

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.П. Розен  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“16” грудня \_\_\_\_\_ 2020 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів  
(код і назва спеціальності)

на тему: Розроблення енергоефективної автоматизованої системи  
вентиляції будівлі цивільного призначення

Виконав: студент 2 курсу, групи \_\_\_\_\_ ОА-91мп  
(шифр групи)

Попов Владислав Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник ст. викладач Прядко С.Л.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант стартап-проект к.т.н. доцент Шевчук Н.А.

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

Кафедра Автоматизації управління електротехнічними комплексами  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою

Спеціальність (спеціалізація) 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

«26» жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
Попов Владислав Дмитрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Розроблення енергоєфективної автоматизованої системи вентиляції будівлі цивільного призначення

науковий керівник дисертації Прядко С.Л., ст. викладач \_\_\_\_\_,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» 11 2020 р. №3197-с

2. Строк подання студентом дисертації 16.12.2020

3. Об'єкт дослідження: енергозберігаючий процес створення мікроклімату в будівлі

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): системи вентиляції будівель цивільного призначення

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- провести аналіз стану енергоєфективних систем вентиляції будівель цивільного призначення;
- вибрати оптимальне схематичне рішення системи вентиляції будівлі з точки зору мінімізації споживання енергетичних ресурсів за допомогою автоматизованої системи управління ;

- зробити розрахунки та провести моделювання автоматизованої системи та електроприводу вентилятора;
- розробити систему автоматизованого керування вентиляції будівлі цивільного призначення

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 24 рис.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Попов В.Д. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЛІ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ/III Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ /26-27 листопада 2020 року , КПІ ім.. Ігоря Сікорського , м. Київ

8. Дата видачі завдання: 01.10.2020

#### Календарний план

з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вибір і затвердження теми.	01.10.2020	
2	Підбір і ознайомлення з літературою.	3 02.10 до 12.10 2020	
4	Поглиблене вивчення літературних джерел і написання теоретичної частини магістерської дипломної роботи.	3 19.10 до 10.11	
5	Збір і аналітична обробка статистичних матеріалів з теми дослідження.	3 10.11 до 11.10	
6	Написання магістерської дисертації та її оформлення.	3 11.10 до 02.12	
7	Розробка системи тягового електроприводу	15.11 до 2.12	
8	Розробка стартапу	20.11 до 30.11	
9	Відгук наукового керівника на магістерську дипломну роботу.	03.12	
10	Подання магістерської дисертації в ЕК та її захист.	9.12. до 10.12.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Владислав ПОПОВ  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Сергій ПРЯДКО  
(ініціали, прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація на тему «Розроблення енергоефективної автоматизованої системи вентиляції будівлі цивільного призначення: 84с., 24 рис., 17 табл., 39 джерел.

**Актуальність теми.** В зв'язку з збільшенням кількості систем вентиляції і підвищення норм якості повітря є велика необхідність в автоматизуванні та оптимізації режимів роботи складових вентиляційних систем. Використання електроенергії вентиляційними установками є об'ємним так як значна частина останніх є не рентабельною та працює не в енергоефективних режимах. Взявши за основу моделювання установки з'являється можливість дізнатися які найоптимальніші режими для різних типів навантаження які відповідають методам для прогнозу енергозатратних режимів та його керування за допомогою засобів автоматики.

Зниження експлуатаційних витрат в пропонованому технічному варіанті досягається за допомогою автоматизованої системи вентиляції, яка дозволяє регулювати кількість підмішаного повітря і подається в приміщення по мірі необхідності. Дозволяє максимально знизити витрати на експлуатацію систем вентиляції.

**Мета дослідження** є розробка нових технічних рішень на основі аналізу існуючих технологій, що дозволяє підвищити енергетичну та економічну ефективність систем вентиляції та кондиціонування будівлі цивільного призначення.

**Об'єктом дослідження** є енергозберігаючий процес створення мікроклімату в будівлі цивільного призначення

**Предметом дослідження** є способи підвищення енергетичної ефективності систем вентиляції та кондиціонування шляхом впровадження системи автоматизації в будівлях цивільного призначення при дотриманні основних нормованих параметрів повітря в приміщенні: температури, вологості, швидкості руху повітря, газовий зміст, наявність механічних часток пилу.

Створення оптимального змісту повітряного середовища в приміщенні може здійснюватися шляхом видалення створених тепло-, газо- і волого-надмірних, пилу й додавання необхідної кількості свіжого повітря з попередньою його підготовкою (охолодження або нагрівання, осушення або зволоження, фільтрація й ін.).

Оптимальні параметри повітря являють собою сукупність умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей (область комфортного кондиціонування повітря), або умов для правильного протікання технологічного процесу (область технологічного кондиціонування). Оптимальні параметри внутрішнього повітря на промислових підприємствах встановлюють, виходячи з положення, що якщо кількість й якість продукції залежить від дотримання точного режиму технологічного процесу, а не від інтенсивності праці, то визначальним фактором є вимоги технологічного процесу. Якщо ж на випуск продукції в основному впливає інтенсивність праці, забезпечуються умови, комфортні для працюючих в приміщенні людей.

Відповідно до санітарно-гігієнічних вимог найбільш сприятлива температура в суспільних, адміністративно-побутових приміщеннях повинна становити 20-25°C , а припустимі коливання в теплий період – від 20°C до 28°C, у холодний і перехідний періоди – від 18°C до 22°C.

Ключові слова: Система вентиляції, перетворювач частоти, автоматичне керування, енергоефективність, асинхронний двигун

## **SUMMARY**

Master's dissertation on the topic "Development of energy-efficient automated ventilation system for civil buildings: 84p., 24 Fig., 17 tables., 39 sources.

Actuality of theme. Due to the increase in the number of ventilation systems and the increase in air quality standards, there is a great need to automate and optimize the modes of operation of the components of ventilation systems. The use of electricity by ventilation systems is extensive, as a significant part of the latter is

unprofitable and does not work in energy-efficient modes. Based on the simulation of the installation, it is possible to find out which are the most optimal modes for different types of loads that correspond to the methods for forecasting energy consumption modes and its control by means of automation.

Master's thesis on " Energy efficient automated ventilation system for civil buildings ": pages, figures, tables, sources.

The purpose of the study is to improve energy performance and reduce energy consumption of the automated ventilation system of a civil building. Speed control of the working body of the ventilation system by changing the frequency of the electric current based on the frequency converter.

The object of the study is an automated ventilation system of a civil building implemented by adjusting the speed of the working body of the ventilation system by changing the frequency of the electric current based on the frequency converter.

The subject of the study is the automation of ventilation systems, their energy efficiency in compliance with the basic standard parameters of indoor air: temperature, humidity, speed, gas content, the presence of mechanical dust particles.

Creation of the optimum maintenance of air environment indoors can be carried out by removal of the created heat, gas and damp-excess, dust and addition of necessary quantity of fresh air with its preliminary preparation (cooling or heating, drying or humidification, filtration, etc.).

Optimal air parameters are a set of conditions that are most favorable for the well-being of people (area of comfortable air conditioning), or conditions for the proper course of the technological process (area of technological air conditioning). The optimal parameters of indoor air at industrial enterprises are set based on the provision that if the quantity and quality of products depends on compliance with the exact mode of the technological process, rather than labor intensity, the determining factor is the requirements of the technological process. If the output is mainly affected by labor intensity, conditions are provided that are comfortable for people working indoors.

According to sanitary and hygienic requirements, the most favorable temperature in public, administrative and domestic premises should be 20-25 ° C, and permissible fluctuations in the warm period - from 20 ° C to 28 ° C, in the cold and transitional periods - from 18 ° C. up to 22 ° C.

Ventilation system, frequency converter, automatic control, energy efficiency, induction motor

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень.....	9
Вступ.....	10
Розділ 1. Аналітичний огляд автоматизованих вентиляційних систем .....	11
1. 2 Основні елементи системи вентиляції .....	12
1. 3 Основні елементи вентиляційної установки .....	14
1. 4 Автоматизація та КВП .....	15
1. 5 Регулювання й автоматизація роботи вентиляторів.....	16
1. 6 Автоматизація припливної вентиляційної установки.....	17
1. 7 Автоматизація повітряних клапанів.....	25
1. 8 Автоматизація повітряних фільтрів.....	25
1.9 Автоматизація повітрянагрівача.....	25
1.10 Режими роботи вентиляторної установки.....	26
1.11 Пуск і зупинка вентиляторної установки.....	27
1.12 Температурно-вологісний контроль повітря.....	28
Розділ 2 Система диспетчеризації.....	31
2.1 Функціональна схема.....	33
2.2 Алгоритм керування центральним кондиціонером.....	34
2.3 Додаткові сервісні функції.....	35
2.4 Програмне забезпечення контролерів.....	37
2.5 Структура мережі керування.....	38
2.6 Робота в системі диспетчеризації.....	40
2.7 Журнал реєстрації роботи системи.....	42
2.8 Графіки.....	43
2.9 Налаштування параметрів контролерів.....	44
2.10 Налаштування PID-регуляторів.....	45
Розділ 3 Вибір раціонального типу електропривода для вентилятора, аналіз умов експлуатації електроприводу.....	46
3.1 Вибір перетворювача частоти.....	51
3.2 Розрахунок схеми електропривода по системі ПЧ-АД.....	52



Розділ 4 Моделювання системи вентиляційної установки в середовищі MATLAB.....	57
4.1 Структурні схеми системи.....	59
4.2 Графічні результати моделювання електропривода за системою ПЧ-АД.....	61
Розділ 5 Стартап-проект застосування широтно-імпульсного регулятора (шім-контролер) для регулювання системи вентиляції.....	66
5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту.....	67
5.3 Аналіз конкурентного середовища.....	68
5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту.....	72
5. 5 Ключові види діяльності та партнери.....	73
5.6 Прямі матеріальні витрати.....	74
5.7 Інші прямі витрати.....	75
5.8 Розрахунок собівартості та рентабельності товару.....	76
5.9 Канали збуту.....	78
5.10 Бізнес-модель проекту.....	78
5.11 Термін окупності стартап-проекту та висновки.....	80
Висновки до магістерської дисертації.....	82
Перелік посилань.....	83

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ**

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

АД – асинхронний електродвигун;

ЕП – електропривод

ШПП- широтно-імпульсний перетворювач

ІРН – імпульсний регулятор напруги

ЕМС – електромеханічна система;

АЕП – автоматизований електричний привод;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ГЕН – графік електричного навантаження;

ПЯЕ – показники якості електроенергії;

ЕН – електричне навантаження;

ВС - вимірювальні системи;

ЗВ - цифрові засоби вимірювання;

ПФ – передатна функція;

ПЕОМ – персональна електронна обчислювальна машина;

СКЗ - середньоквадратичне значення;

КЗ – коротке замикання;

ЕРС – електрорушійна сила;

ЧРП - частотно-регульований привод;

## ВСТУП

Основними нормованими параметрами повітря в приміщенні є: температура, вологість, швидкість руху, газовий зміст, наявність механічних часток пилу.

Створення оптимального змісту повітряного середовища в приміщенні може здійснюватися шляхом видалення створених тепло-, газо- і волого- надмірних, пилу й додавання необхідної кількості свіжого повітря з попередньою його підготовкою (охолодження або нагрівання, осушення або зволоження, фільтрація й ін.).

Оптимальні параметри повітря являють собою сукупність умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей (область комфортного кондиціонування повітря), або умов для правильного протікання технологічного процесу (область технологічного кондиціонування). Оптимальні параметри внутрішнього повітря на промислових підприємствах встановлюють, виходячи з положення, що якщо кількість й якість продукції залежить від дотримання точного режиму технологічного процесу. Відповідно до санітарно-гігієнічних вимог найбільш сприятлива температура в суспільних, адміністративно-побутових приміщеннях повинна становити 20-25°C , а припустимі коливання в теплий період – від 20°C до 28°C, у холодний і перехідний періоди – від 18°C до 22°C. Відносна вологість вважається оптимальною в діапазоні від 30 до 60% у теплий період й 30-45% у холодний і перехідний періоди. Верхня припустима границя відносної вологості – 65%. Щоб зруйнувати створювану тілом людини оболонку газових виділень, необхідно організувати рух повітряного середовища. Однак надмірно збільшувати швидкість руху повітряного середовища неприпустимо через виникаюче почуття дискомфорту й можливості простудних захворювань. При температурі повітря 20-25°C припустима швидкість руху повітря становить 0,2-0,3м/с для легких робіт, 0,4-0,5м/с – для робіт середньої ваги й 0,6м/с – для важких робіт.

## **1 РОЗДІЛ**

### **Огляд автоматизованих вентиляційних систем**

В сучасних цивільних і виробничих будівлях витрата тепла на вентиляцію нерідко становить 60-80% від загальної витрати тепла на всі інженерні системи. З ростом вимог до тепловтрат через огорожувальні конструкції, вимоги до тепловтрат, пов'язаних з нагріванням припливного повітря, що не посилюються, що призводить до істотного перерозподілу структури теплоспоживання будівлі. Тому пріоритетним напрямом щодо підвищення енергетичної ефективності будівель та споруд є заходи, пов'язані зі зниженням витрати енергії, що витрачається на нагрів припливного повітря.

Тепло, що використовується на підігрів припливного повітря в громадських і виробничих будівлях, безповоротно втрачається в навколишнє середовище з витяжним повітрям. Існуючі способи економії витрат на вентиляцію будівель і споруд полягають в утилізації тепла витяжного повітря. Найбільш часто в сучасних системах застосовують досить дорогі рекуперативні установки на базі пластинчастих і роторних теплообмінників, які дозволяють використовувати тепло витяжного повітря для нагріву припливного. Основний недолік застосування систем вентиляції з рекуперацією тепла - обмерзання пластин теплообмінної поверхні в холодний період часу, яке відбувається при мінусових температурах зовнішнього повітря. Це є причиною зниження їх ефективності і як наслідок призводить до незадовільної роботи системи вентиляції і збільшення витрат на її експлуатацію.

Одним з простих і дешевих способів підвищення енергетичної ефективності сучасних систем вентиляції є використання способу рециркуляції тепла минає повітря з одночасним контролем і управлінням якості повітря в приміщенні, а так само з незараженням шкідливих домішок за допомогою фільтра. Зниження експлуатаційних витрат в пропонованому технічному рішенні досягається за допомогою автоматизованої системи

вентиляції, яка дозволяє регулювати кількість підмішуваного повітря і подається в приміщення по мірі необхідності, в той час як в установці з рекуперацією тепла воно є постійним.

Пропонований спосіб підвищення енергетичної ефективності систем вентиляції та кондиціонування повітря полягає в використанні як рекуперації тепла, так і рециркуляції повітря. Дана схема дозволяє максимально знизити витрати на експлуатацію систем вентиляції та кондиціонування повітря.

## **1.2 Основні елементи системи вентиляції**

Припливно-витяжна вентиляція - це ефективна система вентиляції, в основі якої лежить заміна відпрацьованого повітря на свіже з вулиці. Тобто забезпечується приплив свіжого повітря в приміщення і видалення застоюваного повітря назовні.

Основні елементи системи:

Повітропроводи. Необхідні для розподілу потоків повітря в ізольовані приміщення. Вони складаються з трубопроводів, які об'єднані між собою в єдину мережу за допомогою трійників, перехідників, поворотів і т. Д. По площі перетину діляться на круглі і прямокутні. За жорсткості - на гнучкі, напівгнучкі і жорсткі. Параметри вибираються за попереднім розрахунком в планованій системі вентиляції, а також з урахуванням максимально допустимої швидкості повітряних мас.

Вентилятор. Даною пристрій подає / видаляє повітря з / в будівлю. У припливно-витяжної вентиляції можуть бути використані осьові або відцентрові вентилятори.

Решітка входу. Необхідна для захисту системи від попадання сторонніх предметів, опадів, також крізь неї повітря потрапляє в систему вентиляції.

Повітряний клапан. Служить для запобігання надходження в приміщення повітря з вулиці, коли система вимкнена.

Фільтри - захищають всі елементи від пуху, пилу і різних комах.

Калорифер - нагріває свіже повітря в зимовий період.

Рекуператор. Знижує енерговитрати на прогрів холодного повітря.

Шумоглушник - блокує поширення шуму в системі.

Повітророзподільники і повітрязабірники закривають закінчення повітропроводів, щоб повітряні маси безперешкодно надходили і відводилися.

Система управління - вмикає і вимикає вентилятор.

### **1.3 Основні елементи вентиляційної установки**

Вентиляційна установка - це комплекс високотехнологічного обладнання, що забезпечує чистоту, температуру, вологість і рухливість повітря на заданому рівні. Залежно від способу подачі повітря вентиляція умовно розділяється на вентиляцію, витяжну і припливно-витяжну.

До складу вентиляційної установки входять:

- заслінка зовнішнього повітря з електроприводом П1-А1;
- фільтр механічного очищення зовнішнього повітря першого і другого ступеня;
- теплообмінник калорифера (вода);
- регулювальний клапан калорифера попереднього нагрівання П1-А4;
- датчик температури теплоносія П1-ТЕ3;
- циркуляційний насос контуру калорифера П1-М3;
- секція охолодження (холодильно-конденсаторний блок);
- припливний вентилятор (керування частотним перетворювачем) П1-В;
- датчик температури зовнішнього повітря П1-ТЕ4;
- датчик швидкості повітря П1-TG1;
- датчик температури зворотної води П1-PD3;
- датчик захисту від заморожування П1-TS1;
- датчик температури і вологості П1-ТЕ2;
- датчик-задатчик П1-ТЕZ;
- датчики перепаду тиску на фільтрах і вентиляторах П1-PDA2, П1-PDA1;
- датчик температури повітря в приміщенні П1-ТЕ1.

