину (блок приготування, вібросита, піско- і муловідділювачі, підпірні помпи, місткості для хімічних реагентів, води і промивального розчину);
- маніфольд (нагнітальна лінія у блочному виконанні, дросельно-засувні пристрої, буровий рукав);
- пристрої для обігріву блоків бурової установки (теплогенератори, опалювальні радіатори і комунікації для розводки теплоносія).

Бурова установка складається з комплексу споруд і механізмів для утримання на вазі бурильної колони, її подачі, спуску, підйому і наросування, комплексу устаткування для забезпечення циркуляції бурового розчину в свердловині, його очищення від вибуреної породи і газу, відновлення його властивостей, а також устаткування для обертання бурильної колони.



- 1 – кронблок; 2 – вежа; 3 – помости вежі; 4 – линва талева; 5 – талевий блок;
 6 – гак; 7 – вертлюг; 8 – буровий рукав; 9 – заспокоювач линви талевої;
 10 – автоматичний буровий ключ; 11 – підсвічник; 12 – ротор; 13 – лебідка;
 14 – коробка передач; 15 – похила передача; 16 – силові агрегати;
 17 – компресорна станція; 18 – циркуляційна система; 19 – буровий насос;
 20 – маніфольд; 21 – підсумувальний редуктор силових агрегатів;
 22 – регулятор подавання долота; 23 – гідродинамічні гальма;
 24 – гідроциклони; 25 – вібросито; 26 – основа лебідкового блока;
 27 – прийомні містки и стелажі; 28 – консольно-поворотний кран

Рисунок 1.1 – Склад і компоновка бурової установки

Устаткування для герметизації гирла свердловини складається з глухих і прохідних плашкових превенторів, універсальних і обертальних превенторів, і системи їх управління.

Незалежно від способу обертального буріння для виконання всіх операцій основна схема бурової установки і склад її устаткування майже у всіх випадках однакові і розрізняються тільки параметрами і конструкцією.

Бурова установка складається з вежі, що підтримує на вазі бурильну колону, силового привода, устаткування для обертання і подачі бурового долота, насосного комплексу для прокачування бурового розчину, пристроїв для його приготування і очищення від вибуреної породи і газу і відновлення якості, комплексу устаткування для спуску і підйому колон для зміни зношеного долота, устаткування для герметизації гирла свердловини, контрольно-вимірювальних приладів та інших пристроїв. У комплект бурової установки також входять підстави, на яких монтують, а іноді і перевозять устаткування, містки, сходи, місткості для палива, розчину, води, хімічних реагентів і порошкоподібних матеріалів.

1.1.2 Вимоги до бурових установок розділяються на технічні, експлуатаційні, технологічні, економічні, соціальні і спеціальні.

Технічні вимоги полягають в тому, щоб конструкція бурової установки відповідала новітнім досягненням науки і техніки, а її параметри відповідали світовим стандартам. Машини і устаткування мали б високий коефіцієнт корисної дії (ККД), достатню міцність, надійність та довговічність.

Експлуатаційні вимоги полягають в тому, що в процесі експлуатації працездатність бурової установки підтримуватиметься проведенням технічного обслуговування і ремонтів. З цією метою необхідно забезпечити високу ремонтпридатність бурової установки, тобто доступність її агрегатів для технічного обслуговування і ремонту, можливість контролю технічного стану і заміни швидкозношуваних вузлів і деталей.

Технологічні вимоги пов'язані з матеріальними і трудовими витратами на виготовлення бурових установок. До них відносяться:

- простота конструкції машин, що досягається максимальним спрощенням їх структурної схеми;
- простота форм деталей, раціональний вибір матеріалу і способу отримання заготовок з метою економії матеріалу;
- оптимальні точність виготовлення і шорсткість поверхні, зменшення розмірів оброблюваних поверхонь;

- правильний вибір допусків і посадок, що забезпечує взаємодію деталей, взаємозамінність, дотримання їх розміру для усунення підганяльних робіт при збірці;
- максимальне використання стандартних і уніфікованих вузлів і деталей;
- зменшення номенклатури ріжучого і кріпильного інструментів, використовуваних при механічній обробці і збірці.

Економічні вимоги пов'язані з необхідністю забезпечення мінімальних виробничих і експлуатаційних витрат, що визначають ефективність бурової установки. У сфері виробництва економічні вимоги задовольняються технологічністю конструкцій, що дозволяє при заданому об'ємі випуску і конкретних виробничих можливостях виготовити машину при найбільшій продуктивності праці і найменшій собівартості. Важлива економічна вимога – економія металу і інших матеріалів шляхом зниження матеріаломісткості машин і устаткування. До експлуатаційних економічних показників відносяться продуктивність механічного буріння і спуско-піднімальних операцій, час, що витрачається на підготовчо-завершальні, допоміжні і ремонтні роботи.

До соціальних вимог відносяться безпека роботи, легкість управління і забезпечення нормальних умов праці для обслуговуючого персоналу. Соціальні вимоги повинні розглядатися як обов'язкові унаслідок того, що умови роботи бурильників відносяться до важких і небезпечних.

1.2 Призначення та вимоги до електроприводів головних механізмів

До головних механізмів бурових верстатів відносяться бурові насоси (на морських бурових установках також цементаційні насоси), ротор і бурова лебідка. У бурової лебідки слід розрізняти систему, що забезпечує привід лебідки при підйомі колони бурильних труб з свердловини, і систему, що забезпечує гальмування при спуску колони, які в загальному випадку можна розглядати як самостійні системи.

Для живлення електроприводів верстатів використовуються наступні джерела електроенергії: високовольтна електрична лінія для електричних бурових установок і автономна електростанція для установок, призначених для неелектрифікованих районів. Електродвигуни на кожній конкретній установці повинні, як правило, виконуватися на однакову напругу.

Головні електроприводи працюють не одночасно, в основних робочих режимах діють бурові насоси і ротор (режим буріння) або бурова лебідка в режимі спуско-піднімальних операцій (СПО), причому споживана електроприводами потужність у великій мірі залежить від поточної глибини буріння. З урахуванням цього потужність головних електроприводів збалансована так, щоб максимальна споживана потужність в режимах буріння і СПО була одного порядку і не перевищувала потужність джерела енергії.

1.2.1 Електропривід насоса. Технологічні функції бурових насосів у разі роторного буріння полягають в створенні потоку промивальної рідини (бурового розчину) через бурильні труби до забою свердловини і через затрубний простір від забою до гирла свердловини, що необхідно для винесення від забою на поверхню частинок розбуреної породи. У разі турбінного буріння промивальна рідина, крім того, приводить до обертання турбобур з долотом на кінці, тобто служить робочим матеріалом для турбіни турбобура.

Необхідна потужність привода насоса при різних методах буріння різна. Оскільки кожна бурова установка повинна забезпечувати можливість буріння будь-яким з вказаних методів, потужність вибирають з умов турбінного буріння (оскільки для роторного буріння потрібна менша потужність); на установках різних класів ця потужність від 300 до 1200 кВт на один насос. Номінальна частота обертання двигуна насоса зазвичай 750...1000 мін-1. Бурові насоси відносяться до насосів поршневого типу. Потужність двигуна визначається для основного розрахункового режиму, відповідного найбільшому тиску насоса, тобто найменшому діаметру поршня. При інших діаметрах поршня режими роботи насоса розраховують так, щоб потужність привода залишалася незмінною.

1.2.2 Електропривід ротора. Буровий ротор призначений для приведення в обертання колони бурильних труб. При роторному бурінні це необхідно безпосередньо для обертання долота, при турбінному бурінні – для допоміжних цілей. Необхідна потужність привода ротора на установках різних класів – від 75 до 600 кВт. Стандарти на бурові установки регламентують потужність і номінальний момент на столі ротора, що обертається, а також максимальну частоту обертання (при малих навантаженнях) і максимальний момент (при нульовій частоті обертання).

Вибір виду привода і його характеристик виконують з урахуванням наступних вимог і технологічних особливостей роботи:

- привід ротора повинен бути реверсивним;
- в основних робочих режимах ротор повинен обертатися в одному (прямому) напрямі; зворотний напрям обертання необхідний тільки в деяких допоміжних режимах, тому допустимий реверс після оперативних перемикань з короткочасною перервою живлення;
- режим роботи – тривалий, причому момент навантаження може бути постійним або коливатися в деяких межах (аж до максимального);
- при регулюванні частоти обертання нижче номінальною привід повинен забезпечувати можливість тривалої роботи при номінальному моменті навантаження, при регулюванні частоти вище номінальної – при постійній номінальній потужності, проте привід ротора працює при меншому моменті і потужності, у зв'язку з чим автоматичне забезпечення вказаних умов не потрібне;
- пускові характеристики привода не регламентуються, необхідно лише, щоб момент на роторі не перевищував максимального, який складає зазвичай 1,5...1,6 номінального;
- необхідний статизм механічної характеристики в межах номінального навантаження повинен бути не більше 5...10 % номінальної частоти обертання;
- вимоги до плавності регулювання частоти обертання залежать від розрахункової глибини буріння (плавне регулювання необхідне на установках глибокого буріння, а на інших установках допустима ступінчаста зміна частоти обертання);
- специфічною є вимога обмеження моменту інерції привода.

Ротор приводить в обертання довгу пружну колону труб. Для зменшення динамічних навантажень в трубах при заклинюванні долота привід повинен мати якомога менший момент інерції.

Залежно від класу бурової установки для привода ротора рекомендується застосовувати: для установок глибокого і надглибокого буріння – глибоко регульований електропривід ротора; для інших бурових установок – нерегульований електропривід із ступінчастою зміною частоти обертання ротора за допомогою механічної коробки передач; можливо також застосування групового привода ротора від трансмісії бурової лебідки.

1.2.3 Електропривід лебідки. Бурова лебідка призначена для підйому і спуску бурильної колони, вироблюваних періодично для заміни породоруйнівного долота. На установках різних класів встановлена потужність привода лебідки 250...2500 кВт.

Вид привода і його характеристики повинні вибиратися з урахуванням наступних вимог і технологічних особливостей роботи лебідки в режимі підйому:

- режим роботи привода – повторно-короткочасний. При підйомі колону ділять на окремі відрізки – свічки завдовжки 25...37,5 м кожна, які піднімають поспідовно одну за іншою з перервами, необхідними для виконання допоміжних операцій. Відносна тривалість включення (ТВ) складає в середньому 30...40 %, тривалість одного циклу 1,5...3 хв. Перевантаження двигуна по струму в робочому періоді приймається зазвичай рівним 1,2...1,3 номінального струму;

- реверс двигуна в основних робочих режимах не потрібний, він необхідний тільки в рідкісних допоміжних режимах і може здійснюватися шляхом оперативних перемикачів. Якщо двигун використовується також як гальмівна машина при спуску колони, то привід повинен бути реверсивним (зміна знаку швидкості), проте статичний момент навантаження визначається «протягуючим вантажем» і не змінює знаку, тобто привід працює в I і IV квадрантах;

- бажане більш повне використання потужності привода при зміні моменту навантаження в широких межах (до 20 разів), тому характеристика привода повинна бути близькою до кривої постійної потужності. Необхідний діапазон регулювання швидкості до 10:1;
- привід повинен мати такі пускові характеристики, щоб забезпечувався плавний, але достатньо інтенсивний розгін лебідки. Значення максимального моменту двигуна повинне бути 1,8...2,2 номінального моменту;
- жорсткість механічної характеристики повинна бути такою, щоб статизм не перевищував 5...8 % номінальної частоти обертання. При регульованому приводі формується зазвичай екскаваторна механічна характеристика;
- привід лебідки повинен забезпечувати зупинку гака талевої системи з точністю $\pm 30...40$ мм, що відповідає 0,05...0,15 обороту валу двигуна (залежно від передавального відношення між барабаном лебідки і валом двигуна);
- на установках глибокого буріння привід лебідки повинен бути дворуховим з міркувань резервування, причому максимальне розрахункове зусилля на гаку повинне забезпечуватися при роботі одного двигуна.

Залежно від класу бурової установки для привода лебідки рекомендується застосовувати: для установок глибокого і надглибокого буріння – глибоко регульований редуктор або безредукторний електропривід з аварійною механічною передачею залежно від ряду додаткових вимог; для інших бурових установок – регульований електропривід з діапазоном регулювання до 10:1.

1.3 Технічні характеристики бурової установки БУ 3200/200ЭУК-2М2

Бурова установка з електричним (змінного струму) приводом БУ3200/200ЭУК-2М2 (п'ятий клас) з навантаженням, що допускається, на гак 2000 кН призначена для буріння експлуатаційних і розвідувальних свердловин на нафту і газ умовною глибиною 3200 м в умовах помірного клімату, кліматичного виконання «У», категорія I по ГОСТ 15150-69.

У шифрі бурової установки прийнято: БУ – бурова установка; 3200 – умовна глибина буріння, в метрах; 200 – відповідає допуску навантаження в десятках кН; Э – електричний (змінного струму) привід основних механізмів з живленням від промислової електромережі; У – універсальна монтажездібність; К – кушове буріння; 2М2 – модифікація установки.

Умовна глибина буріння визначає глибину буріння при масі погонного метра бурильної колони 30 кг, при цьому навантаження на гаку від найбільшої маси бурильної колони складає 0,5 навантаження, що допускається, на гаку. Допускається збільшувати навантаження на гаку від маси бурильної колони до 0,6 навантаження, що допускається, на гак. При цьому допущенні розрахункова глибина буріння може відрізнятися від умовної і повинна указуватися разом з нею в технічній документації.

Навантаження, що допускається, на гак визначається міцністю линви в оснащенні талевої системи. Коефіцієнт запасу міцності талевої линви при спуско - піднімальних операціях буріння повинен бути не меншого 3, а при спуску обсадних колон і ліквідації аварій – не менше 2.

На рисунку 1.2 зображена кінематична схема бурової установки БУ 3200/200ЭУК-2М2 з передатними числами коліщат.

Передаточне число визначається з рівності середньої швидкості ланцюга на швидкохідній і тихохідній коліщатах

$$z_1 t n_1 = z_2 t n_2.$$

Звідки

$$i = n_1 / n_2 = z_2 / z_1,$$

де n_1, z_1 – частота обертання і число зубців швидкохідного коліща;

n_2, z_2 – те ж, тихохідного коліща.

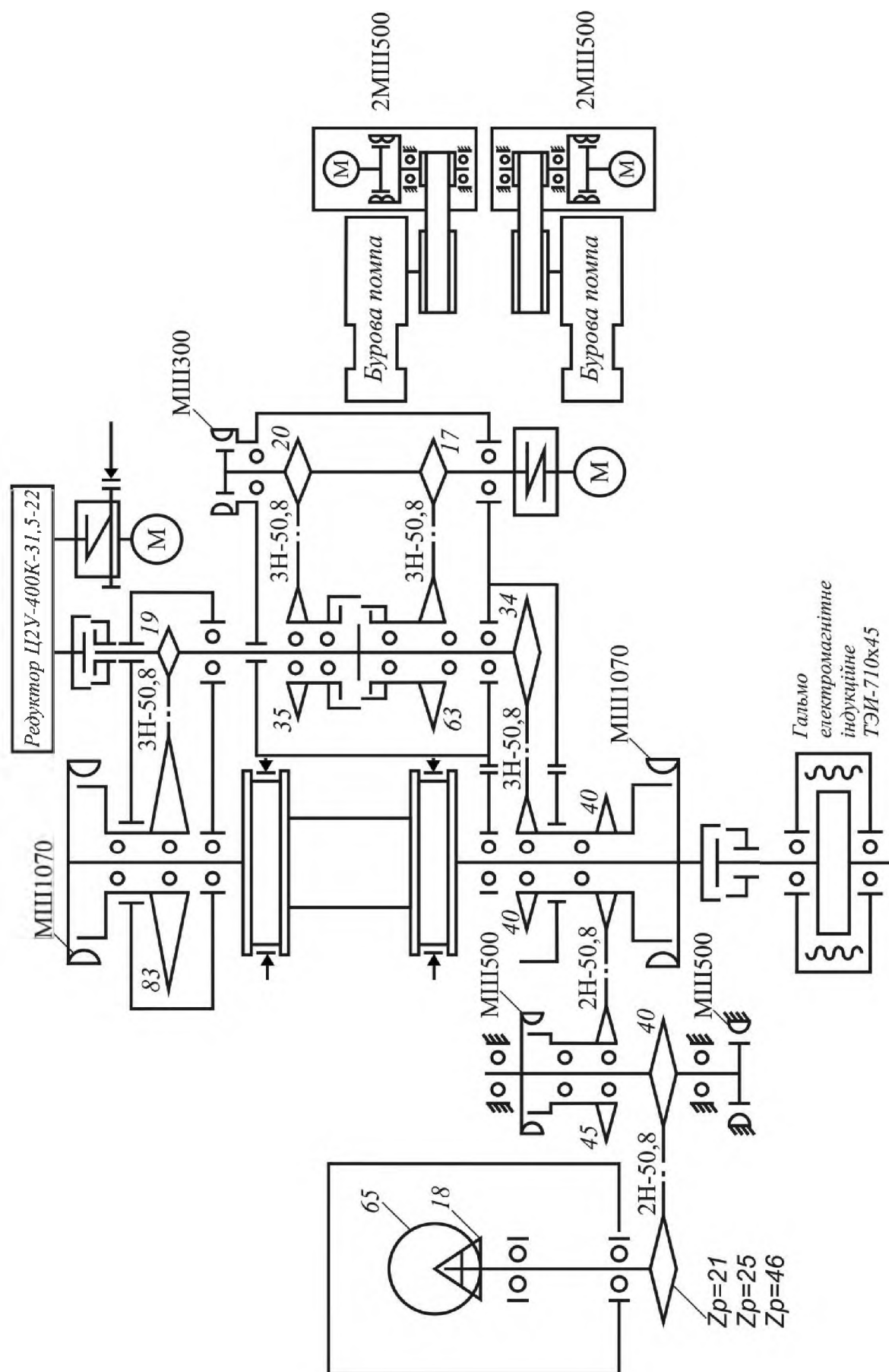


Рисунок 1.2 – Кінематична схема бурової установки БУ 3200/200ЭУК-2М2

В межах одного оберту дійсна швидкість ланцюга змінюється унаслідок того, що, по суті коліща є не циліндром, а багатогранником. Із збільшенням числа зубців коліща швидкість стає більш рівномірною, що сприяє зниженню рівня динамічних навантажень в ланцюзі і інших елементах привода.

