

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри автоматики та
телекомунікацій

_____ Іван ЛАКТИОНОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2022 р.

Випускна кваліфікаційна робота

_____ бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка автоматичної системи діагностики та контролю
промисловими вентиляторами у ливарному цеху»

Виконав студент 4 курсу, групи АКТ-18
(шифр групи)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

_____ Романенков Дмитро Олегович
(Прізвище, Ім'я та По-батькові) (підпис)

Керівник доц. каф. АТ, к.т.н., доц. _____ Валерій ПОЦЕПАЄВ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Нормоконтроль:

_____ ас. Дар'я ЖУКОВСЬКА
(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Луцьк – 2022

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)

з оцінкою _____

Секретар ЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра

Тема: «Розробка автоматичної системи діагностики та контролю промисловими
вентиляторами у ливарному цеху»

Спецчастина: _____

Виконавець, студент

гр. АКТ-18

Дмитро РОМАНЕНКОВ

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Валерій ПОЦЕПАЄВ

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

Іван ЛАКТИОНОВ

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Валерій ПОЦЕПАЄВ

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтроль

Дар'я ЖУКОВСЬКА

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Луцьк – 2022

**Державний вищий навчальний заклад
"Донецький національний технічний університет"**

Інститут, факультет Комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра Автоматика та телекомунікації

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Галузі знань _____ 15 Автоматизація та приладобудування
(шифр і назва)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТ
Іван ЛАКТИОНОВ

« _____ » 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Романенков Дмитро Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка автоматичної системи діагностики та контролю промисловими вентиляторами у ливарному цеху

керівник проекту (роботи) Поцепасєв Валерій Валерійович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 06.05.2022 року № 180

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Технічна документація та матеріали з переддипломної практики

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): опис і аналіз тепличних гідропонік; аналіз сучасних методів і засобів автоматичного керування; обґрунтування вибору датчиків, мікропроцесора, автоматичних регуляторів; розробка структурної схеми; моделювання комп'ютерно-інтегрованої технології; критичний аналіз отриманих результатів.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	к.т.н., доц. каф. АТ, доц. Поцєпаєв В.В.		
2	к.т.н., доц. каф. АТ, доц. Поцєпаєв В.В.		
3	зав. каф. АТ, д.т.н., доц. Лактіонов І.С.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ	29.04.2022	
2	ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА КОНТРОЛЮ ПРОМИСЛОВИМ ВЕНТИЛЯТОРОМ	19.05.2022	
3	МОДЕЛЮВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА КОНТРОЛЮ	31.05.2022	
4	ДОДАТКИ	02.06.2022	

Студент

(підпис) **Дмитро РОМАНЕНКОВ**
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис) **Валерій ПОЦЕПАЄВ**
(прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Романенков, Д.О. Розробка автоматичної системи діагностики та контролю промисловими вентиляторами у ливарному цеху / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – ДВНЗ «ДонНТУ», Луцьк, 2022.

Пояснювальна записка: 87 стор., 43 рис., 10 табл., 10 посилань.

Об'єкт розробки – система автоматичної діагностики та контролю промисловими вентиляторами у ливарному цеху.

Мета роботи – модернізація системи діагностики та контролю відцентрових вентиляторів у ливарному цеху, що забезпечує високу точність діагностики, тривалішу експлуатацію вентилятора, значно менші витрати на ремонт та завчасне знаходження конкретної несправності.

Модернізація системи діагностики та контролю відцентрових вентиляторів передбачає значну економію ремонту промислового об'єкту, точніші показники вібросигналу. Запропоновано ретельнішу перевірку вібрації промислових вентиляторів шляхом збільшення етапів перевірки отриманих показників, більшу різноманітність та кількість вимірювальних датчиків. Буде досягнуто високу точність діагностування, значно менші витрати на експлуатацію обладнання, вищу надійність об'єкту керування.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА, ДІАГНОСТИКА, КОНТРОЛЬ, ПРОМИСЛОВИЙ ВЕНТИЛЯТОР, ВІБРОДІАГНОСТИКА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ	11
1.1 Аналіз системи вентиляції в цеху.....	11
1.2 Аналіз об'єкту керування.....	17
1.3 Аналіз діагностики системи.....	20
1.4 Мета та завдання роботи.....	25
1.5 Висновки.....	26
2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА КОНТРОЛЮ ПРОМИСЛОВИМ ВЕНТИЛЯТОРОМ.....	27
2.1 Обґрунтування функцій та алгоритму системи діагностики відцентрового вентилятора.....	27
2.2 Функціональна схема системи діагностики та контролю параметрів промислового відцентрового вентилятора.....	28
2.3 Вибір технічних засобів для реалізації системи.....	31
2.3.1 Вибір датчика тиску вентиляційної труби.....	31
2.3.2 Вибір програмованого логічного контролера.....	33
2.3.3 Вибір датчика струму.....	35
2.3.4 Вибір датчиків температури.....	36
2.3.5 Вибір вібродатчиків та віброконтролера.....	38
2.3.6 Вибір модулів вводу та виводу даних.....	40
2.3.7 Вибір безпроводових модулів передачі даних.....	42
2.4 Алгоритмізація процесу діагностики.....	44
2.5 Висновки.....	47
3 МОДЕЛЮВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА КОНТРОЛЮ.....	49
3.1 Побудова моделі керування системою та розрахунок	

вимірювальних параметрів.....	49
3.2 Безпроводова технологія передачі даних.....	58
3.3 Висновки.....	62
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64
ДОДАТОК А – Охорона праці.....	65
ДОДАТОК Б – Технічні характеристики датчика тиску	77
ДОДАТОК В – Технічні характеристики ПЛК.....	78
ДОДАТОК Г – Технічні характеристики джерела живлення.....	79
ДОДАТОК Д – Технічні характеристики датчика струму.....	80
ДОДАТОК Е – Технічні характеристики датчика температури.....	81
ДОДАТОК Є – Технічні характеристики віброконтролера та вібродатчика.....	82
ДОДАТОК Ж – Технічні характеристики модулів вводу та виводу.....	83
ДОДАТОК З – Технічні характеристики безпроводових модулів зв'язку.....	84
ДОДАТОК І – Код програми.....	85

ВСТУП

Промислові вентилятори роками використовуються як основний об'єкт вентилявання у ливарному цеху. Однак через їх безперервне використання в суворих умовах вони схильні до появи невидимих проблем. Так як вони є обов'язковою частиною промислового обладнання, що використовується сьогодні, їх постійна робота з максимальною продуктивністю може в підсумку призвести до зносу та подальшого виходу з ладу обладнання. Отже, важливо виконувати діагностику промислових вентиляторів, яка допоможе виявити галузі, схильні до відмови.

Метою роботи є модернізація системи діагностики та контролю відцентрових вентиляторів у ливарному цеху, що забезпечує, високу точність діагностики, тривалішу експлуатацію вентилятора, значно менші витрати на ремонт, різноманітність датчиків та передачу інформації на сучасному рівні.

Об'єктом дослідження бакалаврської роботи виступає система діагностики та контролю промислових відцентрових вентиляторів для автоматичного керування поточного стану системи у ливарному цеху.

Предметом дослідження бакалаврської роботи виступає апаратні та програмні засоби діагностування промислових відцентрових вентиляторів у ливарному цеху.

Головні задачі бакалаврської роботи:

- аналіз існуючих типів вентиляцій ливарного цеху;
- аналіз існуючих методів і підходів до діагностики та контролю вентиляторів;
- встановлення основних напрямків щодо проектування технології, яка досліджується;
- створення структури функціональної схеми модернізованої системи моніторингу;
- вибір сенсорів, програмованого логічного контролера,

віброконтролера, засобів передачі інформації та джерела живлення для модернізованої системи, яка розробляється;

- створення алгоритму роботи системи;
- моделювання засобами комп'ютерної техніки модернізованої автоматичної системи діагностики;
- розрахунок вимірювальних технологічних параметрів, які використані у системі;
- впровадження отримання інформації з вимірювальних каналів на сучасному рівні за допомоги безпроводової мережі;

Пояснювальна записка до даної роботи загалом складається зі вступу, 3-х основних розділів, загального висновку, переліку літератури та 1-го додатку з охорони праці на підприємстві, 8 додатків з технічними характеристиками обладнання та 1 додаток з програмним кодом. Об'єм та структура роботи є такими: 87 сторінки (із них 59 – основний текст); таблиць – 10; рисунків – 43; використаних літературних джерел – 10; 10 додатків на 27 сторінках.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КОНТРОЛЯ І УПРАВЛІННЯ

1.1 Аналіз системи вентиляції в цеху

Залежно від способу переміщення повітря вентиляція виробничих цехів може бути природною і механічною.

Природна вентиляція утворюється в робочому середовищі, прикладами такої вентиляції виступають: отвори в стелі, вікна, двері та природна вентиляція через підлогу. Це дозволяє циркулювати навколишнє повітря та надавати чисте повітря в приміщення, позбавляючись від будь-якого шкідливого повітря, що надходить від механізмів.

Механічні вентилятори приводять в дію механічну вентиляцію. Вентилятори можна встановлювати безпосередньо у вікнах або стінах, або встановлювати в повітропроводах для подачі або витяжки повітря з приміщення[1].

За способом організації повітрообміну вентиляцію промислових цехів можна поділити на 2 типи:

- Місцевого типу;
- Загальнообмінного типу.

Місцева вентиляція є різновидом вентиляційного методу, при якому забруднюючі речовини збираються у джерелі та централізовано обробляються. У порівнянні з іншими методами вентиляції, система локальної вентиляції вимагає мінімальної швидкості вентиляційного повітряного потоку і має кращий ефект контролю. Приклад такої вентиляції зображений на рис. 1.1.

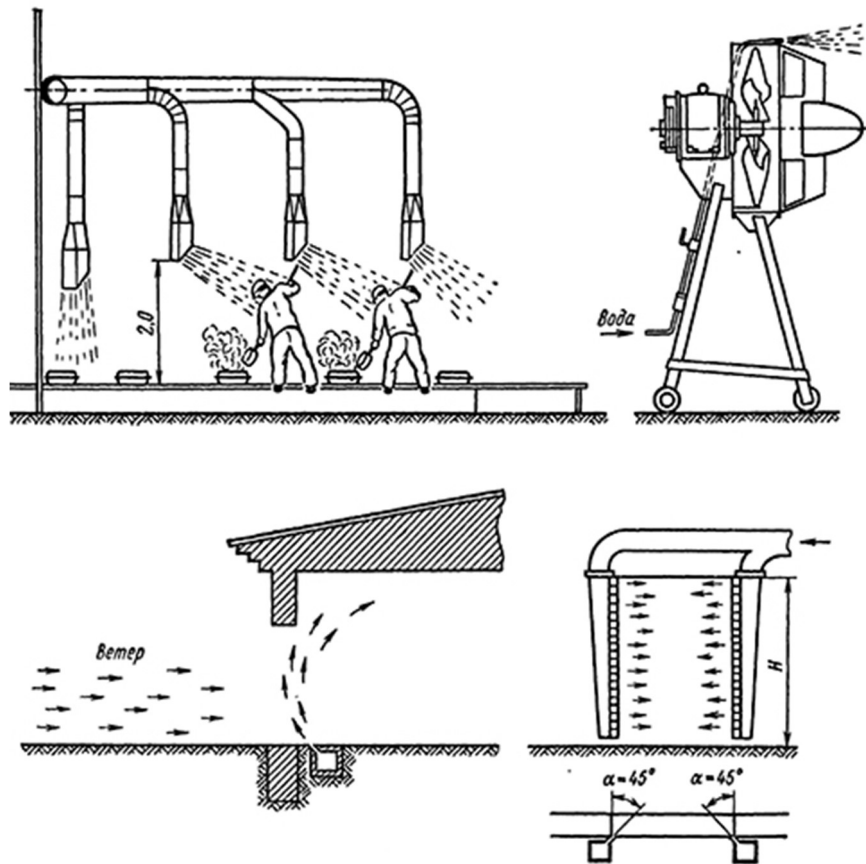


Рисунок 1.1 – Приклад вентиляції місцевого типу

Загальнообмінний тип вентиляції використовується в тому випадку коли місцева вентиляція не справляється з локалізацією джерела забруднення. Метою цієї вентиляції є комплексне очищення повітря у виробничих приміщеннях за допомогою розведення концентрації шкідливих домішок, бруду, пилу та теплових випромінювань[2].

Загальнообмінна вентиляція – це автономна загальна система фільтрації, яка розроблена для зниження та контролю фонові концентрації випарів у цеху. Це вентиляція, яка використовується разом з природною та витяжною вентиляцією. Такий тип вентиляції може бути корисним на промислових робочих місцях з високим рівнем випаровування, що виділяється в повітря. Функціонально цей загальнообмінний тип вентиляції зображений на рис. 1.2.

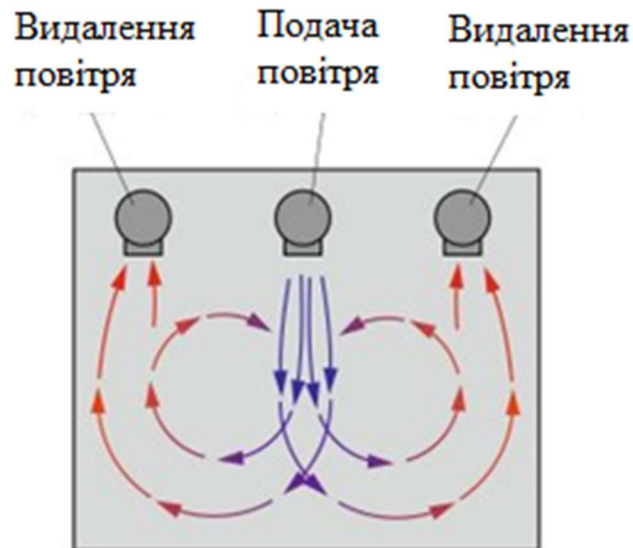


Рисунок 1.2 – Загальнообмінний тип вентиляції

Класифікація вентиляції промислових цехів за способом дії:

- приточна вентиляція цеху;
- витяжна вентиляція цеху;
- приточно-витяжна вентиляція цеху.

Системи припливної вентиляції використовують вентилятор для створення тиску в конструкції, нагнітаючи зовнішнє повітря в будівлю, в той час як повітря витікає з будівлі через отвори в корпусі, каналах ванни та вентилятора, а також навмисні вентиляційні отвори (якщо такі є). Як і системи витяжної вентиляції, системи припливної вентиляції відносно прості та недорогі в установці. Типова система припливної вентиляції має вентилятор і систему повітропроводів, які подають свіже повітря зазвичай в одну, але бажано кілька кімнат, які мешканці займають найчастіше, наприклад, спальні та вітальні. Ця система може включати регульовані віконні або стінні вентиляційні отвори в інших приміщеннях[3].

Витяжна вентиляція являється найефективнішою система вентиляції для запобігання накопиченню забруднюючих речовин у повітрі. Витяжна вентиляція є обов'язковою в багатьох робочих середовищах, щоб запобігти вдиху співробітників забруднюючих речовин. Місцева витяжна вентиляція

вловлює дим, пил, туман газів і пари в їх джерелі, що означає, що вони не можуть вийти в повітря на робочому місці. Ця витяжна система повинна максимально охоплювати. Для цього можна використовувати капюшон або будку відповідного розміру. Уловлювання та утримання шкідливих речовин до того, як вони витікають у повітря робочого середовища, допомагає зберегти вашу робочу силу в безпеці та здоров'ї. Необхідно вказати, що всі забруднювачі мають бути відфільтровані та скинуті в безпечне місце, і це необхідно регулярно перевіряти та тестувати [4]. Схема такої вентиляції представлена на рис. 1.3.

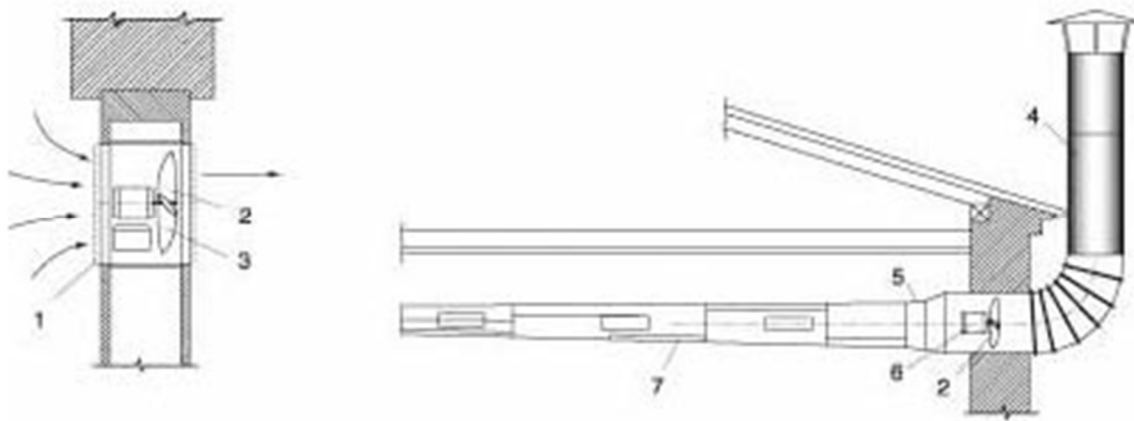


Рисунок 1.3 – Елементарна схема витяжної вентиляції: 1 – утеплений клапан; 2 – вентилятор; 3 – лопаті вентилятора; 4 – витяжна шахта; 5 – шиббер; 6 – електродвигун; 7 – витяжна мережа

Системи вентиляції припливно-витяжного типу забезпечують контрольований спосіб вентиляції, мінімізуючи втрати енергії. Вони знижують витрати на обігрів вентилязованого повітря взимку за рахунок передачі тепла від теплого внутрішнього витяжного повітря до свіжого (але холодного) зовнішнього повітря. Влітку внутрішнє повітря охолоджує більш тепле припливне повітря, щоб зменшити витрати на охолодження.

Існує два типи систем рекуперації енергії: вентилятори з рекуперацією енергії і вентилятори з рекуперацією тепла. Обидва типи включають

теплообмінник, один або кілька вентиляторів для проштовхування повітря через машину та елементи керування. Існують невеликі моделі, що кріпляться на стіні або вікні, але більшість із них є центральними вентиляційними системами всього будинку з власною системою повітропроводів або спільними повітропроводами.