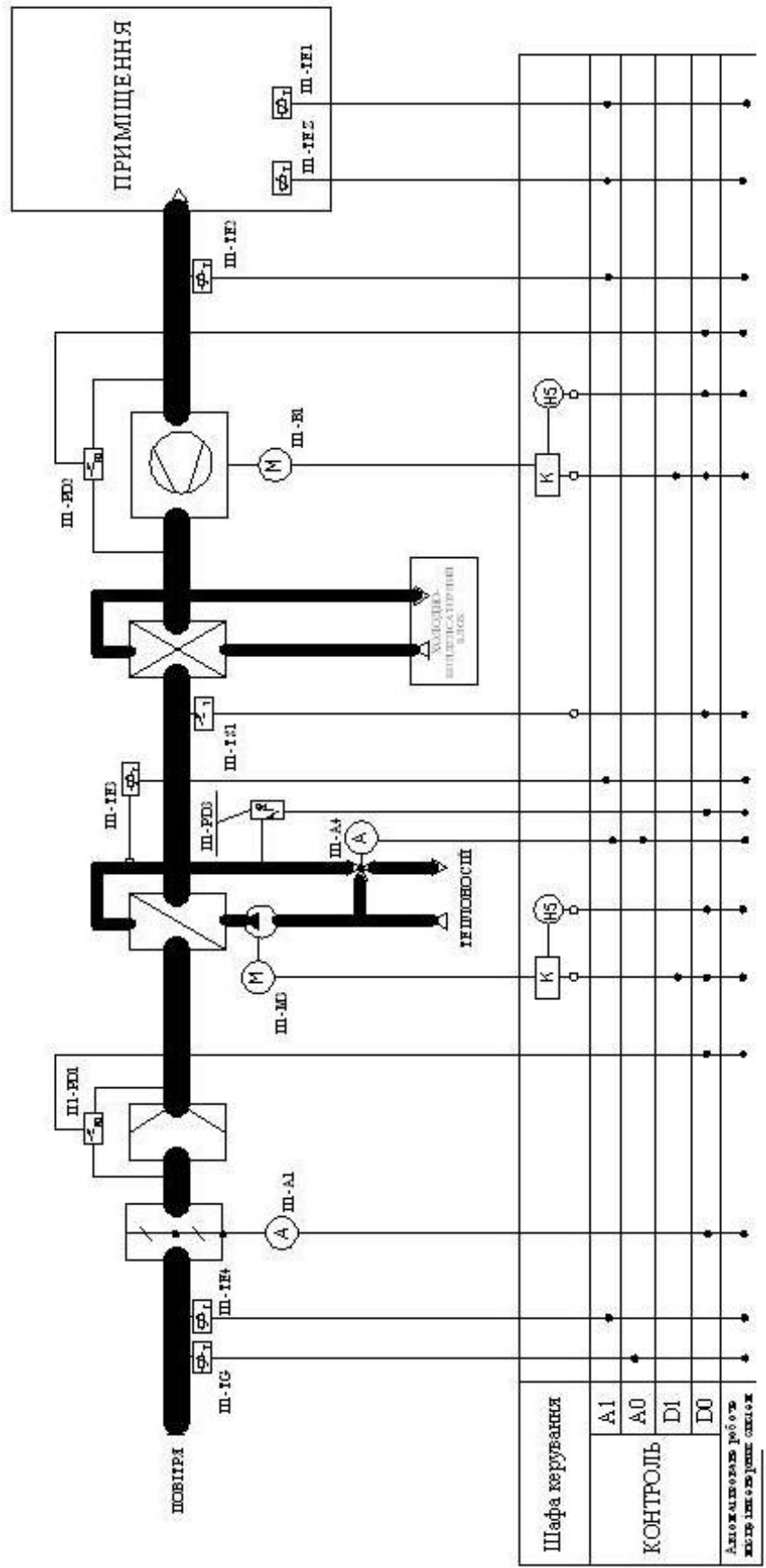


Рисунок 1.1 – Принципіальна електрична схема припливної вентиляційної установки

## 1.4 Автоматизація та КВП

Відповідно до завдання на проектування та вимог ДБН В.2.2-9-99 і ДБН В.2.5-13-98 проектними рішеннями передбачається оснащення споруд, що проектуються та інженерних комунікацій необхідною кількістю контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації, що забезпечують нормальну і безаварійну роботу обладнання в найбільш економічному режимі за мінімальною участю обслуговуючого персоналу.

Для припливних вентиляційних систем схемами автоматизації забезпечується:

- місцеве і автоматичне керування електродвигуна припливного вентилятора;
- контроль температури теплоносія після калориферу;
- захист калориферу від заморожування;
- контроль забруднення фільтрів;
- контроль перепаду тиску на вентиляторах;
- управління електроприводами повітряних засувок, а також забезпечення їх закриття при відключенні електроживлення пристрою.

Припливні установки прийнято фірми “РАУТ Автоматік” зі щитами автоматики, що замовляються і поставляються комплектно з венткамерами.

При спрацьовуванні пристроїв пожежної сигналізації автоматично:

- відключаються всі припливні вентсистеми, повітряно-теплові завіси;
- відключаються ліфти і переводяться в режим “Пожежна небезпека”;
- відкриваються фрамуги з електроприводами в залі очікування та касових залах для димовидалення з природним спонуканням.

Відкривання фрамуг передбачається також і дистанційним від кнопок постів керування, які встановлюються в шафах пожежних кранів та зі щита пожежної автоматики (ПРЩ), який знаходиться в пожежному посту.



Забезпечення технологічного обладнання засобами контролю і автоматизації скорочують кількість обслуговуючого персоналу, поліпшують умови працюючих, підтримують оптимальний обмін повітря в робочих приміщеннях.

Прийняте в проекті обладнання і апаратура не є джерелом шуму, вібрацій, випромінювання і не вимагають виконання спеціальних заходів.

### **1.5 Регулювання й автоматизація роботи вентиляторів**

Регулювання роботи вентилятора зв'язано зі зміною його витрати. Витрата вентилятора регулюється за допомогою зміни частоти обертання вала вентилятора.

Зміна частоти обертання вала найбільше енергоекономічне при будь-якій глибині регулювання. Крім того, цей вид регулювання може бути цілком автоматизований.

Зміна частоти обертання вала за допомогою частотного перетворювача, за рахунок зміни частоти електричного струму, найбільше ефективно. На практиці, завдяки простоті технічної реалізації, застосовується також параметричне регулювання частоти обертання вала вентилятора зміною напруги при незмінній частоті (50 Гц). Однак такий спосіб автоматичного регулювання параметрів вентилятора менш економічний, чим класичне частотне регулювання.

Швидкість вентилятора може регулюватися шляхом зміни напруги електроживлення як східчасто за допомогою трансформаторів, так і плавно за допомогою тиристорних регуляторів напруги.

Однак, варто мати на увазі, що регулювання частоти обертання вентилятора шляхом зміни напруги можливо лише на двигунах з високим опором ротора, тому що звичайні асинхронні двигуни не можуть регулюватися таким способом. Причина полягає в тім, що при зменшенні напруги частота обертання спочатку істотно не змінється, а при подальшому

зниженні різко падає. При регулюванні частоти обертання зміна термостатного захисту двигуна від перевантажень. Застосування звичайного реле перевантаження, що контролює струм у двигуни, неможливо, тому що при зниженні напруги є імовірність перевищення для номінальної напруги сили струму.

Крім того, засобу автоматики повинний забезпечувати захист, що зупиняє роботу вентилятора при закритих прийомних клапанах, тому що в протилежному випадку тиск на кондиціонері або припливної установці може виявитися гранично припустимого.

### **1.6 Автоматизація припливної вентиляційної установки**

Мета припливно-витяжної вентиляції в забезпечення повітрообміну за рахунок руху повітря в двох напрямках – надходження свіжого повітря витяжка відпрацьованого, яке здійснюється за рахунок припливного і витяжного вентиляторів. Відключається система вентиляції з допомогою повітряних клапанів, встановлених на припливному і витяжному повітроводах. Для запобігання попаданню в систему пилу використовується фільтр жорсткої очистки. При експлуатації вентиляції в холодний період часу необхідно підігрівати холодне припливне повітря до комфортної температури електричним або водяним калорифером, потужність якого регулюється в залежності від температури повітря після нього. При роботі вентилятора утворюється відчутний гул, який пригнічується шумоглушниками.

В данній системі вентиляції все тепло, яке використовується на підігрів припливного повітря, безповоротньо витрачається в навколишнє середовище з витяжним повітрям, що є неефективним використанням теплової енергії і економічно не вигідно. Існуючі способи економії витрат на вентиляцію будівель і споруд полягають в утилізації тепла витяжного повітря.

У припливної вентиляційній установці комплекс автоматики, як правило, уже передбачений. При зборці припливної установки з окремих

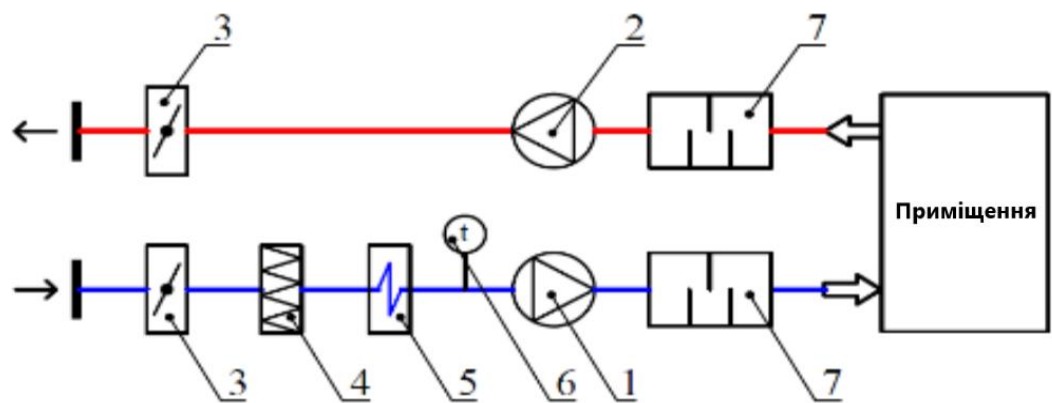
елементів або з окремих секцій кондиціонера автоматика розробляється по спеціальному проекту.

Керування прийомним клапаном у лінії подаваного повітря блокується із включенням вентилятора, і при відсутності на ньому перепаду тиску установка відключається.

У припливній установці є контур регулювання температури припливного повітря.

При використанні водяного повітрянагрівача передбачений захист його від заморожування.

На рисунку представлена принципова схема припливно-витяжної системи вентиляції без заходів з енергетичної ефективності

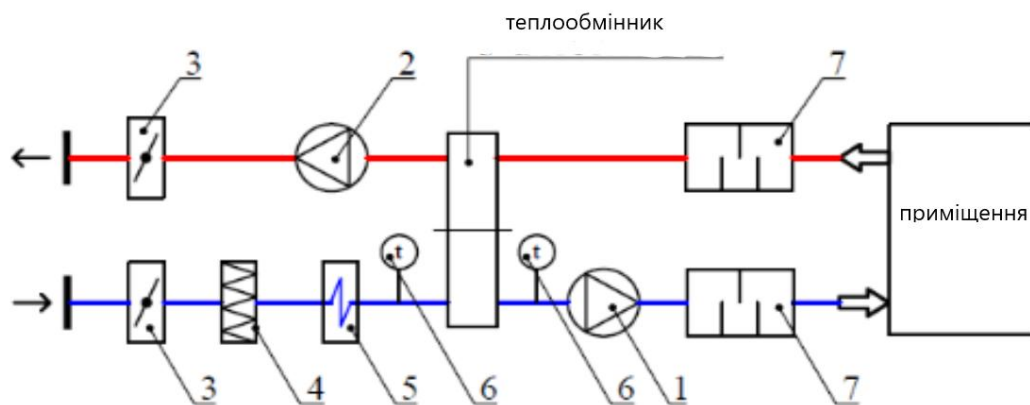


1 - припливний вентилятор; 2 - витяжний вентилятор; 3 - повітряний клапан; 4 - фільтр грубої очистки; 5 - калорифер; 6 - датчик температури; 7 –шумоглушник.

Рисунок 1.2 - Типова припливно-витяжна система вентиляції будівель

Одним з високотехнологічних агрегатів, які забезпечують енергозбереження, є рекуперативні теплообмінники, які дозволяють використовувати тепло витяжного повітря для нагріву припливного (рис. 1.3). В даний час і в найближчому майбутньому вони, ймовірно, залишаться предметом імпорту, оскільки їх виготовлення на сучасному рівні вимагає впровадження дорогих автоматизованих ліній, що реалізують замкнутий

цикл комп'ютерного проектування і комп'ютеризованого виробництва. Окрім використання в складі централізованих вентиляційних агрегатів, великий практичний інтерес рекуперативні теплообмінники представляють самі по собі як найбільш доступний засіб впровадження енергозберігаючих технологій при реконструкції існуючих систем вентиляції шляхом здійснення обміну теплом між припливом і витяжкою. Установка рекуперативного теплообмінника при цьому принципово можлива без заміни основних вузлів існуючої системи. Аналіз стану виробництва і застосування тепло-утилізаційного обладнання вказує на тенденцію переважного використання двох типів утилізаторів теплоти витяжного повітря: пластинчастих рекуперативних, що обертово-регенеративних.



- 1 -припливний вентилятор; 2 -витяжний вентилятор; 3 - повітряний клапан;  
 4 - фільтр жорсткої очистки; 5 - калорифер; 6 - датчик температури;  
 7 -шумоглушник.

Рисунок 1.3 - Припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла

Аналіз стану виробництва і застосування тепло-утилізаційного обладнання вказує на тенденцію переважного використання двох типів утилізаторів теплоти витяжного повітря: пластинчастих рекуперативних(рис.1.4), та обертово-регенеративних(рис.1.5).

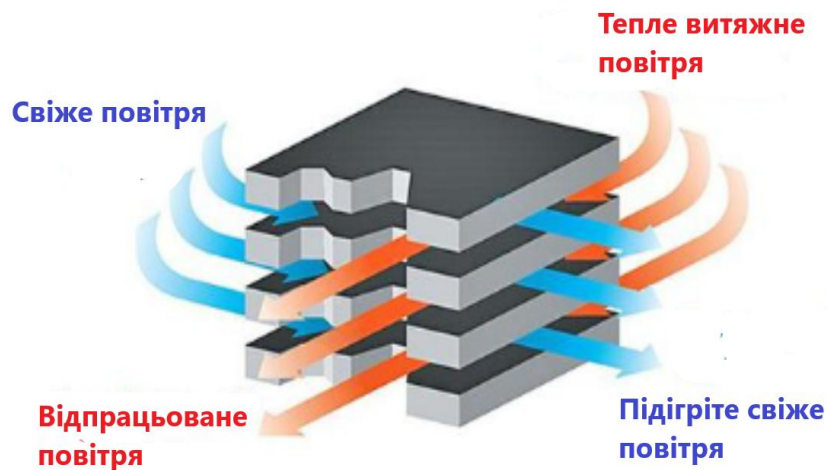


Рисунок 1.4 - Пластинчастий рекуперативний теплообмінник

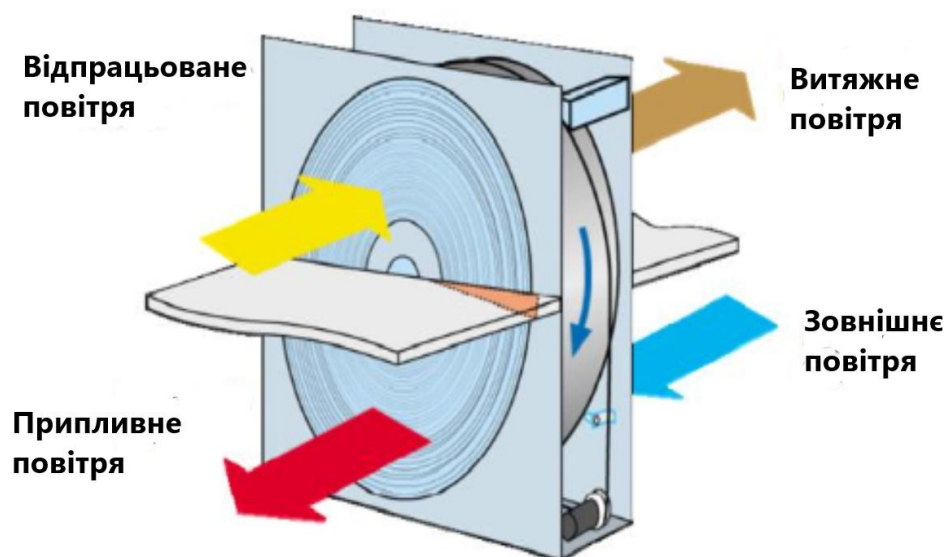


Рисунок 1.5 – Обертово-регенеративний теплообмінник

Найбільш перспективними являються обертово-регенеративні теплообмінники по переліку наступних причин:

а) завдяки тому, що процес тепломасообміну здійснюється по великій питомій поверхні використовуваної насадки, агрегат в цілому має мінімальні габарити, що дозволяє економити площу приміщення для розміщення обладнання;

б) регулювання швидкості обертання ротора дозволяє управляти загальною ефективністю рекуператора;

в) наявність вологообміну між припливом і витяжкою.

