

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній (освітньо-кваліфікаційний) рівень)

на тему: Підвищення надійності системи електропостачання ПАТ «Авіс»

Виконав: студент VI курсу, групи ЕЕМ-61

напряму підготовки (спеціальності) 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Александрук Р.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Євтух П.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Вакуленко О.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Шелестовський Б.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра Електричної інженерії

Освітній рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри д.т.н., проф. М.Г. Тарасенко

« 02 » вересня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Александрову Роману Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення надійності системи електропостачання ПАТ «Авіс»

Керівник проекту (роботи) Євтух Петро Сильвестрович, д.т.н., професор

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

Затверджені наказом по університету від « 23 » серпня 2019 року № 4/7-731

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 20 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Аналітична частина

2. Науково-дослідна частина

3. Технологічна частина

4. Проектно-конструкторська частина

5. Спеціальна частина

6. Обґрунтування економічної ефективності

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

8. Екологія

Загальні висновки до дипломної роботи

Перелік посилань

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

1. Вступ

1 л. ф – А1

2. Підвищення надійності електропостачання

1 л. ф – А1

3. План розміщення електроспоживачів

1 л. ф – А1

4. Конструкція трансформаторної підстанції

1 л. ф – А1

5. Принципова схема електропостачання

1 л. ф – А1

6. Загальні висновки

1 л. ф – А1

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Мельник Л. М. д.с.н., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Стручок В. С. ст. викл.		
Екологія	Зварич Н. М. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання **02 вересня 2019 року****КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	15.09.2019	
2	Аналітична частина	25.09.2019	
3	Науково-дослідна частина	10.10.2019	
4	Технологічна частина	01.11.2019	
5	Проектно-конструкторська частина	20.11.2019	
6	Спеціальна частина	01.12.2019	
7	Обґрунтування економічної ефективності	10.12.2019	
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.2019	
9	Екологія	10.12.2019	
10	Висновки	15.12.2019	
11	Оформлення пояснювальної записки	20.12.2019	
12	Оформлення графічної частини	20.12.2019	

Студент

(підпис)

Александрук Р.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Євтух П.С.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЇ

Александрук Р.А. Підвищення надійності системи електропостачання ПАТ «Авіс». 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕМ-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2019.

Стор. – 117; рис. – 6; табл. – 18; креслень - 6; джерел - 21; додатків - 3.

У дипломній роботі проведена характеристика споживачів електроенергії і визначена категорія надійності електропостачання. Проведено вибір схеми електропостачання та визначення роду струму і величини напруги живлення. Складена відомість споживачів електроенергії та проведено розрахунки електричних навантажень, розрахунки освітлення. Проведено розрахунки потужності та вибір компенсуючого пристрою, вибір числа і потужності силових трансформаторів. Проведена розробка конструкції комплектної трансформаторної підстанції, розрахунки і вибір розподільчої електромережі. Проведено розрахунки струмів короткого замикання, вибір електрообладнання комплектної трансформаторної підстанції.

Ключові слова: трансформаторна підстанція, електроенергія, електрична частина, силовий трансформатор.

ANNOTATION

R. Aleksandruk. Improving the reliability of the power supply system of Avis PJSC. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering. Department of Electrical Engineering, group EEm-61. – Ternopil.: TNTU, 2019.

Pages – 117; Illustrations – 6; Tables – 18; Blueprints – 6; Sources – 21; Additions – 3.

In diploma paper, the characteristics of electricity consumers is conducted and category of power supply reliability is defined. Ranges of electrical circuits are carried out and determined a type of current and voltage values. The roll of electricity consumers is compiled and calculations of electrical loads are conducted, lighting calculations. Carried out calculations of power and choice of compensating device, choose of number and capacity of power transformers. Developed the construction of complex transformer substations, calculations and choice of distribution mains. Also are carried out: calculations of short circuit currents, selection of electrical transformer substations.

Keywords: transformer substation, electricity, electric parts, power transformer.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	11
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	19
2.1 Характеристика споживачів електроенергії і визначення категорії надійності електропостачання	19
2.2 Вибір схеми електропостачання та визначення роду струму і величини напруги живлення.....	20
2.3 Відомість споживачів електроенергії.....	20
2.4 Розрахунок електричних навантажень.....	23
2.5 Розрахунок і вибір перерізу живильної і розподільчої електромережі з врахуванням захисту.....	43
2.6 Висновки до розділу.....	47
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	48
3.1 Розрахунок і вибір компенсуючого пристрою.....	48
3.2 Вибір числа і потужності силових трансформаторів на ТП	48
3.3 Розробка конструкції комплектної трансформаторної підстанції..	55
3.4 Висновки до розділу.....	58
4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	59
4.1 Вибір системи освітлення і джерел світла.....	59
4.2 Вибір типу світильників і їх розміщення на плані приміщення....	59
4.3 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки.....	62
4.4 Розрахунок електричної мережі освітлення.....	65
4.5 Висновки до розділу.....	71
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	72
5.1 Призначення і технічна характеристика ліфта.....	72
5.2 Вимоги до електроприводу і обґрунтування вибору системи електроприводу	72

5.3 Розрахунок потужності і вибір електричних двигунів електроприводу.....	73
5.4 Вибір схеми керування з елементами автоматики.....	76
5.5 Вибір елементів схеми керування і автоматики.....	80
5.6 Висновки до розділу.....	82
6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	83
6.1 Кошторис на придбання та монтаж електрообладнання для «Niagara».....	83
6.2 Річний план-графік ТОР на електрообладнання.....	84
6.3 Розрахунок трудомісткості робіт, чисельності і фонду заробітної плати обслуговуючого і ремонтного персоналу.....	86
6.4 Розрахунок матеріалів на експлуатацію і ремонт електрообладнання.....	90
6.5 Кошторис витрат на експлуатацію і ремонт електрообладнання...	91
6.6 Організація служби експлуатації електрообладнання.....	92
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..	93
7.1 Заходи з техніки безпеки при експлуатації електрообладнання...	93
7.2 Відомість спеціального інвентарю з техніки безпеки.....	95
7.3 Заходи з протипожежної безпеки при експлуатації електрообладнання. Відомість інвентарю.....	95
7.4 Вимоги до розміщення та будівництва об'єктів господарювання	98
7.5 Заходи щодо підвищення стійкості систем енергопостачання....	99
7.6 Вимоги до систем водопостачання.....	100
7.7 Вимоги до систем газопостачання.....	101
8 ЕКОЛОГІЯ.....	102
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища	102
8.2 Заходи із забезпечення охорони навколишнього середовища на ПАТ «Авіс».....	103
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	106

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	107
ДОДАТКИ.....	109
Додаток А. Порівняльний розрахунок трансформаторів ТМ-400 та ТМ-1000.....	110
Додаток Б. Порівняльний розрахунок трансформаторів ТМ-630 та ТМ-1000.....	114
Додаток В. Принципова схема керування та автоматики гідравлічного ліфта.....	117

ВСТУП

Актуальність теми. Для забезпечення надійності живлення споживачів можуть застосовуватися різні методи, включаючи резервування. В загальному випадку необхідна надійність живлення для системи електропостачання промислового підприємства може бути забезпечена необхідною кількістю генераторів, трансформаторів, секцій шин, ліній живлення та засобами автоматизації.

Надійність характеризується здатністю системи електропостачання та її елементів, до складу яких входять повітряні та кабельні лінії, силові трансформатори, електричні апарати, забезпечити підприємство і окремі об'єкти електроенергією належної якості без аварійних перерв, що приводять до порушення плану виробництва, аварій в електричній і технологічній частинах обладнання.

Надійність системи електропостачання залежить від побудови її схеми, ступеня резервування і надійності окремих елементів з врахуванням їх перевантажувальної здатності.

Оцінюючи степінь надійності, необхідно об'єднати як електротехнічну, так і технологічну частину механізму, агрегати або установки. Категорія надійності споживача повинна визначитися з врахуванням резервування в технологічній частині агрегату. Недоцільно резервувати електричну частину агрегату або схему його живлення при відсутності резерву в технологічній частині.

Проектування схем електропостачання промислових підприємств завжди починається з визначення електричних навантажень окремих вузлів споживання електричної енергії (як правило це майбутні цехові підстанції і головна понижувальна підстанція).

Після того як буде вирішене це питання, переходять до визначення кількості і пропускної здатності мереж, що зв'язують вказані вузли навантажень з джерелами живлення. Ці питання можуть вирішуватися і

одночасно з вибором числа і потужності трансформаторів.

Таким чином, для вибору оптимального варіанту системи електропостачання необхідно вирішити три взаємозв'язані технічні і техніко-економічні задачі: визначення надійності передбачуваних варіантів системи електропостачання; визначення капітальних затрат і річних експлуатаційних витрат, що відповідають кожному з варіантів системи електропостачання; оцінки збитків споживача від перерв в електропостачанні в залежності від надійності живлення.

Отже, дослідження способів та методів підвищення надійності системи електропостачання є актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної роботи є підвищення надійності системи електропостачання підприємства ПАТ «Авіс».

Відповідно до вказаної мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- провести аналіз методів підвищення надійності системи електропостачання;
- провести вибір схеми конструктивного виконання цехової мережі;
- визначити розрахункове навантаження цеху;
- розробити схему електропостачання цеху;
- провести розрахунки компенсуючого пристрою
- обґрунтувати вибір числа, потужності цехових трансформаторних підстанцій;
- здійснити вибір електрообладнання комплектної трансформаторної підстанції
- провести розрахунки освітлювальної мережі;

Об'єкт дослідження - режими процесів електроспоживання.

Предмет дослідження – дослідження методів підвищення надійності в мережах електроспоживання.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримано подальший розвиток дослідження методів підвищення надійності в мережах електроспоживання для підвищення надійності роботи електроустаткування.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані технічні рішення щодо зменшення втрат потужності в лініях електропостачання та заміна комутаційного обладнання дозволить підвищити надійність роботи системи електроспоживання підприємства.

Апробація. Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року), Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (21 найменування).

Загальний обсяг текстової частини - 117 сторінок, 18 таблиць, 6 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості

Енергетична ефективність – це сукупність показників, що відображають ставлення корисного ефекту від використання енергетичних ресурсів до витрат енергетичних ресурсів, виробленим з метою отримання такого ефекту, стосовно продукції або технологічного процесу. Основою оцінки ефективності функціонального існування і розвитку системи електричного постачання підприємства (СЕПП), заходів відносно зниження втрат електроенергії (ЕЕ) є надійне і економічно обґрунтоване постачання споживачам електричної енергії необхідної якості. Аналізуючи енергетичну ефективність систем електричного постачання (СЕПП) підприємств ми можемо виявити нераціональні витрати енергетичних ресурсів та втрати електричної енергії. Для того щоб усунути втрати необхідно, спочатку, виявити джерела та причин виникнення цих втрат. Для СЕПП промислових підприємств характерний високим рівень технологічних втрат під час експлуатації застарілого обладнання, неналежний технічний стан та невідповідність сучасним вимогам та стандартам методів обліку і регулювання енергетичного споживання. Здебільшого, відсутність впровадження автоматизованих систем обліку та контролю енергетичного споживання.

Великі технологічні втрати ЕЕ в СЕПП підприємств викликані наступними причинами:

- Робота елементів СЕПП в неоптимізованих режимах при підвищеному електроспоживанні в години пікових навантажень.
- Незадовільний стан електричних мереж викликаний зниженням кількості капітальних ремонтів, реконструкції та заміни застарілого і зношеного обладнання на нове.
- Експлуатація цехових трансформаторних підстанцій, а саме трансформаторів, з низьким коефіцієнтом завантаження.

- Наявність значних перетоків реактивної потужності в електричних мережах, які призводять не тільки до збільшення втрат електричної енергії та до збільшення втрат напруги.
- Використання нераціональних схем електропостачання підприємства.
- Відсутність на підприємстві рівномірного розподілу навантажень, що призводять до несинусоїдальності і не симетрії фаз. Відсутність заходів щодо їх усунення. Перекіс фаз викликає не симетрію струмів, які сприяють не симетрії напруги і негативно впливають на роботу всіх електричних споживачів підприємства. Вище написане призводить до негативних наслідків, а саме: пошкоджень, відмов, збільшення зносу, зменшення періоду експлуатації устаткування, прискорене або передчасне старіння ізоляції електрообладнання та збільшення енергоспоживання в загалом.

1.2 Заходи підвищення надійності системи електропостачання

Засоби і заходи щодо підвищення надійності системи електропостачання можна поділити на дві групи: організаційно-технічні і технічні.

Організаційно-технічні заходи поділяються на такі заходи як:

1. Підвищення вимог до обслуговуючого персоналу, підвищення трудової і виробничої дисциплін, підвищення кваліфікаційного рівня персоналу, який обслуговує електроустановки.

2. Раціональна організація робіт по поточним, капітальним ремонтам і узгоджене проведення профілактичних випробувань та робіт. Підвищення рівня робіт щодо організації та планування ремонтів, профілактичних робіт. Використання механізованих засобів в процесі виконання ремонтних робіт, ремонти електричних ліній без зняття напруги.

3. Раціональне використання людської праці в процесі відшукування та ліквідації пошкоджень на лініях. Вдосконалення методів виявлення місць пошкоджень. Використанням спеціальних пристроїв та засобів; забезпечення

необхідним автотранспортом; диспетчеризація, телемеханізація, радіозв'язок; підвищення рівня механізації робіт при відновленні ліній.

4. Забезпечення в організація необхідних запасів необхідних матеріалів і устаткування. Необхідно зводити до мінімуму непотрібний надлишок матеріалів та устаткування, так як їх надлишок тісно пов'язаний з нераціональною втратою матеріальних коштів, а нехватка призведе до збільшення часу ремонтних робіт.

До технічних засобів і заходів підвищення надійності електропостачання можна віднести:

1. Підвищення надійності елементів мережі, такі як опори, проводи, ізолятори, лінійне та обладнання підстанцій.

2. Зменшення відстаней дії електричних мереж. Елементи повітряних ЛЕП найбільше ушкоджуються під час їх експлуатації. Число пошкоджень на повітряних ЛЕП зростає пропорційно до збільшення довжини цієї лінії.

3. Поступова заміна повітряних ЛЕП на підземні кабельні мережі, також загальне впровадження підземних ліній. Підземні ЛЕП мають ряд переваг перед повітряними ЛЕП. Порівняно з повітряними вони коротше тому, що їх не потрібно прокладати по узбіччях полів, а можна вести по найкоротшій відстані. При цьому повністю усуваються перешкоди сільськогосподарському виробництву. Основна ж перевага кабельних ліній - їх висока надійність в експлуатації. Повністю виключаються пошкодження ліній викликані погодними умовами, а саме: ожеледиця та сильні вітри, істотно знижуються аварії від атмосферних перенапруг. Число аварійних відключень знижується близько в 10 разів. Однак час ліквідації аварій на кабельних лініях при сучасному рівні експлуатації в 3 рази більше, так як складніше знайти місце пошкодження і доводиться проводити земляні роботи з розкриття траншеї. За допомогою спеціальних приладів можна прискорити процес знаходження пошкоджень на лініях.

Особливо істотно, що матеріальні затрати на кабельні лінії при прокладці кабелеукладачами виявляються практично однаковими в порівнянні з

капіталовкладеннями на повітряні.

Завдяки цим перевагам кабельні лінії напругою 6-10 кВ дуже перспективні для розвитку електричних мереж в загальному і в майбутньому по міру зростання випуску кабельної продукції все більше число ліній потрібно робити кабельними, а повітряні лінії 0,38 кВ виконувати з використанням самонесучих ізольованих проводів (СІП).

4. Мережеве і місцеве резервування. Електричні мережі працюють в основному в розімкнутому режимі тобто вони забезпечують одностороннє живлення споживачів. При такому режимі можна знизити значення струмів короткого замикання, застосувати більш дешевше електричне обладнання, зокрема вимикачі, роз'єднувачі і ін., знизити втрати потужності в мережах, полегшити підтримку необхідного рівня напруги на підстанціях і т. д. При таких умовах надійність електропостачання споживачів значно занижена, ніж при замкнутому режимі тобто при двосторонньому живленні споживачів. В якості резервного джерела може бути використана друга лінія електропередачі від іншої підстанції (або від іншої секції шин двохтрансформаторної підстанції). Таке резервування називається – мережеве. Але, особливо в районах з підвищеним кліматичним впливом, може призвести до пошкодження обох ліній і припинення подачі енергії. Більш надійнішим незалежним джерелом служить резервна електростанція (міськове резервування). В системі електропостачання для живлення найбільш важливих споживачів під час аварії основної лінії, використовують дизельні генератори невеликої потужності.

5. Автоматизація електричних мереж, в тому ж числі вдосконалення виконання релейного захисту, використання автоматичного повторного включення (АПВ), автоматичного включення резерву (АВР), автоматичного секціонування, пристроїв автоматизації для виявлення місць пошкоджень, автоматичного контролю ненормальних і аварійних режимів, телемеханіки. [21]

1.3 Основні напрямки підвищення ефективності електропостачання

Дивлячись на те, що вартість реалізації тих чи інших методів підвищення ефективності СЕПП підприємства, зазвичай, досить висока в кожному конкретному випадку рішення про його ефективність має проводитись після проведення енергетичного обстеження, техніко-економічного обґрунтування та особливих умов функціонування даного підприємства.

Основними споживачами електроенергії на промисловому підприємстві є:

- електропривод – близько 70% від електричної енергії, яка споживається підприємством;
- електротермічні установки – близько 30%;
- освітлення – близько 10%;
- електротранспорт – близько 10%.

Методи обстеження системи електричного постачання промислового підприємства різні. Вони залежать від того наскільки глибоко будуть проведені обстеження, від їх тривалості та ін. Дивлячись на вище написане методи обстеження можна розділити на 3 групи:

- Методи поверхневого обстеження електричного устаткування підприємства (цеху, ділянки);
- Методи з поглибленим обстеженням та аналізом використання електричної енергії на промислових підприємствах;
- Методика організації цільового енергетичного моніторингу з реалізації заходів та технічних рішень, що дозволять економити електричну енергію.

Найбільш ефективними вважаються методи з поглибленим обстеженням. До них насамперед відносяться:

- методи, які забезпечують складання графіка енергетичного балансу даного підприємства;
- методи визначення нормативної витрати електричної енергії за видами обладнання.

Енергетичний баланс являється невід'ємною характеристикою стану енергетичного господарства підприємства і показує повну кількісну відповідність між підведеною енергією та корисною енергією та втратами.

Для розробки та аналізу енергетичного балансу електричного господарства необхідне вирішення таких основних завдань:

- оцінка наявного стану електроспоживання підприємством, виявлення причин виникнення та визначення величини втрат електроенергії;
- виявлення резерву економії електричної енергії та його оцінка;
- розробка технічних рішень та рекомендації стосовно економії електроенергії;
- визначення раціонального електроспоживання під час виробничого процесу;
- розробка більш ефективних вимог відносно організації та удосконалення обліку і контролю витрат електричної енергії на підприємстві.

Головна мета, яку переслідує метод поглибленого обстеження є виявлення можливості для економії електроенергії. При цьому на першому етапі цього обстеження проходить порівняння фактичного (поточного) споживання електроенергії з нормативними для аналізованого періоду питомими (фактичними) витратами. Для такого аналізу необхідно мати:

- достовірний банк даних по нормам електроспоживання, що відповідають умовам даного технологічного виробництва;
- дійсну поточну інформацію про електричне споживання, яке по факту присутнє на підприємстві.

Існують загальні рекомендації для людей, які проводитимуть обстеження:

1. Чи витримується регламент технологічного обладнання, якості випущеної сировини, ступінь налаштування системи регулювання?

Як видно з більшості результатів обстеження недоцільна витрата через не витримування регламенту роботи технологічного обладнання досягає від 4% до 20%.

2. Чи доцільно обрані енергоносії?

Процес аналізу використання енергетичних носіїв розкривається в порівнянні наявних показників енерговикористання підприємства з фактичними за минулий рік з такими ж на інших підприємствах.

Основними показниками ефективності енерговикористання є:

- коефіцієнт корисної дії енергоустановки;
- коефіцієнт корисної дії енергії;
- коефіцієнт корисної дії енергії за окремими видами і параметрами енергоносія;
- питома (фактичний) витрата енергоносія.

Під час аналізу енерговикористання на підприємстві визначаються і складаються відомості з такими ж даними схожих підприємств. В результаті розробляються конкретні заходи стосовно вибору або комбінування енергоносіїв. Ця інформація дозволяє досягти мінімуму підсумкових енергетичних витрат для отримання продукції з заданими характеристиками.

3. Чи був визначений рівень недоцільної витрати електроенергії в залежності від того як зношене технологічне та електричне обладнання?

Обстеження, зазвичай, показують, що основна з причин недоцільної витрати електроенергії являється фізичне та моральне зношення електричного і технологічного обладнання на підприємстві.

4. Чи є резерви економії електроенергії за рахунок інтенсивнішої роботи обладнання?

На даний момент в умовах зниження рівня виробництва і зниження рівня електроспоживання усюди спостерігається недовантаження обладнання. Тому в якості загального заходу можна рекомендувати прийняття оптимальної величини коефіцієнту завантаження обладнання K_z .

Для АД (асинхронних двигунів) ефективним є застосування частотного регулювання електроприводу, яким досягається економія електроенергії близько 54...59%, що дозволить забезпечити термін окупності даної установки приблизно за 1,5..2 роки. В особливості даний спосіб ефективний для приводів вентиляторів і насосів.

Неякісна електроенергія – основна проблема для споживачів, рішення якої на сьогоднішній день набуває все більшого і більшого значення.

Типові випадки неякісного рівня електроенергії – перегорання або тьмяне світіння лампочок, перегорання запобіжників у електроприладів, перегрів і навіть загоряння самих приладів, неякісна робота електричного та електронного обладнання, яким все більше користується суспільство.

Якість електроенергії – це питання несе економічне підґрунтя та разом з ним, на даний момент це питання відноситься до культури виробництва та споживання – якості та безпеки життя людства.

Погіршення якості електроенергії зазвичай пов'язують з відхиленнями параметрів електричної напруги (тут розглядаються мережі змінного струму 0,38 кВ) від номінального значення.

Зазвичай мова йде про:

- відхилення від номінальної промислової напруги, якою являється напруга 220В та 380В,
- відхилення від номінального значення частоти змінного струму, яке рівне 50 Гц,
- зміну «дійсної» (синусоїдальної) форми кривої напруги;
- виникнення не симетрії фазних напруг або перекосу фаз, спричинене не симетричним навантаженням ліній (для трифазних мереж).

1.4 Висновки до розділу

Проведено аналіз методів, напрямів та заходів для підвищення надійності електричного постачання підприємства з більш детальним описом кожного методу, їх перевагами та недоліками.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика споживачів електроенергії і визначення категорії надійності електропостачання

Споживачами електроенергії даного цеху являються електричні двигуни які забезпечують потреби підприємства в виготовленні продукції.

Встановлена потужність споживачів електроенергії складає від 0,37 до 11 кВт. Режим роботи – довгостроковий. Згідно режимів роботи і технологічного циклу споживачі електроенергії можуть бути розподілені на групи. Це дозволяє більш точно визначити величину електричного навантаження. Споживачі даного цеху є споживачами трифазного струму промислової частоти 50 Гц.

Беручи до уваги те, що перерва в електропостачанні цеху призведе до значних збитків даному підприємству; ушкодження та виходу з ладу дороговартісного обладнання; масового браку продукції, що випускається; розладу налагодженого процесу технології випуску продукції; порушення працездатності досить важливих функцій процесів підприємства ПАТ «Авіс» то згідно [1, п.п. 1.2.17 - 1.2.20], даний об'єкт може бути віднесений до споживачів першої категорії по надійності електропостачання.

Приймачі електричної енергії, які відносять до I категорії надійності треба забезпечувати електричною енергією з двох різних, незалежних один від одного, взаєморезервуючих джерел живлення та переривання їх електричного постачання в разі порушення електричного постачання від одного з джерел живлення можна допускати тільки на час, який потрібен для відновлення живлення автоматично або вручну. Для приймачів електричної енергії, які відносять до приймачів I категорії надійності необхідне ще одне додаткове взаєморезервуюче джерело живлення, яке не має зв'язку з основними джерелами. ([1, п.1.2.19]).

