

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Реконструкція системи електропостачання
кондитерської фабрики А.В.К., м. Мукачєво**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТЗ-41
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Остапчук Р. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Лупенко А. М.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Мовчан Л. Т.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____
(підпис) Тарасенко М. Г.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 08 » травня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Остапчуку Роману Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Реконструкція системи електропостачання кондитерської фабрики А.В.К.,
м. Мукачево

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

Затверджені наказом ректора від «05» травня 2023 року №4/7-517

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план підприємства, однолінійна схема
електропостачання, існуючі схеми живлення електроприймачів, схема розміщення обладнання і
силової мережі.

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Вимоги до електропостачання підприємств. Генеральний план підприємства. Генеральний план
підприємства з урахуванням реконструкції. План корпусу з електроприймачами. Схема
освітлення корпусу. Генплан підприємства з кабельними лініями. Схема розміщення
світильників аварійного освітлення. Розподіл світильників по фазах. Розрахункова схема та
схема заміщення. Типова структура АСКОЕ промислового підприємства. Схема об'єднаного
прогнозування для підприємства. Загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці			

7. Дата видачі завдання 08 травня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Розрахунковий розділ		
4	Проектно-конструкторський розділ		
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці		
6	Висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент

_____ (підпис)

Остапчук Р. А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Лупенко А. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Остапчук Роман Анатолійович. Реконструкція системи електропостачання кондитерської фабрики А.В.К., м. Мукачево.

Стор.– 62; рис. - 11; табл. - 21; джерел - 17; додатків - - .

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз роботи системи електропостачання, та розробка проекту реконструкції системи електропостачання кондитерської фабрики А.В.К., м. Мукачево.

Результатом роботи є розробка проекту реконструкції системи електропостачання для кондитерської фабрики А.В.К., м. Мукачево. Дана реконструкція електропостачання повинна відповідати найсучаснішим вимогам до систем, таким як надійність, економічність, безпека для людини та навколишнього середовища.

Отримано такі результати:

- розрахунок електричних навантажень;
- світлотехнічний розрахунок електричного освітлення;
- розрахунок електричних навантажень;
- вибір та перевірка перерізу кабельних ліній;
- електротехнічний розрахунок освітлювальної мережі;
- вибір мережевих електричних пристроїв та апаратів захисту;
- вибір перерізів проводів та жил кабелів;
- перевірка захисних апаратів.

Перелік ключових слів: РЕКОНСТРУКЦІЯ, ЕЛЕКТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ОСВІТЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	<u>7</u>
1.1 Вимоги до електропостачання підприємств	<u>7</u>
1.2 Система контролю і обліку електроенергії промислового підприємства	<u>11</u>
1.3 Висновки до розділу 1	<u>14</u>
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	<u>15</u>
2.1 Характеристика об'єкта та технічних показників електроприймачів	<u>15</u>
2.2 Розрахунок електричних навантажень на першому рівні електропостачання корпусу	<u>19</u>
2.3 Світлотехнічний розрахунок електричного освітлення	<u>22</u>
2.4 Розрахунок навантажень по підприємству	<u>27</u>
2.5 Вибір та перевірка перерізу кабельних ліній	<u>28</u>
2.6 Розрахунок електричного навантаження 2 рівня корпусу №8	<u>30</u>
2.7 Світлотехнічний розрахунок аварійного освітлення корпусу №8	<u>35</u>
2.8 Електротехнічний розрахунок освітлювальної мережі корпусу №8	<u>36</u>
2.8.1 Електротехнічний розрахунок робочого освітлення	<u>36</u>
2.8.2 Електротехнічний розрахунок аварійного освітлення	<u>38</u>
2.9 Висновки до розділу 2	<u>39</u>
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	<u>40</u>
3.1 Вибір мережевих електричних пристроїв та апаратів захисту	<u>40</u>
3.2 Вибір перерізів проводів та жил кабелів для підключення ЕП та силових об'єктів	<u>43</u>
3.3 Розрахунок струмів трифазного к.з. у мережі напругою понад 1 кВ	<u>45</u>
3.4 Розрахунок струмів трифазного к.з. у мережі напругою нижче 1 кВ по корпусу	<u>47</u>
3.5 Перевірка захисних апаратів мережі напругою нижче 1000 В на вимикаючу здатність	<u>52</u>
3.6 Висновки до розділу 3	<u>52</u>
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	<u>53</u>
4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки	<u>53</u>
4.2 Вимоги до проектування й побудови промислових підприємств	<u>57</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>60</u>
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	<u>61</u>

ВСТУП

Економія енергетичних ресурсів має здійснюватися шляхом переходу на енергозберігаючі технології виробництва; удосконалення енергетичного обладнання; реконструкцію застарілого обладнання; скорочення всіх видів енергетичних втрат та підвищення рівня використання вторинних ресурсів; покращення структури виробництва; перетворення та використання енергетичних ресурсів.

Система електропостачання підприємства складається з живильних, розподільчих, трансформаторних та перетворювальних підстанцій, також до неї входять: зв'язувальні кабельні та повітряні мережі та струмопроводи високої та низької напруги. Система електропостачання повинна бути надійна, зручна та безпечна в обслуговуванні та забезпечувала необхідну якість та кількість енергії, також забезпечувала безперебійність електропостачання у нормальному та післяаварійному режимах. При цьому система електропостачання повинна бути економічною за витратами, втратами енергії та витратами дорогих матеріалів та обладнання. Економічність та надійність системи електропостачання можна досягти шляхом застосування взаємного резервування мереж підприємств та об'єднання харчування промислових, комунальних та сільських споживачів [1-3].

Вимоги до електропостачання підприємств залежать також від категорії надійності електропостачання.

Актуальність. Реконструкція системи електропостачання промислового підприємства може бути дуже актуальною з кількох причин:

1. Надійність та стабільність: стара система електропостачання може бути ненадійною та нестабільною, що може призводити до перерв у виробництві та збитків.

2. Енергоефективність: застаріла система електропостачання може бути менш енергоефективною, що може підвищувати витрати на електроенергію та зменшувати конкурентоспроможність підприємства.

3. Відповідність технічним вимогам: стара система електропостачання може не відповідати сучасним технічним вимогам, що може ускладнювати підключення нового обладнання та машин до мережі.

4. Захист від аварійних ситуацій: стара система електропостачання може бути менш захищеною від аварійних ситуацій, що може призводити до можливих небезпек для працівників та майна підприємства.

5. Зменшення викидів шкідливих речовин: сучасні системи електропостачання можуть бути більш енергоефективними та зменшувати викиди шкідливих речовин в атмосферу, що може допомогти підприємству дотримуватися стандартів екологічної безпеки.

Узагальнюючи, реконструкція системи електропостачання промислового підприємства може допомогти підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати на електроенергію, підвищити безпеку працівників та майна, а також допомогти підприємству дотримуватися екологічних норм

Об'єктом дослідження є: електрична мережа кондитерської фабрики.

Предметом дослідження є: процес технічного та технологічного оновлення інженерної інфраструктури, що забезпечує постачання електроенергії підприємству.

Мета роботи аналіз роботи системи електропостачання, та розробка проекту реконструкції системи електропостачання кондитерської фабрики.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:**

- дати обґрунтування реконструкції системи електропостачання підприємства;
- здійснити розрахунок електричних навантажень з урахуванням розширення виробництва;
- провести розрахунок та вибір елементів освітлювальної мережі об'єктів виробництва;
- здійснити вибір електричного обладнання, кабельних ліній;
- розробити схему електропостачання.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вимоги до електропостачання підприємств

Вимоги до електропостачання підприємств можуть різнитися в залежності від типу діяльності та потреб споживача. Однак, загалом, наступні вимоги до електропостачання є важливими для підприємств [4]:

1. Надійність та стабільність: електропостачання повинно бути надійним та стабільним, щоб забезпечувати безперебійну роботу підприємства.

Надійність означає здатність системи електропостачання працювати без відмов та збоїв. На підприємстві використовуються десятки тисяч різних електроприладів та механізмів, і навіть найменший переривання в електропостачанні може призвести до збоїв та відмов у роботі устаткування. Тому, надійність системи електропостачання повинна бути максимальною, а будь-які збої та відмови повинні бути мінімізовані.

Стабільність означає здатність системи електропостачання підтримувати стабільний рівень напруги та частоти струму, які є необхідними для безперебійної роботи устаткування та механізмів. Нестабільність може призвести до збоїв у роботі електроприладів та механізмів, зниження продуктивності роботи та збільшення кількості відмов у роботі устаткування.

Для забезпечення надійності та стабільності електропостачання необхідно розробити та виконати комплекс заходів, включаючи:

- встановлення автоматичної системи регулювання напруги та частоти струму;
- застосування надійного електрообладнання та іншого обладнання;
- забезпечення резервного джерела живлення та системи резервного живлення;
- регулярний технічний огляд та планове технічне обслуговування систем електропостачання.

2. Якість електроенергії: електроенергія повинна відповідати певним стандартам якості, щоб забезпечувати нормальну роботу електронних пристроїв, машин та обладнання.

Якість електроенергії визначається за допомогою ряду параметрів, таких як напруга, частота, спотворення форми струму та напруги, флікер, гармоніки тощо. Ці параметри можуть впливати на роботу електроприладів та устаткування, що використовуються на промисловому підприємстві, і можуть призвести до збоїв, відмов, або зменшення терміну їх експлуатації.

Для забезпечення високої якості електроенергії в рамках реконструкції системи електропостачання можуть бути використані наступні заходи:

Встановлення фільтрів гармонік для зменшення рівня гармонік в мережі і підвищення якості напруги і струму.

- Встановлення автоматичних пристроїв регулювання напруги і частоти струму, що дозволяє підтримувати стабільний рівень електроенергії в системі.

- Заміна застарілого електрообладнання на сучасне, що відповідає вимогам якості електроенергії.

- Забезпечення надійного джерела живлення в разі відмови основного джерела.

- Проведення регулярного технічного обслуговування та виконання планових робіт з ремонту та заміни обладнання.

- Застосування спеціальних пристроїв для контролю та моніторингу параметрів якості електроенергії в системі.

3. Відповідність технічним вимогам: електропостачання повинно відповідати технічним вимогам, що встановлені для підключення до мережі.

Надійність та стабільність роботи системи електропостачання залежить від відповідності технічним вимогам. Неправильне виконання робіт може призвести до порушення балансу між виробництвом та споживанням електроенергії, внаслідок чого можуть виникнути збої в роботі обладнання та витрати на електроенергію збільшаться.

При реконструкції системи електропостачання необхідно виконувати технічні вимоги, які стосуються таких параметрів, як:

- Потужність електропостачання та забезпечення запасу потужності для забезпечення безперебійної роботи устаткування.
- Напруга та частота струму, які повинні відповідати стандартним значенням.
- Захист від перевантаження та короткого замикання.
- Забезпечення електробезпеки.
- Ефективне використання енергії та зменшення втрат електроенергії.
- Відповідність міжнародним та національним стандартам.

4. Енергоефективність: енергоефективність є важливою складовою при реконструкції системи електропостачання промислового підприємства. Це означає зменшення витрат на електроенергію та оптимізацію використання електроенергії, що призводить до економії коштів та зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Основні принципи енергоефективної реконструкції системи електропостачання:

- Використання енергоефективного обладнання та технологій. Наприклад, встановлення енергоефективних ламп, моторів, кондиціонерів тощо.
- Оптимізація режимів роботи обладнання. Наприклад, вимкнення не використовуваного обладнання, налаштування автоматичного керування електропостачанням, що дозволяє зменшити споживання електроенергії та витрати на її оплату.
- Зменшення втрат електроенергії. Наприклад, встановлення компенсаційних пристроїв реактивної потужності, що дозволяє знизити втрати електроенергії та покращити ефективність роботи електропостачання.
- Застосування відновлюваних джерел енергії. Наприклад, встановлення сонячних батарей, вітрових турбін, гідрогенераторів, що дозволяє

зменшити залежність від традиційних джерел енергії та знизити витрати на електроенергію.

– Постійний моніторинг та аналіз енергоспоживання. Це дозволяє вчасно виявляти та виправляти проблеми з енергоспоживанням та ефективно планувати використання електроенергії.

5. Захист від перенапруг: електропостачання повинно бути забезпечене системою захисту від перенапруг, щоб запобігти пошкодженню електронного обладнання та машин.

6. Захист від аварійних ситуацій: електропостачання повинно бути забезпечене системою захисту від аварійних ситуацій, щоб запобігти можливим небезпекам для працівників та майна підприємства.

7. Забезпечення відповідності нормам та правилам: електропостачання повинно відповідати вимогам норм та правил, що встановлені законодавством, щоб забезпечити безпеку працівників та майна підприємств.

Законодавство [5-10] встановлює певні норми та правила щодо безпеки електропостачання, відповідності стандартам та технічним вимогам, що повинні дотримуватися при реконструкції систем електропостачання.

Основні норми та правила, які повинні дотримуватися при реконструкції системи електропостачання:

– Норми безпеки. Необхідно дотримуватися норм безпеки, встановлених законодавством щодо електробезпеки та запобігання пожеж.

– Стандарти та технічні вимоги. Роботи з реконструкції системи електропостачання повинні відповідати вимогам стандартів та технічних умов, які встановлені для певного типу обладнання.

– Надійність та стабільність. Реконструкція системи електропостачання повинна забезпечувати надійність та стабільність роботи всього обладнання.

– Відповідність енергоефективності. Реконструкція системи електропостачання повинна забезпечувати відповідність вимогам щодо

енергоефективності, що дозволить економити електроенергію та знизити витрати на її оплату.

– Надійність захисту від перенапруг. Реконструкція системи електропостачання повинна забезпечувати надійний захист від перенапруг та інших випадків аварійного відключення електропостачання.

– Відповідність екологічним нормам.

1.2 Система контролю і обліку електроенергії промислового підприємства

На комерційному підприємстві АСКОЕ є комплекс коштів, що включають спеціалізовані технічні прилади, а також програмні інструменти, за допомогою яких проводиться аналіз витрат (або ж виробництва) енергоресурсів, залежно від потреб користувача .

Іншими словами, АСКОЕ – вимірювальна система для контролю та обліку з можливістю аналізу споживання, який допомагає виявити помилки в енергоспоживанні та розробити заходи щодо зниження витрат.

Облік електроенергії здійснюється за допомогою рівневої системи, складовими частинами якої є лічильники, концентратори, що здійснюють збирання та попередню обробку інформації, сервера для збору кінцевої інформації та її передачі, а також комутації між ними. Структура АСКОЕ представлена на рис. 1.1.

Першочерговою метою АСКУЕ є автоматичне збирання інформації про споживання енергоресурсів на кожному з обраних вузлів підприємства конкретним абонентом та своєчасне подання даної інформації співробітникам чи посадовим особам для подальшого вирішення низки завдань управління електропотужностями підприємства.

Також метою створення АСКОЕ є відстеження параметрів електропостачання, а також здійснення управління електропостачанням з

метою мінімізувати можливість виникнення відхилень від робочих параметрів і, отже, аварій.