Основна відмінність рекуперації енергії від рекуперації тепла полягає в тому, як працює теплообмінник. З рекуперації енергії теплообмінник передає певну кількість водяної пари (латентної) разом з тепловою енергією (відчутною), тоді як рекуперації тепла передає лише тепло. Оскільки рекуперація енергії переносить частину вологи з витяжного повітря до зазвичай менш вологого повітря, що надходить взимку, вологість повітря в будинку залишається більш постійною. Це також зберігає тепло сердечника теплообмінника, мінімізуючи проблеми із замерзанням. Більшість вентиляційних систем з рекуперацією енергії можуть відновлювати близько 70-80% енергії в потоці відпрацьованого повітря і передавати цю енергію в повітря, що надходить для цілей кондиціонування[5].

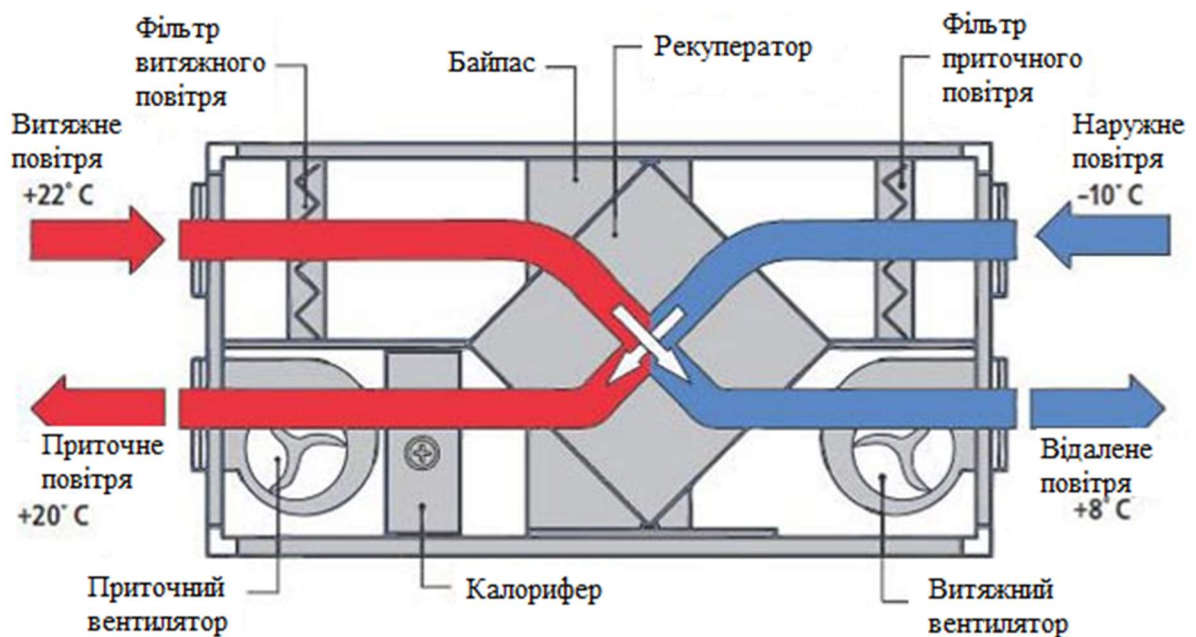


Рисунок 1.4 – Принцип роботи приточно витяжної вентиляції

Відмінністю ливарного цеху від інших вважається надмірне виділення великої кількості тепла, що виділяється в процесі лиття. Виділення парів супроводжується домішками аміаку, окислення вуглецю та сірчистого газу. Саме із-за цього фактору, для технологічного оснащення цехів передбачено локальні (або місцеві) витяжки великої потужності, які будуть стійкими до температурного середовища.

Система висосу працює наступним чином, за допомогою двох незалежних один від одного відцентрових вентиляторів, які всмоктують пари за допомогою декількох витяжок (в нашому випадку використовується загальнообмінна вентиляція з місцевим відсмоктуванням). Усередині вентиляції виникає розрідження при відсмоктуванні повітряних мас тому, що тиск усередині нижче атмосферного. Такий захід перешкоджає надходженню шкідливих домішок у приміщення. Шкідливі пари, що всмоктуються, локалізуються і після обробки відправляються в атмосферу.

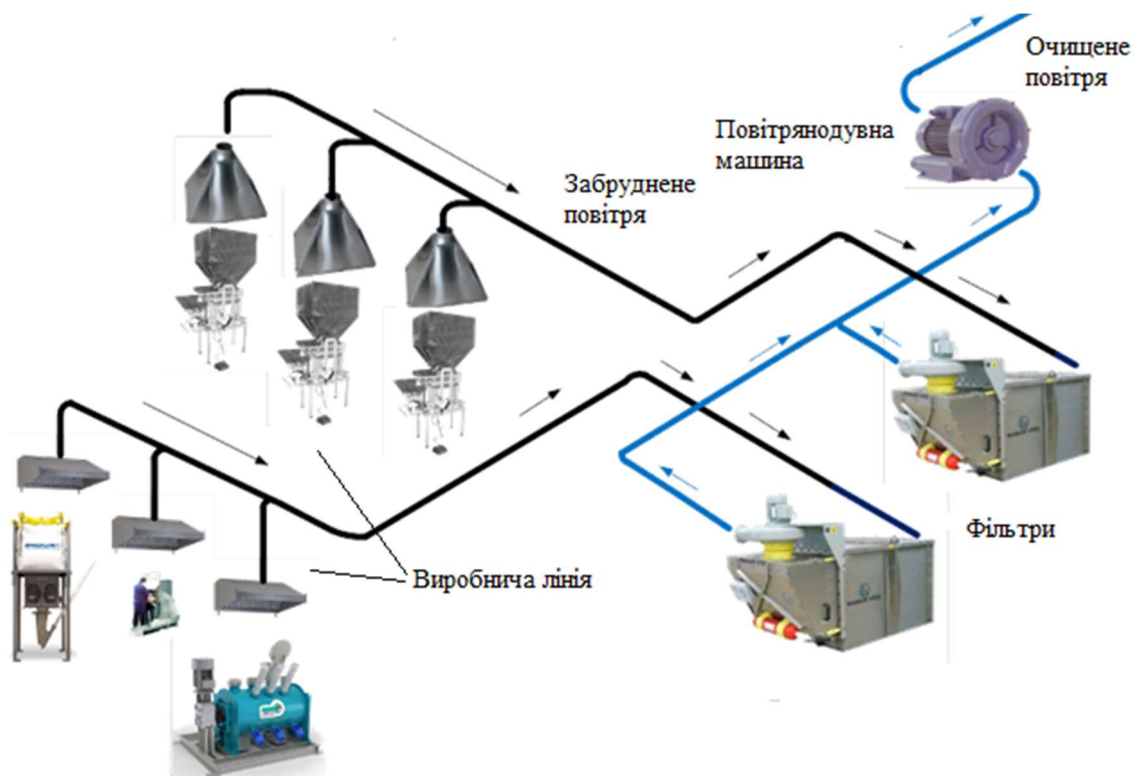


Рисунок 1.5 – Вентиляція ливарного цеху

Місцева система вентиляції цеху досить ефективно справляється з очищенням повітря, та її організація досить бюджетна. Також організовано природне провітрювання та душування робочої зони безпосередньо біля гарячого обладнання. Припливна вентиляція цеху загальна, потік спрямований зверху донизу. Обігрів об'єднаний з вентиляційною системою.

1.2 Аналіз об'єкту керування

Вентилятори – це механічні пристрої, призначені для переміщення повітря по повітропроводах та безпосередньої подачі або витяжки повітря з приміщення. Повітря переміщається за рахунок перепаду тиску між входом та виходом вентилятора.

Осьові вентилятори – це колеса з лопатей (крильчатка) у циліндричних кожухах, що прикріплюються до втулки під певним кутом до площини обертання. При обертанні лопатей захоплюється повітря та його переміщається у осьовому напрямі. У радіальному напрямку повітря практично не рухається. Найчастіше лопаті осьового вентилятора встановлюються безпосередньо на вісь електродвигуна. Осьові вентилятори застосовуються для витяжки та припливу повітря через вільні прорізи або разом з повітропроводом довжиною не більше трьох метрів горизонтальної ділянки, з невеликим аеродинамічний опір мережі.

Центро-осьові вентилятори переміщують повітря у напрямку осі двигуна, вони широко застосовуються у вентиляційних системах із круглими повітропроводами.

Круглі каналні вентилятори мають стандартні розміри від 100 до 450 мм. Їхня продуктивність – від 250 до 5200 м³/година. Вентилятори оснащені асинхронними двигунами із зовнішнім ротором, який має відцентрове робоче колесо із загнутими назад лопатями. Щоб збільшити термін експлуатації у двигунах використовуються підшипники кочення. Корпуси вентиляторів

виготовлені з пластмаси або сталі з полімерним покриттям та оцинкованої сталі. Це забезпечує захист від корозії, а також створює естетичний вигляд. Круглі каналні вентилятори застосовуються для витяжки-припливу повітря в системах вентиляції з великою довжиною повітроводів та великим аеродинамічним опором мережі.

Відцентрові вентилятори складаються з турбіни та завитки. Відцентрові вентилятори виготовляються із робочих коліс із лопатями, які загнуті назад або вперед. Ще одна перевага даних вентиляторів у тому, що вони легко витримують навантаження з витрат повітря. Відцентрові вентилятори з лопатями, загнутими вперед, забезпечують такі ж витратні та напірні характеристики, але при меншому діаметрі колеса та меншій частоті обертання. Відцентрові вентилятори застосовуються для витяжки та припливу повітря в системах вентиляції з великою протяжністю повітроводів та великим аеродинамічний опір мережі[6].

Оскільки основним елементом керування у моїй роботі буде саме радіальний (або відцентровий) вентилятор, його ми роздивимось більш детально.

Відцентрові вентилятори складаються з робочого колеса в корпусі, що має спіральний контур. Повітря надходить до робочого колеса в осьовому напрямку і випускається на зовнішній периферії крильчатки. Повітряний потік рухається по відцентровому (або радіальному) напрямку. Іноді відцентрові вентилятори називають вентиляторами радіального потоку. Відцентрові вентилятори здатні створювати відносно високий тиск. Вони підходять для застосування високого тиску в порівнянні з осьовими вентиляторами. Як правило, відцентрові вентилятори мають три типи лопатей: передні лопаті, задні лопаті та радіальні лопаті.

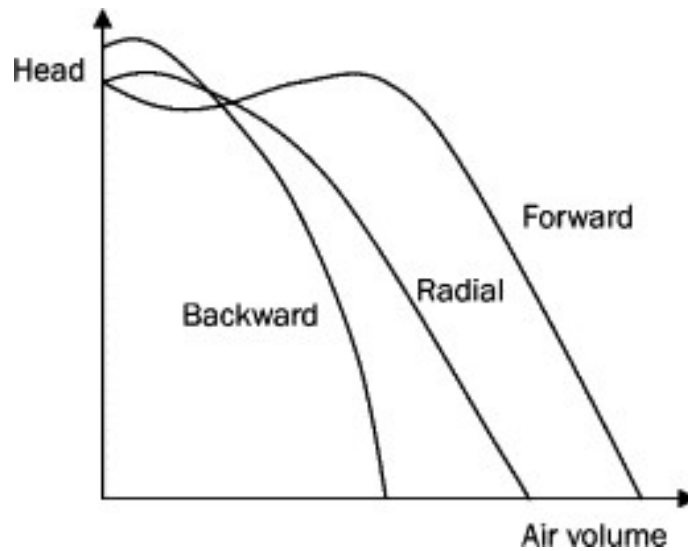


Рисунок 1.5 – Механічна характеристика відцентрового вентилятора

Вони часто використовуються в брудних повітряних потоках, при обробці матеріалів та в системах з більш високими температурами. Вони можуть бути невеликими, з двигунами потужністю менше 0,125 кВт, або великими, з сотнями двигунів, які приводять вентилятори. Структура радіального вентилятора виглядає наступним чином:

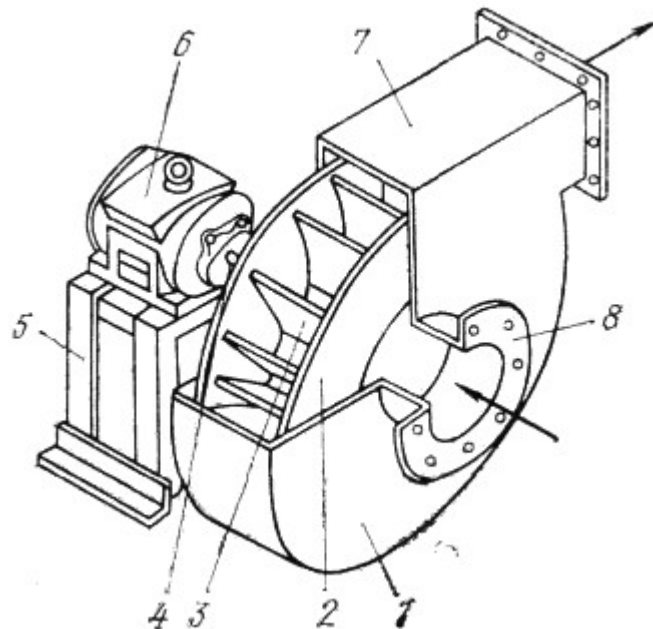


Рисунок 1.6 – Конструкція радіального вентилятора: 1 – корпус; 2 – робоче колесо; 3 – лопаті роботоного колеса; 4 – ось вентилятора; 5 – станина; 6 – двигун; 7 – вихлопний патрубок; 8 – фланець всмоктуючого патрубка.

У відцентрових вентиляторах повітря протікає під прямим кутом до напрямку вхідного повітря і викидає повітря назовні до вихідного через дію відхилення та відцентрової сили. Коли робоче колесо обертається, повітря надходить у вентилятор навколо відкритого простору між робочим колесом і валом і змушений рухатися під прямим кутом до валу в напрямку отвору корпусу вентилятора. Цей тип вентиляторів створює порівняно (по відношенню до осьових) більший тиск і менший потік газу; вони шумніші за осьові вентилятори. Радіальні/відцентрові вентилятори також класифікуються за типом лопатей коліс наступним чином:

Тип F-колеса, де леза загнуті вперед. Високоєфективний.

Тип В-колеса, де леза загнуті назад. Високоєфективний і зміна об'єму повітря незначна при зміні тиску. Низький рівень шуму та низьке споживання енергії.

Тип Р-колеса, де леза розташовані назад і прямі. Високоєфективний і зміна об'єму повітря незначна при зміні тиску. Самоочищення.

Т-подібний тип, де леза радіальні та прямі. Самоочищення.

Крім того, для радіальних/відцентрових вентиляторів, загалом, існують два основних типи приводів — фіксована швидкість і змінна швидкість. Вони застосовні для пристроїв керування, які оснащені радіальними вентиляторами. Фактично, всі пристрої керування, як зазначено для осьових вентиляторів, застосовні для радіальних вентиляторів, за винятком регулювання кроку лопатей вентилятора; це унікальний пристрій керування, пов'язаний тільки з осьовими вентиляторами[7].

1.3 Аналіз діагностики системи

Промислові вентилятори, які працюють у різних потокових системах, є головним обладнанням заводу. Тому їх слід належним чином доглядати.

Найпоширенішим способом оцінки стану є використання вимірів вібрації. Існує багато підходів до проведення таких тестів, які переважно відрізняються від підходу, що застосовується до обслуговування. Явища вібрації добре відомі та їх застосування дає багато переваг, таких як розпізнавання несправностей, ідентифікація проблем тощо. Однак ми можемо спостерігати багато несподіваних проблем у роботі промислових вентиляторів, які призведуть до тривалих та дорогих зупинок ремонту або катастрофічних збоїв, які, в більшості випадків, викликані неправильними методами моніторингу стану, експлуатаційними збоями. Все це пов'язано з ефектами великої інерції (великі маси, що обертаються), а також зі складними явищами потоку, присутніми в стаціонарних. Негативні явища, що виникають переважно за допомогою надмірної вібрації, часто важко ідентифікувати та усунути.

Вібрації виникають у всіх випадках роботи роторних машин. Вони присутні у стаціонарних та нестаціонарних станах і можуть бути викликані механічними або інерційними параметрами, такими як незбалансоване обертання маси, зачеплення шестерні або вплив двигуна на блок приводу. Вібрації, що у стаціонарних умовах, виникають під час номінальної роботи машини. Інший тип вібрації виникає при запуску та зупинці машини. У такому разі може статися резонансна частота. Чим більше машина, тим більші проблеми можуть виникнути через нижчі власні частоти і потенційний ризик високої вібрації під час повільного запуску або вимикання.

Наступна причина появи вібрацій – середній потік через вентилятор. Потік може бути джерелом вібрацій або посилювати їх. Виникають складні та множинні явища. Перший – це робота вентилятора на стабільному боці кривої вентилятора. Згідно з теорією, вентилятори повинні працювати з правого боку кривої характеристики вентилятора. Необхідний додатковий 10% безпечний запас, що вимірюється від вершини кривої. Якщо робота вентилятора не в безпечному діапазоні, може виникнути надмірна вібрація через відсутність стабілізуючого потоку.

Іншим фактором роботи вентиляторів є забезпечення відповідності параметрів потоку системи вентиляції характеристик вентилятора. Істотні зміни у системі вентиляції повинні враховуватися у параметрах роботи вентилятора шляхом зміни обертів чи регулювання стулок регулювання. Зазвичай зміна оборотів більш ефективна, але для неї потрібні дорогі частотні інвертори або багатошвидкісні двигуни. Якщо не вжити жодних заходів, то є великий ризик роботи вентилятора з лівого боку його характерною кривою, що може призвести до надмірної вібрації.

Наступним тригером вібрацій може бути сама вентиляційна система, яка викликає коливання потоку з певною частотою. Низька частота коливань потоку не є небезпечною, але як тільки вона збігається з власною частотою вентилятора або з частотою обертів на хвилину, це може викликати високі вібрації вентилятора та його вихід з ладу. Ефект пульсацій є природним джерелом вібрацій, що виходять від кінцевої кількості лопатей. Чим більше лопатей, тим менше пульсації потоку та вібрації як ефекту. Характерна частота лопатей перебуває в графіках діапазону коливань. Його вплив на загальні вібрації низький, але його необхідно враховувати при розробці, щоб запобігти можливому збігу з власною частотою вентилятора [8].

Одним з найважливіших дій на етапі проектування машини, що обертається, є визначення модальних властивостей, таких як частоти і форми нормальних режимів, забезпечення їх виходу за межі характерних частот вентилятора. Як згадувалося раніше, прикладом такого навантаження з погляду вентиляторів є частота обертання ротора вентилятора, а також частота лопатей. Стандарти, що стосуються окремих типів приладів, визначають діапазони, в яких не повинно бути власної частоти. Якщо вони не дотримані, об'єкт може бути схильний до резонансних коливань, що призведе до збоїв або навіть катастроф. Звичайними наслідками вібрації є тріщини вентилятора ротора. Приклади таких випадків показані на рис.1.10.

