

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Кафедра _____ АМтаЕТ _____

До захисту допущено
Завідувач кафедри

(підпис)

_____ д.т.н., професор Канюк Г.І.
 (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

рівень вищої освіти _____ магістр _____

спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
 робототехніка

освітньо-професійна програма _____

тема «Удосконалення системи автоматичного моніторингу та прогнозування
 аварійних ситуацій на технологічних об'єктах»

Виконав (ла)

студент (ка) групи ДЕА-23мг _____
 (шифр групи)

_____ **ЧИГРІН Сергій В'ячеславович**
 (ім'я, прізвище)

Керівник роботи

_____ к.т.н., Близниченко О.М.
 (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

Рецензент роботи

_____ к.т.н., Буданов П.Ф.
 (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

Консультант

_____ (назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій роботі
 немає цитат та вилучень з
 праць інших авторів без відповідних
 посилань
 студент(ка) _____

(підпис)

Харків – 2024

**Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна**

Кафедра АМтаЕТ
Спеціальність 174
Освітньо-професійна програма магістр

Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор Канюк Г.І. _____
(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« » 20 p.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
рівня вищої освіти

студенту (ці) ЧИГРІН Сергій В'ячеславович
(ім'я, прізвище)

1. Тема _____ Удосконалення системи автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах

затверджена наказом по академії № 4801-5/3704 від «21» 11 2024р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 28 » 11 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Існуючі системи автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах та їх конструкції, методи керування, математичні моделі

4. Зміст роботи (перелік питань, які належить розробити):

— Аналіз сучасних систем автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах, аналіз недоліків та переваг існуючих систем керування. Дослідження режимів роботи систем автоматичного моніторингу та прогнозування, дослідження перспективних напрямків розвитку, висновки

5.Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):

Актуальність теми, існуючі системи автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах, недоліки та переваги систем керування, порівняльний аналіз систем керування, висновки.

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання «_14_» _09_ 2024 __р.

Керівник


 (підпис)
Близниченко О.М.
(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання


 (підпис)

Чигрін С.В.

(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання кваліфікаційної роботи

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналіз існуючих систем керування	14.10-28.10	виконано
2	Аналіз характеристик систем керування в різних режимах роботи	28.10-05.11	виконано
3	Порівняльний аналіз	05.11-14.11	виконано
4	Експериментальні дослідження	14.11-28.11	виконано
5	Висновки	28.11	виконано

Студент (ка)


 (підпис)

Чигрін С.В.

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль


 (підпис)

Ключка Є.П.

(ім'я, прізвище)

Зміст

Вступ	7
1. Дослідження асинхронних двигунів в нафтогазовій промисловості	9
2. Сучасні концепції прогнозування несправностей двигуна	10
3. Аналіз математичної моделі асинхронних двигунів	11
3.1. Трифазна математична модель асинхронного двигуна	11
3.1.1. Математичні вирази для трифазної динамічної моделі асинхронного двигуна	11
4. Імітаційне моделювання у програмі Simiulink у MATLAB	17
4.1. Побудова моделі Simulink	17
5. Попередня обробка даних для досліджень щодо виявлення несправностей двигуна	21
5.1. Попередній вибір даних	21
5.2. Очищення даних	22
5.3. Інтеграція даних	22
5.4. Перетворення даних	22
5.5. Аналіз помилок прогнозування	23
6. Алгоритми штучних нейронних мереж	26
6.1. Процес реалізації коду Matlab моделі виявлення несправності двигуна за допомогою нейронної мережі BP	26
6.2. Процес реалізації коду Matlab для виявлення несправностей двигуна на моделі екстремального машини	30

7. Поліпшення граничної навчальної машини на основі алгоритму рою частинок для короткострокового прогнозування електричного навантаження.	36
7.1. Аналіз прикладів	36
7.2. Приклади розрахунків	37
8. Ресурсоефективність та ресурсозбереження.....	40
8.1. Оцінка комерційного потенціалу та перспективності проведення наукових досліджень з позиції ресурсоефективності та ресурсозбереження.....	40
8.1.1. Потенційні споживачі результатів дослідження.....	40
8.1.2. Аналіз конкурентних технічних рішень	40
8.1.3. SWOT – аналіз	42
8.2. Визначення можливих альтернатив проведення наукових досліджень...	59
8.3. Планування науково-дослідних робіт.....	60
8.3.1 Структура робіт у рамках наукового дослідження.....	60
8.3.2. Визначення трудомісткості виконання робіт	60
8.3.3. Розробка графіка проведення наукового дослідження	62
8.4. Бюджет науково-технічного дослідження.....	62
8.4.1. Додаткова заробітна плата виконавчої	63
8.4.2. Відрахування до позабюджетних фондів (страхові відрахування).....	64
8.4.3. Формування бюджету витрат науково-дослідного проекту	64
8.4.4. Визначення ресурсної (ресурсозберігаючої), фінансової ефективності дослідження	65

9. Охорона праці і навколишнього середовища	67
9.1. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки	67
9.2. Виробнича безпека під час експлуатації.....	67
9.2.1. Підвищений рівень шуму на робочому місці.....	69
9.2.2. Аналіз освітленості робочої зони	70
9.2.3. Аналіз показників мікроклімату	72
9.2.4. Монотонність праці, що викликає монотонію	73
9.2.5. Тривале зосереджене спостереження.....	73
9.2.6. Аналіз електробезпеки.....	74
Висновки.....	76

Вступ

Як найбільш поширений приводний пристрій у виробничому житті, асинхронні двигуни відіграють важливу роль завдяки своїм компактним розмірам, низькій вартості і простоті регулювання швидкості. Якщо асинхронний двигун виходить з ладу, це може вплинути на загальну ефективність виробництва, знизити виробничі потужності, призвести до економічних втрат або, у серйозних випадках, спричинити нещасний випадок, призвести до травм або смерті. Для забезпечення безпеки та ефективності процесу приводу початкові проблеми в роботі асинхронних двигунів повинні бути виявлені якомога раніше без впливу на нормальне виробництво, щоб мінімізувати наслідки несправностей, тому важливо відстежувати несправності асинхронних двигунів у режимі онлайн. Дана робота присвячена пошуку даних про несправності двигунів та досліджує різні методи машинного навчання, включаючи нейронні мережі, та їх застосування в галузі моніторингу несправностей двигунів.

У цій роботі розглядається розвиток досліджень у галузі виявлення несправностей електродвигунів на основі нейронних мереж до теперішнього часу, серед різних методів виявлення несправностей електродвигунів, алгоритм нейронної мережі BP та алгоритм граничної навчальної машини отримали більше визнання, і висновок про те, що алгоритм граничної навчальної машини перевищує алгоритм нейронної мережі BP у всіх аспектах, досягається шляхом аналізу порівняння прикладів, а потім для випадкової генерації граничної навчальної машини, знайденої в аналізі прикладів та принциповому планувальнику. Потім вирішується проблема низької волатильності результатів прогнозування через параметри ініціалізації для стимулювання граничної навчальної машини, і пропонується покращена модель граничної навчальної машини на основі оптимізації рою частинок. Ефективність моделі також перевіряється за допомогою порівняльного аналізу прикладів. Запропонований метод складається з трьох етапів: побудова набору зразків, навчання моделі, оптимізація параметрів та тестування моделі: по-перше, зібрані сигнали двигуна піддаються попередньої обробки даних, такої як очищення даних, інтеграція даних та варіація даних нормалізація даних, і набір зразків ділиться на навчальний набір

та тестовий набір відповідно до певного співвідношення; по-друге, навчальний набір вводиться, коефіцієнт помилок використовується в якості ступеня адаптації, і алгоритм методу рою частинок використовується для моделі граничної навчальної машини. Результати експерименту показують, що точність запропонованого методу досягає 96,24%, що підтверджує ефективність запропонованого методу.

Об'єктом дослідження є прогнозування аварій на технологічних об'єктах видобутку нафти та газу.

Метою даної є розробка процедури прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах видобутку нафти і газу.

У процесі дослідження я представив такий же широкий спектр застосування в нафтогазовій промисловості, аналізуємо та перевіряємо їх, побудувавши на основі математичної моделі в MATLAB математичну модель трифазного асинхронного двигуна. Нейронна мережа навчається на основі експериментальних даних, дані з тестової та навчальної множини порівнюються, і модель постійно оптимізується, щоб розробити програму для прогнозування роботи трьох асинхронних двигунів і тим самим уникнути подальших промислових небезпек. При проведенні остаточної валідації використовувалися Office 365.

В результаті дослідження я отримав надійну модель, змодельовав її в симуляції та постійно змінював дані через навчання нейронної мережі, щоб отримати надійну процедуру прогнозування.

Область застосування: нафтогазова промисловість.

Економічна ефективність/значимість роботи: жна може певною мірою знизити економічні втрати та збитки підприємства, а також відіграє роль у захисті природного середовища, дозволяючи уникнути багатьох непотрібних витрат, і тому має гарні економічні переваги.

Ключові слова: трифазний асинхронний двигун; нафта та газ; моделювання в MATLAB; виявлення несправностей двигуна; нейронна мережа BP; прогнозування несправностей

1. Дослідження асинхронних двигунів в нафтогазовій промисловості

Асинхронний двигун, також відомий як асинхронний двигун, скорочено ІМ або АСІМ, - це тип двигуна змінного струму, в якому обмотка статора використовує електромагнітну індукцію для створення струму в роторі, що дозволяє двигуну створювати крутний момент. і з короткозамкненим ротором, залежно від форми обмотки ротора. Дротові типи - це все трифазні двигуни, в той час як короткозамкнуті типи можуть бути як трифазними, так і однофазними.

Трифазний асинхронний двигун - це силовий пристрій, що перетворює електричну енергію на механічну для забезпечення виробничих механізмів різними рухами. Його потужність варіюється від декількох ват до десятків тисяч кіловат, він використовується в різних галузях промисловості, таких як машинобудування, металургія, вугільна, нафтова і хімічна промисловість. Трифазний асинхронний двигун живиться від трифазного ланцюга і, оскільки він не вимагає пускового ланцюга, надійний і недорогий, в основному використовується в тих областях, де потрібна потужність для виїмки ґрунту та транспортування рідини, таких як верстати, мале та середнє сталепрокатне обладнання, вентилятори, насоси, обладнання легкої промисловості, металургія та гірниче обладнання. Вони широко використовуються в хімічній промисловості, логістиці та машинобудуванні. Асинхронний двигун із короткозамкненим ротором є основним типом двигуна. Однофазні асинхронні двигуни в основному використовуються в додатках з невеликим навантаженням, електричних вентиляторів, пральних машин, холодильників, кондиціонерів та інших побутових приладах.

У нафтогазовій промисловості трифазні асинхронні двигуни в основному використовуються для приводу різного промислового обладнання, наприклад, може використовуватися для приводу насосів, вентиляторів, компресорів, вібраторів, бурових установок, нафтоперекачувальних машин і т.д. Вибір двигунів здійснюється звичайним чином, з урахуванням правил вибухо- та пожежонебезпечності відповідно до стандарту вітроенергетики та вимог Гірської інспекції. Вибір електродвигунів для бурових та насосних установок має певні особливості.

2. Сучасні концепції прогнозування несправностей двигуна

Діагностика несправностей - це метод розуміння та розуміння стану машини під час роботи, визначення її загального чи локального нормального чи ненормального стану, виявлення несправностей та їх причин на ранній стадії, а також прогнозування тенденції розвитку несправностей. Основними методами діагностики є моніторинголії,моніторингвібрації,моніторингшуму, аналізтенденцій продуктивності і неруйнівний контроль. Діагностика несправності системи полягає у винесенні судження про стан роботи системи та ненормальної ситуації, а також у забезпеченні основи для відновлення несправності системи на основі винесеного судження.

У контексті сучасних технологій надійність систем зростає із застосуванням концепцій безпеки та високотехнологічних технологій, тому дані про відмови обладнання важко отримати за короткий проміжок часу, що ускладнює прогнозування відмов на основі традиційних методів надійності. У той же час застосування технології датчиків, методів збору даних та баз даних дозволило накопичити велику кількість даних про характеристики стану для управління здоров'ям двигуна, і стало тенденцією аналізувати та прогнозувати надійність систем двигуна та деградацію відмов на основі таких даних про деградацію характеристик.

Існує безліч методів, які можуть бути використані для прогнозування несправностей двигунів. Наприклад, нейронна мережа ВР і нечітке управління об'єднані та застосовуються для прогнозування несправностей двигуна. якості змінних моніторингу та фазифікації, нечіткого висновку та нефазифікації з апріорними знаннями. Після аналізу відповідних статей та експериментів було доведено, що побудована модель прогнозування може ефективно передбачати типові несправності двигуна.

3. Аналіз математичної моделі асинхронних двигунів

3.1. Трифазна математична модель асинхронного двигуна

Тому для простоти ми робимо такі припущення, нехтуючи просторовими гармоніками, магнітний потенціал,

створюваний трифазною обмоткою, розподіляється вздовж повітряного зазору за синусоїдальним законом.

Ігнорування насичення магнітного ланцюга, само- та взаємодуктивність кожної обмотки постійна Ігнорування втрат у сердечнику.

Вплив зміни частоти та температури на опір обмотки не враховується.

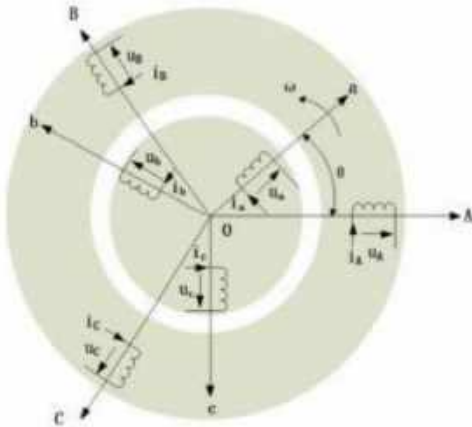


Рисунок 1—Фізична модель трифазного асинхронного двигуна

Модель показана на рис 1. Асинхронні двигуни з дротяною обмоткою та сепаратором можуть бути прирівняні до трифазних з намотаним ротора і перетворюється на бік статора, при цьому перетворені обмотки статора та ротора мають однакове число витків.

