

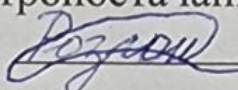
Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

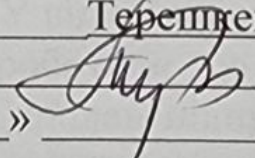
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

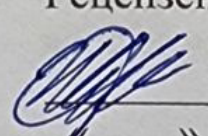
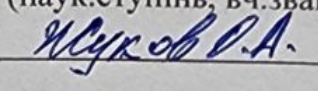
Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю "ABIC", місто Вінниця

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕЕ-21Б
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електропостачання та енергозбереження»,
Розгон Т. В. 

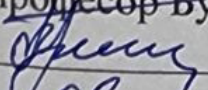
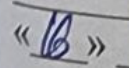
Керівник: к.т.н., професор каф. ЕСЕЕМ
Терешкевич Л. Б.

«» 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. КЕМСК
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

 Йсуків В. А.
«» 2025 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., професор Бурбело М. Й.


«» 2025 р.

Вінниця ВНТУ 2025 рік

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« 20 » 03 2025р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Розгон Тарас Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю "Авіс", місто Вінниця

керівник роботи Терешкевич Леонід Борисович, к.т.н., проф.,
затверджені наказом по ВНТУ від « ____ » ____ 2025 року, № ____

2. Строк подання студентом роботи « ____ » ____ 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація.

Зміст

Вступ

1 Загальні відомості про підприємство

1.1 Відомості про технологічні процеси

1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання

2 Аналіз системи електропостачання підприємства

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.2 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

2.2 Вибір та розміщення підстанцій

2.2.1 Вибір оптимальної напруги живлення

2.3 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

2.4 Вибір і розміщення трансформаторних підстанцій

2.5 Розрахунок схеми електропостачання

2.5.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання

- 2.6 Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП
 2.7 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів
 2.8 Розрахунок електропостачання цеху
 2.8.1 Вибір схеми цехової мережі
 2.9 Підбір комутаційно-захисного обладнання та провідників для мер

цеху
 2.10 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ
 3 Компенсація реактивних навантажень в системах електропостачання
 3.1 Технічна необхідність керування реактивною потужністю
 електричних мережах
 3.2 Компенсація реактивної потужності за допомогою БСК
 3.3 Способи КРП

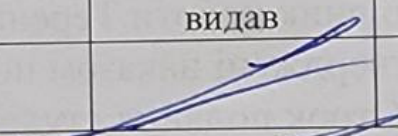
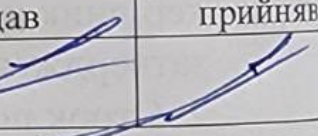
4 Охорона праці

Висновок

Список використаних джерел

Додатки

6. Консультанти розділів роботи

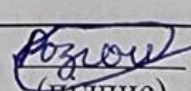
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання «___» _____ 2025 року

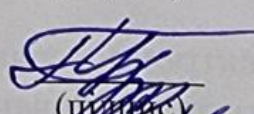
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство		
2	Аналіз системи електропостачання підприємства		
3	Компенсація реактивних навантажень в системах електропостачання		
4	Охорона праці		
5	Графічна частина роботи		

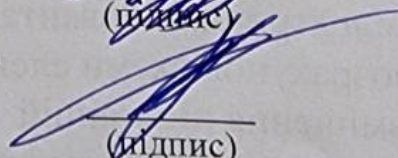
Студент


(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Розгон Т. В.

(прізвище та ініціали)

Терешкевич Л. Б.

(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.311.1

Розгон Тарас Валентинович. Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Авіс", м. Вінниця. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, 2025 – 81 с.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано проектування системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Авіс», м. Вінниця. Метою роботи є розробка технічно обґрунтованої, енергоефективної та надійної системи електропостачання, яка забезпечує безперебійну роботу всіх виробничих підрозділів підприємства.

У ході роботи проведено аналіз електричних навантажень основних і допоміжних цехів, розраховано сумарні активні та реактивні потужності споживачів. Обґрунтовано вибір схеми електропостачання з використанням живлення напругою 10 кВ і встановленням головної понижувальної підстанції. Виконано техніко-економічне порівняння варіантів живлення, вибір трансформаторів, кабельних ліній, комутаційно-захисної апаратури та перевірено їхню відповідність умовам роботи при коротких замиканнях.

Результати роботи можуть бути використані як основа для впровадження проєкту розробка електропостачання ТОВ «Авіс».

Рисунків – 10

Таблиць – 25

Бібліографій – 30

ABSTRACT

Rozgon Taras Valentinovich. Development of the power supply system of the limited liability company "Avis", Vinnytsia. Specialty 141 – Electric power, electrical engineering and electromechanics. – Department of ESEEM – Vinnytsia: VNTU, FEEEM, 2025 – 81 p.

In the bachelor's qualification work, the design of the power supply system of the limited liability company "Avis", Vinnytsia was carried out. The purpose of the work is to develop a technically sound, energy-efficient and reliable power supply system that ensures uninterrupted operation of all production units of the enterprise.

During the work, an analysis of the electrical loads of the main and auxiliary workshops was carried out, the total active and reactive powers of consumers were calculated. The choice of a power supply scheme using a 35 kV supply voltage and the installation of a main step-down substation was justified. A feasibility study of power supply options, selection of transformers, cable lines, switching and protective equipment, and their compliance with short circuit operating conditions were performed.

The results of the work can be used as a basis for the implementation of the project for the development of power supply of Avis LLC.

Figures – 10

Table – 25

Bibliography – 30

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	7
1.1 Відомості про технологічні процеси	7
1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання	10
2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	13
2.1 Розрахунок електричних навантажень	13
2.1.2 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства	16
2.2 Вибір та розміщення підстанцій	19
2.2.1 Вибір оптимальної напруги живлення	19
2.3 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення	20
2.4 Вибір і розміщення трансформаторних підстанцій	22
2.5 Розрахунок схеми електропостачання	29
2.5.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання	29
2.6 Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП	30
2.7 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів	32
2.8 Розрахунок електропостачання цеху	34
2.8.1 Вибір схеми цехової мережі	34
2.9 Підбір комутаційно-захисного обладнання та провідників для мережі цеху	35
2.10 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ	39
3 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	43
3.1 Технічна необхідність керування реактивною потужністю в електричних мережах	43
3.2 Компенсація реактивної потужності за допомогою БСК	46
3.3 Способи КРП	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	55
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	55
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах	55
4.1.2 Електробезпека	58

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	59
4.2.1 Мікроклімат	59
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	60
4.2.3 Виробниче освітлення.....	61
4.2.4 Виробничий шум.....	62
4.3 Пожежна безпека.....	63
ВИСНОВОК	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
ДОДАТКИ	71
Додаток А. Вихідні дані.....	72
Додаток Б. Картограма навантажень цеху.....	74
Додаток В. Однолінійна схема підприємства	75
Додаток Г. План цеху з розміщенням силових електроприймачів	76
Додаток Д. Розрахунково-монтажна таблиця	77
Додаток Ж. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	78

ВСТУП

Актуальність теми. Надійне та ефективне електропостачання є критично важливим для забезпечення безперервної роботи промислових підприємств, таких як ТОВ «Авіс» у м. Вінниця, яке спеціалізується на виробництві майонезів, маргаринів, соняшникової олії та безалкогольних напоїв. Стабільність енергозабезпечення безпосередньо впливає на якість технологічних процесів, продуктивність обладнання та економічні показники підприємства. У сучасних умовах зростання вартості електроенергії та посилення вимог до енергоефективності особливого значення набуває компенсація реактивної потужності за допомогою батарей статичних конденсаторів (БСК). Це дозволяє зменшити втрати електроенергії, оптимізувати навантаження на мережу та підвищити коефіцієнт потужності, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності системи електропостачання.

Мета роботи полягає у розробці технічно обґрунтованої, енергоефективної та надійної системи електропостачання для ТОВ «Авіс», яка забезпечить безперебійне функціонування виробничих процесів, мінімізує втрати електроенергії шляхом ефективною компенсації реактивної потужності та оптимізує енергоспоживання підприємства.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз електричних навантажень підприємства та його цехів, визначити сумарні активні та реактивні потужності.
2. Обґрунтувати вибір оптимального рівня напруги живлення та розробити схему електропостачання підприємства.
3. Виконати розрахунки електричних навантажень, коротких замикань та підібрати відповідне комутаційно-захисне обладнання.
4. Розробити схему цехової мережі з урахуванням селективного захисту та мінімальних втрат електроенергії.

Об'єкт дослідження – процес електрозабезпечення ТОВ «Авіс», включаючи організацію живлення виробничих цехів.

Предмет дослідження – методи та інструменти проектування системи електропостачання, зокрема розрахунок електричних навантажень, вибір схем заводських і цехових мереж, підбір обладнання, а також застосування батарей статичних конденсаторів для компенсації реактивної потужності з метою підвищення енергоефективності та надійності електропостачання.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Відомості про технологічні процеси

Товариство з обмеженою відповідальністю, а саме підприємство «АВІС», було створено в 1992 році. Починаючи з 2000 року, фірма займається фасуванням натуральних столових вод, відомих як «АВІС».

Головним напрямком роботи є виготовлення майонезів, легких маргаринів, очищеної олії із соняшнику та безалкогольних напоїв.

У 2007 році ТОВ – підприємство «АВІС» отримало документ під назвою «Спеціальний дозвіл на користування надрами №3196» від 07 грудня 2007 року для проведення геологічних досліджень, включно з дослідно-промисловою розробкою підземних вод питного призначення.

У 2011 році термін дії цього дозволу подовжили до 07 грудня 2013 року для продовження використання свердловин №10, 11, 12 для забору води. Згодом Державна служба геології й надр України видала новий «Спеціальний дозвіл на користування надрами №5956 від 26.06.2014 року» з метою видобутку підземних вод із Лука-Мелешківського родовища для потреб господарсько-питного характеру, промислових цілей та розливу на ТОВ «АВІС». Угода №5956 виступає невід’ємною частиною цього дозволу. Держгеонадра надала право на експлуатацію надр для добування питних вод із підземних джерел.

Дозвіл узгоджено:

- Мінприроди України – 07.04.2014 р. №5/3 – 6/3734 – 14;
- Вінницька обласна рада – рішення від 20.12.2013 р. №653;
- Держгірпромнагляд України – 26.02.2014 р. №1497/0/3.1 – 12/6/14. Дія спеціального дозволу – 20 років.

Існує угода з КП «Вінницяоблводоканал» щодо скиду стічних вод від виробництва в систему каналізації міста Вінниці, при цьому постійно відстежується відповідність допустимих значень показників (ДВП)

забруднюючих речовин у стоках, що пов'язані з особливостями діяльності підприємства.

Хіміко-бактеріологічна лабораторія КП «Вінницяоблводоканал» щоквартально виконує хіміко-лабораторний аналіз стічних вод за 20 параметрами вмісту небезпечних речовин. Згідно з останніми протоколами перевірки якості стоків від підприємства за чотири квартали, перевищень ДВП не виявлено.

Для забезпечення господарсько-питних й виробничих потреб у 2019 році заплановано видобуток підземних вод питної якості на основі Технологічної схеми використання Лука-Мелешківського родовища, що належить ТОВ «АВІС», розташованого на південно-східній околиці Вінниці (свердловини №10, 11), а також Технологічної схеми роботи водозабору питних підземних вод зі свердловини №12 для потреб споживання та санітарно-гігієнічних цілей ТОВ «АВІС».

Для ефективної та раціональної експлуатації родовища фірма впроваджує ряд заходів:

- дотримуються правила експлуатації свердловин згідно діючих нормативних документів;
- видобування підземних вод здійснюється у межах затверджених запасів;
- виконується програма режимних спостережень та лабораторних досліджень;

Створення майонезу. Цей густий й маслянистий соус, відомий усьому світу, спершу здобув популярність у кухні Франції, а згодом його полюбили майже в усіх куточках планети. Він являє собою емульсію, до складу якої входять олія рослинного походження, яйця, сіль, цукор, приправи, оцет та спеціальні загусники. Готується соус шляхом повільного вливання олії до яєчного жовтка, після чого додають спеції й загусники для стабільності.

Виготовлення олії. Процес бере початок із силосних сховищ, куди надходить сировина, а потім вона спрямовується до буферного силосу для

подальшої обробки. Насіння соняшнику подається в машини для луцення, що сприяє кращому вилученню олії. Далі сировину відправляють у млин для легкого пресування. Після цього масу переносять у відстійник, де великі частки насіння, що залишилися після преса, осідають і повертаються на повторну обробку. Наступний крок – ретельна фільтрація. Обладнання для цього процесу – німецького виробництва, високоефективне. Підприємство ТОВ «ABIC» здатне переробляти до 50 тонн насіння щодоби.

Виготовлення маргарину. За смаком та виглядом він нагадує вершкове масло, хоча має суттєві відмінності. Маргарин створили як доступнішу альтернативу маслу, що, відповідно, вплинуло на його якість, зробивши її нижчою. На ТОВ «ABIC» застосовують безперервний метод для його виробництва.

Виготовлення маргарину поділяється на два ключові етапи:

- жирової фази;
- водної фази.

Наприкінці до складу вносять емульгатори й сіль. Водна фаза: поєднують молочні білки, сіль, консерванти – тобто компоненти, що розчиняються у воді. Жирова фаза: змішують ароматизатори, розчинні в жирах, вітаміни, емульгатори та каротини – іншими словами, усі жиророзчинні складники. Далі ці дві частини з'єднують між собою, доводячи до рівномірної текстури. Завершальним кроком стає охолодження маргарину та його відправка на пакування.

Створення печива. На підприємстві ТОВ «ABIC» печиво – це невелика випічка круглої форми, солодка й хрустка, що вирізняється значним вмістом цукру, високою жирністю та низьким рівнем вологи.

Процес замішування тіста для печива включає три основні етапи:

- додавання сухих інгредієнтів;
- додавання рідини;
- збивання вологих жирових інгредієнтів;

Спочатку вершки збивають із цукром, щоб сформувати повітряні порожнини, завдяки чому досягається легка текстура. На цій стадії також вносять додаткові компоненти: сіль, яєчний порошок, розпушувач – усе це сприяє кращій однорідності тіста. Етап введення рідини: покращує розподіл та гомогенізацію маси, тобто робить її консистенцію більш рівною, при цьому аерація тіста не припиняється. Завершальний крок полягає у внесенні сухих складників – просіяне борошно додають поступово й обережно, зберігаючи повітряність структури. Включення борошна перешкоджає утворенню глютенної сітки, яка може ускладнити підняття тіста під час випікання печива.

1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання

Компанія з обмеженою відповідальністю – фірма «ABIC» являє собою високотехнологічне підприємство, асортимент продукції якого, досить широкий, виробляється на сучасному й потужному устаткуванні. Загальний план фірми зображено на малюнку 1.1.

