

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Інтелектуальна система тестування параметрів технологічного обладнання
(тема)

Виконав: студента 2 курсу, гр. ІТМРТм-19-1
Белей Р.С.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 172 Телекомунікації та
радіотехніка

освітньої програми Інтелектуальні технології
мікросистемної радіоелектронної техніки

(код і повна назва напрямку)

Тип програми освітньо-професійна

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Нефьодов Л.І.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І.Ш.

(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	172 Телекомунікації та радіотехніка
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки
(код і повна назва)	

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Белею Роману Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Інтелектуальна система тестування параметрів технологічного обладнання

затверджена наказом по університету від _____ 02.11. 2020 р. № 1508 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 08.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

3.1 Основні параметри для проведення тестування: температура більша за 50°C, напруга на виході датчика вища за 5В та споживаний струм перевищує 4А;

3.2 Мова програмування C#;

3.3 Середовище розробки Visual Studio;

3.4 Кількість таблиць у базі даних не менше 5.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Вступ

4.2 Аналіз методів оцінки стану технологічного обладнання

4.3 Аналіз методів прогнозування відмов технологічного обладнання

4.4 Розробка архітектури інтелектуальної системи автоматизованого контролю стану технологічного обладнання

4.5 Експериментальні дослідження

4.6 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – с. формату А4

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	Новоселов С.П.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Провести аналіз оцінки стану технологічного обладнання	07.11.2020	Виконано
2	Провести аналіз методів прогнозування відмов технологічного обладнання	09.11.2020	Виконано
3	Провести розробку архітектури інтелектуальної системи автоматизованого контролю стану технологічного обладнання	12.11.2020	Виконано
4	Розробка структури бази даних та програмного засобу	17.11.2020	Виконано
5	Провести експериментальні дослідження	29.11.2020	Виконано
6	Провести розрахунки, пов'язані з охороною праці	1.12.2020	Виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	03.12.2020	Виконано
8	Подання роботи до ЕК	08.12.2020	

Дата видачі завдання 02.11.2020 року

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Белей Р.С.

(прізвище, ініціали)

проф. Нефьодов Л.І.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 71 сторінка, 20 рисунків, 8 таблиць 20 джерел, 1 додаток.

АЛГОРИТМ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ДАТЧИКИ, КОНТРОЛЬ, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ, ТЕСТУВАННЯ

Об'єктом дослідження є інтелектуальне виробництво.

Предмет дослідження – методи автоматизованого тестування параметрів технологічного обладнання.

Мета роботи – визначення методу автоматизованого тестування параметрів технологічного обладнання та розробка програмно-апаратного забезпечення для проведення експериментальних досліджень методики визначення працездатності устаткування.

Розроблена архітектура та алгоритм роботи підпрограми збори даних з технологічного обладнання дають змогу побудувати інтелектуальну систему тестування параметрів технологічного обладнання.

Розроблено структуру бази даних, описані таблиці даних та показані відносини між таблицями.

В програмі реалізована методика оцінки робочої ситуації та прогнозування виходу з ладу обладнання. Методика оцінки поточного стану обладнання полягає в пошуку такого стану роботи в якому переважні ознаки одночасно входять в зону підвищеної небезпеки.

Результати магістерської атестаційної роботи апробовані у 2 публікаціях (1 стаття та 1 тези доповідей).

ABSTRACT

Explanatory note: 71 pages, 20 figures, 8 tables, 20 sources, 1 appendix.

ALGORITHM, INTELLECTUAL SYSTEM, INTELLIGENT SENSORS,
CONTROL, MONITORING SYSTEM, TESTING

The object of research is intellectual production.

The subject of research – methods of automated testing of parameters of technological equipment.

The purpose of the work is to determine the method of automated testing of the parameters of technological equipment and to develop software and hardware for conducting experimental studies of the method of determining the efficiency of the equipment.

The developed architecture and algorithm of the subroutine data collection from technological equipment allow to build an intelligent system for testing the parameters of technological equipment.

The structure of the database is developed, the data tables are described and the relations between the tables are shown.

The program implements a method of assessing the working situation and predicting equipment failure. The method of assessing the current state of the equipment is to find a state of operation in which the predominant features are simultaneously included in the zone of increased danger.

The results of the master's attestation work were tested in 2 publications (1 article and 1 abstract).

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз методів оцінки стану технологічного обладнання на базі інтелектуальних систем	11
1.1 Аналіз методів оцінки стану технологічного обладнання	11
1.2 Аналіз загальних принципів побудови автоматизованих систем тестування стану технологічного обладнання	13
1.3 Структурна схема системи моніторингу	17
1.4 Класифікація систем моніторингу	19
1.5 Визначення вимог до модулів сповіщення, відображення і реєстрації.....	24
1.6 Визначення вимог до інформаційної бази даних і знань.....	26
1.7 Визначення вимог до модуля управління.....	27
1.8 Аналіз вимог до блока мережевих інтерфейсів.....	27
1.9 Висновки по першому розділу.....	29
2 Методи прогнозування відмов технологічного обладнання	30
2.1 Аналіз методів прогнозування відмов	30
2.2 Побудова моделі діагностування технологічного обладнання....	34
2.3 Структура засобів діагностики автоматизованого технологічного обладнання.....	37
2.4 Оцінка раціонального параметра діагностики технологічного обладнання.....	39
2.5 Висновки по другому розділу.....	42
3 Розробка архітектури інтелектуальної системи автоматизованого контролю стану технологічного обладнання.....	43
3.1 Опис архітектури інтелектуальної автоматизованої системи контролю стану технологічного устаткування.....	43

3.2 Опис алгоритму роботи підпрограми збору даних з інтелектуальних датчиків.....	45
3.3 Висновки по третьому розділу.....	48
3.4 Висновки по третьому розділу роботи.....	49
4 Експериментальні дослідження.....	49
4.1 Розробка структури бази даних	49
4.2 Розробка програмного засобу	56
4.3 Розрахунок підвищеного значення напруги	62
4.4 Висновки по четвертому розділу.....	65
Висновки.....	66
Перелік джерел посилань.....	68
Додаток А. Демонстраційний матеріал.....	71

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БІС – блок ідентифікації станів;
БП – блок перетворень;
БС – блок сигналізації;
БУ – бібліотека уставок (допустимі значення параметрів);
БФДІ – блок формування діагностичної інформації;
БФКК – блок формування керуючих команд;
ВЕП – вторинний електричний перетворювач.
ДСТУ – Державний стандарт України;
ЛК – схема локалізація контакту;
ПЕП – первинний електричний перетворювач;
ПН – пристрій навантаження;
ПНП – первинний неелектричний перетворювач;
ТЗД – технічний засіб діагностики;
ЧЕ – чутливий елемент;
IIoT – Industrial Internet of Things;
MES – manufacturing execution system;
RS – recommended standard.

ВСТУП

Одним з основних завдань на виробництві є контроль за ходом виконання технологічного процесу, а також станом технологічного устаткування. Для цього використовується контрольні панелі оператора на основі, як реальних вимірювальних приладів, так і цифрових двійників устаткування, що відображаються на екрані промислового комп'ютера.

Моніторинг стану устаткування, архівація протоколу нештатних ситуацій і збереження отриманої архівної інформації у базі даних – невід'ємна функція систем диспетчеризації і прогнозування відмов на інтелектуальному виробництві.

Забезпечення безпеки виробництв реалізується через контроль технічного стану (діагностику) технологічного устаткування і окремих його вузлів. Використання різних методів діагностування устаткування повинне передбачатися на стадії проектування, виготовлення і експлуатації його. Якщо на стадії проектування розробник нового устаткування не передбачив застосування методів неруйнівного контролю і діагностики, то технологічне обладнання може виявитися не придатним для виконання контролю, з невизначеними показниками надійності. Це призводить до скорочення терміну служби устаткування і труднощів при експлуатації і ремонті його.

Виходячи з вищесказаного, тема атестаційної роботи «Інтелектуальна система тестування параметрів технологічного обладнання» є актуальною.

Мета роботи – удосконалення методу автоматизованого тестування параметрів технологічного обладнання та розробка програмно-апаратного забезпечення для проведення експериментальних досліджень методики визначення працездатності устаткування.

Об'єктом дослідження є інтелектуальне виробництво.

Предмет дослідження – методи автоматизованого тестування параметрів технологічного обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідити існуючі методи автоматизованого тестування параметрів технологічного обладнання
- обрати програмну та апаратну платформу для реалізації визначеного методу тестування;
- розробити програмно-апаратне забезпечення для проведення експериментальних досліджень методики визначення працездатності устаткування;
- провести експериментальне дослідження з метою перевірки працездатності обраного методу автоматизованого тестування параметрів технологічного обладнання;
- оформити магістерську атестаційну роботу згідно ДСТУ 3008:2015 [1], а також з методичними вказівками з розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 172 «Телекомунікація та радіотехніка», освітньої програми «Інтелектуальні технології мікросистемної радіoeлектронної техніки» [2].

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА БАЗІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

1.1 Аналіз методів оцінки стану технологічного обладнання

1.1.1 Загальне поняття про оцінку технічного стану технологічного обладнання

Технічний стан технологічного обладнання – це стан, який характеризується в певний момент часу за певних умов зовнішнього середовища значеннями параметрів, встановлених регламентуючою документацією [1].

Контроль стану технологічного обладнання – перевірка відповідності значень параметрів устаткування вимогам, встановленим документацією, і визначення на цій основі одного із заданих видів технічного стану в даний момент часу.

Після виконання тестування поточного стану обирається рішення щодо виконання регламентних робіт з технічного обслуговування обладнання:

- добрий стан – обслуговування не потрібно;
- задовільний стан – обслуговування здійснюється відповідно до плану;
- поганий стан – проводяться позачергові роботи з обслуговування;
- аварійний стан – потрібно виконати негайну зупинку технологічного обладнання та виконати ремонт.

З метою встановлення фактичного стану технологічного обладнання, виявлення дефектів, несправностей, інших відхилень, які можуть привести до відмов, а також для планування проведення і уточнення термінів і об'ємів робіт по обслуговуванню та ремонту, проводяться технічні обстеження (огляди, діагностування). Технічні обстеження устаткування, експлуатація якого регламентується нормативними актами, проводиться в порядку, встановленому відповідними нормативними актами.

Технічний огляд – це такий захід, що виконується з метою спостереження за технічним станом технологічного обладнання.

Технічна експертиза – зовнішній і внутрішній огляд устаткування, випробування, що проводяться в строк і в об'ємах, відповідно до вимог документації, у тому числі нормативних актів, з метою визначення його технічного стану і можливості подальшої експлуатації.

Технічне діагностування – комплекс операцій або операція по встановленню наявності дефектів і несправностей технологічного обладнання, а також за визначенням причин їх появи.

1.1.2 Методи оцінки технічного стану технологічного обладнання

Розрізняють суб'єктивні і об'єктивні методи оцінки технічного стану устаткування [4].

Під суб'єктивними методами маються на увазі такі методи оцінки технічного стану технологічного обладнання, при яких для збору інформації використовуються органи чуття людини, а також прості пристрої і пристосування, призначені для збільшення чутливості у рамках діапазонів, властивих органам чуття людини. При цьому для аналізу зібраної інформації використовується аналітичний апарат людини, що базується на отриманих знаннях і власному досвіді. До суб'єктивних методів оцінки МС відносять візуальний огляд, контроль температури, аналіз шумів і інші методи.

Під об'єктивними (приладовими) методами маються на увазі такі методи оцінки технічного стану технологічного обладнання, при яких для збору і аналізу інформації використовуються спеціалізовані пристрої і прилади, електронно-обчислювальна техніка, а також відповідне програмне і нормативне забезпечення. До об'єктивних методів оцінки технічного стану технологічного обладнання відносяться вібраційна діагностика, методи неруйнівного контролю (магнітний, електричний, радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, ультразвуковий, контроль проникаючими речовинами) і інші.

1.2 Аналіз загальних принципів побудови автоматизованих систем тестування стану технологічного обладнання

1.2.1 Загальні відомості

Система моніторингу стану устаткування – сукупність процедур, процесів і ресурсів, реалізованих з використанням діагностичних апаратних та програмних засобів, що дозволяє за результатами вимірів заданих параметрів в заданих точках і спостережень за роботою устаткування отримати інформацію про поточний технічний стан технологічного обладнання, безпеки і ризики, пов'язані з його використанням, необхідних діях обслуговуючого персоналу і інші відомості, необхідні для реалізації встановлених заходів обслуговування.

Діагностичний модуль системи моніторингу – обчислювальний пристрій, що використовується у складі системи моніторингу стану обладнання та забезпечує управління процесом збору, обробки і накопичення інформації про стан технологічного обладнання, передачу її в діагностичну мережу, взаємодію з людиною-оператором.

Діагностична станція системи моніторингу – частина системи комп'ютерного моніторингу стану технологічного обладнання, що включає діагностичний модуль і засоби відображення, реєстрації, попередження і взаємодії системи з людиною-оператором і польовою мережею вимірювального устаткування.

Діагностична мережа системи моніторингу – комплекс програмно-апаратних засобів системи моніторингу стану технологічного обладнання, що забезпечує передачу, зберігання, відображення, реєстрацію на видалених станціях користувачів інформації про стан устаткування в реальному масштабі часу з видачею необхідного попередження.

Сервер діагностичної мережі – програмно-апаратний комплекс на базі спеціалізованого комп'ютера підвищеної надійності, що забезпечує збір,

зберігання, передачу на станції користувачів інформації про стан устаткування в реальному масштабі часу.

Автоматизоване робоче місце оператора – програмно-апаратний комплекс на базі комп'ютерів загального застосування, призначений для отримання, відображення і протоколювання інформації про стан устаткування в реальному масштабі часу [5].

1.2.2 Принципи побудови систем моніторингу

Системи моніторингу повинні забезпечувати отримання інформації про об'єкт моніторингу у необхідній кількості і якості для забезпечення прозорості його технічного стану. За результатами спостереження системи моніторингу проводять дії, що впливають на обладнання, з метою забезпечити необхідний запас стійкості технологічної системи, якості її функціонування, техногенну, екологічну і економічну безпеку.

Побудова систем моніторингу має бути виконана з урахуванням загальних принципів:

Принцип достатності. При побудові системи моніторингу слід використати мінімально необхідне число датчиків процесів, супроводжуючих роботу устаткування і технологічної системи в цілому, яке здатне забезпечити отримання даних про технічний стан, і мінімальне необхідне число процедур обробки вихідних сигналів датчиків (виявлення, фільтрації, лінеаризації, корекції амплітудно-фазових характеристик і так далі).

Принцип інформаційної повноти. Сукупність діагностичних ознак, використовуваних в системі моніторингу, повинна забезпечувати хорошу обумовленість зворотного фізичного завдання виявлення усіх несправностей, характерних для об'єкту моніторингу.

Принцип інваріантності. Вибрані діагностичні ознаки мають бути інваріантні до конструкції устаткування, що діагностується, і форми кореляції з його несправностями, що забезпечує застосування стандартних процедур

безеталонного діагностування і прогнозування ресурсу устаткування і, відповідно, зменшує час розробки і впровадження систем моніторингу.

