

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент Чепіжний А.В.

ДИПЛОМНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Обґрунтування раціональних способів
керування вентиляційним обладнанням виробничих
приміщень АТ «СумиГаз»»

Виконала

_____ (підпис)

Бокова В.І.
(прізвище, ініціали)

Група

ЗЕТЕ 2301м

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Барсукова Г.В.
(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 202__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бокова Валентина Іванівна

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування раціональних способів керування вентиляційним обладнанням виробничих приміщень АТ «Сумгаз»

керівник роботи: Барсукова Ганна Володимирівна, к.т.н., доцент

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

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «б» 11 2024 р. № 3738/ос

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «11» 11 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи паспортні дані на вентиляційне обладнання, правила улаштування електроустановок, правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів нормативні документи для проведення досліджень, стандарти.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ

Розділ 1. Аналіз стану питання

Розділ 2. Теоретичні та експериментальні дослідження

Розділ 3. Обґрунтування параметрів системи

Розділ 4. Охорона праці.

Розділ 5. Техніко-економічні розрахунки

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці		
Економічне обґрунтування		

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 14.10.2024 р.	
7	Підготовка розділів «Розділ 4» та «Розділ 5»	до 21.10.2024 р.	
8	Написання висновків та пропозицій	до 28.10.2024 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Бокова В.І.)
(прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник
дипломної роботи**

_____ (підпис)

(Барсукова Г.В.)
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел. Роботу викладено на 41 аркуші друкованого тексту, складається з 16 рисунків.

Метою даної роботи дослідження системи автоматизації керування вентиляційними установками для виробничих приміщень АТ «СумиГаз» м. Суми, розробка схеми електричної принципової автоматизації процесу керування вентилятором, а також питань охорони праці при роботі з такого роду обладнанням.

У зв'язку із представленою метою в дослідженні поставлені такі задачі:

- проаналізувати методи зміни параметрів вентиляційних установок;
- визначити перелік устаткування, необхідного для реалізації зміни параметрів;
- скласти схему електричну принципову автоматизації керування вентилятором для умов АТ «СумиГаз».

Ключові слова: вентилятор, електричний двигун, привід, частотний перетворювач, диференційний автоматичний вимикач, безпека праці, загазованість, автоматизація, датчик, структура, умови праці.

ЗМІСТ

1. ВСТУП.....	6
2. РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	7
3. РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	12
4. РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ.....	22
3.1. Перетворювач частоти.....	24
3.2. Понижуючий трансформатор.....	25
3.3. Диференційні автоматичні вимикачі.....	28
3.4. Датчики загазованості.....	31
5. РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	34
6. РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	36
7. ВИСНОВКИ.....	38
8. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Виконання вентиляційних систем може бути різним. Однак, з метою покращення умов, в яких працює персонал та підвищення ефективності роботи такого виду обладнання питання автоматизації є важливим. Одночасно із цим, раціональне використання електричної енергії є одним із основних питань в галузі електроенергетики.

Темою даної роботи є обґрунтування раціональних способів керування вентиляційним обладнанням виробничих приміщень АТ «Сумигаз».

Актуальність питання підтверджується характером дій, які виконуються на підприємстві. Пов'язано це з роботою з газовим обладнанням, серед яких:

- перевірка лічильників;
- ремонт газового обладнання;
- випробування обладнання;
- проектування систем як для великої кількості споживачів, так і під індивідуальні замовлення.

Внаслідок цього, актуальним завданням є аналіз можливих методів керування параметрами роботи вентиляційного обладнання та створення єдиної схеми для умов підприємства в задоволенні потреб вентиляції виробничих приміщень АТ «Сумигаз».

Об'єктом даного дослідження є процес роботи вентиляційної установки в виробничому приміщенні газонебезпечного середовища.

Предметом дослідження є процес керування вентиляційним обладнанням шляхом певного набору інструменту та обладнання в щиті керування.

До задач дослідження відносимо:

- проаналізувати методи зміни параметрів вентиляційних установок;
- визначити перелік устаткування, необхідного для реалізації зміни параметрів;
- скласти схему електричну принципову автоматизації керування вентилятором для умов АТ «Сумигаз».

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

Мета роботи вентиляційних установок полягає в тому, щоб забезпечити необхідний рівень гранично допустимої концентрації газу, пилу, інших речовин, тощо. Привід вентилятора відбувається електричним двигуном. Основним елементом для сучасного електроприводу вважається система з керування електродвигуном:

- частотний перетворювач;
- сервопривід.

Перетворювач частоти дає можливість керувати моментом і швидкістю обертання електричного двигуна і виконавчого механізму. Згодом, робота електричного двигуна зводиться до того, що під впливом електричного струму в обмотки статора, відбувається генерування електромагнітного поля, яке обертається. Під впливом даного магнітного поля на обмотку ротора й викликаючи, тим самим, струм індукції, приводиться в дію обертання ротор в певному напрямку (рисунок 1.1).

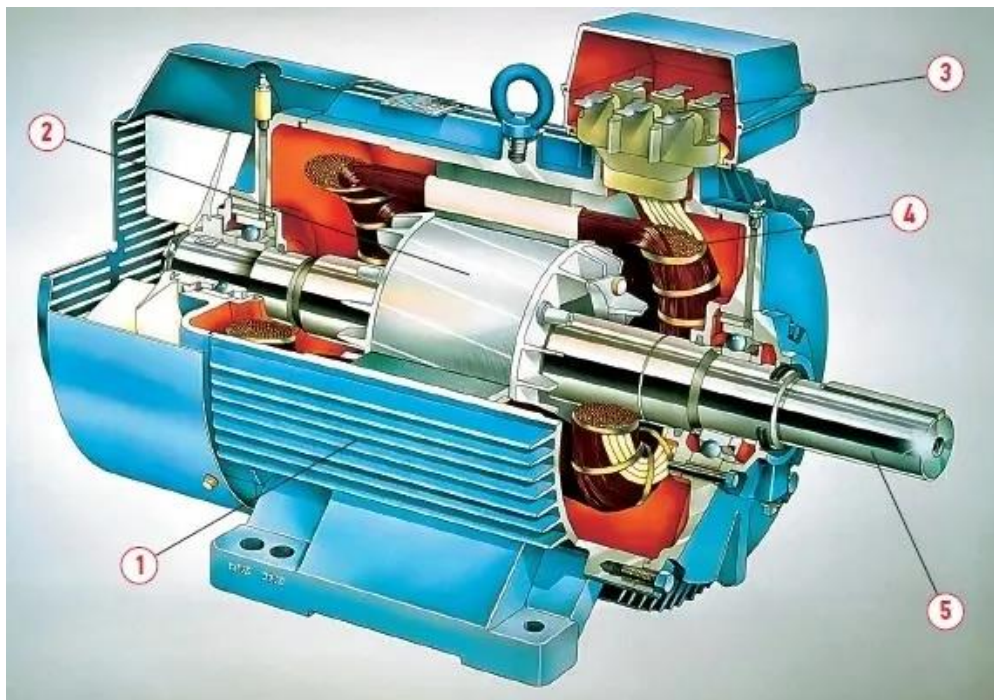


Рисунок 1.1. Будова електричного двигуна. 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – клемна колодка; 4 – статор; 5 - вал

Спосіб керування електричним двигуном полягає в коригуванні його частоти обертання для тієї чи іншої виробничої машини. Коли мова іде про вентиляційну систему для певного об'єкту, то для виконання системи мають бути певні вихідні дані, серед яких:

- об'єм приміщення;
- характер середовища;
- кліматичне виконання;
- категорія розміщення;
- інші.

У ролі виконавців вентиляційних установок можуть виступати різні вентилятори. Об'єднує їх принцип їх дії та, частково, функції, які ними виконуються. Крім того, привід вентиляторів за часту є однотипним від електричного двигуна.

Для прикладу та аналізу є можливість розглянути кілька вентиляторів різного типу виконання.

