

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

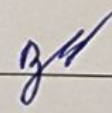
(повна назва кафедри)

менеджменту

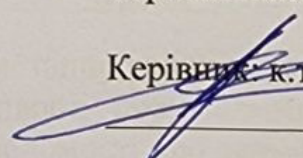
БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА НА ТЕМУ:

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БАРЛІНЕК ІНВЕСТ» МІСТО ВІННИЦЯ**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕЕ-216
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»,
освітня програма «Електропостачання та
енергозбереження»

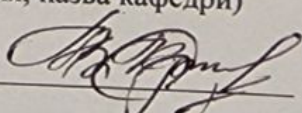
Тарнавський В. О. 

Керівник к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

 Войтюк Ю. П.

« » 2025 р.

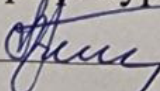
Рецензент к.т.н., доцент каф. ЕСЕ
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

Осипа Н.В. 
«18» 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.


«18» 06 2025 р.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 14 Електрична інженерія

Освітній ступінь – бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма – Електропостачання та енергозбереження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« 20 » 03 2025р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Тарнавському Вадиму Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БАРЛІНЕК ІНВЕСТ» МІСТО ВІННИЦЯ**

керівник роботи Войтюк Ю.П., к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ

затверджені наказом по ВНТУ від «20» березня 2025 року, № 97

2. Строк подання студентом роботи «09» червня 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.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація

Вступ

1. Актуальність теми

1.1 Мета і завдання роботи

2. Загальна інформація про підприємство

2.1 Відомості про ТОВ «Барлінек Інвест»

2.2 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

2.3 Розрахунок електричних навантажень підприємства

3. Вибір та розміщення живлення по напрузі 10 кВ на основі силових трансформаторних підстанцій

3.1 Вибір оптимальної напруги живлячої мережі

3.2 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

3.3 Вибір цехових ТП та їх розміщення

4. Розрахунок системи електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест»

4.1 Розрахунок електропостачання на напрузі 10 кВ

4.2 Вибір схеми електропостачання та основних елементів заводської розподільної мережі

4.3 Розрахунок аварійних режимів та перевірка вибраного обладнання

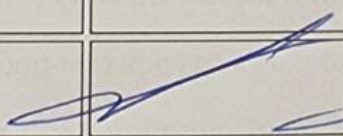
4.4 Номінальні параметри трансформаторів

4.5 Розрахункова схема заміщення для розрахунку струмів к.з.

- 5.1 Вибір та обґрунтування схеми електропостачання цеху
 5.2 Вибір електротехнічного обладнання цехової мережі
 5.3 Визначення струмів коротких замикань в мережах 0,4 кВ
 6. Проектування та впровадження СЕС в систему мереж ТОВ «Барлінек Інвест»
 6.1 Обґрунтування необхідності введення сонячної станції
 6.2 Вибір інверторів та їх характеристика
 6.3 Рекомендації щодо вибору сонячних панелей для ТОВ «Барлінек Інвест»
 7. Охорона праці
 7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання
 7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
 7.3 Пожежна безпека
 Висновки
 Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу.
 – Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
 – План цеху і силової мережі
 – Розрахунково-монтажна таблиця
 – Однолінійна схема електропостачання підприємства
 – Креслення по науковій частині

6. Консультанти розділів роботи

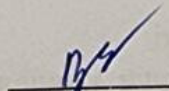
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання 28.05.2025 року.

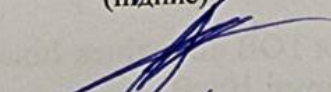
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	28.05	
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина роботи		

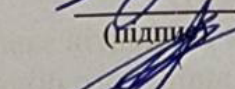
Студент


(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Тарнавський В. О.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ANNOTATION	5
ВСТУП	6
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.....	8
1.1 Мета і завдання роботи.....	9
2 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	10
2.1 Відомості про ТОВ «Барлінек Інвест».....	10
2.2 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі	11
2.3 Розрахунок електричних навантажень підприємства	15
3 ВИБІР ТА РОЗМІЩЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ 10 кВ НА ОСНОВІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ.....	19
3.1 Вибір оптимальної напруги живлячої мережі	19
3.2 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення	20
3.3 Вибір цехових ТП та їх розміщення	21
4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «БАРЛІНЕК ІНВЕСТ».....	26
4.1 Розрахунок електропостачання на напрузі 10 кВ	26
4.2 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів	29
5 СИСТЕМА ЦЕХОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	32
5.1 Вибір та обґрунтування схеми електропостачання цеху	32
5.2 Вибір електротехнічного обладнання цехової мережі	32
5.3 Визначення струмів коротких замикань в мережах 0,4 кВ	36
6 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СЕС В СИСТЕМУ МЕРЕЖ ТОВ «БАРЛІНЕК ІНВЕСТ».....	41
6.1 Обґрунтування необхідності введення сонячної станції.....	41
6.2 Вибір інверторів та їх характеристика.....	43
6.3 Рекомендації щодо вибору сонячних панелей для підприємства «БарлінекІнвест».....	44
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання.....	48
7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	52
7.3 Пожежна безпека.....	55
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ.....	63
Додаток А – Вихідні дані.....	64
Додаток Б – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи.....	66
Додаток В – Графічна частина.....	67

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Тарнавський Вадим Олександрович. Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Барлінек Інвест» місто Вінниця. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2025. 63с.

Наведено сучасну методику розрахунку системи електропостачання підприємства деревообробної галузі з урахуванням впровадження сонячної електростанції. Продемонстрована можливість розроблення сонячної електростанції для забезпечення живлення основних споживачів підприємства.

Розглянуто варіант монтажу сонячних панелей на дахах виробничих будівель, який забезпечує раціональне використання доступної площі підприємства та сприяє підвищенню рівня безпеки й зручності обслуговування встановленого обладнання.

Рисунків - 8

Таблиць - 17

Бібліографій - 36

ANNOTATION

Tarnavskiy Vadym Oleksandrovych. Development of the power supply system of the limited liability company Barlinek Invest", Vinnytsia city. 141 – Power Engineering, Electrical Engineering, and Electromechanics – Vinnytsia: VNTU, FEEE, Department of ESEEM, 2025. 63 p.

This work presents a modern methodology for calculating the power supply system of a woodworking enterprise, taking into account the implementation of a solar power plant. The feasibility of developing a solar power plant to supply power to the main consumers of the enterprise is demonstrated.

The installation option of solar panels on the roofs of industrial buildings is considered, which ensures the rational use of the available space of the enterprise and contributes to improving the safety and convenience of servicing the installed equipment.

Figures - 8

Tables - 17

Bibliographies - 36

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасних умовах розвитку промисловості важливим аспектом є забезпечення стабільного, економічного та екологічно безпечного електропостачання підприємств. Зростаючі витрати на енергоносії, а також необхідність зниження негативного впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище, сприяють впровадженню нових технологій, зокрема альтернативних джерел енергії. Одним із перспективних рішень є інтеграція сонячних електростанцій у систему електропостачання підприємств, що дозволяє знизити залежність від традиційних енергетичних ресурсів і зменшити витрати на електричну енергію.

Обраною темою бакалаврської роботи є розробка системи електропостачання для ТОВ «Барлінек Інвест», з урахуванням впровадження сонячної електростанції. Це підприємство, яке займається деревообробною промисловістю, є прикладом для аналізу та оптимізації енергоспоживання у виробничих умовах. Оскільки деревообробне виробництво характеризується високим рівнем енергоємності, пошук альтернативних та ефективних способів забезпечення електроенергією є надзвичайно важливим для зниження витрат і підвищення екологічної відповідальності.

Впровадження сонячної електростанції для забезпечення частини енергетичних потреб підприємства є не лише економічно вигідним, але й важливим кроком у напрямку сталого розвитку та зменшення вуглецевого сліду виробництва. У роботі розглядається можливість проектування та оптимізації такої системи, враховуючи специфіку виробничих процесів та наявність технічних можливостей для встановлення сонячних панелей на дахах виробничих приміщень.

Метою цієї роботи є розробка системи електропостачання для ТОВ «Барлінек Інвест», що забезпечить ефективне використання доступних джерел енергії, зокрема сонячної, та зменшить витрати на електричну енергію підприємства. Крім того, в роботі буде проаналізовано технічні та економічні

аспекти впровадження такої системи, що може бути корисним для інших підприємств деревообробної та інших галузей промисловості, що шукають шляхи для оптимізації енергоспоживання та зниження витрат на електроенергію.

Таким чином, актуальність даної теми полягає в необхідності пошуку нових, ефективних і сталих рішень для енергетичного забезпечення виробництва, що відповідають сучасним вимогам економії ресурсів і збереження навколишнього середовища.

Об’єкт та предмет досліджень. Система електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест» та впровадження новітніх досягнень у галузі проектування.

Наукова новизна. Суть полягає в розробці інтегрованої системи електропостачання для споживачів ТОВ «Барлінек Інвест», яка передбачає забезпечення енергоспоживання як від зовнішнього постачальника електроенергії «Вінницяобленерго», так і від власної сонячної електростанції, оснащеної сонячними панелями.

Практична цінність. Методи проектування системи електропостачання, запропоновані в бакалаврській кваліфікаційній роботі, можуть бути адаптовані та застосовані до інших підприємств деревообробної галузі та промислових виробництв загалом.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

Розробка енергоефективних та екологічно чистих систем електропостачання є однією з ключових пріоритетних задач сучасної промисловості, зокрема в умовах зменшення витрат на енергію та забезпечення сталого розвитку. Впровадження сонячних електростанцій в енергетичні системи підприємств дає змогу значно знизити залежність від традиційних джерел електроенергії, таких як викопні види палива, при цьому сприяючи збереженню екологічного балансу.

Для підприємств деревообробної галузі, зокрема ТОВ «Барлінек Інвест», оптимізація енергоспоживання є надзвичайно важливою через високу енергоємність виробничих процесів. Інтеграція відновлювальних джерел енергії, зокрема сонячної енергії, здатна значно знизити витрати на електричну енергію, підвищити енергетичну безпеку та сприяти виконанню міжнародних стандартів сталого розвитку.

Впровадження сонячної електростанції не лише зменшує витрати на електроенергію, але й допомагає знизити вуглецевий слід підприємства, що підвищує його екологічну відповідальність і конкурентоспроможність на ринку. З огляду на постійне зростання цін на енергоносії та збільшення попиту на «зелені» енергетичні рішення, розробка таких систем є стратегічно важливим і необхідним кроком.

Крім того, інтеграція сонячної енергії сприяє досягненню національних цілей України щодо зменшення викидів парникових газів та збільшення частки відновлювальних джерел енергії в загальній енергетичній структурі. Таким чином, актуальність даного дослідження полягає в необхідності впровадження сучасних технологій виробництва відновлювальної енергії, що забезпечить ефективну роботу ТОВ «Барлінек Інвест» та сприятиме виконанню глобальних цілей енергетичної трансформації.

1.1 Мета і завдання роботи

Мета дослідження. Розробити інноваційну систему електропостачання для підприємства та зменшити його енергоспоживання шляхом впровадження альтернативних джерел енергії.

Завдання дослідження. Головною метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є практичне поєднання сучасних методів проектування з впровадженням новітніх технологій у виробництві електричної енергії

2 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

2.1 Відомості про ТОВ «Барлінек Інвест»

ТОВ «Барлінек Інвест» було засноване як деревообробне підприємство в середині ХХ століття. Однак своє друге життя воно отримало на початку 2000-х років, коли було модернізовано та перепрофільовано на виробництво паркетної дошки. З того часу компанія поступово здобула лідерські позиції у виробництві дерев'яних підлогових покриттів на міжнародному ринку.

Основним продуктом підприємства є спеціальні фризи, які підлягають подальшій обробці для виготовлення паркетної дошки. Сьогодні ТОВ «Барлінек Інвест» працює в дві зміни протягом одинадцяти місяців на рік, а дванадцятий місяць використовується для проведення планових ремонтів та відновлення робочої сили.

На виробництві застосовуються сучасні підйомно-транспортні механізми, що полегшують умови праці та сприяють досягненню високої якості продукції. Автоматизовані системи використовуються навіть для складання дошки, за допомогою спеціальних каскадних пристроїв. Виготовлення дошки починається з кругляка, який доставляється до цеху за допомогою повздовжніх транспортерів. Розпилювання кругляка здійснюється на стрічкових блокових пилках, після чого дошка проходить подальшу обробку за допомогою різних пилок (повздовжніх, поперечних, стрічкових і блокових), з'єднаних між собою системою транспортерів.

Дошки обробляються на спеціальних оптимізаторах, після чого потрапляють на сортувальний транспортер, де їх сортують за розмірами та якістю, після чого укладають у палети, закріплюючи їх спеціальною РЕТ-стрічкою для зручності транспортування. Відходи виробництва збираються на загальний транспортер, де пневматична система відокремлює тирсу і направляє її до окремого збору.

Паркетна дошка, виготовлена ТОВ «Барлінек Інвест», повинна монтуватися на рівну та міцну основу. Важливо, щоб вологість основи не перевищувала 2% для бетонної і 8% для дерев'яної поверхні. Перед монтажем дошка повинна зберігатися в приміщенні не менше 48 годин у розпакованому вигляді. Компанія розробила спеціальні інструкції для монтажу, що включають рекомендації щодо необхідних інструментів та матеріалів, зокрема підкладок з натуральних матеріалів.