Співвідношення між моментом M , Н·м, і передаваною потужністю N , Вт, визначається по відомій формулі

$$M = N/\omega = 9,55N/0,1n.$$

Корисне зусилля або навантаження на ланцюг P , Н,

$$P = 2M/d_D,$$

де d_D – діаметр ділильного кола коліща, м.

З трикутника з вершинами в центрі коліща і в центрах двох суміжних шарнірів ланцюга, що перебувають в зачепленні з коліща на її ділильному колі

$$d_D = t/\sin\frac{\pi}{z}.$$

Приймаючи $\sin\frac{\pi}{z} \approx \frac{\pi}{z}$ одержуємо

$$d_D = t z/\pi.$$

Момент на веденому валу M_2 , Н·м,

$$M_2 = \eta_i M_i.$$

ККД ланцюгової передачі залежить від втрат потужності на тертя в шарнірах ланцюга і підшипниках. У розрахунках ланцюгових передач бурових установок незалежно від кроку і числа рядів ланцюга приймається $\eta = 0,97$. Розрахункове навантаження на вали ланцюгової передачі дещо більше корисного окружного зусилля внаслідок натягу ланцюга від ваги і рівне для горизонтальної передачі $P_{\Pi} = 1,15P$; для вертикальної передачі $P_B = 1,05P$.

Таблиця 1.1 – Основні параметри бурової установки БУ 3200/200ЭУК-2М2

Параметр	Значення
1. Допустиме навантаження на гак, кН	2000
2. Умовна глибина буріння, м	3200
3. Швидкість підйому гака при ходінні колон (ліквідація аварій), м/с	0,2
4. Швидкість сталого руху при підйомі елеватора (без навантаження), м/с	1,5
5. Розрахункова потужність, що розвивається приводом на входному валу підйомного агрегату, кВт	650
6. Діаметр отвору в столі ротора, мм	700
7. Розрахункова потужність привода ротора, кВт	370
8. Потужність бурової помпи, кВт	950
9. Висота підстави (від підлоги бурової), м	7,2
10. Просвіт для установки збірки превенторів, м	5,7
11. Максимальне натягнення рухомого кінця талевої линви, кН	211
12. Діаметр талевої линви, мм	28
13. Діаметр гальмівного шківа (обода), мм	1180
14. Найбільше оснащення талевої системи	5×6
15. Максимальний тиск, що розвивається помпою, МПа	32
16. Максимальна подача помпи, л/с	46
17. Максимальне навантаження на стіл ротора, кН	5000

Продовження табл. 1.1

Параметр	Значення
18. Максимальне навантаження на стовбур вертлюга, кН	2500
19. Максимальна частота обертання стовбура вертлюга, с ⁻¹	3,33
20. Вежа	А-образна
21. Максимальне навантаження вежі, кН	2500
22. Робоча висота вежі, м	45
23. Відстань між ногами вежі, м	10,3
24. Сумарний об'єм циркуляційної системи, м ³	120
26. Кількість компресорів, шт.	3
27. Продуктивність компресора, м ³ /хв.	5
28. Робочий тиск пневмосистеми, МПа	0,6-0,8

Пояснювальна кінематична схема ротора бурової установки зображена на рисунку 1.3, де показано ланцюг ротор – двигун.

2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

2.1 Функціональна схема автоматизованого електропривода

Система керування електропривода ротора бурової установки забезпечує обертання виконавчого органа з заданою швидкістю шляхом керування швидкістю обертання асинхронного двигуна (АД). Електропривід має датчик швидкості (ДШ) обертання АД, який входить до каналу зворотного негативного зв'язку за швидкістю у системі ПЧ – АД з частотно-струмовим керуванням.

При частотно-струмовому керуванні АД живиться від перетворювача частоти (ПЧ), що працює в режимі джерела струму. Подібний перетворювач реалізований на основі автономного інвертора струму (рисунк 2.1), до складу якого входять керований випрямляч КВ, що забезпечує за рахунок відємного зворотного зв'язку за струмом навантаження (датчик струму ДС і регулятор струму РС) спільно з фільтрівним дроселем Др режим керованого джерела постійного струму, і інвертора струму ІС, що виконує функцію формування необхідної частоти вихідного струму. Контур регулювання струму ПЧ, як правило, астатичний, і параметри його ПІ-регулятора визначають так само, як і для ПІ-регулятора струму в електроприводах постійного струму.

Відмінною особливістю ПЧ є можливість двостороннього обміну енергією між живильною мережею і двигуном з нереверсивним КВ за рахунок зміни напрямку проти-ЕРС інвертора і збереження напрямку в ньому випрямленого струму.

Управління двигуном проводиться за допомогою сигналів завдання вихідного струму U_{3C} і частоти U_{3f} перетворювача ПЧ. Обидва сигнали, у свою чергу, залежать від загального сигналу керування U_K .

При живленні АД від джерела струму унаслідок розмагнічуючої дії струму ротора магнітний потік АД помітно змінюється при зміні абсолютного ковзання. Тому для стабілізації магнітного потоку АД при зміні його навантаження в канал

завдання струму ПЧ вводиться функціональний перетворювач ФП, що визначає завдання струму статора I_1 у функції абсолютного ковзання S_a . Залежність $I_1 = F(S_a)$ і пропорційна їй залежність $U_{3c} = \Phi(U_K)$ є нелінійними функціями (рисунок 2.2), які на робочих ділянках механічних характеристик АД відповідають умові $I_1^2 \cong S_a$.

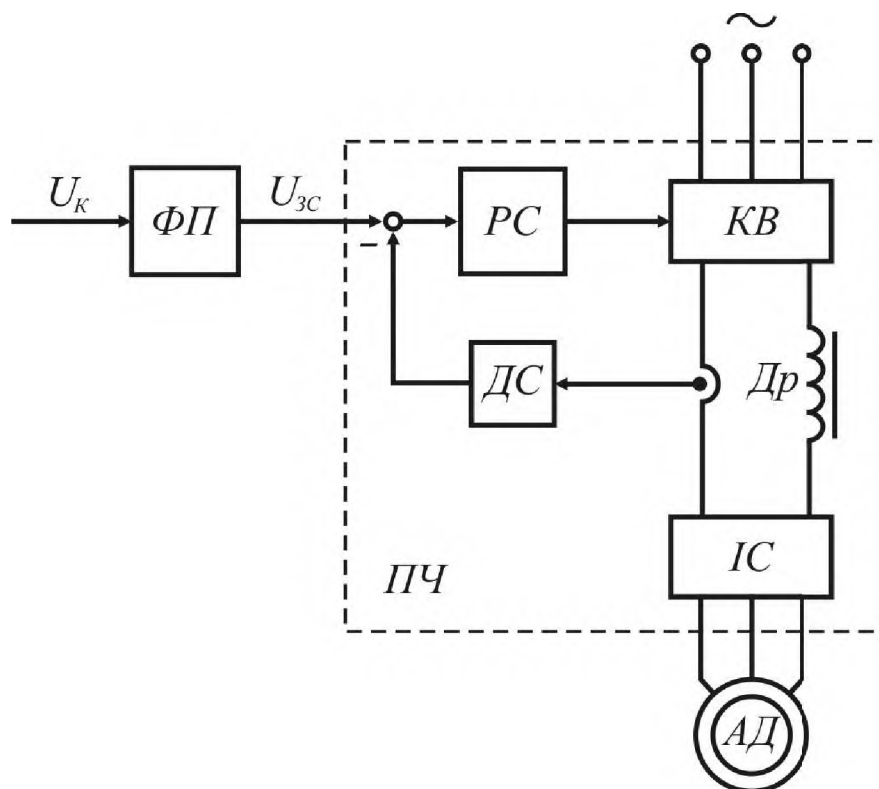


Рисунок 2.1 – Функціональна схема системи ПЧ – АД
при живленні від джерела струму на основі автономного інвертора

Криві цих залежностей симетричні щодо осі струму (завдання струму), що визначається симетрією механічних характеристик АД у руховому і генераторному режимах його роботи. Часто при технічній реалізації ФП користуються лінійною апроксимацією залежності $I_1 = F(S_a)$ (штрихова лінія на рисунок 2.2). Тут значення I_{1max} і U_{3cmax} визначають максимально допустимий струм статора і сигнал його завдання, а I_{1min} і U_{3cmin} – струм холостого ходу АД і сигнал його завдання.

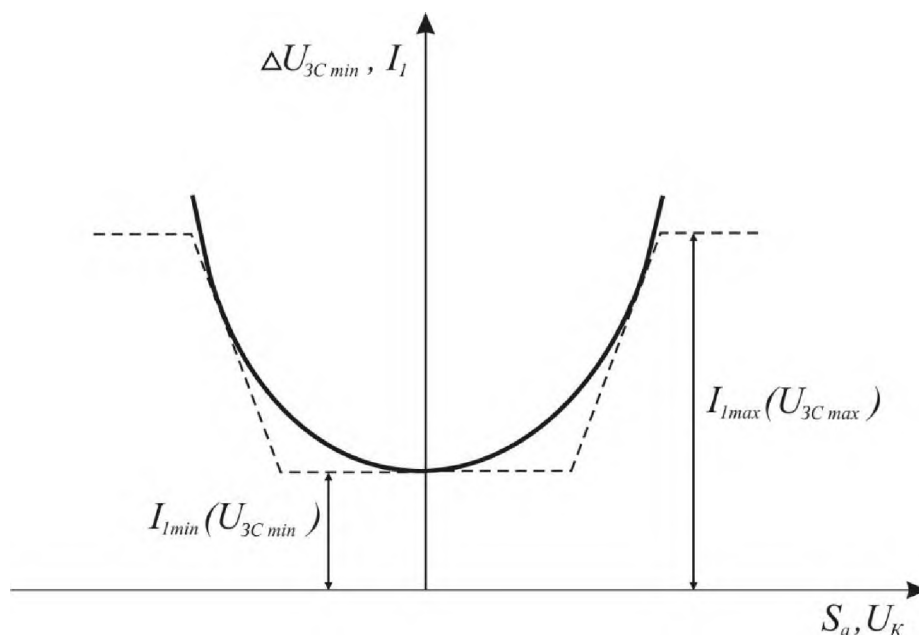


Рисунок 2.2 – Залежність струму статора від абсолютного ковзання АД

Відомі позитивні властивості АД при його живленні від ПЧ з частотно-струмовим керуванням, такі як незалежність електромагнітного моменту АД від частоти і можливість при заданому струмі статора і абсолютному ковзанні, рівному критичному, забезпечити більший момент, чим при живленні від джерела напруги, можуть бути реалізовані лише в замкнутій системі, яка контролює абсолютне ковзання і струм двигуна у функції навантаження.

На рисунку 2.3 показана функціональна схема автоматизованого електропривода при частотно-струмовому керуванні. Джерело струму реалізоване на основі керованого випрямляча KB , струм навантаження I_H якого задається вихідною напругою U_{PC} регулятора струму PC , пропорційним різниці напруги сигналу завдання вихідного струму U_{3C} на виході функціонального перетворювача ($\Phi\P$) і сигналу зворотного зв'язку струму U_{33C} датчика струму $ДС$. Стабілізація швидкості АД забезпечується за рахунок регулятора швидкості $РШ$, на вході якого порівнюється напруга завдання швидкості $U_{3Ш}$ і зворотному зв'язку U_{33} з виходу ДШ. Особливість схеми в тому, що тут автоматично формуються сигнали, пропорційні абсолютному ковзанню і завданню синхронній швидкості АД.

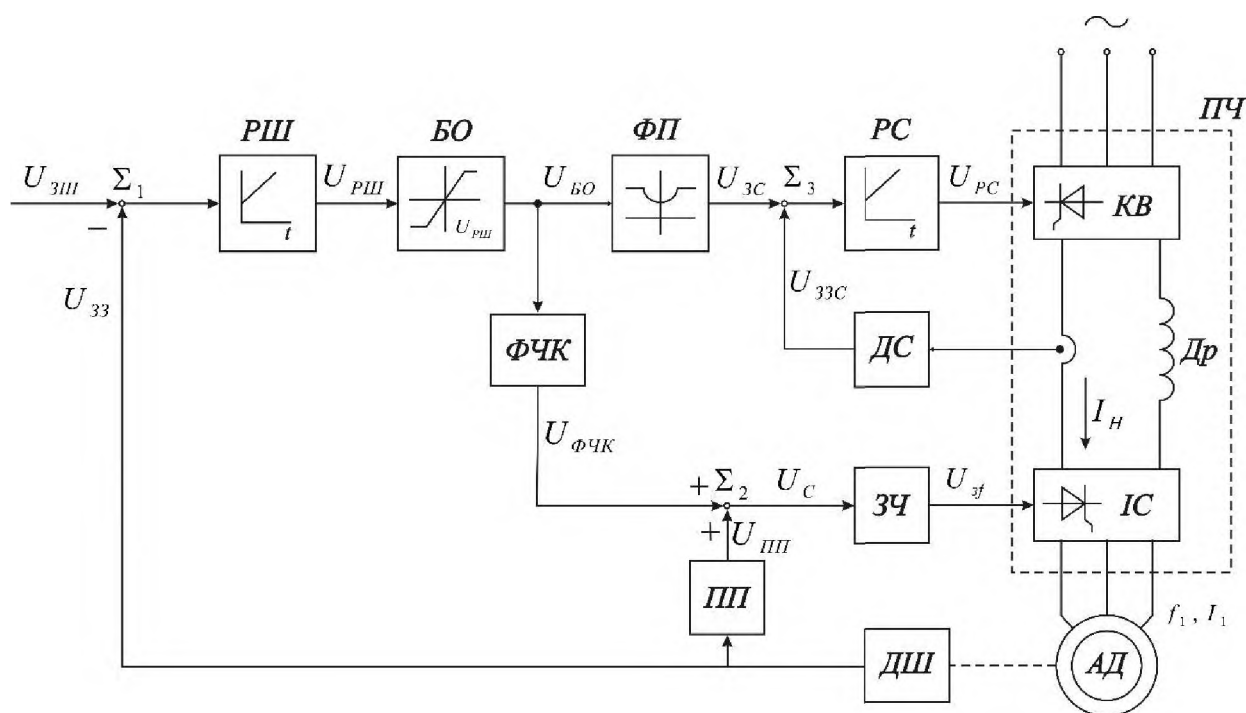


Рисунок 2.3 – Функціональна схема автоматизованого електропривода

Сигнал, пропорційний абсолютному ковзанню S_a , формується на виході $РС$, оскільки $U_{3ш}$ пропорційно завданню швидкості ω_{03} ідеального холостого ходу $АД$, а U_{33} – поточній швидкості ротора ω , тобто

$$U_{рш} \cong (U_{3ш} - U_{33}) \cong (\omega_{03} - \omega) = S_a \omega_{0ном}.$$

Якщо передаточний коефіцієнт формувача частоти ковзання $ФЧК$ вибрати таким чином, щоб з урахуванням $\omega_{0ном}$ його вихідний сигнал $U_{фчк}$ був пропорційний $(\omega_{03} - \omega)$, то після підсумовування цього сигналу з вихідним сигналом $U_{пп}$ погоджувального пристрою $ПП$, пропорційним поточному значенню ω , на виході суматора Σ_2 пристрою завдання частоти $ЗЧ$ інвертора струму $ІС$ перетворювача частоти $ПЧ$ буде сформований сигнал

$$U_c = U_{фчк} + U_{пп} \cong (\omega_{03} - \omega) + \omega = \omega_{03}.$$

У результаті на виході $ЗЧ$ буде сигнал завдання частоти вихідного струму $ПЧ$ $U_{зф} \cong U_{3ш} \cong \omega_{03}$, що визначає завдання синхронній швидкості $АД$.