2.2 Вибір схеми електропостачання та визначення роду струму і величини напруги живлення

Електричне обладнання цеху не потребує регулювання швидкості. Тому доцільно використати асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. В порівнянні з іншими двигунами вони прості конструктивно, надійні в роботі та дешевші.

Для живлення приймачів електроенергії цеху необхідна мережа трифазного змінного струму промислової частоти 50 Гц напругою 380 В. Для живлення освітлення цеху необхідна мережа однофазного струму напругою 220 В.

При виборі схеми електропостачання необхідно враховувати розташування споживачів електроенергії, послідовність технологічного циклу, їх встановлену потужність, категорію по надійності електропостачання та інше. Важливим фактором для вибору схеми є її висока надійність при експлуатації. Необхідно також враховувати втрати електроенергії і затрати на будівництво лінії та закупівлю провідникового матеріалу, які повинні бути зведені до мінімуму.

Виходячи з вище перерахованого, а також те, що споживачі електричної енергії мають одиничну і середню потужність, то для їх нормального забезпечення електричною енергією раціонально прийняти комбіновану схему електропостачання.

2.3 Відомість споживачів електроенергії

Електричні навантаження являються початковими даними для рішення складного комплексу технічних і економічних питань, які виникають при проектуванні електропостачання сучасного промислового підприємства. Визначення електричних навантажень складає перший етап проектування

любої системи електропостачання і проводиться з ціллю вибору і перевірки струмоведучих елементів і трансформаторів по нагріву і економічним показникам, розрахунку відхилення і коливання напруги, вибору комплектуючих установок, захисту пристроїв і т.д. Від правильної оцінки очікуваних електричних навантажень залежить раціональність вибору схеми і всіх елементів системи електропостачання і її техніко-економічні показники (капітальні вкладення, щорічні експлуатаційні розходи, приведені затрати, розхід кольорового металу і втрати енергії).

В даний час існує ряд науково обумовлених методів розрахунку електричних навантажень і ведуться подальші теоретичні розробки по їх удосконаленню на основі дослідження навантажень діючих підприємств. Найбільше застосування для визначення електричних навантажень отримав запропонований доктором технічних наук, професором Г. М. Каяловим метод впорядкованих діаграм показників графіків навантаження. Враховуючи, що система електропостачання промислових підприємств використовується при деяких змінних в часі умовах виробництва (вдосконалення технологічних процесів, підвищення використання обладнання і т.д.), які важко врахувати при проектуванні, теоретично неможливо і практично не потрібно забезпечувати високу точність розрахунку електричних навантажень. Тому, в практиці проектування при спрощенні розрахункових формул (графіків) для визначення електричних навантажень приймається похибка $\pm 10\%$.

Вхідні дані споживачів наведені в табл. 2.1, в якій занесено їх назва, кількість, встановлену потужність, характерні коефіцієнти використання і потужності.

Таблиця 2.1 – Відомість споживачів електричної енергії

№ з/п	Назва обладнання	n , шт.	P , кВт	$K_{вих}$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
1	2	3	4	5	6	7
Поверх №1						
1.	Кормороздатчик	16	0,37	0,12	0,69	1
2.	Двигун подачі піску	4	0,55	0,12	0,7	1
3.	Двигун подачі комбікорму	8	1,46	0,12	0,83	0,67
4.	Шнек подачі комбікорму	4	2,2	0,55	0,83	0,67
5.	Вантажний ліфт	3	11	0,17	0,86	0,59
6.	Вентилятори охолодження (бокові)	18	1,1	0,6	0,86	0,59
7.	Насос для зволоження с-ми охолодження	4	1,5	0,8	0,85	0,61
8.	Насос для зволоження с-ми охолодження	8	2,2	0,8	0,87	0,56
9.	Niagara	16	0,37	0,55	0,69	1
10.	Стрічка яйце-збору	16	0,55	0,55	0,7	1
11.	Двигун збереження яєць	4	0,55	0,12	0,7	1
12.	Освітлення		8,6	0,9	0,96	0,3
13.	Гнійно-збірна стрічка	16	0,75	0,55	0,73	0,93
14.	Елеватор видалення гною (горизонтальний)	2	4,04	0,55	0,84	0,64
15.	Елеватор видалення гною	2	5,5	0,55	0,86	0,59
16.	Вентилятор високого тиску	180	1,1	0,65	0,86	0,59
Поверх №2						
1.	Кормороздатчик	16	0,37	0,12	0,69	1
2.	Двигун подачі піску	4	0,55	0,12	0,7	1
3.	Двигун подачі комбікорму	8	1,46	0,12	0,83	0,67
4.	Шнек подачі комбікорму	4	2,2	0,55	0,83	0,67
5.	Вентилятори охолодження (бокові)	18	1,1	0,6	0,86	0,59
6.	Насос для зволоження с-ми охолодження	4	1,5	0,8	0,85	0,61
7.	Насос для зволоження с-ми охолодження	8	2,2	0,8	0,87	0,56
8.	Niagara	16	0,37	0,55	0,69	1
9.	Стрічка яйце-збору	16	0,55	0,55	0,7	1
10.	Двигун збереження яєць	4	0,55	0,12	0,7	1
11.	Освітлення		8,6	0,9	0,96	0,3
12.	Гнійно-збірна стрічка	16	0,75	0,55	0,73	0,93
13.	Елеватор видалення гною (горизонтальний)	2	4,04	0,55	0,84	0,64
14.	Елеватор видалення гною	2	5,5	0,55	0,86	0,59

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
15.	Вентилятор високого тиску	180	1,1	0,65	0,86	0,59
Поверх №3						
1.	Кормороздатчик	16	0,37	0,12	0,69	1
2.	Двигун подачі піску	4	0,55	0,12	0,7	1
3.	Двигун подачі комбікорму	8	1,46	0,12	0,83	0,67
4.	Шнек подачі комбікорму	4	2,2	0,55	0,83	0,67
5.	Вентилятори охолодження (бокові)	18	1,1	0,6	0,86	0,59
6.	Насос для зволоження с-ми охолодження	4	1,5	0,8	0,85	0,61
7.	Насос для зволоження с-ми охолодження	8	2,2	0,8	0,87	0,56
8.	Niagara	16	0,37	0,55	0,69	1
9.	Стрічка яйце-збору	16	0,55	0,55	0,7	1
10.	Двигун збереження яєць	4	0,55	0,12	0,7	1
11.	Освітлення		8,6	0,9	0,96	0,3
12.	Гнійно-збірна стрічка	16	0,75	0,55	0,73	0,93
13.	Елеватор видалення гною (горизонтальний)	2	4,04	0,55	0,84	0,64
14.	Елеватор видалення гною	2	5,5	0,55	0,86	0,59
15.	Вентилятори високого тиску	180	1,1	0,65	0,86	0,59

2.4 Розрахунок електричних навантажень

Споживачі групуємо по характерним для них коефіцієнтам використання і потужності в відповідних групах. Проводимо розрахунки для поверху №1. Груповані споживачі наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Групи електроспоживачів цеху

№ з/п	Назва обладнання	n , шт.	P , кВт	$K_{вик}$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
1	2	3	4	5	6	7
ЩСУ 1-1						
1.	Кормороздатчик	8	0,37	0,12	0,69	1
2.	Двигун подачі піску	2	0,55	0,12	0,7	1
3.	Двигун подачі комбікорму	4	1,46	0,12	0,83	0,67

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
	ЩСУ 1-1					
1.	Кормороздатчик	8	0,37	0,12	0,69	1
2.	Двигун подачі піску	2	0,55	0,12	0,7	1
3.	Двигун подачі комбікорму	4	1,46	0,12	0,83	0,67
4.	Шнек подачі комбікорму	2	2,2	0,55	0,83	0,67
5.	Вантажний ліфт	1	11	0,17	0,86	0,59
	ЩСУ 1-2					
1.	Вентилятори охолодження (бокові)	9	1,1	0,6	0,86	0,59
2.	Насос для зволоження с-ми охолодження	2	1,5	0,8	0,85	0,61
3.	Насос для зволоження с-ми охолодження	4	2,2	0,8	0,87	0,56
	ЩСУ 1-3					
1.	Niagara	8	0,37	0,55	0,69	1
2.	Стрічка яйце-збору	8	0,55	0,55	0,7	1
3.	Двигун збереження яєць	2	0,55	0,12	0,7	1
	ЩСУ 1-4					
1.	Освітлення		8,6	0,9	0,96	0,3
	ЩСУ 2-1					
1.	Гнійно-збірна стрічка	8	0,75	0,55	0,73	0,93
2.	Елеватор видалення гною (горизонтальний)	1	4,04	0,55	0,84	0,64
3.	Елеватор видалення гною	1	5,5	0,55	0,86	0,59
	ЩСУ 2-2					
1.	Вентилятори високого тиску	45	1,1	0,65	0,86	0,59
	ЩСУ 2-3					
1.	Вентилятори високого тиску	45	1,1	0,65	0,86	0,59
	ЩСУ 3-1					
1.	Кормороздатчик	8	0,37	0,12	0,69	1
2.	Двигун подачі піску	2	0,55	0,12	0,7	1
3.	Двигун подачі комбікорму	4	1,46	0,12	0,83	0,67
4.	Шнек подачі комбікорму	2	2,2	0,55	0,83	0,67
5.	Вантажний ліфт	2	11	0,17	0,86	0,59
	ЩСУ 3-2					
1.	Вентилятори охолодження (бокові)	9	1,1	0,6	0,86	0,59
2.	Насос для зволоження с-ми охолодження	2	1,5	0,8	0,85	0,61
3.	Насос для зволоження с-ми охолодження	4	2,2	0,8	0,87	0,56
	ЩСУ 3-3					

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
1.	Niagara	8	0,37	0,55	0,69	1
2.	Стрічка яйце-збору	8	0,55	0,55	0,7	1
3.	Двигун збереження яєць	2	0,55	0,12	0,7	1
	ЩСУ 3-4					
1.	Освітлення		8,6	0,9	0,96	0,3
	ЩСУ 4-1					
1.	Гнійно-збірна стрічка	8	0,75	0,55	0,73	0,93
2.	Елеватор видалення гною (горизонтальний)	1	4,04	0,55	0,84	0,64
3.	Елеватор видалення гною	1	5,5	0,55	0,86	0,59
	ЩСУ 4-2					
1.	Вентилятори високого тиску	45	1,1	0,65	0,86	0,59
	ЩСУ 4-3					
1.	Вентилятори високого тиску	45	1,1	0,65	0,86	0,59

Розрахунок електричного навантаження проводимо методом коефіцієнта максимуму. Розпочинаємо розрахунок із занесення коефіцієнтів використання $K_{вик}$ і потужності $\cos\varphi$, встановленої потужності споживачів P_n та їх кількості n на основі таблиці 2.2 у відповідні графи таблиці 2.3

Подальші розрахунки ведемо на основі розрахункової таблиці 2.3

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 1-1:

$$P_{см1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{n1} ;$$

$$Q_{см1} = P_{вик1} \cdot tg\varphi_1 ;$$

$$P_{см1} = 0,12 \cdot 2,96 = 0,4 \text{ кВт} ;$$

$$Q_{см1} = 0,4 \cdot 1 = 0,4 \text{ кВАр} .$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{n,max.1}}{P_{n,min.1}} ;$$

$$m = \frac{11}{0,37} = 29,7 > 3 .$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{\text{вик.зр.1}} = \frac{\Sigma P_{\text{см.1}}}{\Sigma P_{\text{н.1}}};$$

$$K_{\text{вик.зр.1}} = \frac{5,5}{25,3} = 0,22.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{\text{н}}}{P_{\text{max}}};$$

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \cdot 25,3}{11} = 4,6 \approx 5;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{\text{эф}} = 5$ шт. і $K_{\text{вик.зр.1}}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{\text{max}} = 2,42$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{\text{р1}} = K_{\text{max}} \cdot \Sigma P_{\text{см}};$$

$$P_{\text{р1}} = 2,42 \cdot 5,5 = 13,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{р1}} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{\text{см1}}, \text{ якщо } n_{\text{эф}} < 10;$$

$$Q_{\text{р1}} = 1,1 \cdot 3,7 = 4 \text{ кВАр};$$

$$S_{\text{р1}} = \sqrt{P_{\text{р1}}^2 + Q_{\text{р1}}^2};$$

$$S_{\text{р1}} = \sqrt{13,3^2 + 4^2} = 13,9 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{р1}}}{S_{\text{р1}}};$$

$$\cos \varphi = \frac{13,3}{13,9} = 0,96.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 1-2:

$$P_{\text{см1}} = K_{\text{вик1}} \cdot \Sigma P_{\text{н1}};$$

$$Q_{\text{см1}} = P_{\text{вик1}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$$P_{\text{см1}} = 0,6 \cdot 9,9 = 5,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см1}} = 9,9 \cdot 0,59 = 3,5 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{n,max.1}}{P_{n,min.1}};$$

$$m = \frac{2,2}{1,1} = 2 < 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{см.1}}{\Sigma P_{н.1}};$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{15,4}{21,7} = 0,71.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{max}};$$

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot 21,7}{2,2} = 19,7 \approx 20;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{эф} = 20$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{max} = 1,11$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{max} \cdot \Sigma P_{см};$$

$$P_{p1} = 1,11 \cdot 21,7 = 17,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{см1}, \text{ якщо } n_{эф} < 10;$$

$$Q_{p1} = 8,9 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2};$$

$$S_{p1} = \sqrt{17,1^2 + 8,9^2} = 19,3 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{17,1}{19,3} = 0,89.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 1-3:

$$P_{см1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{н1};$$

$$Q_{см1} = P_{вик1} \cdot tg \varphi_1;$$

$$P_{см1} = 0,55 \cdot 2,96 = 1,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{см1} = 1,6 \cdot 1 = 1,6 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{н.мах.1}}{P_{н.мін.1}};$$

$$m = \frac{0,55}{0,37} = 1,5 < 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{см.1}}{\Sigma P_{н.1}};$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{4,2}{8,5} = 0,49.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{н}}{P_{мах}};$$

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot 8,5}{0,55} = 30,9 \approx 31;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{эф} = 31$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{мах} = 1,16$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{р1} = K_{мах} \cdot \Sigma P_{см};$$

$$P_{р1} = 1,16 \cdot 4,2 = 4,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{р1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{см1}, \text{ якщо } n_{эф} < 10;$$

$$Q_{р1} = 4,2 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2};$$

$$S_{p1} = \sqrt{4,8^2 + 4,2^2} = 6,4 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{4,8}{6,4} = 0,76.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 2-1:

$$P_{см1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{н1};$$

$$Q_{см1} = P_{вик1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$$P_{см1} = 0,55 \cdot 6 = 3,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{см1} = 3,3 \cdot 0,93 = 3,1 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{н.мах.1}}{P_{н.мін.1}};$$

$$m = \frac{5,5}{0,75} = 7,3 > 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{см.1}}{\Sigma P_{н.1}};$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{8,5}{15,5} = 0,55.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{\max}};$$

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot 15,5}{5,5} = 5,6 \approx 6;$$

по [2, табл. 2.13] знаючи $n_{ef} = 6$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{\max} = 1,45$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{\max} \cdot \Sigma P_{cm} ;$$

$$P_{p1} = 1,45 \cdot 8,5 = 12,4 \text{ кВт} ;$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{cm1}, \text{ якщо } n_{ef} < 10 ;$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot 6,3 = 6,9 \text{ кВАр} ;$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2} ;$$

$$S_{p1} = \sqrt{12,4^2 + 6,9^2} = 14,2 \text{ кВА} .$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}} ;$$

$$\cos \varphi = \frac{12,4}{14,2} = 0,87 .$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 2-2:

$$P_{cm1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{n1} ;$$

$$Q_{cm1} = P_{вик1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 ;$$

$$P_{cm1} = 0,65 \cdot 49,5 = 32,2 \text{ кВт} ;$$

$$Q_{cm1} = 32,2 \cdot 0,59 = 19 \text{ кВАр} .$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{n.\max.1}}{P_{n.\min.1}} ;$$

$$m = \frac{1,1}{1,1} = 1 < 3 .$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{cm.1}}{\Sigma P_{n.1}} ;$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{32,2}{49,5} = 0,65 .$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{\max}};$$

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot 49,5}{1,1} = 90;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{ef} = 90$ *шт.* і $K_{вик.гр..1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{\max} = 1,06$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{\max} \cdot \Sigma P_{cm};$$

$$P_{p1} = 1,06 \cdot 32,2 = 34,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{cm1}, \text{ якщо } n_{ef} < 10;$$

$$Q_{p1} = 19 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2};$$

$$S_{p1} = \sqrt{34,1^2 + 19^2} = 39 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{34,1}{39} = 0,87.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 2-3:

$$P_{cm1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{n1};$$

$$Q_{cm1} = P_{вик1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$$P_{cm1} = 0,65 \cdot 49,5 = 32,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm1} = 32,2 \cdot 0,59 = 19 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{n.\max.1}}{P_{n.\min.1}};$$

$$m = \frac{1,1}{1,1} = 1 < 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{см.1}}{\Sigma P_{н.1}};$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{32,2}{49,5} = 0,65.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{н}}{P_{max}};$$

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot 49,5}{1,1} = 90;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{эф} = 90$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{max} = 1,06$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{max} \cdot \Sigma P_{см};$$

$$P_{p1} = 1,06 \cdot 32,2 = 34,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{см1}, \text{ якщо } n_{эф} < 10;$$

$$Q_{p1} = 19 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2};$$

$$S_{p1} = \sqrt{34,1^2 + 19^2} = 39 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{34,1}{39} = 0,87.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 3-1:

$$P_{см1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{н1};$$

$$Q_{cm1} = P_{вик1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 ;$$

$$P_{cm1} = 0,12 \cdot 2,96 = 0,4 \text{ кВт} ;$$

$$Q_{cm1} = 0,4 \cdot 1 = 0,4 \text{ кВАр} .$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{н.мах.1}}{P_{н.мін.1}} ;$$

$$m = \frac{11}{0,37} = 29,7 > 3 .$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{cm,1}}{\Sigma P_{н.1}} ;$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{7,3}{36,3} = 0,20 .$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{н}}{P_{мах}} ;$$

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot 36,3}{11} = 7 ;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{ef} = 7$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{мах} = 2,1$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{мах} \cdot \Sigma P_{cm} ;$$

$$P_{p1} = 2,1 \cdot 7,3 = 15,4 \text{ кВт} ;$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{cm1}, \text{ якщо } n_{ef} < 10 ;$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot 4,8 = 5,3 \text{ кВАр} ;$$

$$S_{P1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2} ;$$

$$S_{P1} = \sqrt{15,4^2 + 5,3^2} = 16,3 \text{ кВА} .$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{15,4}{16,3} = 0,95.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 3-2:

$$P_{cm1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{n1};$$

$$Q_{cm1} = P_{вик1} \cdot tg \varphi_1;$$

$$P_{cm1} = 0,6 \cdot 9,9 = 5,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm1} = 9,9 \cdot 0,59 = 3,5 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{n.max.1}}{P_{n.min.1}};$$

$$m = \frac{2,2}{1,1} = 2 < 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{cm.1}}{\Sigma P_{n.1}};$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{15,4}{21,7} = 0,71.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{max}};$$

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot 21,7}{2,2} = 19,7 \approx 20;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{ef} = 20$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{max} = 1,11$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{max} \cdot \Sigma P_{cm};$$

$$P_{p1} = 1,11 \cdot 21,7 = 17,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{cm1}, \text{ якщо } n_{ef} < 10;$$

$$Q_{p1} = 8,9 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2};$$

$$S_{p1} = \sqrt{17,1^2 + 8,9^2} = 19,3 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{17,1}{19,3} = 0,89.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 3-3:

$$P_{cm1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{n1};$$

$$Q_{cm1} = P_{вик1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$$P_{cm1} = 0,55 \cdot 2,96 = 1,6 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm1} = 1,6 \cdot 1 = 1,6 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{n,max.1}}{P_{n,min.1}};$$

$$m = \frac{0,55}{0,37} = 1,5 < 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик,гр.1} = \frac{\Sigma P_{cm,1}}{\Sigma P_{n,1}};$$

$$K_{вик,гр.1} = \frac{4,2}{8,5} = 0,49.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{max}};$$

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot 8,5}{0,55} = 30,9 \approx 31;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{ef} = 31 шт.$ і $K_{вик.гр..1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{max} = 1,16$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{max} \cdot \Sigma P_{cm};$$

$$P_{p1} = 1,16 \cdot 4,2 = 4,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{cm1}, \text{ якщо } n_{ef} < 10;$$

$$Q_{p1} = 4,2 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2};$$

$$S_{p1} = \sqrt{4,8^2 + 4,2^2} = 6,4 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{4,8}{6,4} = 0,76.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 4-1:

$$P_{cm1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{n1};$$

$$Q_{cm1} = P_{вик1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$$P_{cm1} = 0,55 \cdot 6 = 3,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm1} = 3,3 \cdot 0,93 = 3,1 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{н.мах.1}}{P_{н.мін.1}};$$

$$m = \frac{5,5}{0,75} = 7,3 > 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{см.1}}{\Sigma P_{н.1}};$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{8,5}{15,5} = 0,55.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{н}}{P_{\max}};$$

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot 15,5}{5,5} = 5,6 \approx 6;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{эф} = 6$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{\max} = 1,45$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{\max} \cdot \Sigma P_{см};$$

$$P_{p1} = 1,45 \cdot 8,5 = 12,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{см1}, \text{ якщо } n_{эф} < 10;$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot 6,3 = 6,9 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2};$$

$$S_{p1} = \sqrt{12,4^2 + 6,9^2} = 14,2 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{12,4}{14,2} = 0,87.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 4-2:

$$P_{см1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{н1};$$

$$Q_{см1} = P_{вик1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$$P_{см1} = 0,65 \cdot 49,5 = 32,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm1} = 32,2 \cdot 0,59 = 19 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{n,max.1}}{P_{n,min.1}};$$

$$m = \frac{1,1}{1,1} = 1 < 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{cm.1}}{\Sigma P_{n.1}};$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{32,2}{49,5} = 0,65.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{max}};$$

$$n_{ef} = \frac{2 \cdot 49,5}{1,1} = 90;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{ef} = 90$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{max} = 1,06$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{p1} = K_{max} \cdot \Sigma P_{cm};$$

$$P_{p1} = 1,06 \cdot 32,2 = 34,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{cm1}, \text{ якщо } n_{ef} < 10;$$

$$Q_{p1} = 19 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2};$$

$$S_{p1} = \sqrt{34,1^2 + 19^2} = 39 \text{ кВА}.$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}};$$

$$\cos \varphi = \frac{34,1}{39} = 0,87.$$

Розрахунок електричного навантаження для ЩСУ 4-3:

$$P_{см1} = K_{вик1} \cdot \Sigma P_{н1};$$

$$Q_{см1} = P_{вик1} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$$P_{см1} = 0,65 \cdot 49,5 = 32,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{см1} = 32,2 \cdot 0,59 = 19 \text{ кВАр}.$$

Співвідношення між максимальною і мінімальною потужністю:

$$m = \frac{P_{н.мах.1}}{P_{н.мін.1}};$$

$$m = \frac{1,1}{1,1} = 1 < 3.$$

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{вик.гр.1} = \frac{\Sigma P_{см.1}}{\Sigma P_{н.1}};$$

$$K_{вик.гр.1} = \frac{32,2}{49,5} = 0,65.$$

Визначаємо ефективне число споживачів:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{н}}{P_{мах}};$$

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot 49,5}{1,1} = 90;$$

згідно [2, табл. 2.13] знаючи $n_{эф} = 90$ шт. і $K_{вик.гр.1}$ визначаємо коефіцієнт максимуму $K_{мах} = 1,06$.