Завдяки своїй високій якості та здатності створювати унікальний візерунок підлоги, продукція ТОВ «Барлінек Інвест» користується великим попитом на ринку протягом останніх десятиліть.

2.2 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

Сумарне навантаження будь-якого елементу електроустановки, зокрема лінії, трансформатора або генератора, зазвичай не дорівнює простій сумі номінальних потужностей усіх підключених до нього електроприймачів і змінюється з часом. Це пояснюється тим, що навантаження більшості споживачів є змінним і залежить від режимів їх роботи та ступеня збігу у часі ввімкнення окремих електроприймачів. Ідеальним підходом для розрахунку електричних навантажень було б використання реальних графіків навантаження, що враховують технологічні особливості виробництва. Однак така інформація часто відсутня під час етапу проектування, особливо коли мова йде про нові або нестандартні об'єкти споживання.

З огляду на це, у практичних розрахунках доцільно застосовувати спрощені універсальні методи, що базуються на введенні відповідних коефіцієнтів, які відображають характер змін електричного навантаження різних споживачів. Одним із таких ефективних підходів є метод впорядкованих діаграм, запропонований Каяловим Г.М., який було застосовано і в межах даної кваліфікаційної роботи.

Для реалізації цього методу необхідно попередньо визначити конфігурацію системи живлення для споживачів, розташованих у межах проєктованого об'єкта. У межах бакалаврської роботи були виконані розрахунки навантаження електроспоживачів котельні ТОВ «Барлінек Інвест». Як основу схеми живлення прийнято радіальне підключення, що забезпечує достатню надійність електропостачання. Враховуючи планувальні особливості котельні та розташування споживачів, для забезпечення живлення передбачено встановлення двох розподільчих пунктів, як показано на рисунку (рис.2.1).

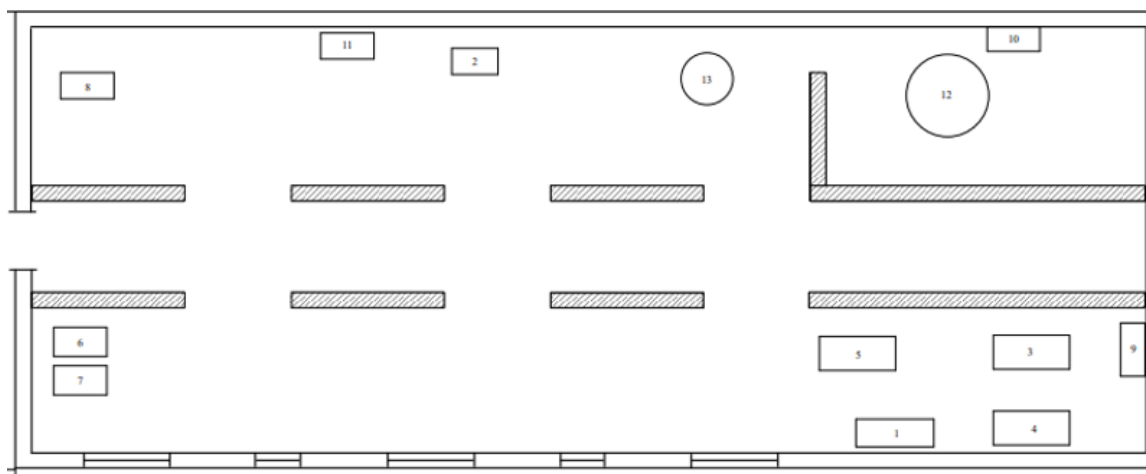


Рисунок 2.1 – План розподільчої мережі столярного цеху

Відповідно до методики впорядкованих діаграм, розрахунок електричних навантажень виконується за певним алгоритмом. Зокрема, для окремих електроприймачів або живильних ліній величина розрахункового навантаження приймається рівною їх номінальній потужності

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

де P_n - паспортна величина, що характеризує номінальну активну потужність споживача, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi_n$ - коефіцієнт реактивної потужності (паспортне значення).

У випадку, коли немає доступу до паспортних характеристик електроприймачів, значення коефіцієнта потужності можна прийняти в межах 0,75–0,87.

Розрахунок навантаження групи споживачів, підключених до розподільчих пристроїв з напругою до 1 кВ, здійснюється за відповідними формулами:

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

$$Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e \leq 10, \\ \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (2.2)$$

де K_p - коефіцієнт розрахункового максимуму активної потужності, визначається з [1].

n_e - ефективне число електроприймачів;

$\operatorname{tg} \varphi_c$ - усереднені значення $\operatorname{tg} \varphi$ для даного типу електроприймачів.

Середні значення активних та реактивних потужностей:

$$P_c = K_B \cdot P_H; \quad Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (2.3)$$

Значення групових K_B та n_e можна знайти з виразів:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} \quad (2.4)$$

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

Отримане значення слід округлити до найближчого меншого цілого числа. Згідно з джерелом [1], коефіцієнт максимуму визначається на основі коефіцієнтів використання (K_v) та попиту.

Після цього розраховується повна потужність навантаження, яка враховується у подальших електротехнічних розрахунках:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ; \quad (2.5)$$

Розрахунковий струм, що відповідає S_p при номінальній напрузі U_H :

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}. \quad (2.6)$$

Для прикладу розглянемо процес обчислення розрахункового навантаження для розподільчого пункту №1

$$P_p = K_p \cdot P_c = 1,156 \cdot 29,14 = 33,69 \text{ (кВт)},$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_c = 1,1 \cdot 22,92 = 25,21 \text{ (квар)}.$$

$$K_B = \frac{\sum n \cdot P_H \cdot k_B}{\sum n \cdot P_H} = \frac{29,14}{52,5} = 0,56$$

$$n_e = \frac{\left(\sum n \cdot P_{hi}\right)^2}{\sum n \cdot P_{hi}^2} = \frac{2756,25}{691,25} = 4 \text{ (шт)}$$

Із [1] визначаємо $K_p = 1,109$, звідси:

$$P_p = K_p \cdot P_c = 1,109 \cdot 46,38 = 51,44 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_c = 1,1 \cdot 39,61 = 43,58 \text{ (квар)};$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{51,44^2 + 43,58^2} = 67,41 \text{ (кВА)};$$

$$I_p = \frac{67,41 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 102,41 \text{ (А)}.$$

Результати розрахунку електричних навантажень столярного цеху наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень столярного цеху

Таблиця 1.1 – Розрахунок навантаження столярного цеху

Найменування ЕП	п, шт	P _н , кВт	п · P _н , кВт	K _в	cos φ	tg φ	P _с , кВт	Q _с , квар	п · P _н ²	n _е	K _р	P _р , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВА	I _р , А
РП1															
Станок ударний (2)	1	2	2	0,2	0,7	1,02	0,4	0,41	4						4,93
Станок круто пильний (5)	1	4	4	0,45	0,6	1,33	1,8	2,39	16						12,20
Станок свердильний (6)	1	1,5	1,5	0,2	0,7	1,02	0,3	0,31	2,25						4,07
Станок шліфувальний (8)	1	4	4	0,45	0,6	1,33	1,8	2,39	16						11,25
Витяжка (10)	1	22	22	0,57	0,76	0,86	12,54	10,78	484						47,81
Станок вертикальний (11)	1	4	4	0,3	0,8	0,75	1,2	0,90	16						8,73
Сушильна камера (12)	1	12	12	0,8	0,9	0,48	9,6	4,61	144						22,26
Компресор фарбувальний (13)	1	3	3	0,5	0,8	0,75	1,5	1,13	9						6,26
всього РП-1	8		52,5	0,56			29,14	22,92	691,25	4	1,156	33,69	25,21	42,08	63,93
РП2															
Станок фугувальний (1)	1	4	4	0,2	0,7	1,02	0,8	0,82	16						9,65
Станок круто пильний (3,4)	2	4	8	0,45	0,6	1,33	3,6	4,79	32						12,20
Станок свердильний (7)	1	1,5	1,5	0,2	0,7	1,02	0,3	0,31	2,25						4,07
Витяжка (9)	1	22	22	0,57	0,76	0,86	12,54	10,78	484						47,81
всього РП-2	5		35,5	0,49			17,24	16,69	534,25	2	1,638	28,24	18,36	33,68	51,18
Всього навантаження цеху	13		88	0,53			46,38	39,61	1225,5	6	1,109	51,44	43,58	67,41	102,42

2.3 Розрахунок електричних навантажень підприємства

У попередньому розділі були встановлені розрахункові електричні навантаження для котельного підрозділу ТОВ «Барлінек Інвест». Наступним кроком є визначення навантажень для інших виробничих цехів підприємства.

Щоб уникнути складності, пов'язаної з використанням методу впорядкованих діаграм, допускається застосування спрощеного підходу — методу коефіцієнта попиту.

В межах цього методу активну та реактивну потужність устаткування, яке умовно розташоване в окремих цехах, можна визначити за відповідною формулою:

$$P_c = K_{\Pi} \cdot P_n, \quad Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.6)$$

Проте для більш точного визначення розрахункової потужності при застосуванні такого методу доцільно також враховувати потужність освітлення кожного з цехів. Оцінити її можна орієнтовно, використовуючи показник питомої потужності освітлення на один квадратний метр відповідної виробничої площі:

$$P_o = P_{\text{пит.о}} \cdot K_{\text{по}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot F, \quad (2.7)$$

$$Q_o = P_o \cdot \operatorname{tg} \varphi_o, \quad (2.8)$$

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

$K_{\text{по}}$ - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження, визначається в залежності від типу приміщення;

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

F - площа виробничого приміщення, м^2 .

$$K_{\text{по}} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення;} \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення;} \\ 0,6 - \text{склади, підстанції;} \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення.} \end{cases} ; \quad (2.9)$$

$$K_{\text{ПРА}} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ}; \\ 1,2 - \text{люмінесцентні} - \text{стартерні}; \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні} - \text{безстартерні}. \end{cases} \quad (2.10)$$

Таким чином, загальне електричне навантаження кожного окремого цеху визначається як сума усіх розрахункових компонент, згаданих раніше.

$$P_p = P_c + P_o, \quad Q_p = Q_c + Q_o, \quad (2.11)$$

На підставі отриманих розрахунків можливо визначити найбільше розрахункове навантаження для ТОВ «Барлінек Інвест»

$$P_{p\Sigma} = K_o \left(\sum_{i=1}^N P_{pi} + P_{pi\zeta} + P_{p3} \right) + P_{o\Sigma}, \quad Q_{p\Sigma} = K_o \left(\sum_{i=1}^N Q_{pi} + Q_{pi\zeta} + Q_{p3} \right), \quad (2.12)$$

де P_{pi} , Q_{pi} - розрахункові максимальні навантаження цехів, кВт, квар;

N - кількість цехів;

$P_{pi\zeta}$, $Q_{pi\zeta}$ - теж саме, але тільки для споживачів, які приєднанні до високовольтних розподільчих пристроїв, кВт, квар;

$P_{p\Sigma}$, $Q_{p\Sigma}$ - теж саме, тільки для споживачів (підстанцій) приєднаних безпосередньо до ГПП, кВт, квар.

K_o - коефіцієнт одночасності максимумів навантаження [1];

З [1] коефіцієнт одночасності навантаження дорівнює 0,85.

Сумарне навантаження ТОВ «Барлінек Інвест»:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} \quad (\text{кВА}), \quad (2.13)$$

Використовуючи дані формули здійснюємо розрахунок навантажень підприємств за допомогою Microsoft Office Excel, а результати зводимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок заводської мережі

№ п/п	Споживачі	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження						Всього			
		Рп кВт	Кп	cos(f)	tg(f)	Рмс	Qмс квар	Рм2	Рпит	Рис	Кпо	Кпра	Рмо	Qмо квар	Рп кВт	Qм квар	с кВА
1	Головний виробничий корпус	650	0,85	0,60	1,17	552,50	646,43	6232	0,017	105,9 4	0,80	1,20	101,71	48,82	626,58	662,92	912,18
2	Блок 4-ми сушильних камер №1	300	0,80	0,64	0,75	240,00	180,00	492	0,015	7,38	0,85	1,20	7,53	3,61	235,53	174,61	293,19
3	Блок 4-ми сушильних камер №2	300	0,80	0,64	0,88	240,00	211,20	492	0,015	7,38	0,85	1,20	7,53	3,61	235,53	204,25	311,76
4	Блок 4-ми сушильних камер №3	300	0,80	0,64	0,75	240,00	180,00	492	0,015	7,38	0,85	1,20	7,53	3,61	235,53	174,61	293,19
5	Блок 4-ми сушильних камер №4	300	0,80	0,64	0,75	240,00	180,00	492	0,015	7,38	0,85	1,20	7,53	3,61	235,53	174,61	293,19
6	Склад проміаного зберігання №1	80	0,35	0,75	0,88	28,00	24,64	1512	0,012	18,14	0,60	1,10	11,98	5,75	38,58	29,16	48,35
7	Склад проміаного зберігання №2	80	0,35	0,75	0,88	28,00	24,64	1722	0,012	20,66	0,60	1,20	14,88	7,14	41,48	30,55	51,51
8	Адміністративний корпус	25	0,35	0,75	0,88	4,75	7,70	1029	0,012	12,35	0,60	1,10	8,15	3,91	16,46	11,23	19,93
9	Млин	50	0,50	0,75	0,88	25,00	22,00	156	0,020	3,12	0,60	1,10	2,06	0,99	25,81	21,89	33,84
10	Склад палива для котельні	80	0,40	0,75	0,88	32,00	28,16	403	0,012	4,84	0,60	1,10	3,19	1,53	33,59	28,28	43,91
11	Котельня	580	0,56	0,70	1,30	324,80	422,24	434	0,012	5,21	0,85	1,10	4,87	2,34	313,43	403,47	510,90
12	Розплючний цех	360	0,85	0,75	1,30	306,00	397,80	840	0,017	14,28	0,85	1,20	14,57	6,99	305,27	384,90	491,26
13	Деревообробний цех	650	0,85	0,60	0,88	552,50	486,20	400	0,017	6,80	0,85	1,20	6,94	3,33	531,81	465,22	706,58
14	Столярний цех					0,00	0,00	400	0,017	6,80	0,60	1,10	4,49	2,15	4,49	2,15	4,98
	Всього по підприємству					2817	2811,0	15096					202,9	97,41	2879	2767	399

3 ВИБІР ТА РОЗМІЩЕННЯ ЖИВЛЕННЯ ПО НАПРУЗІ 10 КВ НА ОСНОВІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ.