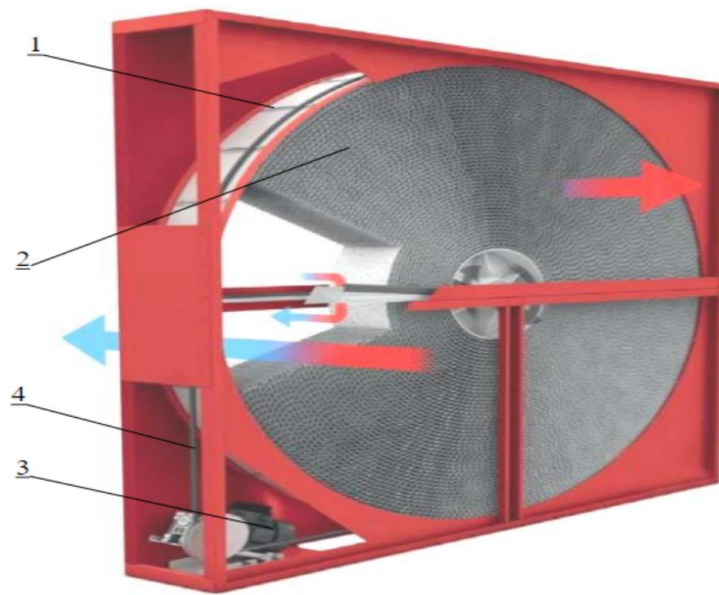


Рисунок 1.6 - Конструктивне виконання роторного теплообмінника

Ротор забезпечений насадкою (1), що володіє високою теплоємністю, яка при використанні протитечійної системи поперемінно нагрівається і охолоджується тепловиділяючим і теплопоглинальними повітряними потоками. Теплоутілізуюча насадка утворена вузькими трикутними каналами, які виготовлені з тонкої фольги (2). Товщина насадки (в напрямку повітряних потоків), як правило, становить 200 мм, висота повітряних каналів (рис. 1.7) - від 1,8 до 2,4 мм. При такому виконанні геометричні співвідношення у повітряних каналах утворюється ламінарна течія. Товщина фольги зазвичай становить 0,06/0,2 мм (рис. 1.7). Приводиться в обертання установка за допомогою електродвигуна (3) через редуктор і пасову передачу (4). Роторні теплообмінники можуть володіти ефективністю від 60 до 85% і мати втрату напору по припливу і витяжці від 75 до 500 Па.

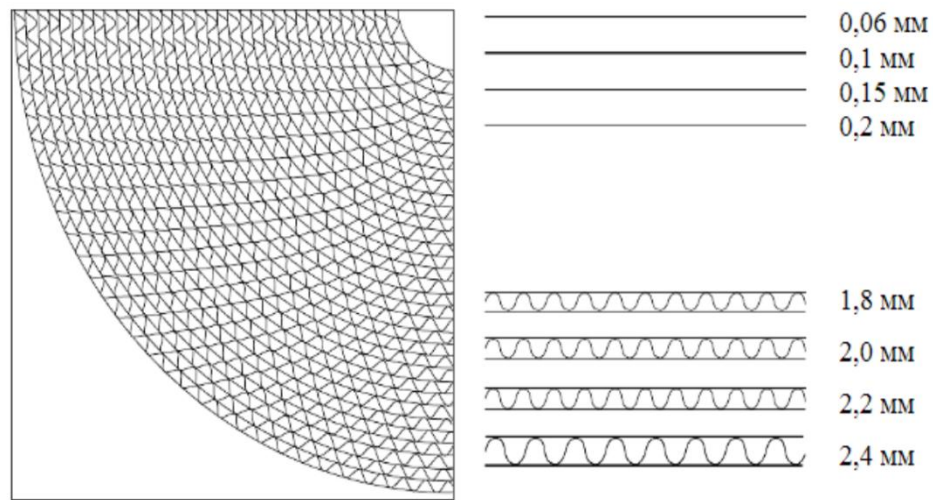


Рисунок 1.7 - Геометричні параметри повітряних каналів

Економічна обґрунтованість застосування рекуператорів більш ніж очевидна в умовах щодо суворого клімату, оскільки вона безпосередньо залежить від температурного контрасту. Чим більше різниця температур повітря зовні і всередині будівлі, тим більше досягається економічний ефект. Єдиною видимою перешкодою до їхнього широкого впровадженню є небезпека обмерзання пластин теплообмінної поверхності при температурах зовнішнього повітря нижче 0 °C. Це є причиною зниження їх ефективності і, як наслідок, призводить до Нестабільного робочого процесу системи вентиляції і збільшення витрат на її експлуатацію (рис. 1.8)



В процесі рекуперації тепла припливне повітря нагрівається, а витяжне охолоджується. При цьому відбувається збільшення відносної вологості в витяжному повітрі аж до стану насичення, після чого починається інтенсивна конденсація надлишкової вологи. В результаті відповідним чином

зменшується абсолютна вологомісткість. При подальшому охолодженні нижче температури замерзання має місце кристалізація конденсованої вологи. Це призводить з одного боку до суттєвого підвищення ефективності теплообміну за рахунок прихованої теплоти випаровування, з іншого боку може спостерігатися зниження теплопередачі за рахунок зформованого на поверхні пластин шару рідини, а також зменшення живого перетину повтряних каналів, що, в свою чергу, призводить до збільшення втрат є статичного тиску.

У випадках коли припливне повітря має досить низьку температуру, накопичений всередині теплообмінника конденсат замерзає, закопуючи частково або повністю повітряні канали зі сторони витяжки.

Дослідження останніх років в області створення нових і удосконалення існуючих теплоутилізаційних установок систем вентиляції і конденціювання повітря вказують на чітку тенденцію необхідності розробки нових конструктивних рішень рекуператорів, вирішальним моментом при виборі яких є можливість забезпечення режимів ефективною і безаварійною роботи установки в умовах конденсації вологи при мінусових температурах зовнішнього середовища. Температура зовнішнього середовища, починаючи з якої спостерігається утворення інею в каналах витяжного повітря, залежить від наступних факторів: температури і вологості повітря, що видаляється, відношення витрат припливного і відпрацьованого повітря, швидкості обертання теплообмінника.

Для запобігання обмерзання пластин теплообмінника в холодну пору року вдаються до наступних заходів:

а) попередній підігрів припливного повітря вище температури обмерзання додатковими електричними нагрівачами або калориферами, що призводить до зниження ефективності установки 1,5-2 рази.

б) регулювання масового відношення повітряних потоків на припливі і витяжці.



При зменшенні кількості холодного припливного повітря можна досягти умов, при яких кількість асимільованого ним тепла не приводить до переохолодження відносно великої кількості теплого повітря що відпрацьовується і, відповідно, до обмерзання теплообмінника. Однак, для досягнення цього ефекту масове відношення повітряних потоків, як правило, має не перевищувати 0,5, так як на витяжці відпрацьоване повітря завжди значно прохолодніше у вихідному перерізі в порівнянні з вхідним. Тим не менш, дана міра використовується достатньо часто, оскільки в будь-якому випадку доцільніше являється установка байпаса, що дозволяє в літній період часу регулювати параметри повітря на припливі.

В силу цього додаткові витрати виявляються відносно невеликими, будучи пов'язані тільки з необхідністю використання відповідних засобів автоматизованого контролю і органів управління;

в) розморожування теплообмінників. Спосіб розморожування теплообмінників передбачає можливість їх обмерзання з подальшим відтаненням шляхом відповідного перемикавання режимів роботи. При досягненні певною мірою обмерзання теплообмінника відбувається відключення припливу. У результаті через теплообмінник проходить тільки відпрацьоване тепле повітря з боку витяжки, за рахунок чого теплообмінник розморожується. Найкращим у цьому випадку є регулювання по величині перепаду статичного тиску зі сторони витяжки.

Слід зазначити, що перелічені технічні рішення не ефективні з енергетичної точки зору, а загальна ефективність рекуперації при їх використанні різко знижується. В даний час в залежності швидкості утворення інею і його відтавання в каналах теплообмінника від параметрів припливного і витяжного повітря і режиму роботи установки, далеко не вивчені, що перешкоджає оцінці реальної економічної вигоди від використання рекуператорів в системах вентиляції і кондиціонування.

### **1.7 Автоматизація повітряних клапанів**

В усіх випадках, для відкриття клапана при вимиканні вентилятора і закриття при вимиканні, електропривод прийомного клапана блокується з електродвигуном вентилятора.

У системах з рециркуляцією повітряні клапани, установлені на витяжному і рециркуляційному повітрянооводах, працюють у протифазі: при відкритті клапана на рециркуляції клапан на витяжці прикривається.

Автоматичне керування дає змогу також блокування клапанів у системах з витяжними вентиляторами, при вимиканні яких клапан на витяжному повітрі закривається.

### **1.8 Автоматизація повітряних фільтрів**

Для зручності експлуатації повітряний фільтр оснащується дифманометром, що показує, що вимірює перепад тиску до і після фільтра. Іноді дифманометр забезпечується сигнальною лампочкою, що включається, якщо аеродинамічний опір фільтра перевищить задане уставкой (часто подвоєний первісний опір). Даний сигнал може передаватися також на диспетчерський пульт керування.

При підборі розміру фільтра варто враховувати, що при меншій швидкості повітря не тільки збільшується ресурс фільтра, але і знижуються його аеродинамічний опір і в остаточному підсумку – електропостачання на привід вентилятора.

### **1.9 Автоматизація повітронагрівача**

Безаварійній роботі повітронагрівача служить захист від заморожування, що містить у собі циркуляційний насос, клапан з електроприводом у зворотному трубопроводі теплоносія, а також зворотний клапан на перемичці. Захист працює при положенні “зима” перемикача на щиті керування “зима/літо”.

У робочому режимі насос включений постійно. Якщо у зворотному трубопроводі датчиком температури реєструється зниження температури теплоносія нижче заданої величини ( $8-10^{\circ}\text{C}$ ) або датчиком температури повітряного потоку за повітронагрівачем нижче заданої величини ( $6-10^{\circ}\text{C}$ ), то вимикаються припливний вентилятор, закривається у повітроприймач клапан і відкривається клапан для проходу теплоносія. Одночасно передається сигнал “Небезпека замерзання” на щит автоматизації або на диспетчерський пульт керування.

У неробочому режимі насос працює тільки при температурі зовнішнього повітря, рівної або нижче  $+3^{\circ}\text{C}$  (датчик температури встановлений до повітроприймального клапана). При зниженні температури теплоносія на виході повітронагрівача нижче заданої (наприклад,  $20-25^{\circ}\text{C}$ ) повністю відкривається клапан у лінії теплоносія й передається сигнал “Небезпека замерзання”.

### **1.10 Режими роботи вентиляторної установки**

Припливна установка має п'ять режимів роботи:

- робочий;
- виключений;
- захист від заморожування;
- димовидалення;
- аварійне відключення.

*Робочий режим* – режим нормальної роботи системи вентиляції і кондиціонування повітря, під час якого всі агрегати справно працюють і виконують свої функції.

*Виключений* – режим, коли всі агрегати системи знаходяться у виключеному стані (знеструмлені), крім циркуляційних насосів і системи автоматики.

*Захист від заморожування* – режим, у якому система автоматики забезпечує захист секції попереднього нагрівання від заморожування,

шляхом зміни положення заслінки П1-А1, таким чином, щоб забезпечити мінімальний приплив зовнішнього повітря. Одночасно здійснюється висновок калорифера попереднього нагрівання на номінальний режим роботи.

*Режим димовидалення* призначений для видалення продуктів горіння (дим) при пожежі й обмеження його поширення з метою забезпечення евакуації людей із приміщень будинку в початковій стадії пожежі, що виникли в одному з приміщень.

Основна задача режиму димовидалення – забезпечення умов для безпечної евакуації людей у випадку виникнення пожежі на об'єкті.

В даному режимі система автоматики відключає живлячу напругу з усіх агрегатів і пристроїв не беруть участь у видаленні диму з приміщень. Видалення диму з приміщень забезпечує витяжний вентилятор.

*Аварійне відключення* призначене для вимикання всіх наявних агрегатів і пристроїв припливної установки на час усунення технічних несправностей, що виникли в процесі роботи системи.

## **1.11 Пуск і зупинка вентиляторної установки**

### **1.11.1 Керування роботою припливного вентилятора**

Для припливного вентилятора П1-В передбачено два способи керування: ручний і автоматичний. Вибір того або іншого способу керування здійснюється перемикачем на лицьовій панелі відповідного модуля аналогового висновку електричного щита ЩА.

При автоматичному керуванні вибір швидкості обертання припливного вентилятора здійснюється контролером АЕРОКЛІМ 5AV відповідно встановленої крапки уставки необхідної витрати повітря Q1.

Основним способом керування роботою припливного вентилятора є автоматичний.

### **1.11.2 Пуск вентиляторної установки в автоматичному режимі**

Для забезпечення надійного старту установки без ушкодження калорифера попереднього нагрівання при низьких температурах зовнішнього повітря, старт здійснюється на цілком рециркульованому повітрі. Такий варіант дозволяє уникати тривалого старту при температурі зовнішнього повітря меншої або рівної  $+4^{\circ}\text{C}$ .

Пуск установки починається з установки положення заслінок П1-А1 у положення 0%. Це положення відповідають рівневі 0В керуючого сигналу.

Після затримки, необхідної для установки необхідних положень заслінок виробляється плавний пуск вентиляторА П1-В.

При включенні припливного вентилятора система автоматичного керування починає підтримувати необхідну температуру і вологість повітря приміщень.

## **1.12 Температурно-вологісний контроль повітря**

### **1.12.1 Попереднє нагрівання повітря**

Калорифер попереднього нагрівання – пристрій, що забезпечує підігрівши минаючих через нього повітря в холодний час року.

У відповідності зі СНиП, температура подаваного повітря повинна бути не нижче  $+16^{\circ}\text{C}$ .

Одержуючи інформацію про стан температури повітря від П1-PD3, ПД-регулятор формує керуючий вплив, що через аналоговий вихід 0-10В надходить на приводний механізм триходового клапана П1-А4, що регулює температуру подаваного теплоносія в секцію попереднього нагрівання повітря. Регулювання температури подаваного теплоносія в калорифер забезпечує підтримка необхідного значення температури повітря одержуваного на виході.

### **1.12.2 Регулювання швидкості припливного вентилятора**

В основі принципу регулювання швидкості, двигуна припливного вентилятора, лежить сталість тиску в припливному каналі системи вентиляції.

Порівнюючи дві величини тиску: необхідну (setpoint) і дійсну (П1-ТЕ4), ПІД-регулятор формує керуючий вплив, що через аналогові виходи 0-

10В надходить на перетворювач частоти SED2 (див. Додаток 8), що у свою чергу, у залежності від вхідної величини, регулює частоту мережі, що приводить до зміни швидкості обертання вентилятора.

### **1.12.3 Захист двигуна**

Захист двигуна забезпечується двома цифровими датчиками: датчиком перегріву двигуна і П1-PDA2.

Датчик перегріву двигуна – теплове реле, що при нагріванні контактних пластин до заданої величини, посиляє сигнал про перегрів двигуна на контролер. Після обробки сигналу контролером, він формує керуюче вплив частотному перетворювачеві, що відключає двигун від живильної мережі.

Датчик перепаду тиску – визначає різницю тисків повітря на вентиляторі, якщо такий перепад відсутній, або відповідає мінімальному заданому значенню, датчик сигналізує контролерові про його несправності. Контролер у свою чергу, керуючи частотним перетворювачем, знімається напруга, що тане, із двигуна вентилятора.

### **1.12.4 Циркуляційний насос калорифера**

При автоматичному способі керування, включення циркуляційного насоса здійснюється контролером при наявності однієї з умов:

- регулювальний клапан калорифера П1-А4 відкритий більше чим на 5%;
- температура зовнішнього повітря нижче  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Вимикання циркуляційного насоса здійснюється при одночасній наявності наступних умов:

- регулювальний клапан калорифера відкритий на 5% і менше;
- температура зовнішнього повітря  $+5^{\circ}\text{C}$  і вище.

У випадку ручного керування, включення або вимикання циркуляційного насоса здійснюється незалежно від команд контролера, переключенням ключа керування на лицьовій поверхні відповідного модуля ЩА.

#### **1.12.5 Захист секції попереднього нагрівання від заморожування**

Захист калорифера від заморожування забезпечується:

- капілярним термостатом П1-TS1 капілярна трубка якого рівномірно розподілена по площі калорифера з боку теплого повітря;
- датчиком температури П1-PD3, що установлений у зворотному колекторі калорифера.

Капілярний термостат П1-TS1 захищає калорифер від заморожування по повітря. Даний термостат здійснює вимір мінімальної температури повітря за калорифером і при її зниженні нижче безпечної величини видає сигнал аварії.

Датчик П1-PD3 забезпечує захист від заморожування по воді. За допомогою даного датчика під час роботи і зупинки вентиляторної установки контролер підтримує температуру зворотної води калорифера на безпечному рівні. При цьому, якщо під час роботи установки температура зворотної води опуститься нижче безпечного рівня, те регулювальний клапан П1-А4 буде керуватися не за значеннями температури повітря в приміщенні, а за

показниками температури зворотної води, захищаючи тим самим калорифер від заморожування.

Безпечним рівнем для працюючої установки вважається температура об-ратної води не нижче  $+18^{\circ}\text{C}$ . У режимі зупинки безпечний рівень температури зворотної води складає  $+30^{\circ}\text{C}$ .

Для блокування роботи установки вводиться аварійна уставка  $+13^{\circ}\text{C}$ .