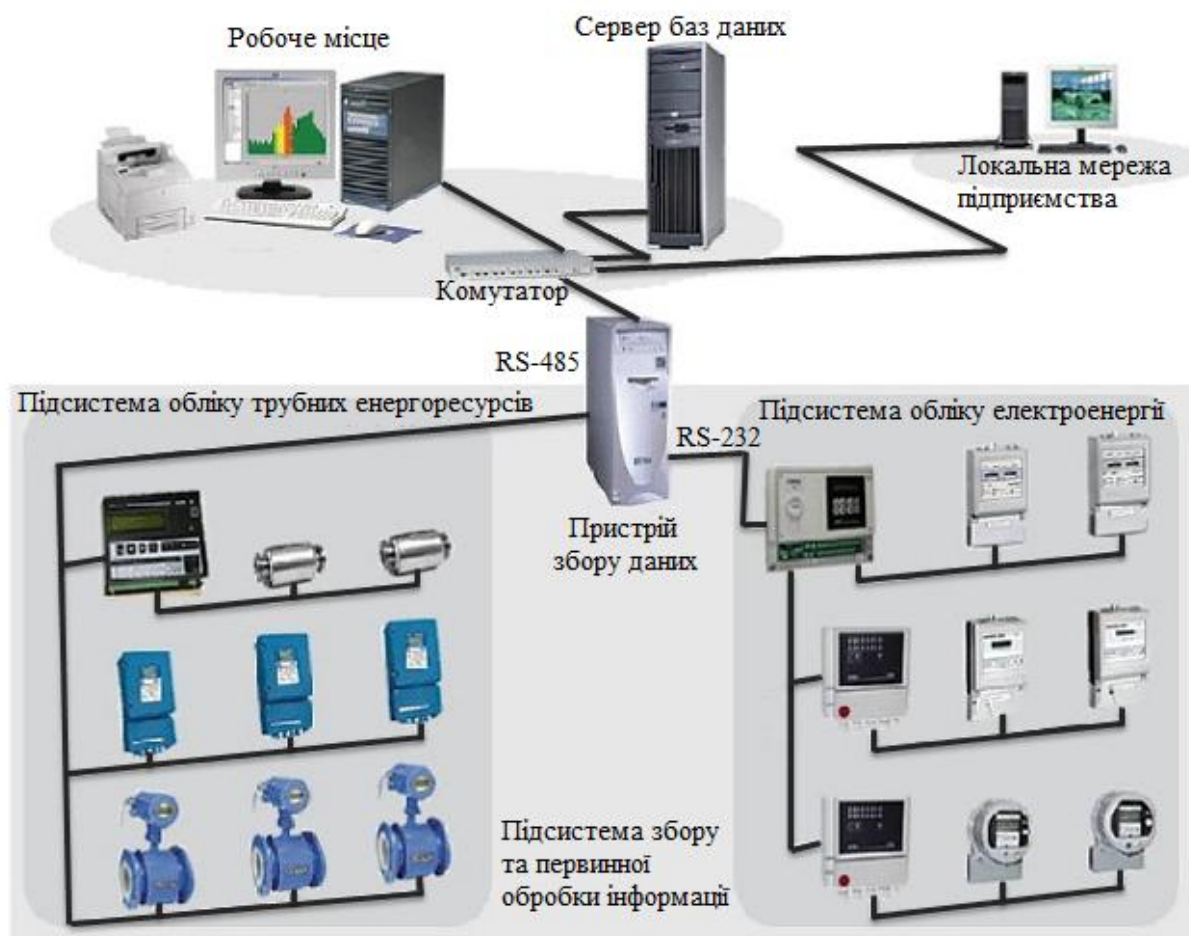


Рисунок 1.1 – Типова структура АСКОЕ промислового підприємства

Зменшення витрат енергоспоживання відбувається завдяки підвищенню точності та оперативності розподілу за планом електропостачання.

Забезпечуються виведення зібраних системою даних у реальному часі співробітникам, що обслуговують, а також надання актуальних фінансових розрахунків, з урахуванням діючої ціни на електроенергію.

До завдань АСКОЕ входять отримання оперативної та точної інформації про споживання електроенергії, концентрація цих даних, переведення даних на наступний рівень, а також виведення звітів та графічна побудова заданих залежностей, крім цього здійснюються зберігання та захист зібраної інформації від втрат та порушників .

Важливо, що інтервали збору даних, формування звітів, актів, відомостей, і навіть періодичність їх відправлення визначаються замовником.

До окремих завдань деяких систем також належить створення докладного прогнозу споживання енергії промисловим підприємством. У цьому прогнозі мають відобразитися особливості споживання електроенергії у кожному цеху, величина запланованого та фактичного енергоспоживання, і навіть план оптимізування споживання при обмеженні трафіку (рис. 1.2).

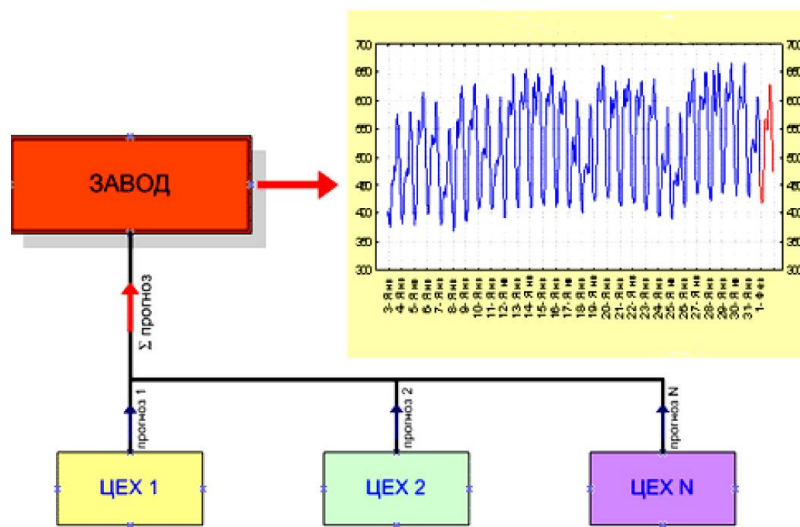


Рисунок 1.2 – Схема об'єднаного прогнозування для підприємства

Залежно від цілей та завдань АСКОЕ є багатофункціональним засобом для оптимізації витрат на електроенергію комерційного підприємства. Система дозволяє своєчасно та точно знімати дані з енергоспоживання з кожного рівня системи, а також з кожного об'єкта вимірювання, крім цього системи оснащуються програмним забезпеченням, яке ускладнює спроби несанкціонованого проникнення в систему та негайно попереджає про подібні порушення прав доступу. Система також має можливість автоматичного аналізу енергоспоживання за певний відрізок часу з метою виявлення нераціонального споживання електроенергії та вибору відповідної для даного виду виробництва тарифної системи. Таким чином, наразі АСКУЕ є необхідним рішенням для кожного промислового підприємства.

1.3 Висновки до розділу 1

У першому розділі були розглянуті вимоги до електропостачання підприємств, які можуть різнитися в залежності від типу діяльності та потреб споживача. Було відокремлене ряд основних вимог до систем електропостачання, є важливими для підприємств, а саме:

- надійність та стабільність
- якість електроенергії
- відповідність технічним вимогам
- енергоефективність
- захист від перенапруг
- захист від аварійних ситуацій
- забезпечення відповідності нормам та правилам.

Також в даному розділі було розглянуто аналіз автоматизованих систем комерційного обліку для промислових підприємств. Доведено, що наразі АСКОВ є необхідним рішенням для кожного промислового підприємства.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Характеристика об'єкта та технічних показників електроприймачів

На території підприємства наразі розташовано 7 об'єктів: адміністративний корпус, цех із випуску кондитерських виробів, слюсарний цех, насосна станція, автоваги, блок складів, гаражі. Всі об'єкти пов'язані одним технологічним процесом виготовлення борошняних кондитерських виробів і займають площу рівну 54 440 м².

Встановлена потужність підприємства складає 795.25 кВт. За надійністю електропостачання відноситься до II-ої категорії

Джерелом живлення підприємства є трансформаторна підстанція 110/10 кВ «Мукачево-б»

На території підприємства знаходиться розподільчий пункт 10 кВ, що знаходиться на відстані 180 м від ПС «Мукачево-б».

Від розподільчого пункту 10 кВ живлення подається на *ТП 10 / 0,4кВ*, що є основним та єдиним джерелом живлення підприємства.

У зв'язку із затребуваністю продукції було прийнято рішення про необхідність розширення виробництва, яке пов'язане із введенням нового корпусу виробництва карамельних виробів А запровадження нових виробничих потужностей призведе до реконструкції системи електропостачання підприємства.

Генплан підприємства та відомість електричного навантаження до реконструкції представлені на рис 2.1 та табл. 2.1

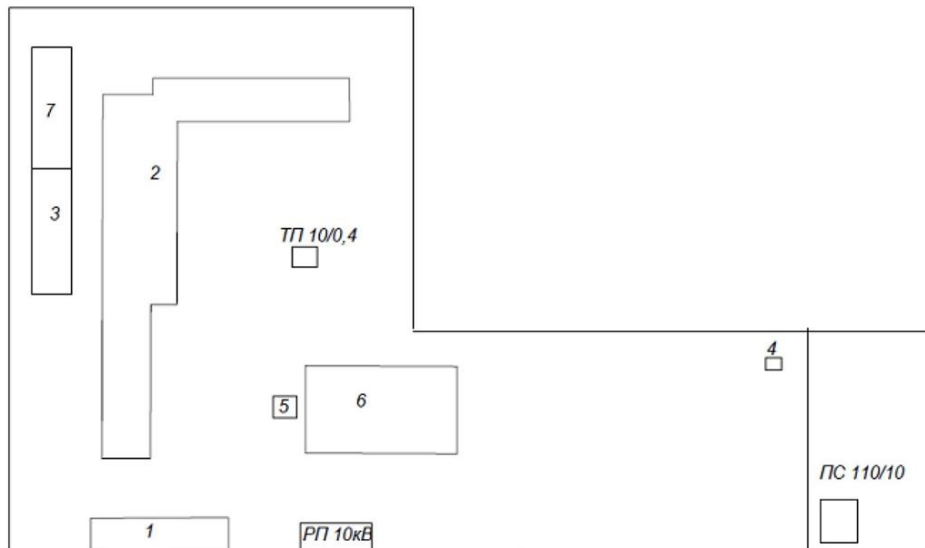


Рисунок 2.1 – Генеральний план підприємства

Таблиця 1.1 - Відомість електричного навантаження підприємства

№ на плані	Найменування споживача	$S_{ном}$, кВт	$P_{ном}$, кВт
1	Адміністративно-побутовий корпус	40	32
2	Цех кондитерських виробів	475	380
3	Слюсарний цех	74.29	52
4	Насосна станція	80	56
5	Автоваги	4.2	3.36
6	Блок складів	6,14	4.3
7	Гаражі	83.95	58.34

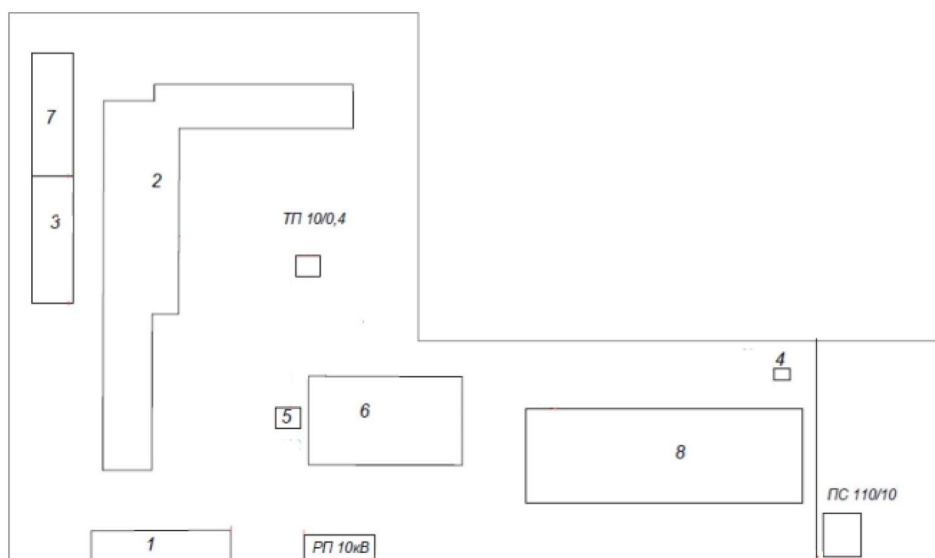


Рисунок 2.2 – Генеральний план підприємства з урахуванням реконструкції

Корпус виробництва карамельних виробів має розміри $36 \times 120 \times 7,2$ м, загальна площа цеху – 4320 м². Загальна кількість електроприймачів дорівнює 71. За режимом роботи електроприймачі поділяються на дві групи: що працюють у тривалому режимі та повторно-короткочасному. Усі електроприймачі відносяться до споживачів, що працюють від мережі змінного струму промислової частоти 50 Гц, напруга живлення 380 В.

За категорією надійності у цеху присутні споживачі II-ої категорії. Усі електроприймачі встановлені стаціонарно.

У табл. 2.2 подано відомість електричних навантажень корпусу.

Таблиця 2.2 – Відомість електричного навантаження корпусу

№	Найменування споживача ЕЕ	$P_{\text{вст}}$, кВт
1	2	3
1	Засувка з електроприводом	0.18
1.1 - 1.8	Насоси	0.75
2	Засувка з електроприводом	0.18
2.1 - 2.2	Насос шестерний для перекачування патоки	15.0
3	Мукопросіювач	2.2
4.1 - 4.3	Насоси	1
5.1 - 5.4	Насос шестерний	15.2
6	Бункер борошна	0.8
7	Котел варильний з мішалкою	1.0
8.1 - 8.2	Камера холодильна	0.54
9	Просіювач цукру	0.15
10	Насос відцентровий	4.0
11	Подрібнювач	13
12	Шафа пекарська, електрична, стаціонарний	11.5
13	Тривальцевий млин	17.0
14	Машина для дроблення горіхів	4.5
15	Цукроробилка	7.5
16	Очищувач горіха	3.7
17	Елеватор «Гусяча шия»	0.8
18	Мікромлин молотковий	4.5
19	Сироповарочний котел	13.5
20	Дробарка	9
21	Бак розчинення відходів	11.1
22	Машина прально-віджимна	10.5
A.1 - A.3	Агрегат повітряно-опалювальний	1.11
B.1 - B.4	Вентилятор відцентровий	6
B.5 - B.7	Вентилятор відцентровий	6.6

продовження таблиці 2.2

1	2	3
В.8	Вентилятор відцентровий	0.09
В.9 - В.10	Вентилятор відцентровий	4.4
М.1 - М.6	Компресор	13.2
П.1	Кондиціонер центральний	27.0
П.2	Кондиціонер центральний	17.0
П.3	Вентилятор відцентровий	7.5
П.4	Вентилятор відцентровий	2.2
П.5	Компресор	2.1
П.6 – П.6(Р)	Вентилятор відцентровий	4.4
Г.6	Технологічне обладнання	44.0
Г.9	Технологічне обладнання	25.0
А.11 - А.12	Технологічне обладнання	40.0
Г.12	Техн. обладнання	29.0
Г.15	Техн. обладнання	27.0

Визначимо номінальну потужність електроприймача з урахуванням ККД:

$$P_{ном1} = \frac{P_{уст1}}{\eta} = \frac{0,75}{0,86} = 0,87 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{ном1} = P_{ном1} \cdot n_1 = 0,87 \cdot 13 = 11,31 \text{ кВт}$$

Аналогічно розрахуємо номінальну потужність для інших споживачів, результати занесемо в табл. 2.3

Результати розрахунків номінальної потужності зведемо до таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Розрахунок номінальних потужностей споживачів ЕЕ.

№	Найменування споживача	$P_{наст},$ кВт	$\cos \varphi$	ККД $\eta, \%$	K_B	ПЧ, %	$P_{ном},$ кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Засувка з електроприводом	0.18	0.65	83	0.7	100	0.22
1.1-1.8	Насоси	0.75	0.8	86	0.65	100	0.87
2	Засувка з ел. приводом	0.18	0.65	83	0.7	100	0.22
2.1 -2.2	Насос шестерний для патоки	15.0	0.8	86	0.7	100	17.44
3	Мукопросіювач	2.2	0.75	91	0.65	40	2.42
4.1 -4.2	Насоси	1	0.8	86	0.65	100	1.16
5.1-5.4	Насос шестерний	3.8	0.8	86	0.7	100	4.42
6	Бункер борошна	0.8	0.78	89	0.6	60	0.89
7	Котел варильний з мішалкою	1.0	0.68	-	0.75	60	1.0
8.1-8.2	Камера холодильна	0.135	0.78	-	0.65	60	0.135
9	Просіювач цукру	0.15	0.73	89	0.6	40	0.168
10	Насос відцентровий	4.0	0.8	86	0.8	100	4.65
11	Подрібнювач	13	0.72	91	0.5	40	14.28

продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Шафа пекарська електрична	11.5	0.999	-	0.8	100	11.5
13	Тривальцевий млин	17.0	0.8	86	0.8	60	19.76
14	Машина для дроблення горіх	4.5	0.8	91	0.75	100	4.94
15	Цукроробилка	7.5	0.76	91	0.7	100	8.2
16	Очищувач горіха	3.7	0.76	89	0.5	60	4.15
17	Елеватор «Гусяча шия»	0.8	0.95	87	0.7	100	0.9
18	Мікромлин молотковий	4.5	0.74	86	0.6	60	4.7
19	Сироповарочний котел	13.5	0.92	-	0.55	60	13.5
20	Дробарка	9	0.76	91	0.65	100	9.8
21	Бак розчинення відходів	11.1	0.97	-	0.65	60	11.1
22	Машина прально-віджимна	10.5	0.74	89	0.55	40	11.8
A.1-A.3	Агрегат опалювальний	0.37	0.75	85.7	0.67	100	0.43
B.1-B.4	Вентилятор відцентровий	1.5	0.7	85.7	0.65	100	1.75
B.5-B.7	Вентилятор відцентровий	2.2	0.7	85.7	0.65	100	2.57
B 8	Вентилятор відцентровий	0.09	0.7	85.7	0.65	100	0.10
B.9-B.10	Вентилятор відцентровий	2.2	0.7	85.7	0.65	100	2.57
M.1-M.6	Компресор	2.2	0.7	95	0.65	100	2.32
П.1	Кондиціонер центральний	27.0	0.7	85.7	0.65	100	31.50
П.2	Кондиціонер центральний	17.0	0.7	85.7	0.65	100	19.84
П.3	Вентилятор відцентровий	7.5	0.7	85.7	0.65	100	8.75
П.4	Вентилятор відцентровий	2.2	0.7	85.7	0.65	100	2.57
П.5	Компресор	2.1	0.7	95	0.65	100	2.31
П.6-П.6(Р)	Вентилятор відцентровий	2.2	0.7	85.7	0.65	100	2.57
Г-6	Технологічне обладнання	44.0	0.8	-	0.75	100	44.00
Г-9	Технологічне обладнання	25,0	0,81	-	0,75	100	25,00
A.11-A.12	Технологічне обладнання	20.0	0.8	-	0.65	100	20.00
Г.12	Техн. обладнання	29.0	0.68	-	0.65	100	29.00
Г.15	Техн. обладнання	27.0	0.78	-	0.65	100	27.00
	РАЗОМ						419.668

2.2 Розрахунок електричних навантажень на першому рівні електропостачання корпусу

Розрахунок електричного навантаження на першому рівні проводиться по кожному електроприймачу окремо.