Осі трифазних обмоток статора A, B та C фіксовані в просторі. Осі обмоток ротора a, b і c обертаються разом із ротором.

3.1.1. Математичні вирази для трифазної динамічної моделі асинхронного двигуна

Динамічна модель асинхронного двигуна складається з рівняння ланцюга,

рівняння напруги, рівняння моменту та рівняння руху, де рівняння ланцюга та рівняння моменту – алгебраїчні рівняння, а рівняння напруги та рівняння руху – диференціальні рівняння.

Рівняння магнітного ланцюга

Магнітний ланцюг кожної обмотки асинхронного двигуна є сумою власної самоіндукції магнітного ланцюга і взаємної індукції інших обмоток на ній, це можна виразити у вигляді наступної матриці:

$$\begin{bmatrix} \Psi_A \\ \Psi_B \\ \Psi_C \\ \Psi_a \\ \Psi_b \\ \Psi_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_A & L_{AA} & L_{AB} & L_{AC} & L_{Aa} & L_{Ab} & L_{Ac} \\ w_B & L_{BA} & L_{BB} & L_{BC} & L_{Ba} & L_{Bb} & L_{Bc} \\ w_C & L_{CA} & L_{CB} & L_{CC} & L_{Ca} & L_{Cb} & L_{Cc} \\ w_a & L_{aA} & L_{aB} & L_{aC} & L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} \\ w_b & L_{bA} & L_{bB} & L_{bC} & L_{ba} & L_{bb} & L_{bc} \\ w_c & L_{cA} & L_{cB} & L_{cC} & L_{ca} & L_{cb} & L_{cc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \\ i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

Приклад матричного рівняння $w_A = L_{AA} i_A + L_{AB} i_B + L_{AC} i_C + L_{Aa} i_a + L_{Ab} i_b + L_{Ac} i_c$ де верхній регістр - статор, нижній - ротор. Діагональна лінія – самоіндукція, а решта – взаємна індуктивність між відповідними обмотками.

Наприклад, w_A - повний магнітний ланцюг обмотки статора фази A, i_a - миттєве значення струму ротора фази a, а L_{CC} - самоіндукція статора фази

C. Напруга мережі на статорі така сама, як і на роторі. Таким чином, самоіндукція має:

Кожна фаза статора є самовідчувальною як:

$$L_{AA} = L_{BB} = L_{CC} = L_{ms} + L_{ls} \quad (1)$$

Самоіндукція кожної фази ротора становить:

$$L_{aa} = L_{bb} = L_{cc} = L_{mr} + L_{lr} \quad (2)$$

(L_{ms} - максимальний потік взаємної індуктивності кожної фази поперечної ланцюга обмотки статора, відповідний взаємної індуктивності статора, маємо $L_{ms} = L_{mr}$, L_{ls} – потік витоку статора, L_{lr} – потік витоку ротора).

Взаємна індуктивність далі поділяється на дві категорії:

Тип I: Різниця фаз у просторі між осями трьох фазних обмоток становить $\pm 120^\circ$

, у припущенні, що магнітний потенціал розподілений уздовж повітряного зазору за синусоїдальним законом, як і в рівняннях 3 і 4:

$$L_{AB} = L_{BC} = L_{CA} = L_{BA} = L_{CB} = L_{AC} = -1/2 L_{ms} \quad (3)$$

$$L_{ab} = L_{bc} = L_{ca} = L_{ba} = L_{cb} = L_{ac} = -1/2 L_{ms} \quad (4)$$

Негативне значення взаємної індуктивності означає, що ланцюг взаємної індуктивності діє слабкий магніт.

Тип II: Взаємна індуктивність між обмотками статора та ротора, обумовлена зміною положення між ними, як виражено в рівнянні 5 :

$$\begin{aligned} L_{Aa} &= L_{aA} = L_{Bb} = L_{bB} = L_{Cc} = L_{cC} = L_{ms} \cos \theta \\ L_{Ab} &= L_{bA} = L_{Bc} = L_{cB} = L_{Ca} = L_{aC} = L_{ms} \cos(e + 120^\circ) \\ L_{Ac} &= L_{cA} = L_{Ba} = L_{aB} = L_{Cb} = L_{bC} = L_{ms} \cos(e - 120^\circ) \end{aligned} \quad (5)$$

Коли осі обмоток статора і ротора збігаються, їх взаємна максимальна індуктивність, L_{ms} - максимальне значення взаємної індуктивності.

Повне матричне рівняння магнітного ланцюга виражається як, у рівнянні 6 :

$$\begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ss} & L_{sr} \\ L_{rs} & L_{rr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_s \\ i_r \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\text{де } \begin{cases} \Psi_s = [\Psi_A \ \Psi_B \ \Psi_C]^T i_s = [i_A \ i_B \ i_C]^T \\ \Psi_r = [\Psi_a \ \Psi_b \ \Psi_c]^T i_r = [i_a \ i_b \ i_c]^T \end{cases} \quad (7)$$

Матриця індуктивності статора, у рівнянні 8:

$$L_{ss} = \begin{bmatrix} L_{ms} + L_{ls} & -\frac{1}{2} L_{ms} & -\frac{1}{2} L_{ms} \\ -\frac{1}{2} L_{ms} & L_{ms} + L_{ls} & -\frac{1}{2} L_{ms} \\ -\frac{1}{2} L_{ms} & -\frac{1}{2} L_{ms} & L_{ms} + L_{ls} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Матриця індуктивності ротора в рівнянні 9:

$$L_{rr} = \begin{bmatrix} L_{ms} + L_{lr} & -\frac{1}{2}L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} \\ -\frac{1}{2}L_{ms} & L_{ms} + L_{lr} & -\frac{1}{2}L_{ms} \\ -\frac{1}{2}L_{ms} & -\frac{1}{2}L_{ms} & L_{ms} + L_{lr} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Матриця взаємної індуктивності статора і ротора в рівнянні 10:

$$L_{rs} = L_{sr}^T = L_{ms} \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos(\theta - 120^\circ) & \cos(\theta + 120^\circ) \\ \cos(\theta + 120^\circ) & \cos\theta & \cos(\theta - 120^\circ) \\ \cos(\theta - 120^\circ) & \cos(\theta + 120^\circ) & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (10)$$

Вищезгадані дві кускові матриці транспоновані один до одного, і кожен елемент пов'язаний зі становищем ротора, обидва з яких є змінними параметрами, що є джерелом нелінійності в системі.

Рівняння напруги

Рівняння збалансованої напруги трифазної обмотки статора має вигляд:

$$\begin{cases} u_A = i_A R_s + \frac{d\psi_A}{dt} \\ u_B = i_B R_s + \frac{d\psi_B}{dt} \\ u_C = i_C R_s + \frac{d\psi_C}{dt} \end{cases} \quad (11)$$

Рівняння напруги для трьохфазної обмотки ротора післякомутації на бік статора має вигляд:

$$\begin{cases} u_a = i_a R_r + \frac{d\psi_a}{dt} \\ u_b = i_b R_r + \frac{d\psi_b}{dt} \\ u_c = i_c R_r + \frac{d\psi_c}{dt} \end{cases} \quad (12)$$

У результаті матричне рівняння для рівняння напруги має вигляд:

$$\begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \\ u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_r & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \\ i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \psi_A \\ \psi_B \\ \psi_C \\ \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{bmatrix} \quad (13)$$

Тобто: $u = R_i + \frac{d\psi}{dt}$

Тут напруга і струм - миттєві значення, а магнітний ланцюг - миттєвий повний магнітний ланцюг кожної обмотки.

Рівняння обертаючого моменту

Ми можемо використовувати зміну енергії для знаходження моменту, що крутить, наприклад, для накопичувача енергії магнітного поля w_m і магнітної со-енергії w_m' в умовах лінійної індуктивності:

$$W_m = W'_m = \frac{1}{2} i^T \Psi = \frac{1}{2} i^T L i \quad (14)$$

Електромагнітний момент дорівнює швидкості зміни магнітної співенергії під час перетворення механічного кутового усунення, тобто. $\dot{w}_m / \dot{\alpha}_m$ (обмеження струму постійно).

Тут відзначимо, що $\theta_m = \theta / n_p$

Потім виникає електромагнітний момент, рівний

$$T_e = \left. \frac{\partial W'_m}{\partial \theta_m} \right|_{i=\text{Константи}} = n_p \left. \frac{\partial W'_m}{\partial \theta} \right|_{i=\text{Константи}} \quad (15)$$

Таким чином, можна отримати:

$$T_e = n_p L_{ms} [(i_A i_a + i_B i_a + i_C i_c) \sin \theta + (i_A i_b + i_B i_a + i_C i_a) \sin (\theta +) - (i_A i_c + i_B i_a + i_C i_b) \sin (\theta - 120^\circ)] \quad (16)$$

Рівняння руху

Рівняння руху для системи управління рухом має вигляд

$$\frac{d\omega_m}{dt} = \frac{J}{n_p} \frac{d\omega}{dt} = T_e - T_l \quad (17)$$

Де J -інерція обертання, T_L -момент навантаження, включаючи момент опору тертя.

Рівняння кута

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \quad (18)$$

Тут необхідно підкреслити наступне: зверніть увагу на різницю між електричною кутовою швидкістю, електричним кутом і механічною кутовою швидкістю.

Наведена вище динамічна модель асинхронного двигуна заснована на припущенні про лінійний магнітний ланцюг і просторово синусоїдальний розподіл магнітного потенціалу. Модель може бути використана для аналізу динаміки трифазного асинхронного двигуна з гармоніками напруги та струму. Таким чином, динамічна модель може бути використана для аналізу динаміки системи керування швидкістю трифазного асинхронного двигуна з гармоніками напруги та струму.

4. Імітаційне моделювання у програмі Simulink у MATLAB

4.1. Побудова моделі Simulink

Теоретично, два типи управління струмом в замкнутому контурі мають однаковий ефект, але різниця в тому, що динамічний відгук ШІМ-керування з струмовим прямуванням швидкий, але пульсації струму відносно великі, в той час як SVPWM - це безперервне ПІ-керування, і зазвичай пульсації струму відносно малі. Різниця полягає в тому, що динамічний відгук ШІМ-управління з струмовим прямуванням швидкий, але пульсації струму відносно великі:

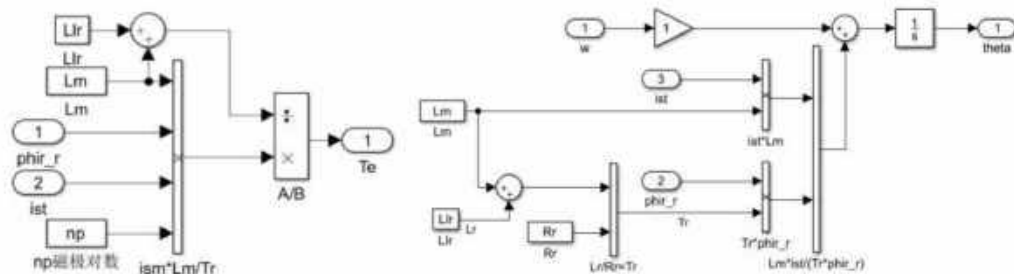


Рисунок 2 – Модуль розрахунку крутного моменту та модуль розрахунку тета кута

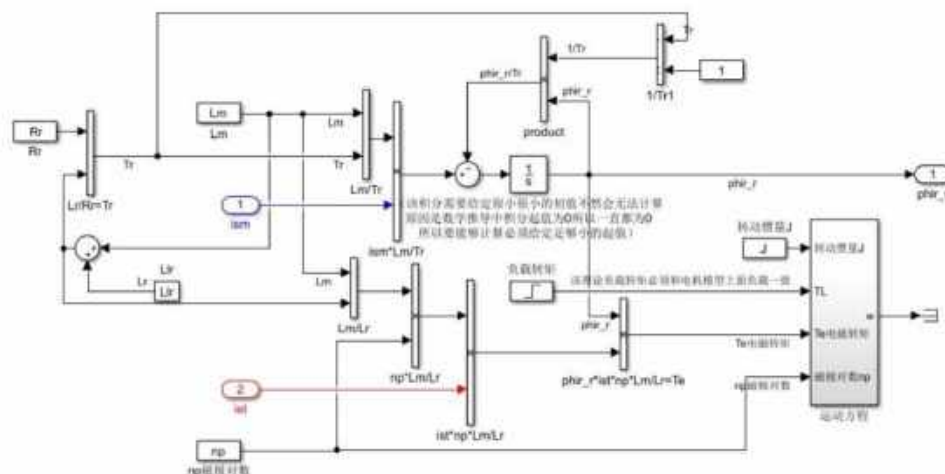


Рисунок 3 – Еквівалентний модуль двигуна постійного струму

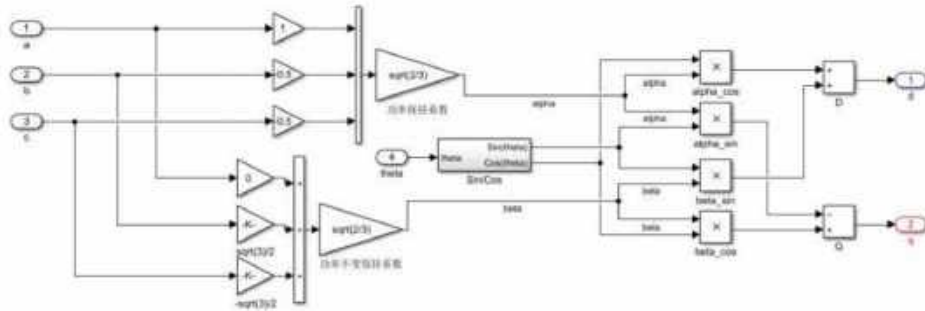


Рисунок 4-Модуль трансформації парку

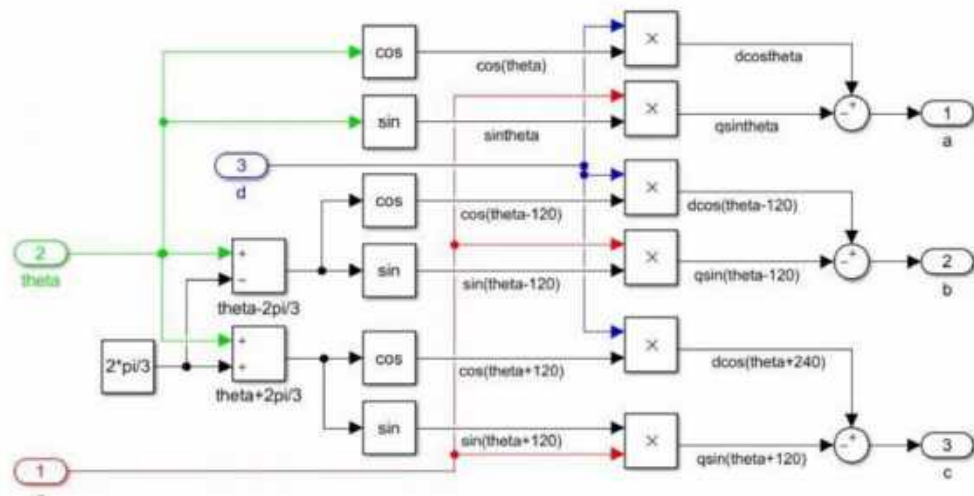


Рисунок 5 – парк Інверторні модулі

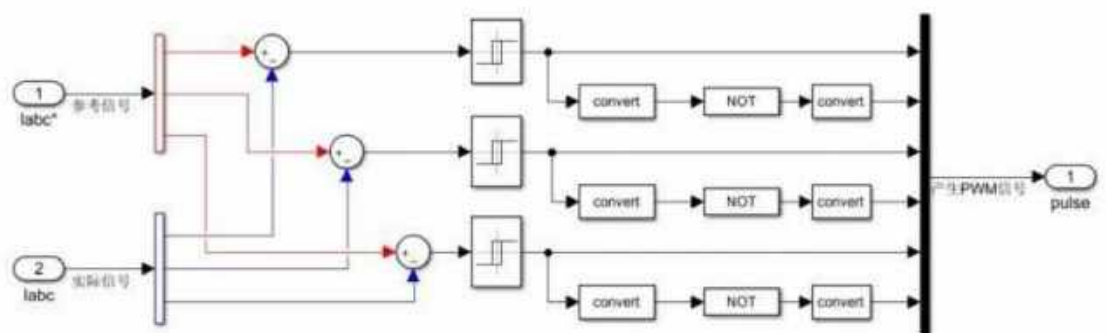


Рисунок 6 – Модуль порівняння гістерези струму

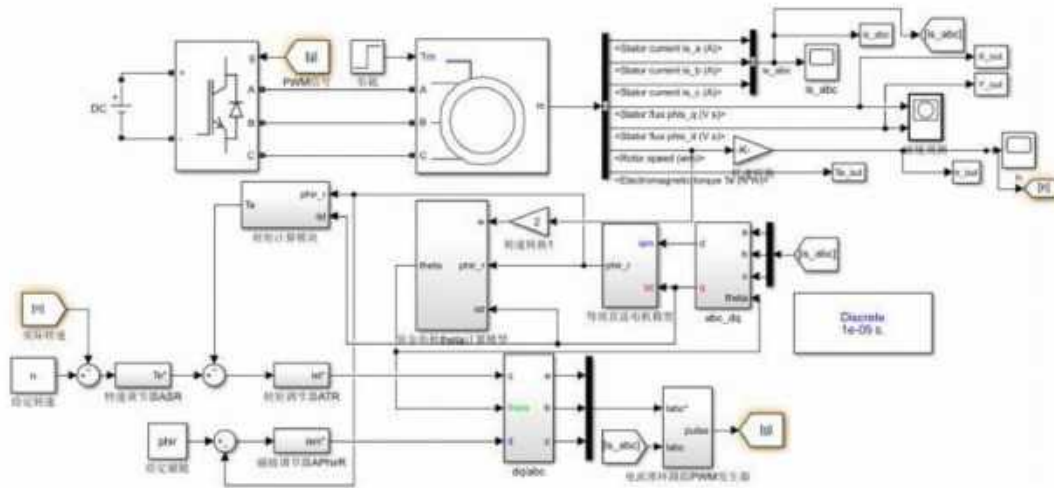


Рисунок 7 – Провідний модуль векторного керування

Регулятор швидкості ASR, регулятор моменту ATR та ланцюговий регулятор APhiR є ПІ-регуляторами. Метод налаштування, який використовується тут, полягає в установці коефіцієнта інтеграції K_I на 0, збільшенні K_p від малого до великого та визначенні максимального значення K_p відповідно до заданого часу відгуку та перерегулювання. Тут, щоб запобігти. Для запобігання перерегулюванню також встановлюється обмеження на амплітуду. Конкретні налаштування наведені в таблиці 1 нижче:

Таблиця 1 – Опорні значення для різних регуляторів :

	K_p	K_i	Предельные значения интегратора	Ограничение выходного сигнала регулятора
ASR	3.8	0.8	-80~80	-75~75
ATR	4.5	12	-65~65	-60~60
APhiTR	1.8	100	-15~15	-13~14

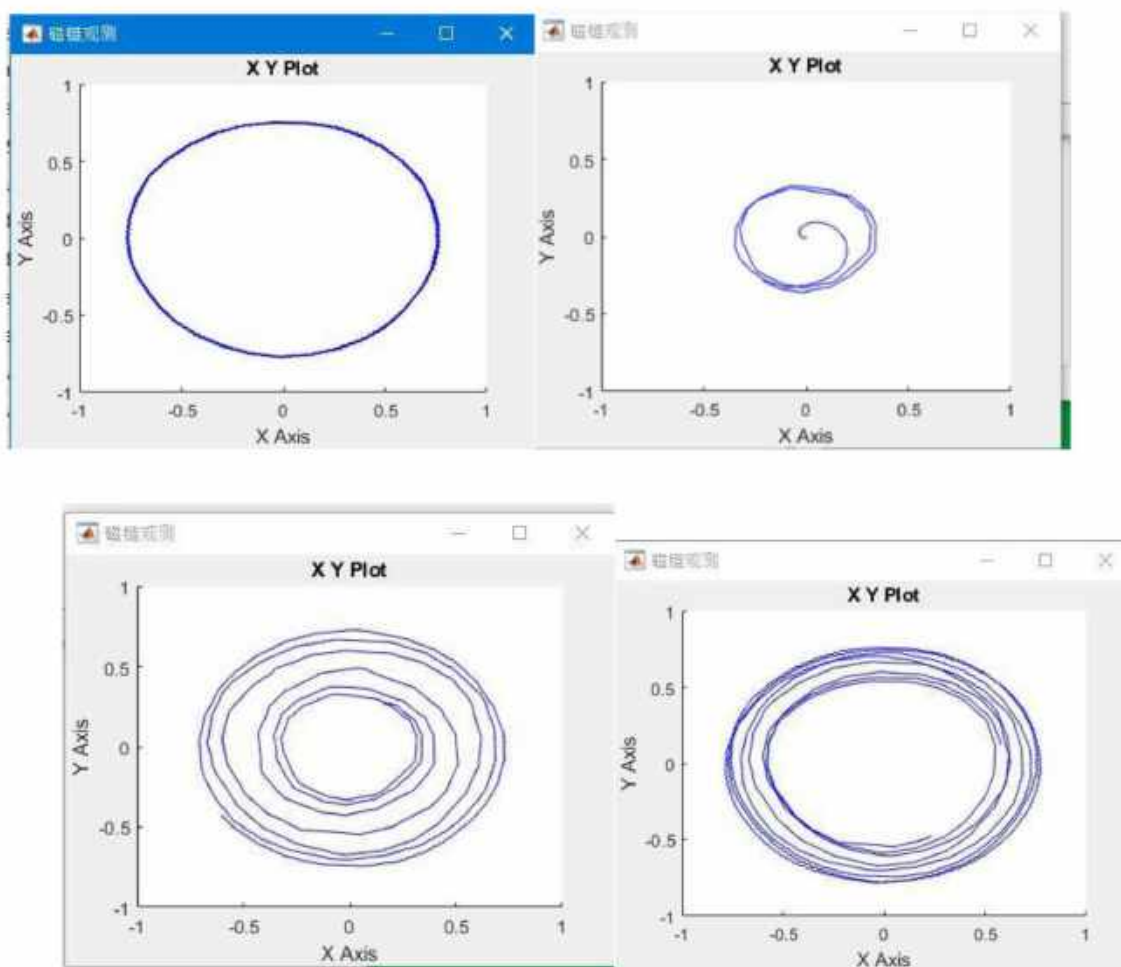


Рисунок 8 – Діаграмне представлення процесу спостереження за змінами в магнітному ланцюзі

5. Попередня обробка даних для досліджень щодо виявлення несправностей двигуна

Часто зібрані необроблені дані не організовані та нерегулярні, часто непослідовні або неповні, деякі дані відсутні та присутні аномалії. З-за великого обсягу та різної якості зібраних даних необхідна попередня обробка даних, щоб отримати високоякісні дані для отримання більш якісних результатів.

Процес попередньої обробки даних можна умовно розділити п'ять наступних етапів. Як показано рис 8, схема попередньої обробки даних.

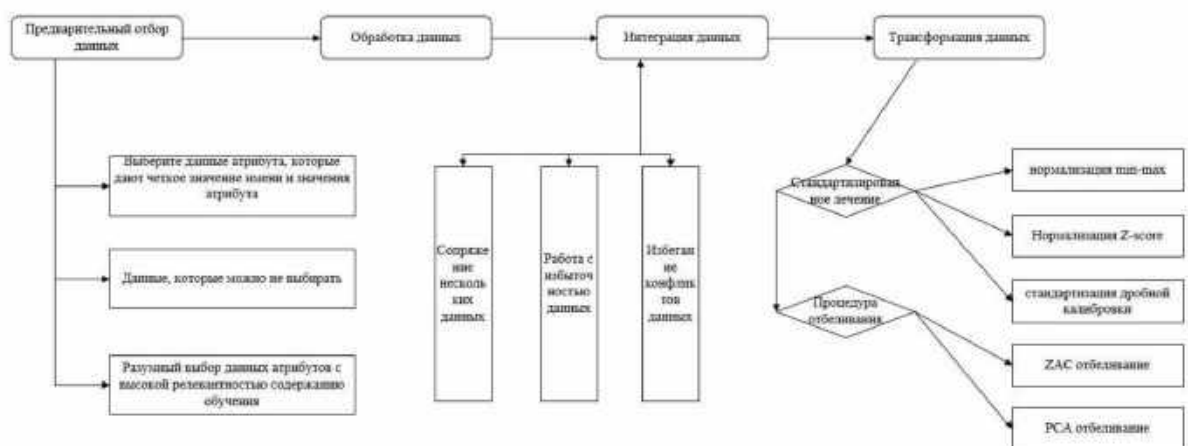


Рисунок 9 – Схематична діаграма попередньої обробки даних

5.1. Попередній вибір даних

1. Виберіть дані, які можуть надати значення іменам атрибутів та атрибутів.
2. Для дублюючих даних вони повинні бути взяті тільки один раз, щоб зменшити обсяг даних.
3. Виберіть дані з високою значимістю для дослідження шляхом аналізу даних.

5.2. Очищення даних

Очищення даних здатне значно зменшити проблеми, що виникають у процесі машинного навчання, такі як попадання в оптимальні рішення або поява самосуперечностей. на відсутніх та зашумлених даних.

1. Обробка даних.

Якщо вибірка даних мала, відсутні дані можуть бути заповнені, а значення даних, що відсутні, може бути виведено з наявних даних з урахуванням наявного досвіду. У разі достатньої вибірки даних вплив даних, що відсутні, може бути проігноровано.

2. Обробка зашумлених даних.

Зашумлені дані - це результат дії особливих зовнішніх факторів, через які вимірне значення значно відхиляється від очікуваного і стає ізольованою точкою. Обробка зашумлених даних зазвичай змінюється за допомогою методів згладжування, або ця зашумлена точка даних може бути видалена як сміття.

5.3. Інтеграція даних

Інтеграція даних є важливою частиною видобутку даних для полегшення подальших зусиль з видобутку даних, яка може бути описана як створення сховища даних та об'єднання кількох джерел даних у цьому сховищі даних. Зазвичай це включає зіставлення декількох даних, вирішення проблеми надмірності даних і запобігання конфліктам даних.

5.4. Перетворення даних

Для того, щоб усунути вплив різних метрик і вирішити проблему сумісності даних за різними метриками, часто необхідно стандартизувати дані. Щоб зменшити надмірність даних та покращити збіжність алгоритму, дані також часто відбілюють.

5.5. Аналіз помилок прогнозування

Для того щоб перевірити достовірність та здійсненність методів, що використовуються для ілюстрації виявлення несправностей двигуна, часто наприкінці аналізується помилка між прогнозованими результатами та очікуваними значеннями на конкретних прикладах. Це допомагає досліднику порівняти ефект прогнозування моделі прогнозування більш інтуїтивним способом, глибше вивчити і проаналізувати причини помилки в експерименті, а також внести наукові вдосконалення в фактичний процес вимірювання, щоб досягти прагнення більш послідовних експериментальних результатів.

Для того, щоб перевірити, наскільки добре нейронна мережа досягає своїх проектних цілей, необхідно оцінити продуктивність моделі нейронної мережі. Цей процес відомий як оцінка ефективності. Оскільки цілі та структура моделей різні, важко судити про абсолютну якість моделі за однією оцінкою параметрів, тому необхідно порівнювати моделі, контролюючи якнайбільше змінних. Наприклад, кількість параметрів моделі управління, час роботи, розмір навчального набору даних, добротність навчального набору даних, розмір тестового набору, час навчання тощо. Тому метрики оцінки для експериментів у цій статті зосереджені на порівнянні змін окремих коваріат у рамках цієї моделі.