#### **1.12.6 Моніторинг стану фільтрів**

Для моніторингу стану фільтрів повітря в системі автоматики використовуються датчики перепаду тиску П1-PDA2, П1-PDA1. При досягненні граничного значення перепаду тиску на фільтрі, реле відповідного датчика перепаду тиску замикається, і система генерує сигнал помилки, попереджаючи про необхідність сервісного очищення або заміни даного фільтра.

### **2 Система диспетчеризації**

До даного проекту транспортного вузла “Караваєві дачі” пропонована система диспетчеризації фірми SOLITON Control Systems, побудована на основі системи MicroNet.

MicroNet – модульна, проста у використанні система автоматизації будинків, призначена для керування системами тепlopостачання, вентиляції і кондиціонування повітря й інтеграції з іншими системами керування інженерним устаткуванням. Функції керування реалізовані на основі стандартних платформ і технологій відкритих систем промислової автоматики. Система розроблена для середніх будинків і комплексів, з урахуванням їх особливостей, забезпечує оптимальне використання устаткування і максимальну ефективність капіталовкладень.



Система призначена для моніторингу і керування роботою припливно-витяжних систем (центрального кондиціонера):

- КВ (робочі приміщення 1-го поверху, кафетерій)
- припливно-витяжної системи П1-У3 без рекуперації тепла (підсобні приміщення 3 поверху);
- систем П4 і П3-У8, обладнаних електричними калориферами;
- припливно-витяжної системи В9-У10;
- витяжних систем У1 (санвузли), У2 (загальнобмінна), У4 (загальнобмінна архіви), буфет
- припливної системи П2, що здійснює підпір повітря в шахту ліфтів при пожежі;

Крім того, система автоматики здійснює моніторинг положення пожежної і каналізаційної електрозасувки, а також температури в приміщеннях серверної та апаратури безперебійного споживання із сигналізацією перевищення заданого значення.

Система автоматики скомпонована в 3-х щитах керування:

- ШУВ-1 (системи П2, П3-У8);
- ШУВ-2 (системи П4, У7, У9-У10, моніторинг положення пожежної і каналізаційної засувки);
- ШУВ-4,5 (системи КВ-1, П1-У3, У1, У2, У4, моніторинг температури в приміщеннях апаратури безперебійного споживання і серверної).

## **2.1 Функціональна схема**

Система КВ керована засобами контролера АЕРОКМІМ-5AV центральний кондиціонер КВ (див.рис.3.10.1) складається з:

- відсічних клапанів з електроприводом у припливному і витяжному повітряноводах;
- фільтрів припливного і витяжного повітря з датчиками перепаду тиску повітря на них (датчики забруднення фільтра);

- роторного рекуператора тепла з електроприводом і регульованою частотою обертання (Р-КВ);
- калорифера підігріву з термостатом захисту від заморожування, а також циркуляційним насосом (Н-КВ), 3-х ходовим регулювальним клапаном з електроприводом, зворотним клапаном і датчиком температури зворотної води в контурі калорифера;
- калорифера охолодження з 3-х ходовим регулювальним клапаном;
- припливного (П-КВ) і витяжного (В-КВ) вентиляторів з датчиками перепаду тиску повітря на них (датчики роботи вентиляторів);
- датчиків температури зовнішнього, припливного повітря, витяжного повітря до і після роторного рекуператора.

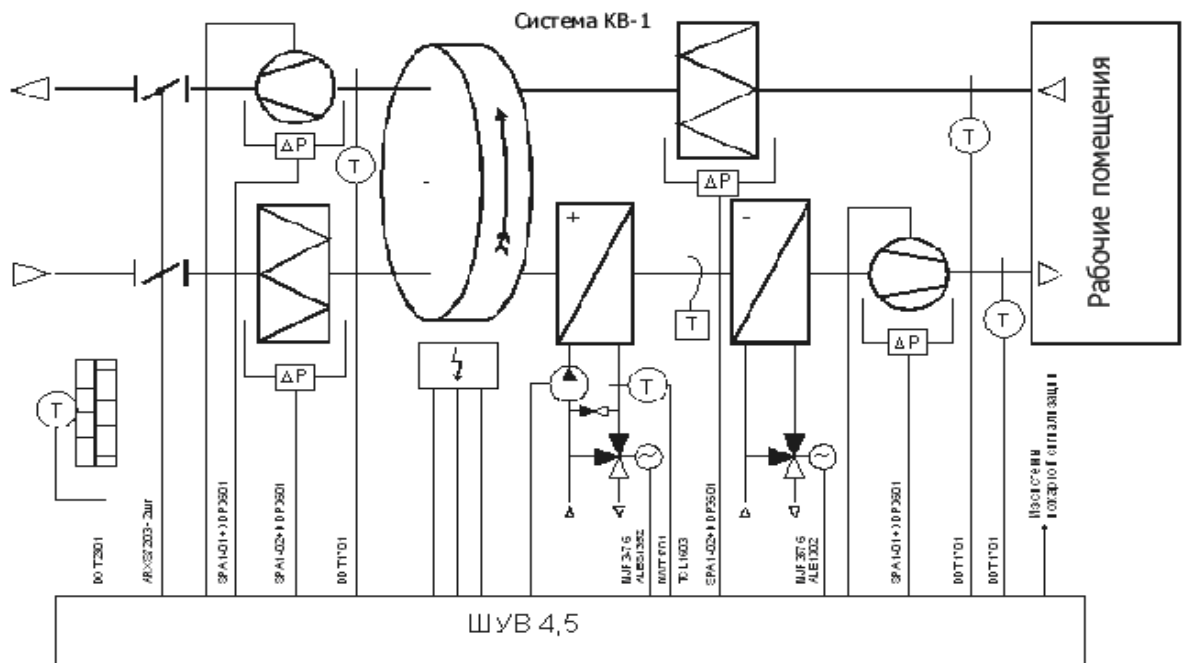


Рисунок 2.1 – Система КВ

Автоматичне керування системою можливо при установці перемикачів П-КВ, В-КВ, Н-КВ, Р-КВ на передній панелі щита керування в положення 'Авто'.

## 2.2 Алгоритм керування центральним кондиціонером

- керування включенням центрального кондиціонера за розкладом (по днях тижня і годинник);

➤ підтримка температури припливу на заданому рівні шляхом плавного регулювання пропускної здатності 3-х ходового клапана на магістралі з теплоносієм (коли параметр “опалювальні казани включені” дозволений) або холодоносієм (коли параметр “опалювальні казани включені” заборонений);

➤ регульована рекуперація тепла за допомогою роторного рекуператора (включається при модулі різниці між температурою витяжного повітря до рекуператора і температурою зовнішнього повітря більш  $5^{\circ}\text{C}$ );

➤ захист від заморожування калорифера підігріву як по інтегральній по площі повітряновода температурі припливного повітря за калорифером (нижче  $8^{\circ}\text{C}$ ), так і по температурі зворотної води в контурі калорифера (нижче  $12^{\circ}\text{C}$ ) шляхом зупинки вентиляторів, закриття повітряних відсічних клапанів, 100% відкриття 3-х ходового регулюючого клапана і включення циркуляційного насоса в контурі калорифера підігріву на час не менш 3-х хвилин;

➤ захист від заморожування роторного рекуператора шляхом підтримки температури витяжного повітря після рекуператора на рівні не нижче  $6^{\circ}\text{C}$  зміною швидкості обертання ротора;

➤ зупинка за сигналом від системи пожежної сигналізації;

➤ видача сигналів на комп'ютер і відповідний сенсорний екран про аварії вентиляторів (по сигналах від датчиків перепаду тиску повітря на них) із зупинкою кондиціонера;

➤ видача сигналу на комп'ютер і відповідний сенсорний екран про аварії приводу роторного рекуператора (по сигналі від частотного перетворювача приводу) із зупинкою рекуператора (без зупинки кондиціонера);

➤ видача сигналів на комп'ютер і відповідний сенсорний екран про засмічення повітряних фільтрів (по сигналах від датчиків перепаду тиску повітря на них) без зупинки кондиціонера;

➤ задане значення температури припливу 20<sup>0</sup> (уставка), параметр “опалювальні казани включені”, дозвіл на роботу рекуператора, а також розклад роботи (по днях тижня і годинник) центрального кондиціонера можуть бути змінені локально за допомогою відповідного сенсорного екрана або централізовано з комп'ютера. Також забезпечується моніторинг

поточного стану вентиляторів, рекуператора і циркуляційного насоса (включений/виключений), положення відсічних повітряних клапанів (відк./закр.), 3-х ходових клапанів і швидкості обертання рекуператора (0-100%), температур зовнішнього, припливного і витяжного повітря до і після рекуператора, температури зворотної води в контурі калорифера підігріву, зупинки по сигналі від систем захисту від заморожування і пожежної сигналізації.

### **2.3 Додаткові сервісні функції**

➤ попередній прогрів калорифера і роторного рекуператора (якщо параметр “опалювальні казани включені” дозволений) протягом 2-х хвилин перед включенням системи, шляхом 100% відкриття 3-х ходового регулюючого клапана і включення циркуляційного насоса в контурі калорифера підігріву, а також включення приводу рекуператора на максимальній швидкості перед послідовним запуском припливного і витяжного вентиляторів з інтервалом у 1хв, з наступною роботою на підвищеної уставке температури припливного повітря протягом 5-ти хв для якнайшвидшої стабілізації контуру регулювання;

➤ включення циркуляційного насоса в контурі калорифера підігріву при зниженні температури зовнішнього повітря нижче 3<sup>0</sup>С не залежно від стану центрального кондиціонера для надійного спрацьовування захисту від заморожування по температурі зворотної води;

➤ періодичне очищення пластин роторного рекуператора від пилу шляхом включення приводу на мінімальній швидкості на 30 сек кожні 30 хв

у випадку, якщо рекуператор не використовується більш 30 хв при включеному кондиціонері;

➤ включення циркуляційного насоса і 100% відкриття 3-х ходового клапана в контурі калорифера підігріву в літню пору (параметр "опалювальні казани включені" заборонений), або 100% відкриття 3-х ходового клапана в контурі калорифера охолодження в зимовий час (параметр "опалювальні казани включені" дозволений), щонеділі в 23,55 на 3хв згідно сервісні розклади, з метою "тренування" виконавчих механізмів.

Описаний алгоритм реалізований при програмуванні контролерів IAC-600. Істотною перевагою контролерів серії MicroNet є можливість т.зв. вільного або "повного" програмування. Практично будь-який алгоритм можна реалізувати на основі стандартних модулів і функціональних блоків інструментального програмного забезпечення VisiSat.

## **2.4 Програмне забезпечення контролерів**

Розробка алгоритму і програмування контролерів вироблялося в середовищі інструментального програмного забезпечення VisiSat побудованого на базі пакета Visio 2000 з бібліотекою компонентів (входи/виходи, ПИД-регулятори, сигналізатори аварії та ін.).

Таке рішення забезпечує зручність розробки систем керування і документування компонентів готової системи. Практично всю виконавчу документацію від структури системи до компоновочних і електричних схем шаф керування можна виконувати в рамках пакета Visio 2000.

Програмне забезпечення VisiSat призначене для програмування контролерів серії MN (300/440/500/620, TS, LCD), що працюють у мережі NCP, ARCNET або LonWorks. Обслуговує, також контролери IAC400, 420, 600, сенсорний екран IAC TS.

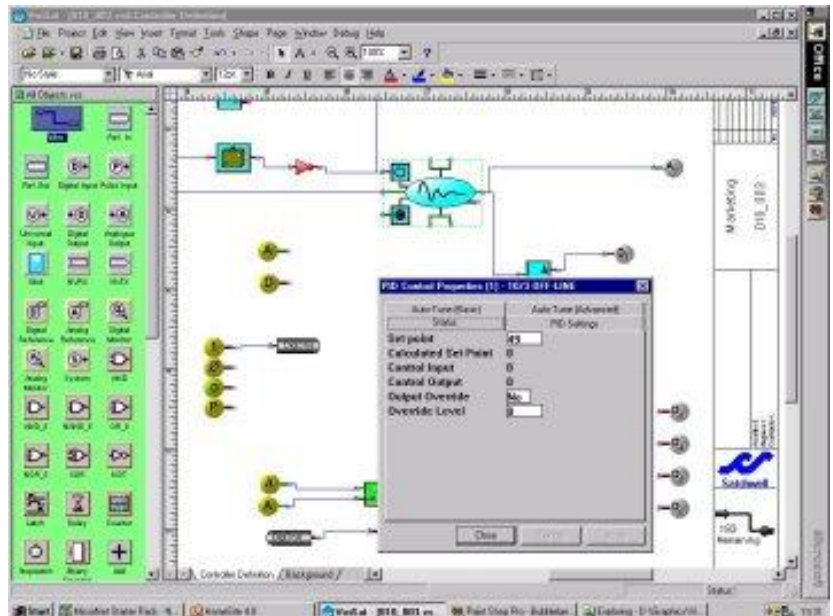


Рисунок 2.2 – Програмне забезпечення VisiSat

Для комунікації з контролерами IAC або MN у мережі NCP можна використовувати конвертор RS232/485.

VisiSat працює в операційній системі Windows NT4.0, Windows 2DO, Windows XP.

Графічний інтерфейс реалізований на базі широко відомого програмного продукту VISIO™ 2000 і дає можливість відображати як конфігурацію контролера, так і зв'язку між контролерами, що працюють у мережі ARCNET.

Конфігурація програми для контролера створюється за допомогою графічних об'єктів Bubbleland.

Новою якістю є можливість зчитування конфігурації з контролера. Зв'язку між модулями відновлюються автоматично. Можливе створення конфігурацій для екранів MN TOUCH і MN LCD. Можливе програмування в режимі off-line (без підключення контролера).

## 2.5 Структура мережі керування

Система керування побудована на базі MicroNet як однотермінальна система і складається з об'єднаних у локальну мережу 5-ти вільно програмувальних керуючих контролерів, двох сенсорних екранів, що забезпечують моніторинг і локальне керування контролерами, розташованими в підмережах цих сенсорних екранів, і персонального комп'ютера з програмним забезпеченням MicroNet View, що забезпечує централізоване керування і моніторинг системи в цілому. Обмін даними між контролерами і комп'ютером забезпечується DDE-сервером SNP I/O Server.

Програмне забезпечення MicroNet View (DS10.201) є програмною платформою, що виконує функції графічного людино-машинного інтерфейсу для мереж керування, зокрема для систем керування інженерним устаткуванням будинків (Building Management System - BMS).

MicroNet View взаємодіє з кожним з мережних протоколів MicroNet: LonWorks FTT-10 з вільною топологією, NCP (Native Communications Protocol), ARCNET, а також із протоколами мереж керування третіх виробників через DDE і OPC сервера.

Підтримує сімейство контролерів, датчиків і засобів відображення MicroNet. MicroNet View підтримує лінію продуктів SatchNet, таких як контролери IAC. Працює на PC з операційною системою Windows NT/Windows 2000/Windows XP. Використовує масив графічних інструментальних засобів і технологій (Active X керування, Microsoft DDE, вкладені об'єкти) для створення динамічного виду мережних операцій, розміщення даних у реальному часі на активних графічних дисплеях.

MicroNet View дозволяє користувачеві на місці планувати систему керування об'єктами і перериваннями, нагромадженням і відображенням даних реального часу, а також установкою і запуском тривожних повідомлень.

MicroNet View Pro дає можливість користувачеві генерувати і друкувати звіти, формовані з різних баз даних, а також створювати і налагоджувати користувальницькі екрани.

Короткі характеристики MicroNet View:

➤ відображення даних реального часу в активних мультимедійних екранах;

➤ зміна значення уставок, тимчасових графіків;

➤ підтвердження тривожних повідомлень;

➤ перегляд історичних (зареєстрованих) даних;

MicroNet View Pro:

➤ допускає створення графічних образів і розробку додатків;

➤ має могутній редактор скриптів для створення і виконання системних завдань;

➤ допускає перевірку і редагування системних перемінних;

➤ зміна параметрів, відображуваних у контролерах;

➤ визначення, реєстраційних значень і способу реєстрації;

➤ визначення тривожних повідомлень;

➤ визначення операторів системи і їхніх прав;

➤ зміна візуалізуємої області без обмежень.