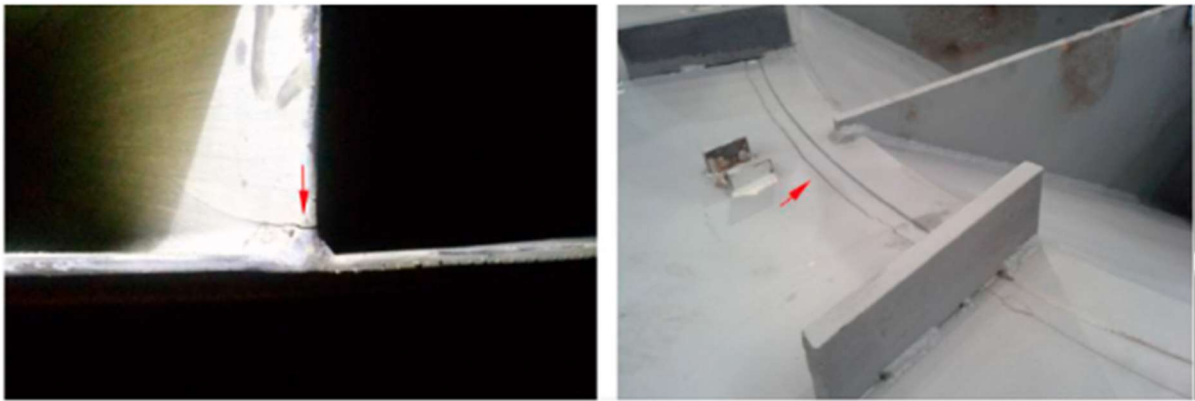


Рисунок 1.7 – Приклади відмов вентиляторів із-за вібрацій – тріщини роторів

Крім впливу вібрацій на цілісність вентиляторів, важливо забезпечити високу ефективність роботи вентиляторів. Така ефективність означає менше споживання електроенергії, менше забруднення та нижчі загальні витрати на експлуатацію. Вентилятори повинні бути сконструйовані так, щоб вони працювали в оптимальній точці характеристик і в таких умовах не мали проблем, пов'язаних з надмірною вібрацією. Однак у складних вентиляційних системах ця вимога може не виконуватись. У такому разі оператори вентиляторів хочуть забезпечити роботу із прийнятною вібрацією. Як другий пріоритет розглядають ефективність. Як уже зазначалося, оптимальним рішенням є наявність ефективних систем регулювання для коригування характеристик вентилятора до умов потоку та отримання високої ефективності за низьких вібрацій.

Явище надмірної вібрації небезпечне для великих машин, що обертаються, таких як промислові вентилятори високої потужності. Саме тому перевірка працездатності машини у несприятливих умовах важлива. Постійний чи періодичний контроль стану промислових вентиляторів здійснюється за допомогою експериментальних прийомів. Ці методи і прийоми використовуються для аналізу отриманої інформації і, отже, визначення стану машини в експлуатації. Надійність процесу моніторингу та подальшої оцінки стану в даному випадку тісно пов'язана з прийнятим обсягом тестування. Враховуючи важливість промислових вентиляторів як основного обладнання

заводу, велике значення має розвиток існуючих та нових методів контролю їхнього стану[9].

На даний момент на заводі «Промлит» у ливарному цеху застосовується найбільш поширений вид діагностування промислового вентилятора двома етапами з вбудованими датчиками технологічних параметрів приводу, що може нести за собою некоректність вимірів показників в різних станах обладнання. Перший етап містить оцінку технічного стану об'єкта за максимальною віброшвидкістю. Другий етап містить спектральний аналіз вібросигналу, який допоможе виявити частотний склад сигналу для оцінки дефекту. Істотним недоліком цього методу є те, що вібросигнал показує значно менший діапазон помилок, ніж він міг би відобразити. Тому сучасній системі бракує більшої ретельності перевірки. Отже, є необхідність створити нову удосконалену систему діагностики промислових вентиляторів за рахунок збільшення ретельності перевірки та автоматизації.

Виходячи з всього переліченого вище, ми маємо те, що вібрацій при безперебійній роботі виникає дуже багато, причин цих вібрацій велика кількість, завдяки чому одновимірна діагностика стоїть під сумнівом безпечної праці. Для того щоб виявити проблему конкретного типу, треба етапи діагностики об'єкту нашого керування. Перший етап перевірки буде містити стандартизовану оцінку технічного стану об'єкта за максимальною віброшвидкістю, яка являється найпоширенішою серед усіх. Другий етап аналізу буде локалізувати точки, які мають максимальну вібрацію. Даний метод забезпечить виявлення поломок у фундаменті, при збільшенні вібрації по всьому механізму. Одночасне збільшення вібрацій в 1 і 2 або 3 і 4 (рисунок 1.4.2) точках механізму, буде свідчити про дефекти ротора (дисбаланс або конструктивні дефекти). Збільшення вібрацій на точках 2 і 3 буде свідчити про дефекти муфти. А якщо збільшення вібрацій виникає в окремих точках, то це буде свідчити про дефекти підшипникового вузла.

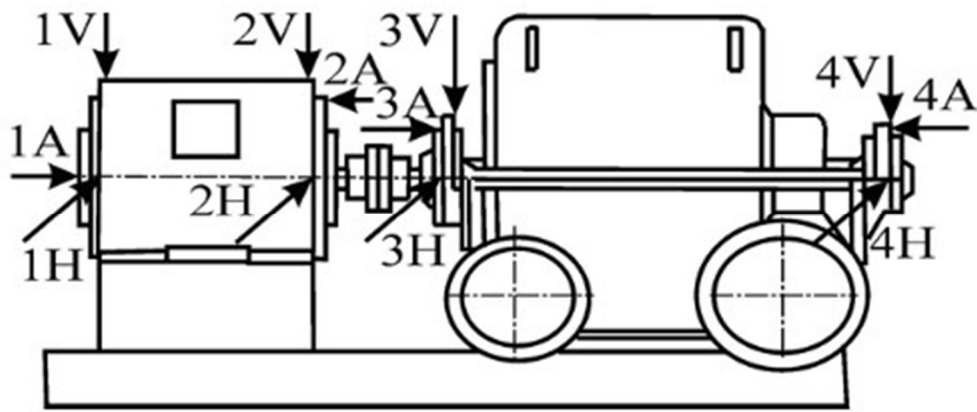


Рисунок 1.8 – Приклад розподілу контрольних точок виміру загального рівня вібрації

Третій етап аналізу буде у вигляді умовного звіту про можливі пошкодження механізму, котрі будуть аналізуватись конкретніше. Для оцінки стану нашої системи будуть використовуватись методи: взаємної оцінки (при зрівнянні однотипних механізмів), відносної оцінки (тимчасові зміни) та абсолютної оцінки (зрівняння вимірних показників із стандартизованими). Четвертим етапом перевірки буде спектральний аналіз, який допоможе виявити частотний склад сигналу для точної оцінки дефекту. Додатково буде введено три типи датчиків для вирішення всеможливих технічних проблем не тільки вентилятора, а також його приводу.

1.4 Мета та завдання роботи

Мета роботи – модернізація системи діагностики та контролю відцентрових вентиляторів у ливарному цеху, що забезпечує, високу точність діагностики, тривалішу експлуатацію вентилятора, значно менші витрати на ремонт, різноманітність датчиків та передачу інформації на сучасному рівні.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

- 1) Виконати аналіз існуючої системи діагностики та контролю;
- 2) Розробити функціональну схему модернізованої системи та обрати

обладнання для її реалізації;

- 3) Змодельовати модернізовану систему діагностики та контролю;
- 4) Забезпечити отримання інформації з вимірювальних каналів на сучасному рівні.

1.5 Висновки

1. Виконано аналіз технологічного процесу радіального вентилятора як об'єкта керування.
2. Проведено аналіз існуючої системи діагностики. Існуюча система має недоліки:
 - посередня точність діагностування;
 - малоетапне діагностування;
 - мала кількість та різноманітність датчиків;
 - важкість виділення вібросигналу, обумовленого наявністю неполадок.

2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА КОНТРОЛЮ ПРОМИСЛОВИМ ВЕНТИЛЯТОРОМ

2.1 Обґрунтування функцій та алгоритму системи діагностики відцентрового вентилятора

Нині система автоматичної діагностики та контролю, яка використовується на ливарному заводі «Промлит» має певні недоліки, які негативно впливають на експлуатацію промислового вентилятора та роботу у небезпечному середовищі. Надмірна кількість вібрацій може свідчити про безліч помилок при неперервній роботі об'єкту, тому доволі легко помилитись з визначенням конкретної проблеми. Тому використання малоетапної діагностики вібросигналу явно погане рішення. Цей метод метод являється малоефективним та економічно невідним, тому що під діагностикою мається на увазі перевірка якості роботи для подальшої експлуатації об'єкта, а отже витрати на ремонт будуть головним економічним показником системи. Як наслідок якості діагностування свідчить кількість ремонтних робіт, які обходяться в доволі високу ціну для компанії.

На підставі приведених недоліків в існуючій автоматичній системі діагностики та контролю режиму роботи відцентрового вентилятора, вказаного в попередньому розділі, пропонується збільшити кількість етапів вібродіагностування з підвищеною ретельністю до вібрацій. Функціональна схема системи автоматичної діагностики та контролю, що розробляється, наведена на рис. 2.1.

Система буде працювати на основі взаємодії всіх типів встановлених технологічних та вібраційних датчиків. Ця система допоможе встановити залежність вібрацій від технологічних показників, що допоможе у виявленні та конкретизації помилки. До існуючого рішення діагностування буде додано додаткові етапи діагностування з використання локалізації окремих ділянок

вібрацій, додаткову звітність про можливі пошкодження у системі, додаткову кількість технологічних датчиків, які будуть працювати в одній системі. Звітність можливих неполадок у системі допоможе у визначенні конкретного діапазону помилки, що значно спростить подальшу діагностику. Система спрямована зниження витрат на ремонтнообслуговування та зменшення кількості ремонтних робіт, що сильно вплине на зниження економічних витрат у процесі роботи системи.

2.2 Функціональна схема системи діагностики та контролю параметрів промислового відцентрового вентилятора

Щоб досягти поставленої мети модернізації була розроблена функціональна схема система автоматичної діагностики та контролю, яка наведена на рис. 2.1.

Система має різноманітну кількість датчиків які будуть слугувати допоміжними пристроями для визначення несправності. Модернізована система має у своєму складі додаткову кількість датчиків технологічних параметрів, котрі відповідають за зовнішні чинники вентилятора. Кількість вібродатчиків збільшена вдвоє, для додатково розрахунку вібрацій приводу вентилятора, котрий спричиняє можливість проявів додаткових частот. Вся система підключена до програмного комплексу стану системи. У процесі роботи системи з вібродатчика збирається сигнал, який потім перетворюється на спектри, при наявності яких система дає можливість проведення діагностики. Спосіб обчислення віброшвидкості визначено відповідним ГОСТом. Установка вібродатчика здійснюється на кожній опорі без порушення конструкції вентилятора та підключаються до клемної коробки, яка розташована поруч с опорами. Встановлення віброконтролера відбувається в шафі управління, він буде відноситись до програмного комплексу шафи. Вимірною основою системи є віброконтролер, який використовується для

моніторингу та контролю за вібраційними параметрами промислового радіального вентилятора в реальному часі з можливістю використання даного сигналу у аналізі віброакустичного сигналу за спектром прискорення.

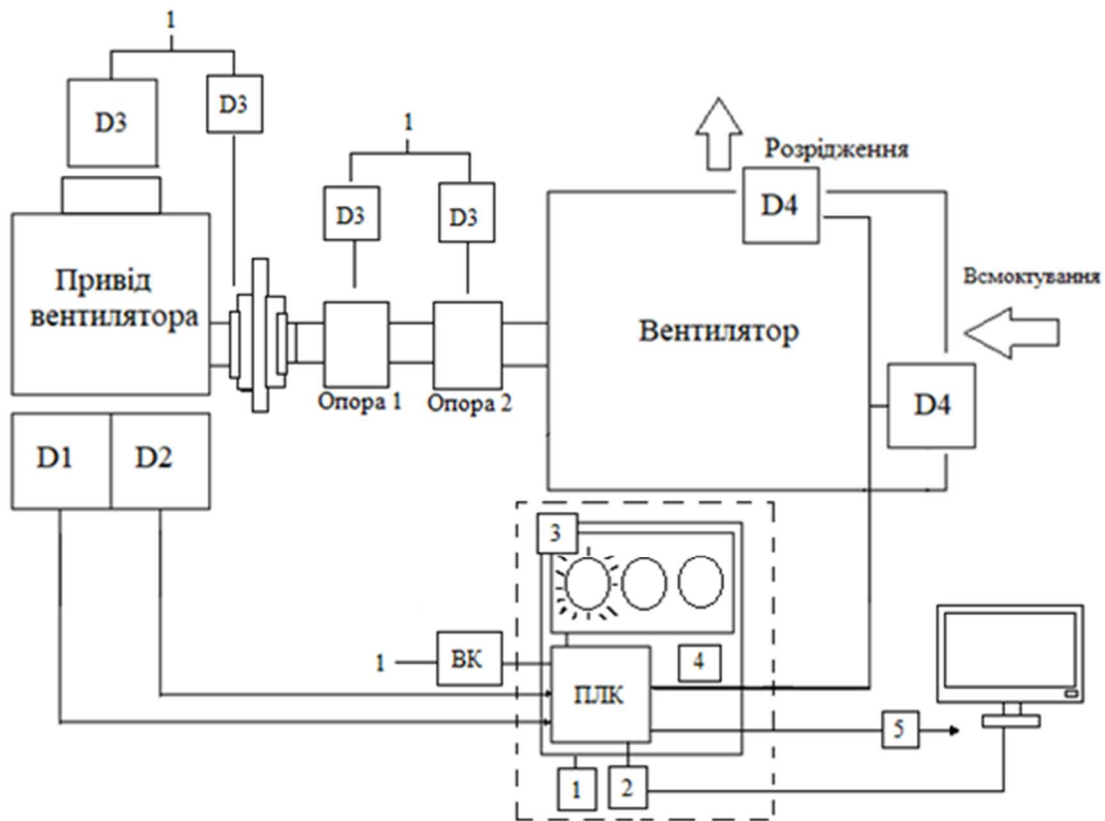


Рисунок 2.1 – Функціональна схема модернізованої системи діагностики та контролю промислового відцентрового вентилятора

D1 – датчик струму асинхронного двигуна;

D2 – датчики температури;

D3 – вібродатчики;

D4 – датчики тиску;

ВК – віброконтролер;

ПЛК – програмований логічний контролер обробки даних;

1 – одно- або трифазне джерело живлення ПЛК;

2 – інтернет з'єднання TCP/IP або 3G/4G;

3 – три світлових індикаторів стану;

4 – шафа управління;

5 – людино-машинний інтерфейс.

Датчик температури використовується в системі задля вимірювання температури на обмотці асинхронного двигуна приводу вентилятора, та на підшипникових опорах вентилятора. Датчик струму використовується в тому же приводі вентилятора, для моніторингу стану за напругою та струмом асинхронного двигуна. Вібродатчики встановлюються на підшипникові опори, на опору приводу вентилятора та на сам привід. Вони встановлюються за горизонтальним напрямом, вертикальним напрямом та осьовим на кожному місці виміру. Особливість монтажу вібродатчиків під різними кутами нахилу найбільш точно встановлюють характер поломки. Хоча при зміні віброшвидкості достатні вимірювання в радіальному напрямку, тобто вертикальному та горизонтальному. Датчики тиску використовуються для виміру тиску створеного вентилятором та викидами парів у вентиляційній трубі з котрої здійснюється всмоктування токсичних викидів та з котрої відбувається розрідження повітря з атмосферою. Аналогово-цифровий перетворювач використовується для здійснення перетворення аналогового сигналу з датчиків виміру технологічних параметрів системи, таких як: тиск, температура, струм. Перетворювання сигналу потрібно для обробки сигналу оператором з подальшим відображенням його на екрані комп'ютера або іншому пристрої з цифровим екраном. Одно- або трьохфазне джерело живлення використовується для живлення шафи управління, як наслідок всієї системи діагностики. Для отримання інформації, завантаження програмного забезпечення та максимальної стабільності роботи системи діагностики та контролю, необхідно мати стабільне підключення мережевою моделью передачі даних TCP/IP. Шафа управління представляє собою комплекс управління, обробки та моніторингу стану системи. Вона складається з програмного логічного контролеру обробки даних, що надходять з вимірювальних датчиків, який в свою чергу містить, крім програмованої системи обробки даних, реєстр даних системи. Програмований комплекс встановлює стан системи в реальному часі

за отриманими даними, що супроводжується відповідною світловою індикацією з трьох кольорів (червоний – тривога, жовтий – попередження, зелений – коректна робота системи). Вібраційний сигнал, оброблений програмним комплексом шафи управління, передається до подальшого аналізу методом спектру котрий допоможе виявити частотний склад сигналу. За наявності знань складу спектру можна з'ясувати та відрізнити частоти вібросигналу в частотному спектрі та визначити причину та наслідок пошкодження вентилятора.

2.3 Вибір технічних засобів для реалізації системи

Для реалізації системи автоматичної діагностики та моніторингу потрібні такі елементи системи: два датчика тиску, вісім вібродатчиків, вісім віброконтролерів, один запрограмований логічний контролер для шафи управління, два аналогових модулі вводу та один модуль виводу інформації, один датчик струму, три датчики температури, джерело живлення, модуль безпроводової передачі даних та модуль створення мережі для отримання інформації.

2.3.1 Вибір датчика тиску вентиляційної труби

Для вимірювання тиску вентиляційної труби токсичних викидів парів аміаку та окису вуглецю, ми будемо використовувати датчик тиску компанії BDSensor серії DMK331, зовнішній вигляд якого відображений на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Датчик тиску DMK331

Універсальний промисловий датчик тиску DMK331 з керамічним сенсором, який використовується для вимірювання тиску в діапазоні від 0,6 до 600 бар.

Патрубок з'єднання датчика виготовляється з нержавіючої сталі 316L котра стійка до корозійних впливів або пластику полівініліденфториду (PVDF), що особливо характерно до агресивних середовищ. Конструктивність приладу дозволяє поєднувати різноманітні механічні та електричні з'єднання, опції та матеріали, що дозволяє застосовувати дану модель для вирішення широкого кола задач вимірювання тиску. Для моделі доступний широкий ряд рішень та опцій – польовий корпус, індикація, вибухозахищене виконання, виконання зі зменшеним енергоспоживанням. Технічні характеристики датчику тиску BD Sensor DMK331 приведені в додатку Б.

