

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Завідувач кафедри
_____ Скарга-Бандурова І.С.
« ____ » _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НА ТЕМУ:

Система раннього діагностування блоків реакторної установки

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”
Спеціальність 123 “Комп’ютерна інженерія” (освітня програма - “Комп’ютерні системи і мережі”)

Науковий керівник роботи:

(підпис)

В.М.Барбарук

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Я.О.Критська

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

М.А. Близнюков

(ініціали, прізвище)

Група:

КСМ-16дм

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія" (освітня програма - "Комп'ютерні системи і
(шифр і назва)
мережі")

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри _____
І.С. Скарга-Бандурова
« _____ » _____ 20 ____ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Близнюкову Микиті Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система раннього діагностування блоків реакторної
установки

керівник проекту (роботи) Барбарук Віктор Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, м. 'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» 10 2018 р. № 207/48

2. Строк подання студентом роботи 21.01.2018

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики,
методи та засоби систем віброшумової діагностики реакторних установок на
атомних електростанція України та світу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Загальний огляд і постановка завдання, аналіз методів реалізації системи
СВШД, розробка блоку аналогів сигналів, охорона праці та безпека в надзвичайних
ситуаціях, висновки

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я.О. ст.викладач кафедри КНІ		

7. Дата видачі завдання 18.10.2017

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз літературних джерел і обґрунтування актуальності	10.09.2017-15.09.2017	
2	Розробка технічного завдання	16.09.2017-22.09.2017	
3	Аналіз методів системи віброшумової діагностики	23.09.2017-25.09.2017	
4	Розробка частини проекту "Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях"	26.09.2017-06.10.2017	
5	Розробка блоку аналогових сигналів	07.10.2017-13.11.2007	
6	Оформлення пояснювальної записки та презентації	14.11.2017-30.11.2017	
7	Оформлення автореферату	01.12.2017-31.12.2017	

Студент

_____ (підпис)

Близнюков М. А.

_____ (прізвище та ініціали)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Барбарук В.М.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Близнюков М.А. Система раннього діагностування блоків реакторної установки.

Метою даної роботи є дослідження методів віброшумової діагностики та розробка блоку обробки сигналів з датчиків для системи раннього діагностування вібраційного стану РУ, для забезпечення коректної передачі сигналів, і підвищення безпеки і надійності обладнання. Досліджуються можливі методи віброшумової діагностики реакторної установки атомної електростанції, вибирається найбільш оптимальний. На базі досліджуваних методів віброшумової діагностики РУ розробляється блок аналогових сигналів. Практична цінність роботи полягає в скорочення часу і трудовитрат на зняття кореляційних характеристик, а так само зменшення помилок, підвищення якості тестування РУ.

Ключові слова: діагностика, стан, блок, сигнал, датчик

THE ABSTRACT

Blizhjukov M.A. The early diagnostics system of the reactor installation units.

The aim of this work is to study the methods of diagnosis and development of reactor vibration-noise diagnostics signal processing unit with sensors for early diagnosis of the vibration condition of the reactor, to ensure the correct transmission of signals, and improve the safety and reliability of equipment. Possible methods of vibration-noise diagnosis of reactor are investigated, the most appropriate method is selected. Based on the selected method the block analog signals are developed. The practical value of the work is to reduce the time and labor costs for the removal of the correlation characteristics, as well as reducing errors, improving the quality of testing switchgear.

Key words: diagnostic, state, block, signal, sensor

АННОТАЦИЯ

Близнюков М.А. Система раннего диагностирования блоков реакторной установки.

Целью данной работы является исследование методов виброшумовой диагностики и разработка блока обработки сигналов с датчиков для системы раннего диагностирования вибрационного состояния РУ, для обеспечения корректной передачи сигналов, и повышение безопасности и надежности оборудования. Исследуются возможные методы виброшумовой диагностики реакторной установки атомной электростанции, выбирается наиболее оптимальный. На базе исследуемых методов виброшумовой диагностики РУ разрабатывается блок аналоговых сигналов. Практическая ценность работы заключается в сокращении времени и трудозатрат на снятие корреляционных характеристик, а так же уменьшение ошибок, повышение качества тестирования РУ.

Ключевые слова: диагностика, состояние, блок, сигнал, датчик

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ	9
1.1 Аналіз систем віброшумової діагностики	9
1.2 Постановка задачі.....	19
2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ СВШД	22
2.1 Концепція побудови СВШД.....	22
2.2 Аналіз математичних методів віброшумового діагностування	23
2.3 Аналіз методів реалізації системи	30
3 РОЗРОБКА БЛОКУ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ	37
3.1 Опис елементів схеми.....	37
3.2 Опис роботи БАС	43
3.3 Перелік можливих несправностей	45
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	46
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі з персональним комп'ютером	46
4.2 Заходи щодо техніки безпеки.....	47
4.3 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці	50
4.4 Рекомендації по пожежній безпеці	53
4.5 Охорона навколишнього природного середовища.....	56
4.5.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища.....	56
4.5.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі.....	56
4.5.3 Визначення впливу та заходів щодо поводження з відходами ІТ галузі	57
ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ	60
ДОДАТОК А. Схеми пристрою	65
ДОДАТОК Б. Комп'ютерна презентація	73

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АкЗ	–	активна зона
АЧХ	–	амплітудно-частотна характеристика
АЕС	–	атомна електростанція;
АЦП	–	аналого-цифровий перетворювач
БАС-9	–	блок аналогових сигналів БАС-9
БД	–	база даних
ШПФ	–	швидке перетворення Фур'є
БПТ-206	–	блок живлення БПТ-206
ВВЕР	–	водо-водяний енергетичний реактор
ВКП	–	внутрішньокорпусні пристрої
ГЦК	–	головний циркуляційний контур
ГЦН	–	головний циркуляційний насос
ДАП	–	датчик абсолютних переміщень
ДВП	–	датчик відносних переміщень
ДПТ	–	датчик пульсацій тиску
ДПЗ	–	детектор прямого заряду
ІК	–	іонізаційна камера
ДОН	–	джерело опорного напруги
КМ2-91	–	каркас монтажний КМ2-91
БАР	–	багатовимірний авторегресійну
МК	–	мікроконтролер блоку БАС-9
НЧ	–	низька частота, низькочастотний
ПГ	–	парогенератор
ПЛІС	–	програмована логічна інтегральна схема
ППН	–	програма перевірки і настройки
ПЕОМ	–	персональна електронно-обчислювальна машина
ПНВ	–	пусконаладжувальні випробування
ППР	–	планово-попереджувальний ремонт
ПТК	–	програмно-технічний комплекс
РУ	–	реакторна установка
СВРК	–	система внутрішнього реакторного контролю

СВШД	– система віброшумової діагностики
СВШК	– система віброшумового контролю
СКЗ	– середньоквадратичне значення;
СВСП	– система виявлення слабозакреплених предметів;
ТВЗ	– тепловиділяючих збірок;
ТН	– теплоносій;
ЕО	– елементарна операції;
ШД	– шина даних;
BWR	– (Boiling Water Reactor) — реактор з киплячою водою;
PWR	– (Pressurized Water Reactor) — реактор з водою під тиском;
SMORN	– (Specialists Meeting on Reactor Noise) — конференція фахівців з реакторних шумів;
SUS	– система вибромониторинга;
LVDS	– стандарт передачі диференціальних сигналів низької напруги;
UART	– універсальний асинхронний приймач.

ВСТУП

Забезпечення надійної і безпечної експлуатації енергоблоків АЕС вважається однією з найважливіших задач ядерної енергетики. Сучасні концепції цих завдань ґрунтуються на широкому впровадженні систем ранньої діагностики. До таких систем відноситься система віброшумової діагностики РУ, що виконує функції контролю стану обладнання.

У процесі експлуатації обладнання РУ відбувається старіння і знос елементів обладнання, що призводить до порушення нормальної роботи і зниження експлуатаційної надійності. Внаслідок цього з'являється необхідність контролю механічної цілісності і жорсткості кріплення основного обладнання та трубопроводів, який дозволяє виявити вузли і компоненти, більш схильні до впливу експлуатаційних навантажувальних факторів для оцінки вироблення проектного ресурсу обладнання і здатності продовження терміну служби енергоблоків понад призначеного ресурсу. На базі розроблених методів виділення діагностичної інформації з різноманітних шумових сигналів можливо діагностування обладнання РУ для виявлення на ранній стадії механічних дефектів або аномальних змін умов його закріплення з виходом на причину тієї чи іншої аномалії, а також оптимізація обсягу ремонтних робіт для визначення фактичного вібростану обладнання. Виходячи з вищевикладеного, розробка, створення і впровадження на АЕС системи віброшумової діагностики, є актуальним завданням, спрямованої на забезпечення надійної і безпечної роботи енергоблоку, продовження терміну служби, перехід до обслуговування по фактичному стану.

Функції СВЩД поділяються за такими ознаками, як основні, допоміжні і додаткові.

Основні функції включають в себе:

- збір і попередню обробку сигналів;
- реєстрація даних;
- зберігання і архівація даних;
- обробка і аналіз даних вимірювання;
- подання даних.

Допоміжні функції:

- організація обміну даними між СВЩД, КСД, ВК СВРК;
- захист від несанкціонованого доступу;
- розмежування рівня доступу користувачів до функцій ПО.

Додаткові функції:

- функція підтримки єдиного часу (похибка становить ± 5 мс);
- діагностика власних програмно-технічних засобів;
- редагування списку користувачів;
- облік часу роботи користувачів.

В даний час на АЕС з реакторами ВВЕР встановлені системи віброшумової діагностики фірми «Сіменс». Вони передбачені для контролю вібрації шахти активної зони, ТВЗ, корпусу реактора і вільно закріплених ділянок циркуляційного трубопроводу першого контуру.

Створення та впровадження у практику експлуатації АЕС з РУ ВВЕР вітчизняної системи віброшумової діагностики (СВШД) нового покоління для раннього діагностування вібраційного стану РУ забезпечить підвищення безпеки та експлуатаційної надійності.

Об'єкт дослідження: система віброшумової діагностики.

Предмет дослідження: методи реалізації системи віброшумової діагностики, що розробляються у Севєродонецькому НВО «Імпульс».

Завдання дослідження: дослідження методів створення вітчизняної системи віброшумової діагностики нового покоління для раннього діагностування вібраційного стану РУ.

Метою даної роботи є дослідження методів віброшумової діагностики та розробка блоку обробки сигналів з датчиків для системи раннього діагностування вібраційного стану РУ, для забезпечення коректної передачі сигналів, і підвищення безпеки і надійності обладнання.

Практичне значення отриманих результатів.

- скорочення часу і трудовитрат на зняття кореляційних характеристик.
- зменшення помилок, підвищення якості тестування РУ.

Основні результати магістерської роботи **доповідались** на Міжнародній науково-практичній конференції «Майбутній науковець – 2017», та на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Електронні апарати та системи. Проблеми створення. Перспективи розвитку».

Магістерська атестаційна робота **складається** з вступу, 4 розділів, висновків, переліку джерел посилань, додатків. Загальний обсяг роботи становить 81 сторінку, 5 таблиць, 18 рисунків.

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз систем віброшумової діагностики

В даний час атомна енергетика отримала визнання як одна з найбільш важливих галузей промисловості, від розвитку якої залежить забезпечення швидкозростаючих потреб народного господарства в енергії.

Забезпечення надійної і безпечної експлуатації енергоблоків АЕС вважається однією з найважливіших задач ядерної енергетики. Сучасні концепції таких завдань ґрунтуються на широкому впровадженні систем ранньої діагностики. До таких систем відноситься система віброшумової діагностики РУ. З її допомогою можна виявити аномальні вібраційні стану обладнання, викликані появою в ньому дефектів, які утворилися в результаті змін закріплення обладнання або зростанням гідродинамічних навантажень з боку теплоносія. За допомогою віброшумової діагностики РУ, з аналізу сигналів з датчиків вібрацій і реакторних шумів в експлуатаційних умовах, можна визначити вібростан внутрішньокорпусних пристроїв (ВКП), тепловиділяючих збірок (ТВЗ), корпусу реактора і основного обладнання головного циркуляційного контуру (ГЦК).

Програмно - технічні комплекси віброшумової діагностики, в залежності від здійснюваних функцій, поділяються на системи віброшумового контролю (СВШК) та системи віброшумової діагностики (СВШД) [2]. Значуща відмінність цих систем полягає в тому, що СВШК видає користувачеві тільки деяку сукупність числових і функціональних статистичних оцінок, отриманих з вимірних сигналів, а СВШД ставить діагнози автоматично.

Ключовим завданням СВШД є визначення вібростану обладнання по динамічним параметрам, як за міжремонтний період, так і за час роботи РУ. Саме знання вібродіагностичних ознак, які повільно змінюються, дозволяє оцінювати і прогнозувати роботу обладнання, не допускати його раптових відказів, знати про можливий знос або поломки обладнання до моменту початку планового ремонту, тобто проводити планово-попереджувальний ремонт за станом, а не тільки за регламентом. Так само система має ряд інших завдань:

- для своєчасного виявлення підвищення навантаження, пов'язаного з умовами виготовлення, складання і балансування обертових механізмів головного циркуляційного

насоса (ГЦН), визначаються умови гідродинамічного навантаження обладнання та трубопроводів реакторної установки (РУ) від потоку теплоносія;

- для своєчасного виявлення релаксації і зносів складових кріплення контролюють умови закріплення внутрішньокорпусних пристроїв (ВКП) в ході експлуатації;

- для підтвердження відтворюваності величин переміщень, а також виявлення затирання і заїдань складових обладнання, контролюють теплові переміщення обладнання і трубопроводів у режимах планових розігрівів і охолоджень РУ;

- оцінка поканальної витрати теплоносія. Ця функція необхідна, перш за все, для визначення умов експлуатації паливних збірок;

- оцінка фактичного ресурсу ВКП за умовами їх вібронавантаженості. Дане завдання пов'язане з можливістю продовження терміну служби ВКП, а його актуальність обумовлена тим, що розрахункові оцінки віброміцності, що проводяться на етапі планових ремонтів, мають усі шанси опинитися непередставницькими в наслідок того, що не враховували ймовірної зміни умов закріплення ВКП за довготривалу експлуатацію.

Крім перерахованих вище завдань, СВШД одночасно можуть бути виконані і інші, не вібродіагностичні завдання, такі як деякі сигнали СВШД (ДПЗ, ІК, ДПТ) несуть діагностичну інформацію про нейтронно - теплогідрравлічного стану АкЗ. З їх допомогою можна оцінювати незмінні безпосередньо параметри (коефіцієнти реактивності, концентрацію борної кислоти, теплогідрравлічні параметри АкЗ, наприклад, поканальні витрати і т.п.), а також виробляти контроль кипіння ТН і ресурсних змін АкЗ.

Об'єктом контролю СВШД є реакторна установка, включаючи реактор з ВКП, основне обладнання і трубопроводи головного циркуляційного контуру (ГЦК).

Найбільш відома в даний час СВШК SUS фірми Siemens, вперше була побудована в 80-х роках в Німеччині. За кордоном вона була впроваджена в АЕС Чехословаччини (у Чехії на АЕС Дуковани, у Словаччині на АЕС Богуніце), а потім на блоках КоФЕС і блоках НВАЕС з ВВЕР - 440 та блок III БалАЕС ВВЕР - 1000. У роботі [16] можна знайти повний список всіх систем локальної діагностики, що поставляються фірмою Siemens.

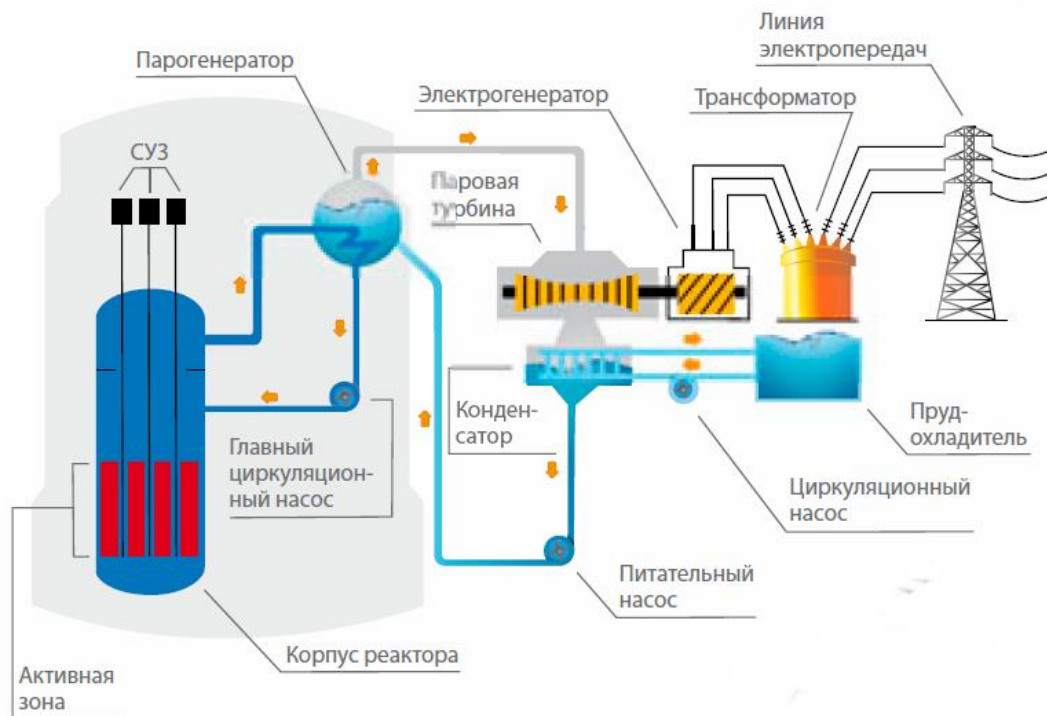


Рисунок 1.1 – Схема ВВЕР – 440

Впроваджені на російських АЕС СВШК SUS монтувалися на блоках, які вже перебувають тривалий час в експлуатації [1]. Це одна з причин не настільки успішного функціонування цієї системи. Для виправлення такого недоліку, фірма Siemens при введенні в експлуатацію локальну систему діагностики оснащують деяким мінімумом експериментальної інформації, неприпустимою при проектуванні системи. Такий етап впровадження системи зазвичай називаю базовими вимірами. Конкретні значення настроювальних параметрів стають відомими тільки після прив'язки системи до об'єкта діагностування. Таким чином, наповнюються БД великого обсягу масивів.

У системі SUS виділення діагностичних ознак проводиться не автоматично. При ручному виділенні резонансів внаслідок їх великої кількості в одній спектральній характеристиці, а також з-за можливої зміни їх положення, існує небезпека пропуску аномалій. Основна перевага автоматичного виділення резонансів полягає в тому, що при такому підході аномалії можуть бути виявлені на ранній стадії їх зародження, коли вони ще не помітні.

Наявність великої кількості резонансів також є предметом досліджень [7]. Абсолютно не обов'язково, що найбільші за амплітудою резонанси АСПМ несуть найціннішу діагностичну інформацію. Елементи такої або ж іншої великої кількості резонансів можуть не відтворюватися від 1-го виміру до іншого, втім пошук таких відмінностей і є одна з функцій діагностики. СВШД яка розробляється повинна виділяти

ці ефекти автоматично. Перевага автоматичного виділення резонансів складається і в тому, що аномалії виявляються на ранній стадії, коли вони ще не помітні візуально. При ручному виділенні частот резонансів їх велике число в одній спектральній характеристиці і мінливість в часі обумовлюють небезпеку пропуску ефектів.

СВШД повинна виконувати функції відстроченого аналізу. Уявімо умовно процедуру діагностування у вигляді завдань причина і прогноз. Найчастіше вони вирішуються тільки під час ППР.

Основою для проведення діагностування є сценарій [14, 28], який визначає:

- вид діагностується обладнання РУ;
- сукупність вимірювальних каналів, необхідних для проведення діагностування саме цього елемента РУ;
- параметри вимірювання (обсяг вибірки, частота дискретизації і т.д.);
- алгоритми обробки;
- вид і обсяг діагностичних повідомлень.

При цьому виділяється не одна множина резонансів, а декілька, кожна з них відповідає певному реакторному ефекту. Такий підхід реалізується наступною послідовністю дій:

- проводяться дослідження реалізацій випадкових процесів при заданій конфігурації датчиків, складаються алгоритми виділення різних реакторних ефектів;
- ці алгоритми реалізуються у вигляді сценаріїв - послідовності дій над безліччю зареєстрованих сигналів датчиків;
- сценарії, будучи частиною методичного забезпечення СВШД, застосовуються до кожного нового багатоканального запису процесів, отриманого у результаті періодичного віброконтролю реакторної установки.

Сценарій - це макрооперація, зафіксована послідовністю обчислювальних процедур, адаптованих до конкретної РУ, яка працює із заздалегідь обраним набором сигналів, частотними діапазонами та параметрами оцінювання спектральних характеристик, з боку експлуатації АЕС є некерованою [41]. Число сценаріїв не обмежується і може безперервно поповнюватися, хоча деяка ієрархія в їх множині повинна бути. Пріоритетну роль повинні грати сценарії, що виявляють важливі з точки зору безпечної експлуатації АЕС діагностичні ознаки.

Сценарій автоматично ставить бінарний діагноз «норма - не норма» в поточний момент часу, і надає інформацію про прогнозування технічного стану обладнання перед виходом в ППР. Будь-який сценарій СВШД будується за допомогою елементарних

операцій (ЕО). Під елементарністю розуміється смислова і функціональна завершеність того чи іншого обчислювального блоку, а не простота виконуваних операцій. Наприклад, елементарної операцією може бути ціла процедура автоматичної декомпозиції чотирьох сигналів ДАП за типами коливань корпусу реактора. Найчастіше вживаються ЕО - фільтрація, оцінка АСПМ, функції когерентності, фази і виділення частот резонансів тієї чи іншої функції. Окрему групу ЕО складають операції побудови сімейств графіків і різних таблиць, в які зводяться результати діагностування.

Сценарій описується структурною схемою, що складається тільки з ЕО, які виконуються у певній послідовності. Тому ЕО узгоджені по входах і виходах. Бібліотеку ЕО, очевидно, можна нарощувати.

Одне шумове джерело, проявляючись у різних каналах СВШД, може бути виявлено різними способами. Важливо, щоб перш експерти попрацювали з записами шумів саме цього реактора, хоча не виключаються й загально реакторні сценарії, побудовані із загальних міркувань і придатні для діагностики будь-яких реакторів даного типу. У будь-якому випадку при впровадженні даного сценарію на конкретну РУ існує безліч настроювальних параметрів у кожній ЕО, за допомогою яких сценарій можна довести до прийнятних кондицій.

