

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект енергоефективної системи електропостачання аміачної
компресорної станції цеху забою та переробки птиці

Виконала: студентка VI курсу, групи ЕЕМ-61

спеціальності 141 електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Костюк І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Лупенко А.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Вакуленко О.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Тарасенко М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Трембач Р.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М.Г.
(прізвище та ініціали)

«02» вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Костюк Ірині Борисівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці

Керівник роботи Лупенко Анатолій Миколайович, д,т,н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» вересня 2020 року № 4/7-619

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 грудня 2020 р

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства, технологічний процес в аміачних холодильних агрегатах, технічні дані встановленого електрообладнання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунково-дослідницький розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Побудова енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції

2. План розташування силового електрообладнання аміачної компресорної станції

3. Розрахункові схеми ГРЩ

4. Розрахункові схеми

5. Освітлювальна мережа аміачної компресорної станції

6. Єдина інтегрована система управління компресорами

7. Регулювання тиску конденсації парів аміаку в конденсаторі

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М. ст. викл.		
Нормоконтроль	Вакуленко О.О., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 2 вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	02.09.20-20.09.20	
2	Аналітичний розділ	21.09.20-11.10.20	
3	Проектно-конструкторський розділ	12.10.20-15.11.20	
4	Розрахунково-дослідницький розділ	16.11.20-06.12.20	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	25.11.20-15.12.20	
6	Загальні висновки	07.12.20-09.12.20	
7	Оформлення пояснювальної записки	09.12.20-15.12.20	
8	Оформлення графічної частини	16.11.20-15.12.20	

Студент

_____ (підпис)

Костюк І.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Лупенко А.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Костюк І. Б. Проект енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Кваліфікаційна робота. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕМ-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2020.

Стор. - 69; рис. - 16; табл. -16; плакатів - 9; джерел – 21; додатків -5

У кваліфікаційній роботі здійснено проект енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці на базі заходів, які направлені на оптимізацію електроспоживання.

Вирішено основні питання з електропостачання і захисту силового енергоощадного електрообладнання компресорної. Проведено компонування силових щитів та щитів освітлення. Вибрано двотрансформаторну підстанцію ТП-2х1000-10/0,4. Проведено розрахунок освітлювального навантаження на базі сучасних світлодіодних промислових LED світильників.

Проведено автоматизацію холодильного обладнання та побудовано єдину інтегровану систему управління компресорами на базі контролера Unisab III, що забезпечує оптимальну роботу та захист компресорних агрегатів від аварійних режимів рботи. Здійснено регулювання тиску конденсації парів аміака в конденсаторі шляхом зміни швидкості обертання двигунів вентиляторів за допомогою енергозберігаючих перетворювачів частоти FR-F740.

Проведено розрахунок блискавкозахисту, складено перелік засобів захисту та надання першої медичної допомоги при ураженні аміаком та заходів з організації рятувальних та інших невідкладних робіт під час ліквідації надзвичайної ситуації на аміачній компресорній станції.

Ключові слова: СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, АМІАЧНА КОМПРЕСОРНА СТАНЦІЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Аналіз показників проекту	9
1.2 Способи підвищення енергоефективності системи електропостачання компресорної станції	11
1.3 Висновки та постановка завдань кваліфікаційної роботи	18
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Компонування компресорної станції	20
2.2 Вибір силового електрообладнання і розрахунок навантажень компресорної станції	21
2.2.1 Вибір силового електрообладнання	21
2.2.2 Визначення категорії надійності і вибір електричної схеми	25
2.2.3 Розрахунок електричних навантажень	25
2.3 Розрахунок освітлювального навантаження	27
2.4 Компонування силових щитів та щитів освітлення	30
2.4.1 Захист електрообладнання	30
2.4.2 Вибір проводів живлення силового електрообладнання	35
2.4.3 Вибір проводів живлення силових та освітлювальних щитів	37
2.4.4 Розрахунок і вибір освітлювальних проводів	37
2.5 Компенсація реактивної потужності аміачної компресорної станції	39
2.6 Вибір потужності силового трансформатора	40
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	44
3.1 Автоматизація холодильного обладнання аміачної компресорної станції	44
3.1.1 Єдина інтегрована система управління компресорами	44
3.1.2 Розробка комплексу автоматизації	46
3.1.3 Регулювання тиску конденсації парів аміаку в конденсаторі	48
3.2 Економічне обґрунтування інженерно-технічних рішень	55
3.2.1 Техніко-економічне обґрунтування встановлення силових	55

трансформаторів на ТП

3.2.2 Порівняння споживання потужності енергоефективними та неенергоефективними освітлювальними установками 56

4 ОХОРОА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 58

4.1 Засоби захисту та надання першої медичної допомоги при ураженні (отруєнні) аміаком на аміачній компресорній станції 58

4.2 Блискавкозахист аміачної компресорної станції 60

4.3 Організація рятувальних та інших невідкладних робіт під час ліквідації надзвичайної ситуації на хімічно небезпечних об'єктах 62

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 65

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 67

ДОДАТКИ 70

Додаток А

Додаток Б

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема енергозбереження в останні роки є одним з найважливіших завдань, що стоять перед сучасним підприємством. В умовах ринкової економіки кожна зайва кіловат-година електроенергії лягає на собівартість продукції і в кінцевому рахунку призводить до зниження її конкурентоспроможності, тому проект енергоефективної системи електропостачання об'єкту є актуальним завданням.

Основними струмоприймачами аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці являються асинхронні короткозамкнуті електродвигуни – електроприводи холодильного обладнання, вентиляційних систем, та електроосвітлювальні установки. За даними досліджень, аміачна компресорна станція характеризується середніми або значними варіаціями споживання [1]. Для управління роботою компресорів можуть використовуватися такі традиційні підходи, як включення/відключення, модуляція, регулювання продуктивності і т.д. Однак, якщо використання подібних методів призводить до частих включень і відключень, а також тривалих періодів холостого ходу, результатом може бути зниження енергоефективності. Тому існує значний потенціал енергозбереження за рахунок оснащення компресорів системою управління з допомогою контролера і засобів автоматизації, що забезпечить високий рівень енергоефективності [1].

Штучний холод на підприємстві використовується на технологічні потреби, а також на створення необхідних температурних режимів у виробничих приміщеннях та холодильних камерах цеху забою та переробки птиці. Холодоагент аміак та льодяна вода подаються до споживачів від аміачної компресорної по трубопроводах. Наявність «повітря», точніше, газів, що не конденсуються, при робочих режимах в аміачній холодильній системі вагомо впливає на перевитрату електроенергії при виробленні штучного холоду: зменшується продуктивність компресора; підвищується споживання потужності; збільшується термін роботи холодильної системи та зниження загальної її холодопродуктивності. Таким чином, перевитрата енергії при

виробленні холоду може бути обумовлена різким зниженням інтенсивності теплообміну при конденсації холодильного агенту, що містить «неконденсати», а як наслідок – істотним підвищенням тиску конденсації. Нерідкі випадки, коли температура конденсації через «заповітрявання» холодильних систем вища від розрахункової на 10-15 °С, а розрахункова перевитрата електроенергії досягає 35-50% від обсягу її нормованого споживання. Отже, забезпечення контролю над продуктивністю випарного конденсатора або регулювання тиску конденсації зі змінною швидкістю використовуючи перетворювач частоти дозволить значно підвищити енергоефективність компресорної.

Метою кваліфікаційної роботи є створення енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції для покращення економічних показників ефективності електроспоживання.

Завдання дослідження:

- проаналізувати та дослідити заходи з енергозбереження, що необхідні для побудови енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції;
- розробити енергоефективну систему електропостачання аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці;
- розробити єдину інтегровану систему управління компресорними агрегатами, включаючи захист від аварійних режимів роботи, з допомогою контролера і засобів автоматизації;
- розробити систему регулювання тиску конденсації парів аміаку в конденсаторі шляхом зміни швидкості обертання двигунів вентиляторів.

Об'єкт дослідження – система електропостачання аміачної компресорної станції.

Предмет дослідження – заходи енергозбереження та підвищення продуктивності роботи холодильних агрегатів аміачної компресорної станції.

Наукова новизна отриманих результатів: дістали подальший розвиток

заходи з оптимізації електроспоживання та продуктивності роботи холодильного устаткування аміачної компресорної станції.

Практичне значення отриманих результатів виявляється у створенні енергоефективної системи електропостачання та мінімізації витрат електроенергії аміачною компресорною станцією підприємства.

Апробація.

Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи були представлені на IX-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (25-26 листопада 2020 року), Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя [1].

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, переліку посилань (21 найменувань), додатків (4 сторінки).

Загальний обсяг текстової частини – 69 сторінок, 16 таблиць, 16 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз показників проекту

По ступеню надійності електропостачання електроприймачі аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці відносяться до II категорії електропостачання. Напруга на шинах низької напруги джерела живлення $\sim 380/220$ В.

Основними струмоприймачами являються асинхронні короткозамкнуті електродвигуни напругою 380/220 В – електроприводи холодильного обладнання, вентиляційних систем та електроосвітлювальні установки [1].

Штучний холод на підприємстві використовується на технологічні потреби, а також на створення необхідних температурних режимів у виробничих приміщеннях та холодильних камерах цеху забою та переробки птиці.

Передбачається три системи охолодження:

- система безпосереднього випаровування аміаку з $t_0 = -41^\circ\text{C}$ для камер заморожування та скороморозильного апарату з потребою 428 кВт;

- система безпосереднього випаровування аміаку з $t_0 = -12^\circ\text{C}$ для камер охолодження та зберігання охолодженої продукції, створення відповідних температурних режимів в виробничих приміщеннях з потребою 656 кВт.

- система льодяної води для охолодження тушок птиці з потребою 539 кВт.

Холодоагенти аміак та льодяна вода подаються до споживачів від аміачної компресорної по трубопроводах, прокладених по зовнішній естакаді та по технічному поверху цеху забою.

Аміак є високоенергетичним ефективним холодоагентом, що має високу теплоту випаровування, тому технологія його застосування відрізняється від використання холодоагентів іншого типу.

Аміачні установки є безпечними і зручними в експлуатації, а при грамотному проектуванні та використанні сучасних інноваційних технологій є також значно рентабельними та ефективними. Можна отримати максимальну вигоду при використанні холодильної системи аміачного типу, оскільки сучасне аміачне холодильне обладнання відповідає всім європейським стандартам якості та безпеки.

Холодильний агрегат являє собою єдину конструкцію, до складу якої входять: компресор, електродвигун, нагнітальний трубопровід, конденсатор, ресивер. Елементи холодильного агрегату зібрані під загальним каркасом [2].

Для отримання холоду в системі аміачних холодильних агрегатів (АХА) в якості холодильного агента використовується рідкий аміак. Робота АХА здійснюється так (рис. 1.1):

- компресор (1) всмоктує пару аміаку і стискує аміак до 2,6 МПа, внаслідок чого рідкий аміак нагрівається до 65⁰С (максимальна температура 105⁰С);
- нагрітий аміак поступає в конденсатор (2), де він охолоджується за допомогою „оборотної” води до 40⁰С;
- тиск масла у масляній системі 1,2 Bar;
- робоча температура масла, що використовується у системі компресора для змазки 45⁰С (мінімальна - 20⁰С, максимальна - 65⁰С) [3].

В якості засобів охолодження передбачається застосування підвісних повітроохолоджувачів німецької фірми Thermofin. Для регулювання температурних режимів в охолоджуваних приміщеннях передбачається сучасна автоматична регулювальна арматура фірми Danfoss. Арматура буде розташовуватися на технічному поверсі та буде зручною та доступною для обслуговування. Усе холодильне обладнання високої заводської готовності і не потребує постійної присутності обслуговуючого персоналу.

Відтаювання повітроохолоджувачів здійснюватиметься автоматично, вода з піддонів відводитиметься по ізольованих трубопроводах з електропідігрівом в найближчі трапи.

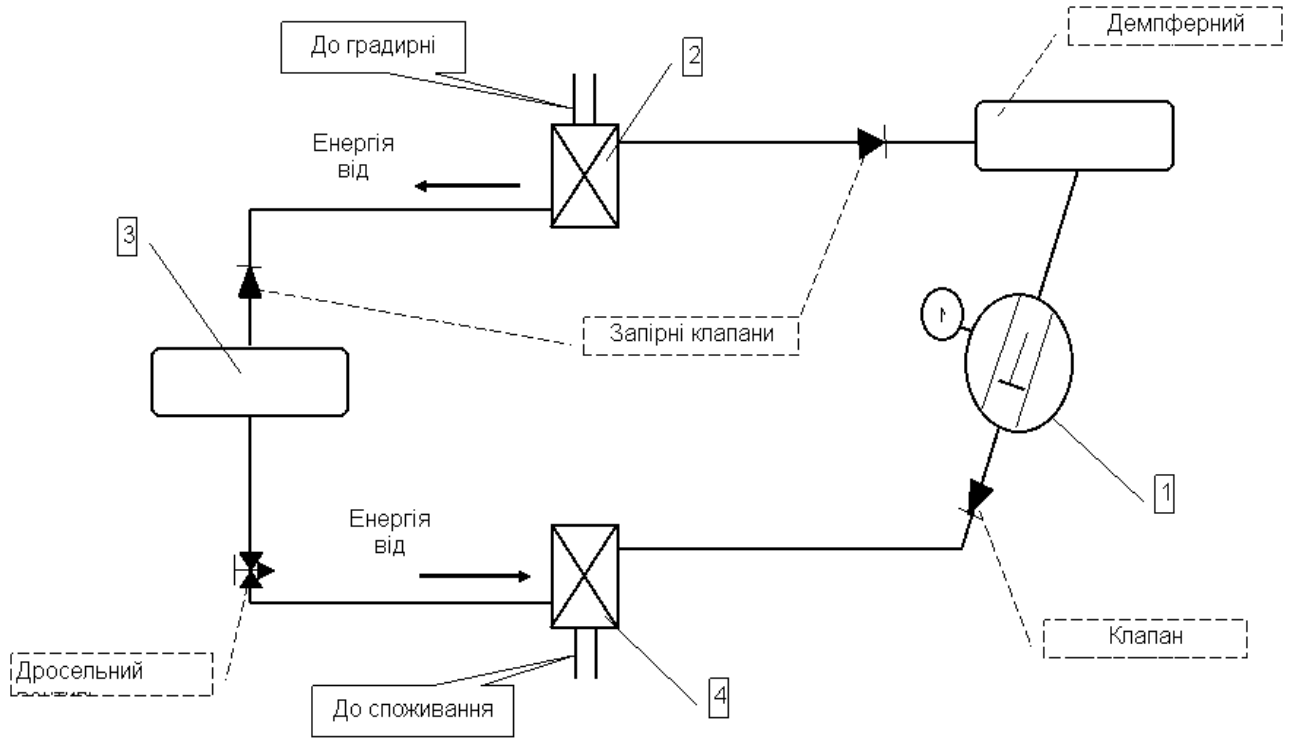


Рисунок 1.1 - Технологічний процес в аміачних холодильних агрегатах:
1 – компресор з електродвигуном; 2 – конденсатор; 3 – ресивер; 4 – випарник.

1.2 Способи підвищення енергоефективності системи електропостачання компресорної станції

Система електропостачання є енергоефективною, якщо вона спрямована на заощадження ресурсів із застосуванням сучасних екологічно безпечних технологій.

Усі заходи, що направлені на підвищення енергоефективності аміачної компресорної станції та, відповідно, енергозбереження, виділимо у такі групи (рис. 1.2) [4].

Заходи, які в першу чергу можна впровадити на підприємствах – це ті, що відносяться до першої групи: використання споживачів-регуляторів та диференційованого тарифу. Вони не вимагають вкладання додаткових фінансів, та дозволяють значно впорядкувати технологічний процес і вирівняти графік навантаження.



Рисунок 1.2 – Структура енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції

Енергоефективність аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці може бути підвищена, завдяки застосуванню регульованого електроприводу для таких споживачів, як компресори, насоси, вентиляторні установки та ін., що складає 80% навантаження компресорної станції.