Живлення датчика здійснюється від 12 до 36 В постійного струму. Схема електричного підключення датчика приведена на рис. 2.3.

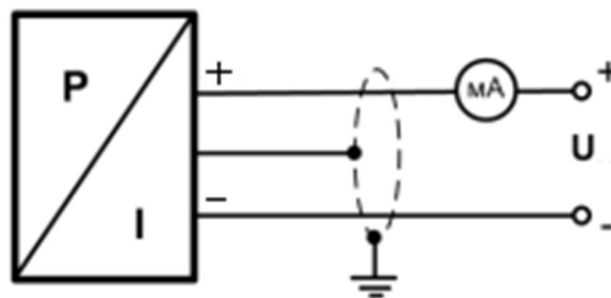


Рисунок 2.3 – Схема підключення датчика тиску BD Sensor DMK331

2.3.2 Вибір програмованого логічного контролера

Для забезпечення стабільного керування процесу будемо використовувати ПЛК сімейства S7 виготовлений фірмою Сіменс. Було обрано модель контролера S7-300CPU315-2DP (2AH14 0AB0) який відповідає наступним технічним характеристикам приведеними в таблиці у додатку В. На рис. 2.4 відображено реальний вигляд програмного логічного контролера.



Рисунок 2.4 –ПЛК S7-300CPU315-2DP

ПЛК сімейства S7 серії 300 впроваджують єдину концепцію технічної діагностики усіх елементів. Діагностичні функції та моніторинг системи включає розподіл всеможливих модулів контролера та ОС процесору. Завдяки цим функціям, процес локалізації та пошуку пошкоджень та помилок у роботі системи значно спрощується, це супроводжується також зниження часу простою технічних приладів. Щоб знизити час реакції на локалізацію пошкодження та помилок, використовуються спеціальні механізми переривання. Існує два види механізмів переривання: 1) діагностичний; 2) апаратний. Для більшої ефективності цих механізмів використовують сигнальні модулі з додатково розширеним набором діагностичних функцій. Ці функції використовують для виявлення стану та оцінки сигнальних модулів про їх

актуальну експлуатаційну здатність. Схема підключення програмованого логічного контролеру зображена на рис. 2.5.

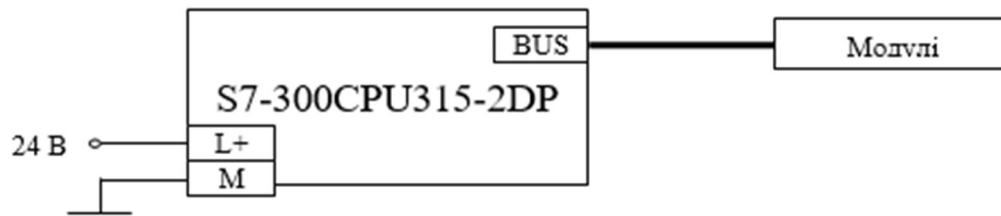


Рисунок 2.5 – Схема підключення ПЛК S7-300CPU315-2DP

Споживання ПЛК повинно забезпечуватись блоком живлення з номінальною постійною напругою 24 В та вихідним струмом 2 А. Для зменшення ризику збоїв не сумісності компонентів різних виробників буде застосовано блок живлення компанії Сіменс, а саме модель PS305 24В/2А (1BA80 0AA0). Відповідні технічні характеристики блока живлення відображені в таблиці у додатку Г. На рис. 2.6 відображено реальний вигляд джерела живлення використовуваного в системі.



Рисунок 2.6 –Джерело живлення PS305 24В/2А

Схематичне зображення підключення блока живлення відображається на рис. 2.6.

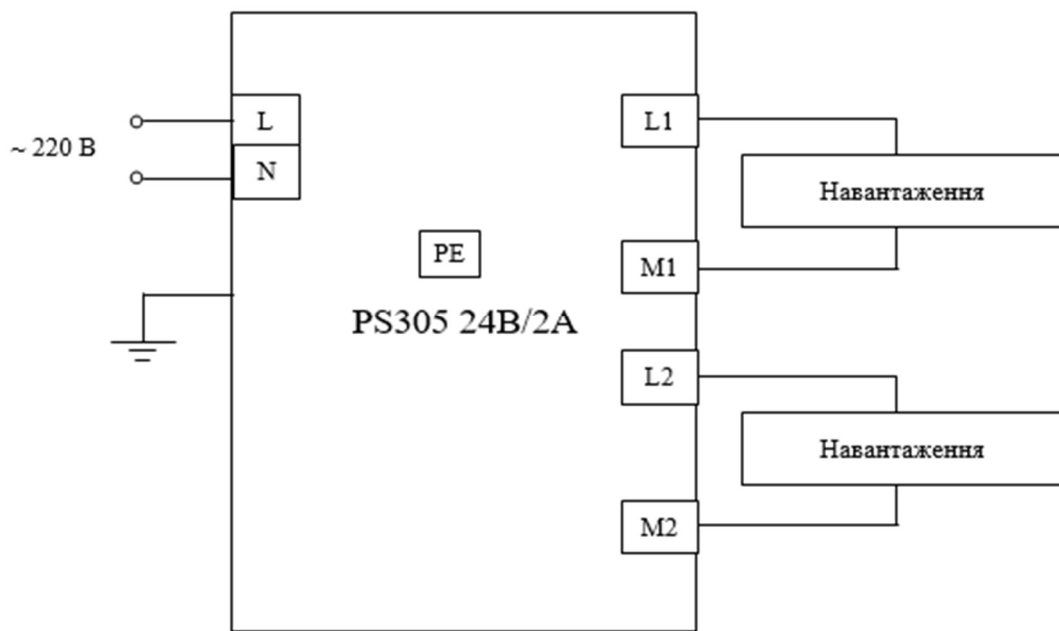


Рисунок 2.7 – Схема підключення ДЖ PS305 24В/2А

2.3.3 Вибір датчика струму

Крім стану безпосередньо вентилятора особливо важливо моніторити стан його приводу. Привід містить асинхронний двигун, який може спричиняти порушення в роботі вентилятора. Знаючи поточний стан споживаного струму можна зробити в цілому висновок щодо поточного стану обладнання та процесу. Було обрано датчик серії T201 компанії Seneca. Технічні характеристики обраного датчика струму наведені в таблиці у додатку Д. Зовнішній вигляд датчика представлений на рис. 2.8.



Рисунок 2.8 – Датчик струму T201

Схематичне зображення підключення датчику струму відображається на рис. 2.9.

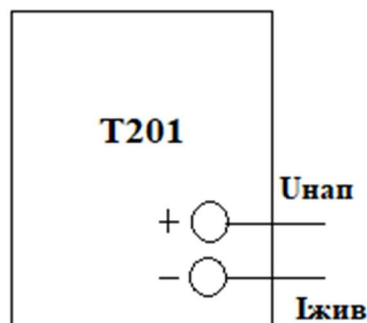


Рисунок 2.9 – Схема підключення T201

2.3.4 Вибір датчиків температури

Перегрів елементів являється великою проблемою на сьогодні, а перегрів приводу динамічного об'єкту керування може завдати серйозних економічних втрат. В ролі термодатчика буде використовуватися датчики з позитивним температурним коефіцієнтом (PTC) або терморезистор. Ці датчики вбудовуються в обмотки електродвигуна на кожну фазу. Якщо температура обмоток електродвигуна вища за температуру відключення, опір датчика змінюється відповідно до цих зміни. Було обрано термодатчик PTC1000.

Технічні характеристики термодатчика РТС1000 відображені в таблиці у додатку Е. Зовнішній вигляд датчика відображається на рис. 2.10.



Рисунок 2.10 – Температурний датчик РТС1000

Схематичне зображення підключення датчика температури відображається на рис. 2.11.

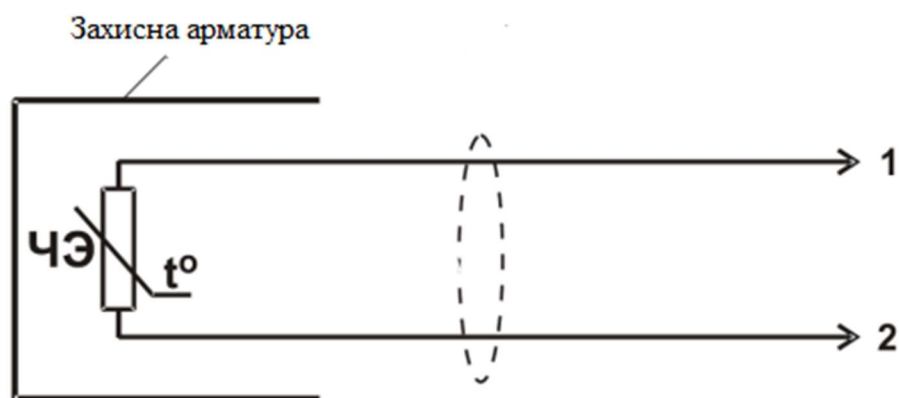


Рисунок 2.11 – Схема підключення РТС1000

2.3.5 Вибір вібродатчиків та віброконтролера

Основною складовою системи вібродіагностування виступають віброперетворювачі. Передавальний сигнал датчика передається до віброконтролера, який в свою чергу виступає виконувачем системи, відносно вібрації. Віброконтролер дозволяє контролювати та повідомляти влаштованими індикаторами поточний стан системи, якщо той не потребує додаткової перевірки. За наявності збільшення допустимого рівня вібрації передається сигнал у вигляді замкненого контакту. Виконавчим віброконтролером було обрано AP5300M. З особливостей цього віброконтролера можна відмітити його працездатність з віброперетворювачами із вбудованою електронікою, які будуть використані у системі. Технічні характеристики контролера відображені в таблиці у додатку Є. Зовнішній вигляд якого відображається на рис. 2.12.



Рисунок 2.12 – Віброконтролер AP300M

Схематичне зображення підключення датчику температури відображається на рис. 2.13.

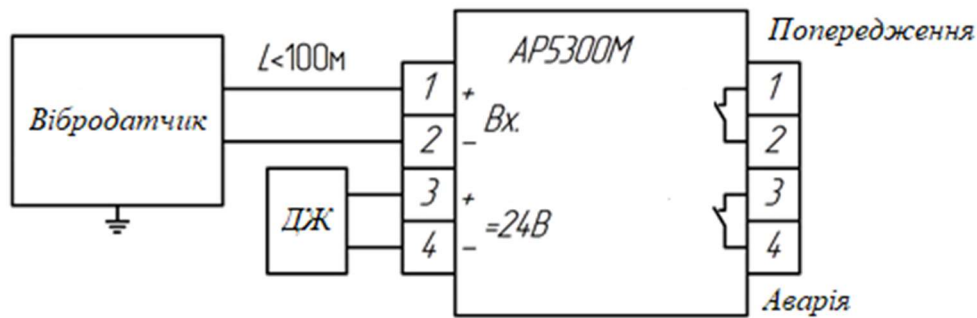


Рисунок 2.13 – Схема підключення AP300M

Стосовно вібродатчиків було обрано п'єзоелектричні віброперетворювачі із вбудованою електронікою. Серед яких використані у системі став датчик серії ВК310. Відповідні технічні характеристики віброперетворювача відображені в таблиці у додатку Є. Зовнішній вигляд датчика показаний на рис. 2.14.



Рисунок 2.14 – Вібродатчик ВК310С

Схематичне зображення підключення датчику вібрації відображається на рис. 2.15.

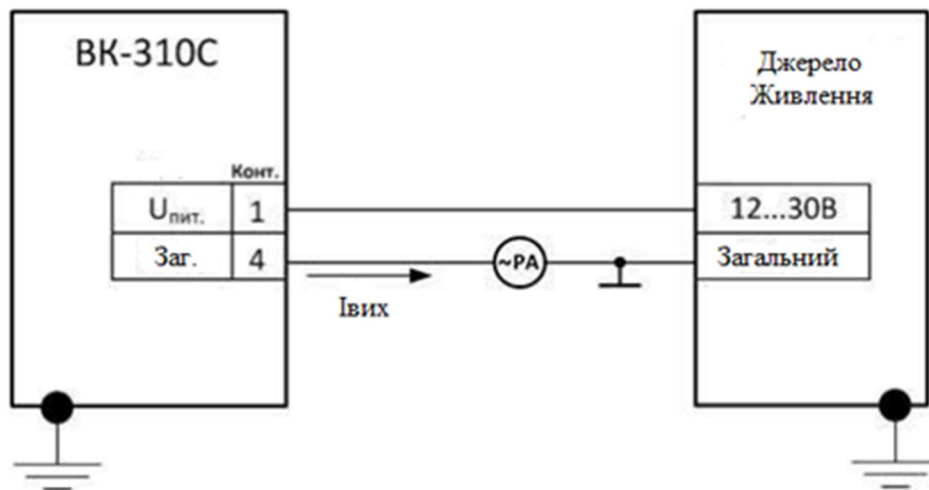


Рисунок 2.15 – Схема підключення ВК310С

2.3.6 Вибір модулів вводу та виводу даних

Для забезпечення вводу та виводу інформації в програмований логічний компонент використовуються окремі модулі. Ці модулі забезпечують пропускання поступаючих по аналоговим каналам інформації отриманої датчиків виміру технологічних та вібраційних показників. До системи відносяться 4 типи датчиків в кількості 14 штук. Для забезпечення підключення усіх датчиків до програмованого логічного контролеру нам потрібно щонайменше 14 вхідних каналів та 4 вихідних. Тому було обрано два модулі входу від компанії Сіменс серії SM331 AI на 8 аналогових входів з роздільною здатністю в 16 біт (7NF10 0AB0) та модуль вихідних каналів серії SM332 AO на 4 аналогових вихідних каналів з роздільною здатністю в 16 біт (7ND02 0AB0). В таблицях у додатку Ж наведені технічні характеристики обох модулів.

Схема підключення наведеного модуля вводу SM331 на 8 каналів відображена на рис. 2.16.

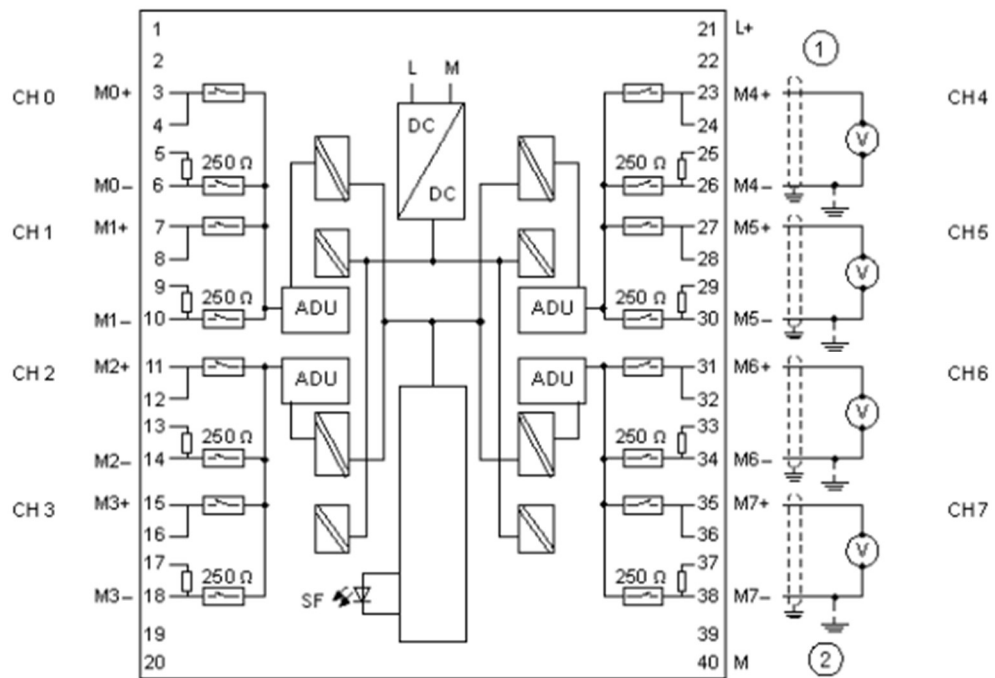


Рисунок 2.16 – Схема підключення SM331 на 8 аналогових входів: 1 – підключення для виміру напруги; 2 – вирівнювання потенціалів

Схема підключення наведеного модуля SM332 виводу на 4 канали відображена на рис. 2.17.

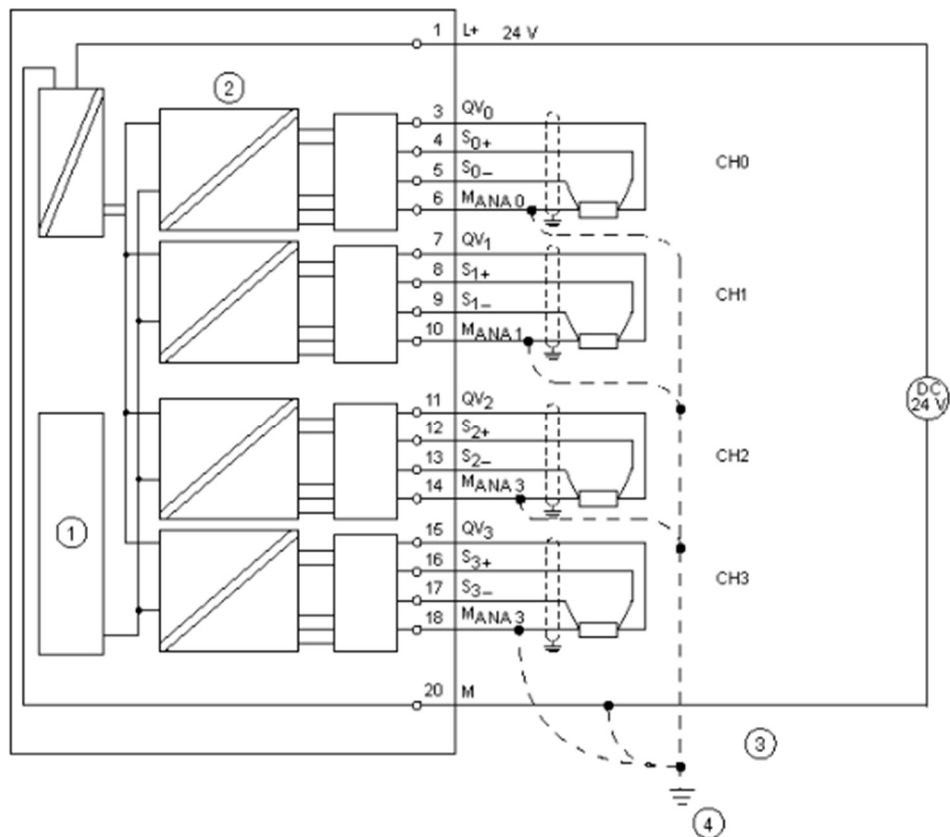


Рисунок 2.17 – Схема підключення SM332 на 4 аналогових виходи: 1 – інтерфейс шини заднього бекплейта; 2 – електрична ізоляція; 3 – вирівнювання потенціалів; 4 – функціональне заземлення

2.3.7 Вибір безпроводових модулів передачі даних

Використання безпроводових мереж в промислових масштабах доволі швидко зростає. Індустрія 4.0 принесла нові технології та сервіси, які допомагають покращити виробничий процес. Для передачі даних з цих технологій потрібні надійні безпроводові системи, які не буду піддаватись перешкодам, що утворюються різноманітними зовнішніми чинниками. Використання безпроводових промислових мереж повинні також відповідати промисловим стандартам безпеки, які несуть за собою велику кількість проблем.