Розрахункове навантаження першого рівня приймаємо рівним номінальним навантаженням для електроприймачів з ПЧ =100%:

$$P_{p1} = P_{ном}$$

Для електроприймачів, що працюють у повторно-короткочасному режимі, розрахункову потужність наводимо до ПЧ = 100%:

$$P_{p1} = P_{ном} \cdot \sqrt{ПЧ}$$

Реактивну потужність електроприймача визначаємо за виразом:

$$Q_{p1} = P_{p1} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Повну потужність знаходимо за виразом:

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

Тоді розрахунковий струм дорівнюватиме:

$$I_{p1} = \frac{P_{p1} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}$$

Пусковий струм визначимо за виразом:

$$I_{п} = K_{п} \cdot I_{p1}$$

де $K_{п}$ – кратність пускового струму, для розрахунків приймаємо $K_{п} = 3$.

Розраховується активне та реактивне навантаження створюване одним електроприймачем, кВт і кВар відповідно:

Трихвальцевий млин (№13): $P_{ном} = 19,76 \text{ кВт}$, $ПЧ = 60\%$ $\cos \varphi = 0,8$;

$$P_{p1} = \sqrt{ПЧ} \cdot P_{ном} = \sqrt{0,6} \cdot 19,76 = 15,30 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = P_{p1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 15,30 \cdot 0,75 = 11,48 \text{ кВАр}.$$

Тоді повна потужність:

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2} = \sqrt{15,30^2 + 11,48^2} = 19,13 \text{ кВА}$$

Визначимо струм:

$$I_{p1} = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{19,13}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 28,98 \text{ А};$$

$$I_{п} = \kappa_{п} \cdot I_{p1} = 3 \cdot 28,98 = 86,94 \text{ А}.$$

Аналогічно проведемо розрахунки для інших споживачів. Отримані значення заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку електричного навантаження первинних груп

№	Найменування споживача	$P_{ном}$, кВт	$P_{р1}$, кВт	ПЧ, %	tg φ	I_{M1} , А	$I_{пуск}$, А	Q_{M1} , кВАр	S_{M1} , кВт
1	Засувка з електроприводом	0.22	0.22	1	1.17	0.51	1.55	0.26	0.34
1.1-1.8	Насоси	0.87	0.87	1	0.75	1.65	4.95	0.65	1.09
2	Засувка з ел. приводом	0.22	0.22	1	1.17	0.51	1.55	0.26	0.34
2.1 -2.2	Насос шестерний для патоки	17.44	17.44	1	0.75	33.03	99.09	13.08	21.8
3	Мукопросіювач	2.42	1.53	0.4	0.88	3.09	9.27	1.35	2.04
4.1 -4.2	Насоси	1.16	1.16	1	0.75	2.2	3.48	0.87	1.45
5.1-5.4	Насос шестерний	4.42	4.42	1	0.75	8.38	25.14	3.32	5.53
6	Бункер борошна	0.89	0.69	0.6	0.80	1.33	3.99	0.55	0.88
7	Котел варильний з мішалкою	1.0	0.77	0.6	1.08	1.65	1.65	0.83	1.09
8.1-8.2	Камера холодильна	0.135	0.10	0.6	0.80	0.24	0.27	0.13	0.16
9	Просіювач цукру	0.168	0.11	0.4	0.94	0.23	0.69	0.10	0.15
10	Насос відцентровий	4.65	4.65	1	0.75	8.80	26.4	3.49	5.81
11	Подрібнювач	14.28	9.03	0.4	0.96	18.97	56.91	8.67	12.52
12	Шафа пекарська електрична	11.5	11.5	1	0.04	17.44	17.44	0.46	11.51
13	Тривальцевий млин	19.76	15.30	0.6	0.75	28.98	86.94	11.48	19.13
14	Машина для дроблення горіх	4.94	4.94	1	0.75	9.36	28.09	3.71	6.18
15	Цукроробилка	8.2	8.2	1	0.86	16.38	49.14	7.05	10.81
16	Очищувач горіха	4.15	2.49	0.6	0.86	4.97	14.91	2.14	3.28
17	Елеватор «Гусяча шия»	0.9	0.9	1	0.33	1.42	4.26	0.28	0.94
18	Мікромлин молотковий	4.7	3.64	0.6	0.91	7.45	22.35	3.31	4.92
19	Сироповарочний котел	13.5	10.46	0.6	0.43	17.26	17.26	4.5	11.39
20	Дробарка	9.8	9.8	1	0.86	19.6	58.8	8.43	12.93
21	Бак розчинення відходів	1 1.1	8.59	0.6	0.27	13.48	13.48	2.32	8.9
22	Машина прально-віджимна	11.8	7.46	0.4	0.91	15.23	45.69	6.79	10.09
А.1-А.3	Агрегат опалювальний	0.43	0.43	1	0.88	0.38	0.57	0.86	2.59
В.1-В.4	Вентилятор відцентровий	1.75	1.75	1	1.02	1.79	2.50	3.79	11.37
В.5-В.7	Вентилятор відцентровий	2.57	2.57	1	1.02	2.62	3.67	5.56	16.68
В 8	Вентилятор відцентровий	0.10	0.10	1	1.02	0.10	0.14	0.21	0.64
В.9-В.10	Вентилятор відцентровий	2.32	2.32	1	1.02	2.37	3.32	5.03	15.09
М.1-М.6	Компресор	2.32	2.32	1	1.02	2.37	3.32	5.03	15.09
П.1	Кондиціонер центральний	31.50	31.50	1	1.02	32.13	44.99	68.17	204.5
П.2	Кондиціонер центральний	19.84	19.84	1	1.02	20.24	28.34	51.94	155.82
П.3	Вентилятор відцентровий	8.75	8.75	1	1.02	8.93	12.50	18.94	56.82
П.4	Вентилятор відцентровий	2.57	2.57	1	1.02	2.62	3.67	5.56	16.68
П.5	Компресор	2.31	2.31	1	1.03	2.37	3.40	6	16
П.6	Вентилятор відцентровий	2.57	2.57	1	1.02	2.62	3.67	5.56	16.68
Г-6	Технологічне обладнання	44.00	44.00	1	0.75	33	55	83.33	83.33
Г-9	Технологічне обладнання	25.00	25.00	1	0.73	19	30.82	46.69	46.69
А.11– А.12	Технологічне обладнання	20.00	20.00	1	0.75	15	25	37.88	37.88
Г.12	Техн. обладнання	29.00	29.00	1	1.08	31.32	42.68	67.64	67.64
Г.15	Техн. обладнання	27.00	27.00	1	0.80	21.6	34.58	52.39	52.39

Генеральний план корпусу № 8 з обладнанням представлений на рис. 2.3

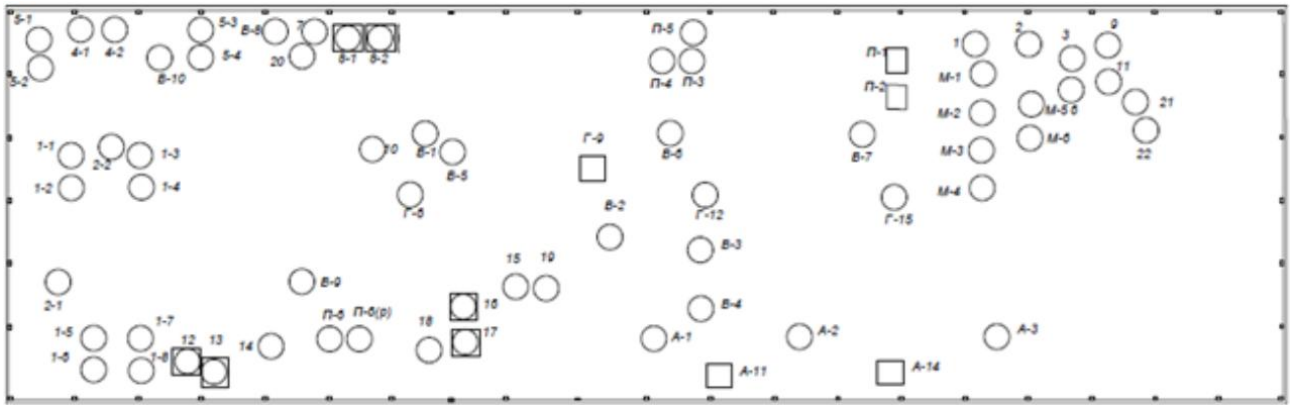


Рисунок 2.3 – План корпусу з електроприймачами

2.3 Світлотехнічний розрахунок електричного освітлення

Приміщення корпусу має розміри 120х36х7, 2м.

До встановлення приймемо світлодіодні світильники «Ватра» ДСП, для яких приймаємо $h = 0,4$ м.

$$h = H - h_p - h = 7,2 - 1 - 0,4 = 5,8 \text{ м.}$$

Знайдемо відстань між світильниками:

$$L_a = \lambda_e \cdot h = 0,9 \cdot 5,8 = 5,22 \text{ м.}$$

Приймаємо $L_a = 5$ м, тоді в ряду можна розмістити 24 світильники.

Визначимо відстань від крайнього світильника у ряді до стіни:

$$l_a = \frac{A - L_a \cdot (na - 1)}{2} = \frac{120 - 5 \cdot (24 - 1)}{2} = 2,5 \text{ м.}$$

Приймаємо число рядів 7 тоді $L_b = 5$ м і відстань від крайніх світильників до стіни:

$$l_b = \frac{B - L_b \cdot (nb - 1)}{2} = \frac{36 - 5 \cdot (7 - 1)}{2} = 3 \text{ м.}$$

Кількість світильників:

$$N = 7 \cdot 24 = 168 \text{ шт.}$$

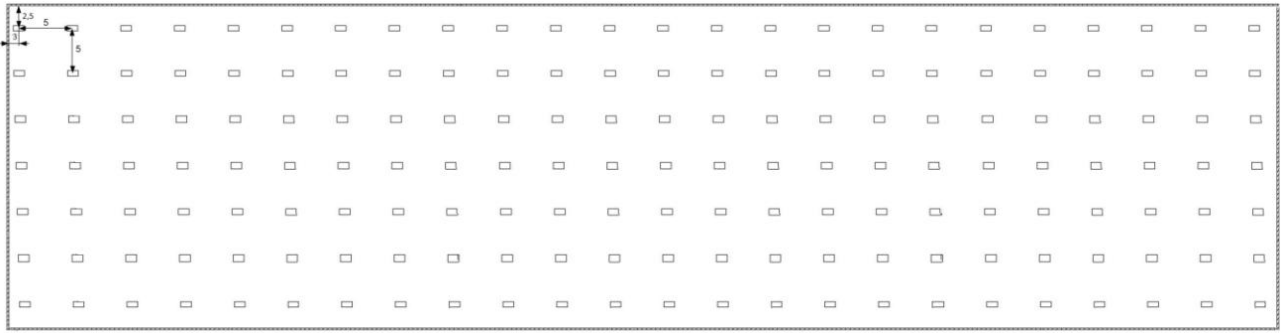


Рисунок 2.4 – Схема освітлення корпусу

Необхідно визначити індекс приміщення, який визначає коефіцієнти відбиття поверхні:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{120 \cdot 36}{5,8 \cdot (120 + 36)} = 4,8$$

Індекс приміщення та значення коефіцієнта відображення дозволяють визначити величину η та $K_{зан}$.

$$\rho_{\Pi} = 0,5; \rho_{СТ} = 0,3; \rho_P = 0,1; \eta = 0,6; K_{зан} = 1,5; E_H = 200 \text{ лк.}$$

$z = 1,0$ – для світлодіодних ламп.

$$\Phi_{розр} = \frac{100 \cdot 1,5 \cdot 4320 \cdot 1,0}{336 \cdot 0,6} = 5357 \text{ лм.}$$

За величиною $\Phi_{розр}$ [6, таблиця 14,17, с. 373] беремо найближче значення:

$$\Phi_{ном} = 500 \text{ лм.}$$

Цей світловий потік відповідає світлодіодній лампі з потужністю 50 Вт.

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{ном} \Phi_{розр}}{\Phi_{ном}} \cdot 100 = \frac{5000 - 5357}{5357} \cdot 100 = -6,7\% < -10\%.$$

Визначимо потужність освітлення

Активне розрахункове навантаження світлодіодних ламп:

$$P_{p.o} = P_l \cdot N \cdot K_{ноп.} \cdot K_{пра} = 0,05 \cdot 336 \cdot 0,95 \cdot 1 = 15,96 \text{ кВт},$$

Реактивна складова:

$$Q_{p.o} = P_{p.o.A} \cdot \text{tg} \varphi = 15,96 \cdot 0,3 \text{ кВАр}.$$

Повна потужність:

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = \sqrt{15,96^2 + 5,27^2} = 16,81 \text{ кВА}$$

Таблиця 2.5 – Розрахунок електричних навантажень в загальному по корпусу

Вихідні дані							Розрахункові величини			Ефективне число ЕП, n_e	Коефіцієнт розрахункового навантаження K_p	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, I_p , А
За завданням технологів				за довідковими даними								$K_B \cdot P_H$, кВт	$K_B \cdot P_H \cdot \text{tg} \varphi$, кВАр	$n \cdot P_H^2$	
Найменування ЕП	Кількість ЕП	Номінальна потужність, кВт		Коефіцієнт використання, K_e	$\cos \varphi$	$\text{tg} \varphi$	Розрахункова потужність								
		Одного ЕП	Сумарна				P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА						
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
Засувка з ел. приводом	2	0.22	0.44	0.7	0.65	1.17	0.308	0.36	0.097						
Насос	8	0.87	6.96	0.65	0.8	0.75	6.15	4.1	6						
Насос шестерний для перекачування патоки	2	17.44	34.88	0.7	0.8	0.75	24.416	18	608						
Мукопросіювач	1	2.42	2.42	0.65	0.75	0.88	1.573	1	6						
Насос	3	1.16	3.48	0.65	0.8	0.75	3.02	2.26	3						
Насос шестерний	4	3.8	15.2	0.7	0.8	0.75	10.64	8	58						
Бункер борошна	1	0.89	0.89	0.6	0.78	0.80	0.534	0.43	1						
Котел варильний з мішалкою	1	1	1	0.75	0.68	1.08	0.75	1	1						
Камера холодильна	2	0.135	0.27	0.65	0.78	0.80	0.351	0.28	0.073						
Просіювач цукру	1	0.168	0.168	0.6	0.73	0.94	0.1008	0.094	0.028						
Насос відцентровий	1	4.65	4.65	0.8	0.8	0.75	3.72	3	22						
Подрібнювач	1	14.28	14.28	0.5	0.72	0.96	7.14	7	204						
Шафа пекарська стаціонарна	1	11.5	11.5	0.8	1	0.04	9.2	0.37	132						
Тривальцевий млин	1	19.76	19.76	0.8	0.8	0.75	15.808	12	390						
Машина для дроблення горіхів	1	4.94	4.94	0.75	0.8	0.75	3.705	3	24						
Цукроробилка	1	8.2	8.2	0.7	0.76	0.86	5.74	5	67						
Очищувач горіха	1	4.15	4.15	0.5	0.76	0.86	2.075	2	17						
Елеватор "Гусяча шия"	1	0.9	0.9	0.7	0.95	0.33	0.63	0.21	1						