Настінний осьовий вентилятор зі зворотним клапаном (рисунок 1.2). Застосується такого роду вентилятор з метою вентиляції приміщень як житлових, так і промислового призначення. Використання зумовлене для витяжки та провітрювання різних типів приміщень. До таких приміщень можна віднести:

- склади;
- цехи;
- гаражні приміщення;
- магазини;
- тваринницькі комплекси;
- котельні;
- пункти діагностування;
- виробничі приміщення (конвеєри, електрощитові, трансформаторні, випробувальні кімнати).

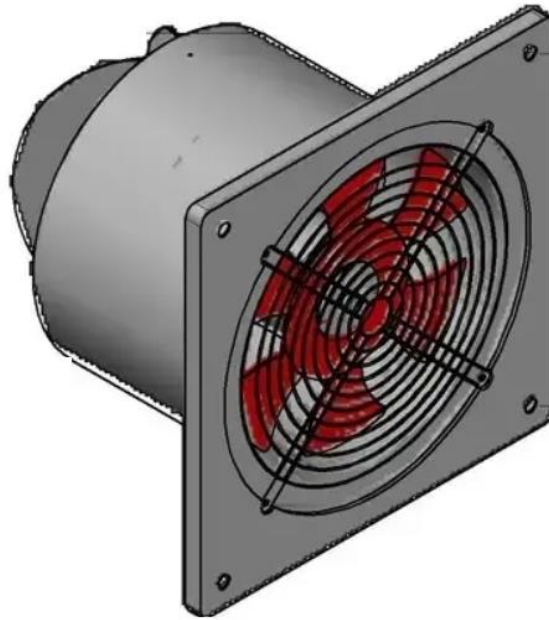


Рисунок 1.2. Настінний осьовий вентилятор зі зворотним клапаном

Крім того, такого типу вентилятори використовуються з метою обдуву промислового обладнання як для охолодження, так і зниження запиленості в приміщенні, де знаходиться те чи інше обладнання.

Основними функціями таких вентиляторів є:

- витяжка відпрацьованого повітря з приміщення;
- втягування свіжого повітря в приміщення.

У першому варіанті виконання функціональних особливостей монтаж вентилятора здійснюється всередині приміщення. У разі виконання функцій нагнітання повітря всередину приміщення, - монтаж здійснюють ззовні приміщення.

Центробіжні вентилятори (рисунок 1.3) використовуються в різному нагрівальному на охолоджуючому обладнанні. Встановлюються такого типу вентилятори в:

- сільськогосподарських приміщеннях;
- гаражах;

- складських приміщеннях;
- майстернях;
- теплицях;
- заводах;
- камерах для фарбування та сушіння.



Рисунок 1.3. Центробіжний вентилятор

Крім того, використання такого типу вентиляторів є можливим та ефективним для охолодження різних промислових машин, серед яких зварювальні апарати, трансформатори, компресори, тощо.

Вибухозахищені *вентилятори* (рисунок 1.4). Такого виконання вентилятори монтуються у приміщеннях з підвищеним рівнем небезпеки щодо вибухів, загорання і т. п. Для прикладу, даний вентилятор цілком підходить за своїм виконанням для виробничих приміщень електричної та газової промисловості.



Рисунок 1.4. Вибухозахищений вентилятор

Серед багатьох варіантів виконання вентиляторів їх привід відіграє важливу роль. Тому, питання виконання схеми підключення з елементами автоматизації та регулювання параметрів вентилятора є актуальним для умов даного дослідження.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зі швидким розвитком інформаційно-комунікаційних технологій, а особливо в галузі штучного інтелекту, а також хмарних технологій, різко зросла тенденція з розгортання центрів по обробці даних, чим зробилося споживання енергії в даних об'єктах критичною проблемою [1].

Метою дослідження [1] вважається розгляд спільної стратегії з керування температурними режимами в центрах з обробки даних із упором на стратегію з керування вентиляторами для серверів. Науковцями розглядаються різні методи з управління, від підходів без моделей і аж до підходів на основі різних моделей, включаючи також і фізичні, що є заснованими на даних і моделях навчання із підкріпленнями. Авторський аналіз поширився на багаторівневі стратегії з управління вентиляторами, при цьому наголошуючи на тісних зв'язках між роботою серверів та системам охолодження на рівні об'єктів.

Науковцями обговорено стратегію з управління, якою охоплюється ІТ-обладнання для центрів з обробки даних і зовнішні джерела з охолодження, серед яких чилери та градирні. Серед висновків виступають тенденції щодо значних потенціалів для багаторівневих стратегій керування вентиляторами з метою оптимізації керування енергоспоживанням. Огляд висувається за розробку для інтегрованої екосистеми керування на усіх рівнів і центрів з обробки даних з оптимізацією керування енергоспоживанням починаючи з чіпів і серверів до інфраструктури по кондиціонуванню та охолодженню повітря.

Представлений інтегрований підхід здатен вирішити критичну проблему зі споживання енергії в центрах з обробки даних, що сприяє сталому розвитку. Новизну цього дослідження є можливість розглядати як в його цілісному погляді по керуванню температурою і запровадженню спільних стратегій з управління, що координують системи охолодження із ІТ-операціями.

Свого роду, представлені ідеї дають цінний матеріал для майбутніх впроваджень, що спрямовані на покращення керування температурою і обчислювальною оптимізацією, що, тим самим, здатне підвищити енергоефективність і загальну продуктивність у центрах обробки даних. Даною роботою вирішується нагальна потреба в більш ефективному керуванні енергією у центрах з обробки даних, які швидко зростають, а це має вирішальне значення з метою сталого розвитку [1].

Метою багатьох досліджень є узагальнення по різних методах з управління вентиляторами. Одночасно з цим, наголошення відбувається на важливості синергії керування. Огляди літератури фокусуються на стратегії керування вентиляторами серверів і системах CRAC й досліджуються методи і переваги саме для багаторівневого інтегрованого керування. Такі підходи можуть призвести до:

- покращень керування температурою;
- покращеної оптимізації для обчислень;
- розробки ефективної методології керування;
- загального підвищення діючих експлуатаційних характеристик.

Це призводить до покращеного регулювання температури, а також до оптимальної інтеграції у системах охолодження і ІТ-операціях з підвищенням ефективності і надійності роботи для центрів з обробки даних.

Повітряні чилери знайшли широке застосування для задоволення потреб у охолодженні у комерційному і третинному секторах. З метою підвищення їхньої продуктивності за роботи із частковим навантаженням в компресори і вентилятори конденсаторів було інтегровано приводи з змінною швидкістю. В існуючих системах вентиляції конденсатори працюють із фіксованою швидкістю чи модулюються з метою підтримки заданих тисків конденсації чи різниці температури між холодоагентом й зовнішнім повітрям [2].

В пошуках підвищення ефективності слід вивчати інноваційні стратегії з управління, що є спрямованими ні мінімізацію по споживанню електричної енергії. З метою досягнення такої мети необхідним є попереднє картування по продуктивності

чиллерів за різних швидкостей для вентиляторів, а також навантажень й робочих умов. В зв'язку із цим, у статті [2] досліджується робота чилерів із повітряним охолодженням, що оснащені конденсаторними вентиляторами, які мають змінну швидкість, як в випадку компресорів із постійною, так і в випадку зі змінною швидкістю.

Застосування спеціальних матричних тестів для охоплення відповідних діапазонів умов із погляду на навантаження і температури для зовнішнього повітря. Карти по продуктивності розроблені для чиллерів з потужністю 50 кВт з використанням одновимірних симуляторів. З точки зору основних висновків є можливість відзначити, що у разі чиллеру із змінною швидкістю показник коефіцієнту по енергоефективності збільшуватиметься майже лінійно із швидкістю вентиляторів, а це призводитиме до збільшень на 8,8% з збільшенням швидкостей від номінальної і до максимальної.

У випадку чиллерів із постійною швидкістю системи демонструють іншу поведінку. В таких випадках холодопродуктивність і коефіцієнт з енергоефективності збільшені паралельно зі швидкістю вентилятора з 380 до 980 об/хв, а вже потім зменшені (незначно чи різко, за повного та часткового навантаження відповідно) з швидкістю вентиляторів з 980 до 1280 об/хв й спостерігається відсоткове збільшення у діапазонах 7,8–45%.