Природного розвитку бібліотеки сценаріїв можна досягти при введенні нового блоку АЕС в експлуатацію. Основу бібліотеки склали загально реакторні сценарії та сценарії, засновані на досвіді діагностування подібних блоків. Вони модифікуються, до них додаються нові сценарії відповідно до ходу пусконаладжувальних робіт за такими етапами: холодна і гаряча обкатка, фізичний пуск, базисні вимірювання, перший вихід на проектні параметри, штатна експлуатація.

Можливість реалізації на програмному рівні будь-якого алгоритму віброшумової діагностики за рахунок розробленого програмного інструментарію у вигляді набору елементарних операцій, зокрема, дає можливість вирішити в одній системі і завдання вібродіагностики, і завдання нейтронно - теплогідравлічного шумового контролю стану активної зони. Поставка на РУ стартової бібліотеки сценаріїв, яка розширюється новими сценаріями у процесі експлуатації системи без її перепрограмування, виявлення аномалій на ранній стадії, коли ручний спосіб виділення діагностичних ознак неефективний через маскування їх великим числом інших спектральних ефектів.

Стартова бібліотека сценаріїв [42] повинна складатися з п'яти узагальнених сценаріїв і може поповнюватися у процесі експлуатації СВШД:

- вібрації основного обладнання ГЦК (ПГ, ГЦН, U - образний трубопровід);
- вібрації корпусу РУ;

- вібрації шахти активної зони;
- змушуючі вібрації сили (АСВ, пульсації ТН); вібрації ТВЗ.

Діагностування може проводитися як окремо для заданого виду обладнання (вибіркове діагностування) шляхом виміру і подальшого виконання певного сценарію, так і для усіх видів обладнання, діагностування яких передбачено у СВШД (повне діагностування), а також послідовним автоматичним виконанням всіх закладених в СВШД сценаріїв.

Багатофункціональні СВШД будуються на кількох джерелах первинної інформації; акустичне поле, радіаційні поля (в тому числі поза- і внутризонний нейтронний потоки), поле тисків теплоносія, електричні параметри устаткування, віброперемещення, температури середовищ і елементів обладнання, пульсації тиску ТН, вологість повітря у приміщеннях, геометричні характеристики (рівні ТН, просторове положення обладнання) і т.д. [1,5]. Ця система контролює вібрації ТВЗ, активної зони реактора, корпуси реактора, ПГ, ГЦН, трубопроводів. Крім того, СВШД повинна контролювати теплогідравлічні ефекти активної зони, що також є велике коло задач. П'ять типів вимірювальних каналів вибрані не випадково, вони незалежно один від одного формують інформацію про кореляційно пов'язаних процесах. Наприклад, при наявності кореляції в парі сигналів ДАП-ІК можна судити про спільні коливання корпусу і внутрішньокорпусні шахти; кореляції в парі сигналів ІК-ДПЗ свідчать про спільні коливання шахти і ТВЗ, кореляції у сигналах ДАП-ІК-ДПЗ - про спільні коливання корпусу, шахти і ТВЗ.

СВШД повинна являти собою автоматизовану локальну інформаційно-вимірювальну систему, що складається з вимірювальних каналів і програмно-технічних засобів. До їх складу повинні входити такі типи аналогових вимірювальних каналів:

- датчиків абсолютного переміщення (ДАП), встановлених на основному обладнанні петель;
- датчиків відносного переміщення (ДВП), встановлених на холодних і гарячих нитках;
- датчиків пульсацій тиску (ДПТ), встановлених на кришці корпусу;
- детектори прямого заряду (ДПЗ);
- іонізаційна камера (ІК).

Двофункційні датчики ДВП здатні вимірювати мікропереміщення при вібраціях обладнання, і макропереміщення обладнання петель в динамічних режимах зі зміною температури теплоносія. Тим самим реалізується ще одна важлива функція, тісно

пов'язану з віброконтролем, - контроль переміщень опор основного обладнання при розігріві і розхолоджуванні [7].

ДВП дає в результаті сигнал вібропереміщення, який може замінити вимірювання вібропереміщень, що виконуються за допомогою акселерометра. Акселерометр не призначений для вимірювання теплових переміщень (до 100 мм), тому СВЩД без ДОП перетвориться в «швидку» систему вібродіагностики, а контроль теплових переміщень буде проводитися «повільними» алгоритмами в СКД.

По всіх каналах системи безперервно, кожні 2 сек, оцінюється СКЗ вібропереміщень у всьому робочому діапазоні частот. Один раз на добу масив розміром 24x3600x0,5 точок СКЗ зберігається на довготривалому носії. Далі ці вимірювання автоматично обробляються за допомогою сценаріїв, і щодобові діагнози протоколюються і візуалізуються.

У 2000 р у Росії була проведена модернізація, для реєстрації шумів ДПЗ застосовувалася мобільна 20-канальна інформаційно - вимірювальна система, розроблена на підприємстві «Діапром».

На рис. 1.2 представлено розташування датчиків для ВВЕР - 440.

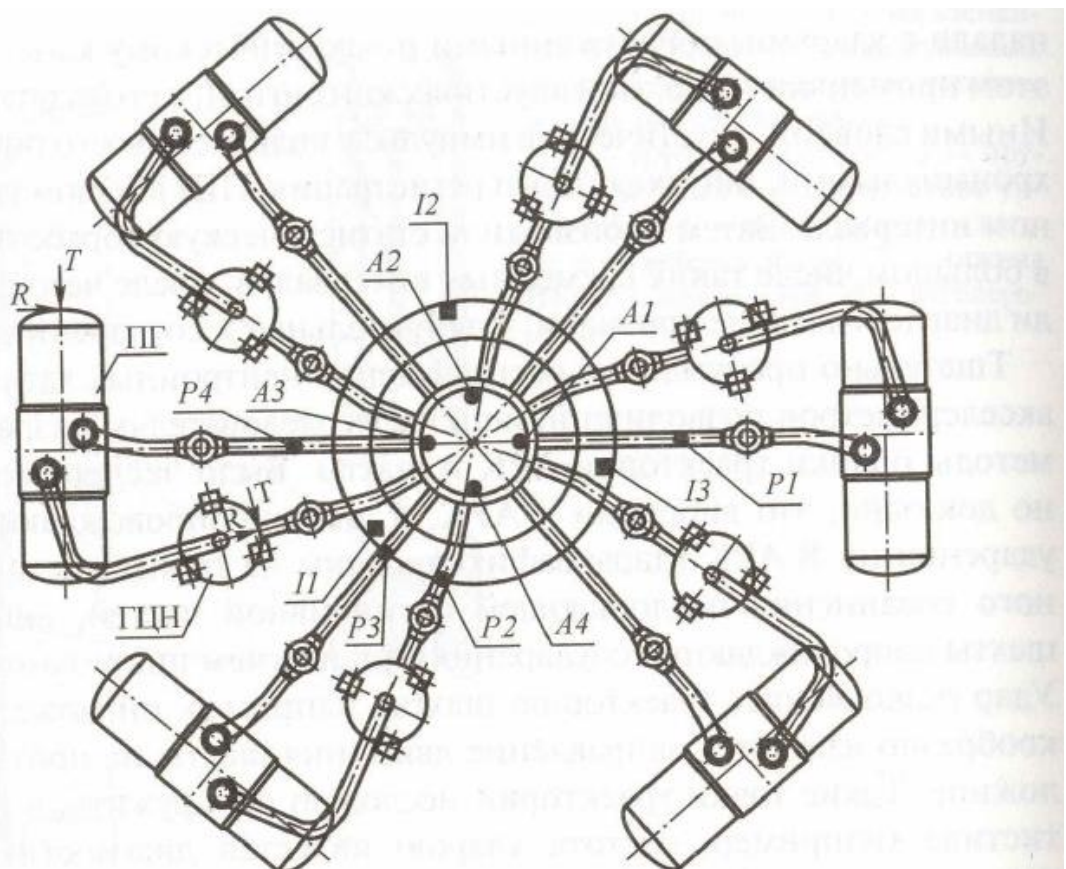


Рисунок 1.2 – Розміщення датчиків для ВВЕР - 440:

I – іонізаційна камера; P – ДПТ; T, R – ДВП; A – ДАП

Сигнали чотирьох типів датчиків, традиційно застосовуваних у СВШК - ДАП, ІК, ДПЗ, ДПТ - чутливих до коливань корпусу [35].

Резонанс компенсатора тиску (АСВ_{кд}, $f \approx 0,6$ Гц) істотним чином не впливає ні на вібрації корпусу реактора, ні на вібрації шахти [24] (див. Пік 1 на рис. 1.3, а і нульові когерентності ДПТ- ДАП на рис. 1.3, г, д і ДАП-ІК на рис. 1.3, е).

Всі АСПМ сигналів ДАП, ІК, ДПЗ містять резонанс корпусної АСВ ($f \approx 9,3$ Гц) (див. Піки, позначені цифрою 3, на рис. 1.3, б, в.). У сигналах нейтронних датчиків (ІК, ДПЗ) він обумовлений спільною дією плотностного ефекту реактивності і ефекту вимушених вібрацій.

Приблизно такий же вплив на корпус РУ, але менше за потужністю, має і АСВ_{2к} 13,2 Гц (резонанси, позначені цифрою 4 на рис. 1.3, а - в).

Домінуючи в корпусі реактора, АСВ на частоті близько 9,3 Гц, має значні градієнти амплітуди в «холодних» трубопроводах ГЦК і практично відсутні в «гарячих» трубопроводах (див. АСПМ ДПТГ, рис. 1.3, а). Тому і збудження вібрацій корпусу реактора на частоті 9,3 Гц відбувається зі сторони «холодних» трубопроводів (див. Когерентності на рис. 1.3, г, д).

Петльова АСВ_{1п} ($f \approx 6,8$ Гц, резонанс, позначений цифрою 2 на рис. 1.3, а, д) поступається за силою впливу на корпус РУ АСВ_{1к} ($f \approx 9,3$ Гц): резонанс АСВ_{1п} не настільки великий у функціях когерентності ДПТ - ДАП і в дозволеному вигляді не спостерігається в АСПМ ДАП. Він же відсутній в АСПМ ІК, і в функції когерентності ІК-ДАП (рис. 1.3, е). Ця АСВ всередині корпусу реактора при зміні азимутальної координати змінює свій знак, у підсумку результуючий щільнісний ефект реактивності близький до нуля.

Для визначення типів коливань корпусу реактора на власних частотах традиційно оцінюються фази всіляких пар сигналів ДАП (рис. 1.4). Останні мають характерні значення в широких діапазонах частот, що дозволяє здійснити грубу класифікацію типів коливань: (2-10) Гц - вертикальні коливання; (13-22) Гц - маятникові коливання. Потужні, висококогерентні, синфазні коливання корпусу реактора в НЧ-діапазону до 6 Гц (див. Рис. 1.3, б і рис. 1.4, а) не викликають коливання шахти активної зони (рис. 1.3, е - нульова когерентність) і не викликають коливання петель (рис. 1.4, в - нульова когерентність). Елементи системи пов'язаних мас «обладнання петель - корпус реактора - СКУ» розв'язані по відношенню до спільних коливань на власних частотах.

Пульсації тиску у «холодному» трубопроводі відіграють особливу роль не тільки в порушенні коливань корпусу реактора, а й в порушенні коливань СКУ та ТВЗ. Вплив АСВ_{1к} на внутризонний нейтронний шум збільшується зі збільшенням номера ДПЗ.

Незважаючи на те, що нижні ДПЗ розташовані ближче до ГЦН (якщо вести відлік проти потоку ТН), ніж верхні ДПЗ, внизу активної зони дію АСВ_{1К} мінімально. Мабуть, аксіальний розподіл АСВ_{1К} всередині корпусу реактора монотонно зростає по амплітуді до верху активної зони. Безумовно переважає вібраційний ефект, так як АСВ_{1К} впливає навіть на корпус реактора.

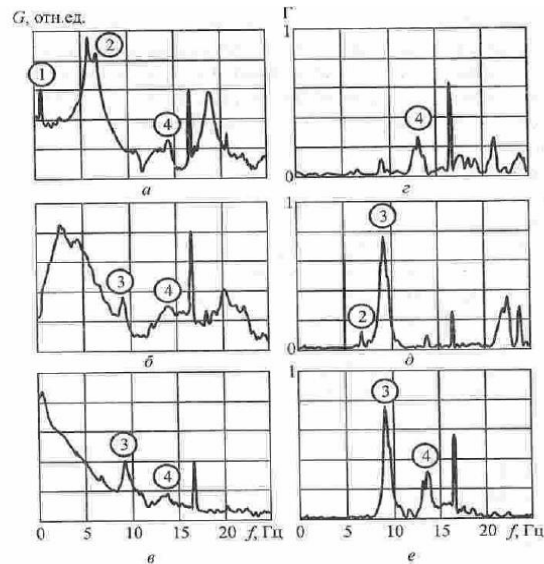


Рисунок 1.3 - АСПМ ДПТ_Г (а), АСПМ ДАП (б), АСПМ ІК (в), функції когерентності сигналів ДПТ_Г - ДАП (з), ДПТ_Х - ДАП (д), ДАП - ІК (е):

1 — АСВ_{кд} = 0,6 Гц; 2 — АСВ_{1д} = 6,8 Гц; 3 — АСВ_{1К} = 9,3 Гц; 4 - АСВ_{2К} = 13,2 Гц

(блок III БалаЕС)

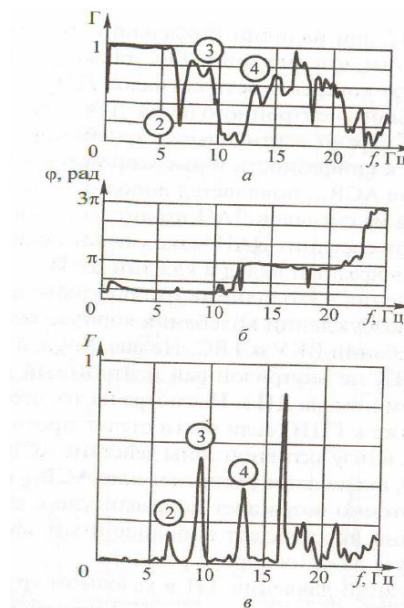


Рисунок 1.4- Взаємні характеристики сигналів ДАП і ДВП_{Гнц} (блок III БалаЕС):

а - когерентність ДАП1 – ДАП2; б — фаза ДАП1—ДАП2; в — когерентність

ДАП1 —ДВП_{Гнц}

Система контролює вібрації СКУ та ТВЗ гірше, а вібрації корпусу і основного обладнання петель - краще. На відміну від SUS, де видаються тільки спектральні оцінки, в яких треба вручну промаркувати резонанси, система CARD автоматично вирішує задачу контролю вібрацій шахти з видачею амплітуди вібрацій у мікрометрах [25]. Крім того, користувач має можливість застосувати на свій розсуд вельми складні обчислювальні процедури, такі, як багатовимірний авторегресійний аналіз.

Акселерометри в складі системи SUS не включені. Тобто, фірма Siemens не постачає алгоритми вібродіагностики у складі системи SUS. За допомогою програмного забезпечення, здійснюють збір, зберігання, первинну обробку сигналів і деякі спектральні оцінки. Власне діагностика, яка будується на основі цих спектральних оцінок, відсутня. Цим і забезпечується універсальність SUS по відношенню до різних типів реакторів. Перед кожним циклом вимірювань користувач вибирає одне з двох множин параметрів спектральної оцінки і заздалегідь фіксує не більше 20 взаємних характеристик. Далі, у відстроченому режимі, на отриманих АСПМ, ВСПМ і функціях когерентності вибирають деякі резонанси, параметри яких заносять в електронну таблицю.

Аналіз показав, що система SUS має ряд недоліків. Ними є:

- 1) високі вимоги до кваліфікації експлуатуючого персоналу у частині завдання вихідних даних для спектрального оцінювання;
- 2) необхідність залучення досвідчених експертів для фізичної інтерпретації авто-і взаємних спектральних характеристик зареєстрованих шумів;
- 3) стандартний набір спектральних оцінок, недовведений до конкретних діагнозів, які не модифікуються при постачанні на конкретну РУ;
- 4) необхідність зафіксувати заздалегідь, вручну, деяку множину резонансів спектральних функцій (тобто від користувача системи потрібні знання з фізичної інтерпретації діагностичної цінності кожного з обраних ним резонансів);
- 5) заздалегідь фіксовану кількість взаємних характеристик (не більше 20 шт.), що підлягають оцінюванню та архівуванню в базі даних (БД). Притому, що загальне число можливих пар сигналів для виробництва взаємних спектральних характеристик - понад тисячу;
- 6) Фур'є-перетворення реалізації шумів, відразу після оцифрування, на вході в систему вібродіагностики, що виключає можливість застосування інших методів аналізу;
- 7) архівування спектральних оцінок без архівування вихідних процесів достатньої довжини;
- 8) неможливість впровадження інших шумових, не вібродіагностичних алгоритмів в SUS, не змінюючи її програмного забезпечення.

1.2 Постановка задачі

У зв'язку з тим, що існуючі системи віброшумової діагностики морально і фізично застаріли, необхідна розробка сучасної СВШД. Для цього необхідно дослідити методи реалізації віброшумової діагностики та розробити блок аналогових сигналів для системи раннього діагностування вібраційного стану РУ.

У СВШД повинні бути закладені стартові віброхарактеристіки. Для цього СВШД, що встановлюється на новий блок АЕС, повинна бути більшістю своїх вимірювальних каналів включена до складу технічних засобів вібровимірювань. Далі необхідно послідовно здійснювати синхронні записи реалізацій сигналів датчиків з ПНВ і датчиків СВШД, переслідуючи наступні цілі:

- локалізувати власні частоти і типи коливань СКУ та ТВЗ;
- прокалібрувати у абсолютних одиницях (вібропереміщення або віброприскорення) спектральні особливості сигналів ДАП;
- виробити стартові діагностичні пороги для каналів через виміри ДВП, ДАП, ДПТ по множині проведених режимів на ПНВ;
- зареєструвати температурні залежності параметрів спектральних особливостей сигналів ДПТ, ДВП, ДАП.

Засобами даного програмного продукту досліджують тренди резонансів з накопиченої передісторії. Іншими словами, від користувача системи потрібні знання по інтерпретації резонансів і по показності множини резонансів.

Вітчизняна СВШД повинна бути побудована з урахуванням досвіду експлуатації закордонних систем. За табл. 1.1 можна порівняти необхідні характеристики СВШД і системи контролю вібрації фірми Siemens.

Таблиця 1.1. - Порівняння характеристик розроблюваної СВШД і системи діагностики SUS (Німеччина)

Характеристика	СВШД	SUS (Siemens)
1	2	3
Програмне та алгоритмічне забезпечення	Вібромоніторинг і діагностування з виходом на конкретний діагноз в автоматичному режимі	Тільки вібромоніторинг (стеження за відхиленнями у резонансах спектральних характеристик від еталонних значень) у ручному режимі

Продовження табл.1.1

1	2	3
Сервіс	Автоматичне виділення резонансів у спектральних характеристиках що не вимагає високої кваліфікації персоналу	потребує кваліфікованого користувача для ручного виділення резонансів
Канали вимірювання нейтронного шуму	Додаткові везонні (ІК) та внутризонні (ДПЗ) канали, що дозволяють контролювати СКУ та ТВЗ реактора	Відсутні везонні та внутризонні канали вимірювання нейтронного шуму
Датчики абсолютних переміщень	Частотний діапазон 2-200Гц без додаткового обладнання для підйому нижніх частот	Частотний діапазон 4-200 Гц з додатковим обладнанням (коригувальний підсилювач)
Число каналів	80 з можливістю нарощування до 160 в даних габаритах приладової шафи	48 без можливості нарощування
Уніфікація	Уніфіковані технічні засоби у каналах переміщень і пульсацій тиску.	Канали вібропереміщень і пульсацій тиску не уніфіковані.

У даній роботі необхідно виконати наступні завдання:

- 1) Провести аналіз для вибору найкращого методу реалізації системи.
- 2) Визначити можливості поліпшення блоку аналогових сигналів (БАС) для коректної обробки сигналу.
- 3) Розробити блок обробки сигналів.
- 4) БАС-9 має виконувати такі функції:
 - функції при запуску (скидання, ініціалізація, початкова самодіагностика блоку БАС-9);
 - періодичний обмін по UART з блоком БО 485 при запитах поточного стану і настройки блоку;
 - читання коду АЦП;
 - облік коефіцієнтів калібрування каналу перетворення;
 - виконання цифрової фільтрації;
 - прийом сигналу "читання даних" від БУ-485;
 - видача результатів вимірювання в ПЛІС по інтерфейсу SPI;
 - виконання команд, що надходять по UART;

- виконання самодіагностики.

Блок повинен відповідати таким вимогам:

- можливість безперервної, цілодобової експлуатації;
- повинен бути стійкий до зовнішніх чинників, так як призначений для роботи у електроприміщеннях технічних засобів зони вільного режиму.

Умови експлуатації:

- температура навколишнього повітря від 15 до 30 °С;
- відносна вологість від 30 до 80% при температурі 25 °С;
- атмосферний тиск від 84 до 107 kPa.

Зв'язок блоку БАС-9 з БУ-485 повинен проводитися з використанням UART, що входить до складу МК в якості периферійного пристрою. Зв'язок здійснюється на швидкості 115200 bit / s відповідно до протоколу Modbus RTU.

Діапазон робочих частот блоку від 1 до 200 Hz.

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ СВШД

2.1 Концепція побудови СВШД

Цифрову частину СВШД доцільно побудувати за традиційною схемою: мультиплексор, 14-розрядний АЦП, пристрій введення інформації в ЕОМ.

Програмне забезпечення для СВШД логічно побудувати з чотирьох частин:

- перша здійснює службові функції (налаштування трактів в режимі автоматичного вибору коефіцієнтів підсилення, виробництво програмних комутацій (конфігурування системи), діагностика окремих вузлів СВШД, калібрування);
- друга виробляє реєстрацію в базу даних багатоканальних реалізацій у відповідності з обраною послідовністю сценаріїв;
- третя - найбільш наукомістка - програмна система бібліотеки сценаріїв, яка працює у відстроченому режимі з багатоканальними реалізаціями сигналів з бази даних;
- четверта - програмне забезпечення реального часу, для реалізації якого передбачені АЦП, процесор швидкого перетворення Фур'є і ЕОМ [11, 33].