Принцип самодіагностики. Цей принцип може бути реалізований поданням у вимірювальні канали системи моніторингу спеціальних тестових сигналів з подальшим аналізом їх на виході каналів. Таким чином перевіряють функціонування усього тракту системи моніторингу від датчика до комп'ютерної програми і монітора. Реалізація цього принципу забезпечує легкий пуск систем в експлуатацію, простоту обслуговування і ремонту окремих каналів, зручність в адаптації системи моніторингу до умов виробництва, що змінюються.

Принцип структурної гнучкості і спроможності до програмування. Цей принцип забезпечує реалізацію оптимальної паралельно-послідовної структури системи моніторингу, виходячи з критеріїв необхідної швидкодії при мінімальній вартості.

Системи з паралельною зосередженою структурою (стандарти VME-VXI) мають максимальну швидкодію при максимальній вартості. Системи з послідовною розподіленою структурою мають мінімальну швидкодію при мінімальній вартості. Системи з послідовно-паралельною структурою займають проміжне положення.

Принцип корекції. Для забезпечення необхідних метрологічних характеристик системи моніторингу неідеальність вимірювальних трактів (нелінійність, відхилення реальних передатних характеристик фільтрів від номінальних і тому подібне) має бути компенсована обчислювальними методами.

Принцип дружності інтерфейсу при максимальній інформаційній місткості. Інтерфейс системи моніторингу повинен забезпечувати швидко і легко сприйняття оператором інформації про стан технологічної системи в цілому і отримання ним приписів на найближчі невідкладні дії.

Принцип багаторівневої організації. Система моніторингу повинна передбачати можливість роботи з нею фахівців різних рівнів кваліфікації і відповідальності.

Від фахівців початкового рівня кваліфікації (машиністи, слюсарі) не слід вимагати інших знань і умінь при роботі з системою, окрім здатності за допомогою простої дії (наприклад, натисненням однієї клавіші), прийняти повідомлення системи про зміну в технічному стані устаткування і вказівок по його експлуатації.

Від персоналу другого рівня кваліфікації (механіки, інженерно-технічні працівники) потрібно виконання операцій по управлінню опціями меню для розгляду трендів процесів і результатів аналізу сигналів, у тому числі спектрального. На цьому рівні працюють також діагности відділів і цехів технічного нагляду за станом устаткування.

Наявність мережевої підтримки дозволяє об'єднати системи моніторингу різних цехів в систему моніторингу підприємства, до якої підключені комп'ютери діагностів технічного нагляду і користувачів-керівників – від заступників і начальників цехів до головних механіків і інженерів виробництв і підприємства в цілому.

Такий багаторівневий контроль забезпечує ефективне управління технічним станом устаткування і його безпечну експлуатацію. Автоматизована система моніторингу у рамках усього підприємства або компанії повинна передбачати накопичення даних про технічний стан устаткування і діагностичні ознаки, що забезпечує постійне вдосконалення системи.

Принцип інтеграції у виробничу виконавську систему підприємства (MES-систему). Реалізація цього принципу забезпечує автоматичне введення в систему планування ресурсів підприємства інформації про стан устаткування, поставленою системою моніторингу, планах його ремонту і так далі, забезпечуючи технічне обслуговування і ремонт устаткування по фактичному технічному стану [5].

1.3 Структурна схема системи моніторингу

Загальна структурна схема системи автоматизованої моніторингу стану технологічного обладнання показана на рисунку 1.1 [6].

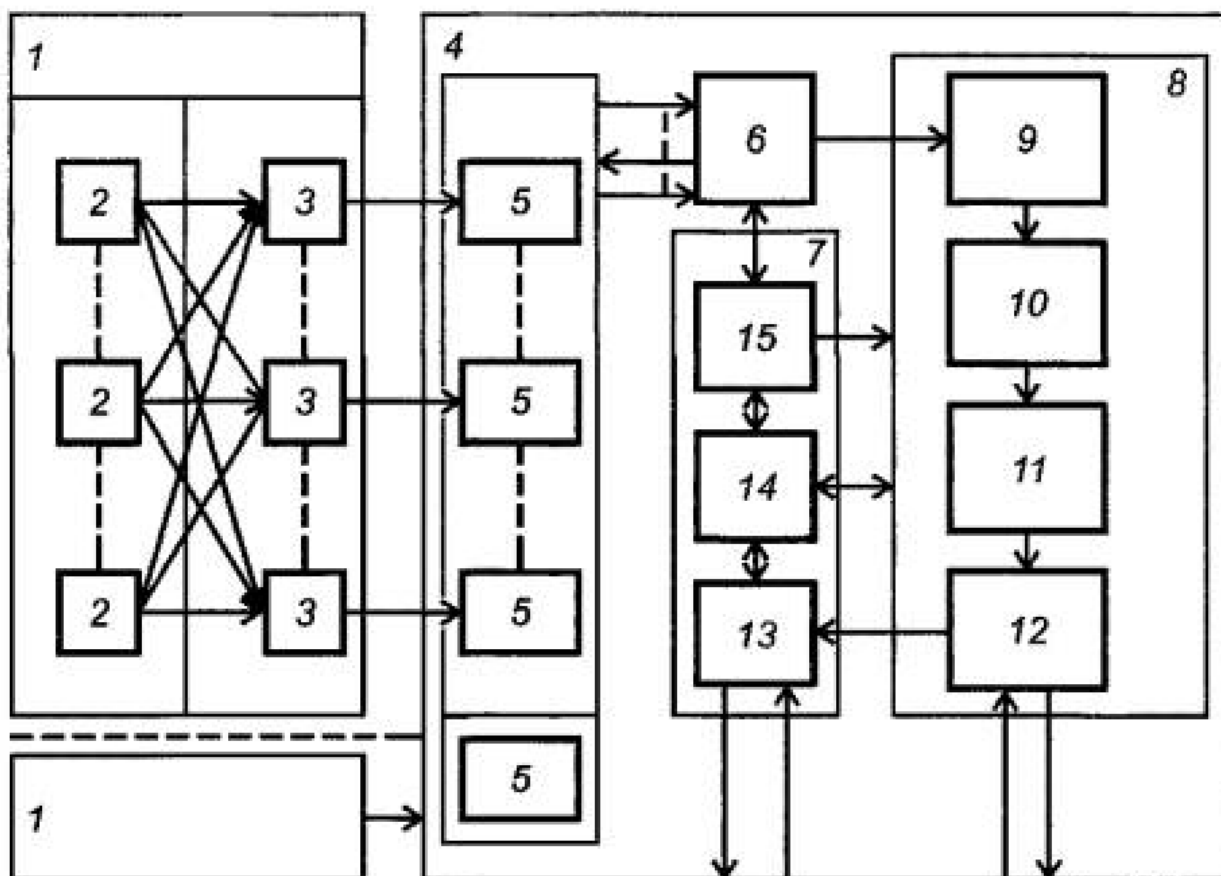


Рисунок 1.1 – Загальна структурна схема автоматизованої системи моніторингу стану технологічного обладнання

На рисунку 1.1 цифрами позначені:

- 1 – агрегат;
- 2 – вузол, що діагностується;
- 3 – канал поширення;
- 4 – система моніторингу;
- 5 – датчик;
- 6 – блок узгодження;
- 7 – тракт управління;

- 8 – тракт розпізнавання;
- 9 – аналізатор;
- 10 – блок формування діагностичних ознак;
- 11 – блок ухвалення рішення;
- 12 – блок сповіщення, відображення і реєстрації;
- 13 – блок мережевих інтерфейсів (Intranet/Internet);
- 14 – інформаційні бази даних і знань;
- 15 – блок управління і синхронізації.

Об'єкт моніторингу є сукупністю N агрегатів, кожен з яких містить до т вузлів, що підлягають діагностуванню. До таких вузлів відносять ті, які обмежують надійність і ресурс агрегатів і небезпечних виробництв в цілому.

Генеровані у вузлах фізичні процеси (наприклад, коливання) через систему механічних і інших зв'язків (канали поширення) досягають місць, де вони сприймаються системою з п датчиків різного типу (залежно від вживаного методу діагностування або неруйнівного контролю).

Аналізатор сигналів і блок формування діагностичних ознак здійснюють перетворення масиву вхідних сигналів в масив діагностичних ознак, пов'язаних з технічним станом об'єктів, за допомогою алгоритмів цифрової обробки сигналів.

Блок ухвалення рішення на підставі вхідного масиву діагностичних ознак і експлуатаційних даних, що зберігаються в інформаційній базі даних і знань, визначає технічний стан об'єктів і видає необхідну діагностичну інформацію і/або вказівки по приведенню об'єкту в нормальний стан.

Блок сповіщення, відображення і реєстрації доводить інформацію про стан устаткування до персоналу з використанням різних каналів: візуального (дисплей системи), звукового, друк (роздрук протоколів на принтері).

За допомогою блоку мережевих інтерфейсів інформація про стан устаткування передається зовнішнім зацікавленим службам по виділених лініях локальної мережі (Ethernet), каналах послідовної передачі даних (RS-232/485), телефонних лініях з використанням модемів.

Інформаційна база даних і знань містить:

- бази даних конфігурації устаткування, що діагностується, конфігурації системи моніторингу, бази цих значень діагностичних ознак, сигналів, трендів, журналів і інших даних, необхідних для роботи системи моніторингу;
- бази знань, необхідні для роботи експертної системи.

Блок управління і синхронізації здійснює загальне управління усією системою моніторингу по певному алгоритму і/або набору адаптивних алгоритмів.

1.4 Класифікація систем моніторингу

1.4.1 Класифікація за кількістю і видом методів контролю стану.

Встановлюються наступні групи систем :

- комплексні системи;
- спеціалізовані системи.

Спеціалізовані системи використовують один метод контролю. Комплексні системи використовують набір різних методів контролю.

1.4.2. Класифікація за типом експертної системи.

Встановлюються наступні групи систем:

- системи підтримки ухвалення рішень;
- діагностичні;
- системи індикації стану.

Системи індикації стану здійснюють тільки визначення виду технічного стану об'єкту (наприклад, справний/не справний) без вказівок на причину несправності. Діагностичні системи разом з визначенням технічного стану повинні вказувати одну або декілька причин несправного стану об'єкту.

Системи підтримки ухвалення рішень включають властивості діагностичних систем і повинні видавати приписи персоналу для запобігання небезпечному стану об'єкту і приведення його в нормальний стан.

1.4.3. Класифікація несправностей, що виявляються за об'ємом.

Встановлюються наступні групи систем:

- широкого класу;
- вузького класу.

Системи вузького класу виявляють несправності тільки одного вузла агрегату.

Системи широкого класу повинні виявляти несправності різних вузлів агрегату, а також несправності в його праці за технологічною схемою агрегату.

1.4.4. Класифікація за вірогідністю помилки статичного розпізнавання стану устаткування.

Встановлюються наступні групи систем:

- малій вірогідності помилки;
- середній вірогідності помилки;
- великій вірогідності помилки.

Системи малої вірогідності помилки повинні забезпечувати вірогідність помилки менше 5%. Системи середньої вірогідності помилки повинні забезпечувати вірогідність помилки не більше 30%. Системи великої вірогідності помилки допускають вірогідність помилки більше 30%.

1.4.5. Класифікація за вірогідністю помилки динамічного розпізнавання стану устаткування.

Встановлюються наступні групи систем:

- малій вірогідності помилки;
- середній вірогідності помилки;
- великій вірогідності помилки.

Системи малої вірогідності помилки повинні забезпечувати вірогідність помилки менше 5%. Системи середньої вірогідності помилки повинні

забезпечувати вірогідність помилки не більше 30%. Системи великої вірогідності помилки допускають вірогідність помилки більше 30%.

1.4.6. Класифікація за ризиком пропуску раптової відмови.

Встановлюються наступні групи систем:

- низького ризику пропуску;
- середнього ризику пропуску;
- високого ризику пропуску.

Системи низького ризику пропуску повинні забезпечувати ризик пропуску раптової відмови менше 5%. Системи середнього ризику пропуску повинні забезпечувати ризик пропуску раптової відмови не більше 30%. Системи високого ризику пропуску допускають ризик пропуску раптової відмови більше 30%.

1.4.7. Класифікація за числом вимірювальних каналів системи.

Встановлюються наступні групи систем :

- багатоканальні.
- одноканальні.

1.4.8. Класифікація за способом опитування датчиків.

Встановлюються наступні групи систем:

- універсальні;
- паралельні;
- послідовні.

Послідовні системи здійснюють почерговий вимір сигналів і їх обробку. Послідовні виміри можуть проводитися як автоматично, так і людиною-оператором (переносні системи).

Паралельні системи здійснюють одночасний вимір сигналів і їх подальшу обробку.

Універсальні (паралельно-послідовні) системи мають змішану структуру: встановлюють групи каналів, усередині кожної групи сигнали вимірюються послідовно, а потім здійснюється паралельна обробка вихідних сигналів груп і/або навпаки.

1.4.9. Класифікація за архітектурою.

Встановлюються наступні групи систем:

- розподілені;
- зосереджені.

Уся апаратура зосередженої системи (за винятком датчиків) розміщується в одному місці, як правило, на видаленні від об'єкту моніторингу.

Апаратура розподіленої системи може розміщуватися безпосередньо на об'єкті моніторингу.

1.4.10. Класифікація за типом аналізатора сигналів.

Встановлюються наступні групи систем:

- векторні;
- скалярні.

У скалярних системах результатом роботи аналізатора сигналів є одночислові значення (загального рівня вібрації, температури і так далі).

Векторні системи в результаті обробки інформації разом з одночисловими значеннями повинні видавати одновимірні і багатовимірні масиви даних, проводити спектральну, кореляційну і іншу математичну обробку.

1.4.11. Класифікація за типом індикатора стану.

Встановлюються наступні групи систем:

- комплексні;

- багаторівневі;
- прості.

Прості індикатори стану мають тільки функцію відображення стану об'єкту.

Багаторівневі індикатори стану разом з відображенням стану об'єкту повинні мати функції відображення станів і параметрів його різних складових частин.

Комплексні індикатори стани включають функції багаторівневих індикаторів і повинні відображати: дати пуску/зупинки систем і агрегатів, їх напрацювання на різні види відмови, прогноз залишкового ресурсу, а також виводять інформацію по наступних каналах: звуковому, друк протоколів, передачі даних по мережі (публікація на Web-сервері).

1.4.12. Класифікація за наявністю і рівнем діагностичної мережі.

Встановлюються наступні групи систем:

- автоматична діагностична мережа;
- ручна діагностична мережа, інтегрована з переносними системами моніторингу;
- ручна діагностична мережа;
- діагностична мережа відсутня.

Ручна діагностична мережа забезпечує доступ до даних стаціонарних систем моніторингу і діагностики з комп'ютерів видалених користувачів шляхом ручних операцій по маніпуляції з адресами, через пошук потрібних файлів, режими їх перегляду і реєстрації.

Ручна діагностична мережа, інтегрована з переносними (персональними) системами повинна забезпечувати за допомогою ручних операцій доступ видалених користувачів до даних як стаціонарних систем моніторингу, так і переносних засобів діагностування.

Автоматична діагностична мережа повинна при одноразовому зверненні до мережі забезпечувати автоматичне представлення на комп'ютерах

видалених користувачів повної інформації про стан устаткування, отриманою як автоматичними стаціонарними системами моніторингу, так і переносними (персональними) пристроями. При цьому представлення інформації на дисплеї користувача повинне співпадати з представленням інформації на дисплеях стаціонарних і переносних пристроїв.