Також досліджено чутливість отриманих результатів по конструкції систем, аналізуючи чилер, що оснащений великим конденсатором, а це призвело до досягнень мінімального споживання електричної енергії за оптимальної швидкості вентиляторів 980 об/хв. Нарешті, для чиллерів з постійною швидкістю, які обслуговує офісну будівлю у Середземномор'ї, запропонованою є стратегія з керування вентиляторами, що може забезпечити значну економію електричної енергії, що складає показник до 12,1% у порівнянні із базовими варіантами. Цим самим, підтверджується потенціал з економії енергії за допомогою оптимізованого і системно-адаптованого управління швидкістю вентиляторів конденсатора [2]. Тому, в даній статті було досліджено

продуктивність охолоджувачів із повітряним охолодженням, що оснащені конденсаторними вентиляторами із змінною швидкістю з метою визначення оптимальних стратегій з управління швидкістю вентилятора.

По причині загострення світової енергетичної кризи значна кількість підприємств віддає пріоритет енергозбереженню й скороченню споживання електричної енергії. Проте, у шахтах із кількома головними вентиляційними установками ефективність роботи головного вентилятора є низькою для задоволення потреб в вентиляції на вимоги, а енергоспоживання для вентиляційної системи є дуже високим. У статті [3] пропонують енергозберігаючу стратегію з управління для систем вентиляції на вимогу із мережею із кількох вентиляторів. Встановлено, що дана система може заощадити багато електричної енергії у шахтах. Авторами використано метод схеми розрахунків параметрів для робочого стану, що є необхідним для спільного керування кількома головними вентиляторами. Це відбувається шляхом аналізу особливості впливу взаємного збурення кількох вентиляторів.

Авторами в дослідженні [3] вивчено переваги і недоліки для традиційного методу керування вентиляторами і створено вирази для стратегії з керування для кількох вентиляторів. Встановлено, що двоступенева стратегія з керування вентиляторами використовує такий метод, як метод кута лопатей для регулювального колеса з визначення вискоефективних робочих кутів і метод для модульованої швидкості вентилятора з метою точного керування кількістю повітря. Більше того, ефективність представленої стратегії керування при вентиляції на вимогу і енергозбереження системи вентиляторів перевірені на тривимірній розробленій складній експериментальній платформі для мережі вентиляційних труб.

Для точного керування кількістю повітря, що є необхідним в системі вентиляції із кількома вентиляторами, по-перше, необхідним є заздалегідь розрахунок кривої продуктивності вентилятора і кривої ефективності. Потім створення бази даних для майбутніх запитів і використання. По-друге, розрахунок має бути приведеним для необхідної робочої точки кількох вентиляторів, в основі чого лежить показник

необхідної кількості повітря. Нарешті, такий підхід з керування із перетворенням частоти регулюватиме вентилятор по необхідності певної кількості повітря з метою ефективної і енергозберігаючої роботи у відповідності з найкращою робочою точкою [3].

Через взаємні перешкоди в роботі вентиляторів складно досягти вентиляції по необхідній кількості об'єму повітря та енергозберігаючої роботи вентиляторів в мережі. Тому, запропонована енергозберігаюча стратегія керування для кількох вентиляторів може ефективно компенсувати недоліки для існуючих досліджень і досягти мети інтелектуальної вентиляції.

Стратегії з керування для систем кондиціонування повітря із змінним об'ємом повітря відіграють ключову роль в забезпеченні якості для внутрішнього середовища і енергоефективності. Проте, традиційні підходи, серед яких управління скиданням статичного тиску, фокусуються в керуванні по температурі повітря у приміщенні одночасно без врахування тиску у приміщенні. Це може призводити до незбалансованого тиску у приміщенні і небажаних витоків повітря [4].

Запропонована в роботі [4] стратегія використовує багатоцільову і оптимізаційну структуру з метою регулювання частоти вентиляторів і відкриття заслінок. Таке відкриття запрограмоване як на стороні в подачі, так й на стороні повернення. Такий цілісний підхід полегшить одночасне керування показником температури повітря в приміщенні і тиском в приміщенні. При цьому, зведе до мінімуму споживання електричної енергії вентилятором. З метою оцінки ефективності для запропонованої стратегії протестовано чотири обрані стратегії з керування із використанням випробувального стенду при допомозі моделювання.

Звичайні методи побудови статичного контролю тиску включають використання датчиків перепаду тиску. Для досягнення одночасного контролю температури повітря в приміщенні, рівня загазованості та тиску і приміщенні необхідною є розробка докладної фізичної моделі багатозонної системи.

Від індивідуальних користувачів і до підприємств функції коригування загазованістю покладаються на сервери зі швидкими, стабільними і надійними функціями. Однак, без ефективного охолодження, аналізу перегрівів може призводити до ненормального пошкодження сервера [5]. Поточне дослідження спрямоване для управління енергозбереженням й тепловиділенням ІU-сервера із повітряним охолодженням із використанням алгоритмів для глибокого навчання із підкріпленням на основі ІІ із експериментальними перевірками.

Контр-вертальний каналний вентилятор включає значно більше тональних шумових мод в порівнянні із роторно-статорними й однороторними каналними вентиляторами [6]. В порівнянні із роторно-статорними вентиляторами, вентилятори із зустрічним обертанням мають потенціал з метою досягнення більш розумного розподілу в навантаженні шляхом регулювання окружної і осьової існуючих швидкостей роторів і підвищення ефективності в тязі шляхом відновлень вихрового потоку із розташованого вище потоку ротора. Згодом, вентилятори з зустрічним обертанням могли б збільшити тягу і без значного збільшення площі в передньої поверхні й осьової довжини рушія. Проте, джерела для аеродинамічного шуму вентиляторів із зустрічним обертанням є складнішими, що призводитиме до загального збільшення шуму [6].

Реакція з попиту кондиціювання повітря, а також вентиляції загрязнених приміщень поступово стала, свого роду, ефективним підходом для зниження пікового навантаження для національної мережі. Проте, з зростанням проникнення відновлюваних джерел енергії статичні оцінки для продуктивності реакції попиту, що відповідають лише обраному певному сценарію, не можуть відповідати вимогам часу [7].

Для вирішення такої проблеми створено нову оцінку, динамічну та, одночасно, кількісну і структуру з керування реакцією для попиту, в основі чого лежить вторинна розробка програмного забезпечення з метою моделювання енергоспоживання будівель і багат шарового алгоритму персептрона [7].

У представленій роботі [7] структурі метод з оцінки реакції попитів може бути використаний для різних стратегій з регулювання глобальної температури за різних зовнішніх збурень. Крім того, така стратегія є актуальною і для внутрішніх навантажень, а метод з керування динамічною реакцією попиту можна прийняти для прогнозування знижень навантажень і рекомендацій із налаштування заданого значення.

Модель для прогнозування продуктивності, яка базується на основі штучної нейронної мережі, могла б бути прогнозуючою для максимального відключення навантаження, що відбувається протягом періоду з реагування попиту із середньою абсолютною відсотковою похибкою, що складає показник 15 %. При цьому, помилка з прогнозування інтенсивності для відключення навантаження становитиме показник $\pm 1 \text{ Вт/м}^2$ для більше, ніж 80 % вибірок.

Модель керування обертами вентилятора, що базується на керуванні частотою, зображена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1. Модель керування частотою обертання двигуна змінною частотою електричного струму

Варіант одночасного підключення двох вентиляторів через перетворювач частоти є можливим як на паралельну роботу двох машин, так і на роботу окрему. Останнє визначається потребою в збільшенні або зменшенні потужності отриманого показника потоку. В такому випадку, підключення двох машин через один перетворювач частоти виглядатиме згідно зі схемою рисунку 2.2.