продовження таблиці 2.5

Мікромлин молотковий	1	4.7	4.7	0.6	0.95	0.33	2.82	1	22						
Сироповарочний котел	1	13.5	13.5	0.55	0.74	0.91	7.425	7	182						
Дробарка	1	9.8	9.8	0.65	0.76	0.86	6.37	5	96						
Бак розчинення відходів	1	11.1	11.1	0.65	0.97	0.25	7.215	2	123						
Машина прально-віджимна	1	11.8	11.8	0.55	0.74	0.91	6.49	6	139						
Агрегат повітряно-опалювальний	3	0.43	1.29	0.67	0.75	0.88	0.8643	1	1						
Вентилятор відцентровий	4	1.75	7	0.65	0.8	0.75	4.55	3	12						
Вентилятор відцентровий	8	2.57	20.56	0.65	0.8	0.75	13.364	10	53						
Вентилятор відцентровий	1	0.1	0.1	0.65	0.8	0.75	0.065	0.049	0.01						
Компресор	6	2.32	13.92	0.65	0.8	0.75	9.048	7	32						
Кондиціонер центральний	1	31.5	31.5	0.65	0.8	0.75	20.475	15	992						
Кондиціонер центральний	1	19.84	19.84	0.65	0.8	0.75	12.896	10	394						
Вентилятор відцентровий	1	8.75	8.75	0.65	0.8	0.75	5.6875	4	77						
Компресор	1	2.31	2.31	0.65	0.8	0.75	1.5015	1	5						
Технологічне обладнання	1	44	44	0.75	0.8	0.75	33	25	1936						
Технологічне обладнання	1	25	25	0.75	0.81	0.72	18.75	14	625						
Технологічне обладнання	2	20	40	0.65	0.8	0.75	26	20	800						
Технологічне обладнання	1	29	29	0.65	0.68	1.08	18.85	20	841						
Технологічне обладнання	1	27	27	0.65	0.78	0.80	17.55	14	729						
Разом силова	83	44	470.7	0.674	0.77	0.76	317.14	239.3	8638	26	0.8	253.7	191	318	
Разом освітлення												15.96	5.27	16.81	
Разом загальна												269.6	196.27	334.81	509.6

2.4 Розрахунок навантажень по підприємству

Таблиця 2.6 – Відомість електричного силового та освітлювального навантаження з урахуванням реконструкції.

№ на плані	Найменування споживача	$S_{ном},$ кВА	$P_{ном},$ кВт	$Q_{ном},$ кВАр
1	Адміністративно-побутовий корпус	40	32	24
2	Цех кондитерських виробів	475	380	285
3	Слюсарний цех	74.29	52	53.04
4	Насосна станція	80	56	57.12
5	Автоваги	4.2	3.36	2.52
6	Блок складів	6.14	4.3	4.4
7	Гаражі	83.95	58.34	59.51
8	Корпус карамельних виробів	334.81	269.6	196.27

Таблиця 2.7 – Розрахунок електричних навантажень по підприємству

Вихідні дані												
Найменування ЕП	За завданням технологів		за довідковими даними			Розрахункові величини		Коефіцієнт розрахункового навантаження K_p	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, I_p, A
	Кількість ЕП	Номінальна потужність, кВт	Коефіцієнт використання, K_c	$\text{tg } \varphi$	$\cos \varphi$	Реактивна потужність	Активна потужність		$S_p,$ кВА	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	
Адміністративно-побутовий корпус	15	32	0.7	0.8	0.9	28.8	0.75	0.8	29	23	17	
Цех кондитерських виробів	86	380	0.65	0.8	0.95	361	0.75	0.75	338	271	203	
Слюсарний цех	21	53	0.7	0.7	0.95	49.4	1.02	0.7	48	36	36	
Насосна станція	5	80	0.65	0.7	0.95	439.2	0.75	0.7	384	307	231	
Блок складів	9	4.3	0.7	0.8	0.9	3.87	0.75	0.7	3	3	2	
Автоваги	3	3.36	0.65	0.7	0.95	3.19	1.02	0.75	3	2	2	
Гаражі	21	58.3	0.6	0.7	0.9	52.50	1.02	0.7	53	37	37	
Корпус карамельних виробів	79	269.6	0.75	0.8	0.95	256.9	0.75	0.8	257	206	154	
Разом по підприємству	238	881	1.36	0.78	0.93	938	1195	0.71	1079	848	666	62.4

Перевірка завантаження трансформаторів на КТП марки *ТСЗ 1000/10УЗ*.
Визначимо реальне значення коефіцієнта завантаження:

$$K_{зав} = \frac{S_{мп}}{S_{ном} \cdot n} = \frac{1079}{1000 \cdot 2} = 0,539$$

Визначимо реальне значення коефіцієнта навантаження:

$$K_{зав} = \frac{S_{мп}}{S_{ном}} = \frac{1079}{1000} = 1,079$$

2.5 Вибір та перевірка перерізу кабельних ліній

Визначаємо переріз лінії зв'язку КТП із РП корпусу № 8.

Перетин кабелю вибирається за нагріванням тривалим розрахунковим струмом, тоді наведений розрахунковий струм визначатиметься за виразом:

$$I_{розр} = \frac{I_p}{K_n},$$

де I_p – розрахунковий струм провідника, А;

K_n – поправочний коефіцієнт, що враховує умови прокладання проводів та кабелів (за нормальних умов прокладання $K_n = 1$).

$$I_{розч} \geq I_{I_{ном.а}},$$

$$I_{пр} \geq I_p,$$

$$I_{пр} \geq K_{зах} \cdot I_{розч}$$

де $K_{зах} = 1$ – поправочний коефіцієнт захисту (для невибухо-і непожежонебезпечних приміщень);

$I_{ном.а}$ – номінальний струм уставки теплового розчіплювача автомата.

У зв'язку з тим, що розрахунковий струм перевищує допустиму величину струмового навантаження максимального перерізу провідника, вибираємо прокладку двох кабелів від *ТСЗ 1000/10УЗ* до РП корпусу № 8. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір кабелю для живлення корпусу № 8

Найменування	№ лінії	Розрахунковий струм кабелю, А	Допустимий струм кабелю, А	(К-сть паралельних кабелів) x переріз основний жили $S, \text{мм}^2$	Марка, переріз кабелю
РП	1	278.16	314	185	ААШв 4×185
	2	307.84	314	185	ААШв 4×185

Визначаємо переріз лінії живлення від ТП до РП 10 кВ:

$$S_{ек} = \frac{I_p}{J_{ек}}$$

де I_p – розрахунковий струм однієї лінії у нормальному режимі;

$J_{ек}$ – економічна щільність струму для заданих умов роботи.

Розрахунковий струм однієї лінії у нормальному режимі роботи:

$$I_p = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1079}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 31,18 \text{ А}.$$

Розрахунковий струм однієї лінії у післяаварійному режимі роботи:

$$I_{ав} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1079}{\sqrt{3} \cdot 10} = 62,37 \text{ А}$$

Розрахунковий переріз провідника:

$$S_{ек} = \frac{31,18}{1,1} = 28,35 \text{ мм}^2$$

Найближчий стандартний переріз для 10 кВ 35 мм². Вибраємо кабель марки ЦААШнг 3×35 з допустимим струмом навантаження 110 А, відповідно вибраний переріз проходить по допустимому струму нагріву в робочих режимах:

$$62,37 < 100 \text{ А}.$$

Оскільки до РП 10 кВ приєднані ще сторонні абоненти, з урахуванням загального навантаження розрахунковий струм становить 143,84 А.

Результати вибору кабельної лінії від РП до ПС 110/10 кВ заносимо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Вибір кабелів живлення РП та ПС

Найменування	Розрахунковий струм кабелю, А	Допустимий струм кабелю, А	(К-сть паралельних кабелів) x переріз основний жили $S, \text{мм}^2$	Марка, переріз кабелю
РП 10кВ	31.18	1 1 0	3 5	ЦААШнг 3×35
ПС 110/10 кВ	143.84	1 6 2	7 0	ЦААШнг 3×70

Генеральний план із прокладанням силової мережі наведено на рис. 2.5.

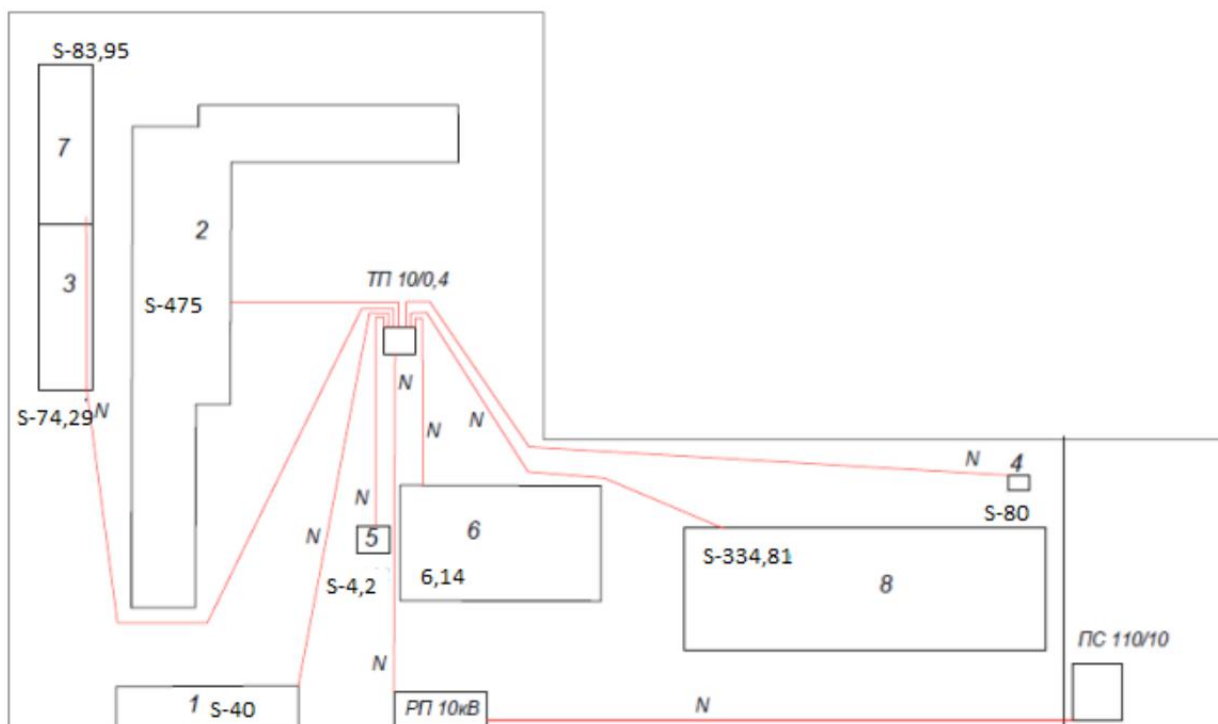


Рисунок 2.5 – Генплан підприємства з кабельними лініями.

2.6 Розрахунок електричного навантаження 2 рівня корпусу №8



Рисунок 2.6 – План корпусу № 8 із СП та РП

Таблиця 2.10 – Розрахунок другого рівня системи електропостачання корпусу

Вихідні дані														Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, I_p , А
За завданням технологів				за довідковими даними			Розрахункові величини			Коефіцієнт розрахункового навантаження K_p	Ефективне число ЕП, n_e						
Найменування ЕП	Кількість ЕП	Номінальна потужність, кВт		$\text{tg}\varphi$	$\cos\varphi$	Коефіцієнт використання, $K_{\text{в}}$	$n \cdot P_H^2$	$K_B \cdot P_H \cdot \text{tg}\varphi$, кВАр	$K_B \cdot P_H$, кВт			S_p , кВА	Q_p , кВАр	P_p , кВт			
		Одного ЕП	Сумарна														
ЩС-1																	
Лінія 1																	
Агрегат повітряний-опалювальний	1	0.33	1.39	0.88	0.75	0.87	0.5537	0.783	0.8833								
Агрегат повітряноопалювальний	1	0.33	1.39	0.88	0.75	0.87	0.5537	0.783	0.8833								
Разом по лінії 1	2		0.33	0.75	0.87	0.88	1.53	1.73	0.88	1.13	1	0.85	0.53	0.88	1.39		
Агрегат повітряноопалювальний	1	0.33	1.39	0.88	0.75	0.87	0.5537	0.783	0.8833								
Вентилятор відцентровий	3	1.75	5.35	0.75	0.8	0.85	9.3	3.313	3.83								
Технологічне обладнання	1	35	35	0.73	0.81	0.75	835	13.57	18.75								
Технологічне обладнання	2	30	30	0.75	0.8	0.85	800	19.5	38								
Разом по ЩС-1	9	30	73.13	0.79	0.78	0.88	1335.9	38.77	39.35	1	3	59.7	38.1	37.39	90.73		
ЩС-2																	
Лінія 1																	
Помпа	1	1.18	1.18	0.75	0.8	0.85	1.35	0.588	0.753								
Помпа	1	1.18	1.18	0.75	0.8	0.85	1.35	0.588	0.753								
Разом по лінії 1	2	1.18	3.33	0.75	0.8	0.85	3.89	1.13	1.508	0.91	3	1.8	1.33	1.315	3.73		
Лінія 2																	
Помпа шестерний	1	3.33	3.33	0.75	0.8	0.7	19.53	3.33	3.1								
Помпа шестерний	1	3.33	3.33	0.75	0.8	0.7	19.53	3.33	3.1								
Разом по лінії 2	2	3.33	8.83	0.75	0.8	0.7	39.08	3.83	8.3	1	3	8.01	5.1	8.18	13.17		

продовження таблиці 2.10

Лінія 3															
Помпа шестерний	1	3.33	3.33	0.75	0.8	0.7	19.53	3.33	3.1						
Помпа шестерний	1	3.33	3.33	0.75	0.8	0.7	19.53	3.33	3.1						
Разом по лінії 3	2	3.33	8.83	0.75	0.8	0.7	39.08	3.83	8.3	1	3	8.01	5.1	8.18	13.17
Лінія 4															
Вентилятор відцентровий	1	3.33	3.33	0.75	0.8	0.85	5.38	1.13	1.51						
Вентилятор відцентровий	1	0.1	0.1	0.75	0.8	0.85	0.01	0.039	0.085						
Разом по лінії 4	2	3.33	3.33	0.75	0.8	0.85	5.39	1.179	1.58	1.13	1	1.75	1.35	1.73	3.88
Лінія 5															
Камера холодильна	1	0.135	0.37	0.8033	0.78	0.85	0.0718	0.07	0.088						
Камера холодильна	1	0.135	0.135	0.8033	0.78	0.85	0.0718	0.07	0.088						
Разом по лінії 5	2	0.135	0.53	0.8033	0.78	0.85	0.388	0.38	0.35	1.13	1	0.35	0.15	0.3	0.38
Лінія 6															
Котел варильний з мішалкою	1	1	1	1.0783	0.88	0.75	1	0.809	0.75						
Дробарка	1	9.8	9.8	0.8553	0.78	0.85	98.03	5.337	8.37						
Разом по лінії 6	2	9.8	10.8	0.97	0.73	0.7	97.03	8.38	7.58	1.13	1	13	8.33	8.83	18.33
Лінія 7															
Вентилятор відцентровий	1	1.75	1.75	0.75	0.8	0.85	3.1	0.85	1.13						
Вентилятор відцентровий	1	3.57	3.57	0.75	0.8	0.85	8.8	1.35	1.87						
Разом по лінії 7	2	3.57	3.33	0.75	0.8	0.85	9.7	3.13	3.81	1	3	3.83	3.33	3.8	5.5
Технологічне обладнання	1	33	33	0.75	0.8	0.75	1938	33.75	33						
Разом по ЩС 2	15	33	88.83	0.78	0.79	0.88	3133.7	37.37	83.33	0.97	3	78.3	50.5	57.13	115.9
ЩС-3															
Лінія 1															
Помпа	1	0.87	0.87	0.75	0.8	0.85	0.77	0.33	0.57						
Помпа	1	0.87	0.87	0.75	0.8	0.85	0.77	0.33	0.57						
Разом по лінії 1	2	0.87	1.73	0.75	0.8	0.85	1.5	0.83	1.13	1	3	1.31	0.85	1.13	3.15
Лінія 2															
Помпа	1	0.87	0.87	0.75	0.8	0.85	0.77	0.33	0.57						
Помпа	1	0.87	0.87	0.75	0.8	0.85	0.77	0.33	0.57						
Разом по лінії 2	2	0.87	1.73	0.75	0.8	0.85	1.5	0.83	1.13	1	3	1.31	0.85	1.13	3.15
Лінія 3															