3.1 Вибір оптимальної напруги живлячої мережі

Одним із ключових етапів при проєктуванні системи електропостачання промислового підприємства є вибір раціонального рівня номінальної напруги, якою буде забезпечено живлення основних споживачів.

Це завдання розглядається як техніко-економічна задача оптимізації, що передбачає аналіз декількох можливих варіантів рівнів напруги живильної мережі та порівняння їх на основі технічних і економічних показників. У рамках етапу попереднього проєктування для наближеного визначення доцільної напруги живлення може бути використане емпіричне співвідношення, відоме як формула Стілла:

$$U_{\pi} = 1000 / \sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_p}} \text{ (кВ)}; \quad (3.1)$$

де P_p – розрахункова активна потужність підприємства;

L – довжина живлячої лінії, км

N – кількість ЛЕП, шт.

Підставивши відповідні розрахункові дані у формулу (3.1), отримуємо орієнтовне значення напруги, яке є доцільним для організації живлення електроспоживачів підприємства.

$$U_{\pi} = 1000 / \sqrt{\frac{500}{0,5} + \frac{2500}{1743,1}} = 31,6 \text{ (кВ)}; \quad (3.2)$$

На підставі значень напруг, що реалізуються на районній підстанції, а також з урахуванням попередньо визначеної оптимальної (нестандартної) величини напруги, для подальшого техніко-економічного аналізу обираються два варіанти

схеми зовнішнього електропостачання — із застосуванням типових рівнів напруги 10 кВ та 35 кВ.

3.2 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

Для здійснення техніко-економічного аналізу необхідно обчислити загальні капітальні витрати на реалізацію обох варіантів системи електропостачання — з нижчим та вищим рівнем номінальної напруги. Порівняння базується на оцінці вартості основних елементів системи: кабельних ліній, трансформаторного обладнання, щорічних експлуатаційних витрат і амортизаційних нарахувань.

Результати обчислень капітальних вкладень для обох варіантів подано у таблиці 3.1, що дозволяє провести обґрунтоване порівняння та вибір найбільш економічно доцільного рішення.

Таблиця 3.1 – Результати обчислень капітальних вкладень

Перелік елементів схем	Вартість одиниці, млн.грн/км	Варіант 1		Варіант 2	
		Кількість	Вартість млн.грн/км	Кількість	Вартість млн.грн/км
Лінії передачі, км					
35 кВ, кабельна	2,9	0,5	1,75		0
10 кВ, кабельна	1,7		0	0,5	0,9
Всього по лініях			1,73		0,9
Підстанції					
Спорудження ПС 35 кВ 2х2500 МВ*А	6,0	1	6,1		
Розширення РП-10 кВ	0,9		0	4	3,0
Спорудження РП-10 кВ	0,7		0	14	10,1
Всього ПС			5,9		12,8
Всього			17.52		14,44

Таблиця 3.2 – Результати обчислень витрат

Перелік поточних витрат
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, в тому числі
КЛ - 10кВ, 2,3% від К
КЛ 35кВ, 2,3% від К
ПС 10 кВ, 4,3% від К
ПС 35 кВ, 4,3% від К
Всього щорічні витрати на обслуговування, Во
Амортизація, в тому числі:
КЛ - 10кВ, 4% від К
КЛ 35кВ, 4% від К
ПС 10 кВ, 3,6% від К
ПС 35 кВ, 3,6% від К
Всього щорічні витрати на амортизацію, Ва
Втрати максимальної потужності, кВт
Вартість втрат електроенергії
Всього щорічні витрати, В

Після розрахунку всіх компонентів згідно з таблицею 3.2 та з урахуванням інформації, наведеної в таблиці 3.1, визначаємо річні витрати для обох варіантів.

$$З_1 = 0,1 \cdot K_1 + B_1 = 23,542 \quad (\text{млн.грн.}); \quad (3.3)$$

$$З_2 = 0,1 \cdot K_2 + B_2 = 15,411 \quad (\text{млн.грн.}); \quad (3.4)$$

Аналізуючи результати порівняння (3.3–3.4), можна зробити висновок, що більш економічно доцільним є варіант із використанням напруги 10 кВ. У такому випадку строк окупності інвестицій становитиме 10,32 року.

3.3 Вибір цехових ТП та їх розміщення

З метою забезпечення стабільного та безперебійного електропостачання споживачів підприємства необхідно виконати ряд технічних розрахунків, що включають визначення кількості та потужності трансформаторних підстанцій,

вибір схеми електропостачальної системи, а також підбір відповідного електротехнічного обладнання.

На початковому етапі, спираючись на результати, наведені у таблиці 2.2, розраховуємо загальну повну потужність ТОВ «Барлінек Інвест» на стороні 0,4 кВ. Для цього буде застосовано наступну методику:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{14} P_{Mi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{14} Q_{Mi}\right)^2} = \sqrt{2876^2 + 2767^2} = 3994 \text{ (кВА)}. \quad (3.5)$$

Щоб перейти до етапу визначення та обґрунтування номінальної потужності трансформаторів трансформаторної підстанції (ТП), скористаємося наступною послідовністю дій.

На першому кроці обчислимо загальну площу всіх виробничих приміщень підприємства:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{14} F_i = 15096 \text{ (м}^2\text{)}. \quad (3.6)$$

Визначимо питоме навантаження на 1 м² площі:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{1794}{26748} = 0,13 \text{ (кВА/м}^2\text{)}; \quad (3.7)$$

При даній густині навантаження потрібно встановлювати трансформатори потужністю 1000 кВА.

Спираючись на це рішення, переходимо до визначення необхідної кількості двотрансформаторних підстанцій:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{3994}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 2,34 \div 2,49 \text{ шт.} \quad (3.8)$$

де k_3 - коефіцієнт завантаження трансформаторів двотрансформаторної підстанції.

Рішення про встановлення двотрансформаторних підстанцій прийнято з огляду на те, що більшість споживачів ТОВ «Барлінек Інвест» відноситься до II категорії надійності електропостачання, що також відповідає рекомендаціям, викладеним у ПУЕ [3].

Оскільки кількість цехів на підприємстві значно перевищує кількість трансформаторних підстанцій, проведемо їх групування відповідно до існуючих ТП. Результати такого розподілу наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розподіл трансформаторних підстанцій по цехах

Номер цеху	$S_p =$, кВА	$S_{\text{ном.т}} = 1000$ кВА	
		N, шт	K_3
1, 2, 5	1493	2	0,74
3, 4, 6, 7, 8, 9	1241	2	0,62
10, 11, 12, 13, 14	1260	2	0,63

Аналізуючи дані таблиці 3.3, можна дійти висновку, що електропостачання споживачів підприємства доцільно організувати від двох двотрансформаторних підстанцій з трансформаторами потужністю 630 кВА. Номінальні характеристики цих трансформаторів наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Номінальні характеристики трансформаторів

Тип	S_n , кВА	$U_{\text{вн}}$, кВ	$U_{\text{нн}}$, кВ	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	I_{xx} , %	$U_{\text{к}}$, %
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	2,1	10,5	1,4	6

Оскільки електропостачання споживачів ТОВ «Барлінек Інвест» здійснюється через дві двотрансформаторні підстанції, потрібно визначити оптимальні місця їх розташування. Для цього застосуємо такі формули:

$$X_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}, \quad Y_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}; \quad (3.9)$$

Таблиця 3.5 – Координати розміщення цехів та ТП

№ п/п	Споживачі	Координати цехів		Рм кВт	Рмо кВт	альфа	R, м
		X	Y				
1	Головний виробничий корпус	131	151	626,5812	101,7062	58,43	31,59
2	Блок 8-ми сушильних камер №1	191	165	235,5276	7,5276	11,51	19,37
3	Блок 8-ми сушильних камер №2	206	158	235,5276	7,5276	11,51	19,37
4	Блок 8-ми сушильних камер №3	221	151	235,5276	7,5276	11,51	19,37
5	Блок 8-ми сушильних камер №4	148	88	235,5276	7,5276	11,51	19,37
6	Склад проміжного зберігання №1	173	76	38,57504	11,97504	111,76	7,84
7	Склад проміжного зберігання №2	248	136	41,47808	14,87808	129,13	8,13
8	Адміністративний корпус	269	73	16,46218	8,14968	178,22	5,12
9	Млин	296	126	25,8092	2,0592	28,72	6,41
10	Склад палива для котельні	261	232	33,59176	3,19176	34,21	7,31
11	Котельня	242	242	313,4295	4,86948	5,59	22,34
12	Розпилочний цех	193	261	305,2656	14,5656	17,18	22,05
13	Деревообробний цех	340	238	531,811	6,936	4,70	29,10
14	Столярний цех	368	218	120,388	4,488	13,42	13,85

Для оптимального розміщення ЦРП визначимо координати центру навантажень за формулами:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^{16} P_{\text{Mi}} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^{16} P_{\text{Mi}}}, \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{16} P_{\text{Mi}} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{28} P_{\text{Mi}}}; \quad (2.10)$$

$$\text{Дані } \sum_{i=1}^{16} P_{Mi} = 2995 \text{ кВт}, \sum_{i=1}^{16} P_{Mi} \cdot X_i = 660176 \text{ кВт м}, \sum_{i=1}^{16} P_{Mi} \cdot Y_i = 556139 \text{ кВт м},$$

беремо із таблиці 3.3 даного курсового проекту.

$$X_0 = \frac{660176}{2995} = 220 \text{ (м)};$$

$$Y_0 = \frac{556139}{2995} = 185 \text{ (м)};$$

Приймаємо такі оптимальні координати ЦЕН: $X = 220 \text{ (м)}$; $Y = 195 \text{ (м)}$.

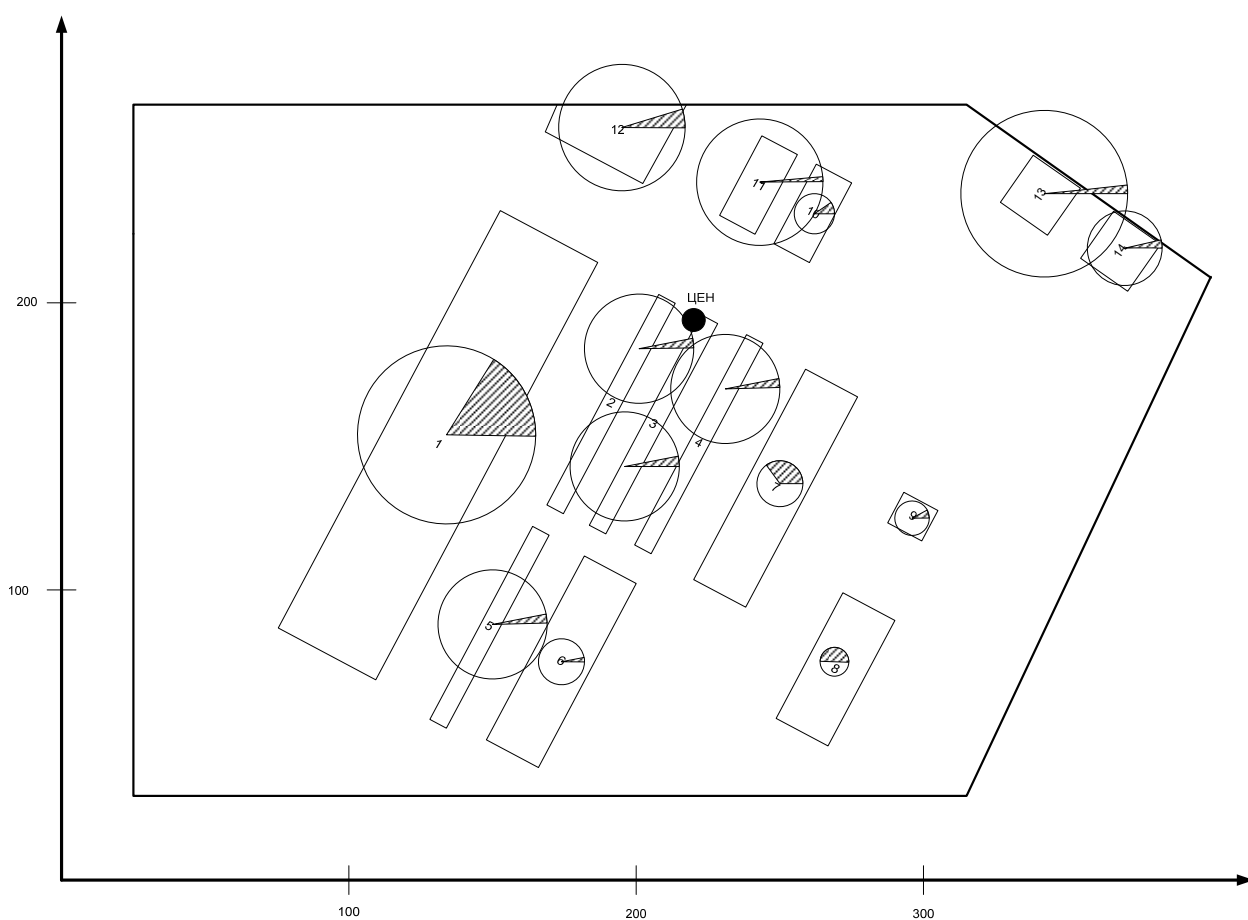


Рисунок 3.1 – Генплан ТОВ «Барлінек Інвест» з картограмою навантажень

4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «БАРЛІНЕК ІНВЕСТ»

4.1 Розрахунок електропостачання на напрузі 10 кВ

Підприємство живиться від ПС системи кабельними лініями напругою 10 кВ довжиною 1,5 км. Розроблена система електропостачання передбачає спорудження на території підприємства ЦРП та трьох цехових трансформаторних підстанцій 2хТМ 1000/10.