Оскільки електромагнітний момент двигуна пропорційний квадрату струму обмотки статора ($M \cong I_1^2$), який, у свою чергу, пропорційний абсолютному ковзанню ($I_1^2 \cong S_a$), вихідний сигнал *РШ* пропорційний S_a і є сигналом завдання електромагнітного моменту *АД*. Тому вихідною напругою U_{BO} блоку обмеження *БО* на виході *РШ* можна впливати і на обмеження максимального моменту *АД*.

Перед пуском двигуна ($U_{зш} = 0, U_{рш} = 0$) сигнал завдання частоти перетворювача $U_{zf} = 0$ і за рахунок характеристики $\Phi\P(U_{зсmin}())$ в *АД* задається постійний струм, що забезпечує потік намагнічення і режим динамічного гальмування *АД*. Із збільшенням $U_{зш}$ зростає сигнал завдання частоти, струм статора стає змінним із заданою частотою і двигун починає обертання під дією максимального моменту, встановленого сигналом $U_{зш}$. Збільшення швидкості відбуватиметься до тих пір, поки не порівнюються сигнали завдання і зворотного зв'язку за швидкістю двигуна. Після цього вихідний сигнал *РШ* за відсутності статичного навантаження на валу *АД* знов встановиться рівним нулю, але за рахунок позитивного зворотного зв'язку за швидкістю вже при $U_{zf} \neq 0$ Потік холостого ходу *АД* буде при цьому створюватися змінним струмом I_{1min} (див. рисунок 2.2).

2.2 Обґрунтування вибору елементів

2.2.1 Для приведення до руху робочих органів різних виробничих механізмів переважно використовуються електричні двигуни. Електродвигун, його система керування і механічний пристрій (редуктор), передавальний рух від валу двигуна до виробничого механізму, утворюють систему електричного привода.

Основним елементом електропривода є електричний двигун, в якості якого використовується двигун постійного струму, асинхронний або синхронний.

На долю асинхронних двигунів доводиться не менше 80 % всіх електродвигунів, що випускаються промисловістю. До них відносяться і трифазні асинхронні двигуни.

Таке положення асинхронні двигуни завоювали завдяки надзвичайно вдалому поєднанню комплексу експлуатаційних і конструктивних характеристик —

здатність автоматично змінювати момент обертання відповідно до зміни моменту опору на валу і високому коефіцієнту корисної дії, з одного боку, і відносній простоті і дешевизні у поєднанні з високою експлуатаційною надійністю і безпекою, при мінімальному обслуговуванні – з іншою.

Експлуатація асинхронних двигунів не завдає негативних дій на навколишнє середовище. Простір, займаний цими машинами невеликий.

Асинхронні двигуни загального призначення – є найбільш широко застосовуваними електричними машинами. Парк цих електродвигунів в промислово розвинених країнах досягає 90 % по кількості, а споживання ними електроенергії складає більше 50 %.

Проте достоїнства асинхронних двигунів можуть бути реалізовані повною мірою лише за умови правильного їх вибору і застосування, заснованих на знанні основних характеристик та принципу дії цих машин.

На буровій установці БУ3200/200ЕУК-2М2 використовується асинхронний електродвигун з короткозамкнутим ротором типу АЗ-13-62-8УХЛ2.

Електродвигун АЗ-13-62-8УХЛ2 призначений для привода механізмів з переміжним навантаженням, частими і важкими умовами пуску, а також механізмів, що вимагають регулювання частоти обертання; використовуються для привода лебідки і ротора. Основні технічні характеристики двигуна АЗ-13-62-8УХЛ2 наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики двигуна АЗ-13-62-8УХЛ2

Показники	Значення
Номінальна потужність $P_{ном}$, кВт	630
Номінальна напруга $U_{ном}$, В	6000
Номінальна частота струму $f_{1ном}$, Гц	50
Частота обертання синхронна n_c , об/хв	750
Частота обертання номінальна $n_{ном}$, об/хв	740
ККД η , %	94,0

Продовження табл. 2.1

Показники	Значення
Коефіцієнт потужності $\cos \phi_{ном}$, не менше	0,84
Кратність максимального моменту $\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	2,5
Номинальний струм статора $I_{1ном}$, А	77
Критичне ковзання S_k , %	6,3
Номинальне ковзання $S_{ном}$, %	1,3
Момент інерції двигуна J , кг·м ²	37,84
Спосіб охолодження	IC01
Форма виконання	IM 1001
Ступінь захисту	IP23
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2185
ширина	1470
висота	1400
Діаметр валу, мм	120
Маса, кг	4510

Режим роботи електродвигуна – тривалий S1 при роботі з ротором; повторно-короткочасний з частими пусками S5 або переміжний S6 (ГОСТ 183-74) при роботі з лебідкою спускопідйомного агрегату.

У шифрі електродвигуна прийнято: АЗ – асинхронний з короткозамкнутим ротором закритий, 13 – умовне позначення габариту електродвигуна, 62 – умовна довжина сердечника статора в сантиметрах, 8 – число полюсів, УХЛ – вид кліматичного виконання (помірно холодний клімат), 2 – категорія розміщення (під навісом за відсутності прямої дії сонячного випромінювання та атмосферних опадів).

У шифрі ступеня захисту прийнято: IP (International Protection) – міжнародний стандарт позначення ступеня захисту, 2 – захист від проникнення всередину

оболонки пальців або предметів завдовжки не більше 80 мм і від проникнення твердих тіл розміром понад 12 мм, 3 – захист від проникнення води всередину машини (дощ падаючий на оболонку під кутом до 60° від вертикалі, не повинен надавати шкідливої дії на виріб).

Шифр способу охолодження: IC (International Cooling) – міжнародний стандарт позначення способу охолодження (повітряний спосіб), 0 – позначає пристрій ланцюга для циркуляції охолоджувача (двигуни із ступенями захисту IP20, IP22, IP23 з вентилятором), 1 – позначає спосіб підведення енергії до охолоджувача (вентилятор на валу двигуна).

2.2.2 Для системи керування ротором бурової установки обраний перетворювач частоти ПЧИТ-К-630/0,66. У таблиці 2.2 приведені основні технічні характеристики перетворювача частоти ПЧИТ-К-630/0,66.

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики перетворювача частоти ПЧИТ-К-630/0,66

Показники	Значення
Номінальна потужність, кВт	630
Номінальна напруга (вхід – вихід), В	6000
Діапазон регулювання напруги, В	0-6000
Частота живлячої мережі, Гц	50±5 %
Діапазон регулювання частоти, Гц	0-50
Коефіцієнт потужності в номінальному режимі, не менше	0,94
Кратність струму перевантаження	1,5 $I_{ном}$
Ступінь захисту	IP21
Габаритні розміри, мм:	
довжина	3300
ширина	600
висота	2400
Маса, кг	470

Перетворювач частоти (ПЧ) виконаний на базі програмованих мікропроцесорних контролерів, завдяки чому ПЧ має ряд наступних позитивних якостей:

- зростання надійності ПЧ завдяки програмованим контролерам;
- програмовані контролери виконані на елементах з великою ступеню інтеграції, що на порядок зменшило кількість міжелементних електричних з'єднань і місць пайки, які є головною причиною відмов електронних пристроїв;
- зростання продуктивності буріння за рахунок оптимального керування приводом;
- спрощення обслуговування: ПЧ складається з окремих модулів, які при виходу з ладу замінюються на справні, що дуже скорочує час ремонту.

ПЧИТ-К-630/0,66 призначений для плавного пуску, гальмування і регулювання частоти обертання асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором, який приводить до руху робочі органи різних виробничих механізмів.

У перетворювач частоти ПЧИТ-К-630/0,66 входять вентильні елементи випрямляча, автономний інвертор, мікропроцесорна система керування, згладжуючий дросель, вхідний та вихідний погоджувальні трансформатори.

Керування ПЧ здійснюється як по місцю, з пульта керування встановленого на шафі перетворювача частоти, так і дистанційно, за допомогою послідовного інтерфейсного зв'язку RS-485 від автоматизованої системи керування верхнього рівня (пульт оператора бурової установки).

ПЧ конструктивно виконаний у вигляді шаф одностороннього обслуговування габаритами (з блоком вентилятора для кожної шафи).

Силова схема виконана на тиристорах. Основною конструктивною одиницею є блок у вигляді одного тиристора із захисними ланцюгами RC. Охолодження силових схем здійснюється за допомогою двох всмоктуючих вентиляторів оформлених у вигляді блоку вентиляторів. Напрямок руху повітря – від низу доверху. Шини і дросельне устаткування силових схем розташовані за блоками тиристорів в задній частині шафи. Комутуючі конденсатори виконані у вигляді блоків і розташовані під тиристорами. З'єднання конденсаторних блоків між собою і з силовою схемою

здійснюється шинами. Перетворювач має цифрову систему керування. Конструктивно система керування виконана у вигляді модулів, розташованих в екранованих відсіках на передніх дверях.

Вхід силового живлення виконаний знизу шафи на відстані не менше 300 мм від рівня підлоги і розрахований на приєднання мідних кабелів або кабелів з мідно-алюмінієвими наконечниками.

Перетворювач частоти ПЧИТ-К-630/0,66 забезпечує частотне керування швидкістю двигуна, активне гальмування двигуна з рекуперацією енергії в живлячу мережу, і все це при незмінному складі силового устаткування.

Елементна простота силової схеми, відсутність спеціальних вимог до силових напівпровідникових приладів забезпечує даному типу перетворювача частоти підвищену надійність і простоту в експлуатації.

Для надійної роботи двигунів не потрібна установка силових фільтрів.

Високі обчислювальні можливості мікропроцесорної системи і оригінальні алгоритми керування забезпечують електроприводам на основі ПЧИТ наступні якісні регульовальні характеристики:

- Робочий діапазон (тривала робота) регулювання за швидкістю 20:1 у відсутність спеціальних тахометричних пристроїв на валу двигуна і 50:1 за наявності універсальних тахометричних пристроїв. Діапазон частот на виході ПЧИТ 0÷50 Гц.
- ШІМ-керування струмом двигуна в області вихідних частот інвертора 5 Гц і нижче. Даний спосіб керування суттєво знижує пульсації швидкості двигуна в області низьких частот.

Переключаємо у функції частоти обертання оптимальні закони керування двигуном:

- режим постійності потоку ротора двигуна. Такий режим забезпечує високі динамічні характеристики привода;
- режим постійності абсолютного ковзання двигуна незалежно від величини моменту двигуна. Такий режим забезпечує мінімізацію втрат в двигуні;

- двозонне регулювання швидкості: режими $U/f=\text{const}$ і $U=\text{const}$ з можливістю збільшення частоти обертання двигуна до значення $1,4 n_{\text{ном}}$, якщо двигун допускає таке збільшення швидкості;

- при короткочасному зникненні і відновленні напруги мережі автоматичне підхоплення двигуна «на льоту».

Мікропроцесорна система керування забезпечує також:

- автоматичне налаштування параметрів регуляторів з урахуванням реальних параметрів двигуна і привода;

- самодіагностику системи керування;

- запам'ятовування причин аварійного відключення і індикацію даної причини;

- зберігання інформації про передаварійний і поставарійний стан перетворювача з можливістю виведення даної інформації на дисплей комп'ютера;

- архівація режимів, що задаються, і подій в процесі експлуатації;

- керуючий і інформаційний зв'язок з пристроями керування більш високого рівня по стандартному послідовному інтерфейсу (RS-485).

Можливість використання як серійних, так і несерійних асинхронних двигунів в електроприводах з перетворювачами частоти ПЧИТ.

Силовa схема перетворювача частоти (рисунок 2.4) включає наступні пристрої:

- керований трифазний мостовий випрямляч B . Випрямляч B підключається до мережі 50 Гц через погоджуваний трансформатор. На стороні змінного струму керованого випрямляча встановлені датчики струму $ДС1$;

- трифазний мостовий автономний інвертор струму AI з відсікаючими діодами. Відсікаючі діоди і комутуючі конденсатори призначені для примусового відключення тиристорів інвертора. На виході AI встановлені датчики напруги $ДН$ і струму $ДС2$;

- згладжуючий дросель $Др$ в ланці постійного струму між B і AI .

Принцип функціонування: змінний струм частоти 50 Гц випрямляється за допомогою керованого випрямляча, а потім перетворюється в змінний струм регульованої частоти за допомогою автономного інвертора струму. Частота змінного струму визначається частотою подачі керуючих імпульсів на тиристори інвертора, а амплітуда змінного струму регулюється зміною кута керування імпульсів випрямляча. І частота керуючих імпульсів ω і кут керування імпульсів α встановлюються автоматично системою керування і регулювання, що містить наступні функціональні вузли:

- Регулятор швидкості $РШ$. На вході $РШ$ порівнюються сигнали завдання частоти обертання ω' і сигнал фактичної частоти обертання ω . На виході регулятора швидкості отримуємо сигнал завдання амплітуди струму I' і завдання кута зрушення між вектором струму $\vec{I}$ і потоку $\vec{\Phi}$ двигуна – θ' .

- Перетворювач (пристрій) $П1$ вимірювання векторів струму і потоку двигуна. По миттєвих значеннях фазних струмів I_A, I_B і напруги U_A, U_B вимірюються амплітуда і просторовий кут векторів струму $\vec{I}$ і напруги $\vec{U}$, а по $\vec{U}$ і $\vec{I}$ знаходимо $\vec{\Phi}$.

Перетворювач (пристрій) $П2$ вимірювання амплітуди Φ і частоти обертання вектора потоку ω .

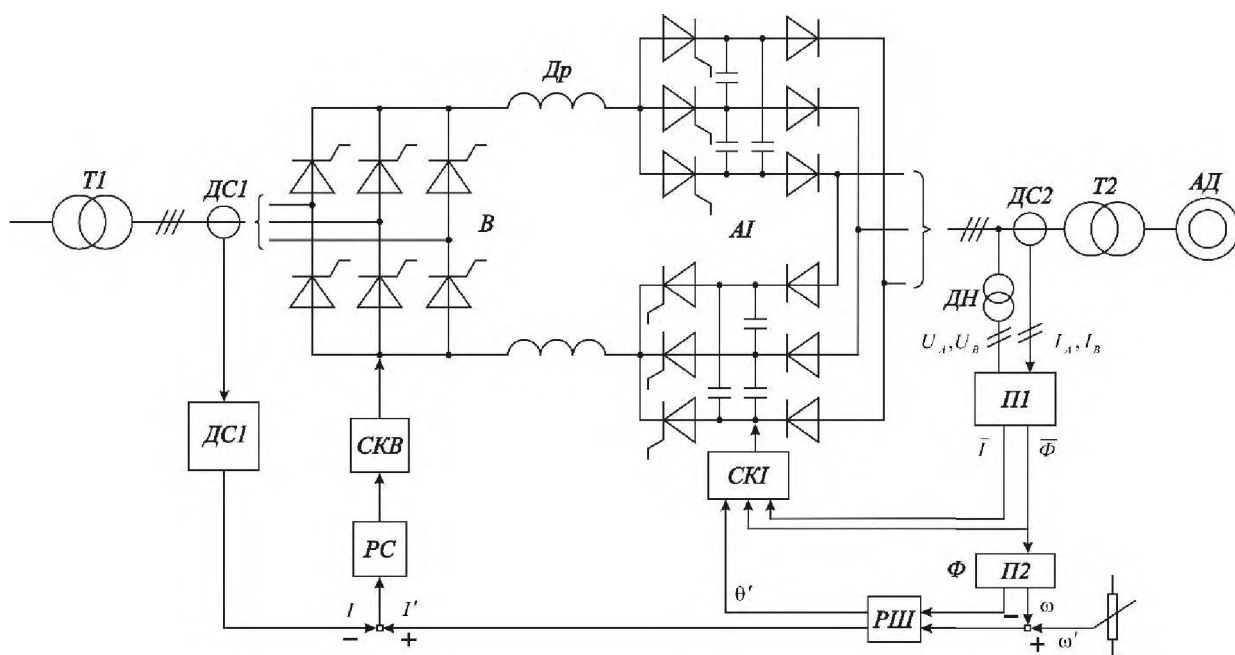


Рисунок 2.4 – Функціональна схема перетворювача частоти ПЧИТ

Момент, що розвивається двигуном, визначається амплітудами I , Φ і кутом зрушення θ між векторами $\vec{I}$ і $\vec{\Phi}$. Призначення регулятора швидкості змінювати момент двигуна так, щоб фактична швидкість ω була рівна заданій ω' . Саме тому на виході *РС* отримуємо два сигнали: завдання I' і кут θ' .