продовження таблиці 2.10

Помпа	1	0.87	0.87	0.75	0.8	0.85	0.77	0.33	0.57						
Помпа	1	0.87	0.87	0.75	0.8	0.85	0.77	0.33	0.57						
Разом по лінії 3	2	0.87	1.73	0.75	0.8	0.85	1.5	0.83	1.13	1	3	1.31	0.85	1.13	3.15
Лінія 4															
Помпа	1	0.87	0.87	0.75	0.8	0.85	0.77	0.33	0.57						
Помпа	1	0.87	0.87	0.75	0.8	0.85	0.77	0.33	0.57						
Разом по лінії 4	2	0.87	1.73	0.75	0.8	0.85	1.53	0.83	1.13	1	3	1.38	0.93	1.13	3.3
Помпа для перекачування патоки	1	17.33	33.88	0.75	0.8	0.7	808.31	18.31	33.318						
Шафа пекарська стаціонарний	1	11.5	11.5	0.0338	0.999	0.8	133.35	0.313	9.3						
Тривальцевий млин	1	19.78	19.78	0.75	0.8	0.8	390.38	11.88	15.808						
Разом	3	19.78	88.13	0.57	0.85	0.75	1131	30.58	39.333	0.97	3	57.3	31.1	38.11	87.05
Разом по ЩС 3	11	19.78	77.35	0.71	0.81	0.87	1130.9	38.03	58.83	0.93	5	80.1	35.7	38.35	91.38
ЩС-4															
Лінія 1															
Вентилятор відцентровий	1	3.57	3.57	0.75	0.8	0.85	8.8	1.35	1.87						
Вентилятор відцентровий	1	3.57	3.57	0.75	0.8	0.85	8.8	1.35	1.87						
Вентилятор відцентровий	1	3.57	3.57	0.75	0.8	0.85	8.8	1.35	1.87						
Разом по лінії 1	3	3.57	7.71	0.75	0.8	0.85	19.8	3.75	5.01	1	3	8.39	3.13	5.01	9.88
Помпа відцентровий	1	3.85	3.85	0.75	0.8	0.8	31.833	3.79	3.73						
Машина для подрібнення горіхів	1	3.93	3.93	0.75	0.8	0.75	33.303	3.779	3.705						
Цукроробилка	1	8.3	8.3	0.8553	0.78	0.7	87.33	3.909	5.73						
Очищувач горіха	1	3.15	3.15	0.8553	0.78	0.5	17.333	1.773	3.075						
Елевато "Гусяча шия"	1	0.9	0.9	0.3387	0.95	0.7	0.81	0.307	0.83						
Мікромлин молотковий	1	3.7	3.7	0.3387	0.95	0.8	33.09	0.937	3.83						
Сироповарочний котел	1	13.5	13.5	0.9089	0.73	0.55	183.35	8.739	7.335						
Разом	7	33	31.03	0.771	0.83	0.8383	335.83	30.13	38.115	0.93	7	30.3	18.5	33.035	38.05
Разом по ЩС 4	10	33	38.75	0.7871	0.83	0.78	355.3	33.88	31.13	0.91	7	38.8	33.8	39.03	55.91
ЩС-5															
Вентилятор відцентровий	3	3.57	7.71	0.75	0.8	0.85	19.81	3.77	5						
Вентилятор відцентровий	1	8.75	8.75	0.75	0.8	0.85	78.583	3.388	5.8875						
Компресор	1	3.31	3.31	0.75	0.8	0.85	5.38	1.13	1.5						
Разом по ЩС 5	7	39	73.77	0.8987	0.78	5	1871.8	33.57	38.5875	0.97	3	83.3	33.3	37.139	98.3

2.7 Світлотехнічний розрахунок аварійного освітлення корпусу №8

Згідно з ПУЕ, аварійна освітленість робочої поверхні повинна становити не менше 5% від нормативу та не менше 2 люкс усередині будівель:

$$E_{авар} = E_{осв} \cdot 0,05 = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ лк.}$$

Як лампи аварійного освітлення використовуємо світлодіодні лампи, $h_c = 2,5 \text{ м.}$

Приймаємо світильник для світлодіодних ламп Ватра ДСП65В з $\lambda_e = 1 \div 1,6$, приймаємо $u = 1,6$.

$$h = H - h_p - h_c = 7,2 - 0,2 - 0,4 = 6,6 \text{ м}$$

Визначимо відстань між світильниками:

$$L_a = \lambda_e \cdot h = 1,6 \cdot 6,6 \approx 11 \text{ м}$$

Тоді у ряду можна розмістити 10 світильників.

Визначимо відстань від крайнього світильника у ряді до стіни:

$$l_a = \frac{A - L_a \cdot (n_a - 1)}{2} = \frac{120 - 11 \cdot (10 - 1)}{2} = 10,5 \text{ м}$$

Приймаємо число рядів 3 тоді $L_B = 12 \text{ м}$ і відстань від крайніх світильників до стіни:

$$l_b = \frac{A - L_b \cdot (n_b - 1)}{2} = \frac{36 - 12 \cdot (3 - 1)}{2} = 6 \text{ м,}$$

Кількість світильників: $N = 3 \cdot 10 = 30 \text{ шт.}$



Рисунок 2.7 – Схема розміщення світильників аварійного освітлення.

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{120 \cdot 36}{6,6 \cdot (120 + 36)} = 4,19$$

По довіднику визначаємо коефіцієнт використання та коефіцієнти відображення $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $\eta = 0,74$.

Обчислимо світловий потік:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_{зан} \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 1,5 \cdot 4320 \cdot 1}{30 \cdot 0,6} = 3600 \text{ лм.}$$

Приймаємо світлодіодну лампу потужністю 40 Вт.

Перевіримо відхилення світлового потоку від номінального:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{ном} - \Phi_{розр}}{\Phi_{ном}} \cdot 100 = \frac{3600 - 3500}{3500} \cdot 100 = 2,86\% < 20\%.$$

2.8 Електротехнічний розрахунок освітлювальної мережі корпусу №8

2.8.1 Електротехнічний розрахунок робочого освітлення

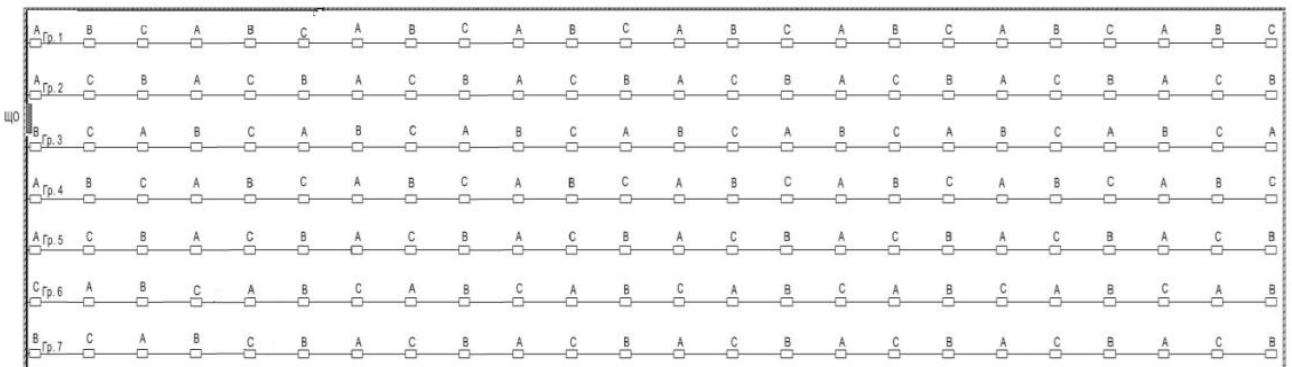


Рисунок 2.8 – Розподіл світильників по фазах.

Розглянемо пофазний розподіл освітлювального навантаження групи

$$\sum M = \sum P_i \cdot l_i$$

Зробимо розрахунок навантажень у фазах для групи 1:

$$M_A = l_1 \cdot P + (l_1 + 3 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 6 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 9 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 12 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 15 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 18 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 21 \cdot l) \cdot P = (5l_1 + 84l) \cdot P = (5 \cdot 40 + 84 \cdot 5) \cdot 50 \cdot 2 = 62 \text{ кВт};$$

$$M_B = (l_1 + l) \cdot P + (l_1 + 4 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 7 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 10 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 13 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 16 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 19 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 22 \cdot l) \cdot P = (5l_1 + 35l) \cdot P = (5 \cdot 40 + 92 \cdot 5) \cdot 50 \cdot 2 = 66 \text{ кВт};$$

$$M_C = (l_1 + 2l) \cdot P + (l_1 + 5 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 8 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 11 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 14 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 17 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 20 \cdot l) \cdot P + (l_1 + 23 \cdot l) \cdot P = (5l_1 + 40l) \cdot P = (5 \cdot 40 + 100 \cdot 5) \cdot 50 \cdot 2 = 70 \text{ кВт};$$

За результатами розподілу навантаження по фазах видно, що освітлювальне навантаження за групами розподілено рівномірно.

Розрахуємо струми у фазах для першої групи:

$$I = \frac{P_{p.o.}}{U_\phi \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi}.$$

Для світлодіодних ламп з врахуванням пускорегулюючої апаратури значення $\cos \varphi = 0,95$.

$$P_{p.o.A} = P_L \cdot N \cdot K_{non} \cdot K_{пра} = 0,05 \cdot 168 \cdot 0,95 \cdot 1 = 7,98 \text{ кВт}$$

де $K_{пра} = 1$ для світлодіодних ламп, коефіцієнт, що враховує втрати в пускорегулюючій апаратурі;

$K_{non} = 0,9 \div 0,95$ – для виробничого приміщення,

$$Q_{p.o.A} = P_{p.o.A} \cdot \operatorname{tg}(f) = 7,98 \cdot 0,33 = 2,63 \text{ кВАр}$$

$$I_A = \frac{16,81}{220 \cdot 0,95} = 3,81 \text{ А.}$$

Визначимо переріз провідника:

$$S = \frac{M_{max}}{\Delta U \cdot K_c} = \frac{70}{3,3 \cdot 8,4} = 2,5 \text{ мм}^2,$$

де M_{max} коефіцієнт, що залежить від схеми та матеріалу провідника;

$\Delta U = 3,3\%$ – допустимі втрати.

Визначаємо втрати напруги у кожній фазі першої групи, виходячи з того, що приймаємо переріз 4 мм^2 :

$$\Delta U_A = \frac{M_A}{S \cdot K_c} = \frac{62}{4 \cdot 7,4} = 2,01\%$$

Таблиця 2.11 – Показники груп робочого висвітлення.

№ групи	Моменти навантажень			Струми у фазах			Кількість ламп в фазах			S, мм ²
	$\sum M_A$	$\sum M_B$	$\sum M_C$	I_a	I_b	I_c	A	B	C	
1	62	66	70	2.81	2.81	2.81	1 6	1 6	1 6	4
2	64.5	72.5	68.5	2.81	2.81	2.81	1 6	1 6	1 6	4
3	75	67	71	2.81	2.81	2.81	1 6	1 6	1 6	4
4	69.5	73.5	77.5	2.81	2.81	2.81	1 6	1 6	1 6	4
5	72	83	76	2.81	2.81	2.81	1 6	1 6	1 6	4
6	74.5	78.5	82.5	2.81	2.81	2.81	1 6	1 6	1 6	4
7	77	81	85	2.81	2.81	2.81	1 4	1 8	1 6	4

Визначимо максимальний розрахунковий струм за формулою:

$$I_p = \frac{84}{\sqrt{38} \cdot 0,3} = 13,00 \text{ A}$$

Вибираємо кабель АПВ 4×16 мм², і перевіримо його за втратами напруги:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{S \cdot K_c} = \frac{7,98 \cdot 8}{8,4 \cdot 44} = 0,17\%$$

Для живлення груп вибираємо ЩО типу УОЩВ-12 з $I_{ном} = 81,7 \text{ A}$ та автоматичним вимикачем типу ВА $I_{ном} = 100 \text{ A}$, $I_{уст} = 100 \text{ A}$.

2.8.2 Електротехнічний розрахунок аварійного освітлення

Аналогічний розрахунок провадимо для аварійного освітлення.

Таблиця 2.12 – Характеристики груп аварійного освітлення.

№ групи	Моменти навантажень			Струми у фазах			Кількість ламп в фазах			S, мм ²
	$\sum M_A$	$\sum M_B$	$\sum M_C$	I_a	I_b	I_c	A	B	C	
11.64	13.08	11.4	2.25	2.25	2.25	1 4	1 2	1 2	1 4	4
13.08	12.36	13.8	2.25	1.8	1.8	1 4	1 6	1 6	1 2	4
13.08	13.8	14.5	0.9	1.35	1.35	1 2	1 4	1 4	1 6	4

Встановлена потужність ламп дорівнює:

$$P = N \cdot P_{ном} = 30 \cdot 50 = 1,5 \text{ кВт}$$

Розрахункова потужність ламп дорівнює:

$$P_{p.o.} = P \cdot K_c \cdot K_p = 1,5 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 1,57 \text{ кВт}$$

де $K_c = 0,95$ – коефіцієнт попиту,

$K_p = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує втрати в пускорегулюючій апаратурі.

Визначимо максимальний розрахунковий струм за формулою:

$$I_{po} = \frac{1,57}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2,3 \text{ А.}$$

Щит освітлення заживлений кабелем АПВ перетином 4 мм^2 , визначимо втрати напруги:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{S \cdot K_c} = \frac{9,7 \cdot 8}{2,5 \cdot 44} = 0,07\%$$

2.9 Висновки до розділу 2

В даному розділі було подано характеристика об'єкту проектування та технічних показників електроприймачів. Обґрунтовано напругу живлення, проведено світлотехнічний та електротехнічний розрахунки освітлення. У роботі передбачено також аварійне освітлення. Вибране електротехнічне обладнання перевірено на дію струмів короткого замикання.

3 ПРОЄКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір мережевих електричних пристроїв та апаратів захисту

Вибір апаратів захисту для силових розподільних пунктів (ПР) представлений таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Вибір розподільних пунктів.

Найменування	Розрахунковий струм, А	Тип СП	Допустимий струм, А	Кількість приєднань СП	Фактична кількість приєднань
ПР-1	90,73	EU-ПР11-1047-31УХЛ4	1 0 0	8	5
ПР-2	115.9	EU-ПР11-3051-31УХЛ4	1 2 5	8	8
ПР-3	91.26	EU-ПР11-1047-31УХЛ4	1 0 0	8	7
ПР-4	55.91	EU-ПР11-3045-31УХЛ4	6 3	8	8
ПР-5	96.2	EU-ПР11-3051-31УХЛ4	1 2 5	8	5
ПР-6	136.03	EU-ПР11-3052-31УХЛ4	1 6 0	8	8

Таблиця 3.2 – Вибір автоматів для захисту ПР

Найменування	Номинальний струм автоматичного вимикача $I_{ном}$, А	Розрахунковий струм приєднання, А	Піковий струм $I_{пик}$, А	Номинальний струм розчіплювача $I_{розч}$, А	Розрахунковий струм відсічки, $1,2 \times I_{пик}$, А	$I_{ном с.в.}$, А	K_B	Вимикаюча здатність $I_{вим}$, кА	Тип автоматичного вимикача
ПР-1	100	90.73	453.65	100	544.38	850	7	15	ВА 51-35
ПР-2	125	115.9	579.5	125	695.4	1100	7	15	ВА 51-35
ПР-3	100	91.26	456.3	100	547.56	850	7	15	ВА 51-35
ПР-4	63	55.91	279.55	63	335.46	520	7	7	ВА 51-31
ПР-5	125	96.2	481.0	125	577.2	900	7	15	ВА 51-35
ПР-6	160	136.03	680.15	160	816.18	1270	7	15	ВА 51-35

Таблиця 3.3 – Вибір ввідного та секційного автоматів на РП

Найменування	Номинальний струм автоматичного вимикача $I_{ном}$, А	Розрахунковий струм приєднання, А	Піковий струм $I_{пик}$, А	Номинальний струм розчіплювача $I_{розч}$, А	Розрахунковий струм відсічки, $1,2 \times I_{пик}$, А	$I_{ном с.в.}$, А	K_B	Вимикаюча здатність $I_{вим}$, кА	Тип автоматичного вимикача
Ввідний	307.65	302.84	320	400	1764	2900	7	25	ВА 51-41
Ввідний	307.65	287.19	320	400	1764	2900	7	25	ВА 51-41

Вибір автоматичних вимикачів для захисту окремих електроприймачів виконуємо за такими умовами:

а) за номінальною напругою:

$$U_a \geq U_{\text{ном.мереж.}}$$

де U_a – номінальна напруга автоматичного вимикача, В.