При виконанні спектрального аналізу основні обчислювальні ресурси витрачаються на виконання ШПФ. Тому до недавнього часу цю операцію переносили на апаратний рівень (рівень hardware) і виконували її на так званих Фур'є-процесорах (ШПФ-процесорах). Таким чином, програмна частина починалася з рівня коефіцієнтів Фур'є, з яких виходили різні авто - і взаємні спектральні характеристики. Але істотний недолік такої побудови СВШД полягає в неможливості реалізувати БАР-аналіз і різні процедури декомпозиції, для яких необхідні власні процеси, а не їх Фур'є-образи.

Якщо врахувати, що основна частка діагностичної інформації в СВШД витягується відстроченим аналізом, а сучасні ЕОМ здатні здійснювати ШПФ на програмному рівні досить швидко, то для відстроченого аналізу доцільно відмовитися від ШПФ на апаратному рівні, а залишити його тільки для реалізації функцій реального часу [43,44]. В реальному часу повинен виконуватися моніторинг вібрацій найбільш важливих з точки зору забезпечення безпечної експлуатації вузлів РУ, таких як шахта активної зони (АЗ) та основні елементи головного циркуляційного контуру (ГЦК) (корпус, головні циркуляційні насоси (ГЦН), парогенератори (ПГ)).

2.2 Аналіз математичних методів виброшумового діагностування

Цифрова обробка сигналів (ЦОС) – це область обчислювальної техніки, що динамічно розвивається, яка охоплює як технічні, так і програмні засоби. Для цифрової обробки сигналів основним завданням є виділення сигналу на фоні шумів і перешкод різної фізичної природи і автоматичне розпізнавання, тобто класифікація та ідентифікація сигналу.

У теорії інформації під сигналом розуміється матеріальний носій інформації. У цифровій обробці сигналів під сигналом будемо розуміти його математичний опис, тобто деяку речову функцію, яка містить інформацію про стан або поведінку фізичної системи при якій-небудь події, яка може бути визначена на безперервному або дискретному просторі зміни часу або просторових координат.

У широкому сенсі під системами ЦГЗ розуміють комплекс алгоритмічних, апаратних і програмних засобів. Як правило, системи містять спеціалізовані технічні засоби попередньої (або первинної) обробки сигналів та спеціальні технічні засоби для вторинної обробки сигналів. Кошти попередньої обробки призначені для обробки вихідних сигналів, що спостерігаються в загальному випадку на тлі випадкових шумів і перешкод різної фізичної природи і представлених у вигляді дискретних цифрових відліків, з метою виявлення і виділення (селекції) корисного сигналу, його пеленгування та оцінки характеристик виявленого сигналу. Отримана в результаті попередньої обробки корисна інформація надходить у систему вторинної обробки для класифікації, архівування, структурного аналізу і т. д. [7,8].

В основі обробки реакторних шумів лежать методи аналізу часових рядів, а головним інструментом є спектрально-кореляційний аналіз.

Існують дві основні цілі аналізу часових рядів: (1) визначення природи ряду і (2) прогнозування (проформування майбутніх значень часового ряду за сьогоднішнім і минулим значенням). Обидві ці цілі вимагають, щоб модель ряду була ідентифікована і, більш чи менш, формально описана. Як тільки модель визначена, ви можете з її допомогою інтерпретувати аналізовані дані.

Діагностичні методи [2,10,15] досягаються експериментальним підходом і побудовою феноменологічних моделей на основі експериментальної залежності. Існує велика кількість таких методів, нижче представлені деякі з них.

1. Методи сигнатурної діагностики. В їх основі лежать методи розпізнавання образів. В якості міри відмінності досліджуваного образу від заздалегідь оціненого

еталона використовуються відстань Махаланобіса, кореляційні нев'язки, квадратичні критерії (метод потенційних функцій). Еталони будуються на якихось стійких імовірнісних характеристиках шумів (функція щільності розподілу, АСПМ, ВСПМ, функція когерентності і т. п. або навіть числові характеристики випадкових процесів: дисперсія або вищі моменти розподілу). Проте найчастіше застосовують саме спектральні характеристики.

Системи сигнатурної діагностики будуються на наступних формальних принципах:

- шумовий образ є еталоном (сигнатурою) справного стану (норми), який щоразу відтворюється при досягненні даного стаціонарного стану, який визначається фіксованою множиною режимних параметрів реактора (потужності, витрати тиску тощо);
- відтворення шумових образів у часі свідчить про справний стан реактора; розбіжність будь-якого поточного шумового образу із заздалегідь оціненим шумовим еталоном свідчить про наявність несправності;
- зміну шумового образу внаслідок появи та розвитку несправності відбувається набагато раніше зміни детермінованих режимних параметрів.

Слід особливо підкреслити, що шумова діагностика, володіючи високою чутливістю до аномалій, здатна виявляти несправності на ранніх стадіях їх зародження. Для існуючих систем контролю РУ ці аномалії знаходяться поза «областю видимості». Оператору РУ необов'язково миттєво реагувати на факт їх виявлення. Результати роботи СВЩД представляються не оператору РУ, а діагностичному персоналу. Ранні ознаки несправності що зароджується ще не загрожують працездатності РУ. Однак важливо стежити за їх динамікою і за накопиченням їх числа з тим, щоб не пропустити моменту якісного переходу у «велику» аномальну подію, яка потягне за собою зміни і штатно контрольованих параметрів.

2. Аналітичні методи. Такий підхід дозволяє представити шумовий образ в термінах фізичних параметрів, найчастіше штатно не вимірюваних (коефіцієнти реактивності, теплогідравлічні параметри АкЗ і окремих ділянок контурів, характерні частоти вібрацій внутрішньокорпусних елементів, моди коливань корпусу реактора тощо). До аналітичних методів відноситься діагностування РУ за допомогою динамічних або шумових (як узагальнення динамічних) моделей. Їх безперервна оцінка за шумових каналах розширює спостережність об'єкта і несе інформацію не тільки про факт зародження несправності, але і про її локалізації та причини виникнення. Важливим аспектом динамічних і шумових досліджень є визначення властивостей об'єкта за спільним аналізу обурення і реакції на нього у тимчасовій або частотній областях. Якщо в

першому випадку обурення спеціальним чином організовані, відомий момент їх початку і область програми, вони націлені на виділення одного або малого числа ефектів які нас цікавлять, то в разі шумового аналізу обурення як такі відсутні (властивість пасивності шумового аналізу). Ця властивість, безсумнівно, є позитивною, так як дозволяє проводити діагностування в експлуатаційних умовах без обурення реактора. Ще однією відмінністю шумового аналізу від детермінованого динамічного є діапазон досліджуваних частот. Як правило, динамічні дослідження РУ «низькочастотніші» шумових.

3. Метод БАР – декомпозиції. Цей метод призначений для встановлення причинно - наслідкових взаємозв'язків у досліджуваному об'єкті. БАР - модель допускає існування зворотніх зв'язків між вимірюваними сигналами. Більш того, вона призначена для аналізу векторних процесів, всі компоненти яких взаємопов'язані і мають власне незалежне джерело. За допомогою БАР - аналізу можна інтерпретувати тільки ті частоти, на яких функція когерентності значимо відрізняється від нуля.

Число залучених в БАР-аналіз процесів m (розмірність вектора X) відразу визначає число зовнішніх незалежних джерел m і кількість передатних функцій в моделі ($m^2 - m$). Після вибору розмірності вектора X відразу визначається і схема динаміки досліджуваного об'єкта, яка являє собою схему взаємозв'язків між спостережуваними (компонентами вектора X) і неспостережуваними процесами (незалежними зовнішніми джерелами) в експерименті.

В БАР-аналізі оперують такими поняттями:

- нормований глобальний внесок — функції, що описують взаємні впливу процесів (у відсотках), і визначають першоджерела резонансних особливостей;
- модуль передатних функцій закритих систем — ($m^2 - m$) модулів передатних функцій;
- фаза передатних функцій закритих систем — ($m^2 - m$) фаз передатних функцій;
- модуль спектральних матриць зовнішніх джерел — основні критеріальні функції (m^2 функцій), за допомогою яких встановлюється придатність даної БАР-декомпозиції;
- приватна когерентність — матриця приватних когерентностей, кожен елемент якої являє собою спектральну функцію взаємозв'язку тільки двох даних процесів за вирахуванням інших опосередкованих взаємозв'язків.

4. Методи аналізу нейтронних шумів при маскувальному впливі глобального компоненту. У практичному аналізі поза - і внутризонних нейтронних шумів найчастіше вирішують завдання двох класів. Перший — виділення транспортного запізнювання одного сигналу нейтронного детектора по відношенню до іншого, з тим, щоб оцінити

швидкість (витрату) ТН, другий — виділення фазових співвідношень між сигналами нейтронних детекторів на певній частоті з тим, щоб ідентифікувати деякий коливальний процес СКУ, ТВЗ або органів регулювання. Перший клас задач зазвичай поширюється на внутризонний нейтронний шум, другий і на внутризонний, і на везонний нейтронний шум. Як правило, у першому класі аналізують діапазон частот, у другому — дискретну частоту.

Існують деякі загальні прийоми боротьби з маскуваням глобальним компонентом. Найпростіший прийом — це віднімання одного рівняння системи (не важливо, в тимчасовій або частотній області) з іншого. Цей прийом правомочний якщо виконані два обмеження:

- однойменні складові рівняння, як випадкові процеси повинні збігатися не тільки за своїм усередненими характеристиками, але і поординатно (поточечно) як детерміновані процеси;
- нейтронні детектори повинні перебувати в однакових умовах, бути ідентичними, зокрема, повинні бути однієї ефективності, щоб глобальний компонент однаково вкладався в той, і в інший сигнали детекторів.

5. Метод діагностування за допомогою огинаючої. Обвідну найчастіше застосовують як ефективний засіб побудови діагностичних ознак за широкосмуговим вібросигналом для діагностування обертових механізмів. Так само, можна очікувати, що огинаюча здатна породжувати такі діагностичні ознаки, які будуть більш чутливі до зміни вібростану корпусу і шахти, ніж різні фазові співвідношення.

За допомогою огинаючої можна простежити спільні коливання корпусу реактора і внутрішнкорпусної шахти за допомогою огинаючої

6. Метод перетворення Фур'є в цифровій обробці звуку. Як відомо, звуковий сигнал може подаватися у вигляді деякого набору відліків його амплітуд, які виконуються через певні відрізки часу (період дискретизації) та подаються деякою кількістю двійкових розрядів (розрядів вибірки). Це уявлення зручно для зберігання звукового сигналу і його перетворення назад у неперервний сигнал. Втім, деякі операції обробки звукового сигналу в цьому представленні не завжди бувають зручними. Це пов'язано з тим, що звуковий сигнал формується зі складових його частот з певною амплітудою і фазою. Таким чином, використання цих операцій обробки звукового сигналу як "фільтр нижніх частот" або "фільтр верхніх частот" вимагає перетворення подання звукового сигналу у вигляді відліків в його частотний діапазон. Після цього перетворення звуковий сигнал буде представлений у вигляді коефіцієнтів, відповідним амплітудам і фазам частот, які складають цей сигнал. Наприклад, операція "фільтр нижніх частот", яка "вирізає" з

сигналу всі частоти вище заданої, може просто обнулити коефіцієнти, що відповідають частотам, які потрібно вирізати". Для передачі даних у цифровій формі, вони на початку перетворюються в деякий набір частот і передаються по лініях передач, а потім, на приймальній стороні виконується зворотне перетворення і відновлюються початкові дані.

У завданнях ЦГЗ виділяють етапи попередньої (первинної) і вторинної обробки сигналів. Це пов'язано з тим, що в загальному випадку на вході системи ЦОС спостерігається суміш $V(t)$ корисного сигналу $x(t)$, деякого шуму $n(t)$ і всіляких перешкод різної природи $p(t)$:

$$V(t) = x(t) + n(t) + p(t), \quad (1.1)$$

де $n(t)$ є характеристикою самого технічного пристрою, а $p(t)$ - деякий спотворюючий вплив самої фізичного середовища, у якій поширюється сигнал (наприклад, згасання).

Важливим завданням попередньої обробки сигналу є придушення $n(t)$ і $p(t)$ (шуму і перешкоди). Така задача оптимального може бути вирішена тільки на основі використання надмірності подання вихідного сигналу, а також наявних відомостей про властивості корисного сигналу, перешкоди і шуму для збільшення ймовірності правильного прийому. Внаслідок того, що на вхід приймального пристрою системи надходить сума корисного сигналу та завади, ймовірність правильного прийому буде визначатися відношенням корисного сигналу до перешкоди. Для підвищення ймовірності правильного прийому сигналу повинна бути проведена попередня обробка прийнятого сигналу, що забезпечує збільшення відношення сигнал/перешкода. Таким чином, засоби попередньої обробки при прийомі повинні містити два основних елемента (рис.2.1): фільтр Φ , що забезпечує поліпшення відношення сигнал/перешкода, і вирішальне пристрій РУ, виконує головні функції прийому (виявлення, розрізнення і відновлення сигналів).

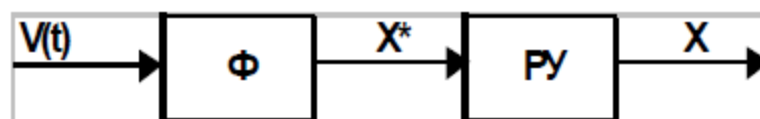


Рисунок 2.1 - Структура оптимального приймального пристрою

Перехід від безперервних сигналів до дискретним

Процес переходу від безперервної області зміни аргументу (завдання функції) до кінцевої множини окремих значень аргументу називається дискретизацією. Процес переходу від безперервної області зміни функції до кінцевої множини певних значень називається квантуванням. Зазвичай вважається, що дискретизація і квантування виконуються з рівними кроками, тобто функція визначена у рівновіддалених точках по осі абсцис і осі ординат. Перехід від безперервного сигналу до дискретного здійснюється з втратою інформації. Відновлення неперервного сигналу дискретним значенням і усунення втрат інформації залежить від параметрів дискретизації - тобто кроку дискретизації, способу відновлення сигналу і від властивостей сигналу. Умова, при якій можливе відновлення сигналу без втрат, визначається з теореми Котельникова.

Нехай функції $f(x)$ і $F(\xi)$ пов'язані зворотним перетворенням Фур'є, т. е.

$$f(x) = \int_{-\xi_{\max}}^{\xi_{\max}} F(\xi) e^{j2\pi\xi x} dx, \quad (1.2)$$

Пряме формулювання теореми Котельникова. Якщо функція $f(x)$ має обмежений спектр, локалізований у діапазоні $\max_{-\xi} \leq \xi \leq \xi_{\max}$, то вона повністю визначена шляхом завдання відліків на наборі точок, віддалених одна від одної на відстані $1/2\xi_{\max}$.

Зворотне формулювання теореми Котельникова. Якщо $f(x)$ задана в обмеженій області $-x_{\max} \leq x \leq x_{\max}$, то її спектр $F(v)$ повністю визначено набором відліків в точках, рівновіддалених один від одного на відстані $1/2x_{\max}$.

Пояснимо вибір кроків дискретизації за теоремою Котельникова на рис.1.2.

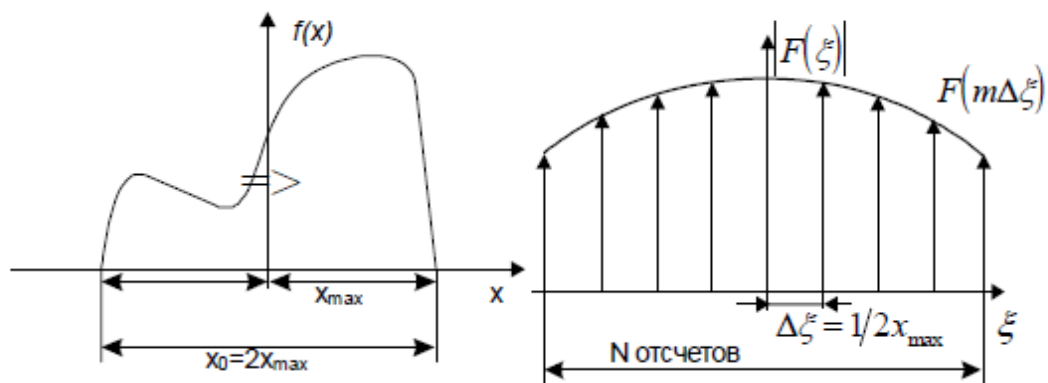


Рисунок 1.6 - Кроки дискретизації за теоремою Котельникова

При дискретизації згідно з теоремою Котельникова вихідна функція $f(x)$ може бути отримана за її дискретним значенням за формулою:

причому крок дискретизації становить

$$f(x) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(k\Delta x) \frac{\sin 2\pi v \max(x-k\Delta x)}{v \max(x-k\Delta x)}, \quad (1.3)$$

$$\Delta x = \frac{1}{2v \max} = \frac{\pi}{\omega \max}, \quad (1.4)$$

Однак згідно теорії Фур'є-аналізу кінцевої аперіодичної функції $f(x)$ відповідає нескінченний спектр і навпаки, кінцевий спектр відповідає нескінченній вихідній функції. Тому для реальних сигналів умови теореми Котельникова в строгому сенсі слова не виконуються.

- 1) Усі реальні сигнали обмежені в часі і мають необмежений спектр, тобто $f_{\omega}=\infty$.
- 2) У відповідності з рядом Котельникова відновлення здійснюється за нескінченного числа відліків ($-\infty \leq k \leq \infty$).
- 3) Оскільки сигнал відновлюється з нескінченного числа відліків функцій, то його відновлення здійснюється з нескінченною затримкою в часі.

Тому, щоб отримати кінцевий спектр, можна скористатися рівністю Парсеваля

$$\left| \int_0^T f(t) dt \right| \equiv \left| \int_{-v}^v F(v) dv \right| (1 - \varepsilon), \quad (1.5)$$

і, знаючи, що вихідна функція $f(x)$ скінченна, обчислити значення інтеграла у лівій частині рівності, після чого, задавши величину похибки ε визначення інтеграла у правій частині, визначити максимальну частоту. Виходячи з максимальної частоти визначається число відліків. Якщо розмір області завдання вихідної функції $f(x)$ дорівнює $X=2X_{\max}$, а число відліків функції при дискретизації повинен становити N , то кроки дискретизації вихідної функції і її спектру складуть:

$$\begin{cases} \Delta v \leq \frac{1}{2 X_{\max}}; V_{\max} = \frac{N}{2} \Delta v; \\ \Delta x \leq \frac{1}{2 V_{\max}}; X_{\max} = \frac{N}{2} \Delta x; \end{cases} \quad (1.6)$$

Отже, в результаті дискретизації згідно з теоремою Котельникова від $x(t)$ ми переходимо до набору відліків або до вектора:

$$X = \{x_n\}; X = [x_0 \ x_1 \ x_2 \ \dots \ x_{N-1}] \quad n = 0, N - 1, \quad (1.7)$$

Для того щоб була можливість скористатися цими методами, необхідно розробити блок, який буде виконувати деякі умови для коректної обробки даних:

1. Всі АЦП працюють від одного генератора;
2. Частота зрізу аналогового сигналу набагато вище частоти АЦП;
3. Смуга пропускання АЦП повинна бути нижче смуги пропускання фільтра.

2.3 Аналіз методів реалізації системи

Структурні схеми системи діагностування з використанням аналогових сигналів та з використанням цифрових сигналів наведені на рис. 2.2, рис. 2.3.

На першій схемі (рис. 2.2) з датчика подається сигнал заряду на канали блоку обробки сигналу. Блок БОС необхідний для того, щоб виконувати аналогову фільтрацію сигналів (первинну обробку сигналів) і проводити періодичний обмін на 2-х провідній лінії зв'язку з використанням інтерфейсу RS-485 з блоком управління при запитах поточного стану та налаштування блоку. Результат з кожного БОС аналоговим сигналом передається на ЕОМ, де відбувається оцифровка сигналу і подальша обробка. На кожен аналоговий сигнал потрібен свій кабель. Мінус цієї схеми в тому, що на аналогові сигнали, на відміну від цифрових сигналів, постійно діють перешкоди і вносять досить великі викривлення.

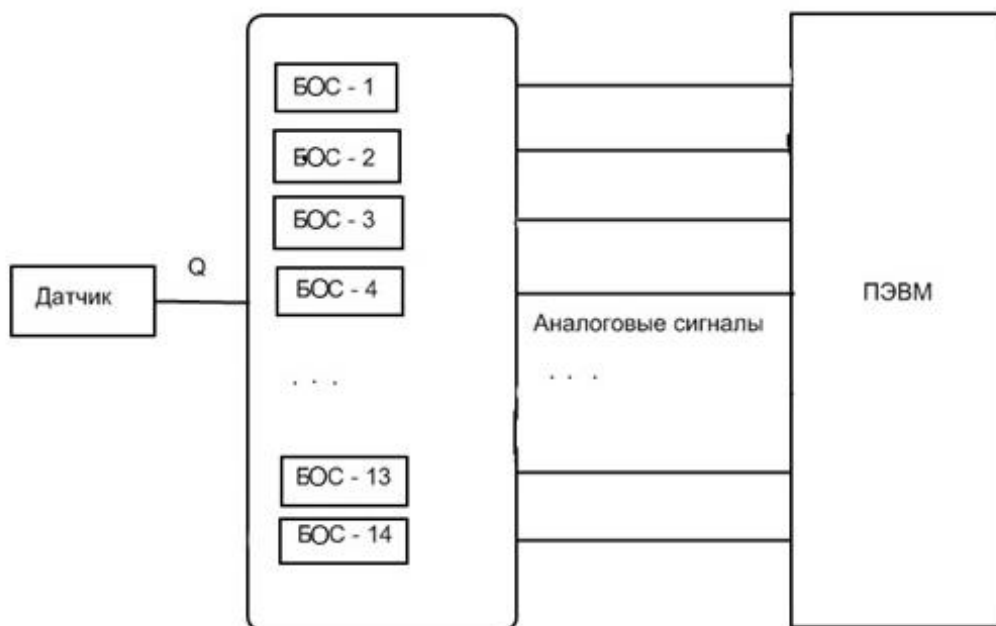


Рисунок 2.2 – Структурна схема діагностики з використанням аналогових сигналів

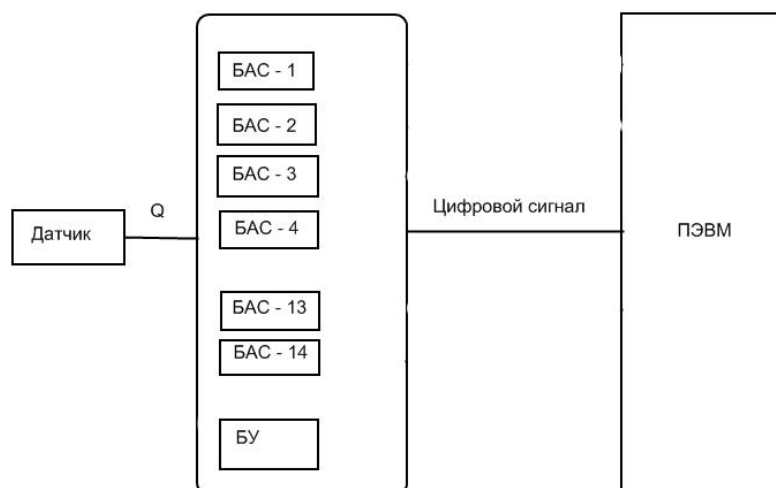


Рисунок 2.3 – Структурна схема діагностики з використанням цифрових сигналів

З датчика подається сигнал заряду на канали БАС. Блок БАС необхідний для того, щоб виконувати цифрову фільтрацію сигналів і періодичний обмін з UART з блоком БО при запитах поточного стану та налаштування блоку. Так само видачі результатів вимірювання в ПЛІС. Ці результати подаються на шлюз КОД і зв'язку з АСУ АЕС.