Зміною співвідношень між I' і θ' можна отримати різні закони керування асинхронним двигуном, наприклад, режим ослаблення потоку двигуна, режим керування двигуном по закону М.П. Костенка та ін.

Система автоматичного регулювання величини струму двигуна (він же вихідний струм інвертора, він же вхідний струм випрямляча), що включає:

- регулятор струму *РС*, на вході якого порівнюються сигнали завдання I' і фактичного струму I .
- система керування випрямлячем *СКВ* формуюча керуючі імпульси тиристорів випрямляча, кут керування яких визначається вихідним сигналом регулятора струму.
- керований випрямляч в якості силового регулятора.

Система керування інвертором *СКИ* формує керуючі імпульси тиристорів інвертора. Вихідна частота змінного струму (або частота обертання вектора $\vec{I}$) визначається частотою подачі керуючих імпульсів на тиристори інвертора. Остання формується в *СКИ* так, щоб фактичний кут зрушення між векторами $\vec{I}$ і $\vec{\Phi}$ дорівнював заданому θ' .

Система керування ПЧИТ реалізована у вигляді програми, встановленої в мікроконтролерах у складі перетворювача.

2.2.3 Як датчик кутової швидкості використовується кутовий енкодер RESM 125, що надходить у комплекті з двигуном. У таблиці 2.3 приведені технічні характеристики енкодера RESM 125.

Таблиця 2.3 – Основні технічні характеристики кутового енкодера RESM 125

Найменування параметра	Значення
Матеріал	Нержавіюча сталь 303/30
Коефіцієнт розширення	$17 \pm 0,3$ мкм/м/°C (ppm/°C)
Номінальний зовнішній діаметр	125 мм
Номінальний внутрішній діаметр	105 мм
Максимальна частота обертання	5000 об/хв
Напруга живлення	12 ± 15 % В
Максимальна амплітуда сигналу аналогового виходу, при 5000 об/хв	10 В
Амплітуда імпульсів цифрового виходу	10 В
Ступінь захисту	IP64
Вібрація	100 м/с^2 , от 55 Гц до 2000 Гц
Кількість штрихів	18000
Момент інерції	$640 \text{ кг} \cdot \text{мм}^2$
Маса	0,25 кг

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Математичний опис автоматизованого електропривода

Для побудови структурної схеми автоматизованого електропривода, показаного на рисунку 2.3, визначимо передаточні функції його окремих ланок і умови, при яких момент АД однозначно залежатиме від абсолютного ковзання.

Передаточна функція між заданою швидкістю ідеального холостого ходу АД ω_{03} і сигналом завдання частоти на вході ПЧ U_{3f} визначається співвідношенням, $W_f(p)$

$$W_f(p) = \Delta\omega_{03}/U_{3f} = 2\pi k_f/\Delta U_{3f} = 2\pi k_f/p_{\text{П}}, \quad (3.1)$$

де k_f – передаточний коефіцієнт ПЧ, який дорівнює

$$k_f = \Delta f_3/\Delta U_{3f} = f_{\text{НОМ}}/\Delta U_{3f\text{НОМ}}.$$

Відповідно до рисунку 2.5

$$\Delta U_{3f} = k_{3\text{Ч}}(k_{\text{ФЧК}}\Delta U_{\text{РШ}} + k_{\text{ПП}}k_{33}\Delta\omega), \quad (3.2)$$

де $k_{3\text{Ч}}$, $k_{\text{ФЧК}}$, $k_{\text{ПП}}$, k_{33} – передаточні коефіцієнти пристроїв ЗЧ, ФЧК, ПП і ланцюга зворотного зв'язку за швидкістю АД; $k_{3\text{Ч}} = \Delta U_{3f}/\Delta U_{3\text{Ш}}$; $k_{\text{ФЧК}} = \Delta U_{\text{ФЧК}}/\Delta U_{3\text{Ш}}$; $k_{\text{ПП}} = \Delta U_{\text{ПП}}/\Delta U_{3\text{Ш}}$; $k_{33} = \Delta U_{33}/\Delta\omega$.

При живленні АД від джерела струму його передаточна функція відносно змін електромагнітного моменту і різниці змін заданій швидкості ідеального холостого ходу і поточного значення швидкості

$$W_M(p) = \Delta M/(\Delta\omega_{03} - \Delta\omega) = \beta_{\text{Ж}}/(T_E p + 1),$$

де $\beta_{\text{Ж}}$ – жорсткість механічної характеристики, Н·м·с;

T_E – еквівалентна електромагнітна постійна часу, с.

З урахуванням виразів (3.1), (3.2) можна записати

$$\begin{aligned}(\Delta\omega_{03} - \Delta\omega) &= (2\pi k_f/p_{\Pi})k_{3\text{ч}}(k_{\text{ФЧК}}\Delta U_{\text{РШ}} + k_{\Pi\Pi}k_{33}\Delta\omega) - \Delta\omega = \\ &= (2\pi k_f/p_{\Pi})k_{3\text{ч}}k_{\text{ФЧК}}\Delta U_{\text{РШ}} + (2\pi k_f/p_{\Pi})k_{3\text{ч}}k_{\Pi\Pi}k_{33}\Delta\omega - \Delta\omega.\end{aligned}$$

Тоді при виборі передавальних коефіцієнтів функціональних пристроїв електропривода з умови $(2\pi k_f/p_{\Pi})k_{3\text{ч}}k_{\Pi\Pi}k_{33} = 1$ отримаємо

$$(\Delta\omega_{03} - \Delta\omega) = k_{\text{М}} \cdot \Delta U_{\text{РШ}},$$

де $k_{\text{М}}$ – коефіцієнт моменту двигуна, 1/В·с.

$$k_{\text{М}} = (2\pi k_f/p_{\Pi})k_{3\text{ч}}k_{\text{ФЧК}}. \quad (3.3)$$

Звідси передаточна функція АД між зміною електромагнітного моменту АД і зміною сигналу на виході РШ $W_{\text{М}}(p)$

$$W_{\text{М}}(p) = \Delta M / \Delta U_{\text{РШ}} = k_{\text{М}} \cdot \beta_{\text{Ж}} / (T_{\text{Е}}p + 1). \quad (3.4)$$

Відповідна виразу (3.4) структурна схема автоматизованого електропривода з частотно-струмовим керуванням представлена на рисунку 3.1. Тут $T_{\text{М}}$ – електро-механічна постійна часу АД при живленні від джерела струму ($T_{\text{М}} = J/\beta_{\text{Ж}}$).

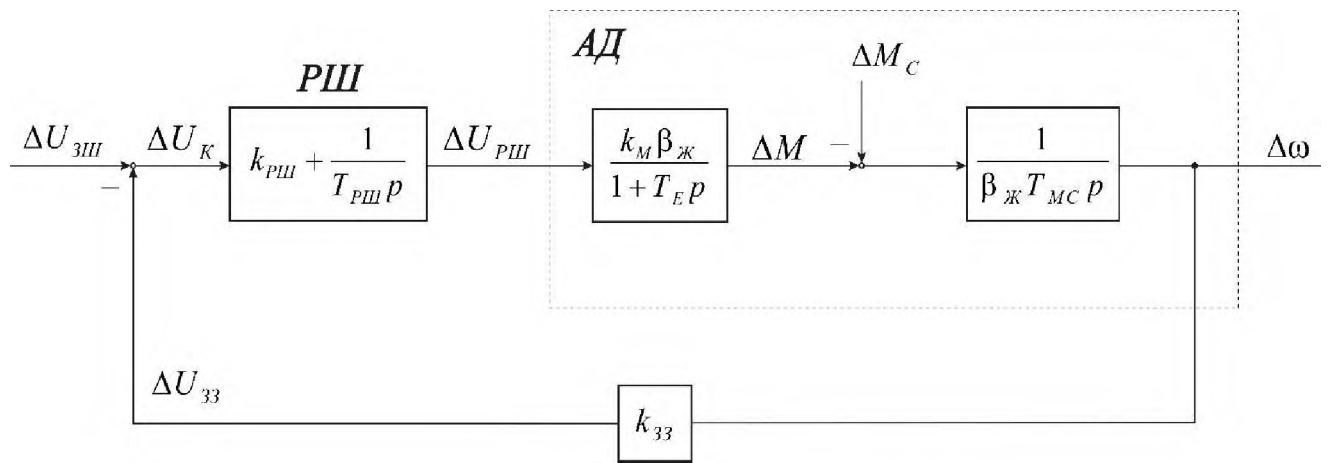


Рисунок 3.1 – Структурна схема автоматизованого електропривода

Результуюча передаточна функція об'єкту регулювання, який містить ПЧ і АД

$$W_o(p) = \Delta\omega / U_{\text{РШ}} = k_M / [(T_E p + 1) T_M p].$$

Якщо віднести постійну часу T_E до малої некомпенсованої постійної часу, тобто $T_\mu = T_E$, то при настроюванні електропривода на модульний оптимум передаточна функція регулятора

$$W_{\text{РШ}}(p) = T_{\text{МС}} / (a_\mu T_\mu k_{33} k_M) = k_{\text{РШ}}.$$

При подібному налаштуванні з пропорційним РШ для привода, а також у зв'язку з тим, що електромеханічна постійна часу АД при живленні від джерела струму менше, ніж при живленні від джерела напруги, значення $k_{\text{РШ}}$ виходить невеликим. У результаті результуюча жорсткість механічної характеристики привода в замкнутій системі невисока. Реалізувати вищу точність можливо при настроюванні привода на симетричний оптимум з ПІ-регулятором швидкості.

Передаточна функція регулятора швидкості при настроюванні електропривода на симетричний оптимум

$$W_{\text{рш}}(p) = k_{\text{рш}} + \frac{1}{T_{\text{рш}}p},$$

де $k_{\text{рш}}$, $T_{\text{рш}}$ – коефіцієнт передачі та постійна часу інтегрування регулятора.

Коефіцієнт передачі $k_{\text{рш}}$, та постійна часу інтегрування $T_{\text{рш}}$, с, регулятора швидкості

$$k_{\text{рш}} = T_{\text{м}} / (a_{\mu} T_{\mu} k_{33} k_{\text{м}}), \quad (3.5)$$

$$T_{\text{рш}} = 2 a_{\mu} T_{\mu} / k_{\text{рш}}, \quad (3.6)$$

Для зведення до мінімуму впливу електромагнітних постійних часу ланцюгів статора і ротора АД, що не враховано в T_{μ} , приймаємо $a_{\mu} = 4$.

3.2 Розрахунок параметрів елементів

Максимальний момент двигуна M_{max} , Н·м,

$$M_{\text{max}} = 2,5 M_{\text{ном}} \quad (3.7)$$

де $M_{\text{ном}}$ – номінальний момент двигуна, Н·м.

Номінальний момент двигуна $M_{\text{ном}}$, Н·м,

$$M_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}}, \quad (3.8)$$

де $\omega_{\text{ном}}$ – номінальна кутова частота обертання двигуна, рад/с.

Номінальна кутова частота обертання двигуна $\omega_{\text{ном}}$, рад/с,

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{\pi n_{\text{ном}}}{30},$$

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{3,14 \cdot 740}{30} = 77,45 \text{ рад/с.}$$

За формулами (3.8) та (3.7) знайдемо номінальний $M_{\text{ном}}$ та максимальний M_{max} моменти двигуна

$$M_{\text{ном}} = \frac{630000}{77,45} = 8025,47 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_{\text{max}} = 2,5 \cdot 8025,47 = 20063,69 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Жорсткість механічної характеристики $\beta_{\text{ж}}$, Н·м·с,

$$\beta_{\text{ж}} = \frac{2M_{\text{max}}}{\omega_{0\text{ном}} S_{\text{к}}},$$

$$\beta_{\text{ж}} = \frac{2 \cdot 20063,69}{77,45 \cdot 0,063} = 10142,4 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с.}$$

Відповідно виразу (3.3) коефіцієнт моменту двигуна

$$k_{\text{м}} = \left(\frac{2\pi k_f}{p_{\text{п}}} \right) k_{3\text{ц}} k_{\text{фчк}} = 1,047 \text{ 1/В}\cdot\text{с.}$$

Еквівалентна електромагнітна постійна часу T_E , с,

$$T_E = \frac{1}{\omega_{0ел.ном} S_k}, \quad (3.9)$$

де $\omega_{0ел.ном}$ – кутова швидкість електромагнітного поля АД, при його номінальній частоті живлення $f_{1ном} = 50$ Гц.

$$\begin{aligned} \omega_{0ел.ном} &= 2\pi f_{1ном}, \\ \omega_{0ел.ном} &= 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ рад/с.} \end{aligned}$$

За формулою (3.9) знайдемо електромагнітна постійна часу T_E , с,

$$T_E = \frac{1}{314 \cdot 0,063} = 0,0506 \text{ с.}$$

Електромеханічна постійну часу T_M , с,

$$\begin{aligned} T_M &= J/\beta_{ж}, \\ T_M &= 37,84/10142,4 = 0,0037 \text{ с.} \end{aligned}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку k_{33} , В·с,

$$k_{33} = U_{33}/\omega_{0ном}, \quad (3.10)$$

де U_{33} – максимальна напруга на виході датчика швидкості, $U_{33} = 10$ В;

$\omega_{0ном}$ – синхронна кутова швидкість двигуна, рад/с.

Синхронна кутова швидкість двигуна $\omega_{0\text{ном}}$, рад/с,

$$\omega_{0\text{ном}} = \pi \cdot n_c / 30,$$

$$\omega_{0\text{ном}} = \pi \cdot 750 / 30 = 78,5 \text{ рад/с.}$$

За формулою (3.10) знайдемо коефіцієнт зворотного зв'язку k_{33} , В·с/рад,

$$k_{33} = 10 / 78,5 = 0,127 \text{ В·с.}$$

Коефіцієнт передачі $k_{\text{РШ}}$ та стала часу інтегрування $T_{\text{РШ}}$ регулятора за формулами (3.5), (3.6)

$$k_{\text{РШ}} = \frac{0,0037}{4 \cdot 0,0506 \cdot 0,127 \cdot 1,047} = 0,137,$$

$$T_{\text{РШ}} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 0,0506}{0,137} = 2,95 \text{ с.}$$

Момент статичного навантаження M_c при сталому режимі відповідає номінальному моменту двигуна $M_{\text{ном}}$, тобто $M_c = M_{\text{ном}} = 8025,47 \text{ Н·м.}$

3.3 Дослідження динаміки

За допомогою програмного середовища MATLAB виконаємо побудову моделі системи керування привода ротора бурової установки.

Дані для розрахунку взяті з параметрів обраних елементів системи та аналізу входів/виходів кожної ланки структурної схеми автоматизованого електропривода (див. рисунок 3.1). Модель автоматизованого електропривода у середовищі MATLAB представлено на рисунку 3.2.