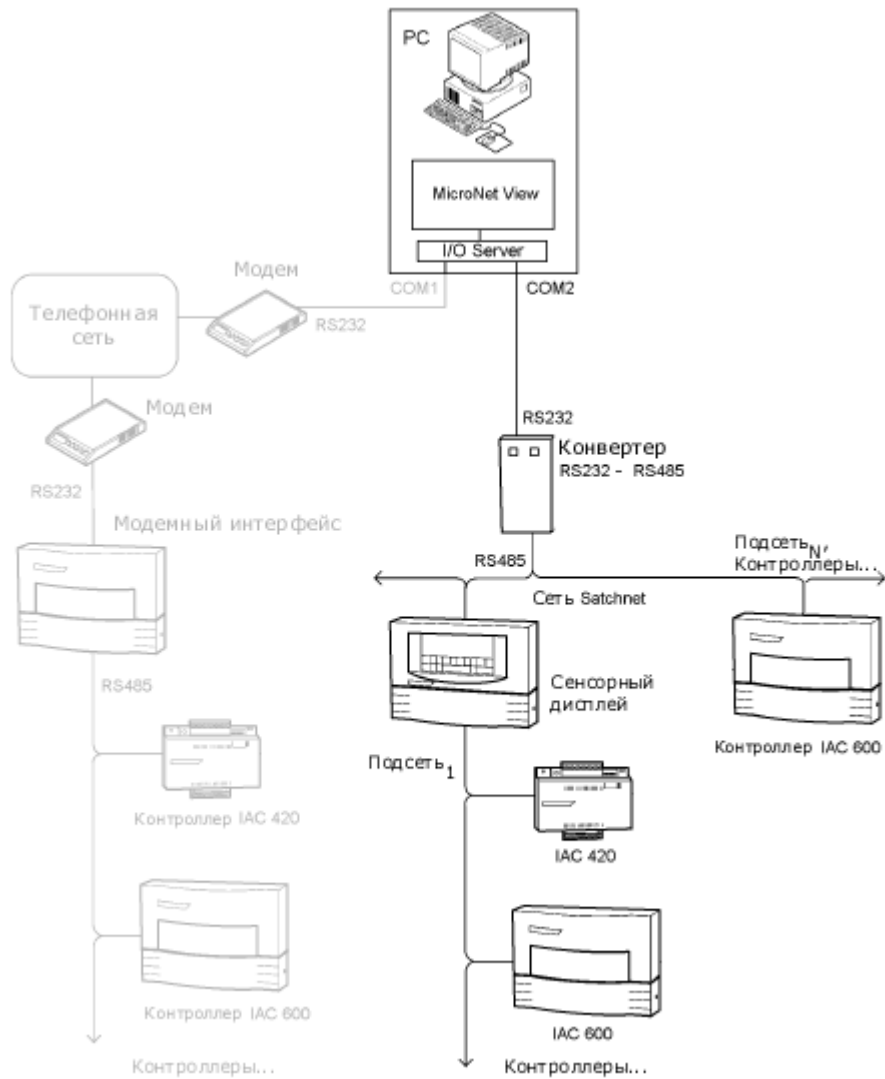


Рисунок 2.3 – Структура мережі керування

## 2.6 Работа в системі диспетчеризації

Програмне забезпечення системи диспетчеризації призначене для:

1. Візуалізації параметрів системи керування інженерним устаткуванням будинку.
2. Безперервного контролю і реєстрації стану устаткування.
3. Зміни параметрів і режимів роботи устаткування.
4. Нагромадження даних для аналізу якості роботи устаткування.

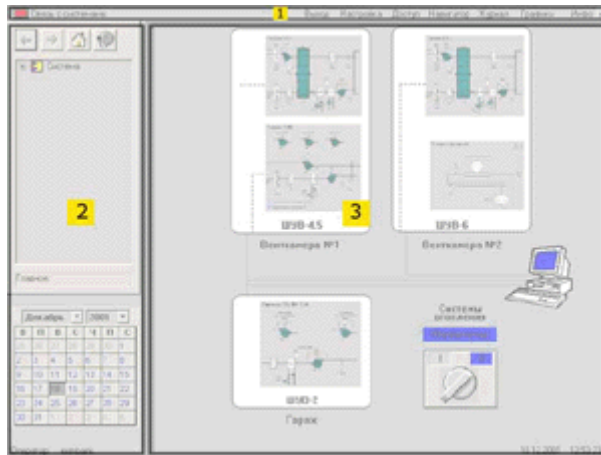


Рисунок 2.4 – Головне вікно програмного комплексу системи диспетчеризації

Функціональне поле екрана розділене на 3-и зони:

1. верхнє меню з індикатором наявності зв'язку з контролерами;
2. дерево-навігатор для швидкого відкриття вікон;
3. зона відображення стану устаткування.

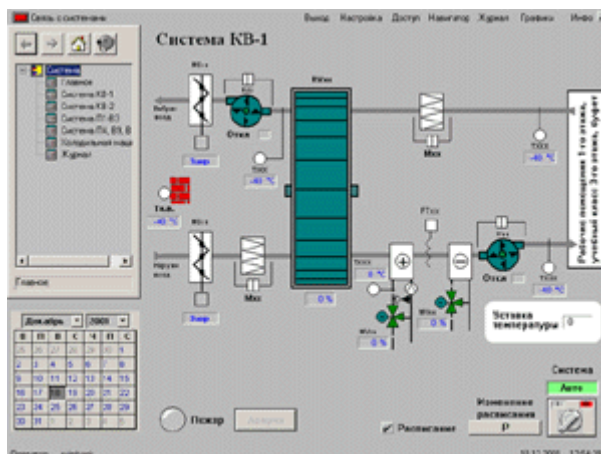


Рисунок 2.5 – Екран з компонентами устаткування системи керування КВ.

Органи керування – ключ ручного включення/відключення системи (активний якщо "Розклад" відключено), індикатор роботи з розкладу.

Органи регулювання – зміна уставки температури на припливі, зміна розкладу роботи системи.

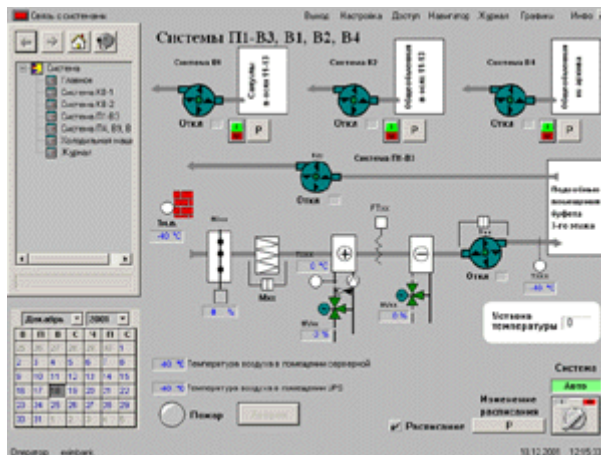


Рисунок 2.6 – Система П1-УЗ, У-1, У-2, У-4

Органи керування – ключ ручного включення/відключення (активний якщо "Розклад" відключено) систем П1-УЗ, У1, У2, У4, індикатор роботи з розкладу (один для всіх систем).

Органи регулювання – зміна уставки температури на припливі в системі П1-УЗ, зміна розкладу роботи систем (для кожної системи окремий розклад).

Особливості: Для всіх систем П1-УЗ, У1,У2,У4 мається тільки один ключ "РОЗКЛАД" який впливає на переключення всіх зазначених систем у ручний або автоматичний режим роботи. У той же час існує РОЗКЛАД для кожної системи окремо , що може бути відредагована (кнопка [P] ліворуч від ключа ручного включення систем).

## 2.7 Журнал реєстрації роботи системи

Журнал реєстрації роботи системи призначений для аналізу роботи систем (особливо при виникненні аварійних ситуацій), реєстрації дій персоналу.

Будь-які зміни в стані систем керування інженерним устаткуванням (зміна контрольованих параметрів, дії оператора, спрацювання систем сигналізації) реєструються системою диспетчеризації. Для зручності експлуатації події, що відбуваються в системі керування інженерним устаткуванням розділені на три групи "Аварія", "Реєстрація", "Усі".

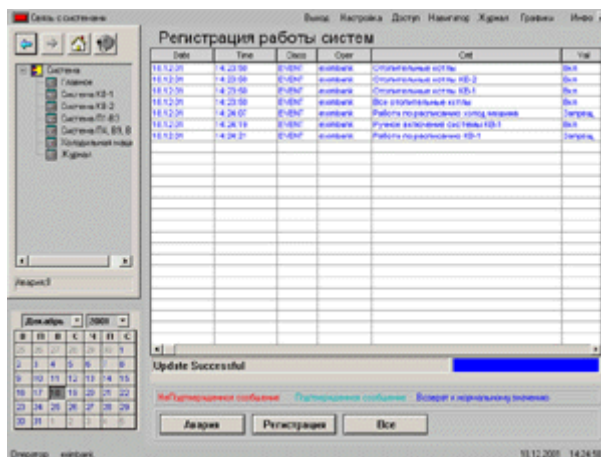


Рисунок 2.7 – Журнал реєстрації

Натиснувши на відповідну клавішу в нижній частині вікна (рис.3.10.6) можна переглянути відповідну групу подій у системі.

Група "Аварія" повинна бути порожня (значить устаткування працює нормально).

Група "Реєстрація" – те, що ми бачимо на малюнку, показує всі операції які експлуатаційний персонал робив із системами (зміна режиму роботи, ручне включення систем, зміна уставок температури).

Як додаткова можливість для персоналу сервісних служб передбачена кнопка "Усі" – отут показані всі події в хронологічному порядку.

## 2.8 Графіки

З метою візуального контролю параметрів роботи устаткування в системі диспетчеризації передбачена графічна форма висновку інформації про ті параметри, що власне і визначають якість функціонування системи керування інженерним устаткуванням будинку.

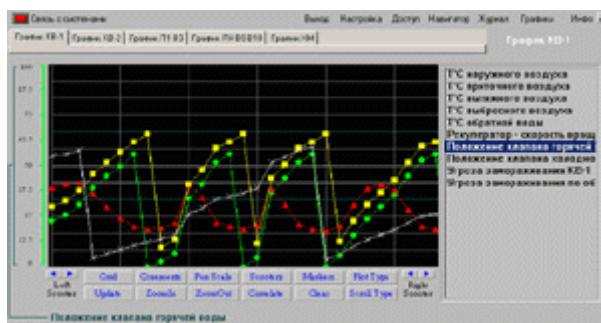


Рисунок 2.8 – Графіки роботи устаткування

Для систем керування кліматом це: усі температури (повітря і води), положення регуляторів, спрацьовування датчиків захисту від заморожування. Зчитування параметрів з контролерів для відображення на графіку виробляється кожні 10 секунд, максимальна кількість крапок на графіку 2000 (орієнтовно 5-ть годин роботи систем). Після закінчення 5-ти годин нові дані на графіку затирають значення старих даних за принципом кільцевої черги.

У процесі роботи можна переміститися на ранні тимчасові оцінки, масштабувати графік з метою більш детального (збільшення – Zoomin) або більш загального контролю (зменшення – ZoomOut). Такий механізм як вертикальні обмежники (scooters) дозволяють максимально зменшивши графік вибрати потрібної часовий відрізок (переміщаючи ліву і праву границю до потрібних крапок) і деталізувати значення на цьому відрізку (Збільшити).

Для зручності оператора в правій частині екрана розташований перелік контрольованих параметрів. Натиснувши покажчиком миші на кожній з них і в лівій частині графіка ви побачите вертикальну лінійку з нанесеними значеннями (значення відбивають межі зміни параметра). Колір лінійки відповідає кольорові графіка для відповідного параметра. На малюнку вище обраний параметр "Положення клапана гарячої води", колір-світло зелений, межі зміни від 0 до 100.

## **2.9 Налаштування параметрів контролерів**

У пакеті MicroNet передбачені бібліотеки елементів Active, що представляють собою заздалегідь визначені комплексні об'єкти, що користувач може вільно модифікувати і дублювати.

Бібліотека елементів Active забезпечує підтримку таблиць перетворення, налаштування циклограм, розкладу неробочих днів, модулів оптимізації і регуляторів у контролерах.

Для здійснення налаштування в розглянутому проекті застосовувалися

стандартні компоненти (Active) MicroNet такі як Time Scheduler (настроювання розкладу), Two Stage Control (настроювання регуляторів). Ці компоненти дозволяють у процесі роботи змінити значення параметрів, заданих при програмуванні контролерів пакетом VisiSat (на стадії розробки системи керування).

## 2.10 Налаштування PID-регуляторів

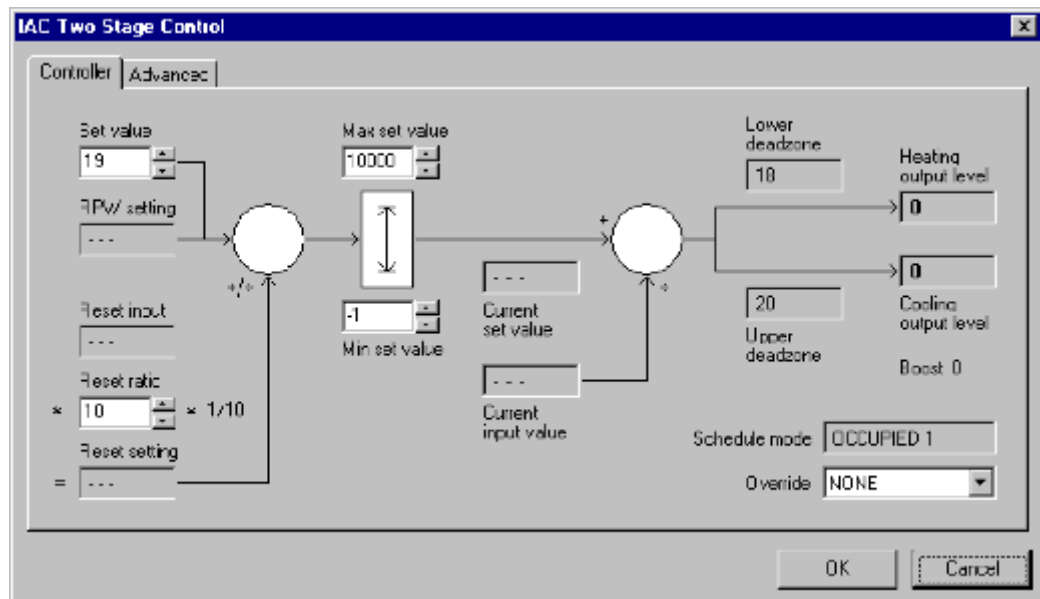


Рисунок 2.9 – Параметри PID -регулятора

Даний компонент дозволяє змінити властивості запрограмованого в діючому контролері PID-регулятора.

У розглянутій системі – регулювання здійснюється в контурі калорифера припливної системи. Характерною рисою алгоритму роботи регулятора є функція автокалибровки. Перевага даної функції в тім, що при її запуску (на етапі налагодження системи) контролер намагається підібрати параметри регулювання найбільш оптимальним образом і потім використовує ці дані для виконання функції регулювання.

Характерною рисою програмного забезпечення системи MicroNet є можливість інтегрувати в одну систему устаткування різних виробників. Для цього використовується технологія так званих DDE або OPC серверів введення/висновку.

### **3 Вибір раціонального типу електропривода для вентилятора, аналіз умов експлуатації електроприводу**

Вибір раціонального типу електропривода для конкретної технологічної установки включає в себе також:

- аналіз умов експлуатації і розробку технічних вимог до електроприводу;
- аналіз перспективних варіантів систем електроприводів , їх техніко-економічне порівняння і вибір раціонального типу приводу.

Під умовами експлуатації розуміють сукупність зовнішніх чинників, що впливає на працездатність електроприводу. До них відносяться температура навколишнього середовища, вологість, тиск, вібрації, удари і т.д. Всю сукупність зовнішніх впливів поділяють на кліматичні і механічні.

Умовні позначення кліматичних виконань виробів включають в себе три категорії - вироби, призначені для макрокліматичних районів для експлуатації на суші, річках і озерах; для макрокліматичних районів з морським кліматом; для всіх макрокліматичних районів на суші і на морі.

Вимоги до конструкції сучасного регульованого електроприводу змінного струму, зумовлені специфікою параметрів і характеристик IGBT модулів:

- основний модуль всіх виконань електроприводу являє собою навісну шафу одностороннього обслуговування блокової конструкції. Охолодження силових напівпровідникових модулів - повітряно примусове;

- застосовано загальний охолоджувач для розміщення всіх вентельний модулів перетворювача , який є несучим елементом шафи. Геометрія охолоджувача повинна бути оптимізована за результатами теплофізичних розрахунків і досліджень;

- мінімізована індуктивність монтажу між модулями інвертора і конденсаторами силового фільтра за рахунок їх взаємного розташування сполуки плоскопаралельними (з ізоляцією) шинами або пластинами мінімально можливих розмірів;





двигуна	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
гальмівний	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
чотири квадранти	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
чотири пуски	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
чотири реверси	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
6. Можливий діапазон робочих частот	і збільшення частоти зменшується гранична потужність	Верхня межа обмежена механічною міцністю машини			Верхня межа обмежена механічною міцністю машини. Стійка робота при низьких швидкостях		0-50 Гц	30-70 Гц	40-50 Гц	0-50 Гц

Системи регулювання швидкості на змінному струмі можна класифікувати за енергетичним принципом:

- системи з регулюванням кількості підводиться до електродвигуна енергії;
- системи з втратою енергії;
- системи з рекуперацією енергії ковзання.

При виборі типу електроприводу перевагу слід віддавати системам електроприводу змінного струму з наступних причин:

- електроенергія виробляється і передається споживачам в основному на змінному струмі;
- електродвигуни постійного струму за габаритами, вагою та вартістю в 1,5...2,5 рази перевищують двигуни змінного струму тієї ж потужності і частоти обертання;
- надійність ДПТ зважаючи на наявність колекторно-щіткового вузла і майже повної відсутності закритого виконання значно нижче, ніж у двигунів змінного струму;

- момент інерції ДПТ в 1,5...1,7 рази вище, ніж у АД з короткозамкненим ротором, що обумовлює більш високу швидкодію систем приводу змінного струму;

- енергетичні показники і регульовальні властивості систем змінного струму з тиристорними перетворювачами не гірше, ніж у приводів постійного струму. Наприклад, перевантажувальна здатність у приводів з синхронними двигунами вище, ніж у двигуна постійного струму;

- вартість статичних перетворювачів для ДПТ приблизно дорівнює вартості перетворювачів для приводів змінного струму, а система генератор - двигун постійного струму за вагою та вартості в 1,5...2,0 рази перевершує вагу і вартість перетворювачів тієї ж потужності, причому ККД системи Г-Д на 10...20 % нижче.