Розглянемо докладніше об'єкт енергозбереження - електропривод. Переважна більшість електроприводів використовується в простих агрегатах: насосах, вентиляторах, транспортерах, конвеєрах тощо. Цій групі донедавна приділялося мало уваги, тому що в подібних агрегатах звичайно використовуються найпростіші електроприводи з не завжди правильно вибраними двигунами, але саме в цій групі існує величезний резерв енерго- і ресурсозбереження. Це пов'язано, головним чином, з об'єктивно існуючим протиріччям: переважна більшість таких електроприводів (більше 95%) нерегульовані, а технологічні процеси, що обслуговуються ними, як правило, потребують регулювання яких-небудь технологічних координат: швидкості, тиску, витрати, температури тощо. Це регулювання здійснюється енергетично

неефективно й приводить до великих втрат енергії, породжує недосконалість самого технологічного процесу – знижує його продуктивність і надійність, а також якість продукту [5].

Наприклад, застосовуючи регульований електропривід у системі вентиляції, дозволить регулювати подачу повітря відповідно до потреб провітрювання в цеху [6].

Великий потенціал у заощадженні електроенергії при проектуванні компресорної станції можна отримати при правильному виборі головного потужного електрообладнання – компресорів. Зазвичай, на промислових підприємствах використовуються поршневі компресори. За останній час вони опустилися в рейтингу, поступившись місцем більш ідеальним конкурентам, які називаються гвинтові компресори. Безсумнівно, вважається трудомістким і дорогим процес заміни компресорного устаткування, але все ж таки, керуючі різних підприємств і організацій здійснюють заміну поршневих на гвинтові компресори, роблячи при цьому додаткові витрати [7].

Розглянемо порівняння по всіх параметрах поршневі компресори і гвинтові. Якщо подивитися на цінові характеристики гвинтового і поршневого компресора, то купити другий з них буде простіше, тому що він дешевше. У середньому ціна поршневого компресора на аналогічні характеристики гвинтового компресора – нижче приблизно на 20-40%. При покупці поршневого компресорного устаткування в оголошену вартість включаються витрати на встановлення, яке зазвичай дуже трудомістке. Коли порівнювати відмінності встановлення гвинтового компресора і поршневого, то в першому випадку не вимагається специфічного фундаменту.

Тепер, що стосується споживання електроенергії. Гвинтові компресори, які мають велику продуктивність мають найбільш виражену різницю ККД (більш високий). В результаті економії електричної енергії, гвинтові компресори (класична схема управління) повністю можуть окупили витрати купівлі кілька разів за час використання. Гвинтовий компресор, в порівнянні з поршневим,

вважається більш кращим, тому що витрати на електроенергію при виготовленні одного і того ж обсягу холоду набагато менші. У разі експлуатації гвинтових компресорів, у яких змінюється частота обертів двигуна, а також двоступневих моделей, затрата електричної енергії стає на 30% менше. Варто відзначити, що у гвинтових компресорів найбільш досконала система регулювання продуктивності.

Наступна особливість – це ремонт компресорів, їх технічне обслуговування та придбання витратних матеріалів. Гвинтові компресори відомі своєю ефективною системою масловідділення. У поршневому компресорі в стиснене повітря потрапляє значно більша кількість масла, ніж у гвинтових, в результаті – вище витрата його, а також витрата коштів на придбання такого мастила. Завдяки досконалій конструкції гвинтових процесорів, стає доступним використання сучасних МОР, що вимагають їх заміни суттєво рідше, в порівнянні зі стандартними мастилами у поршневих компресорів. Під технічним обслуговуванням мається на увазі додаткові проблеми: постійна заміна поршневих кілець, клапанів, тощо. Що до гвинтових компресорів, то їх механічна частина не має деталей, що швидко зношуються, тобто поршневих кілець, клапанів, вкладишів і так далі. Хороші гвинтові компресори прекрасно вам будуть слугувати впродовж 15-25 років (тризмінний режим без серйозного ремонту), якщо дотримуватися всіх правил експлуатації. Гвинтові компресори підтримують найвищу ступінь автоматизації, що забезпечить бездоганний захист від аварійних ситуацій, і звільнить обслуговуючих людей від постійного спостереження за компресором. Відмінностями поршневих і гвинтових компресорів є комплектація електронними блоками, які дають можливість запрограмувати компресор вперед на місяць, дозволяють здійснювати управління сукупністю компресорів, роблячи їх запуск і зупинку по ступені змін потреби в холоді.

У процесі роботи гвинтового компресора пульсація тиску не створюється, яке запобігає використанню ресиверів чималих обсягів. Коли гвинтові компресори знаходяться в дії, то шум від них мінімальний.

При бажанні шумовий рівень знизити ще більше, то потрібно просто використовувати кожухи, що гасять шум. Поршневі компресори при роботі видають величезну кількість шуму. У висновку можна сказати, що купити гвинтовий компресор в якості заміни поршневого, буде набагато вигідніше і економічно виправданим для підприємства [7].

Гвинтові компресори серії SAB великої продуктивності призначені для установки в великі системи холодопостачання з підвищеними вимогами до надійності роботи, продуктивності і економічності експлуатації. Всі елементи конструкції розроблені з урахуванням зручності доступу для обслуговування, що знизить витрати на обслуговування компресора. Об'ємна продуктивність 850-9000 м³/ год. Компресори серії SAB великої продуктивності можуть працювати з усіма поширеними холодоагентами [8].

Вигода від використання приводу з регульованою швидкістю і безступінчастого регулювання продуктивності дозволяє узгоджувати роботу компресора з поточним навантаженням. Всі компресори серії SAB оснащені контролерами Unisab III. Масляний фільтр SuperFilter II затримує більше 99% часток величиною більше 5 мікрон. Компактна конструкція дозволила зменшити площу підстави компресора. У компресорах встановлений компактний масловідділювач.

При застосуванні даного компресора можливо збільшити ефективність роботи при частковому навантаженні, а експлуатаційні витрати при цьому знижуються до мінімально можливого рівня. Оптимізується робота компресора, знижується час простою і збільшується термін служби обладнання. Знижуються експлуатаційні затрати і потреба в обслуговуванні. Збільшується термін служби підшипників, забезпечується підвищена надійність роботи, скорочуються витрати на обслуговування і заміну зношених вузлів. Істотно зменшена площа установки обладнання. В результаті двоступеневого масловідділення знижений винос масла з компресора.

Витрати за споживану електричну енергію компресорною станцією можуть бути істотно знижені шляхом регулювання електроспоживання за тарифними зонами доби. Ураховуючи, що в нічні години ціна електроенергії в 4,8 рази нижча, ніж у години максимуму енергосистеми, розробляють плани-графіки регулювальних заходів, упровадження яких дозволить знизити навантаження в години ранкового й вечірнього максимумів навантаження енергосистеми. У якості споживачів-регуляторів найефективніше використовувати установки, які повинні працювати переважно в години мінімальної ціни електроенергії – у нічні години.

Залишається актуальним питання компенсації реактивної потужності для підвищення ефективності системи електропостачання. Необхідно розглянути особливості компенсації реактивної потужності в цеху забою та переробки птиці з урахуванням режиму роботи споживачів електричної енергії й додаткових втрат енергії, зумовлених генерацією реактивної потужності.

Силові трансформатори на головних підстанціях мають низький коефіцієнт завантаження (30 – 40%) через що і працюють у неекономних режимах. Оцінка зниження втрат при виведенні в «холодний» резерв одного з трансформаторів залежно від результуючого коефіцієнта завантаження трансформатора, який залишився в роботі, показала, що виведення в «холодний» резерв одного з трансформаторів економічно доцільне при результуючому коефіцієнті завантаження менше 0,6.

Експлуатовані сьогодні системи електропостачання підприємств характеризуються значним завищенням потужностей установлених силових трансформаторів. Відповідно, піднімаються параметри апаратури та перерізу кабелів, збільшуються капітальні витрати. Це відбувається на стадії проектування через завищення розрахункових електричних навантажень. Причиною такого стану є недосконалість як самих методів розрахунку, так і некоректність використовуваних розрахункових коефіцієнтів. Під час виконання розрахунків електричних навантажень споживачів штучно розділяють на групи

з однотипним режимом роботи, хоча реально існують технологічні групи споживачів з різними режимами роботи: споживачі технологічних ділянок, цехів, підприємств загалом. Іншими словами, логіка побудови застосовуваних методик розрахунку не відповідає структурі будови систем електропостачання [6]. При цьому під електро та енергоефективністю розуміють потенціал (у відсотках) можливого скорочення споживання або втрат ЕЕ конкретними споживачами або доданком систем електропостачання.

Ще один спосіб зниження енергоспоживання полягає у використанні енергоощадної системи освітлення. У провідних країнах світу масово випускаються світлодіодні освітлювальні прилади, які здатні повністю замінити менш ефективні лампи розжарювання і газорозрядні лампи. Упровадження в Україні світлодіодних джерел світла сприятиме значному зменшенню витрат на освітлення (до 10–15% від загальних витрат електроенергії) [9].

Сучасні світлодіодні лампи мають значно довший період експлуатації. При цьому необхідно враховувати розміщення світильників для забезпечення рівномірного освітлення та мінімізації витрат. Завдяки встановленню світлодіодних ламп можлива економія енергії та покращення якості освітлення. Таймери та автоматичні системи освітлення замість світлових перемикачів сприяють зменшенню споживання енергії 80-90 % електроенергії, яка використовується лише для освітлення. Навіть якщо освітлення енергоефективне, рекомендується його вимикати, якщо в приміщенні немає відвідувачів. Сенсори та таймери можуть допомогти з цією ініціативою.

На рисунку 1.3 представлено картограму потенціалів підвищення електро та енергоефективності доданків системи електропостачання та електроспоживання аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці.



Рисунок 1.3 - Картограма потенціалів підвищення електро та енергоефективності доданків систем електропостачання та електроспоживання аміачної компресорної станції

1.3 Висновки та постановка завдань кваліфікаційної роботи

Реалізація вищеописаних способів дозволить аміачній компресорній станції цеху забою та переробки птиці оптимізувати витрату електроенергії на 30 – 40 %. Також, необхідно зазначити, що підвищення електро та енергоефективності – це завдання комплексне, для розв’язання якого на підприємстві потрібні не тільки технічні, але й організаційні заходи, і, насамперед, розробка та впровадження дієвої структури енергоменеджменту.

Найбільш енергоємними споживачами на аміачній компресорній станції цеху забою та переробки птиці є електроприводи стаціонарних установок – компресорні, вентиляційні – які споживають понад 80% усієї споживаної електроенергії.

Ефективним є застосування регульованого електроприводу компресорів для регулювання продуктивності, що дозволяє узгоджувати роботу компресора з поточним навантаженням, та вентиляторів головного провітрювання для регулювання подачі повітря відповідно до потреб провітрювання.

Витрати на електропостачання можуть бути істотно знижені шляхом регулювання електроспоживання за тарифними зонами доби. Найефективніше в якості споживачів-регуляторів використовувати компресорні установки.

Отже, сформулюємо постановку завдань кваліфікаційної роботи:

- проаналізувати та дослідити заходи з енергозбереження, що необхідні для побудови енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції;
- розробити енергоефективну систему електропостачання аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці;
- розробити єдину інтегровану систему управління компресорними агрегатами, включаючи захист від аварійних режимів роботи, з допомогою контролера і засобів автоматизації.
- розробити систему регулювання тиску конденсації парів аміаку в конденсаторі шляхом зміни швидкості обертання двигунів вентиляторів .

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Компонування компресорної станції

При проектуванні компресорної станції дотримуємося наступних критеріїв [10]:

- мінімізуємо вартість проекту, при цьому враховуємо безпеку, надійність, і зручність обслуговування устаткування, при найменшій кількості обслуговуючого персоналу і максимальному використанні засобів автоматизації;

- компактне розташування устаткування і приміщень, для скорочення площ і об'ємів площі, а також довжин комунікацій (трубопроводів, електрокабелів і ін.);

- дотримання усіх вимог правил техніки безпеки і охорони праці, санітарних і будівельних норм, технічних умов і правил проектування промислових підприємств, а також протипожежних правил.

Компоновка компресорної станції повинна виконуватися головним чином з урахуванням можливих мінімальних первинних витрат і мінімальних щорічних витрат на експлуатацію компресорних установок, тобто по мінімуму річних приведених витрат.

До споруд компресорної станції відносяться: головна будівля, повітрозбірники або інші групи повітрозберігаючих ємкостей, водопостачальні та водоохолоджувальні пристрої (насосна станція, напірна башта, градирня, басейн і т.п.), повітрозабірні пристрої, що окремо стоять або прибудовані (повітроприймачі, повітрозабірні шахти, фільтркамери) різні колодязі, драбини і майданчики обслуговування устаткування і арматури, а також трансформаторні підстанції [10].

Приймаємо зімкнуту компоновку основних споруд компресорної станції (рис. 2.1). Це є найкращим варіантом, оскільки усі основні частини головної будівлі безпосередньо примикають один до одного, що сприяє скороченню вартості будівництва і створенню хороших умов експлуатації.

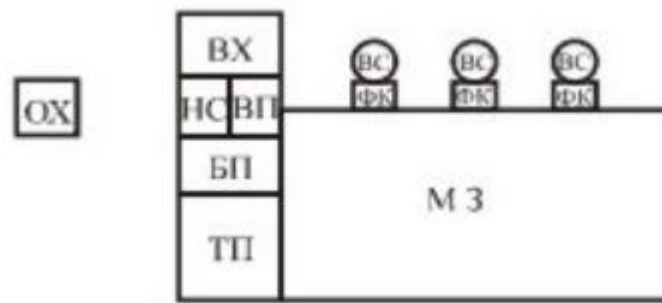


Рисунок 2.1 – Зімкнута компоновка основних споруд компресорної станції: МЗ – машинний зал; ФК – фільтр камера; ВС – повітрязбірник; ВХ – повітрязберігальні ємкості; НС – насосна станція; ОХ – охолоджувальний пристрій; ВП – допоміжні приміщення; БП – побутові приміщення; ТП – трансформаторна підстанція.

Проводимо попередню компоновку машинного залу і інших приміщень головної будівлі компресорної станції, визначаємо розміри машинного залу. У машинному залі встановлюємо компресори з їх приводами, кінцеві охолоджувачі стиснутого повітря, невеликі по ємкості маслководвідділювачі, фільтри, а також інше допоміжне устаткування. Усе вибране електрообладнання зводимо в таблицю 2.1.

Електродвигуни компресорних агрегатів розташовуємо ближче до глухої стіни, а компресори – встановлюємо у бік фронту обслуговування. Це дозволить краще обслуговувати компресори та влаштовувати електричні канали так, що вони не перетинатимуться з технологічними каналами повітря і води.

2.2 Вибір силового електрообладнання і розрахунок навантажень компресорної станції

2.2.1 Вибір силового електрообладнання

Силкові струмоприймачі холодильного обладнання живляться напругою 380/220В через силкові розподільні щити, які встановлюємо в операторській.