Для коректного та більш точного отримання результатів виконані деякі зміни. Перетворювач сигналу АЦП знаходиться у блоці обробки сигналів і перетворює відразу 28 сигналів. В кінці видає дані по одному оптичному кабелю. Частина обробки опущено у блок, для полегшення роботи комп'ютера: можна вибрати смугу частот, завантажити фільтр користувача.

Аналоговий сигнал являє собою сигнал даних, описуваний безперервними функціями часу, тобто амплітуда його коливань може приймати будь-які значення у межах максимуму. Цифровий сигнал – сигнал даних, описуваний дискретними функціями часу, тобто амплітуда коливань приймає значення тільки строго певні [18]. Може приймати тільки два значення. Причому можна деякі відхилення від цих значень. На рис. 2.4 представлено порівняння цих сигналів.

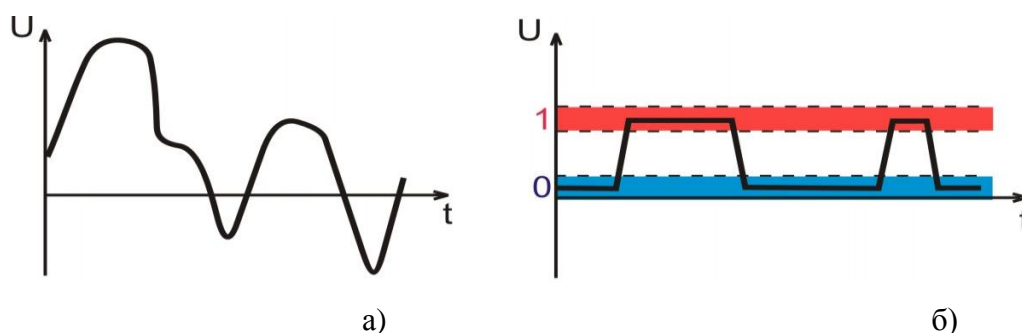


Рисунок 2.4 - Аналоговий (а) і цифровий (б) сигнали

Аналоговий сигнал супроводжується великою кількістю перешкод, тоді як цифровий їх успішно відфільтрує. Останній же здатний відновлювати вихідні дані. Крім того, безперервний аналоговий сигнал часто несе в собі велику кількість зайвої інформації, що призводить до його надмірності – кілька цифрових сигналів можна передати замість 1-го аналогового.

Під час передачі цифрового сигналу помилки та спотворення практично виключені. У разі якщо імпульс стане трохи сильніше, триваліше, або ж навпаки, то він все одно буде розпізнається системою як одиниця. А нуль залишиться нулем, навіть у разі, якщо на його місці з'явиться якийсь випадковий слабкий сигнал. Для АЦП і ЦАП не існує інших значень, як 0,2 або 0,9 – тільки 0 і 1. Тому перешкоди на цифровий зв'язок майже не впливають. Цифровий сигнал або точно є, або повністю відсутній.

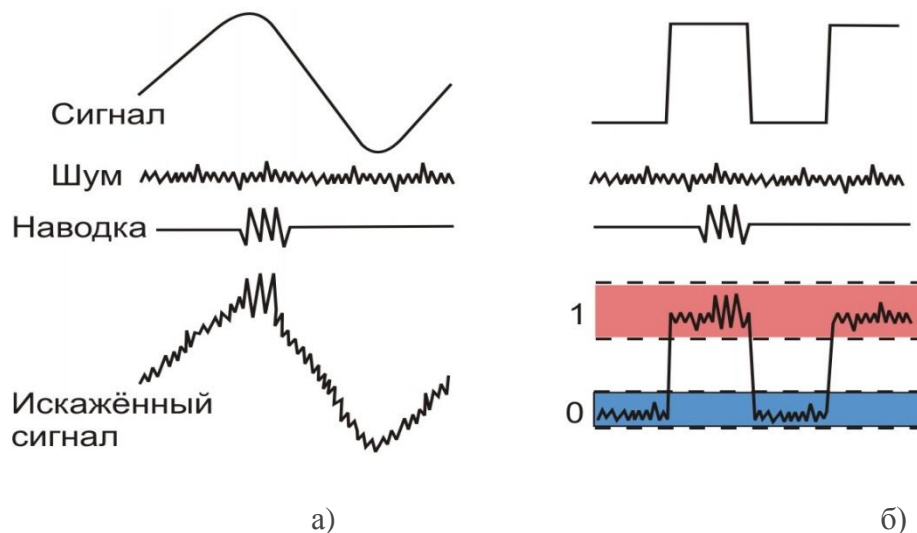


Рисунок 2.5 – Помилки і спотворення аналогових і цифрових (б) сигналів

Ще одна важлива характеристика сигналу – безпека. У даному відношенні аналоговий показує досконалу беззахисність перед впливами або ж проникненнями ззовні. Цифровий ж шифрується з допомогою присвоєння йому коду з радіоімпульсів, так що кожне втручання виключено. На великі відстані цифрові сигнали передавати складно, тому застосовується схема модуляції-демодуляції.

При введення аналогової інформації відбувається квантування аналогових сигналів, як за рівнем, так і за часом, що призводить до появи додаткових похибок. Внаслідок цього при побудові ЦСУ необхідно дотримуватися двох основних принципів:

1. Період дискретизації вхідних аналогових сигналів повинен бути досить малим, щоб забезпечити їх відтворюваність в цифровій формі (теорема Котельникова).

2. Точність визначення вхідного сигналу повинна бути достатньою для забезпечення необхідної точності на виході системи.

Варто додати, що виконання цих вимог необхідно досягати з найменшими витратами.

Причинами спотворень сигналів можуть бути:

- недосконалість характеристик елементів апаратури;
- шуми (слабкі хаотичні сигнали, що виробляються будь-яким електронним компонентом);
- наведення, перешкоди (сигнали, викликані зовнішніми електромагнітними полями — радіопередачі, трансформаторні, взаємовплив ланцюгів тощо);
- старіння елементів — зміна характеристик з часом;
- зовнішні фізичні впливи: температура, вологість, тиск, вібрація і т. д.
- паразитні ефекти (витоку, ємності, індуктивності, опору).

Переваги цифрових сигналів

- більш складна і багатоступенева обробка, ніж у випадку аналогових сигналів;
- тривале зберігання без втрат з можливістю багаторазового копіювання без спотворень;
- якісна передача на великі відстані без спотворень;
- цифрові пристрої простіше налагоджувати, вони менше схильні до старіння;
- поведінку цифрових пристроїв завжди можна точно розрахувати і передбачити;
- цифрові пристрої простіше проектувати, налагоджувати, тестувати.

Недоліки цифрових сигналів:

- Принципово менша гранична швидкодія цифрових пристроїв у порівнянні з аналоговими;
- Інформаційна ємність цифрового сигналу набагато менше, ніж аналогового, тому для заміни одного аналогового сигналу потрібно кілька цифрових сигналів (від 4 до 16) — код;
- Для зв'язку з реальним світом потрібні перетворювачі аналогових сигналів у цифрові (на вході АЦП) і цифрових сигналів в аналогові (на виході ЦАП).
- У блоці аналогових сигналів системи з використанням аналогових сигналів, приймається сигнал з датчиків, уніфікується і з виходу сигналу 10В змінної напруги тягнеться до робочої станції з вбудованим АЦП. На кожен аналоговий сигнал потрібен свій кабель.

Перетворювач заряду вимірювальний УЗ-002 Диапром, блок-схема якого представлена на рис. 2.5, складається з наступних основних вузлів:

- вхідний підсилювач заряду (1);
- підсилювач напруги (2);
- розділовий підсилювач (3);
- фільтр нижніх частот (4);
- вихідний диференціальний підсилювач напруги (5);
- узгоджувач тестового сигналу (6);
- формувач живлячих напруг (7);
- контролер режимів роботи (8);

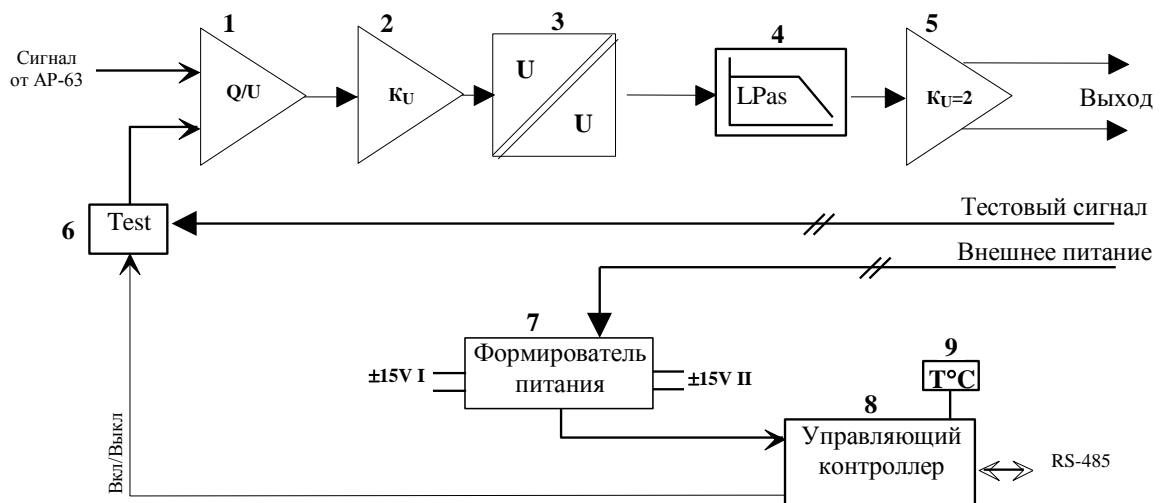


Рисунок 2.6 Блок-схема перетворювача заряду вимірювального УЗ-002.

Вхідний підсилювач заряду (1) побудований за диференціальною схемою на базі високоточного операційного підсилювача з малим значенням вхідного струму. Він має три робочих режиму: «вимір», «скидання заряду» і «контроль». Перемикання режимів здійснюється за допомогою реле, які керуються внутрішнім контролером (8) по команді від ЦЭВМ.

В режимі «контроль» сигнал від датчика відключається і через узгоджувач тестового сигналу (6) на вхід надходить тестовий сигнал, що подається дистанційно від ЦЭВМ.

У режимі «скидання заряду» відбувається розряд накопичувальних конденсаторів через контакти які підключаються за допомогою реле скидання заряду.

У режимі «вимірювання» реле калібрування і скидання заряду відключені і на вхід надходить сигнал від п'єзоелектричного датчика.

Підсилювач напруги (2) побудований на ОУ з малим споживанням струму і має регульовальний резистор для приведення вихідного сигналу до нормованого значення, відповідного заданому коефіцієнту перетворення.

Розділовий підсилювач (3) побудований на базі спеціалізованої мікросхеми і призначений для гальванічного поділу вхідних і вихідних ланцюгів сигналу. Напруга гальванічної розв'язки становить 1500В.

Фільтр нижніх частот (4) є фільтром 3-го порядку і призначений для усунення комутаційних шумів мікросхеми гальванічної розв'язки, а також для обмеження смуги пропускання УЗ-002.

Вихідний підсилювач напруги (5) являє собою підсилювач напруги з диференціальним виходом, призначений для роботи на довгу лінію.

Контролер режимів роботи (8) побудований на базі мікропроцесорного пристрою. Він призначений для перемикання режимів роботи підсилювача і опитування поточного стану виробу, контролю зовнішньої живлячої напруги, опитування датчика вимірювання температури (9), і згідно з ЦЭВМ. Параметрами стану є: зовнішня живляча напруга, положення органів керування режимом і температура, виміряна за допомогою цифрового термометра (9).

Зв'язок з ЦЭВМ здійснюється за допомогою двопровідної лінії зв'язку з використанням інтерфейсу RS485. Призначення і формат керуючих команд представлений у розділі.

Цифровий термометр дозволяє вимірювати температуру всередині корпусу УЗ-002 у діапазоні від 0°C до +125°C з точністю 1°C. Причому, слід мати на увазі, що в герметично закритому корпусі підсилювача показання термометра (9) відрізняються від зовнішніх умов не більш ніж на 3°C в інтервалі температур від +10°C до +85°C.

Узгоджувач тестового сигналу (6) призначений для коректної подачі на вхід підсилювача заряду гальванічно розділеного тестового сигналу, що надходить від зовнішнього джерела. Для запобігання перевантаження підсилювача, тестовий сигнал на вході обмежується на безпечному рівні. подача сигналу відбувається у режимі «контроль».

Формувач живлячих напруг (7) призначений для гальванічно роздільного живлення вхідних і вихідних ланцюгів підсилювача, а також живлення контролера режимів роботи. Він має тривалий захист від зворотнього підключення зовнішньої живлячої напруги.

Формувач (7) має граничний пристрій із заданими припустимими межами зовнішньої живлячої напруги. Пороговий пристрій по команді опитується керуючим контролером (8). При значенні зовнішньої живлячої напруги нижче 15В, пороговий

пристрій сигналізує про несправність живлення. При значенні зовнішньої живлячої напруги вище 17В, пороговий пристрій сигналізує керуючому контролеру (8) про нормальне живлення.

Як правило, робота УЗ-002 відбувається у складі систем контролю та діагностики обладнання, тому управління роботою УЗ-002 здійснюється з програмного забезпечення, що входить до складу даних систем.

Після подачі живлення від електронно-вимірювальної стійки, УЗ-002 автоматично встановлюється в режим «Вимір». В цей же режим підсилювач переходить з інших режимів при вступі однойменної керуючої команди. У цьому режимі на вхід підсилювача підключений п'єзоелектричний перетворювач (далі ПП), сигнал якого з заданим коефіцієнтом нормування передається з виходу УЗ-002 до електронно-вимірювальної стійки.

Мікропроцесор керуючого контролера (8) безперервно працює за своєю внутрішньою програмою і очікує надходження керуючих команд.

У складі контролера є апаратний таймер автоматичного перезапуску програми, який, у випадку зупинки процесора запускає програму його роботи. Скидання таймера від працюючого процесора відбувається безперервно з інтервалом близько 200 мілісекунд. У разі зупинки процесора скидання таймера припиняється і через 1,2 секунди він сформує сигнал перезапуску процесора.

При надходженні команди «Контроль» керуючий контролер відключає ПП від вхідних ланцюгів підсилювача і підключає на його вхід через розділовий пристрій тестовий сигнал, що надходить від електронно-вимірювальної стійки. Процесор керуючого контролера перевіряє виконання команди з контрольним контактів реле, після чого відсилає в електронно-вимірювальну стійку відповідний відповідь.

При надходженні команди «Скидання заряду» керуючий контролер включає реле скидання заряду, яке своїми контактами замикає накопичувальні ємності. Сигнал на виході при цьому представляє собою власний шум УЗ-002. Процесор перевіряє виконання команди з контрольним реле контактів, після чого відсилає в електронно-вимірювальну стійку відповідну відповідь.

При надходженні команди «Вимірювання температури» керуючий контролер зчитує значення температури з цифрового термометра, встановленого на платі підсилювача, і надсилає цю інформацію в електронно-вимірювальну стійку.

При надходженні команди «Статус» керуючий контролер зчитує положення перемикаючих контактів реле, а також стан компаратора живлення і надсилає цю інформацію в електронно-вимірювальну стійку.

3 РОЗРОБКА БЛОКУ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ

3.1 Опис елементів схеми

Безперервний (on-line) контроль вібрацій актуальний у процесі розігрівання енергоблоку для виявлення на ранній стадії випадків неякісного технічного обслуговування РУ протягом ППР, але він також актуальний і в усіх режимах функціонування РУ для виявлення на ранній стадії несправності яка знову зародилася і розвивається.

Одне з рішень даної проблеми полягає в застосуванні у складі СВЩД многоразрядного швидкодіючого блоку аналогових сигналів (БАС), що дозволяє перевести систему в безперервний режим і контролювати як теплові, так і вібраційні переміщення. БАС виконує наступні функції:

- функції при запуску (скидання, ініціалізація, початкова самодіагностика блоку БАС-9);
- періодичний обмін з UART з блоком БО при запитах поточного стану та налаштування блоку;
- читання коду АЦП;
- облік коефіцієнтів калібрування каналу перетворення;
- виконання цифрової фільтрації;
- прийом сигналу "читання даних" від БУ;
- видача результатів вимірювання в ПЛІС по інтерфейсу SPI;
- виконання команд, що надходять за UART;
- виконання самодіагностики.

Так як блок БАС містить два однакових каналу прийому сигналу з датчика, опишемо функціонування одного каналу.

Канал блоку БАС складається з наступних складових вузлів:

- вузол мікроконтролера (МК) призначений для видачі керуючих сигналів, обробки даних, тим самим, забезпечуючи виконання основних функцій БАС;
- вузол програмованої логічної інтегральної схеми (ПЛІС) служить для керування аналого-цифровим перетворювачем (АЦП), читання кодів АЦП та їх видачі за запитом МК;

– вхідний вузол забезпечує прийом сигналу з п'єзоелектричного віброперетворювача, перетворення заряду на напругу, також забезпечує гальванічну розв'язку між датчиком і АЦП;

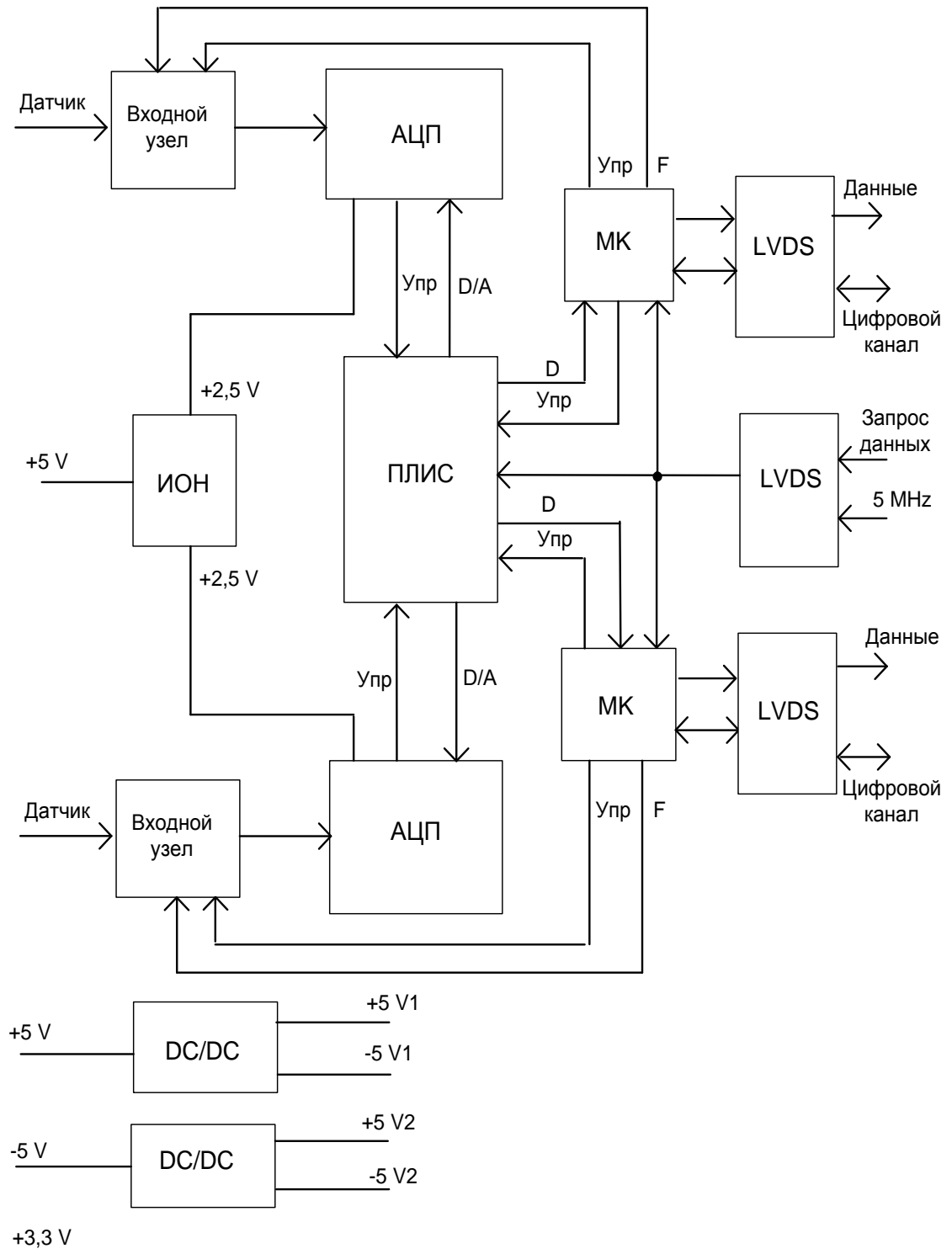


Рисунок 3.1 – Структурна схема БАС-9

- АЦП з джерелом опорної напруги (ДОН) забезпечують перетворення аналогового сигналу у цифровий код;
- вузол формування диференціальних сигналів за стандартом LVDS призначений для передачі диференціальних сигналів з блоку БАС в блок БО за стандартом LVDS;
- вузол живлення забезпечує гальванічно розв'язане живлення елементів прийому сигналу з датчика.