Живлення підприємства виконується кабельною лінією з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвПу [3]. Вибір кабелю виконаємо за допустимим струмом [3].

Згідно з інструкцією ПУЕ 2014 вибір перерізу кабелів за допустимим струмом здійснюється за способом прокладання.

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \quad (4.1)$$

Розраховуємо струм для нормального і після аварійного режимів для живлячої ліній підприємства напругою 10 кВ:

де $I_{\text{доп}}$ - допустимий струм кабелю.

Розраховуємо струм для нормального і після аварійного режимів для живлячої ліній підприємства напругою 10 кВ:

$$I_{\text{ж}} = \frac{S_{\text{РΣ}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}} = \frac{4127}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 119 \quad (4.2)$$

$$I_{\text{ж}}^{\text{а}} = \frac{S_{\text{РΣ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{4127}{\sqrt{3} \cdot 10} = 238 \quad (4.3)$$

Живлячу лінію виконуємо трижильним кабелем з ізоляцією із зшитого поліетилену з алюмінієвими жилами типу АПвПу перерізом 3х70 мм² із значенням допустимого струму $I_{\text{доп}}=293$ А. Кабель прокладено у трубі, прокладений у землі.

$$238 \text{ (A)} \leq 293 \text{ (A)} \quad (4.4)$$

Високовольтні вимикачі вибираємо за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням після аварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном. мережі}}, \quad (4.5)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{ж}}^{\text{a}}. \quad (4.6)$$

Для установки на стороні 35 кВ вибрано елегазеві вимикачі бренду ETIMAT EB2 800/3LF 630A. Номінальний струм вимикачів $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ A}$ для всіх приєднань. Власний час відключення вимикача 0,07 с. Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі CNC BB/N10S 630A. Номінальний струм вимикачів $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ A}$ для всіх приєднань.

Таблиця 4.1 - Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Ділянка	I _ж , А	I _{жа} , А	Вимикач	I _{н.в} , А	Лінія Живлення		I _{доп} , А
					Тип	Переріз	
ДЖ-ЦРП	119	238	CNC BB/N10S 630A	630	АПвПу-10	3х70	293
ЦРП-ТП1	43	86	CNC BB/N10S 630A	630	АПвПу-10	3х35	172
ЦРП-ТП2	36	72	CNC BB/N10S 630A	630	АПвПу -10	3х35	172
ЦРП-ТП2	40	80	CNC BB/N10S 630A	630	АПвПу -10	3х35	172

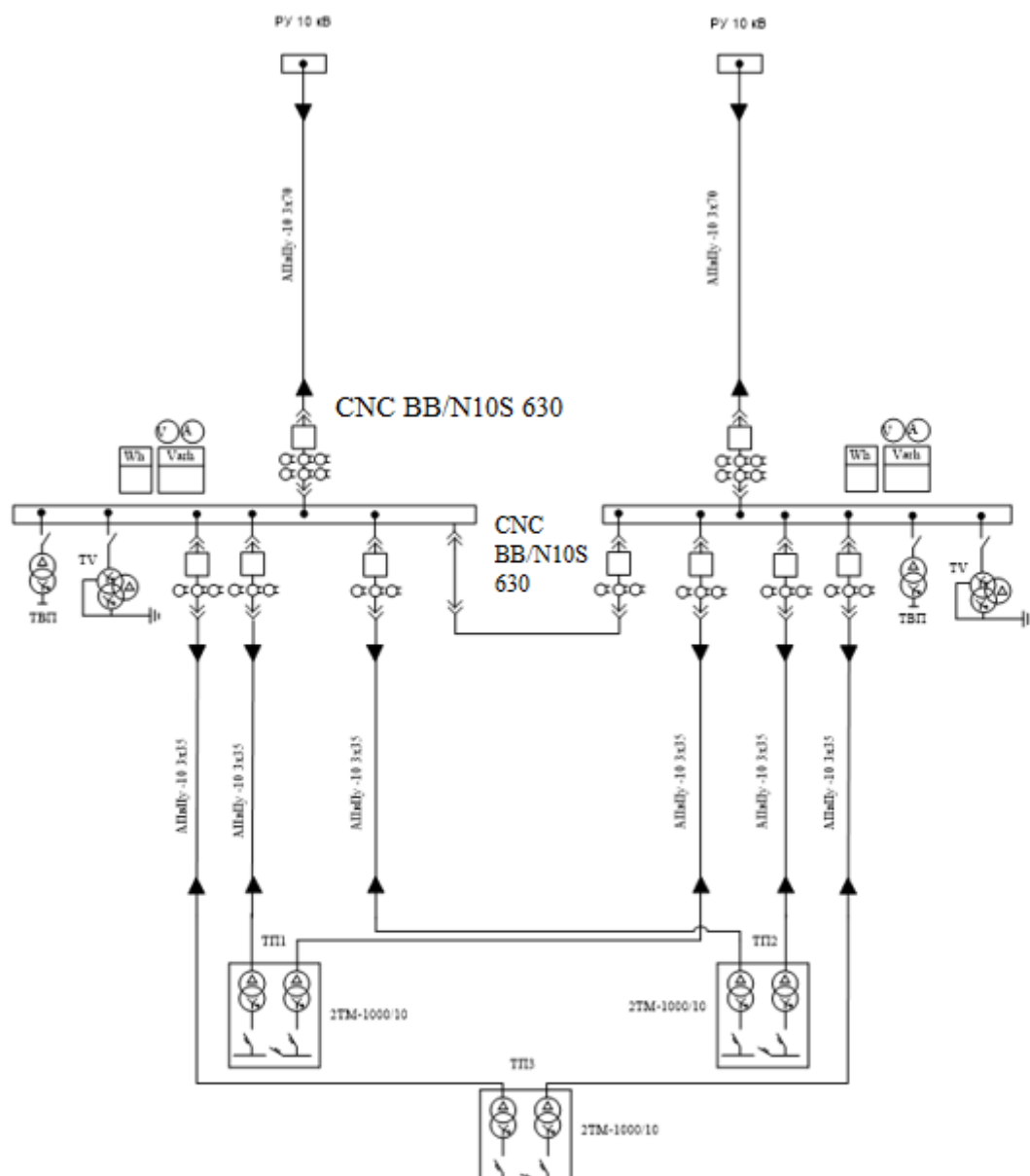


Рисунок 4.1 - Однолінійна схема електропостачання підприємства

4.2 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів

З метою перевірки вибраних вимикачів і кабелів проводимо розрахунок струмів короткого замикання.

Розрахунок струму короткого замикання здійснюємо згідно чинного державного стандарту ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008. За допомогою даного стандарту знаходимо струми трифазних КЗ в системі середніх напруг із величинами у відносних одиницях [1].

Розрахуємо струми КЗ на шинах РУ 10 кВ для перевірки живлячої кабельної лінії. Схема заміщення зображена на рисунку 4.2.

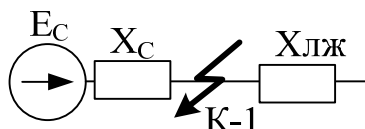


Рисунок 4.2 - Розрахункова схема і схема заміщення

Розраховуємо значення струмів у точці К-1:

$$I_R = \frac{S_R}{\sqrt{3} \cdot U_R} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 16,5 \text{ (кА)}, \quad (4.8)$$

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов:

Для системи:

$$X_C = \frac{S_R}{S_K} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ (в.о.)}, \quad (4.9)$$

Результуючий опір рівний:

$$X_{\Sigma} = X_C = 5 \text{ (в.о.)}, \quad (4.10)$$

Визначаємо періодичну складову струму трифазного КЗ в початковий момент часу:

$$I_{\text{ПО}} = \frac{E_C''}{X_{\Sigma}} \cdot I_R = \frac{1}{5} \cdot 16,5 = 3,3 \text{ (кА)}, \quad (4.11)$$

Періодична складова струму від енергосистеми не змінюється:

$$I_{\text{Пт.С}} = I_{\text{ПО}} = 3,3 \text{ (кА)}, \quad (4.12)$$

Для визначення аперіодичної складової струму КЗ та теплового імпульсу B_K , розрахуємо відносні активні опори елементів:

$$R_e \approx 0,1 \cdot X_C = 0,1 \cdot 5 = 0,5, \quad (4.13)$$

$$R_\Sigma = R_e = 0,5, \quad (4.14)$$

Визначаємо постійну часу затухання аперіодичної складової струму:

$$T_{ac} = \frac{X_\Sigma}{\omega \cdot R_\Sigma} = \frac{X_\Sigma}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_\Sigma} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032 \text{ (с)}, \quad (4.15)$$

Розрахунковий час початку розмикання контактів вимикача:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{в.в.} = 0,01 + 0,055 = 0,065 \text{ (с)}, \quad (4.16)$$

де $t_{pz.min}$ - мінімальний час спрацювання реле захисту;

$t_{в.в.}$ - власний час відключення вимикача (до моменту розходження головних контактів).

Аперіодична складова струму КЗ при $t = \tau = 0,065$ с:

$$i_{ат.С} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}} = \sqrt{2} \cdot 3,3 \cdot e^{\frac{-0,065}{0,032}} = 0,612 \text{ (кА)}, \quad (4.17)$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{уд.С} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot \left(1 + e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 3,3 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,065}{0,032}} \right) = 5,279 \text{ (кА)}, \quad (4.18)$$

Час відключення КЗ:

$$t_{від} = t_{pz} + t_{нВ} = 0,05 + 0,01 = 0,06 \text{ (с)}, \quad (4.19)$$

Тепловий імпульс:

$$B_K = I_{ПО}^2 \cdot (t_{від} + T_{ac}) = 3,3^2 \cdot (0,06 + 0,032) = 6,9 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}. \quad (4.20)$$

Розраховуємо значення струмів у точці К-2:

$$I_R = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ (кА)},$$

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов:

Для трансформатора:

$$X_T = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{S_R}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{1000}{4} = 18,75 \text{ (в.о.)}, \quad (4.21)$$

Результуючий опір рівний:

$$X_\Sigma = X_C + X_T = 5 + 18,75 = 23,75 \text{ (в.о.)},$$

$$I_{\text{ПО}} = \frac{1}{23,75} \cdot 57,7 = 2,43 \text{ (кА)},$$

$$I_{\text{Пт.С}} = I_{\text{ПО}} = 2,43 \text{ (кА)},$$

$$T_{\text{ac}} = \frac{23,75}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,15 \text{ (с)},$$

$$\tau = t_{\text{пз.мин}} + t_{\text{в.в.}} = 0,01 + 0,07 = 0,08 \text{ (с)},$$

$$i_{\text{ат.С}} = \sqrt{2} \cdot 2,43 \cdot e^{\frac{-0,08}{0,15}} = 2,02 \text{ (кА)},$$

$$i_{\text{уд.С}} = \sqrt{2} \cdot 2,43 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,08}{0,15}} \right) = 5,45 \text{ (кА)},$$

$$t_{\text{від}} = t_{\text{пз}} + t_{\text{нВ}} = 0,05 + 0,01 = 0,06 \text{ (с)},$$

$$B_K = 2,43^2 \cdot (0,06 + 0,15) = 4,4 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

Відповідно до ГОСТ 687 - 78 високовольтні вимикачі повинні бути перевірені на комутаційну здатність, на динамічну стійкість, а також на термічну стійкість до дії струмів КЗ.

5 СИСТЕМА ЦЕХОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

5.1 Вибір та обґрунтування плану електропостачання цеху

На підставі аналізу розташування електрообладнання та кількості споживачів в межах цеху можна дійти висновку, що доцільно використати радіальну схему електропостачання. Такий спосіб забезпечує високу надійність і безперервність функціонування цехового устаткування.

На рисунку 2.1 зображено цю схему: розподільчі пристрої №1 та №2 одержують живлення від трансформаторної підстанції ТП2 через кабелі марки АВВГ.

Живлення окремих електроприймачів цеху здійснюється через кабельні лінії тієї ж марки, які будуть прокладатися в кабельних каналах

5.2 Вибір електротехнічного обладнання цехової мережі

Захист цехової мережі виконано напівпровідниковими та електромагнітними реле автоматичних вимикачів типу ETI Break. Згідно з ПУЕ [3] апарати захисту за своєю вимикаючою здатністю мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки, електричної мережі, що захищається. Номінальні струми розчеплювачів автоматичних вимикачів слід обирати за розрахунковими струмами ділянок мережі чи за номінальними струмами електроприймачів. При цьому апарати захисту не повинні вимикати електроустановки при короткочасних перевантаженнях.