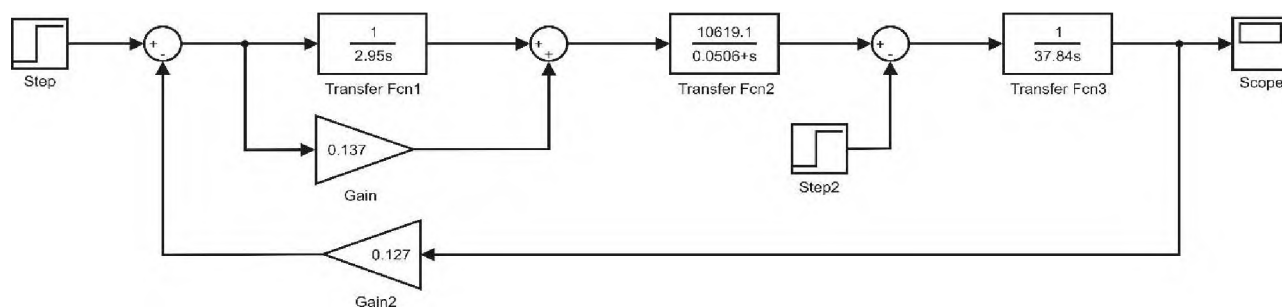


Рисунок 3.2 – Модель автоматизованого електропривода в MATLAB

Для оцінки якісних показників роботи САК в динамічних режимах аналізується її реакція на ступінчасту одиничну дію (рисунок 3.3). При цьому перехідна характеристика повинна знаходитися в межах заданої області, параметри якої визначають вимоги до технологічного агрегату. Виходячи з параметрів перехідної характеристики, можна визначити реальні запаси стійкості САК по модулю і по фазі.

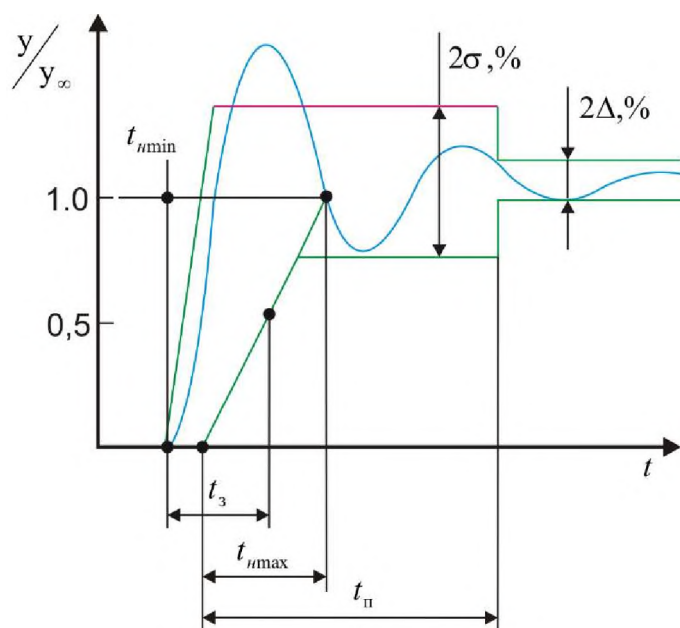


Рисунок 3.3 – Перехідна характеристика САК

Перехідна характеристика оцінюється сукупністю параметрів, які називаються показниками якості. До них відносяться:

- перерегулювання σ – відношення максимального відхилення керованої змінної щодо її сталого значення в напрямі, протилежному початковому відхиленню;

- коливальність μ – число максимумів або мінімумів перехідної характеристики за час регулювання;
- тривалість перехідного процесу t_{Π} – це час, після закінчення якого відхилення керованої змінної щодо сталого значення стає і залишається по абсолютній величині менше заданого значення Δ , визначуваного вимогами, що пред'являються до САК;
- час досягнення першого максимуму $t_{\max}$ – момент часу, в який керована змінна досягає свого максимального значення;
- час встановлення $t_{\text{пmax}}$ – проміжок часу після закінчення якого керована змінна вперше досягає свого сталого значення;
- частота власних коливань САК.

Запас стійкості САК оцінюють по величині перерегулювання

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty}} \cdot 100 \text{ \%}.$$

Швидкодію САК оцінюють за часом закінчення перехідного процесу t_{Π} при заданій допустимій помилці (трубці)

$$\Delta \in 5; 2,5; 1,5; 0,5; \dots [\%] \text{ від } y_{\infty}.$$

Як видно з наведеного графіка (рисунок 3.4), автоматизований електропривод має наступні показники якості:

- перерегулювання $\sigma=29,3 \text{ \%}$;
- час перехідного процесу $t_{\Pi}=6,24 \text{ с}$.

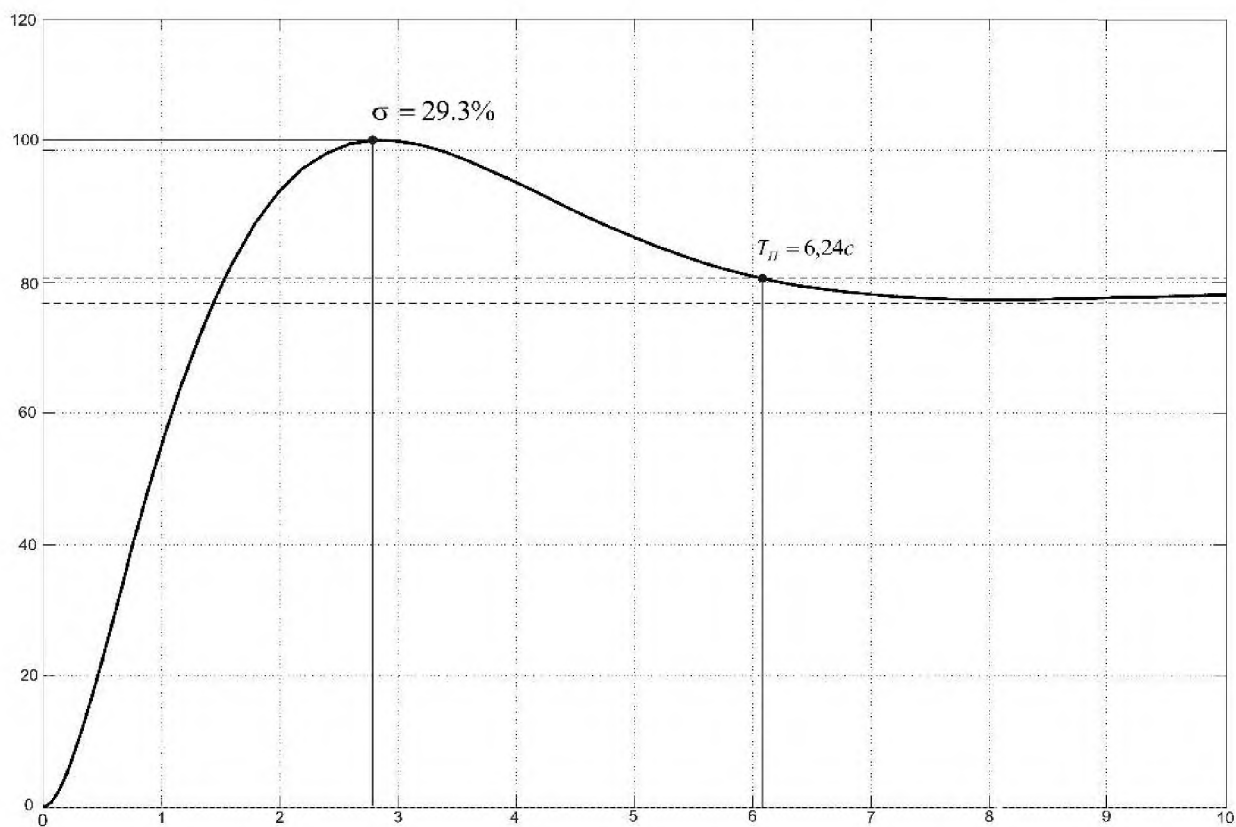


Рисунок 3.4 – Графік перехідної характеристики швидкості $\omega=f(t)$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

На зниження безпеки праці при експлуатації бурової установки можуть впливати наступні виробничі фактори: недостатнє освітлення робочого місця, вплив шуму, вібрації, електричного струму та електромагнітних полів.

Перелічені фактори відносяться до небезпечних та шкідливих. Вони проявляються раптово або поступово. Раптове виникнення безпеки супроводжується травматичними наслідками – виробничими травмами. Поступовий вплив небезпечних факторів спричиняє професійні захворювання. Але, як раптова, так і поступова дія виробничої безпеки завжди призводить до патологічних процесів в організмі.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 небезпечні та шкідливі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать: рухомі машини та механізми; пересувні частини виробничого устаткування; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура поверхонь устаткування, матеріалів чи повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрацій, інфразвукових коливань, ультразвуку, іонізуючих випромінювань, статичної електрики, електромагнітних випромінювань, ультрафіолетової чи інфрачервоної радіації; підвищені чи понижені барометричний тиск, вологість, іонізація та рухомість повітря; небезпечне значення напруги в електричному колі; підвищена напруженість електричного чи магнітного полів; відсутність чи нестача природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; пряме та відбите випромінювання, що створює засліплюючу дію.

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать хімічні речовини, які за характером дії на організм людини поділяються на загальнотоксичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, такі, що впливають на репродуктивну функцію.

До біологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, мікроскопічні гриби та ін.) та продукти к життєдіяльності, а також макроорганізми (рослини та тварини).

До психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Один і той же небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може належати одночасно до різних груп.

Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло займає одне з перших місць. Адже відомо, що майже 90 % всієї інформації про довкілля людина одержує через органи зору. Під час здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття.

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5 % травм можна пояснити недостатнім або нерациональним освітленням, а в 20 % воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча мнопія (короткозорість).

При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частої переадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути: природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двохстороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване – поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з врахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Шум – будь-який небажаний звук, котрий заважає.

Виробничим шумом називається шум на робочих місцях, на ділянках або на територіях підприємств, котрий виникає під час виробничого процесу.

Негативний вплив шуму на продуктивність праці та здоров'я людини загальновідомий. Під час роботи в шумних умовах продуктивність ручної праці може знизитись до 60 %, а кількість помилок, що трапляються при розрахунках, зростає більше, ніж на 50 %. При тривалій роботі в шумних умовах перш за все уражаються нервова та серцево-судинна системи та органи травлення. Зменшується виділення шлункового соку та його кислотність, що сприяє захворюванню гастритом. Необхідність кричати при спілкуванні у виробничих умовах негативно впливає на психіку людини.

Вплив шуму на організм людини індивідуальний. У деяких людей погіршення слуху настає через декілька місяців, а у інших воно не настає через декілька років роботи в шумі. Встановлено, що для 30 % людей шум є причиною передчасного старіння.

Наслідком шкідливої дії виробничого шуму можуть бути професійні захворювання, підвищення загальної захворюваності, зниження працездатності, підвищення ступеня ризику травм та нещасних випадків, пов'язаних з порушенням сприйняття попереджувальних сигналів, порушення слухового контролю функціонування технологічного обладнання, зниження продуктивності праці.

За характером порушення фізіологічних функцій шум поділяється на такий, що заважає (перешкоджає мовному зв'язку), подразнювальний (викликає нервові напруження і внаслідок цього – зниження працездатності, загальну перевтому), шкідливий (порушує фізіологічні функції на тривалий період і викликає розвиток хронічних захворювань, котрі безпосередньо або опосередковано пов'язані зі слуховим сприйняттям, погіршення слуху, гіпертонію, туберкульоз, виразку шлунку), травмуючий (різко порушує фізіологічні функції організму людини).

Шум як фізичне явище – це коливання пружного середовища. Він характеризується звуковим тиском як функцією частоти та часу. З фізіологічної точки зору шум визначається як відчуття, що сприймається органами слуху під час дії на них звукових хвиль в діапазоні частот 16-20000 Гц. Загалом шум – це безладне поєднання звуків різної частоти та інтенсивності.

Вібрація серед всіх видів механічних впливів для технічних об'єктів найбільш небезпечна. Знакозмінні напруження, викликані вібрацією, сприяють накопиченню пошкоджень в матеріалах, появі тріщин та руйнуванню. Найчастіше і досить швидко руйнування об'єкта настає при вібраційних впливах за умов резонансу. Вібрації викликають також й відмови машин, приладів.

За способом передачі на тіло людини вібрацію поділяють на загальну, яка передається через опорні поверхні на тіло людини, та локальну, котра передається через руки людини. У виробничих умовах часто зустрічаються випадки комбінованого впливу вібрації – загальної та локальної.

Вібрація викликає порушення фізіологічного та функціонального станів людини. Стійкі шкідливі фізіологічні зміни називають вібраційною хворобою. Симптоми вібраційної хвороби проявляються у вигляді головного болю, заніміння пальців рук, болю в кистях та передпліччі, виникають судоми, підвищується чутливість

до охолодження, з'являється безсоння. При вібраційній хворобі виникають патологічні зміни спинного мозку, серцево-судинної системи, кісткових тканин та суглобів, змінюється капілярний кровообіг.

Функціональні зміни, пов'язані з дією вібрації на людину-оператора – погіршення зору, зміни реакції вестибулярного апарату, виникнення галюцинацій, швидка втомлюваність. Негативні відчуття від вібрації виникають при прискореннях, що складають 5 % прискорення сили ваги, тобто при $0,5 \text{ м/с}^2$. Особливо шкідливі вібрації з частотами, близькими до частот власних коливань тіла людини, більшість котрих знаходиться в межах 6...30 Гц.

Резонансні частоти окремих частин тіла наступні:

- очі – 22 ... 27;
- горло – 6 ... 12;
- грудна клітка – 2 ... 12;
- ноги, руки – 2 ... 8;
- голова – 8 ... 27;
- обличчя та щелепи – 4 ... 27;
- пояснична частина хребта – 4 ... 14;
- живіт – 4 ... 12.

Загальну вібрацію за джерелом її виникнення поділяють на:

- транспортну, котра виникає внаслідок руху по дорогах;
- транспортно-технологічну, котра виникає при роботі машин, які виконують технологічні операції в стаціонарному положенні або при переміщенні по спеціально підготовлених частинах виробничих приміщень, виробничих майданчиків;
- технологічну, що впливає на операторів стаціонарних машин або передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації.

Вібрації, що впливають на операторів різних машин, поділяються на категорії згідно ГОСТ 12.1.012-90:

- трактори, автомобілі вантажні, будівельно-дорожні машини, снігоочищувачі – 1;

- екскаватори, крани промислові та будівельні, самохідні бурильні установки, шляхові машини, бетоновкладачі – 2;
- підлоговий виробничий транспорт, верстати метало- та деревообробні, ковальсько-пресове обладнання, ливарні машини, електричні машини, насосні агрегати та вентилятори; бурильні вишки та установки, бурові верстати, обладнання промисловості будматеріалів – 3.

Одним з розповсюджених небезпечних виробничих факторів є електричний струм. Він приводить до виникнення електротравм.

Електротравма – це травма, викликана дією електричного струму або електричної дуги. Електротравми поділяються на два види: електротравми, котрі виникають при проходженні струму через тіло людини, і електротравми, поява котрих не пов'язана з проходженням струму через тіло людини. Ураження людини в другому випадку пов'язується з опіками, засліпленням електричною дугою, падінням, а відтак – суттєвими механічними ушкодженнями.

Проходячи через тіло людини, електричний струм справляє термічну, електричну та механічну (динамічну) дію. Ці фізико-хімічні процеси притаманні живій та неживій матерії. Одночасно електричний струм здійснює і біологічну дію, котра є специфічним процесом, властивим лише живій тканині.

Термічна дія струму проявляється через опіки окремих ділянок тіла, нагрівання до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку та інших органів, котрі знаходяться на шляху струму, що викликає в них суттєві функціональні розлади.

Електролітична дія струму характеризується розкладом органічної рідини, в тому числі і крові, що супроводжується значними порушеннями їх фізико-хімічного складу.

Механічна (динамічна) дія – це розшарування, розриви та інші подібні ушкодження тканин організму, в тому числі м'язової тканини, стінок кровоносних судин, судин легеневої тканини внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари від перегрітої струмом тканинної рідини та крові.

Біологічна дія струму проявляється через подразнення та збудження живих тканин організму, а також через порушення внутрішніх біологічних процесів, що відбуваються в організмі і котрі тісно пов'язані з його життєвими функціями.