У задачі класифікації зазвичай є чотири випадки результатів класифікації, як показано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Матриця результатів класифікації

Реальна ситуація	Прогнозовані результати	
	Позитивні приклади	Негативний приклад
Позитивні приклади (Positive, P)	TP(True Positive)	FN(False Negative)

Негативний приклад (Negative, N)	FP(False Positive)	TN(True Negative)
-------------------------------------	--------------------	-------------------

Точність одна із основних показників ефективності класифікації і як ставлення загального числа правильно класифікованих зразків до загальному числу перевірених зразків. Вона розраховується як:

$$Acc = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (19)$$

Точність визначається як кількість істинно позитивних випадків, правильно класифікованих, у пропорції кількості позитивних випадків у вибірці. Вона розраховується як:

$$Pre = \frac{TP}{TP+FP} \quad (20)$$

Він визначається як відношення числа зразків, які за прогнозами повинні бути позитивними, до зразків, які насправді позитивні. Він розраховується як:

$$Rec = \frac{TP}{TP+FN} \quad (21)$$

Визначення точності та повноти показують, що точність та повнота негативно корелюють для заданої точності класифікації. Для того щоб розглянути продуктивність моделі, що відображається точністю та повнотою, встановлюється метрика, що поєднує ці дві інформації, яка розраховується як:

$$F_{\beta} = \frac{(1+\beta^2) \times Pre \times Rec}{(\beta^2 \times Pre) + Rec} \quad (22)$$

де кваріату відображає перевагу Pre або Rec, причому Pre вважається важливішим, а Rec - важливішим. Якщо переваг немає, то це і є метрика. Діапазон значень такий, що вище значення вказує на краще поєднання точності та повноти. Коли об'єкт є багатокатегорійним, зазвичай використовується метрика Macro, яка розраховується як:

$$MacroF_1 = \frac{2 \times \bar{Pre} \times \bar{Rec}}{\bar{Pre} + \bar{Rec}} \quad (23)$$

$\bar{Pre}$ и $\bar{Res}$ є середні показники Pre і Res для всіх категорій, відповідно.

6. Алгоритми штучних нейронних мереж

6.1. Процес реалізації коду Matlab моделі виявлення несправності двигуна за допомогою нейронної мережі BP

Спочатку нагадаємо принцип роботи нейронної мережі BP, спочатку задаються вхідні дані, потім вхідні дані відображаються на неявний шар шляхом створення випадкової вагової матриці w . Неявне значення неявного шару обчислюється прямим шляхом, тобто іншою ваговою матрицею, дані відображаються на вихідний шар для отримання передбаченого значення. Якщо помилка не досягає встановленої межі помилки при навчанні нейронної мережі, процес запускається знову, і помилка обчислюється ще раз. значення навантаження, як показано на рис 10. Модель навчання нейронної мережі BP.

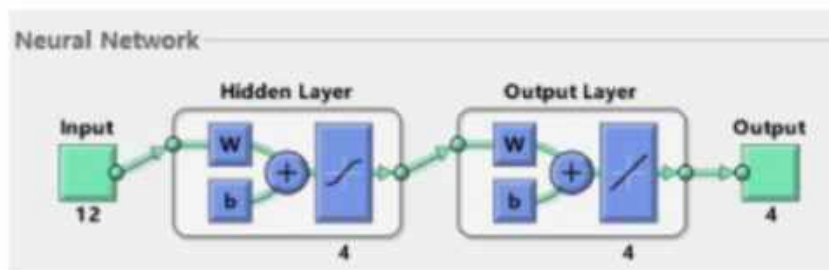


Рисунок 10–Модель навчання нейронної мережі BP

Тут використовуються вихідні дані після їх попередньої обробки. Дані навчальної та тестової вибірки для нейронної мережі наведено у таблиці 3 у Додатку.

Кількість вузлів нейрона у вхідному шарі, вихідному шарі та прихованому шарі визначається; в результаті аналізу, дані, що використовуються в даній роботі для виявлення несправностей двигуна, мають 12 змінних вимірів, тому кількість вузлів у вхідному шарі встановлено на 12; кількість вузлів у вихідному шарі встановлена на 4, що використовується для виведення чотирьох типів несправностей двигуна. Використовувана нейронна мережа BP є структурою з одним неявним шаром. Щоб полегшити одноманітне порівняння та уникнути

надто складної моделі нейронної мережі ВР, кількість вузлів у неявному шарі емпірично визначена як чотири після всебічного аналізу та розгляду експериментів.

Кількість сеансів навчання, швидкість навчання, мінімальна помилка мети навчання та інші параметри мережі налаштовуються; кількість сеансів навчання також відоме як кількість ітерацій, тобто. циклічного процесу, описаного вище. Швидкість навчання визначає швидкість процесу оптимізації кожної ваги, занадто висока швидкість навчання призведе до невдачі збіжності, коли швидкість навчання занадто низька, збіжність мережі до функції повільно, витрачаючи багато навчання та обчислювального часу, у той час як у ВР нейронної мережі легко впасти в локальній оптимізації, встановлені тут 0,01, мінімальна помилка навчання мети, помилка встановлена занадто велика призведе до Остаточна конвергенція Мінімальна помилка мети навчання повинна бути встановлена відповідно до вимог різних експериментальних об'єктів, яка встановлена на 0,00001.

Встановлена модель навчання нейронної мережі ВР була використана для прогнозування даних вибірки, як показано на рис 11-Рисунок 14. Ефект виявлення несправності двигуна за допомогою моделі навчання нейронної мережі ВР.

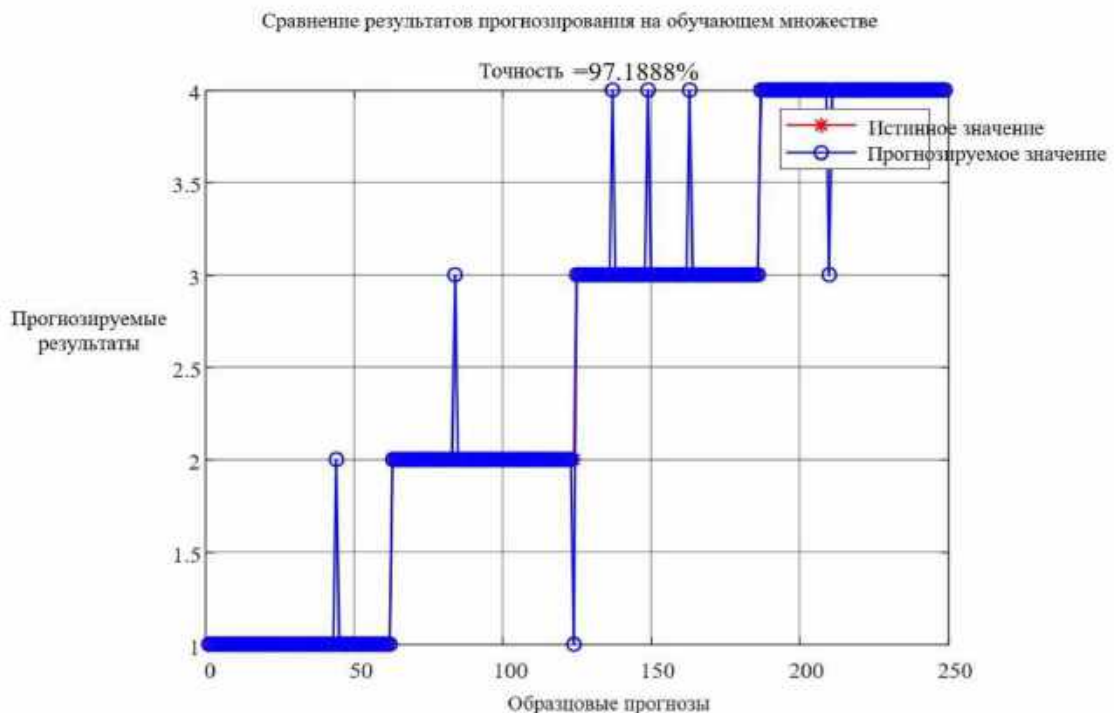


Рисунок 11 – Порівняння результатів прогнозування навчального набору нейронної мережі BP

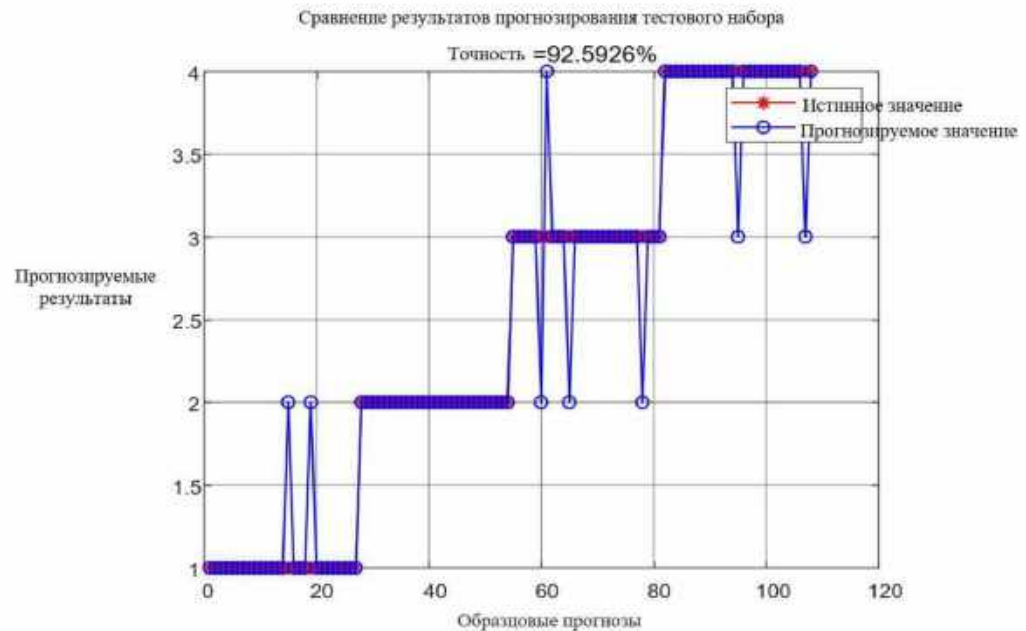


Рисунок 12 – Порівняння результатів прогнозування для тестового набору нейронної мережі BP

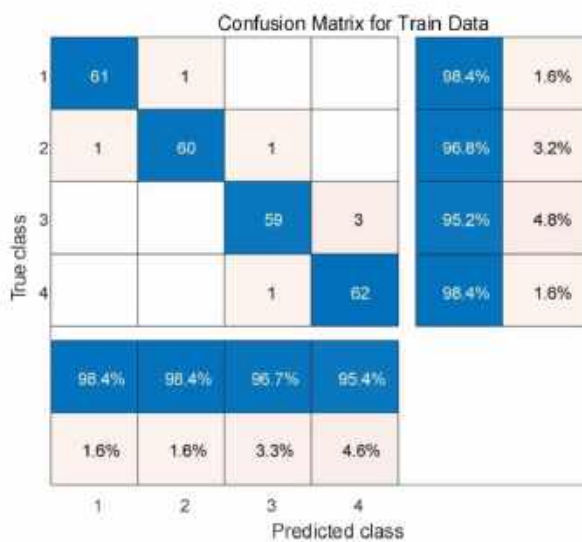


Рисунок 13 – Схематична діаграма матриці заплутаності для навчального набору нейронної мережі BP

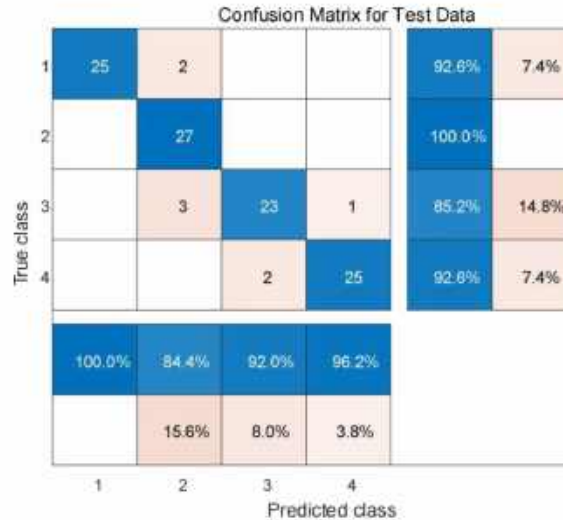


Рисунок 14 – Схема матриці змішування тестового набору нейронної мережі ВР

Використовуючи програмне забезпечення Matlab R2018b, перші 250 наборів даних вектора ознак у таблиці 1 були використані як навчальні дані для нейронної мережі ВР (через обмеження простору наведені лише деякі зразки) Оптимізуючи ваги та пороги нейронної мережі ВР, оптимізована модель нейронної мережі використовувалася для повторного навчання та тренування, поки помилка на виході мережі не відповідала вимогам або не досягала максимальної кількості кроків навчання; в той же час, щоб перевірити продуктивність алгоритму нейронної мережі ВР більш інтуїтивно, як рисунок-11, Графік порівняння результатів прогнозування навчального набору нейронної мережі ВР та рисунок 11 Графік порівняння результатів прогнозування тестового набору нейронної мережі ВР. Як показано на рис 10, результат прогнозування навчального набору моделі виявлення несправностей нейронної мережі ВР становить 97,19%, що вказує на те, що модель нейронної мережі ВР має високу точність прогнозування для виявлення чотирьох типових несправностей двигуна, а ефект прогнозування моделі на тестовому наборі складає 92,59%, що вказує на те, що узагальнююча здатність моделі досягає високого рівня. Це свідчить про те, що модель досягла

високого рівня узагальнення. З подальшого аналізу двох результатів прогнозування випливає, що модель змогла передбачити чотири типові несправності двигуна в навчальному наборі з високою точністю прогнозування, але точність прогнозування моделі для третьої несправності двигуна в тестовому наборі була все ще недостатня порівняно з трьома іншими несправностями, що було спочатку проаналізовано, тому що нейронна мережа ВР не змогла точно вивчити правила асоціації в даних про несправності третього двигуна. Іншими словами, нейронна мережа ВР не змогла вивчити третю типову несправність двигуна. 7% та 95,4% для чотирьох типів несправностей, що дуже високо з погляду результатів прогнозування. Модель має дуже хороший показник виявлення на навчальній множині. Однак, як випливає з аналізу матриці заплутаності тестового набору на рис 18, показники виявлення чотирьох несправностей склали 100%, 84,4%, 92,0% і 96,2%, тому модель не змогла досягти хорошого дискримінаційного ефекту при виявленні другої несправності тестового набору. З результатів експерименту видно, що рівень витоку з чотирьох несправностей становить 7,4 %, 0, 14,8 % та 7,4 % по порядку. Таким чином, з точки зору аналізу ефекту виявлення несправностей на навчальному та тестовому наборі модель ВР може досягти виявлення несправностей двигуна певною мірою, але вона не здатна досягти задовільного ефекту. Попередній аналіз показує, що модель може легко досягти локальної збіжності дуже рано у процесі навчання і не може вийти з локального оптимального рішення, що призводить до втрати певної спроможності до узагальнення у процесі пошуку глобальної оптимізації.