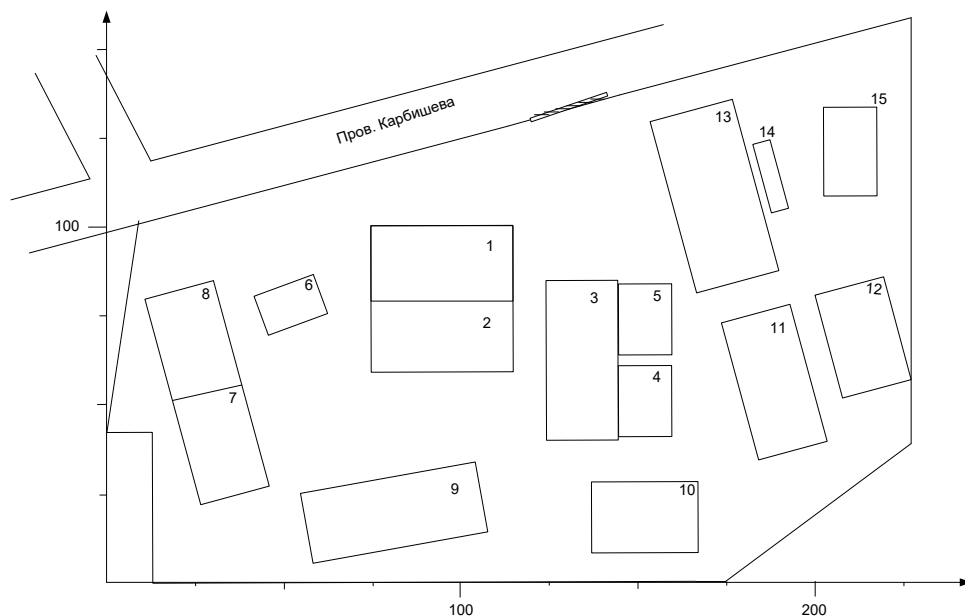


Рисунок 1.1 – Генеральний план підприємства

Відомості про електричні навантаження ТОВ «ABIC» наведені в таблиці

1.1.

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження компанії

№ на плані	Назва цеху	Р _н , кВт
1	Завод полімерного упакування	300
2	Цех (друкарня)	72
3	Завод безалкогольних напоїв	312
4	Очисні споруди	168
5	Очисні споруди	168
6	Котельня	72
7	Склад №1	192
8	Склад №2	204
9	Склад №3 (гот. Прод)	192
10	Склад №4 (гот. Прод)	204
11	Оліє-очисний завод	192
12	Цех фасування олії	204
13	Цех по виробництву майонезу	216
14	Холодильно-компресорна станція	96
15	Цех по виготовленню печива	-

План електропостачання цеху по виготовленню печива по наведений на
 рисунку 1.2

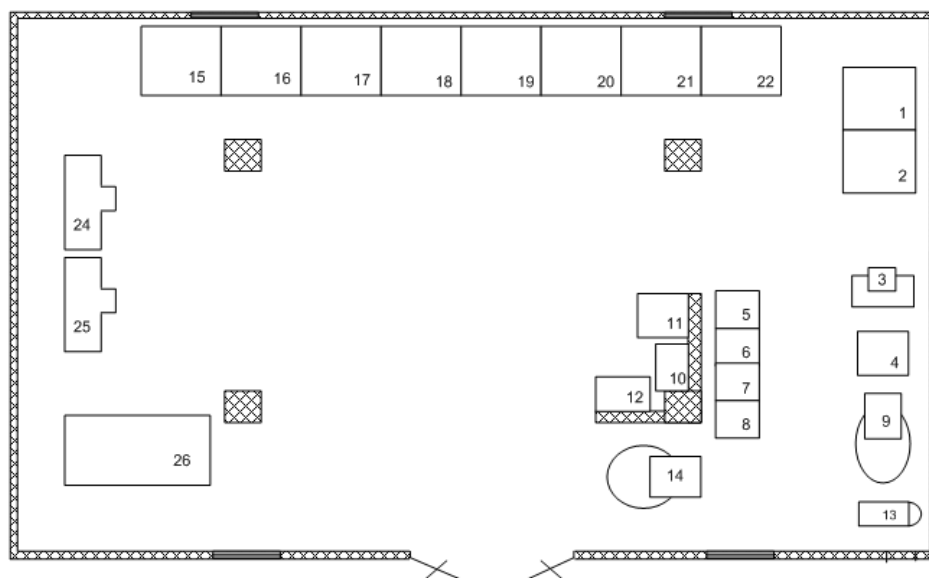


Рисунок 1.2 – План цеху по виготовленню печива

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження цеху по виготовленню печива

№ на плані	Електроприймач	Р _н , кВт
1-2	Морозильна камера	12
3-5,9	Тістозмішувач	6,6
6-8	Тістозмішувач	9
10	Дозатор води	3,6
11-12	Бойлер	33,6
13	Підйомник	5,4
15-19	Піч	6
20-22	Піч	3,6
24-25	Формувальна машина	3,6
26	Холодильний стіл	24

Електроживлення забезпечується від підстанції 110/10, розташованої на відстані 0,8 км. Категорія підприємства за надійністю електропостачання – 2.

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Електроживлення приймачів (ЕП) цеху забезпечується через три розподільні точки. Ці РП підключені до трансформаторної підстанції ТП 3 (рисунок 2.1).

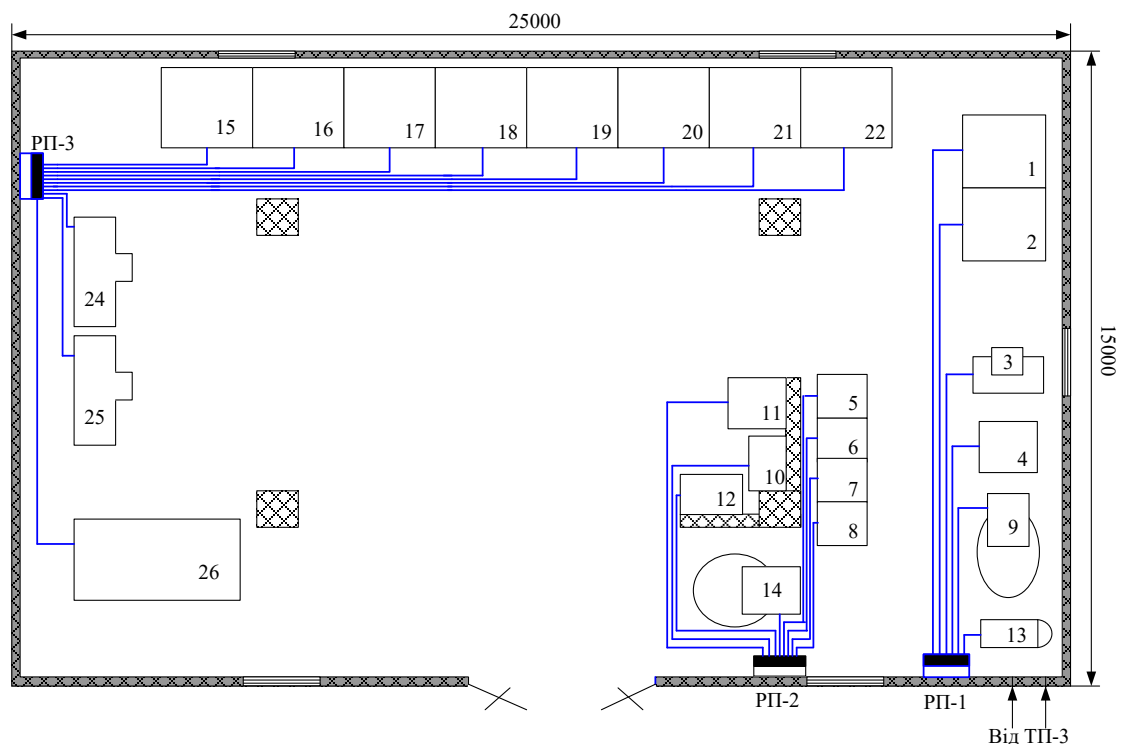


Рисунок 2.1 – План електропостачання цеху

Обчислення проведемо в табличному вигляді (форма Ф636-92) відповідно до РТМ 36.18.32.4-92. Розрахункові навантаження окремих електроприладів (ЕП) або ліній, що живлять два чи три ЕП (І рівень), вважаються такими, що дорівнюють номінальним:

$$P_p = P_n, \quad Q_p = P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_n; \quad (2.1)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_n$ - номінальний коефіцієнт реактивної потужності;

P_n - номінальна активна потужність ЕП, кВт.

Номинальні значення встановлюють на основі паспортних характеристик ЕП. Якщо паспортні дані відсутні, то застосовують $\operatorname{tg}\varphi_H = 0,75$ - для ЕП із тривалим режимом функціонування та $\operatorname{tg}\varphi_H = 0,87$ - для ЕП із повторно-короткочасним режимом.

Для ЕП із повторно-короткочасним режимом номінальну потужність перераховують на тривалий режим функціонування.

$$P_H = P_{\text{пасп.}} \cdot \sqrt{T_{\text{ПВ.пасп}}} ; \quad (2.2)$$

де $P_{\text{пасп.}}$, $T_{\text{ПВ.пасп}}$ - Паспортні показники номінальної потужності й відносного часу повторного увімкнення, відповідно, кВт, секунди.

Обчислювані навантаження для мереж живлення з напругою до 1000 В встановлюють за допомогою формул:

$$P_P = K_P \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} ; \quad (2.3)$$

$$Q_P = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg}\varphi_{Ci}, & \text{при } n_e \leq 10, \\ \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg}\varphi_{Ci}, & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (2.4)$$

Для магістральних шинопроводів:

$$\begin{aligned} P_P &= K_P \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \\ Q_P &= K_P \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg}\varphi_{Ci} \end{aligned} \quad (2.5)$$

де n_e - ефективне число ЕП;

K_P - коефіцієнт розрахункового максимуму активної потужності;

$\operatorname{tg}\varphi_C$ - усереднені значення $\operatorname{tg}\varphi$ для даного типу ЕП.

Значення K_P можна визначити з [6, таблиці 1, 2].

Середні величини, реактивні та активні потужності:

$$P_C = K_B \cdot P_H; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.6)$$

Коефіцієнт групового використання й ефективна кількість

електроприладів розраховуються за виразами:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} ; \quad (2.7)$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} . \quad (2.8)$$

Розрахункове значення n_e округляється до меншого цілого числа.

За [6] таблицею 1 визначаємо коефіцієнт максимуму $K_p = f(K_B; n_e)$.

Знайдемо значення повної розрахункової потужності:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ; \quad (2.9)$$

Знайдемо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H} . \quad (2.10)$$

де U_H – номінальна напруга, кВ.

Розрахунок силового навантаження для РП№3

$$P_c = 5 \cdot 6,0,35 + 3 \cdot 3,6 \cdot 0,35 + 2 \cdot 3,6 \cdot 0,2 + 1 \cdot 24 \cdot 0,6 = 30,12 \text{ (кВт)};$$

$$Q_c = 5 \cdot 6,0,35 \cdot 0,95 + 3 \cdot 3,6 \cdot 0,35 \cdot 0,95 + 2 \cdot 3,6 \cdot 0,2 \cdot 0,9 + 1 \cdot 24 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 26,38 \text{ (квар)};$$

$$K_B = \frac{10,5 + 3,78 + 1,44 + 14,4}{30 + 10,8 + 7,2 + 24} = 0,42;$$

$$n_e = \frac{(234,96)^2}{821} = 6 \text{ (шт.)}.$$

Із [1, таблиця 1.1] визначаємо $K_p = 1,11$ звідси:

$$P_p = 1,11 \cdot 30,12 = 33,43 \text{ (кВт)},$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 26,37 = 29,02 \text{ (квар)},$$

$$S_p = \sqrt{33,43^2 + 29,02^2} = 44,27 \text{ (кВА)},$$

$$I_p = \frac{44,27 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 67,26 \text{ (A)}.$$

Всі розрахунки електричних навантажень мережі заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунки електричних навантажень мережі цеху

Назва	n	P _{ном}	кВт	Кв	tgφ	P _{см}	Q _{см}	n·p _н ²	nε	K _м	P _м	Q _м	S _м	I _м
		одн.	заг.								кВт	кВА _р	кВА	А
Морозильна камера 1,2	2	12	24	0,7	0,8 0	16,80	13,4 4	288						29,2
Тістозамішувач 3,4,9	3	6,6	19,8	0,4 5	0,8 0	8,91	7,13	131						16,1
Підйомник 13	1	5,4	5,4	0,1 2	0,5 0	0,65	0,32	29						11,5
Морозильна камера 1,2	2	12	24	0,7	0,8 0	16,80	13,4 4	288						29,2
Всього по РП-1	6		49,2	0,5 4		26,36	20,8 9	448	5	1,1 2	29,52	22,98	37,41	56,84
Тістозамішувач 5	1	6,6	6,6	0,5	0,8 3	3,30	2,74	44						16,3
Тістозамішувач 6-8	3	9	27	0,5	0,8 3	13,50	11,2 1	243						22,2
Дозатор води 10	1	3,6	3,6	0,2	0,6 5	0,72	0,47	13						8,2
Бойлер 11,12	2	33,6	67,2	0,7 5	0,4 0	50,40	20,1 6	225 8						68,7
Дозатор борошна 14	1	9,3 6	9,36	0,2 5	0,6 5	2,34	1,52	88						21,2
Всього по РП-2	8		113,7 6	0,6 2		70,26	36,0 9	264 5	4	1,1 2	78,69	39,70	88,14	133,9 1
Піч 15-19	5	6	30	0,3 5	0,9 5	10,50	9,98	180						15,7
Піч 20-22	3	3,6	10,8	0,3 5	0,9 5	3,78	3,59	39						9,4
Формувальна машина 24,25	2	3,6	7,2	0,2	0,9 0	1,44	1,30	26						9,2
Холодильний стіл 26	1	24	24	0,6	0,8 0	14,40	11,5 2	576						58,4
Всього по РП-3	1 1		72	0,4 2		30,12	26,3 8	821	6	1,1 1	33,43	29,02	44,27	67,26
Всього по цеху	2 5		234,9 6	0,5 4		126,7 4	83,3 7	391 4	1 4	0,8 5	107,7 3	70,86	128,9 4	195,9 1

2.1.2 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

Обчислення активної та реактивної потужності силового устаткування підприємства проводимо методом коефіцієнта потреби, застосовуючи наступні вирази:

$$P_c = K_{\Pi} \cdot P_H; \quad Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \phi; \quad (2.11)$$

За допомогою методу коефіцієнта попиту також встановлено розрахункове навантаження освітлювальних систем. Потужність електричного освітлення, що обчислюється, визначена за виразом:

$$P_o = P_{\text{пит.о}} \cdot K_{\text{по}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot F; \quad (2.12)$$

$$Q_o = P_o \cdot \operatorname{tg} \phi_o; \quad (2.13)$$

де F - площа цеху;

$P_{\text{пит.о}}$ - питома густина освітлювального навантаження знаходиться у межах : 0,011-0,022 в залежності від приміщення;

$K_{\text{пра}}$ - коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі з;

$K_{\text{по}}$ - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження.

$$K_{\text{по}} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення;} \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення;} \\ 0,6 - \text{склади, підстанції;} \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення.} \end{cases} \quad (2.14)$$

$$K_{\text{пра}} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ;} \\ 1,2 - \text{люмінесцентні - стартерні;} \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні - безстартерні.} \end{cases} \quad (2.15)$$

Обчислювані потужності становлять сукупність розрахункових значень силових та освітлювальних навантажень:

$$P_p = P_c + P_o; \quad Q_p = Q_c + Q_o; \quad (2.16)$$

Найвищі розрахункові навантаження підприємства встановлюють за допомогою формул:

$$P_{p\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N P_{Pi} + P_{PЦi} + P_{P3} \right) + P_{O\Sigma}; \quad Q_{p\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N Q_{Pi} + Q_{PЦi} + Q_{P3} \right); \quad (2.17)$$

де P_{Pi} , Q_{Pi} - розрахункові максимальні навантаження ТП або цехів, кВт, квар;

$P_{PЦi}$, $Q_{PЦi}$ - розрахункове максимальне навантаження цехових ЕП;

N - число ТП або цехів;

K_O - коефіцієнт одночасності максимумів навантаження з [1];

$P_{p\Sigma}$, $Q_{p\Sigma}$ - розрахункові максимальні навантаження загальнозаводських ЕП та цехових трансформаторних підстанцій, кВт, квар.