б) по номінальному струму (вставка теплового розчіплювача):

$$I_{\text{розч}} \geq 1,25 \cdot I_p$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,25 \cdot I_p$$

де $I_{\text{розч}}$ номінальний струм теплового розчіплювача, А;

$I_{\text{ном.а}}$ – номінальний струм автоматичного вимикача, А.

в) по номінальному струму електромагнітного розчіплювача:

$$I_{\text{ном.св}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}$$

де $I_{\text{ном.св}}$ – номінальний струм спрацювання струмової відсічення, А:

$$I_{\text{ном.св}} = K_{\text{в}} \cdot I_{\text{розч}}$$

де $K_{\text{в}}$ кратність відсіки. $K_{\text{в}}$ приймається з ряду 3, 5, 7, 10 для автоматичних вимикачів серії ВА. На виконання умови досить взяти кратність щонайменше 5-7, пропорційну з кратністю пуску окремого електроприймача.

Результати вибору автоматичних вимикачів для окремих електроприймачів представлені у таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Вибір автоматичних вимикачів для окремих ЕП

№ ЕП	I_p , А	$1,25 \cdot I_p$, А	$I_{\text{ном.а}}$, А	$I_{p.а}$, А	$I_{\text{пуск}}$, А	$1,2 \cdot I_{\text{пуск}}$, А	Тип АВ	$K_{\text{в}}$	$I_{\text{ном.св}}$, А	$I_{\text{вим}}$, кА
1	0.51	0.64	1 6	1 6	1.55	1.86	ВА 47–29	7	7	3
1-1	1.65	2.06	1 6	1 6	4.95	5.88	ВА 47–29	7	21	3
1-2	1.65	2.06	1 6	1 6	4.95	5.88	ВА 47–29	7	21	3
1-3	1.65	2.06	1 6	1 6	4.95	5.88	ВА 47–29	7	21	3
1-4	1.65	2.06	1 6	1 6	4.95	5.88	ВА 47–29	7	21	3
1-5	1.65	2.06	1 6	1 6	4.95	5.88	ВА 47–29	7	21	3
1-6	1.65	2.06	1 6	1 6	4.95	5.88	ВА 47–29	7	21	3
1-7	1.65	2.06	1 6	1 6	4.95	5.88	ВА 47–29	7	21	3
1-8	1.65	2.06	1 6	1 6	4.95	5.88	ВА 47–29	7	21	3
2	0.51	0.64	1 6	1 6	1.55	1.86	ВА 47–29	7	7	3
2-1	33.0	41.29	5 0	5 0	99.0	119.88	ВА 51–31	7	350	6

продовження таблиці 3.4

2-2	33.0	41.29	5 0	5 0	99.0	119.88	BA 51-31	7	350	6
3	3.09	3.86	1 6	1 6	9.27	11.12	BA 47-29	7	28	3
4-1	2.2	2.75	1 6	1 6	6.6	7.92	BA 47-29	7	21	3
4-2	2.2	2.75	1 6	1 6	6.6	7.92	BA 47-29	7	21	3
5-1	8.38	10.48	1 6	1 6	25.1	30.17	BA 51-25	7	112	3
5-2	8.38	10.48	1 6	1 6	25.1	30.17	BA 51-25	7	112	3
5-3	8.38	10.48	1 6	1 6	25.1	30.17	BA 51-25	7	112	3
5-4	8.38	10.48	1 6	1 6	25.1	30.17	BA 51-25	7	112	3
6	1.33	1.66	1 6	1 6	3.99	4.79	BA 47-29	7	14	3
7	1.65	2.06	1 6	1 6	1.65	1.98	BA 47-29	7	21	3
8-1	0.24	0.3	1 6	1 6	0.24	0.29	BA 47-29	7	7	3
8-2	0.24	0.3	1 6	1 6	0.24	0.29	BA 47-29	7	7	3
9	0.23	0.3	1 6	1 6	0.69	0.83	BA 47-29	7	7	3
10	8.80	11	1 6	1 6	26.4	31.68	BA 51-25	7	112	3
11	18.9	23.71	2 5	2 5	56.9	71	BA 51-25	7	175	6
12	17.4	21.8	2 5	2 5	17.4	20.93	BA 51-25	7	175	6
13	28.9	36.26	4 0	4 0	86.9	104.33	BA 51-31	7	280	6
14	9.36	11.7	1 6	1 6	28.0	33.71	BA 51-25	7	112	3
15	16.3	20.46	2 5	2 5	49.1	58.97	BA 51-25	7	280	6
16	4.97	6.2	1 6	1 6	14.9	17.89	BA 47-29	7	70	3
17	1.42	1.76	1 6	1 6	4.26	5.1	BA 47-29	7	14	3
18	7.45	9.3	1 6	1 6	22.3	26.82	BA 47-29	7	70	3
19	17.2	21.58	2 5	2 5	17.2	20.71	BA 51-25	7	175	6
20	19.6	24.5	2 5	2 5	58.8	70.56	BA 51-25	7	175	6
21	13.4	16.85	2 0	2 0	13.4	16.18	BA 51-25	7	140	3
22	15.2	19	2 0	2 0	45.6	54.83	BA 51-25	7	140	3
A-1	0.86	1.1	1 6	1 6	2.59	3.1	BA 47-29	7	14	3
A-2	0.86	1.1	1 6	1 6	2.59	3.1	BA 47-29	7	14	3
A-3	0.86	1.1	1 6	1 6	2.59	3.1	BA 47-29	7	14	3
B 1	3.79	4.74	1 6	1 6	11.3	13.64	BA 47-29	7	35	3
B 2	3.79	4.74	1 6	1 6	11.3	13.64	BA 47-29	7	35	3
У 3	3.79	4.74	1 6	1 6	11.3	13.64	BA 47-29	7	35	3
B 4	3.79	4.74	1 6	1 6	11.3	13.64	BA 47-29	7	35	3
B 5	5.56	6.95	1 6	1 6	16.6	20	BA 47-29	7	70	3
O 6	5.56	6.95	1 6	1 6	16.6	20	BA 47-29	7	70	3
O 7	5.56	6.95	1 6	1 6	16.6	20	BA 47-29	7	70	3
B 8	0.21	0.26	1 6	1 6	0.64	0.77	BA 47-29	7	7	3
O 9	5.03	6.29	1 6	1 6	15.0	18.11	BA 47-29	7	70	3
B 10	5.03	6.29	1 6	1 6	15.0	18.11	BA 47-29	7	70	3
M-1	5.03	6.29	1 6	1 6	15.0	18.11	BA 47-29	7	70	3
M-2	5.03	6.29	1 6	1 6	15.0	18.11	BA 47-29	7	70	3
M-3	5.03	6.29	1 6	1 6	15.0	18.11	BA 47-29	7	70	3
M-4	5.03	6.29	1 6	1 6	15.0	18.11	BA 47-29	7	70	3
M-5	5.03	6.29	1 6	1 6	15.0	18.11	BA 47-29	7	70	3
M-6	5.03	6.29	1 6	1 6	15.0	18.11	BA 47-29	7	70	3
П-1	68.1	85.02	8 0	8 0	204.	245.4	BA 51-31	7	700	15
П-2	51.9	64.93	8 0	8 0	155.	186.98	BA 51-31	7	560	7
П-3	18.9	23.69	2 5	2 5	56.8	68.128	BA 51-25	7	175	6
П-4	5.56	6.95	1 6	1 6	16.6	20	BA 47-29	7	70	3

продовження таблиці 3.4

П-5	5	6.25	1 6	1 6	15	18	ВА 47-29	7	70	3
П-6	5.56	6.95	1 6	1 6	16.68	20	ВА 47-29	7	70	3
П-6(Р)	5.56	6.95	1 6	1 6	16.68	20	ВА 47-29	7	70	3
Г-6	83.33	104.16	1 0 0	1 0 0	83.33	120	ВА 51-31	7	1120	6
Г-9	46.68	58.35	6 0	6 0	46.68	56	ВА 51-31	7	420	6
А-11	37.88	47.35	6 0	6 0	37.88	45.46	ВА 51-31	7	420	6
А-14	37.88	47.35	6 0	6 0	37.88	45.46	ВА 51-31	7	420	6
Г-12	67.64	84.55	8 0	8 0	67.64	81.2	ВА 51-31	7	700	15
Г-15	52.39	65.49	8 0	8 0	52.39	62.87	ВА 51-31	7	560	7

3.2 Вибір перерізів проводів та жил кабелів для підключення ЕП та силових об'єктів

Таблиця 3.5 – Вибір перерізів кабельних ліній

№ ЕП	Ір, А	Номинальний струм розчіплювача АВ, А	Переріз основної жили S, мм ²	Допустимий струм кабелю, А	Марка, переріз кабелю
1	2	3	5	4	6
1	0.51	16	4	27	АВВГ 4x4
1-1	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
1-2	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
1-3	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
1-4	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
1-5	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
1-6	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
1-7	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
1-8	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
2	0.51	16	4	27	АВВГ 4x4
2-1	33.03	50	16	62	АВВГ 4x16
2-2	33.03	50	16	62	АВВГ 4x16
3	3.09	16	4	27	АВВГ 4x4
4-1	2.2	16	4	27	АВВГ 4x4
4-2	2.2	16	4	27	АВВГ 4x4
5-1	8.38	16	4	27	АВВГ 4x4
5-2	8.38	16	4	27	АВВГ 4x4
5-3	8.38	16	4	27	АВВГ 4x4
5-4	8.38	16	4	27	АВВГ 4x4
6	1.33	16	4	27	АВВГ 4x4
7	1.65	16	4	27	АВВГ 4x4
8-1	0.24	16	4	27	АВВГ 4x4
8-2	0.24	16	4	27	АВВГ 4x4

продовження таблиці 3.5

1	2	3	5	4	6
9	0.23	16	4	27	ABBГ 4x4
10	8.80	16	4	27	ABBГ 4x4
11	18.97	25	4	27	ABBГ 4x4
12	17.44	25	4	27	ABBГ 4x4
13	28.98	40	4	27	ABBГ 4x4
14	9.36	16	4	27	ABBГ 4x4
15	16.38	25	4	34	ABBГ 4x6
16	4.97	16	4	27	ABBГ 4x4
17	1.42	16	4	27	ABBГ 4x4
18	7.45	16	4	27	ABBГ 4x4
19	17.26	25	6	34	ABBГ 4x6
20	19.6	25	6	34	ABBГ 4x6
21	13.48	20		34	ABBГ 4x6
22	15.23	20	6	34	ABBГ 4x6
A-1	0.86	16	4	27	ABBГ 4x4
A-2	0.86	16	4	27	ABBГ 4x4
A-3	0.86	16	4	27	ABBГ 4x4
B 1	3.79	16	4	27	ABBГ 4x4
B 2	3.79	16	4	27	ABBГ 4x4
У 3	3.79	16	4	27	ABBГ 4x4
B 4	3.79	16	4	27	ABBГ 4x4
B 5	5.56	16	4	27	ABBГ 4x4
O 6	5.56	16	4	27	ABBГ 4x4
O 7	5.56	16	4	27	ABBГ 4x4
B 8	0.21	16	4	27	ABBГ 4x4
O 9	5.03	16	4	27	ABBГ 4x4
B 10	5.03	16	4	27	ABBГ 4x4
M-1	5.03	16	4	27	ABBГ 4x4
M-2	5.03	16	4	27	ABBГ 4x4
M-3	5.03	16	4	27	ABBГ 4x4
M-4	5.03	16	4	27	ABBГ 4x4
M-5	5.03	16	4	27	ABBГ 4x4
M-6	5.03	16	4	27	ABBГ 4x4
П-1	68.17	80	25	81	ABBГ 4x25
П-2	51.94	80	25	81	ABBГ 4x25
П-3	18.94	25	25	34	ABBГ 4x6
П-4	5.56	16	4	27	ABBГ 4x4
П-5	5	16	4	27	ABBГ 4x4
П-6	5.56	16	4	27	ABBГ 4x4
П-6(P)	5.56	16	4	27	ABBГ 4x4
Г-6	83.33	100	50	117	ABBГ 4x35
Г-9	46.68	60	25	81	ABBГ 4x25
A-11	37.88	60	16	62	ABBГ 4x16
A-14	37.88	60	16	62	ABBГ 4x16
Г-12	67.64	80	25	81	ABBГ 4x25
Г-15	52.39	80	25	81	ABBГ 4x25

Для живлення ПР застосовуємо кабелі марки *ABBГ*, вибір перерізу яких проводиться за розрахунковим струмом.

Таблиця 3.6 – Вибір кабелів для живлення ПР

№ ЕП	I_p , А	Номинальний струм розчіплювача АВ, А	Переріз основної жили S , $мм^2$	Допустимий струм кабелю, А	Марка, переріз кабелю
ПР-1	90.73	10 0	1 1 7	5 0	<i>ABBГ</i> 4×50
ПР-2	115.9	1 2 5	1 4 6	7 0	<i>ABBГ</i> 4×70
ПР-3	91.26	1 0 0	1 1 7	5 0	<i>ABBГ</i> 4×50
ПР-4	55.91	6 3	8 1	2 5	<i>ABBГ</i> 4×25
ПР-5	96.2	1 2 5	1 4 6	5 0	<i>ABBГ</i> 4×70
ПР-6	136.03	1 6 0	1 8 3	9 5	<i>ABBГ</i> 4×70

3.3 Розрахунок струмів трифазного к.з. у мережі напругою понад 1 кВ

Опір кабельної лінії від РП 10 кВ до трансформатора *ТСЗ 1000/10У3*

$$x_l = x_0 \cdot l_l = 0,064 \cdot 0,09 = 0,006 \text{ Ом},$$

$$r_l = x_0 \cdot l_l = 0,894 \cdot 0,09 = 0,08 \text{ Ом}.$$

Опір джерела живлення:

$$x_c = \frac{U_{ср.ном}^2}{S_c} = \frac{10,5^2}{227,33} = 0,48 \text{ Ом},$$

$$\text{де } S_c = \sqrt{3} \cdot I_{ном.вим.} \cdot U_{ср.ном} = \sqrt{3} \cdot 12,5 \cdot 10,5 = 227,33 \text{ МВА}$$

Розрахуємо результуючий опір і струм к.з. у точці К1:

$$x_{\Sigma K1} = x_c = 0,48 \text{ Ом}.$$

$$I_{K1} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,48} = 12,5 \text{ кА}.$$

$$i_{уд.К1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 12,5 = 33,1 \text{ кА}.$$