Деякі переваги і недоліки трьох типів частотно - регульованих електроприводів показані в таблиці 3.2

Таблиця 3.2. Переваги та недоліки типів регульованих електроприводів

Типи	Інвертор напруги	Інвертор струму	ШИМ
Сумісність	так	ні	так
Плавний старт	так	так	так
Налаштування	за вибором	вбудована	за вибором
Нагрів двигуна	низький	низький	високий
Шум двигуна	низький	низький	високий
Часткова загрузка	так	нестійка	так
Робота на низьких швидкостях	ні	ні	плавна
Низько-швидкісні пульсації моменту	так	так	ні
Частота вище 50 Гц	так	ні	так
Захист від розриву ланцюга	вбудова на	вимагається	вбудована
Захист від короткого замикання	потребує	вбудована	потребує
Захист від перевантаження	потребує	вбудована	потребує
Багатодвигунний	так	за вибором	так

привід			
Контролер та логіка	проста	більш складна	складна
50 Гц коефіцієнт потужності	низький	низький	високий
50 Гц гармоніки	високі	високі	низькі
Гармоніки двигуна	помірні	помірні	високі
Сплески напруги	ні	є	є
Розмір фільтра постійного струму	великий	великий	малий
Шум інвертора	середній	середній	високий
Транзисторна технологія	так	ні	так
Комутація інвертора	низька частота	низька частота	висока частота
Розмір та вага	середній	великий	малий
Зауваження: за вибором - значить, що властивість забезпечується за окрему плату; потрібно значить, що властивість забезпечується в основній конструкції.			

Частотно - регульований електропривод з синхронними двигунами найбільш економічний при потужностях 1000 до Вт і більше.

У таких системах зазвичай використовується інвертор струму з комутованою навантаженням. Використання синхронних двигунів з постійним магнітним полем, виконаних на постійних магнітах, в системах частотного управління постійно зростає.

### 3.1 Вибір перетворювача частоти

В якості привода стрічкових конвеєрів, як правило, використовують асинхронний електропривод. Для забезпечення плавності пуску та регулювання швидкості можна використовувати наступні системи приводів: АВК, ТРН-АД, ТРТ-АД, ТП-ВД.

При виборі моделі перетворювача частоти варто враховувати конкретне завдання, що повинен вирішувати електропривод:

- типу й потужності підключає мого електродвигуна;

- точності й діапазону регулювання швидкості;
- точності підтримки моменту обертання на валу двигуна.

Так само, можна враховувати конструктивні особливості перетворювача, такі як:

- розміри;
- форма;
- можливість виносу пульта керування й ін.

При роботі зі стандартним асинхронним двигуном перетворювач варто вибирати з відповідною потужністю. Якщо потрібно великий пусковий момент або короткий час розгону/сповільнення, вибирайте перетворювач на ступінь вище стандартного. При виборі перетворювача для роботи зі спеціальними двигунами варто керуватися, насамперед, номінальним струмом перетворювача, що повинен бути більше номінального струму двигуна, а також особливостями настройки параметрів перетворювача. У цьому випадку, бажано проконсультуватися з фахівцями постачальника. Для збільшення точності підтримки моменту й швидкості на валу двигуна в найбільш досконалих перетворювачах (VFD-V/B/M) реалізоване векторне керування, що дозволяє працювати з повним

моментом двигуна в області нульових частот, підтримувати швидкість при змінному навантаженні без датчиків зворотного зв'язку, точно контролювати момент на валу двигуна.

### **3.2 Розрахунок схеми електропривода по системі ПЧ-АД**

#### **3.2.1 Параметри двигуна**

$$U_{1\Phi} = \frac{U_{1H}}{\sqrt{3}} \quad (3.1)$$

$$U_{1\Phi} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,4 \text{ (В)} \quad (3.2)$$

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{1\Phi} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

$$I_{1H} = \frac{110000}{3 \cdot 219,4 \cdot 0,9 \cdot 0,938} = 197,965 \text{ (A)}$$

$$R'_2 = \frac{1}{3} \frac{(P_H + P_{MEX})}{\left(I_H^2 \cdot \frac{1 - S_H}{S_H}\right)} \quad (3.3)$$

$$R'_2 = \frac{1}{3} \frac{(110000 + 3300)}{\left(202^2 \cdot \frac{1 - 0,01}{0,01}\right)} = 0,009 \text{ (OM)}$$

де

$$P_{MEX} = 0,03 \cdot P_H \quad (3.4)$$

$$P_{MEX} = 0,03 \cdot 110000 = 3300 \text{ (BT)}$$

$$R_1 = \frac{U_{1H} \cos \varphi (1 - \eta)}{I_H} - C^2 R'_2 - \frac{P_{MEX}}{3 I_H^2} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{380 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,938)}{202} - 1,03 \cdot 0,009^2 - \frac{3300}{3 \cdot 202^2} \\ &= 0,077 \text{ (OM)} \end{aligned}$$

$$L'_2 = \frac{U_{1H}}{4\pi f_1 (1 + C^2) K_I I_H} \quad (3.6)$$

$$L'_2 = \frac{380}{4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (1 + 1,03^2) \cdot 6,8 \cdot 202} = 0,0002 \text{ (ГН)}$$

$$L_1 = \frac{U_{1H}}{4\pi f_1 I_H \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2\pi f_1 M_{MAX}}{p U_H} \cdot \frac{S_H}{S_K}} \quad (3.7)$$

$$S_K = S_H \left( m_{MAX} + \sqrt{m_{MAX}^2 - 1} \right) \quad (3.8)$$

$$S_K = 0,01 \cdot \left( 2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1} \right) = 0,0479$$

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{380}{4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 202 \cdot \sqrt{1 - 0,9^2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2095,236}{2 \cdot 380} \cdot \frac{0,01}{0,0479}} \\ &= 0,0068 \end{aligned}$$

Еквівалентні опори двигуна:

$$R_e = 2(R_1 + R'_2) + \frac{3}{\pi} \cdot (X_1 + X'_2) \quad (3.9)$$

$$(3.10)$$

$$X_1 = 2L_1\pi f_1$$

$$X_1 = 2 \cdot 0,0068 \cdot 3,14 \cdot 50 = 2,1352 \text{ (Ом)}$$

$$X'_2 = 2L'_2\pi f_1 \quad (3.11)$$

$$X'_2 = 2 \cdot 0,0002 \cdot 3,14 \cdot 50 = 0,0628 \text{ (Ом)}$$

$$L_e = 2(L_1 + L'_2) \quad (3.12)$$

$$L_e = 2 \cdot (0,0068 + 0,0002) = 0,014 \text{ (Гн)}$$

$$R_e = 2 \cdot (0,077 + 0,009) + \frac{3}{3,14} \cdot (2,1352 + 0,0628) = 2,2719 \text{ (Ом)}$$

### 3.2.2 Розрахунок регулятора швидкості

Момент інерції:

$$J = J_{ДВ} + J'_{МЕХ} \quad (3.13)$$

$$J = 2,93068 + 15,947 = 18,877 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}$$

Максимальний момент двигуна:

$$M_{MAX} = M_H \cdot \lambda \quad (3.14)$$

$$M_{MAX} = 698,412 \cdot 3 = 2095,236 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$K_M = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{M_H}{I_{1H}} \quad (3.15)$$

$$K_M = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{698,412}{197,965} = 2,881$$

Струм відсічки від'ємного зворотнього зв'язку по струму:

$$I_{d MAX} = \frac{M_{MAX}}{K_M} \quad (3.16)$$

$$I_{d MAX} = \frac{2095,236}{2,823} = 742,201 \text{ (А)}$$

Коефіцієнт зворотнього зв'язку по струму:

$$U_{OC MAX} = 10 \text{ (В)}$$

$$K_C = \frac{U_{OC MAX}}{I_{MAX}} \quad (3.17)$$

$$K_C = \frac{10}{1373,6} = 0,007$$

Постійна часу двигуна:

$$T_e = \frac{L_e}{R_e} \quad (3.18)$$

$$T_e = \frac{0,014}{2,2719} = 0,006 \text{ (с)}$$

Постійна часу напівпровідникового перетворювача:

$$T_{\mu} = 0,01 \text{ (с)}$$

Коефіцієнт передачі напівпровідникового перетворювача:

$$U_{d \text{ MAX}} = U_{1H} = 380 \text{ (В)}$$

$$U_{K \text{ MAX}} = 10 \text{ (В)}$$

$$K_{\text{ТП}} = \frac{U_{d \text{ MAX}}}{U_{K \text{ MAX}}} \quad (3.19)$$

$$K_{\text{ТП}} = \frac{380}{10} = 38$$

$$U_{OШ \text{ MAX}} = 10 \text{ (В)}$$

$$K_{\text{Ш}} = \frac{U_{OШ \text{ MAX}}}{\omega_{\text{MAX}}} \quad (3.20)$$

$$K_{\text{Ш}} = \frac{10}{157,5} = 0,0635$$

$$\varepsilon_{\text{MAX}} = \frac{0,9 \cdot M_{\text{MAX}} - M_{\text{H}}}{J'_{\text{МЕХ}}} \quad (3.21)$$

$$\varepsilon_{\text{MAX}} = \frac{0,9 \cdot 2095,236 - 698,412}{15,947} = 74,45 \text{ (с}^{-2}\text{)}$$

$$K_a = \frac{\varepsilon_{\text{MAX}}}{\omega_{\text{MAX}}} \quad (3.22)$$

$$K_a = \frac{74,45}{157,5} = 0,472$$

### 3.2.3 Параметри регулювання

З використанням П-регулятора

$$a_c = 2; a_{\text{Ш}} = 2;$$

$$T_1 = T_e = 0,006$$

$$T_2 = \frac{a_c T_{\mu} K_{\text{ТП}} K_c}{R_e} \quad (3.23)$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot 0,01 \cdot 38 \cdot 0,007}{2,2719} = 0,002$$



$$K_{PII} = \frac{K_C J}{a_{II} a_C T_\mu K_M K_{II}} \quad (3.24)$$

$$K_{PII} = \frac{0,007 \cdot 18,877}{2 \cdot 2 \cdot 0,01 \cdot 2,881 \cdot 0,0635} = 18,057$$

З використанням ПІ-регулятора

$$a_C = 2; a_{II} = 2; b_{II} = 2;$$

$$T_3 = a_{II} a_C b_{II} T_\mu \quad (3.25)$$

$$T_3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0,01 = 0,08$$

$$T_4 = \frac{T_3}{K_{PII}} \quad (3.26)$$

$$T_4 = \frac{0,08}{18,057} = 0,0044$$

$$K_{PII} = \frac{K_C J}{a_{II} a_C T_\mu K_M K_{II}} \quad (3.27)$$

$$K_{PII} = \frac{0,007 \cdot 18,877}{2 \cdot 2 \cdot 0,01 \cdot 2,881 \cdot 0,0635} = 18,057$$

#### 4 Моделювання системи вентиляційної установки в середовищі MATLAB

Регулювання швидкості припливного вентилятора здійснюється за допомогою частотного перетворювача (ПЧ-АД) SED2.

Ідея частотного регулювання полягає в реалізації залежності

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p_n} \quad (4.1)$$

де  $f_1$  – частота, проведена до статора напруги;

$p_n$  – число пар полюсів.

При такому регулюванні виникає основна проблема, зв'язана з властивостями машини перемінного струму, а саме при зміні частоти подводимого до статора напруги змінюється не тільки значення  $\omega_0$ , але і значно змінюється перевантажувальна здатність (критичне або max момент).

Рішення цієї проблеми полягає в тому, що необхідно одночасно змінювати частоту та амплітуду, поданого до двигуна напруги по визначеному закону.

Найбільше простий, використовуваний у всіх пропонує перетворювачах, є закон

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}. \quad (4.2)$$

При такому законі перевантажувальна здатність підтримується практично постійно, що видно з характеристик рисунка

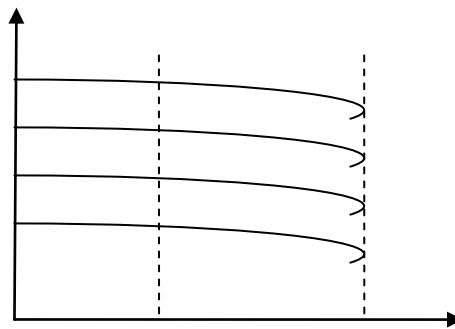


Рисунок 4.1 – Механічні характеристики

При використанні закону  $U_1/f_1 = \text{const}$ , то побудова структурної схеми може бути виключений канал керування по частоті, дослідження й налаштування системи виконують по каналу регулювання напруги.

Загальна ідея вибору передавальної функції регулятора, полягає в тому, щоб компенсувати коефіцієнт передачі й великі постійні часу елементи контуру, до якого встановлюється регулятор.

Загальна математична залежність для регуляторів:

$$W_{\text{regi}}(p) = \frac{1}{a_i * T_i p * W_{\text{oki}}(p)}, \quad (4.3)$$

де  $a_i$  – налаштовувальний параметр  $i$ -ого контуру

$T_i$  – найменшого компенсування постійна часу  $i$ -ого контуру

$W_{\text{oki}}$  – передавальна функція об'єкта  $i$ -ого контуру

$$W_{pc}(p) = \frac{T_e p + 1}{a_t * T_m p * k_{tp} * 1/R_e * k_t} = \frac{T_1 p + 1}{T_2 p} = \frac{T_1}{T_2} + \frac{1}{T_2 p} \quad (4.4)$$

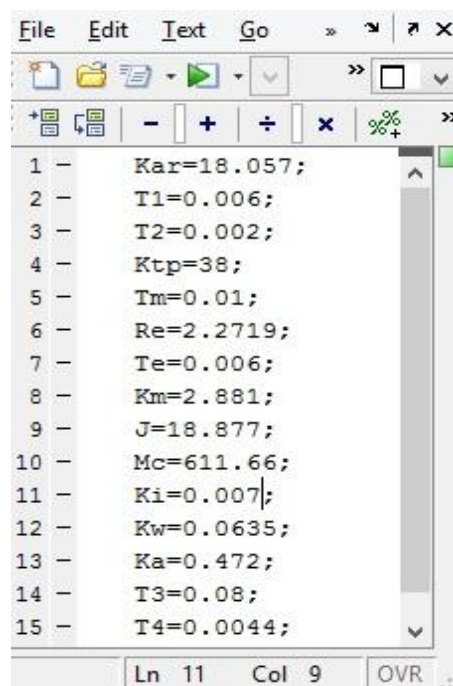
$$T_1 = T_e; \quad T_2 = a_t * T_m p * k_{tp} * 1/R_e * k_t$$

Таким чином, в системі ПЧ-АД регулятор швидкості вийшов пропорційним. Оскільки для системи пред'являються підвищені вимоги до твердості механічних характеристик й (або) при великому діапазоні регулювання можливо використовувати ПІ-регулятор швидкості.

Також, якщо необхідно зменшити перерегулювання по швидкості, то на вхід системи встановлюють фільтр.

#### 4.1 Структурні схеми системи

Для створення структурних схем ми використовуємо дані, які зображені на рисунку, щоб більш детально і точніше виглядала наша змодельована система:



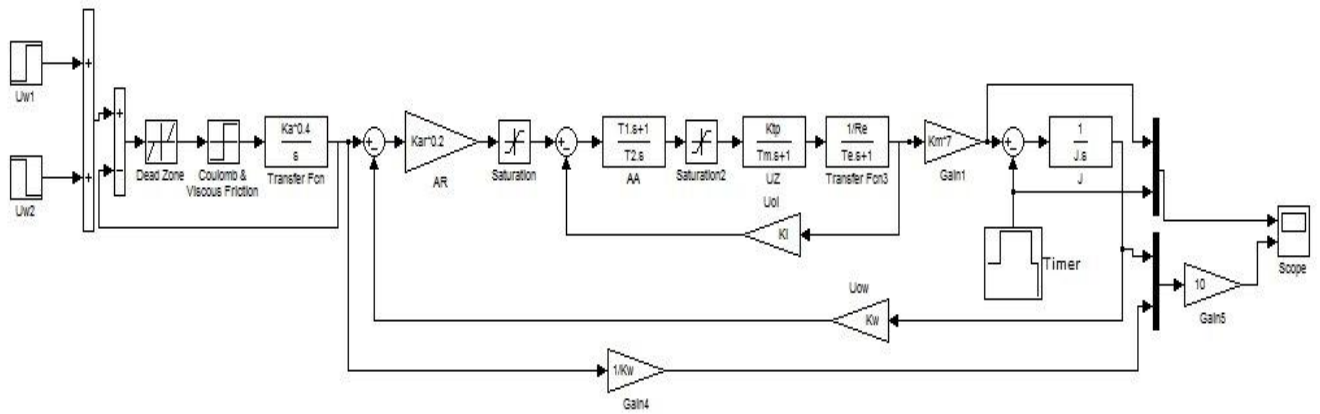


Рисунок 4.2 – Структурна схема системи ПЧ-АД з П-регулятором швидкості

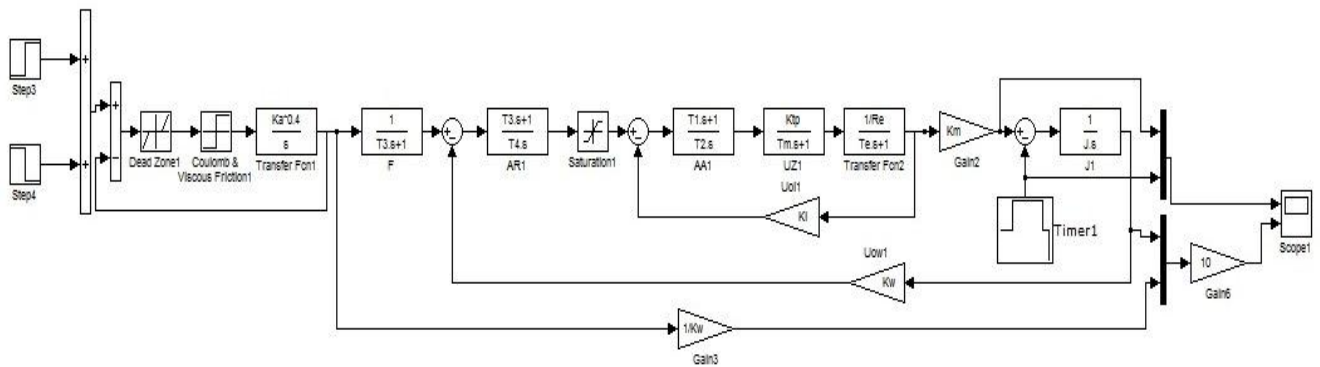


Рисунок 4.3 – Структурна схема системи ПЧ-АД з ПІ-регулятором швидкості

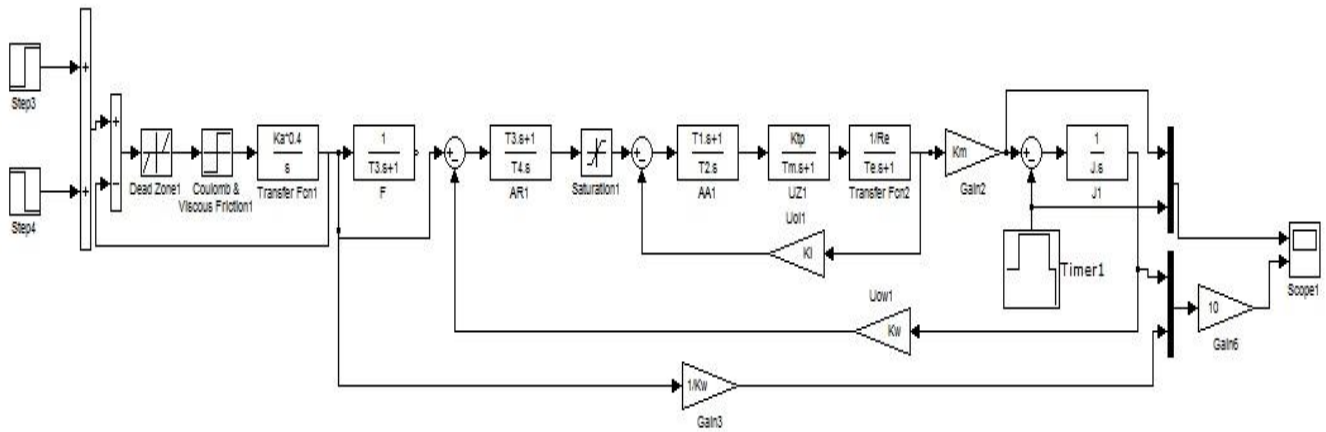


Рисунок 4.4 – Структурна схема системи ПЧ-АД з ПІ-регулятором швидкості без використання фільтра

## 4.2 Графічні результати моделювання електропривода за системою ПЧ-АД

Змоделювавши різні варіанти схем в просторі SIMULINK ми отримали графічні зображення. Вони показують характеристики при різних режимах роботи, і допомагають детальніше розібратися в системах.



Рисунок 4.5 - Графічні результати моделювання з використанням ПІ-регулятора

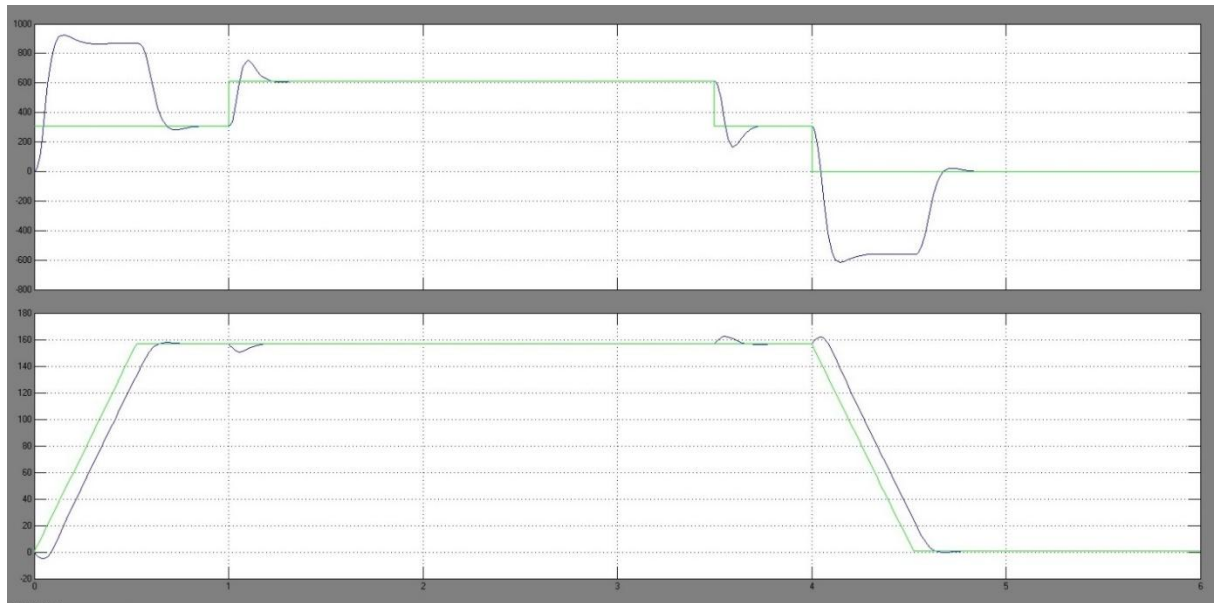


Рисунок 4.6 - Графічні результати моделювання з використанням ПІ-регулятора



Рисунок 4.7 - Графічні результати моделювання з використанням ПІ-регулятора без використання фільтра

#### 4.4 Перетворювач частоти

Визначаючи загальнопромислову модель перетворювача частоти, слід виходити з конкретного завдання, яке повинен вирішити електропривод:

- тип і потужність підключеного двигуна,
- точність і діапазон регулювання швидкості,
- точність підтримання крутного моменту на валу двигуна.

Також ви можете взяти до уваги конструктивні особливості перетворювача, такі як:

- розміри,
- форма,
- можливість вийняти панель управління тощо.

При роботі зі стандартним асинхронним двигуном інвертор слід вибирати з відповідною потужністю. Якщо потрібен великий пусковий момент або короткий час прискорення / уповільнення, виберіть інвертор на одну сходинку вище стандартного.

Вибираючи перетворювач для роботи зі спеціальними двигунами (гальмівні двигуни, занурювальні двигуни, висувні роторні двигуни, синхронні двигуни, швидкісні двигуни тощо), ви повинні керуватися в першу чергу номінальним струмом перетворювача, який повинен бути вищим за номінальний струм двигуна та особливості налаштування параметрів перетворювача. У цьому випадку бажано проконсультуватися зі спеціалістами постачальника.

Для підвищення точності підтримки крутного моменту і швидкості на валу двигуна в найсучасніших перетворювачах реалізовано векторне управління, що дає можливість працювати з повним крутним моментом двигуна в області нульових частот, підтримувати швидкість при змінному навантаженні без зворотного зв'язку датчики та точно контролюють крутний момент на валу двигуна.

#### Основні особливості перетворювача

Перетворювач частоти забезпечує плавний запуск і зупинку двигуна, а також дозволяє змінювати напрямок обертання двигуна.

Перетворювач частоти відображає на цифровому дисплеї основні параметри системи: задану швидкість, вихідну частоту, струм і напругу двигуна, вихідну потужність, крутний момент, стан дискретних виходів, загальний час роботи перетворювача тощо.

Перетворювачем частоти можна керувати за допомогою вбудованої або віддаленої цифрової панелі управління, або за допомогою зовнішніх сигналів. У другому випадку швидкість обертання встановлюється аналоговим сигналом 0-10 або 4-20 мА, а команди для запуску, зупинки та зміни режимів обертання подаються дискретними сигналами. Ви можете відображати параметри системи у вигляді графіків на віддаленій графічній панелі управління.

Керувати перетворювачем частоти можна через послідовний інтерфейс (RS-232, RS-422 або RS-485) або із зовнішнього ПЛК за допомогою спеціального протоколу (Profibus, Interbus, Device-Net, ModBus тощо).

Виберіть перетворювач частоти з каталогу:

Lenze ESMD1103L4TXA: Потужність: 110 (кВт); Напруга: 660...1140 (В)

Частота: 50/60 (Гц)

1. Регулювання швидкості обертання валу за допомогою перетворювача частоти дозволяє усунути один із суттєвих недоліків електродвигунів за допомогою ротора з білоклітинною системою - постійну швидкість обертання ротора електродвигуна, яка не залежить від навантаження. Регулювання частоти дає можливість регулювати швидкість обертання електродвигуна відповідно до характеру навантаження. Це, у свою чергу, дозволяє уникнути складних перехідних процесів в електричних мережах, забезпечуючи роботу обладнання в найбільш економічному режимі.

2. регулювання частоти електродвигуна ефективно використовується на промислових підприємствах, у сфері енергетики, комунальних послуг та інших областях. Це пов'язано з тим, що регулювання частоти дозволяє автоматизувати виробничі процеси, економно використовувати електроенергію та інші ресурси, задіяні у виробництві, поліпшити якість продукції, а також підвищити надійність всієї системи в цілому.

3. VFD також покращує функціональність і довговічність технологічної системи. Це забезпечується зменшенням пускових струмів, усуненням



перевантажень елементів системи та поступовим виснаженням робочого часу обладнання. Для регулювання частоти використовуються частотні перетворювачі з вбудованими ПІД-регуляторами (пропорційно-інтегрально-диференціальні контролери), які забезпечують точний контроль заданих технологічних параметрів.

4. Перетворення частоти, на відміну від інших пристроїв регулювання частоти обертання двигуна, таких як гідравлічне зчеплення, механічний варіатор, дозволяє уникнути різних недоліків в роботі системи.

Основні переваги використання перетворювачів частоти:

1) Енергозбереження.

Застосування надзвичайного стану дозволяє зменшити пускові струми та регулювати споживану потужність двигуна залежно від фактичного навантаження.

2) Збільшення терміну служби промислового обладнання.

Плавний пуск і регулювання швидкості моменту на валу дозволяють збільшити інтервал між ремонтом і продовжити термін служби електродвигунів.

Можливість відмови від редукторів, дросельних клапанів, електромагнітних гальм та іншого регулюючого обладнання. зниження надійності та збільшення енергоспоживання обладнання.

3) Немає необхідності в технічному обслуговуванні.

Надзвичайні ситуації не мають рухомих частин, які потребують регулярного очищення та змащення.

4) Можливість дистанційного керування та контролю параметрів обладнання з електроприводом.

Багато перетворювачі частоти мають можливість підключення віддалених пристроїв телеметрії та телемеханіки, їх можна інтегрувати в багаторівневі системи автоматизації.

5) Широкий діапазон потужності двигуна.

Перетворювачі частоти встановлюються як на однофазних конденсаторних двигунах потужністю менше 1 кВт, так і на синхронних електричних машинах потужністю в десятки МВт.

6) Захист електродвигуна від аварій та ненормальних режимів роботи.

Надзвичайний стан укомплектований захистом від перевантажень, короткого замикання, втрати фаз. Перетворювачі також забезпечують перезапуск при відновленні живлення після відключення електроенергії.

Можливість плавного точного регулювання частоти обертання без втрат потужності, що неможливо при використанні редукторів.

7) Зниження рівня шуму працюючого двигуна.

Можливість заміни двигунів постійного струму асинхронними електричними машинами з частотними регуляторами. Для обладнання, що вимагає контролю крутного моменту та швидкості, часто використовують двигуни постійного струму, швидкість яких пропорційна прикладеній напрузі. Такі електричні машини дорожчі за асинхронні і потребують дорогих промислових випрямлячів. Заміна двигунів постійного струму на асинхронні електричні машини з регулюванням частоти дає хороший економічний ефект.

## **Розділ 5 Стартап-проект застосування широтно-імпульсного регулятора (шім-контролер) для регулювання системи вентиляції**

### **Цілі та етапи реалізації стартап-проекту**

Розглянемо цілі даного стартап-проекту відносно його етапів, які висвітлені в таблиці

Таблиця 5.1 Цілі основних етапів реалізації стартап-проекту

<b>Етапи реалізації стартап- проекту</b>	<b>Цілі етапів реалізації стартап-проекту</b>
Початковий етап стартап-проекту	Дослідження потрібних характеристик та суперечностей, технологічних недосконалостей діючих

	продуктів-аналогів конкурентного середовища
Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї	Подолання певних суперечностей поточних виробників та досягнення кращих показників температури навколишнього середовища
Етап аналізу конкурентного середовища	Виявлення можливих конкурентів-виробників, які виготовляють схожі системи або пропонують схожу продукцію та здійснення порівняльного аналізу техніко-економічних переваг та недоліків реалізації пропонованої ідеї
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Обґрунтування собівартості та ціни впровадження регуляторів
Маркетинговий етап реалізації проекту	Обґрунтування каналів збуту системи регулювання, залучення потенційних покупців, формування фінальних аргументів переконання

## 5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту

Ідеєю даного стартап-проекту є включення в автоматизовану систему вентиляції регулятора напруги.

Це дозволить:

- знизити витрати на електроенергію в межах 5...15%, за рахунок комплексного застосування системи автоматизації;
- підвищити рівень комфорту, за рахунок швидкого і якісного регулювання температурно-вологісні параметрів;
- забезпечувати більш глибоку інтеграцію із суміжними системами, наприклад, системою пожежної сигналізації;
- полегшити моніторинг і облік робочих параметрів;
- автоматики запобігати виникнення аварійних ситуацій, вчасно повідомляючи операторові про погрозу появи аварійних режимів;

Таблиця 5.2 Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Застосування широтно-імпульсного регулятора в системах вентиляції	Системи вентиляції з частотним регулюванням	Стабілізація вихідних параметрів
	Системи регулювання з зворотнім зв'язком	Регулювання виходячи з інформації зворотнього зв'язку
	і мікросхеми вентиляційного обладнання	Стабільне живлення пристроїв

### 5.3 Аналіз конкурентного середовища

На сьогоднішній день існує велика кількість виробників електронних компонентів: Power Integrations (США), STMicroelectronics (Швейцарія), Epcos (Німеччина), Maxwell (США), Matsuchita Electric Industrial (Японія), SAFT (Франція), NessCap (Южна Корея). Всі виробники виготовляють схожий продукт по призначенням але мають різницю за характеристиками контролери. Основними вимогами є: частота імпульсів яку підтримує регулятор; коефіцієнт заповнення та шпаруватість.

Тому для детальнішого розуміння різниці між вибраними для впровадження регуляторами та аналогічними системами конкурентів складемо порівняльну таблицю техніко-економічних характеристик.

Таблиця 5.3 Переваги продукту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики	Rohm	Analog Devices	Maxwell
1.	Модель	BM2P0161-z	ADP1974ARU Z-R7	ALTAIR 04-900TR
2.	Мін. Роб. С	-40	-40	-25
3.	Макс Роб. С	105	125	125
4.	Частота		300 кГц	
5.	Кіль-ть виводів	7	16	16
6.	Мін. Вх. U	85 В	6В	11.5 В
7.	Макс. Вх. U	265 В	60 В	23 В
8.	Загальна схема з'єднання	Зворотньоходова		Зворотньоход ова
9.	Вага, г	0.833	0.115	0.350
10.	Ціна грн	130	430	50

Як видно з вище наведених характеристик, як з технічної сторони так і з економічної регулятор фірми Rohm, має переваги над моделями конкурентів.

Водночас, в ході реалізації стартап-проекту здійснимо SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проекту, визначивши сильні та слабкі сторони, а також його можливості та загрози [5].

Адже з кожним днем ринок зростає і розвивається, відповідно з'являються нові конкуренти, нові загрози але також з'являються і нові можливості. Тому дуже важливо знати та правильно керувати своїми слабкими та сильними сторонами щоб бути конкурентноспроможним на ринку.

До потенційно внутрішніх переваг (сильні сторони) можна віднести:

- іноваційність;
- жорсткий конкурент на ринку;

- особлива стратегія наступу;
- сприяння зростанню чисельності цільових груп споживачів;
- вища за середню обізнаність про стан ринку;
- концентрація на швидко зростаючих сегментах ринку;
- увага до зниження витрат;
- вищі за середні маркетингові навички;
- компетентність у даній сфері;

До потенційно внутрішніх недоліків (слабкі сторони) можна віднести:

- відсутність досконалих знань з організаційно-правових форм організації бізнесу;
- постійні атаки з боку ключових конкурентів;
- нижчі за середні темпи зростання;
- брак фінансових ресурсів;
- розміри виробництва та застосування надто малі, щоб впливати на ринкову ситуацію;

До потенційних зовнішніх можливостей можна віднести:

- різкий розвиток економіки країни на сьогоднішній день;
- доступність інвестицій та кредитів;
- обслуговування додаткових груп споживачів, а саме приватних підприємців;
- входження в нові ринки;
- розширення виробництва для задоволення потреб споживачів;
- зовнішні мережні структури;

До потенційних зовнішніх загроз відносяться:

- велика ймовірність виникнення нових конкурентів, зокрема іноземних;
- зростання збуту товарів-замінників;
- зростання тиску конкурентів;

Результати SWOT-аналізу даного стартап-проекту узагальним у відповідній матриці (таблиця 5. 5).