На рис. А.1 (додаток А) приведено розташування елементів на друкованій платі блоку БАС. Схема електрична принципова блоку управління БАС наведена на рис. А.2 (додатка А)

Розглянемо роботу блоку більш детально. На рис. А. 2.1 знаходяться схеми DC/DC перетворювачів гальванічної розв'язки, перемичка, D4 - набір резисторів, мікросхема D3, D2, ланцюг скидання, стабілізатор напруги.

Перетворювачі гальванічної розв'язки, які з напруги 5В на вході, видають сигнали «+» /«-» 5В, але із забезпеченням гальванічної розв'язки. На вході DC/DC перетворювачів знаходяться конденсатори. Один полярний C4 (C5) - робочий діапазон обмежений, другий не полярний - керамічний конденсатор C7 (C8). Вони потрібні для того, щоб працювати на високій частоті і для придушення перешкод. Конденсатори C4, C5 призначені для згладжування кидків струму DC/DC перетворювача в момент включення ключового елемента.

Так само блок живиться від напруги +3,3 В через дросель L5. Для згладжування пульсацій встановлюють керамічні і полярні конденсатори. Керамічні встановлені біля корпусів мікросхеми для згладжування кидків струму, а невелика їх величина обумовлена малим споживанням самих елементів. Полярний конденсатор C38 забезпечує розгладження пульсацій більш довгих імпульсів.

Перемичка X5, X6 використовується для програмування блоків мікросхеми. На малюнку зображено неробочий стан. Для запису програми функціонування у блоці, необхідно переставити перемичку на контакти 1,2 X5.

D4 являє собою набір резисторів, який служить для зчитування ліній адреси по цифровому інтерфейсу. Поле адреси містить один байт інформації і вказує адресу SL-пристрою, що відповідає на запит. Вони задаються перемичками на монтажній платі, де замкнутий контакт відповідає логічному нулю, а розімкнутий - логічної одиниці.

Мікросхема D3 забезпечує видачу сигналу по інтерфейсу LVDS. На вхід приходять сигнали однією лінією (тут 4 сигналу 1D,1S,2D,2S), і на виході для кожного сигналу диференціальних сигналом 1D+,1D-. Диференціальний сигнал використовується для того,

щоб на певну відстань передати сигнал по лінії LVDS. LVDS - це фізичний інтерфейс, він визначає рівень і форму сигналів.

Мікросхема D2 забезпечує прийом даних. Вхід RX призначений для введення даних, вхідні лінії ПускАЦП і Чт забезпечують обмін цифровими даними з блоку управління і служать для синхронізації АЦП. На ПускАЦП подається опорна частота номіналом в 5МГ. Для одночасного опитування сигнал читання з блоку управління йде на всі блоки БАС.

Конденсатор С2 забезпечує фільтрацію живлення і при імпульсних перемиканнях мікросхеми. Специфіка роботи системи полягає у тому, що цифрові дані повинні бути синхронізовані з однією частотою і з мінімальним фазовим зсувом. Тоді можна буде проводити якісний аналіз сигналу. Для цього всі АЦП працюють від однієї тактової частоти і подальша обробка у блоці здійснена з метою отримання однакових фазових зрушень всіх даних.

Блок має ланцюг скидання при включенні живлення на елементах V1, C1, R1 і D1. Видача даних здійснюється по цифровому інтерфейсу через TX. Тут 1TX від першого каналу, 2TX від другого каналу. V2 – діод Шоткі з малим падінням, служить для роботи на лінії бездротової «АБО». Якщо мікросхема видає логічну 1, то там встановлюється напруга живлення. Система роботи запит – відповідь, звернення по цифровому інтерфейсу адресні, тобто блок має свою адресу. Отримавши кадр по цифровому інтерфейсу, він визначає йому цей кадр чи ні. Якщо адреса повідомлення сходиться з його адресою, тоді він формує відповідь і видає його по цифровому інтерфейсу.

Робота ланцюга скидання. При включенні живлення на блоці через резистор R1 заряджається конденсатор C1. Поки він не зарядиться до рівня логічної 1 на виході D1 на 6 ніжці буде рівень логічного 0, який буде виконувати скидання мікропроцесора. Коли C1 зарядиться, скидання припиниться і мікропроцесор почне роботу. C1 розряджається через V1 і увійде в свій початковий стан.

Стабілізатор напруги D7 використовується для перетворення напруги АЦП. Напруги 5В він перетворює напругу 2,5 В – це опорна напруга для АЦП.

На рис. 2.2 є аналогово – цифровий перетворювач(24 розрядний швидкий АЦП з цифровим фільтром всередині). Він сам забезпечує напрям частот вище, ніж 1/8 тактової частоти АЦП. Має гарний цифровий фільтр, який забезпечує однаковий фазовий зсув для всіх вхідних частот. Це виключає спотворення вхідного сигналу, так як усі частоти отримують однакову часову затримку. Складна система електроживлення: є опорна напруга, живлення аналогової частини АЦП, живлення цифрової частини АЦП, тактове живлення. Один цикл перетворення дорівнює 8 імпульсам тактової частоти. На вхід АЦП

через канал 1MCLK приходиться сигнал з ПЛІС. З нього виходять дані через канал SCLK. АЦП працює на частоті близько 100 кГц. Сигнал з датчика перетворюється в АЦП і далі за допомогою цифрових фільтрів фільтрується і виділяється визначений діапазон частот. Потім виконується нормування сигналів, щоб одиниця коду АЦП відповідала значенню вхідного сигналу.

В АЦП виконується двоступенева цифрова фільтрація. Діапазон вихідних частот 434 Гц, тобто забезпечується смуга 200Гц відповідно до теореми Котельникова. А зчитування даних йде на частоті 434 Гц. Ці дані цифровим 64 розрядним фільтром 1й ступеня з 64 результатів перетворюються в одне число, так само для всіх чергових кодів. Перший фільтр вирізає частоти в районі 1-2 кГц, всі інші високочастотні сигнали він зрізає. Таке співвідношення частот вибрано для забезпечення лінійності фазових характеристик. Далі на другому фільтрі 64 порядку – вихідні дані другого ступеня обчислюються з дискретністю видачі даних 234 Гц, вони перемикаються. Тобто ми можемо отримати смугу вихідного сигналу 25Гц, 50Гц, 100Гц, не ширше 200Гц.

Мікропроцесор архітектури ARM D10 управляє обладнанням на блоці. В нього записується програма функціонування, коефіцієнти цифрових фільтрів. Він зчитує адресу по магістралі. Частота такту 40МГц. Є декілька портів. У нього вбудований АЦП, який перетворює вхідні аналогові сигнали. Є ЦАП, за допомогою якого можна видавати аналогові сигнали. Є входи, по яких він може приймати або видавати логічні і дискретні сигнали, шина даних для роботи із зовнішньою пам'яттю (ПЛІС). З ПЛІС вичитуються дані, які з АЦП опитуються схемним автоматом, викликається в ПЛІС. Так як дані з АЦП йдуть у послідовному вигляді, а шина даних паралельна, то виконується перетворення послідовного представлення в паралельне. І цей 3-х байтний результат зчитується по шині даних в мікропроцесор. Приймає сигнали з блоку двох інтерфейсів. Один цифровий інтерфейс RS232 по якому приходять команди при налаштуванні (за яким вираховується діагностика з блоку), та інтерфейс з яким видаються тільки результати перетворень з АЦП.

Тактовий резонатор В1 визначає тактову частоту роботи мікропроцесора. МК характеризується великою продуктивністю і малим споживанням.

У блоці БАС-9/1 і БАС-9/2 є по два ідентичних каналу, абсолютно однакових з однією і тією ж програмою.

Сигнал з датчика надходить через вхідний каскад D14, D15. Специфіка прийому сигналу з датчика полягає в тому, що це сигнал заряду і застосовується для виключення впливу ємності кабелю. На екран кабелю подається нульовий потенціал і вхідний каскад повинен мати мале значення вхідного струму, що б він не впливав на сигнал, що

приймається з датчика. Сигнал з датчика заряджає конденсатор C100 і C101. І на цьому каскаді сигнали заряду перетворюються в вихідна напруга операційних підсилювачів.

На вході каскаду є реле K1. Управляється за допомогою транзистора V3 від мікропроцесора. При подачі сигналу з МК D17 на каскад передається сигнал не з датчика, а еталонний сигнал, який знаходиться в робочому діапазоні частот. З D17 з виходів а і б через конденсатори подаються напруги певної частоти та певної амплітуди. За допомогою них виконується діагностика блоку.

Операційні підсилювачі D14, D15 охоплені зворотним зв'язком. C100 і C101 приймають вхідний сигнал, а резистори R23, R21, R19 задають коефіцієнт передачі вхідного каскаду. Разом з C100 і C101 вони задають смугу частот, верхню частоту роботи вхідного каскаду. Далі після нього стоять фільтри R25, R26, C102, які забезпечують придушення високих частот. Після цього сигнали йдуть на інструментальний підсилювач. За допомогою V5 і R33, R34 задається різний коефіцієнт підсилення цього каскаду на D16, який регулюється з мікроконтролера. R35, R36, C104 це RC - фільтр, через них сигнал надходить на елемент розв'язки D18. Резистори R35, R36 забезпечують певний діапазон вхідного сигналу на D18.

D18 забезпечує гальванічну розв'язку аналогового сигналу з виходу D16. Він видає диференціальний сигнал V_{OUT+}, V_{OUT-} , далі цей сигнал поступає через RC - фільтри R37, R38 - низькочастотний, C105, C106, C107, R39, R40 – високочастотний, вирізається певна смуга частот.

D 19 – здвоєний операційний підсилювач в одному корпусі. За допомогою D20 задається коефіцієнт підсилення. Він складається з набору резисторів, які в цифровому вигляді управляються з мікропроцесора (задається значення цифрового резистора) і комутатора. В залежності від коду, який приходить, включаються певні канали комутатора і на виході мікросхеми виходить різне значення опорів. А цей опір визначає коефіцієнт підсилення цього каскаду. Далі диференціальний сигнал йде на АЦП D9 на 4 і 5 ніжку. Так як сигнал диференціальний зовнішні перешкоди приблизно однаково наведуться на обидві лінії входу і вхідним каскадом АЦП будуть придушені.

На рис. 2.8 контакти блоку і ПЛІС. У ПЛІС знаходиться цифровий автомат, який вчитує коди з АЦП і подає сигнали на АЦП. Він приймає видані тактові сигнали з АЦП, зчитує дані з АЦП, який перетворює дані з послідовного коду в паралельний і видає ці дані у мікропроцесор по шині даних за запитом.

3.2 Опис роботи БАС

Сигнал з датчика через резистори R15 та R16 надходить на вхід ОУ D14 і D15. На ОУ реалізовані перетворювачі заряд/напруга. Конденсатори C100, C101, C119, C120 визначають діапазон вхідного сигналу з датчика. Для виконання БАС 9/1 468151.038 максимальне значення сигналу з датчика дорівнює 30 pC, а для виконання БАС 9/2 468151.038-01 максимальне значення сигналу з датчика дорівнює 300 pC. З виходу ОУ першого каскаду через RC-фільтра сигнал надходить на інструментальний підсилювач D16. За допомогою V5 задається коефіцієнт посилення каскаду на D16. Значення коефіцієнта визначається значенням опору резистора між контактами 1 і 8 D16. Коефіцієнти підсилення дорівнюють 1, 2 і 5. З виходу D16 через дільник сигнал надходить на елемент гальванічної розв'язки D18.

ІМС D18 забезпечує як гальванічну розв'язку, так і посилення сигналу у вісім разів. З виходу D18 диференціальний вихідний сигнал надходить на ОУ D19. Коефіцієнт посилення каскаду на D19 управляється з МК завданням опору цифрового резистора D20. Значення коефіцієнта підсилення може бути від 2 до 6.

Далі сигнал надходить на АЦП D9. Частота оцифровки сигналу дорівнює 128 kHz і визначається частотою синхронізації MCLK, що дорівнює 1 МГц. Управління АЦП і читання кодів здійснюється ПЛІС D28.

Замість датчика на вхід каналу можлива подача синусоїдального сигналу з виходу МК. Синусоїдальний сигнал з виходу ЦАП МК через RC - фільтр надходить на вхід D17.

D17 забезпечує гальванічну розв'язку при подачі синусоїдального сигналу на вхід каналу.

З виходу D17 диференціальний вихідний сигнал через конденсатори C96, C97 надходить на вхід каналу. При цьому повинно бути включено реле K1. Управління реле K1 виконується від МК.

Код АЦП з ПЛІС D28 читає МК D10 з восьми бітної шині даних. Код АЦП має розмірність 24 розряду.

МК D10 на лінії порту P0.5 приймає блоку БУ-485 сигнал "Чт". За допомогою цього сигналу здійснюється синхронізація роботи всіх каналів у системі діагностики. Сигнал «Чт» видається в БАС з циклом 2,273 ms.

По лініях портів P1.0 і P1.1 відбувається запис програми функціонування в МК.

По лініях портів P1.4 і P1.6 здійснюється видача сигналів стробування (1S) і даних (1D) через ІМС LVDS D3 на вихід БАС-9 для подальшого прийому даних сигналів ПЛІС блоку БУ-485.

По лінії порту P0.7 МК здійснюється прийом даних від БУ-485 за UART.

По лінії порту P2.0 МК здійснюється видача даних в БУ-485 за UART.

По лінії порту P2.5 МК здійснюється управління реле.

По лініях порту P1.2 і P1.3 МК здійснюється керування коефіцієнтом підсилення каскаду на D16.

По лінії порту P1.5 МК здійснюється видача сигналу переривання даних в ПЛІС.

По лінії порту P2.2 МК здійснюється видача сигналу дозволу читання даних в ПЛІС.

По лінії порту P2.3 МК здійснюється видача сигналу стробі адреси STR ADR в ПЛІС.

По лінії порту P2.5 МК здійснюється видача сигналу дозволу читання даних EN RD в ПЛІС.

По лініях порту P3.0 – P3.7 МК здійснюється видача адреси і прийом даних при роботі з ПЛІС.

По лініях порту P4.0 – P4.2 МК здійснюється програмування цифрового резистора при завданні коефіцієнта посилення каскаду на D19.

По лініях порту P4.3 – P4.7 МК здійснюється читання адреси каналу при обміні даними з БУ-485 за UART.

По лінії порту DAC0 МК видається синусоїдальний сигнал для перевірки каналу. За один період синусоїди ЦАП МК перезавантажується 16 разів.

По лінії порту DAC1 МК видається сигнал зміщення на вхід каскаду підсилення на D18. За допомогою зсуву двополярний сигнал з датчика перетвориться в сигнал однієї полярності на вході АЦП.

Протокол обміну з блоком БУ-485 за UART

Профільтрований на програмному рівні цифровим фільтром низьких частот (ФНЧ) та розріджений сигнал, що несе інформацію по теплових переміщеннях, піддається аналізу і передається в СМЦР, а сигнал, профільтрований фільтром високих частот (ФВЧ) — у СВШД.

3.3 Перелік можливих несправностей

Перелік можливих несправностей і методи усунення наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Перелік можливих несправностей і методи усунення

Зовнішнє проявлення несправності	Імовірна причина	Метод усунення
1. Немає зв'язку з блоком по UART	Несправний МК D10 або D12 Несправний приймач LVDS Несправний передавач TX за LVDS	Замінити несправний елемент Замінити D2 Замінити D1
2. Немає напруги живлення вихідного каскаду	Несправний DC/DC перетворювач D6 D5 або	Замінити несправний елемент
3. При зміні сигналу на вході каналу немає зміни коду АЦП	Несправність одного з елементів D9, D11, D13 - D15, D17, D18, D21 - D23, D25 або D26	Замінити несправний елемент
4. Немає видачі контрольного синусоїдального сигналу на вхід каналу	Несправність одного з елементів D16, D24. K1 або K2	Замінити несправний елемент

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі з персональним комп'ютером

У магістерській роботі розробляється програмне забезпечення. Розроблене програмне забезпечення орієнтоване на роботу з персональним комп'ютером. Експлуатовані для вирішення внутрішньовиробничих завдань ПЕОМ типу IBM PC мають наступні характеристики:

споживана потужність	220 Вт;
робоча напруга	220 В;
напруга джерел живлення	+12 В; - 12 В; +5 В;
робоча частота	50 Гц.

Виходячи з приведених характеристик, вочевидь, що для людини існує небезпека поразки електричним струмом, унаслідок недбалого поводження з комп'ютером і порушення правил експлуатації, залишення частин ПЕОМ, що знаходяться під напругою, відкритими або знятих для ремонту вузлів.

Відповідно до [46] до легкої фізичної роботи відносяться всі види діяльності, виконувані сидячи і ті, що не потребують фізичної напруги. Робота користувача ПК відноситься до категорії 1а.

При роботі на ПЕОМ користувач піддається ряду потенційних небезпек. Унаслідок недотримання правил техніки безпеки при роботі з машиною (невиконання огляду відкритих частин ПЕОМ, що знаходяться під напругою або знятих для ремонту вузлів) для користувача існує небезпека поразки електричним струмом.

Джерелами підвищеної небезпеки можуть служити наступні елементи:

- розподільний щит;
- джерела живлення;
- блоки ПЕОМ і друку, що знаходяться в ремонті.

Ще одна проблема полягає у тому, що спектр випромінювання комп'ютерного монітора включає рентгенівську, ультрафіолетову і інфрачервону області, а також широкий діапазон хвиль інших частот. Небезпека рентгенівського проміння мала, оскільки цей вид випромінювання поглинається речовиною екрану. Проте велику увагу

слід приділяти біологічним ефектам низькочастотних електромагнітних полів(аж до порушення ДНК).

Відповідно до [47], при обслуговуванні ПЕОМ мають місце фізичні і психофізичні небезпечні, а також шкідливі виробничі чинники:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений або знижений рух повітря;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- відсутність або недостатність природного світла;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- недостатня освітленість робочого місця;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- розумове перенапруження;
- емоційні навантаження;
- монотонність праці.

4.2 Заходи щодо техніки безпеки

Основним небезпечним чинником при роботі з ЕОМ є небезпека поразки людини електричним струмом, яка посилюється тим, що органи чуття людини не можуть на відстані знайти наявності електричної напруги на устаткуванні.

Проходячи через тіло людини, електричний струм чинить на нього складну дію, що є сукупністю термічної(нагрів тканин і біологічних середовищ), електролітичної(розкладання крові і плазми) і біологічної(роздратування і збудження нервових волокон і інших органів тканин організму) дій.

Тяжкість поразки людини електричним струмом залежить від цілого ряду чинників:

- значення сили струму;
- електричного опору тіла людини і тривалості протікання через нього струму;
- роду і частоти струму;

– індивідуальних властивостей людини і навколишнього середовища.

Розроблений дипломний проект передбачає наступні технічні способи і засоби, що застерігають людину від ураження електричним струмом [48]:

- заземлення електроустановок;
- занулення;
- захисне відключення;
- електричне розділення ятерів;
- використання малої напруги;
- ізоляція частин, що проводять струм;
- огорожа електроустановок.

Занулення зменшує напругу дотику і обмежує години, протягом яких людина, ткнувшись до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Струм однофазного короткого замикання визначається по наближеній формулі:

$$I_k = \frac{U_\phi}{Z_\Pi + \frac{Z_T}{3}}, \quad (4.1)$$

де U_ϕ - номінальна фазна напруга мережі, В;

Z_Π - повний опір петлі, створене фазними і нульовими дротами, Ом;

Z_T - повний опір струму короткого замикання на корпус, Ом.

Згідно таблиці 4 [49]: $Z_T / 3 = 0,1$ Ом.

Для провідників і жил кабелю для розрахунку повного опору петлі використовуємо формулу(4.2.) :

$$Z_\Pi = \sqrt{R_\Pi^2 + X_\Pi^2}, \quad (5.2)$$

де $R_\Pi = R_\phi + R_0$ - сумарний активний опір фазного R_ϕ і нульового R_0 дротів, Ом;

X_Π - індуктивний опір паяння дротів, Ом.

Перетин 1 км мідного дроту $S = 2.5$ мм, тоді згідно таблицям 5 і 6 [49], має такий опір:

$X_\Pi = 0,11$ Ом;

$R_\phi = 7,55$ Ом;

$R_o = 7,55 \text{ Ом.}$

Отже, $R_{\Pi} = 7,55 + 7,55 = 15,1 \text{ Ом.}$

Тоді по формулі (4.2) знаходимо повний опір петлі :

$$Z_{\Pi} = \sqrt{15,1^2 + 0,11^2} \approx 15,1 \text{ (Ом).}$$

Струм однофазного короткого замикання рівний:

$$I_k = \frac{220}{15,1 + 0,1} = 14,47 \text{ (А).}$$

Дія плавкої вставки на ПЕОМ забезпечується, якщо виконується співвідношення:

$$I_k \geq k * I_n, \quad (4.3)$$

де I_n - номінальний струм спрацьовування плавкої вставки, А;

k - коефіцієнт кратності нелінійного струму I_n , А.

Коефіцієнт кратності нелінійного струму I_n розраховується по формулі (4.4.) :

$$I_n = P / U, \quad (4.4)$$

де $P = 220 \text{ Вт}$ - споживана потужність;

$U = 220 \text{ В}$ - робоча напруга;

$k = 3 \text{ А}$ - для плавких вставок.

Отже, $I_n = 220 / 220 = 1 \text{ А.}$

Підставивши значення у вираз (4.3), одержимо:

$$14,47 > 3 * 1.$$

Таким чином, доведено, що апарат забезпечить спрацьовування(і захист) при підвищенні номінального струму.

4.3 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці

Вимоги до виробничих приміщень встановлюються [50], СНіП, відповідними ГОСТами і ОСТАми з урахуванням небезпечних і шкідливих чинників, що утворюються в процесі експлуатації електроустаткування.

Підвищення працездатності людини і збереження її здоров'я забезпечується стабільними метеорологічними умовами. Мікроклімат виробничих приміщень [51] визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишніх поверхонь. Значне коливання параметрів мікроклімату приводить до порушення систем кровообігу, нервової і потовидільної, що може викликати підвищення або пониження температури тіла, слабкість, запаморочення і навіть непритомність.

Відповідно до [52] встановлюють оптимальну і допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні. За відсутності надмірного тепла, вологи, шкідливих речовин в приміщенні досить природної вентиляції.