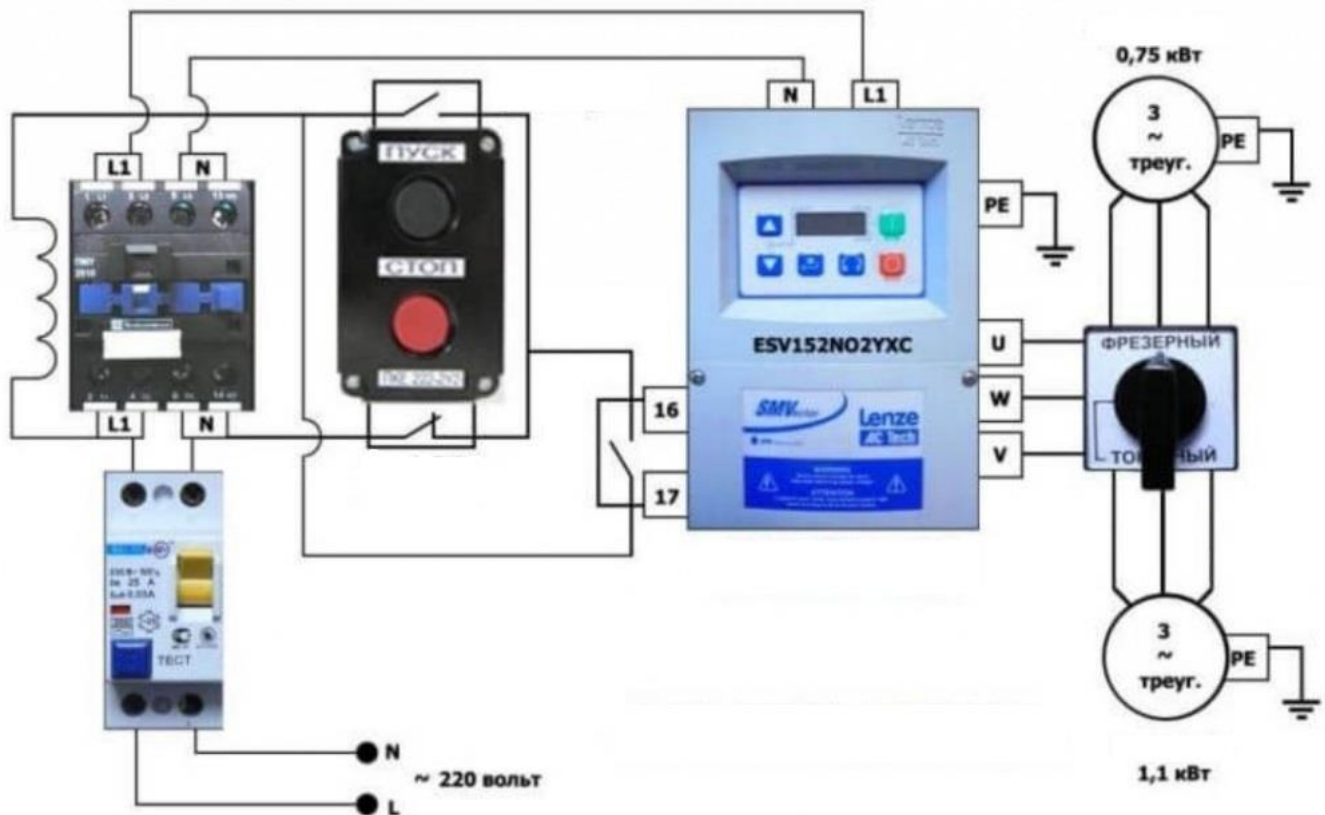


Рисунок 2.2. Схема підключення двох двигунів з одного частотного перетворювача

За рахунок використання перемикача можливість вмикання окремо кожного з двигунів реалізується в ручному режимі. Подача напруги до котушки електромагнітного пускача відбувається за рахунок використання двокнопкового поста з кнопками «Пуск» та «Стоп».

В залежності від типу використовуваного електричного двигуна і характеристик для силової мережі, перетворювачі частоти можуть бути

розрахованими на однофазне і трифазне живлення. Однофазним режимом визначено режим, якому відповідає номінальна напруга мережі – 220 В, а трифазний – 380 В.

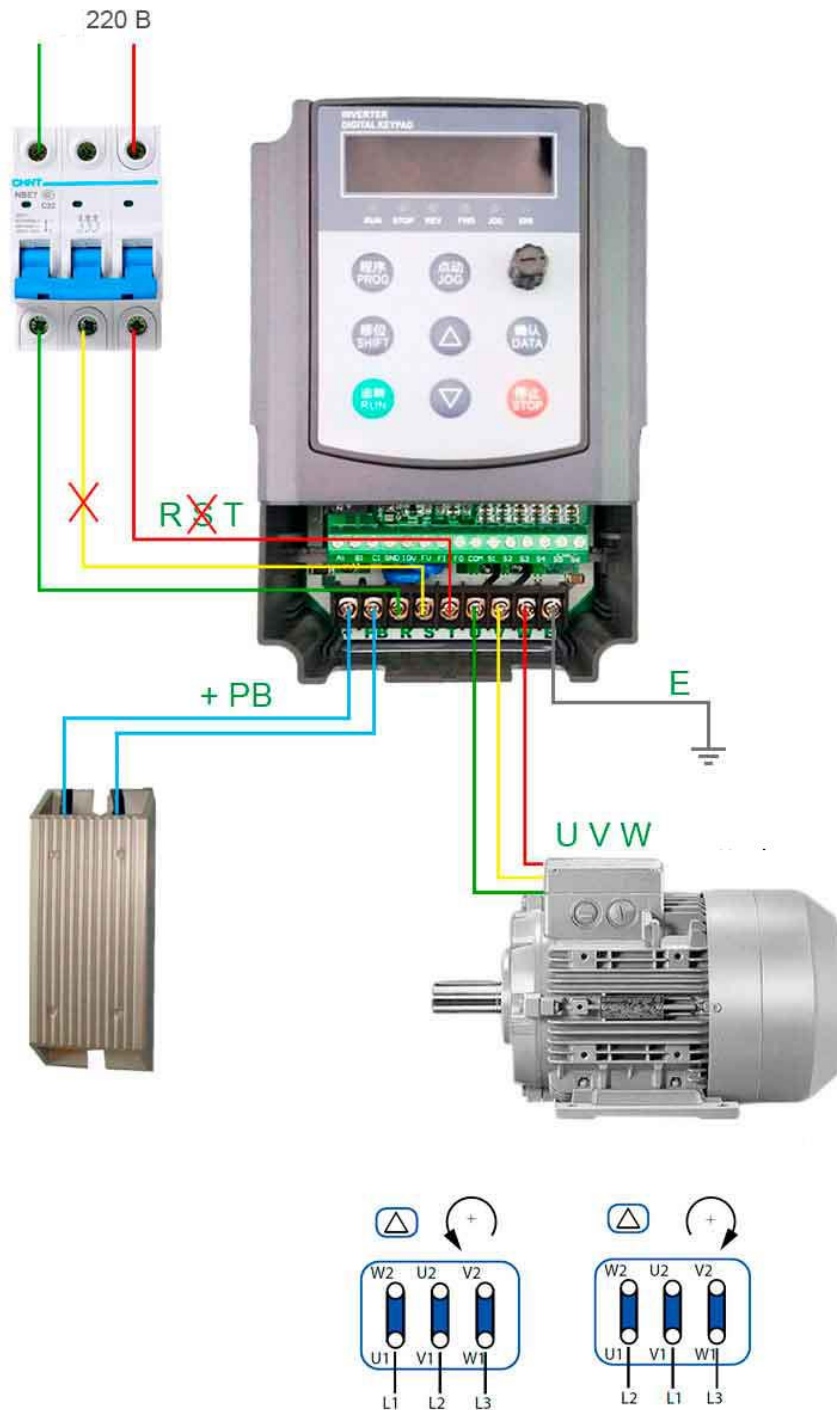


Рисунок 3.3. Коригування швидкості обертання та напрямку для ЕД з напругою 220В

Таким чином, регулювання основних параметрів системи вентиляювання залежить, головним чином, від використання способу регулювання. В літературному огляді підкреслено, що способи регулювання полягають як в зміні частоти обертання електричного двигуна, так і в регулюванні подачі та випуску повітря заслінками.