Загальне розрахункове навантаження в цілому по групі:

$$P_{р1} = K_{мах} \cdot \Sigma P_{см};$$

$$P_{р1} = 1,06 \cdot 32,2 = 34,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{р1} = 1,1 \cdot \Sigma Q_{см1}, \text{ якщо } n_{эф} < 10;$$

$$Q_{р1} = 19 \text{ кВАр};$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2} ;$$

$$S_{p1} = \sqrt{34,1^2 + 19^2} = 39 \text{ кВА} .$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p1}}{S_{p1}} ;$$

$$\cos \varphi = \frac{34,1}{39} = 0,87 .$$

Розрахунок поверху №2 та поверху №3 проводимо аналогічно приведеному вище розрахунку. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 - Розрахунок електричних навантажень

№	Назва приймачів	Номинальна потужність				K _ε	cos φ	tg φ	Середнє навантаження		n _{np}	K _м	Розрахункове навантаження		
		n шт.	одного кВт	загальна кВт	m				P _{ср} кВт	Q _{ср} кВАр			P _p кВт	Q _p кВАр	S _p кВА
ЩСУ-1:1															
1	Кормороздагчик	8	0,37	2,96	0,12	0,69	1	0,4	0,4						
2	Двигун подачі піску	2	0,55	1,1	0,12	0,7	1	0,1	0,1						
3	Двигун подачі комбікорму	4	1,46	5,84	0,12	0,83	0,67	0,7	0,5						
4	Шнек подачі комбікорму	2	2,2	4,4	0,55	0,83	0,67	2,4	1,6						
5	Вантажний ліфт	1	11	11	0,17	0,86	0,59	1,9	1,1						
	Разом по групі	17	0,37 - 11	25,3	>3	0,96		5,5	3,7	5	2,42	13,3	4,0	13,9	
ЩСУ-1:2															
1	Вентил. охолод. (боков.)	9	1,1	9,9	0,60	0,86	0,59	5,9	3,5						
2	Насос для звол. с-ми охол	2	1,5	3	0,8	0,85	0,61	2,4	1,5						
3	Насос для звол. с-ми охол.	4	2,2	8,8	0,8	0,87	0,56	7,0	3,9						
	Разом по групі	15		21,7	<3	0,71		15,4	8,9	20	1,11	17,1	8,9	19,3	
ЩСУ-1:3															
1	Niagara	8	0,37	2,96	0,55	0,69	1	1,6	1,6						
2	Стрічка яйцезбору	8	0,55	4,4	0,55	0,7	1	2,4	2,4						
3	Двигун збереження яєць	2	0,55	1,1	0,12	0,7	1	0,1	0,1						
	Разом по групі	18		8,5	<3	0,49		4,2	4,2	31	1,16	4,8	4,2	6,4	
ЩСУ-1:4															
1	Освітлення			8,6	0,90	0,96	0,3	7,7	2,3			7,7	2,3	8,0	
ЩСУ-2:1															
1	Гнійно-збирна стрічка	8	0,75	6	0,55	0,73	0,93	3,3	3,1						
2	Елеватор видал. гною (гориз.)	1	4,04	4,04	0,55	0,84	0,64	2,2	1,4						
3	Елеватор видал. гною	1	5,5	5,5	0,55	0,86	0,59	3,0	1,8						
	Разом по групі	10		15,5	>3	0,87		8,5	6,3	6	1,45	12,4	6,9	14,2	
ЩСУ-2:2															
1	Вентилятор високого тиску	45	1,1	49,5	0,65	0,86	0,59	32,2	19,0						
	Разом по групі	45		49,5	<3	0,87		32,2	19,0	90	1,06	34,1	19,0	39,0	
ЩСУ-2:3															
1	Вентилятор високого тиску	45	1,1	49,5	0,65	0,86	0,59	32,2	19,0						
	Разом по групі	45		49,5	<3	0,87		32,2	19,0	90	1,06	34,1	19,0	39,0	

Продовження таблиці 2.3

1	ЩСУ-3:1	8	0,37	2,96		0,12	0,69	1	0,4	0,4						
2	Кормороздатчик	2	0,55	1,1		0,12	0,7	1	0,1	0,1						
3	Дангун подачі піску	4	1,46	5,84		0,12	0,83	0,67	0,7	0,5						
4	Дангун подачі комбікорму	2	2,2	4,4		0,55	0,83	0,67	2,4	1,6						
5	Шнек подачі комбікорму	2	11	22		0,17	0,86	0,59	3,7	2,2						
	Вантажний ліфт	18		36,3	>3	0,20	0,95		7,3	4,8	7	2,1	15,4	5,3		16,3
	Разом по групі															
1	ЩСУ-3:2	9	1,1	9,9		0,60	0,86	0,59	5,9	3,5						
2	Вентиля. охолод. (боков.)	2	1,5	3		0,8	0,85	0,61	2,4	1,5						
3	Насос для звол. с-ми охол.	4	2,2	8,8		0,8	0,87	0,56	7,0	3,9						
	Насос для звол. с-ми охол.	15		21,7	<3	0,71	0,89		15,4	8,9	20	1,11	17,1	8,9		19,3
	Разом по групі															
1	ЩСУ-3:3	8	0,37	2,96		0,55	0,69	1	1,6	1,6						
2	Niagara	8	0,55	4,4		0,55	0,7	1	2,4	2,4						
3	Стрічка ліпцебору	2	0,55	1,1		0,12	0,7	1	0,1	0,1						
	Дангун зберезення яєць	18		8,5	<3	0,49	0,76		4,2	4,2	31	1,16	4,8	4,2		6,4
	Разом по групі															
1	ЩСУ-3:4			8,6		0,90	0,96	0,3	7,7	2,3			7,7	2,3		8,0
	Освітлення															
1	ЩСУ-4:1	8	0,75	6		0,55	0,73	0,93	3,3	3,1						
2	Гнійно-збірні стрічки	1	4,04	4,04		0,55	0,84	0,64	2,2	1,4						
3	Елеватор видал. гною (гориз.)	1	5,5	5,5		0,55	0,86	0,59	3,0	1,8						
	Елеватор видал. гною	10		15,5	>3	0,55	0,87		8,5	6,3	6	1,45	12,4	6,9		14,2
	Разом по групі															
1	ЩСУ-4:2	45	1,1	49,5		0,65	0,86	0,59	32,2	19,0						
	Вентилятор високого тиску	45		49,5	<3	0,65	0,87		32,2	19,0	90	1,06	34,1	19,0		39,0
	Разом по групі															
1	ЩСУ-4:3	45	1,1	49,5		0,65	0,86	0,59	32,2	19,0						
	Вентилятор високого тиску	45		49,5	<3	0,65	0,87		32,2	19,0	90	1,06	34,1	19,0		39,0
	Разом по групі															
	Всього по цеху	301	0,37-11	368,2	>3	0,58	0,89		213,1	127,8	483	1,04	249,1	129,9		281,0
	Цех № 2	301	0,37-11	368,2		0,58	0,87		213,1	127,8	483	1,04	249,1	129,3		280,7
	Цех № 3	203	0,37-11	368,2		0,58	0,87		213,1	127,8	483	1,04	249,1	129,3		280,7
	Разом	805		1104,6		0,58	0,89	0,52	639,3	383,4	1449		747	389		842
	Потужність КУ													-200		200
	Потужність ТП												747	189		771

2.5 Розрахунок і вибір перерізу живильної і розподільчої електромережі з врахуванням захисту

Згідно правил улаштування електричних установок переріз кабелів вибирається по: нагріву, економічній густині струму та перевіряється по втраті напруги.

Розподільча електромережа 0,4 кВ складається із ЩСУ та РП, кабельних ліній, прокладених від ТП до РП, від РП до ЩСУ та проводів, що з'єднують ЩСУ із споживачами електроенергії. Прокладка силових кабелів до ЩСУ, від ЩСУ до споживачів здійснюється в сітчастих лотках. Таким чином, метою даного розрахунку є визначення перерізу кабелів і проводів та вибір апаратів для їх захисту і захисту електрообладнання.

Розраховуємо переріз кабелю, прокладеного від ТП до РП-1:

Визначаємо розрахунковий струм згідно [3]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H},$$

де S_p – повна сумарна розрахункова потужність споживачів, що живляться від РП-1 (ЩСУ 1-1 – 1-4 (табл. 2.3)), kVA ; $S_p = 143 \text{ kVA}$;

U_H – номінальна напруга споживачів, kV ; $U_H = 0,4 \text{ kV}$. Отже:

$$I_p = \frac{143}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 207,3 \text{ A}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ІЕК ВА88-37 згідно [13, с. 5] виходячи з умов, згідно [2]:

$$U_{н.а} \geq U_{н.м} - U_{н.а} = 380 \text{ B} = U_{н.м} = 380 \text{ B},$$

$$I_{н.а} \geq I_p - I_{н.а} = 400 \text{ A} > I_p = 207,3 \text{ A},$$

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_p,$$

$$1,25 \cdot I_p = 1,25 \cdot 207,3 = 259 \text{ A},$$

$$I_{н.р} = 320 \text{ A} > 1,25 \cdot I_p = 259 \text{ A}.$$

Умови вибору виконуються. Остаточного, вибираємо вимикач ВА88-37 400А.

По розрахунковому струму визначаємо переріз кабелю згідно [1, табл. 1.3.7], виходячи з умови термічної стійкості, згідно [2]:

$$I_p \leq K \cdot I_{\text{доп}},$$

де $I_{\text{доп}}$ – тривало-допустимий струм навантаження, А; $I_{\text{доп}} = 355$ А для кабелю з алюмінієвими жилами перерізом $S_{\text{ст}} = 240 \text{ мм}^2$. Отже:

$$I_p = 207,3 \text{ А} < K \cdot I_{\text{доп}} = 0,92 \cdot 308 = 283 \text{ А}.$$

Умова виконується. Приймаємо кабель марки: АВВГнг – 3 × 240.

Вибраний вимикач необхідно перевірити на відповідність струмовідним частинам, згідно [2]:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.р}},$$

$$I_{\text{доп}} = 355 \text{ А} > I_{\text{н.р}} = 320 \text{ А},$$

Умова виконується.

Розраховуємо переріз кабелю, прокладеного від РП до ЩСУ 1-1:

Визначаємо розрахунковий струм, згідно [3]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H},$$

де S_p – повна сумарна розрахункова потужність споживачів, що живляться від ЩСУ 1-1 (табл. 2.3), кВА; $S_p = 41,7 \text{ кВА}$;

U_H – номінальна напруга споживачів, кВ; $U_H = 0,4 \text{ кВ}$. Отже:

$$I_p = \frac{41,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 60 \text{ А}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ІЕК ВА-47-100 згідно [5, с. 5] виходячи з умов, згідно [2]:

$$U_{\text{н.а}} \geq U_{\text{н.м}} - U_{\text{н.а}} = 380 \text{ В} = U_{\text{н.м}} = 380 \text{ В},$$

$$I_{\text{н.а}} \geq I_p - U_{\text{н.а}} = 80 \text{ А} > I_p = 60 \text{ А},$$

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_p ,$$

$$1,25 \cdot I_p = 1,25 \cdot 60 = 75 \text{ A} ,$$

$$I_{н.р} = 80 \text{ A} > 1,25 \cdot I_p = 75 \text{ A} .$$

Умови вибору виконуються. Остаточного, вибираємо вимикач ВА-47-100 4Р 80А.

По розрахунковому струму визначаємо переріз кабелю, згідно [1, табл. 1.3.7], виходячи з умови термічної стійкості, згідно [2]:

$$I_p \leq K \cdot I_{дон} ,$$

де $I_{дон}$ – тривало-допустимий струм навантаження, А; $I_{дон} = 85 \text{ A}$ для кабелю з алюмінієвими жилами перерізом $S_{ст} = 25 \text{ мм}^2$. Отже:

$$I_p = 60 \text{ A} < K \cdot I_{дон} = 0,92 \cdot 85 = 78,2 \text{ A} .$$

Умова виконується. Приймаємо кабель марки: АВВГ – 4 × 25.

Вибраний вимикач необхідно перевірити на відповідність струмовідним частинам, згідно [2]:

$$I_{дон} \geq I_{н.р} ,$$

$$I_{дон} = 85 \text{ A} > I_{н.р} = 80 \text{ A} ,$$

Умова виконується.

Результати проведених розрахунків заносимо в таблицю 2.4

Таблиця 2.4 – Параметри розподільчої мережі

Звідки	Куди	I_p , А	$I_{н.а}$, А	$I_{н.р}$, А	Тип АВ	Тип і переріз кабелю	$I_{дон}$, А	l , м	ΔU , %
ТП	РП-1	207,3	400	320	ВА88-37 400А	АВВГнг – 3 х 240	355		-
ТП	РП-2	277	400	320	ВА88-37 400А	АВВГнг – 3 х 240	355		-
РП	ЩСУ-1.1	60	63	63	ВА47-100 4Р 63А	АВВГ1 – 4 х 25	85	10	-
РП	ЩСУ-1.2	84	100	100	ВА47-100 4Р 100А	АВВГ1 – 4 х 50	100	10	-
РП	ЩСУ-1.3	28	32	31,5	ВА47-100 4Р 32А	АВВГ1 – 4 х 25	85	10	-

Продовження таблиці 2.4

РП	ЩСУ-1.4	24	25	25	ВА47-100 4Р 25А	АВВГ1 – 4 х 25	85	10	-
РП	ЩСУ-2.1	62	63	63	ВА47-100 4Р 63А	АВВГ1 – 4 х 25	85	10	-
РП	ЩСУ-2.2	170	200	200	ВА88-35 200А	АВВГ1 – 4 х 120	250	10	-
РП	ЩСУ-2.3	170	200	200	ВА88-35 200А	АВВГ1 – 4 х 120	250	10	-

Внутрішньо-цехова мережа, напругою до 1 кВ, повинна бути перевірена на втрату напруги, при умові, що її довжина перевищує 30м. Для конкретного випадку перевірка на втрату напруги не потрібна, оскільки, довжина живильного кабелю не перевищує 30 м.

Від ЩСУ до споживачів електроенергії прокладаються кабелі Н07RN-F в сітчастих лотках.

Визначаємо розрахунковий струм для одного споживача згідно [2]:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi},$$

де P_n – номінальна потужність одного споживача, (табл. 2.3), кВт ;

$$P_n = 2,2 \text{ кВт};$$

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності; (табл. 2.3) $\cos \varphi = 0,83$ Отже:

$$I_p = \frac{2,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,83} = 3,85 \text{ А},$$

Вибираємо трьох-полюсний автоматичний вимикач серії ІЕК ВА-47-29 згідно [9, с. 5] виходячи з умов, згідно [2]:

$$U_{н.а} \geq U_{н.м} - U_{н.а} = 380 \text{ В} = U_{н.м} = 380 \text{ В},$$

$$I_{н.а} \geq I_p - U_{н.а} = 7 \text{ А} > I_p = 3,85 \text{ А},$$

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_p,$$

$$1,25 \cdot I_p = 1,25 \cdot 3,85 = 4,81 \text{ А},$$

$$I_{н.р} = 6,3 \text{ А} > 1,25 \cdot I_p = 4,81 \text{ А}.$$

Умови вибору виконуються. Остаточню, вибираємо вимикач типу ВА-47-29 3Р 7А.

Згідно [6] вибираємо стандартний переріз проводу, що складає $S_{ст} = 1,5 \text{ мм}^2$ з тривало-допустимим струмом $I_{доп} = 19 \text{ А}$. Записуємо марку кабелю: Н07RN-F 4g1,5.

Вибраний вимикач необхідно перевірити на відповідність струмовідним частинам, згідно [2]:

$$I_{доп} \geq I_{н.р.},$$

$$I_{доп} = 19 \text{ А} > I_{н.р.} = 6,3 \text{ А},$$

Умова виконується.

Подальші розрахунки, аналогічні. Дані заносимо в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Захисно-комутаційна апаратура

Номер ЩСУ	Тип ЩСУ	Автоматичні вимикачі		
		ВА88-35÷37; ВА47-29÷100		
		$I_{н.а.}, \text{ А}$	$I_{н.р.}, \text{ А}$	кількість
ЩСУ-1:1	-	1 ÷ 25	1 ÷ 25	65
ЩСУ-1:2	-	3 ÷ 5	3,15 ÷ 5	57
ЩСУ-1:3	-	10 ÷ 125	10 ÷ 125	108
ЩСУ-1.4	-	5	5	60
ЩСУ-2.1	-	2 ÷ 13	1,6 ÷ 12,5	44
ЩСУ-2.2	-	3	2,5	135
ЩСУ-2.3	-	3	2,5	135

2.6 Висновки до розділу

Проведена характеристика споживачів електричної енергії та визначена категорія надійності електропостачання. Проведено розрахунок та вибір перерізу живильної та розподільчої електричної мережі підприємства з врахуванням захисту.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок і вибір компенсуючого пристрою

Компенсацію реактивної потужності електроустановок здійснюють за допомогою статичних конденсаторів, включених паралельно електроприймачам. При визначенні місця установки враховується збільшення потужності електрообладнання цеху і електропостачання від КТП з трансформатором до 1000 кВА. Основним способом підвищення $\cos\varphi$ є встановлення конденсаторів на силових шинах 0,38 кВ КТП.

Потужність компенсаційної установки при $\operatorname{tg}\varphi_n = 0,25$:

$$Q_{\text{ку}} = \Sigma P_p \cdot (\operatorname{tg}\varphi_p - \operatorname{tg}\varphi_n);$$

$$Q_{\text{ку}} = 747 \cdot (0,52 - 0,25) = 201,7 \text{ кВАр};$$

Згідно таблиці [7, табл. 5.6] вибираємо комплектну конденсаторну установку УКРП - 0,4 -200-20 У3, технічні данні якої:

$$U = 0,38 \text{ кВ}; \quad Q = 200 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова потужність ТП з урахуванням компенсації реактивної потужності:

$$S_p = \sqrt{\Sigma P^2 + (\Sigma Q_p - Q_{\text{ку}})^2};$$

$$S_p = \sqrt{747^2 + (388 - 200)^2} = 771 \text{ кВА}.$$

3.2 Вибір числа і потужності силових трансформаторів на ТП

Потужність трансформаторів вибирається з урахуванням повної потужності силових споживачів, освітлення.

Повна потужність силових споживачів становить:

$$S_{\text{II}} = 771 \text{ кВА}.$$

Вибираємо два трансформатори, оскільки ПАТ «Авіс» є споживачем першої категорії. Так як, трансформатори можуть працювати як в перевантаженому (на 40%), так і в недовантаженому режимі, будемо розраховувати два варіанти:

Перший варіант:

TM400-10

Потужність трансформаторів:

$$S_{TP1} = 400 \text{ кВА}$$

Другий варіант:

TM1000-10

$$S_{TP2} = 1000 \text{ кВА}$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження в нормальному і аварійному режимах:

$$K_{зав. TP. ном} = \frac{S_{\Pi}}{2 \cdot S_{TP}},$$

Перевантаження одного трансформатора можна проводити на 40%:

$$K_{зав. TP. авар} = \frac{S_{\Pi}}{1,4 \cdot S_{TP}},$$

Перший варіант:

$$K_{зав. TP1. ном} = \frac{771}{2 \cdot 400} = 0,964.$$

$$K_{зав. TP1. авар} = \frac{771}{1,4 \cdot 400} = 1,377.$$

Другий варіант:

$$K_{зав. TP2. ном} = \frac{771}{1 \cdot 1000} = 0,771.$$

$$K_{зав. TP2. авар} = \frac{771}{1,4 \cdot 1000} = 0,551.$$

Значення втрат холостого ходу, втрат короткого замикання, струму холостого ходу, напруги короткого замикання виберемо згідно [8, табл. 5]. Вартість трансформаторів виберемо із мережі *Ethernet* і заносимо їх в таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Технічні дані трансформаторів

Марка т-ра	$\Delta P_{xx.TP}, \text{ кВт}$	$\Delta P_{кз.TP}, \text{ кВт}$	$I_{xx.TP}, \%$	$U_{кз.TP}, \%$	$C_{TP}, \text{ грн}$
ТМ400-10	0,83	5,5	1,8	4,5	109000
ТМ1000-10	1,55	10,6	1,2	5,5	170000

Час включення:

$$t_{вкл} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год}.$$

Коефіцієнт зміни втрат вибираємо згідно [9, с. 86]:

$$K_{зм.втр} = 0,02 \frac{\text{кВт}}{\text{кВАр}}.$$

Визначаємо приведені втрати електроенергії:

$$\Delta Q_{xx.TP} = S_{TP} \cdot \frac{I_{xx.TP}}{100},$$

$$\Delta Q_{кз.TP} = S_{TP} \cdot \frac{U_{кз.TP}}{100},$$

$$\Delta P_{xx.сх.TP} = \Delta P_{xx.TP} + K_{зм.втр} \cdot \Delta Q_{xx.TP},$$

$$\Delta P_{кз.сх.TP} = \Delta P_{кз.TP} + K_{зм.втр} \cdot \Delta Q_{кз.TP},$$

$$\Delta P_{сх.TP} = \Delta P_{xx.сх.TP} + K_{зав.TP.ном}^2 \cdot \Delta P_{кз.сх.TP}.$$

Приведені втрати в двох трансформаторах:

$$\Delta P_{1.2.сх.TP} = 2 \cdot \Delta P_{сх.TP}.$$

Втрати електроенергії за рік:

$$\Delta E_{TP} = \Delta P_{1.2.сх.TP} \cdot t_{вкл}.$$

Вартість одного кіловата електроенергії для підприємства $u_{кВт} = 2,9 \text{ грн}$.

Вартість втрат електроенергії за рік:

$$C_{e.TP} = \Delta E_{TP} \cdot u_{кВт}.$$

Для першого варіанта:

$$\Delta Q_{xx.TP1} = 400 \cdot \frac{1,8}{100} = 7,2 \text{ кВАр},$$

$$\Delta Q_{\kappa 3.TP1} = 400 \cdot \frac{4,5}{100} = 18 \text{ кВАр},$$

$$\Delta P_{\text{xx.cx.TP1}} = 0,83 + 0,02 \cdot 7,2 = 0,974 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{\kappa 3.\text{cx.TP1}} = 5,5 + 0,02 \cdot 18 = 5,86 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{\text{cx.TP1}} = 0,974 + 0,964^2 \cdot 5,86 = 6,417 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{1,2.\text{cx.TP1}} = 2 \cdot 6,417 = 12,837 \text{ кВт},$$

$$\Delta E_{TP1} = 12,837 \cdot 8760 = 112423,219 \text{ кВт},$$

$$\Pi_{e.TP1} = 112423,219 \cdot 2,9 = 326027,335 \text{ грн}.$$

Для другого варіанта:

$$\Delta Q_{\text{xx.TP2}} = 1000 \cdot \frac{1,2}{100} = 12 \text{ кВАр},$$

$$\Delta Q_{\kappa 3.TP2} = 1000 \cdot \frac{5,5}{100} = 55 \text{ кВАр},$$

$$\Delta P_{\text{xx.cx.TP2}} = 1,55 + 0,02 \cdot 12 = 1,79 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{\kappa 3.\text{cx.TP2}} = 10,6 + 0,02 \cdot 55 = 11,7 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{\text{cx.TP2}} = 1,79 + 0,773^2 \cdot 11,7 = 8,745 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{1.\text{cx.TP2}} = 1 \cdot 8,745 = 8,745 \text{ кВт},$$

$$\Delta E_{TP2} = 8,745 \cdot 8760 = 76605,847 \text{ кВт},$$

$$\Pi_{e.TP2} = 76605,847 \cdot 2,9 = 222156,956 \text{ грн}.$$

Капітальні затрати становлять:

$$K_{з.ТР} = 2 \cdot \Pi_{ТР}.$$

Річні експлуатаційні затрати:

$$\Pi_a = \phi \cdot K_{з.ТР},$$

де ϕ - коефіцієнт амортизаційних відрахувань на трансформатор, $\phi = 0,1$.

Сумарні річні затрати:

$$\Pi = \Pi_{e.ТР} + \Pi_a.$$

Для першого варіанта:

$$K_{з.ТР1} = 2 \cdot 109000 = 218000 \text{ грн},$$

$$Ц_{a1} = 0,1 \cdot 218000 = 21800 \text{ грн},$$

$$Ц_1 = 326027,335 + 21800 = 347827,335 \text{ грн}.$$

Для другого варіанта:

$$K_{з.ТР2} = 2 \cdot 170000 = 340000 \text{ грн},$$

$$Ц_{a2} = 0,1 \cdot 340000 = 34000 \text{ грн},$$

$$Ц_2 = 222156,956 + 34000 = 256156,956 \text{ грн}.$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K_{з.ТР1} - K_{з.ТР2}}{Ц_2 - Ц_1},$$

$$T_{ок} = \frac{218000 - 340000}{256156,956 - 347827,335} = 1,331 \text{ роки}.$$

Вибираємо другий варіант, оскільки, сумарні експлуатаційні затрати є меншими ніж за першим варіантом, термін окупності становить приблизно один рік, а також, використання потужніших трансформаторів дає змогу нарощувати потужність устаткування при потребі.