Передача інформації проводиться за допомогою виділених і комутованих телефонних каналів, дровяних і оптичних ліній Ethernet, радіоканалів.

1.4.13. Класифікація за типом управління.

Встановлюються наступні групи систем:

- автоматичні;
- автоматизовані;
- ручні.

Ручні системи виконують більшість функцій моніторингу під управлінням людини-оператора.

Автоматизовані системи повинні виконувати основні функції моніторингу автоматично, а допоміжні – під управлінням людини-оператора.

Автоматичні системи моніторингу повинні виконувати усі функції моніторингу автоматично. Людина в автоматичних системах може використовуватися як ланка управління для видачі керуючих дій, що впливають на об'єкт [7].

1.5 Визначення вимог до модулів сповіщення, відображення і реєстрації

Інтелектуальна система тестування параметрів технологічного обладнання повинна мати наступні форми представлення результуючої інформації:

- графічний віконний інтерфейс;
- звукове попередження

– протоколи звітів з можливістю друкування на принтері.

У систему моніторингу, що розробляється, необхідно включати наступні типи екранів для представлення інформації :

- монітор – для уявлення інформації про стан об'єктів моніторингу;
- тренд – для представлення трендів діагностичних ознак (графіків зміни в часі);
- аналіз – для представлення сигналів і результатів їх цифрової обробки;
- журнал (звіт) – для представлення інформації «Журналу механіка-електрика» і «Журналу подій» системи;
- система – для уявлення інформації про стан програмно-апаратних засобів системи.

Система моніторингу повинна відображати стан усього устаткування на основі колірної індикації.

Загальновживаною є наступна колірна індикація основних станів об'єкту:

- зелений колір – для допустимого технічного стану контрольованого моніторингу;
- жовтий колір – для технічного стану вимагає вжиття заходів;
- червоний колір – для технічного стану неприпустимо.

Крім того, рекомендується встановити колірну індикацію і для інших можливих станів і режимів використання устаткування, наприклад синій колір – для стану несправний канал, сірий (білий) колір – для режиму резерв, коричневий колір – для режиму ремонт.

Система моніторингу повинна автоматично вказувати найбільш небезпечний агрегат і вузол, ресурс, що обмежує його.

Програма, що розробляється, повинна інформувати персонал звуковим сигналом про стан устаткування через облаштування сповіщення з автоматичним повтором до моменту квітування.

Система моніторингу повинна визначати параметри технічного стану і відображати їх на дисплеї разом з їх граничними рівнями і індикацією технічного стану по кожному вибраному об'єкту.

Система моніторингу повинна виводити на принтер:

- інформацію про технічний стан вибраного об'єкту;
- тренди параметрів, спектри;
- протоколи технічного стану як для усього устаткування, так і по агрегатах, що знаходяться в певному стані (наприклад, попередження, робота, ремонт, резерв)
- історії ремонтів за певний період як по устаткуванню в цілому, так і окремо по робочих машинах або приводах;
- протоколи подій.

1.6 Визначення вимог до інформаційної бази даних і знань

Інтелектуальна система повинна автоматично архівувати результати вимірів і відображати графіки зміни параметрів технічного стану в часі (тренди).

Система повинна відображати одночасно мінімум два тренди будь-яких вибраних з числа контрольованих параметрів з наступними рекомендованими тимчасовими інтервалами для різних періодів моніторингу (звернення оператора) :

- 12 годин – кожні 1,5 хвилини;
- 4 доби – кожні 12 хвилин;
- 40 діб – кожні 2 години;
- 1 рік – кожну добу;
- 9 років – кожні 7 діб.

Система моніторингу повинна забезпечувати можливість аналізу цих трендів за допомогою переміщуваного курсора і інформаційного табло.

Система, що розробляється, повинна зберігати тренди і сигнали при появі встановлених подій (неприпустимого стану контролюваного об'єкту).

1.7 Визначення вимог до модуля управління

Програма, що розробляється, повинна автоматично розпізнавати включений (вимкнене) стан агрегатів.

Вбудована експертна система повинна автоматично визначати і прогнозувати несправність контролюваного устаткування і видавати рекомендації персоналу по його діях.

Прив'язка апаратних і програмних засобів системи моніторингу до конкретного устаткування повинна здійснюватися шляхом їх конфігурації.

Система моніторингу повинна відображати дату і час включення (відключення) агрегату, вести підрахунок загального, місячного напрацювання, напрацювання між поточними, середніми і капітальними ремонтами.

1.8 Аналіз вимог до блока мережевих інтерфейсів

Система моніторингу повинна забезпечувати обмін інформацією про стан діагностується обладнання в мережі систем моніторингу через виділені лінії Ethernet радіоканали, модемний зв'язок. Необхідно забезпечити можливість, щоб програмні засоби публікували дані в глобальній мережі Інтернет.

Система моніторингу повинна мати програмні засоби (OPC-сервер) для інтегрування в системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA-системи). Така система повинна забезпечувати підтримку мережевих комп'ютерів зі встановленим програмним забезпеченням, що знаходяться в діагностичній мережі, для переглядання стану, аналізу сигналів і трендів параметрів.

Система моніторингу повинна забезпечувати зв'язок із зовнішніми телеметричними системами.

Інтелектуальна система тестування параметрів технологічного обладнання, повинна мати програмний модуль для реєстрації напрацювань і ремонтів агрегатів, робіт, що проводяться, і замін вузлів устаткування.

Також, така система повинна мати «Журнал подій», в якому будуть фіксуватись як робота устаткування, що діагностується, так і функціонування системи моніторингу. Система моніторингу повинна автоматично фіксувати в журналах усі дії персоналу з роботи з нею, у тому числі факти включення-виключення, перезавантаження, спроби зняття захисту, зміни конфігурації.

Інтелектуальна система може забезпечувати блокування аварійних агрегатів по комплексу параметрів як безумовну, так і за результатами діалогу з оператором.

Рекомендується включати до складу системи моніторингу засоби протиаварійного захисту устаткування, що задовольняють вимогам нормативних документів.

Інтелектуальна система тестування параметрів технологічного обладнання повинна мати модуль автоматичного перезавантаження при виявленні нештатної роботи програмного забезпечення, та мати програмний захист від несанкціонованого доступу до функцій адміністрування і налаштування програмних компонент (рівні доступу, паролі) [8].

1.9 Висновки по першому розділу

В результаті проведеного аналізу була виконана класифікація інтелектуальних систем моніторингу стану технологічного обладнання на виробництві. Був проведений аналіз вимог до аналогічних систем та сформовані основні задачі, що повинна виконувати сучасна система:

- поточний контроль стану обладнання;

- накопичення отриманих даних;
- забезпечення централізованого сховища даних;
- аналіз накопичених даних з метою виявлення відхилення технологічних параметрів в заданих норм та прогнозування відмов обладнання на основі аналізу та прогнозування.

2 МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Аналіз методів прогнозування відмов

Одним з основних принципів технічного обслуговування і ремонту технологічного обладнання, що працює в складі автоматизованих систем (АС), заснованому на методі технічної діагностики, є попередження відмов обладнання за умови забезпечення максимально можливого його напрацювання. Основним елементом технічної діагностики виробничого обладнання є прогнозування.

Мета прогнозування – встановлення термінів безвідмовної роботи елементів обладнання до чергового технічного обслуговування, ремонту та запобігання відмовам.

Для прогнозування використовують метод діагностування стану по параметру «тривалість циклу». Застосовують два види прогнозування технічного стану – ймовірнісне (середньостатистичне) і по реалізації зміни значень параметрів елементів конкретного обладнання.

Ймовірнісне прогнозування засноване на статистичній обробці та аналізі результатів, отриманих в процесі проектування, виготовлення і експлуатації обладнання. Виходячи з цього, встановлюють допустимі межі значень параметрів, що характеризують параметри однотипного обладнання. При визначенні цих меж виходять з необхідності забезпечення допустимого рівня безвідмовної роботи обладнання і мінімальних сумарних витрат на його технічне обслуговування.

Ймовірнісне прогнозування вимагає єдиної періодичності планового технічного обслуговування для всієї сукупності устаткування одного типу. Це спрощує планування і організацію робіт по технічному обслуговуванню і

ремонту устаткування, що є перевагою цього виду прогнозування. До його недоліків відносять:

- можливе недовикористання ресурсу обладнання, обумовлене єдиною періодичністю його технічного обслуговування;
- виникнення відмов через розсіювання термінів безвідмовної роботи однотипного устаткування.

Метою прогнозування по реалізації є виявлення залишкового ресурсу обладнання, який являє собою тривалість роботи (напрацювання) обладнання після контролю його технічного стану до граничного стану, тобто до величини граничного зносу елементів, неприпустимої зміни якості виготовлених деталей, погіршення технологічних показників.

Прогнозування по реалізації засноване на визначенні швидкостей зміни значень параметрів, що характеризують поточний стан обладнання. Ці зміни визначають шляхом вимірювань і подальшої обробки результатів з урахуванням характеру зміни контрольованих параметрів.

Прогнозування по реалізації забезпечує більш повне використання ресурсу обладнання при одночасному підвищенні його надійності і довговічності. При використанні цього виду прогнозування, наприклад технічного стану автоматизованої лінії з агрегатних верстатів з жорстким зв'язком, виявляють відхилення параметра «тривалість циклу» від початкової величини. Потім встановлюють найбільш ймовірний обсяг ремонтних робіт, виконання яких забезпечить відновлення справного стану автоматизованої лінії. Далі визначають величину оптимальної напрацювання автоматизованої лінії з початку міжремонтного періоду, при наближенні до якої експлуатація лінії не раціональна з економічних міркувань. Для цього використовують один з критеріїв оптимальності: максимальну продуктивність автоматизованої лінії або мінімальну собівартість виготовлення на цій лінії однієї деталі.

Для визначення оптимального періоду технічного обслуговування експлуатації автоматизованої лінії при лінійній зміні параметра діагностики за критеріями оптимальності можна використовувати залежності [9]:

– за критерієм максимальної продуктивності:

$$T_{om1} = \sqrt{\frac{2\tau_n t_e}{tg\alpha}}, \quad (2.1)$$

де τ_n – середня величина початкової тривалості циклу роботи автоматизованої лінії;

t_e – час відновлення справного стану автоматизованої лінії;

α – тангенс кута нахилу прямої лінії, що характеризує зміну параметра діагностики до осі абсцис;

– за критерієм мінімальної собівартості обробки однієї деталі:

$$T_{om2} = \sqrt{\frac{2\tau_n t_e (C_0 + C_1 t_e)}{C_0 tg\alpha}}, \quad (2.2)$$

де C_0 – вартість витрат на подальше виготовлення однієї не виготовленої деталі;

C_1 – вартість одиниці часу виконання ремонтних робіт.

В умовах виробництва для скорочення витрат на визначення прогнозованого періоду роботи автоматизованої лінії використовують діаграми прогнозування ефективності функціонування. Приклад такої діаграми показано на рисунку 2.1.

На діаграмі представлені графіки зміни середньої величини тривалості циклу роботи автоматизованої лінії від:

– напрацювання

$$t = f(T); \quad (2.3)$$

– залежно зміни часу виконання ремонтних робіт від напрацювання

$$\tau = f(T); \quad (2.4)$$

- зміни кількості N циклів, відпрацьованих автоматизованої лінії;
- від напрацювання

$$N = f(T). \quad (2.5)$$

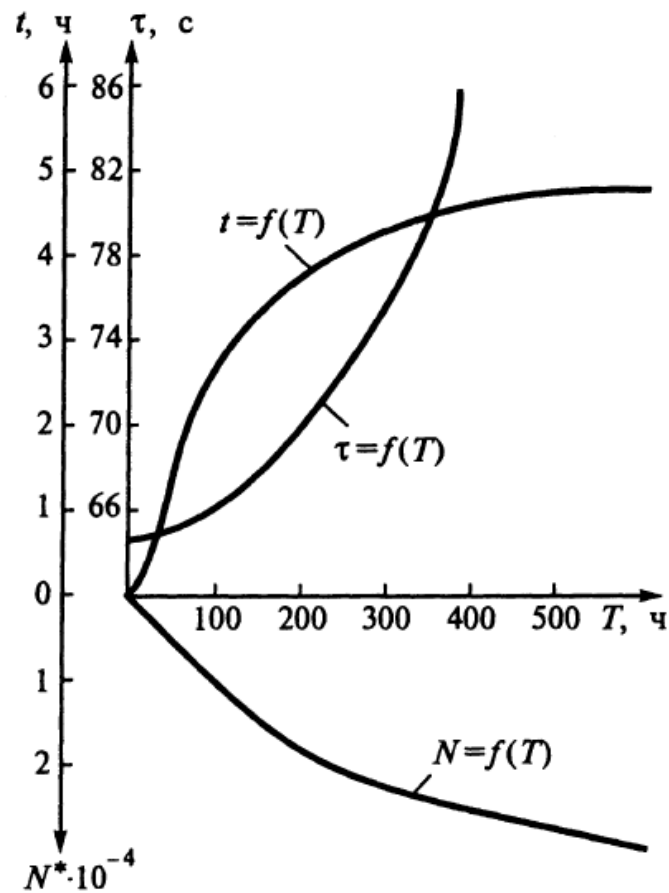


Рисунок 2.1 – Діаграми прогнозування ефективності функціонування

Діаграма на рисунку 2.1 дає можливість прогнозувати напрацювання як в годинах (T), так і в циклах (N) [20].

2.2 Побудова моделі діагностування технологічного обладнання

Система діагностики на різних етапах функціонування вирішує ряд конкретних технічних завдань. Можна виділити два основних етапи функціонування зазначеної системи: навчання і експлуатацію.

На першому етапі в функції системи діагностики входить визначення сукупності і діагностованих параметрів і фізичних станів об'єкта діагностики, які є найкращими для оцінки його працездатності в розглянутих умовах експлуатації.

На даному етапі визначають рівні допустимих станів об'єкта діагностування, встановлюють їх взаємозв'язок з можливими причинами відмов. Для більшості функціональних елементів технологічного обладнання можна виділити чотири граничних рівня, які відповідають чотирьом наступним станам:

- працездатний, коли вихідні параметри виробу знаходяться в допустимій зоні змін, яку встановлюють виходячи із заданих експлуатаційних показників;
- гранично допустимий працездатний, коли вихідні параметри виробу знаходяться близько до кордонів зони гранично допустимих змін;
- попереджувальний;
- катастрофічний.

Підсумком етапу навчання є розробка словника інформативних ознак відмов технологічного обладнання.

На другому етапі система діагностики оперативно визначає відмови елементів об'єкта діагностування за рахунок безперервного зіставлення його поточного стану з переліком найбільш ймовірних відмов. На цьому етапі результатом роботи системи діагностики є вироблення керуючих команд з аварійної зупинки технологічного обладнання або вироблення технологічних заходів щодо забезпечення його працездатного стану протягом всього безперервного періоду функціонування.

Для вирішення зазначених завдань щодо забезпечення працездатності технологічного обладнання структуру системи його діагностування формують з ряду взаємопов'язаних функціональних блоків.