Було обрано безпроводову мережу Zigbee. Модулі серії ZT-USB є

малогабаритними безпроводовими перетворювачами ZigBee на основі стандарту IEEE802.15.4, які дозволяють використовувати USB-інтерфейс перетворений на особисту мережу ZigBee. Приведено технічні характеристики модуля перетворювача безпроводового сигналу в таблиці у додатку 3. Зовнішній вигляд модулю зображений на рис. 2.18.



Рисунок 2.18 –Модуль безпроводової мережі Zigbee ZT-USBC

Відповідно до модуля перетворювача безпроводової мережі було обрано модуль передачі інформації ZT2026 на 4 аналогових входи та 2 аналогових виходи. Технічні характеристики модуля відображаються в таблиці у додатку 3. На рис. 2.19 зображено реальний вигляд модулю.



Рисунок 2.19 –Модуль безпроводової мережі ZT2026

Схема підключення модулю безпроводової мережі ZT2026 на 4 аналогових входи та 2 аналогових виходи наведено на рис. 2.20

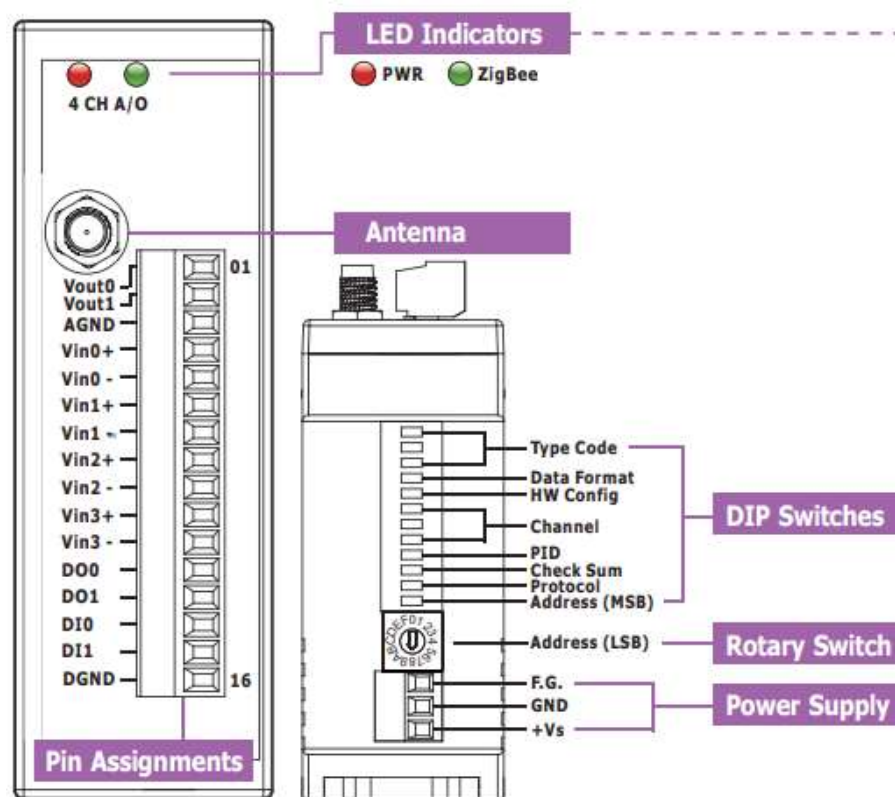


Рисунок 2.20 – Схема підключення модулю безпроводової мережі Zigbee на 4 аналогових входи та 2 аналогових виходи

2.4 Алгоритмізація процесу діагностики

Алгоритмізація процесу діагностики приведена на рис. 2.21.

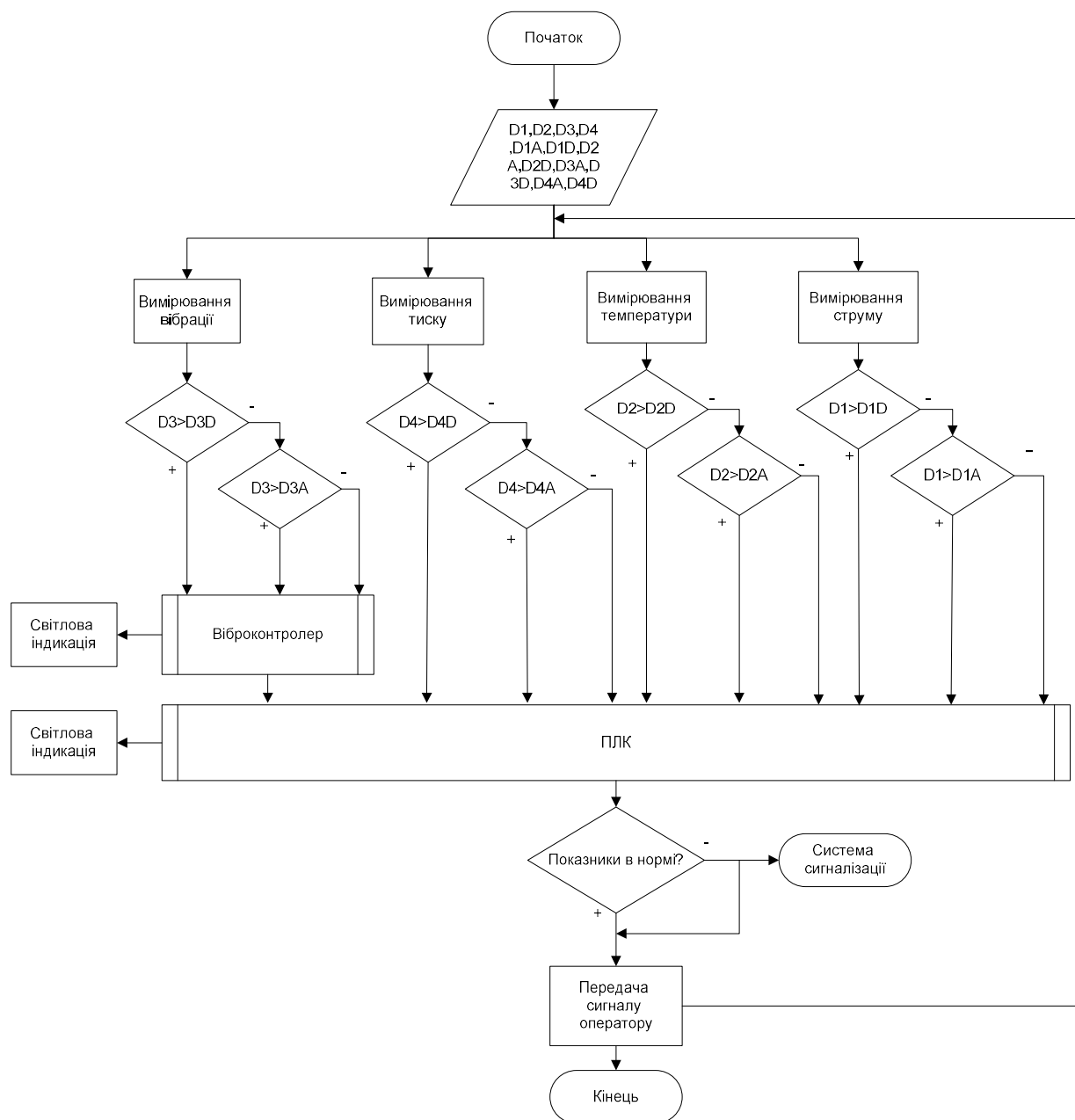


Рисунок 2.21 – Алгоритм системи діагностування

Специфікація умовних позначень в алгоритмі системи наведеної вище приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Специфікація умовних позначень алгоритму діагностики системи

Умовне позначення	Опис
D1	Поточний вимірювальний сигнал з датчика струму
D2	Поточний вимірювальний сигнал з датчика температури
D3	Поточний вимірювальний сигнал з датчика вібрацій
D4	Поточний вимірювальний сигнал з датчика тиску
D1A	Значення струму вище СКЗ
D2A	Значення температури вище СКЗ
D3A	Значення вібрації вище СКЗ
D4A	Значення тиску вище СКЗ
D1D	Значення струму критичне
D2D	Значення температури критичне
D3D	Значення вібрації критичне
D4D	Значення тиску критичне

Чотири незалежних один від одного типів датчиків вимірюють технологічні та вібраційні показники промислового вентилятора. Перший тип датчику D1 вимірює показники струму асинхронного двигуна приводу вентилятора. Датчик забезпечує зворотній зв'язок, аналіз отриманого струму допомагає отримати дані не тільки стан включення, а також аналізувати перевантаження, холостий хід та заклинення механізму. Другий тип датчику D2 вимірює показники температури на кожній обмотці асинхронного трифазного двигуна приводу вентилятора. Третій тип датчику D3 вимірює показники вібрації на підшипникових опорах вентилятора та приводу під двома кутами нахилу. Четвертий тип датчику D4 вимірює показники тиску вентиляційної

труби за допомоги якої здійснюється всмоктування та розрідження повітря.

Майже все ці типи датчиків проходять однакову процедуру передавання та обробку вимірювального сигналу в ПЛК. Перший етап включає в себе порівняння сигналу з близькими до критичних показників сигналами при виявленні критичного показника за допомоги програмованого логічного контролера, що супроводжується відповідною світловою індикацією, сигнал якнайшвидше передається системи безпеки та оператору. Другим етапом йде перевірка сигналу з максимальним середньоквадратичним значенням які нормовані відповідними ГОСТами або технологічною специфікацією. При виявленні некоректного сигналу, що супроводжується відповідною світловою індикацією, наступним кроком передається сповіщення оператора, який в свою чергу аналізує отримані дані та робить висновок щодо неполадки. Третім етапом, який властивий тільки датчику вібрації, відбувається перевірка якості вимірювального вібраційного сигналу віброконтролером, який сповіщає світловою та інформаційною індикацією про стан сигналу. Останнім етапом діагностики слугує програмований логічний контролер, який обробляє та аналізує отримані сигнали після оцінки стану системи передає сповіщення про показники за допомоги безпроводового зв'язку до оператора або до системи безпеки при виявленні критичних показників системи. Врешті решт йде зациклення діагностики для постійного моніторингу стану системи.

2.5 Висновки

1) Спроековано модернізовану функціональну схему автоматичної системи діагностики та моніторингу стану системи

2) За функціональною схемою було обрано технологічні датчики та модулі керування системою:

- для вимірювання тиску вентиляційної труби на виходах вентилятора буде використовуватись датчик DMK331;

- програмною складовою шафи управління системою було обрано програмованих логічних контролер S7-300CPU315-2DP;
- блоком живлення програмованого логічного контролера буде виступати PS305 24В/2А;
- для вимірювання струму асинхронного двигуна вентиляторного приводу використовуватиметься безконтактний датчик струму T201;
- температурним вимірником обмотки асинхронного двигуна вентиляторного приводу буде виступати терморезистор РТС1000;
- за вимірювання вібраційних показників системи будет використовуватись віброперетворювач із вбудованою електронікою ВК310С;
- за обробку отриманого с датчиків віброперетворювачів інформаційного сигналу буде відповідати віброконтролер АР300М;
- для забезпечення передачі інформаційного сигналу до програмованого логічного контролера використовується датчик вводу SM331 на 8 аналогових входів;
- для забезпечення передачі інформаційного сигналу з програмованого логічного контролера використовується датчик виводу SM332 на 4 аналогових виходи;

3) Були наведені схеми підключення до кожного приведенного технічного засобу виміру та контролю та реальні зображення компонентів системи.

4) Було обрано модулі мережі Zigbee для забезпечення безпроводової та безпечної передачі інформації до оператора. ZT-USBC для отримання інформації та конвертації мережі в Zigbee і ZT2026 для безпосередньої передачі інформації до модуля.

5) Наведено алгоритм модернізованої системи діагностики та опис покрокової роботи системи.

3 МОДЕЛЮВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА КОНТРОЛЮ

3.1 Побудова моделі керування системою та розрахунок вимірювальних параметрів

Об'єктом діагностики вище зазначеної системи виступає відцентровий промисловий вентилятор. Однак через їх постійне використання в суворих умовах вони схильні до кількох невидимих проблем. Оскільки вентилятор є невід'ємною частиною промислового обладнання, що використовується сьогодні в ливарному цеху, їх постійна робота з максимальною продуктивністю може в кінцевому підсумку призвести до зносу і подальшого виходу з ладу.

Зважаючи на те, що не має можливості промодельовати програмований логічний контролер фірми Сіменс за допомоги фірменного програмного забезпечення Сіменс. Моя задача складалась з відточення алгоритмів управління системою. Тому обробка сигналу програмованого логічного контролера приведеної системи діагностики виконувалось на базі Arduino UNO R3 з використанням вимірювання інформаційних даних, які відображаються вигляді потенціометрів з активною складовою. До моделі керування надано програмний код, який керує результатом вимірювального сигналу. До системи підключається підключається осцилограф для наглядного результату виявлення несправності датчиків та віртуальний термінал для зображення відтворюваної інформації поточного стану датчиків виміру. Проектування програмованого логічного контролера у вигляді Arduino відбувалось у пакеті програм для автоматизованого проектування електронних схем Proteus Design Suite. Схематичне рішення системи відображається на рис. 3.1.

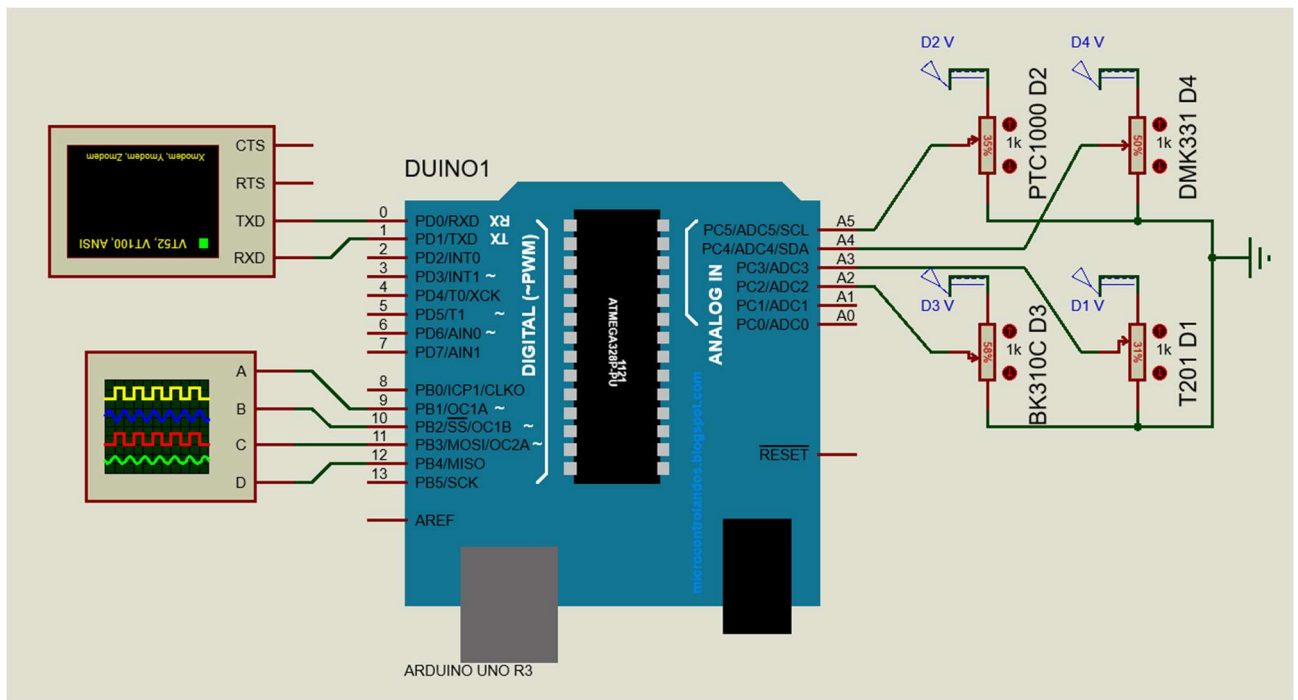


Рисунок 3.1 – Спроектована схема обробки сигналу програмованого логічного контролера Сіменс.

На схемі відображається підключення до аналогових каналів вимірювальних компонентів у вигляді потенціометрів з активною складовою до програмованого контролера Arduino. Датчики відображаються відповідною маркуванням. Датчик D1 відповідає за вимірювання струму асинхронного двигуна приводу вентилятора. Датчик D2 відповідає за вимірювання температури на кожній фазі асинхронного двигуна приводу вентилятора. Датчик D3 відповідає за вимірювання вібраційних показників вентилятора та його приводу. Датчик D4 відповідає за вимірювання тиски вихідного та вхідного потоку вентилятора. Майже для кожного вимірювального датчика в системі властиве джерело живлення для забезпечення живлення електроніки вбудованої в них. Відповідна напруга до датчика D1 знаходиться в діапазоні від 5 до 28 В постійної напруги, значення напруги варіюється в залежності від позначки вимірюваного струму, адже на датчику присутній перемикач з діапазоном вимірювання від 5 до 40 ампер з кроком зміни в 5 ампер. В нашому випадку використовується позначка в 20 ампер, що відповідає 10 вольтам постійної напруги, оскільки номінальне значення струму для асинхронного

двигуна з потужністю в 1.1 кВт повинно не перевищувати 10 ампер. Відповідна напруга до датчика D2 не розраховується, оскільки в якості вимірювального компонента використовується терморезистор з захисною арматурою, який вимірює температуру за допомоги опору без електронних компонентів потребуючих живлення, в схемі воно умовно присутнє для відображення алгоритму роботи потенціометра. Відповідна напруга до датчика D3 знаходиться в діапазоні від 12 до 30 В постійної напруги. Було взято усереднене значення в 24 В постійної напруги. Відповідна напруга до датчика D4 знаходиться в діапазоні від 12 до 36 В постійної напруги. За тим же принцип було взято усереднене значення в 24 В постійної напруги. Саме це номінальне значення в 24 В постійної напруги живить програмований логічний контролер Сіменс.