Зробимо перевірку того, чи дійсно є правильним вибір трансформатора ТМ1000-10. Для цього проведемо наступний порівняльний розрахунок:

Перший варіант:

ТМ630-10

Потужність трансформаторів:

$$S_{ТР1} = 630 \text{ кВА}$$

Другий варіант:

ТМ1000-10

$$S_{ТР2} = 1000 \text{ кВА}$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження в нормальному і аварійному режимах:

$$K_{зав.ТР.ном} = \frac{S_{II}}{2 \cdot S_{ТР}},$$

Перевантаження одного трансформатора можна проводити на 40%:

$$K_{зав.ТР.авар} = \frac{S_{II}}{1,4 \cdot S_{ТР}},$$

Перший варіант:

$$K_{зав.ТР1.ном} = \frac{771}{2 \cdot 630} = 0,612.$$

$$K_{зав.ТР1.авар} = \frac{771}{1,4 \cdot 630} = 0,874.$$

Другий варіант:

$$K_{зав.ТР2.ном} = \frac{771}{1 \cdot 1000} = 0,771.$$

$$K_{зав.ТР2.авар} = \frac{771}{1,4 \cdot 1000} = 0,551.$$

Значення втрат холостого ходу, втрат короткого замикання, струму холостого ходу, напруги короткого замикання виберемо згідно [8, табл. 5]. Вартість трансформаторів виберемо із мережі *Ethernet* і заносимо їх в таблицю 3.2

Таблиця 3.2 – Технічні дані трансформаторів

Марка т-ра	$\Delta P_{xx.ТР}, кВт$	$\Delta P_{кз.ТР}, кВт$	$I_{xx.ТР}, \%$	$U_{кз.ТР}, \%$	$C_{ТР}, грн$
ТМ630-10	1,05	7,6	1,6	5,5	140000
ТМ1000-10	1,55	10,6	1,2	5,5	170000

Час включення:

$$t_{вкл} = 365 \cdot 24 = 8760 год.$$

Коефіцієнт зміни втрат вибираємо згідно [9, с. 86]:

$$K_{зм.втр} = 0,02 \frac{кВт}{кВАр}.$$

Визначаємо приведені втрати електроенергії:

$$\Delta Q_{xx.ТР} = S_{ТР} \cdot \frac{I_{xx.ТР}}{100},$$

$$\Delta Q_{кз.ТР} = S_{ТР} \cdot \frac{U_{кз.ТР}}{100},$$

$$\Delta P_{xx.cx.TP} = \Delta P_{xx.TP} + K_{зм.втр} \cdot \Delta Q_{xx.TP} ,$$

$$\Delta P_{кз.cx.TP} = \Delta P_{кз.TP} + K_{зм.втр} \cdot \Delta Q_{кз.TP} ,$$

$$\Delta P_{cx.TP} = \Delta P_{xx.cx.TP} + K_{зав.ТП.ном}^2 \cdot \Delta P_{кз.cx.TP} .$$

Приведені втрати в двох трансформаторах:

$$\Delta P_{1,2.cx.TP} = 2 \cdot \Delta P_{cx.TP} .$$

Втрати електроенергії за рік:

$$\Delta E_{TP} = \Delta P_{1,2.cx.TP} \cdot t_{вкл} .$$

Вартість одного кіловата електроенергії для підприємства $u_{кВт} = 2,9$ грн.

Вартість втрат електроенергії за рік:

$$Ц_{e.TP} = \Delta E_{TP} \cdot u_{кВт} .$$

Для першого варіанта:

$$\Delta Q_{xx.TP1} = 630 \cdot \frac{1,6}{100} = 10,08 \text{ кВАр} ,$$

$$\Delta Q_{кз.TP1} = 630 \cdot \frac{5,5}{100} = 34,65 \text{ кВАр} ,$$

$$\Delta P_{xx.cx.TP1} = 1,05 + 0,02 \cdot 10,08 = 1,252 \text{ кВт} ,$$

$$\Delta P_{кз.cx.TP1} = 7,6 + 0,02 \cdot 34,65 = 8,293 \text{ кВт} ,$$

$$\Delta P_{cx.TP1} = 1,252 + 0,612^2 \cdot 8,293 = 4,357 \text{ кВт} ,$$

$$\Delta P_{1,2.cx.TP1} = 2 \cdot 4,357 = 8,713 \text{ кВт} ,$$

$$\Delta E_{TP1} = 8,713 \cdot 8760 = 76329,852 \text{ кВт} ,$$

$$Ц_{e.TP1} = 76329,852 \cdot 2,9 = 221356,572 \text{ грн} .$$

Для другого варіанта:

$$\Delta Q_{xx.TP2} = 1000 \cdot \frac{1,2}{100} = 12 \text{ кВАр} ,$$

$$\Delta Q_{кз.TP2} = 1000 \cdot \frac{5,5}{100} = 55 \text{ кВАр} ,$$

$$\Delta P_{xx.cx.TP2} = 1,55 + 0,02 \cdot 12 = 1,79 \text{ кВт} ,$$

$$\Delta P_{кз.cx.TP2} = 10,6 + 0,02 \cdot 55 = 11,7 \text{ кВт} ,$$

$$\Delta P_{cx.TP2} = 1,79 + 0,773^2 \cdot 11,7 = 8,745 \text{ кВт} ,$$

$$\Delta P_{1.cx.TP2} = 1 \cdot 8,745 = 8,745 \text{ кВт} ,$$

$$\Delta E_{TP2} = 8,745 \cdot 8760 = 76605,847 \text{ кВт} ,$$

$$Ц_{e.TP2} = 76605,847 \cdot 2,9 = 222156,956 \text{ грн} .$$

Капітальні затрати становлять:

$$K_{з.ТР} = 2 \cdot Ц_{ТР} .$$

Річні експлуатаційні затрати:

$$Ц_a = \phi \cdot K_{з.ТР} ,$$

де ϕ - коефіцієнт амортизаційних відрахувань на трансформатор, $\phi = 0,1$.

Сумарні річні затрати:

$$Ц = Ц_{e.ТР} + Ц_a .$$

Для першого варіанта:

$$K_{з.ТР1} = 2 \cdot 140000 = 280000 \text{ грн} ,$$

$$Ц_{a1} = 0,1 \cdot 280000 = 28000 \text{ грн} ,$$

$$Ц_1 = 221356,572 + 28000 = 249356,572 \text{ грн} .$$

Для другого варіанта:

$$K_{з.ТР2} = 2 \cdot 170000 = 340000 \text{ грн} ,$$

$$Ц_{a2} = 0,1 \cdot 340000 = 34000 \text{ грн} ,$$

$$Ц_2 = 222156,956 + 34000 = 256156,956 \text{ грн} .$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K_{з.ТР1} - K_{з.ТР2}}{Ц_2 - Ц_1} ,$$

$$T_{ок} = \frac{340000 - 280000}{256156,956 - 249356,572} = 8,823 \text{ роки} .$$

Так, як оптимальний термін окупності 6-7 років, а з розрахунків ми бачимо цей термін як близький до 9 років то варіант двох трансформаторів ТМ630-10 не підходить. Отже вибираємо трансформатор ТМ1000-10.

3.3 Розробка конструкції комплектної трансформаторної підстанції

КТП призначені для прийому, перетворення та розподілу електроенергії в стаціонарних установках трьохфазного змінного струму. Приводимо основні параметри КТП (таблиця 3.3)

Таблиця 3.3 – Паспортні дані КТП

Найменування параметра	Розрахункові дані	Дані КТП-2х1000
1.Потужність силового трансформатора (кВА):	771	1000
2.Номінальна напруга на стороні високої напруги (кВ):	10	10
3.Номінальна напруга на стороні низької напруги (кВ):	0,4	0,4
4.Частота змінного струму (Гц):	50	50
5.Номінальний струм збірних шин(кА): УВН РУНН	0,1 1,443	0,4 1,445
6.Струм електродинамічної стійкості (кА): УВН РУНН	42 20,218	51 50
7.Струм термічної стійкості за 1с (кА ² с): УВН РУНН	309 135	400 625

- Комплексна трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ

Трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ являє собою підстанцію блочно-модульного типу (утеплена) кіоскового виконання із кабельним вводом та кабельними виводами.

Вибір потужності трансформатора КТПБУ-10/0,4 кВ виконаний з врахуванням приєднуваної максимальної потужності будівельних механізмів, що становить 771 кВА.

На стороні НН встановити РШ типу XL-2086. В XL-2086 встановлено ввідний автоматичний вимикач NT16H23PEDO2.0A з $I_n=1600$ А.

Схема КТП приведена на рис. 3.1.

- ЛЕП 10 кВ

Електропостачання КТПБУ-10/0,4 кВ передбачається шляхом будівництва кабельної лінії КЛ-10кВ від КРПЗ ПС-52/10 кВ до РП-10 кВ Хірія КТПБУ-1000/10/0,4 кВ кабелем з зшитого поліетилену марки АПВВ 3х95.

Приєднання кабельної лінії в РП 10 кВ Хірія ТП 10/0,4 кВ виконано за допомогою кабельної муфти внутрішнього встановлення типу POLT-12D/3XI-N1-L16 А та кабельного адаптера RICS 5133.

- Організація системи обліку електроенергії

Загальний облік електроенергії LZQJ-XC з вбудованим модемом для передачі даних передбачено в комірці 10 кВ КРПЗ ПС-35/10 згідно п. 3.9 «Правил користування електричною енергією».

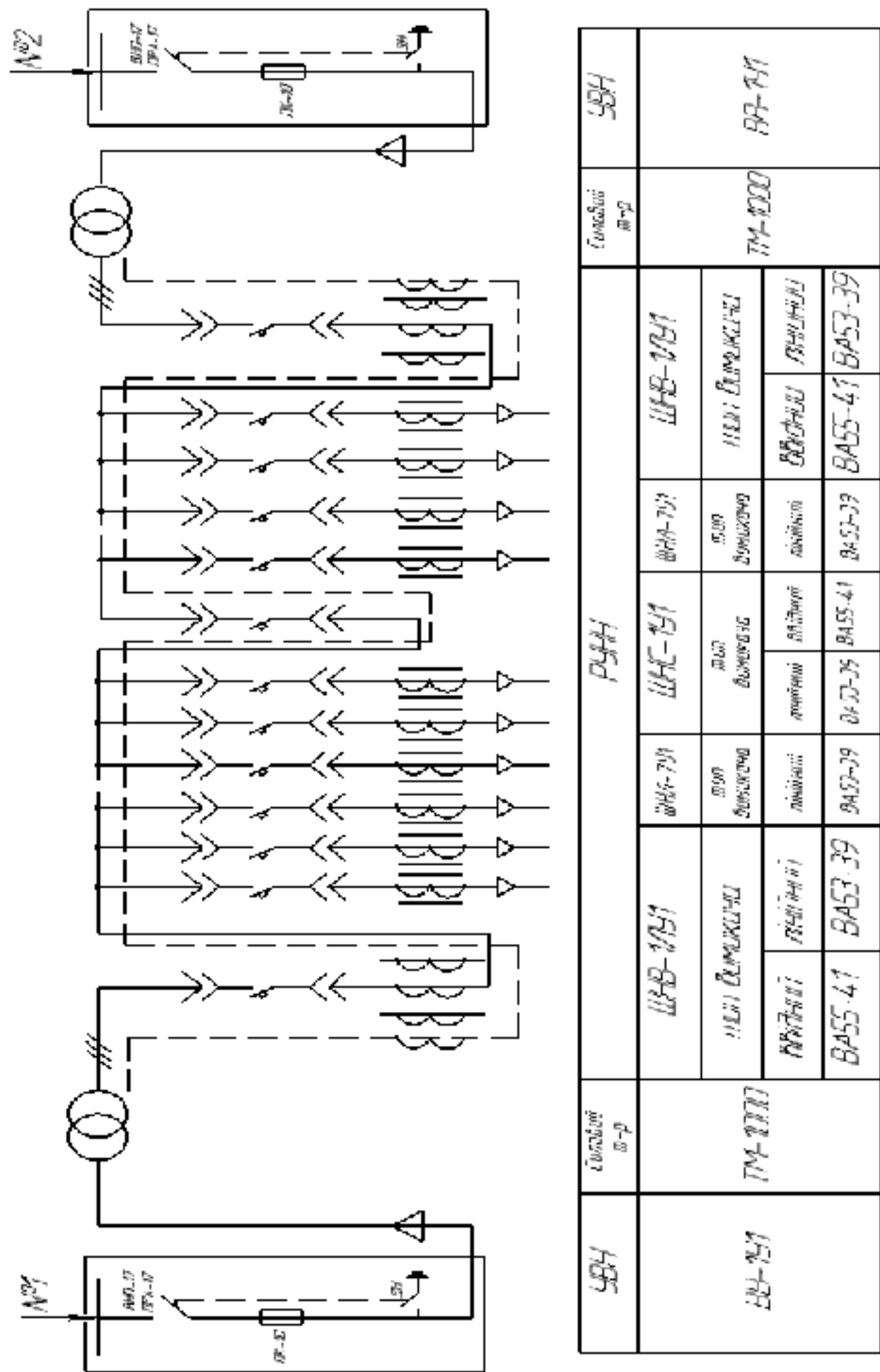
Будівельні рішення

- Будівельні рішення по КЛ 10 кВ.

Вибраний і вишуканий варіант траси узгоджений із зацікавленими організаціями.

Кабель ЛЕП 10 прокладено в землі змійкою із запасом 2% по усій довжині з дотриманням вимог, які висуваються для укладання високовольтного кабеля.

Для захисту КЛ-10 кВ прокладання кабелю передбачено в усиленній двостінній поліетиленовій трубі, у місці встановлення з'єднувальної муфти захист передбачено укладанням цегли. Сигнальна стрічка укладена в траншеї над кабелем. Траншея має підстилку з піску.



3.4 Висновки до розділу

В даному розділі був проведений розрахунок та вибір компенсуючого пристрою, вибір числа та потужності силових трансформаторів. Розроблена конструкція

Рисунок 3.1 - Схема КТП

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір системи освітлення і джерел світла

Освітлення може бути загальним рівномірним, загальним локалізованим, що виконане з врахуванням розміщення робочих місць, або комбінованим, яке складається із загального освітлення приміщення і місцевого освітлення робочих поверхонь. Виконання в приміщеннях лише місцевого освітлення забороняється.

Для приміщення пташника доречно застосувати систему загального локалізованого освітлення, в наслідок, великих розмірів освітлювальних поверхонь.

Висота приміщення дозволяє використати в якості джерел світла LED лампи, які мають ряд суттєвих переваг:

- високий світловий потік (1050 лм);
- великий строк служби (до 50000 год);
- мале енергоспоживання (11 Вт).

4.2 Вибір типу світильників і їх розміщення на плані приміщення

Вибір світильників здійснюється з врахуванням таких вимог:

- світлотехнічних (застосування світильників із захисним кутом або із світло розсіювальним склом, для зменшення засліплюваної дії; застосування світильників з розсіювачами, для зменшення відбитих променів; застосування світильників прямого або розсіяного світла, в приміщеннях з високими коефіцієнтами відбивання стелі, стін і робочих поверхонь);
- економічних, в тому числі енергетичних (при виборі найбільш економічного світильника обмежуються співставленням потужності, яка необхідна для вирішення даної задачі; енергетична економічність світильника визначається корисною світловою віддачею – добутком коефіцієнта

використання і світлового потоку використовуваних ламп (при лампах розжарювання це дає змогу підвищити енергетичну ефективність світильників великої потужності і компенсувати понижений коефіцієнт використання)).

- умови навколишнього середовища (*по захисту від пилу*: світильники бувають відкриті; перекриті; повністю пило-захищені; частково пило-захищені – з захистом від пилу лише струмовідних частин; повністю пилонепроникні; частково пилонепроникні; *по захисту від води*: світильники бувають: незахищені; крапле-захищені; бризко-захищені; тощо; *по захисту у вибухонебезпечних середовищах* світильники бувають: підвищеної надійності; вибухонепроникні. В сухих, вологих, сирих і жарких приміщеннях допускається будь-яке виконання світильників, але корпус патрона світильника, призначеного для експлуатації в сирих і вологих приміщеннях, повинен бути з ізоляційного, вологостійкого матеріалу, а для жарких приміщень весь світильник повинен бути виготовлений з матеріалу необхідної теплостійкості. В запилених приміщеннях залежно від кількості та характеру пилу, допускається використання повністю і частково пило-захищених або пилонепроникних світильників. В мало запилених приміщеннях допускається використання відкритих світильників. Пило-захищені (пилонепроникні) світильники допустимі, також, до встановлення в більшості приміщень з важкими умовами середовища).

Таким чином, на основі вище сказаного для даного приміщення вибираємо пилонепроникні світильники з полікарбонату, з LED лампами, для кріплення безпосередньо на підвісах.

Вибравши тип світильників, необхідно розмістити їх на плані приміщення, попередньо визначивши висоту світильників над підлогою [3]:

$$h_n = H - h_c ,$$

де H – висота приміщення, м; $H = 5 \text{ м}$,

h_c – відстань світильників від перекриття (“звіс”), м, (знаходиться в межах від 0 до 1,5 м); приймаємо $h_c = 1,5 \text{ м}$,

$$h_n = 5 - 1,5 = 3,5 \text{ м} .$$

Розрахункова висота (висота світильників над робочою поверхнею):

$$h = h_n - h_p ,$$

де h_p – висота розрахункової поверхні над підлогою (висота робочої поверхні), м, (знаходиться в межах від 0,8 до 1 м); приймаємо $h_p = 0$ м ,

$$h = 3,5 - 0 = 3,5 \text{ м} .$$

Розраховуємо відстані між світильниками:

для світильників ППД, згідно [3, табл. 4.16], $\lambda = 0,9 \div 1$,

$$L = \lambda \cdot h = (0,9 \div 1) \cdot 3,5 \approx (3,15 \div 3,5) \text{ м} .$$

Визначаємо кількість світильників для приміщення:

кількість світильників в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L_a} ,$$

де A – довжина приміщення, м; $A = 116$ м ,

L_a – відстань між світильниками по довжині приміщення, м; $L_a = 3$ м .

$$N_a = \frac{116}{3} = 38,6 ,$$

приймаємо $N_a = 39$ шт .

Кількість рядів світильників:

$$N_s = \frac{B}{L_s} ,$$

де B – ширина приміщення, м; $B = 54$ м ,

L_s – відстань між світильниками по ширині приміщення, м; $L_s = 3$ м .

$$N_s = \frac{54}{3} = 18 ,$$

приймаємо $N_s = 20$ шт ., так як на існуючому підприємстві їх 20 шт.

Тоді загальна кількість світильників:

$$N = N_a \cdot N_s = 39 \cdot 20 = 780 \text{ шт} .$$

Розміщуємо світильники по освітлювальній площі, попередньо

визначивши відстані від стін до крайніх світильників (при $L = L_a = L_e = 3 \text{ м}$) (рис. 4.1):

$$l_a = \frac{A - L_a \cdot (N_a - 1)}{2} = \frac{116 - 3 \cdot (39 - 1)}{2} = 1 \text{ м}.$$

$$l_e = \frac{B - L_e \cdot (N_e - 1)}{2} = \frac{54 - 3 \cdot (20 - 1)}{2} = 1 \text{ м}.$$

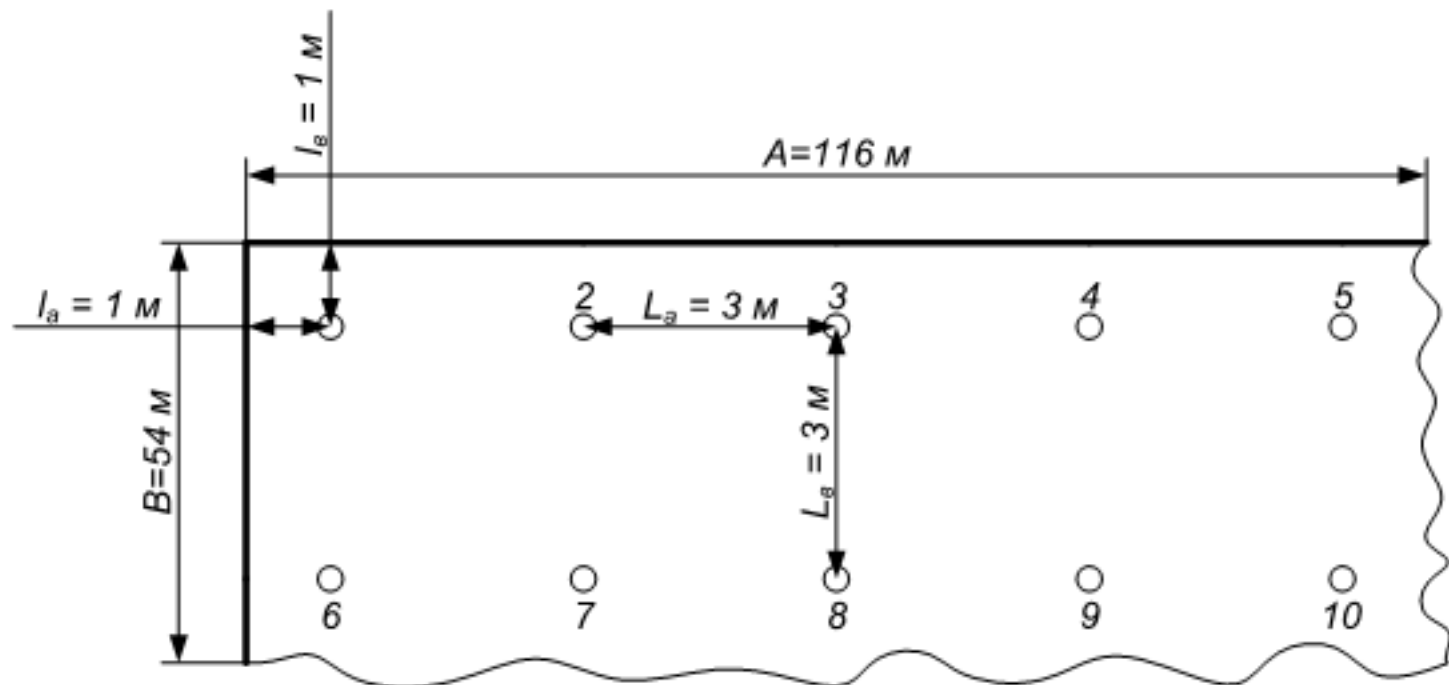


Рис. 4.1 – План приміщення з розміщенням світильників

4.3 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки

Згідно [3] норма освітленості, складає $E_n = 50 \text{ лк}$. Розрахунок ведемо методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)},$$

де $A; B$ – довжина і ширина приміщення, м,

h – розрахункова висота світильників, м.

$$i = \frac{116 \cdot 54}{3,5 \cdot (116 + 54)} = 10,5.$$

отримане значення більше максимального стандартного, отже приймаємо максимальне стандартне значення, $i = 5$.

Згідно [3, табл.5-3], знаючи, що $i = 0,7$, з врахуванням коефіцієнтів відбивання світла від стелі $\rho_n = 50\%$; стін $\rho_c = 30\%$; робочої поверхні $\rho_p = 10\%$, для світильника визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 61\%$.

Визначаємо розрахунковий світловий потік лампи:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot z}{N \cdot \eta},$$

де E_n – норма освітленості, лк; $E_n = 50$ лк,

S – площа приміщення, m^2 ; $S = A \cdot B = 116 \cdot 54 = 6264 m^2$,

K_z – коефіцієнт запасу (для LED ламп $K_z = 1,3 \div 1,5$), приймаємо $K_z = 1,3$.

z – коефіцієнт, що характеризує нерівномірність освітлення (для ламп розжарювання і LED ламп $z = 1,15$), приймаємо $z = 1,15$.

N – кількість ламп; $N = 780$,

η – коефіцієнт використання світлового потоку, взятий в долях одиниці, $\eta = 0,61$.

$$\Phi = \frac{50 \cdot 6264 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{780 \cdot 0,61} = 984 \text{ лм}.$$

Остаточно приймаємо (пило-захищений світильник) на одну LED лампу типу Т-А60-11W-3К-E27 потужністю $P_n = 11 \text{ Вт}$, із світловим потоком лампи $\Phi_n = 1050 \text{ лм}$. Номінальний світловий потік перевищує розрахунковий на 6,3%, що допускається.