З [1, таблиця 1.4] визначаємо, що $K_O = 0,95$.

Загальне навантаження підприємства:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}; \quad (2.18)$$

Для прикладу проведемо розрахунок для заводу полімерного упакування:

$$P_c = 0,3 \cdot 300 = 90 \text{ (кВт)};$$

$$P_p^O = 0,02 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1287 = 24,71 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p^O = 24,71 \cdot 0,43 = 10,62 \text{ (кВАр)};$$

$$P_{p\Sigma} = P_{pc\Sigma} + P_{po\Sigma} = 90 + 24,71 = 114,71 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_{pc\Sigma} + Q_{po\Sigma} = 105,3 + 10,62 = 115,93 \text{ (кВАр)};$$

$$Sp = \sqrt{114,71^2 + 115,93^2} = 163,09 \text{ (кВА)}.$$

Застосовуючи зазначені вирази, проводимо обчислення навантажень підприємства в Ехсел, а отримані дані узагальнюємо в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень підприємств

№	Назва цеху	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження					Сумарне навантаження		
		P_n , кВт	$K_{п}$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_c , кВт	Q_c , квар	$F, м^2$	$P_{пл.о}$ Вт/м ²	$K_{по}$	$K_{пра}$	P_o , кВт	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	Завод полімерного упакування	300	0,3	0,65	1,17	90,00	105,30	1287	0,02	0,8	0,8	24,71	114,71	126,36	170,66
2	Цех (друкарня)	72	0,4	0,8	0,75	28,80	21,60	1053	0,02	0,8	0,85	21,48	50,28	25,92	56,57
3	Завод безалкогольних напоїв	312	0,5	0,75	0,88	156,00	137,28	972	0,01	0,8	0,85	9,91	165,91	164,74	233,81
4	Очисні споруди	168	0,9	0,8	0,75	151,20	113,40	225	0,01	0,8	0,85	2,30	153,50	136,08	205,13
5	Очисні споруди	168	0,9	0,8	0,75	151,20	113,40	225	0,01	1	0,85	2,30	153,50	136,08	205,13
6	Котельня	72	0,6	0,75	0,88	43,20	38,02	504	0,01	1	0,6	3,33	46,53	45,62	65,16
7	Склад №1	192	0,35	0,75	0,88	67,20	59,14	324	0,01	0,6	0,6	2,33	69,53	70,96	99,35
8	Склад №2	204	0,35	0,75	0,88	71,40	62,83	396	0,01	0,6	0,6	2,61	74,01	75,40	105,65
9	Склад №3 (гот. Прод)	192	0,5	0,75	0,88	96,00	84,48	1377	0,01	0,8	0,6	9,09	105,09	101,38	146,02
10	Склад №4 (гот. Прод)	204	0,4	0,75	0,88	81,60	71,81	864	0,01	0,8	0,6	5,70	87,30	86,17	122,67
11	Оліє-очисний завод	192	0,56	0,6	1,3	107,52	139,78	819	0,02	0,8	0,85	15,32	122,84	167,73	207,90
12	Цех фасування олії	204	0,56	0,6	1,3	114,24	148,51	540	0,02	0,8	0,85	11,02	125,26	178,21	217,83
13	Цех по виробництву майонезу	216	0,46	0,75	0,88	99,36	87,44	540	0,01	0,8	0,85	5,51	104,87	104,92	148,35
14	Холодильно-компресорна станція	96	0,4	0,8	0,75	38,40	28,80	270	0,01	0,8	0,6	1,78	40,18	34,56	53,00
15	Цех по виготовленню печива	234,96	0,46			107,73	70,86	1008	0,02	0,8	1	24,19	131,92	85,03	156,95
	Всього на напрузі 0,4 кВ	2826,9				1403,8	1282,6	10404				141,5	1475,2	1462,2	2077,1

2.2 Вибір та розміщення підстанцій

2.2.1 Вибір оптимальної напруги живлення

Вибір номінального рівня напруги компонентів електричної мережі є техніко-економічним завданням і має здійснюватися разом із підбором схеми електрозабезпечення на базі аналізу доступних варіантів. Під час проектування для встановлення напруги ліній електропередачі можна застосувати формулу Стілла, відповідно до якої:

$$U_{\text{л}} = 1000 / \sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_{\text{р}}}} \text{ (кВ);} \quad (2.19)$$

де L – довжина лінії, км;

N – кількість ліній електропередачі, шт;

$P_{\text{р}}$ – розрахункова активна потужність.

Цей вираз використовується для ліній невеликої протяжності (до 250 км) та при передачі потужності (до 60 МВт).

Під час обчислення напруги за цією формулою отримуємо нестандартне значення. Для наступних розрахунків обираємо більшу й меншу стандартні напруги відносно значення, отриманого за формулою Стілла. Подальші обчислення виконуємо для всіх обраних варіантів стандартних напруг.

$$U_{\text{л}} = 1000 / \sqrt{\frac{500}{0,8} + \frac{2500}{1,475}} = 20.762 \text{ (кВ);}$$

На підставі відомих рівнів напруги на районній підстанції для техніко-економічного аналізу два варіанти схеми зовнішнього електрозабезпечення, що відповідають стандартним напругам 10 кВ і 35 кВ.

2.3 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

Для здійснення техніко-економічного аналізу необхідно визначити величину капітальних вкладень для вищої та нижчої номінальних напруг. З цією метою обчислимо вартість кабелів, трансформаторів, річні витрати й амортизацію.

Проведемо обчислення капітальних вкладень та узагальнимо їх у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок капітальних вкладень

Перелік елементів схем	Вартість одиниці	Варіант 1		Варіант 2	
		Кількість	Вартість	Кількість	Вартість
Лінії передачі, км					
10 кВ, кабельна	539,2		0	0,8	351,36
Всього по лініях			622,08		431,36
Підстанції					
Розширення РП-10 кВ	86,4		0	4	345,6
Спорудження РП-10 кВ	86,4		0	14	1209,6
Всього ПС			3700		1555,2
Всього			4322,08		1986,56

Обчислимо річні витрати на технічне обслуговування, ремонт, амортизацію та вартість втрат. Використовуючи Microsoft Office Excel, проведемо обчислення, а отримані дані оформимо в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Річні витрати на технічне обслуговування, ремонт, амортизацію та вартість втрат

Перелік поточних витрат	Варіанти	
	1	2
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, в тому числі		
1	2	3
КЛ - 10кВ, 2,3% від К	45,691	-
ПС 10 кВ, 4,3% від К	85,422	-
ПС 35 кВ, 4,3% від К	-	185,85
Всього щорічні витрати на обслуговування, Во	131,11	285,26
Амортизація, в тому числі:	-	-
КЛ - 10кВ, 4% від К	79,462	-
ПС 10 кВ, 3,6% від К	71,516	-
Всього щорічні витрати на амортизацію, Ва	150,98	328,48
Втрати максимальної потужності, кВт	88,83	63,45
Вартість втрат електроенергії	354,32	179,26
Всього щорічні витрати, В	725,24	856,44

Зведені річні витрати будуть дорівнювати:

$$Z_1 = 0,1 \cdot K_1 + B_1 = 0,1 \cdot 1986,56 + 725,24 = 923,896 \text{ (тис.грн.)}; \quad (2.20)$$

$$З_2 = 0,1 \cdot K_2 + B_2 = 0,1 \cdot 4322,08 + 856,44 = 1288,648 \text{ (тис.грн.)}. \quad (2.21)$$

Згідно розрахунків вигідним є варіант 10 кВ. Термін окупності додаткових капіталовкладень буде дорівнювати:

Термін окупності додаткових капіталовкладень буде дорівнювати:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_1 - K_2}{B_2 - B_1} = \frac{4322,08 - 1986,56}{856,44 - 725,24} = 10,08. \quad (2.22)$$

Таким чином, додаткові капітальні вкладення за першим варіантом становитимуть приблизно 10 років.

2.4 Вибір і розміщення трансформаторних підстанцій

Установимо загальну повну розрахункову потужність усіх цехів, електрообладнання яких підключене до напруги 0,38 кВ:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{15} \sqrt{P_{Pi}^2 + Q_{Pi}^2} = 1950,7 \text{ (кВА)}; \quad (2.23)$$

Визначимо сумарну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{15} F_i = 10404 \text{ (м}^2\text{)}; \quad (2.24)$$

Середнє питоме навантаження на 1 м² площі:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{1950,7}{10404} = 0,19 \text{ (кВА/м}^2\text{)}; \quad (2.25)$$

$$S_{\text{НОМ.Т}} = \begin{cases} 630, 1000 \text{ кВ}\cdot\text{А} & \text{якщо } S_{\text{ПИТ}} < 0,2 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2, \\ 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А} & \text{якщо } S_{\text{ПИТ}} = 0,2 \div 0,3 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2, \\ 2500 \text{ кВ}\cdot\text{А} & \text{якщо } S_{\text{ПИТ}} = 0,3 \div 0,4 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2. \end{cases}$$

Відповідно до [1], при такій густині навантаження слід застосовувати трансформатори потужністю 630 або 1000 кВА.

Визначимо кількість двотрансформаторних підстанцій:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{1950,7}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,15 \div 1,2. \quad (2.26)$$

$$N_{\text{ек}} = \frac{1950,7}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,82 \div 1,93.$$

де $k_3 = 0,8 \div 0,85$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів двотрансформаторної підстанції для споживачів I III категорій.

Оскільки це підприємство «Авіс» відноситься до споживачів I категорії електрозабезпечення, потрібно передбачити три двотрансформаторні підстанції.

Розподілимо ці підстанції між цехами й обчислимо їхній реальний коефіцієнт завантаження. При цьому навантаження від «Заводу безалкогольних напоїв» (№3 на генплані) розподіляємо рівномірно між ТП-1 та ТП-2. Результати розрахунків подано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розподіл виробничих об'єктів між трансформаторними підстанціями

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Рр, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	St, кВА	N, шт.	Kз, в.о.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2	Цех (друкарня)	50,28	25,92	56,57			
	3	Завод безалкогольних напоїв / 2	82,96	82,37	116,90			
	4	Очисні споруди	153,50	136,08	205,13			
	5	Очисні споруди	153,50	136,08	205,13			
	6	Котельня	46,53	45,62	65,16			
	7	Склад №1	69,53	70,96	99,35			
	8	Склад №2	74,01	75,40	105,65			

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Рр, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	St, кВА	N, шт.	Кз, в.о.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	9	Склад №3 (гот. Прод)	105,09	101,38	146,02	1000	2	0,56
	10	Склад №4 (гот. Прод)	87,30	86,17	122,67			
		Всього по ТП1	822,69	759,97	1119,99			
ТП2	11	Оліє-очисний завод	122,84	167,73	207,90	1000	2	0,53
	12	Цех фасування олії	125,26	178,21	217,83			
	13	Цех по виробництву майонезу	104,87	104,92	148,35			
	14	Холодильно-компресорна станція	40,18	34,56	53,00			
	15	Цех по виготовленню печива	131,92	85,03	156,95			
	1	Завод полімерного упакування	114,71	126,36	170,66			
	3	Завод безалкогольних напоїв / 2	82,96	82,37	116,90			
		Всього по ТП2	722,73	779,19	1062,77			

Таблиця 2.6 – Розподіл трансформаторних підстанцій 630 кВА

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Рр, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	St, кВА	N, шт.	Кз, в.о.
	2	Цех (друкарня)	50,28	30,84	58,98	630	2	0,84
	3	Завод безалкогольних напоїв / 2	82,96	70,77	109,04			
	4	Очисні споруди	153,50	114,39	191,43			
	5	Очисні споруди	153,50	114,39	191,43			
	6	Котельня	46,53	39,45	61,00			
	7	Склад №1	69,53	60,14	91,93			
	8	Склад №2	74,01	63,96	97,82			
	9	Склад №3 (гот. Прод)	105,09	88,39	137,32			
	10	Склад №4 (гот. Прод)	87,30	74,26	114,61			
		Всього по ТП1	822,69	656,57	1052,57			
ТП2	11	Оліє-очисний завод	122,84	146,36	191,08	630	2	0,79
	12	Цех фасування олії	125,26	153,25	197,92			
	13	Цех по виробництву майонезу	104,87	89,81	138,07			
	14	Холодильно-компресорна станція	40,18	29,57	49,89			
	15	Цех по виготовленню печива	131,92	81,26	154,94			
	1	Завод полімерного упакування	114,71	115,93	163,09			
	3	Завод безалкогольних напоїв / 2	82,96	70,77	109,04			
		Всього по ТП2	722,73	686,94	997,11			

Визначення найкращого варіанту будівництва ЦТП здійснюємо, орієнтуючись на найменше значення енергетичних втрат у ТП.

Таблиця 2.7 – Характеристики номінальних параметрів трансформаторів

Марка	S_H , кВА	U_{BH} , кВ	U_{HH} , кВ	ΔP_{XX} , кВт	ΔP_K , кВт	I_{XX} , %	U_K , %
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	2,1	10,5	1,4	5,5
ТМ-630/10	630	10	0,4	1,31	8,5	2	5,5

Втрати енергії в трансформаторах:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_K \cdot \left(\frac{S_M}{S_{HOM.T}} \right)^2, \quad (2.27)$$

$$\Delta Q_{TP} = n \cdot \frac{\Delta I_{X\%}}{100} \cdot S_{HOM.T} + \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta U_K}{100} \cdot \left(\frac{S_M}{S_{HOM.T}} \right)^2, \quad (2.28)$$

$$\Delta W_{TP} = \Delta P_{TP} \cdot \tau, \quad (2.29)$$

де ΔP_{K3} , ΔP_{XX} , – втрати відповідно, короткого замикання та холостого ходу в трансформаторах ТП;

S_{HOM} – номінальна потужність трансформатора ТП;

τ – Розмір найбільших втрат встановлюється за графіком залежно від часу застосування максимального навантаження.

Величина найбільших втрат обчислюється за допомогою формули:

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ (год)}, \quad (2.30)$$

Таблиця 2.8 - Втрати енергії в трансформаторах ТМ-1000/10

	Марка ТП	n, шт.	St, кВА	SH, кВА	Kз, %	ΔP , кВт	ΔQ , кВт	ΔW , кВт*год/рік
ТП 1	ТМ-1000/10	2	1000	1119,99	0,89	10,79	28,04	36789,38
ТП 2	ТМ-1000/10	2	1000	1062,77	0,94	10,13	28,03	34552,58
Всього						20,92	56,07	71341,96

Таблиця 2.9 - Втрати енергії в трансформаторах ТМ-630/10

	Марка ТП	n, шт.	St, кВА	SH, кВА	Kз, %	ΔP , кВт	ΔQ , кВт	ΔW , кВт*год/рік
ТП 1	ТМ-630/10	2	630	1052,57	0,60	14,48	25,28	49403,09
ТП 2	ТМ-630/10	2	630	997,11	0,63	13,27	25,27	45250,92

Всього	27,75	50,55	94654,02
--------	-------	-------	----------

Таким чином, для забезпечення електроенергією цехів підприємства змонтована трансформаторна підстанція з двома трансформаторами, кожен з яких має потужність трансформаторів 1000 кВА.