Таблиця 5. 5 Матриця SWOT-аналізу

S (strength) – Сильні сторони	W (weaknesses) – Слабкі сторони
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Унікальність.</li> <li>2. Інноваційність.</li> <li>3. Жорсткий конкурент на ринку.</li> <li>4. Особлива стратегія наступу.</li> <li>5. Сприяння зростанню чисельності цільових груп споживачів.</li> <li>6. Вища за середню обізнаність про стан ринку.</li> <li>7. Концентрація на швидко зростаючих сегментах ринку.</li> <li>8. Увага до зниження витрат.</li> <li>9. Вищі за середні маркетингові навички.</li> <li>10. Компетентність у даній сфері.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Відсутність досконалих знань з організаційно-правових форм організації бізнесу.</li> <li>2. Постійні атаки з боку ключових конкурентів.</li> <li>3. Нижчі за середні темпи зростання;</li> <li>4. Брак фінансових ресурсів.</li> <li>5. Розміри виробництва та застосування надто малі, щоб впливати на ринкову ситуацію.</li> </ol>
O (opportunities) – Можливості	T (threats) – Загрози
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Різкий розвиток економіки країни на сьогоднішній день.</li> <li>2. Доступність інвестицій та кредитів.</li> <li>3. Обслуговування додаткових груп споживачів, а саме приватних підприємців.</li> <li>4. Вхідження в нові ринки.</li> <li>5. Розширення виробництва для</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Велика ймовірність виникнення нових конкурентів, зокрема іноземних.</li> <li>2. Зростання збуту товарів-замінників.</li> <li>3. Зростання тиску конкурентів.</li> </ol>

задоволення потреб споживачів. 6. Зовнішні мережні структури.	
--	--

#### 5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Стартап-проект розраховується на продаж ШІМ-контролерів ROHM Product: BM2P0161-z в кількості 120 шт. на рік. Даний проект має дві статті капіталовкладень: прямі матеріальні затрати та інші прямі витрати.

До прямих матеріальних затрат входять:

- витрати сировини й матеріалів за винятком повернених відходів;
- витрати комплектуючих виробів;
- оплата заводу.

До інших прямих витрат входять:

- витрати на рекламу, оренду;
- прямі інші витрати.

Загальна сума капіталовкладень для реалізації даного стартап-проекту складає 120 100 тис. грн. Всі детальні суми затрат на кожну статтю наведені у таблиці 5. 6.

Таблиця 5.6 Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, тис. грн.
<b>Прямі матеріальні затрати</b>	
– витрати сировини й матеріалів за винятком повернених відходів	31500
– витрати комплектуючих виробів	45000
– оплата заводу	40000
<b>Інші прямі витрати:</b>	
- витрати на рекламу, оренду	3000
- прямі інші витрати	600



Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	120100
---	--------

### 5.5 Ключові види діяльності та партнери

Мета даного проекту досягається за допомогою двох видів діяльності, а саме реалізації та виробництва (таблиця 5.7). Оплативши всі потрібні затрати на сировину та комплектуючі ми передаємо замовлення на завод «МІКРОСІС», який являється нашим партнером для процесу виготовлення ШІМ-контролера відповідно стандартам ISO 9001.

Таблиця 5.7 Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Виробництво	Виготовлення ШІМ-контролера та комплектуючих матеріалів.	Широтно-імпульсний модулятор (регулятор)
Реалізація	Впровадження ШІМ-контролера для різних мікросхем	Продаж замовнику

Після закінчення процесу виготовлення, продукт відвантажують на склад, який ми орендуємо. Далі займаємося реалізацією продукту за допомогою реклами.

Ключовим партнером являється завод «МІКРОСІС», який виробляє з наших матеріалів та комплектуючих елементів кінцевий продукт. Сировинний матеріал та комплектуючі елементи закупаємо у компанії «РОНМ». Додаткова інформація про партнерів наведена у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 Ключові партнери

Інформація	«МІКРОСІС»	“ROHM”
Повна офіційна назва організації-партнера	Приватне акціонерне товариство «МІКРОСІС»	Rohm Semiconductor
Місце розташування, адреса	вул. Галана, 2, м. Харків, 79018, Україна	Укьо, м. Кіото, Японія
Юридичний статус	Юридична особа	Юридична особа
Контактна особа	Менеджер	Менеджер
Телефон	+ 38-054-239-55-86	+142036087527
Адреса електронної пошти	<a href="mailto:info@electron.ua">info@electron.ua</a>	info@rohm.com
Роль та залученість до підготовки цього проекту	Виробництво	Постачання
Завдання, які покладаються на організацію партнера в реалізації проекту	Виробництво готового продукту з закупленої сировини та комплектуючих	Постачання сировини та комплектуючих виробів

### 5.6 Прямі матеріальні витрати

Прямі матеріальні витрати розраховуємо з урахуванням щоденної потреби регуляторів у кількості 500 шт.

Обрахунок місячних потреб на витрати розраховуємо по формулі:

$$V = X * Y * N_m,$$

де X-ціна за одиницю ресурсу,

Y – кількість ресурсу,

$N_m$ - кількість робочих днів у місяці (22 дня).

Обрахунок річних потреб на витрати розраховуємо по формулі:

$$V_r = X * Y * N_r,$$

де X-ціна за одиницю ресурсу,

Y – кількість ресурсу,

$N_r$  - кількість робочих днів у році (250 днів).

Всі відповідні розрахунки заносимо до таблиці 5.9.

Таблиця 5. 9 Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одини ця вимір.	Ціна	Кількіс ть ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1	Витрати сировини й матеріалів	Тис.грн.	8	10	180	11 500
2	Витрати на комплектуючі вироби	Тис.грн.	19	10	3820	45 000
3	Оплата заводу	Тис.грн.	15	10	3100	40 000
Всього:					<b>7100</b>	<b>96 500</b>

### 5.7 Інші прямі витрати

До інших прямих витрат відносяться :

- реклама (5500 грн);
- оренда складу під готову продукцію (12500 грн);
- резервні кошти на форс-мажорні обставини (48000 грн).

Так як вартість послуг фіксована і незмінна на протязі терміну дії угоди (1 рік), річні витрати вираховуємо перемноживши вартість послуг на кількість місяців (12 місяців). Результати обрахунків заносимо до таблиці 10.

Таблиця 5.10. Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Реклама	Угода	5500	30 000
2. Оренда складу	Угода	12500	150000
3. Інші прямі витрати	Резервні	48000	445000
<b>Всього:</b>		<b>66000</b>	<b>635000</b>

### 5.8 Розрахунок собівартості та рентабельності товару

Так як співпадають умовно-змінні та умовно-постійні витрати з прямими матеріальними витратами та іншими прямими витратами складаємо собівартість товару ( таблиця 5.11).

Таблиця 5.11 Обґрунтування собівартості товару , грн.

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн		
		на одиницю	на місяць	на рік
1. Умовно-змінні витрати	табл. 5. 9	42	7100	96 500
2. Умовно-постійні (накладні) витрати	табл. 5.10	6,6	66	635
3. Собівартість	стр.1 +стр.2	<b>48,6</b>	<b>7166</b>	<b>97 135</b>

Необхідний прибуток – це сума витрат на ФРВ, ФСР, ПФ, грошові виплати засновнику та податок на прибуток.

Прибуток у відсотковому відношенні розподілено наступним чином:

- фонд розвитку виробництва (ФРВ) – 50%;
- фонд соціального розвитку (ФСР) – 25%;
- преміальний фонд (ПФ) – 10%;
- дивіденди засновникам – 15%.

Всі обґрунтування відносно рентабельності занесені до таблиці 12.

Таблиця 5.12 Обґрунтування рівня рентабельності товару

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
1. Собівартість одиниці продукції	табл. 5.11	тис.грн.	48,6
Обсяг виробництва в рік	Прогноз	шт.	120
2. Необхідний прибуток	пп.2,1+2,2 +2,3+2,4+2,5	тис. грн	98987
2.1. Засоби ФРВ	Колектив на угода	тис. грн	39984
2.2. Засоби ФСР	Колектив на угода	тис. грн	22744
2.3. Засоби ПФ	Колектив на угода	тис. грн	9693.4
2.4. Грошові виплати засновнику	Колектив на угода	тис. грн	13477,1
2.5. Податок на прибуток	(2.1+2.2+ 2.3+2.4)*0.18	тис. грн	15791,56
3. Рівень рентабельності продукції	п.2 / п.1*100%	%	<b>20%</b>

Відносно норми рентабельності та собівартості одиниці продукту розраховується «нормальний» питомий прибуток, який в сумі з собівартістю дає вартість виробництва одиниці продукції за формулою вказаною в таблиці 13[7].

Відпускна ціна товару являється сумою вартість виробництва одиниці продукції та ПДВ відносно цієї суми.

Таблиця 5.13 Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці	Значення
---------------	---------------	---------	----------

		вимірювання	показників
1. Собівартість одиниці товару	табл. 11	тис.грн.	48,6
2. Норма рентабельності	табл. 12	%	20
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	1570
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	тис.грн.	1618,6
5. ПДВ	п.4*0,2	тис.грн.	323,73
6. Відпускна ціна товару	п.4+п.5	тис.грн.	1942,3
		н	2

Розрахункова відпускна ціна товару складає 1942,32грн, приймаємо за встановлену ринкову ціну 1942,32грн за одиницю товару.

### 5.9 Канали збуту

Каналами збуту даної продукції являються підрядні фірми, які займаються реконструкціями систем теплопостачання. Інформація буде передана до них за допомогою реклами на яку виділені кошти.

### 5.10 Бізнес-модель проекту

Структурна бізнес-модель даного стартап-проекту наведена в таблиці 14.  
Таблиця 5.14 Структура бізнес моделі

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Цінність пропозиції	Споживчі сегменти
«МІКР ОСІС»	1.Закупка та надання сировини та комплектуючих матеріалів виробництву на	Інноваційність. Економія	Особливий споживацький

Rohm Semiconductor	<p>виготовлення регуляторів</p> <p>2. Просування та реалізація товару на ринку за допомогою реклами та маркетингу.</p>	грошових ресурсів раціональним зменшенням використання теплової енергії.	<p>сегмент:</p> <p>індивідуальні теплові пункти цивільних та промислових споруд, вентиляційні установки та системи промислового та цивільного призначення.</p>
	<p><b>Ключові ресурси</b></p> <p>1. Матеріальні ресурси (оренда приміщення, сировина та комплектуючі матеріали).</p> <p>2. Інтелектуальні ресурси (створення реклами, патентів, статей).</p> <p>3. Людські ресурси (кваліфіковані менеджери).</p> <p>4. Фінансові ресурси (кошти інвестора, кошти з продажів).</p>		<p><b>Канали збуту</b></p> <p>Прямий продаж продукту підрядним фірмам замовникам.</p> <p>Реклама, журнали автоматизації, отримання грантів на написання рекламних статей.</p>

Структура собівартості	Потоки надходження
1.Витрати разові (капітальні): <b>120100</b> грн	доходу
2.Витрати постійні: <b>635000</b> грн	Продаж продукції
3.Витрати змінні: <b>96 500</b> грн	

### 5.11 Термін окупності стартап-проекту та висновки

Чим швидше окупаються інвестиції, тим менше впливає на них інфляція!

Про сказаний головний закон ринку ніколи не потрібно забувати.

Тому для оцінки доцільності інвестування даного стартап-проекту скористаємося формулою визначення терміну окупності:

$$T = IC/P,$$

де T – термін окупності;

IC – початкова інвестиція у даний проект;

P – очікуваний щорічний прибуток, що планується.

$$T = 120100/98928 = 1,21 \text{ р.}$$

Період повної окупності даного стартап-проекту з урахуванням початкової інвестиції у розмірі 120100 грн складає 1 рік та 3 місяці.

### Загальні висновки

1) Оснащення споруд автоматизованими вентиляційними системами з необхідною кількістю контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації, забезпечують нормальну і безаварійну роботу обладнання в найбільш економічному режимі за мінімальною участю обслуговуючого персоналу.

2) Включення в автоматизовану систему вентиляції регулятора дозволить:

- знизити витрати на електроенергію в межах 5...15%, за рахунок комплексного застосування системи автоматизації;



- підвищити рівень комфорту, за рахунок швидкого і якісного регулювання температурно-вологісних параметрів;
- забезпечувати більш глибоку інтеграцію із суміжними системами, наприклад, системою пожежної сигналізації;
- полегшити моніторинг і облік робочих параметрів;
- автоматики запобігати виникнення аварійних ситуацій, вчасно повідомляючи операторові про погрозу появи аварійних режимів;

Для обладнання, що вимагає контролю крутного моменту та швидкості, часто використовують двигуни постійного струму, швидкість яких пропорційна прикладеній напрузі. Такі електричні машини дорожчі за асинхронні і потребують дорогих промислових випрямлячів але все ж таки заміна двигунів постійного струму на асинхронні електричні машини з регулюванням частоти дає хороший економічний ефект.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпис Е.Е. Повышение эффективности систем кондиционирования. Е.Е. Карпис - М., 1977. - 56 с.
2. Приступа М.М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація М.М. Приступа, М.В. Бохонко. – Рівне: видавець О.Зень, 2011. – 104 с.
3. Чазова Т.Ю. Управление энергопотреблением / Т.Ю. Чазова, А.В. Чазов. – Екатеринбург: УГТУ, 2005. – 153 с.
4. Калмаков А.А. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции / А.А. Калмаков - М., 1985. - 34 с.
5. Беннет К.О. Гидродинамика, теплообмен и массообмен / К.О. Беннет. - М., 1966. - 221 с.
6. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленного здания / О.Д. Волков. - Харьков, 1989. - 66 с.

7. Караджи В.Г. Некоторые особенности эффективного использования вентиляционно-отопительного оборудования / В.Г. Караджи, Ю.Г. Московко. - М., 2005. - 135 с.

8. Поляков В.В. Насосы и вентиляторы / В.В. Поляков, Л.С. Скворцов. - М., Стройиздат, 1990. - 336 с.

9. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. - Санкт-Петербург, 2007. - 225 с.

10. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

11. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха / А.А. Рымкевич. -М., 1990. - 228 с.

12. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов. - М., 1967. - 464 с. 114

13. Кулагин В.А. Теория центробежных и осевых компрессоров и вентиляторов / В.А. Кулагин. - Красноярск, 1982. - 156 с.

14. Виноградов В.И. Вентиляторы электрических машин/ В.И. Виноградов.- Санкт-Петербург, 1981. - 321 с.

15. Находов В.Ф. Застосування методів самоорганізації математичних моделей енергоспоживання для встановлення «стандартів» в системах оперативного контролю енергоефективності/ В.Ф. Находов, І.В. Стеценко, Я.С. Бедерак // Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 5(99). – С. 56-67.

16. Находов В.Ф. Вибір оптимального набору критеріїв з метою комплексної оцінки адекватності побудови «стандарту» енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності/ В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, Д.О. Іванько //Енергетика. Екологія. Людина. – 2013. – № 3(34). – С.31-35.

17. Згуровець О.В. Эффективные методы управления потреблением электрической энергии / О.В. Згуровець, Г.П. Костенко // Проблеми загальної енергетики. – 2007. – №16. – С. 25-33.
18. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – Санкт-Петербург: Издательство «Авок северо-запад», 2005. – 401с.
19. Осипов О.И. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод. – Москва: Издательство МЭИ, 2004. – 81с.
20. Кудин В.Ф. Квазиоптимальне керування системою приточної вентиляції з використанням сучасних комп'ютерних технологій/ В.Ф. Кудін, А.В. Торопов// Вісник університету «Україна», №8, Київ, 2010. – с. 174-178.
21. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха/ Е.С. Бондарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. НИмич. Под общ. редакцией С.Бондаря – К.: ТОВ «Аванпост – Прим» 2005-560с.
22. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Учебное пособие / Нимич Г. В., Михайлов В. А., Бондарь Е. С. // ИВИК, 2003 – 626с.
23. Калмаков А.А., Кувшинов Ю.Я., Романова С.С., Щелкунов С.А. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции Учеб. для вузов / Под ред. В. Н. Богословского. — М.: Стройиздат, 1986 г. — 479 с.
24. Система каналної вентиляції. Каталог компанії «ССК ТМ», 2017р
25. Мухин О.А. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции. Учебное пособие. — Минск: Вышейшая школа, 1986. — 304 с.
26. Центральные кондиционеры. Каталог компании «ССК ТМ», 2017р
27. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. - М.: Издательство физико-математической литературы, 2003. — 272 с.
28. Батурин В.В. Основы промышленной вентиляции. - М.: Профиздат, 1990. - 448 с.
29. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами М.: Евроклимат, 2003г. — 400 с.

30. Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха. Основы расчета и проектирования М.: Машиностроение, 1978. - 264 с.

31. Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям, наладке Термокул, 2004. - 373 с.

32. Тихомиров Н.В., Сергиенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. - М.: Стройиздат, 1991. - 479 с.

33. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. - М.: Стройиздат, 1985. - 336 с.

34. Харланов С.А., Степанов В.А. Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха. - М.: Высш. шк., 1986. - -224 с.

35. Справочник сантехника. / И.А.Бережнов, В.Д. Кузнецов, В.В. Медведев и др. - Харьков: Прапор, 1987. - 205 с.

36. Говоров В.П., Зарецкий Е.Н., Рабкин Г.М. Производство вентиляционных работ . - М.: Стройиздат, 1982. - 312 с.

37. Егiazаров А.Г. Устройство и изготовление вентиляционных систем. - М.: Высшая школа, 1987. - 304 с.

38. Журавлев Б.А., Загальский Г.Я. и др. Наладка и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха. - М. Стройиздат, 1980. - 447 с.

39. Хазанов И.С. Эксплуатация, обслуживание и ремонт вентиляционных установок машиностроительных предприятий. - М. Машиностроение.- 1976.- 294 с