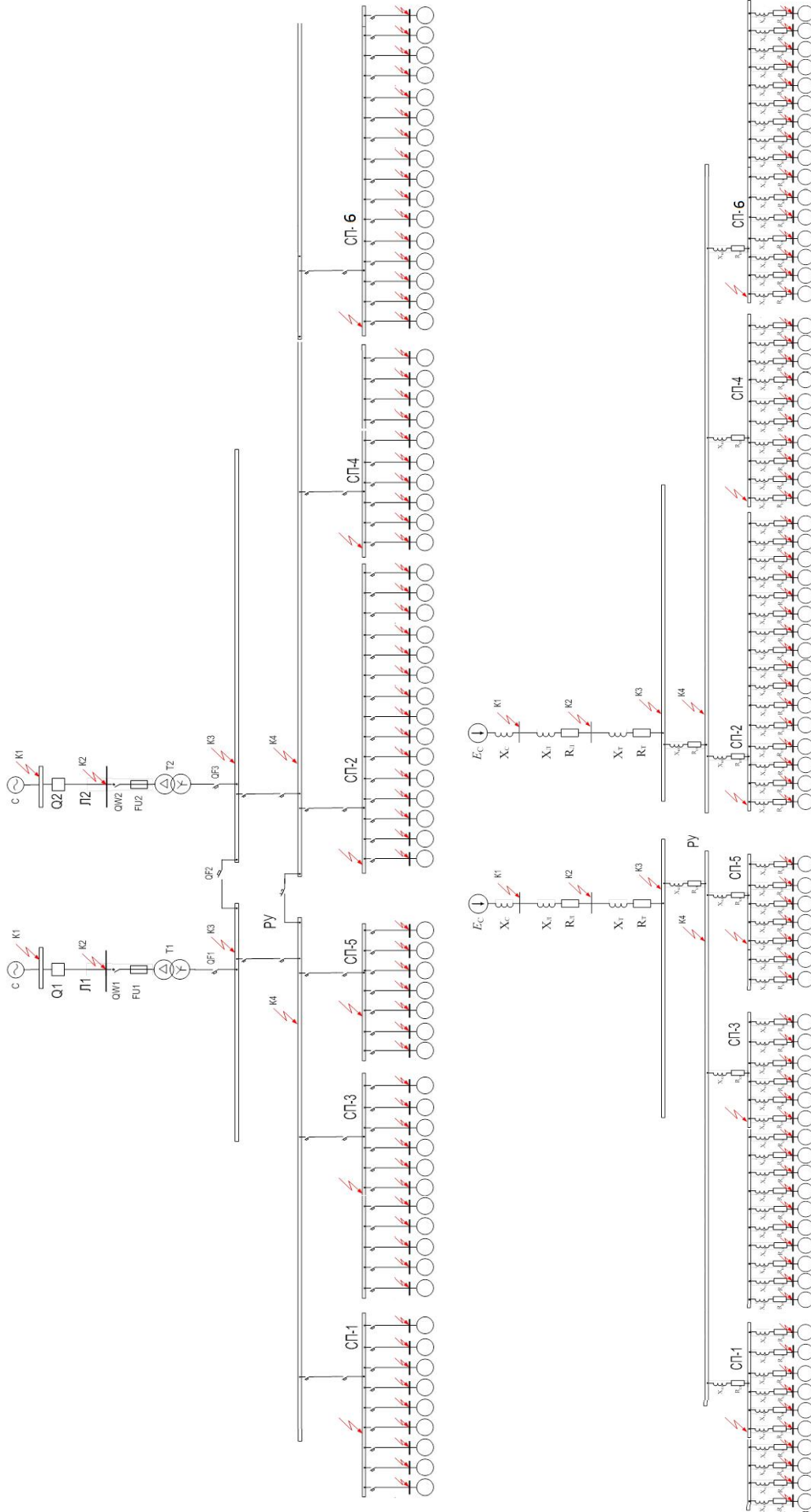


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема та схема заміщення

Розрахуємо результуючий опір і струм к.з. у точці К2:

$$x_{\Sigma K2} = x_C + x_{Л} = 0,48 + 0,006 = 0,486 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_{Л} = 0,08 \text{ Ом.}$$

$$I_{K2} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K2}^2 + r_{\Sigma K2}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,468^2 + 0,08^2}} = 1,27 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{вд.К2}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{вд}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,27 = 3,23 \text{ кА.}$$

3.4 Розрахунок струмів трифазного к.з. у мережі напругою нижче 1 кВ по корпусу

Перерахунок опорів до іншого ступеня напруги проводиться за виразом:

$$X_K = X_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right),$$

де X_K – опір (Ом), приведений до ступеня напруги $U_{\text{ср.к}}$.

Приведений опір системи:

$$x_C = \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_C} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = \frac{10000^2}{227,33 \cdot 10^6} \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,64 \text{ мОм,}$$

де S_C – потужність системи.

Приведені опори лінії:

$$x_{Л} = x_{\text{нит.Л}} \cdot l_{Л} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = 0,06 \cdot 0,09 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,07 \text{ Ом,}$$

$$r_{Л} = x_{\text{нит.Л}} \cdot l_{Л} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = 0,08 \cdot 0,09 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,27 \text{ Ом.}$$

У розрахунках далі враховуються всі опори короткозамкнутого кола, як індуктивні, і активні. Орім цього, враховуємо активні опори усіх перехідних контактів цього кола.

Визначаємо опір трансформатора:

Розрахуємо струм КЗ у точці К3.

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6,$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_{к}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6.$$

$$r_{mp} = \frac{7,6}{1000} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 1,22 \text{ мОм},$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,6}{1000}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 4,7 \text{ мОм}.$$

$$x_{\Sigma K3} = x_C + x_{Л} + x_{mp} = 0,64 + 0,07 + 4,7 = 5,41 \text{ мОм}.$$

$$r_{\Sigma K3} = r_{мпЛ} + r_{Л} = 1,22 + 0,27 + 15 = 16,49 \text{ мОм}.$$

$$I_{K3} = \frac{U_{спр.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K3}^2 + r_{\Sigma K3}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{5,41^2 + 16,49^2}} = 1,33 \text{ кА}.$$

$$i_{вд.К3} = \sqrt{2} \cdot k_{вд} \cdot I_{K3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 1,33 = 1,88 \text{ кА}.$$

Розрахуємо струм к.з у точці К4 (кабель, що живить РП – АИШв 4×185).

$$x_{\Sigma K4} = x_{\Sigma K4} + x_{КЛ ВРП} \cdot l = 5,41 + 0,167 \cdot 180 = 35,47 \text{ мОм}.$$

$$r_{\Sigma K4} = r_{\Sigma K3} + r_{КЛ ВРП} \cdot l + r_{доб} = 16,49 + 0,167 \cdot 180 + 20 = 66,55 \text{ мОм}.$$

$$I_{K4} = \frac{U_{спр.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K4}^2 + r_{\Sigma K4}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{35,47^2 + 66,55^2}} = 3,07 \text{ кА}.$$

$$i_{вд.К4} = \sqrt{2} \cdot k_{вд} \cdot I_{K4}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 3,07 = 4,34 \text{ кА}.$$

Для решти точок к.з. розрахунок аналогічний, отримані результати представлено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок струмів короткого замикання

Точка к.з.	Кабель між ПР та ЕП №:			R_i ,	X_i ,	L ,	r_0 ,	x_0 ,	$R_{кл}$,	$X_{кл}$,	$R_{доб}$,	R ,	X ,	Z ,	$I_{кз}$,	K_y	$i_{уд}$,
				МОм	МОм	м	Ом/км	Ом/км	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	МОм	кА		кА
5	ПР-1	-	РУ	125.06	31.36	95	49.42	5.00	14	200.49	36.36	205.12	1.63	1	2.32	0.52	0.0524
6	ПР-1	-	Г-9	162.52	36.36	23	319.03	1.52	14	505.56	40.61	509.69	1.29	1	1.9	1.93	0.0564
7	ПР-1	-	В 2	132.19	32.24	12	15.12	0.95	14	149.21	33.06	153.22	1.45	1	2.19	1.23	0.0552
8	ПР-1	-	У 2	144.92	26.04	23	29.65	1.49	14	194.49	30.22	199.9	1.33	1	2.02	1.23	0.0552
9	ПР-1	-	В 3	130.94	32.25	12	13.99	0.69	14	144.92	32.04	151.55	1.46	1	2.19	1.23	0.0552
10	ПР-1	-	А-1	122.52	32.013	9	5.45	0.43	14	129.19	32.443	134.44	1.55	1	2.22	0.92	0.059
11	ПР-1	-	А-2	290.96	32.26	20	143.9	1.9	14	324.56	34.26	329.02	0.91	1	1.13	6.63	0.094
12	ПР-1	-	А-2	320.19	34.09	29	293.12	2.51	14	613.12	39.59	614.66	0.43	1	0.65	6.63	0.094
13	ПР-1	-	А-11	134.36	32.13	10	19.3	0.564	14	153.96	32.914	160.22	1.42	1	2.12	1.93	0.0564
14	ПР-1	-	А-13	190.29	32.25	29	43.22	1.99	14	223.61	34.24	229.02	1.24	1	1.63	1.93	0.0564
15	ПР-2	-	РУ	96.44	29.49	40	21	2.124	14	132.44	31.614	139.39	2.2	1	2.09	0.52	0.0524
16	ПР-2	-	Г-5	114.24	29.95	20	16.9	1.26	14	139.14	31.12	142.64	1.99	1	2.54	0.99	0.0526
17	ПР-2	-	В 4	190.32	29.62	12	92.99	1.13	14	299.21	30.96	201.09	1.19	1	1.55	6.63	0.094
18	ПР-2	-	В 1	229.12	30.20	16	121.49	1.514	14	264.61	31.914	269.02	0.99	1	1.29	6.63	0.094
19	ПР-2	-	3-2	250.61	31.92	23	252.15	2.22	14	529.96	34.04	530.34	0.53	1	0.99	6.63	0.094
20	ПР-2	-	3-1	213.26	31.234	29	215.62	2.55	14	435.00	32.90	436.65	0.62	1	1.02	6.63	0.094
21	ПР-2	-	4-1	306.14	32.26	30	209.5	2.9	14	615.64	35.16	619.22	0.45	1	0.69	6.63	0.094
22	ПР-2	-	4-2	250.61	31.92	24	260.9	2.224	14	521.51	34.134	522.22	0.53	1	0.99	6.63	0.094
23	ПР-2	-	4-2	213.26	31.234	20	222.2	2.94	14	435.36	33.09	439.23	0.62	1	1.02	6.63	0.094
24	ПР-2	-	4-3	291.04	30.95	24	192.4	2.264	14	393.44	32.22	395.39	0.69	1	1.1	6.63	0.094
25	ПР-2	-	В 10	250.61	31.92	22	236.59	2.03	14	509.29	33.99	510.03	0.53	1	0.99	6.63	0.094
26	ПР-2	-	В 9	264.46	30.69	22	160.29	2.09	14	350.94	32.96	352.93	0.92	1	1.15	6.63	0.094
27	ПР-2	-	6	291.04	30.95	23	194.65	2.29	14	365.91	32.23	369.66	0.69	1	1.1	6.63	0.094
28	ПР-2	-	20	200.94	30.29	20	102.3	1.9	14	203.24	32.19	206.25	1.12	1	1.49	4.16	0.090
29	ПР-2	-	9-1	225.96	30.20	19	129.22	1.6	14	265.19	31.9	269.42	0.99	1	1.29	6.63	0.094
30	ПР-2	-	9-2	221.29	30.02	15	122.93	1.42	14	234.22	31.43	236.62	1.02	1	1.33	6.63	0.094
31	ПР-2	-	РУ	69.94	25.62	20	12.3	1.24	14	91.24	26.96	99.92	2.54	1	2.62	0.52	0.0524
32	ПР-2	-	1-1	124.29	26.29	5	35.33	0.46	14	135.92	26.95	141.52	1.66	1	2.36	6.63	0.094
33	ПР-2	-	1-2	153.09	26.65	11	94.13	1.034	14	239.22	29.9	242.23	1.26	1	1.92	6.63	0.094

34	ПР-2	-	1-2	194.04	29.134	14	115.1	1.324	14	211.14	29.46	212.55	1.15	1	1.52	6.63	0.094
35	ПР-2	-	1-3	222.64	29.52	20	143.9	1.9	14	299.44	30.42	290.55	1.3	1	1.99	6.63	0.094
36	ПР-2	-	1-4	290.19	29.19	25	194.65	2.36	14	390.94	31.55	392.64	0.92	1	1.13	6.63	0.094
37	ПР-2	-	1-5	239.22	29.9	22	160.29	2.09	14	319.41	30.99	321.40	0.92	1	1.29	6.63	0.094
38	ПР-2	-	1-6	246.49	30.13	25	252.15	2.32	14	520.64	32.45	522.26	0.53	1	0.99	6.63	0.094
39	ПР-2	-	1-9	295.29	30.52	31	216.23	2.994	14	629.52	33.41	629.99	0.49	1	0.91	6.63	0.094
40	ПР-2	-	12	303.02	30.61	32	224.09	2.99	14	629.11	33.6	620.39	0.46	1	0.69	6.63	0.094
41	ПР-2	-	12	319.41	30.9	33	230.45	3.19	14	664.06	34.09	665.29	0.44	1	0.66	6.63	0.094
42	СП2	-	2-1	112.96	26.92	19	23.92	1.214	14	152.69	29.134	159.30	1.92	1	2.59	1.93	0.0564
43	ПР-2	-	2-2	102.22	26.42	12	22.29	0.91	14	130.41	29.23	134.54	2.12	1	2.96	1.93	0.0564
44	ПР-3	-	РУ	152.26	30.52	69	95.62	4.15	14	264.00	34.69	269.69	1.26	1	1.92	1.23	0.0552
45	ПР-3	-	10	253.41	32.1	25	194.65	2.36	14	439.96	34.46	441.64	0.52	1	0.99	6.63	0.094
46	ПР-3	-	О 9	261.52	36.95	13	109.25	1.22	14	269.99	39.29	292.16	0.92	1	1.16	6.63	0.094
47	ПР-3	-	13	239.31	31.59	11	94.13	1.034	14	222.44	32.62	225.26	0.92	1	1.20	6.63	0.094
48	ПР-3	-	П-5	296.11	39.14	15	122.93	1.42	14	324.94	39.56	329.93	0.69	1	1.12	6.63	0.094
49	ПР-3	-	П-5(Р)	239.31	31.59	12	109.25	1.13	14	245.66	32.92	249.22	0.92	1	1.20	6.63	0.094
50	ПР-3	-	19	261.52	36.95	13	109.25	1.22	14	269.99	39.29	292.16	0.92	1	1.16	6.63	0.094
51	ПР-3	-	15	296.11	39.14	22	160.29	2.09	14	346.29	40.23	350.13	0.69	1	1.12	6.63	0.094
52	ПР-3	-	16	202.49	39.29	20	143.9	1.9	14	350.19	41.29	352.02	0.64	1	1.04	6.63	0.094
53	ПР-3	-	14	296.24	32.69	23	194.65	2.15	14	362.11	33.94	364.23	0.69	1	1.12	4.16	0.090
54	ПР-3	-	19	219.26	32.22	20	222.2	2.6	14	440.46	35.02	442.39	0.62	1	1.00	4.16	0.090
55	ПР-4	-	РУ	99.34	29.95	62	21.99	3.3	14	120.23	33.25	126.54	2.19	1	2.03	0.332	0.0512
56	ПР-4	-	П-2	129.36	30.3	5	21.02	0.43	14	164.39	30.93	190.20	1.6	1	2.29	4.16	0.090
57	ПР-4	-	П-3	150.26	30.52	9	51.92	0.65	14	226.29	31.29	230.96	1.29	1	1.95	6.63	0.094
58	ПР-4	-	П-4	133.99	30.32	5	35.33	0.46	14	205.22	31.00	210.25	1.43	1	2.14	6.63	0.094
59	ПР-4	-	О 5	226.66	31.46	19	129.22	1.61	14	292.09	32.29	293.36	0.95	1	1.23	6.63	0.094
60	ПР-4	-	Г-12	124.62	31.22	22	26.29	1.345	14	159.01	32.66	162.26	1.64	1	2.33	1.23	0.0552
61	ПР-4	-	О 6	220.54	31.91	20	222.2	2.94	14	452.94	33.55	453.52	0.59	1	0.96	6.63	0.094
62	ПР-4	-	Г-14	130.51	32.11	23	260.9	2.24	14	311.41	33.25	312.99	1.43	1	2.14	1.23	0.0552
63	ПР-5	-	РУ	106.21	31.10	92	30.645	4.52	14	152.05	35.62	159.52	2.01	1	2.91	0.332	0.0512
64	ПР-5	-	М-1	221.14	31.56	5	35.33	0.46	14	292.49	32.23	294.52	0.99	1	1.29	6.63	0.094
65	ПР-5	-	М-2	193.61	32.04	10	66.3	0.94	14	266.11	32.00	290.32	1.22	1	1.60	6.63	0.094
66	ПР-5	-	М-2	222.31	32.42	14	115.1	1.324	14	243.41	32.94	246.10	1.02	1	1.32	6.63	0.094

67	ПР-5	-	М-3	252.11	32.00	20	143.9	1.9	14	321.91	33.9	323.22	0.99	1	1.22	6.63	0.094
68	ПР-5	-	М-4	235.52	32.91	19	129.22	1.61	14	300.94	33.42	302.31	0.92	1	1.20	6.63	0.094
69	ПР-5	-	М-5	266.49	32.19	22	160.29	2.09	14	352.96	34.29	354.06	0.92	1	1.16	6.63	0.094
70	ПР-5	-	1	221.14	31.56	5	35.33	0.46	14	292.49	32.23	294.52	0.99	1	1.29	6.63	0.094
71	ПР-5	-	2	222.31	32.42	13	109.25	1.22	14	235.66	32.94	239.42	1.02	1	1.32	6.63	0.094
72	ПР-5	-	2	235.52	32.91	19	129.22	1.61	14	294.94	33.42	299.40	0.92	1	1.20	6.63	0.094
73	ПР-5	-	9	222.31	32.42	14	115.1	1.13	14	229.41	32.55	232.20	1.02	1	1.32	6.63	0.094
74	ПР-5	-	11	292.06	32.29	23	194.65	2.29	14	392.92	34.55	394.92	0.69	1	1.09	6.63	0.094
75	ПР-5	-	21	242.06	32.52	29	133.65	2.42	14	311.92	35.13	313.31	0.9	1	1.26	4.16	0.090
76	ПР-5	-	22	292.09	33.15	23	164.69	2.05	14	349.96	36.22	351.29	0.91	1	1.12	4.16	0.090
77	ПР-5	-	П-1	113.64	31.39	5	6.33	0.296	14	126.19	31.99	132.33	1.99	1	2.54	1.23	0.0552
78	ПР-5	-	П-2	119.61	31.64	10	12.3	0.552	14	136.11	32.31	142.10	1.92	1	2.44	1.23	0.0552

продовження таблиці 3.7

3.5 Перевірка захисних апаратів мережі напругою нижче 1000 В на вимикаючу здатність

Перевірка на вимикаючу здатність визначається за виразом:

$$I_{\text{вим.ном}} \geq I_{\text{к.з.мах}}$$

Таблиця 3.8 – Перевірка автоматичних вимикачів

Номер ПР	Тип автоматичного вимикача	Гранична вимикаюча здатність, кА	Номер точки к.з.	$I_{\text{кз}}^{(3)}$, кА
ПР-1	ВА 51–35	15	К.5	2.43
ПР-2	ВА 51–31	15	К.15	1.74
ПР-3	ВА 51–31	15	К.31	3.72
ПР-4	ВА 51–31	7	К.44	1.92
ПР-5	ВА 51–35	15	К.55	3.04
ПР-6	ВА 51–35	15	К.63	2.81

Так, як $I_{\text{вим.ном}} > I_{\text{к}}^{(3)}$, кА, то всі автомати обрані правильно, і підходять по здатності вимикати до струми к.з.