Програмування для використаного програмованого контролера Arduino виконується у спеціальному програмному забезпеченні Arduino IDE з використанням програмної мови C. В цьому програмному забезпеченні здійснюється програмування кожного вимірювального компоненту. Код програми відображається в додатку II. З представленого програмного коду який присутній кожному зазначеному датчику ми бачимо зчитування сигналу з аналогового входу A(n). Результатом зчитування сигналу проводиться операція перетворення отриманого функцією `analogread()` цілочисленого значення від 0 до 1023 у вхідну напругу датчику. Наступним кроком виконується скалярна від вхідної напруги до бажаних вимірювальних вихідних значень за допомоги функції `map()`. Далі виконується порівняння поточного сигналу з близькими до критичних показників. Результатом програмного коду виводиться на екран якість поточного сигналу стану двигуна.

Для розрахунку номінального струму асинхронного трифазного двигуна використовується наступні дві формули:

$$F.L.C = \frac{P_{kW} \times 1000}{\sqrt{3} \times Voltage \times \cos\phi \times \eta} \quad (3.1)$$

$$F.L.C = \frac{P_{hp} \times 746}{\sqrt{3} \times Voltage \times \cos\phi \times \eta} \quad (3.2)$$

де Voltage – міжфазна напруга для трьохфазного двигуна;

$\cos\Phi$ – номінальний коефіцієнт потужності двигуна;

η – ефективність мотору;

P_{kW} – кіловатна потужність;

P_{hp} – потужність в кінських силах

Використання першої формули характерно коли відоме значення kW, а використання другої формули коли відоме значення hp. Тому шляхом розрахунку визначення, що для 1.1 кВт двигуна з міжфазною напругою в 220В АС характерно номінальне значення струму в 10. Критичне значення для двигуна буде, відносно номінального значення, збільшення поточного значення вдвічі.

Для визначення температури здійснюють вимірювання опору обмотки в холодному та нагрітому станах. Треба мати на увазі, що з моменту відключення двигуна до початку вимірів проходить деякий час, протягом якого встигає обмотка охолонути. Тож правильного визначення температури обмоток у момент відключення, тобто в робочому стані двигуна після відключення машини по можливості через рівні проміжки часу виробляють декілька вимірювань. Розрахунок номінальної температури виконується за рахунок класу нагрівостійкості ізоляції обмоток. Межа нагрівостійкості визначається температурою, за якої вони перегорають. Виділяють сім класів стійкості до температур ізоляцій обмоток. Клас обмотки У, який властивий до розробленої системи діагностики. Обмотка цього класу виконується із паперу або натуральних тканин без додаткового ізоляційного захисту. Максимально допустимий температурний показник із-за урахування властивостей обмотки

для цього класу визначається в 90 градусів по Цельсію. Результатом програмного коду виводиться на екран якість поточного сигналу температури двигуна.

Для розрахунку віброшвидкості використовується загальний вид кривих для критеріїв на основі середнього квадратичного значення віброшвидкості. Відповідно до ГОСТ ISO 10816-1-97 приведено загальну форму СКЗ у виді кривих на рис. 3.2.

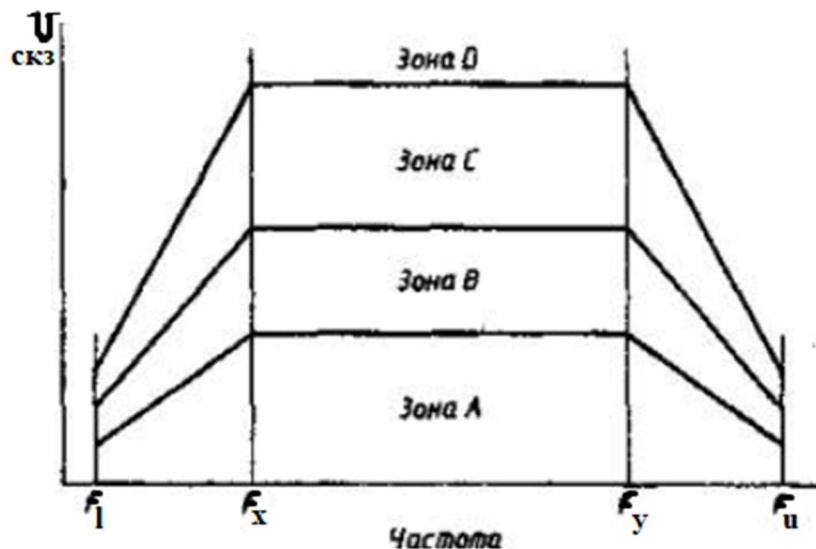


Рисунок 3.2 – Загальна форма кривих для зон стану СКЗ за віброшвидкістю.

З рисунку ми бачимо вказані межі частотного діапазону вимірювань f_u і f_l . Для зони від f_x до f_y характерно застосовано критерії констант віброшвидкості. Для цього критерія приведені постійні значення меж до механізмів класу 1, які зображені в ГОСТ. До механізмів відносяться частини двигунів, які з'єднані з агрегатом який працює в звичайному режимі для них, до таких механізмів відносяться серійні електричні двигуни потужністю до 15 кВт.

Кожна зона відповідає поточному стану системи відносно вимірювальних параметрів, опис кожної зони стану виглядає наступним чином:

Зона А – відповідає ідеальному стану приладу, який характерний для нових механізмів;

Зона В – відповідає нормальному експлуатаційному стану;

Зона С – відповідає порушеному нормальному функціоналу, який не зможе функціонувати тривалий час;

Зона D – відповідає за критичний стан приладу, який може призвести до серйозних пошкоджень.

Криві, які відображені на рис. 3.2 представлені наступним рівнянням:

$$v_{r.m.s} = v_A G (f_z / f_x)^k (f_y / f_w)^m \quad (3.3)$$

де $V_{r.m.s}$ – допустиме СКЗ віброшвидкості;

V_A – СКЗ віброшвидкості, яке задовільняє діапазону частот між f_x та f_y , м/с;

G – коефіцієнт, який визначає межі зон;

k, m – константи для механізмів конкретного типу;

f_x, f_y – межі діапазону вимірювальних частот, яке визначається на основі одного значення віброшвидкості, Гц;

f_w, f_z – межі діапазону частот, які визначаються наступними системами:

$$\begin{aligned} f_w &= \begin{cases} f_y, & \text{де } \dots f < f_y; \\ f, & \text{де } \dots f \geq f_y; \end{cases} \\ f_z &= \begin{cases} f_x, & \text{де } \dots f \geq f_x; \\ f, & \text{де } \dots f < f_x; \end{cases} \end{aligned} \quad (3.4)$$

де f – частота, для якої визначається СКЗ, Гц.

Гази можуть бути перетворені на рідину стисненням за умови, що температура не перевищує певного для кожного газу значення. При критичному стані щільність пари стає рівною щільності рідини. Критичні показники тиску та температури взяті із розрахункових таблиць газів усіх категорій, які розраховувались для викидів парів аміаку. Відношення параметрів газу, що характеризують його стан, до їх критичним значенням, називаються наведеними. Розрахунок наведеної температури:

$$T_{\text{пр}} = T/T_{\text{кр}} \quad (3.5)$$

де T – абсолютний показник температури;

$T_{\text{кр}}$ – критичний показник температури.

Розрахунок наведеного тиску:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{абс}}/P_{\text{кр}} \quad (3.6)$$

де $P_{\text{абс}}$ – абсолютний показник тиск;

$P_{\text{кр}}$ – критичний показник тиску.

Розрахунок наведеного об'єму газу:

$$V_{\text{пр}} = V/V_{\text{кр}} \quad (3.7)$$

де V – абсолютний показник газу;

$V_{\text{кр}}$ – критичний показник газу.

Критичний об'єм газу вважається тим котрий відповідає критичній температурі газу. В той час як стан газу, що відповідає критичним показникам температури, тиску та об'єму називають критичним станом газу.

Існує загальне рівняння стану без включення величин, що характеризують його:

$$f(P_{\text{пр}}, T_{\text{пр}}, V_{\text{пр}}) = 0 \quad (3.8)$$

Стан, що відповідає цій умові, називається законом відповідних станів, за яким два гази матимуть один і той же наведений об'єм, якщо вони рівні наведені показники тиску та температури. Значення закону відповідних станів у тому, що дозволяє з достатньою точністю визначати коефіцієнти стисливості та інші параметри за графіками, побудованими у наведених параметрах.

Результатом синтезу програмного коду виступає підключений віртуальна

консоль та осцилограф. Приклад відпрацювання системи при випадково заданих налаштування, які зображені на рис. 3.3.

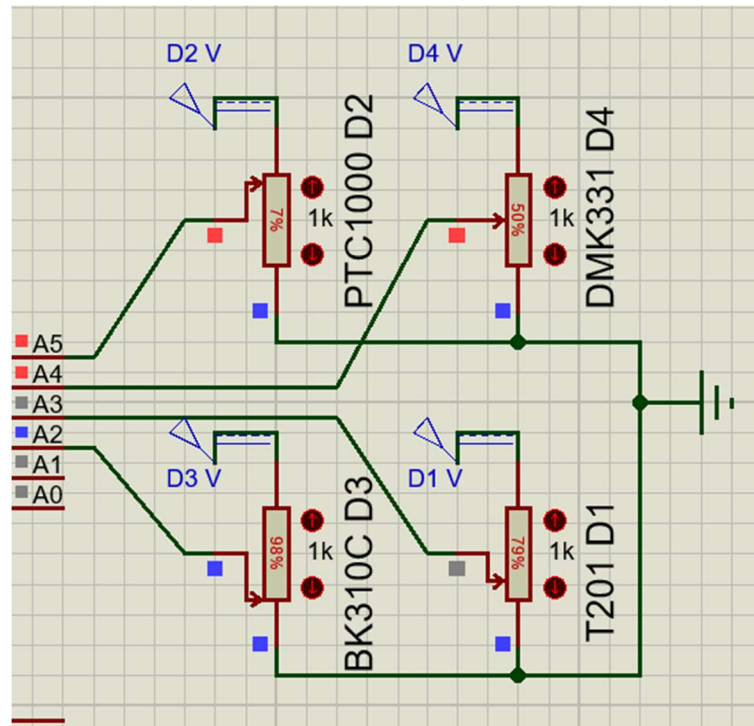


Рисунок 3.3 – Випадково задані налаштування потенціометрів

При таких налаштування ми маємо наступну картину в осцилографі на рис. 3.4.

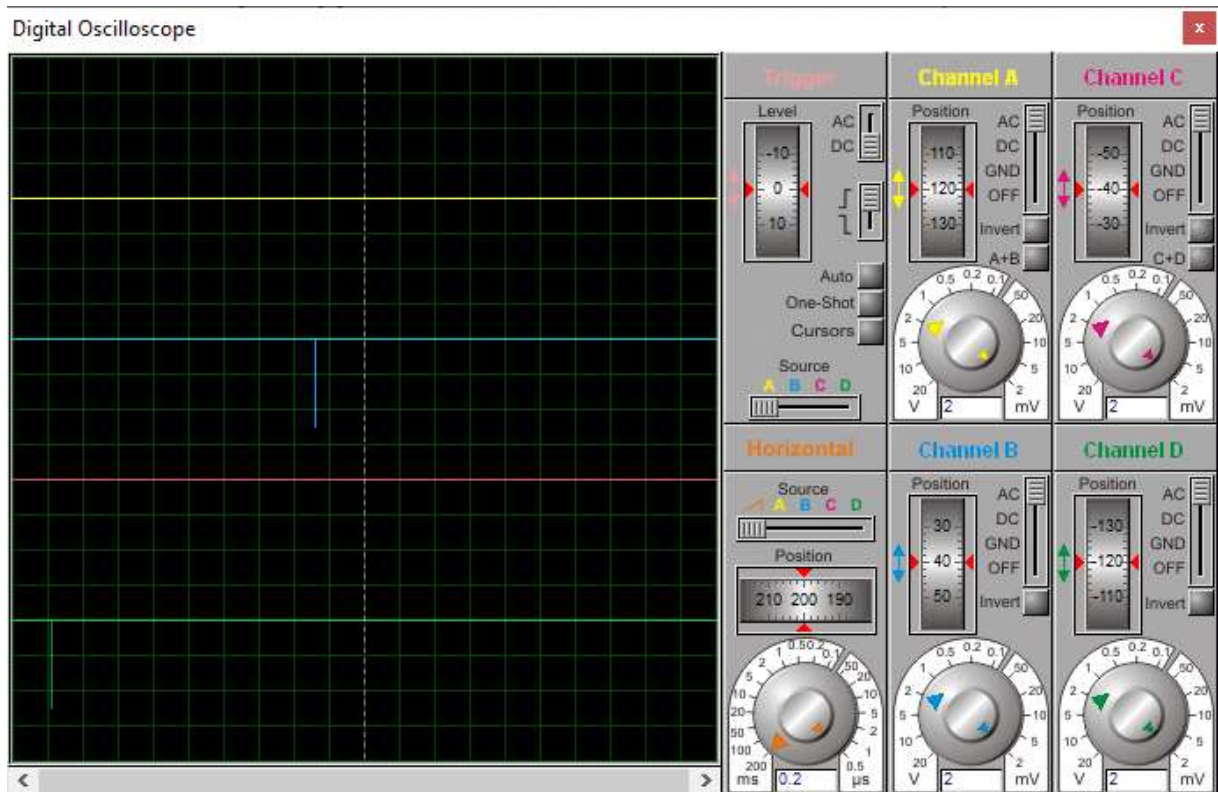


Рисунок 3.4 – Вікно осцилографа при випадково заданих налаштуваннях

Вікно осцилографа повідомляє про несправності другого та четвертого каналів, тобто датчиків D2 та D4. Крім осцилографа, ми маємо текстову інформацію поточного стану у віртуальній консолі вікно якої відображається на рис. 3.5.

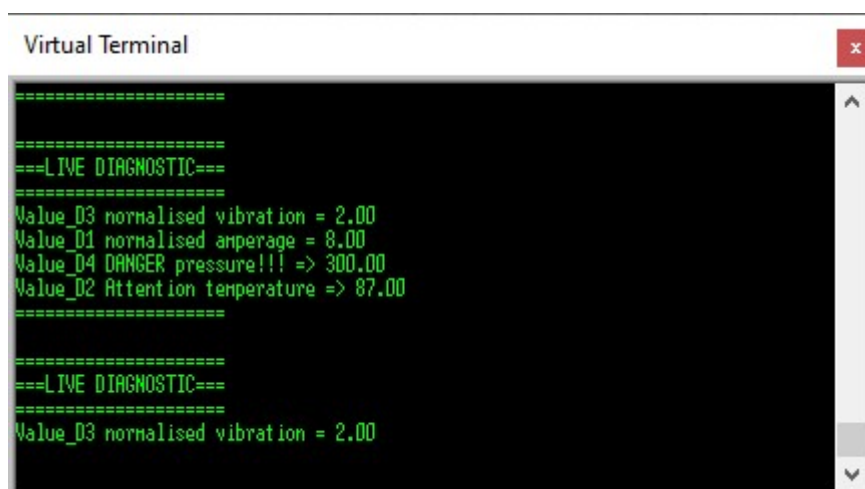


Рисунок 3.5 – Вікно віртуальної консолі при випадково заданих налаштуваннях

З рис. 3.5. ми бачимо про критичний стан датчика тиску D4 та близького

до критичного стану температурного датчика D2. Загальний вигляд моделі в працюючому стані можна побачити на рис. 3.6.

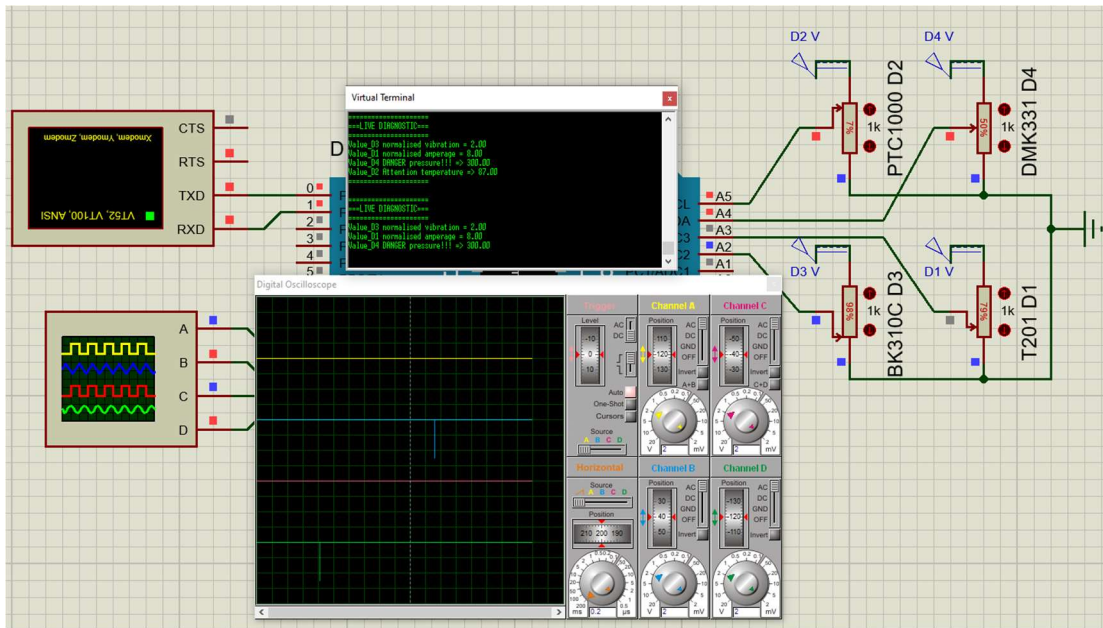


Рисунок 3.6 – Загальний вид розробленої моделі діагностики в працюючому стані

3.2 Безпроводова технологія передачі даних

В системі використовується безпроводова мережа Zigbee, яка відображена на рис. 3.7.

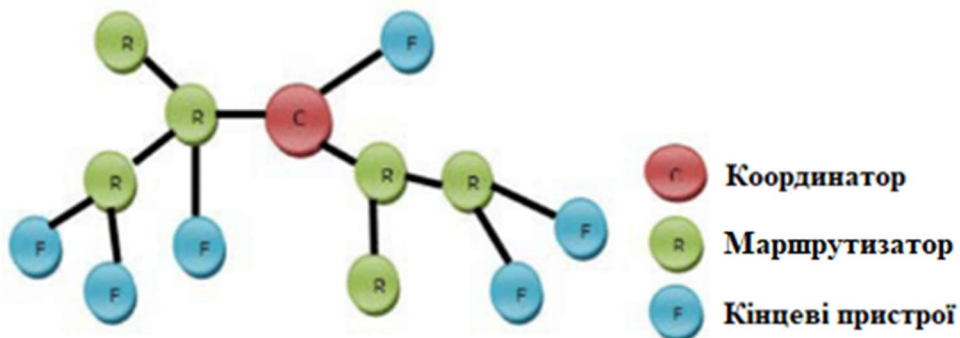


Рисунок 3.7 – Мережа Zigbee

У мережі ZigBee є 3 категорії вузлів: координатор, маршрутизатор та кінцеві пристрої, призначення яких охарактеризовано нижче.