Таблиця 2.1 – Силове обладнання компресорної станції

Номер на плані	Назва і тип обладнання	Робоче/ резервне	Номінальна потужність, $P_{\text{НОМ}}$, кВт	Номінальний струм, $I_{\text{НОМ}}$, А
1	2	3	4	5
1-1	Двигун компресора SAB 233 S	роб	110,0	195,0
1-1ПК	Пульт керування		2,2	10,0
1-2	Двигун компресора SAB 233 S	роб	110,0	195,0
1-2ПК	Пульт керування		2,2	10,0
2	Двигун компресора SAB 233 S	роб	315,0	533,0
2ПК	Пульт керування		2,2	10,0
3	Двигун компресора SAB 233 L	роб	355,0	608,0
3ПК	Пульт керування		2,2	10,0
4	Двигун компресора SAB 233 S	резерв	315,0	533,0
4ПК	Пульт керування		2,2	10,0
П1	Припливна вентсистема "Вега" КЦКП-3,15-У3		0,75	1,4
П2	Припливна вентсистема "Вега" Канал-Вент-200В		0,105	0,2
П2р	Припливна вентсистема "Вега" Канал-Вент-200В	резерв	0,105	0,2
В1	Витяжна вентсистема "S&P"SRRT/2		0,75	1,9
В1р	Витяжна вентсистема "S&P"SRRT/2	резерв	0,75	1,9
4РЦВ	Щит вентиляції		3,3/2,31	4,4
В7	Вентсистема Vents 150 M1 Series press		0,03	0,13
В8	Вентсистема Vents 150 MA Series		0,026	0,13
14-1	Насос льодяної води KSB Etanorm G40-200	роб	15,0	30,5
14-2	Насос льодяної води KSB Etanorm G40-200	резерв	15,0	30,5
15-1	Насос льодяної води KSB Etanorm G32-200	роб	4,0	8,9

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
15-2	Насос льодяної води KSB Etanorm G32-200	резерв	4,0	8,9
16-1	Насос оборотної води KSB Etanorm G80-400	роб	22,0	43,2
16-2	Насос оборотної води KSB Etanorm G80-400	резерв	22,0	43,2
B0.5	Електрозасувка водопроводу		0,18	0,38
БК	Блок керування		0,544	2,5
17-1	Насос для аміаку CNF-40-25-200	роб	2,13	3,81
17-2	Насос для аміаку CNF-40-25-200	роб	2,13	3,81
17-3	Насос для аміаку CNF-40-25-200	резерв	2,13	3,81
18-1	Насос для аміаку CNF-65-40-200	роб	3,46	6,2
18-2	Насос для аміаку CNF-65-40-200	роб	3,46	6,2
18-3	Насос для аміаку CNF-65-40-200	резерв	3,46	6,2
6-1в	Вентилятор конденсатора випарювального типу VXS-S700		30,0	57,0
6-2в	Вентилятор конденсатора випарювального типу VXS-S700		30,0	57,0
6-1н	Насос конденсатора випарювального типу VXS-S700		2,2	4,2
6-2н	Насос конденсатора випарювального типу VXS-S700		2,2	4,2
6-1ЕК	Обігрів басейнів конденсатора		4,0	6,4
6-2ЕК	Обігрів басейнів конденсатора		4,0	6,4
6-3ЕК	Обігрів басейнів конденсатора		4,0	6,4

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
6-4ЕК	Обігрів басейнів конденсатора		4,0	6,4
8	Тен підігріву оливи		0,075x5	0,6
11	Тен підігріву оливи		0,075x5	0,6
T3.1	Водонагрівач Tatramat		2,0	9,1
E1	ПК		0,35	1,6

Силові струмоприймачі вентиляційного обладнання та електроосвітлення живляться напругою 380/220В через силовий розподільний щит ГРЩ, який встановлюємо в приміщенні електрощитової.

Електроустаткування і електропроводка в вибухобезпечних приміщеннях вибрані відповідно з вимогами ДНАОП-8.00 -1.32-01 для цих приміщень [11].

Передбачаємо припливно-витяжну загальнообмінна з механічним та природним спонуканням вентиляцію. Вентилятори витяжної вентсистеми приймаємо в іскрозахищеному виконанні, а їх електродвигуни - в вибухозахищеному виконанні. Загальнообмінна вентиляція забезпечує витяжку в кількості 2/3 повітря з верхньої зони та 1/3 - з нижньої та здійснюється за допомогою вентиляторів В1-В12 (таблиця 2.1).

Також передбачаємо резервний вентилятор для загальнообмінної вентиляції. Аварійна вентиляція (системи ВА1-ВА5) включається в роботу автоматично при спрацьовуванні газоаналізаторів при аварії. Загальнообмінна вентиляція разом з аварійною забезпечують 11-кратну витяжку. В теплий період року на додаток до повітрообміну, розрахованого на холодний період, додається витяжка з верхньої зони за допомогою вентиляторів ВА1-ВА3.

Приплив додаткової кількості повітря на цей час природний через відкриті фрамуги вікон на висоті 1,2 м від підлоги до низу отворів через відкриті вікна. Проектом передбачаємо відключення вентиляції при виникненні пожежі.

На основі планування компресорної станції та однакового коефіцієнту використання розбиваємо електроспоживачів на групи (таблиця А1 додатку А)

2.2.2 Визначення категорії надійності і вибір електросхеми

По ступеню надійності електропостачання електроприймачі аміачної компресорної станції відносяться до II категорії електропостачання, оскільки дана станція допускає перерву в електропостачанні на час не більше однієї доби, при наявності централізованого резерву трансформатора і можливості його заміни у разі пошкодження за час не більше 1 доби.

Електропостачання напругою 380/220В передбачається від ТП-2х1000кВА кабелем ВВГ розрахункового перерізу.

2.2.3 Розрахунок електричних навантажень

Розраховуючи силове навантаження, необхідно правильно визначати електричне навантаження у всіх елементах силової мережі. Завищення навантаження може призвести до перевитрати провідникового матеріалу, а заниження - до зменшення пропускної спроможності електричної мережі та порушення нормальної роботи силових електроприймачів.

Розрахунок електричних навантажень силових електроприймачів (ЕП) $P_{p.c}$, $Q_{p.c}$ здійснюємо за методом розрахункових коефіцієнтів і проводимо за наступним алгоритмом та формулами, зробивши групування на характерні категорії з однаковими $P_{n.i}$, $K_{в.i}$, і $\cos\varphi$ [12].

Номінальну (встановлену) активну потужність та реактивну потужності обчислюємо за формулами

$$P_{n.j} = n_i \cdot P_{n.i}, \quad (2.1)$$

$$Q_{n.i} = P_{n.i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i, \quad (2.2)$$

де $P_{n.i}$ – обирають за паспортними даними ЕП;

$\operatorname{tg}\varphi$ – довідкове значення коефіцієнта реактивної потужності.

Проміжні активну та реактивну потужності обчислюємо як

$$P_{п.і} = K_{е.і} \cdot P_{н.і}, \text{кВт} \quad (2.3)$$

$$Q_{п.і} = K_{е.і} \cdot P_{н.і} \cdot \text{tg} \varphi_j, \text{кВАр} \quad (2.4)$$

де $K_{е.і}$ – коефіцієнт використання;

Ефективну кількість ЕП n_e розраховуємо за формулою

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{н.і} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{н.і}^2}, \quad (2.5)$$

Знайдене значення n_e округлюють до меншого цілого числа.

Величину розрахункового коефіцієнта K_p знаходимо за відповідною довідковою таблицею у функції величини n_e і групового середньозваженого коефіцієнта використання K_e . [10]

Величини P_p , Q_p розраховуємо за формулами

$$P_p = K_p \cdot P_n, \text{кВт} \quad (2.6)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_n, \text{якщо } n_e \leq 10, \text{кВАр} \quad (2.7)$$

$$Q_p = Q_n, \text{якщо } n_e > 10, \text{кВАр}$$

Повну розрахункову потужність S_p та розрахунковий струм I_p розраховуємо за формулами

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{кВА} \quad (2.8)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \text{А} \quad (2.9)$$

Розрахунки виконуємо з допомогою програми Excel та зводимо у таблицю А1 (додаток А).

2.3 Розрахунок освітлювального навантаження

Передбачаємо робоче та аварійне освітлення. Напруга у ламп робочого і аварійного освітлення ~ 220 В, ремонтного - 36 В.

Світильники вибираємо виходячи із призначення приміщень, умов середовища і потрібної освітленості. Норма освітлення прийнята у відповідності з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [13].

Для визначення електричного навантаження освітлювальних установок скористаємося методом питомої потужності та коефіцієнта попиту [11], також складаємо схематичний план розміщення освітлювальних установок у приміщеннях компресорної станції (рис. 2.2).

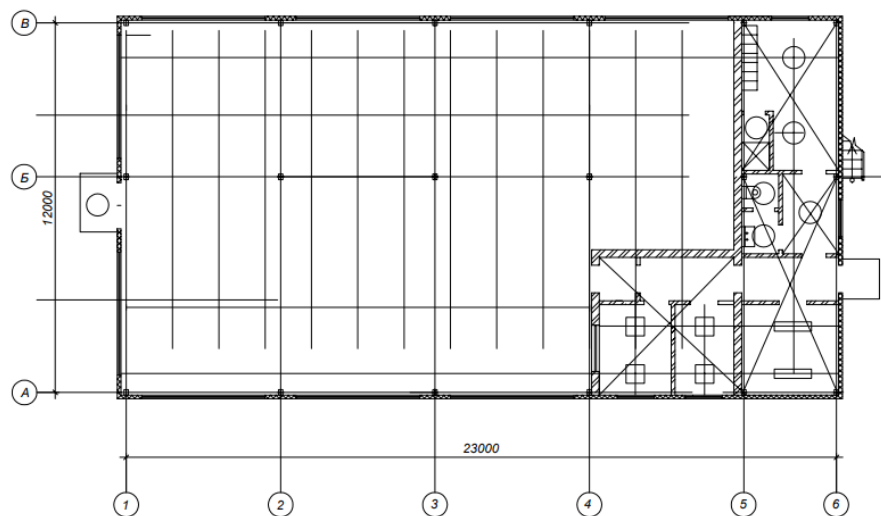


Рисунок 2.2 – Схематичний план розміщення освітлювальних установок компресорної станції

Освітленість, площу, тип світильників та їх потужність у кожному з приміщень компресорної станції зводимо у таблицю 2.2. У таблицю 2.3 записуємо дані освітлювальних установок для аварійного освітлення станції.

Таблиця 2.2 Робоче освітлювальне навантаження компресорної станції

Номер групи	Приміщення компресорної	Освітленість,лк	Площа S, м ²	Тип світильника	Потужність, Вт	Кількість світильників, шт	Навантаження по групі Рн, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
1-1	Операторська	300	7,5	LED Violux НББ ICE IP20	24	2	0,228
	Кімната начальника цеху	300	7,5	LED Violux НББ ICE IP20	24	2	
	Побут. приміщення	50	15	LED-36R	6	3	
	Санвузол	50	4,5	LED Violux НББ АТОМ IP54	8	3	
	Коридор	75	12,5	LED-37R IP20	20	3	
	Вихід			LED ліхтар вуличний videx	30	1	
1-2	Аміачна компресорна	150	220,5	WT472C	47	19	0,282
1-3				LED64S/840			0,312
1-4				IP66			0,329
	Вихід			LED ліхтар вуличний videx IP 65	30	1	
1-5	Електрощитова	150	9	TL-F 12 LED	36	2	0,174
	Венткамера	150	15	TL-F 12 LED	36	2	
	Вихід			LED ліхтар вуличний videx	30	1	
Всього			291			39	1,325

Таблиця 2.3 – Аварійне освітлювальне навантаження

Найменування та технічна характеристика	Тип, марка ламп	Завод-виробник	Одиниця вимірювання	Кількість
1	2	3	4	5
Світильник з люмінесцентною лампою потужністю 8 Вт з написом "Вихід" IP65	URAN EFS193	Компанія "Світові Технології"	шт	3
Вибухозахищений світильник для аварійного освітлення з написом "Вихід" IP66	C-LUX 6108 2ExedmICT4	R.STANL	шт	3

В якості освітлювальних установок вибираємо світлодіодні LED лампи. Перевагами даного виду джерел освітлення є: тривалий термін служби, наприклад користуючись щодня 6 годин, він буде становити орієнтовно 4-5 років; низьке енергоспоживання (в 6 раз менше енергії, ніж лампи розжарювання, і приблизно в 2 рази менше, ніж люмінесцентні лампи); екологічність, що в теперішніх реаліях є дуже важливим аспектом – відсутність шкідливих елементів, робить використання ламп безпечним для людини та природи. Основним недоліком є те, що світлодіодні світильники вартують не дешево, проте, як показує практика, термін окупності складає 2-3 роки.

Також складаємо перелік вимикачів, що необхідні для комутації освітлювальних установок та зводимо в таблицю 2.4.

Розрахункові потужності лінії, що живить силове й освітлювальне навантаження, знаходимо за виразами [11]:

$$P_p = P_{p.сил.нав} + P_{p.осв}, \quad (2.10)$$

$$P_p = 1195,28 + 1,11 = 1196,39 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{p.сил.нав} + Q_{p.осв}, \quad (2.11)$$

$$Q_p = 893,95 + 0,355 = 894,3 \text{ кВАр},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.12)$$

$$S_p = \sqrt{1196,39^2 + 894,3^2} = 1493,7 \text{ кВА}.$$

Таблиця 2.4 – Електровстановлювані вироби компресорної станції

Найменування та технічна характеристика	Тип, марка	Завод-виробник	Одиниця вимірювання	Кількість
1	2	3	4	5
Вимикач для відкритого монтажу 10А,250В ІР44	ВС20-1-0-ГБ	виробництво ІЕК	шт	9
Вимикач для відкритого монтажу 10А,250В,здвоєний ІР44	ВС20-2-0-ГБ	виробництво ІЕК	шт	2
Вимикач для відкритого монтажу 10А,250В ІР20	ВС20-1-0-ББ	виробництво ІЕК	шт	2
Вимикач для прихованого монтажу 10А,250В,здвоєний ІР20	ВС10-2-0-ГБ	виробництво ІЕК	шт	4

2.4 Компонування силових щитів та щитів освітлення

2.4.1 Захист електрообладнання

Захист і керування електроприводами здійснюється пристроями плавного пуску з обвідними контакторами, частотними перетворювачами, магнітними пускачами, встановленими в щитах і по місцю та кнопками керування, встановленими біля струмоприймачів і на щитах керування. Усі вибрані захисні апарати зводимо в таблицю 2.5-2.6.

Таблиця 2.5 – Компонування силових шаф

В комплекті	Тип шафи, комплектування шафи				Завод-виготовлювач	Кількість, шт
	Тип автоматичного вимикача, ПЗВ, магнітного пускача, перетворювача частоти	I_p, A	I_n, A	$I_{m.p.}, A$		
1	2	3	4	5	6	
ГРЩ	Шафа розподільна навісна IP55 типу АЕ				Rittall	1
	ввідний T3N 250 TMD250...2500 3P FF	250	-	-	ABB	1
	відвідний S203	63x1+32x1+ 25x2	-	-	ABB	4
	відвідний S293	100 Ax1	-	-	ABB	1
	відвідний TmaxT1N 160 TMD 160...1600 3P FF	160	-	-		1
	відвідний S201	16x3	-	-	ABB	3
	ПЗВ FN204, $I_{ут} = 30 \text{ mA}$	20	-	-	ABB	1
1ШКН	Шафа розподільна навісна IP55 типу АЕ				Rittall	1
	ввідний S203	50	63	-	ABB	1
	відвідний S203	40x1+16x1	-	-	ABB	2
	магнітний пускач А9-30-10 з тепловим реле ТА 25 DU	-	-	8,5	ABB	2
	магнітний пускач А30-30-10 з тепловим реле ТА 25 DU	-	-	32	ABB	2
	двопозиційний вимикач з підсвічуванням з кнопками "START" і "STOP" типу KRD4-11C	-	-	-	ABB	4
2ШКН	Шафа розподільна навісна IP55 типу АЕ				Rittall	1
	ввідний S283	80	100	-	ABB	1
	відвідний S283	63x2	-	-	ABB	2
	відвідний S203	16Ax1	-	-	ABB	1
	відвідний S201	16Ax1	-	-	ABB	1

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	
	магнітний пускач А50-30-00 з тепловим реле ТА 75 DU	-	-	52	ABB	2
	двопозиційний вимикач з підсвічуванням з кнопками "START" і "STOP" типу KRD4-11C	-	-	-	ABB	2
	магнітний пускач 2xLC1E06LRE03	-	-	-	ABB	1
3ШКН	Шафа розподільна навісна IP55 типу АЕ				Rittal	1
	ввідний S203	32	63	-	ABB	1
	відвідний S203	10x6	-	-	ABB	6
	магнітний пускач А9-30-10 з тепловим реле ТА 25 DU	-	-	8,5	ABB	3
	магнітний пускач А16-30-10 з тепловим реле ТА 25 DU	-	-	14	ABB	3
	двопозиційний вимикач з підсвічуванням з кнопками "START" і "STOP" типу KRD4-11C	-	-	-	ABB	6
4ШКН	Шафа розподільна підлогова IP55 типу TS8				Rittal	1
	ввідний TmaxT1N 160 TMD125...1250 3P FF	125	-	-	ABB	1
	відвідний Tmax T1 N 160 TMD 80...800 3P FF	80	-	-	ABB	2
	відвідний S203	16x8	-	-	ABB	8
	перетворювач частоти для асинхронних двигунів електронний FR-F740-006200-TC Pn=30кВт	-	62	-	ABB	2
	магнітний пускач А63-3000	-	65	-	ABB	2
	магнітний пускач А9-30-10з тепловим реле ТА 25 DU	-	-	5	ABB	2
	магнітний пускач А9-30 10	-	9	-	ABB	6
	двопозиційний вимикач з підсвічуванням з кнопками "START"і"STOP"типуKRD4-11C	-	-	-	ABB	8
1ШК	Шафа розподільна підлогова TS8				Rittal	1
	ввідний автоматичний вимикач TmaxT6N 600 TMA2000...4000 3P FF	600	630	-	ABB	1