Представлена на рисунку 2.2 модель системи діагностування є спільною для всіх типів технологічного обладнання АС [5]. Ряд блоків системи, таких, як БФДІ, БУ, БФУК та ін., можна реалізувати на базі мікро-ПК, персонального комп'ютера або мікроконтролеру.

Будь-який елемент технологічного обладнання АС характеризується певною сукупністю із j фізичних станів (електричне, теплове, вібраційне, розмірно-геометричне, деформаційне) для кожного з яких об'єктивно існує i параметри, що діагностуються.

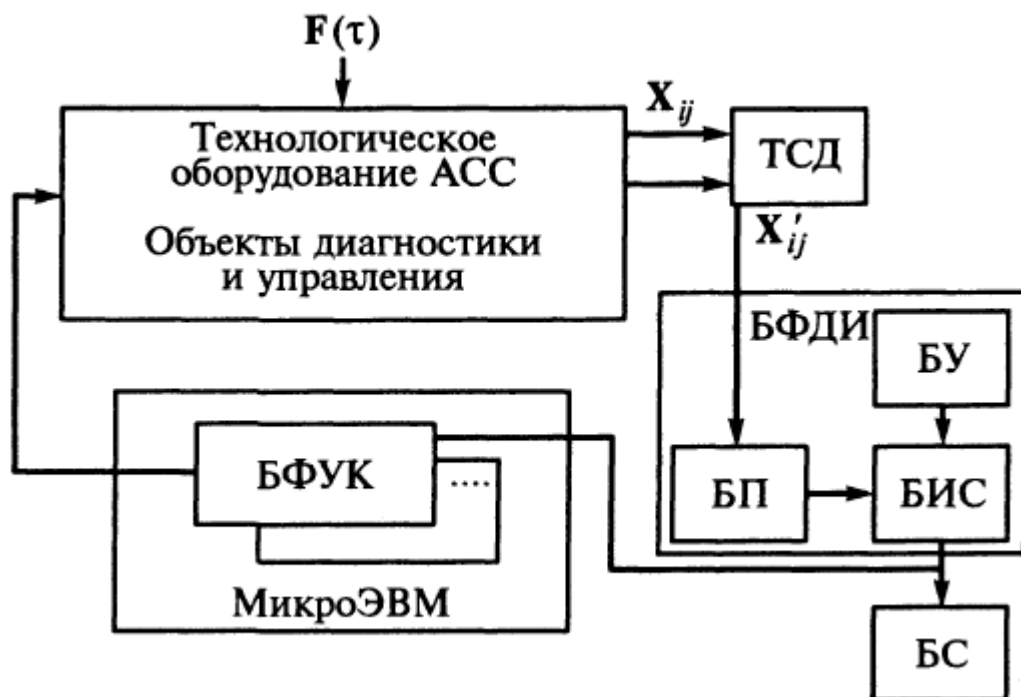


Рисунок 2.2 – Модель системи діагностування технологічного обладнання [11]

На даній моделі:

- $F(\tau)$ – вектор дестабілізуючих впливів, що обурюють;
- X_{ij} – вектор стану;

- X'_{ij} – вектор стану вимірюного значення;
- ТЗД технічний засіб діагностики;
- БФДІ – блок формування діагностичної інформації;
- БП – блок перетворень;
- БУ – бібліотека уставок (допустимі значення параметрів);
- БІС – блок ідентифікації станів;
- БС – блок сигналізації;
- БФКК – блок формування керуючих команд.

БФДІ перетворює отриману діагностичну інформацію згідно з алгоритмами, розробленими як на етапі навчання, так і на етапі експлуатації технологічного обладнання. Далі БП трансформує виданий сигнал X_{ij} у вид, зручний для подальшого використання. У БУ міститься сукупність установок, яка отримана на етапі навчання. Ця сукупність являє собою набір еталонних діагностичних сигналів, що характеризують можливі відмови елементів технологічного обладнання.

Блок ідентифікації станів порівнює поточну і еталонну діагностичну інформацію і видає рішення про відповідність об'єкта, що діагностується параметра допустимих рівнів стану. В результаті цього блок дає висновок про поточний стан об'єкта діагностування. Блок БФКК на основі вимірювання і аналізу стану технологічного обладнання формує керуючий вплив на об'єкт діагностування, наприклад команди для аварійної зупинки обладнання в разі катастрофічного стану, що діагностується елемента.

Основним елементом системи діагностики технологічного обладнання є технічні засоби діагностики (ТСД), які виконують найбільш важливе функціональне призначення – видають первинну діагностичну інформацію. Від якості виконання цієї процедури залежить працездатність технологічного обладнання в цілому. Процедуру вибору ТСД можна реалізувати за допомогою графів переваг.

2.3 Структура засобів діагностики автоматизованого технологічного обладнання

Для виконання оперативної технічної діагностики технологічного обладнання доцільно використовувати вбудовану систему на основі мікроконтролерних засобів діагностики.

Існує ряд схем застосування вбудованого засобу діагностики (ВЗД) [5]. На рисунку 2.3 наведено приклад застосування ВЗД замість однієї певної штатної деталі вузла технологічного обладнання, що діагностується.

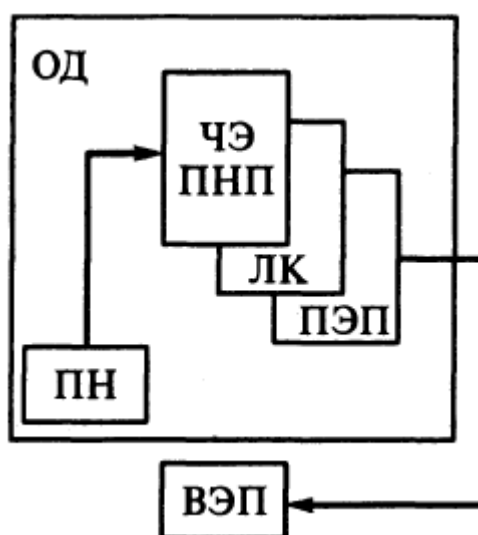


Рисунок 2.3 – Застосування ВЗД замість однієї певної штатної деталі вузла технологічного обладнання, що діагностується

Об'єкт діагностики (ОД) включає до свого складу:

- чутливий елемент (ЧЭ);
- первинний неелектричний перетворювач (ПНП);
- схему локалізації контакту (ЛК);
- первинний електричний перетворювач (ПЭП);
- пристрій навантаження (ПН);
- вторинний електричний перетворювач (ВЭП).

На рисунку 2.4 наведено приклад застосування ВЗД додатково до конструкції штатної деталі вузла обладнання.

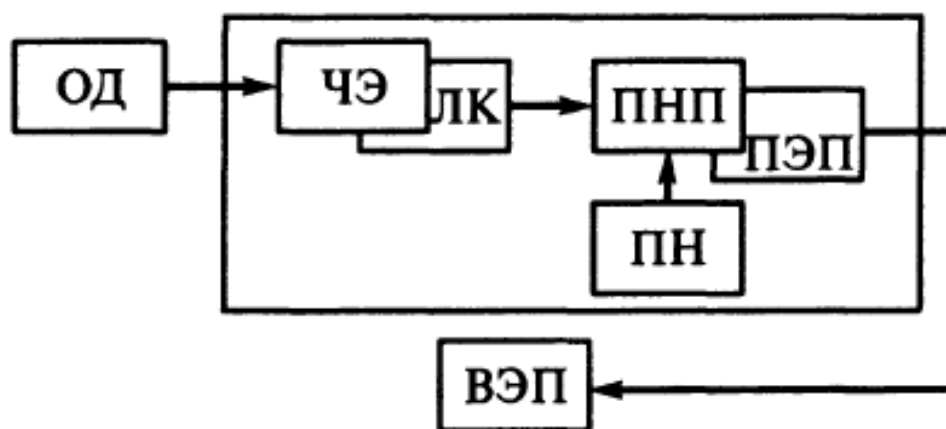


Рисунок 2.4 – Приклад застосування ВЗД додатково до конструкції штатної деталі вузла обладнання [12]

Реалізований за будь-якої із зазначених схем ВЗД має ряд переваг в порівнянні з зовнішніми засобами діагностики:

- високу надійність роботи, обумовлену захищеністю від зовнішніх дестабілізуючих впливів;
- інваріантність конструкції щодо геометричних параметрів і матеріалів використовуваного інструменту, конфігурації і матеріалу оброблюваних заготовок, а в ряді випадків – до групи верстатного устаткування;
- блочно-модульний принцип побудови основних функціональних компонентів;
- збереження початкових експлуатаційно-технічних характеристик обладнання;
- вільний робочий простір біля обладнання;
- незначні витрати на реалізацію.

2.4 Оцінка раціонального параметра діагностики технологічного обладнання

Технологічне виробниче обладнання можна віднести до класу великих технічних систем, в яких складові підсистеми об'єднані матеріальними, енергетичними та інформаційними зв'язками. В процесі експлуатації під дією різних видів енергії в вузлах виробничого обладнання відбуваються різні фізичні явища. Кожне з явищ можна оцінити будь-яким інформативним параметром, підлягає контролю. Виділяють наступні фізичні стани, які дають найбільш повну характеристику роботи технологічного обладнання: [13]

- електричне;
- теплове;
- розмірно-геометричне;
- вібраційне;
- пружно-деформаційне.

Кожен з фізичних станів утворює в просторі параметрів області з допустимими значеннями параметрів, що контролюються. Взаємне перетинання областей дає розрахункову область працездатності технологічного обладнання.

Можна виділити область допустимих значень параметрів, що характеризують такий фізичний стан технологічного обладнання, при якому його вихідні параметри будуть знаходитися в межах, нормованих для даного класу точності. Вихідні параметри можна оцінити якістю виготовлення деталей і технічними характеристиками обладнання: жорсткістю, вібростійкістю, теплостійкістю, а також за допомогою економічних показників ефективності процесу обробки: собівартістю виготовлення виробу, продуктивністю.

Обладнання з вхідними та вихідними характеристиками піддається в процесі експлуатації дії ряду дестабілізуючих факторів. Його можна представити у вигляді об'єкта, на який поширюються принципи

автоматичного управління. Можливість оцінки технологічного обладнання по фізичним станам і його уявлення як автоматично функціонуючого об'єкта дозволяє будувати систему діагностики та автоматичного управління.

Інформативні параметри станів обладнання є ознаками, за якими діагностують його поточний стан. Ознаки, значення яких практично залишаються постійними для групи однотипного обладнання, що мають на момент атестації однаковий стан, є найбільш цінними.

Для визначення діагностично цінних ознак використовують метод порівняння імовірнісних характеристик ознак. Для заданого алфавіту станів S_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) вибирають апіорний словник ознак X_j ($j = 1, 2, 3, \dots, Av$) з невідомими умовними щільності розподілу $F_i(X_j)$ і, навпаки, відомими першими n_{ji} і другими E_{ji} моментами розподілів і апіорними ймовірностями $P(S_i)$. Далі оцінюють якість ознак X_j . Якщо вузол обладнання, що діагностується, має значення j -ї ознаки з можливостями, які дорівнюють апіорним можливостям $P(S_i)$, то визначають математичне очікування фіктивної випадкової величини, що приймає значення з ймовірностями $P(S_i)$ за формулою

$$M[n_{ji}] = \sum_{i=1}^n n_{ji} P(S_i), \quad (2.5)$$

а також математичне очікування дисперсії j -ї ознаки по станам:

$$M[E_{ji}] = \sum_{i=1}^n n_{ji} P(S_i). \quad (2.5)$$

Якщо $M[E_{ji}] < M[E_{mi}]$, то якість ознаки X_b вище якості ознаки X_m . Графік залежності $F(X_i)$ переважної ознаки уздовж осі абсцис показано на рисунку 2.5.

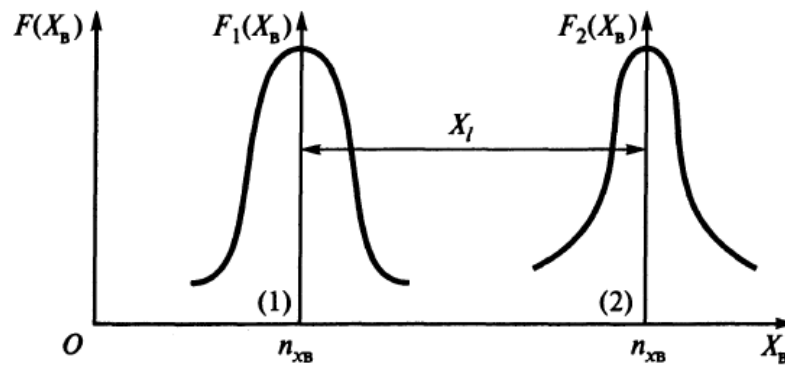


Рисунок 2.5 – Графік залежності $F(X_b)$ уздовж осі абсцис

Графік залежності $F(X_m)$ уздовж осі абсцис показано на рисунку 2.6.

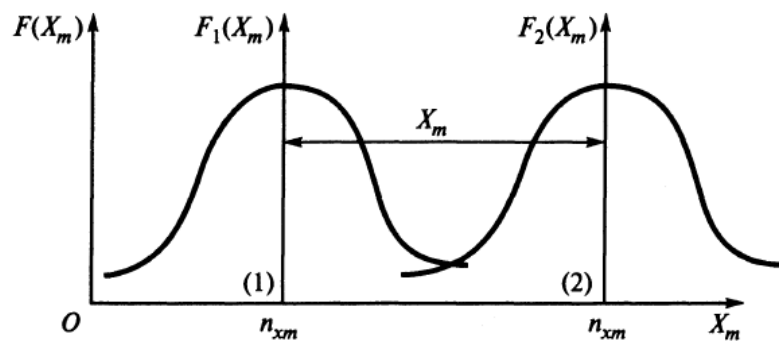


Рисунок 2.6 – Графік залежності $F(X_m)$ уздовж осі абсцис

Як можна бачити з наведених рисунків, графік залежності переважної ознаки більш компактний, ніж графік залежності $F(X_m)$.

Дисперсія математичного очікування розподілів ознак при переході з одного стану в інший визначається за формулою

$$E_{ji} = [n_{ji} - M(n_{ji})]^2 \quad (2.6)$$

Якщо $\bar{E}_{ji} > \bar{E}_{mj}$, то за інших рівних умов якість ознаки X_i вище якості ознаки X_m . На графіку залежності $F(X_i)$ кращої ознаки відстань ΔX_i , більша, ніж аналогічна відстань ΔX_m , для кращого ознаки залежності $F(X_m)$. За критерій вибору ознаки приймають величину

$$V_j = \frac{M[E_{ji}]}{E_{ji}} \quad (2.7)$$

Якщо $V_i < V_n$, то якість ознаки X_i , вище якості ознаки X_m і найкращим є ознака, який реалізує умову

$$V_j^{\min} = \min_j \frac{M[E_{ji}]}{E_{ji}} \quad (2.8)$$

Зіставлення параметрів фізичних станів на основі методу порівняння імовірнісних характеристик ознак дає можливість виявити найбільш інформативний параметр, наприклад пружні деформації елементів технологічної системи [14].

2.5 Висновки по другому розділу

В результаті виконання другого розділу магістерської атестаційної роботи було проведено аналіз методів прогнозування відмов технологічного обладнання. Розглянуті два методи прогнозування ймовірнісне та по реалізації зміни значень параметрів елементів конкретного обладнання. Розглянуті переваги та недоліки кожного з методів.