3.6 Висновки до розділу 3

В даному розділі виконано вибір мережевих електричних пристроїв та апаратів захисту, проведено вибір перерізів проводів та жил кабелів для підключення електроприймачів та силових об'єктів

Здійснено розрахунок струмів трифазного к.з. у мережі напругою понад 1 кВ, а також розрахунок струмів трифазного к.з. у мережі напругою нижче 1 кВ по корпусу

Виконано перевірку захисних апаратів мережі напругою нижче 1000 В на вимикаючу здатність до струмів к.з.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки

На кожному підприємстві при експлуатації електрообладнання користуються нормативно-технічною документацією з безпечної експлуатації електроспоживачів: “Закон України про Охорону праці”, ПУЕ, ПТЕ і ПТБ у відповідності до якої електроустановки допущені до експлуатації.

До нормативно-технічної документації входять:

- акти прийому робіт;
- генеральний план ділянки на якому нанесені споруди і підземні електротехнічні комутації;
- акти випробувань і наладки електрообладнання;
- акти прийому електроустановок в експлуатацію;
- виконавчі робочі схеми первинних і вторинних електричних з'єднань;
- технічний паспорт електрообладнання;
- інструкції по обслуговуванню електроустановок, а також посадові інструкції по кожному робочому місцю.

Крім того, на кожному цеху необхідно мати:

- паспортні карти або журнал з описанням електрообладнання і засобів захисту із вказанням технічних даних, а також присвоєння інвентарних номерів;
- креслення електрообладнання, електроустановок і споруд, комплекти креслень запасних частин, виконавчі креслення повітряних і кабельних трас;
- креслення підземних кабельних трас і заземлюючі пристрої з прив'язками до будівельних споруд, а також з вказанням місць установки з'єднувальних муфт і перемикань з іншими комунікаціями;

- загальні схеми електропостачання, складені по підприємству в цілому і по окремим цехам та ділянкам;
- комплект експлуатаційних інструкцій по обслуговуванню електроустановок цеха, ділянки і комплект посадових інструкцій по кожному робочому місцю і інструкцій по охороні праці.

Всі зміни в електроустановка, які вносяться в процесі експлуатації, повинні відображатися в схемах і кресленнях відразу за підписом особи, яка відповідає за електрогосподарство, з вказанням його посади і дати внесення змін.

Заходи з електробезпеки поділяються на організаційні та технічні.

До організаційних заходів, що забезпечують безпеку виконання робіт в електроустановках відносяться:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, що виконують в порядку технічної експлуатації;
- допуск до роботи;
- наряд під час виконання робіт;
- оформлення перерв в роботі, переводи бригади на інше робоче місце, закінчення роботи

В процесі роботи заводу персонал повинен систематично проходити інструктаж з техніки безпеки. На робочих місцях повинні бути інструкції по обслуговуванню обладнання, правила техніки безпеки, плакати та попереджувальні написи.

Особи, що обслуговують електроустановки, проходять медогляд, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань кваліфікаційної групи по ТБ.

Технічні заходи.

Для захисту людей в умовах виробничого процесу застосовуються:

- безпечні струми;
- ізоляція проводів;
- механічні огороження;

- захисні заземлення;
- занулення;
- блокування пристроїв;
- захисні засоби.

Захисне заземлення - це заземлення, виконане з метою захисту людей від замикань на землю, або корпус.

Захисне відключення - система захисту, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки.

На підприємстві повинні проводитись протипожежні інструктажі.

Всі працівники підприємства зобов'язані знати та неухильно виконувати правила пожежної безпеки. Для цього з робітниками проводиться пожежно-технічний мінімум, де їх знайомлять з методами гасіння пожеж і засобів, що використовуються для цього.

Головним завданням пожежної безпеки є забезпечення працюючих комфортними умовами праці, зберігання матеріальних цінностей, а також забезпечення неперервного виробничого процесу.

Основними причинами пожеж на підприємствах харчової промисловості є необережна робота з відкритим вогнем, застосування пошкоджених, вогнегасників які не відповідають класу вибухонебезпечності.

Пожежна безпека заводу забезпечується системою запобігання пожеж і пожежного захисту. Пофарбування зовнішньої поверхні обладнання, яка нагрівається, повинне проводитись жаростійкою фарбою.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно проводити організаційні заходи. До них відносяться:

- організація пожежної охорони;
- навчання працюючих;
- розробка і застосування норм та правил.

Пожежна профілактика - це найбільш важлива частина протипожежних заходів і уявляє собою єдиний комплекс організаційних та технічних заходів по попередженню та локалізації пожеж та вибухів.

Головними та найбільш частими причинами горіння, пожеж, вибухів є:

1. порушення правил пожежної безпеки;
2. порушення режиму технологічного процесу;
3. несправність обладнання;
4. самозапалювання, грозові розряди.

Причинами пожеж являються також короткі замикання та струмові навантаження провідників. Електрична дуга може визвати запалення розташованих поблизу горючих матеріалів і маслонаповнених апаратів.

В приміщеннях підприємства передбачені засоби для гасіння пожежі. В електричних установках гасіння пожежі відбувається за допомогою повітряно-механічної піни піноутворювачем (ПО-1 та ПО-6).

Ручні вогнегасники типів ОУ-5 та ОУ-8 передбачені для гасіння невеликих джерел вогню всіх видів.

При виникненні пожеж, якщо електрична установка не відключена та знаходиться під напругою, виникає небезпека враження електричним струмом. Необхідно зняти напругу, а потім гасити її. Якщо напругу зняти не можна, то припускається гасіння установки при дотриманні особистих засобів електробезпеки. На заводі плануються такі протипожежні заходи:

1. На основі даних по вибухо- та пожежонебезпеці технологічних процесів визначені класи вибухо-пожежонебезпеки згідно ПУЕ та здійснено вибір електричного обладнання, електричного освітлення та електричної апаратури.

2. Пускова та розподільча апаратура винесена з вибухонебезпечних приміщень у електрощитові. Світильники вибрані відповідно класу та групі вибухонебезпечної суміші.

3. Розподільчі шафи, пускова апаратура у цехах розташовані у місцях доступних для обслуговування з проходами не менше за 0,8 м від технологічного обладнання.

Згідно ПУЕ приміщення на підприємстві по вибухо- та пожежонебезпеці класифікують (табл 4.1).

Таблиця 4.1 – Перелік вибухо-пожеженебезпечних приміщень на підприємстві

№	Найменування приміщень	Категорії з вибухо-пожеже небезпеки	Клас приміщення згідно умов навколишнього середовища
1	Складські приміщення	В	П-Па
2	ГРП	А	В-Іа
3	Дільниця зарядки, акумуляторів електрокара в посудо-тарному цеху, лікерному відділенні	А	В-І
4	Зарядка гаража	А	В-І
5	Склад красок гаража	А	В-І
6	Машинний зал аміачної компресорної	А	В-Іб
7	Камера витяжних вентиляторів із машинного залу	А	В-Іб

Вибухонебезпечною вважається зона в приміщенні в межах до 5 м. по горизонталі і вертикалі від технологічного апарату із якого можливе виділення горючих газів, або парів легкозаймистих речовин, якщо об'єм вибухонебезпечної суміші рівний або більший 5% вільного об'єму приміщення.

Пожеженебезпечною зоною називається простір в приміщеннях і поза приміщеннями в межах якого постійно чи періодично обертаються горючі речовини і в якому вони можуть знаходитись при нормальному технологічному процесі, або при його порушеннях.

4.2 Вимоги до проектування й побудови промислових підприємств

Нові промислові підприємства повинні будуватися з врахуванням вимог, виконання яких сприяє підвищенню стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкту.

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розміщувати розосереджено. Відстань між будівлями повинна забезпечувати протипожежні розриви. При

забезпеченні таких розривів виключається можливість перенесення вогню з однієї будівлі на іншу навіть, якщо гасіння пожежі не проводиться.

Ширина протипожежного розриву L_p , м, визначається за формулою:

$$L_p = H_1 + H + 15 \text{ м,}$$

де H і H_1 – висота сусідніх будинків.

Будівлі адміністративно-господарського і обслуговуючого призначення повинні розміщуватись окремо від основних цехів.

Найбільш важливі виробничі споруди треба будувати заглибленими або пониженої висоти, прямокутної форми в плані. Це зменшить парусність будівлі і збільшить її опір ударній хвилі будь-якого вибуху. Висока стійкість до дії ударної хвилі властива залізобетонній будівлі з металевими каркасами в бетонній опалубці.

Для підвищення стійкості до пожеж в будинках повинні застосовуватись вогнестійкі конструкції, а також вогнезахисна обробка горючих елементів будівлі. В кам'яних будинках перекриття повинно бути виготовлене з армованого бетону або з бетонних плит. Велика за розмірами будівля повинна поділятися на секції з негорючими стінами.

В ряді випадків при проектуванні і будівництві промислових будівель і споруд повинна бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного порошку. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості і продовольчих складів.

В складських приміщеннях повинно бути якомога менше вікон та дверей. Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, нафта, мазут та ін.) повинні розміщуватись в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля кордонів об'єкту або за його межами.

Деякі унікальні види технологічного обладнання потрібно розміщувати в більш міцних спорудах (підвалах, підземних спорудах) або будівлях з легких негорючих конструкцій павільйонного типу, під навісами або відкрито. Це обумовлюється тим, що в багатьох випадках обладнання може витримати набагато більший надлишковий тиск ударної хвилі, ніж будівля, в якій воно

знаходиться. При зруйнуванні будівлі внаслідок падіння конструкцій розміщене в них обладнання буде виходити з ладу.

На підприємствах, які виготовляють або споживають сильнодіючі отруйні і вибухонебезпечні речовини, при будівництві чи реконструкції необхідно передбачати захист ємностей і комунікацій від зруйнування ударною хвилею або падаючими конструкціями, а також заходи, які виключають розливання отруйних і вибухонебезпечних речовин.

Душові приміщення необхідно проектувати з врахуванням використання їх для санітарної обробки людей, а місця для миття машин - з врахуванням використання їх для знезаражування автотранспорту.

Дороги на території об'єкту повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручний і найкоротший шлях між виробничими будівлями, спорудами і складами. В'їздів на територію об'єкту повинно бути не менше, ніж два з різних напрямків. Внутрішні залізниці повинні забезпечувати найпростішу схему рух та займати мінімальну площу території об'єкту і мати обгінні ділянки. Вводи залізниці в цехи повинні бути, як правило, тупикові.

Системи побутової і виробничої каналізації повинні мати не менше двох випусків в міську каналізаційну мережу і пристосування для аварійних викидів в підготовлені для цього місця.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Результатом роботи є розробка проекту реконструкції системи електропостачання для кондитерської фабрики А.В.К., м. Мукачево. Дана реконструкція системи електропостачання відповідає найсучаснішим вимогам до систем, таким як надійність, економічність, безпека для людини та навколишнього середовища.

Відокремлено ряд основних вимог до систем електропостачання, є важливими для підприємств, а саме:

- надійність та стабільність
- якість електроенергії
- відповідність технічним вимогам
- енергоефективність
- захист від перенапруг
- захист від аварійних ситуацій
- забезпечення відповідності нормам та правилам.

Обґрунтовано напругу живлення, проведено світлотехнічний та електротехнічний розрахунки освітлення. У роботі передбачено також аварійне висвітлення. Вибране електротехнічне обладнання перевірено на дію струмів короткого замикання.

В результаті виконання КРБ вирішено такі завдання:

- обґрунтовано реконструкцію схеми електропостачання підприємства через введення нового споживача (корпус № 8);
- дано характеристику організації;
- здійснено розрахунок електричних навантажень нового споживача (корпус № 8);
- обрані мережеві електричні пристрої, апарати захисту та провідники;
- розраховані струми короткого замикання та перевірені елементи електричної мережі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Браславець, Андрій Олегович. Особливості проектування електропостачання промислового підприємства з урахуванням перспектив розвитку. MS thesis. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
2. Бабюк, С. М., Приймак, М. Д., & Паськів, Р. В. (2017). Підвищення енергоефективності підприємств за рахунок контролю характеристик режимів електропостачання. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 3, 90-91.
3. Бабюк, С. М., & В Пліс, Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.
4. Створене посилання: Електропостачання // ЕНЕРГО-ІНВЕСТ [Веб-сайт]. - Київ, 2022. - URL: <http://www.energo-invest.com.ua/designing/power-supply/> (дата звернення: 11.05.2023).
5. Закон України «Про електроенергетику» (введений Постановою Верховної Ради № 575/97–ВР від 16.1 0. 1997 року) // Відомості Верховної Ради України. – 1998. – № 1. – С. 1).
6. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
7. Технічна політика: Побудова та експлуатація електричних мереж. Технічна політика // Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Київ: ДП «НЕК «Укренерго», 2014. 250 с.
8. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. НПАОП 40.1– 1.21-98. – К.: Основа, 1998. – 380 с.
9. ДСТУ EN 50110-1:2019 Експлуатування електроустановок. Частина 1. Загальні вимоги (EN 50110-1:2013, IDT)

10. ДСТУ EN 61000-2-4:2017 Електромагнітна сумісність (ЕМС). Частина 2-4. Електромагнітна обстановка. Рівні сумісності щодо низькочастотних кондуктивних завад для промислових підприємств (EN 61000-2-4:2002, IDT; IEC 61000-2-4:2002, IDT)

11. Шестеренко, В. Є. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування / Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. — Київ, 2013. — 424 с.

12. Журахівський, А. В. "Оптимізація режимів електроенергетичних систем: навч. посібник для вузів." Львів: Видавництво Львівської політехніки (2010).

13. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23.

14. Orobchuk, B., Sysak, I., Babiuk, S., Rajba, T., Karpinski, M., Klos-Witkowska, A., ... & Gancarczyk, J. (2017, September). Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process. In 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) (Vol. 1, pp. 210-214). IEEE.

15. Буняк, О., Бабюк, С., & Сисак, І. (2019). Інтелектуальний пристрій автоматичного регулювання параметрів електромережі. Матеріали ІV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця, 268-270.

16. Буряк В. М. Експлуатація електрообладнання систем електропостачання [Текст] : навч. посіб. [для студ. електротехн. спец. вищ. навч. закл.] / В. М. Буряк. — 2-ге вид., переробл. та випр. — Х. : Тимченко, 2008.

17. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.