Визначаємо сумарну потужність освітлювальної установки:

$$P_{уст} = N \cdot P_n = 780 \cdot 11 = 8580 \text{ Вт} = 8,6 \text{ кВт}.$$

Перевірку виконаних розрахунків проводимо методом точок з використанням просторових ізолюкс. Для цього, на рисунку 4.2 намічаємо контрольні точки a і b , визначаємо відстані d , від ближніх світильників до цих точок і їх значення заносимо в таблицю 4.1. По просторовим ізолюксам умовної

горизонтальної освітленості для світильників визначаємо умовну освітленість e від кожного світильника, а також, сумарну освітленість Σe від n світильників в контрольних точках a і b , дані заносимо в таблицю 4.2

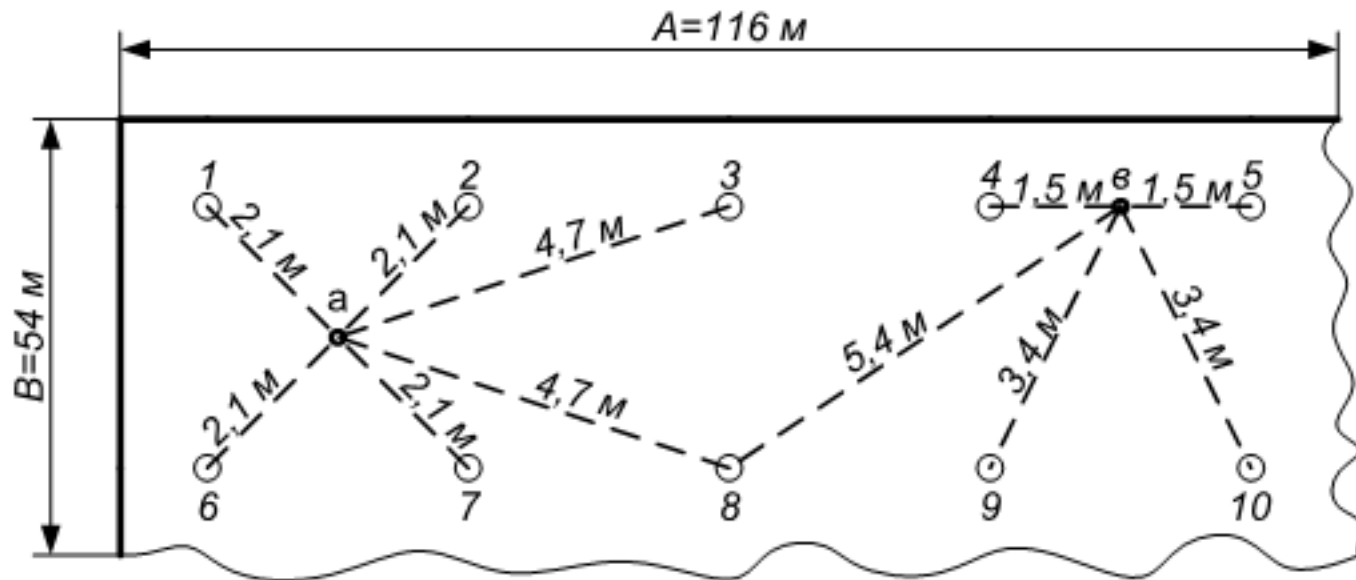


Рис 4.2 – План розміщення контрольних точок

Таблиця 4.1 – Сумарна освітленість світильників в контрольних точках

Точки	Номери світильників	Кількість світильників, N	Відстань до контрольної точки, d , м	Умовна освітленість, лк	
				від одного світильника e	від n світильників, $n \cdot e$
а	1;2;6;7	4	2,1	12	48
	3;8	2	4,7	3,1	6,2
					$\Sigma e_a = 54,2$
в	4;5	2	1,5	16	32
	9;10	2	3,4	6	16
	8	1	5,4	2	2
					$\Sigma e_b = 50$

З таблиці 4.1 видно, що умовна освітленість в обох точках різна, тому, визначаємо фактичну освітленість у точці b :

$$E_{ф.а} = \frac{\Phi_{л} \cdot \mu \cdot \Sigma e}{1000 \cdot K_{з}},$$

де $\Phi_{л}$ – світловий потік лампи, лм, $\Phi_{л} = 1050$ лм,

μ – коефіцієнт, що враховує дію віддалених (неврахованих) джерел

світла; він знаходиться в межах $\mu = 1,1 \div 1,2$, приймаємо $\mu = 1,2$,

K_s – коефіцієнт запасу, $K_s = 1,3$.

$$E_{\phi.a} = \frac{1050 \cdot 1,2 \cdot 50}{1000 \cdot 1,3} = 48,5 \text{ лк}.$$

Перевірка точковим методом показала, що вибрана, по результатам розрахунків методом коефіцієнта використання, лампа потужністю $P_d = 11 \text{ Вт}$, забезпечує норму освітленості $E_n = 50 \text{ лк}$, з відхиленням на -3% , що допускається.

4.4 Розрахунок електричної мережі освітлення

На плані приміщення, з розміщенням світильників, наносимо електричну мережу і намічаємо центри навантаження (рис. 4.3). Складаємо розрахункову схему освітлювальної мережі (рис.4.4).

Так, як освітлювальна установка великих розмірів, її розділено на два ЩСУ. Тому і розрахунок здійснюємо для одної половини, а для другої половини розрахунки будуть аналогічними.

Знаючи сумарну потужність освітлювальної установки (із світлотехнічного розрахунку) можна визначити потужність щитка освітлення:

$$P_{\text{щ}} = P_{\text{уст}} \cdot K_n,$$

де $P_{\text{уст}}$ – встановлена (сумарна) потужність освітлювальної установки, кВт ,

$P_{\text{уст}} = 17,2 \text{ кВт}$ так, як освітлення в нас розділене приймаємо $P_{\text{уст}} = 8,6 \text{ кВт}$,

K_n – коефіцієнт попиту, приймаємо $K_n = 0,95$.

$$P_{\text{щ}} = 8,6 \cdot 0,95 = 8,17 \text{ кВт}.$$

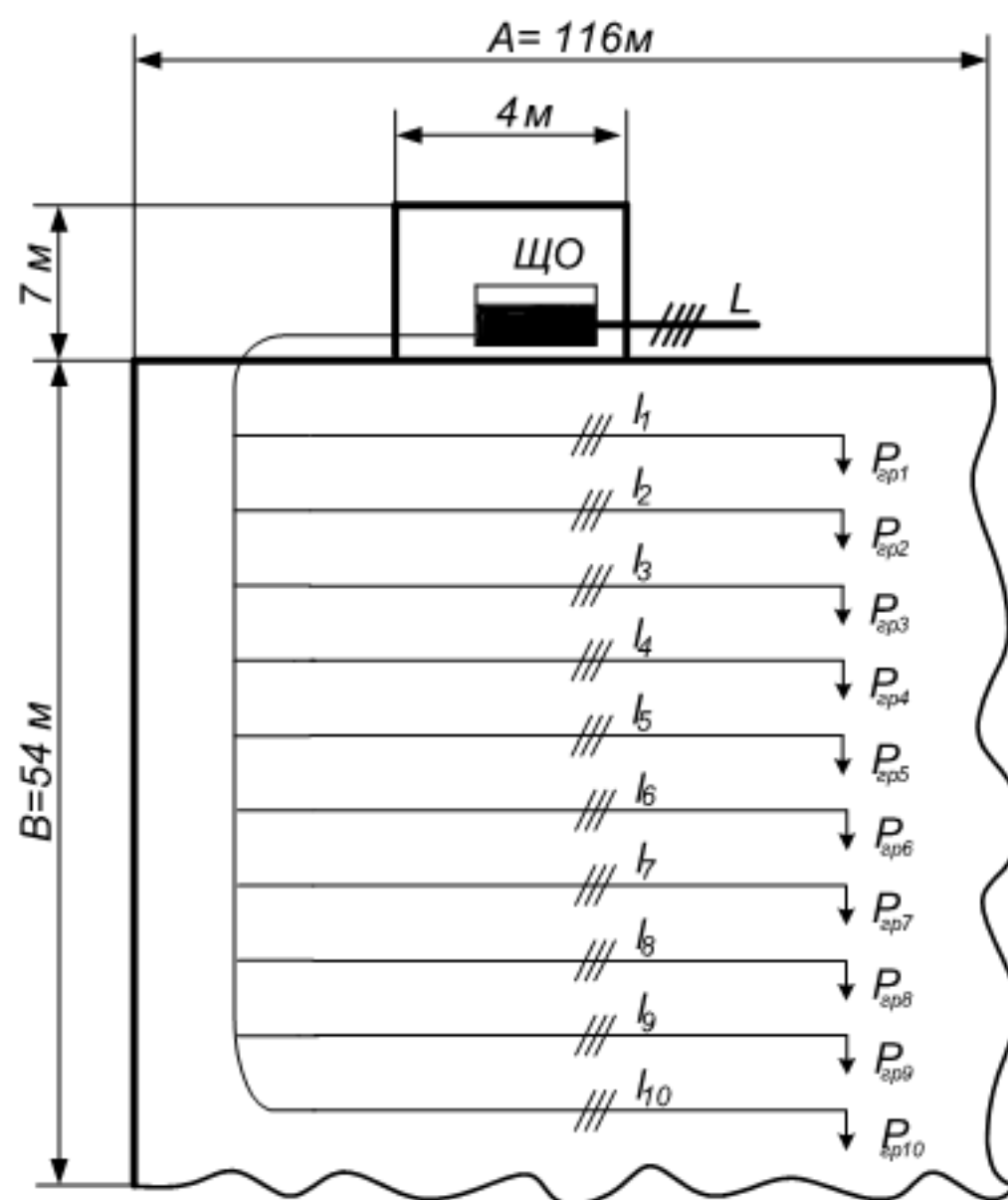


Рис. 4.3 – План приміщення з нанесенням електричної мережі.

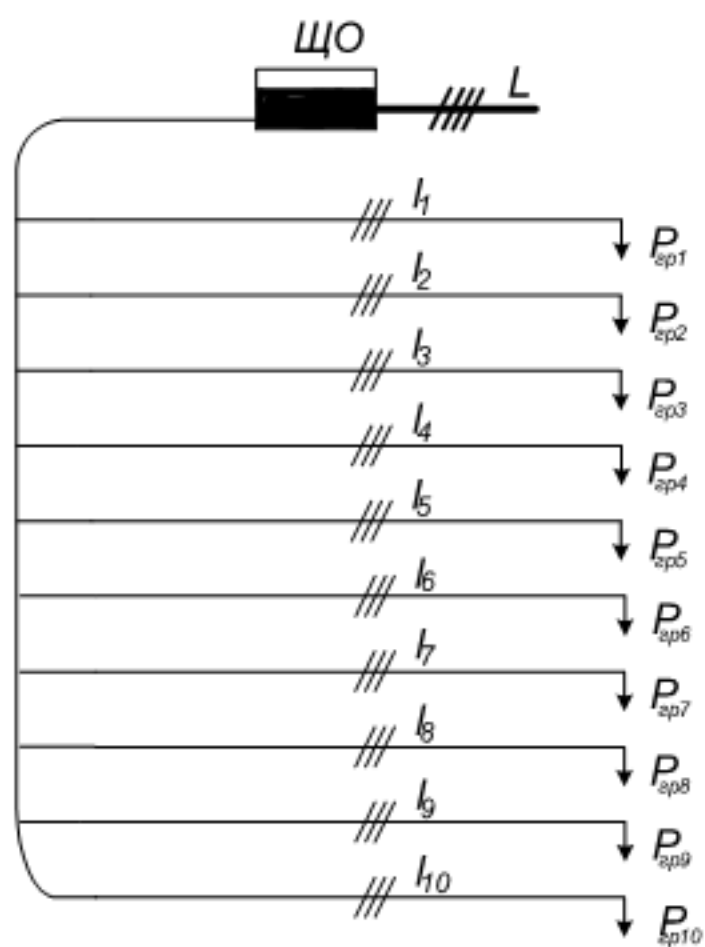


Рис. 4.4– Розрахункова схема освітлювальної мережі.

Визначаємо моменти навантаження груп світильників:

$$m_n = l_n \cdot P_{gp},$$

де l_n – довжина групової лінії, м

$$l_n = l_a + l_e + L_B = \frac{L_A \cdot (n_p - 1)}{2},$$

де L_A – відстань між світильниками по довжині приміщення, м, $L_A = 3$ м,

L_B – відстань між світильниками по ширині приміщення, м, $L_B = 3$ м,

l_a – відстань від стіни до першого світильника в ряду, м, $l_a = 1$ м,

l_e – відстань від стіни до першого ряду світильників, м, $l_e = 1$ м,

n_p – кількість світильників в ряду, $n_p = 39$.

$$l_1 = 1 + 1 + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 59 \text{ м}; \quad l_2 = 1 + 1 + 3 \cdot \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 62 \text{ м};$$

$$l_3 = 1 + 1 + (2 \cdot 3) + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 65 \text{ м}; \quad l_4 = 1 + 1 + (3 \cdot 3) + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 68 \text{ м};$$

$$l_5 = 1 + 1 + (4 \cdot 3) + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 71 \text{ м}; \quad l_6 = 1 + 1 + (5 \cdot 3) + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 74 \text{ м};$$

$$l_7 = 1 + 1 + (6 \cdot 3) + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 77 \text{ м}; \quad l_8 = 1 + 1 + (7 \cdot 3) + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 80 \text{ м};$$

$$l_9 = 1 + 1 + (8 \cdot 3) + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 83 \text{ м}; \quad l_{10} = 1 + 1 + (9 \cdot 3) + \frac{3 \cdot (39 - 1)}{2} = 86 \text{ м};$$

Так як висота звісу світильника становить 1,5 м, то до кожної довжини, враховуючи запас на підключення світильника, групової лінії плюсуємо 2 м.

Визначаємо потужність однієї групи:

$$P_{gp} = \frac{P_{\text{що}}}{n_{gp}},$$

де n_{gp} – кількість груп світильників, $n_{gp} = 10$.

$$P_{gp} = \frac{8,17}{10} = 0,81 \text{ кВт}.$$

Отже, групові моменти складають:

$$\begin{aligned} m_1 &= 61 \cdot 0,81 = 49,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}; & m_2 &= 64 \cdot 0,81 = 51,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}; \\ m_3 &= 67 \cdot 0,81 = 54,3 \text{ кВт} \cdot \text{м}; & m_4 &= 70 \cdot 0,81 = 56,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}; \\ m_5 &= 73 \cdot 0,81 = 59,1 \text{ кВт} \cdot \text{м}; & m_6 &= 76 \cdot 0,81 = 61,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}; \\ m_7 &= 79 \cdot 0,81 = 64 \text{ кВт} \cdot \text{м}; & m_8 &= 82 \cdot 0,81 = 66,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}; \\ m_9 &= 85 \cdot 0,81 = 68,9 \text{ кВт} \cdot \text{м}; & m_{10} &= 88 \cdot 0,81 = 71,3 \text{ кВт} \cdot \text{м}; \end{aligned}$$

Визначаємо момент навантаження живильної мережі:

$$M = L \cdot P_{\text{цпо}},$$

де L – довжина кабелю, що живить ЩО, $L = 20 \text{ м}$.

$$M = 20 \cdot 8,17 = 163,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо приведений момент навантаження:

$$M_{\text{пр}} = M + \alpha \cdot \sum m_i,$$

де α – коефіцієнт приведення, при переході від трифазної мережі з нулем до однофазної двохпровідної мережі, напругою 220 В , згідно [3, табл. 12.10] $\alpha = 1,85$.

$$\begin{aligned} M_{\text{пр}} &= 163,4 + 1,85 \times \\ &\times (49,4 + 51,8 + 54,3 + 56,7 + 59,1 + 61,6 + 64 + 66,4 + 68,9 + 71,3) = \\ &= 1280 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Визначаємо допустиму втрату напруги:

Згідно [3, табл. 12.6], по прийнятій потужності трансформатора ($S_n = 1000 \text{ кВА}$), його коефіцієнту завантаження ($K_z = 0,771$) і коефіцієнті потужності освітлення ($\cos \varphi = 0,95$) втрата напруги $\Delta U_{\%} = 5,5\%$.

Визначаємо переріз кабелю, що живить ЩСУ:

$$S_L = \frac{M_{\text{пр}}}{C \cdot \Delta U_{\%}},$$

де C – коефіцієнт, що залежить від системи мережі та її матеріалу; для двохфазної мережі з нулем, виконаної мідним проводом, даний коефіцієнт складає $C = 44$ згідно [3, табл. 12,9].

$$S_L = \frac{1280}{44 \cdot 5,5} = 5,3 \text{ мм}^2.$$

Посилаючись на таблицю [10] вибираємо стандартний переріз кабелю, що складає 6 мм^2 з тривало-допустимим струмом

$$I_{\text{дон}} = 37 \text{ А};$$

$$S_L \leq S_{\text{см}}; S_L = 5,3 \text{ мм}^2 < S_{\text{см}} = 6 \text{ мм}^2$$

умова виконується.

Приводимо марку кабелю: Н07 RN-F – 4g6

Визначаємо фактичні втрати напруги на ділянці (L):

$$\Delta U_{\Phi\%} = \frac{M}{C \cdot S_L} = \frac{163,4}{44 \cdot 6} = 0,62\%$$

Визначаємо допустиму втрату напруги для групових ліній:

$$\Delta U_{\text{гр.дон}} = \Delta U_{\%} - \Delta U_{\Phi\%} = 5,5 - 0,62 = 4,98\%$$

Визначаємо переріз жил провідників групових ліній:

$$S_1 = \frac{m_1}{C_{\text{гр}} \cdot \Delta U_{\text{гр.дон}}},$$

де $C_{\text{гр}}$ – коефіцієнт, що залежить від системи мережі та її матеріалу, для однофазної двох провідної мережі, виконаної мідним проводом цей коефіцієнт складає $C_{\text{гр}} = 7,4$.

Так, як усі групові моменти, за розрахунками, різні приймаємо найбільший груповий момент, $m_{10} = 71,3$, по ньому вибираємо переріз жил провідників групових ліній.

$$S_1 = \frac{71,3}{7,4 \cdot 4,98} = 1,9 \text{ мм}^2.$$

Отже згідно [6] вибираємо трьохжильний кабель марки Н07 RN-F перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ з тривало допустимим струмом

$$I_{\text{дон}} = 20 \text{ А};$$

$$S_1 \leq S_{\text{см}}; S_L = 1,9 \text{ мм}^2 < S_{\text{см}} = 2,5 \text{ мм}^2$$

умова виконується.

Приводимо марку проводу – Н07 RN-F – 3g2,5.

Вибраний кабель і провідники необхідно перевірити по умові нагріву:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p ,$$

де $I_{\text{доп}}$ – тривало допустимий струм навантаження кабелю (проводу), A ,

I_p – розрахунковий струм навантаження, A .

Визначаємо розрахунковий струм навантаження лінії, що живить ЩСУ, а також, групових ліній:

$$I_{p.\text{що}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{що}}}{2 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 8,17}{2 \cdot 380 \cdot 0,95} = 11,3 \text{ A} ,$$

$$I_{p.\text{гр}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{гр}}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 0,81}{220 \cdot 0,95} = 3,9 \text{ A} ,$$

Для лінії, що живить ЩСУ:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p.\text{що}} ,$$

$$I_{\text{доп}} = 37 \text{ A} > I_{p.\text{що}} = 11,3 \text{ A}$$

умова виконується.

Для групових ліній:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p.\text{гр}} , \quad I_{\text{доп}} = 20 \text{ A} > I_{p.\text{що}} = 3,9 \text{ A}$$

умова виконується.

Вибрані кабель і проводи необхідно захистити автоматичними вимикачами, виходячи із таких вимог:

$$U_{н.в} \geq U_{н.м} ,$$

$$I_{н.в} \geq I_p ,$$

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_p .$$

Отже, згідно [5, ст.5], для живильної лінії вибираємо чотирьох-полюсний автоматичний вимикач серії ІЕК ВА-47-29 4Р 16 А, попередньо перевіривши його по умовах:

$$U_{н.в} = 380 \text{ В} = U_{н.м} = 380 \text{ В} ,$$

$$I_{н.в} = 16 \text{ А} > I_p = 11,3 \text{ А} ,$$

$$1,25 \cdot I_p = 1,25 \cdot 11,3 = 14,13 \text{ A}; I_{н.р} = 16 \text{ A} > 1,25 \cdot I_p = 14,13 \text{ A},$$

$$I_{доп} = 37 \text{ A} > I_{р.щого} = 16 \text{ A}$$

умови виконуються.

Остаточно вибираємо чотирьохполюсний автоматичний вимикач типу ВА-47-29 4Р 16 А.

Для захисту відхідних ліній вибираємо двохполюсні автоматичні вимикачі, згідно [5, ст.5], типу ВА-47-29, попередньо перевіривши їх по умовах.

$$U_{н.в} = 220 \text{ В} = U_{н.м} = 220 \text{ В},$$

$$I_{н.в} = 5 \text{ А} > I_p = 3,9 \text{ А},$$

$$1,25 \cdot I_p = 1,25 \cdot 3,9 = 4,9 \text{ А}; I_{н.р} = 5 \text{ А} > 1,25 \cdot I_p = 4,9 \text{ А},$$

$$I_{доп} = 20 \text{ А} > I_{р.щого} = 5 \text{ А}.$$

Остаточно вибираємо двополюсні автоматичні вимикачі типу ВА-47-29 2Р 5А.

4.5 Висновки до розділу

Проведено вибір системи освітлення, вибір світильників і їх розміщення, світлотехнічний розрахунок освітлення та розрахунок електричної мережі освітлення.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Призначення і технічна характеристика ліфта

Ліфти – це стаціонарні механізми, призначені для транспортування, з одного поверху на інший, вантажів та людей в кабіні, яка переміщується в шахті по направляючим. Для приводу ліфта використовується асинхронний електродвигун з фазним ротором з трьох-ступеневим пуском, що живиться від електромережі напругою 380 В.

Технічна характеристика і параметри ліфта:

- вантажопідйомність $G_n = 5000 \text{ кг}$; $G_n = 50000 \text{ Н}$;
- маса кабін $m_k = 1400 \text{ кг}$;
- кількість зупинок $n = 3$;
- швидкість руху кабін $v = 0,5 \text{ м / с}$.

Основне електрообладнання і привод з електродвигуном та гальмівним пристроєм, панель керування з апаратурою знаходяться в машинному відділенні.

5.2 Вимоги до електроприводу і обґрунтування вибору системи електроприводу

Для якісного виконання операцій по транспортуванню вантажів гідропривід ліфтів повинен забезпечувати [16]:

- плавний пуск та гальмування;
- точну зупинку кабін навпроти рівня підлоги поверху;
- швидкість руху ліфта не повинна залежати від завантаження;
- надійність та безпеку роботи, простоту і зручність керування.
- необхідні блокування нижнього і верхнього положень кабін ліфта, положень дверей кабін і шахти;
- приводний двигун ліфта повинен мати жорстку механічну

характеристику, повинен забезпечувати повторно-короткочасний режим роботи та бути ро рахованим на важкі умови пуску;

- схема керування ліфтом повинна забезпечувати дистанційне та місцеве керування, повинна забезпечувати захист електрообладнання від дії струмів КЗ.

5.3 Розрахунок потужності і вибір електричних двигунів електроприводу

Вибір потужності двигуна ліфта оснований на попередньому виборі двигуна для приводу насоса так, як рух ліфта здійснюється за допомогою гідроприводу.