Обрана модель діагностування технологічного обладнання та описані її складові. Для виконання оперативної технічної діагностики технологічного обладнання запропоновано використовувати вбудовану систему на основі мікроконтролерних засобів діагностики.

Наведена методика оцінки раціонального параметра діагностики технологічного обладнання що дає можливість виявити найбільш інформативний параметр, що впливає на працездатність технологічної системи.

3 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1 Опис архітектури інтелектуальної автоматизованої системи контролю стану технологічного устаткування

На рисунку 3.1 приведена архітектура інтелектуальної автоматизованої системи контролю стану технологічного устаткування.

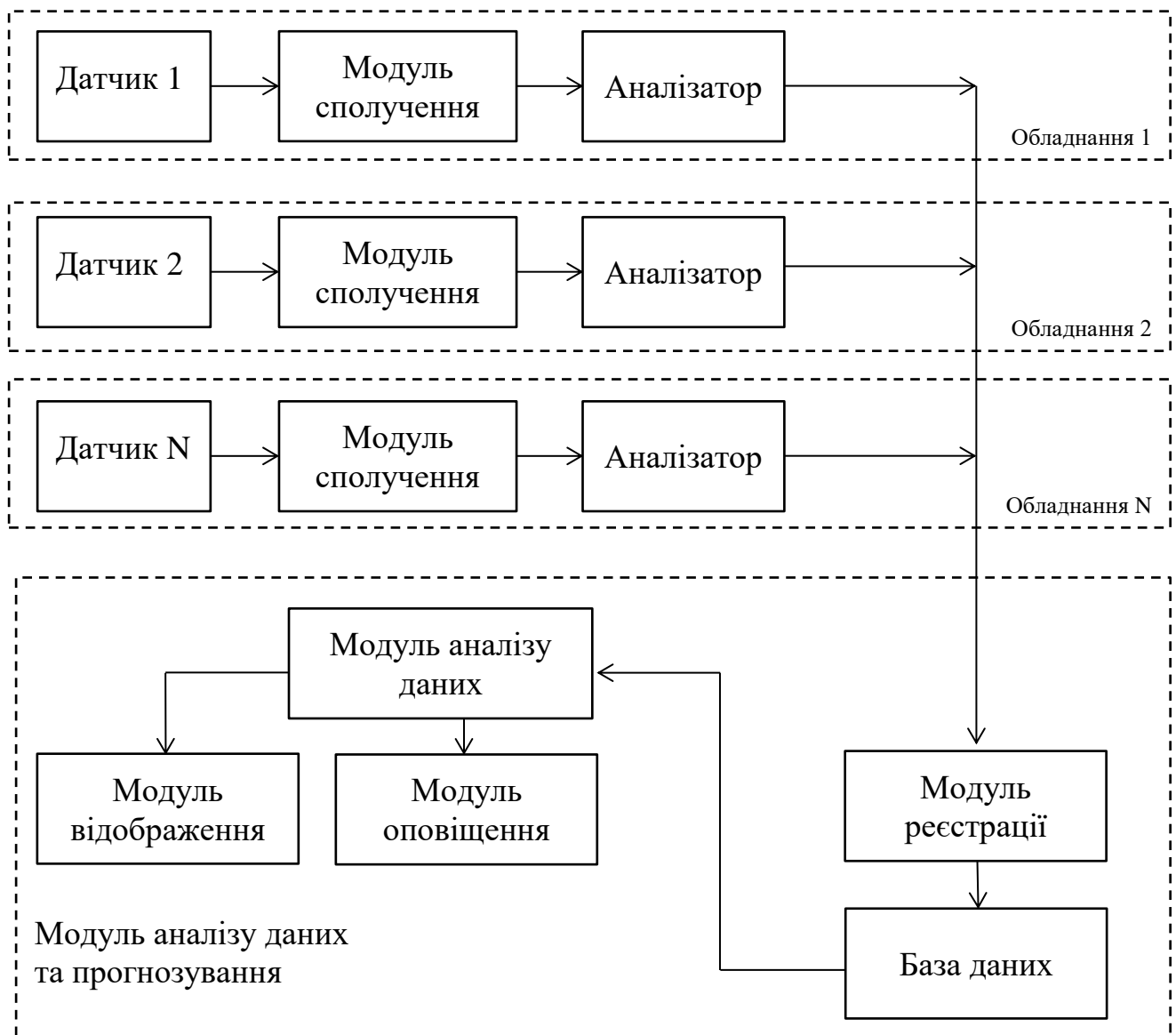


Рисунок 3.1 – Архітектура інтелектуальної автоматизованої системи
контролю стану технологічного устаткування [15]

До складу системи, що розробляється, входять:

- набір датчиків, для контролю стану технологічного устаткування;
- модуль узгодження вихідних сигналів датчиків з цифровими облаштуваннями введення виводу;
- аналізатор отриманих сигналів;
- модуль формування вихідних сигналів;
- модуль реєстрації вхідних сигналів;
- модуль сповіщення при виході значень вимірюваних параметрів за допустимі межі;
- модуль відображення інформації для візуального контролю за станом об'єкту оператором;
- база даних.

На кожному технологічному обладнанні повинно бути встановлено додаткове устаткування для збору та передавання даних до головного модулю аналізу даних та прогнозування відмов.

Передавання даних може відбуватись як засобами промислової мережі з використанням вже існуючих ліній зв'язку, так і з використанням бездротових технологій обміну повідомлення та технології промислового Інтернету Речей. При введенні нового обладнання рекомендується відразу використовувати технологію ІоТ для побудови системи комунікації.

Всі отримані дані збираються до централізованого сховища. Модуль аналізу даних на основі інформації з централізованого сховища, виконує прогнозування щодо очікуваного стану технологічного обладнання та відображає обчислені дані засобами візуалізації та аварійного сповіщення.

Для прогнозування використовується програмні модулі математичного аналізу які можуть незалежно один від одного підключатись до інтелектуальної системи моніторингу стану технологічного обладнання. Таким чином виконується принцип масштабування та функціональної незалежності автоматизованої системи. Також такий принцип побудови дає

змогу нарощувати функціональність системи при розширенні номенклатури технологічного обладнання при вводі в експлуатацію нового устаткування.

3.2 Опис алгоритму роботи підпрограми збору даних з інтелектуальних датчиків

На рисунку 3.2 приведений алгоритм роботи підпрограми збору даних з інтелектуальних датчиків.

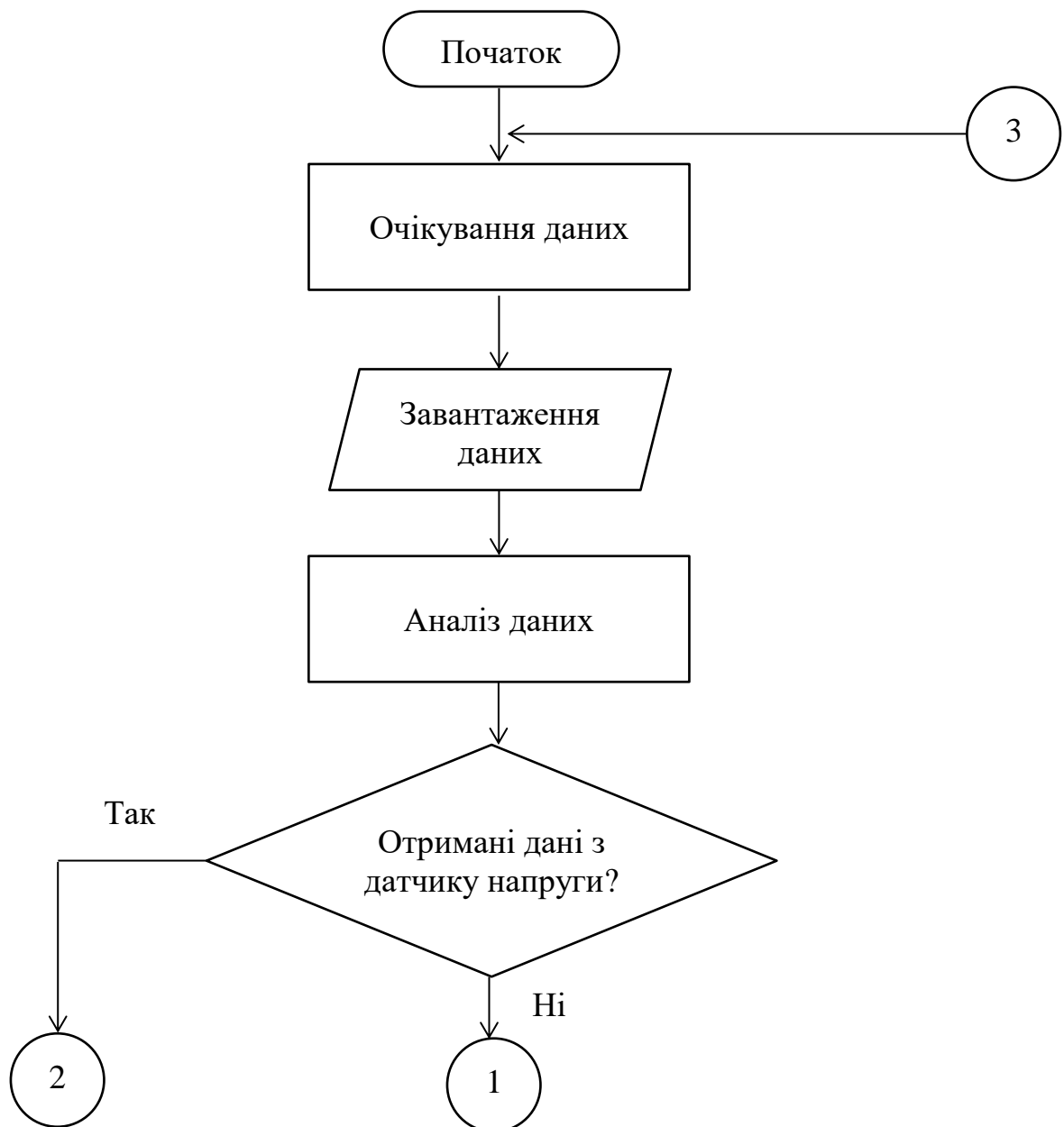


Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи підпрограми збору даних з інтелектуальних датчиків

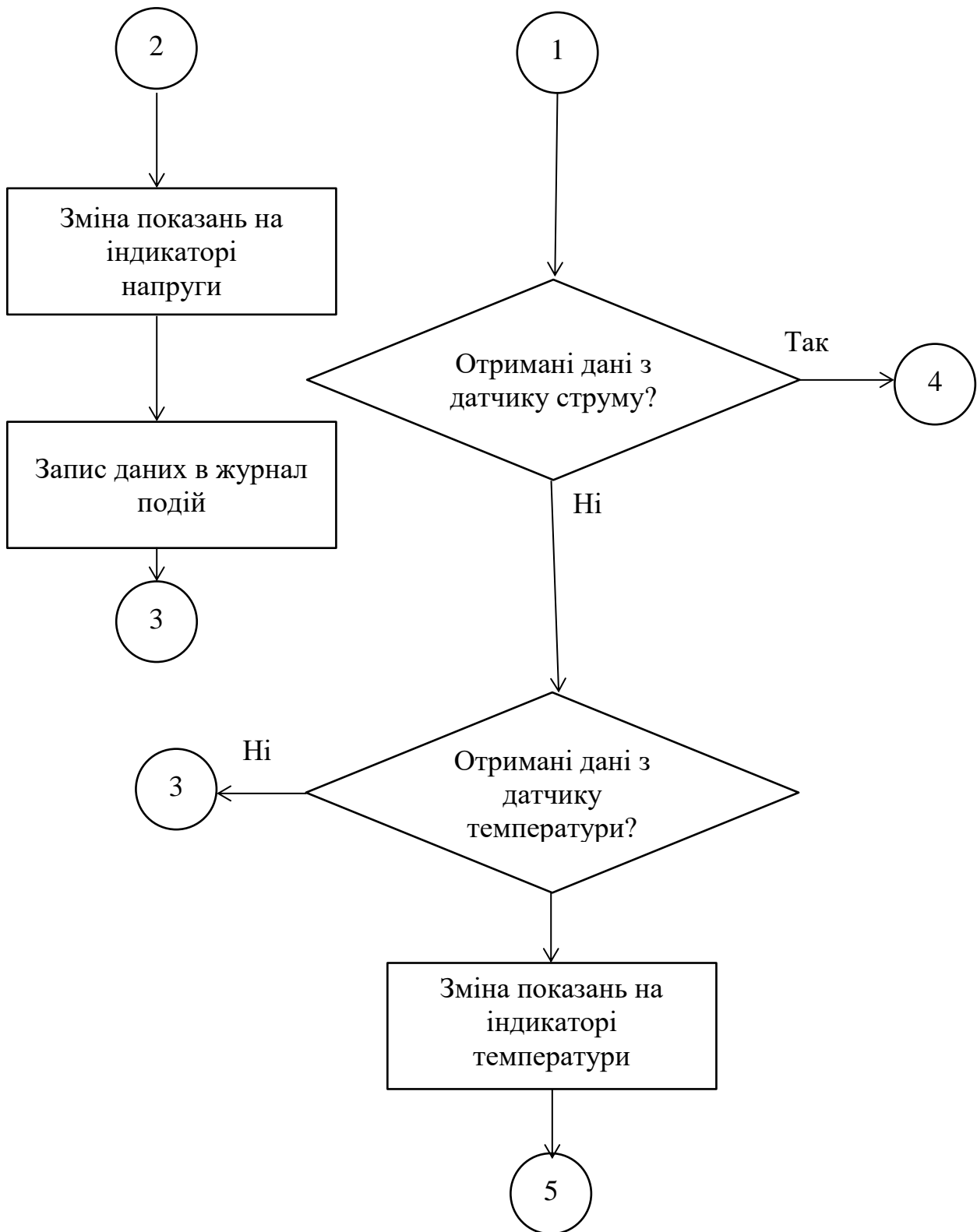


Рисунок 3.2, аркуш 2

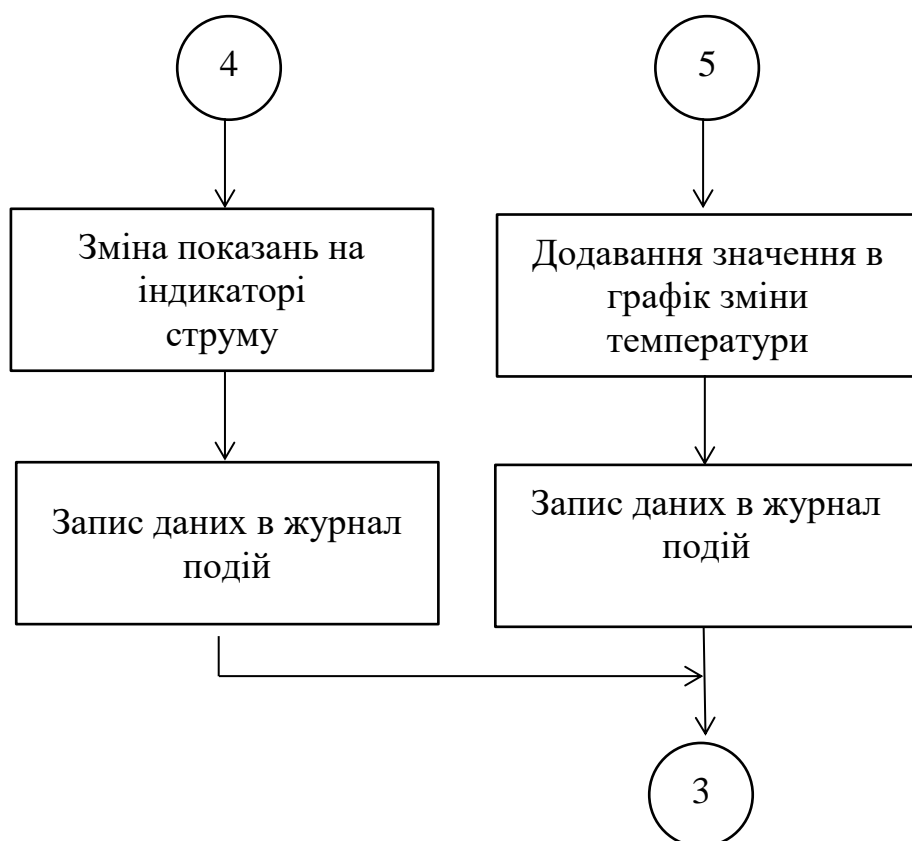


Рисунок 3.2, аркуш 3

Після завантаження підпрограми збору даних з інтелектуальних датчиків вона чекає на знаходження нової інформації у буфер послідовного інтерфейсу.