У приміщенні для виконання робіт операторського типу (категорія 1а), пов'язаних з нервово-емоційною напругою, проектом передбачається дотримання наступних нормованих величин параметрів мікроклімату (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Санітарні норми мікроклімату робочої зони приміщень для робіт категорії 1а.

Пора року	Температура, С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	22...24	40...60	0,1
Тепло	23...25	40...60	0,1

У приміщенні, де знаходиться ПЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (з пристроєм вентиляційних каналів в перекриттях будівлі і вертикальних шахт) й установленого промислового кондиціонера фірми Mitsubishi, який дозволяє вирішити переважну більшість завдань по створенню та підтримці необхідних параметрів повітряного середовища. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, визначеного в СНіП (30 м³ в годину на одного працівника).

Шум на виробництві має шкідливу дію на організм людини. Стомлення операторів через шум збільшує число помилок при роботі, призводить до виникнення травм. Для

оператора ПЕОМ джерелом шуму є робота принтера. Щоб усунути це джерело шуму, використовують наступні методи. При покупці принтера слід вибирати найбільш шумозахисні матричні принтери або з великою швидкістю роботи(струменеві, лазерні). Рекомендується принтер поміщати в найбільш віддалене місце від персоналу, або застосувати звукоізоляцію та звукопоглинання(під принтер підкладають демпфуючі підкладки з пористих звукопоглинальних матеріалів з листів тонкої повсті, поролону, пеноплєну).

При роботі на ПЕОМ, проектом передбачені наступні методи захисту від електромагнітного випромінювання : обмеження часом, відстанню, властивостями екрану.

Обмеження годин роботи на ПЕОМ складає 3,5-4,5 години. Захист відстані передбачає розміщення монітора на відстані 0,4-0,5 м від оператора. Передбачений монітор 20" TFT, Samsung 2043BW відповідає вимогам стандарту [53].

Стандарт [53] пред'являє жорсткі вимоги в таких областях: ергономіка(фізична, візуальна і зручність користування), енергія, випромінювання(електричних і магнітних полів), навколишнє середовище і екологія, а також пожежна та електрична безпека, які відповідають всім вимогам [54].

Для зниження стомлюваності та підвищення продуктивності праці обслуговуючого персоналу в колірній композиції інтер'єру приміщень для ПЕОМ дипломним проектом пропонується використовувати спокійні колірні поєднання і покриття, що не дають відблисків.

У проекті передбачається використання сумісного освітлення. У світлий час доби приміщення освітлюватиметься через віконні отвори, а решту часу використовуватиметься штучне освітлення.

Як штучне освітлення необхідно використовувати штучне робоче загальне освітлення. Для загального освітлення необхідно використовувати люмінесцентні лампи. Вони володіють наступними перевагами: високою світловою віддачею, тривалим терміном служби, хоча мають і недоліки: високу пульсацію світлового потоку.

При експлуатації ПЕОМ виробляється зорова робота. Відповідно до [55] ця робота відноситься до розряду 5а. При цьому нормоване освітлення на робочому місці(Ен) при загальному освітленні рівна 200 лк.

Приміщення завдовжки 12 м, шириною 10 м, заввишки 4 м обладнується світильниками типу ЛП02П, оснащеними лампами типу ЛБ зі світловим потоком 3120 лм кожна.

Виконаємо розрахунок кількості світильників в робочому приміщенні завдовжки $a=12$ м, шириною $b=10$ м, заввишки $z=4$ м, використовуючи формулу (4.5) розрахунку штучного освітлення при горизонтальній робочій поверхні методом світлового потоку:

$$n = (E \cdot S \cdot Z \cdot k) / (F \cdot U \cdot M), \quad (4.5)$$

де F - світловий потік = 3120 лм;

E - максимально допустима освітленість робочих поверхонь = 200 лк;

S - площа підлоги = 120 м²;

Z - поправочний коефіцієнт світильника = 1,2;

k - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації світильників = 1,5;

n - кількість світильників;

U - коефіцієнт використання освітлювальної установки = 0,6;

M - кількість ламп у світильнику = 2.

З формули (4.5) виразимо n (4.6) і визначимо кількість світильників для даного приміщення:

$$n = (E \cdot S \cdot Z \cdot k) / (F \cdot U \cdot M), \quad (4.6)$$

Отже, $n = (200 \cdot 120 \cdot 1,2 \cdot 1,5) / (3120 \cdot 0,6 \cdot 2) = 12$.

Виходячи з цього, рекомендується використовувати 12 світильників. Світильники слід розміщувати рядами, бажано паралельно стіні з вікнами. Схема розташування світильників зображена на рис. 4.1.

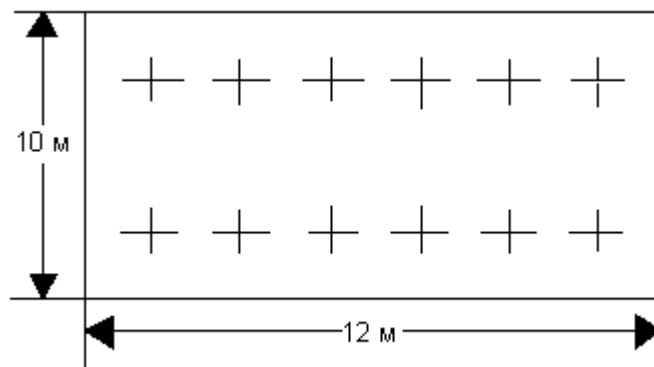


Рисунок 4.1 - Схема розташування світильників

4.4 Рекомендації по пожежній безпеці

Пожежі в приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка, представляють небезпеку для життя людини. Пожежі також пов'язані як з матеріальними втратами, так і з відмовою засобів обчислювальної техніки, що у свою чергу спричиняє за собою порушення ходу технологічного процесу.

Пожежа може виникнути при наявності горючої речовини та внесення джерела запалювання в горюче середовище. Пальними матеріалами в приміщеннях, де розташовані ПЕОМ, є:

- поліамід - матеріал корпусу мікросхеми, горюча речовина, температура самозаймання аерогелю 420 З ;
- полівінілхлорид - ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335 З, температура самозаймання 530 З, кількість енергії, що виділяється при згоранні - 18000 - 20700 кДж/кг;
- стеклотекстоліт ДЦ - матеріал друкарських плат, важкозаймистий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання;
- пластика кабельний №489 - матеріал ізоляції кабелю, горючий матеріал, показник горючості більш 2.1;
- деревина - будівельний і обробний матеріал, матеріал з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, теплота згорання 18731 - 20853 кДж/кг, температура запалювання 399 З, схильна до самозаймання [56].

Згідно [57] приміщення відносяться до категорії В(пожежовибухонебезпечним) і згідно правилам побудови електроустановок простір усередині приміщення відноситься до вогнебезпечної зони класу П - Па (зони, розташовані в приміщеннях, в яких зберігаються тверді горючі речовини).

Потенційними джерелами запалення при роботі ПЕОМ є:

- іскри при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- іскри і дуги коротких замикань;
- перегрів від тривалого перевантаження і наявності перехідного опору.

Продуктами згорання, що виділяються при пожежі, є : оксид вуглецю, сірчистий газ, оксид азоту, синильна кислота, акролеїн, фосген, хлор та ін. При горінні пластмас, окрім звичайних продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання:

хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, фосген, синильна кислота, аміак, фенол, ацетон, стирол та ін., що шкідливо впливають на організм людини.

Для захисту персоналу від дії небезпечних і шкідливих чинників пожежі проектом передбачається застосування промислового протигаза з коробкою марки В(жовта).

Пожежна безпека об'єктів народного господарства регламентується [58] і забезпечується системами запобігання пожежам і протипожежному захисту. Для успішного гасіння пожеж вирішальне значення має швидке виявлення пожежі і своєчасний виклик пожежних підрозділів до місця пожежі.

Зменшити горюче навантаження не представляється можливим, тому проектом передбачається застосувати наступні способи і їх комбінації для запобігання утворенню(внесення) джерел запалення :

- застосування устаткування, що задовольняє вимогам електростатичної безпеки;
- застосування в конструкції швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалення;
- виключення можливості появи іскрового заряду статичної електрики у горючому середовищі з енергією, рівної і вище мінімальної енергії запалення;
- підтримка температури нагріву поверхні машин, механізмів, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти до контакту з палим середовищем, нижче гранично допустимої, становить 80% якнайменшої температури самозаймання пального.
- заміна небезпечних технологічних операцій більш безпечними;
- ізольоване розташування небезпечних технологічних установок і устаткування;
- зменшення кількості палих і вибухонебезпечних речовин, що знаходяться у виробничих приміщеннях;
- запобігання можливості утворення палих сумішей на лінії, вентиляційних системах і ін.;
- механізація, автоматизація та справність(потокова) виробництва;
- суворе дотримання стандартів і точне виконання встановленого технологічного режиму;
- запобігання можливості появи в небезпечних місцях джерел запалення;
- запобігання розповсюдженню пожеж і вибухів;
- використання устаткування і пристроїв, при роботі яких не виникає джерел запалення;
- виконання вимог сумісного зберігання речовин і матеріалів;

- наявність громовідводу;
- організація автоматичного контролю параметрів, що визначають джерела запалення;
- ліквідація можливості самозаймання речовин і матеріалів .
- Для запобігання пожежі в обчислювальних центрах проектом пропонується виконання наступних вимог :
 - електроживлення ЕОМ повинно мати автоматичне блокування відключення електроенергії на випадок зупинки системи охолодження і кондиціонування;
 - система вентиляції обчислювальних центрів повинна бути обладнана блокуючими пристроями, що забезпечують її відключення на випадок пожежі;
 - робочі місця повинні бути оснащені пожежними щитами, сигналізацією, засобами для сповіщення про пожежну небезпеку (телефонами), медичними аптечками для надання першої медичної допомоги, розробленим планом евакуації.

Для зниження пожежної небезпеки в приміщеннях використовуються первинні засоби гасіння пожеж, а також система автоматичної пожежної сигналізації, яка дозволяє знайти початкову стадію загоряння, швидко і точно оповістити службу пожежної охорони про час і місце виникнення пожежі.

Відповідно до [59] приміщення категорії В підлягають устаткуванню системами автоматичної пожежної сигналізації. Проектом передбачається застосування датчика типу ІДФ - 1(димовий фотоелектричний датчик), оскільки специфікою пожеж обчислювальної техніки і радіоапаратури є, в першу чергу, виділення диму, а потім - підвищення температури.

При виникненні пожежі в робочому приміщенні обслуговуючий персонал зобов'язаний негайно вжити заходи по ліквідації пожежі. Для ліквідації пожежі використовують вогнегасники (хімічно-пінні, пінні для повітря ОП-5, ОП-6, ОП-9, вуглекислотні ОУ-5), пісок, пожежний інвентар(сокири, ломи, багри, шерстяну або азбестову ковдри) [60]. Як засіб індивідуального захисту проектом передбачається використання промислового протигаза з маскою, фільтруючої коробки В.

В якості організаційно-технічних заходів рекомендується проводити навчання робочого персоналу правилам пожежної безпеки.

4.5 Охорона навколишнього природного середовища

4.5.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища

Діяльність за темою магістерської роботи, а саме розробці автоматизованої системи моделювання рівноважного складу впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства [51 - 56].

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на видалення (знешкодження), утилізацію, тощо в ІТ галузі.

Вплив на атмосферне повітря при нормальних умовах праці не оказує, бо не має в приміщенні сканерів, принтерів та інших джерел викиду забруднюючих речовин в повітря робочої зони.

У процесі створення/розробки програми на робочому місці виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Нижче надано перелік відходів, що утворюються в процесі роботи:

- Відпрацьовані люмінесцентні лампи - I клас небезпеки
- Змінні носії інформації - IV клас небезпеки
- Відпрацьовані вогнегасники - IV клас небезпеки
- Макулатура - IV клас небезпеки
- Відпрацьовані фільтрувальні засоби індивід. захисту (респіратори, протигази) - IV клас небезпеки
- Побутові відходи - IV клас небезпеки

4.5.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі

Наводяться вимоги зберігання виявлених за своєю роботою відходів відповідно до вимог Державних санітарних правил і норм [57].

Відходи в міру їх накопичення збирають у тару, відповідну класу небезпеки, з дотриманням правил безпеки, після чого доставляють до місця тимчасового зберігання відходів відповідно до затвердженої схеми їх розміщення. Зазначені для зберігання відходів місця чи об'єкти повинні використовуватися лише для заявлених відходів.

Не допускається зберігання відходів у невстановлених схемою місцях, а також перевищення норм тимчасового зберігання відходів.

Способи тимчасового зберігання відходів визначаються видом, агрегатним станом і класом небезпеки відходів:

- Відходи I класу небезпеки зберігаються в герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення тару з відходами закривають герметично сталевий кришкою;

- Відходи IV класу небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автотранспортом перевантажують у самоскид і доставляють на місце утилізації або захоронення;

Не допускається змішування відходів різних видів і класів небезпеки.

Особливий контроль наділяється збору і зберіганням відпрацьованих ртутьвмісних ламп (енергоощадних) як відходам I класу небезпеки, що збираються і обов'язково передаються на утилізацію підприємствам, що мають ліцензію на поводження з такими небезпечними відходами.

Всі відходи, що утворюються в процесі діяльності/роботи, підлягають обліку.

Побутові та будівельні відходи вивозяться на полігон твердих побутових відходів міста, також відповідно до договору з комунальним дорожньо-експлуатаційним управлінням.

Особи, винні в порушенні встановленого порядку поводження з відходами (порушення правил обліку відходів, самовільне складування і видалення відходів, передача відходів в інші підприємства/організації з порушенням встановлених правил), згідно законодавства несуть дисциплінарну, адміністративну або кримінальну відповідальність.

4.5.3 Визначення впливу та заходів щодо поводження з відходами ІТ галузі

Наводяться вимоги зберігання виявлених за своєю роботою відходів відповідно до вимог Державних санітарних правил і норм [58].

Відходи в міру їх накопичення збирають у тару, відповідну класу небезпеки, з дотриманням правил безпеки, після чого доставляють до місця тимчасового зберігання відходів відповідно до затвердженої схеми їх розміщення. Зазначені для зберігання відходів місця чи об'єкти повинні використовуватися лише для заявлених відходів.

Способи тимчасового зберігання відходів визначаються видом, агрегатним станом і класом небезпеки відходів:

- відходи I класу небезпеки зберігаються в герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення тару з відходами закривають герметично сталевий кришкою;

- відходи IV класу небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автотранспортом перевантажують у самоскид і доставляють на місце утилізації або захоронення;

Особливий контроль наділяється збору і зберіганням відпрацьованих ртутьвмісних ламп (енергоощадних) як відходам I класу небезпеки, що збираються і обов'язково передаються на утилізацію підприємствам, що мають ліцензію на поводження з такими небезпечними відходами.

Всі відходи, що утворюються в процесі діяльності/роботи, підлягають обліку.

Побутові та будівельні відходи вивозяться на полігон твердих побутових відходів міста, також відповідно до договору з комунальним дорожньо-експлуатаційним управлінням.

Особи, винні в порушенні встановленого порядку поводження з відходами (порушення правил обліку відходів, самовільне складування і видалення відходів, передача відходів в інші підприємства/організації з порушенням встановлених правил), згідно законодавства несуть дисциплінарну, адміністративну або кримінальну відповідальність.

З метою визначення та прогнозування впливу відходів на навколишнє середовище, своєчасного виявлення негативних наслідків, їх запобігання відповідно до Закону України «Про відходи» повинен здійснюватися моніторинг місць утворення, зберігання, і видалення відходів.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконано аналіз потенційних небезпек при роботі із засобами обчислювальної техніки і механізмами, розроблені заходи щодо техніки безпеки, заходи, які забезпечують виробничу санітарію і гігієну праці, розраховане штучне освітлення, виконані рекомендації по пожежній безпеці.

ВИСНОВКИ

Дана магістерська робота спрямована на вирішення однієї з задач ядерної енергетики - забезпечення надійної і безпечної експлуатації енергоблоків АЕС. У зв'язку з тим, що існуючі системи виброшумової діагностики морально і фізично застаріли, необхідна розробка сучасної СВШД.

При вирішенні цієї задачі в роботі було проведено:

- дослідження методів реалізації виброшумової діагностики. До них відносяться методи реалізації з використанням аналогових і цифрових сигналів.
- проведений порівняльний аналіз даних методів.
- проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що найкращий метод для реалізації системи з використанням цифрових сигналів.
- визначено можливість поліпшення блоку аналогових сигналів (БАС) для коректної обробки сигналу.
- розроблено блок аналогових сигналів для системи раннього діагностування вібраційного стану РУ.

Вітчизняна СВШД побудована з урахуванням досвіду експлуатації зарубіжних систем. Таким чином, завдання вирішені у повному обсязі, мета досягнута - дослідження методів і засобів реалізації виброшумової діагностики системи раннього діагностування вібраційного стану РУ для забезпечення підвищення безпеки та експлуатаційної надійності.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконаний аналіз потенційних небезпек при роботі із засобами обчислювальної техніки, розроблені заходи з охорони праці, з безпеки в надзвичайних ситуаціях. Були проведені відповідні розрахунки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1) Аркадов, Г.В., Системы диагностирования ВВЭР/ Г.В. Аркадов, В.И. Павленко, Б.М. Финкель – М.: Энергоатомиздат, 2010.-391 с.
- 2) Аркадов, Г.В. Виброшумовая диагностика ВВЭР/ Г.В. Аркадов, В.И. Павленко, А.И. Усанов; под ред. А.А. Абагына.- М.: Энергоатомиздат, 2004.-344 с.: ил.
- 3) Аркадов, Г.В. Измерение расхода теплоносителя через топливный канал ВВЭР-440 по флуктуации сигналов датчиков прямого заряда / Г. В. Аркадов, О.В. Ончаров, В. И. Панелко и др. // Атомная энергия. 2001. Т. 91. Вып. 3. С. 167-174.
- 4) Аркадов, Г.В. Применение систем виброшумовой диагностики для контроля условий эксплуатации топлива реакторов ВВЭР-440 / Г.В. Аркадов, В.Л. Молчанов, В.В. Новы кои и ар. // Сб. доит. Российско-венгерско-финского семинара «Ядерное топливо ВВЭР-440. Опыт и перспективы», Электросталь, 10-12 августа, 2001. М., 2001.
- 5) Аникин, Г.Г. Опыт внедрения систем виброконтроля на АЭС с реакторными установками типа ВВЭР-440 / Г.Г. Аникин, В.И. Павелко // Теплотехника. 1999. Т. 91. С.12-17.
- 6) Аникин, Г.Г. Гуцев Д.Ф., Павелко В.И. Физическая интерпретация нейтронно-шумовых образов ВВЭР / Г.Г. Аиникин, Д.Ф. Гуцев, В.И. Павелко // Атомная энергия. 1997. Т. 82. Вып.4. с. 271-277.
- 7) Булавих, В.В. Исследования характеристик виброаиагностики ВВЭР-1000 в эксплуатационных условиях / В.В. Булавих, Д.Ф. Гуцев, В.И. Павеленко // Атомная энергия. 1995. Т. 79. Вып. 5. С. 343-349.
- 8) Безруков, Ю.А. Исследование гидравлических характеристик реактора, кассет, оборудовании первого контура на моделях и АЭС. / Ю.А. Безруков, С.А. Логвинов, В.Н. Ульяновский, Л.А. Салий // Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР: Сборник трудов 2-й Всероссийской научно-технической конференции. 19-23 ноября 2001. Подольск. Подольск, 2001.
- 9) Гарусов, Е.А. Диагностика нейтронных шумов исследовательского реактора ВВР-440 и влияние их на погрешности физических экспериментов / Е.А. Гарусов, К.А. Коноплев и др. // Kernenergie. 1983. Bd 26. 68-70.
- 10) Гусев, Д.Ф. Шумовые методы диагностики ВВЭР/ Д.Ф. Гусев, В.И. Павелко // Атомная энергия. 1997. Т. 82. Вып. 4. С. 264-271.
- 11) Денисов В.П., Реакторные установки ВВЭР для атомных электростанций / В.П. Денисов, Ю.Г. Драгунов. - М.: ИздАТ, 2002.

12) Драгунов, Ю.Г. Система пусконаладочных измерений при вводе в эксплуатацию энергоблока №1 Ростовской АЭС / Ю.Г.Драгунов, А.В.Селезисв, В.У. Хайредтинов и др. // Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР. Сб. трудов 2-й Всероссийской научно-технической конференции. 19-23 ноября 2001, Подольск. Подольск, 2001.

13) Емельянов И.Я. Управление и безопасность ЯЭР./ И.Я. Емельянов, П.А. Гаврилов, Б.Н. Селиверстов. - М.: Атомиздат, 1975.

14) Жидецкий в. Ц., джигирей в. С, мельников о. В. Основи охорони праці. Підручник. — вид. 5-те, доповнене. — львів: афіша, 2000. — 350 с.

15) Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР : сб. трудов 3-й Всероссийской науч.-технолог. конф., 26-30 мая 2003, Подольск. Подольск: ОКБ «Гидропресс», 2003.

16) Современные методы и средства диагностики ЯЭУ. Сборник докладов отраслевого семинара министерства РФ по атомной энергии. 2-5 октября 2001, Обнинск.

17) Современные методы эксплуатационного мониторинга и неразрушающего контроля на атомных станциях. Материалы семинара Framatome ANP. 22-23 ноября 2002, Москва. М., 2002.

18) Кинелев, В.Г. Вибрационные модели для диагностики оборудования первого контура реакторов ВВЭР / В.Г. Кинелев, С.Л. Перов // Неразрушающий контроль и диагностика. Тезисы докладов 15 международной конференции. 1999, Москва. М., 1990.

19) Умняшкин, С.В. Теоритические основы цифровой обработки и представления сигналов: учебное пособие: в 2 т. / С.В. Умняшкин. – М.: Техносфера, 2012 – 368с.

20) Павелко В.И. Спектральные методы оценивания времени запаздывания в Рсакторно-шумовых исследованиях / В.И. Павелко // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов. 1999. Вып. 2. С. 58-65.

21) Павелко В.И. Новые спектральные методы оценки времени запаздывания в реакторно-шумовых исследованиях / В.И. Павелко // Атомная энергия. 1987. Г. 63. Вып. 4. С. 266-288.

22) Махутов, Н.А. Экспериментальные исследования деформаций и напряжений в ВВЭР / Н.А. Махутов, К.В. Фролов, В.В. Стекольников.- М.: Наука, 1990.