Кожен з представлених методів є по-своєму ефективним, однак якісна робота системи є можливою лише з автоматизацією системи. Тому, ефективність роботи установки вентиляювання слід розглядати з точки зору комплексного підходу, де наявні:

- елементи регулювання швидкості обертання вентилятора;
- аналізатор загазованості повітря;
- системи сигналізації;
- ручний та автоматизований режими керування.

Виходячи з приведенного аналізу, модель керування вентиляційним обладнанням для умов промислових об'єктів має відповідати вимогами, представленим вище з метою посилення заходів з покращення умов праці та надійності системи.

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ

Роботи, які здійснюються з вентиляванням приміщень, особливо, виробничих, мають відповідати нормам та вимогам діючого законодавства. У зв'язку із цим, вентиляція виробничих приміщень має здійснюватися з підтриманням необхідного мікроклімату.

Слід підкреслити характер виконуваних робіт, які підлягають під функціональні особливості АТ «СумиГаз». До таких основних видів робіт установи відносяться:

- перевірка газових лічильників та засобів обліку;
- розробка схем газопостачання об'єктів та споживачів;
- розробка, введення в експлуатацію та ремонт газового обладнання;
- випробування обладнання;
- інше.

З огляду на характер робіт, слід зауважити на доцільності розробки та обґрунтування одного певного способу керування вентиляційним обладнанням для виробничих приміщень даної установи. Головними з вимог до системи керування мають бути:

- безпека для персоналу;
- можливість роботи системи в автоматизованому режимі;
- простота схеми;
- можливість обслуговування системи.

Тому, виходячи з потреби в раціональному використанні електричної енергії, ресурсів, надаваних обладнанням та у зв'язку з задоволенням потреб в правилах безпечної експлуатації електроустановок, набір структурних елементів для керування процесом вентиляції виробничих приміщень повинен містити в своєму складі

- перетворювач частоти;
- понижуючий трансформатор;

- диференційні автоматичні вимикачі;
- датчики заповненості або загазованості.

Робота вентиляційної установки як в ручному, так і в автоматизованому режимах роботи є можливою лише за виконання умов дотримання прямого пуску електричного двигуна з використанням електромагнітних пускачів, теплових реле тощо.

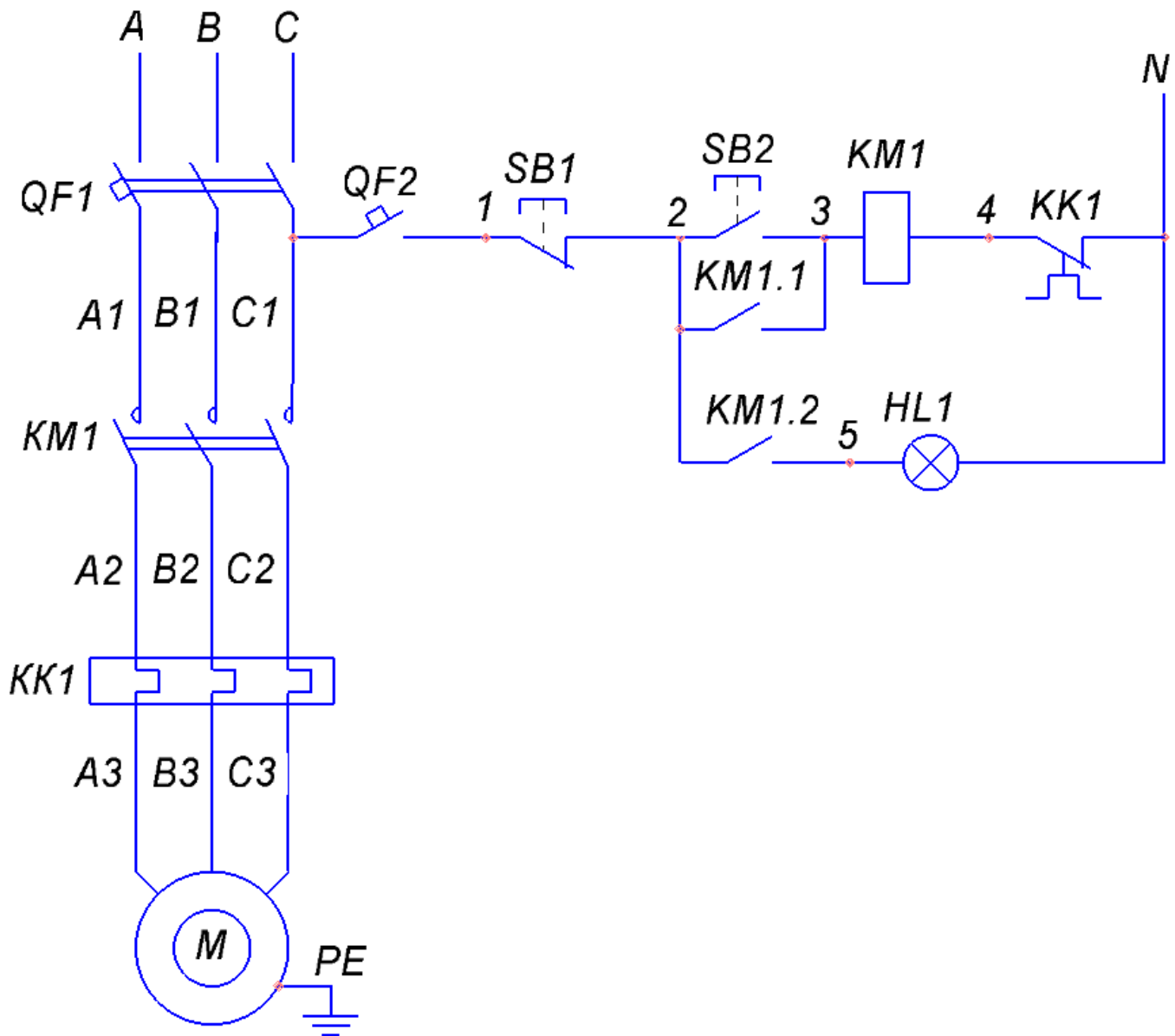


Рисунок 3.1. Схема прямого запуску електричного двигуна

3.1. Перетворювач частоти

Згідно зі схемою, представленою на рисунку 3.1, її модернізація до роботи під умови АТ «СумиГаз» має на меті покращення основних вимог щодо безперебійності роботи системи без її зупинки. Особливо важливим це є в моменти переходів з одного режиму роботи вентилятора на інший.

Для прикладу, зі збільшенням концентрації газу, пилу або інших речовин в повітрі, вентилятор має працювати на частоті, більшій, ніж зазвичай.

$$n = \frac{60f}{p}, \text{ де:} \quad (3.1)$$

n – синхронна частота, об/хв;

f – частота струму, Гц;

p – кількість пар полюсів електричного двигуна.

Виразом 3.1 пояснюється залежність швидкості обертання приводного електричного двигуна в залежності від частоти електричного поля. Збільшення частоти призводить до збільшення швидкості обертання валу приводного двигуна та навпаки – зменшуючи частоту електричного поля, персоналом зменшується швидкість обертання електричного двигуна.

Робота вентиляційного обладнання в режимах, що не є регламентованими, реалізується саме через подібного роду пристрої, збільшення або зменшення частоти обертання яких дає можливість отримувати порівно більший або менший потік.

Тому, актуальним завданням залишається задіяння в роботу вентиляційних установок перетворювачів частоти, що може значно покращити роботу системи без надмірних фінансових втручань з точки зору заміни вентиляторів на порівно більші

за розмірами та продуктивністю, вмикання спеціальної автоматики та іншого обладнання.