Після отримання даних, запускається процедура їх розпізнавання. Ця процедура виділяє з отриманого рядка коду ідентифікатор датчика і значення параметра. Якщо отримані дані від відповідного датчика, наприклад, температури, то оновлюється свідчення відповідного індикатора на формі програми, а також додається нова точка на графік зміни температури. Одночасно зі зміною свідчень індикаторів, дані заносяться у відповідні поля таблиці.

У разі отримання даних від датчика струму, оновлюється свідчення стрілочного індикатора на формі. Аналогічно попередньому випадку, також додається нова точка на графік зміни струму і дані заносяться у відповідні поля таблиці.

Можуть використовуватись такі датчик, інформація з яких не виводиться оперативно на панель оператора. Наприклад, дані від датчика напруга відображається тільки на допоміжному індикаторі. На графік дані не виводяться, але у базу даних зберігаються.

Якщо в отриманому рядку даних не виявлений ідентифікатор існуючого датчика, то такий рядок ігнорується і програма приступає знову до прослуховування послідовного порту.

3.3 Висновки по третьому розділу

Розроблена архітектура та алгоритм роботи підпрограми збори даних з технологічного обладнання дають змогу побудувати інтелектуальну систему тестування параметрів технологічного обладнання.

Для прогнозування стану технологічного обладнання використовується програмні модулі математичного аналізу які можуть незалежно один від одного підключатись до інтелектуальної системи моніторингу. Таким чином виконується принцип масштабування та функціональної незалежності автоматизованої системи. Також такий принцип побудови дає змогу нарощувати функціональність системи при розширенні номенклатури технологічного обладнання при вводі в експлуатацію нового устаткування.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Розробка структури бази даних

4.1.1 Визначення переліку даних, які необхідно зберегти

У даному розділі необхідно виконати наступні завдання, для побудови структури бази даних:

- визначити інформаційні потреби бази даних;
- проаналізувати об'єкти реального світу, які необхідно змодельовати в базі даних. Сформувані з цих об'єктів суті і характеристики цих сутностей і сформувані їх список;
- поставити у відповідність сутностям і характеристикам – таблиці і стовпчики (поля) в нотації обраної СУБД (Access, SQLite, InterBase, Sybase, Informix, Oracle і т.д.);
- визначити атрибути, які унікальним чином ідентифікують кожен об'єкт;
- виробити правила, які будуть встановлювати і підтримувати цілісність даних;
- встановити зв'язки між об'єктами (таблицями і стовпцями), провести нормалізацію таблиць;
- спланувати питання надійності даних і, при необхідності, збереження секретності інформації.

З огляду на вимоги, визначені в попередньому розділі, до розроблюваної бази даних визначимо склад і структуру таблиць.

Як було сказано раніше, необхідно вести контроль і облік таких даних:

- журнал подій оператора;
- журнал подій датчиків обладнання;

– журнал подій обладнання.

У журналі подій відображаються наступні дані:

- дата події;
- прізвище оператора;
- дії оператора (включення або виключення програми).

У журналі подій датчиків обладнання відображаються наступні дані:

- дата події;
- найменування датчика;
- отримані значення.

У журналі подій обладнання відображаються наступні дані:

- дата події;
- Найменування обладнання;
- дії (включення, виключення, несправність, аварія і т.д.).

4.1.2 Розробка структури бази даних

Задовольняти усім вимогам користувачів до вмісту бази даних. Перед проектуванням бази необхідно провести великі дослідження вимог користувачів до функціонування бази даних.

Гарантувати несуперечливість та цілісність даних. При проектуванні таблиць потрібно визначити їх атрибути і деякі правила, що обмежують можливість введення користувачем невірних значень. Для верифікації даних перед безпосереднім записом їх в таблицю база даних повинна здійснювати виклик правил моделі даних і тим самим гарантувати збереження цілісності інформації.

Забезпечувати природне, легке для сприйняття структурування інформації. Якісне побудова бази дозволяє робити запити до бази більш "прозорими" і легкими для розуміння; отже, знижується ймовірність внесення некоректних даних і поліпшується якість супроводу бази.

Задовольняти вимогам користувачів до продуктивності бази даних. При великих обсягах інформації питання збереження продуктивності починають відігравати головну роль, відразу "висвічуючи" всі недоліки етапу проектування.

Провівши аналіз об'єктів, що підлягають зберіганню і визначивши перелік атрибутів, які їх характеризують, визначимо типи полів і розробимо фізичну структуру бази даних.

У таблиці 4.1 наведена структура таблиці «Обладнання».

Таблиця 4.1 – «Обладнання»

Найменування поля	Опис	Тип поля	Розмір	Ключ
ID	Номер запису	integer		PK
Name	Найменування обладнання	char	128	

У таблиці 4.2 наведена структура таблиці «Журнал подій обладнання».

Таблиця 4.2 – «Журнал подій обладнання»

Найменування поля	Опис	Тип поля	Розмір	Ключ
ID	Номер запису	integer		PK
Date	Дата	char	32	
ID_DoDevice	Посилання на список дій	integer		FK
ID_Device	Посилання на обладнання	integer		FK

В даній таблиці в поле ID_DoDevice зберігається індекс, який посилається на таблицю «Список дій обладнання» і служить для зв'язку таблиць між собою за типом один до багатьох.

В поле ID_Device зберігається індекс, який посилається на таблицю «Список обладнання» і також служить для зв'язку таблиць між собою за типом один до багатьох.

У таблиці 4.3 наведена структура таблиці «Список дій обладнання».

Таблиця 4.3 – «Список дій обладнання»

Найменування поля	Опис	Тип поля	Розмір	Ключ
ID	Номер запису	integer		PK
Name	Найменування дії	char	128	

У таблиці 4.4 наведена структура таблиці «Журнал подій оператора».

Таблиця 4.4 – «Журнал подій оператора»

Найменування поля	Опис	Тип поля	Розмір	Ключ
ID	Номер запису	integer		PK
Date	Дата	char	32	
ID_DoOperator	Посилання на список дій	integer		FK
ID_Operator	Посилання на обладнання	integer		FK

Поле ID_Operator посилається на список всіх зареєстрованих операторів.

В даній таблиці в поле ID_DoOperator зберігається індекс, який посилається на таблицю «Список дій оператора» і служить для зв'язку таблиць між собою за типом один до багатьох.

У таблиці 4.5 наведена структура таблиці «Список дій оператора».

Таблиця 4.5 – «Список дій оператора»

Найменування поля	Опис	Тип поля	Розмір	Ключ
ID	Номер запису	integer		РК
Name	Найменування дії	char	128	

У таблиці 4.6 наведена структура таблиці «Список операторів».

Таблиця 4.6 – «Список операторів»

Найменування поля	Опис	Тип поля	Розмір	Ключ
ID	Номер запису	integer		РК
Name	Ім'я оператора	char	128	
SName	Прізвище оператора	char	128	
FName	По батькові оператора	char	128	

У таблиці 4.7 наведена структура таблиці «Журнал подій датчика».

Таблиця 4.7 – «Журнал подій датчика»

Найменування поля	Опис	Тип поля	Розмір	Ключ
ID	Номер запису	integer		PK
Date	Дата	char	32	
Value	Вимірне значення	integer		
ID_Datchik	Посилання на датчик	integer		FK

У таблиці 4.8 наведена структура таблиці «Список датчиків».

Таблиця 4.8 – «Список датчиків»

Найменування поля	Опис	Тип поля	Розмір	Ключ
ID	Номер запису	integer		PK
Name	Найменування датчика	char	128	
maxValue	Максимальне значення вимірюваного параметра	real		
minValue	Мінімальне значення вимірюваного параметра	real		

Як видно з наведеної схеми між собою пов'язані такі таблиці:

Таблиця Device_Journal посилається на список устаткування Device і список дій DoDevice.

Таблиця Operator_Journal посилається на список операторів Operator і список дій операторів DoOperator.

Таблиця Datchik_Journal посилається на список датчиків Datchik.

Наведені таблиці і структура бази даних відповідають третій нормальній формі – кожен неключових атрибут логічно пов'язаний з атрибутом (атрибутами), що є первинним ключем. Неключових атрибути містять в собі

інформацію про даної суті предметної області, але не ідентифікують її унікальним чином. Багатозначні поля відсутні.

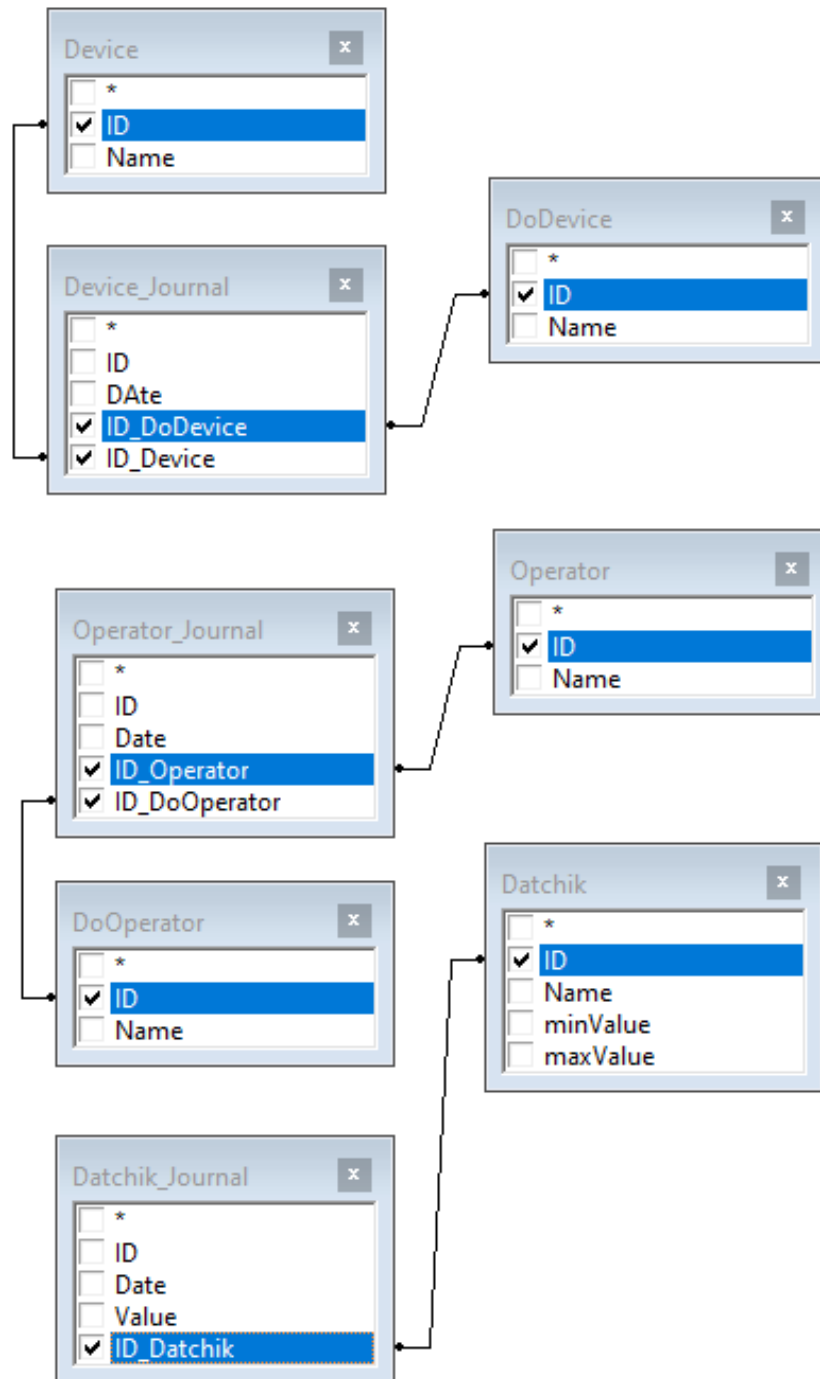


Рисунок 4.1 – Структура розробленої бази даних

4.2 Розробка програмного засобу

4.2.1 Підготовка робочого середовища

Для реалізації поставленої мети було розроблено програму моніторингу стану технологічного обладнання. Програма написана мовою C# в інтегрованому середовищі Microsoft Visual Studio 2019.

Для підключення до бази даних використовується бібліотека System.Data.SQLite. Щоб можна було використовувати базу даних в програмі встановили допоміжні драйвери та інструменти.

На рисунку 4.2 показано вікно завантаження потрібного інструменту SQLite/SQL Server Compact Toolbox.

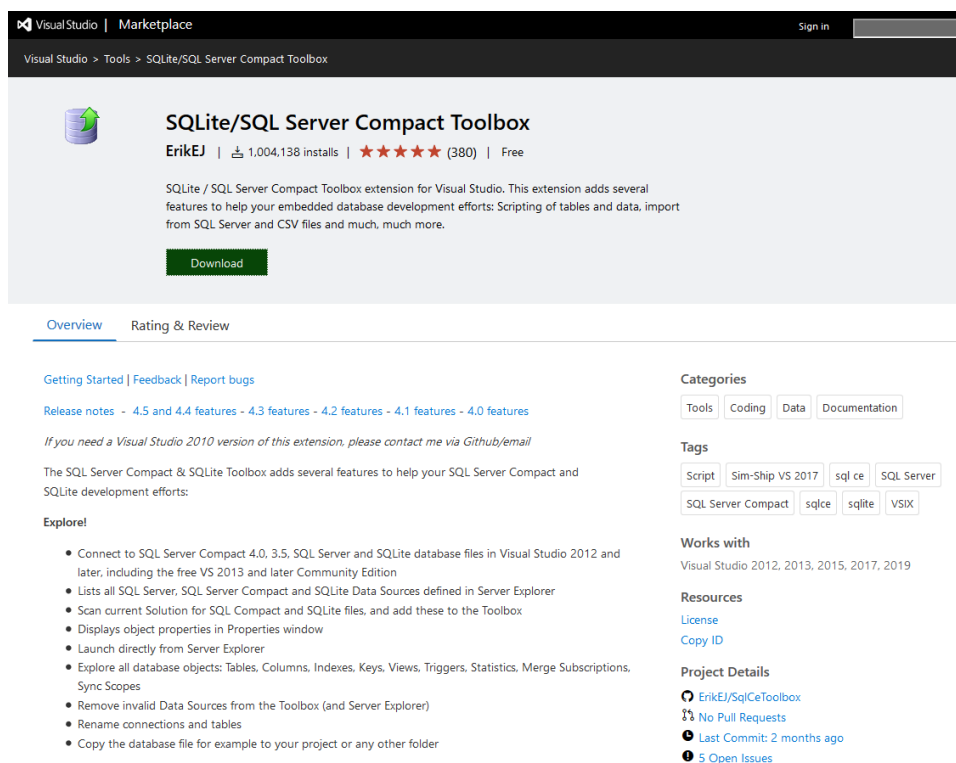


Рисунок 4.2 – Завантаження SQLite/SQL Server Compact Toolbox для доступу к базі даних [18]

Після завантаження, інструмент було встановлено на персональний комп'ютер (рисунок 4.3). Тепер в програмі доступним є сервіс підключення до бази даних SQLite та вибору потрібних таблиць.