Різноманітність впливу електричного струму на організм людини призводять до електротравм, котрі умовно поділяються на два види:

- місцеві електротравми, котрі означають місцеве ушкодження організму;
- загальні електротравми (електричні удари), коли уражається (або виникає загроза ураження) весь організм внаслідок порушення нормальної діяльності життєво важливих органів та систем.

Згідно зі статистичними даними орієнтовний розподіл нещасних випадків внаслідок дії електричного струму в промисловості за вказаними видами травм має наступний вигляд:

- місцеві електротравми – 20 %;
- електричні удари – 25 %;
- змішані травми (одночасно місцеві електричні травми та електричні удари) – 55 %.

Місцева електротравма – яскраво виявлене порушення щільності тканин тіла, в тому числі кісток, викликане впливом електричного струму або електричної дуги. Найчастіше – це поверхневі ушкодження, тобто ушкодження шкіри, а інколи й інших м'яких тканин, зв'язок та кісток. Небезпека місцевих електротравм та складність їх лікування залежать від місця, характеру та ступеня ушкодження тканин, а також від реакції організму на це ушкодження. Місцеві електротравми виліковуються і працездатність потерпілого відновлюється повністю або частково. Однак при важких опіках людина помирає. При цьому безпосередньою причиною смерті є не електричний струм, а місцеве ушкодження організму, викликане струмом. Характерні місцеві електротравми – електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні пошкодження та електроофтальмія.

Приблизно 75 % випадків ураження людей струмом супроводжується виникненням місцевих електротравм.

За видами травм ці випадки розподіляються наступним чином, %:

- електричні опіки – 40;
- електричні знаки – 7;
- металізація шкіри – 3;
- механічні пошкодження – 0,5;
- електроофтальмія – 1,5;
- змішані травми – 23;
- всього – 75.

Електричні опіки – це ушкодження поверхні тіла під дією електричної дуги або великих струмів, що проходять через тіло людини. Опіки бувають двох видів: струмові, коли струм проходить через тіло людини, та дугові (під дією електричної дуги температурою понад 3500 °C).

Електричний знак – це чітко окреслена пляма діаметром 1-5 мм сірого або блідо-жовтого кольору, що з'являється на поверхні шкіри людини, яка зазнала дії струму. В більшості випадків електричні знаки безболісні, з часом верхній шар шкіри сходить, а уражене місце набуває початкового кольору, відновлює пластичність та чутливість.

Електрометалізація – проникнення в шкіру частинок металу внаслідок його розбризкування та випаровування під дією струму. Вона може статися при коротких замиканнях, від'єднаннях роз'єднувачів та рубильників під навантаженням. При цьому дрібні частинки розплавленого металу під впливом динамічних сил та теплового потоку розлітаються у всі сторони з великою швидкістю. Кожна з цих частинок має високу температуру, але малий запас теплоти, і тому не здатна пропалити одяг. Тому ушкоджуються відкриті частини тіла – руки та обличчя. Уражена ділянка тіла має шорстку поверхню.

Усі джерела електромагнітні поля (ЕМП) та випромінювання діляться на природні та антропогенні. До природних ЕМП входять: електричне поле Землі, магнітне поле Землі, електромагнітне поле Землі та радіовипромінювання Сонця. До антропогенних випромінювань входять: радіохвилі НЧ та УВЧ діапазону, НВЧ випромінювання, ІЧ випромінювання, світлові промені та лазерне випромінювання (штучні джерела).

Під впливом ЕМП та випромінювань спостерігаються загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль в ділянці серця. З'являється роздратування, втрата уваги, зростає тривалість мовно-рухової та зоровомоторної реакцій, підвищується межа нюхової чутливості. Виникає ряд симптомів, які є свідченням порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, селезінки, підшлункової та інших залоз. Пригнічуються харчовий та статевий рефлекс.

Реєструються зміни артеріального тиску, частота серцевого ритму, форма електрокардіограми. Це свідчить про порушення діяльності серцево-судинної системи. Фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, збільшується вміст азоту в крові та сечі, знижується концентрація альбуміну та зростає вміст глобуліну, збільшується кількість лейкоцитів, тромбоцитів, виникають й інші зміни складу крові.

Специфічним результатом дії ЕМП є загальне зростання захворюваності, а також захворювання окремими хворобами органів дихання, травлення та ін. Це відмічається також і при дуже малій інтенсивності ЕМП, яка незначно перевищує гігієнічні нормативи.

Є відомості про клінічні прояви дії НВЧ-опромінення залежно від інтенсивності опромінення. При інтенсивності близько 20 мВт/см^2 спостерігається зменшення частоти пульсу, зниження артеріального тиску, тобто реакція на опромінення. Із зростанням інтенсивності проявляються електрокардіологічні зміни, при хронічному впливі – тенденція до гіпотонії, до змін з боку нервової системи. Потім починається прискорення пульсу, коливання об'єму крові.

За інтенсивності 6 мВт/см^2 помічено зміни у статевих залозах, у складі крові, каламутність кришталика. Далі – зміни у згортанні крові, умовно-рефлекторній діяльності, вплив на клітини печінки, зміни у корі головного мозку. Потім – підвищення кров'яного тиску, розриви капілярів та крововиливи у легені та печінку.

За інтенсивності до 100 мВт/см^2 – стійка гіпотонія, стійкі зміни серцево-судинної системи, двостороння катаракта. Подальше опромінення помітно впливає

на тканини, викликає больові відчуття, якщо інтенсивність перевищує 1 Вт/см^2 , то це викликає дуже швидко втрату зору.

Одним із серйозних ефектів, зумовлених НВЧ опроміненням, є ушкодження органів зору. На нижчих частотах такі ефекти не спостерігаються і тому їх треба вважати специфічними для НВЧ діапазону.

Ступінь ушкодження залежить в основному від інтенсивності та тривалості опромінення. Із зростанням частоти, напруженості ЕМП, яка викликає ушкодження зору, – зменшується.

Гостре НВЧ опромінення викликає сльозотечу, подразнення, звуження зіниць. Потім після короткого (1-2 доби), періоду спостерігається погіршення зору, яке зростає під час повторного опромінення, що свідчить про кумулятивний характер ушкоджень.

При впливі випромінювання на око спостерігається ушкодження роговиці. Але серед усіх тканин ока найбільшу чутливість має у діапазоні 1-10 ГГц кришталик. Сильне ушкодження кришталика зумовлене тепловим впливом НВЧ (при щільності понад 100 мВт/см^2).

Люди, опромінені імпульсом НВЧ коливань, чують звук. Залежно від тривалості та частоти повторень імпульсів цей звук сприймається як щебетання, цвіріння чи дзюрчання у якійсь точці (всередині чи ззаду) голови. Частота відчуття звуку не залежить від частоти НВЧ сигналу.

Існує наступне пояснення слухового ефекту: під впливом імпульсів НВЧ енергії збуджуються термопружні хвилі тиску в тканинах мозку, які діють за рахунок кісткової провідності на рецептори внутрішнього вуха.

Виявлено значний вплив НВЧ на зміну фізико-хімічних властивостей та співвідношення клітинних структур. Особливо це призводить до затримки та припинення процесів розмноження бактерій та вірусів і знижує їх інфекційну активність.

4.2 Розрахунок штучного освітлення

Розрахунок загального штучного освітлення виконується для приміщення, де розміщується робоче місце оператора дистанційного керування механізмами і агрегатами бурової установки.

Як джерело світла виберемо люмінесцентні лампи, оскільки вони володіють великою економічністю і світловидатністю, чим лампи розжарювання. У зв'язку з цим найдоцільніше вибрати систему загального освітлення. При використанні загального освітлення утвориться більш рівномірний поділ світлової енергії.

Характеристика приміщення: довжина $A=3$ м; ширина $B=2,5$ м; висота $H=2,8$ м; висота робочої поверхні $h_p=1$ м.

Відстань від стелі до робочої поверхні H_c , м,

$$H_c = H - h_p,$$

$$H_c = 2,8 - 1 = 1,8 \text{ м.}$$

Відстань від стелі до світильника h_c , м,

$$h_c = 0,2 H_c,$$

$$h_c = 0,2 \cdot 1,8 = 0,36 \text{ м.}$$

Висота підвішеного світильника над освітлюваною поверхнею h , м,

$$h = H_c - h_c,$$

$$h = 1,8 - 0,36 = 1,44 \text{ м.}$$

Висота підвішеного світильника над підлогою H_{Π} , м,

$$H_{\Pi} = h + h_p,$$

$$H_{\Pi} = 1,44 + 1 = 2,44 \text{ м.}$$

Площа приміщення S , м²,

$$S=AB,$$

$$S=3 \cdot 2,5=7,5 \text{ м}^2.$$

Розрахуємо відстань між світильниками L , м,

$$L = \lambda h,$$

де λ – величина, яка залежна від кривої світлорозподілу світильника; $\lambda=1,25$.

$$L = 1,25 \cdot 1,44 = 1,8 \text{ м}.$$

Індекс приміщення i визначається з наступного виразу

$$i = \frac{AB}{h(A+B)},$$

$$i = \frac{3 \cdot 2,5}{1,44(3+2,5)} = 0,94.$$

При $i=0,94$, а також при коефіцієнтах віддзеркалення поверхонь приміщення: стелі $p_n=30\%$, стін $p_c=10\%$, підлоги $p_p=10\%$ (запорошені виробничі приміщення) – коефіцієнт використання світлового потоку лампи $\eta=0,36$.

Приймаємо коефіцієнт запасу $k=1,5$. Для приміщення рівень мінімальної освітленості $E_{\min}=300$ лк.

Номінальний світловий потік $\Phi_{\text{л}}$ люмінесцентної лампи ЛБ 40-4 становить 2850 лм.

Коефіцієнт нерівномірності для люмінесцентних ламп приймаємо $Z=1,1$.

Визначаємо необхідну кількість світильників N

$$N = \frac{E_{\min} k S Z}{\Phi_{\text{л}} n \eta},$$

де n – кількість ламп у світильнику.

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 7,5 \cdot 1,1}{2850 \cdot 2 \cdot 0,36} = 1,8.$$

Потужність освітлювальної установки P , кВт, визначається з виразу

$$P = nNP_i,$$

де P_i – споживана потужність однієї лампи, кВт.

$$P = 2 \cdot 2 \cdot 0,04 = 0,16 \text{ кВт.}$$

Для висвітлення приміщення використовуємо 2 світильника із двома люмінесцентними лампами ЛБ40-4, розташованими в один ряд. Виконання світильників – захисне.

4.3 Заходи з техніки безпеки

4.3.1 Боротьба з шумом в джерелі його виникнення – це найбільш дієвий спосіб боротьби з шумом. Створюються мал шумні механічні передачі, розроблено способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторах.

4.3.1.1 Зниження шуму звукопоглинанням та звукоізоляцією. Об'єкт, котрий випромінює шум, розташовують у кожусі, внутрішні стінки якого покриваються звукопоглинальним матеріалом. Кожух повинен мати достатню звукопоглинальну здатність, не заважати обслуговуванню обладнання під час роботи, не ускладнювати його обслуговування, не псувати інтер'єр цеху. Різновидом цього методу є кабіна, в котрій розташовується найбільш шумний об'єкт і в котрій працює робітник. Кабіна зсередини вкрита звукопоглинальним матеріалом, щоб зменшити рівень шуму всередині кабіни, а не лише ізолювати джерело шуму від решти виробничого приміщення.

4.3.1.2 Зниження шуму звукоізоляцією. Суть цього методу полягає в тому, що шумовипромінювальний об'єкт або декілька найбільш шумних об'єктів розташо-

вуються окремо, ізольовано від основного, менш шумного приміщення звукоізолювальною стіною або перегородкою. Звукоізоляція також досягається шляхом розташування найбільш шумного об'єкта в окремій кабіні. При цьому в ізольованому приміщенні і в кабіні рівень шуму не зменшиться, але шум впливатиме на менше число людей. Звукоізоляція досягається також шляхом розташування оператора в спеціальній кабіні, звідки він спостерігає та керує технологічним процесом. Звукоізоляційний ефект забезпечується також встановленням екранів та ковпаків. Вони захищають робоче місце і людину від безпосереднього впливу прямого звуку, однак не знижують шум в приміщенні.

4.3.1.3 Зниження шуму акустичною обробкою приміщення. Акустична обробка приміщення передбачає вкривання стелі та верхньої частини стін звукопоглинальним матеріалом. Внаслідок цього знижується інтенсивність відбитих звукових хвиль. Додатково до стелі можуть підвішуватись звукопоглинальні щити, конуси, куби, встановлюватись резонаторні екрани, тобто штучні поглиначі. Штучні поглиначі можуть застосовуватись окремо або в поєднанні з личкуванням стелі та стін. Ефективність акустичної обробки приміщень залежить від звукопоглинальних властивостей застосовуваних матеріалів та конструкцій, особливостей їх розташування, об'єму приміщення, його геометрії, місць розташування джерел шуму. Ефект акустичної обробки більший в низьких приміщеннях (де висота стелі не перевищує 6 м) витягнутої форми. Акустична обробка дозволяє знизити шум на 8 дБ.

Заходи щодо зниження шуму слід передбачати на стадії проектування промислових об'єктів та обладнання. Особливу увагу слід звертати на винесення шумного обладнання в окреме приміщення, що дозволяє зменшити число працівників в умовах підвищеного рівня шуму та здійснити заходи щодо зниження шуму з мінімальними витратами коштів, обладнання та матеріалів. Зниження шуму можна досягти лише шляхом знешумлення всього обладнання з високим рівнем шуму.

Роботу щодо знешумлення діючого виробничого обладнання в приміщенні розпочинають зі складання шумових карт та спектрів шуму, обладнання і виробничих приміщень, на підставі котрих виноситься рішення щодо напрямку роботи.

4.3.2 Загальні методи боротьби з вібрацією базуються на аналізі рівнянь, котрі описують коливання машин у виробничих умовах і класифікуються наступним чином:

- зниження вібрацій в джерелі виникнення шляхом зниження або усунення збуджувальних сил;
- відлагодження від резонансних режимів раціональним вибором приведеної маси або жорсткості системи, котра коливається;
- вібродемпферування – зниження вібрацій за рахунок сили тертя демпферного пристрою, тобто переведення коливної енергії в тепло;
- динамічне гасіння – введення в коливну систему додаткових мас або збільшення жорсткості системи;
- віброізоляція – введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку, з метою послаблення передавання вібрацій, суміжному елементу конструкції або робочому місцю;
- використання індивідуальних засобів захисту.

Зниження вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом зменшення сили, яка викликає коливання. Тому ще на стадії проектування машин та механічних пристроїв потрібно вибирати кінематичні схеми, в котрих динамічні процеси, викликані ударами та прискореннями, були б виключені або знижені. Зниження вібрації може бути досягнуте зрівноваженням мас, зміною маси або жорсткості, зменшенням технологічних допусків при виготовленні і складанні, застосуванням матеріалів з великим внутрішнім тертям. Велике значення має підвищення точності обробки та зниження шорсткості поверхонь, що труться.

Відлагодження від режиму резонансу. Для послаблення вібрацій істотне значення має запобігання резонансним режимам роботи з метою виключення резонансу з частотою змушувальної сили. Власні частоти окремих конструктивних елементів визначаються розрахунковим методом за відомими значеннями маси та жорсткості або ж експериментально на стендах.

Резонансні режими при роботі технологічного обладнання усуваються двома шляхами: зміною характеристик системи (маси або жорсткості) або встановленням

іншого режиму роботи (відлагодження резонансного значення кутової частоти змушувальної сили).

Вібродемпферування. Цей метод зниження вібрацій реалізується шляхом перетворення енергії механічних коливань коливної системи в теплову енергію. Збільшення витрат енергії в системі здійснюється за рахунок використання в якості конструктивних, матеріалів з великим внутрішнім тертям: пластмас, металогуми, сплавів марганцю та міді, нікелетитанових сплавів, нанесення на вібруючі поверхні шару пружнов'язких матеріалів, котрі мають великі втрати на внутрішнє тертя. Найбільший ефект при використанні вібродемпферних покриттів досягається в області резонансних частот, оскільки при резонансі значення впливу сил тертя на зменшення амплітуди зростає.

Найбільший ефект вібродемпферні покриття дають за умови, що протяжність вібродемпферного шару співрозмірна з довжиною хвилі згину в матеріалі конструкції. Покриття необхідно наносити в місцях, де генерується вібрація максимального рівня. Товщина вібродемпферних покриттів береться рівною 2-3 товщинам елемента конструкції, на котру воно наноситься.