В результаті, перший з набору структурних елементів для обґрунтування способу керування вентиляційним обладнанням, є перетворювач частоти, зображений на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2. Перетворювач частоти

3.2. Понижуючий трансформатор

Використання понижуючого трансформатора в колі керування електричним двигуном, а в нашому випадку, - двигуном проводу вентилятора, дає можливість зменшення негативного впливу на персонал внаслідок витоків струму. Управління системою в колі керування дає можливість роботи обладнання електричного щита з напругою 24 В, що є регламентованою напругою в колах керування в установках підвищеною небезпекою, особливо тих, де показник вологості є досить високим та

може сягати значень провідності електричного струму, критичних для роботи обслуговуючого персоналу. Для прикладу, такими приміщеннями можна вважати:

- оглядові ями або майстерні для ремонту або обслуговування/збирання техніки (кран-балки, освітлення оглядових ям, тощо);
- приміщення підвищеної вологості (душові, випарні приміщення);
- інші.

Тому, зменшення згубного впливу на людину при роботі з відкритими постами керування, у тому числі і із вентиляційним обладнанням з використанням понижуючого трансформатора (рисунок 3.3) є важливим і обов'язковим до виконання для промислових підприємств.

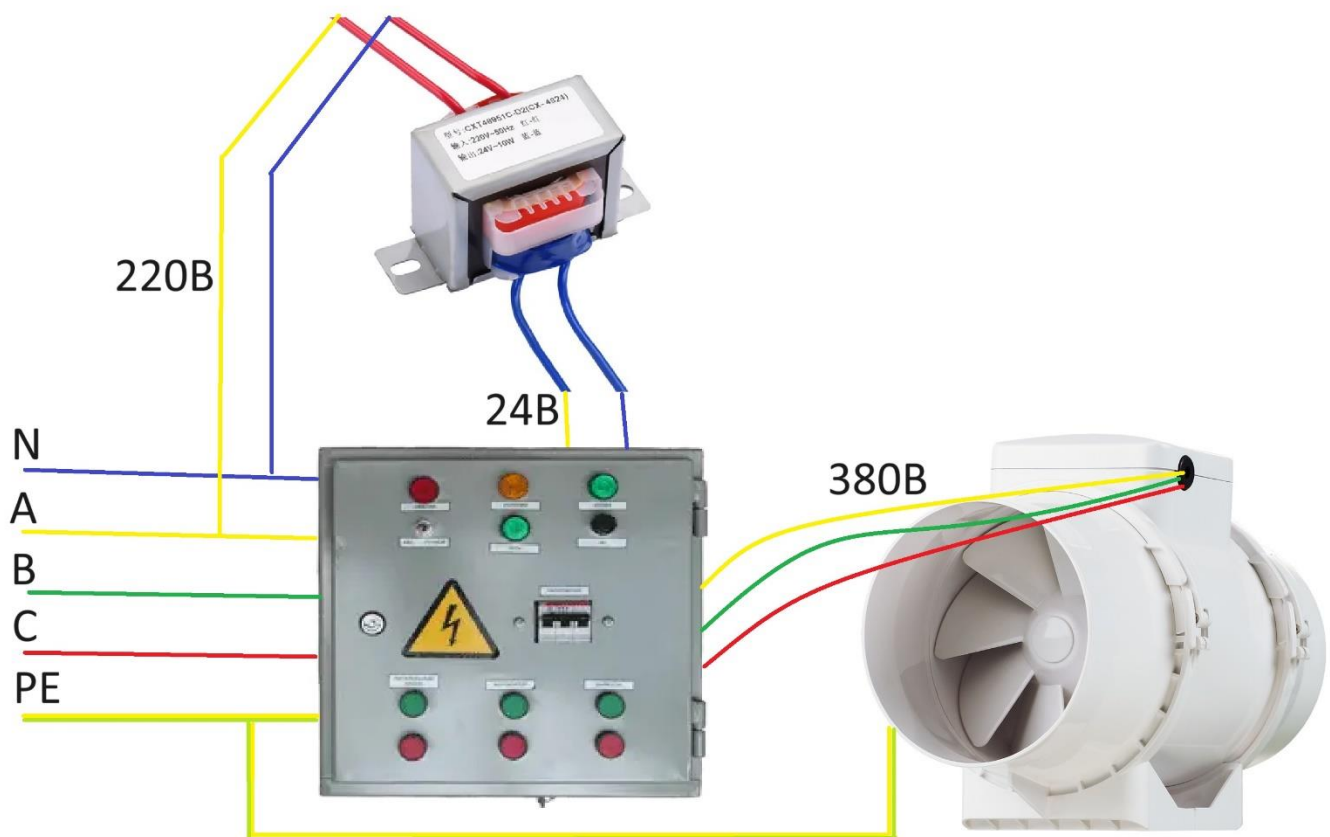


Рисунок 3.3. Схема керування вентиляційною установкою з понижуючим трансформатором 220/24 В

Показана на рисунку 3.3 схема чітко пояснює можливість зменшення напруги для кола керування в електричному щиті. Одночасно із цим, виконане за трифазною схемою живлення електричного двигуна залишається з напругою 380 В. Зміни стосуються кола керування, яке виконано з напругою 24 В, у тому числі і кнопкові пости, контакт персоналу з якими відбувається постійно. В такий спосіб, зменшення вірогідності ураження електричним струмом людини зводиться до мінімуму, так як в процесі роботи з вентилятором, персонал не контактує з його привідним електричним двигуном, що знаходиться під напругою 380 В. Контакт людини полягає лише з постом керування, виконаним з напругою 24 В.



Рисунок 3.4. Принцип дії понижуючого трансформатора

На рисунку 3.4 показано принцип дії трансформатора для пониження напруги та роботи в колі керування. Нижче, виразами 3.2 та 3.3 пояснено чисельну закономірність для даного трансформатора.

$$k = \frac{N_1}{N_2} > 1, \text{ де} \quad (3.2)$$

k – коефіцієнт трансформації;

N_1 – кількість витків первинної обмотки;

N_2 – кількість витків вторинної обмотки.

$$N_1 > N_2 \quad (3.3)$$

3.3. Диференційні автоматичні вимикачі



Рисунок 3.5. Диференційний автоматичний вимикач

Використання диференційних автоматичних вимикачів в силовому колі керування вентиляційною установкою зумовлено потребою в захисті персоналу, яким здійснюється ремонт або обслуговування від витоків електричного струму в силовому колі.

Провівши аналогію з використанням понижуючого трансформатора для захисту персоналу в колі керування, доцільність повного захисту схеми включно з силовим колом лише зростає. З цією метою використання диференційного автоматичного вимикача є виправданим та необхідним.

Структура диференційного автоматичного вимикача включає в себе два основні елементи:

- автоматичний вимикач;
- додаткова приставка.

Якщо перший з елементів є традиційним, то другий вимагає збільшеної уваги. Його функція полягає в реагуванні на струми витоку та знеструмленні електричного кола за їх появи.

Нижче, на рисунку 3.6, показано схему такої приставки для диференційного автоматичного вимикача. Слід зауважити, що така схема зображується на кожному з диференційних автоматичних вимикачів зверху на корпусі даного електротехнічного пристрою.

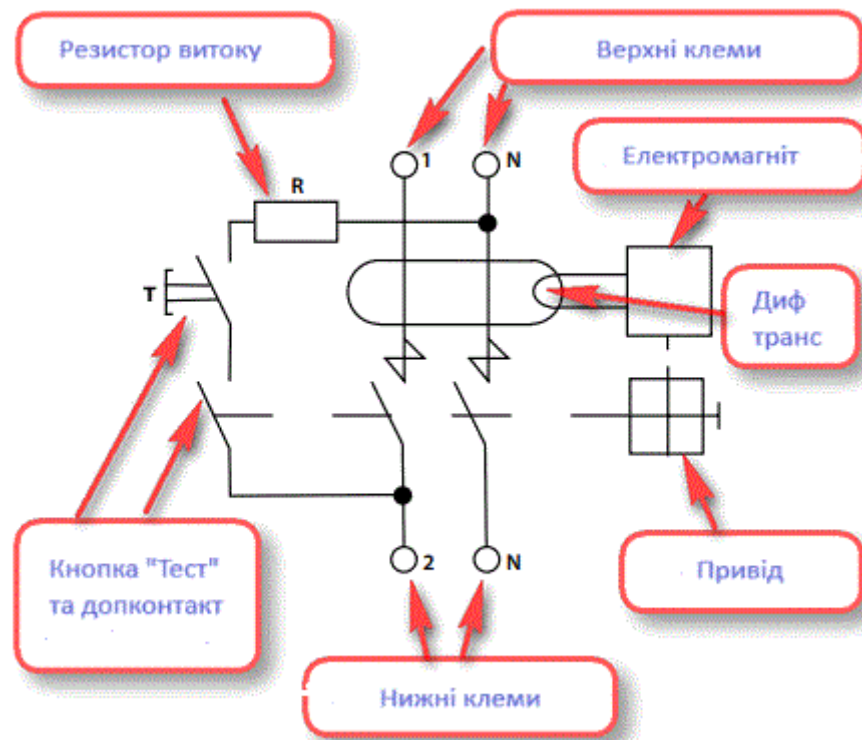


Рисунок 3.6. Схема приставки диференційного автоматичного вимикача

Разом зі схемою дифавтомату, представлено на рисунку 3.7 принцип роботи даного пристрою. Пристрій реагує на витoki струму за допомогою диференційного трансформатора.