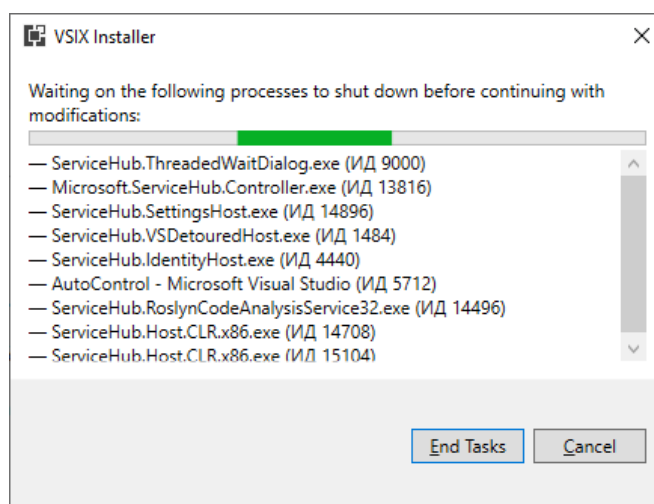


Рисунок 4.3 – Встановлення SQLite/SQL Server Compact Toolbox

4.2.2 Розробка програмного засобу

Головний екран програми має наступний вигляд (рисунок 4.4).

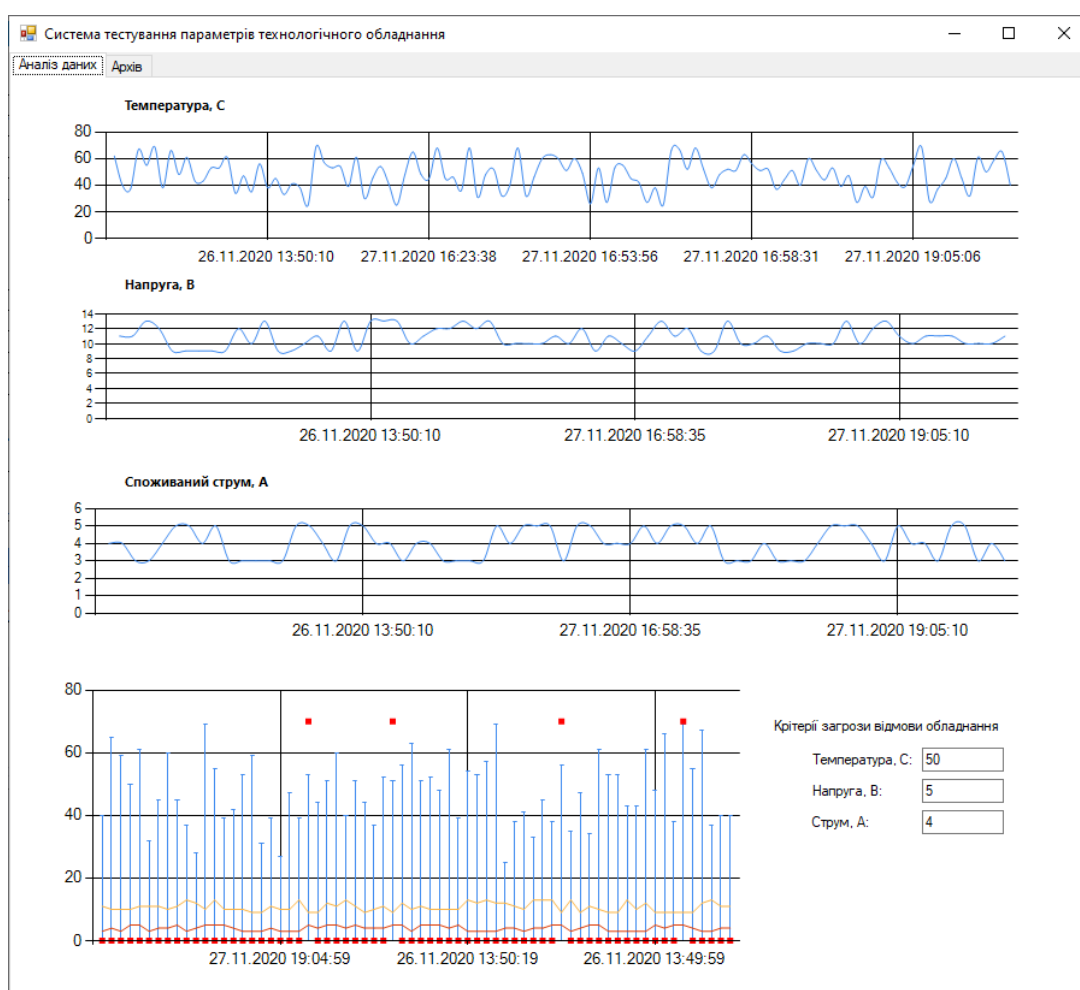


Рисунок 4.4 – Головний екран програми

На екрані розміщені чотири графіки:

- графік зміни температури в реальному часі;
- графік зміни напруги в реальному часі;
- графік зміни струму в реальному часі;
- комбінований графік відображення всіх трьох параметрів та відмітки

потенційно небезпечних технологічних ситуацій.

Кожен трьох графіків відображення поточних величин будується за допомогою схожих функцій (рисунок 4.5).

```
private void ViewTemp()
{
    SQLiteConnection sqlite_conn;
    SQLiteCommand sqlite_cmd;

    string connString = String.Format("Data Source={0};New=False;Version=3", Form1.mDBPath);
    sqlite_conn = new SQLiteConnection(connString);

    SQLiteDataAdapter da = new SQLiteDataAdapter();
    sqlite_cmd = sqlite_conn.CreateCommand();
    sqlite_cmd.CommandText = String.Format("SELECT * From 'Datchik_Journal' where ID_Datchik = '1'");

    da.SelectCommand = sqlite_cmd;
    DataSet ds = new DataSet();

    sqlite_conn.Open();
    da.Fill(ds);

    chart1.DataSource = ds.Tables[0];
    chart1.Series[0].XValueMember = "Date";
    chart1.Series[0].YValueMembers = "Value";
    chart1.DataBind();
    sqlite_conn.Close();
}
```

Рисунок 4.5 – Побудова графіку відображення температури

На графіку відображаються останні збережені дані, що надійшли на сервер від модуля вимірювання температури.

Для демонстрації роботи програми та без наявності реального технологічного обладнання до бази даних з періодом 1 секунда були занесені тестовий дані, що були згенеровані за допомогою наступної підпрограми (рисунок 4.6).

```

private void SaveTemp(double value)
{
    SQLiteConnection sqlite_conn;
    SQLiteCommand sqlite_cmd;

    string connString = String.Format("Data Source={0};New=False;Version=3", Form1.mDBPath);
    sqlite_conn = new SQLiteConnection(connString);
    sqlite_cmd = sqlite_conn.CreateCommand();

    sqlite_conn.Open();

    sqlite_cmd.CommandText = String.Format("Insert into 'Datchik_Journal' (Date, Value, ID_Datchik) values ('{0}', '{1}', 1)", DateTime.Now, value);
    sqlite_cmd.ExecuteNonQuery();
    sqlite_conn.Close();
}

```

Рисунок 4.6 – Підпрограма генерації тестових даних

В програмі реалізована методика оцінки робочої ситуації та прогнозування виходу з ладу обладнання. На рисунку 4.7 показана ділянка програми, в якій введені критерії оцінки загрози відмови обладнання.

Критерії загрози відмови обладнання

Температура, С:	<input type="text" value="50"/>
Напруга, В:	<input type="text" value="5"/>
Струм, А:	<input type="text" value="4"/>

Рисунок 4.7 – Критерії оцінки загрози відмови обладнання

Методика оцінки поточного стану обладнання полягає в пошуку такого стану роботи в якому переважні ознаки одночасно входять в зону підвищеної небезпеки. В даному прикладі (рисунок 4.7) така зона задана трьома критеріями: температура більша за 50°C, напруга на виході датчика вища за 5В та споживаний струм перевищує 4А.

Дані параметри можна оперативно змінювати та бачити на підсумковій діаграмі потенційно небезпечні ділянки графіку зміни технологічних параметрів (на рисунку 4.8 червоні мітки в верхній частині графіку).

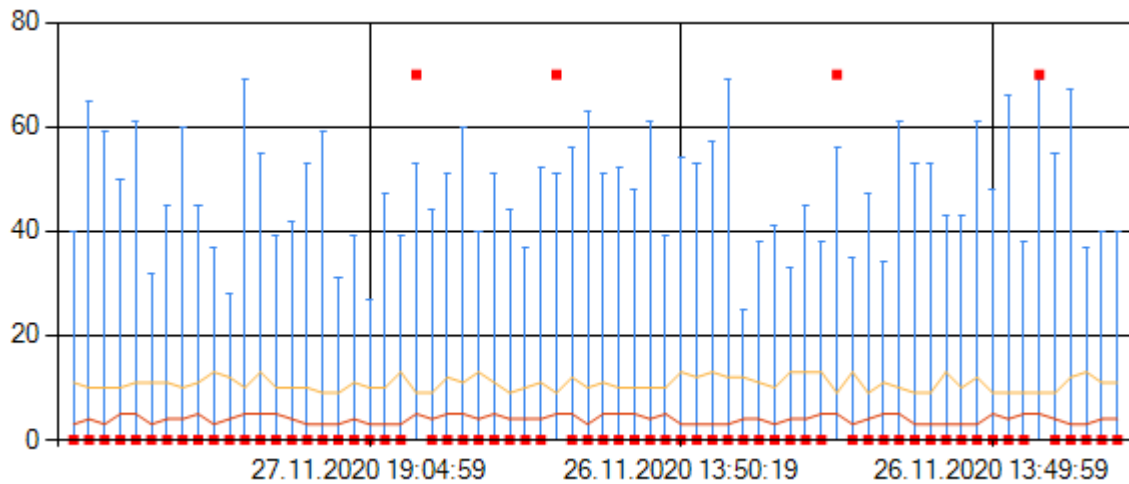


Рисунок 4.8 – Потенційно небезпечні ділянки графіку зміни технологічних параметрів

Для реалізації даної задачі була написана функція, що показана на рисунку 4.9.

```
private void ViewRadar()
{
    SQLiteConnection sqlite_conn;
    SQLiteCommand sqlite_cmd;
    string connString = String.Format("Data Source={0};New=False;Version=3", Form1.mDBPath);
    sqlite_conn = new SQLiteConnection(connString);
    SQLiteDataAdapter da = new SQLiteDataAdapter();
    sqlite_cmd = sqlite_conn.CreateCommand();
    sqlite_cmd.CommandText = String.Format("SELECT CASE WHEN T.[Value] > {0} and P.[Value] > {1} " +
        "and C.[Value] > {2} THEN 70 ELSE 0 END test, " +
        "T.[Date], T.[Value] as TT, P.[Value] as TP, C.[Value] as TC From 'Datchik_Journal' as T " +
        "LEFT JOIN 'Datchik_Journal' as P ON T.Date = P.Date " +
        "LEFT JOIN 'Datchik_Journal' as C ON T.Date = C.Date " +
        "where T.ID_Datchik = '1' and P.ID_Datchik = '2' and C.ID_Datchik = '3' order by T.ID DESC ",
        textBox1.Text, textBox2.Text, textBox3.Text);

    da.SelectCommand = sqlite_cmd;
    DataSet ds1 = new DataSet();
    sqlite_conn.Open();
    da.Fill(ds1);

    chart4.DataSource = ds1.Tables[0];
    chart4.Series[0].XValueMember = "Date";
    chart4.Series[0].YValueMembers = "TT";

    chart4.Series[1].XValueMember = "Date";
    chart4.Series[1].YValueMembers = "TP";

    chart4.Series[2].XValueMember = "Date";
    chart4.Series[2].YValueMembers = "TC";

    chart4.Series[3].XValueMember = "Date";
    chart4.Series[3].YValueMembers = "Test";

    chart4.DataBind();
    sqlite_conn.Close();
}
```

Рисунок 4.9 – Функція пошуку потенційної небезпеки

Також в програмі реалізована можливість перегляду архівних даних. На рисунку 4.10 показано графічний інтерфейс програми в даному режимі.