6.2. Процес реалізації коду Matlab для виявлення несправностей двигуна на моделі екстремального машини

Перш за все, чому цей алгоритм називається Extreme Learning Machine, тому що його обчислювальна швидкість дуже швидка, його основним еталоном є глибоке навчання, тому що в даний час глибоке навчання вимагає великої кількості даних для безперервної ітеративної оптимізації, цей процес є трудомістким, але Extreme Learning Machine може досягти однокрокового

процесу, безпосередньо для обчислення кращого результату, Extreme Learning Machine є одним прихованим шаром. Найважливішою особливістю ELM і те, що відображення вхідного шару прихований шар є випадковим відображенням, тобто. ваги зв'язку вхідного шару та прихованого шару генеруються випадковим чином, а процес оновлення ваг зв'язку вихідного шару та прихованого шару та вхідного шару відрізняється від традиційного алгоритму BP нейронної мережі помилки зворотного розповсюдження по всій програмі, тобто відображення вхідного шару та прихованого шару ELM генерується випадковим чином і ваги зв'язку вхідного шару та прихованого шару оновлюються в процесі ваги з'єднань вхідного та прихованого шарів ELM генеруються випадковим чином і залишаються фіксованими протягом всієї програми.

Метод визначення вузлів шару моделі виявлення несправності двигуна екстремальної навчальної машини полягає в наступному: використовуючи емпіричну формулу $\text{hiddennum} = \sqrt{m+n} + a$, m - кількість вузлів вхідного шару, n - кількість вузлів вихідного шару, а зазвичай береться як ціле число між 1-10, в екстремальній навчальній машині емпірична формула часто не працює, встановлюють більший діапазон для кількості вузлів шару для навчання, щоб порівняти кількість вузлів шару, що відповідає оптимальному випадку рішення, може бути .

Використовуючи програмне забезпечення Matlab R2018b, перші 250 наборів даних вектора ознак у таблиці 1 були використані як навчальні дані для моделі граничної навчальної машини. Оптимізуючи ваги та пороги граничної навчальної машини, оптимізована модель граничної навчальної машини багаторазово навчалася та навчалася доти, доки помилка на виході мережі не відповідала вимогам або не досягала максимальної кількості кроків навчання; в той же час, для більш інтуїтивного тестування продуктивності алгоритму граничної навчальної машини, як показано на рис 14. Порівняння результатів прогнозування набору граничної навчальної машини і рис 25 Порівняння результатів прогнозування тестового набору граничної навчальної машини. Видно, що під час навчання моделі виявлення несправностей за допомогою екстремальної навчальної машини,

результат передбачення на навчальній множині становить 98,79%, що вказує на те, що модель

екстремальної навчальної машини має високу точність передбачення для виявлення чотирьох типових несправностей двигуна, а з графіка ефекту передбачення моделі на тестовій множині видно, що ефект передбачення моделі на тестовій множині становить 96,29%, що може вказувати на те, що модель екстремальної навчальної машини має кращу точність передбачення, ніж нейронна мережа ВР. Модель має кращу здатність передбачати нові зразки порівняно зі здатністю узагальнення нейронної мережі ВР. Модель досягає високої точності прогнозування для всіх чотирьох типових несправностей двигуна в навчальному наборі. У порівнянні з нейронною мережею ВР, яка все ще не здатна передбачити третю несправність двигуна, екстремальна машина, що навчає, може подолати проблему недостатньої здатності нейронної мережі ВР до навчання для третьої типової несправності. Як видно з матриці плутанини навчальної множини на рис 16, точність моделі виявлення несправностей двигуна за допомогою екстремальної навчальної машини для навчальної множини склала 100%, 100%, 3,2% і 1,6% для кожної з чотирьох несправностей по черзі, що показує, що точність моделі дуже висока з погляду результатів прогнозування. Модель також дуже хороша для навчальної множини. З аналізу матриці заплутаності тестового набору рис 22 видно, що коефіцієнти виявлення чотирьох несправностей становлять 3,6 %, 3,8 %, 3,8 % і 3,6 %, тому модель досягає дуже хорошого ефекту дискримінації. Таким чином, з точки зору аналізу ефекту виявлення несправностей на навчальній множині і тесті, гранична навчальна машина може досягти виявлення несправностей двигуна в певній мірі, але наявність випадково генерованих параметрів ініціалізації для мотивації ініціалізації граничної навчальної машини неминуче призводить до надлишкових явищ, таких як низька волатильність результатів прогнозування, що ускладнює застосування моделей граничного навчання у лабораторіях високоточного машинобудування та високоіндексних лабораторіях. Тому в подальших дослідженнях модель потребує подальшої оптимізації та вдосконалення для усунення її недоліків.

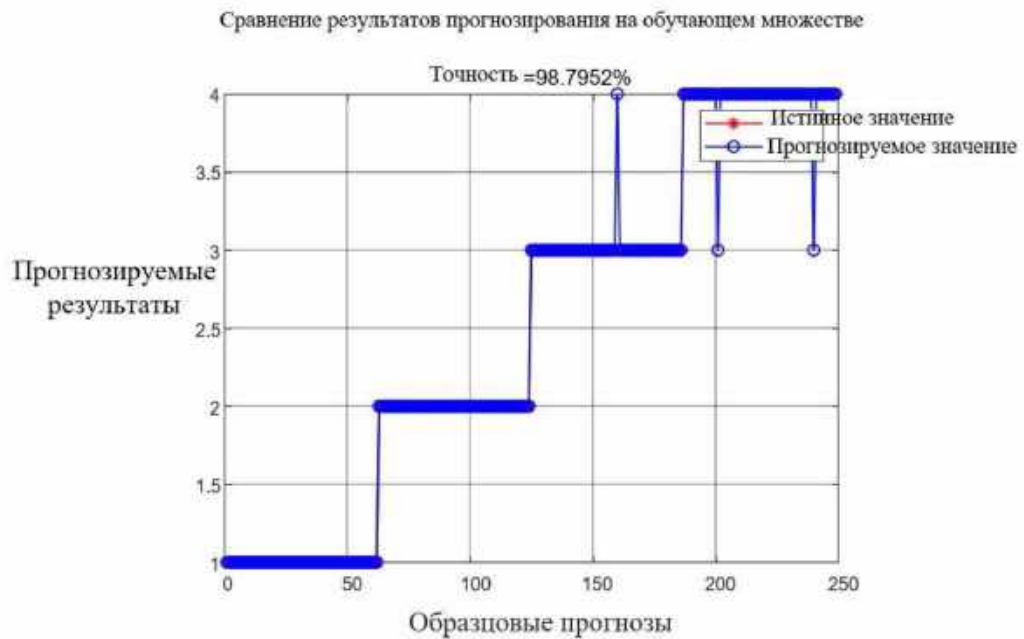


Рисунок 15 – Порівняння результатів прогнозування для навчального набору

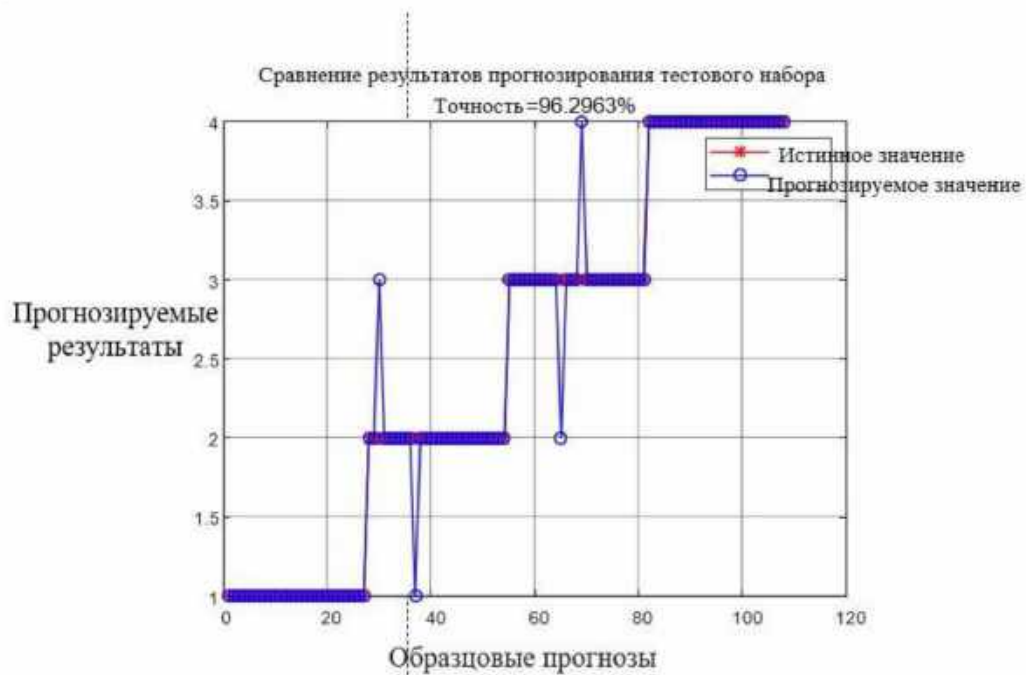


Рисунок 16 – Порівняння результатів прогнозування для тестового набору
Extreme Learning Machine



Рисунок 17 – Діаграма матриці плутанини для навчального набору екстремальної навчальної машини



Рисунок 18 – Схема матриці плутанини для тестового набору Extreme Learning Machine

7. Поліпшення граничної навчальної машини на основі алгоритму рою частинок для короткострокового прогнозування електричного навантаження

При широкому використанні алгоритму граничної навчальної машини вчені використовують випадково згенеровані параметри ініціалізації для стимулювання ініціалізації граничної навчальної машини, що неминуче призводить до надлишкових, нерегульованих явищ у вузлах мається на увазі шару, таким як низька волатильність результатів прогнозування високоекспоненційних лабораторіях, тому в цій роботі використовується оптимізований алгоритм граничної навчальної машини на основі алгоритму рою частинок з метою оптимізації граничної машини. Метою даної є оптимізація стохастичних параметрів навчальної машини для отримання моделі прогнозування навантаження енергосистеми з кращими результатами прогнозування як за точністю прогнозу, так і за необхідним часом прогнозування, а також аналіз результатів роботи цієї моделі в порівнянні з результатами роботи класичної моделі ELM.

7.1. Аналіз прикладів

Використовуючи програмне забезпечення Matlab R2018b, 250 наборів даних вектора ознак були використані як навчальні дані для граничної навчальної машини. Вага та пороги граничної навчальної машини були оптимізовані, і оптимізована мережа неодноразово навчалася і тренувалася доти, доки помилка на виході мережі не відповідала вимогам або не досягала максимальної кількості кроків навчання; між тим, щоб перевірити продуктивність алгоритму граничного навчання з оптимізацією рою частинок інтуїтивніше, ефект прогнозування граничної навчальної машини з оптимізацією рою частинок для виявлення несправностей двигуна показаний рис 19-фигуральное додаток 22, де показано, що алгоритм граничного навчання з оптимізацією рою частинок має більш високу точність. Точність вища, ніж у неоптимізованого алгоритму граничного навчання,

а експерименти показують, що швидкість збіжності та ефективність прогнозування дуже вражаючі. Таким чином, обґрунтованість запропонованої моделі підтверджена.