Визначаємо еквівалентну статичну потужність за сумарний час робочих операцій:

$$P_{\text{дв.р.}} = \frac{K_z \cdot \gamma \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot t_n},$$

де K_z – коефіцієнт запасу ($1,1 \div 1,3$, приймаємо $1,1$);

γ – питома вага рідини $1000 \text{ кг} / \text{м}^3$ (для масла $\gamma = 12753 \text{ Н} / \text{м}^3$);

Q – продуктивність насоса, $Q = 100 \text{ м}^3 / \text{год}$;

H – повний напір, $H = 80 \text{ м}$; $H = 80 \text{ м}$;

t_n – ККД насоса, поршневі насоси $0,7 \div 0,9$, відцентрові насоси $0,45 \div 0,75$, приймаємо коефіцієнт для відцентрового насоса $0,45$:

$$P_{\text{дв.р.}} = \frac{1,1 \cdot 12753 \cdot 0,02 \cdot 80}{1000 \cdot 0,45} = 49 \text{ кВт}.$$

Для визначення розрахункової потужності необхідно еквівалентну статичну потужність привести до стандартної відносної тривалості ввімкнення, попередньо визначивши:

- сумарний час прискорень та уповільнень кабіни за цикл:

$$\Sigma t_1 = t_1 \cdot (n + 1),$$

де t_1 – час прискорення та уповільнення між сусідніми зупинками, с; згідно

[2, табл. 7.2] $t_1 = 1,6 \text{ с}$;

n – кількість зупинок; згідно [2, табл. 7.1] $n = 3$, тоді:

$$\Sigma t_1 = 1,6 \cdot (3 + 1) = 6,4.$$

- відстань, на яку піднялась кабіна за час прискорень та уповільнень:

$$S = \frac{v}{2} \cdot t_1 \cdot n,$$

де v – швидкість руху кабіни, м/с ; $v = 0,5 \text{ м/с}$, тоді:

$$S = \frac{0,5}{2} \cdot 1,6 \cdot 3 = 1,2 \text{ м}.$$

- сумарний час рівномірного руху кабіни вгору:

$$\Sigma t_2 = \frac{h \cdot (n_n - 1) - S}{v},$$

де h – висота поверху, м ; (приймається $h = 5 \text{ м}$.)

n_n – кількість поверхів; $n_n = 3$, тоді:

$$\Sigma t_2 = \frac{5 \cdot (3 - 1) - 1,2}{0,5} = 24 \text{ с}.$$

- сумарний час роботи привода за повний цикл:

$$\Sigma t_p = 2 \cdot \left(\Sigma t_2 + \frac{\Sigma t_1}{2} \right) = 2 \cdot \left(24 + \frac{6,4}{2} \right) = 54,4 \text{ с}.$$

- сумарний час пауз в роботі привода ліфта за цикл:

приймаємо $\Sigma t_e = 5000 \text{ с}$.

- час повного циклу без врахування часу затримок:

$$T_{\text{ц}}^* = \Sigma t_p + \Sigma t_e = 54,4 + 5000 = 5054,4 \text{ с}.$$

- час повного циклу (рейс кабіни):

$$T_{\text{ц}} = 1,1 \cdot T_{\text{ц}}^* = 1,1 \cdot 5054,4 = 5560 \text{ с}.$$

- розрахункове (фактичне) значення тривалості ввімкнення:

$$TB_p = \frac{\Sigma t_p}{T_{\text{ц}}} \cdot 100\% = \frac{54,4}{5560} \cdot 100 = 0,9\%$$

Приводимо еквівалентну статичну потужність до стандартної відносної

тривалості ввімкнення:

$$P_{с.в.р} = P_{с.в} \cdot \sqrt{\frac{TB_p}{TB_{ст}}},$$

де $TB_{ст}$ – стандартне значення тривалості ввімкнення; для вантажних ліфтів

$TB_{ст} = 25\%$, тоді:

$$P_{с.в.р} = 49 \cdot \sqrt{\frac{0,9}{25}} = 8,8 \text{ кВт}.$$

- визначаємо розрахункову потужність двигуна з врахуванням динамічних навантажень:

$$P_{дв.р} = k_z \cdot P_{с.в.р},$$

де k_z – коефіцієнт запасу, що враховує вплив на нагрівання двигуна при динамічних навантаженнях; ([11, ст. 175], $k_z = 1,3 \div 1,5$), приймаємо $k_z = 1,3$, тоді:

$$P_{дв.р} = 1,3 \cdot 8,8 = 11 \text{ кВт}.$$

По розрахунковій потужності з [12, табл. 17] вибираємо електродвигун серії 4А132М4У3 виходячи з умови вибору:

$$P_{дв.р} \leq P_{дв.н}$$

$$n_{дв.р} \approx n_{дв.н}, \text{ отже}$$

$$P_{дв.р} = 11 \text{ кВт} = P_{дв.н} = 11 \text{ кВт}.$$

Остаточного вибираємо двигун типу 4А132М4У3. Технічні дані двигуна заносимо в таблицю 5.1

Таблиця 5.1 – Технічні дані двигуна

Тип	P_n , кВт	ККД, %	$\cos\varphi$	M_{max} , Н·м	n , об/хв
4А132М4У3	11	87,5	0,87	2,2	1460

Вибраний двигун необхідно перевірити на допустиме перевантаження:

$$0,8M_{max} \geq M_{с.мах},$$

де $M_{с.мах}$ – статичний максимальний момент, Н·м,

$$M_{c.\max} = \frac{9550 \cdot P_{\text{дв.р}}}{n_n} = \frac{9550 \cdot 8,8}{1460} = 57,5 \text{ Н} \cdot \text{м}, \text{ тоді:}$$

$$0,8 \cdot M_{\max} = 0,8 \cdot 158 = 126,7 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{c.\max} = 57,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Умова вибору виконується.

Правильно вибраний двигун повинен забезпечити надійний розгін приводу, для цього повинні виконуватись умови:

$$M_{n.\text{ср}} = \frac{M_1 + M_2}{2} \geq 1,5 \cdot M_{c.\max} \text{ і}$$

$$M_2 \geq 1,2 \cdot M_{c.\max},$$

де $M_1; M_2$ – максимальний і мінімальний моменти двигуна при пуску, $\text{Н} \cdot \text{м}$:

$$M_1 = 1,8 \cdot M_n,$$

$$M_2 = 1,1 \cdot M_n,$$

де M_n – номінальний момент двигуна, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$$M_{c.\max} = \frac{9550 \cdot P_n}{n_n} = \frac{9550 \cdot 11}{1460} = 72 \text{ Н} \cdot \text{м}, \text{ тоді:}$$

$$M_1 = 1,8 \cdot 72 = 130 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_2 = 1,1 \cdot 72 = 79 \text{ Н} \cdot \text{м}, \text{ отже,}$$

$$M_{n.\text{ср}} = \frac{130 + 79}{2} = 105 \text{ Н} \cdot \text{м} > 1,5 \cdot M_{c.\max} = 1,5 \cdot 72 = 108 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_2 = 79 \text{ Н} \cdot \text{м} > 1,2 \cdot M_{c.\max} = 1,2 \cdot 72 = 86,4 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Умова вибору виконується.

5.4 Вибір схеми керування з елементами автоматики

При розгляді схеми керування будемо припускати, що силовий вимикач QF розімкнутий, що кабіна стоїть на другій зупинці, двері шахти і кабіни закриті. Із цього слідує, що контакт зупинки $SQ8$, який викликає зупинку кабіни при нормальній роботі ліфта, розімкнутий, і те ж саме можна сказати про контакт $SQ6$, який управляє положенням блокувальної засувки дверей поверху; при цьому замкнуті другі контакти, які контролюють положення дверей кабіни

(SQ7) і поверху (SQ5), уловлювачів (SQ4) (якщо вони установленні), температури масла в резервуарі і т. д.

Припустимо, що автоматичний вимикач QF замкнутий в випадку, коли кабіна зупинилась на поверсі після вирівнювання або була зупинена на кілька сантиметрів нижче поверху аварійними стопорами при її опусканні у зв'язку з зміною об'єму робочої рідини в циліндрі. При цьому збуджується реле KL , яке викликає замикаання контакту $KL:1$, відключення з затримкою часу реле $KT1$ з послідуочим відновленням подачі живлення на викличні кнопки $SB1$, $SB2$, $SB3$, і реле QFI^* , що супроводжується замикаанням контактів $QFI^*:1$ і $QFI^*:3$ і розмикаанням контакту $QFI^*:2$.

Якщо пасажир, який знаходиться в кабіні ліфта або на першому поверсі натисне кнопку $SB1$, визиваючи кабіну вниз, відбувається включення котушок реле $KL1$ і $KYA1$, які в свою чергу при втягуванні викликає замикаання контакту $SQ6$; разом з контактом $KYA1:1$ забезпечують подачу живлення на електромагніт $YA1:1$; разом з контактом $KL1:1$, при замкнутих контактах $KM:2$ і $QFI^*:1$ збуджують реле KH , з контактом $KL1:3$, викликають включення допоміжного реле AD контактора спуску, разом з своїм контактом $AD:4$, готують ланцюжок живлення котушки контактора спуску KM .

Включення реле KH викликає: при замикаанні контакту $KH:2$ – переривання в ланцюгу живлення електромагніту $YA1:1$ керування аварійними блокаторами; при розмикаанні контакту $KH:1$ – переривання в ланцюгу живлення котушки електроклапана SL ; при розмикаанні контакту $KH:4$ – переривання в ланцюгу живлення котушки контактора спуску KM ; при замикаанні контакту $KH:5$ – живлення котушки контактора підйому $KM2$; при замикаанні контакту $KH:3$ – подачу живлення на котушку реле KT , яке разом з своїми контактами $KT:1$ і $KT:2$ перериває ланцюга живлення котушок контакторів підйому і спуску, відповідно.

Збудження котушки $KM2$ викликає, через контакт $KM2:5$, включення котушки допоміжного контактора $KM1$, що приводить до включення мотора насосу. При цьому рідина направляється в циліндр, і кабіна починає піднімати з

низькою швидкістю так, як котушка електроклапана *SL* вимкнена.

Коли кабіна перевищує на декілька сантиметрів поріг другої зупинки відключається реле *KH*, яке разом з своїм контактом *KH:5* перериває подачу живлення на котушки *KM2* і *KM1* так, що при зупинці мотору насосу кабіна зупиняється. Одночасно з цим замикається контакт *KH:2* і подає живлення на електромагніт *YA1:1*, сердечник якого, шляхом розмикання і замикання відповідно вимикачів *QF1* і *QF2* викликає збудження реле *QF2** і відключення реле *QF1**, яке з контактом *QF1*:1* перериває подачу живлення на реле *KH*.

Крім того, оскільки в ланцюгу живлення котушки контактора *KM* замкнуті контакти *AD:4*, *KH:4*, *QF1*:2*, і через декілька секунд, замикається контакт *KT:2* реле часу *KT*, включається контактор *KM*, викликаючи з контактом *KM:4* спрацювання контактора *KM1*, і відповідно, електроклапанів *SP* і *SL*.

Тепер кабіна може почати спуск.

Перебуваючи поблизу першої зупинки, кабіна переміщає важіль контакту уповільнення поверху, при цьому перериваючи живлення реле *AD*. Це викликає замикання контакту *AD:1*, отже, знеструмлення електроклапана *SL* так, що кабіна уповільнивши хід, продовжує рух на низькій швидкості і розмикання контакту *AD:4*, яке, втім не робить ніякої дії, оскільки живлення котушок контакторів *KM* і *KM1* підтримується через контакт *SQ8*, який замикається при виході кабіни з другої зупинки.

Коли кабіна виявляється напроти першої зупинки, розмикання вимикача *SQ8* перериває подачу живлення на котушки контакторів *KM* і *KM1*, і кабіна зупиняється внаслідок відключення котушки електроклапана *SP*.

Відключення реле *KYA1* викликає відключення котушки втягуючої колодки, яка вертаючись в положення покою, переміщує важіль блокуючої засувки дверей першого поверху, розмикає контакт управління *SQ6* і одночасно з цим, контактом *KYA1:1* знеструмлює електромагніт *YA1:1*. Якір електромагніту. Переміщуючись під дією власної пружини, заставляє спрацювати аварійні блокіратори. Управління цією операцією здійснюється

розмиканням контакту $QF2$ і замиканням $QF1$.

Якщо пасажир захоче піднятися вгору натисненням кнопки $SB3$ він викликає включення реле $KL3$ і $KYA1$. Як і в попередньому випадку, включення реле $KYA1$ визиває включення електромагніту втягуючої колодки, що в свою чергу призводить до замикання контакту управління положенням блокувальної засувки $SQ6$. Включення реле $KL3$ викликає контактом $KL3:1$ включення реле KH , а з контактом $KL3:3$ – збудження допоміжного реле AS .

Включення реле KH викликає, як і в попередньому випадку: при розмиканні контакту $KH:2$ переривання ланцюга живлення електромагніту $YA1:1$; при розмиканні контакту $KH:1$ – переривання ланцюга живлення електроклапана SL ; при замиканні контакту $KH:5$ – збудження котушок контакторів $KM2$ і $KM1$. Отже, на мотор насоса поступає живлення і кабіна починає свій рух вгору на низькій швидкості, оскільки котушка електроклапана SL відключена.

Після проходження кабіною невеликої ділянки вгору, знеструмлюється реле KH . Це викликає: при замиканні $KH:2$ – збудження електромагніту $YA1:1$ якір якого, долаючи дію своєї пружини, вертає на місце аварійні блокіратори, розмикаючи вимикач $QF1$ і замикаючи вимикач $QF2$; при замиканні $KH:1$ – включення електроклапана SL ; при розмиканні контакту $KH:5$ – переривання живлення контакторів $KM2$ і $KM1$ і, отже, завершення руху кабіни вгору; при замиканні $KH:3$ – відключення реле часу KT .

Оскільки контакти $AS:4$ і $QF2^*:2$ замкнуті, через деякий час $KT:2$ відновить подачу живлення на котушки контакторів $KM2$ і $KM1$; тепер кабіна може починати свій рух вгору на розрахунковій швидкості.

Коли кабіна досягне положення поблизу третьої зупинки, розмикання контакту уповільнення $SA1$ призводить до відключення реле AS і до розмикання контактів $AS:4$ і $AS:1$.

Якщо розмикання контакту $AS:4$ не надає ніякої дії, оскільки він розімкнутий контактом зупинки $SQ8$, який замикається при виході кабіни з другої зупинки, розмикання контакту $AS:1$ викличе відключення котушки

електроклапана SL . кабіна уповільнює хід і продовжує рух вгору на низькій швидкості до тих пір, поки не розімкнеться контакт $SQ8$. Це вимикач, перериваючи подачу живлення на котушки $KM2$ і $KM1$, призводить до вимкнення мотору насоса, і відповідно, до зупинки кабіни, і до знеструмлення електромагніту втягуючої колодки, яка розблокує двері третьої зупинки, а також до знеструмлення електромагніту $YA1:1$, якір якого повертаючись в положення спокою, визначає готовність аварійних блокіраторів до спрацювання в випадку необхідності. Переміщення якоря відбувається при розмиканні вимикача $QF2$ і замиканні $QF1$.

5.5 Вибір елементів схеми керування і автоматики

Вибір автоматичних вимикачів

Умови вибору:

$$I_{н.а} \geq I_p$$

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_p$$

$$I_{спр.е.р} \geq 1,5 \cdot I_n$$

$$U_{н.а} \geq U_{н.м.},$$

де $I_{н.а}$ – номінальний струм автоматичного вимикача, А;

$I_{н.р}$ – номінальний струм розчеплювача, А;

$I_{спр.е.р}$ – струм спрацювання електромагнітного розчеплювача, А;

I_n – пусковий струм двигуна, А;

$$I_n = K_n \cdot I_{\text{н}},$$

де K_n – кратність пускового струму двигуна, ($K_n = 7,5$);

$I_{\text{н}}$ – номінальний струм двигуна, А; приймаємо, $I_{\text{н}} = I_p$,

де I_p – розрахунковий струм двигуна, А.

Визначаємо розрахунковий струм приводного двигуна ліфта:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta},$$

де P_n – номінальна потужність робочого (резервного) насоса, kBt , (табл. 2.3);

U_n – номінальна напруга двигуна, kB , $U_n = 0,38 \text{ kB}$;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності двигуна, (табл. 2.3);

η_n – ККД двигуна, (табл. 2.3), отже:

$$I_n = \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,86 \cdot 0,87} = 22 \text{ A}.$$

Тоді, пусковий струм двигуна становить:

$$I_n = 7,5 \cdot 22 = 165 \text{ A}.$$

Для захисту електродвигуна приводу ліфта вибираємо чотирьох-полюсний автоматичний вимикач (QF) серії ІЕК ВА88-35 згідно [13, ст.5] і перевіряємо його по умовах:

вимикач QF :

$$U_{n.a} \geq U_{n.m} - U_{n.a} = 380 \text{ B} = U_{n.m} = 380 \text{ B},$$

$$I_{n.a} \geq I_p - I_{n.a} = 100 \text{ A} > I_p = 22,$$

$$I_{n.p} \geq 1,25 \cdot I_p,$$

$$1,25 \cdot I_p = 1,25 \cdot 22 = 27,5 \text{ A} - I_{n.p} = 31,5 > 1,25 \cdot I_p = 27,5 \text{ A},$$

$$I_{cnp.e.p} \geq 1,5 \cdot I_n = 1,5 \cdot 165 = 248 \text{ A},$$

$$I_{cnp.e.p} = 250 \text{ A} > 1,5 \cdot I_n = 248 \text{ A}.$$

умови виконуються. Остаточного вибираємо автоматичний вимикач типу ВА88-35 250А.

Вибір магнітних пускачів (контакторів)

Умови вибору:

$$U_{n.a} \geq U_{n.dv},$$

$$I_{n.a} \geq I_{n.dv},$$

Роботу привода ліфта (двигун М) забезпечують магнітні пускачі

(KM1; KM2).

Згідно [14] вибираємо пускачі серії DILM і перевіряємо їх по умовах:

$$U_{н.а} = 380 \text{ В} = U_{н.дв} = 380 \text{ В},$$

$$I_{н.а} = 25 \text{ А} > I_{н.дв} = 22 \text{ А} - \text{умови виконуються.}$$

Остаточно вибираємо пускачі типу DILM 25-10 (24V DC) 25A Eaton з котушкою на 24 В (DC).

Вибір кнопок керування.

Схема керування ліфтом працює на напрузі 24 В. В даній схемі використовуються кнопки приказів (SB1 ÷ SB3) і кнопки викличні (SB1:1 ÷ SB3:1).

Для комутації кіл керування доцільно вибрати кнопки серії XB2, що розраховані на роботу при напрузі постійного струму до 220 В, при струмі 2,5 А; для виклику кабіни ліфта на поверх застосовуємо кнопки типу XB2-BA31; керування з кабіни здійснюється кнопками типу XB2-BA51.

Дані кнопки вибираємо по [15, с.39] і їх технічні дані заносимо в таблицю 5.2

Таблиця 5.2 – Технічні дані кнопок управління

Тип	U_n , В	I_n , А	Виконання по контактам
XB2-BA31	48	1,3	
XB2-BA51	48	1,3	

5.6 Висновки до розділу

Проведено розрахунок потужності та вибір електродвигунів приводу гідравлічного ліфта. Також проведено вибір схеми керування та елементів керування і автоматики.

6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Кошторис на придбання та монтаж електрообладнання для «Niagara»

Кошторисна вартість – 3500,2 грн. в тому числі:

а) придбання обладнання – 2248,8 грн.

б) електромонтажні роботи – 1625,5 грн.

Таблиця 6.1 – Кошторис на придбання електрообладнання для «Niagara»

№ позиції		Найменування обладнання	Одиниці	Кількість	Ціна одиниці (грн.)			Загальна сума (грн.)		
Прейскурант	Цінник				Ціна придбання	Монтажні роботи		Ціна придбання	Монтажні роботи	
						Загалом	В т.ч. зарплати		Загалом	В т.ч. зарплати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Електродвигун 0,37 кВт, 1000 об/хв	шт.	1	1435	588, 4	235, 4	1435	588,4	235,4
		Автоматичний вимикач	шт.	1	628, 3	257, 6	103	628,3	257,6	103
		Пускач магнітний	шт.	1	378, 5	155, 1	62	378,5	155,1	62
Всього								2141, 8	1001, 1	400,4
Заготівельно-складські витрати 5%								107		
Всього								2248, 8		
Нарахування на заробітну плату 75%									300,3	300,3
Всього									1300, 4	700,7
Планові накопичення 25%									325,1	
Всього									1625, 5	
Всього по кошторису								2248, 8	1625, 5	700,7

6.2 Річний план-графік ТОР на електрообладнання

Найменування електроустаткування, тип, кількість, дата і вид останнього ремонту згідно даних підприємства.

Ремонтний цикл визначаємо за формулою:

$$P_{\text{ц}} = T_{\text{пл}} = T_{\text{табл}} \cdot \beta_o \cdot \beta_p \cdot \beta_k \cdot \beta_v \cdot \beta_n ,$$

де $T_{\text{табл}}$ [17, с. 98 табл. 4.1],

$\beta_o \cdot \beta_p \cdot \beta_k \cdot \beta_v \cdot \beta_n$ – коефіцієнти, літ. [17, с. 98 табл. 4.2].

$$P_{\text{ц}} = T_{\text{пл}} = 6 \cdot 12 \cdot 0,67 \cdot 0,85 \cdot 1 = 41 \approx 40 .$$

Міжремонтний період визначаємо за формулою:

$$M_n = t_{\text{пл}} = t_{\text{табл}} \cdot \beta_o \cdot \beta_p \cdot \beta_k \cdot \beta_v \cdot \beta_n ,$$

де $t_{\text{табл}}$ – [18, с. 98 табл. 4.1].

$\beta_o \cdot \beta_p \cdot \beta_k \cdot \beta_v \cdot \beta_n$ – коефіцієнти, літ. [17, с. 98 табл. 4.2].

$$M_n = t_{\text{пл}} = 8 \cdot 0,67 \cdot 0,7 = 3,7 \approx 4 .$$

Визначаємо структуру ремонтного циклу за формулою:

$$P_p = \frac{T_{\text{пл}}}{t_{\text{пл}}} - 1 ;$$

$$P_p = \frac{40}{4} - 1 = 9 .$$

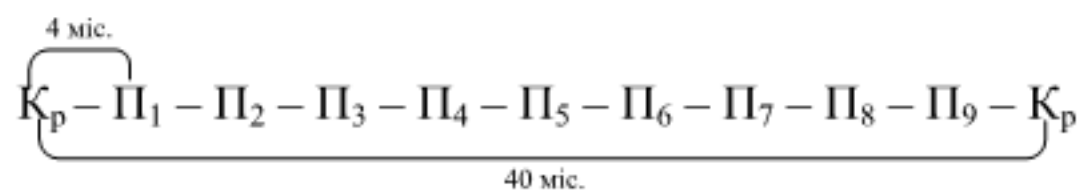


Рисунок 6.1 – Структура ремонтного циклу

Таблиця 6.2 - Річний план-графік ТОР

№ з/п	Найменування ел. устаткування	Тип ел. устаткування, об/хв	Кількість	Запов. в експл. або останній ремонт		Ремонтний цикл	Міжремонтний період	Планові ремонти протягом року												Планована к-сть ремонтів						Поправочний коеф.						Скоректована трудомісткість		Планова трудомістк. люд./год.			Трудомістк. обслуговування	
				Дата	Шифр			Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	7	5	6				
																																			таблиця трудомісткості, люд./го	Поправочний коеф.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	5	6						
1	Ел. Двигун 10 кВт	1500	3	X	5 ₇	40	4		5 ₈				5 ₉				6			6	3	4	20	1,0	4	20	24	60	84	0,8	9,6							
2	Ел. Двигун 5,5 кВт	1500	4	XII	5 ₇	40	4				5 ₈				5 ₉						4	3	15	1,0	3	15	24	60	84	0,8	9,6							
3	Ел. Двигун 4,04 кВт	1500	4	IX	5 ₁	40	4	5 ₂				5 ₃				5 ₄				12	3	15	1,0	3	15	36		36	0,8	9,6								
4	Ел. Двигун 2,2 кВт	1500	16	IX	5 ₁	40	4	5 ₂				5 ₃				5 ₄				48	3	15	1,0	3	15	144		144	3,2	38,5								
5	Ел. Двигун 1,5 кВт	1500	2	IX	5 ₁	40	4	5 ₂				5 ₃				5 ₄				6	2	12	1,0	2	12			12	0,3	3,2								
6	Ел. Двигун 1,46 кВт	1500	24	IX	5 ₁	40	4	5 ₂				5 ₃				5 ₄				72	2	12	1,0	2	12	144		144	3,2	38,5								
7	Ел. Двигун 1,1 кВт	1500	238	XI	5 ₄	40	4		5 ₅				5 ₆					6		576	288	2	12	1,0	2	12	1152	3456	4608	38,6	463,1							
8	Ел. Двигун 0,75 кВт	1000	272	XII	5 ₇	40	4			5 ₈					5 ₉				6	544	272	2	11	1,1	2,2	12	1197	3291	4488	40,1	481,1							
9	Ел. Двигун 0,55 кВт	1000	64	X	5 ₈	40	4	5 ₉									5 ₁			128	64	2	11	1,1	2,2	12	282	774	1056	9,4	113,2							
10	Ел. Двигун 0,37 кВт	1000	128	IX	5 ₉	40	4	6								5 ₂				256	128	2	11	1,1	2,2	12	563	1549	2112	18,9	226,4							
11	Пускací маг. 0,37-10кВт		805	XI	5	40	4		5					5			5			2415	2,0			1,0	2		4830		9660	107,9	1294,4							
12	Автоматичний вимикач BA-2004 15A		3	IX	5	40	5		5					5					5	9	3			1,0	3	27		27	0,6	7,2								
13	Автоматичний вимикач BA-2002 10A		4	IX	5	40	5		5					5					5	12	3			1,0	3	36		36	0,8	9,6								
14	Автоматичний вимикач BA-2001 6A		4	IX	5	40	5		5					5					5	12	3			1,0	3	36		36	0,8	9,6								
15	Автоматичний вимикач BA-2001 4A		16	IX	5	40	5		5					5					5	48	3			1,0	3	144		144	3,2	38,5								
16	Автоматичний вимикач BA 2001 3A		26	IX	5	40	5		5					5					5	78	3			1,0	3	234		234	5,2	62,7								
17	Автоматичний вимикач PL7-C 1,6A		238	IX	5	40	5		5					5					5	864	3			1,0	3	2592		2592	57,9	694,7								
18	Автоматичний вимикач BA-2001 1A		336	IX	5	40	5		5					5					5	1008	3			1,0	3	3024		3024	67,5	810,4								
19	Автоматичний вимикач PZM01 0,6A		128	IX	5	40	5		5					5					5	384	3			1,0	3	1152		1152	25,7	308,7								
20	Т-ор 1000 кВ·А		1	IX	5 _{3 14}	96	24									6					1	60	300	1,0	60	300		300	4,0	48,2								
21	Вимикач вакуумний		3	VIII	5 ₁	24	8					5 ₂								3	7	25	1,0	7	25	21		21	1,4	16,9								
22	Т-ор струму	ТПК-10	2	XI	5 _{2 14}	96	24										5 ₃			2	3,5	12	1,0	3,5	12	7		7	0,5	5,6								
23	Роз'єднувач		3	I	5 ₁	48	16					5 ₂								3	2,4	8	1,0	2,4	8	7,2		7,2	0,5	5,8								
24	Т-ор напруги		3	XII	6	96	24												5 ₁	3	4,5	15	1,0	4,5	15	13,5		13,5	0,9	10,9								
25																																						
Всього																													30022			4717						

6.3 Розрахунок трудомісткості робіт, чисельності і фонду заробітної плати обслуговуючого і ремонтного персоналу

Планові ремонти протягом року розраховуємо згідно структури ремонтного циклу.