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	
	відвідний TmaxT4N 250 TMA1250...2500 3P FF	250x2	-	-	ABB	2
	відвідний S201	13x2	-	-	ABB	2
	обвідний контактор A210-30-11	-	210	-	ABB	2
1- 1ШК, 1-2ШК	Шафа розподільна підлогова IP55 типу TS8				Rittal	2
	пристрій плавного пуску електрообднання типу RVS-DN 210-400-230-230-RV, 400В	-	210	-	Solcon	2
2ШК, 4ШК	Шафа розподільна підлогова IP55 типу TS8				Rittal	2
	Ввідний TmaxT6N 1000 BW PR221DS-LS/I	800	1000	-	ABB	1
	відвідний TmaxT6N 1000 BWPR221DS-LSI	700	800	-	ABB	1
	відвідний S201	13x1	-	-	ABB	1
	обвідний контактор AF580-30-11	-	580	-	ABB	2
2- 1ШК, 4-1ШК	Шафа розподільна підлогова IP55 типу TS8				Rittal	2
	пристрій плавного пуску електрообднання типу RVS-DN 580-400-230-230-RV, 400 В	-	580	-	Solcon	1
3ШК	Шафа розподільна підлогова IP55 типу TS8				Rittal	1
	ввідний TmaxT6N 1000 BW PR221DS-LSI	900	1000	-	ABB	1
	відвідний TmaxT6N 1000 BWPR221DS-LSI F1 3P	850	1000	-	ABB	1
	обвідний контактор AF750-30-11	-	750	-	ABB	1
	відвідний S201	13x1	-	-	ABB	1
3-1ШК	Шафа розподільна підлогова IP55 типу TS8				Rittal	1
	пристрій плавного пуску електрообднання типу RVS-DN 820-400-230-230-RV, 400 В	-	820	-	Solcon	1
4РЦВ	Шафа розподільна навісна IP55 типу AE				Rittal	1
	вимикач з ручним приводом СОМО М1	-	20	-	ABB	1
	ввідний S203	16	20	-	ABB	1

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	
	відвідний S203	10x4	-	-	ABB	4
	магнітний пускач А9-30-10 з тепловим реле ТА 25 DU	-	-	1,8	ABB	2
	магнітний пускач А9-30-10 з тепловим реле ТА 25 DU	-	-	4,0	ABB	2
	вимикач кнопковий P9MPLVGD+P9B11VN	-	-	-	ABB	2
	сигнальна лампа P9MGD+P9PTMVN	-	-	-	ABB	2
ЩК-В1,В1р	Шафа керування навісна RH 332				ABB	1
	магнітний пускач А9-30-10 з тепловим реле ТА 25 DU	-	-	1,0	ABB	1
	перемикач на три положення P9SSLZON+2xP9B10VN	-	-	-	ABB	2
	вимикач кнопковий P9MPLVGD+P9B11VN	-	-	-	ABB	2
	сигнальна лампа P9MGD+P9PTMVN	-	-	-	ABB	2
ЗРЩВ	Шафа розподільна навісна IP55 типу АЕ				Rittal	1
	відвідний S203	20	20	-	ABB	1
	відвідний S203	16x2+10x3	-	-	ABB	5
	відвідний S201	6x2	-	-	ABB	2
	магнітний пускач А12-30-10	-	-	-	ABB	1
	двопозиційний вимикач з підсвічуванням з кнопками "START" і "STOP" типу KRD4-11C	-	-	-	ABB	1

Таблиця 2.6– Вибір щитів робочого та аварійного освітлення

Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення	Одиниця вимірювання	Кількість
1	2	3	4
ЩО№1 Щит розподільний для навісного монтажу IP54 в наборі: -автоматичний вимикач S203 Ір=20А-1шт на вводі; - вимикач S201-9 шт. Ір=16Ах9 на відхідних лініях.	ЩРН-12з-0 74У2(12 модулів)	шт	1

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p align="center">ЩАО№2</p> <p>Щит розподільний для навісного монтажу IP40 в наборі: -автоматичний вимикач S203 Ip=25A-1шт на вводі; -вимикач S203-1 шт. Ip=20Ax1; -вимикачі S201-6 шт. Ip=16Ax6 на відхідних лініях.</p>	ЩРН-12з-0 74У2(12 модулів)	шт	1

2.4.2 Вибір проводів живлення силового електрообладнання

Електропроводку силових мереж у виробничих приміщеннях виконуємо кабелем ВВГнг, прокладеним по лоткам, на скобах, в машинному залі - цільних коробах і в трубах. Усі вибрані проводи для силового обладнання зводимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Проводи живлення силового електрообладнання компресорної станції

Група	Номер ЕП	Марка, кількість жил та січення проводу
1	2	3
ТП 1ШК	1-1	ВВГЄнг 4x120
	1-1ПК	ВВГнг 3x1,5
	1-2	ВВГЄнг 4x120
	1-2ПК	ВВГнг 3x1,5
ТП 2ШК	2	ВВГЄнг 4x185
	2ПК	ВВГнг 3x1,5
ТП 3ШК	3	3 ВВГЄнг 4x150
	3ПК	ВВГнг 3x1,5
ТП 4ШК	4	2 ВВГЄнг 4x185
	4ПК	ВВГнг 3x1,5
ЗРЩВ	П1	ВВГнг 4x1,5
	П2	ВВГнг 3x1,5
	П2р	ВВГнг 4x1,5

Продовження таблиці 2.7

1	2	3
	B1	ВВГнг 4х1,5
	B1р	ВВГнг 4х1,5
	4РІЦВ	ВВГнг 5х2,5
	B7	ВВГнг 3х1,5
	B8	ВВГнг 3х1,5
1ШКН	14-1	ВВГнг 4х4
	14-2	ВВГнг 4х4
	15-1	ВВГнг 4х4
	15-2	ВВГнг 4х4
2ШКН	16-1	ВВГнг 4х16
	16-2	ВВГнг 4х16
	B0.5	ВВГнг 4х1,5
	БК	ВВГнг 3х1,5
3ШКН	17-1	ВВГнг 4х1,5
	17-2	ВВГнг 4х1,5
	17-3	ВВГнг 4х1,5
	18-1	ВВГнг 4х1,5
	18-2	ВВГнг 4х1,5
	18-3	ВВГнг 4х1,5
4ШКН	6-1в	ВВГнг 4х16
	6-2в	ВВГнг 4х16
	6-1н	ВВГнг 4х1,5
	6-2н	ВВГнг 4х1,5
	6-1ЕК	ВВГнг 4х1,5
	6-2ЕК	ВВГнг 4х1,5
	6-3ЕК	ВВГнг 4х1,5
	6-4ЕК	ВВГнг 4х1,5
	8	ВВГнг 4х1,5
	11	ВВГнг 4х1,5
КСЦ		ВВГ 3х1,5
ТЗ.1		ВВГнг 3х2,5
Е1		ВВГнг 3х2,5

2.4.3 Вибір проводів живлення силових та освітлювальних щитів

Вибираємо кабель силовий з мідними жилами, який не поширює горіння напругою до 1 кВ. Марку, кількість жил, січення та довжину

проводу записуємо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 - Проводи живлення силових та освітлювальних щитів

Назва щита	Марка, кількість жил, сичення проводу	Напруга, кВ	Довжина, м
1	2	3	4
ТП 1ШК	4 ВВГ 5x150	0,66	105
ТП 2ШК	4 ВВГ 5x185	0,66	50
ТП 3ШК	4 ВВГ 5x185	0,66	50
ТП 4ШК	4 ВВГ 5x185	0,66	50
ЗРЦВ	ВВГ 5x50	1,0	10
1ШКН	ВВГ 5x16	0,66	13
2ШКН	ВВГ 5x35	1,0	13
3ШКН	ВВГ 5x4	0,66	10
4ШКН	ВВГ 5x70	1,0	14
КСЦ	ВВГ 3x1,5	0,66	537
ТЗ.1	ВВГнг 3x2,5	0,66	13
Е1	ВВГнг 3x2,5	0,66	13
ЩО№1	ВВГнг 5x4	0,66	10
ЩАО	ВВГ 5x6	0,66	10

2.4.4 Розрахунок і вибір освітлювальних проводів

Електроосвітлення виконуємо кабелем ВВГнг, прокладеним сховано, в трубах та відкрито на скобах. Мережа аварійного освітлення виконується кабелем марки (N)НХН з межею вогнестійкості 30 хв.

Перетин проводів освітлювальної мережі визначимо виходячи з допустимої втрати напруги з подальшою перевіркою на нагрів за таблицями допустимих навантажень.

Перетин проводу визначаємо згідно формули

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n P \cdot l}{C \cdot \Delta U_{\text{дол\%}}}, \quad (2.13)$$

де P - потужність на ділянці лінії, кВт;

l - довжина ділянки лінії, м;

C - коефіцієнт, що характеризує матеріал провідника;

$\Delta U_{\text{доп}\%}$ - допустиме відхилення напруги, 2,5%;

Усі дані розрахунків зведемо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Вибір кабельно-провідникової продукції для приладів освітлення

№	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення	Одиниця вимірювання	Кількість
1	2	3	4	5
1	Кабель силовий з мідними жилами ,який не поширює горіння, напругою 0,66 кВ перерізом 5x1,5 мм ²	ВВГнг	м	2
2	Кабель силовий з мідними жилами ,який не поширює горіння, напругою 0,66 кВ перерізом 4x1,5 мм ²	ВВГнг	м	55
3	Кабель силовий з мідними жилами ,який не поширює горіння, напругою 0,66 кВ перерізом 3x1,5 мм ²	ВВГнг	м	304
4	Кабель силовий з мідними жилами ,який не поширює горіння, напругою 0,66 кВ перерізом 2x1,5 мм ²	ВВГнг	м	7
5	Безгалогенний вогнестійкий кабель напругою 0,6/1 кВ (межа вогнестійкості 30 хв.) поперечним перерізом 3x1,5мм ²	FLAME-X950(N) HXH180 /E30	м	11 0

2.5 Компенсація реактивної потужності аміачної компресорної станції

Важливим як для енергомережі так і для електроспоживачів є зниження споживання реактивної потужності і електроенергії, для підвищення коефіцієнта потужності. Величина активної потужності, яка видається в мережу визначається за формулою [12]:

$$P = \sqrt{3S} \cos \varphi = \sqrt{3UI} \cos \varphi. \quad (2.14)$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}. \quad (2.15)$$

Таким чином, кут φ між векторами струму і напруги є основним фактором, який визначає використання повної потужності джерела струму.

Вибір компенсуючого пристрою зводиться до визначення величини реактивної потужності, що підлягає компенсації:

$$Q_{\text{кв}} = P_p (\operatorname{tg} \varphi_p - \operatorname{tg} \varphi_n), \quad (2.16)$$

$$Q_{\text{кв}} = 1196,32 \cdot (0,75 - 0,33) = 502,44 \text{ кВАр}.$$

Обираємо групову схему компенсації, тобто коли установка конденсаторів встановлена на введенні до споживача (на ТП). Вибираємо конденсаторну установку типу УКРМ для автоматичної компенсації реактивної потужності, що виникає в електромережі. Установка складається з групи трьох-фазних конденсаторів, контакторів для їх комутації, елементів захисту від перевантаження і суцільнометалевої конструкції і регулятора реактивної потужності [15]. Дані установки записуємо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 - Компенсуючий пристрій аміачної компресорної станції

Тип установки	Потужність, кВАр	Мінімальна ступінь, кВАр	Габаритні розміри
УКРМ (АКУ)-0,4-520-60	520	40	2000x1600x600

Повна розрахункова потужність з урахуванням компенсації реактивної енергії

$$S_{\text{рск}} = \sqrt{P_{\text{заг}}^2 + (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{кв}})^2}, \quad (2.17)$$

$$S_{\text{рск}} = \sqrt{1196,39^2 + (894,3 - 520)^2} = 1253,6 \text{ кВА}.$$

$$\cos \phi_{\text{рск}} = \frac{P_{\text{заг}}}{S_{\text{заг}}}, \quad (2.18)$$

$$\cos \phi_{psc} = \frac{1196,4}{1253,6} = 0,95, \quad \text{tg } \phi_{psc} = 0,33.$$

2.6 Вибір потужності силового трансформатора

Розрахункова потужність споживачів після компенсації реактивної потужності складає: 1253,6 кВА.

Для визначення оптимальної потужності трансформаторів задамося простим методом - економічних інтервалів навантажень [14].

Від параметрів трансформаторів залежить вплив на величину граничних економічних навантажень, тому встановлення нових трансформаторів з покращеними характеристиками і зниженими втратами потужності є актуальним. Критерієм вибору оптимальної потужності трансформаторів прийнято мінімум дисконтованих витрат, які враховують як капітальні вкладення у спорудження підстанцій, так і витрати на їх експлуатацію. На рисунках 2.3 та 2.4 подано графіки залежностей дисконтованих витрат від потужності навантаження й розраховано значення граничних економічних навантажень для трансформаторів напругою 10 кВ різної номінальної потужності та різної енергоефективності.

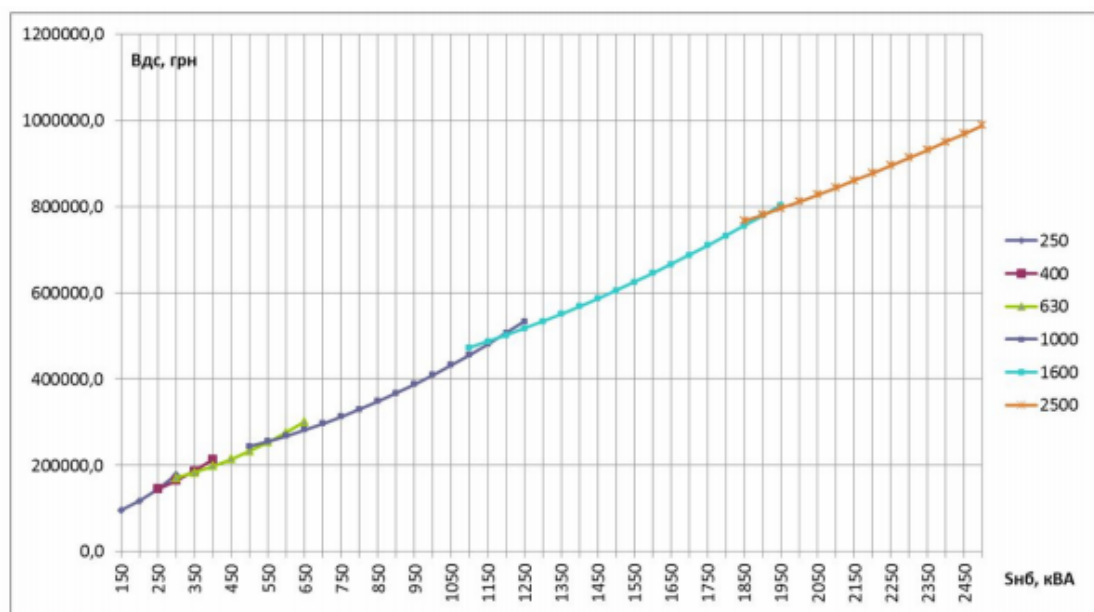


Рисунок 2.3 – Залежності дисконтованих витрат від потужності навантаження для звичайних трансформаторів потужністю 250-2500 кВА [13].