Координатор формує фундамент мережевого дерева і може з'єднуватися з іншими мережами. В кожній мережі присутній тільки один координатор. Він відповідає за активацію мережі та вибір параметрів мережі. До параметрів мережі відносяться: частотний радіоканал, унікальний ідентифікатор мережі та налаштування інших параметрів. Координатор може зберігати інформацію про мережі та ключі безпеки.

Маршрутизатор є проміжним вузлом. Він відповідає за передачу даних з інших пристроїв. Маршрутизатор може бути ретранслятором у мережі, а також підключатися до вже існуючої мережі і приймати підключення від інших пристроїв.

До кінцевих пристроїв відносяться пристрої з низьким енергоспоживанням або живленням від батареї. Ці пристрої збирають різну інформацію з датчиків. Вони мають достатню функціональність для загального спілкування із координатором або маршрутизатором, а також не можуть передавати дані з інших пристроїв. Кожен кінцевий пристрій може мати до 240 кінцевих вузлів, які є роздільними додатками, котрі використовують один і той же радіоканал[10]. З архітектурою проколу Zigbee можна ознайомитись на рис. 3.8.

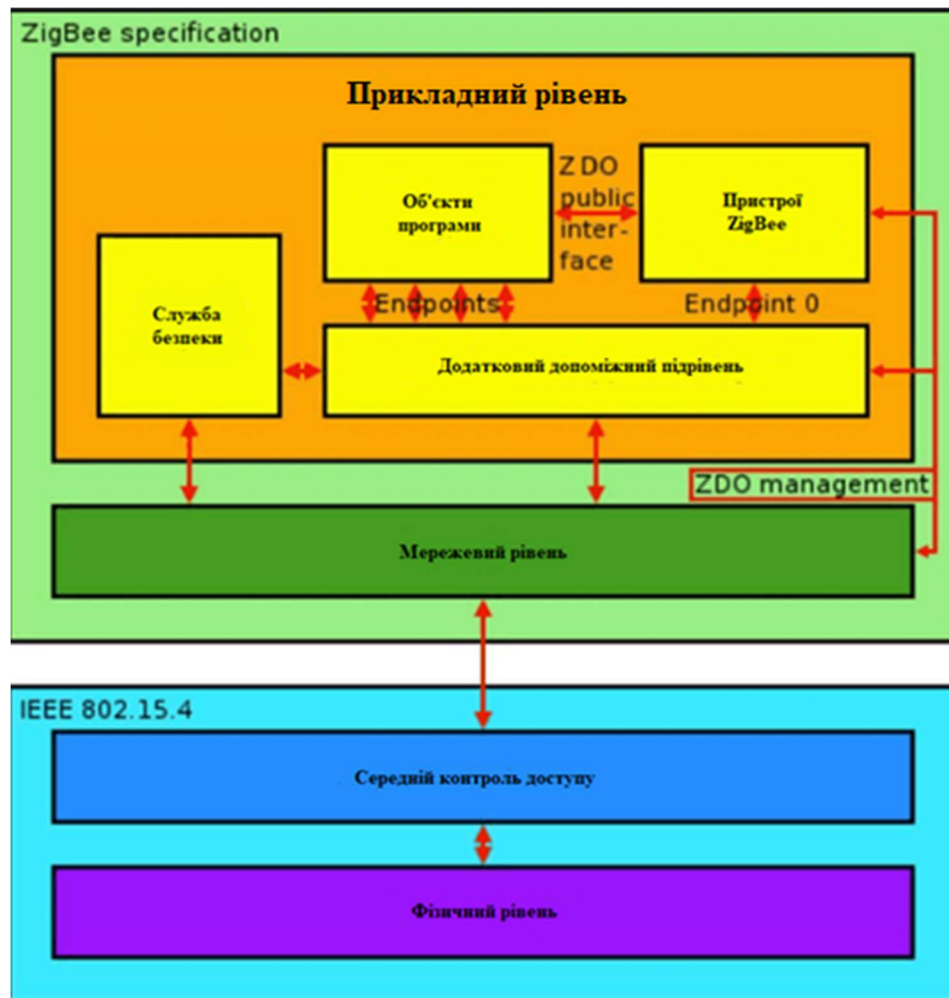


Рисунок 3.8 – Архітектура протоколу Zigbee

Фізичний рівень виконує всі завдання, пов'язані з доступом до обладнання, включаючи ініціалізацію обладнання, вибір каналу, оцінку якості зв'язку та чітку оцінку каналу для можливості допомоги у виборі каналу. Цей рівень підтримує 3 частотні діапазони: діапазон 2,45 ГГц., з 16 каналами, діапазон 915 МГц., з 10 каналами та діапазон 868 МГц., з 1 каналом.

Рівень MAC забезпечує передачу та прийом блоків даних протоколу MAC через службу даних. Цей рівень виконує функцію асоціації та дисоціації. Рівень MAC може визначити 4 структури кадрів: кадр кадру, кадр даних, кадр підтвердження, кадр команди.

Мережевий рівень відповідає за організацію мережі та маршрутизацію. Це створює мережу, що включає приєднання та від'єднання вузлів, підтримку таблиць маршрутизації, фактичну маршрутизацію та розподіл адрес. Цей рівень

забезпечує безпеку всієї мережі та дозволяє пристроям з низьким енергоспоживанням максимально збільшити термін служби батареї.

Прикладний рівень є найвищим рівнем протоколу, а також розділяється на три різні підрівні: додатковий допоміжний підрівень, пристрої ZigBee та об'єкти програми, призначення яких охарактеризовано нижче.

Об'єкти програми є частиною програмного забезпечення, яка керує апаратним забезпеченням. Кожному об'єкту програми присвоюється унікальний номер кінцевої точки, який інші об'єкти програми можуть використовувати для розширення до адреси мережевого пристрою, що забезпечує взаємодію з ним.

Пристрої ZigBee розглядають три основні операції: виявлення служби, безпека та прив'язка. Операція виявлення відповідає за місцезнаходження служб, за знайдення вузлів та запити про MAC-адресу координатора або маршрутизатора. Служби безпеки мають роль аутентифікації та отримання необхідних ключів для шифрування даних. Операція прив'язки полягає у прив'язуванні вузлів до ресурсів, та прив'язування пристроїв до каналів.

Додатковий допоміжний підрівень забезпечує інтерфейс між мережевим та прикладним рівнями через загальний набір послуг, що надаються об'єктами програми та управлінням. Допоміжний підрівень обробляє вихідні або вхідні кадри. Також цей рівень включає наступні послуги: ключ встановлення, транспортний ключ, оновлення пристрою, видалення пристрою, ключ запиту, ключ перемикавання, аутентифікація об'єкта та таблиця конфігурації.

З основних топологій в IEEE802.15.4 розглядаються три топології мережі: зірка, деревоподібна мережа та сітка. Всі ці види топологій зображені на рис. 3.9.

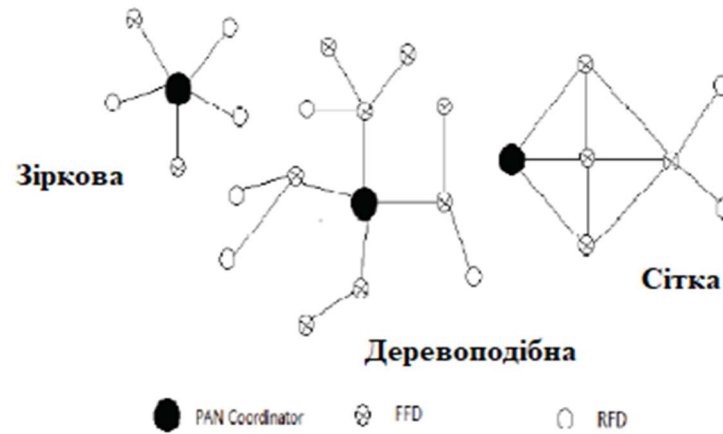


Рисунок 3.9 – Топології Zigbee

3.3 Висновки

1) Розроблено модернізовану систему автоматичної діагностики для програмованого логічного контролера, розраховано номінальні та критичні показники вимірювальних характеристик та організовано інформаційні вимірювальні канали.

2) Для отримання інформації з вимірювальних каналів на сучасному рівні використано безпроводову мережу Zigbee.

ВИСНОВКИ

1) Проведено аналіз технологічного процесу та існуючих діагностичних рішень, які свідчать про недостатню точність вимірювання, малу кількість та різноманітність вимірювальних характеристик, високі економічні витрати на підтримку експлуатації відцентрового вентилятора, доволі просту за структурою систему діагностики та не модернізовану систему під Industry 4.0.

2) Спроектовано функціональну схему модернізованої системи автоматичної діагностики та контролю та обрано інформаційно вимірювальні пристрої.

3) Змодельовано модернізовану систему автоматичної діагностики для програмованого логічного контролера та розраховано номінальні та критичні показники вимірювальних характеристик.

4) Модернізовану систему контролю та діагностики відцентрових вентиляторів реалізовано за сучасною безпроводовою технологією на основі мережі Zigbee.

Таким чином, завдання бакалаврської роботи виконано, її мета досягнута.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Системы вентиляции: виды, устройство, назначение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tion.ru/ventilyaciya/>
2. Типи систем вентиляції [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ventportal.com/ua/node/501>
3. В.Н. Посохин. Аэродинамика вентиляции : навч. посіб. Казань, 2008. 209 с.
4. Вентиляция цеха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ads-vent.ru/blog/ventilyaciya-cehov>
5. Информация о вентиляции. Типы и классификации систем вентиляции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.airfresh.ru/o-ventilyatsii.htm>
6. Типи вентиляторів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vents.ua/ua/tipi-ventilatoriv>
7. Вентиляторы радиальные (центробежные) и осевые. Эксплуатация и ремонт. / Белов В.П., Фолиянц А.Е., Мартынов Н.В., Козинцев В.И. Волгоград, 1994. 188 с.
8. Ширман А.Р., Соловьев А.Д. Практическая вибродіагностика и мониторинг состояния механического оборудования : навч. посіб. Москва, 1996. 276 с.
9. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов : навч. посіб. Москва : Машиностроение, 1987. 288 с.
10. Беспроводные сети ZigBee. Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/efo/blog/281048/>

ДОДАТОК А

Охорона праці

А.1 Характеристика ливарного відділу

У складі заводу «Промлит» знаходяться ливарний та модельний цехи.

Метою дипломного проекту є створення системи автоматичної діагностики та контролю примисловими вентиляторами. Передбачається, що даний об'єкт знаходиться у ливарному цеху. АСУ ТП промислового вентилятора забезпечує високу якість роботи як самого вентилятора, так і окремих його складових. Відмінністю ливарного цеху від інших являється надмірне виділення великої кількості тепла. Діяльність працівників відділу АСУ ТП напряду пов'язана з роботою на комп'ютерному обладнанні (ноутбук або стаціонарний комп'ютер). Тому доцільно розглянути заходи щодо поліпшення стану охорони праці.

А.2 Основні шкідливі виробничі фактори, що впливають на умови праці робітників відділу АСУ ТП

До основних шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, пов'язаних з роботою на персональному комп'ютері належать: напруга зорових органів та перевтомлення очей; навантаження на кисті рук та пальці; тривале знаходження в статичному стані, що викликає застійні явища в організмі; випромінювання різного виду (рентгенівське, електромагнітне, інфрачервоне, статистичні поля); механічні шуми, пов'язані з роботою кулера, дискового приводу, оргтехніки; іонізація повітря; виділення в повітря робочого приміщення різних хімічних речовин (озон, триметілфосфат, біфеніли); небезпека статичної електрики.

До психологічно шкідливих факторів можна віднести розумову напругу та нервово-емоційне перевантаження, які виникають внаслідок підвищеної

концентрації уваги. Усі ці фактори негативно впливають на здоров'я працівників відділу АСУ ТП та сприяють виникненню професійних захворювань: комп'ютерний зоровий синдром; радіохвильова хвороба; синдром висихання рогівки ока; кистьовий тунельний синдром; захворювання шкіри; захворювання кишкового тракту; серцево-судинні захворювання; комп'ютерна алергія.

А.3 Заходи щодо поліпшення умов праці робітників відділу АСУ ТП

Для зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища на працівників відділу АСУ ТП необхідно вжити заходів щодо поліпшення їх умов праці: при облаштуванні робочих місць з ПК не допускати розміщення комп'ютеру у підвальних приміщеннях; приміщення має бути обладнане системою опалення, кондиціонування повітря, вентиляцією; для боротьби зі статичним полем підтримувати відносну вологість повітря на рівні 50-60% за допомогою кондиціонування, для підлоги використовувати матеріали з антистатичного матеріалу; дотримуватися параметрів: площа на одного працюючого – 6 м², об'єм – 20 м³; відстань від робочого місця з ПК до стіни з вікном повинна становити не менше ніж 1,5 м, від інших стін – на відстані 1 м, а відстань між столами – 1,5 м; не застосовувати для обробки приміщення полімерні матеріали, що виділяють шкідливі хімічні речовини; відстань від екрану комп'ютера до очей повинна складати 50-70 см; час праці за ПК не повинен перевищувати 20 годин на тиждень, при цьому робити перерву кожні 45 хвилин на 5 хвилин.

Для зменшення шкідливого впливу негативних факторів виробничого середовища робоче місце з ПК повинно відповідати наступним гігієнічним вимогам: екран та клавіатура повинні розташовуватись на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600...700 мм; висота робочої поверхні робочого столу має регулюватися в межах 680...800 мм; робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не

менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм.

Для зменшення негативного впливу мобільного апарату необхідно: скоротити до мінімуму час розмови по телефону; обирати мобільний телефон з мінімальним значенням SAR (Specific Absorbtion Rate). SAR – одиниця виміру питомої величини поглинання випромінювання організмом людини; максимальна потужність випромінювання телефону. Максимальне значення SAR у Європі складає 2 Вт/кг;[4] підносити термінал до вуха після з'єднання з абонентом. Під час здійснення з'єднання збільшується потужність випромінювання телефону.

Згідно з приведеними вимогами можемо розробити схему необхідного розташування робочих місць, яка приведена на рис. 4.1:

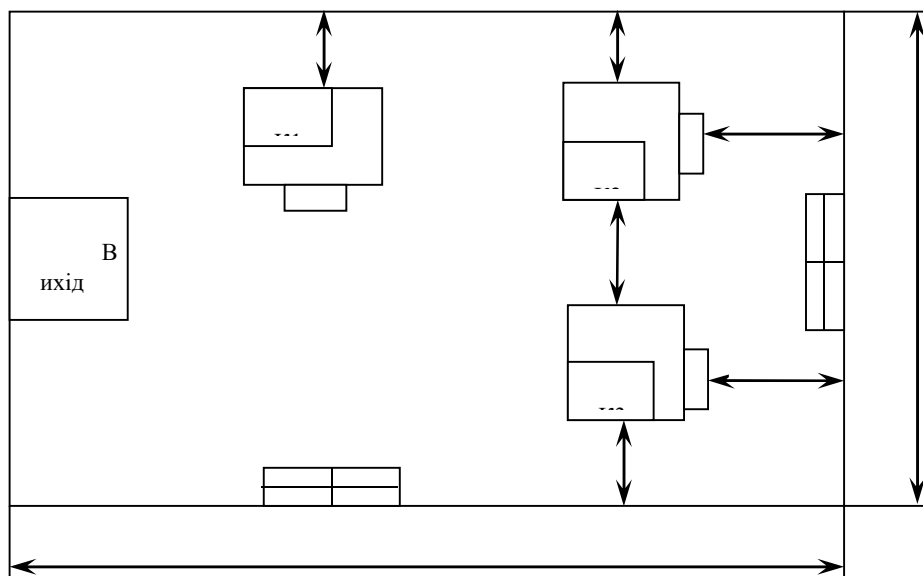


Рисунок А.1 – Облаштуваність робочих місць із ПК

Таким чином, дотримано всіх вимог. При цьому працюючі не звернені обличчям до вікна при роботі за комп'ютером.

А.4 Розрахунок кондиціонування та вентиляції для відділу АСУ ТП

У відділі АСУ ТП є джерела екстремальних температур, тому необхідно визначити необхідні умови їх вентилявання. Витрату повітря у відділі з додатковим тепловиділенням визначаємо по формулі:

$$L = \frac{Q_{над}}{c \cdot p (t_{в} - t_{н})}, \quad (A.1)$$

де $Q_{над}$ - надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.;

c - теплоємність повітря (0,237 ккал/кг);

p - обсягова вага повітря (1,226 кг/ м³);

$t_{в}$ - температура витяжного повітря (26°С);

$t_{н}$ - температура повітря, що притікає (18°С).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла по формулі:

$$Q_{над} = Q_{уст} + Q_{пер} + Q_{осв} + Q_{ср}, \quad (A.2)$$

де $Q_{уст}$ - виділення тепла від устаткування;

$Q_{пер}$ - виділення тепла робітниками;

$Q_{осв}$ - надходження тепла від електричного освітлення;

$Q_{ср}$ - надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначимо виділення тепла від устаткування по формулі:

$$Q_{уст} = P \cdot K_a \cdot K_b \cdot 860 \text{ ккал/год}, \quad (A.3)$$

де P - сумарна потужність устаткування, кВт/год;

K_a - коефіцієнт установленної потужності (0,95);

K_b - коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$Q_{уст} = [(x_1 \cdot k_1) + (x_2 \cdot k_2) + (x_3 \cdot k_3) + (x_4 \cdot k_4)] \cdot K_a \cdot K_b \cdot 860 \text{ ккал/год}, \quad (A.4)$$

де x - кількість системних блоків, моніторів, принтерів, кондиціонерів

відповідно; k - потужність системних блоків, моніторів, принтерів, кондиціонерів відповідно.

Розрахуємо:

$$Q_{\text{уст}} = [(3 \cdot 0,5) + (3 \cdot 0,1) + (1 \cdot 0,4) + (1 \cdot 6,3)] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 490,2 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.5})$$

Визначимо виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою формули:

$$Q_{\text{пер}} = n \times g, \quad (\text{A.6})$$

де n - кількість працюючих;

g - кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.)