Добре демпферують коливання мастильні матеріали. Шар мастила між двома спряженими елементами усуває можливість їх безпосереднього контакту, а відтак – появу сил поверхневого тертя, котрі є причиною збудження вібрацій.

Віброгасіння. Для динамічного гасіння коливань використовуються динамічні віброгасії пружинні, маятникові, ексцентрикові, гідравлічні. Вони являють собою додаткову коливну систему з масою m та жорсткістю q , власна частота котрої f_0 налаштована на основну частоту f коливань даного агрегату, що має масу M та жорсткість Q , віброгасій кріпиться на вібруючому агрегаті і налаштовується таким чином, що в ньому в кожний момент часу збуджуються коливання, котрі знаходяться в протифазі з коливаннями агрегату. Недоліком динамічного гасіння є те, що він діє лише при певній частоті, котра відповідає його резонансному режиму коливань.

Для зниження вібрацій застосовуються також ударні віброгасії маятникового, пружинного і плаваючого типів. В них здійснюється перехід кінетичної енергії відносного руху елементів, що контактують, в енергію деформації з поширенням напружень із зони контакту по елементах, що взаємодіють. Внаслідок цього енергія розподіляється по об'єму елементів віброгасія, котрі зазнають взаємних ударів, викликаючи їх коливання. Одночасно відбувається розсіювання енергії внаслідок дії сил зовнішнього та внутрішнього тертя. Маятникові ударні віброгасії використовуються для гасіння коливань частотою 0,4-2 Гц, пружинні – 2-10 Гц, плаваючі – понад 10 Гц.

Віброгасії камерного типу призначені для перетворення пульсуючого потоку газу в рівномірний. Такі віброгасії встановлюються на всмоктувальній та нагнітальній сторонах компресорів, на гідроприводах. Вони забезпечують значне зниження рівня вібрацій трубо- та газопроводів.

Динамічне віброгасіння досягається також встановленням агрегату на масивному фундаменті. Маса фундаменту підбирається таким чином, щоб амплітуда коливань підоснови фундаменту не перевищувала 0,1-0,2 мм.

Віброізоляція полягає у зниженні передачі коливань від джерела збудження до об'єкта, що захищається, шляхом введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку. Цей зв'язок запобігає передачі енергії від коливного агрегату до основи або від коливної основи до людини або до конструкцій, що захищаються.

Віброізоляція реалізується шляхом встановлення джерела вібрації на віброізоляторах. В комунікаціях повітропроводів розташовуються гнучкі вставки. Застосовуються пружні прокладки у вузлах кріплення повітропроводів, в перекриттях, несучих конструкціях будівель, в ручному механізованому інструменті.

Для віброізоляції стаціонарних машин з вертикальною змущувальною силою використовують віброізолювальні опори у вигляді прокладок або пружин. Однак можлива їх комбінація. Комбінований віброізолятор поєднує пружинний віброізолятор з пружною прокладкою. Пружинний віброізолятор пропускає високочастотні коливання, а комбінований забезпечує необхідну ширину діапазону коливань, що

гасяться. Пружні елементи можуть бути металевими, полімерними, волокнистими, пневматичними, гідравлічними, електромагнітними.

Засоби індивідуального захисту від вібрації застосовуються у випадку, коли розглянуті вище технічні засоби не дозволяють знизити рівень вібрації до норми. Для захисту рук використовуються рукавиці, вкладиші, прокладки. Для захисту ніг – спеціальне взуття, підметки, наколінники. Для захисту тіла – нагрудники, пояси, спеціальні костюми.

4.3.3 Застосовувані в електроустановках захисні заходи умовно можна поділити на дві групи: ті, що забезпечують безпеку при нормальному режимі роботи електроустановок і ті, що забезпечують безпеку при аварійному режимі роботи.

Електрична ізоляція – це шар діелектрика або конструкція, виконана з діелектрика, котрим вкривається поверхня струмоведучих частин, або котрим струмоведучі частини відділяються одна від одної. Ізоляція запобігає протіканню струмів через неї завдяки великому опору.

Для захисту від ураження при дотику до струмоведучих частин одним із засобів забезпечення безпеки є стаціонарні огорожувальні пристрої. Вони поділяються на суцільні та сітчасті. Суцільні огороження у вигляді кожухів та кришок застосовуються в електроустановках напругою до 1000 В. Сітчасті огороження мають двері, котрі закриваються на замок. До огорожувальних пристроїв відносять також тимчасові переносні огороження (щити, ізолюючі накладки, ізолюючі ковпаки, тимчасові переносні заземлення). Огороження обладнуються кришками або дверима, що закриваються на замок або обладнаними блокуваннями.

Блокуванням називається автоматичний пристрій, за допомогою якого запобігають неправильним, небезпечним для людини діям. Робочими елементами блокування можуть бути механічні пристрої, заціпки, фігурні вирізи (механічне блокування), блок-контакти, котрі діють на розрив електричної ланки (електричне блокування), а також електромагнітне блокування.

Електричне блокування дозволяє вимикати напругу при відкриванні дверей огорожень, дверей корпусів та кожухів або при знятті кришок. При електричному

блокуванні блокувальні контакти, заблоковані з дверима або кришкою, при відкритті дверей або знятті кришки розмикають ланку живлення котушки магнітного пускача. За такої схеми обрив ланки управління та випадкове відкривання дверей не являє небезпеки, оскільки електроустановка буде знеструмленою.

Розташування струмоведучих частин на недосяжній висоті або в недоступному місці забезпечує безпеку без огорожень та блокувань. Вибираючи висоту підвішування, слід враховувати можливість ненавмисного дотику до частин, що перебувають під напругою, довгими металевими предметами. Висота підвішування проводів повітряних ліній електропередачі залежить від напруги та місця проходження лінії.

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею або з її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, котрі можуть опинитись під напругою. Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні на корпус

Занулення – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, котрі можуть опинитися під напругою. Це основний засіб захисту від ураження людей струмом у випадку дотику до корпусу електрообладнання та до металевих конструкцій, котрі опинились під напругою внаслідок пошкодження ізоляції або однофазного короткого замикання в електроустановках напругою до 1000 В в мережі із заземленою нейтраллю. Призначення занулення таке ж, як і заземлення: усунути небезпеку ураження людей струмом при пробиванні фази на корпус.

Захисне вимкнення – це швидкодіючий захист, котрий забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні небезпеки ураження струмом. Небезпека ураження може виникнути і при замиканні фази на корпус електрообладнання при зниженні опору ізоляції фаз відносно землі нижче певної межі внаслідок пошкодження ізоляції, замикання фаз на землю, при появі в мережі більш високої напруги, внаслідок замикання в трансформаторі між обмотками вищої і ниж-

чої напруги, при випадковому дотику людини до струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою. В цих випадках відбувається зміна електричних параметрів електроустановки та мережі. Зміна цих параметрів до певної межі, при котрій виникає небезпека ураження людини електричним струмом, може стати сигналом, котрий викликає спрацювання пристрою захисного вимкнення, тобто автоматичне вимкнення пошкодженої установки.

Електрозахисні засоби – це переносні засоби, призначені для захисту людей, котрі працюють з електроустановками, від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги та електромагнітного поля. За призначенням електрозахисних засобів умовно поділяють на ізолювальні, огорожувальні та допоміжні.

Ізолювальні електрозахисні засоби призначені для ізоляції людини від частин електрообладнання, котрі знаходяться під напругою, а також від землі. До них відносяться: ізолювальні та вимірювальні штанги, штанги для накладання тимчасових переносних заземлень; ізолювальні та електровимірювальні кліщі; покажчики напруги; ізольовані ручки монтерського інструменту; діелектричні рукавиці, боти та калоші; гумові килимки, доріжки, підставки; ізолювальні ковпаки та накладки; ізолювальні драбини.

Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні. Основними називають такі ізолювальні електрозахисні засоби, ізоляція котрих надійно витримує робочу напругу електроустановки і за допомогою котрих дозволяється доторкнутись до струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою. Додатковими називають такі ізолювальні електрозахисні засоби, котрі самі не можуть забезпечити безпеку персоналу при даній напрузі електроустановки і є додатковим захисним заходом до основних ізолювальних електрозахисних засобів.

Огорожувальні електрозахисні засоби призначені для тимчасового огороження струмоведучих частин обладнання. До них відносяться переносні огороження (ширми, бар'єри, щити, клітки), а також тимчасові переносні заземлення. Умовно до них відносять і переносні попереджувальні плакати.

Допоміжні захисні засоби призначені для захисту персоналу від падіння з висоти (запобіжні пояси та страхувальні канати), для безпечного підймання на висоту (драбини, кігті), а також для захисту від світлового, теплового, механічного та хімічного впливів (захисні окуляри, протигази, рукавиці, спецодяг).

4.3.4 Для зменшення впливу ЕМП на персонал та населення, яке знаходиться у зоні дії радіоелектронних засобів, потрібно вжити ряд захисних заходів. До їх числа входять організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Здійснення організаційних та інженерно-технічних заходів покладено передусім на органи санітарного нагляду. Вони проводять поточний санітарний нагляд за об'єктами, які використовують джерела випромінювання, здійснюють організаційно-методичну роботу з підготовки спеціалістів та інженерно-технічний нагляд.

Ще на стадії проектування повинне бути забезпечене таке взаємне розташування опромінюючих та опромінюваних об'єктів, яке б зводило до мінімуму інтенсивність опромінення. Оскільки повністю уникнути опромінення неможливо, потрібно зменшити ймовірність проникнення людей у зони з високою інтенсивністю ЕМП, скоротити час перебування під опроміненням. Потужність джерел випромінювання мусить бути мінімально потрібною.

Виключно важливе значення мають інженерно-технічні методи та засоби захисту: колективний, локальний та індивідуальний. Колективний захист спирається на розрахунок поширення радіохвиль в умовах конкретного рельєфу місцевості. Економічно найдоцільніше використовувати природні екрани – складки місцевості, лісонасадження.

До інженерно-технічних засобів захисту також належать:

- конструктивна можливість працювати на зниженій потужності у процесі налагоджування, регулювання та профілактики;
- робота на еквівалент налагоджування;
- дистанційне керування.

Локальний захист дуже ефективний і використовується часто. Він базується на використанні радіозахисних матеріалів, які забезпечують високе поглинання

енергії випромінювання у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві листи та сітки з доброю провідністю. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки обклеюванню стін металізованими шпалерами, захисту вікон сітками, металізованими шторами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але віддзеркалене від екранів випромінювання перерозповсюджується у просторі та потрапляє на інші об'єкти.

Для персоналу, що обслуговує устаткування з ЕМП та знаходиться на невеликій відстані від нього, потрібно забезпечити надійний захист шляхом екранування апаратури. Поряд із віддзеркалюючими широко розповсюджені екрани із матеріалів, що поглинають випромінювання.

Існує велика кількість радіопоглинальних матеріалів як однорідного складу, так і композиційних, котрі складаються з різнорідних діелектричних та магнітних речовин. З метою підвищення ефективності поглинача поверхня екрана виготовляється шорсткою, ребристою або у вигляді шипів.

Засоби індивідуального захисту використовують лише у тих випадках, коли інші захисні заходи неможливо застосувати або вони недостатньо ефективні: при переході через зони збільшеної інтенсивності випромінювання, при ремонтних та налагоджувальних роботах у аварійних ситуаціях, під час короткочасного контролю та при зміні інтенсивності опромінення. Такі засоби незручні в експлуатації, обмежують можливість виконання робочих операцій, погіршують гігієнічні умови.

Для захисту тіла використовується одяг із металізованих тканин та радіопоглинаючих матеріалів. Металізована тканина складається із бавовняних чи капронових ниток, спіральне обвитих металевим дротом. Таким чином, ця тканина, мов металева сітка (при віддалі між нитками до 0,5 мм) послаблює випромінювання не менш, як на 20-30 дБ. При зшиванні деталей захисного одягу потрібно забезпечити контакт ізольованих провідників. Тому електрогерметизація швів проводиться електропровідними розчинами чи клеями, які забезпечують гальванічний контакт або збільшують ємнісний зв'язок проводів, котрі не контактують.

Очі захищають спеціальними окулярами зі скла з нанесеною на внутрішній бік провідною плівкою двоокису олова. Гумова оправка окулярів має запресовану металеву сітку або обклеєна металізованою тканиною. Цими окулярами випромінювання НВЧ послаблюється на 20-30 дБ.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи, згідно поставлених завдань, розглянуто склад та компоновку бурової установки. Встановлено, що бурова установка складається з комплексу споруд і механізмів для утримання на вазі бурильної колони, її подачі, спуску, підйому і нарощування, комплексу устаткування для забезпечення циркуляції бурового розчину в свердловині, його очищення від вибуреної породи і газу, відновлення його властивостей, а також устаткування для обертання бурильної колони. Незалежно від способу буріння для виконання всіх операцій основна схема бурової установки і склад її устаткування майже у всіх випадках однакові і розрізняються тільки параметрами і конструкцією.

До головних механізмів бурових установок відносяться бурові насоси, ротор і бурова лебідка. Привод ротора призначений для приведення в обертання колони бурильних труб. Аналіз вимог до електропривода ротора показав, що рекомендується застосовувати: для установок глибокого і надглибокого буріння – глибоко регульований електропривод ротора; для інших бурових установок – нерегульований електропривод із ступінчастою зміною частоти обертання ротора за допомогою механічної коробки передач.

В роботі наведено технічні характеристики бурової установки БУ 3200/200ЭУК-2М2. Бурова установка з електричним приводом БУ3200/200ЭУК-2М2 з навантаженням, що допускається, на гак 2000 кН призначена для буріння експлуатаційних і розвідувальних свердловин на нафту і газ умовною глибиною 3200 м.

Автоматизований електропривод ротора бурової установки забезпечує обертання виконавчого органа з заданою швидкістю шляхом керування швидкістю обертання асинхронного двигуна. Електропривод має канал зворотного негативного зв'язку за швидкістю у системі ПЧ – АД з частотно-струмовим керуванням. Відомі позитивні властивості асинхронного двигуна при його живленні від перетворювача частоти з частотно-струмовим керуванням:

- незалежність електромагнітного моменту двигуна від частоти;

- можливість при заданому струмі статора і абсолютному ковзанні, рівному критичному, забезпечити більший момент, ніж при живленні від джерела напруги.

При обґрунтуванні вибору елементів автоматизованого електропривода ротора бурової установки, згідно завданню до роботи, в якості перетворювача частоти застосовано перетворювач частоти ПЧИТ-К-630/0,66. Перетворювач виконаний на базі програмованих мікропроцесорних контролерів, завдяки чому має ряд наступних позитивних якостей:

- зростання надійності перетворювача частоти завдяки програмованим контролерам;
- програмовані контролери виконані на елементах з великою ступеню інтеграції, що на порядок зменшує кількість міжелементних електричних з'єднань і місць пайки, які є головною причиною відмов електронних пристроїв;
- зростання продуктивності буріння за рахунок оптимального керування приводом;
- спрощення обслуговування: перетворювач складається з окремих модулів, які при виходу з ладу замінюються на справні, що дуже скорочує час ремонту.

Керування перетворювачем частоти здійснюється як по місцю, з пульта керування встановленого на шафі перетворювача частоти, так і дистанційно, за допомогою послідовного інтерфейсного зв'язку RS-485 від автоматизованої системи керування верхнього рівня (пульт оператора бурової установки).

Оскільки при стабілізації швидкості система працює в малих відхиленнях щодо робочої точки стабілізації, при математичному описі асинхронного двигуна в роботі використано його лінійну модель. При вирішенні завдання синтезу регулятора для автоматизованого електропривода, з умов забезпечення бажаного/необхідного перехідного процесу, в роботі виконано налаштування на симетричний оптимум.

В роботі розглянуто динаміку моделі автоматизованого електропривода за допомогою програмного пакету MATLAB. Отримано перехідні характеристики.