Оскільки в цеховій мережі присутні ЕП в яких за режимом роботи можуть виникати тривалі перевантаження, то здійснимо перевірку захисту провідників від к.з. та перевантажень.

У мережах що захищаються від перевантажень [1], провідники слід обирати за розрахунковим струмом, при цьому має бути забезпечено умову, щоб по

відношенню до тривало допустимих струмових навантажень, апарати захисту мали відповідну кратність.

Відповідно вимог ПУЕ вибираємо слідувачі способи прокладки ліній:

від ТПЗ до РП1, РП2 прокладка кабелю з алюмінієвими жилами марки АВВГ в полівінілхлоридній оболонці в траншеї;

від РП1 до електроприймачів та РП2 до електроприймачів прокладка алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в кабельних каналах.

Допустимість роботи автоматичних вимикачів та провідників цехової мережі перевіряють за наступними умовами:

$$\begin{cases} I_{н.р.} \geq K_{відс} \cdot I_p \\ I_{с.в.} \geq K_n \cdot I_{п} \\ I_{доп} \geq I_p \\ K_p \cdot I_{доп} \geq I_{н.р.} \\ \square U_{доп} \geq \square U \end{cases} \quad (5.1)$$

де $I_{н.р.}$ – номінальний струм розчіплювача автоматичного вимикача;

$I_{с.в.}$ – струм спрацювання відсічки автоматичного вимикача;

$K_{відс}$ – коефіцієнт відстроювання реле;

K_n – коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

I_p – розрахунковий струм окремого електроприймача чи РП:

$I_{п}$ – піковий (пусковий) струм:

$$I_{п} = \begin{cases} K_{п} \cdot I_p - \text{для ліній, що безпосередньо живлять ЕП від ЦТП;} \\ I_p - K_{в} \cdot I_{н.макс} + I_{п.макс} - \text{для ліній, що живлять ЕП від РП, та РП від ЦТП;} \end{cases}$$

де $K_{п}$ – коефіцієнт пускового струму;

$K_{в}$ – коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача;

$I_{н.макс}$ – номінальний струм найбільш потужних ЕП:

$$I_{н.макс} = \frac{P_{н.макс}}{\sqrt{3} \cdot U_{н} \cdot \cos\phi_{н} \cdot \eta}; \quad (5.2)$$

$I_{п.макс}$ – піковий струм найбільш потужних ЕП:

$$I_{п.макс} = K_{п} \cdot I_{н.макс}; \quad (5.3)$$

K_p – коефіцієнт зони розсіювання спрацювання захисту;

$\Delta U_{доп}$ – допустимі втрати напруги для цехової мережі ($\Delta U_{доп} = 5\%$)

ΔU – втрати напруги в лінії:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{пит} + Q_p \cdot X_{пит}}{U_{н}} \cdot l [B], \quad (5.4)$$

де P_p – розрахункова активна потужність для і-го РП;

Q_p – розрахункова реактивна потужність для і-го РП;

l – довжина лінії;

$R_{пит}, X_{пит}$ – питомі активні та реактивні опори кабелю

Перевіримо допустимість роботи елементів цехової мережі від ТП4 до РП1.

Автоматичний вимикач ВА 55-37 з напівпровідниковим розчіплювачем ($K_{н}=1,5$; $K_{відс}=1,1$) та КЛ АВВГ (4×35), з $I_{доп} = 140 \cdot 0,92 = 128,8$ А.

Розрахунковий струм для РП 1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{н}} = \frac{42,08}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 63,93 \text{ (A)}. \quad (5.5)$$

Розрахуємо піковий струм:

$$I_{п} = I_p - k_{в} \cdot I_{н.найб} + I_{п.найб} = 63,93 - 0,57 \cdot 47,81 + 76,71 = 113,4 \text{ (A)}.$$

Перевіряємо умови (2.23):

$$I_{н.р.} = 0,63 \cdot 160 = 100,8 \text{ (A)} \geq K_{відс} \cdot I_p = 1,1 \cdot 63,93 = 70,32 \text{ (A)}.$$

$$I_{c.v.} = 302 (A) \geq K_n \cdot I_n = 1,5 \cdot 113,4 = 170,1 (A).$$

$$I_{доп} = 128,8 (A) \geq I_p = 63,93 (A);$$

$$\frac{I_{доп}}{1,2} = \frac{128,8}{1,2} = 107,33 (A) \geq I_{н.р.} = 100,8 (A);$$

$$\Delta U_{доп} = 5\% \geq \Delta U = \frac{(33,69 \cdot 1,1 + 25,21 \cdot 0,068) \cdot 79}{380} = 8,06 (В) = 2,1\% (5,8)$$

Умови виконуються, отже провідники та комутаційно-захисна апаратура для даної лінії вибрані вірно. Проводимо перевірку інших елементів цехової мережі аналогічно, результати представлені в таблиці 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – Перевірка комутаційно-захисної апаратури цехової мережі

Лінія	Розрахункові величини				Тип захистного апарата	Технічні дані автоматів		
	I _p , А	I _n , А	I _{n.розч} , А	I _{св}		I _{ном.в} , А	I _{n.розч} , А	I _{св} , А
ТП4-РП1	63,93	113,4	70,32	170,1	ETIMAT 10 3P 160A B/C	160	100,8	302
РП1-ЕП 2	4,93	14,8	4,93	31,08	ETIMAT 10 3P 25A B	25	6,3	44
РП1-ЕП 5	12,20	36,61	12,20	76,88	ETIMAT 10 3P 25A B	25	12,5	87,5
РП1-ЕП 6	4,07	20,35	4,07	42,73	ETIMAT 10 3P 25A B	25	6,3	44,1
РП1-ЕП 8	11,25	33,76	11,25	70,903	ETIMAT 10 3P 25A B	25	12,5	87,5
РП1-ЕП 10	47,81	76,71	47,81	161,09	ETIMAT 10 3P 100A B/C	100	50	350
РП1-ЕП 11	8,73	43,66	8,73	91,68	ETIMAT 10 3P 25A B	25	10	100
РП1-ЕП 12	22,26	66,78	22,26	140,25	ETIMAT 10 3P 25A B	25	25	175
РП1-ЕП 13	6,26	31,31	6,26	65,74	ETIMAT 10 3P 25A B	25	8	80
ТП4-РП2	51,18	100,64	56,30	150,96	ETIMAT 10 3P 160A B/C	160	100,8	302
РП2-ЕП 1	9,65	48,23	9,65	101,29	ETIMAT 10 3P 25A B	25	12,5	125
РП2-ЕП 3,4	12,20	36,61	12,20	76,882	ETIMAT 10 3P 25A B	25	12,5	87,5
РП2-ЕП 7	4,07	20,35	4,07	42,732	ETIMAT 10 3P 25A B	25	6,3	44,1
РП2-ЕП 9	47,81	76,71	47,81	161,09	ETIMAT 10 3P 100A B/C	100	50	350

Таблиця 5.2 – Перевірка провідників цехової мережі

Лінія	Ir, А	Тип провідника	Спосіб прокладки	S, мм ²	Ідоп, А	L, м	ΔU , В	R _{пит}	X _{пит}
ТП4-РП1	63,93	АВВГ	В траншеї	4x25	100	79	8,06	1,1	0,068
РП1-ЕП 2	4,93	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	19	4	0,04	9,61	0,098
РП1-ЕП 5	12,2	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	24	26	1,20	9,61	0,098
РП1-ЕП 6	4,07	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	19	27	0,21	9,61	0,098
РП1-ЕП 8	11,25	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	19	17	0,78	9,61	0,098
РП1-ЕП 10	47,81	АПВ	В кабельному каналі	4(1x25)	70	13	0,69	1,54	0,072
РП1-ЕП 11	8,73	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	19	6	0,18	9,61	0,098
РП1-ЕП 12	22,26	АПВ	В кабельному каналі	4(1x4)	32	11	2,68	9,61	0,098
РП1-ЕП 13	6,26	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	19	3	0,11	9,61	0,098
ТП4-РП2	51,18	АВВГ	В траншеї	4x25	100	85	7,23	1,1	0,068
РП2-ЕП 1	9,65	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	24	21	0,43	9,61	0,098
РП2-ЕП 3	12,2	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	24	13	0,27	9,61	0,098
РП2-ЕП 4	12,2	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	24	15	1,38	9,61	0,098
РП2-ЕП 7	4,07	АПВ	В кабельному каналі	4(1x2,5)	19	20	0,15	9,61	0,098
РП2-ЕП 9	47,81	АПВ	В кабельному каналі	4(1x16)	75	17	1,39	2, 4	0,084

5.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою 1000 В і перевірка

Розрахунок струмів КЗ виконується з метою перевірки вибраних захисних апаратів за умовою комутаційної здатності:

$$I_{\text{н.відк}} \geq I_{\text{к. max}}^{(3)}, \quad (5.6)$$

де $I_{\text{к. max}}^{(3)}$ – струм трифазного металевого КЗ в максимальному режимі. У випадку, якщо не вдається вибрати захисні апарати за цією умовою, то допускається їх вибір за середнім струмом трифазного КЗ.

Розрахуємо струми КЗ на шинах 0,4 кВ ТП4 і на РП2. $S_{\text{ном.т}} = 630$ кВА. $U_{\text{к}} = 5,5\%$. Опори трансформатора ТМ 630/10 кВ: $R_{\text{т}} = 3,4$ мОм, $X_{\text{т}} = 13,5$ мОм.

Точки КЗ, які необхідно розрахувати, зображено на рисунку 5.1:

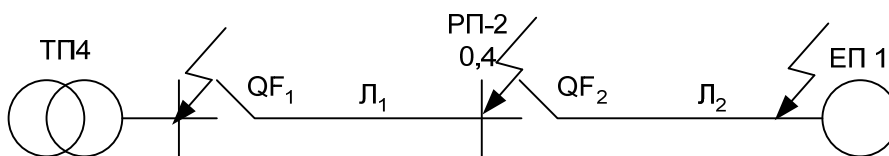


Рисунок 5.1 – Розрахункові точки короткого замикання

Схема заміщення мережі напругою до 1000 В, має наступний вигляд:

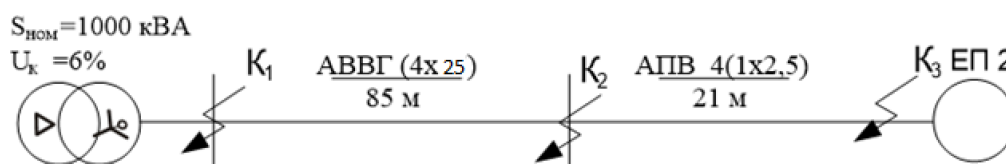


Рисунок 5.2 – Схема заміщення мережі напругою до 1000 В

Необхідно розрахувати такі короткі замикання:

- для QF1: $K_1^{(3)}$; $K_2^{(1)}$;
- для QF2: $K_2^{(3)}$; $K_3^{(1)}$;

Трьохфазне КЗ розраховується для перевірки на комутаційну здатність, а однофазне для перевірки на чутливість.

Практика експлуатації показує, що доцільно виконувати перевірку термічної стійкості кабелів напругою до 1000 В, хоч згідно з ПУЕ така перевірка не вимагається.

Значення струму при металевому трифазному КЗ в мережах до 1000 В визначають за формулою:

$$I_{k.max1}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,4^2 + 13,5^2 \cdot 10^{-3}}} = 16,55 (\text{кА}),$$

де Z_{Σ} – загальний повний опір елементів цехової мережі до точки КЗ. При визначенні повного опору враховуються активні і індуктивні опори елементів.

$$I_{k.max 2}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\Sigma} + R_{пит} \cdot l_1)^2 + (X_{\Sigma} + X_{пит} \cdot l_1)^2}} =$$

$$= \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(3,4 + 1,1 \cdot 85)^2 + (13,5 + 0,068 \cdot 85)^2}} = 1,34 (\text{кА}).$$

Перевіримо умову по граничному струму відключення:

$$I_{н.відк1} = 32,5 (\text{кА}) \geq I_{к.мах1}^{(3)} = 16,55 (\text{кА}),$$

$$I_{н.відк2} = 6 (\text{кА}) \geq I_{к.мах2}^{(3)} = 1,34 (\text{кА}).$$

Отже, вимикачі встановлені для захисту лінії ТП4 - РП2 умовам комутаційної здатності відповідають. Для перевірки чутливості захисту повинні бути визначені струми однофазного КЗ.

При КЗ на РП:

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot l} = \frac{220}{\frac{42}{3} + 5,92 \cdot 70} = 0,51 (\text{кА}),$$

де $U_{ф.ном}$ – номінальна фазна напруга;

$Z_{\Sigma}^{(1)}$ – повний опір силового трансформатора струмам однофазного КЗ;

$Z_{ф-н}$ – погонний опір петлі "фаза-нуль";

l – відстань до місця КЗ.