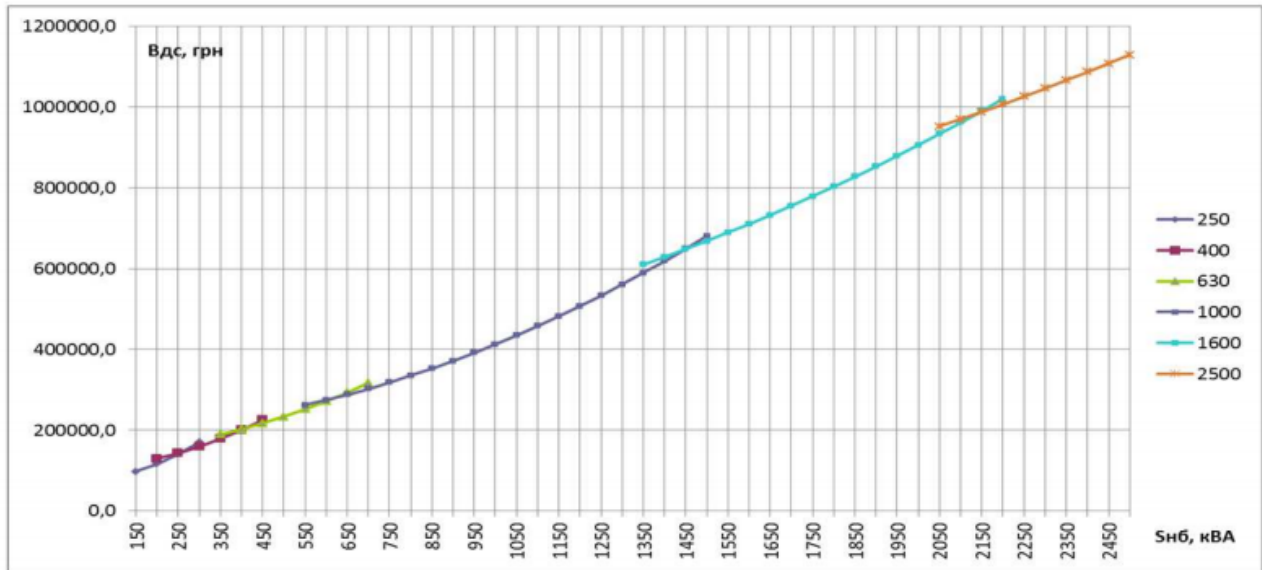


Рисунок 2.4 – Залежності дисконтованих витрат від потужності навантаження енергоефективних трансформаторів потужністю 250-2500 кВА [13].

Оскільки розрахункова потужність споживачів компресорної складає 1253,6 кВА., то для роботи трансформатора з природним масляним охолодженням в нормальному режимі його потужність повинна відповідати економічному інтервалу навантаження

$$S_{ен} < S_p \leq S_{ев}, \quad (2.19)$$

де $S_{ен}$ і $S_{ев}$ - нижня та верхня межа інтервалів навантаження для трансформатора з урахуванням можливого приросту навантаження.

З поданих графіків виберемо можливі варіанти встановлення силових трансформаторів, які відповідатимуть потужності розрахункового навантаження компресорної та економічному інтервалу навантаження. Дані записуємо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Можливі варіанти встановлення силових трансформаторів

Тип трансформатора	$S_{ен}$, кВА	$S_{ев}$, кВА
ТМ 1600/10	1100	1950
ТМ-1000/10	500	1250
ТМ-1000/10 енергоеф	550	1500

Потужність трансформатора обчислюємо за формулою [11]:

$$S_{н.т.} = \frac{S_p}{K_3}, \quad (2.20)$$

де K_3 - коефіцієнт завантаження (для II категорії споживачів рекомендується в межах 0,7..0,8);

$$S_{н.т.} = \frac{1253,6}{0,7..0,8} = 1567...1790 \text{ кВА.}$$

Проаналізуємо можливі варіанти вибору:

– один трансформатор потужністю $S_{н.т.} = 1600$ кВА,

$$K_{31} = \frac{S_{рск}}{S_{н.т.1}} = \frac{1253,6}{1600} = 0,78;$$

– два трансформатори потужністю $S_{н.т.} = 1000$ кВА,

$$K_{32} = \frac{S_p}{S_{н.т.2}} = \frac{1253,6}{2 \cdot 1000} = 0,62.$$

Обидва варіанти прийнятні для роботи у нормальному режимі.

Вибираємо двотрансформаторну підстанцію потужністю ТП-2x1000 кВА, оскільки необхідно живити споживачів компресорної, що відносяться до II категорії по електропостачанню.

Для даного варіанту в аварійному режимі, коли працює тільки один трансформатор, допускається його перевантаження на 40%, тобто:

$$S_a = 1,4 \cdot S_{н.т.2} = 1,4 \cdot 1000 = 1400 \text{ кВА,}$$

що є більшим за $S_{psc} = 1253,6$ кВА.

Отже, у в аварійному режимі один трансформатор потужністю 1000 кВА забезпечує повне живлення приймачів, що і підтверджують графіки рис. 2.3 та рис. 2.4.

Можливий також варіант встановлення однострансформаторної підстанції ТП-1х1600 кВА, при умові забезпечення резервування від іншої ТП на території підприємства. Остаточний варіант вибору можна зробити при техніко-економічному порівнянні варіантів трансформаторів ТП.

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Автоматизація холодильного обладнання аміачної компресорної станції

3.1.1 Єдина інтегрована система управління компресорами

Єдину інтегровану систему для управління компресорами у кількості чотирьох у машинному залі, виконуємо на базі контролера Unisab III (виробник «КУЛТЕК»). Він представляє собою сполучний пристрій, що служить для підвищення продуктивності систем холодопостачання, збільшення часу безвідмовної роботи і зниження експлуатаційних витрат [17].

Контролери Unisab III конфігуруються на заводі-виробнику. Вони оснащені комунікаційним обладнанням і протоколами зв'язку для моніторингу та управління широким асортиментом компресорів, холодильних машин і теплових насосів. Також з їх допомогою здійснюється діагностика обладнання та обробка даних (рис. 3.1).

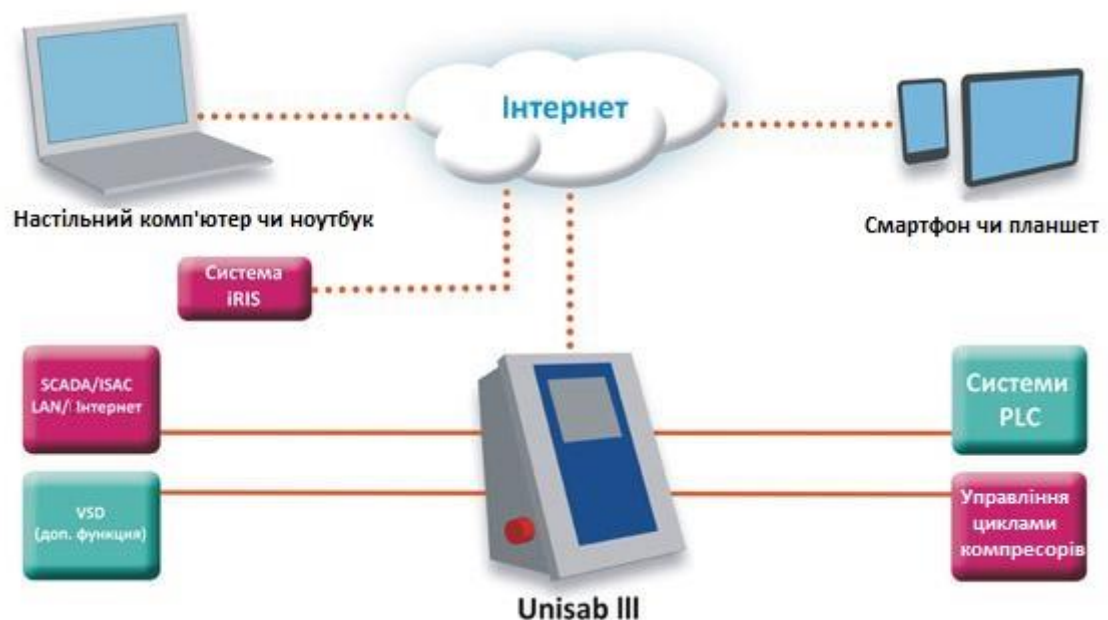


Рисунок 3.1 – Можливості контролера Unisab III

Вигода від використання єдиної інтегрованої системи для управління компресорами і холодильними машинами полягає у:

- простоті інтеграції в переважну більшість промислових систем управління, ефективній передачі даних між системами;
- моніторинг, управління і діагностика системи за допомогою єдиного компактного пристрою;
- управління послідовністю запуску компресорів і перерозподіл навантаження без установки додаткових пристроїв;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача.

Особливостями даного контролера є те що, збільшується ефективність моніторингу, управління і діагностики різних систем холодопостачання, забезпечується ефективність управління експлуатаційними даними і безперебійність виробничих процесів, що веде до підвищення продуктивності. Також скорочуються витрати на обладнання за рахунок відмови від установки декількох різних систем.

З використанням контролера Unisab III знижується енергоспоживання і експлуатаційні витрати, а також знижуються вимоги до кваліфікації експлуатаційного персоналу, та, відповідно, зниження витрат на навчання [17].

У контролері Unisab III в стандартній комплектації встановлені основні стандартні комунікаційні порти. Додаткових портів не потрібно. Дані можуть передаватися по мережі різних типів. Для моніторингу та управління контролером Unisab III можна використовувати практично будь-який ПК.

Контролер може керувати гвинтовими і поршневыми компресорами, при наявності або відсутності приводу з регульованою швидкістю, при роботі на будь-якому холодоагенті. Є можливість регулювання тиску всмоктування, температури води, тиску нагнітання і т. д. Також, можна накладати обмеження на допустимі значення тиску всмоктування, тиску нагнітання, струму двигуна і т. д. Для спрощення пошуку причин несправностей дані про роботу обладнання записуються в пам'ять. У разі виникнення аварії або відключення обладнання можлива відсилання повідомлення по електронній пошті. Функціональність контролера Unisab III подана на рисунку 3.2.

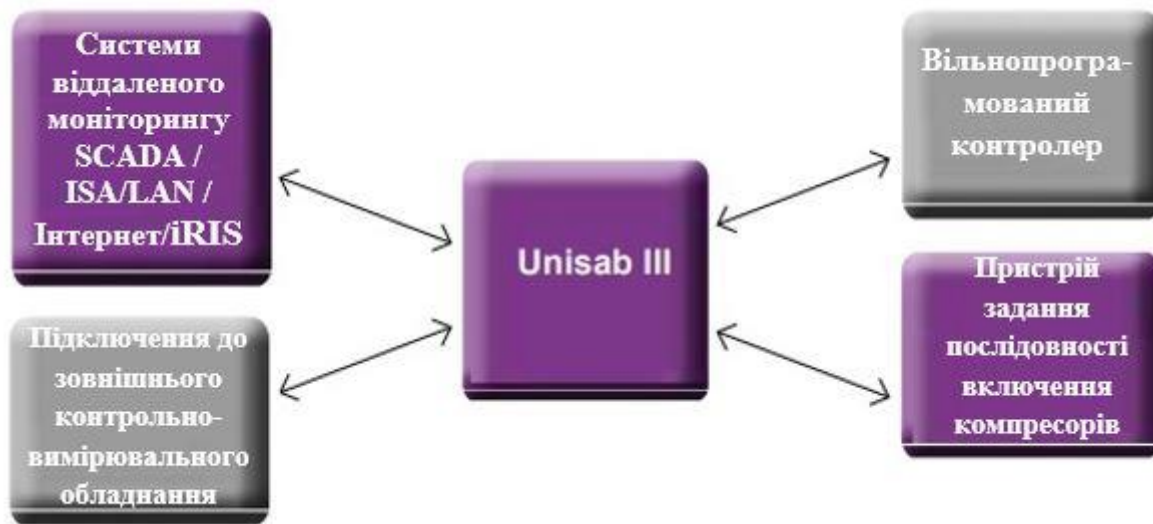


Рисунок 3.2 – Функціональність контролера Unisab III

Контролер Unisab III сумісний з різними комунікаційними портами, включаючи порти Modbus TCP, Profibus DP і Sequence Bus в стандартній комплектації, також з мобільними платформами iPhone.

Є можливість управління послідовністю запуску, перерозподілом навантаження і оптимізацією продуктивності до 14-ти компресорів, холодильних машин і теплових насосів. У пам'яті зберігається докладна інформація про 30-ть останніх відключень обладнання. В пам'ять контролера попередньо завантажені необхідні дані про усі стандартно використовувані холодоагенти.

3.1.2 Розробка комплекту автоматизації

У комплекті автоматизації передбачаємо наступні функції:

1. Забезпечення захисту компресорних агрегатів від аварійних режимів роботи за допомогою контролера Unisab III і засобів автоматизації, які постачаються комплектно з компресорними агрегатами. Захист здійснюється по наступним параметрам:

- температури нагнітання;
- тиску нагнітання;
- тиску на всмоктувальній лінії;
- температури на всмоктувальній лінії;

- температурі мастила;
 - тиску мастила.
2. Зниження пускових струмів управління двигуном компресорних агрегатів за допомогою пристрою плавного пуску RVS фірми Solcon.
 3. Регулювання температури льодяної води в пластинчатому теплообміннику.
 4. Відключення всіх компресорних агрегатів при аварійно високому рівні аміаку в циркуляційному ресивері і проміжної посудині.
 5. Регулювання робочого рівня аміаку в циркуляційному ресивері і проміжної посудині.
 6. Сигналізація нижнього і верхнього рівнів в циркуляційному, лінійному, дренажному ресиверах і проміжної посудині.
 7. Відключення компресорних агрегатів при припиненні руху льодяної води.
 8. Регулювання тиску конденсації парів аміаку в конденсаторі шляхом змінення швидкості обертання двигуна вентиляторів за допомогою перетворювача частоти фірми MITSUBISHI ELECTRIC.
 9. Включення витяжної вентиляції і світлозвукової сигналізації при загазованості машинно-апаратного відділення компресорної (концентрації аміаку в 500 мг/м^3 $0,07\%$).
 10. Аварійне відключення електроживлення всього електрообладнання в машинно-апаратному відділенні компресорної при загазованості приміщення (концентрації аміаку в 1500 мг/м^3 $0,21\%$) і одночасне включення аварійної, витяжної вентиляції і світло-звукової сигналізації. Схемою аварійного відключення передбачаємо кнопки загального аварійного відключення електроживлення, які встановлюємо біля входів, зовні компресорної.
 11. Світлова сигналізація роботи електрообладнання.
 12. Регулювання рівня в баках льодяної і зворотної води і їх підживлення
 13. Захист насосів від «холостого ходу».

3.1.3 Регулювання тиску конденсації парів аміаку в конденсаторі

Проектом передбачаємо регулювання тиску конденсації парів аміаку в конденсаторі шляхом зміни швидкості обертання двигунів вентиляторів за допомогою перетворювача частоти FR-F740 фірми «Mitsubishi Electric» (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Дані встановлених перетворювачів частоти

Силова шафа	Номер обладнання на плані	Тип обладнання	Тип частотного перетворювача	P_n , кВт	I_n , А	Кількість, шт
4ШКН	6-1в	Вентилятор конденсатора випарного типу VXS-S700	перетворювач частоти для асинхронних двигунів електронний FR-F740-006200-TC	30	62	2
	6-2в	Вентилятор конденсатора випарного типу VXS-S700				

Перетворювачі частоти серії FR-F700 - нова лінія енергозберігаючих перетворювачів частоти від Mitsubishi Electric [18]. Частотні перетворювачі серії FR-F700 найкращим чином підходять для застосування в регульованих приводах насосів і вентиляторів.

Переваги серії FR-F700:

- вдосконалені енергозберігаючі функції, особливо в діапазоні малих швидкостей і під час розгону і гальмування. Оригінальна функція - оптимальне управління збудженням - знижує енергоспоживання енергії;
- енергозберігаюча функція запобігання вільного обертання під дією потоку;
- тривалий термін експлуатації - більше 10 років, простота обслуговування;

- система діагностики попереджає про можливі відмови системи приводу.

Наявність «повітря», точніше, газів, що не конденсуються, при робочих режимах в аміачній холодильній системі вагомо впливає на перевитрату електроенергії при виробленні штучного холоду. Крім енергетичних витрат, гази, що не конденсуються, визначають іще ряд проблем, пов'язаних із великими втратами холодильного агенту при їх випуску із систем.