7.2. Приклади розрахунків

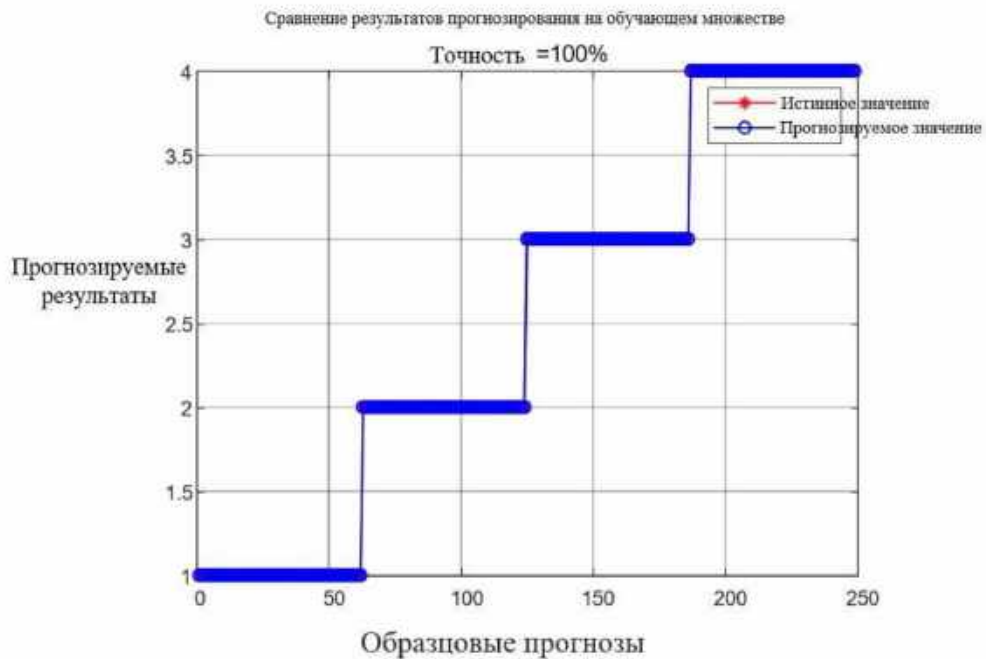


Рисунок 19 – Порівняння результатів прогнозування для навчального набору PSO-ELM

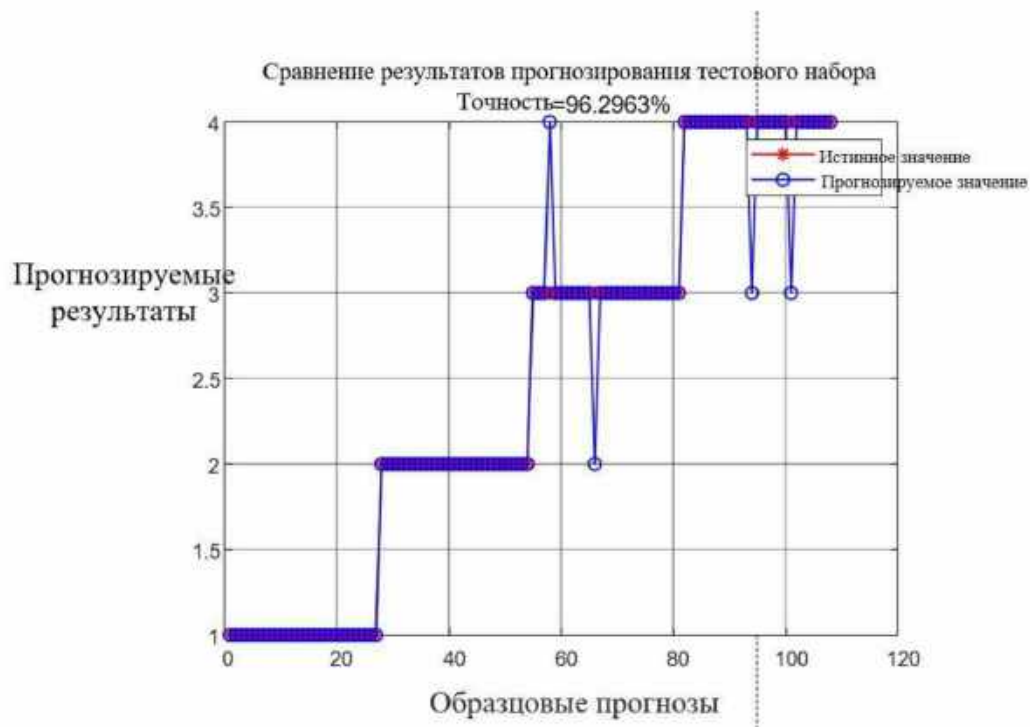


Рисунок 20– Порівняння результатів прогнозування тестового набору PSO-ELM

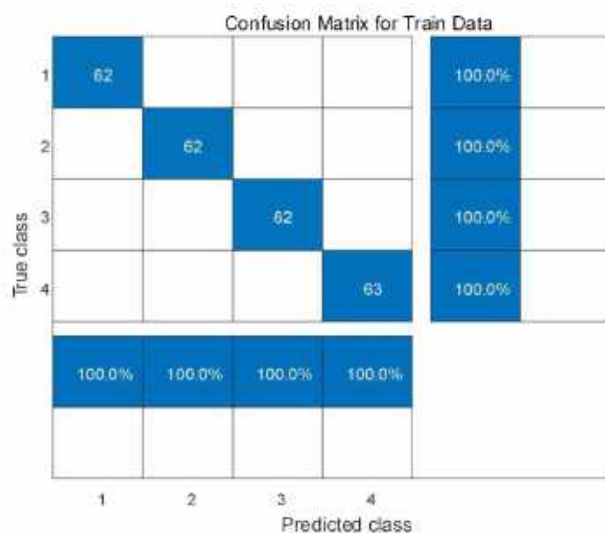


Рисунок 21 – Схематична діаграма матриці змішування навчального набору PSO-ELM

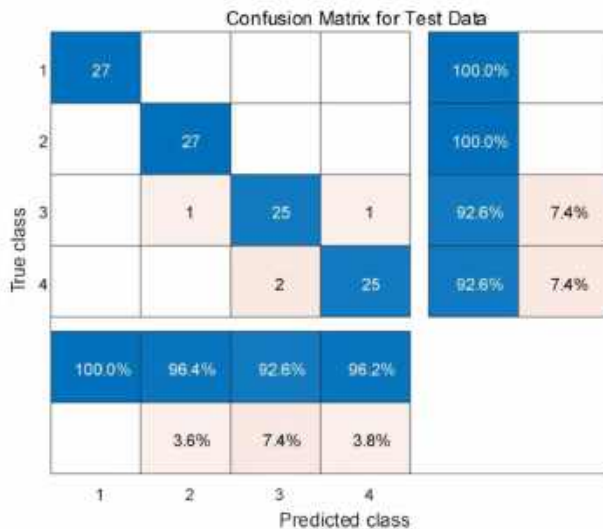


Рисунок 22 – Схема матриці змішування тестового набору PSO-ELM

В роботі дається основне введення у два алгоритми прогнозування короткострокового навантаження у штучних нейронних мережах, представляючи алгоритм виявлення несправностей двигуна на основі нейронної мережі BP та алгоритм виявлення несправностей двигуна на основі граничної навчальної машини. Пояснюються передумови, принципи, відповідні математичні формули, і навіть переваги та недоліки кожного з цих алгоритмів. Наведено більш глибоке дослідження проблеми неадекватного узагальнення та тенденції до локальної перебудови самої граничної навчальної машини, а також застосований алгоритм рою частинок для оптимізації алгоритму граничної навчальної машини. Відповідним чином будується нейромережева модель прогнозування несправностей в електродвигунах.

8. Ресурсоефективність та ресурсозбереження

8.1. Оцінка комерційного потенціалу та перспективності проведення наукових досліджень з позиції ресурсоефективності та ресурсозбереження

8.1.1. Потенційні споживачі результатів дослідження

Потенційними споживачами результатів дослідження є широке коло компаній нафтогазової галузі. Для цих підприємств розробляється система прогнозування аварійних ситуацій на виробничих об'єктах.

У таблиці 4 наведено основні сегменти ринку за такими критеріями: розмір компанії-замовника та напрямок діяльності. Аналіз ринку виконувався на основі компаній ПАТ "Нижньокамськнафтохім", ВАТ "Тольяттіазот", ВАТ "Саянськхімпласт".

Таблиця 4 - Карта сегментування ринку

		Напрямок діяльності			
		Підбір коштів реалізації	Створення алгоритмів управління	Проектування АСУ ТП	Розробка екранних форм
Розмір компанії	Великі	-	-	+	+
	Середні	-	-	-	+
	Дрібні	+	+	-	-

Відповідно до карті сегментування, можна вибрати такі сегменти ринку: підбір засобів реалізації та створення алгоритмів управління для великих та середніх компаній.

8.1.2. Аналіз конкурентних технічних рішень

Даний аналіз проводиться за допомогою оціночної картки для порівняння

конкурентних технічних рішень, наведеної в таблиці 5. Як конкуренти обрані ПАТ "Харбудмаш".

Таблиця 5 - Оцінна карта порівняння конкурентних технічних рішень

Критерії оцінки	Вага критерію	Бали			Конкурентоспроможність		
		Розроблювана САР	Конкурентна система управління	Конкурентна САР	Розроблювана САР	Конкурентна система управління	Конкурентна САР
Технічні критерії оцінки ресурсоефективності							
Підвищення продуктивності	0,1	5	3	4	0,50	0,3	0,4
Зручність в експлуатації	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
Стійкість	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
Енергоекономічність	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
Надійність	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Безпека	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
Простота в експлуатації	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Економічні критерії оцінки ефективності							
Конкурентоспроможність	0,1	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Рівень проникнення на ринок	0,04	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Ціна	0,04	5	2	1	1	0,4	0,2
Передбачуваний термін експлуатації	0,04	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Умови проникнення на ринок	0,05	4	3	5	0,24	0,18	0,3
Разом	1	52	38	39	4,5	2,96	4,05

З отриманих результатів можна дійти невтішного висновку, що система прогнозування, розроблена від використання в аварійних ситуаціях на об'єктах нафтогазовидобутку, є найефективнішою.

Слабкі сторони конкурентів конкурентів є висока вартість, низька точність і висока нестабільність.

8.1.3. SWOT – аналіз

SWOT-аналіз – це метод стратегічного планування, що полягає у виявленні факторів внутрішнього та зовнішнього середовища організації та поділу їх на чотири категорії: Strengths (сильні сторони), Weaknesses (слабкі сторони), Opportunities (можливості) та Threats (загрози) [15]. Виявимо відповідності сильних та слабких сторін науково-дослідного проекту зовнішнім умовам довкілля. Дані відповідності чи невідповідності допоможуть виявити потребу у проведенні стратегічних змін. Для цього збудуємо інтерактивні матриці проекту (таблиці 6-9).

Таблиця 6 – Інтерактивна матриця для сильних сторін та можливостей

Сильні сторони проекту					
Можливості проекту		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	0
	B2	+	0	-	-
	B3	+	+	-	+

Таблиця 7 – Інтерактивна матриця для слабких сторін та можливостей

Слабкі сторони проекту				
Можливості проекту		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+
	B2	-	0	-
	B3	0	+	+

Таблиця 8 – Інтерактивна матриця для сильних сторін та загроз

Сильні сторони проекту					
Можливості проекту		C1	C2	C3	C4
	Y1	+	+	+	-
	Y2	+	+	+	-
	Y3	+	+	+	-

Таблиця 9 – Інтерактивна матриця для слабких сторін та загроз

Слабкі сторони проекту				
Можливості проекту		Сл1	Сл2	Сл3
	Y1	+	+	+
	Y2	+	-	+
	Y3	+	0	+

Матриця SWOT-аналізу представлена у таблиці 9.

Таблиця 10 - SWOT-аналіз

	Сильні сторони: С1. Низька вартість. С2. Науковановизна. С3. Сучасні технології. С4. Високий попит.	Слабкі сторони: Сл1. Високі початкові витрати. Сл2. Відсутність клієнтської основи. Сл3. Вузька спрямованість
Можливості: В1. Збільшення попиту. В2. Вихід на іноземний ринок. В3. Розширення діапазону послуг, що надаються.	Збільшення обсягу виробництва, прибутки розширення кордонів збуту та скористатися високим клієнтської бази. Продаж як в роздріб, так і оптова різних майданчиках та територіях збуту.	Високі початкові витрати зменшувати не дозволять Вузька спрямованість труднощі збільшення попиту. Розширення Діапазон дозволить наростити клієнтську базу згладжує мінуси вузької спрямованості.
Загрози: У1. Відсутність потреби нові технології. У2. Збільшення конкуренції. У3. Нестабільність економічної ситуації у країні.	Низька вартість та науковановизна із застосування сучасних технологій покращить конкурентну позицію, споживчу здатність та згладить економічна криза	Високі початкові витрати, збільшення конкуренції та нестабільна економічна ситуація може послабити інтерес покупців.

8.2. Визначення можливих альтернатив проведення наукових досліджень

Таблиця 11 - Морфологічна матриця для «Прогнозування аврійних ситуацій на технологічних об'єктах нафтогазовидобутку»

	1
А. Інтерфейс користувача	Включаючи розташування, кольори, шрифти та розміри елементів інтерфейсу, таких як меню, кнопки, текстові поля, діаграми
Б. Функціональність	Функціональність програмного забезпечення є основною характеристикою програмного забезпечення. Вона включає різні функції і можливості, що надаються програмним забезпеченням, такі як управління даними, створення звітів, обробка зображень, безпека
В. Розширюваність	Підтримка інтерфейсів прикладного програмування (API) третіх сторін
Г. Налаштовуваність	Дозволяє користувачам налаштовувати інтерфейс і параметри, а також підтримує сценарії користувача та плагіни.
Д. Простота використання	Взаємодія проста і інтуїтивно зрозуміла, а програмне забезпечення надає адекватну довідкову документацію та підручники
е. Сумісність	Здатність коректно працювати в різних операційних системах та апаратних середовищах
Ж. Безпека	Захист даних і безпека системи Це включає в себе надання програмним забезпеченням адекватних функцій шифрування даних та аутентифікації

8.3. Планування науково-дослідних робіт

8.3.1 Структура робіт у рамках наукового дослідження

Перелік роботи етапу наукового дослідження представлений в таблиці-12.

Таблиця 12 – Перелік етапів, робіт та розподіл виконавців

Основні етапи	Зміст роботи	Виконавець
Розробка технічного завдання	Складання та технічного затвердження завдання	Керівник, Інженер
	Календарне планування	Керівник, Інженер
Вибір напрямку дослідження	Вибір матеріалів за темою та їх вивчення	Керівник, Інженер
	Пошук схожих рішень	Інженер
Теоретичне експериментальне дослідження	Теоретичні розрахунки та їх обґрунтування	Інженер
	Побудова моделей проведення експериментів	Інженер
	Аналіз та зіставлення теоретичних та експериментальних даних	Інженер
Узагальнення оцінки результатів	Оцінка ефективності отриманих результатів	Керівник, Інженер
	Оцінка доцільності проведення подальший досліджень на тему	Керівник, Виконавець
Розробка технічної документації проектування	Розробка функціональної схеми автоматизації	Інженер
	Складання перелік вхід/вихідних сигналів	Інженер
	Складання схеми інформаційних потоків	Інженер
	Розробка схеми зовнішніх проводок	Інженер
	Розробка алгоритмів збору даних	Інженер
	Розробка алгоритмів керування АС	Інженер
	Розробка структурної схеми автоматичного регулювання	Інженер
Оформлення звіту	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	Інженер

8.3.2. Визначення трудомісткості виконання робіт

Трудомісткість виконання наукового дослідження оцінюється експертним шляхом у людино-днях і має імовірнісний характер, т.к. залежить від безлічі

факторів, що важко враховуються [10].