Система тестування параметрів технологічного обладнання						
Аналіз даних		Архів				
Датчик температури		Датчик напруги		Датчик тока		
Время	Значение, С	Время	Значение, В	Время	Значение, А	
26.11.2020 13:49:51	62	26.11.2020 13:49:52	11	26.11.2020 13:49:51	4	
26.11.2020 13:49:52	40	26.11.2020 13:49:52	11	26.11.2020 13:49:52	4	
26.11.2020 13:49:53	37	26.11.2020 13:49:53	13	26.11.2020 13:49:53	3	
26.11.2020 13:49:54	67	26.11.2020 13:49:54	12	26.11.2020 13:49:54	3	
26.11.2020 13:49:55	55	26.11.2020 13:49:55	9	26.11.2020 13:49:55	4	
26.11.2020 13:49:56	69	26.11.2020 13:49:56	9	26.11.2020 13:49:56	5	
26.11.2020 13:49:57	38	26.11.2020 13:49:57	9	26.11.2020 13:49:57	5	
26.11.2020 13:49:58	66	26.11.2020 13:49:58	9	26.11.2020 13:49:58	4	
26.11.2020 13:49:59	48	26.11.2020 13:49:59	9	26.11.2020 13:49:59	5	
26.11.2020 13:50:00	61	26.11.2020 13:50:00	12	26.11.2020 13:50:00	3	
26.11.2020 13:50:01	43	26.11.2020 13:50:01	10	26.11.2020 13:50:01	3	
26.11.2020 13:50:02	43	26.11.2020 13:50:02	13	26.11.2020 13:50:02	3	
26.11.2020 13:50:03	53	26.11.2020 13:50:03	9	26.11.2020 13:50:03	3	
26.11.2020 13:50:04	53	26.11.2020 13:50:04	9	26.11.2020 13:50:04	3	
26.11.2020 13:50:05	61	26.11.2020 13:50:05	10	26.11.2020 13:50:05	5	
26.11.2020 13:50:06	34	26.11.2020 13:50:06	11	26.11.2020 13:50:06	5	
26.11.2020 13:50:07	47	26.11.2020 13:50:07	9	26.11.2020 13:50:07	4	
26.11.2020 13:50:08	35	26.11.2020 13:50:08	13	26.11.2020 13:50:08	3	
26.11.2020 13:50:09	56	26.11.2020 13:50:09	9	26.11.2020 13:50:09	5	
26.11.2020 13:50:10	38	26.11.2020 13:50:10	13	26.11.2020 13:50:10	5	
26.11.2020 13:50:11	45	26.11.2020 13:50:11	13	26.11.2020 13:50:11	4	
26.11.2020 13:50:12	33	26.11.2020 13:50:12	13	26.11.2020 13:50:12	4	
26.11.2020 13:50:13	41	26.11.2020 13:50:13	10	26.11.2020 13:50:13	3	
26.11.2020 13:50:14	38	26.11.2020 13:50:14	11	26.11.2020 13:50:14	4	
26.11.2020 13:50:15	25	26.11.2020 13:50:15	12	26.11.2020 13:50:15	4	
26.11.2020 13:50:16	69	26.11.2020 13:50:16	12	26.11.2020 13:50:16	3	
26.11.2020 13:50:17	57	26.11.2020 13:50:17	13	26.11.2020 13:50:17	3	
26.11.2020 13:50:18	53	26.11.2020 13:50:18	12	26.11.2020 13:50:18	3	
26.11.2020 13:50:19	54	26.11.2020 13:50:19	13	26.11.2020 13:50:19	3	
26.11.2020 13:50:20	39	26.11.2020 13:50:20	10	26.11.2020 13:50:20	5	
26.11.2020 13:50:21	61	26.11.2020 13:50:21	10	26.11.2020 13:50:21	4	
27.11.2020 16:02:56	30	27.11.2020 16:58:27	10	27.11.2020 16:58:27	5	
27.11.2020 16:02:57	45	27.11.2020 16:58:28	10	27.11.2020 16:58:28	5	
27.11.2020 16:02:58	54	27.11.2020 16:58:29	11	27.11.2020 16:58:29	5	
27.11.2020 16:04:21	41	27.11.2020 16:58:30	10	27.11.2020 16:58:30	3	
27.11.2020 16:04:22	25	27.11.2020 16:58:31	12	27.11.2020 16:58:31	5	
27.11.2020 16:04:23	48	27.11.2020 16:58:32	9	27.11.2020 16:58:32	5	
27.11.2020 16:04:24	65	27.11.2020 16:58:33	11	27.11.2020 16:58:33	4	
27.11.2020 16:04:25	48	27.11.2020 16:58:34	10	27.11.2020 16:58:34	4	
27.11.2020 16:23:38	45	27.11.2020 16:58:35	9	27.11.2020 16:58:35	4	
				27.11.2020 16:58:36	5	

Рисунок 4.10 – Перегляду архівних даних

Для заповнення даних списків були створені три схожих програмних функцій:

- FillDatchikTemp();
- FillDatchikPower();
- FillDatchikCurr().

На рисунку 4.11 показано приклад реалізації функції FillDatchikTemp.

```
private void FillDatchikTemp()
{
    listView1.Items.Clear();
    SQLiteConnection sqlite_conn;
    SQLiteCommand sqlite_cmd;

    string connString = String.Format("Data Source={0};New=False;Version=3", Form1.mDBPath);
    sqlite_conn = new SQLiteConnection(connString);
    sqlite_cmd = sqlite_conn.CreateCommand();

    sqlite_conn.Open();

    sqlite_cmd.CommandText = String.Format("SELECT * From 'Datchik_Journal' where ID_Datchik = '1'");
    SQLiteDataReader reader = (SQLiteDataReader)sqlite_cmd.ExecuteReader();
    while (reader.Read())
    {
        string Date = Convert.ToString(reader["Date"]);
        string Value = Convert.ToString(reader["Value"]);
        ListViewItem lstIt = new ListViewItem(Date);
        lstIt.SubItems.Add(Value);
        listView1.Items.Add(lstIt);
    }
    sqlite_conn.Close();
}
```

Рисунок 4.11 – Приклад реалізації функції FillDatchikTemp

4.3 Розрахунок підвищеного значення напруги

Відповідно до проведеного аналізу умов праці був визначений домінуючий небезпечним виробничий фактор – підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом згідно НПАОП 40.1-1.21-98 приміщення належить до класу приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом. Умови, які створюють підвищену і особливу небезпеку (підвищена вологість, струмопровідна пил, струмопровідні підлоги, можливість одночасного дотику до заземлених металоконструкціям будівлі та металевих поверхонь електроприладів, хімічно активні речовини), відсутні.

Визначимо максимальний розрахунковий струм в лінії

$$I = P / U = 4 \cdot 10^3 / 220 = 18,18 A, \quad (4.1)$$

де P – потужність електрообладнання, $P=4$ кВт;

U – напруга, $U=220$ В.

Визначимо перетин проводів і кабелів з економічної щільності струму відповідно до рекомендації, розрахувавши його за формулою

$$S_{\text{э}} = I / J_{\text{эк}}, \quad (4.2)$$

де $J_{\text{эк}}$ – економічна щільність струму, А / мм², що визначається залежно від матеріалу і часу максимально використовуваної навантаження (Так як кількість робочих годин становить 2520 год. на рік, то $J_{\text{эк}} = 1,9$ для алюмінієвого кабелю з гумовою і пластмасовою ізоляцією (кабель АМППВ (ТУ 16.705.145-80), плоский з ПВХ ізоляцією));

$$S_{\text{э}} = 18,18 / 1,9 = 9,5 \text{ мм}^2$$

Округлюємо отримане розтин до найближчого стандартного перетину $S = 10 \text{ мм}^2$. Визначаємо активний опір фазного дроту по отриманому перетину

$$R_{\phi} = \frac{l \cdot \rho}{S} = \frac{120 \cdot 0,028}{10} = 0,34 \text{ Ом}, \quad (4.3)$$

де l – відстань до підстанції, $l=120$ м;

ρ – питомий опір алюмінію, $\rho=0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм} / \text{м}$.

Активний опір петлі:

$$R_n = R_{\phi} + R_n, \quad (4.4)$$

де R_n – активний опір 0-го провідника (приймаємо рівним опору фазного проводу).

$$R_{\Pi} = 2 \cdot R_{\phi} = 2 \cdot 0,34 = 0,68 \text{ Ом.}$$

Так як використовується кабель з алюмінієвими проводами, величина мала, нехтуючи малою величиною зведеної у квадрат згідно вважаємо $Z = 0,68 \text{ Ом}$. Вибираємо трансформатор 100кВт і визначаємо його опір

$$Z_m / 3 = 0,26 \text{ (Ом).}$$

Визначаємо струм короткого замикання при замиканні фази на корпус електроустановки

$$I_k = 220 / (0,68 + 0,26) = 234 \text{ (А).}$$

За вимогами ПУЕ-85 дія автомата вимикання забезпечується, якщо виконується умова

$$I_k \geq k \cdot I_n, \quad (4.6)$$

$$I_n = I_k / k, \quad (4.7)$$

де k – коефіцієнт кратності ($k=1,4$ для автомата вимикання менш 125 А);

I_n – струм спрацьовування автоматичного вимикача.

$$I_n = 234 / 1,25 = 187,2 \text{ А}$$

Вибираємо автомат захисту АЗІ 24 Т 380 / 220В (50А), який при збільшенні струму навантаження понад 50А відключає.

4.4 Висновки по четвертому розділу

В четвертому розділі магістерської атестаційної роботи розроблено структуру бази даних, описані таблиці даних та показані відносини між таблицями.

Для реалізації поставленої мети було розроблено програму моніторингу стану технологічного обладнання. Програма написана мовою C# в інтегрованому середовищі Microsoft Visual Studio 2019.

В програмі реалізована методика оцінки робочої ситуації та прогнозування виходу з ладу обладнання. Методика оцінки поточного стану обладнання полягає в пошуку такого стану роботи в якому переважні ознаки одночасно входять в зону підвищеної небезпеки.

В даному програмному засобі така зона задана трьома критеріями: температура більша за 50°C, напруга на виході датчика вища за 5В та споживаний струм перевищує 4А.

Для відображення потенційно небезпечних ділянок та виділення їх на фоні іншої інформації, реалізовано комбінований графік, на якому будуються всі три параметри та відмітки небезпечних технологічних ситуацій.

В програмі реалізована можливість перегляду архівний даних.

Тестовий запуск програми показав працездатність запропонованої методики пошуку

ВИСНОВКИ

Для реалізації поставленої мети було розроблено програму моніторингу стану технологічного обладнання.

В результаті проведеного аналізу була виконана класифікація інтелектуальних систем моніторингу стану технологічного обладнання на виробництві. Був проведений аналіз вимог до аналогічних систем та сформовані основні задачі, що повинна виконувати сучасна система:

- поточний контроль стану обладнання;
- накопичення отриманих даних;
- забезпечення централізованого сховища даних;
- аналіз накопичених даних з метою виявлення відхилення технологічних параметрів в заданих норм та прогнозування відмов обладнання на основі аналізу та прогнозування.

В результаті виконання другого розділу магістерської атестаційної роботи було проведено аналіз методів прогнозування відмов технологічного обладнання. Розглянуті два методи прогнозування ймовірнісне та по реалізації зміни значень параметрів елементів конкретного обладнання. Розглянуті переваги та недоліки кожного з методів.

Побудована модель діагностування технологічного обладнання та описані її складові. Для виконання оперативної технічної діагностики технологічного обладнання запропоновано використовувати вбудовану систему на основі мікроконтролерних засобів діагностики.

Наведена методика оцінки раціонального параметра діагностики технологічного обладнання що дає можливість виявити найбільш інформативний параметр, що впливає на працездатність технологічної системи.

Розроблена архітектура та алгоритм роботи підпрограми збори даних з технологічного обладнання дають змогу побудувати інтелектуальну систему тестування параметрів технологічного обладнання.

Для прогнозування стану технологічного обладнання використовується програмні модулі математичного аналізу які можуть незалежно один від одного підключатись до інтелектуальної системи моніторингу. Таким чином виконується принцип масштабування та функціональної незалежності автоматизованої системи. Також такий принцип побудови дає змогу нарощувати функціональність системи при розширенні номенклатури технологічного обладнання при вводі в експлуатацію нового устаткування.

Розроблено структуру бази даних, описані таблиці даних та показані відносини між таблицями.

Програма написана мовою C# в інтегрованому середовищі Microsoft Visual Studio 2019.

В програмі реалізована методика оцінки робочої ситуації та прогнозування виходу з ладу обладнання. Методика оцінки поточного стану обладнання полягає в пошуку такого стану роботи в якому переважні ознаки одночасно входять в зону підвищеної небезпеки. В даному програмному засобі така зона задана трьома критеріями: температура більша за 50°C, напруга на виході датчика вища за 5В та споживаний струм перевищує 4А.

Для відображення потенційно небезпечних ділянок та виділення їх на фоні іншої інформації, реалізовано комбінований графік, на якому будуються всі три параметри та відмітки небезпечних технологічних ситуацій.

В програмі реалізована можливість перегляду архівний даних.

Тестовий запуск програми показав працездатність запропонованої методики пошуку.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення: Введ. 2015-22-06. – К.: Вид-во стандартів, 2016. – 26 с.

2. Методичні вказівки до магістерської атестаційної роботи для студентів спеціальностей: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Автоматизовані комплекси радіоелектронних виробництв» «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд: І.Ш. Невлюдов, В.А. Палагін, О.М. Цимбал, С.П. Новоселов, Є.А. Разумов-Фризюк, І.В. Жарікова, С.С. Милютина. – Харків: ХНУРЕ. – 2012. – 49 с.

3. Діагностування та прогнозування технологічного обладнання [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/lekciya-7-diahnostuvannja-ta-prohnozuvannja-tehnolohichnoho-obladnannja-pererobnyh-pidpryyemstv.pdf> . – 15.10.2020 р.

4. Методи технічної діагностики обладнання. Поняття технічної діагностики. Діагностика технічного стану обладнання [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://zavodilov.ru/uk/onlajjn-servisy/metody-tehnicheskoi-diaagnostiki-oborudovaniya-ponyatie/> – 15.10.2020 р.

5. Новоселов С.П. Аналіз загальних принципів побудови автоматизованих систем тестування стану технологічного обладнання / С.П. Новоселов, Р.С. Белей / Збірник матеріалів II форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» до 90-річчя ХНУРЕ. – Харків, ХНУРЕ, 2020. – С. 23-26.

6. Ельперін Е. В. Інтелектуальні системи управління складними технологічними процесами [Електронний ресурс] / Е. В. Ельперін, С. М. Швед // Наук. пр. Нац. ун-ту харчових технологій. – 2014. – № 1. – С. 9–16. – Режим доступу : URL : http://nbuv.gov.ua/jpdf/Npnukht_2014_20_1_2.pdf – 18.10.2020. – Назва з екрану.

7. Класифікація та принципи побудови систем моніторингу [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://studfile.net/preview/5706386/> – 18.10.2020 р.

8. Проектування та моделювання програмного забезпечення сучасних інформаційних систем / Г. В. Табунщик, Т.І. Каплієнко, О.А. Петрова – Запоріжжя : Дике Поле, 2016. – 250 с.

9. Основи наукових досліджень: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 396 с.

10. І. Ш. Невлюдов Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень в автоматизованому виробництві: Підручник / І.Ш. Невлюдов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019 р. – 448 с.

11. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.

12. Зданевич В., Сидоров В.А. Осмотр механического оборудования как метод технической диагностики // Техническое Обслуживание и Ремонт, 2010. – №4. – С. 12-18.

13. Прогнозная аналитика для эффективного использования оборудования [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : http://filearchive.cnews.ru/files/reviews/2016_03_29/2_Maltsev.pdf – 30.10.2020 р.

14. Діагностика та контроль робочих процесів: навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної та дистанційної форм навчання / В. М. Доля – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – 129 с.

15. Белей Р.С. Інтелектуальна система тестування параметрів технологічного обладнання / Автоматизація та приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Вип. 2. – С. 165-169.

16. Коваленко, О.О. Аналіз тенденцій розвитку систем автоматизованого тестування / І.В. Гурман, А.В. Краснік, О.О. Коваленко / Тези доповідей XVII міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих учених. / ред. кол. Д. Струнін (голова ВНТ ВІКНУ) – К., – 2019. – С.73.

17. The Industrial Internet of Things, Vocabulary Industrial Internet Consortium,” " [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <http://www.iiconsortium.org/pdf/IICVocabTechnicalReport2.0.pdf>. – 15.11.2020 р.

18. SQLite/SQL Server Compact Toolbox [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=ErikEJ.SQLiteServerCompactSQLiteToolbox> – 15.11.2020 р.

19. Невлюдов, І. Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.

20. Аналитические технологии для прогнозирования и анализа данных [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php. – 30.10.2020 р.

21. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у випускних роботах усіх форм навчання / Упоряд.: Б.В.Дзюндзюк, В.А. Айвазов, Т.Є.Стиценко. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – 28 с.