Якщо гази, що не конденсуються, не відводити, то повний тиск конденсації, який дорівнює сумі парціальних тисків усіх газів, буде зростати. Це означає зменшення продуктивності компресора, підвищення споживання потужності, збільшення терміну роботи холодильної системи та зниження загальної її холодопродуктивності.

Таким чином, перевитрата енергії при виробленні холоду може бути обумовлена різким зниженням інтенсивності теплообміну при конденсації холодильного агенту, що містить «неконденсати», а як наслідок – істотним підвищенням тиску конденсації (рис. 3.3). За даними досліджень [19], при $q = 4000$ ккал/(м²·год) наявність 2,5 % «повітря» в аміаку зменшує коефіцієнт тепловіддачі при конденсації порівняно з чистим холодильним агентом приблизно в чотири рази, а 15% - у 9 разів. У такому випадку для підтримки розрахункового тиску необхідна додаткова поверхня теплообміну конденсаторів, а в разі її відсутності неминуче порушення режиму роботи аміачної холодильної установки з енергетичними втратами.

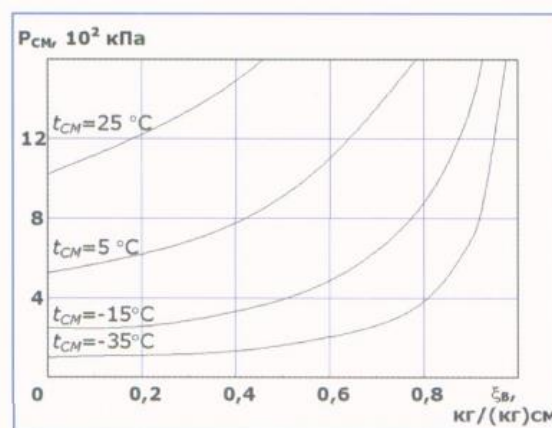


Рисунок 3.3 – Залежність тиску суміші «аміак-повітря» від масової концентрації повітря у суміші та її температури.

З рисунку 3.4 видно, що при $q = \text{const}$, інтенсивність теплообміну через «неконденсати» зменшується, причому в області менших теплових потоків (q) вплив домішок проявляється більше. Іншим важливим моментом є те, що особливо різке зниження ефективності теплообміну при конденсації аміаку спостерігається вже за наявності невеликої кількості (до 2 %) «неконденсатів» (ζ_B), а з її подальшим зростанням зниження коефіцієнта тепловіддачі (α) відбувається менш інтенсивно.

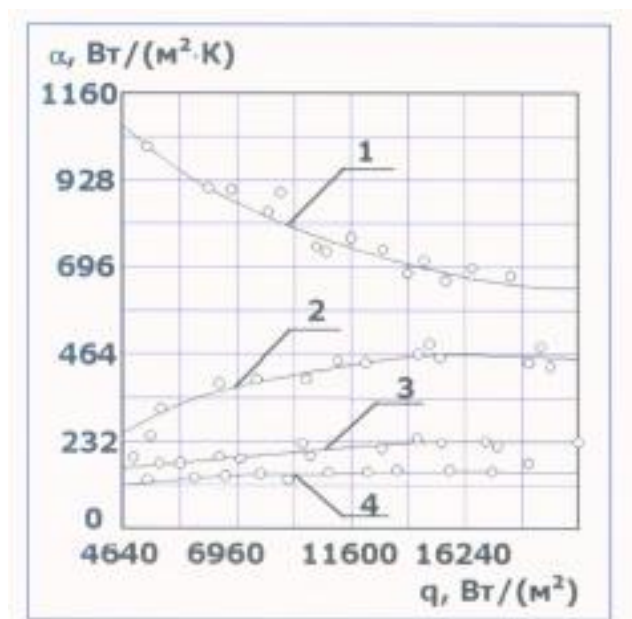


Рисунок 3.4 – Залежність $\alpha = t(q)$ для суміші «аміак-повітря»: 1 – чиста пара; 2 – 2,5 % повітря; 3 – 17,5 % повітря, 4- 35, 5% повітря.

Важливість проблеми, що розглядається, підтверджується результатами обстежень існуючих промислових аміачних холодильних систем [18]. Нерідкі випадки, коли температура конденсації через «заповітрявання» холодильних систем вища від розрахункової на 10-15 °С, а розрахункова перевитрата електроенергії досягає 35-50% від обсягу її нормованого споживання.

Якщо на холодильну установку впливають коливання температури навколишнього середовища, то слід регулювати тиск конденсації щоб уникнути його значного зниження. В іншому випадку це стане причиною значного перепаду тиску на розширювальному пристрої, після чого випарник буде нестабільно забезпечуватися холодоагентом.

Регулювання тиску конденсації передбачається в установках, які використовуються при низьких температурах повітря, з метою підтримки тиску конденсації і недопущення його зниження до мінімального рівня. Це досягається шляхом зменшення площі поверхні теплообміну або зниженням циркулюючої через конденсатор води і повітря. У різних типах конденсаторів застосовувані способи регулювання продуктивності відрізняються між собою.

У проекті застосований випарний конденсатор типу VXS-S700. За великим рахунком, випарний конденсатор - це великий теплообмінник, для охолодження якого використовується вода (повітря), яка впорскується через отвори (через повітряні перегородки). Випаровування води збільшує знімання і продуктивність конденсатора.

Зараз випарні конденсатори характеризуються такими особливостями: сталевий або пластиковий корпус, осьові або відцентрові вентилятори, які монтуєть у верхній частині конденсатора. Теплообмінна поверхня складається зі сталевих труб. Вище отворів, які розбризкують воду розташовується ділянка попереднього охолодження, яка виготовлена з оребрених сталевих труб. Останній служить для зниження температури гарячого газу до тієї зони, яка знаходиться в потоці вологого повітря. Це дозволяє в значній мірі знизити відкладення накипу на трубах теплообмінника.

Даний спосіб охолодження конденсатора дозволяє знизити витрату води в порівнянні з конденсаторами звичайного водяного охолодження. Для здійснення контролю над продуктивністю випарного теплообмінника використовується двошвидкісний вентилятор, а якщо температура навколишнього повітря дуже низька, то для регулювання відключають насос, що подає воду.

Контроль над продуктивністю випарного конденсатора або регулювання тиску конденсації виконують такими способами:

- використовуючи регулятор тиску з нейтральною зоною RT-L, який керує продуктивністю насоса подачі води і вентилятора;
- за допомогою реле тиску RT або KP. З їх допомогою здійснюється контроль над насосом подачі води і роботою вентилятора;

- за допомогою ступеневої контролера, який керує роботою насоса подачі води і двошвидкісних вентилятором;
- використовуючи перетворювач частоти. З його допомогою можна не тільки керувати насосом подачі води, але і управляти нагнітачами повітря зі змінною швидкістю;
- задіюючи реле витрати води. Якщо насос подачі води несподівано вийде з ладу, реле відразу подасть аварійний сигнал.

Частотне регулювання забезпечує навантаження або розвантаження компресорів або поршнів згідно з показаннями датчиків тиску AKS 33 або AKS 32R, які монтують на лінії всмоктування. За допомогою частотного перетворювача з нейтральною зоною можна регулювати продуктивність системи, обладнаної чотирма компресорами однакової потужності або двома регульованою, але в цьому випадку кожен з них повинен мати розвантажувальний клапан (рис. 3.5).

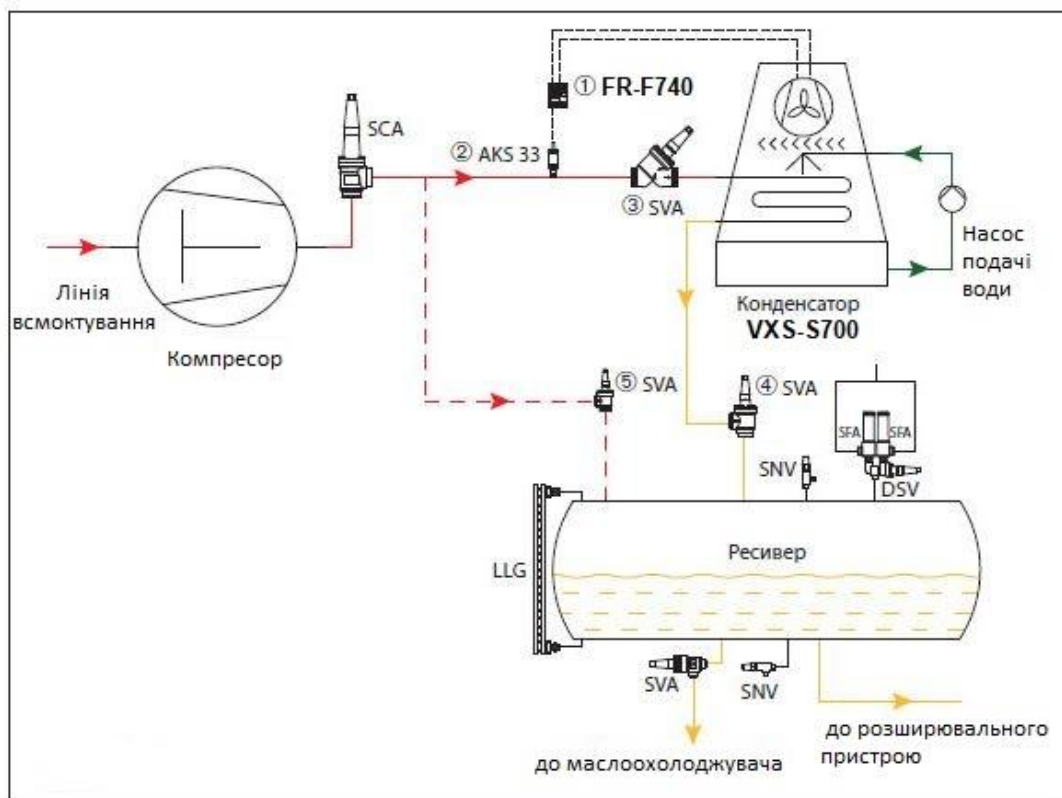


Рисунок 3.5 – Функціональна схема частотного регулювання продуктивністю випарного конденсатора з допомогою частотного перетворювача FR-F740: 1 – частотний перетворювач; 2 – датчик тиску; 3, 4, 5 – соленоїдний запірний вентиль.

Орієнтуючись на функціональну схему (рис. 3.5) проведемо розробку електричної принципової схеми управління вентилятором випарного конденсатора (рис. 3.6).

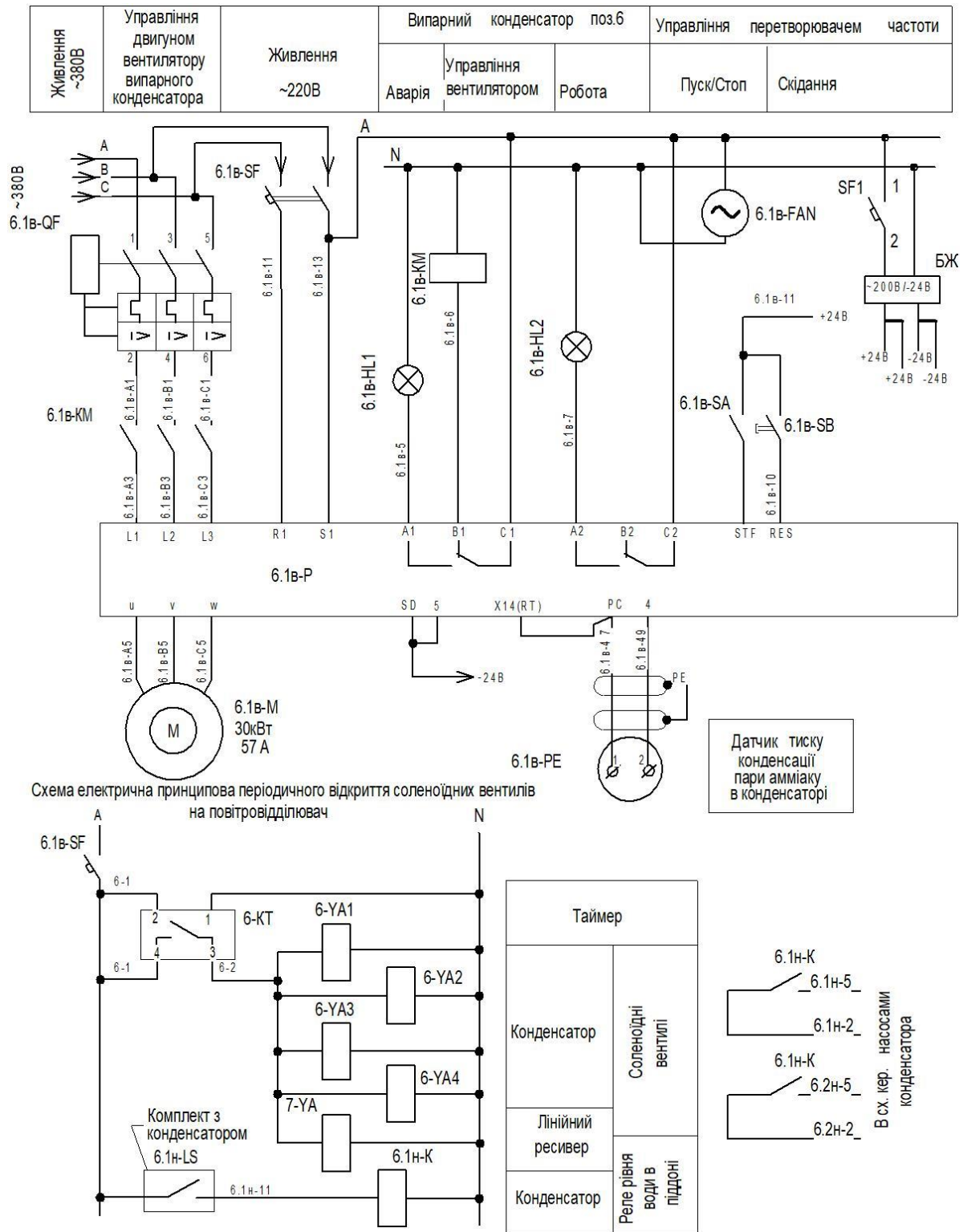


Рисунок 3.6 – Схема електрична принципова управління вентилятором випарного конденсатора

Складемо перелік використаного обладнання, та зведемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Обладнання електричної схеми управління вентилятором випарного конденсатора

Позначення на схемі	Найменування	Кількість, шт
1	2	3
М	Двигун ~380В, 30 кВт 67 А	2
РЕ	Датчик тиску AKS33 0...25 bar, 4...20мА	2
6-УА1- УА4, 7-УА	Соленоїдний вентиль	5
На щиті 4ШКН		
SF	Автоматичний вимикач S202-С6	2
БЖ	Блок живлення БП60Б-Д4 U _{вх} ~220В U _{вих} +24В	1
SA	Перемикач на 2 положення ОМУ2РВР однополюсний	2
SB	Кнопка керування SB7 ,червона ~220В	2
p	Перетворювач частоти FR-F740-00620-ЕС	2
QF	Автоматичний вимикач TmaxT1B 80А	2
KM	Магнітний пускач А63-30-00 з додатковим контактом (1но)	2
HL1	Арматура світло-сигнальна AL-22 червона	2
HL2	Арматура світло-сигнальна AL-22 зелена	2
FAN	Вентилятор RZF300 204x204 з ґратами 115м /год	1
6-КТ	Таймер добовий АТ1 ~220В, 50Гц	1
SF1	Вимикач автоматичний S191-с2	1
6.1-у-К	Реле проміжне САД32 М7 (АС220В) з колодкою	1

Частотне регулювання дозволяє усунути один з істотних недоліків електродвигунів з короткозамкненим ротором - постійну частоту обертання ротора електродвигуна, не залежну від навантаження. Також, створює

можливість управління швидкістю електродвигуна відповідно до характеру навантаження. Це, в свою чергу, дозволяє уникати складних перехідних процесів в електричних мережах, забезпечуючи роботу обладнання в найбільш економічному режимі.