Таблиця 13-Розрахунок трудовитрат

Назва роботи	Трудомісткість робіт			Виконавці	робіт Тривалість робочих днях	робіт Тривалість календарних днях
	tmin	tmax	тож			
Складання та затвердження технічного завдання	1	2	1,4	1	1,4	2
Календарне планування	2	5	3,2	1	3,2	5
Вибір матеріалів за темою та їх вивчення	2	5	3,2	1	3,2	5
Пошук схожих рішень	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Теоретичні розрахунки їх обґрунтування	1	3	1,8	1	1,8	3
Побудова моделей і проведення експериментів	2	4	2,8	1	2,8	4
Аналіз порівняння теоретично експериментальних даних	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Оцінка ефективності результатів	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Визначення доцільності проведення ДКР	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Розробка функціональної схеми автоматизації	1	2	1,4	1	1,4	2
Складання переліку вхід/вихідних сигналів	0,5	1	0,7	1	0,7	1

Продовження таблиці 13 - Розрахунок трудовитрат

Складання схеми інформаційних потоків	0,5	1	0,7	1	0,7	1
---------------------------------------	-----	---	-----	---	-----	---

Розробка схеми зовнішніх проводок	1	3	1,8	1	1,8	3
Розробка алгоритмів збору даних	1	3	1,8	1	1,8	3
Розробка алгоритмів управління АС	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Розробка структурної схеми автоматичного регулювання	2	4	2,8	1	2,8	4
Проектування системи	2	5	3,2	1	3,2	5
Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	1	3	1,8	1	1,8	3
РАЗОМ: керівник					1,05	3
РАЗОМ: інженер					29,05	46

8.3.3. Розробка графіка проведення наукового дослідження

Для зручності побудови графіка тривалість кожного з етапів робіт з робочих днів слід перевести в календарні дні.

Коефіцієнт календарності:

$$K_{\text{кал}} = \frac{365}{365-118} \approx 1,48 \quad (24)$$

де кал – кількість календарних днів на рік (365 днів);

– кількість вихідних днів на рік;

-кількість святкових днів на рік (вих+ пр = 118).

8.4. Бюджет науково-технічного дослідження

Матеріальні ресурси наведено у таблиці 15.

Таблиця 15 – Витрати на матеріали та комплектуючі для виконання 2

Найменування	Ціна за од. грн.	Кількість, шт	Витрати на матеріали
Комп'ютерне обладнання	65000	1	65000
Письмовий стіл та стілець	5000	2	10000
Витрати на придбання програмного забезпечення, наприклад, OFFICE3665	5000	1	5000
Оренда лабораторії	10000	1	10000
Лінії електропостачання	370.65	3	1111.95
Інші витрати	16800	1	16800
Разом:			107911,95

Розрахунки витрат за основну зарплатню наведено у таблиці 16.

При розрахунку враховувалося, що у 2024 році 247 робочих днів.

Таблиця 16 - Розрахунок основної ЗП

Виконавці	Тарифна заробітна	Преміальний	Коефіцієнт	Районний	Місячний посадовий оклад	Середньоденна плата, грн.	Тривалість робіт, днів	Заробітна плата основна, грн
Керівник	39300	30	30	30	74670	3628	1,05	3809,08
Інженер	16242	30	30	30	30859,8	1499	29,05	43553,55
Разом:								47362,62

8.4.1. Додаткова заробітна плата виконавчої

Розрахунок додаткової заробітної плати ведеться за наступною формулою:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} , \quad (25)$$

Где $K_{\text{доп}}$ -коефіцієнт додаткової заробітної плати (0,12);

$Z_{\text{осн}}$ - основна плата. Отримаємо:

$$Z_{\text{доп р}} = 0,12 * 3809,08 = 457,09 \text{ грн.}; Z_{\text{доп І}} = 0,12 * 43553,55 = 5226,43 \text{ грн.}$$

8.4.2. Відрахування до позабюджетних фондів (страхові відрахування)

Величина відрахувань до позабюджетних фондів визначається виходячи з наступної формули:

$$Z_{\text{позаб}} = \text{позаб} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (26)$$

де $Z_{\text{позаб}}$ - Коефіцієнт відрахувань на сплату у позабюджетні фонди (пенсійний фонд, фонд обов'язкового медичного страхування та ін.)

Таблиця 17-Розрахунок відрахувань до позабюджетного фонду

Виконавець	Основна ЗП, грн.	Додаткова ЗП, грн.	Коефіцієнт відрахувань у позабюджетні фонди	Зніб, грн.
Керівник	3809,08	457,09	30%	1280
Інженер	43553,55	5226,43	30%	14634
Разом:				15914

8.4.3. Формування бюджету витрат науково-дослідного проекту

Визначення бюджету витрат за науково-дослідний проект наведено у таблиці 18.

Таблиця 18 - Бюджет витрат НТІ

Найменування статті	Сума, грн.		
	Вик. 1	Вик. 2	Вик. 3
Витрати на матеріали та комплектуючі	57 877,2	107911,95	57877,2
Витрати по основній заробітній платі виконавців	47362,62	47362,62	47362,62
Витрати додаткової заробітної плати	0	5683,52	5683,52
Відрахування до позабюджетних фондів	14208,79	15914	15914
Накладні витрати	19112	28300	20294
Разом	138560	205172	147131

8.4.4. Визначення ресурсної (ресурсозберігаючої), фінансової ефективності дослідження

Визначення ефективності відбувається з урахуванням розрахунку інтегрального показника ефективності наукового дослідження. Його знаходження пов'язане з визначенням двох середньозважених величин: фінансової ефективності та ресурсоефективності.

Таблиця 19 – Порівняльна оцінка параметрів виконання проекту

Критерії	Ваговий коефіцієнт параметра	Вик. 1	Вик. 2	Вик. 3
Матеріаломісткість	0,05	3	4	5
Надійність	0,1	4	3	2
Продуктивність	0,25	5	3	4
Зручність у користуванні	0,15	4	5	3
Енергозбереження	0,25	5	4	3
Безпека	0,2	5	3	4
Разом:	1			

З отриманих показників виконаємо порівняння інтегрального показника ефективності варіантів виконання розробки (таблиця 20).

Таблиця 20 - Порівняльна ефективність розробки

п/п	Показники	Вик. 1	Вик. 2	Вик. 3
1	Інтегральний фінансовий показник розробки	0,68	1,00	0,72
2	Інтегральний показник ресурсоефективності розробки	4,65	3,60	3,45
3	Інтегральний показник ефективності	6,8	3,6	4,8
4	Порівняльна ефективність варіантів виконання		1,89	1,42

Порівнюючи значення загальних показників ефективності, ми дійшли висновку, що загальні показники ефективності виконання 1 вище, ніж виконання 2 і 3 на 89 % і 42 %.

Таким чином, поточна технологія з позиції порівняльної ефективності вигідна за рахунок економії ресурсів.

9. Охорона праці і навколишнього середовища

9.1. Правові та організаційні питання забезпечення безпеки

Тривалість робочої зміни для працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими та (або) небезпечними умовами праці, де встановлена скорочена тривалість робочого часу, максимально допустима тривалість щоденної роботи (зміни) не може перевищувати:

- 1) при 36-годинному робочому тижні – 8 годин;
- 2) при 30-годинному робочому тижні і менше – 6 годин [13] ;

3) протягом робочого дня (зміни) працівник повинен отримати перерву на відпочинок та обід тривалістю не більше двох годин та не менше 30 хвилин, які не включаються у робочий час;

4) згідно з гост 12.2.032-78 [10], конструкція робочого місця та взаємне розташування всіх його елементів має відповідати антропометричним, фізичним та психологічним вимогам. Велике значення має характер роботи.

Основними елементами на робочому місці є стіл і крісло. Головне місце роботи - сидіти. м'язовим навантаженням на ті частини м'язової кістки, які не включені до основних робочих поз. робоче крісло повинно бути обладнане підйомно-поворотним механізмом. , ширина - не менше 380 мм, кут нахилу спинки стільця до площини крісла повинен змінюватись (90 ° - 110 °).

9.2. Виробнича безпека під час експлуатації

У цьому пункті аналізуються шкідливі та небезпечні фактори, які можуть виникати під час розробки та експлуатації навчального стенду. У таблиці 19 наведено небезпечні та шкідливі фактори під час виконання робіт за навчальним стендом «Прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах нафтогазовидобутку».

Таблиця 21 - Можливі небезпеки та шкідливі фактори

Чинники ГОСТ 12.0.003-2015	Нормативні документи
1.Підвищений рівень шуму на робочому місці;	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Засоби захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація.
2.Недостатня освітленість робочої зони;	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Засоби захисту працюючих. Загальні вимоги і класифікація.
3. Відхилення показників мікроклімату	СНіП 1.2.3685-21 "Гігієнічні нормативи та вимоги до забезпечення безпеки та (або) нешкідливості для людини факторів довкілля" ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ Засоби захисту працюючих. класифікація.
4.Монотонність праці, що викликає монотонію;	ГОСТ 22269-76 Робоче місце оператора. Розташування елементів робочого місця

Продовження таблиці 21 – Можливі небезпеки та шкідливі фактори

5.Тривале зосереджене спостереження	ГОСТ21889-76Система "Людина-машина". Кріслолюдини-оператора ГОСТ 22269-76 Робоче місце оператора. Взаємне розташування елементів робітника ГОСТ12.4.011-89ССБТ. Засоби захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація
6.Електробезпека- Статична електрика - Коротке замикання	ГОСТ12.1.038-82«Система стандартів безпеки праці (ССБТ). Електробезпека. допустимі значення напружень дотику та струмів» ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту;
7.Виробничі фактори, пов'язані з надмірно високою температурою матеріальних об'єктіввиробничої середовища, які можуть спричинити опіки тканин організму людини;	ГОСТ12.0.003-2015ССБТ.Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація Файл ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Засоби захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація

9.2.1. Підвищений рівень шуму на робочому місці.

При виконанні робіт фахівець може опинитися в зоні підвищеного рівня шуму, джерелом якого є обладнання, що знаходиться в робочому приміщенні: персональні комп'ютери, пристрої підтримки мікроклімату (кондиціонери, вентиляція), а також циркуляційні насоси хімічного реактора.

Допустимі шумові характеристики робочих місць регламентуються згідно з ГОСТ 12.1.003-2014. Виконувані роботи можна віднести до конструювання,

проектування та програмування, робоче місце при цьому розташовується в лабораторії для теоретичних робіт та обробки даних. Виходячи з цього, рівень звуку має перебувати в межах 50 дБА, згідно з ГОСТ 12.1.003-2014 [11]. Рівень шуму сучасного комп'ютера знаходиться в межах від 33 до 47 дБА. Робоче місце відповідає нормативним вимогам.

Таблиця 22 – Граничні рівні звукового тиску та граничні рівні звуку.

Вид трудовий діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторські бюро, програмісти, лабораторії	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

В якості заходів щодо зниження шуму, що впливає на людину, в першу чергу слід використовувати засоби колективного захисту. , але оскільки приміщення у момент будівництва будівлі не планувалося використовувати для таких цілей, то єдиним рішенням щодо вжиття заходів колективного захисту від виробничого шуму є використання акустичного екрану або звукоізолюючого кожуха.

Як індивідуальні засоби захисту від шуму фахівцем можуть бути використані спеціальні протишумні навушники, які убезпечать користувача від шкідливого впливу шумів і допоможуть зробити умови роботи більш комфортними.

9.2.2. Аналіз освітленості робочої зони

Висвітлення робочого місця спеціаліста, який працює за навчальним стендом «Система автоматичного регулювання температури хімічного реактора з водяною сорочкою» складається з природного та штучного освітлення.

Природне освітлення досягається установкою віконних отворів з коефіцієнтом природного освітлення КЕО не нижче 1,2% у зонах із стійким сніговим покривом і не нижче 1,5% на решті території.

Для штучного освітлення приміщень із персональними комп'ютерами слід застосовувати світильники типу ЛПО36. Допускається застосовувати світильники прямого світла, переважно відбитого світла типу ЛПО13, ЛПО5, ЛСО4, ЛПО34, ЛПО31 з люмінесцентними лампами типу ЛБ. Дозволяється застосування світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання. Світильники повинні розташовуватися лініями (прямими або такими, що перериваються) так, щоб при різному положенні машин вони були паралельно лінії зору користувача. Захисний кут світильників має бути не менше 40 градусів.

У ранковий та вечірній час вводиться загальне штучне освітлення. Основними джерелами штучного висвітлення є лампи білого світла ЛБ-20.

Вимоги до освітлення на робочих місцях, обладнаних ПК згідно зі СНІП 23-05-95*.

У разі нестачі освітлення можна запропонувати до виконання такі заходи: запровадження додаткових джерел штучного світла, приміщення для відпочинку, регламентація часу роботи, скорочення робочого дня тощо.

Таблиця 23 - Вимоги до освітлення на робочих місцях, обладнаних ПК

Освітленість на робочому столі	(300 - 500) лк
Освітленість на екрані ПК	не вище 300 лк
Блики на екрані	не вище 40 кд/м ²
Пряма блискучість джерела світла	200 кд/м ²
Показник засліплення	не більше 20
Показник дискомфорту	не більше 15
Відношення яскравості:	
між робочими поверхнями	3:1–5:1

між поверхнями стін і обладнання	10:1
Коефіцієнт пульсації:	не більше 5%

9.2.3. Аналіз показників мікроклімату

Вимоги до параметрів мікроклімату визначаються згідно з СанПіН 1.2.3685-21 [12]. Показник мікроклімату повинен забезпечувати підтримку теплового балансу між людьми та навколишнім середовищем та підтримувати оптимальний або допустимий теплий стан організму, забезпечуючи тим самим високий рівень ефективності.

Відхилення від мікрокліматичних показників може бути спричинене особливостями конструкції виробничих об'єктів, функціями виробничого обладнання та кліматичними умовами навколишнього середовища.

Оптимальні та допустимі значення характеристик мікроклімату наведені у таблиці 24.