Розрахуємо:

$$Q_{\text{пер}} = 6 \times 100 = 600 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.7})$$

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення по формулі:

$$Q_{\text{осв}} = E_{\text{м}} \cdot g_1 \cdot S, \quad (\text{A.8})$$

де $E_{\text{м}}$ - нормована освітленість для цієї зорової роботи, приймаємо рівним 400 лк;

g_1 - питома тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.);

S - площа приміщення, м².

Розрахуємо:

$$Q_{\text{осв}} = 400 \cdot 0,05 \cdot 45,44 = 908,8 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.9})$$

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна по

формулі:

$$Q_{\text{ср}} = F \cdot g_2 \cdot K_{\text{осл}}, \quad (\text{A.10})$$

де F - площа віконних прорізів ($1,55 \text{ м}^2$);

g_2 - кількість тепла, що надходить через 1 м^2 віконного прорізу (65 ккал/год.);

$K_{\text{осл}}$ - коефіцієнт ослаблення, приймаємо - $0,4$.

Розрахуємо:

$$Q_{\text{ср}} = 1,55 \cdot 65 \cdot 0,4 = 40,3 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.11})$$

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$Q_{\text{над}} = 490,2 + 600 + 908,8 + 40,3 = 2039,3 \text{ ккал/год.} \quad (\text{A.12})$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{2039,3}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (26 - 18)} = 877,31 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (\text{A.13})$$

Існуюча в наявності система вентилявання має продуктивність $600 \text{ куб. м./годину}$, але це не задовольняє необхідним нормативам. Потрібно замінити функціонуючу систему вентилявання на більш потужнішу. Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря і відносна вологість у холодні періоди року повинна складати $22\text{-}24$ градуси по Цельсію, $0,1$ метра в секунду і $40\text{-}60 \%$ відповідно. У теплі періоди року температура повітря повинна складати $23\text{-}25$ градусів Цельсія, рухливість повітря $0,1\text{-}0,2$ метрів секунду, вологість $40\text{-}60 \%$. Температура може коливатися від 22 до 26

градусів Цельсія при збереженні всіх інших параметрів мікроклімату. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним відділу АСУ ТП.

А.5 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання

Розміри відділу: довжина ($a=7,1$ м), ширина ($b=6,4$ м), висота ($h=3$ м). Визначимо норми освітлення для та розрахункову висоту для виділених зон. Мінімальна освітленість за нормами $E=400$ лк. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття - $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15, які підвищуються до стелі, відстань від світильника до стелі $h_c = 0,5$ м. Мінімальна освітленість за нормами $E=400$ лк.

1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м.} \quad (\text{A.14})$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНіП П-4-79 повинна бути у межах 2,5 - 4,0 м, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку по відповідає цій вимозі.

2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 2,5 - 0,7 = 1,8 \text{ м.} \quad (\text{A.15})$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками (L) і висоти їх підвісу (h).

3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7h = 0,7 \cdot 1,8 = 1,26 \text{ м.} \quad (\text{A.16})$$

4) Розрахуємо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{ab}{L^2} = \frac{7,1 \cdot 6,4}{1,16^2} = 33,77 \approx 35 \quad . \quad (A.17)$$

Приймаємо 35 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у 3 ряди по 7 штук.

5) Світловий потік лампи світильника визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} \text{ ккал / год} \quad , \quad (A.18)$$

де E - нормативна освітленість, лк;

K_3 - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп (1,5);

S - площа приміщення, що освітлюється, м^2 ;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розжарювання (=1,15);

N - кількість світильників;

n - кількість ламп у світильнику;

η - коефіцієнт використання світового потоку, який визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

6) Визначимо показник приміщення для кожної зони:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{7,1 \cdot 6,4}{1,8 \cdot (7,1 + 6,4)} = 1,8 \quad . \quad (A.19)$$

7) З таблиці 3.25 [2] знаходимо коефіцієнт використання ($\eta = 0,52$) для

світильників УПМ-15 (при $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$).

8) Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 45,44 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{35 \cdot 0,52} = 1722,73 \text{ лм} \quad (\text{A.20})$$

9) З таблиці 3.27 [2] обираємо лампу БК (біспіральна криптонова) потужністю 100 Вт, світловий потік якої становить 1450 лм. Хоча це значення менше розрахованого на 14%, однак не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Delta\Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$\Sigma P_{\text{св}} = P \cdot N = 100 \cdot 35 = 3,5 \text{ кВт}. \quad (\text{A.21})$$

А.6 Пожежна безпека

У приміщенні відділу АСУ ТП основні міри для забезпечення пожежної безпеки визначає Інструкція про заходи пожежної безпеки для службових приміщень. Вона є обов'язковою для виконання всіма співробітниками. В інструкції про засоби пожежної безпеки для службових приміщень забороняється: улаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні проводи безпосередньо по пальній основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), використовувати саморобні подовжувачі, що не відповідають вимогам Правил пристрою електроустановок; пристосовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу й інших предметів, обгортати електролампи і світильники, заклеювати ділянки електромережі пальною тканиною, папером; використовувати побутові електрокип'ятильники,

чайники тощо без непалених підставок, залишати без нагляду включеними в електромережу кондиціонери, комп'ютери, рахункові і друкарські машинки і т.п.; захищати підступи до засобів пожежогасіння, використовувати пожежні крани, рукави і пожежний інвентар не за призначенням, зберігати документи, різні матеріали, предмети й інвентар у шафах (нішах) інженерних комунікацій; курити (крім спеціально відведених для цього адміністрацією місць, позначених написом «Місце для паління» і забезпечених урною чи попільницею з непаленого матеріалу), проводити зварювальні й інші вогневі роботи без оформлення відповідного дозволу, застосовувати легкозаймисті рідини.

А.7 Безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Меблі й устаткування в цехах підприємства МК «Азовсталь» повинні розміщатися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (шириною не менше 1 м). Евакуаційні шляхи і виходи необхідно постійно держати вільними, нічим не захищати. Засоби протипожежного захисту в приміщеннях потрібні триматися у справному стані.

У випадку виявлення пожежі слід: негайно повідомити державну пожежну охорону за телефоном «101», вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, своє прізвище; повідомити про пожежу керівництву, а в нічний час черговому охоронцю;

У разі можливості почати гасіння пожежі наявними засобами, організувати зустріч пожежних підрозділів.

При виникненні пожежі у початковій стадії його розвитку випромінюється тепло, токсичні продукти згоряння, імовірні руйнування будівельних споруд. Тому слід як можна швидше провести евакуацію людей із палаючої будівлі. Показником ефективності евакуації є час, протягом якого

працівники можуть при потребі залишити окремі приміщення і будівлю в цілому. Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації не перевищує час настання критичної фази розвитку пожежі, тобто часу від початку пожежі до досягнення граничних для людини впливів факторів пожежі (критичних температур, ступені задимлення, зниження концентрації кисню и т.п.). Число евакуаційних виходів повинно бути не менш двох. Вони повинні розташовуватися розосереджено.

Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися у напрямку виходу із будівлі. У кожному приміщенні на видному місці повинен бути вивішений план евакуації при пожежі. При пожежі обов'язково необхідно враховувати небезпечні чинники і механізми їх дії на людину. Користуватися ліфтом категорично забороняється. Шахта ліфта є шляхом для поширення диму і отруйних продуктів горіння, до того ж при пожежі ліфт часто відключають і можна опинитися в пастці при пожежі.

Якщо ви знаходитесь в приміщенні де немає пожежі, но відрізани вогнем, димом, високою температурою від головних шляхів евакуації, то в першу чергу необхідно заважити доступу диму и продуктів горіння в це приміщення. Для чого необхідно негайно закрити усі щілини у дверях та під ними змоченими водою ганчірками, рушниками, робочими халатами та іншим.

Якщо приміщення все ж заповнено димом, необхідно підповзти до вікна, закрити при цьому рот та ніс змоченою тканиною, яка грає роль фільтру та в певній мірі захищає від продуктів горіння.

Рухатись у задимленій зоні поповзом або максимально пригнувшись, необхідно тому що більшість нагрітих газоподібних отруйних речовин та дим збираються у верхній зоні приміщення, окрім цього, в приміщенні при горінні температура на рівні очей людини у 6 разів вище за температуру на рівні полу, до того ж внизу завжди зберігається більша концентрація кисню. Коли ви опинились біля вікна трохи відкрийте його та дихайте через щілину, очікуючи прибуття пожежників. При їх прибутті негайно зверніть на себе увагу. Ніколи не стрибайте через вікно без відомої на це необхідності (кожний другий

стрибок з 4-го поверху при пожежі - смертельний).

ДОДАТОК Б

Технічні характеристики датчика тиску

Таблиця Б.1 – Технічні характеристики датчика тиску DMK331

Діапазони вимірювання	0...60кПа до 0...60МПа, збиткове, абсолютне, розрідження
Основна похибка	0,5/ 0,25 % ДИ
Вихідний сигнал	0/4...20мА; 0...10В; 0...5В и др. ,(опція: Ех- рішення)
З'єднання	M20x1,5; G1/2; G1/4
Сенсор	Кремнієвий тензорезистивний
Напруга живлення	12...36В (DC)
Опір в колі	$R_{\max}=(U_{\text{жив}}-12)/0,02$ Ом
Споживання струму	≤ 26 мА

ДОДАТОК В

Технічні характеристики ПЛК

Таблиця В.1 – Технічні характеристики S7-300CPU315-2DP

Параметр	Значення
Робоча пам'ять	256 КБ
Завантажувана пам'ять (ММС)	8 МБ
Кількість флагів/таймерів/лічильників	1024/256/256
Макс. кількість каналів вводу- виводу (дискретних/аналогових)	256/64
Вбудовані інтерфейси	RS 485
Макс. кількість активних комунікаційних з'єднань	6
Вбудовані аналогові входи/виходи	Немає
Макс. кількість модулів	8
Мови програмування	KOP, FUP, AWL, SCL, CFC, GRAPH, HiGraph
Габарити	40 x 125 x 130 мм
Вага	290 г
Номінальна напруга живлення	24 В
Номінальне споживання струму	850 мА
Споживання струму в режимі холостого ходу	150 мА
Струм включення	3.5 А
Розсіювальна потужність	4.5 W

ДОДАТОК Г

Технічні характеристики джерела живлення

Таблиця Г.1 – Технічні характеристики PS305 24В/2А

Параметр	Значення
Габарити	80 x 125 x 120 мм
Вага	570 г
Вхідна напруга при постійному струмі	16.8...138 В
Напруга живлення при постійному струмі	24...110 В
Частота мережі	50/60 Гц ($\pm 2\%$)
Вхідний струм	2.4 А при 24 В, 0.6 А при 110 В
Струм пуску	20 А
Вихідна напруга	DC 24 В
Вихідний струм	2 А
Захист від короткого замикання	Електронний
Остаточні пульсації	150 мВ
Клас захисту	Згідно з ІЕС 898
Гальванічна розв'язка	Схема з безпечною наднизькою напругою
ККД	75%
Потужність	48 Вт

ДОДАТОК Д

Технічні характеристики датчика струму

Таблиця Д.1 – Технічні характеристики T201

Параметр	Значення
Діапазон на вході	5-40 А (з кроком в 5 А обирається DIP-перемикачем)
Максимальна миттєва перегрузка	800 А
Частота	20-1000 Гц
Споживання	< 50 мВт
Робоча напруга на виході	5-28 В (DC)
Максимальний струм в умовах перенавантаження	< 28 мА

ДОДАТОК Е

Технічні характеристики датчика температури

Таблиця Е.1 – Технічні характеристики РТС1000

Параметр	Значення
Робочій діапазон вимірювальних температур, *С	Від -55 до +100
Діапазон температур для кабеля, *С	Від -30 до +80
Номінальна статична характеристика при 25 *С	1000 Ом РТС
Клас допуску, %	1.3
Довжина монтажно́ї частини, мм	28.2
Макс. розсіювальна потужність, мВт	< 0.5
Показник теплової інерції, с	30
Матеріал захисної арматури	Пластик
Ступінь захисту по ГОСТ 14254 2015 монтажно́ї частини	IP67
Ступінь захисту по ГОСТ 14254 2015 зовнішньої частини	IP67

ДОДАТОК Є

Технічні характеристики віброконтролера та вібродатчика

Таблиця Є.1 – Технічні характеристики АР300М

Параметр	Значення
Діапазон виміру віброшвидкості	0.1...30 мм/с
Частотний діапазон на рівні -1ДБ	10...1000 Гц
Похибка вимірювання	$\pm 2\%$
Напруга живлення датчика	20 ± 2 В
Струм живлення датчика, мА	$5.7 \pm 10\%$
Параметри замкнутого контакту	
Струм комутації	< 1 А
Напруга комутації	< 30 В
Напруга живлення	$24 \pm 10\%$ В
Струм споживання	< 40 мА
Робочій діапазон температур	$-20...+70$ *С
Габарити	117x36x40 мм
Маса	160 г

Таблиця Є.2 – Технічні характеристики ВК310С

Параметр	Значення
Діапазон перетворень по СКЗ віброшвидкості	0.1...30 мм/с
Діапазон робочих частот	10...1000 Гц
Діапазон робочих температур	$-30...+80$ *С
Напруга живлення	12-30 В
Маса без кабелю	200 г
Габарити	68x115.3 мм

ДОДАТОК Ж

Технічні характеристики модулів вводу та виводу

Таблиця Ж.1 – Технічні характеристик модуля вводу SM331 8-AI

Параметр	Значення
Число входів	8
Роздільна здатність	15 бітів + знак
Види замірів	Напруга, струм, температура
Види виводів	Поканально: напруга
Підтримка режиму тактової синхронізації	Ні
Параметр. діагностика	Ні
Контроль граничних значень	Ні
Ізоляція перевірена напругою	DC 500 В
Вхідні діапазони (та вхідний опір)	Напруга: 0..10 В (100 КОм) Опір: 10 кОм (10 МОм) Температура: Pt 100 (10 МОм)

Таблиця Ж.2 – Технічні характеристик модуля виводу SM332 4-AO

Параметр	Значення
Число виходів	4
Роздільна здатність	15 бітів + знак
Види замірів	Напруга, струм, температура
Види виводів	Поканально: напруга
Підтримка режиму тактової синхронізації	Ні
Параметр. діагностика	Ні
Контроль граничних значень	Ні
Ізоляція перевірена напругою	DC 500 В
Вихідний діапазон (напруга, струм)	1...5 В; 0..10 В; ± 10 В 0...20 мА; 4...20 мА; ± 20 мА

ДОДАТОК 3

Технічні характеристики безпроводових модулів зв'язку

Таблиця 3.1 – Технічні характеристик модуля ZT-USBC

Параметр	Значення
Розмір тимчасового буферу	237 байт
Сумісність	USB 1.1, 2.0 standart
Енергоспоживання	0.3 W(Max.)
Антенa	2.4GHz-3dBi PCB Antenna(50Ω)
Габарити	58.4x19.8x.9 мм
Робоча температура	-25*С...+75*С
Діапазон передачі	60 м

Таблиця 3.2 – Технічні характеристик модуля ZT2026

Параметр	Значення
Безпроводовий стандарт	Zigbee 2007 Pro
Потужність передачі	11dBm(FCC Certificated) (Max 19dBm)
2.4GHz Антенa	5dBi Omni directional
Діапазон передачі	700 м
Вхідні аналогові канали	4 диференціальні
Типи входу	+/-10В, +/- 5В, +/-1В, +/-500мВ, +/- 150мВ або -20мА ~ +20мА
Розширення	16 біт
Вихідний струм	> 2А
Вихідні аналогові канали	2
Потужність передачі	+/-10ВDC, +/-5ВDC
Розширення	12 біт
Можливості по напрузі	20мА @ 10В

ДОДАТОК І
Код програми

```
int OSCPinA = 9;
int OSCPinB = 10;
int OSCPinC = 11;
int OSCPinD = 12;
int sensorPIND3 = 2;
int sensorPIND1 = 3;
int sensorPIND4 = 4;
int sensorPIND2 = 5;

void setup()
{
  pinMode(OSCPinA, OUTPUT);
  pinMode(OSCPinB, OUTPUT);
  pinMode(OSCPinC, OUTPUT);
  pinMode(OSCPinD, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  Serial.print("\r");
  Serial.print("=====\r");
  Serial.print("===LIVE DIAGNOSTIC===\r");
  Serial.print("=====\r");
  sensorPIND3 = analogRead(A2);
  int Value_D3 = sensorPIND3*24.0/1023;
  float ghz_D3 = map(Value_D3,0,24,0,30);
  digitalWrite(OSCPinA, LOW);
```

```

if(ghz_D3>7) digitalWrite(OSCPinA, HIGH);
delay(1500);
if(ghz_D3>18)Serial.print("Value_D3 DANGER vibration!!! => ");
else if(ghz_D3>7)Serial.print("Value_D3 Attention vibration => ");
else Serial.print("Value_D3 normalised vibration = ");
Serial.println(ghz_D3);

sensorPIND1 = analogRead(A3);
int Value_D1 = sensorPIND1*5.0/1023;
float ghz_D1 = map(Value_D1,0,5,0,15);
digitalWrite(OSCPinB, LOW);
if(ghz_D1>6.6) digitalWrite(OSCPinB, HIGH);
delay(1500);
if(ghz_D1>10)Serial.print("Value_D1 DANGER amperage!!! => ");
else if(ghz_D1>6.6) Serial.print("Value_D1 Attention amperage => ");
else Serial.print("Value_D1 normalised amperage = ");
Serial.println(ghz_D1);

sensorPIND4 = analogRead(A4);
int Value_D4 = sensorPIND4*5.0/1023;
float ghz_D4 = map(Value_D4,0,5,0.6,600);
digitalWrite(OSCPinC, LOW);
if(ghz_D4>180) digitalWrite(OSCPinC, HIGH);
delay(1500);
if(ghz_D4>203) Serial.print("Value_D4 DANGER pressure!!! => ");
else if(ghz_D4>180) Serial.print("Value_D4 Attention pressure => ");
else Serial.print("Value_D4 normalised pressure = ");
Serial.println(ghz_D4);

sensorPIND2 = analogRead(A5);

```

```

int Value_D2 = sensorPIND2*24.0/1023;
float ghz_D2 = map(Value_D2,0,24,-55,100);
digitalWrite(OSCPinD, LOW);
if(ghz_D2>85) digitalWrite(OSCPinD, HIGH);
delay(1500);
if(ghz_D2>90)Serial.print("Value_D2 DANGER temperature!!! => ");
else if(ghz_D2>85) Serial.print("Value_D2 Attention temperature => ");
else Serial.print("Value_D2 normalised temperature = ");
Serial.println(ghz_D2);
Serial.print("=====\r");
}

```