23) Лазаревская, И.Е. Интерпретация нейтронно-шумовых экспериментов на реакторе ВВЭР-1000 / И.Е. Лазаревская, С.А. Морозов, Л.А. Соколов, Д.М. Швецов // Известия вузов. Ядерная энергетика. 1996. Н 2. с. 40.

24) Морозов, С.А. Расчетно-экспериментальные исследования спектральных характеристик нейтронных шумов реактора ВВЭР-1000 / С.А. Морозов, Л.А. Соколов, Д.М. Швецов и др. // Отчет ФЭИ, инв.№8541,1993.

- 25) Павелко, В.И. Нейтронно-шумовая вибродиагностика шахты активной зоны ВВЭР-440 / В.И. Павелко, С.И. Титов // Атомная энергия. 2001. Т. 91. Вып. 4. С. 247-251.
- 26) Проскуряков, К.Н. Виброакустическая диагностика эксплуатационных режимов оборудования/ К.Н. Проскуряков, В.С.Мухин и др.//Атомные электрические станции. Сб. статей/ Под ред. Л.М. Воронина. - М.: Энергоатомиздат, 1988,№10. С. 236-241.
- 27) Федорович Е.Д, Вибрации элементов оборудования ЯЭУ/ Е.Д Федорович, Б.С. Фокин, А.Ф. Аксельрод, Е.Н. Гольдберг. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 28) Bernard P., Neutron noise measurements of PWR's / P. Bernard, A. Brillon, J.C. Carre // Prog
- 29) Their J. A. Reactor noise / J. Their. - New York, 1963.
- 30) Bernard P., Messainguiral C. PWR core monitoring by in-core noise analysis/ P. Bernard, J. Cloue // Prog. Nucl. Energy : SMORN-III. 1982. Vol. 9. P. 541-546.
- 31) Akerhielm F., Surveillanse of vibration in PWR/ F. Akerhielm, R. Espafaelt, J. Lorenren // Prog. Nucl. Energy : SMORN-III. 1982. Vol. 9. P. 453.
- 32) Turcan E. On-line monitoring of PWR for plant surveillance by noise analysis/ E. Turcan // Prog. Nucl. Energy : SMORN- IV . 1985. Vol. 15. P. 365.
- 33) Oguma R. Choherence analysis of systems with feedback and its application to a BWR noise investigation / R. Oguma // Prog. Nucl. Energy : SMORN-III. 1982. Vol. 9. P. 137-148.
- 34) Oguma R., Application of an improved noise analysis method to investigation of PWR noise: signal transmission path analysis (SMORN 4)/ R. Oguma, E. Turkcan // Prog. Nucl. Energy : SMORN- IV. 1985. Vol. 15. P. 863-873.
- 35) Thier J.A. Reactor noise monitoring for malfunctions / J.A. Thie // Reactor Technology. 1971. Vol. 14. N 4. P. 354-365.
- 36) Seifritz W., Reactor noise analysis/ W. Seifritz, D. Stegemann // Atomic Energy Rev. 1971. Vol. 9. N I. P. 129-135.
- 37) Saito K. On the theory power reactor noise (I, II, III)/ K. Saito // Ann. Nuel. Sci. and Engng. 1974. Vol. I. P. 31. P.I07. P.209.
- 38) Bernard P., Neutron noise measurements of PWR's / P. Bernard, A. Brillon, J.C. Carte // Ibid. 1977. Vol. I. P. 333-346.
- 39) Atta M.A. Determination avoid fraction profile in a BWR channel using neutron noise analysis /, D.N. Fry, J.E. Mott. W.T. King // Nucl. Sci. and Engng. 1978. Vol. 66. P. 264-268.

- 40) Saito K. Source papers in reactor noise/ K. Saito // Prog. Nucl. Energy. 1979. Vol. 3. P. 157-168.
- 41) Kiltie J.A. Noise Sources in Power Reactor / J.A. Kiltie // Symp. on noise analysis in nuclear systems. June, 1964, Oak-Ridge, Tennessee. P. 357-365.
- 42) Reactor Noise - Smorn II. Prog. Nucl. Energy / exec. ed. M. M. R. Williams. – London, 1977. Vol. 1.
- 43) Reactor Noise - Smorn III. Prog. Nucl. Energy / exec. ed. M. M. R. Williams. – London 1981. Vol. 9.
- 44) Reactor Noise - Smorn IV. Prog. Nucl. Energy / exec. ed. T. D. Beynon. – U.K., 1985. Vol. 15.
- 45) Reactor Noise - Smorn V. Prog. Nucl. Energy / exec. ed. T. D. Beynon. – U.K., 1987. Vol. 21.
- 46) ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 47) ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 48) НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів
- 49) ГОСТ 12.1.009-76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.
- 50) СН 245-71 (ДНАОП 0.03-3.01-71) Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий
- 51) ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 52) ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 53) TCO' 07 Certified Displays. © 2007 Copyright TCO Development AB
- 54) ДСанПіН 3.3.2.007-98, Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.
- 55) ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
- 56) ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
- 57) НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- 58) ГОСТ 12.1.004-91. "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования".

- 59) НАПБ А.01.001-2014 “Правила пожежної безпеки в Україні”
- 60) НАПБ Б.03.001-2004. Про затвердження Типових норм належності вогнегасників.
- 61) Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»
- 62) Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»
- 63) Закон України «Про відходи»
- 64) Закон України «Про охорону атмосферного повітря»
- 65) Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру»
- 66) Водний кодекс України
- 67) ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення.