Планова кількість ремонтів дорівнює добутку суми ремонтів протягом року на кількість електроустаткування:

- для поточних ремонтів – $2 \cdot 3 = 6$;
- для капітальних ремонтів – $1 \cdot 3 = 3$.

Таблична трудомісткість ремонтів [17, с. 101 табл. 4.3]:

- для поточних ремонтів – 4;
- для капітальних ремонтів – 20.

Поправковий коефіцієнт [17, с. 102].

Скоригована трудомісткість дорівнює добутку табличної трудомісткості на поправочний коефіцієнт:

- для поточних ремонтів – $4 \cdot 1,0 = 4$;
- для капітальних ремонтів – $20 \cdot 1,0 = 20$.

Планова трудомісткість дорівнює добутку планової кількості ремонтів на скориговану трудомісткість:

- для поточних ремонтів – $6 \cdot 4 = 24$;
- для капітальних ремонтів – $3 \cdot 20 = 60$.

Трудомісткість обслуговування за місяць визначається за формулою:

$$T_{\text{руд.обсл.м}} = 10\% \cdot T_{\text{руд.скр}} \cdot n_{\text{змін}} \cdot n_{\text{устаткув}},$$

$$T_{\text{руд.обсл.м}} = 0,1 \cdot 4 \cdot 0,67 \cdot 3 = 0,8.$$

Трудомісткість обслуговування за рік дорівнює добутку трудомісткості за місяць на 12(місяців):

$$T_{\text{руд.обсл.р}} = T_{\text{руд.обсл.м}} \cdot 12,$$

Для іншого обладнання проводяться аналогічні розрахунки. Дані заносимо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Баланс робочого часу робітника

Показники	Неперервний режим роботи
1. Календарний фонд робочого часу:	365
а) вихідні	100
б) святкові	10
2. Номінальний фонд робочого часу (T_n)	365
3. Інші невиходи:	
а) відпустки	28
б) хвороби т. д.	4
4. Ефективний фонд робочого часу ($T_{\text{еф}}$)	223
5. Ефективний фонд робочого часу (год.)	1784
6. Коефіцієнт спискового складу ($K_{\text{сп}}$)	1,6

Коефіцієнт спискового складу визначаємо за формулою:

$$K_{\text{сп}} = \frac{T_n}{T_{\text{еф}}},$$

де: T_n – номінальний фонд робочого часу;

$T_{\text{еф}}$ – ефективний фонд робочого часу одного працівника

$$K_{\text{сп}} = \frac{365}{223} = 1,6.$$

При плануванні чисельності робочих розрізняють наявний і списковий склад робочих.

Наявне число ремонтників визначаємо за формулою:

$$\chi_{\text{рем наявн}} = \frac{T_{\text{труд}} \cdot K_a}{T_{\text{еф}} \cdot K_n},$$

де: $T_{\text{труд}}$ – сумарна трудомісткість ремонтних робіт з графіку ТОР (табл. 6.2, підсумок гр.30);

K_a – коефіцієнт аварійності = 1,05;

$T_{\text{еф}}$ – ефективний фонд робочого часу в годинах (табл. 6.3, $T_{\text{еф}} = 1784$);

K_n – коефіцієнт перевиконання норм = 1,1;

$$\chi_{\text{рем наявн}} = \frac{30022 \cdot 1,05}{1784 \cdot 1,1} = 16.$$

Спискову чисельність ремонтників визначаємо за формулою:

$$Ч_{сп}^{рем} = Ч_{наяви}^{рем} \cdot K_{сп} (чол),$$

де: $K_{сп}$ – коефіцієнт спискового складу (табл. 6.3). заокруглюємо до цілого числа осіб.

$$Ч_{сп}^{рем} = 16 \cdot 1,6 = 25,6 \approx 26.$$

Планову чисельність чергових визначаємо за формулою:

$$Ч_{наяви}^{черг} = \frac{T_{труд}}{T_{эф}},$$

де: $T_{труд}$ – трудомісткість по поточному обслуговуванню протягом року з графіку ТОР (табл. 6.2, підсумок гр.32)

$$Ч_{наяви}^{черг} = \frac{4717}{1784} = 2,6 \approx 3.$$

Спискову чисельність чергових визначаємо за формулою:

$$Ч_{списк}^{черг} = Ч_{наяви}^{черг} \cdot K_{сп} (чол),$$

$$Ч_{списк}^{черг} = 3 \cdot 1,6 = 4,8 \approx 5.$$

Зарплата визначається за формулою:

$$ЗП = T_{ст} \cdot T_{труд},$$

де: $T_{ст}$ – тарифна ставка;

$T_{труд}$ – трудомісткість;

$$ЗП_{Е.Р} = 19,8 \cdot 30022 = 594436 \text{ грн},$$

$$ЗП_{Ч.Е} = 22,54 \cdot 4717 = 106321 \text{ грн}.$$

Сума премії дорівнює добутку зарплати по тарифу на відсоток премії:

$$\Sigma_{П} = \frac{ЗП_{н.тар} \cdot 10\%}{100\%},$$

$$\Sigma_{П} = \frac{594436 \cdot 10\%}{100\%} = 59444 \text{ грн},$$

$$\Sigma_{П.Ч.Е} = \frac{106321 \cdot 10\%}{100\%} = 10632 \text{ грн}.$$

Доплата – це 5% від зарплати:

$$Д = \frac{ЗП_{п.тар} \cdot 5\%}{100\%},$$

$$Д_{Е.Р} = \frac{594436 \cdot 5\%}{100\%} = 29722 \text{ грн},$$

$$Д_{Ч.Е} = \frac{106321 \cdot 5\%}{100\%} = 5316 \text{ грн}.$$

Основна заробітна плата:

$$O_{осн.зн} = ЗП + \Sigma + Д,$$

$$O_{осн.зн} = 594436 + 59444 + 29722 = 683602 \text{ грн},$$

$$O_{осн.зн.Ч.Е} = 106321 + 106321 + 5316 = 122269 \text{ грн}.$$

Додаткова заробітна плата це 9% від основної заробітної плати:

$$Д_{зн} = \frac{O_{осн.зн} \cdot 9\%}{100\%},$$

$$Д_{зн.Е.Р} = \frac{683602 \cdot 9\%}{100\%} = 61524 \text{ грн},$$

$$Д_{зн.Ч.Е} = \frac{122269 \cdot 9\%}{100\%} = 11004 \text{ грн}.$$

Фонд заробітної плати дорівнює сумі основної і заробітної плати:

$$\Phi_{зн} = O_{осн.зн} + Д_{зн},$$

$$\Phi_{зн.Е.Р} = 683602 + 61524 = 745126 \text{ грн},$$

$$\Phi_{зн.Ч.Е} = 122269 + 11004 = 133273 \text{ грн}.$$

Дані розрахунків заносимо в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок фонду заробітної плати робітників

Найменування груп робітників	Розряд	Кількість	Тарифна ставка, грн.	Трудомісткість, люд/год.	Зарплата по тарифу, грн.	Премія		Доплата, грн.	Основна заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата, грн.	Фонд заробітної плати, грн.
						%	Сума, грн.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Електрик-ремонтник	IV	26	19,8	30022	594436	10	59444	29722	683602	61524	745126
Черговий електрик	V	3	22,54	4717	106321	10	10632	5316	122269	11004	133273
Всього					700757						878399

6.4 Розрахунок матеріалів на експлуатацію і ремонт електрообладнання

Визначаємо витрати на матеріали, які складають 100% заробітної плати по тарифу ремонтного персоналу (табл. 6.4):

$$B_{\text{мат}} = \frac{594436 \cdot 100\%}{100\%} = 594436 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на запасні частини, напівфабрикати і покупні вироби, які складають 200% від фонду заробітної плати по тарифу ремонтного персоналу (табл. 6.4):

$$B_{\text{з.ч}} = \frac{594436 \cdot 200\%}{100\%} = 1188872 \text{ грн.}$$

Визначаємо цехові витрати, які складають 150% від фонду заробітної плати по тарифу всього персоналу (табл. 6.4):

$$B_{\text{цех}} = \frac{700757 \cdot 150\%}{100\%} = 1051135 \text{ грн.}$$

Визначаємо загальнозаводські витрати, які складають 50% від фонду заробітної плати по тарифу всього персоналу (табл. 6.4):

$$B_{\text{заг.завод}} = \frac{700757 \cdot 50\%}{100\%} = 350378 \text{ грн.}$$

6.5 Кошторис витрат на експлуатацію і ремонт електрообладнання

Основна і додаткова заробітна плата – підсумок гр.12 (табл. 6.4)

Визначаємо витрати на соціальне страхування, які складають 22% від основної і додаткової заробітної плати:

$$B_{\text{соц.страх}} = \frac{\Phi_{\text{зн}} \cdot 22\%}{100\%},$$

$$B_{\text{соц.страх}} = \frac{878399 \cdot 22\%}{100\%} = 193248 \text{ грн.}$$

Матеріали на запасні частини, ремонт, цехові і загальнозаводські витрати згідно розділу 6.4.

Інші витрати складають 5% суми вищеперерахованих витрат:

$$I_{\text{вит}} = \frac{(878399 + 193248 + 594436 + 1188872 + 1051135 + 350338) \cdot 5\%}{100\%} =$$

$$= 212824 \text{ грн.}$$

Дані розрахунків заносимо в таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на експлуатацію та ремонт електрообладнання

№ з/п	Найменування витрат	Сума, грн.
1	Основна і додаткова заробітна плата виробничих робітників	878399
2	Відрахування на соціальне страхування	193248
3	Матеріали на ремонт	594436
4	Запасні частини, напівфабрикати	1188872
5	Загально-цехові витрати	1051135
6	Загальнозаводські витрати	350338
7	Інші витрати	212824
Всього:		4469302

6.6 Організація служби експлуатації електрообладнання

У міру зростання вимог до якості ремонту електрообладнання, особливого значення набувають засоби вимірювання відхилень від заданої точності. При цьому головним показником правильності вибору методів і засобів контролю є відношення погрішності вимірювання до допуску на вимірюваний розмір. Для установки раціональних засобів контролю потрібно знати контрольовані параметри погрішності вимірювального засобу. Ще одним із способів покращення ремонту електроустаткування є закупівля якісних матеріалів для ремонту того чи іншого устаткування. Тому, що на даний час є велика кількість не якісних або не дуже якісних матеріалів з меншою ціною на яку спокушаються при закупівлі матеріалів.

Ще одним способом покращення є купівля електроустаткування закордонного виробництва. На мою думку устаткування там роблять краще і якісніше, тобто якщо устаткування якісніше його не потрібно буде ремонтувати так часто як ремонтують наше, вітчизняне, устаткування. Окрім цього закупівля матеріалів для ремонту, запчастин і всього, що необхідно для ремонту також з закордону. Тому, вважаємо, що досліджене обладнання є якіснішим за функціональними характеристиками порівняно з наявним вітчизняним.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Заходи з техніки безпеки при експлуатації електрообладнання

Для підвищення надійності електропостачання на підприємстві ПАТ «Авіс» здійснюється оперативне обслуговування.

Оперативний персонал, який обслуговує електроустановки та електрообладнання підприємства ПАТ «Авіс» повинен мати групу з електробезпеки “3”. При обслуговуванні електрообладнання ТП оперативний персонал повинен мати групу з електробезпеки “4”.

Під час працевлаштування на підприємство ПАТ «Авіс», кожен працівник проходить вступний інструктаж з охорони праці на підприємстві. Даний інструктаж проводить головний інженер з охорони праці. В подальшому працівники підприємства щорічно проходять планові інструктажі з охорони праці. Після проходження інструктажу, кожен працівник розписується у відповідному журналі про проходження інструктажу з охорони праці.

Кожен працівник повинен мати посвідчення про перевірку знань з :

- електробезпеки;
- охорони праці;
- пожежної безпеки;
- технології виконання робіт.

Перевірка знань працівників з питань електробезпеки, охорони праці, пожежної безпеки, технології виконання робіт проводяться щорічно в обов'язковому порядку. Після проходження перевірки знань кожному працівнику повинно бути видано посвідчення в якому засвідчена дата проходження перевірки та рівень знання.

При огляді електричного обладнання напругою до 1 кВ, забороняється знімати попереджувальні плакати, огорожі, проникати за них, торкатись струмоведучих частин, усувати виявлені несправності. Особам з оперативного персоналу, що обслуговують виробниче електрообладнання, дозволяється

одноосібно відкривати, для огляду, двері пультів керування, щитів, пускових пристроїв.

Двері електроустановок повинні бути постійно замкнені, а також, повинно бути не менше двох комплектів ключів, один з яких є запасним. Ключі повинні бути пронумеровані і перебувати на зберіганні в оперативних працівників.

Виконання робіт. Під час робіт, в електроустановках напругою до 1 кВ, без зняття напруги на струмовідних частинах чи поблизу них необхідно:

- обгородити, розташовані поблизу робочого місця, інші струмовідні частини, що перебувають під напругою і до яких можливий випадковий дотик;
- працювати в діелектричному взутті чи стояти на ізольованій підставці;
- застосовувати інструмент з ізольованими рукоятками або користуватися діелектричними рукавицями.

Роботи, пов'язані з обслуговуванням цехового електрообладнання напругою до 1кВ, виконуються за розпорядженням і в порядку поточної експлуатації.

До таких робіт належать:

- перевірка вимірювальних приладів: лічильників, пристроїв автоматики та телемеханіки;
- роботи в колах дистанційного керування електроприводами;
- ремонт магнітних пускачів, контакторів, автоматичних вимикачів;
- заміна запобіжників;
- ремонт освітлення.

Дані роботи виконуються двома особами зі складу ремонтних працівників, один з яких повинен мати групу з електробезпеки “3”, а інший “2”. В окремих випадках з відома працівника, який віддає розпорядження, допускається виконання цих робіт одним працівником з ремонтного персоналу, з групою з електробезпеки “3”. Решта робіт виконується згідно наряду з виконанням необхідних організаційних і технічних заходів.

Особа, яка відповідає за енергогосподарство, повинна затвердити перелік

робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації, відповідно до умов цеху. [19].

7.2 Відомість спеціального інвентарю і пристосувань з техніки безпеки

Таблиця 7.1 – Відомість спеціального інвентарю з техніки безпеки

Засоби захисту	Кількість, шт.
1. Показчик напруги	один на напругу понад 1000 В два на напругу до 1000 В
2. Ізолюючі кліщі	1 шт.
3. Струмовимірювальні кліщі	одні до 1000 В
4. Діелектричні рукавички	2 пари
5. Діелектричні галоші	2 пари
6. Слюсарно-монтажний інструмент з ізоляційними ручками	1 комплект
7. Переносне заземлення	2 комплекти
8. Ізолюючі накладки	2 комплекти
9. Діелектричні килимки	з фасадної сторони щитів керування
10. Захисна каска	1 на працівника
11. Респіратори	2 шт.
12. Захисні окуляри	2 пари

На підприємстві ПАТ «Авіс» всі засоби захисту знаходяться в приміщенні постійного перебування оперативного персоналу.

7.3 Заходи з протипожежної безпеки з врахуванням відомості інвентарю

Пожежі виникають при порушенні протипожежних умов зберігання та користування горючими речовинами, а також, при неправильній експлуатації електротехнічних установок та пристроїв; при коротких замиканнях в

електричних мережах.

Характерні причини виникнення пожежі:

- порушення правил зберігання горючих речовин;
- порушення правил експлуатації електрообладнання в несправному стані;
- застосування несправних освітлювальних приладів;
- відсутність блискавковідводів;
- застосування несправної електропроводки і пристроїв, що створюють іскріння;
- порушення правил проведення зварювальних і вогневих робіт в місцях зберігання горючих речовин та матеріалів.

Заходи з пожежної безпеки:

- правильний вибір електрообладнання і пускорегулювальної апаратури;
 - правильна організація електрогазозварювальних робіт;
 - захист виробничих комунікацій від розповсюдження вогню;
 - комплектація електроустановок засобами пожежогасіння:
- а) ручні вогнегасники (ВВК-1,4; ВВК-3,5; ВВК-5,6) – для гасіння пожежі в електроустановках;
 - б) пожежна сигналізація і система автоматичного пожежогасіння кабельних тунелів, силових трансформаторів.

Організація пожежної безпеки підприємства покладається на керівників підрозділів, які зобов'язані :

- організувати вивчення та виконання типових правил всіма працівниками;
- організувати на об'єктах пожежотехнічну комісію і добровільну пожежну дружину;
- організувати проведення протипожежного інструктажу та занять з пожежотехнічного мінімуму;
- періодично перевіряти стан пожежної безпеки, наявність та справність технічних засобів;
- розробити інструкції про заходи з пожежної безпеки та затвердити у

головного інженера.

Відомість спеціального інвентарю з протипожежної безпеки (таблиця 7.2)

Таблиця 7.2 – Відомість спеціального інвентарю з протипожежної безпеки

Засоби пожежогасіння	Кількість, шт.
1.Вуглекислотні вогнегасники (ВВК-1,4; ВВК-3,5; ВВК-5,6)	2
2.Ящик з піском 1 м ³	1
3.Войлок, кошма або азбест 2×2 м	1
4.Лопата для піску	2

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння в приміщеннях і на території підприємства встановлені спеціальні щити з набором окрім перерахованих засобів:

- ломів – 2 шт.;
- багрів – 3 шт.;
- сокири – 2 шт.

Пожежні щити встановлені на видимих і легкодоступних місцях по можливості ближче до виходів з приміщень. [20].

Окрім первинних засобів пожежогасіння у цеху присутня централізована система пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Розроблена система пожежних резервуарів для постійної готовності централізованої системи пожежогасіння. Передбачена незалежна компресорна станція для забезпечення постійного належного тиску в централізованій системі пожежогасіння.

По усьому цеху у відповідних місцях розташовані вогнегасники для швидкого доступу до них працівниками і швидкого усунення пожежі.

На підприємстві ПАТ «Авіс» відведенні спеціальні місця для куріння, які обладнані усім необхідним згідно норм протипожежної безпеки.

7.4 Вимоги до розміщення та будівництва об'єктів господарювання

Будівництво будівель, споруд, розміщення там необхідного технологічного обладнання, влаштування основних комунально-технічних та технологічних систем та мереж повинно відповідати вимогам Державних будівельних норм ДБН В.1.2-4-2006 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)». Відповідно до вимог зазначених норм нові важливі промислові підприємства повинні будуватись за межами зони можливих руйнувань (за межами міської забудови.). У місті можна будувати лише бази та склади з товарами першої необхідності, підприємства для обслуговування населення.

При виборі місця будівництва цеху ПАТ «Авіс» враховували наявність поблизу підприємств, які можуть бути джерелом небезпеки (гідровузли, хімічні підприємства та ін.), рельєф місцевості, сейсмічність району, пануючі вітри.

Усі цехи ПАТ «Авіс» розташовані в економічно перспективних малих і середніх містах, селищах і сільських населених пунктах, розташованих від межі проектної забудови категорійних міст і об'єктів особливої важливості на відстані не менше: 60км від міст „особливої” і I групи, 40км – міст II групи, 25км – міст III групи і об'єктів „особливої важливості”.

Проектування і будівництво здійснювалось відповідно до таких вимог:

1. Будівлі і споруди на об'єкті були розміщені розосереджено.
2. Найбільш важливі виробничі споруди були побудовані з поглибленими або зниженої етажності, прямокутної форми в плані.
3. У складських приміщеннях встановлена мінімальна кількість вікон і дверей.
4. Всі дороги на території об'єкта виконані з твердим покриттям і забезпечують зручне і найкоротше сполучення між виробничими будівлями, спорудами і складами. На територію об'єкта є два в'їзди з різних напрямів.
5. Системи побутової і виробничої каналізації мають не менш двох випусків в міські каналізаційні мережі і пристрої для аварійних скидів в

спеціально обладнані котловани.

7.5 Заходи щодо підвищення стійкості систем енергопостачання

Для забезпечення надійного електропостачання в умовах надзвичайних ситуацій так, як ПАТ «Авіс» є стратегічним об'єктом (виробництво продукції харчування, а саме вироблення яєць), при проектуванні були враховані вимоги ЦЗ.

Електропостачання здійснюється від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива. Великі електростанції потрібно розміщувати на значних відстанях один від одного і від великих міст. Районні понижувальні станції, диспетчерські пункти і лінії електропередач необхідно розміщувати розосереджено і вони повинні бути надійно захищені.

Постачання електроенергії ПАТ «Авіс» передбачене від двох незалежних джерел живлення. При електропостачанні від одного джерела повинно бути не менш двох введів з різних напрямів.

Трансформаторні підстанції надійно захищені і їх стійкість не нижче за стійкість самого об'єкта.

Електроенергію до діляниць виробництва подається по незалежних електрокабелях, прокладених в землі.

Для стійкого постачання об'єктів енергією створено автономне резервне джерело електропостачання таке, як стаціонарний дизельний генератор потужності якого вистачає для забезпечення усіх потреб згідно електроспоживання на час відсутності електропостачання з централізованої мережі. Також для надійності електропостачання деяких виробничих процесів розроблене спеціальне система електропостачання на випадок виходу з ладу дизельного генератора. Система знаходиться в окремому захищеному приміщенні в якому знаходяться джерела безперебійного живлення такі, як акумуляторні батареї.

Система електропостачання надійно захищена від електромагнітного імпульсу ядерного вибуху. Наявний також грозозахист та блискавкозахист. Для забезпечення безпечної роботи обслуговуючого персоналу і поголів'я загалом розроблене і виконане захисне заземлення згідно усіх вимог ПУЕ.