Автоматична оптимізація енергоспоживання забезпечує додаткову економію електроенергії до 5%. Ця функція зіставляє вхідний струм з фактичними швидкістю роботи і навантаженням двигуна - і відбирає в точності стільки потужності, скільки необхідно для збудження двигуна і роботи при наявному навантаженні. При цьому виключаються додаткові температурні втрати в двигуні.

Економія електроенергії при використанні регульованого електроприводу для вентиляторів в середньому становить 50-75% від потужності, споживаної ними при дросельному регулюванні.

3.2 Економічне обґрунтування інженерно-технічних рішень

3.2.1 Техніко-економічне обґрунтування встановлення силових трансформаторів на ТП

Технічні дані можливих варіантів до встановлення трансформаторів заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні дані можливих варіантів силових трансформаторів виробника «Укрелектроапарат» [16]

Тип трансформатора	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	I_0 , %	U_k , %	K_z	Вартість, грн.
ТМ 1600/10/0,4	2,05	16	0,5	6	0,78	377000
2 ТМ-1000/10/0,4	1,4	10,6	1,2	5,5	0,62	2x180000
2ТМ-1000/10/0,4 енергоеф.	1,1	10,5	0,9	5,5	0,62	2x232000

Розрахунок проводимо з допомогою програми EXCEL. Розрахунки подано в додатку Б. Результати розрахунку наведемо у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Техніко-економічне порівняння варіантів силових трансформаторів

Тип трансформатора	ΔQ_x , кВАр	ΔQ_k , кВАр	ΔP_1 , кВт	ΔE , кВт*год	Свтр, грн	Са, грн	Ср, грн	С, грн	З, грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТМ 1600/10/0,4	8	96	13,11	83920,1	242529,3	23751	18850	285130,3	341680,3
2хТМ-1000/10/0,4	12	55	12,27	78559,7	227037,7	22680	18000	267717,7	321717,7
2хТМ-1000/10/0,4 енергоефективний	9	55	11,47	73459,7	212298,6	25200	20000	257498,6	317498,6

Отже, з таблиці видно, що експлуатаційні, і приведені витрати по останньому варіанту дещо менші, хоч ця різниця і дуже мала. Приймаємо до встановлення на ТП два енергоефективні трансформатори з пониженими втратами ТМ-1000.

3.2.2 Порівняння споживання потужності енергоефективними та неенергоефективними освітлювальними установками

Проведемо порівняння споживання потужності обраними світильниками (світлодіодними) та неенергоефективними, тобто такими, що уже на даний час вважаються застарілими освітлювальними установками: люмінісцентними, розжарювання.

Обираємо згідно розрахунку за тим же методом, ступенем захисту і параметрах приміщень, що і здійснений розрахунок енергоефективних освітлювальних пристроїв, а результати зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Споживання потужності енергоефективними та неенергоефективними освітлювальними установками

Номер групи	Приміщення компресорної	Освітленість, лк	Площа S, м ²	Неенергоефективні освітлювальні установки				Енергоефективні освітлювальні установки				
				Тип світильників	Кількість, потужність ламп, кВт	Кільк. світильн.	Навантаження по групі Рн, кВт	Тип світильників	Р ламп, кВт	Кільк. світильн.	Навантаження по групі Рн, кВт	
1-1	Операторська	300	7,5	OPL/S418	4x18	2	0,642	LED НББ ICE	24	2	0,228	
	Кімната начальника цеху	300	7,5	OPL/S418	4x18	2		LED НББ ICE	24	2		
	Побут. Приміщення	50	15	ЛПБ64В	2x15	3		LED-36R	6	3		
	Санвузол	50	4,5	C360/132	1x32	3		LED Violux НББ АТОМ	8	3		
	Коридор	75	12,5	K300/218	2x18	3		LED-37R	20	3		
	Вихід			CD 160	1x60	1		LED videx	30	1		
1-2	Аміачна компресорна Вихід	150	220,5	ЛСП03Вex CD 160	2x58 1x60	19 1	0,696	WT472C	47	19	0,282	
1-3							0,756	LED64S/840			0,312	
1-4							0,812	LED ліхтар вуличний videx IP 65			30	1
1-5	Електрощитова	150	9	ARCTIC SMC/SAN 236	2x36	2	0,54	TL-F LED	12	36	2	0,174
	Венткамера	150	15	ARCTIC SMC/SAN 236	2x36	2		TL-F LED	12	36	2	
	Вихід			CD 160	1x60	1		LED ліхтар вуличний videx	30	1		
Всього			291			39	3,446			39	1,325	

З отриманих даних робимо висновок, що ми знизили споживання потужності освітлювальними приладами принаймні втричі з 3,446 кВт можливих до 1,325 кВт.

4 ОХОРОА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Засоби захисту та надання першої медичної допомоги при ураженні (отруєнні) аміаком на аміачній компресорній станції

У приміщенні компресорної станції (КС) передбачаємо забезпечення за допомогою автоматичних газоаналізаторів „ДОЗОР” та 4 первинних датчиків безперервний автоматичний контроль за роботою аміачних холодильних агрегатів (АХА) і перевищенням концентрації аміаку, а саме: при порушенні нормальних умов роботи компресорного та аміачно-холодильного обладнання і підвищенні концентрації аміаку у повітрі станції від ГДК (20 мг/м³) до 500 мг/м³ - автоматично включається аварійна попереджувальна світлова та звукова сигналізація.

У пожежному ящику, який розташовуємо на стіні КС біля входу у приміщення КС, розміщуємо: 2 одиниці порошкових вогнегасників по 10 літрів (ВП-10); покривало з незапальної полотної; 1 лопата; брезент.

Для захисту органів дихання від парів аміаку на підприємстві передбачається використання фільтруючих протигазів марки "КД". На робочому місці у чергового оператора знаходитимуться засоби індивідуального захисту для обслуговуючого персоналу КС.

У будівлі компресорно-механічного цеху для персоналу аварійно-рятувальної бригади передбачаємо розміщення таких засобів захисту:

- ізолюючі протигазі марки ІП-4 у кількості 4 одиниць;
- протигазі марки „КД” у кількості 8 одиниць;
- костюми типу „Л-1” у кількості 4 комплектів.

Для захисту шкіри передбачаємо використання спеціального одягу (захисні костюми типу „Л-1”), утеплені рукавички з непроникного матеріалу, захисні окуляри.

Для забезпечення додаткових сил, що залучаються від територіальних підрозділів МНС, інших аварійно-рятувальних служб від органів виконавчої влади, на підприємстві утворюється запас засобів захисту шкіри та органів дихання.

Аміачна пара при тривалому контакті з масляними тканинами підвищує ризик виникнення вибуху аміачно-повітряної суміші. Висока концентрація пари аміаку може викликати ризик зупинки дихання людини, а при концентрації 15-28 % електрична іскра (навіть статична електрика), може викликати вибух. Холодильне обладнання має високий тиск (до 2,6 МПа) і є джерелом небезпеки.

Аміак – безбарвний газ з різким запахом. Добре розчинний у воді. Перевозиться та зберігається у зрідженому стані. Горить при наявності постійного джерела вогню. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. Ємності з аміаком можуть вибухати при нагріванні. При малих концентраціях спостерігаються незначні подразнення очей і верхніх дихальних шляхів. При попаданні в хмару з високими концентраціями вже через кілька хвилин настає різке подразнення слизової оболонки очей, напади кашлю, відчуття задухи, занепокоєння, запаморочення, біль у шлунку, блювання. Смерть може настати від серцевої слабкості або зупинки дихання. Гранично допустима концентрація (ГДК) – 20 мг/м³.

Перша допомога при ураженні (отруєнні) аміаком – свіже повітря, вдихання теплих водяних парів, тепле молоко з содою. При задусі – кисень, при спазмі голосової щілини – тепло на область шиї, теплі водяні інгаляції. При попаданні в очі – негайне промивання водою. При ураженні шкіри – обмивання чистою водою, накладення примочки з 5%-водного розчину оцтової або лимонної кислоти. Захист – промисловий протигаз з коробкою КД. Коробка сіра з білою вертикальною смугою. Ватно-марлева пов'язка, змочена 5% розчином лимонної кислоти.

4.2 Блискавкозахист аміачної компресорної станції

Аміачна компресорна станція цеху забою та переробки птиці по улаштуванню блискавкозахисту відноситься до II рівня захисту згідно ДСТУ БВ 2.5-38.2008 [20].

Питомий опір ґрунту на місці знаходження будівлі дорівнює 1000 Ом.м. Середньорічна тривалість блискавок в м. Нововолинськ складає 60-80 годин. Питома щільність ударів блискавки в землю дорівнює 5,36 год на км²* рік.

Очікуюча кількість поразок блискавкою в рік в м. Нововолинськ для будівлі складає 0,9 раз.

Для захисту від прямих ударів блискавки передбачаємо наступні заходи:

1. В якості блискавкоприймача приймається покрівля будівлі товщиною метала 0,8 мм. Металеві елементи, які виступають над покрівлею, повинні бути приєднані до металевої покрівлі будівлі, а неметалеві елементи, які виступають над покрівлею, обладнати додатковими блискавкоприймачами і також приєднати до металевої покрівлі будівлі.

2. Струмівідводи передбачається прокласти круглою сталлю Ø8 по периметру будівлі так, щоб середня між ними відстань була не більше 15 м і з'єднати з зовнішнім контуром заземлення.

3. В якості заземлювача по периметру будівлі прокласти в землі на глибині не менше ніж 0,5 м зовнішній контур із штучних горизонтальних заземлювачів, який виконати штабовою сталлю 40x4 мм.

4. Величина імпульсного опору зовнішнього контуру блискавкозахисту повинна бути не більше 10 Ом. Для контролю опору кожного заземлювального пристрою на всіх струмівідводах встановити роз'ємне болтове з'єднання.

Для захисту від вторинних проявів блискавки передбачається:

1. Захист від заносу високих потенціалів надземних і підземних металевих комунікацій виконати шляхом з'єднання їх на вводі в будівлю з зовнішнім контуром захисту від прямих ударів блискавки.

2. Всі внутрішні провідні елементи значних розмірів, труби, кабельні лотки, металеві корпуси всього обладнання і апаратів, встановлених в будівлі,

що захищається, приєднати до головної РЕ заземлювальної шини ввідного розподільного щита.

При виконанні земляних робіт розташування заземлювача до підземних інженерних мереж повинно відповідати вимогам ПУЕ.

План розташування системи блискавкозахисту аміачної компресорної наведено на рисунку 4.1. Окремо наведено фрагмент заземлювача на рисунку 4.2. та затискач для приєднання струмовідводу до металевої покрівлі (рис. 4.3).

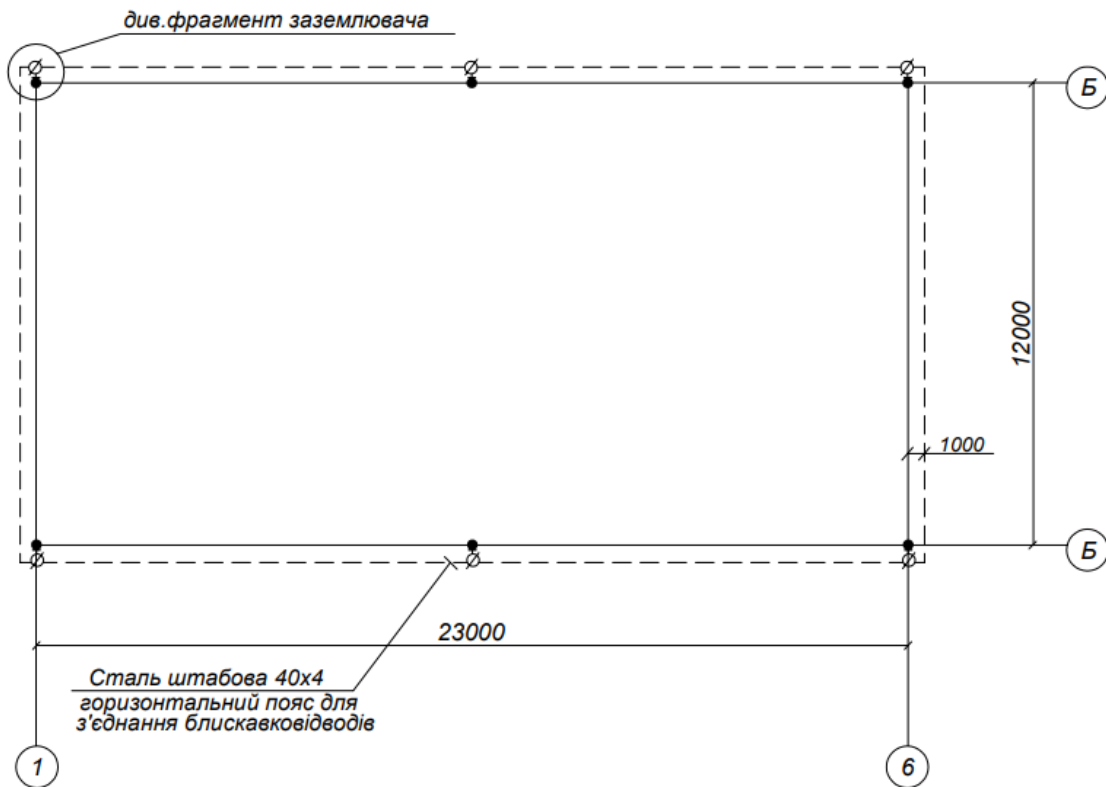


Рисунок 4.1 – План розташування системи блискавкозахисту

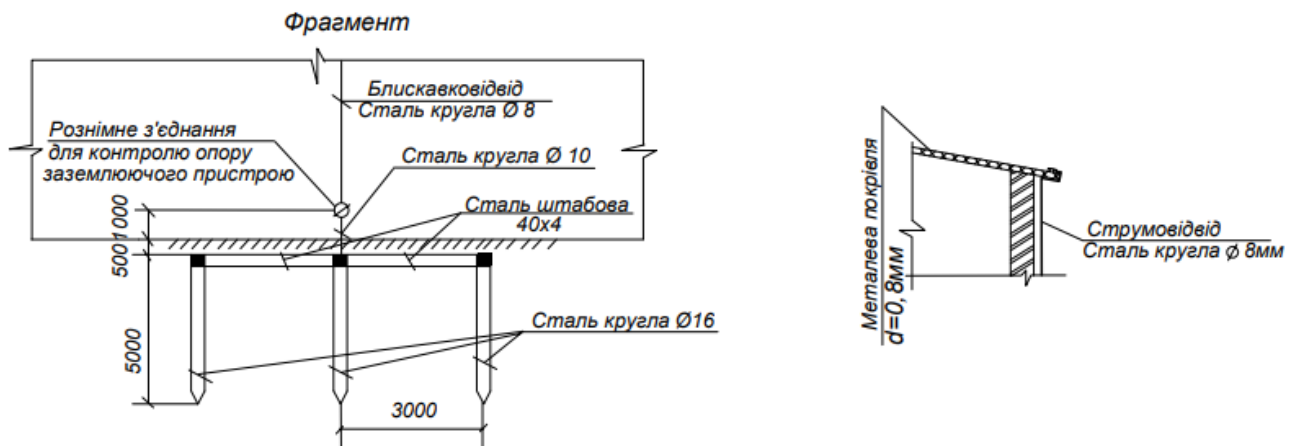


Рисунок 4.2 – Фрагмент заземлювача

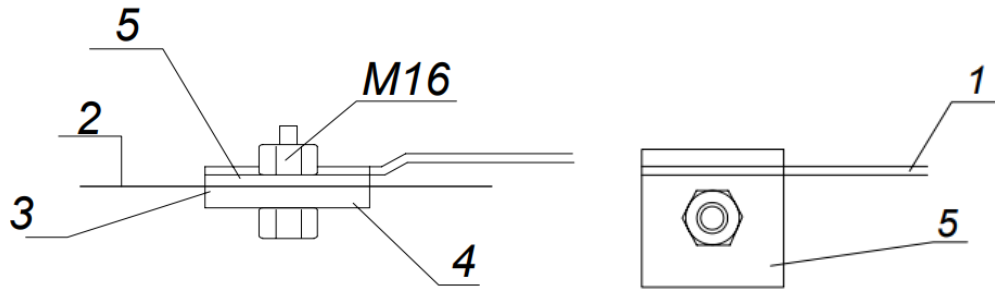


Рисунок 4.3 – Затискач для приєднання струмовідводу до металевієї покрівлі: 1- струмовідвід, 2 – металева покрівля, 3 – свинцева прокладка, 4 – сталева пластина, 5 – пластина з привареним струмовідводом.

4.3 Організація рятувальних та інших невідкладних робіт під час ліквідації надзвичайної ситуації на хімічно небезпечних об'єктах

Під час виникнення аварій на хімічно небезпечних об'єктах можливі: залпові викиди небезпечних хімічних речовин у довкілля; пожежі з виділенням токсичних речовин; забруднення об'єктів і місцевості в осередках аварії та на сліду розповсюдження хмари; широкі зони задимлення в сполучі з токсичними продуктами [21].

Під час аварії можуть діяти, як правило, декілька факторів ураження: пожежа, вибухи, хімічне забруднення повітря і місцевості, а за межами об'єкта - забруднення довкілля. Аварії на хімічно небезпечних об'єктах характеризуються високою швидкістю формування і дією вражаючих факторів. У зв'язку з цим заходи щодо захисту особового складу та населення, локалізації та ліквідації наслідків аварії повинні проводитись у мінімально можливих строках.

До організації рятувальних та інших невідкладних робіт під час аварії на небезпечних хімічних об'єктах входять: розвідка осередку ураження з метою встановлення характеру руйнувань, межі зони зараження, напрямку та швидкості розповсюдження небезпечних хімічних речовин, строку дії джерела забруднення, об'єктів та населених пунктів, яким загрожує небезпека, порядок оповіщення особового складу про виникнення загрози ураження хімічно

небезпечними речовинами, локалізація та ліквідація осередків ураження; проведення дегазації будівель та споруд, місцевості, техніки, автотранспорту, засобів індивідуального захисту, санітарної обробки особового складу та населення, надання першої невідкладної медичної допомоги потерпілим та евакуація їх до лікувальних закладів охорони здоров'я, взяття участі в евакуації населення у безпечні райони та його розміщення.

При постановці завдань на проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт під час аварії на хімічно небезпечних об'єктах визначаються: особливості об'єкта, характер і масштаб аварії, завдання підрозділу, засоби підсилення, завдання підпорядкованим підрозділам, обсяги робіт, способи їх проведення та об'єкти зосередження основних зусиль, заходи безпеки під час проведення робіт і порядок використання засобів індивідуального захисту, місця розташування медичних підрозділів, шляхи та порядок евакуації постраждалих, час початку та завершення робіт, порядок зміни, район збору після виконання завдань, порядок подання донесень, пункти управління, порядок охорони.

Враховуючи швидкоплинність попадання небезпечних хімічних речовин у довкілля при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах, фактор часу в організації та проведенні хімічної розвідки і хімічного контролю має першочергове значення.

Групи хімічної розвідки визначають тип небезпечної хімічної речовини та її концентрацію, встановлюють і позначають межі зон (ділянок) забруднення, місця застою та напрямком поширення забруднення повітря, місця можливого перекриття трубопроводів, шляхи введення сил на ділянки, об'єкти робіт, місцезнаходження постраждалих, визначають місця і характер пошкодження комунальних і енергетичних мереж, здійснюють відбір зразків продуктів харчування, води, надсилають їх до хімічних лабораторій для проведення аналізу. Пості ведуть спостереження за зміною хімічного становища безпосередньо поблизу аварії та доводять до підрозділів відомості про його результати.

Підрозділи радіаційного, хімічного та біологічного захисту разом з пожежно-рятувальними та інженерно-технічними підрозділами проводять дегазацію місцевості, виробничих територій, споруд і обладнання, забруднених хімічно небезпечними речовинами.

Перед початком ліквідації наслідків аварії у зоні хімічного забруднення до особового складу доводяться заходи безпеки, а також визначаються тип і порядок використання засобів індивідуального захисту.

Після закінчення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт в осередку хімічного забруднення аварійно-рятувальні підрозділи, за потреби, проводять повну спеціальну обробку. Пункт спеціальної обробки розгортається на незабрудненій місцевості поблизу ділянки (об'єкта) робіт. Після проведення спеціальної обробки підрозділи виводяться у вихідні райони (райони зосередження) для підготовки їх до наступних дій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено проект енергоефективної системи електропостачання та впроваджено заходи, що направлені на підвищення потенціалу енергозбереження аміачної компресорної станції цеху забою та переробки птиці, і отримано такі результати:

1. Проаналізовано та досліджено заходи з електрозбереження, що необхідні для побудови енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції. Впровадження даних заходів дозволило оптимізувати витрату електроенергії складовими системи приблизно на 30 – 40 %.

2. Вибрано зімкнуту компоновку основних споруд компресорної, що дозволило компактно розташувати приміщення і устаткування та скоротити витрату кабелів та проводів живлення.

3. Вибрано гвинтові компресори серії SAB, які володіють високою продуктивністю та ККД, і затратою електричної енергії на 30% менше в порівнянні з поршневыми.

4. Розроблено систему електропостачання аміачної компресорної станції. Вирішено основні питання з електропостачання і захисту силового енергоощадного електрообладнання компресорної. Вибрано двотрансформаторну підстанцію, та економічно обгрунтовано вибір силових енергоефективних трансформаторів з пониженими втратами потужністю 2x1000 кВА.

5. Проведений розрахунок освітлювального навантаження компресорної. Система освітлення вибрана на базі сучасних світлодіодних промислових LED світильників. Проведено порівняння споживання потужності енергоефективними та неенергоефективними (люмінісцентними, розжарювання) освітлювальними установками та показано, що споживання потужності знизилася майже втричі з 3,446 кВт можливих до 1,325 кВт.

6. Здійснено автоматизацію холодильного обладнання та побудовано єдину інтегровану систему управління компресорами на базі контролера Unisab III, що

забезпечуватиме оптимальну роботу, продуктивність та захист компресорних агрегатів від аварійних режимів роботи.

7. Здійснено регулювання тиску конденсації парів аміаку в випарному конденсаторі шляхом зміни швидкості обертання двигунів вентиляторів за допомогою енергозберігаючих перетворювачів частоти FR-F740, що в середньому скоротить споживання електронергії на 20-30%.

8. Проведено розрахунок блискавкозахисту, складено перелік засобів захисту та надання першої медичної допомоги при ураженні аміаком та заходів з організації рятувальних та інших невідкладних робіт під час ліквідації надзвичайної ситуації на аміачній компресорній станції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Костюк І. Б. Проект енергоефективної системи електропостачання аміачної компресорної станції цеху / І. Б. Костюк, Т. А. Концограда // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. –Том II – С.110
2. Аміачні холодильні установки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://primeholod.com.ua/uk/obladnannya/amiachni-kholodilni-ustanovki>
3. План локалізації та ліквідації аварійних ситуацій та аварій в холодильному цеху та автозаправній станції [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://serg-mns.narod.ru/Analit.htm>
4. Коменда Т. І. Моделі та методи управління навантаженням систем електропостачання в умовах нечіткості вихідної інформації : Автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Тарас Іванович Коменда . – Вінниця : Б.в., 2005 . – 19 с.
5. Частотне керування асинхронним приводом [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132>
6. Основи енергозберігаючого керування електроенергетичними системами та комплексами / [Сінчук О. М., Сінчук І. О., Федорченко Н. А., Мельник О. Є. та ін.] – Кременчук: Вид. ПП Щербатих О. В., 2010. – 340 с.
7. Компресори поршневі і гвинтові. Розрізняльні ознаки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.starki.com.ua/kompresori-porshnevi-i-gvintovi-rozriznyalni-oznaki/>
8. Винтовые компрессоры серии SAB [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.refsystem.com.ua/wp-content/uploads/2016/01/selection-17.pdf>
9. Енергозберігаючі світлодіодні системи освітлення / В. Б. Корбут, М. Г. Ієвлев, В. Г. Бутко // [Науково-технічна інформація](#). - 2013. - № 2. - С. 42-49. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NTI_2013_2_10

10. Конспект лекцій по дисципліні «Компресори та компресорні станції» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 144 – Теплоенергетика / Укладач Р.О. Клімов. – Кам’янське: ДДТУ, 2016. – 96с.
11. ДНАОП 1.8.10-4.01-80. Єдина система організації робіт з охорони праці [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://dnaop.com/html/43661_23.html
12. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств [Текст] : підручник / В.Є Шестеренко. – Вінниця : Нова Книга, 2004. – 656 с.
13. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08>
14. Романюк Ю. Ф. Вибір оптимальної потужності силових трансформаторів знижувальних підстанцій підприємств нафтогазової галузі з урахуванням умови економічності / Ю. Ф. Романюк, О. В. Соломчак, М. Й. Федорів // Нафтогазова енергетика. - 2015. - № 1. - С. 45-51. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nge_2015_1_7
15. Комплектные конденсаторные установки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://electrocontrol.com.ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04>
16. Укрелектроапарат. Трансформатори - ТМ-10...6300 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://uea.com.ua/product/tm>
17. Контроллеры UNISAB III [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.cooltech.ru/production/automation/controller/unisab/>
18. Частотный преобразователь MITSUBISHI FR-F740-00620-EC [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ventbazar.ua/chastotnyi-preobrazovatel-mitsubishi-fr-f740-00620-ec.html>
19. Желіба Ю. О. Ам'ячні холодильні системи. Про проблеми газів, що не конденсуються / журнал "Холод", 4' 2004. – С.40-45).

20. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_2_5_38_2008_ulashtuvannja_bliskav_kozakhistu_budivel_i_sporud/5-1-0-774

21. Затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0835-12#Text>

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А1 – Навантаження компресорної станції

група	номер на плані	Назва та тип обладнання	Р _{ном} , кВт	І _{ном} , А	ΣР _{ном} , кВт	ΣІ _{ном} , А	кв	ΣР _р , кВт	ΣІ _р , А	cos φ	Q _{ном} , кВАр	Q _р , кВАр	Р _н ² , кВт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ТП 1ШК	1-1	Двигун компресора SAB 233 S	110	195	224,4	410	0,9	201,96	369	0,8	168,3	151,47	12100	
	1-1ПК	Пульт керування	2,2	10									4,84	
	1-2	Двигун компресора SAB 233 S	110	195									12100	
	1-2ПК	Пульт керування	2,2	10									4,84	
ТП 2ШК	2	Двигун компресора SAB 233 S	315	533	317,2	543	0,9	285,48	488,7	0,8	237,9	214,11	99225	
	2ПК	Пульт керування	2,2	10									4,84	
ТП 3ШК	3	Двигун компресора SAB 233 L	355	608	357,2	618	0,9	321,48	556,2	0,8	267,9	241,11	126025	
	3ПК	Пульт керування	2,2	10									4,84	
ТП 4ШК	4	Двигун компресора SAB 233 S	315	533	317,2	543	0,9	285,48	488,7	0,8	237,9	214,11	99225	
	4ПК	Пульт керування	2,2	10									4,84	
ЗРЦВ	П1	Припливна вентсистема "Вега" КЦКП-3,15-У3	0,75	1,4	4,961	8,16	0,7	3,4727	5,712	0,8	3,72075	2,604525	0,5625	
		П2	Припливна вентсистема "Вега" Канал-Вент-200В	0,105									0,2	0,011025
	П2р	Припливна вентсистема "Вега" Канал-Вент-200В	р	0,105									0,2	
	В1	Витяжна вентсистема "S&P"SRRT/2	0,75	1,9									0,5625	
	В1р	Витяжна вентсистема "S&P"SRRT/2	р	0,75									1,9	
	4РЦВ	Щит вентиляції		3,3									4,4	10,89
	В7	Вентсистема Vents 150 M1 Series press		0,03									0,13	0,0009

Додаток А

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	B8	Вентсистема Vents 150 MA Series		0,026	0,13									0,0006
1ШК Н	14-1	Насос льодяної води KSB Etanorm G40-200		15	30,5	19	39,4	0,7	13,3	27,58	0,8	14,25	9,975	225
	14-2	Насос льодяної води KSB Etanorm G40-200	p	15	30,5									
	15-1	Насос льодяної води KSB Etanorm G32-200		4	8,9									16
	15-2	Насос льодяної води KSB Etanorm G32-200	p	4	8,9									
2ШК Н	16-1	Насос оборотної води KSB Etanorm G80-400		22	43,2	22,724	46,08	0,7	15,90	32,25	0,8	17,043	11,93	484
	16-2	Насос оборотної води KSB Etanorm G80-400	p	22	43,2									
	B0.5	Електрозасувка водопроводу		0,18	0,38									0,0324
	БК	Блок керування		0,544	2,5									0,2959
3ШК Н	17-1	Насос для аміаку CNF-40-25-200		2,13	3,81	11,18	20,02	0,72	8,04	14,41	0,8	8,385	6,03	4,536
	17-2	Насос для аміаку CNF-40-25-200		2,13	3,81									4,536
	17-3	Насос для аміаку CNF-40-25-200	p	2,13	3,81									
	18-1	Насос для аміаку CNF-65-40-200		3,46	6,2									11,971
	18-2	Насос для аміаку CNF-65-40-200		3,46	6,2									11,971
	18-3	Насос для аміаку CNF-65-40-200	p	3,46	6,2									
4ШК Н	6-1в	Вентилятор конденсатора випарювального типу VXS-S700		30	57	81,15	149,2	0,7	56,805	104,44	0,8	60,86	42,60	900
	6-2в	Вентилятор конденсатора випарювального типу VXS-S700		30	57									900
	6-1н	Насос конденсатора випарювального типу VXS-S700		2,2	4,2									4,84
	6-2н	Насос конденсатора випарювального типу VXS-S700		2,2	4,2									4,84

Додаток А

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	6-1ЕК	Обігрів басейнів конденсатора		4	6,4									16
	6-2ЕК	Обігрів басейнів конденсатора		4	6,4									16
	6-3ЕК	Обігрів басейнів конденсатора		4	6,4									16
	6-4ЕК	Обігрів басейнів конденсатора		4	6,4									16
	8	Тен підігріву оливи		0,375	0,6									0,1406
	11	Тен підігріву оливи		0,375	0,6									0,1406
КСЦ		Шафа керування		1	4,5	1			1	4,5	0,85	0,75		1
ТЗ.1		Водонагрівач Tatramat		2	9,1	2			2	9,1	0,85	1,5		4
Е1		ПК		0,35	1,6	0,35			0,35	1,6	0,85	0,26		0,122
ЩО№ 1		Щит освітлення		1,325	6,1	1,325		0,8	1,06	6,1		0,99	0,3392	1,755
ЩАО		Щит аварійного освітлення		0,048	0,064	0,048		1	0,048	0,064		0,036	0,0153	0,0023
Всього				1407,18	2492,93				1196,39	2108,36		1019,80	894,30	351350,4
										Sp 1493,699				
										Sp (після компенсації ПП) 1253,6				

Додаток Б

Техніко-економічне порівняння варіантів силових трансформаторів

Тип трансформатора	Sn, кВА	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	I_0 , %	U_k , %	Kз	K, грн	n, шт
ТМ 1600/10/0,4	1600	2,05	16	0,5	6	0,78	377000	1
2хТМ-1000/10	1000	1,4	10,6	1,2	5,5	0,62	180000	2
2хТМ-1000/10 енергоефективний	1000	1,1	10,5	0,9	5,5	0,62	200000	2

Коефіцієнт приведених втрат, Кв, кВт/кВАр	0,02
Тризмінна робота, Т, год	6400
Амортизаційні відрахування, Ра, %	6,3
Відрахування на ремонт при Рр, %	5
Нормативний коефіцієнт ефективності, Ен	0,15
Ціна за електроенергію, Со, грн.кВт*год	2,89

Результати розрахунків

Тип трансформатора	ΔQ_x , кВАр	ΔQ_k , кВАр	$\Delta P_1'$, кВт	ΔE , кВт*год	Свтр, грн	Са, грн	Ср, грн	С, грн	З, грн
ТМ 1600/10/0,4	8	96	13,112528	83920,1792	242529,3	23751	18850	285130,3	341680,3
2хТМ-1000/10	12	55	12,27496	78559,744	227037,7	22680	18000	267717,7	321717,7
2хТМ-1000/10 енергоефективний	9	55	11,47808	73459,712	212298,6	25200	20000	257498,6	317498,6