Таблиця 24-Оптимальні і припустимі значення характеристик мікроклімату

Період року	Категорія робіт за рівнем енергозатрат, Вт	Температура повітря, °C	Температура поверхонь, °C	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Ia (до 139)	(22 – 24)	(21 - 25)	(40 - 60)	0,1
Теплий	Ia (до 139)	(23 - 25)	(22 – 26)	(40 - 60)	0,1

З метою профілактики несприятливого впливу мікроклімату та підтримки його оптимальних умов мають бути використані захисні заходи: запровадження системи місцевого кондиціонування повітря, регламентація часу роботи тощо.

9.2.4. Монотонність праці, що викликає монотонію

Монотонія - це специфічний функціональний стан, що характеризується зниженням рівня життєдіяльності внаслідок одноманітних подразників, тобто зниженням зовнішньої стимуляції. Монотонія найчастіше виникає як наслідок робочої ситуації, але може бути і результатом індивідуального стилю життя або наслідком життєвих обставин, що склалися, які викликають нудьгу і «голод почуттів». Проявом робочої монотонії є притуплення гостроти уваги, ослаблення здатність до його перемикавання, зниження пильності, кмітливості, ослаблення волі, поява сонливості. Для стану характерні сонливість, байдужість чи негативне ставлення до роботи, знижена увага, психогенна втома, яка формується на початку робочого дня. При цьому виникає неприємне емоційне переживання, що полягає у прагненні вийти із цієї обстановки. Всі ці явища швидко зникають при вході людини до нормального зовнішнього середовища [9].

Для усунення накопиченої втоми та навантаження на організм людини необхідно виконувати комплекс фізичних вправ на координацію рухів, концентрацію уваги, комплекс вправ на око, використовувати методику психічної саморегуляції та регламентовані перерви.

9.2.5. Тривале зосереджене спостереження

Тривале зосереджене спостереження необхідно на робочих місцях, де стан об'єкта, що спостерігається, весь час змінюється, і діяльність працівника полягає в періодичному вирішенні ряду завдань, безперервно наступних один за одним, на основі одержуваної та постійно змінної інформації.

у моїй роботі потрібно уважно стежити за переходом системи. Тому для зменшення втоми від тривалого зосередженого спостереження, згідно ГОСТ 22269-76 Робоче місце оператора. Взаємне розташування елементів робочого місця, до робочого місця дослідника можна пред'явити такі основні вимоги: конструкція робочого місця та взаємне розташування всіх його елементів

повинні забезпечувати підтримання раціональної робочої пози при роботі на ЕОМ, дозволяти змінювати позу з метою зниження статичної напруги м'язів шийноплечової області та спини, забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання з урахуванням його кількості та конструктивних особливостей, характеру виконуваної роботи.

Також дуже важливо підтримувати оптимальний режим праці та відпочинку, для профілактики та запобігання психічному та фізичному перевтомі.

9.2.6. Аналіз електробезпеки

Приміщення, де розташовані персональні обчислювальні машини, належить до приміщень із підвищеною небезпекою [4]. Однак, небезпечний і шкідливий вплив на людей електричного струму та електричної дуги проявляються у вигляді електротравм та професійних захворювань [6]. До заходів щодо запобігання можливості ураження електричним струмом слід віднести:

- при виконанні монтажних робіт необхідно використовувати тільки справний інструмент, атестований службою кипіа;
- з метою захисту від ураження електричним струмом, що виникає між корпусом приладів та інструментом під час пробки мережної напруги на корпус, корпуси приладів та інструментів повинні бути заземлені;
- при увімкненій мережній напрузі роботи на задній панелі повинні бути заборонені;
- всі роботи з усунення несправностей повинен виконувати кваліфікований персонал;
- необхідно постійно стежити за справністю електропроводки.

Перед початком роботи слід переконатися у відсутності проводів електроживлення, що звисають зі столу або висять під столом, у цілісності вилки та проводу електроживлення, у відсутності видимих пошкоджень апаратури та

робочих меблів, у відсутності пошкоджень та наявності заземлення приєкранного фільтра.

Залежно від умов у приміщенні небезпека ураження електричним струмом збільшується або зменшується. Не підключайтеся до землі при високій вологості (з відносною вологістю більше 75 % в 80 протягом тривалого часу), високій температурі (понад 35°C), електропровідному пилу, електропровідності підлоги та металевих елементів при можливості одночасного контакту. Максимальна допустима напруга дотику та струму відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 [13]. Як заходи захисту від прямого контакту з провідниками струму, згідно з ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ, необхідно застосовувати такі захисні заходи:

- основна ізоляція;
- захисні оболонки;

Висновки

Підсумком роботи стала розробка програмного забезпечення для прогнозування поведінки об'єктів нафтогазової промисловості.

Ця робота включала побудову та аналіз математичних моделей, проведення аналізу за допомогою нейронних мереж та написання програмного забезпечення. У результаті шляхом постійної оптимізації та уточнення було отримано більш реалістичну математичну модель, яка була змодельована у Simulink, і, нарешті, дані були проаналізовані для розробки програми, що відповідає вимогам.

На основі декількох оригінальних моделей прогнозування виявлення несправностей двигуна, відповідно, з подальшим дослідженням порівняльного аналізу, була отримана модель виявлення несправностей двигуна з більш високими вимогами до точності. На основі аналізу прикладів можна зробити висновок, що алгоритм прогнозування на основі граничної навчальної машини має більш стабільні показники прогнозування, ніж традиційний алгоритм прогнозування на основі нейронної мережі ВР, а виявлений недолік здатності до узагальнення граничної навчальної машини і тенденція до проблеми глибоко.

Література

1. Бідюк П.І. Методи прогнозування/П. Бідюк,О. Меньяйленко, О.Половцев. – Т 2. – Луганськ : Альма-матер, 2008. – 305 с.
2. Sushabhan Choudhury. ZigBee and Bluetooth Network based Sensory Data Acquisition System [Електронний ресурс] / Sushabhan Choudhury, Piyush Kuchhal, Rajesh Singh. – doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.195 – P. 367-372.
3. Kyung Sup Kwak. An Overview of IEEE 802.15.6 Standard" [Electronic resource] / Kyung Sup Kwak, Sana Ullah, Niamat Ullah // 2010 3rd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL 2010), 7-10 Nov., 2010. – Rome, Italy. – DOI: 10.1109/ISABEL.2010.5702867.
4. Sushabhan Choudhury. ZigBee and Bluetooth Network based Sensory Data Acquisition System [Електронний ресурс] / Sushabhan Choudhury, Piyush Kuchhal, Rajesh Singh. – doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.195 –P. 367-372.
5. IEEE 802.11 ad: directional 60 GHz communication for multi-Gigabit-per-second Wi-Fi / Nitsche, T., Cordeiro, C., Flores, A. B., Knightly, E. W., Perahia, E., & Widmer, J. C. // IEEE Communications Magazine. – 2014. – 52 (12). – Pp. 132-141.
6. IEEE 802.11 ad: A standard for TV white space spectrum sharing / Flores, A. B., Guerra, R. E., Knightly, E. W., Eccle-sine, P., & Pandey, S. // IEEE Communications Magazine. – 2013. – 51 (10). – Pp. 92-100.
7. Галай В.М. Теорія оптимальних систем автоматичного керування технологічними процесами: монографія/ В.М.Галай, К.Х.Зеленський, А.М. Сільвестров. – Полтава: ПНТУ, 2009. – 153 с.
8. Жлуктенко В. І. Економетрія/В. І. Жлуктенко, Н.К. Водзянова, С. С. Савіна, О. В. Колодінська (під ред. С. І. Наконечного). – Київ: Видавництво Європейського університету, 2005. – 550 с.
9. Зеленський К. Х. Комп'ютерні методи прикладної математики / К. Х. Зеленський, В. М. Ігнатенко, О. П. Коц. — Київ: Академперіодика, 2002. – 480 с.
10. Івахненко О. Г. Довгострокове прогнозування та керування скланими системами/О.Г. Івахненко. – Київ: Техніка, 1975. –250 с.
11. Нестеренко О.В., Ковтунець О.В., Фаловський О.О. Інтелектуальні системи і технології. Ввідний курс/ О.В.Нестеренко, О.В. Ковтунець, О.О. Фаловський. – Київ:Національна академія управління, 2017. – 90 с.
12. Островерхов М.Я. Методи дослідження електротехнічних комплексів і систем/М.Я. Островерхов, А.М. Сільвестров, К.Х. Зеленський/К.: ТАЛКОМ, 2019. - 300 с.
13. Самсонов В. В., Тачиніна О.М. Методологія наукових

досліджень та приклади її використання/Київ, НУХТ, 2022. – 385 с.

14. Сільвестров А. М. Багатократно адаптивні системи ідентифікації / А. М. Сільвестров, О. М. Паченко. – К. : Техніка, 1983. – 110 с.
15. Антонюк В. С. Методологія наукових досліджень: Навч. посіб./В.С.Антонюк, Л. Г. Полонський, В. І. Аверченков, Ю. А. Малахов. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2015. – 274 с.
16. Бучма І.М. Мікропроцесорні пристрої Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. – 236 с.
17. Важинський С.Е., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень: Навч. посіб. /С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. –260 с.
18. Нова енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=244996332>
19. Дубовський С.В. Техніко-економічні оцінки перспективних природоохоронних технологій теплової енергетики України / С.В. Дубовський, В.С. Коберник // Проблеми загальної енергетики. –2013. – No 2(33). –С. 49-56.
20. Залознова Ю.С. Економічні та соціальні проблеми розвитку промисловості: монографія / Ю.С. Залознова; НАН України, Інститут економіки промисловості. –Київ, 2017. –288 с.
21. Іщук С.І., Гладкий О.В. Техніко-економічні основи промислового виробництва: навч. посібник. – К.: Академія, 2011. – 296 с.
22. Артюх С.Ф. Автоматизовані системи керування технологічними процесами в енергетиці / С.Ф.Артюх, М.А.Дуель, І.Г.Шелепов. – Харків, "Знання", –2001 р., –416 с.
23. Дуель М.О. Автоматизовані системи управління технологічними процесами енергоблоків теплових електростанцій (розробка, дослідження, впровадження): автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.13.07 / М.О. Дуель. –Харків, 1998. –36 с.
24. Савицький В. Технічні засоби автоматизації. - Львівська політехніка, 2018, -292с.
25. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів. -Ліра-К, 2017, -378с.
26. Ладанюк А. П.- Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування). Ліра-К, 2016, -312с.
27. Автоматизація технологічних процесів. Синєглазов В.М., Сергєєв І. Ю. -Київ, 2015, -444с.
28. Автоматизація виробничих процесів. Підручник. Ельперін І.В., Пупена О.М., Сідлецький В.М. -Ліра К, 2017, -378с.
29. Основи автоматики та автоматизації, Пістун Є.П., Стасюк І.Д.

- Львівська політехніка, 2018, -336с.

30. Теоретичні основи автоматики. Корчемний М.О., Клендій П.Б., Потапенко М.В. -Богдан НК, 2012, -304с.

31. Технології проектування комп'ютерних систем. Б.І. Масловський, В.І. Дрововозов, О.В. Коба. -Київ, 2015, -500с.

32. Обладнання автоматизованого виробництва Бочков В. М., Сілін Р. І., - Львівська політехніка. 2015, -404с.

33. Виконавчі пристрої систем автоматизації. Васильківський І. С., Фединець В. О., Юсик Я. П. - Львівська політехніка, 2020, -220с.

ВІДГУК**наукового керівника кваліфікаційної роботи
рівня вищої освіти “магістр”**

виконаного на тему: **Удосконалення системи автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об’єктах**

студентом (кою) **ЧИГРІН Сергій В'ячеславович**

(прізвище, ім'я)

Студент Чигрін С.В. виконав магістерську роботу на тему “ Удосконалення системи автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об’єктах ” повністю відповідно до завдання. Робота присвячена актуальному питанню дослідження та удосконалення систем автоматичного моніторингу та прогнозування та дослідженню питання їх ефективності в різних режимах роботи. Студент Чигрін С.В. працював над роботою систематично, докладно вивчав рекомендуєму літературу, і правильно застосовував отримані знання. Графічна частина роботи виконана відповідно до норм і вимогами. Всі елементи схем в записці і кресленнях відповідають вимогам ЕСКД до розмірів умовних графічних позначень в електричних системах.

Робота має практичну значимість та наукову цінність

У цілому робота виконана грамотно, акуратно, основні цілі роботи досягнуті, а поставлені завдання виконані. Робота заслуговує оцінки “відмінно”.

Керівник кваліфікаційної роботи

__к.т.н., доцент_____
(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

__Близниченко О.М.
(ім'я, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу

“ Магістр ” рівня вищої освіти

виконаний(у) на тему: **Удосконалення системи автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах**

студентом (кою) **ЧИГРІН Сергій В'ячеславович** _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Студент Чигрін С.В. виконав магістерську роботу на тему “ Удосконалення системи автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах ” повністю відповідно до завдання.

В роботі проведено дослідження та удосконалення систем автоматичного моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на технологічних об'єктах. Визначені основні фактори, які впливають на поліпшення основних характеристик систем моніторингу та прогнозування технологічних об'єктів. Визначені області застосування таких систем, а також критерії їх ефективного використання.

Робота присвячена актуальному питанню підвищення ефективності систем керування та моніторингу. Це питання має високу практичну значимість, тому що енергозбереження є на сьогодні основним напрямком розвитку енергетики України. Вирішення цього питання дозволяє не тільки заощаджувати кошти на додатковому виробництві електроенергії, но і поліпшити питання екології.

Робота має практичну значимість та наукову цінність.

Графічна частина роботи виконана відповідно до норм та вимог. Всі елементи схем в записці і кресленнях відповідають вимогам ЕСКД до розмірів умовних графічних позначень в електричних системах.

Робота виконана на актуальну тему і відбиває високу інженерну підготовку автора.

Па роботі є наступні зауваження:

Варто розглянути питання використання в системах методу експертних оцінок

У цілому робота виконана акуратно, грамотно та заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент

 К.Т.Н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

 Буданов П.Ф.

(ім'я, прізвище)