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = 3 \cdot Z_T = 3 \cdot 13,92 = 41,76 (\text{МОм}),$$

де:

$$Z_T = \sqrt{r_T^2 + x_T^2} = \sqrt{3,4^2 + 13,5^2} = 13,92 (\text{МОм}).$$

При КЗ безпосередньо на електроприймачеві:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot l_1 + Z_{ф-н} \cdot l_2} = \frac{220}{\frac{42}{3} + 5,92 \cdot 85 + 24,08 \cdot 21} = 0,239 (\text{кА}).$$

При врахуванні перехідного опору струм однофазного КЗ:

$$I_{кR2}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot l} = \frac{220}{\frac{94,336}{3} + 5,92 \cdot 85} = 0,493 (\text{кА}),$$

$$I_{KR3}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-n} \cdot I_1 + Z_{\phi-n} \cdot I_2} = \frac{220}{\frac{94,336}{3} + 5,92 \cdot 85 + 24,08 \cdot 21} = 0,235 (\text{кА}),$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)}$ – повний опір силового трансформатора струмам однофазного КЗ з урахуванням перехідного опору до точки КЗ, визначається за формулою:

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{(2 \cdot R_m + R_{om} + 3 \cdot R_{неп})^2 + (2 \cdot X_m + X_{om})^2} = \\ = \sqrt{(2 \cdot 3,4 + 3,4 + 3 \cdot 25)^2 + (2 \cdot 13,5 + 13,5)^2} = 94,336 (\text{мОм}),$$

де $R_{от}$, $X_{от}$ – активний і реактивний опори нульової послідовності трансформатора;

$R_{неп} = 0,025 \text{ Ом}$ – для вторинних РП.

Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж

Перевірка чутливості вимикачів виконується за умовою:

$$I_{спр.відс.} \leq I_{к.мін}^{(1)} / k_{ч}, \quad (5.7)$$

де $I_{к.мін}^{(1)}$ - струм однофазного КЗ в кінці лінії, що захищається;

$k_{ч}$ - коефіцієнт чутливості, який залежить від характеру приміщення (оскільки приміщення пожежобезпечні, то $k_{ч} = 3$).

Забезпечення селективності дії захисту досягається правильним вибором уставок струмової відсічки автоматичних вимикачів суміжних ступенів.

$$I_{с.в1} > (1,2 \div 1,5) I_{с.в2}, \quad (5.8)$$

$$t_{с.в1} = t_{с.в2} + \Delta t = 0,005 + 0,1 = 0,105,$$

де $I_{с.в1}$, $I_{с.в2}$ - значення струмів спрацювання відсічки відповідно вищого і нижчого ступенів;

$t_{с.в1}$, $t_{с.в2}$ - час спрацювання відсічки вищого і нижчого ступенів;

Δt - ступінь селективності ($\Delta t = 0,1 \text{ с}$ - ВА 55, ВА 75).

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП4-РП2:

$$I_{св} = 504 (\text{А}) < \frac{I_{KR2}^{(1)}}{3} = \frac{493}{3} = 164,3 (\text{А}).$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП2-ЕП1:

$$I_{св} = 105 \text{ (A)} < \frac{I_{KR3}^{(1)}}{3} = \frac{235}{3} = 78,3 \text{ (A)}.$$

Перевіримо селективність дії захисту:

$$I_{с.в1} = 504 \text{ (A)} > 1,5 \cdot I_{с.в2} = 1,5 \cdot 105 = 157,5 \text{ (A)}.$$

Оскільки вимикач вищого ступеня вибрано селективним і умова селективності по часу в обох випадках теж забезпечується $t_{с.в1} > t_{с.в2}$, то вибрані вимикачі нас задовольняють. Для детального аналізу селективності дії захисту в мережах напругою до 1000 В застосовується карта селективності захисту (рис. 5.3).

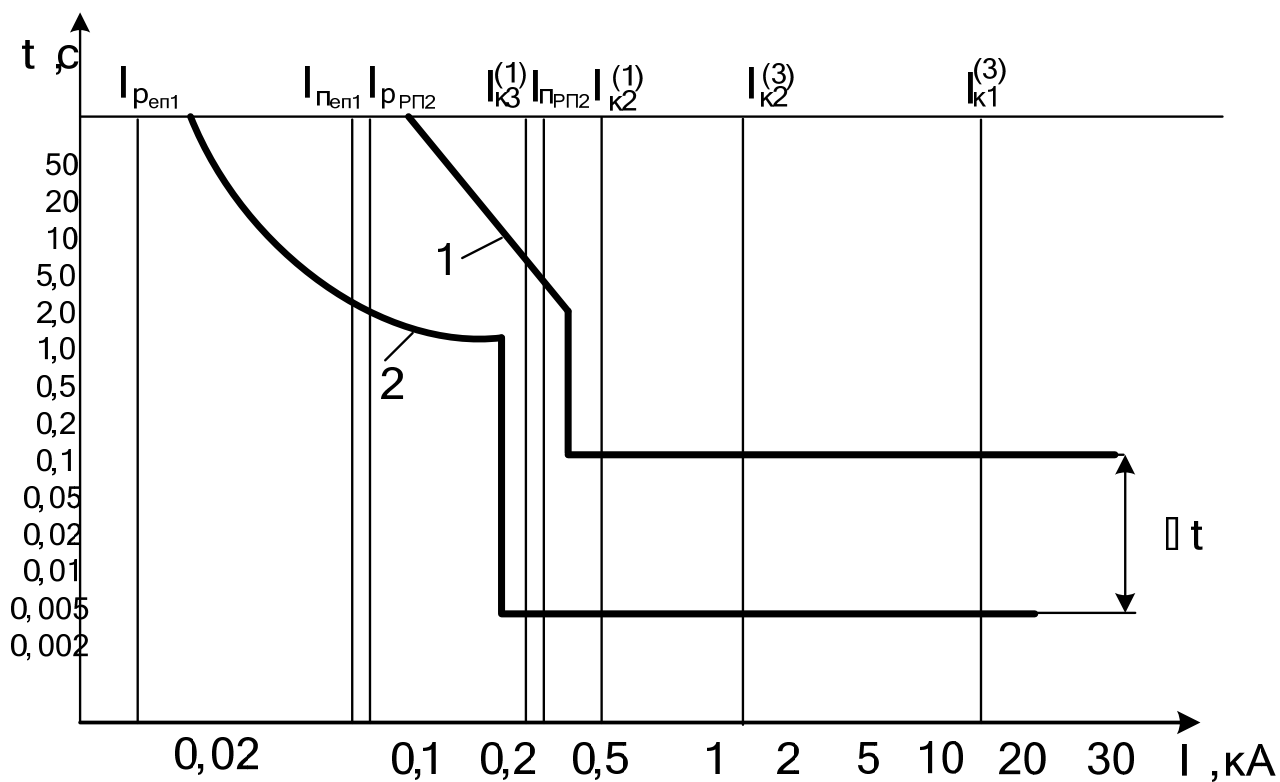


Рисунок 5.3 – Карта селективності захисту

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ В СИСТЕМУ МЕРЕЖ ТОВ «БАРЛІНЕК ІНВЕСТ»

6.1 Обґрунтування необхідності введення сонячної станції

У 2025 році підприємства в Україні стикаються з двома ключовими викликами в сфері електропостачання: зростанням вартості електроенергії та ризиком її відключень. Це створює серйозні загрози для безперервності виробництва, надійності роботи обладнання та фінансової стабільності бізнесу.

У зв'язку з цим, для підвищення ефективності системи електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест» та зменшення частки витрат на електроенергію в собівартості продукції доцільним є впровадження сонячної електростанції (СЕС). Одним із найперспективніших варіантів для Вінницького регіону є використання сонячних панелей, що пояснюється сприятливими кліматичними умовами, а також зростанням кількості встановлених сонячних електростанцій різного призначення та стабільним підвищенням попиту на сонячне обладнання.

Таким чином, встановлення СЕС дозволить підприємству не лише підвищити енергонезалежність, але й оптимізувати витрати на електроенергію в умовах зростаючих тарифів і ризиків перебоїв з постачанням.

Сонячні електростанції (СЕС) поділяються на кілька основних типів, залежно від способу взаємодії з енергосистемою та наявності накопичувачів енергії. Розглянемо три основні типи СЕС, їх особливості, переваги та недоліки, а також визначимо, який тип буде найбільш доцільним для впровадження на ТОВ «Барлінек Інвест».

Мережева (on-grid) сонячна електростанція

Цей тип СЕС працює паралельно з енергосистемою. Енергія, вироблена СЕС, споживається на об'єкті, а надлишок передається у загальну мережу. Такі станції не мають акумуляторних батарей, тобто накопичення енергії не передбачено.

Перевагами таких СЕС є найнижча вартість встановлення та можливість продажу надлишкової електроенергії. Водночас, вони повністю залежать від

наявності зовнішньої мережі: у разі її відключення така станція автоматично припиняє роботу з міркувань безпеки.

Цей варіант не підходить для підприємства, оскільки не забезпечує автономність у випадку аварій або планових відключень електроенергії.

Автономна (off-grid) сонячна електростанція

Автономні СЕС є повністю незалежними від зовнішньої мережі. Уся енергія, вироблена станцією, зберігається в акумуляторах для подальшого використання.

Серед переваг — повна енергонезалежність і можливість забезпечити безперебійну роботу навіть за повної відсутності зовнішнього живлення. Проте цей тип має високі витрати через потребу у великій кількості акумуляторів. Також він має обмежену потужність, що потребує ретельного розрахунку навантаження, і його важко масштабувати для потреб великого промислового підприємства.

Автономна СЕС може розглядатися як резервне джерело живлення, але не є економічно ефективною для забезпечення повного обсягу виробничих потреб ТОВ «Барлінек Інвест».

Гібридна сонячна електростанція

Цей тип СЕС поєднує в собі функції як мережевої, так і автономної електростанції. Вона здатна одночасно живити підприємство, передавати надлишки енергії в мережу та зберігати її в акумуляторах. Гібридна СЕС може працювати як у присутності зовнішньої мережі, так і автономно при її відсутності.

Перевагами такого рішення є безперебійне живлення в разі аварійних відключень, можливість накопичення енергії вдень та її використання вночі або у другій зміні, продаж надлишкової електроенергії, а також гнучкість і енергоефективність. Основним недоліком є вища вартість реалізації через використання акумуляторів та необхідність грамотного проектування.

Рекомендація для ТОВ «Барлінек Інвест»

У процесі аналізу техніко-економічних параметрів та особливостей електроспоживання підприємства було ухвалено рішення на користь встановлення мережевої сонячної електростанції (on-grid типу) замість гібридної. Основним фактором такого вибору стало високе середньодобове споживання

електроенергії на підприємстві, що зумовлює потребу у значній генерації електроенергії протягом світлового дня.

Гібридні системи передбачають використання акумуляторних батарей, які суттєво підвищують загальну вартість проєкту. Для покриття значного обсягу споживання підприємства потрібно було б встановити акумулятори великої ємності, що, у свою чергу, призвело б до різкого зростання капітальних витрат та подовження терміну окупності проєкту.

Натомість мережева СЕС дозволяє підприємству суттєво скоротити витрати на електроенергію без необхідності інвестування у дорогі акумуляторні системи. У денний період, коли споживання електроенергії є максимальним, мережева сонячна електростанція здатна повністю забезпечити потреби підприємства в електроенергії. При цьому надлишкова електроенергія може бути передана в загальну мережу, а у разі недостатності – підприємство буде автоматично підживлюватись з мережі.

Такий підхід дозволяє:

Оптимізувати інвестиції, зменшивши загальні витрати на реалізацію проєкту;

Скоротити термін окупності у порівнянні з гібридною станцією;

Повністю покривати споживання електроенергії в денний час, зменшуючи витрати на електроенергію з мережі;

Забезпечити простішу систему управління та обслуговування, оскільки відсутня складна акумуляторна інфраструктура.

Враховуючи економічну доцільність, обсяг споживання та режим роботи підприємства, мережевий варіант сонячної електростанції є найоптимальнішим рішенням на сьогодні.

6.2 Вибір інверторів та їх характеристика

Для реалізації проєкту мережевої сонячної електростанції на підприємстві було обрано два інвертори Huawei SUN2000-330KTL-H1, кожен номінальною потужністю 330 кВт. Сумарна встановлена потужність інверторів становить 660

кВт, що повністю перекриває загальне споживання підприємства на рівні 645,96 кВт, забезпечуючи ефективне використання сонячної енергії впродовж світлового дня.

Характеристика інвертора Huawei SUN2000-330KTL-H1:

Huawei SUN2000-330KTL-H1 — це високотехнологічний мережевий інвертор для промислових та комерційних об'єктів, який вирізняється високою надійністю, ефективністю та широким функціоналом. Основні характеристики:

номінальна потужність — 330 кВт

максимальний ККД (ефективність) — до 99%, один із найвищих показників на ринку

кількість MPPT — 12, що дозволяє підключати різні групи сонячних панелей з різною орієнтацією, підвищуючи гнучкість та ефективність роботи

наявність вбудованого захисту від перенапруг, короткого замикання, зворотного струму та перегріву

інтелектуальна система моніторингу — забезпечує віддалене спостереження, аналіз та управління кожним стрінгом панелей у режимі реального часу

безтрансформаторна конструкція — знижує вагу та втрати енергії

клас захисту IP66 — дозволяє використовувати інвертор на відкритому повітрі

Встановлення двох таких інверторів дозволяє забезпечити безперебійну генерацію електроенергії та максимально ефективно використовувати потужність сонячної електростанції, повністю покриваючи потреби підприємства у денний час та зменшуючи споживання електроенергії з мережі до мінімуму. Це забезпечує значну економію витрат та скорочення терміну окупності інвестицій у проєкт.