7.6 Вимоги до систем водопостачання

Нормальна робота підприємства залежить від безперебійного постачання технічною і питною водою. Потреба підприємства ПАТ «Авіс» у воді досить висока. Так, як є велике поголів'я курей для життєдіяльності яких необхідна питна вода. Для обслуговування системи пожежогасіння, для технічних цілей миття, промивання і ін. також потрібна велика кількість води.

Порушення постачання підприємства водою може привести його до зупинки і викликати ускладнення в проведенні робіт по ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Для підвищення стійкості постачання підприємства водою система водопостачання базується не менш ніж на двох незалежних джерелах, один з яких підземне. З метою досягнення більшої незалежності водопостачання від централізованої мережі на території підприємства на даний час існує 7 артезіанських свердловин і кількість їх поступово збільшується. На об'єкті мережі водопостачання закільцьовані.

Артезіанські свердловини, резервуари чистої води і шахтні колодязі пристосовані для роздачі води в пересувну тару. Резервуари для зберігання і роздачі питної води обладнані герметичними люками і системою вентиляції для очищення повітря від пилу.

Стійкість мереж водопостачання підвищена шляхом заглиблення в ґрунт всіх ліній водопроводу і розміщенням пожежних гідрантів і вимикаючих пристроїв на території, яка не може бути завалена при руйнуванні будівель, а також при пристрої перемичок, що дозволяють відключати пошкоджені лінії і споруди.

На підприємстві ПАТ «Авіс» також передбачена система очищення і оборотне використання води для технічних цілей, це зменшує потребу у воді і підвищує стійкість водопостачання підприємства загалом.

7.7 Вимоги до систем газопостачання

На багатьох промислових об'єктах газ використовується як паливо. ПАТ «Авіс» не є виключенням. На даному підприємстві газ, в основному, є як джерело яке забезпечує тепло. Використовуються теплові завіси на рампах навантаження і розвантаження продукції, поголів'я. Використовуються теплові установки у системі забезпечення мікроклімату цеху, а саме для підтримання належної температури у цехах. Для надійного постачання, для цих цілей, газ подається на підприємство по двох незалежних газопроводах.

Газорозподільні станції, задля безпеки, розташовано за межами території об'єкта. На газовій мережі встановленні автоматичні вимикаючі пристрої, що спрацьовують від дії ударної хвилі.

На газопроводах також встановлено запірну арматуру і крани, що автоматично перекривають подачу газу при розриві труб, що дозволяє відключати аварійні ділянки /об'єкти від загальної мережі газопостачання.

Виконання вимог норм проектування сприяє не тільки безпечному та безперебійному функціонуванню підприємства, але і покращенню умов праці та проживання в даному районі.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, які спрямовані на попередження негативного впливу діяльності підприємства на навколишнє середовище, що забезпечує сприятливі та безпечні умови праці. Для охорони навколишнього середовища на підприємстві проводяться заходи для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємством:

- виявлення, оцінка, постійний контроль та обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу.
- розробка нормативно-правових актів та комплексу природоохоронних заходів.

Крім екологічної безпеки об'єкта (охорона навколишнього середовища на підприємстві) не менш важлива і безпека життєдіяльності на підприємстві. У це поняття входить комплекс організаційних і технічних засобів для запобігання негативного впливу виробничих факторів на працівників. Крім техніки безпеки праці робітники повинні дотримуватися правил з технічних вимог і нормативів підприємства, а також підтримувати санітарно-гігієнічні норми і мікроклімат на робочому місці.

Всі норми і правила екологічної та робочої безпеки повинні бути визначені і зафіксовані в певному документі . Екологічний паспорт містить загальні відомості про підприємство, використовувану сировину, опис технологічних схем вироблення основних видів продукції, схем очищення стічних вод і викидів у повітря, їх характеристики після очищення; дані про тверді й інші відходи, а також відомості про наявність у світі технологій, що забезпечують досягнення найкращих показників з охорони природи.

Працівники служби екологічного контролю беруть участь у заповненні і оформленні всіх граф екологічного паспорта, враховуючи сумарний вплив

шкідливих викидів у навколишнє середовище. При цьому враховуються допустимі концентраційні рівні шкідливих речовин на прилеглих до підприємства територіях, повітрі, поверхневих шарах ґрунту і водойм.

Одним із джерел негативного впливу на природу є також енергетика, внаслідок використання масляних трансформаторів і апаратів, а також, наявності електромагнітних випромінювань, тощо.

Під масляними трансформаторами і вимикачами на трансформаторній підстанції влаштовано маслоприймачі, які вміщують не менше 20% повного об'єму масла, з відведенням його в дренажну систему.

8.2 Заходи із забезпечення охорони навколишнього середовища на ПАТ «Авіс»

Внаслідок діяльності птахоферм відбувається потужне забруднення атмосферного повітря, води та ґрунту відходами тваринництва. В процесі життєдіяльності однієї курки утворюється 0,2 – 0,3 кг посліду, до цього варто додати забруднену підстилку, відходи інкубації, загиблу птицю та ін.

До основних способів перероблення гною відносять:

- метанове зброджування для одержання біогазу;
- тривале компостування з метою одержання органічного добрива;
- термічне висушування посліду;
- біологічне розкладання за допомогою спеціальних мікроорганізмів.

Великої шкоди водним об'єктам завдають стічні води птахівницьких підприємств. Під час роботи типової птахофабрики на 400 тис. курей-несучок утворюється понад 35 млн л стічних вод за рік. Основною проблемою є недостатнє очищення забруднених стоків, які, потрапляючи у річки та підземні води, забруднюють їх токсичними речовинами та патогенними мікроорганізмами.

Птахофабрики є потужним джерелом викидів в атмосферне повітря. В 1 м³ забруднених викидів міститься 3-20 мг аміаку, 1-3 мг сірководню, 0,10-

0,30% вуглекислого газу, 3-5 мг пилу, 70-900 тис. мікробних тіл. Аміак і сірководень утворюються в результаті розкладання органічних речовин посліду та підстилки. Вони зумовлюють неприємний запах, який зазвичай турбує мешканців населених пунктів, що розташовані неподалік від підприємств. Виділення аміаку відбувається під впливом мікрофлори із сечової кислоти. При цьому утворюється також вуглекислий газ.

Під час будівництва птахоферми надзвичайно важливою умовою є дотримання санітарно-захисної зони. Вона становить від 300 до 1200 м залежно від кількості утримуваних птахів.

На підприємстві впроваджені наступні заходи з охорони навколишнього середовища:

- пір'я-уловлювачі. Задля неможливості забруднювати повітря навколишні території відходами виробництва, а саме пір'ям.

- санітарні пропускники. Задля неможливості ввозу і вивозу шкідливих, хвороботворних організмів на територію підприємства так і з території підприємства. Автомобілі, а в особливості їх ходова частина, колеса, обробляються спеціальними знезаражуючими розчинами.

- новітні системи вентиляції. Для очищення повітря яке виходить з приміщень в атмосферу і розповсюджується навколишньою територією. Також присутня система вентиляції і в самому приміщенні для комфортного і не шкідливого перебування робочого та обслуговуючого персоналу в середині приміщення.

- автоматизований збір відходів. Відходи з усього виробництва надходять в одне спеціальне місце, ізольоване від виробничого приміщення для тимчасового зберігання і подальшого вивозу з підприємства.

- утилізація відходів виробництва. Підприємство на території не має власного обладнання для переробки відходів, але існує централізоване постачання відходів і місця де проходить утилізація, до біогазових установок. А також існує можливість закупівлі відходів в якості добрива, чим і користуються навколишні господарства.

- очистка стічних вод. На підприємстві існує система очищення стічних вод за допомогою бактерій які знезаражують воду і роблять її безпечною для навколишнього середовища. Технологічний процес очищення стічних вод включає такі етапи: змішування - усереднення стоків; двотенкова аеробна біологічна очистка; фільтрація - додаткова очистка стоків; ультра фіолетове знезараження стоків; зневоднення надлишкового мулу; зберігання надлишкового мулу на мулових майданчиках. Також є система повторного використання стічних вод для технічних цілей (миття обладнання, приміщень і т. д.).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У дипломній роботі проведено розробку системи електропостачання підприємства ПАТ «Авіс» із аналізом та вибором методів підвищення надійності системи електропостачання підприємства.

Отримано наступні результати:

1. Проведено аналіз методів підвищення надійності системи електропостачання.
2. Взято до уваги, що дане підприємство належить до I категорії по надійності електропостачання.
3. Запропонована комбінована схема електропостачання, як найбільш раціональна для даного підприємства.
4. Проведені розрахунки та вибір розподільчої мережі підприємства ПАТ «Авіс», що дозволить підвищити надійність електроспоживання.
5. Проведені розрахунки навантажень устаткування підприємства та встановлено, що повна потужність становить 771 кВА.
6. Обґрунтовано встановлення однієї двотрансформаторної підстанції потужністю 2x1000 кВА з коефіцієнтом завантаження 0,77 (один з трансформаторів є резервним).
7. Проведена розробка комплектної трансформаторної підстанції КТП-2x1000.
8. Проведені розрахунки освітлювального навантаження за методом коефіцієнту використання та обґрунтовано встановлення LED ламп.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок: вид. 3-тє перероб. і доп. – К.: «Мінпалененерго України». 2010. – 736 с.
2. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб.пособие / Б. Ю. Липкин. – М.: «Энергия». 1990. – 366 с.
3. Справочник для проектирования электрического освещения. Г. М. Кнорринг. Л.: Энергия, 1968. – 392 с.
4. ІЕК «Каталог комутаційного обладнання» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://iek.ua/upload/pictures/katalogi/commutation.pdf>
5. ІЕК «Каталог модульного обладнання» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://iek.ua/upload/pictures/katalogi/modulnoe.pdf>
6. Прайс ТОВ «ВЛГ Кабель Україна» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vlg.com.ua/Price/Index/38>
7. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навч.посібник/В. Г. Рудницький. – Суми : ВТД «Університетська книга» . 2007. – 820 с.
8. Методичні вказівки до курсового проекту з курсу „Електропостачання”./укладач Біленький Й. Т.–ТДТУ, Тернопіль–2004р.
9. Федоров А. А. , Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов. – М.; Энергоиздат, 1987, 368 с., ил.
10. Інтернет ресурс: <http://mitsan.com/upload/5h07rn-f.pdf>
11. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. Е. Н. Зимин. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 552 с.
12. Справочник электромонтера. А. П. Львов. – К.: Вища школа. 1980. – 376 с.
13. ІЕК «Каталог вимикачі автоматичні ВА88» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://iek.ua/upload/pictures/katalogi/VA88_tech-cat.pdf

14. Інтернет ресурс: <https://res.ua/magnitniy-puskach-dilm-25-10-rdc24-eaton.html>
15. Українська електротехнічна корпорація АСКОУКРЕМ «Каталог електротехнічної продукції», 2009 р.
16. Гидравлические лифты. Под ред. Г. Г. Архангельского и др. – Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва 2002.
17. Н. Н. Синягін «Система ТОР електроустаткування і мереж промисловості» Енергія 1984 р
18. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. в 2 т. т. 1 Электроснабжение/Под.общ.ред. А. А. Федорова – М.: «Энегррия».1987. – 592 с.
19. Підприємство ПАТ «Авіс». «Інструкція з хорони праці про заходи електробезпеки для електротехнічного персоналу»
20. Міністерство внутрішніх справ України. Наказ №1417 від 30.12.2014 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні»
21. И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов, Электроснабжение сельского хозяйства, М., Колос, 2000

ДОДАТКИ

Додаток А. Порівняльний розрахунок трансформаторів ТМ-400 та ТМ-1000

Розрахунки зроблені в програмному середовищі Mathcad 15 та подані у вигляді оригінального запису.

Потужність трансформаторів вибирається з урахуванням повної потужності силових споживачів, освітлення, і муніципального споживача.

Повна потужність силових споживачів становить:

$$S_p := 771 \quad \text{кВА}$$

Вибираємо два трансформатори, оскільки в схемі електропостачання є муніципальний споживач першої категорії. Так як, трансформатори можуть працювати як в перевантаженому (на 40%), так і в недовантаженому режимі, будемо розраховувати два варіанти:

Перший варіант:

ТМ400 – 10

Потужність трансформаторів:

Перший варіант:

$$S_{tr1} := 400 \quad \text{кВА}$$

Другий варіант:

ТМ1000 – 10

Другий варіант:

$$S_{tr2} := 1000 \quad \text{кВА}$$

Визначасмо коефіцієнт завантаження в нормальному і аварійному режимах:

Перший варіант:

$$K_{zav.tr1.nom} := \frac{S_p}{2 \cdot S_{tr1}} = 0.964$$

Перевантаження одного трансформатора можна проводити на 40%:

$$K_{zav.tr1.avar} := \frac{S_p}{1.4 \cdot S_{tr1}} = 1.377$$

Другий варіант:

$$K_{zav.tr2.nom} := \frac{S_p}{1 \cdot S_{tr2}} = 0.771$$

$$K_{zav.tr2.avar} := \frac{S_p}{1.4 \cdot S_{tr2}} = 0.551$$

Значення втрат холостого ходу, втрат короткого замикання, струму холостого ходу, напруги короткого замикання виберемо з табл. 5[3]. Вартість трансформаторів виберемо із табл.4 [3]:

Перший варіант:

$$\Delta P_{xx.tr1} := 0.83 \text{ кВт} \quad \Delta P_{kz.tr1} := 5.5 \text{ кВт} \quad I_{xx.tr1} := 1.8 \%$$

$$U_{kz.tr1} := 4.5 \% \quad C_{tr1} := 109000 \text{ грн}$$

Другий варіант:

$$\Delta P_{xx.tr2} := 1.55 \text{ кВт} \quad \Delta P_{kz.tr2} := 10.6 \text{ кВт} \quad I_{xx.tr2} := 1.2 \%$$

$$U_{kz.tr2} := 5.5 \% \quad C_{tr2} := 170000 \text{ грн}$$

Час включення:

$$t_{vkl} := 365 \cdot 24 \quad t_{vkl} = 8760 \text{ год}$$

Коефіцієнт зміни втрат вибираємо з [4] ст. 86:

$$K_{zm.vtr} := 0.02 \frac{\text{кВт}}{\text{кВАр}}$$

Визначаємо приведені втрати електроенергії:

Перший варіант:

$$\Delta Q_{xx.tr1} := S_{tr1} \cdot \frac{I_{xx.tr1}}{100} = 7.2 \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{kz.tr1} := S_{tr1} \cdot \frac{U_{kz.tr1}}{100} = 18 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_{xx.sh.tr1} := \Delta P_{xx.tr1} + K_{zm.vtr} \cdot \Delta Q_{xx.tr1} = 0.974 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{kz.sh.tr1} := \Delta P_{kz.tr1} + K_{zm.vtr} \cdot \Delta Q_{kz.tr1} = 5.86 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{sh.tr1} := \Delta P_{xx.sh.tr1} + K_{zav.tr1.nom}^2 \cdot \Delta P_{kz.sh.tr1} = 6.417 \text{ кВт}$$

Приведені втрати в двох трансформаторах:

$$\Delta P_{1.2.sh.tr1} := 2 \cdot \Delta P_{sh.tr1} = 12.834 \text{ кВт}$$

Втрати електроенергії за рік:

$$\Delta E_{tr1} := \Delta P_{1.2.sh.tr1} \cdot t_{vkl} = 112423.219 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість одного кіловата електроенергії для підприємства:

$$\underline{m} := 2.9 \text{ грн}$$

Вартість втрат електроенергії за рік:

$$C_{e.tr1} := \Delta E_{tr1} \cdot m = 326027.335 \text{ грн}$$

По другому варіанті:

$$\Delta Q_{xx.tr2} := S_{tr2} \cdot \frac{I_{xx.tr2}}{100} = 12 \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{kz.tr2} := S_{tr2} \cdot \frac{U_{kz.tr2}}{100} = 55 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_{xx.sh.tr2} := \Delta P_{xx.tr2} + K_{zm.vtr} \cdot \Delta Q_{xx.tr2} = 1.79 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{kz.sh.tr2} := \Delta P_{kz.tr2} + K_{zm.vtr} \cdot \Delta Q_{kz.tr2} = 11.7 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{sh.tr2} := \Delta P_{xx.sh.tr2} + K_{zav.tr2.nom}^2 \cdot \Delta P_{kz.sh.tr2} = 8.745 \text{ кВт}$$

Приведені втрати в одному трансформаторі:

$$\Delta P_{1.2.sh.tr2} := \Delta P_{sh.tr2} = 8.745 \text{ кВт}$$

Втрати електроенергії за рік:

$$\underline{\Delta E_{tr1}} := \Delta P_{1.2.sh.tr2} \cdot t_{vkl} = 76605.847 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість одного кіловата електроенергії для підприємства:

$$\underline{m} := 2.9 \text{ грн}$$

Вартість втрат електроенергії за рік:

$$C_{e.tr2} := \Delta E_{tr1} \cdot m = 222156.956 \text{ грн}$$

Капітальні затрати становлять:

По першому варіанті:

$$K_{z.tr1} := 2 \cdot C_{tr1} = 218000 \text{ грн}$$

По другому варіанті:

$$K_{z.tr2} := 2 \cdot C_{tr2} = 340000 \text{ грн}$$

Річні експлуатаційні затрати:

$$C_a = \phi \cdot K_{z.tr}$$

де ϕ - коефіцієнт амортизаційних відрахувань на трансформатор

$$\phi := 0.1$$

По першому варіанті:

$$C_{a1} := \phi \cdot K_{z.tr1} = 21800 \quad \text{грн}$$

По другому варіанті:

$$C_{a2} := \phi \cdot K_{z.tr2} = 34000 \quad \text{грн}$$

Сумарні річні затрати:

По першому варіанті:

$$C_1 := C_{e.tr1} + C_{a1} = 347827.335 \quad \text{грн}$$

По другому варіанті:

$$C_2 := C_{e.tr2} + C_{a2} = 256156.956 \quad \text{грн}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ok} := \frac{K_{z.tr1} - K_{z.tr2}}{C_2 - C_1} = 1.331 \quad \text{роки}$$

Додаток Б. Порівняльний розрахунок трансформаторів ТМ-630 та ТМ-1000

Розрахунки зроблені в програмному середовищі Mathcad 15 та подані у вигляді оригінального запису.

Зробимо перевірку того, чи дійсно є правильним вибір трансформатора ТМ1000 – 10 . Для цього проведемо наступний порівняльний розрахунок:

Перший варіант:

ТМ630 – 10

Потужність трансформаторів:

Перший варіант:

$S_{tr1} := 630 \text{ кВА}$

Другий варіант:

ТМ1000 – 10

Другий варіант:

$S_{tr2} := 1000 \text{ кВА}$

Визначаємо коефіцієнт завантаження в нормальному і аварійному режимах:

Перший варіант:

$$K_{zav.tr1.nom} := \frac{S_p}{2 \cdot S_{tr1}} =$$

Перевантаження одного трансформатора можна проводити на 40%:

$$K_{zav.tr1.avar} := \frac{S_p}{1.4 \cdot S_{tr1}} =$$

Другий варіант:

$$K_{zav.tr2.nom} := \frac{S_p}{1 \cdot S_{tr2}} =$$

$$K_{zav.tr2.avar} := \frac{S_p}{1.4 \cdot S_{tr2}} =$$

Значення втрат холостого ходу, втрат короткого замикання, струму холостого ходу, напруги короткого замикання виберемо з табл. 5[3]. Вартість трансформаторів виберемо із табл.4 [3]:

Перший варіант:

$$\Delta P_{xx.tr1} := 1.05 \text{ кВт} \quad \Delta P_{kz.tr1} := 7.6 \text{ кВт} \quad I_{xx.tr1} := 1.6 \%$$

$$U_{kz.tr1} := 5.5 \% \quad C_{tr1} := 140000 \text{ грн}$$

Другий варіант:

$$\Delta P_{xx.tr2} := 1.55 \text{ кВт} \quad \Delta P_{kz.tr2} := 10.6 \text{ кВт} \quad I_{xx.tr2} := 1.2 \%$$

$$U_{kz.tr2} := 5.5 \% \quad C_{tr2} := 170000 \text{ грн}$$

.....

Час включення:

$$t_{vkl} := 365 \cdot 24 \quad t_{vkl} = 8760 \text{ год}$$

Коефіцієнт зміни втрат вибираємо з [4] ст. 86:

$$K_{zm.vtr} := 0.02 \frac{\text{кВт}}{\text{кВАр}}$$

Визначаємо приведені втрати електроенергії:

Перший варіант:

$$\Delta Q_{xx.tr1} := S_{tr1} \cdot \frac{I_{xx.tr1}}{100} = 10.08 \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{kz.tr1} := S_{tr1} \cdot \frac{U_{kz.tr1}}{100} = 34.65 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_{xx.sh.tr1} := \Delta P_{xx.tr1} + K_{zm.vtr} \cdot \Delta Q_{xx.tr1} = 1.252 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{kz.sh.tr1} := \Delta P_{kz.tr1} + K_{zm.vtr} \cdot \Delta Q_{kz.tr1} = 8.293 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{sh.tr1} := \Delta P_{xx.sh.tr1} + K_{zav.tr1.nom}^2 \cdot \Delta P_{kz.sh.tr1} = 4.357 \text{ кВт}$$

Приведені втрати в двох трансформаторах:

$$\Delta P_{1.2.sh.tr1} := 2 \cdot \Delta P_{sh.tr1} = 8.713 \text{ кВт}$$

Втрати електроенергії за рік:

$$\Delta E_{tr1} := \Delta P_{1.2.sh.tr1} \cdot t_{vkl} = 76329.852 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість одного кіловата електроенергії для підприємства:

$$m := 2.9 \text{ грн}$$

Вартість втрат електроенергії за рік:

$$C_{e.tr1} := \Delta E_{tr1} \cdot m = 221356.572 \text{ грн}$$

По другому варіанті:

$$\Delta Q_{xx.tr2} := S_{tr2} \cdot \frac{I_{xx.tr2}}{100} = 12 \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{kz.tr2} := S_{tr2} \cdot \frac{U_{kz.tr2}}{100} = 55 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_{xx.sh.tr2} := \Delta P_{xx.tr2} + K_{zm.vtr} \cdot \Delta Q_{xx.tr2} = 1.79 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{kz.sh.tr2} := \Delta P_{kz.tr2} + K_{zm.vtr} \cdot \Delta Q_{kz.tr2} = 11.7 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{sh.tr2} := \Delta P_{xx.sh.tr2} + K_{zav.tr2.nom}^2 \cdot \Delta P_{kz.sh.tr2} = 8.745 \text{ кВт}$$

Приведені втрати в трансформаторі:

$$\Delta P_{1.2.sh.tr2} := \Delta P_{sh.tr2} = 8.745 \quad \text{кВт}$$

Втрати електроенергії за рік:

$$\Delta E_{tr1} := \Delta P_{1.2.sh.tr2} \cdot t_{vkl} = 76605.847 \quad \text{кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість одного кіловата електроенергії для підприємства:

$$m := 2.9 \quad \text{грн}$$

Вартість втрат електроенергії за рік:

$$C_{e.tr2} := \Delta E_{tr1} \cdot m = 222156.956 \quad \text{грн}$$

Капітальні затрати становлять:

По першому варіанті:

$$K_{z.tr1} := 2 \cdot C_{tr1} = 280000 \quad \text{грн}$$

По другому варіанті:

$$K_{z.tr2} := 2 \cdot C_{tr2} = 340000 \quad \text{грн}$$

Річні експлуатаційні затрати:

$$C_a = \phi \cdot K_{z.tr}$$

де ϕ - коефіцієнт амортизаційних відрахувань на трансформатор

$$\phi := 0.1$$

По першому варіанті:

$$C_{a1} := \phi \cdot K_{z.tr1} = 28000 \quad \text{грн}$$

По другому варіанті:

$$C_{a2} := \phi \cdot K_{z.tr2} = 34000 \quad \text{грн}$$

Сумарні річні затрати:

По першому варіанті:

$$C_1 := C_{e.tr1} + C_{a1} = 249356.572 \quad \text{грн}$$

По другому варіанті:

$$C_2 := C_{e.tr2} + C_{a2} = 256156.956 \quad \text{грн}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ok} := \frac{K_{z.tr2} - K_{z.tr1}}{C_2 - C_1} = 8.823 \quad \text{роки}$$

Додаток В. Принципова схема керування та автоматики гідравлічного ліфта