Аналіз результатів дослідження якості показав, що автоматизований електропривод має динамічні показники, які цілком задовольняють сформульованим у завданні вимогам: $\sigma=29,3\%$ (≤ 30), $t_{\Pi}=6,24\text{ с}$ (≤ 7).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Бурение нефтяных и газовых скважин: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 632 с.
2. Булатов А.И., Проселков Ю.М., Шаманов С.А. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учеб. для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 1007 с.
3. Калинин А.Г., Левицкий А.З., Никитин Б.А. Технология бурения разведочных скважин на нефть и газ: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1998. – 441с.
4. Меньшов Б.Г., Ершов М.С., Яризов А.Д. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности: Учеб. для вузов. – М.: ОАО Издательство «Недра», 2000. – 487 с.
5. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 3-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.
6. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование / Коллектив авторов; под общей редакцией А.М. Гусмана и К.П. Порожского: Научное издание. Екатеринбург: УГГГА, 2002. – 592 с.
7. Муравенко В.А., Муравенко А.Д., Муравенко В.А. Буровые машины и механизмы. Том 1. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 520 с.
8. Абубакиров В.Ф., Архангельский В.Л., Буримов Ю.Г., Малкин И.Б., Межлумов А.О., Мороз Е.П. Буровое оборудование: Справочник: В 2 – х т. – М.: Недра, 2000. – 272 с.
9. Ильский А.Л., Миронов Ю.В., Чернобыльский А.Г. Расчет и конструирование бурового оборудования. Учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1985. – 452 с.

10. Баграмов Р.А. Буровые машины и комплексы: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988. – 501 с.
11. Блантер С.Г., Суд И.И. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. И доп. М.: Недра, 1980. – 478с .
12. Алексеев В.В. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования: Учеб. пособие / В.В. Алексеев, А.Е. Козярук, Э.А. Загривный. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2006. – 58 с.
13. Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела. Учебник для вузов: – Уфа.: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001. – 544 с.
14. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Підручник. – Вид. 5-те, доповнене. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.
15. Иванова М.М., Чоловский И.П., Брагин Ю.И. Нефтегазопромысловая геология: Учеб. для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 414 с.
16. Парфенов А. Н. Автоматизированный электропривод в нефтяной промышленности. Учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1982. – 224 с.
17. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. Учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 266 с.
18. Терехов В.М., Осипов О.И. Система управления электроприводов. Учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 301 с.
19. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.
20. Кацман М.М. Справочник по электрическим машинам: Учеб. пособие для студ. / Марк Михайлович Кацман. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.

ДОДАТОК А

Мультимедійна презентація

Кінематична схема ротора бурової установки БУ 3200/2000ЭУК-2М2

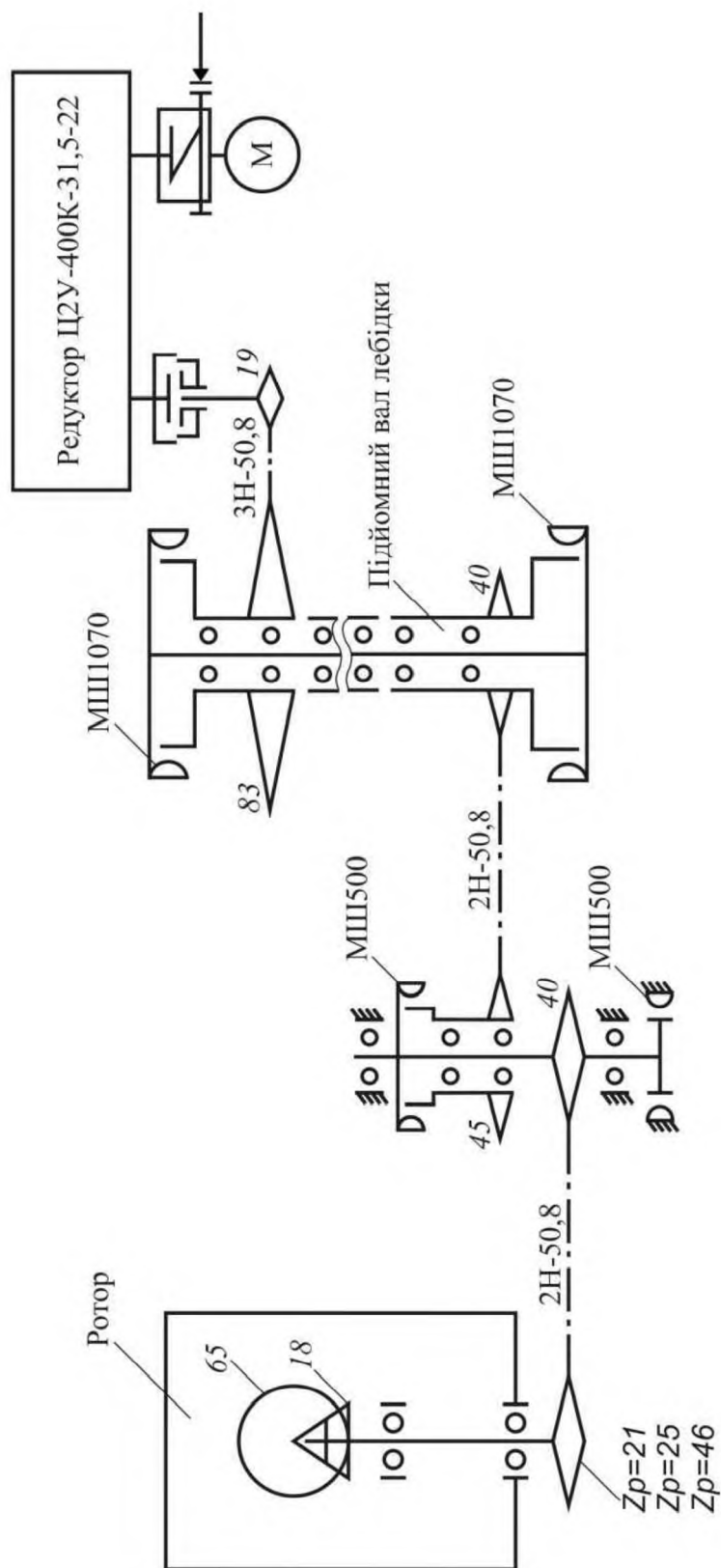


Рисунок А.1 – Слайд 1 мультимедійної презентації

Функціональна схема автоматизованого електропривода

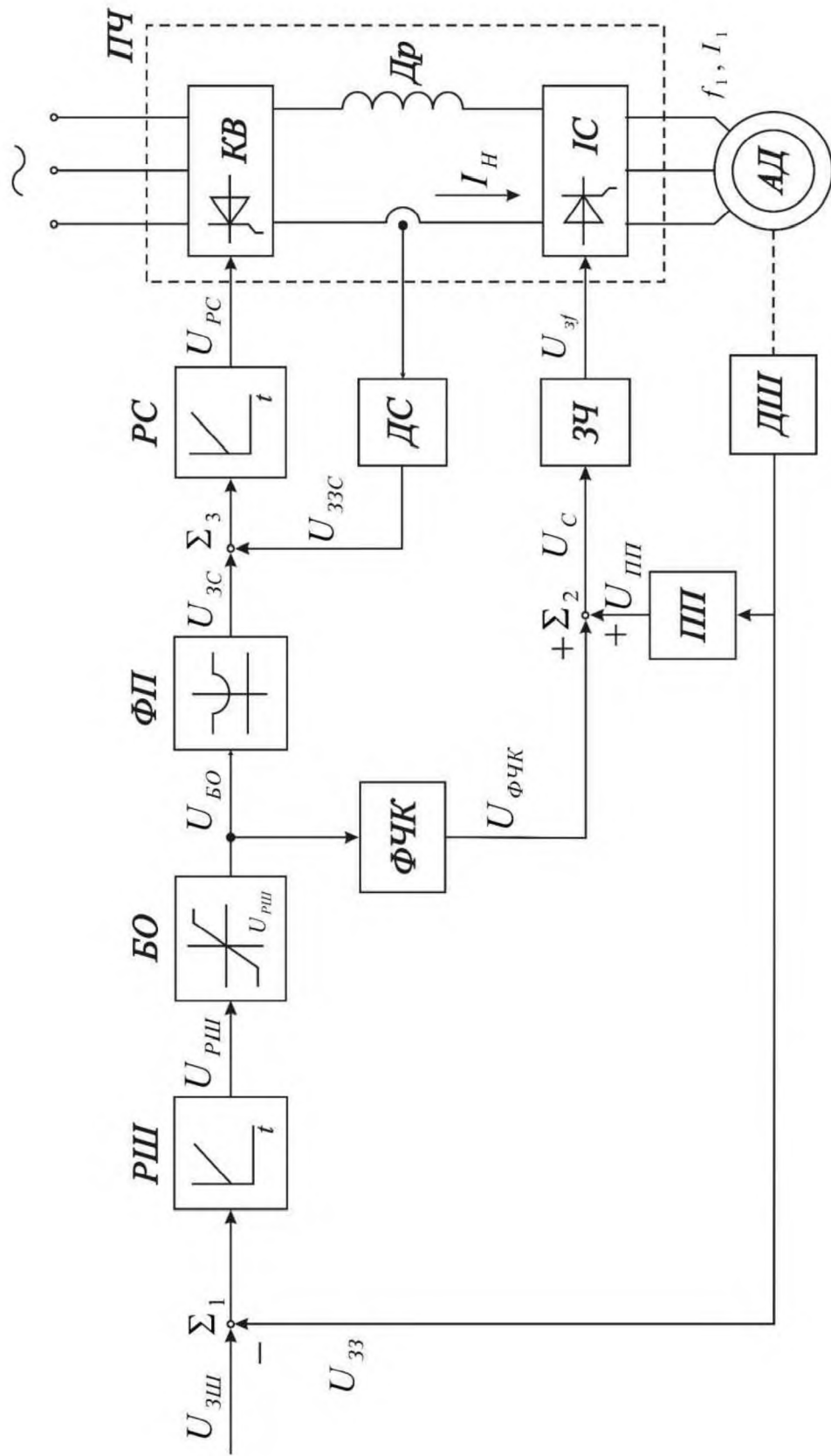
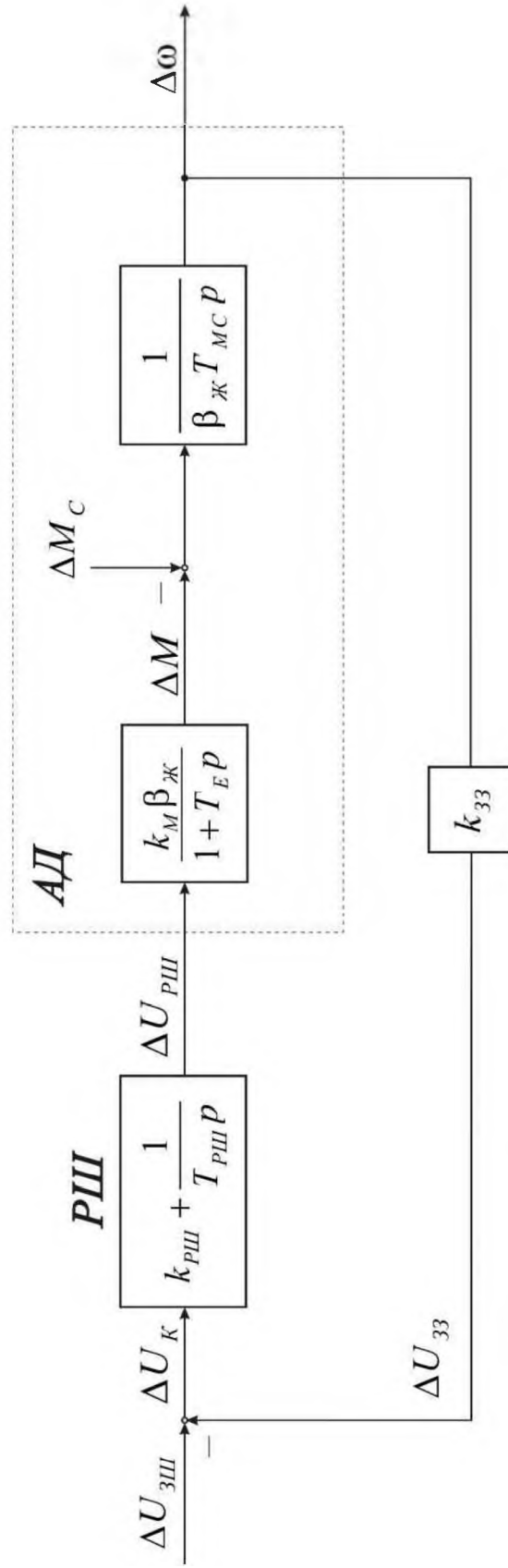


Рисунок А.2 – Слайд 2 мультимедійної презентації

Структурна схема автоматизованого електропривода



Модель автоматизованого електропривода в MATLAB

Рисунок А.3 – Слайд 3 мультимедійної презентації

Дослідження динаміки автоматизованого електропривода

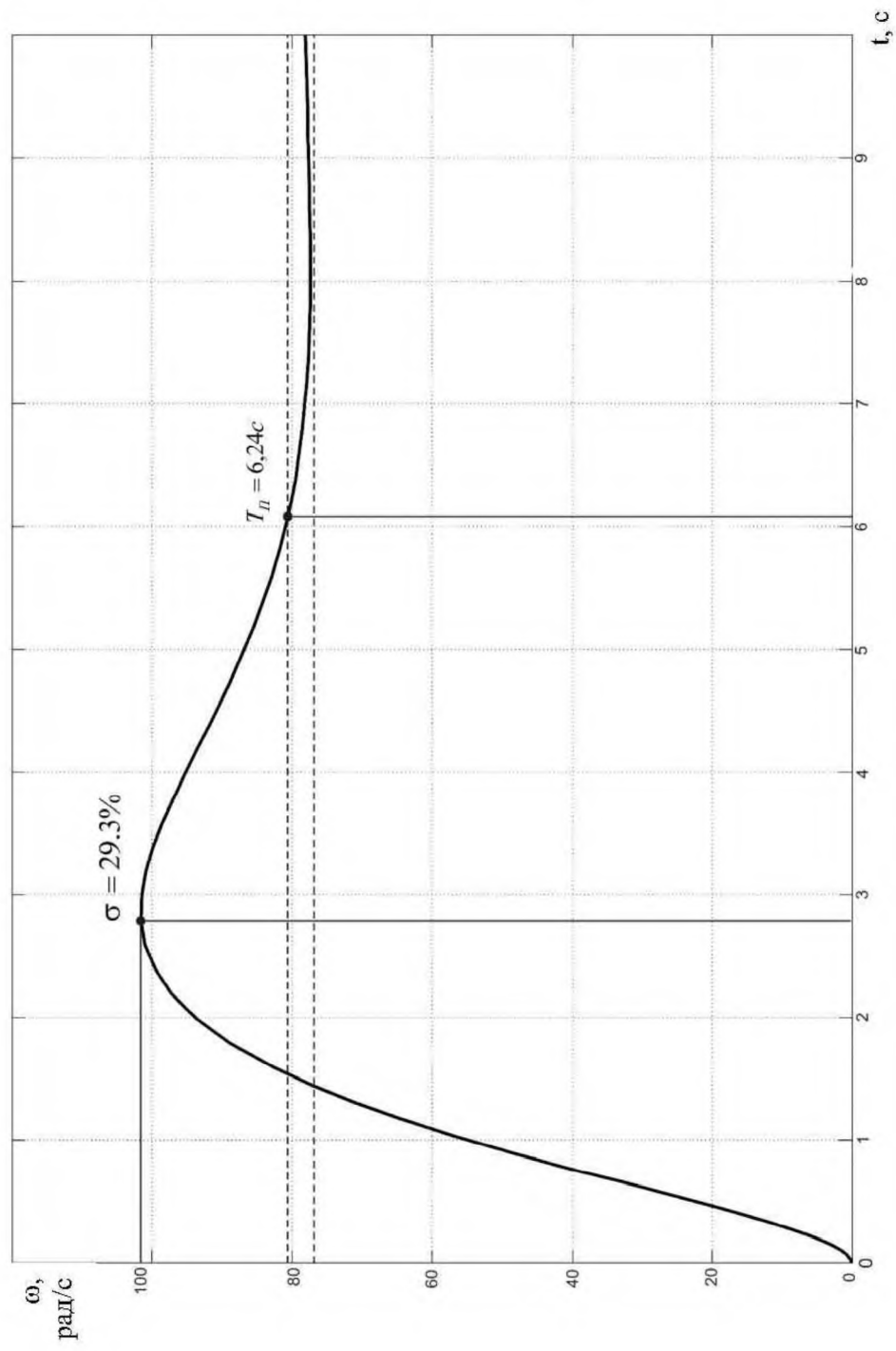


Рисунок А.4 – Слайд 4 мультимедійної презентації