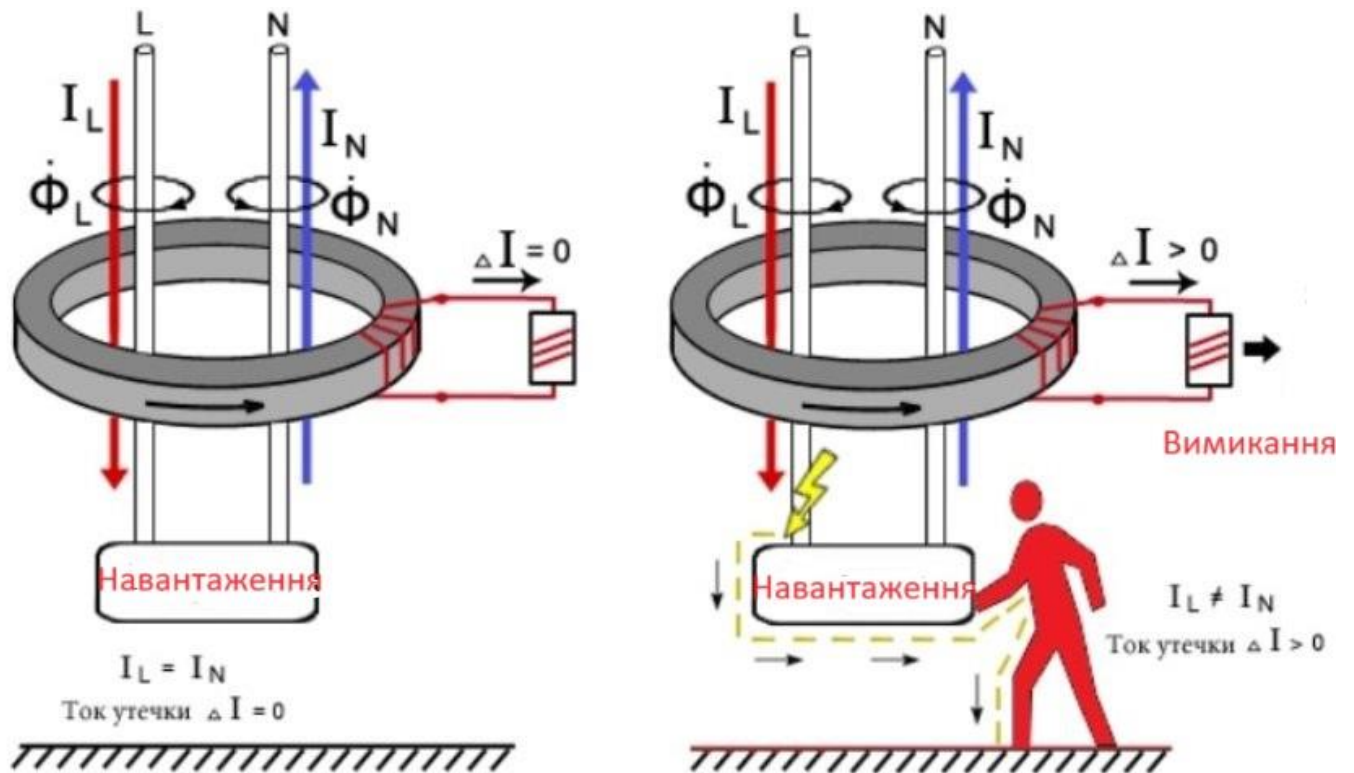


Рисунок 3.7. Принцип роботи диференційного автоматичного вимикача

Тому, використання диференційного автоматичного вимикача в силовому колі так як ввідного до схеми електричної для керування вентилятором є чітко виправданим з точки зору безпеки для персоналу, що працює з таким обладнанням в системах вентиляції промислових підприємств та установ.

3.4. Датчики загазованості

Якісна робота системи є можливою лише з використанням пристроїв виявлення перевищення допустимої концентрації газу в приміщенні. Для умов АТ «Сумигаз» використання датчиків загазованості є необхідністю.



Рисунок 3.8. Датчик контролю загазованості горючих газів

Датчик контролю загазованості горючих газів призначається для вимірювань вибухонебезпечних концентрацій:

- метану;
- пропану;
- бутану;
- ізобутану;
- пентану;
- циклопентану;
- гексану;

- циклогексану;
- гептану;
- етану;
- етилену;
- пропілену;
- парів ацетону;
- бензолу;
- етил бензолу;
- толу етилового;

- метилового або ізопропілового спиртів в суміші із азотом чи повітрям, а також з метою контролю загазованості для робочої зони парами в реальних промислово-використовуваних продуктах нафтопереробки (бензину, гасу, дизельного палива, уайт-спіриту, тощо).

Газоаналізатори випускаються в вибухозахищеному виконанні і є сертифікованими для роботи в вибухонебезпечних середовищах. Системи застосовуються у групі з автоматизованими системами сигналізації або як автономні газоаналізатори горючих газів й парів.

3.5. Схема керування вентиляційною установкою

У ході ряду доробок схеми керування вентиляційною установкою, точніше, схемою прямого пуску електричного двигуна, зображеною на рисунку 3.1, є можливість видозмінити схему з залученням вище перерахованих елементів.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Вентиляційне обладнання на підприємствах і установах розроблено з метою покращення умов праці для персоналу, а також продуктивності роботи. В такий спосіб є можливість якісного забезпечення людини належними умовами.

Однак, зі збільшенням обладнання, що наявне в виробничому приміщенні значно збільшується ризик попадання людини під згубний вплив такого обладнання з важкими наслідками для здоров'я людини. Тому, актуальним є аналіз небезпечних факторів, що несуть вплив на людину з боку вентиляційних систем, а також систем з керування ними.

В даній роботі розглядається процес керування вентиляційним обладнанням виробничих приміщень АТ «СумиГаз» міста Суми. До небезпечних факторів впливу на здоров'я людини від роботи з давним обладнанням можна вивести такий перелік ризиків:

- надмірний шум;
- вібрації;
- рухомі частини обладнання;
- обладнання великих розмірів;
- велика маса обладнання;
- небезпека ураження струмом;
- дія магнітних полів;
- протяги;
- стружка та деталі, що виходять зі строю внаслідок роботи обладнання;
- поява парів, нальотів тощо внаслідок неналежної роботи обладнання для вентилявання.

З метою зменшення представлених ризиків по роботі вентиляційного обладнання у виробничих приміщеннях слід дотримуватися правил безпечної експлуатації електрообладнання, а також правил техніки безпеки. Дотримання таких

правил є неухильним і, в той же час, певним гарантом для зменшення негативного впливу на людину. Разом із тим, для зменшення впливу є можливість реалізації таких способів:

- проведення інструктажів усіх видів (черговий, позаплановий і т. п.);
- реалізація стратегії підприємства чи установи, де прописані обов'язкові заходи з покращення умов праці для персоналу та зменшення негативного впливу на здоров'я людини від роботи з виробничим обладнанням;
- забезпечення персоналу засобами колективного захисту;
- забезпечення засобами індивідуального захисту;
- реалізація курсів підвищення кваліфікації, навчальних навантажень, практикумів, стажувань;
- комплектація обладнання захисними та додатковими пристроями захисту.