ДОДАТОК А. СХЕМИ ПРИСТРОЮ

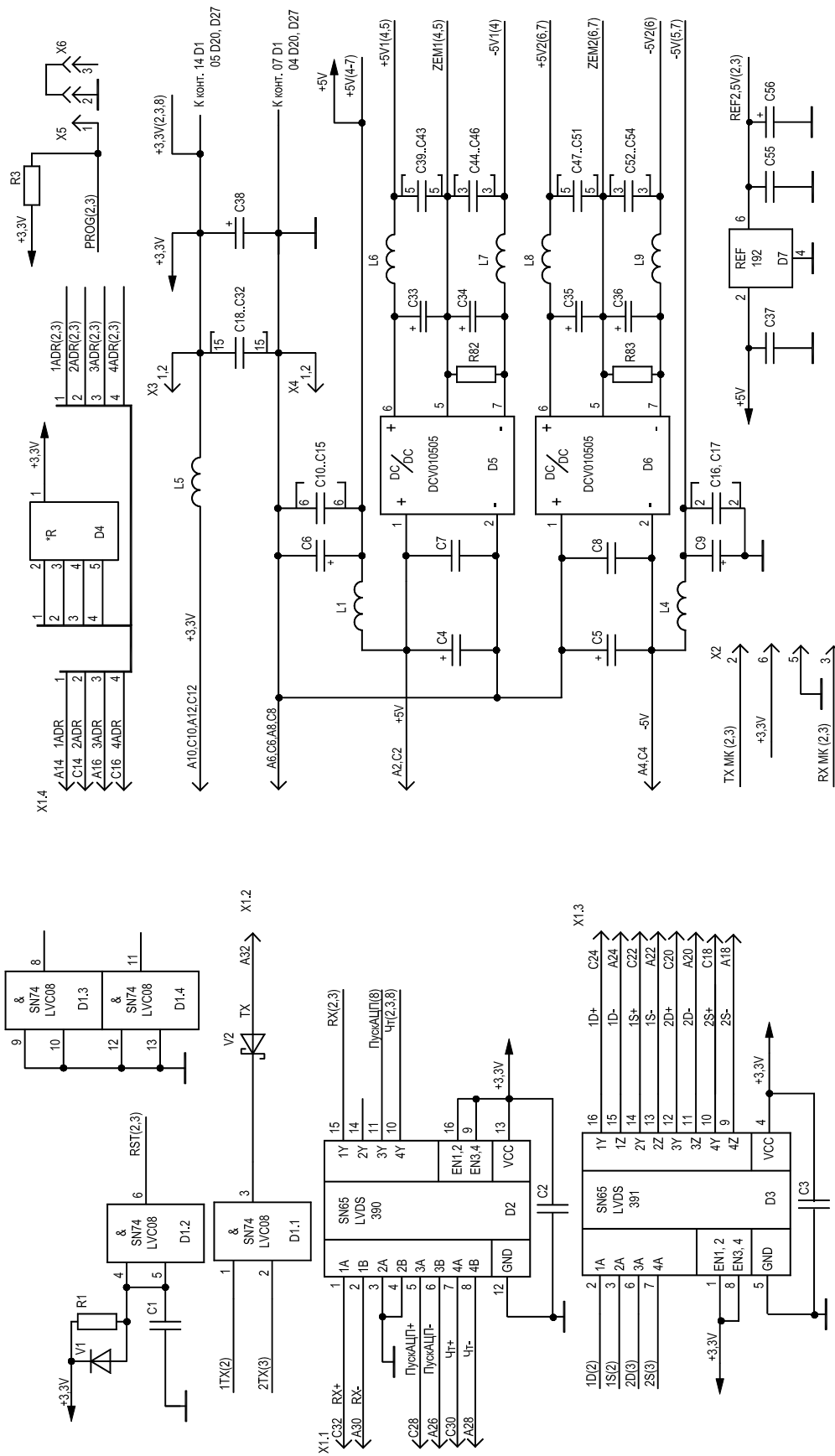


Рисунок А. 2.1 – Схема электрична принципова блоку БАС-9

Обозначение	Шифр
468151.038	БАС-9/1
-01	БАС-9/2

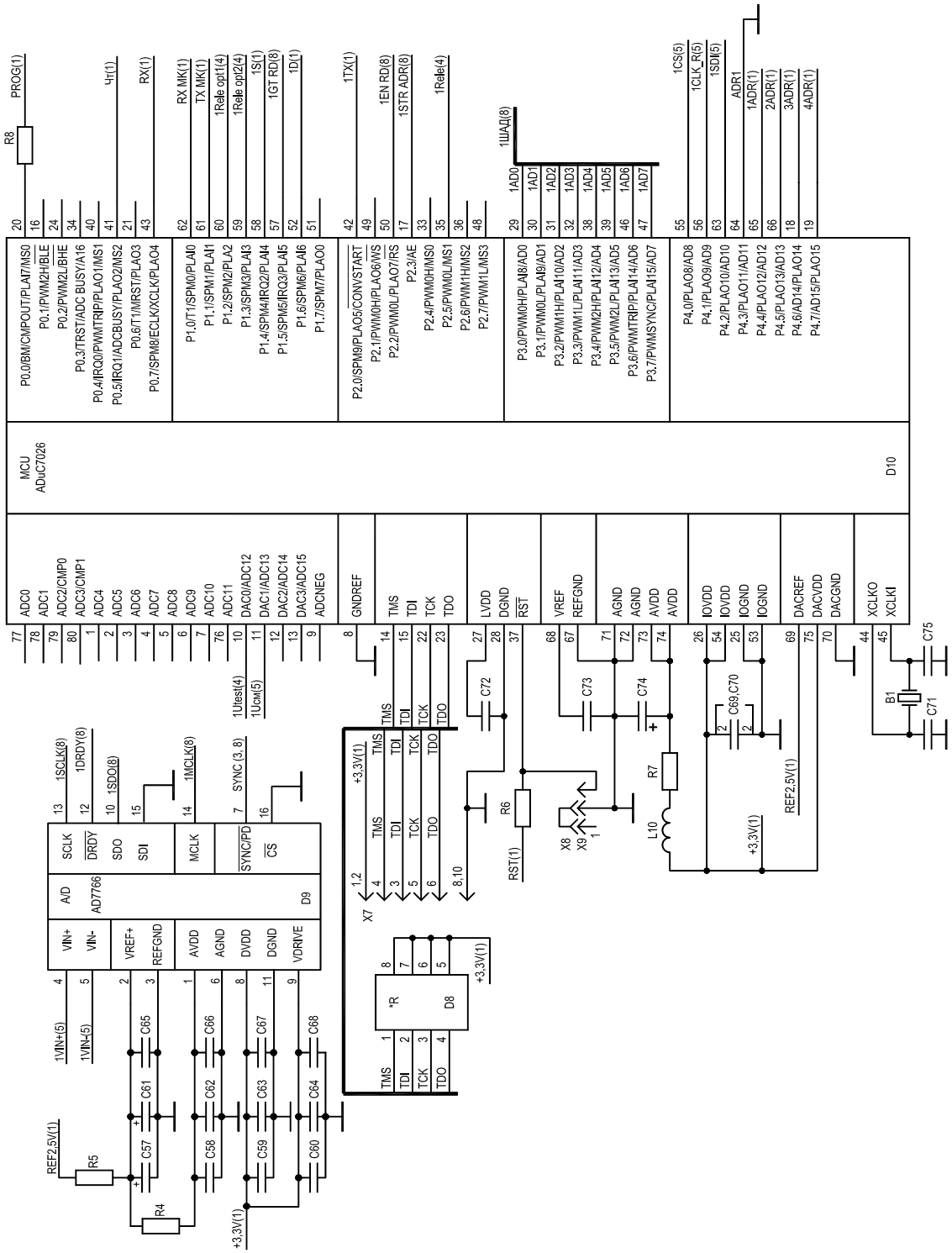


Рисунок А.2.2

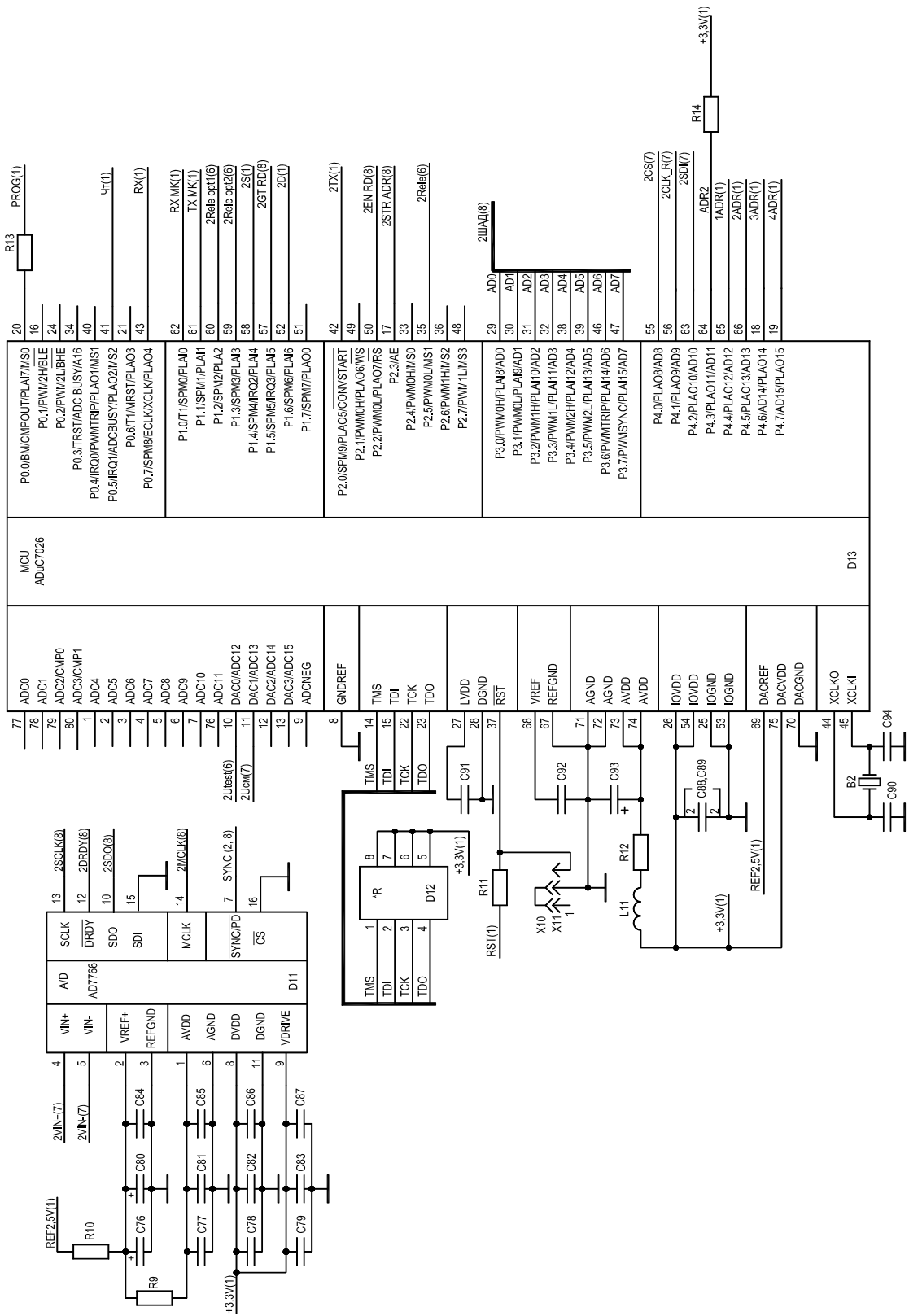


Рисунок А.2.3

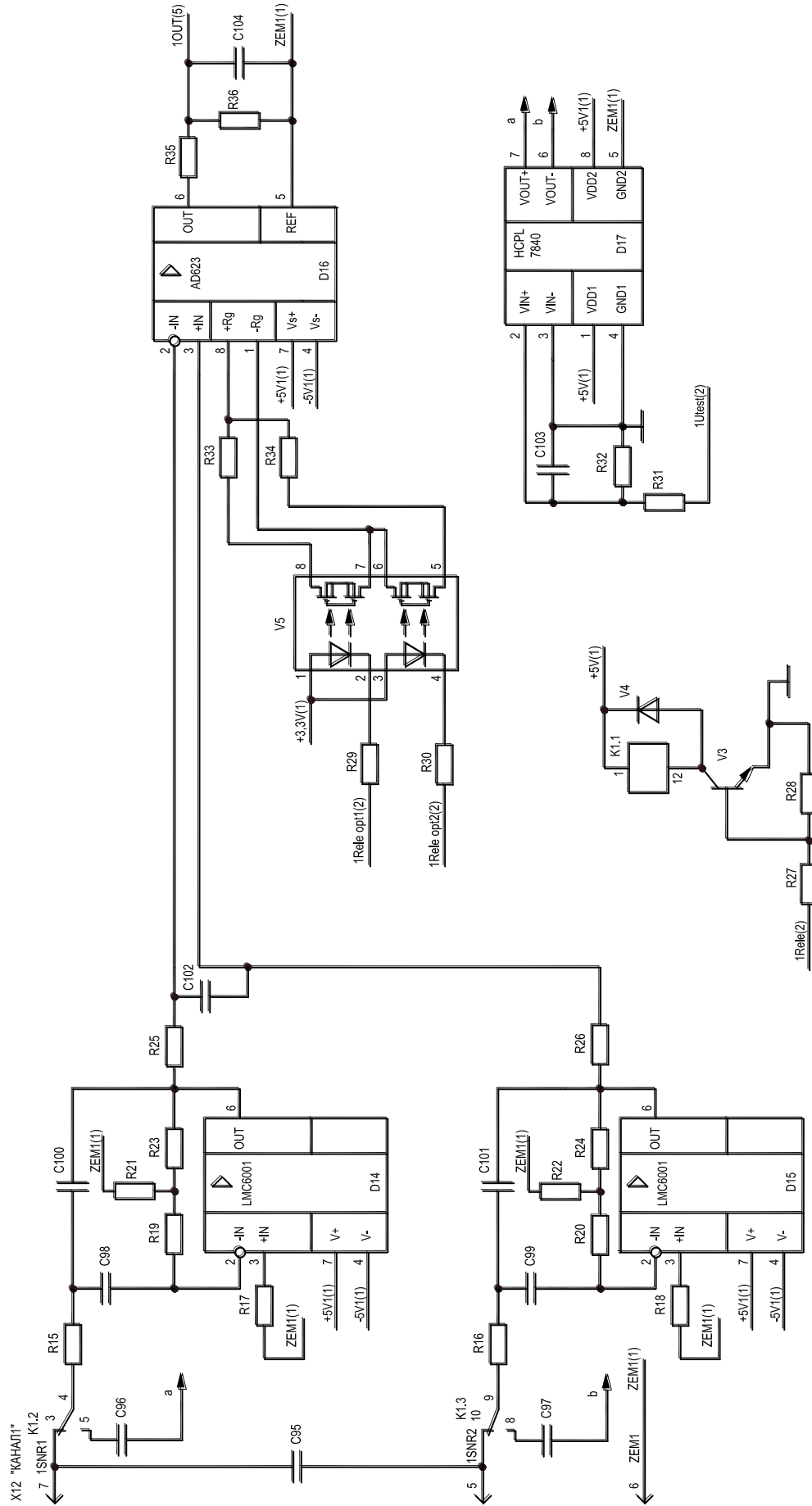


Рисунок А.2.4

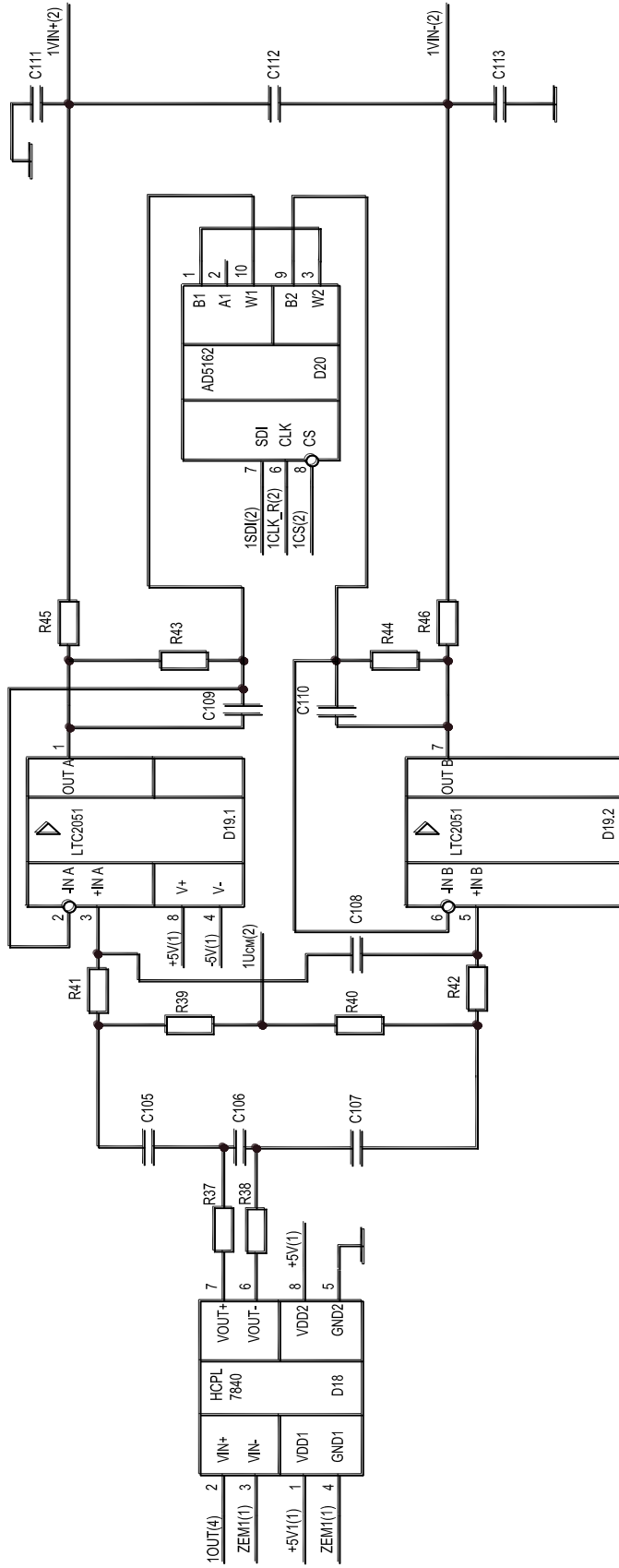


Рисунок А.2.5

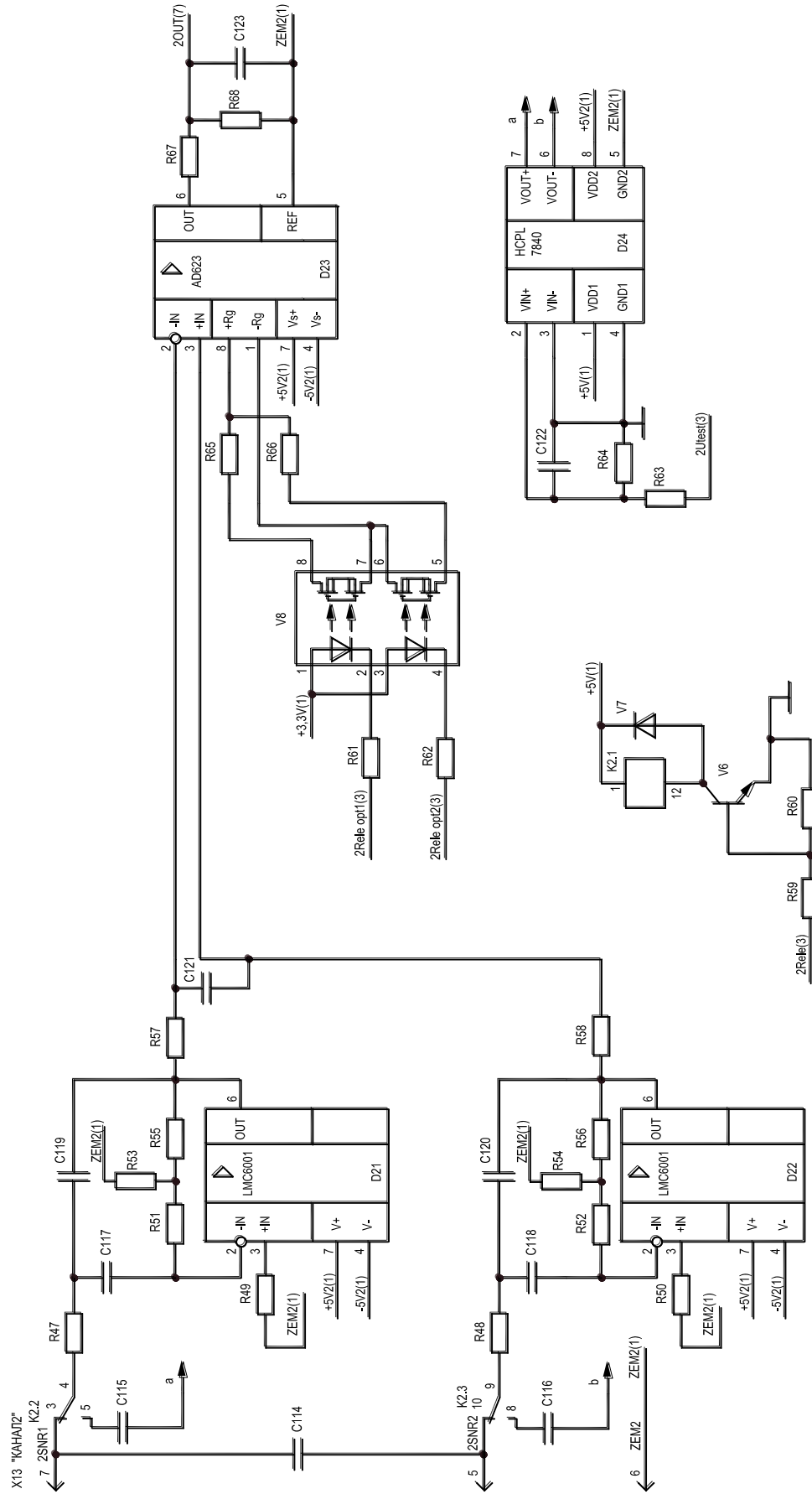


Рисунок А.2.6

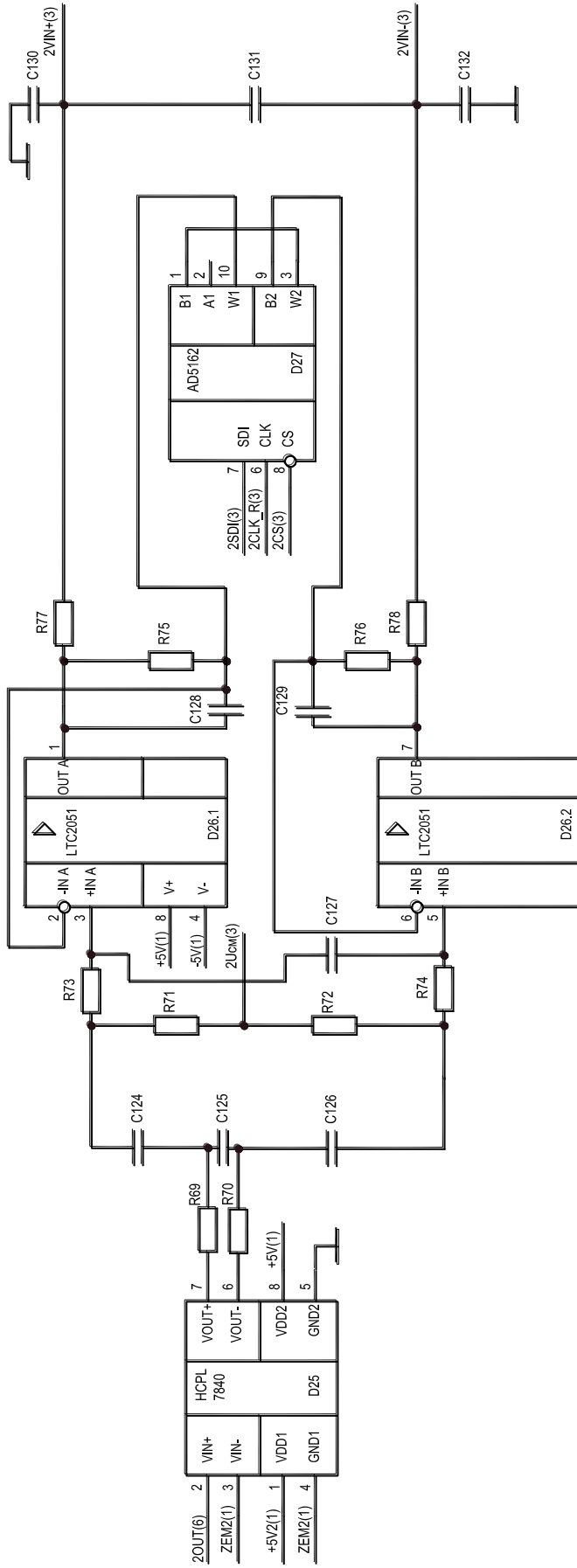


Рисунок А.2.7

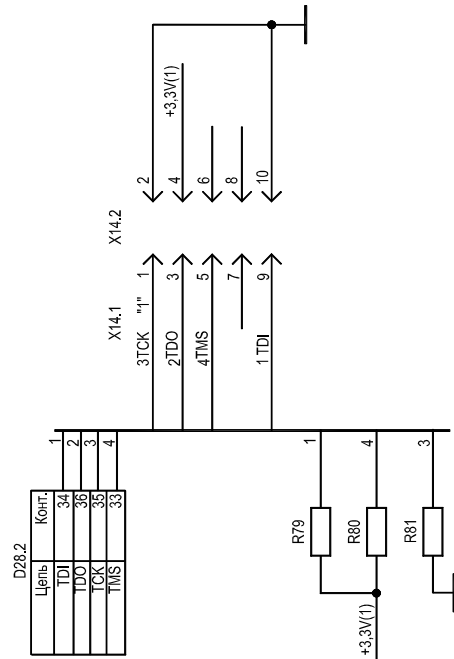
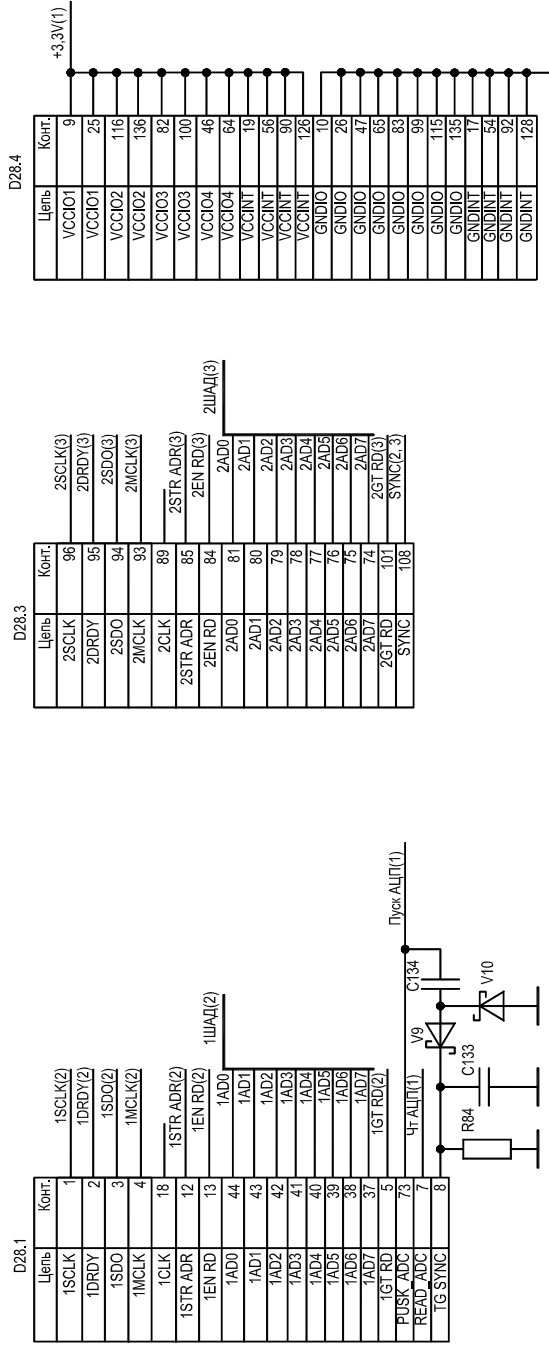


Рисунок А.2.8

ДОДАТОК Б. КОМП'ЮТЕРНА ПРЕЗЕНТАЦІЯ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

СИСТЕМА РАНЬОГО ДІАГНОСТУВАННЯ БЛОКІВ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ

Студент гр. КСМ – 16мд

Близнюков М.А.

Керівник проекту

Барбарук В.М.

Сєвєродонецьк, 2018

Актуальність роботи

Забезпечення надійної і безпечної експлуатації енергоблоків АЕС вважається однією з найважливіших завдань ядерної енергетики.

У процесі експлуатації відбувається зношення та старіння елементів обладнання, що призводить до зниження експлуатаційної надійності і появи дефектів.

Створення та впровадження на АЕС систем вібродумової діагностики є актуальною задачею, спрямованою на забезпечення надійної безпечної роботи енергоблоку, продовження терміну служби.



Об'єкт і предмет дослідження

- Об'єктом дослідження є система віброшумової діагностики.
- Предметом дослідження роботи є методи реалізації системи віброшумової діагностики, розробленої у Северодонецькому НВО «Імпульс»

Мета дослідження

- Метою даної роботи є дослідження методів і засобів реалізації віброшумової діагностики для системи раннього діагностування стану РУ, що забезпечить підвищення безпеки та експлуатаційної надійності обладнання.
- Для досягнення мети роботи потрібно провести огляд системи діагностування, аналіз для вибору найкращого методу реалізації системи і визначити можливості поліпшення блоку аналогових сигналів (БАС) для коректної обробки сигналу.

Завдання роботи

У зв'язку з тим, що існуючі системи віброшумової діагностики морально і фізично застаріли, необхідна розробка сучасної СВШД. Для цього необхідно виконати наступні завдання:

- ⦿ Провести аналіз для вибору найкращого методу реалізації системи.
- ⦿ Визначити можливості поліпшення блоку аналогових сигналів (БАС) для коректної обробки сигналу.
- ⦿ Розробити блок обробки сигналів.

Блок повинен задовольняти наступним вимогам:

- ⦿ можливість для безперервної цілодобової експлуатації;
- ⦿ повинен бути стійкий до зовнішніх факторів впливає, так як призначений для роботи в електропоміщеннях технічних засобів зони вільного режиму.



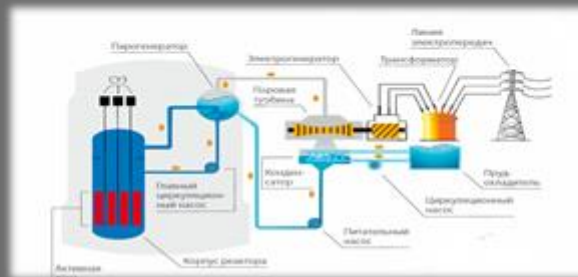
Дослідження СВШД

- ⦿ Програмно – технічні комплекси віброшумової діагностики, залежно від здійснюваних функцій, поділяються на системи віброшумового контролю (СВШК) і системи віброшумової діагностики (СВШД). Значуща відмінність цих систем полягає в тому, що СВШК видає користувачеві тільки деяку сукупність числових і функціональних статистичних оцінок, отриманих з вимірюваних сигналів, а СВШД ставить діагнози автоматично. За типами кінцевих діагнозів СВШД багатofункціональна. Ця система контролює вібрації ТВЗ, АкЗ, корпусу реактора, ГЦН, ПГ.
- ⦿ Головним завданням СВШД є визначення вібростану обладнання за динамічними параметрами, як за міжремонтний період, так і за час роботи РУ.

Аналог розроблюваної СВШД

- ⦿ Найбільш відома в даний час СВШК SUS фірми Siemens, вперше була побудована в 80-х роках в Німеччині.
- ⦿ Впроваджувалася на російських АЕС. Монтувалися на блоках, що вже перебувають тривалий час в експлуатації.
- ⦿ На Україні цю систему почали використовувати на початку 2000-х. У зарубіжній системі SUS виділення діагностичних ознак здійснюється не автоматично.

Обзор аналога



Малюнок 1 - Схема ВВЕР – 440

До складу системи діагностики входять такі типи аналогових вимірвальних каналів для системи SUS:

- ⦿ датчиків абсолютного переміщення (ДАП), встановлених на кришці корпусу,
- ⦿ датчиків відносного переміщення (ДОП), встановлених на основному обладнанні петель;
- ⦿ датчиків пульсацій тиску (ДПД), встановлених на холодних і гарячих нитках;
- ⦿ детектори прямого заряду (ДПЗ)
- ⦿ іонізаційна камера (ІК).

Обзор аналога

Система SUS має ряд недоліків. Ними є:

- високі вимоги до кваліфікації експлуатуючого персоналу в частині завдання вихідних даних для спектрального оцінювання;
- стандартний набір спектральних оцінок, недоведений до конкретних діагнозів, не модифікується при поставці на конкретну РУ;
- необхідність зафіксувати заздалегідь, вручну, деякий безліч резонансів спектральних функцій (тобто від користувача системи потрібні знання з фізичної інтерпретації діагностичної цінності кожного з обраних ним резонансів);
- Фур'є-перетворення реалізацій шумів, відразу після оцифрування, на вході в систему вібродіагностики, що виключає можливість застосування інших методів аналізу;
- архівування спектральних оцінок без архівування вихідних процесів достатньої довжини;
- неможливість впровадження інших шумових, не вібродіагностичних алгоритмів в SUS, не змінюючи її програмного забезпечення.

Діагностичні методи

- Методи сигнатурної діагностики
- Аналітичні методи
- Метод МАР – декомпозиції
- Метод діагностування за допомогою огинаючої
- Метод перетворення Фур'є в цифровій обробці звуку

Аналіз методів реалізації СВЩД

Структурні схеми системи діагностування з використанням аналогових сигналів та з використанням цифрових сигналів наведені на рис. 2, рис. 3.

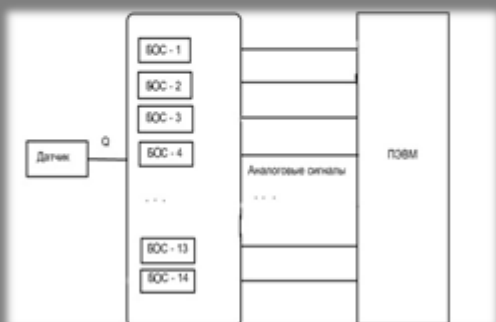


Рисунок 2

Аналоговий сигнал являє собою сигнал даних, описуваний безперервними функціями часу, тобто амплітуда коливань його може приймати будь-які значення в межах максимуму.

Недоліки аналогових сигналів:

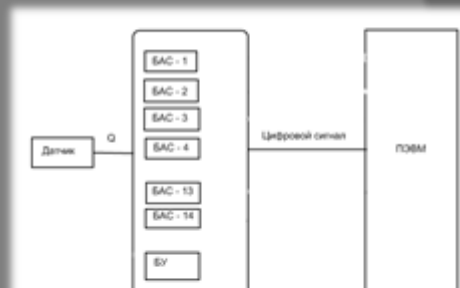
- сигнал супроводжується великою кількістю перешкод;
- безперервний аналоговий сигнал часто несе в собі велику кількість зайвої інформації, що призводить до його надмірності.
- аналоговий показує досконалу беззахисність перед впливами або ж проникненнями ззовні.

Аналіз методів реалізації СВЩД

Цифровий сигнал – сигнал даних, описуваний дискретними функціями часу, тобто амплітуда коливань приймає значення тільки строго визначені.

Переваги цифрових сигналів:

- може приймати тільки два значення. Причому можна деякі відхилення від цих значень.
- кілька цифрових сигналів можна передати замість 1-го аналогового.
- під час передачі цифрового сигналу помилки та спотворення практично виключені.
- шифрується з допомогою присвоєння йому коду з радіоімпульсів, так що южне втручання виключено.

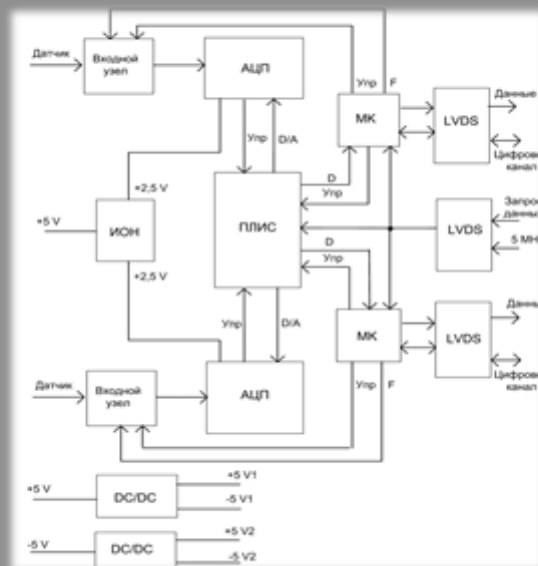


Малюнок 3

Аналіз методів реалізації СВШД

- Таким чином, можна зробити висновок, що для більш повного і точного зняття діагностичних характеристик краще скористатися другим методом реалізації системи віброшумової діагностики. Так, як під час передачі цифрового сигналу помилки та спотворення практично виключені. Він безпечніше, тому що шифрується за допомогою присвоєння йому коду з радіоімпульсів, так що кожне втручання виключено. А так само, використовується менше кабелю для передачі сигналів.

Структурна схема БАС



Сравнение характеристик разрабатываемой СВЩД и системы диагностики SUS

Характеристика	СВЩД	SUS (Siemens)
Програмне та алгоритмічне забезпечення	Вибромоніторинг і діагностування з виходом на конкретний діагноз в автоматичному режимі	Тільки вибромоніторинг (спостереження за відхиленнями в резонансах спектральних характеристик від еталонних значень) в ручному режимі
Сервіс	Автоматичне виділення резонансів спектральних характеристик, що не вимагає високої кваліфікації персоналу	Потрібен кваліфікований користувач для ручного виділення резонансів
Канали вимірювання нейтронного шуму	Додаткові зовнішні (ІК) і внутрішні (ДПЗ) канали, що дозволяють контролювати СКУ і ТВЗ реактора	Відсутні зовнішні і внутрішні канали виміру нейтронного шуму
Датчики абсолютних переміщень	Частотний діапазон 2—200 Гц без додаткового обладнання для підйому низьких частот	Частотний діапазон 4—200 Гц додатковим обладнанням (коригуючий підсилювач)
Число каналів	80 з можливістю нарощення до 160 даних габарити шафи приладового	48 без можливості нарощування
Уніфікація	Уніфіковані технічні засоби в каналах переміщень і пульсацій тиску.	Канали вібропереміщень і пульсацій тиску не уніфіковані.

Висновок

В роботі було проведено дослідження методів реалізації виброшумової діагностики.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що найкращий метод для реалізації системи з використанням цифрових сигналів.

Розроблено блок аналогових сигналів для системи раннього діагностування вібраційного стану РУ.

Виконаний аналіз потенційних небезпек, розроблено заходи з охорони праці, з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Таким чином, завдання вирішені в повному обсязі.



Дякую за увагу!