Таблиця 2.10 – Координати розміщення цехів та ТП

№	Цех	ТП	Рр, кВт	Х, м	У, м	Рр*Х, кВт*м	Рр*У, кВт*м
1	Завод полімерного упакування	2	57,36	104	97	5964,94	5563,45
2	Цех (друкарня)	1	50,28	104	67	5229,24	3368,84
3	Завод безалкогольних напоїв	1 та 2	по 82,96	140	64	по 11614,01	по 5309,26
2	Очисні споруди	1	153,50	157	47	24098,72	7214,27
5	Очисні споруди	1	153,50	157	65	24098,72	9977,18
6	Котельня	1	46,53	65	80	3024,22	3722,11
7	Склад №1	1	69,53	50	40	3476,64	2781,31
8	Склад №2	1	74,01	40	68	2960,54	5032,92
9	Склад №3 (гот. Прод)	1	105,09	95	20	9983,38	2101,76
10	Склад №4 (гот. Прод)	1	87,30	160	21	13968,38	1833,35
11	Оліє-очисний завод	2	122,84	191	57	23461,54	7001,61
12	Цех фасування олії	2	125,26	215	70	26930,04	8767,92
13	Цех по виробництву майонезу	2	104,87	161	123	16883,75	12898,76
14	Холодильно-компресорна станція	2	40,18	188	116	7554,22	4661,11
15	Цех по виготовленню печива	2	131,92	213	132	28098,81	17413,35
			ΣR_r , кВт	$\Sigma R_r * X / \Sigma R_r$	$\Sigma R_r * Y / \Sigma R_r$	$\Sigma R_r * X$, кВт*м	$\Sigma R_r * Y$, кВт*м
	Сумарно по ТП1		822,69	119,67	50,25	98453,85	41341,00
	Сумарно по ТП2		665,37	181,11	92,60	120507,31	61615,47
	Координати ЦЕН		1488,06	147,14	69,19	218961,15	102956,48

Використовуючи визначені координати розташування ТП, підберемо найвигідніші позиції. Задля наочності представимо це у табличній формі.

Місце монтажу цехових ТП обчислимо, застосовуючи відповідні формули:

$$X_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}, \quad Y_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}. \quad (2.31)$$

Таблиця 2.11 – Координати розміщення цехових ТП

	Розраховані		Оптимальні на генплані	
	X, м	Y, м	X, м	Y, м
ТП 1	119,67	50,25	120	50
ТП 2	181,11	92,60	190	81
ЦРП	147,14	69,19	174	35

Навантаження кожного цеху позначаємо колом, розмір якого відповідає пропорції до обчисленої активної потужності. Місце розташування всіх ТП наведено в табл. 2.11.

Встановлюємо масштаб на рівні $m_p = 0,1 \text{ кВт/м}^2$. Радіуси кіл при цьому масштабі розрахуємо за такою формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.32)$$

Частка освітлювального навантаження цеху становить:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.33)$$

Обчислення для всіх цехів виконаємо у програмі Microsoft Office Excel, а отримані дані узагальнимо в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Цех	X,м	Y,м	Pp, кВт	По, кВт	r, м	α°	d, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Завод полімерного упакування	104	97	114,71	24,71	13,52	77,5	27,03
2	Цех (друкарня)	104	67	50,28	21,48	8,95	153,8	17,90
3	Завод безалкогольних напоїв	140	64	165,91	9,91	16,25	21,5	32,51
4	Очисні споруди	157	47	153,50	2,30	15,63	5,4	31,27
5	Очисні споруди	157	65	153,50	2,30	15,63	5,4	31,27

№	Цех	X, м	Y, м	P _p , кВт	P _o , кВт	r, м	α°	d, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Котельня	65	80	46,53	3,33	8,61	25,7	17,21
7	Склад №1	50	40	69,53	2,33	10,52	12,1	21,04
8	Склад №2	40	68	74,01	2,61	10,86	12,7	21,71
9	Склад №3 (гот. Прод)	95	20	105,09	9,09	12,94	31,1	25,87
10	Склад №4 (гот. Прод)	160	21	87,30	5,70	11,79	23,5	23,58
11	Оліє-очисний завод	191	57	122,84	15,32	13,99	44,9	27,97
12	Цех фасування олії	215	70	125,26	11,02	14,12	31,7	28,25
13	Цех по виробництву майонезу	161	123	104,87	5,51	12,92	18,9	25,84
14	Холодильно-компресорна станція	188	116	40,18	1,78	8,00	16,0	16,00
15	Цех по виготовленню печива	213	132	131,92	24,19	14,49	66,0	28,99

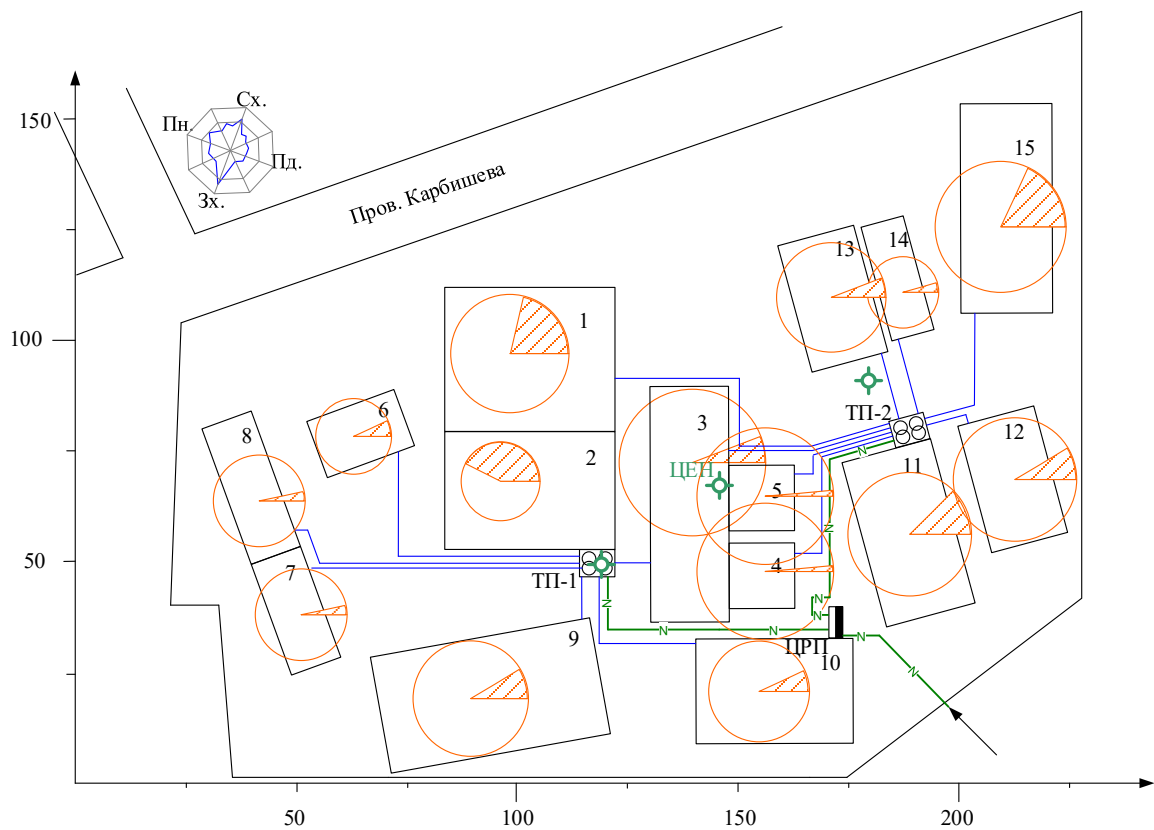


Рисунок 2.2 – Карттограма електричних навантажень

2.5 Розрахунок схеми електропостачання

2.5.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання

Електроживлення забезпечується від підстанції 110/10, розташованої на відстані 0,8 км. Оскільки цехові ТП розміщені в різних напрямках від ЦРП, обираємо радіальну схему електропостачання з напругою 10 кВ. На території заводу встановлюємо ЦРП 10 кВ, обладнане двома секціями шин розподілу.

Конструктивно мережі підприємства реалізовані за допомогою кабелів, прокладених у траншеях.

Відповідно до ПУЕ [3], усі електричні пристрої підбираються залежно від типу встановлення, номінального струму й напруги, а також проходять перевірку на стійкість до термічних і динамічних навантажень.

Високовольтні вимикачі визначаємо за номінальною напругою та розрахунковим струмом, враховуючи режими після аварій.

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}, \quad (2.34)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{max}}, \quad (2.35)$$

Таким чином, на стороні 10 кВ доцільно застосувати вакуумні вимикачі моделі ВРС-10-20/630 [18]. Номінальний струм цих силових вимикачів становить $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ А} > I_{\text{м.ав}} = 120 \text{ А}$ для всіх приєднань до ЦРП.

Для електропостачання підприємства обираємо силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену марки АПвЕгаПу-10 3×70, прокладені в траншеї. Підбір кабелю здійснюємо за величиною допустимого струму.

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2077,1}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 60 \text{ (А)},$$

$$I_{\text{п.а}} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2077,1}{\sqrt{3} \cdot 120} = 120 \text{ (А)},$$

Визначаємо переріз провідників для живлення ЦРП:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.36)$$

$$120 \text{ (A)} \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 171 = 179,9 \text{ (A)}.$$

- де k_6 - поправочний коефіцієнт при прокладанні у трубах і каналах,
 k_3 - поправочний коефіцієнт в залежності від теплового опору ґрунту;
 k_2 - поправочний коефіцієнт в залежності від глибини прокладання;
 k_1 - поправочний коефіцієнт при температурі зовнішнього середовища;
 k_4 - поправочний коефіцієнт в залежності від відстані між фазами;
 k_5 - поправочний коефіцієнт в залежності від прокладених поруч кабелів.

Для електропостачання ГПП обираємо кабель АПвЕгаПу-10 3×70 із перетином 3×70 мм² та допустимим струмом $I_{\text{доп}}=171 \text{ А}$ [2]. Для решти підключень кабелі підбираємо схожим чином й записуємо дані до таблиці 2.13.

2.6 Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

Обираємо радіальну схему електропостачання з напругою 10 кВ.
Встановимо параметри для нормального й післяаварійного режимів:

а) ТП1:
$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1120}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 32,3 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{п.а}} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1120}{\sqrt{3} \cdot 10} = 64,6 \text{ (A)},$$

б) ТП2:
$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1063}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 30,7 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{п.а}} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1063}{\sqrt{3} \cdot 10} = 61,4 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1,3 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 75,1 \text{ (A)},$$

2.7 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів

Для оцінки відповідності обраних вимикачів і кабелів проводимо обчислення струмів короткого замикання.

Розрахунок струму короткого замикання виконуємо відповідно до діючого стандарту ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008. Цей стандарт дозволяє визначити струми трифазних КЗ у системі середньої напруги у відносних одиницях [8].

Обчислення струмів КЗ здійснюємо, щоб перевірити придатність підібраних вимикачів і кабелів [9]. Для цього визначаємо наступні параметри: періодичну складову струму трифазного КЗ ц початковий момент часу $I_{п0}$, ударний струм КЗ $i_{уд}$, періодичну і аперіодичну складові у момент початку розходження контактів вимикача $I_{пт}$ і $i_{ат}$, тепловий імпульс B_K . Схема для розрахунків зображена на рисунку 2.4.

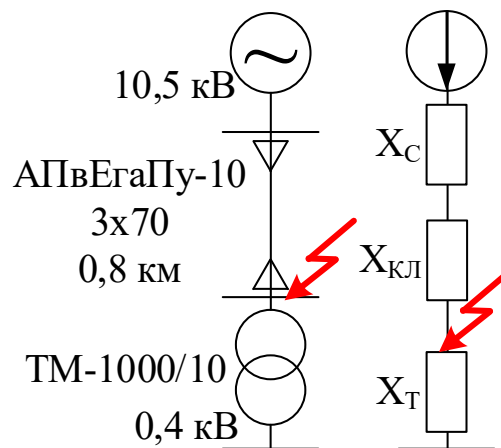


Рисунок 2.4 – Розрахункова та заступна схеми

Усі необхідні формули й результати обчислень наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 2.14 – Формули для розрахунку струмів КЗ на початку лінії

Назва параметра	Формула	Розрахунок
1	2	3
Опір системи, Ом	$X_c = \frac{U_{c.н.}}{\sqrt{3} \cdot I_K}$	$X_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 34944} = 0,173$
Опір лінії живлення, Ом	$X_{л} = X_0 l \left(\frac{U_{c.н.}}{U_{c.н.л.}} \right)^2$	$X_{л} = 0,164 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{10,5}{10} \right)^2 = 0,415$
Сумарний опір від системи до точки К, Ом	$X_{\Sigma} = X_c + X_{л}$	$X_{\Sigma} = 0,173 + 0,415 = 0,589$
Періодична складова струму трифазного КЗ в початковий момент часу, кА	$I_{п0} = \frac{U_{c.н.}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}}$	$I_{п0} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,327} = 10,3$
Постійна часу затухання аперіодичної складової струму, с	$T_{ac} = \frac{X_{\Sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{\Sigma}}$	$T_{ac} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032$
Час вимкнення КЗ, с	$t_{вим} = t_{pz.min} + t_{в.в.}$	$t_{вим} = 0,5 + 0,1 = 0,6$
Аперіодична складова струму КЗ	$i_{ат.с} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot e^{\frac{-t_{вим}}{T_{ac}}}$	$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 10,3 \cdot e^{\frac{-0,6}{0,032}} = 3,01$
Ударний струм КЗ, кА	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot \left(1 + e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}} \right)$	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 10,3 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,032}} \right) = 25,1$
Тепловий імпульс, $кА^2 \cdot с$	$B_K = I_{ПО}^2 \cdot (t_{від} + T_{ac})$	$B_K = 18,5^2 \cdot (0,6 + 0,032) = 66,8$

Проведемо оцінку вибраних вимикачів типу ВРС-10 щодо їхньої комутаційної здатності та витривалості до струмів КЗ. Отримані дані вносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Формули для перевірки обраного типу вимикачів

Умова вибору	Номінальні параметри	Розрахункові параметри
$I_{\text{ном.від}} = I_{\text{Пт.}}$	$I_{\text{ном.від}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{Пт}} = I_{\text{ПтС}} = 10,3 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{\text{ном.від}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{\text{Пт}} + i_{\text{ат}}$	$\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{21}{100}\right) = 68,45 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 10,3 + 3,01 = 13,31 \text{ кА}$
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 128 \text{ кА}$	$i_{\text{уд,С}} = 25,1 \text{ кА}$
$I_{\text{дин}} \geq I_{\text{ПО}}$	$I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{ПО}} = 10,3 \text{ кА}$
$I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} = 40^2 \cdot 4 = 6400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 66,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Усі потрібні вимоги дотримані. Робимо висновок, що вимикачі моделі ВРС-10 здатні застосовуватися під час розробки СЕП.

Переріз жил кабелів за термічною стійкістю до дії струмів КЗ [10]:

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_{\text{к}} \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_{\text{т}}}; \quad (2.37)$$

$$s = 70 \text{ (мм}^2\text{)} \geq s_{\min} = \frac{10,3 \sqrt{0,6}}{94} = 64,8 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отже, підібрані кабелі відповідають вимогам термічної витривалості до впливу струму короткого замикання.

2.8 Розрахунок електропостачання цеху

2.8.1 Вибір схеми цехової мережі

Оскільки радіальні схеми гарантують високу стабільність електропостачання, обираємо радіальну конфігурацію цехової мережі, як зображено на рисунку 1.1.

Як вимикачі для ліній будуть застосовані автоматичні вимикачі від компанії ЕТІ, моделей ЕВ та ЕВ2, оснащені напівпровідниковими або тепловими й електромагнітними розчіплювачами.

Згідно з нормами ПУЕ, визначаємо такі методи прокладання кабельних ліній:

- від ТП до РП-1-3 кабель з алюмінієвими жилами марки АВВГ прокладених відкрито;
- від РП до ЕП за допомогою провідників АПВ покладених у підлозі в трубі.

2.9 Підбір комутаційно-захисного обладнання та провідників для мережі цеху

Під час підбору автоматичних вимикачів мають бути дотримані такі вимоги:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p; \quad (2.38)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_{п}. \quad (2.39)$$

$$I_{н.відк} \geq I_{к.мах}^{(3)}. \quad (2.40)$$

де $I_{н.розч}$ - номінальний струм розчіплювача;

$K_{відс}$ - коефіцієнт відстроювання, який установлюється з огляду на надійність налаштування захисту від перевантажень та його неактивування (повернення) під час або після запуску чи самозапуску;

$I_{с.в}$ - струм спрацювання відсічки;

$I_{м}$ - розрахунковий струм окремого електроприймача;

$I_{п}$ - піковий (пусковий) струм.

K_n - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки.

Виберемо автоматичний вимикач для захисту ЕП-16.

Розрахунковий струм ЕП-16:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta}; \quad (2.41)$$

$$I_p = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 91,4 \text{ (A)}.$$

Струм пуску встановимо приблизно, залежно від виду приводу:

$$I_p = \begin{cases} 5 \cdot I_p - \text{для АД з КЗ ротором чи СД;} \\ 2,5 \cdot I_p - \text{для АД з ФР;} \\ 3 \cdot I_p - \text{для ДПС та зварювальних Т – рів;} \end{cases} \quad (2.42)$$

$$I_n = 3 \cdot I_p = 3 \cdot 91,4 = 274,2 \text{ (A)}.$$

Обираємо для захисту ЕП-16 автоматичний вимикач із напівпровідниковими розчіплювачами. Визначимо номінальний струм розчіплювача й струм спрацювання відсічки для ЕП-16:

$$I_{н.розчп} = 100 \text{ (A)} \geq 1 \cdot 91,4 = 91,4 \text{ (A)};$$

$$I_{с.відс} = 1000 \text{ (A)} \geq 2,1 \cdot 274,2 = 575,75 \text{ (A)}.$$

За обчисленими значеннями струмів вибираємо автоматичний вимикач ЕВ 100/3L 100А 3р серії економ із номінальним струмом вимикача 100 А, номінальним струмом розчіплювача 100 А та струмом спрацювання відсічки 1000 А.

Так само здійснюємо підбір автоматичних вимикачів для всіх інших споживачів цеху.

Апарати захисту, які охороняють РП, монтуються в розподільному пристрої низької напруги на трансформаторній підстанції.

Від ТП до РП2 обираємо переріз проводу з умови:

$$I_{доп} \geq I_M = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{69,97}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 106,3 \text{ (A)}.$$

Виберемо кабель АВВГ перерізом (3х50+1х25), при прокладені відкрито, допустимий тривалий струм якого складає $I_{доп} = 143 \text{ (A)}$.

Перевіряємо даний кабель за наступними критеріями:

$$I_{доп} = 125 \geq I_M = 88,14 \text{ (A)};$$

$$I_{доп} = 143 \geq I_{н.розчп} = 125 \text{ (A)}.$$

Так само підбираємо переріз інших кабелів АВВГ, а результати обчислень записуємо до таблиці 2.16.

Перевіримо втрати напруги на ділянці мережі до ЕП14:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{пит}} + Q_p \cdot X_{\text{пит}}}{U_H} \cdot l; \quad (2.43)$$

$$\Delta U_{\text{ТП} - \text{РП}} = \frac{83,99 \cdot 0,405 + 65,97 \cdot 0,064}{380} 100 = 10,06 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{РП1} - \text{ЕП14}} = \frac{40 \cdot 1,1 + 40 \cdot 1,02 \cdot 0,068}{380} 30 = 3,69 \text{ (В)},$$

$$U_{\text{ТП} - \text{ЕП14}} = 10,06 + 3,69 = 13,75 \text{ (В)}.$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП} - \text{ЕП14}} = \frac{13,75}{380} 100\% = 3,62\% - \text{дана втрата напруги є в допустимих}$$

межах для ЕП14.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від ТП до РП-2.

Згідно [4], с. 75 піковий струм визначаємо за допомогою формули:

$$I_{\text{п}} = I_p - K_B \cdot I_{\text{н.макс}} + I_{\text{п.макс}}; \quad (2.44)$$

де $I_{\text{н.макс}}$, $I_{\text{п.макс}}$ - номінальний та піковий струми найбільш потужних електроприймачів, а K_B - коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача.

$$I_{\text{п}} = I_M - K_B \cdot I_{\text{н.макс}} + I_{\text{п.макс}} = 106,3 - 0,17 \cdot 98,4 + 492,1 = 581,7 \text{ (А)}.$$

Обираємо автоматичні вимикачі для монтажу на лініях від ТП до РП-2. Підбираємо селективний вимикач ЕВ2 200/3L 125А 3р із номінальним струмом $I_{\text{ном.в}} = 150 \text{ А}$, номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{н.розч}} = 125 \text{ А}$ й струмом спрацювання відсічки 2500 А.

$$I_{\text{н.розч}} = 125 \geq K_{\text{відс}} I_M = 1 \cdot 106,3 = 106,3 \text{ (А)},$$

$$I_{\text{с.в}} = 2500 \geq K_{\text{н}} \cdot I_{\text{п}} = 2,1 \cdot 581,7 = 1221,5 \text{ (А)}.$$

Таблиця 2.16 – Розрахунок комутаційно-захисної апаратури і провідників цеху

Найменування ЕП	І _р , А	І _п , А	Тип АВ	І _{ном} , А	І _{розч} , А	І _{св} , А	Тип ЛЖ	S, мм ²	спос. прок.	Тип труби	І _{доп} , А
РП 1	56,8	182,3	EB2 250/3L 100A 4р	100	100	1000	ABB Г	3x35+1x16	відкрито		109
РП 2	133,9	207,2	EB2 250/3E 160A 4р	160	160	1600	ABB Г	3x7+1x50	відкрито		167
РП 3	67,2	140,3	EB2 250/3L 100A 4р	100	100	1000	ABB Г	3x35+1x16	відкрито		109
Морозильна камера 1,2	29,2	145,9	EB 100/3L 63A 3р	63	63	300	АПВ	4(1x25)	в трубі	ТТØ24	70
Тістозамішувач 3,4,9	16,1	80,3	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Підйомник 13	11,5	57,3	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Тістозамішувач 5	16,3	81,4	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Тістозамішувач 6-8	22,2	111,1	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Дозатор води 10	8,2	40,8	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Бойлер 11,12	57,7	343,6	EB 100/3L 63A 3р	63	63	300	АПВ	4(1x25)	в трубі	ТТØ24	70
Дозатор борошна 14	21,2	106,0	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Піч 15-19	15,7	78,6	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Піч 20-22	9,4	47,2	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Формувальна машина 24,25	9,2	46,0	EB 100/3L 25A 3р	25	25	125	АПВ	4(1x6)	в трубі	ТТØ12	30
Холодильний стіл 26	58,4	291,9	EB 100/3L 63A 3р	63	63	300	АПВ	4(1x25)	в трубі	ТТØ24	70

2.10 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ

Обчислення струму короткого замикання виконуємо відповідно до діючого стандарту ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008. Використовуючи цей стандарт, визначаємо струми трифазних коротких замикань у системі низької напруги 400 В [8].

Розрахунок струмів КЗ здійснюється для оцінки захисних пристроїв на відповідність умові комутаційної здатності.

Проведемо обчислення струмів короткого замикання для відрізка ТП-РП1ЕП 31.

1. Складемо розрахункову схему.

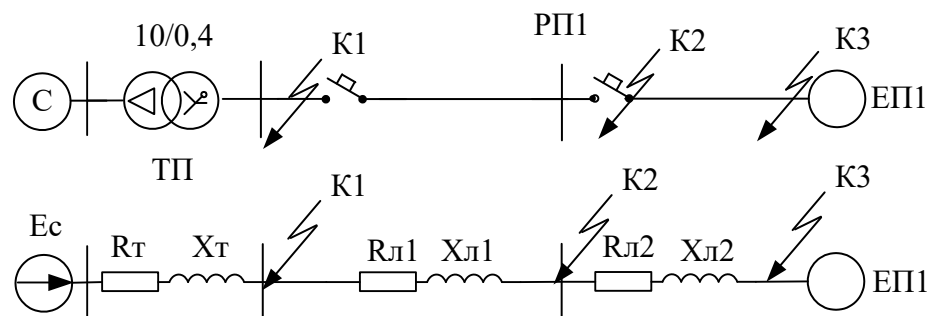


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема та схема заміщення системи електропостачання

Знаходимо номінальний коефіцієнт трансформації:

$$t_{\Gamma} = \frac{U_{ВН}}{U_{НН}} = \frac{10}{0,4} = 25. \quad (2.45)$$

Якщо трансформатор підключений до джерела середньої чи високої напруги, то організація, яка забезпечує електропостачання, має надати дані про параметри підстанції, від якої подається живлення., $I_K'' = 10$ кА.

Визначаємо опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K''} \cdot \frac{1}{t_{\Gamma}^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 1,016 \text{ (мОм)}; \quad (2.46)$$

де U_n – номінальна напруга системи в точці з'єднання з мережею;

I''_k – початкова сила струму КЗ;

C - коефіцієнт напруги.

Оскільки електроживлення подається при напрузі 35 кВ, то активний та реактивний опори системи визначаються таким чином:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 0,29 = 0,277 \text{ (мОм)};$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c = 0,1 \cdot 0,277 = 0,0277 \text{ (мОм)};$$

Оскільки підприємство отримує електроживлення через кабельну лінію (КЛ) 35 кВ, то при виконанні розрахунків короткого замикання (КЗ) на стороні 0,4 кВ необхідно привести відповідні значення опору до цієї напруги. Визначаємо опори лінії 1:

$$R_{L1} = r_{\text{пит}} \cdot L_1 = 0,549 \cdot 130 = 164,7 \text{ (мОм)};$$

$$X_{L1} = x_{\text{пит}} \cdot L_1 = 0,065 \cdot 130 = 19,5 \text{ (мОм)};$$

$$R_{L2} = r_{\text{пит}} \cdot L_2 = 1,54 \cdot 30 = 4,62 \text{ (мОм)};$$

$$X_{L2} = x_{\text{пит}} \cdot L_2 = 0,073 \cdot 30 = 0,22 \text{ (мОм)};$$

Обчислимо опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_T} = \frac{6}{100} \cdot \frac{0,4^2}{1000} = 9,6 \text{ (мОм)};$$

$$U_{ka} = \frac{P_k}{S_T} \cdot 100 = \frac{9,6}{1000} \cdot 100 = 0,96;$$

$$R_{T.TП} = \frac{U_{ka}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_T} = \frac{0,96}{100} \cdot \frac{0,4^2}{1000} = 1,536 \text{ (мОм)};$$

$$X_{T.TП} = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{9,6^2 - 1,536^2} = 9,47 \text{ (мОм)};$$

Знаходим струми кз:

$$I_{k3}^{(3)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_\Sigma}; \quad (2.47)$$

Обчислимо струм для трифазного та однофазного КЗ точці 3:

$$\begin{aligned}
Z_{\Sigma} &= (R_c + R_{T.TII} + R_{L1} + R_{L2}) + \\
&+ j(X_c + X_{T.TII} + X_{L1} + X_{L2}); \\
Z_{\Sigma} &= (0,277 + 164,7 + 4,62 + 1,536) + \\
&+ j(0,0277 + 19,5 + 0,22 + 9,47); \\
Z_{\Sigma} &= 171,1 + j29,22 \text{ (МОМ)}.
\end{aligned}$$

$$I_{K33}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 173,61} = 1,39 \text{ (кА)};$$

КЗ в точці 2:

$$I_{K32}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 169,02} = 1,42 \text{ (кА)};$$

КЗ в точці 1:

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 9,67} = 24,96 \text{ (кА)};$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів дотримані.

Селективність їхньої роботи оцінюємо за такими критеріями:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}, \\ t_{c.B1} > t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases}$$

Обираємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії
ТП – ГРП та РПЗ – ЕП1

$$\begin{cases} I_{c.B1} = 1000 \text{ (А)} > (1,3..1,5) \cdot 300 = 390 \div 450 \text{ (А)}, \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 \text{ (с)}. \end{cases}$$

Умови селективності дотримані.

Побудуємо карту селективності роботи захисту, яка представлена на
рисунку 2.6.

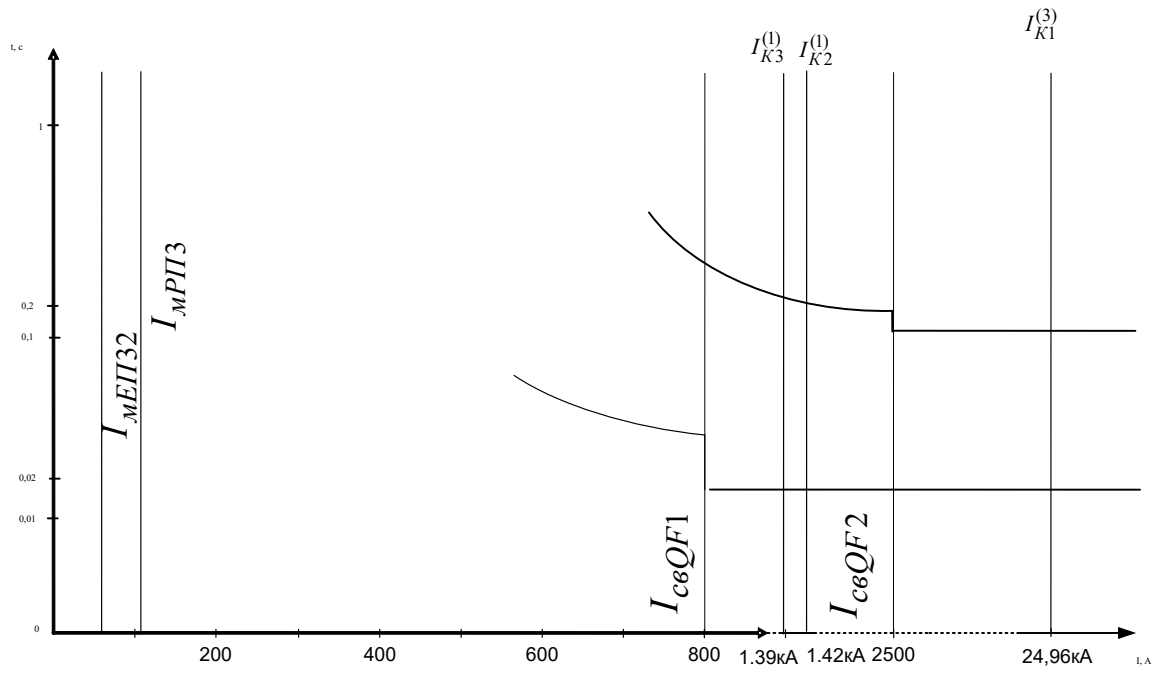


Рисунок 2.6 – Карта селективності дії захисту

3 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3.1 Технічна необхідність керування реактивною потужністю в електричних мережах

У сучасних електроенергетичних системах, зокрема в мережах середньої напруги (35–10 кВ), керування реактивною потужністю відіграє важливу роль у забезпеченні стабільної, надійної та енергоефективної роботи електропостачання. Реактивна потужність не споживається у звичному розумінні — вона не виконує механічної або теплової роботи, проте необхідна для створення електромагнітного поля в елементах системи, таких як трансформатори, електродвигуни, лінії електропередач.

Електричні мережі 35–10 кВ охоплюють значну частину розподільної інфраструктури, яка з'єднує підстанції з промисловими, комерційними та побутовими споживачами. В цих мережах переважає індуктивне навантаження, що генерує потребу в реактивній потужності. Якщо ця потреба не компенсується належним чином, виникають технічні проблеми, що впливають на роботу всієї системи.

Одна з основних причин, чому керування реактивною потужністю є критично необхідним, полягає у втраті напруги на протязі лінії. При транспортуванні електроенергії споживання реактивної потужності призводить до падіння напруги, що особливо критично в мережах 10–35 кВ, де відстані між підстанціями та споживачами можуть бути значними, а профіль навантаження — нерівномірним. Це може призвести до недопустимих відхилень напруги від номінального рівня, що в свою чергу негативно позначається на роботі електрообладнання.

Крім того, споживання реактивної потужності знижує коефіцієнт потужності ($\cos \phi$), що веде до збільшення струмів у мережі. Зростання струму

викликає додаткові втрати активної потужності в кабельних та повітряних лініях, трансформаторах та іншому обладнанні. Це не тільки погіршує енергоефективність, але й сприяє перегріванню елементів системи, що може скорочувати термін їх експлуатації.

Ще одним важливим аспектом є зменшення пропускної здатності мережі. При низькому коефіцієнті потужності, викликаному надлишком реактивної складової, зростає повний струм у лініях, що призводить до необхідності використовувати обладнання з більшим номіналом по струму. Це спричиняє збільшення капітальних витрат на будівництво та модернізацію електричних мереж. У випадку, якщо такі витрати уникнути неможливо, знижується ефективність використання вже наявного обладнання, що суперечить принципам оптимального проектування та експлуатації мережі.

З точки зору режимів роботи мереж 35–10 кВ, нестача чи надлишок реактивної потужності може призводити до дестабілізації системи. Надлишок генерації реактивної потужності спричиняє підвищення напруги на шинах підстанцій, що може перевищувати допустимі значення, особливо в умовах низького навантаження (наприклад, в нічні години). Навпаки, у пікові години, коли зростає індуктивне навантаження, мережа може зазнавати значних просідань напруги. Обидві ситуації створюють ризики для обладнання, яке розраховане на роботу в певному діапазоні напруги.

В умовах зростаючої кількості споживачів, змінного графіка навантажень, а також підключення нових джерел генерації (зокрема, відновлюваних джерел енергії) — керування реактивною потужністю набуває ще більшої ваги. У багатьох випадках сонячні та вітрові електростанції приєднуються саме до мереж 10–35 кВ, що викликає додаткові виклики щодо балансування потужностей. Такі джерела можуть змінювати своє виробництво миттєво в залежності від погодних умов, створюючи нестійкі режими роботи, які потребують миттєвого регулювання реактивної складової.

Крім цього, важливу роль відіграє вимога підтримання якості

електроенергії відповідно до нормативних документів. Одним із ключових параметрів якості є рівень напруги, а також форма сигналу — гармонійність. Некомпенсовані реактивні потоки можуть призводити до спотворення напруги та появи гармонік у мережі, що особливо небезпечно для чутливого електронного обладнання.

У сучасних умовах розвитку енергетики важливим є також зменшення викидів вуглецевого сліду, що досягається не лише за рахунок переходу на відновлювані джерела, а й через підвищення енергоефективності існуючих мереж. Зменшення втрат енергії завдяки правильному керуванню реактивною потужністю у мережах 35–10 кВ дозволяє досягати цього результату без значних інвестицій у генерацію. Таким чином, оптимізація реактивного балансу — це ще й внесок у екологічну сталість енергетичної системи.

Серед основних технічних засобів регулювання реактивної потужності у мережах середньої напруги можна виділити:

- Батареї статичних конденсаторів, які встановлюються безпосередньо на підстанціях або у вузлах навантаження. Вони дозволяють компенсувати індуктивне навантаження та підтримувати напругу в допустимих межах.
- Автоматизовані пристрої керування конденсаторними установками, які змінюють ступінь компенсації в залежності від змін навантаження.
- Реактори, які використовуються для компенсації надлишкової ємнісної потужності, що виникає, наприклад, у довгих кабельних лініях.
- Сучасні засоби гнучкого керування електроенергетичними системами (FACTS), зокрема керовані реактивні джерела, які забезпечують швидке та точне регулювання потужності.
- Електрохімічні накопичувачі енергії, які можуть брати участь не лише у покритті пікового навантаження, а й у компенсації реактивної складової при використанні відповідних інверторів.

Усі зазначені засоби підвищують гнучкість електричної мережі, дозволяючи адаптуватися до змін умов навантаження та генерації. Автоматизоване керування реактивною потужністю особливо актуальне в умовах цифровізації енергетики, де широке впровадження систем диспетчерського керування та Smart Grid технологій дозволяє в режимі реального часу контролювати і регулювати параметри енергосистеми.

У підсумку, технічна необхідність керування реактивною потужністю в мережах 35–10 кВ зумовлена:

- потребою підтримання належного рівня напруги на шинах споживачів;
- зменшенням технічних втрат потужності;
- підвищенням енергоефективності та надійності системи;
- забезпеченням нормативних показників якості електроенергії;
- адаптацією до змін у структурі навантаження і генерації;
- підготовкою до переходу на цифрову енергетику майбутнього.

Ефективне керування реактивною потужністю є одним із ключових інструментів оптимізації роботи електричних мереж середньої напруги, що дозволяє забезпечити технічно обґрунтовану, економічно доцільну та екологічно безпечну експлуатацію енергетичних систем.

3.2 Компенсація реактивної потужності за допомогою БСК

Для регулювання потужності конденсаторних установок застосовуються автоматизовані системи. Недоліком існуючого обладнання є обмежена функціональність, оскільки підключення секцій КБ відбувається насамперед не в тому вузлі, де конденсаторна батарея сприяє найбільшому зменшенню втрат активної енергії.

$$\delta P_i = \frac{1}{U_i^2} \left(R_{ij} \cdot (Q_{Ki} \cdot Q_i - Q_{Ki}^2) + 2 \cdot Q_{Ki} \cdot \sum_{j=1}^n Q_j \cdot R_{ij} \right) \rightarrow \max. \quad (3.1)$$

а в де реактивне навантаження спричиняє найбільші втрати в розподільчій електричній мережі.

$$\Delta P_i = \frac{1}{U_i^2} (Q_1 \cdot Q_i \cdot R_{1i} + Q_2 \cdot Q_i \cdot R_{2i} + \dots + Q_i^2 \cdot R_{ii} + Q_n \cdot Q_i \cdot R_{ni}) \rightarrow \max. \quad (3.2)$$

де U_n – базова номінальна напруга, до якої приведені опори віток схеми заміщення ЕМ;

Q_{Ki} – потужність секції КБ, яка вмикається у і-ому вузлі навантаження;

R_{ii} – вхідний опір і-го вузла навантаження;

R_{ij} – взаємний опір і-го та j-го вузлів навантаження; $i, j = 1, \dots, n, i \neq j$; n – кількість вузлів навантаження ЕМ;

Q_i, Q_j – реактивні навантаження відповідно і-ого та j-ого вузлів навантаження.

На рисунку 3.1 зображено автоматичний регулятор конденсаторних батарей.

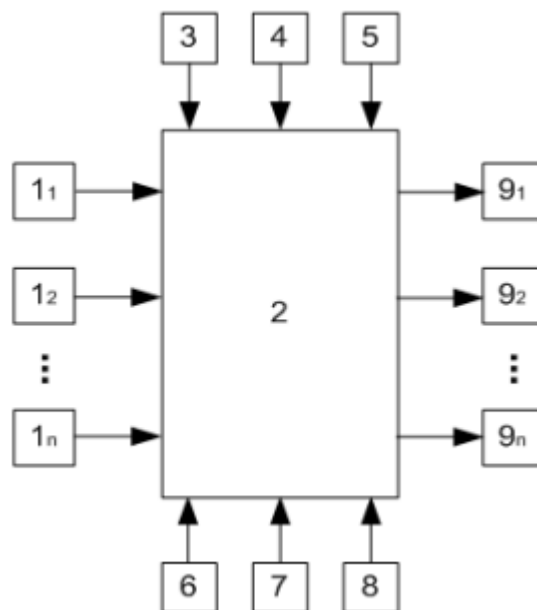


Рисунок 3.1 – Система автоматичного керування конденсаторними батареями

На рисунку зображена блок-схема системи, де: 11, 12, ..., 1n – датчики реактивної потужності, розташовані у вузлах електромережі з установленими КБ; 2 – блок обробки даних; 3 – пристрій для встановлення уставки ВРП на вході підприємства; 4 – датчик фактичної ВРП; 5 – датчик опорів ліній у схемі заміщення підсистеми; 6 – датчик базової напруги, до якої приведено опори гілок схеми заміщення; 7 – модуль для задання конфігурації мережі (матриці шляхів); 8 – блок для визначення потужностей неактивних секцій КБ; 91, 92, ..., 9n – виконавчі механізми для увімкнення чи вимкнення секцій КБ.

Система включає датчики реактивної потужності, розміщені у вузлах мережі з КБ 11, 12, ..., 1n, чий виходи з'єднані з входами блоку обробки даних 2. До інших входів блоку 2 підключено: пристрій для встановлення уставки ВРП на вході підприємства 3, датчик фактичної ВРП 4, датчик опорів ліній схеми заміщення підсистеми 5, датчик базової напруги, до якої приведено опори гілок схеми заміщення 6, модуль для задання конфігурації мережі (матриці шляхів) 7, блок для визначення потужностей неактивних секцій КБ 8. Виходи блоку обробки даних 2 з'єднані з входами виконавчих механізмів для увімкнення або вимкнення секцій КБ 91, 92, ..., 9n.

Сигнали, пропорційні значенням реактивних навантажень вузлів Q_i , Q_j , від датчиків реактивної потужності, розташованих у вузлах мережі з конденсаторними батареями 11, 12, ..., 1n, надходять на входи блоку обробки даних 2. На інші входи блоку 2 подаються: сигнал економічного значення ВРП, пропорційний величині Q_e , від пристрою для встановлення уставки ВРП на вході підприємства 3; сигнал фактичного значення ВРП, пропорційний величині Q_f , від датчика фактичної ВРП 4; сигнали, пропорційні величинам R_{ij} , від датчика опорів ліній схеми заміщення підсистеми 5; сигнал, пропорційний величині U_n , від датчика базової напруги, до якої приведено опори гілок схеми заміщення 6; сигнали, пропорційні величинам R_{ii} , від модуля для задання конфігурації мережі (матриці шляхів) 7; сигнали, пропорційні

величинам Q_K , від блоку визначення потужностей неактивних секцій КБ 8. У блоці обробки даних 2 виконується перевірка умови $Q_{\phi} = Q_e$. Якщо умова не виконується, тобто при $Q_{\phi} > Q_e$ або $Q_{\phi} < Q_e$, у блоці 2 здійснюється обчислення за моделлю (3.1), визначається максимальне або мінімальне зменшення втрат активної енергії, що дає змогу встановити вузол, у якому потрібно увімкнути або вимкнути секції КБ. Сигнали з виходів блоку обробки даних 2 передаються на відповідні входи виконавчих механізмів для увімкнення чи вимкнення секцій КБ 91, 92, ..., 9n, які безпосередньо здійснюють увімкнення або вимкнення секцій КБ.

Після здійснення відповідних комутацій проводиться зіставлення величин Q_{ϕ} і Q_e . Система функціонує за описаним раніше алгоритмом, доки не буде досягнуто балансу реактивної потужності на вході підприємства, тобто $Q_{\phi} = Q_e$.

Обчислення та оцінка зменшення втрат активної енергії за реактивними навантаженнями вузлів (1), визначення оптимального місця для комутації, а також контроль виконання умови балансу реактивної потужності на вході підприємства здійснюються у блоці обробки даних 2.

На рисунку 3.2 зображена блок-схема системи автоматичного керування конденсаторними установками.

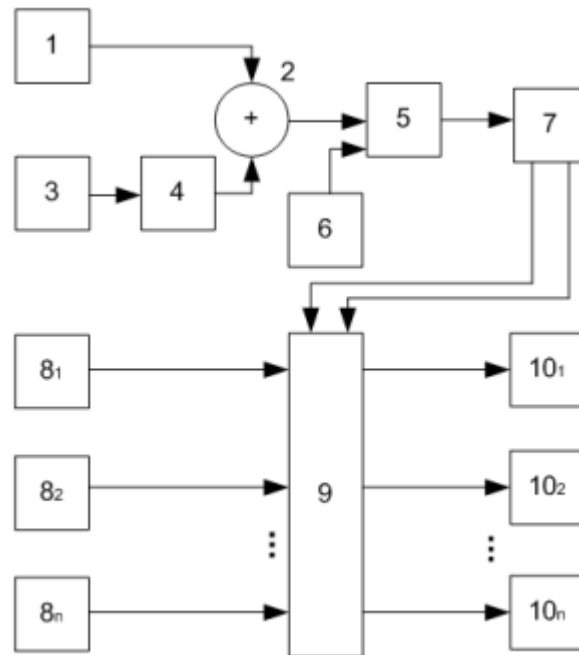


Рисунок 3.2 – Блок-схема регулятора потужності конденсаторних установок

На рисунку зображена блок-схема системи, де:

1 – датчик активної потужності, розташований на вході електромережі підприємства;

2 – блок сумування;

3 – датчик реактивної потужності, установлений на вході електромережі підприємства;

4 – блок ділення;

5 – реагуючий елемент;

6 – пристрій для задання уставок;

7 – блок витримки часу та вихідний модуль;

81, 82, ..., 8n – датчики напруги, розміщені у вузлах мережі з конденсаторними установками;

9 – модуль аналізу втрат і визначення місця комутації;

101, 102, ..., 10n – виконавчі механізми для увімкнення чи вимкнення секцій конденсаторних установок.

Датчик активної потужності 1, розташований на вході електромережі, з'єднаний своїм виходом із першим входом суматора 2. Вихід датчика реактивної потужності 3, встановленого на вході електромережі, підключений до блоку ділення 4, вихід якого з'єднаний із другим входом суматора 2. Вихід суматора 2 підключений до першого входу реагуючого елемента 5, до другого входу якого приєднано пристрій для задання уставок 6. Вихід реагуючого елемента 5 з'єднаний із входом блоку витримки часу та вихідного модуля 7, чиї виходи підключені до керуючих входів модуля аналізу втрат і визначення місця комутації 9. Виходи датчиків напруги $8_1, 8_2, \dots, 8_n$, розташованих у вузлах мережі з конденсаторними установками, з'єднані з відповідними інформаційними входами модуля аналізу втрат і визначення місця комутації 9, чиї виходи підключені до відповідних входів виконавчих механізмів для увімкнення чи вимкнення секцій КУ 101, 102, ..., 10n.

Для електромереж підприємств пропонується забезпечувати найбільше зниження втрат електроенергії шляхом увімкнення секції КУ у вузлі мережі, який визначається за допомогою моделі:

$$U_{\min} = \min_{i=1}^n U_i. \quad (3.3)$$

$$\text{за умови } U_i^{\min} \leq U_i \leq U_i^{\max}. \quad (3.4)$$

де U_i – напруга у i -му вузлі навантаження;

$i=1 \dots n$; n – кількість вузлів навантаження електричної мережі;

$U_i^{\min}$, $U_i^{\max}$ – відповідно мінімальне і максимальне допустиме значення напруги у вузлі навантаження.

Сигнал із виходу датчика реактивної потужності 3, розташованого на вході електромережі підприємства, через блок ділення 4 надходить на перший вхід суматора 2, на другий вхід якого подається сигнал від датчика активної

потужності 1, встановленого на вході електромережі. Пристрій для задання уставок 6 встановлює граничні значення для спрацювання реагуючого елемента 5, який активується, коли сигнал із виходу суматора 2 досягає одного з порогів, і передає команду до блоку витримки часу та вихідного модуля 7. На одному з виходів цього блоку формується команда «Увімкнути», а на іншому – «Вимкнути». Ці команди надходять на керуючі входи модуля аналізу втрат і визначення місця комутації 9.

Сигнали U_i від датчиків напруги $8_1, 8_2, \dots, 8_n$, розміщених у вузлах із конденсаторними установками, подаються на відповідні інформаційні входи модуля аналізу втрат і визначення місця комутації 9.

Модуль аналізу втрат і визначення місця комутації 9 одночасно оцінює максимальне або мінімальне значення сигналів, пропорційних величинам U_i , та перевіряє дотримання обмежень за напругою (2), що дає змогу визначити вузол, у якому необхідно увімкнути або вимкнути секції КУ. Сигнали з виходів модуля 9 передаються на відповідні входи виконавчих механізмів для увімкнення чи вимкнення секцій конденсаторних установок $10_1, 10_2, \dots, 10_n$, які безпосередньо виконують увімкнення або вимкнення секцій КУ.

Оскільки значення $U_{\min}$ вказує на вузол, реактивне навантаження якого спричиняє найбільші втрати електроенергії, увімкнення секцій КУ в цьому вузлі забезпечить максимальне зниження втрат електроенергії та підтримання напруги в допустимих межах.

3.3 Способи КРП

Компенсація реактивної потужності є важливим технічним заходом, що дозволяє забезпечити ефективну роботу електричних мереж, знизити втрати електроенергії, покращити рівень напруги в контрольних точках і підвищити загальний коефіцієнт потужності системи. У мережах напругою 35–10 кВ компенсація реактивної потужності здійснюється за допомогою різноманітних

пристроїв та технічних рішень, вибір яких залежить від конкретних умов експлуатації, типу навантаження, рівня автоматизації та фінансових можливостей оператора мережі.

Одним із найпоширеніших засобів компенсації є статичні конденсаторні установки. Вони встановлюються безпосередньо на підстанціях або у вузлах споживання, де є значне індуктивне навантаження, наприклад, електродвигуни, зварювальні апарати, насосні станції. Конденсатори створюють ємнісну реактивну потужність, яка компенсує індуктивну, зменшуючи повний струм у лінії та покращуючи умови роботи обладнання. За способом регулювання такі установки поділяють на нерегульовані (постійно підключені) та автоматизовані (з багатоступеневим підключенням за сигналами від реле напруги або контролера навантаження).

У випадках, коли в мережі домінує ємнісна реактивна потужність (наприклад, при наявності довгих кабельних ліній), застосовують реактори — індуктивні елементи, що поглинають надлишок реактивної потужності. Їх застосування дозволяє уникати перенапруг та зворотного потоку реактивної енергії, що можуть виникати внаслідок неконтрольованої генерації ємнісної потужності.

Іншим ефективним способом компенсації є використання синхронних компенсаторів — спеціальних синхронних машин, які працюють без навантаження і здатні як споживати, так і генерувати реактивну потужність залежно від зміни збудження. Вони забезпечують швидку та точну компенсацію, однак потребують значних витрат на обслуговування та експлуатацію, тому застосовуються переважно на великих підстанціях або в критичних енерговузлах.

Сучасні тенденції в енергетиці включають використання силових електронних пристроїв, зокрема статичних вар компенсаторів (SVC) та пристроїв типу FACTS (Flexible AC Transmission Systems), які забезпечують гнучке, точне й швидкодієне регулювання реактивної потужності. Такі системи

дозволяють в режимі реального часу підтримувати оптимальний баланс реактивної потужності, особливо в умовах динамічного змінного навантаження або нестабільного генерування.

Окрему роль відіграє компенсація реактивної потужності за допомогою інверторних джерел — таких, як сонячні електростанції з функцією керування реактивною потужністю. Завдяки відповідному налаштуванню інверторів, ці джерела можуть активно брати участь у регулюванні режимів напруги в мережі, що особливо актуально для розподіленої генерації.

У деяких випадках компенсація реактивної потужності здійснюється безпосередньо на стороні споживача. Такий підхід дозволяє знизити навантаження на мережу, покращити якість електроенергії у вузлі споживання та уникнути штрафних санкцій за низький коефіцієнт потужності. На підприємствах встановлюються локальні компенсаційні установки, які автоматично реагують на зміну навантаження та підтримують оптимальний режим роботи.

Таким чином, існує широкий спектр технічних засобів компенсації реактивної потужності, які можуть бути адаптовані до конкретних умов мереж 35–10 кВ. Ефективне їх застосування сприяє зменшенню втрат, підвищенню стабільності електропостачання та економії ресурсів, що є необхідною умовою для сталого розвитку електроенергетичних систем.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі випускної бакалаврської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці під час оптимізації системи електропостачання ТОВ «Авіс», м. Вінниця та організації обслуговування його електрообладнання. Отже, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж та обслуговування системи електропостачання, впливають такі шкідливі виробничі фактори [15, 16]:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220 В (фазна

напруга (фаза – "0") – 220 В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380 В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – з підвищеною небезпекою, у зв'язку з наявністю в цехах струмопровідної підлоги.

Вимоги поширюються на електроустановки, що розміщуються в пожежонебезпечних зонах всередині і зовні приміщень, адже, значна частина електрообладнання розміщується в пожежонебезпечних зонах. До експлуатації в пожежонебезпечних зонах допускається електрообладнання, що відповідає вимогам з урахуванням показників пожежо- та вибухонебезпечності матеріалів (рідин, пилу, волокон) [18, 19].

Електрообладнання з частинами, що іскрять під час нормальної роботи або нагріваються понад небезпечні температури (тобто є імовірними джерелами займання) рекомендується встановлювати поза межами пожежонебезпечних зон. Для забезпечення ступеня захисту оболонок електрообладнання від проникнення пилу на рівні IP54, кришки, інші з'ємні частини оболонки і місця вводу кабелів слід ущільнювати за допомогою еластичних (гумових) прокладок, ущільнювальних кілець, сальників тощо.

Відкриті частини електричних машин, які нормально іскрять (наприклад, контактні кільця), слід розташовувати на відстані не менше 1 м від місць розміщення горючих матеріалів, або відокремлювати від них екраном з негорючого матеріалу. Переносні електричні ручні машини (електрифікований інструмент), які застосовуються в пожежонебезпечних зонах, повинні мати ступінь захисту оболонок не менше IP44.

Електроустановки в пожежонебезпечних зонах будь-яких класів в разі необхідності повинні мати апарати, що відключають частково або повністю технологічне і сантехнічне устаткування у випадках аварій і пожеж. Обсяг відключення визначається технологами і сантехніками проектною організацією і спеціалістами служб охорони праці, з урахуванням особливостей технологічного процесу. При використанні електронагрівальних приладів їх робочі частини, які нагріваються, слід захищати від контакту з горючими

речовинами, а самі прилади встановлювати на поверхні із негорючих матеріалів і відділяти від горючих речовин екранами.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів рекомендується використовувати силові і освітлювальні розподільчі пункти, що мають ступінь захисту оболонок IP54. Електрообладнання вантажопідіймальних механізмів (кранів, талей тощо), котрі перебувають в пожежонебезпечних зонах і зв'язані з технологічним процесом, повинне мати відповідну ступінь захисту оболонок.

В пожежонебезпечних зонах слід використовувати світильники, що мають ступінь захисту не менший, ніж IP44. Світильники з лампами розжарювання не повинні мати відбивачів і розсіювачів з горючих матеріалів. В разі встановлення світильників, що не мають штепсельних роз'ємів, на металевих кронштейнах (стійках), заземлення кронштейна слід забезпечувати жорстким кріпленням до нього заземленого металевого корпусу. В свою чергу, заземлення корпусу світильника слід виконати за допомогою перемички між заземлювальним і нульовим затискачами всередині ввідного пристрою світильника.

Складські приміщення з пожежонебезпечними зонами будь-якого класу, які замикаються, повинні мати апарати для відключення іззовні силових і освітлювальних мереж незалежно від наявності апаратів для відключення всередині приміщень. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу складських приміщень забороняється застосування електронагрівальних приладів. В пожежонебезпечних зонах всіх класів крім захисту від струмів КЗ провідники освітлювальних мереж слід захищати від перевантажень. Крім того, від перевантажень слід захищати силові мережі, які прокладаються в пожежонебезпечних зонах складських приміщень, і в інших випадках, якщо перевантаження може виникнути за умовами технологічного процесу. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі і проводи повинні мати покриття і оболонку з матеріалів, що не розповсюджують горіння.

4.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізолюваними ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають

персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;

- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних електропроводок;

- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;

- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання.

- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та

гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [20]. Параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях заводу наведено в таблиці 4.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [21]: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдуву; провітрювання приміщення.

Таблиця 4.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Iб	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Iб	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК [20] наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [21]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

4.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [22] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості. При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп,

забезпечується чистота повітря у приміщенні.

4.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [23] (таблиця 4.4).

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація». Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

Таблиця 4.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [25, 26]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [27], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [28].

Основні виробничі приміщення ТОВ «Авіс», м. Вінниця за вибухонебезпечністю та пожежонебезпечністю відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилю і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В з зонами П-Іа в приміщеннях, де є тверді горючі речовини чи матеріали (насіння, тара).

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [29] наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої спроможності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [29] наведено в таблиці 4.6.

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.7 (знаменник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.7. Протипожежні відстані від житлових,

громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків, сільськогосподарських будівель і споруд потрібно приймати за таблицею 4.7 (знаменник) [29].

Таблиця 4.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Таблиця 4.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
III	6/9	8/9	10/12

На території ТОВ «Авіс», м. Вінниця встановлено 45 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та 12 ВВП-9 [30].

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасниками; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки порошковими вогнегасниками ВП-5 або піском; зупинити обладнання.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено сучасну систему електропостачання для ТОВ «Авіс» у м. Вінниця, яка відповідає вимогам надійності, енергоефективності та безпеки.

Основні результати свідчать про успішне виконання розрахунків електричних навантажень для основних і допоміжних цехів підприємства, що дозволило точно визначити сумарні активні та реактивні потужності. На основі цих даних було обґрунтовано вибір оптимальної схеми електропостачання з використанням напруги 10 кВ та встановленням головної понижувальної підстанції, що підтверджено техніко-економічним порівнянням варіантів живлення (10 кВ та 35 кВ). Проведені розрахунки показали, що схема з напругою 10 кВ забезпечує мінімальні капітальні вкладення та експлуатаційні витрати, що є економічно вигідним для підприємства.

Крім того, у другому розділі виконано детальний розрахунок струмів короткого замикання, що дозволило перевірити відповідність вибраних вимикачів і кабелів умовам роботи при аварійних режимах. Підібране комутаційно-захисне обладнання, зокрема автоматичні вимикачі типу ВРС-10 та ЕВ, забезпечує надійний захист мережі та селективність спрацьовування. Розроблена радіальна схема цехової мережі з використанням кабелів марки АВВГ та проводів АПВ гарантує високу стабільність електропостачання та мінімальні втрати напруги, що підтверджено розрахунками втрат напруги на електроприймачах.

Додатково в роботі запропоновано рішення щодо компенсації реактивної потужності за допомогою батарей статичних конденсаторів (БСК), що сприяє підвищенню коефіцієнта потужності та зниженню втрат електроенергії. Аналіз якості електроенергії засвідчив доцільність застосування таких засобів для покращення експлуатаційних характеристик електроприймачів і підвищення енергоефективності виробництва.

Результати роботи, зокрема детально розроблена схема електропостачання, підбір обладнання та розрахунки, можуть бути використані як основа для реалізації проєкту реконструкції системи електропостачання ТОВ «Авіс». Впровадження запропонованих рішень дозволить забезпечити безперебійність технологічного процесу, знизити енергетичні витрати та підвищити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
2. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617с.
3. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інфм. та документація).
4. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папайка Ю. А. Енергетична ефективність СЕП : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
5. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).
7. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.
8. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 89 с.
9. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.yuzhcable.info> (дата звернення: 17.11.2024).

10. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго" : веб-сайт. URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees> (дата звернення: 15.11.2021).
11. Трансформатори силові. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення: 17.11.2024).
12. Силові вимикачі. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення: 18.11.2024).
13. Демов А. О., Демов О. Д., Войнаровський А. Ж., Паламарчук О. П. Особливості впровадження компенсувальних установок у електричні мережі споживачів у сучасних економічних умовах. Енергетика та електрифікація. 2006. №2. С. 12-15.
14. Циганенко Б. В. Ефективність роботи розподільних електричних мереж при підвищенні їх класу напруги: дис. кандидата техн. наук: 05.14.02 / Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського». Київ. 2017. 271 с
15. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
16. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
17. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.
18. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

19. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
21. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
23. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
24. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
25. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
26. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
27. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.
28. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.
29. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
30. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

Додаток А. Вихідні дані

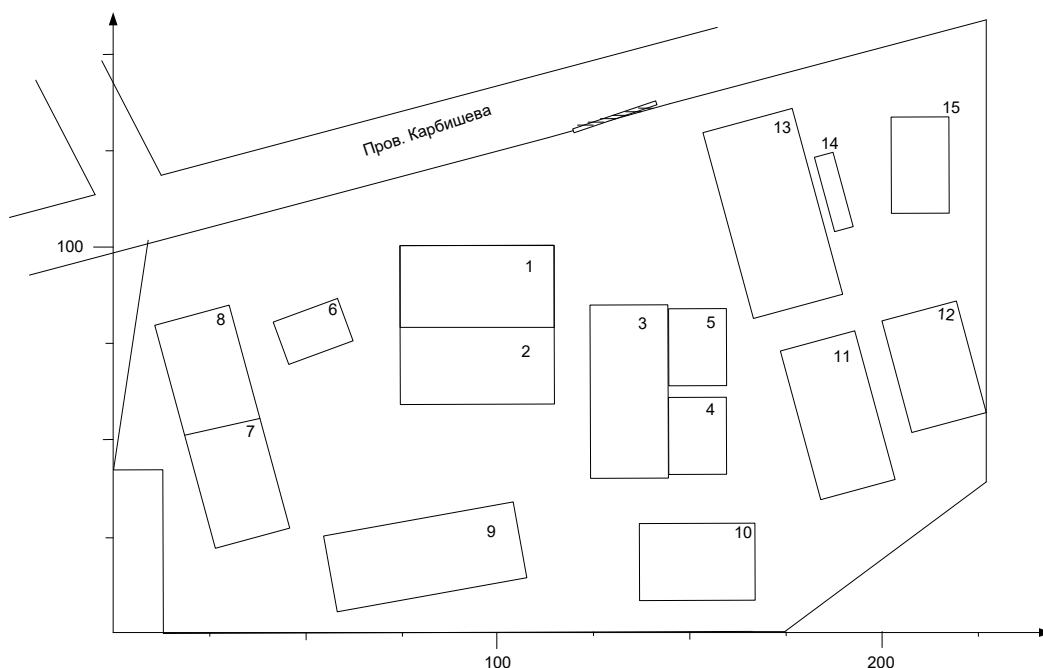


Рисунок А.1 – Генплан ТОВ «Авіс»

Таблиця А.1 – Склад цехів підприємства, кількість змін та потужність їх ЕП

№ на плані	Назва цеху	Рн, кВт
1	Завод полімерного упакування	300
2	Цех (друкарня)	72
3	Завод безалкогольних напоїв	312
4	Очисні споруди	168
5	Очисні споруди	168
6	Котельня	72
7	Склад №1	192
8	Склад №2	204
9	Склад №3 (гот. Прод)	192
10	Склад №4 (гот. Прод)	204
11	Оліє-очисний завод	192
12	Цех фасування олії	204
13	Цех по виробництву майонезу	216
14	Холодильно-компресорна станція	96
15	Цех по виготовленню печива	

На рисунку А.2 у зображено план цеху по виготовленню печива з розміщенням електроприймачів, містить відомості про активні електричні

навантаження цеху.

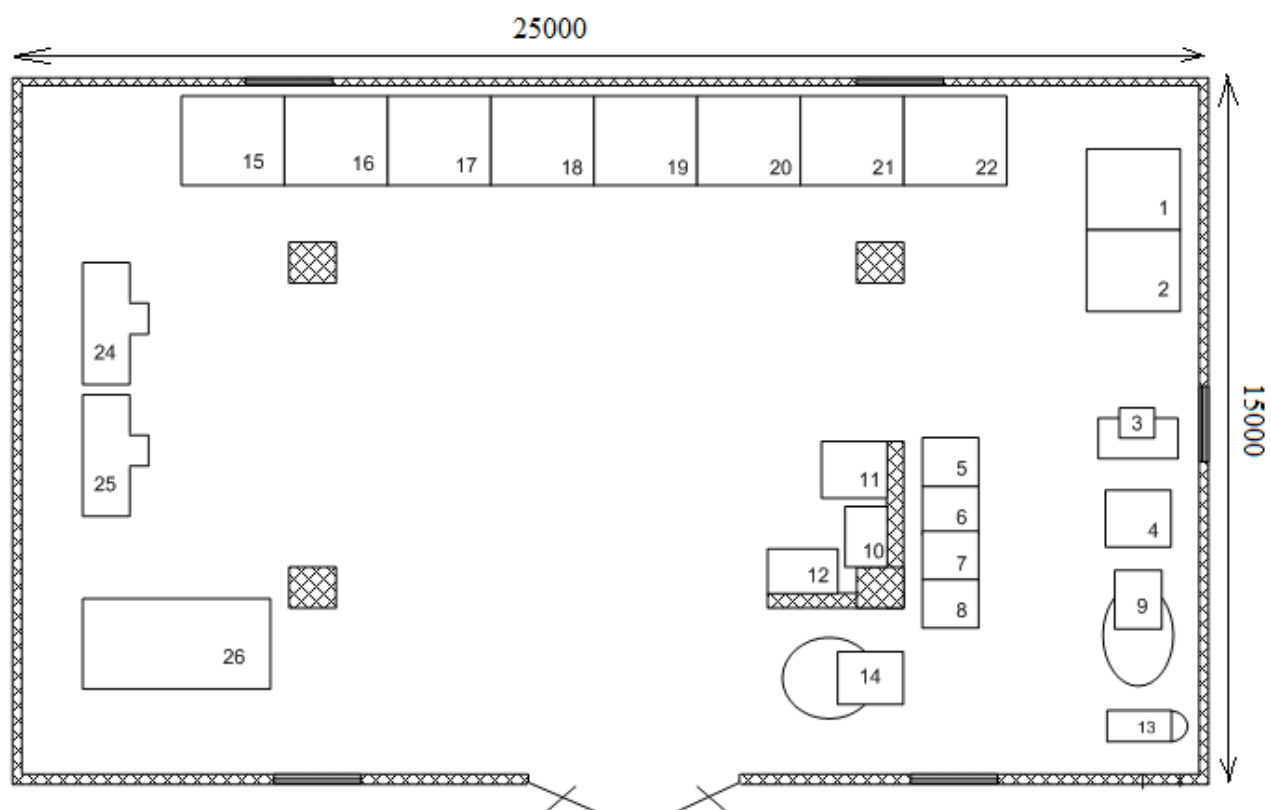
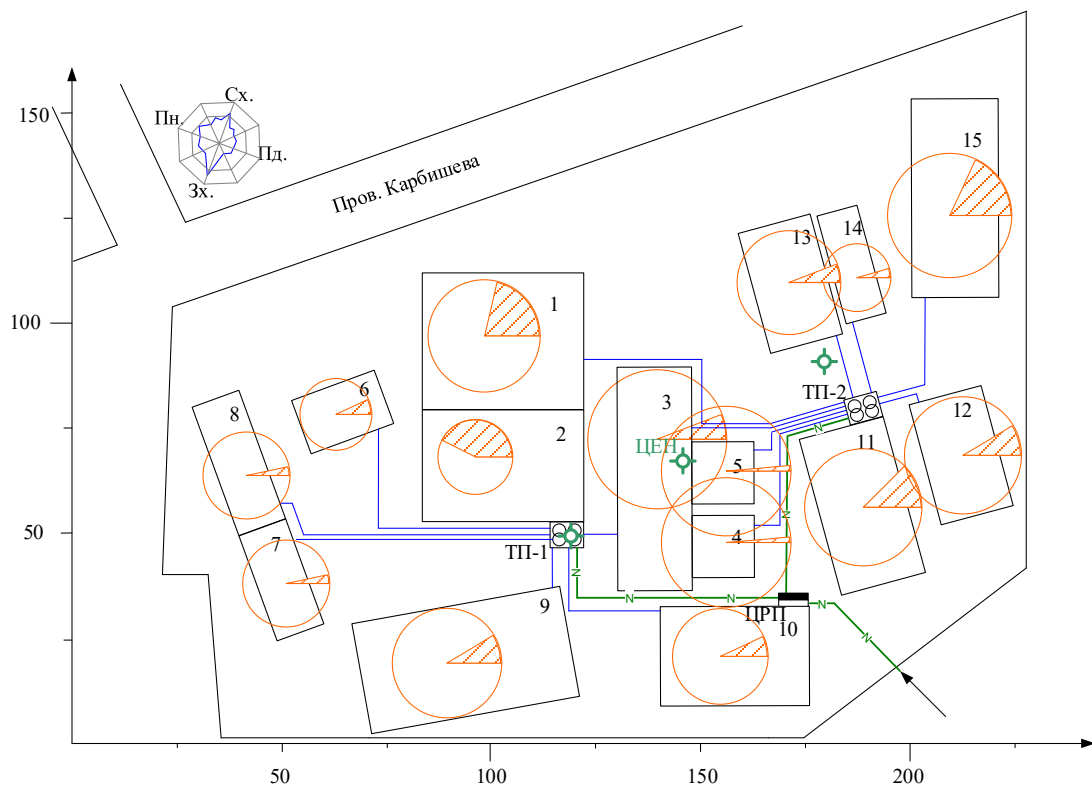


Рисунок А.2 – План цеху по виготовленню печива

Таблиця А.2 – Відомості про активні електричні навантаження цеху.

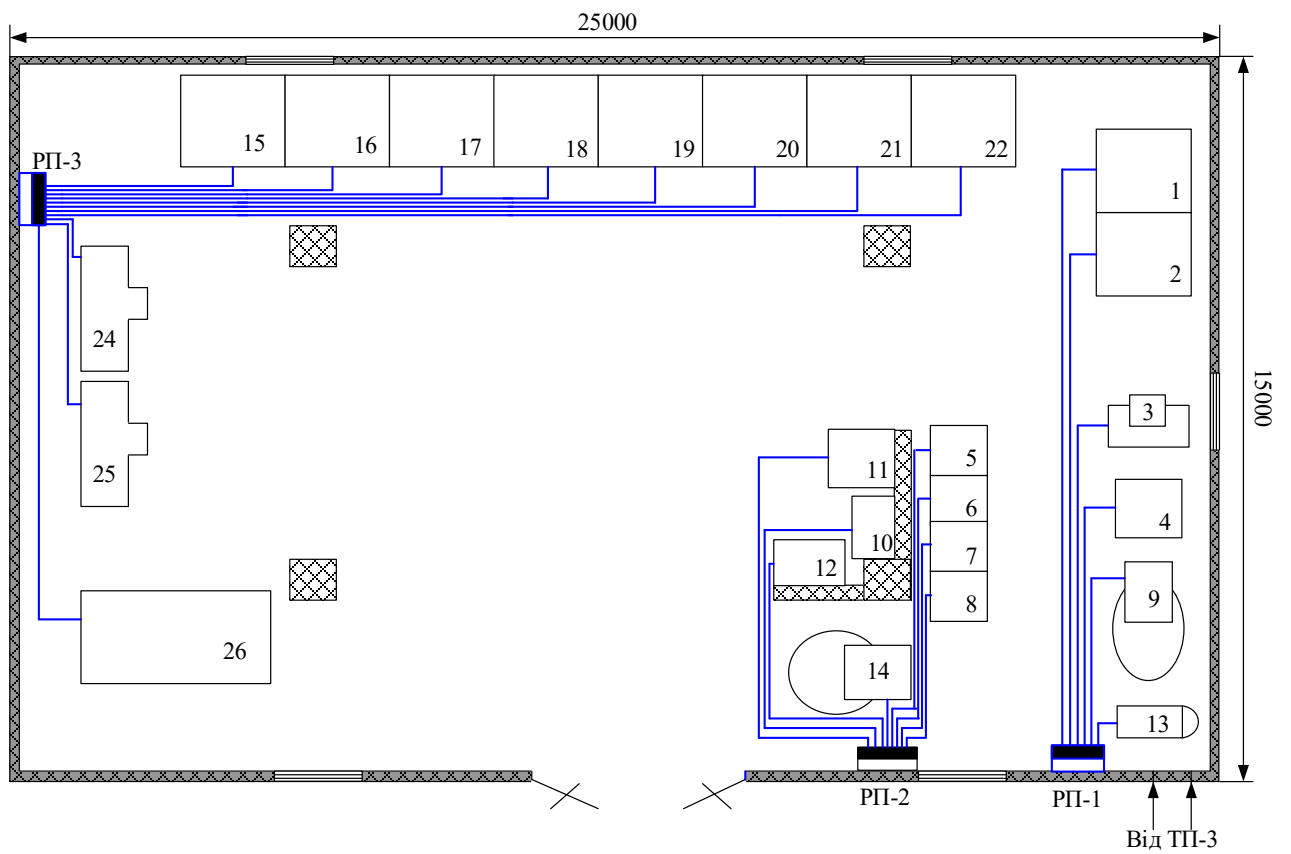
№ на плані	Електроприймач	Р _н , кВт
1-2	Морозильна камера	12
3-5,9	Тістозмішувач	6,6
6-8	Тістозмішувач	9
10	Дозатор води	3,6
11-12	Бойлер	33,6
13	Підйомник	5,4
15-19	Піч	6
20-22	Піч	3,6
24-25	Формувальна машина	3,6
26	Холодильний стіл	24

Додаток Б. Картограма навантажень цеху



[illegible]

Додаток Г. ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА ЦЕХУ



Додаток Д. Розрахунково-монтажна таблиця

ТТ	Заміст				Струмодатуючі лінії				Заміст				Розподільна лінія				Електроприймачі				Найменування приймачів
	Тип ант	I _н , А	I _{ном} , А	I _{доп} , А	Спосіб прокладки	Марка і переріз	I _{ном} , А	РТ	Тип ант	I _н , А	I _{пр} , А	I _{ен} , А	I _{доп} , А	Спосіб прокладки	Марка і переріз	I _{ном} , А	P _{ном} , кВт	№ приймачів			
С-III			100	100	500	Відкрито	АВВГ 3х35+1х16	109		ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	16,1	В трубі	АПВ-4(х6)	30	80,3	6,6	3	Бурштино просвічач Тітосамішувач Тітосамішувач Морозильна камера Морозильна камера Підйомник Тітосамішувач Тітосамішувач Дозатор води Бойлер Бойлер Формувальна машина Формувальна машина Холодильний стіл Піч Піч Піч Піч Піч Піч Піч Піч
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	16,1	В трубі	АПВ-4(х6)	30	80,3	6,6	4	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	16,1	В трубі	АПВ-4(х6)	30	80,3	6,6	9	
										ЕВ1 003Л 63А 3р	6,3	63	630	29,2	В трубі	АПВ-4(х25)	70	146	12	1	
										ЕВ1 003Л 63А 3р	6,3	63	630	29,2	В трубі	АПВ-4(х25)	70	146	12	2	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	11,5	В трубі	АПВ-4(х6)	30	57,3	5,4	13	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	16,3	В трубі	АПВ-4(х6)	30	81,4	6,6	5	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	22,2	В трубі	АПВ-4(х6)	30	111,1	6,6	6-8	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	8,2	В трубі	АПВ-4(х6)	30	40,8	3,6	10	
										ЕВ1 003Л 63А 3р	6,3	63	630	57	В трубі	АПВ-4(х25)	70	343	33,6	11	
			125	125	600	Відкрито	АВВГ 3х50+1х25	136		ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	9,2	В трубі	АПВ-4(х6)	30	46	3,6	24	Формувальна машина Формувальна машина Холодильний стіл Піч Піч Піч Піч Піч Піч Піч Піч
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	9,2	В трубі	АПВ-4(х6)	30	46	3,6	25	
										ЕВ1 003Л 63А 3р	6,3	63	630	58,4	В трубі	АПВ-4(х25)	70	292	24	26	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	15,7	В трубі	АПВ-4(х6)	30	78,6	6	15	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	15,7	В трубі	АПВ-4(х6)	30	78,6	6	16	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	15,7	В трубі	АПВ-4(х6)	30	78,6	6	17	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	15,7	В трубі	АПВ-4(х6)	30	78,6	6	18	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	15,7	В трубі	АПВ-4(х6)	30	78,6	6	19	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	9,4	В трубі	АПВ-4(х6)	30	47,2	3,6	20	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	9,4	В трубі	АПВ-4(х6)	30	47,2	3,6	21	
			250	250	1200	Відкрито	АВВГ 3х95+1х50	273		ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	9,4	В трубі	АПВ-4(х6)	30	47,2	3,6	22	
										ЕВ1 003Л 25А 3р	2,5	25	125	9,4	В трубі	АПВ-4(х6)	30	47,2	3,6	22	

Додаток Ж. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Авіс", м. Вінниця

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота
(БКР, МКР)

Підрозділ кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, факультет електроенергетики та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 85.07 Схожість 14.93

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Войтюк Ю. П.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____
(підпис)

Розгон Т. В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Терешкевич Л. Б.
(прізвище, ініціали)