До останнього віднесемо:

- захисні щити;
- ущільнення;
- захисні сітки;
- попереджувальні знаки;
- інформуючі вивіски тощо.

В результаті чітко зосереджених дій є можливість зменшення негативного впливу на здоров'я персоналу виробничих приміщень та покращення для них умов праці.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

З метою введення в експлуатацію системи вентиляції є доцільність приведення техніко-економічних показників, а саме, - затрат на комплектування на запуску такої системи.

Розрахунок затрат для впровадження системи по вентиляції здійснимо за такою схемою:

Структура капіталовкладень K ділиться на три основні елементи:

$$K = K_{об} + K_{бмр} + K_{ін}, \quad (1)$$

де: $K_{об}$ – капіталовкладення на придбання устаткування;

$K_{бмр}$ – капіталовкладення на виконання будівельно-монтажних робіт;

$K_{ін}$ – капіталовкладення на інші види робіт, що не передбачені в $K_{об}$ та $K_{бмр}$.

Розглянемо більш детально кожен із даних складових по певному переліку позицій.

Витрати $K_{об}$ включають вартість:

- обладнання, яке потребуватиме монтажні роботи (попередні складання, встановлення й налагоджень);

- обладнання, яким не передбачено монтаж;

- необхідні КВП та інструмент.

Знаходимо капіталовкладення:

$$K_{об} = \sum n, \text{ грн} \quad (2)$$

$$K_{об} = 12500 + 470 + 950 = 13920 \text{ грн}$$

Капіталовкладення для виконання будівельно-монтажних робіт $K_{\text{бмр}}$ включають:

- витрати в будівництво нових, розширення, реконструкції й технічного переозброєння постійної і тимчасової будівель та споруд;
- монтаж конструкцій і обладнання;
- спорудження інфраструктури та комунікацій.

$$K_{\text{бмр}} = \frac{K_{\text{об}}}{3}, \text{ грн} \quad (3)$$

$$K_{\text{бмр}} = \frac{13920}{3} = 4640 \text{ грн}$$

Інші витрати $K_{\text{ін}}$ включають вартість:

- проведення науково-дослідної роботи;
- виконання проектно-вишукувальної роботи;
- здійснення технічного та авторського контролю за будівництвом;
- підготовку персоналу об'єкту будівництва.

$$K_{\text{ін}} = \frac{K_{\text{об}}}{7} \cdot 100, \text{ грн} \quad (4)$$

$$K_{\text{ін}} = \frac{13920}{7} \cdot 100 = 1989 \text{ грн}$$

Знаходимо загальну суму капіталовкладень:

$$K = 13920 + 4640 + 1989 = 20549 \text{ грн}$$

ВИСНОВКИ

Обґрунтування параметрів роботи системи вентилявання для умов АТ «Сумигаз» представлено в ході аналізу процесу автоматизації з одночасним акцентом на покращення умов праці та безпеки для людини.

Визначено, що зі збільшенням концентрації газу в приміщенні є необхідність в автоматичному вмиканні двигуна вентилятора. Одночасно із цим, з огляду на ступені загазованості, збільшення швидкості обертання вентилятора є можливим за рахунок використання перетворювача частоти, однак не є обов'язковим. Обґрунтовано необхідність використання даного пристрою з точки зору швидкого знешкодження витоку газу або ж тривалого його знешкодження за однієї і тієї ж самої швидкості обертання.

Показано принцип роботи понижуючого трансформатора та обґрунтовано переваги його використання саме в колі керування електричним двигуном вентилятора. Таке рішення є необхідним з точки зору дотримання безпечних умов праці для людини.

Аналогічно з використанням понижуючого трансформатора пояснено необхідність використання диференційного автоматичного вимикача в силовому колі схеми електричної принципової. А також обґрунтовано використання даного пристрою як ввідного автомату.

Отже, робота системи є надійною, а умови праці та безпека для персоналу є на ступінь вищими, ніж за звичайної схеми керування процесом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cao, K., Li, Z., Luo, H., Jiang, Y., Liu, H., Xu, L., Gao, P., & Liu, H. (2024). Comprehensive Review and Future Prospects of Multi-Level Fan Control Strategies in Data Centers for Joint Optimization of Thermal Management Systems. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110021>
2. Catrini, P., La Villetta, M., Kumar, D., Morale, M., & Piacentino, A. (2024). Analysis of the operation of air-cooled chillers with variable-speed fans for advanced energy-saving-oriented control strategies. *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123393>
3. Hao, H., Jiang, S., Wu, Z., Wang, K., & Xi, X. (2023). Experimental study on precise control air quantity on demand by the cooperation of multiple main fans in mine. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137626>
4. Shi, S., Miyata, S., Akashi, Y., Momota, M., Sawachi, T., & Gao, Y. (2024). Model-based optimal control strategy for multizone VAV air-conditioning systems for neutralizing room pressure and minimizing fan energy consumption. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111464>
5. Fulpagare, Y., Huang, K., Liao, Y., & Wang, C. (2022). Optimal Energy Management for Air Cooled Server Fans using Deep Reinforcement Learning Control Method. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112542>
6. Liu, Q., Liu, H., Wang, Y., Shang, X., & Wang, S. (2024). Acoustic mechanisms and tonal noise control of contra-rotating ducted fan by rotating speed regulation. *Applied Acoustics*. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2024.109917>
7. Cao, J., Zhao, W., Song, J., Peng, J., & Yin, R. (2023). Development of a dynamic demand response quantification and control framework for fan-coil air-conditioning systems based on prediction models. *Applied Thermal Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.122098>
8. Левадний В. С. Вентиляція та кондиціювання. Україна, 241 с.

9. Костенко Є.М., Ємельянов О.О. Системи кондиціонування та вентиляції. Основа, 2006. 448 с.
10. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). 21.08.2017. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України
11. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (2029). Державний нормативний акт про охорону праці
12. СНиП III-4-80* Правила виробництва і приймання робіт. Техніка безпеки в будівництві (НПАОП 45.2-7.02-80)
13. Система Б А. Введено: «ІМЦ» (г. Київ, 3.2 просп. Червоної вездни й, 51; т/ф. 391- 42- 10) -12:2009 стандартів безпеки праці СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЙНІ Загальні вимоги ДСТУ
14. ДСТУ EN 13141-8:2019 Вентиляція в будівлях. Випробування експлуатаційних характеристик компонентів/виробів для вентиляції житлових приміщень. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»). Наказ від 21.12.2019 № 472 Про прийняття та скасування національних стандартів
15. ВЕНТИЛЯЦІЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ Вимоги до виконання систем вентиляції та кондиціонування повітря (EN 13779:2007, IDT) ДСТУ Б EN 13779:2011
16. Олександр Запорожець, Валерій Михайлюк, Батир Халмурадов, А. В. Русаловський, Н. В. Кулалаєва. Цивільний захист. 2021. Центр учбової літератури. 264 с.
17. Михайлюк В.О. Цивільна безпека. Навчальний посібник. Центр навчальної літератури (ЦНЛ). 2019. 158 с.
18. Синєглазов В.М., Сергєєв І. Ю. Автоматизація технологічних процесів. НАУ, 2015. 444 с.

19. Guo, A., Yue, W., Yang, J., Li, M., Xie, P., He, T., Zhang, M., & Yu, H. (2023). Quantifying the impact of urban ventilation corridors on thermal environment in Chinese megacities. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111072>
20. Oh, S., Chang, J., Jeong, J., Yang, D.S., Ham, D.J., Kwon, H.J., Choi, H., Kim, M., Ha, J., Heo, H., Vervoort, R., & Lee, H.C. (2023). Effects of air purifiers and ventilation on particulate matter concentration at semi-outdoor space. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139903>