Рисунок 6.1 – Загальний вид інвертора Huawei SUN2000-330KTL-N1

6.3 Рекомендації щодо вибору сонячних панелей для ТОВ «Барлінек Інвест»

Для реалізації мережевої сонячної електростанції на підприємстві було обрано сонячні панелі Jinko потужністю 585 Вт. Сонячна панель JKM-585N-72HL4-V N-type — це високоефективний монолицевий модуль від провідного світового виробника Jinko Solar. Основними перевагами є більша за звичайні модулі потужність і нижчі внутрішній струм та температура гарячої точки. Розмір однієї такої панелі становить приблизно 4 квадратних метри. Враховуючи це, площа даху виробничого цеху №1, яка складає 900 м², дозволяє встановити до 225 панелей. Це забезпечить сумарну встановлену потужність приблизно 131 кВт.

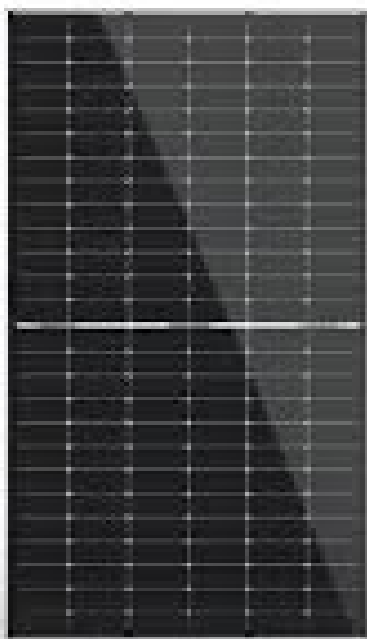


Рисунок 6.2 – Сонячна панель Jinko Solar

Однак така потужність є недостатньою для покриття денного споживання підприємства, яке становить 645,96 кВт. У зв'язку з цим було прийнято рішення використати дахи інших цехів, за винятком цехів №13 та №14, які розташовані на значній відстані від основного інверторного обладнання, розміщеного в цеху №1.

Сумарна площа доступних дахів всіх інших цехів становить 1900 м². Це дозволяє розмістити необхідну кількість панелей для досягнення загальної встановленої потужності, яка забезпечить повне покриття денного електроспоживання підприємства за рахунок енергії, що генерується сонячною електростанцією.

На загальній площі дахів 1900 м² можна розмістити приблизно 475 сонячних панелей Jinko потужністю по 585 Вт кожна. Це дає встановлену потужність близько 277 кВт. В середньому в Україні, з урахуванням всіх сезонних коливань, 1 кВт встановленої потужності сонячної електростанції виробляє за рік приблизно 1100–1200 кВт·год (залежно від конкретної місцевості та орієнтації панелей).

Для Вінницького регіону приймемо 1150 кВт·год/рік з 1 кВт.

$$277 \text{ кВт} \times 1150 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 318\,550 \text{ кВт} \cdot \text{год на рік}$$

При ціні електроенергії для підприємств 6,2 грн/кВт·год, річна економія становитиме:

$$318\,550 \times 6,2 \text{ грн} = 1\,975\,010 \text{ грн}$$

З урахуванням сезонних змін у виробництві електроенергії, встановлення 475 панелей Jinko по 585 Вт на загальній площі 1900 м² забезпечить генерацію близько 318 550 кВт·год на рік. Це дозволить підприємству зекономити майже 2 мільйони гривень щороку, зменшити залежність від зовнішнього енергопостачання та знизити собівартість продукції.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці під час монтажу електрообладнання системи електропостачання ТОВ «Барлінекінвест». Відтак, на оперативно-ремонтний персонал, що здійснює монтаж системи електропостачання, впливають такі шкідливі виробничі фактори :

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.

7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

7.1.1 Вимоги до організації робочих місць оперативно-ремонтного персоналу, який здійснює монтаж обладнання системи електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест»

Оперативно-ремонтний персонал, який здійснює монтаж електрообладнання, під час використання електрифікованого інструменту повинен дотримуватися таких правил з охорони праці. Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи: I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізолювані і штепсельна вилка має заземлювальний

контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією; II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму; III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнувати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється. Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення. Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути

з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструмент класів II і III не заземлюють. Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання. Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможлилювати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту. До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються працівники з II групою електробезпеки. До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

У електроінструмента класу I, крім того, має бути перевірена справність кола заземлення між його корпусом і заземлювальним контактом штепсельної вилки. Працівнику мають бути видані засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, килими) або розподільчий трансформатор, чи перетворювач із окремими обмотками, чи захисно вимикальне устаткування. Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з протермінованою датою періодичної чергової перевірки.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмопровідними підлогами – також і діелектричні калоші або килими. Електроінструментом класів II і III дозволяється працювати без застосування індивідуальних засобів захисту в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом.

У посудинах, апаратах та інших металевих спорудах в умовах обмеженої можливості переміщення і виходу з них дозволяється працювати електроінструментом класів I та II за умови, якщо тільки один електроінструмент одержує живлення від автономної двигун-генераторної установки, розподільчого трансформатора безпеки або перетворювача частоти із роздільними обмотками, а також електроінструментом класу III. В цьому разі джерело живлення (трансформатор, перетворювач тощо) слід розміщувати поза вказаними посудинами, а вторинне коло джерела не слід заземлювати. Забороняється підключати електроінструмент напругою до 12 В до електричної мережі загального користування через автотрансформатор, резистор або потенціометр.

7.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

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

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

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 ізольованими 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.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється. Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

7.2.1 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). Параметри мікроклімату під час виконання персоналом електромонтажних робіт наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочих місцях оперативно-ремонтного персоналу передбачається:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

7.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м³. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оперативного персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації шкідливих речовин необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря.

7.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, роботи з монтажу електрообладнання, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного

освітлення наведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3,0

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 2,5 метра.

7.2.4 Виробничий шум

Шум вище гранично допустимих рівнів несприятливо діє на людину. Шум у приміщенні широкосмуговий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-85, ГР 2411-81 і наведені в табл. 7.4.

Устаткування, що є джерелом шуму (вентилятори, електроінструмент, технологічне обладнання з переробки деревини), слід розташовувати поза межами приміщень, де встановлені ПК.

Таблиця 7.4 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виконання усіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь.

У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не облицьованими, або проектувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

7.3 Пожежна безпека

Приміщення ТОВ «Барлінек Інвест» за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії В, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) легкозаймисті, горючі і/або важко горючі рідини, а також речовини і/або матеріали (для виготовлення різноманітної продукції з дерева), як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важко горючі речовини та матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легко-займистих, горючих та важко горючих речовин і/або

матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м^2 кожна перевищує $180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^2$.

Відповідно електричне обладнання ТОВ «Барлінек Інвест» встановлюється в пожежонебезпечних зонах П-П – зони в приміщеннях, де виділяється горючий пил чи волокна з нижньою концентраційною границею (НКТ) спалахування $> 65 \text{ г/м}^3$ до об'єму повітря, а також в зонах П-Іа – зони в приміщеннях, де є тверді горючі речовини чи матеріали.

Будівлі, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості.

До II ступеня вогнестійкості відносяться будівлі з несучими і огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плиткових негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере- криття між по- верхові (у т.ч. горищні та над підва- лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходові кліток	само- несучі	зовні шні ненес- учі	внутрі- шні ненес- учі (перег- ородки)				плити , насти- ли, прого- ни	балки , ферм и, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 7.7 (чисельник). 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 7.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських споруд слід приймати за таблицею 7.7 (знаменник).

Таблиця 7.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

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

На території підприємства встановлені вогнегасники ВП-5, ВВП-5, а також аналогічні ємністю 9 л кількістю 87 шт.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено проект системи електропостачання ТОВ «Барлінек Інвест» відповідно до сучасних технічних та нормативних вимог.

Проектом передбачено встановлення двох трансформаторних підстанцій з трансформаторами по 630 кВА, які живляться від підстанції «Технологічна» через кабельні лінії із зшитого поліетилену на напрузі 10 кВ.

Для потреб котельні заводу визначено розрахункові електричні навантаження, обрано схему розподільчої мережі, виконано розрахунок струмів короткого замикання, а також підібрано відповідне електротехнічне обладнання та матеріали. Система живлення споживачів котельні спроектована за радіальною схемою, що забезпечує високий рівень надійності енергопостачання. Усі розрахунки та вибране обладнання відповідають чинним нормативам і були перевірені згідно з технічними вимогами.

У роботі також розглянуто можливість встановлення дахової сонячної електростанції. Проведено обґрунтування необхідності її впровадження, визначено основні складові станції, зокрема тип та кількість сонячних панелей, інверторне обладнання й акумуляторні батареї. Наведено параметри, розміщення та потужність панелей, що планується встановити на даху головного виробничого корпусу №1. Також сформульовано ключові технічні вимоги до таких об'єктів.

Встановлення сонячної електростанції дозволить підприємству істотно знизити споживання електроенергії з мережі та скоротити експлуатаційні витрати. Крім того, це сприятиме стабільному функціонуванню обладнання під час II зміни технологічного процесу, підвищуючи його енергетичну безпеку.

Особливу увагу в роботі приділено питанням електробезпеки та охорони праці під час експлуатації електрообладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. Вінниця : ВНТУ, 2017. 123 с.
2. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність СЕП: монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
3. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617с.
4. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 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.
7. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. Вінниця : ВНТУ, 2024. 89 с.
8. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель»: веб-сайт. URL: <http://www.yuzhcable.info> (дата звернення: 15.05.2025).
9. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго": веб-сайт. URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees> (дата звернення: 15.05.2025).
10. Трансформатори силові: веб-сайт. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення: 15.05.2025).
11. Силові вимикачі: веб-сайт. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення: 15.05.2025).

12. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.
13. М. П. Охорона праці : Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець. К.: Основа, 1998. 224 с.
14. Салтиков В. О. Освітлення міст / В. О. Салтиков. Харків. : ХНАМГ, 2009. 221 с.
15. Соломчак О. В. Електросилові та електроосвітлювальні установки. Лабораторний практикум / О. В. Соломчак, І. І. Сорохтей. Івано-Франківськ: Факел, 2008. 128 с.
16. Освітлювальні та опромінювальні установки. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/chastyna-2-.osvitljuvalnita-oprominjuvalni-ustanovky.pdf> (дата звернення: 15.05.2025).
17. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn>.
18. Каталог ламп та світильників: веб-сайт. URL: <http://avtonom.com.ua/osveshchenie/diodnye-lampy> (дата звернення: 15.05.2025).
19. Кабельно-провідникова продукція: веб-сайт. URL: <http://www.yuzhcable.info> (дата звернення: 15.05.2025).
20. Тарифи ПАТ «Вінницяобленерго» : веб-сайт. URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees> (дата звернення: 15.05.2025).
21. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
22. 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-> (дата звернення: 15.05.2025).

23. 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 (дата звернення: 15.05.2025).

24. 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.

25. 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> (дата звернення: 15.05.2025).

26. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 15.05.2025).

27. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

28. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (дата звернення: 15.05.2025).

29. 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> (дата звернення: 15.05.2025).

30. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення: 15.05.2025).

31. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

32. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125> (дата звернення: 15.05.2025).

33. 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> (дата звернення: 15.05.2025).

34. 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 (дата звернення: 15.05.2025).

35. 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 (дата звернення: 15.05.2025).

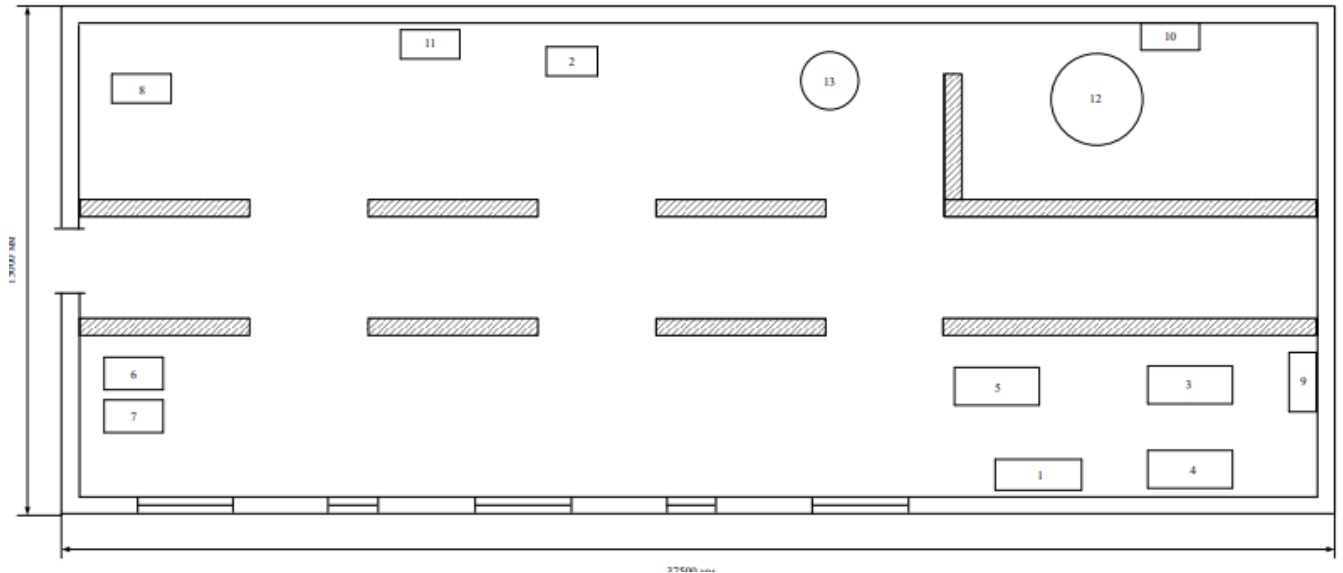
36. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення: 15.05.2025).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Вихідні дані для проектування

Рисунок А.1 – План розподільчої мережі столярного цеху



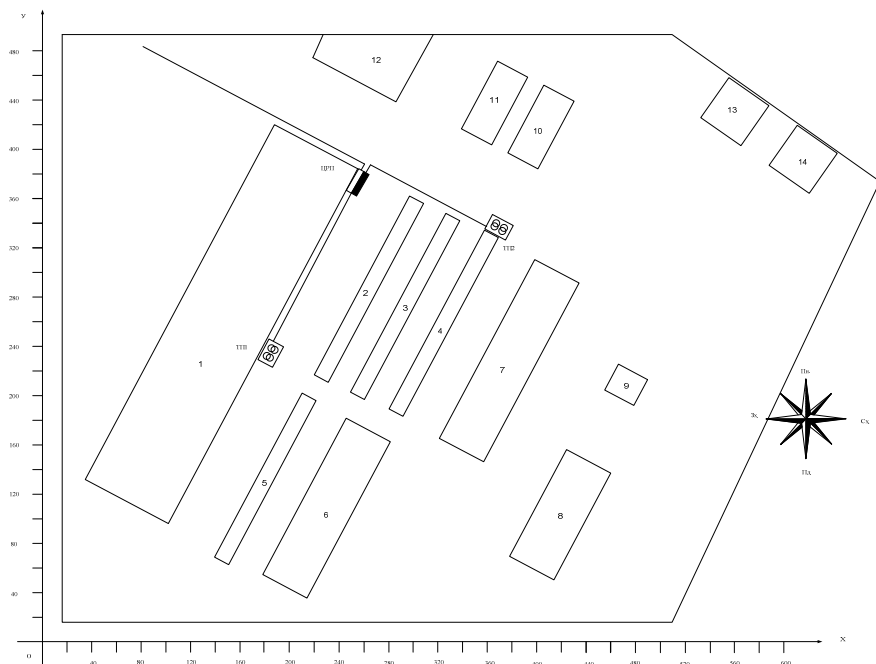
Таблиця А.1 – Навантаження споживачів

Найменування ЕП	п, шт	Рн, кВт
РП1		
Станок ударний (2)	1	2
Станок кругло пильний (5)	1	4
Станок свердильний (6)	1	1,5
Станок шліфувальний (8)	1	4
Витяжка (10)	1	22
Станок вертикальний (11)	1	4
Сушильна камера (12)	1	12
Компресор фарбувальний (13)	1	3
всього РП-1	8	
РП2		
Станок фугувальний (1)	1	4
Станок кругло пильний (3,4)	2	4
Станок свердильний (7)	1	1,5
Витяжка (9)	1	22
всього РП-2	5	
Всього навантаження цеху	13	

Таблиця А.2 – Розрахунок навантажень заводської мережі

Номер	Споживачі	P_n кВт
1	Головний виробничий корпус	650
2	Блок 8-ми сушильних камер №1	300
3	Блок 8-ми сушильних камер №2	300
4	Блок 8-ми сушильних камер №3	300
5	Блок 8-ми сушильних камер №4	300

6	Склад проміжного зберігання №1	10
7	Склад проміжного зберігання №2	10
8	Адміністративний корпус	16
9	Млин	90
10	Склад палива для котельні	10
11	Котельня	110
12	Розпилювальний цех	120
13	Деревообробний цех	130
14	Столярний цех	140



ДОДАТОК Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Барлінек Інвест» місто Вінниця

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра ЕСЕМ, ФЕЕМ, ЕЕ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 27 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Бурбело М. Й., завідувач кафедри ЕСЕМ _____

Бабенко О. В., доцент кафедри ЕСЕМ _____

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю. В.

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____ Войтюк Ю.П.

Здобувач _____ Тарнавський В. О.

Додаток В – Графічна частина

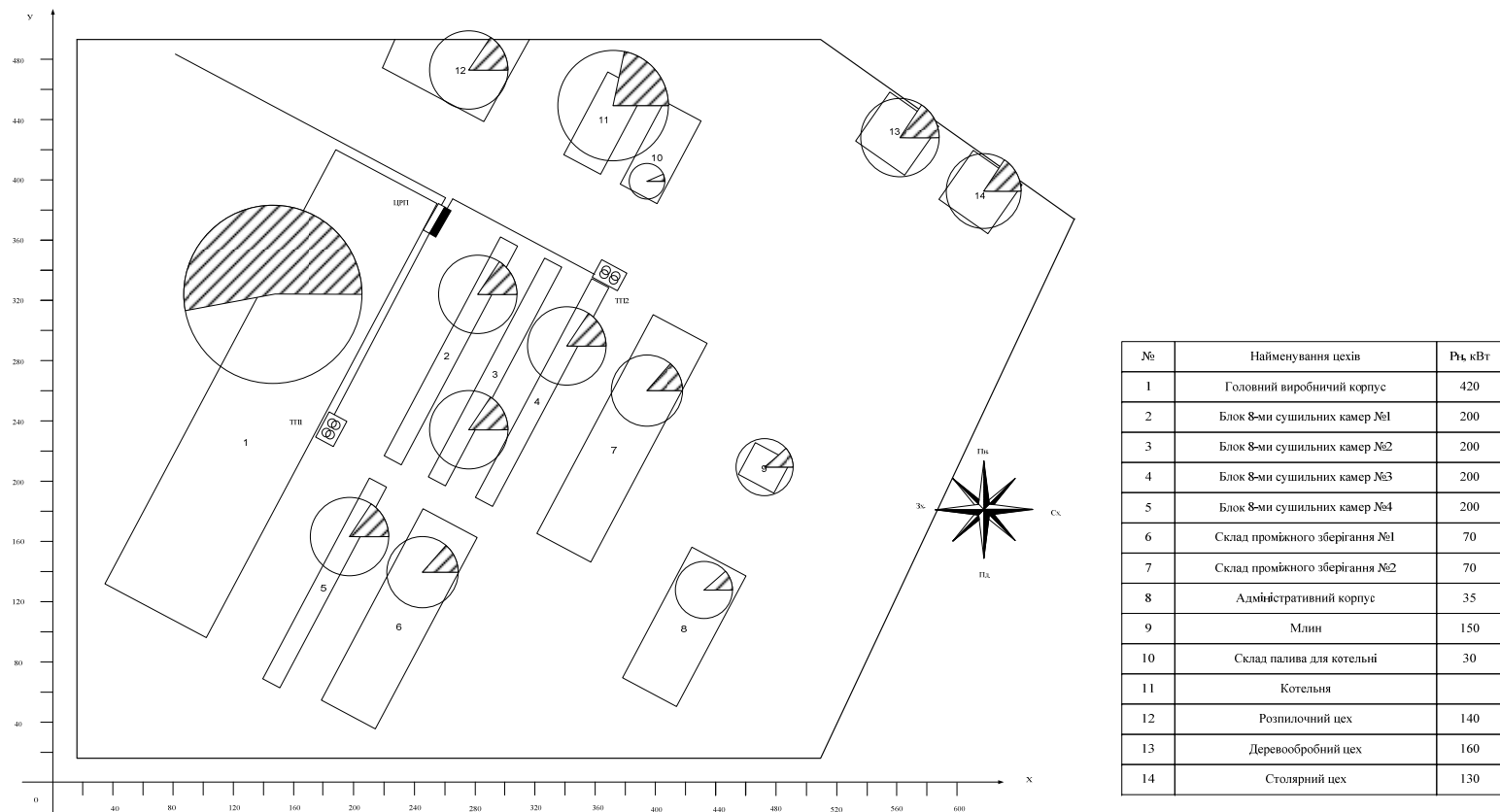
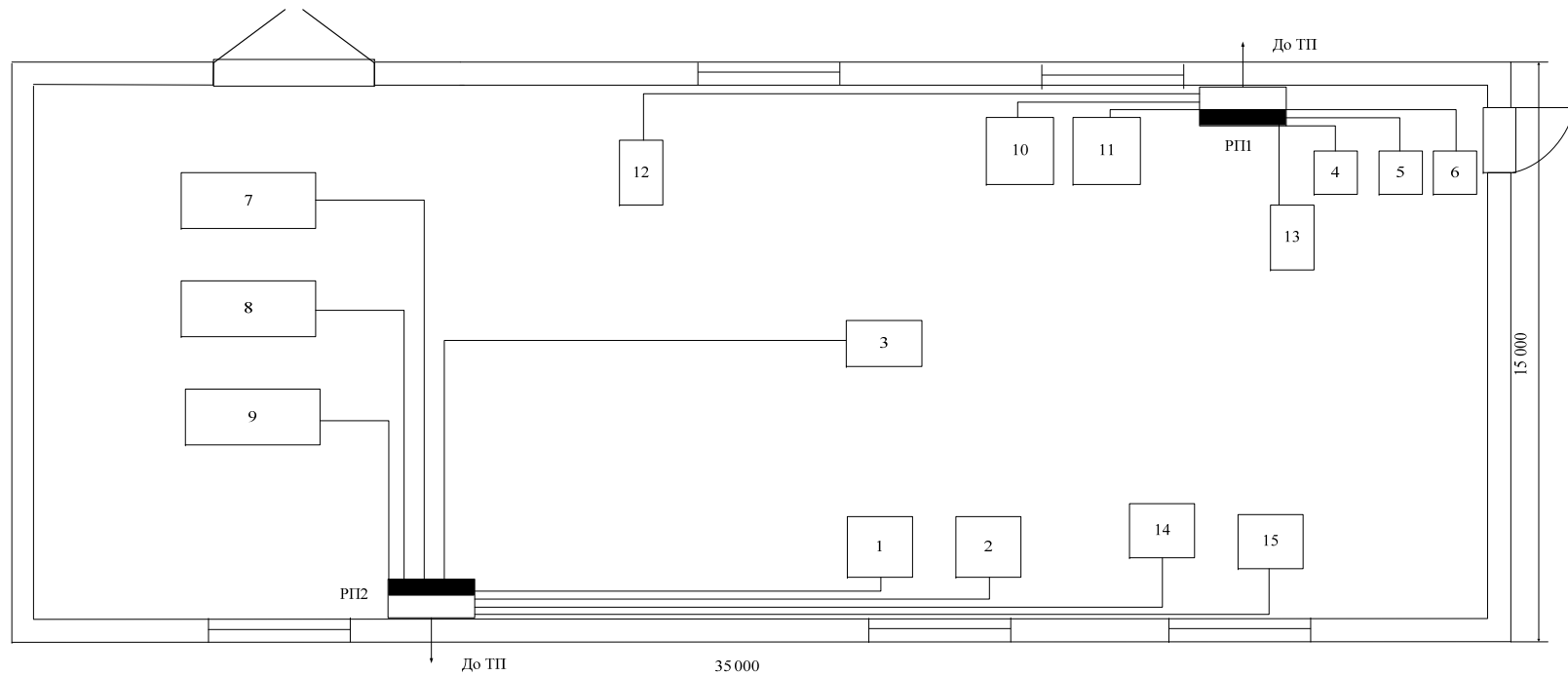


Рисунок В.1 - Генеральний план підприємства



№	Найменування цехів	Рн, кВт
1,2	Насос сирої води	5,5
3	Рециркуляційний насос	15
4-6	Насос	45
7-9	Циркуляційний насос	30
10,11	Мережевий насос	45
12	Циркуляційний насос	7,5
13	Вентилятор	10
14,15	Господарський насос	15

Рисунок В.3 - Схема електропостачання столярного цеху

ТП	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				№ РП	п шт	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				СПОЖИВАЧІ				НАЗВА ЕП
	ТИП ВИМИКАЧА	І ном А	І номрзч А	І с. в. А	ПРОВІД		Р м кВт	І м А			ТИП ВИМИКАЧА	І ном А	І номрзч А	І н. відкл А	МАРКА ПРОВОДУ (Спосіб прокладання-відкритий)	І доп А	І м А	Р ном кВт	№ на плані				
					МАРКА ПРОВОДУ (Спосіб прокладання-відкритий)	І доп А																	
	EB2 600/3E 350A 350 350 1200				ABBG 3x150+1x70 370 152,55 343,2				РП-1	3	EB2 250/3E 125A	125	125	3	АВВГ	4(1x25)	135	92,9	45	4-6	Насос		
										2	EB2 250/3E 125A	125	125	3	АВВГ	4(1x25)	135	100	45	10,11	Мережевий насос		
										1	EB2S160/3LA 25A	25	25	3	АПВ	4(1x6)	27	15,48	7,5	12	Циркуляційний насос		
										1	EB2S160/3LA 25A	25	25	3	АПВ	4(1x6)	27	20,64	10	13	Вентилятор		
	EB2 400/3E 225A 225 225 1000				ABBG 3x50+1x16 240 83,11 192,86				РП-2	2	EB2S160/3LA 25A	25	25	3	АПВ	4(1x6)	27	12,23	5,5	1,2	Насос сироводи		
										1	EB2S160/3LA 40A	40	40	3	АПВ	4(1x10)	42	36,13	15	3	Регулювальний насос		
										3	EB2 250/3E 125A	125	125	3	АВВГ	4(1x25)	135	66,7	30	7-9	Циркуляційний насос		
										2	EB2S160/3LA 40A	40	40	3	АПВ	4(1x10)	42	33,35	15	14,15	Господарський насос		

Рисунок В.4 - Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху