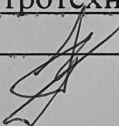
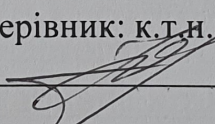
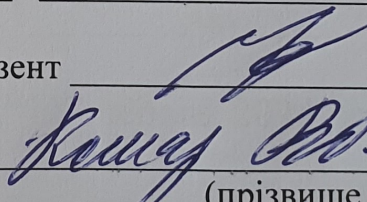
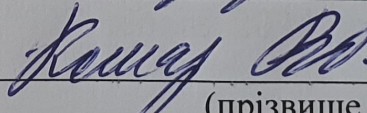


БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА НА ТЕМУ:
РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
“ЕНЕРГОГАРАНТ”, МІСТО ВІННИЦЯ

Виконав: студент 4 курсу, гр. ЗЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка».

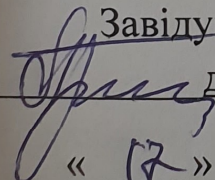

Кузьменко А.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Шул'га Ю.А.
(прізвище та ініціали)
« 18 » 06 2024 р.

Рецензент 

(прізвище та ініціали)
« 18 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ


д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)
« 17 » 06 2024 р.

Вінниця – 2024 року

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

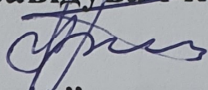
Освітній ступінь – бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма - Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

 проф. М. Й. Бурбело

“ 11 ” 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я
БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Кузьменку Андрію Павловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи резервного електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Енергогарант», місто Вінниця

Керівник роботи Шулє Юлія Андріївна к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ

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

затверджені наказом по ВНТУ від “ 11 ” 03 2024 року № 80

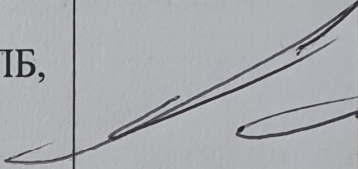
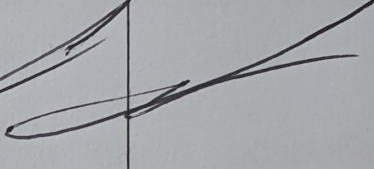
2. Термін подання студентом роботи “11” червня 2024 року.

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 та перспективу розвитку підприємства (Додаток А).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Загальні відомості про підприємство. Аналіз системи електропостачання підприємства. Науково-дослідна частина. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
План підприємства із силовими розподільчими та живильними мережами
Однолінійна схема електропостачання підприємства. План електропостачання
цеху. Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху. Науково-
дослідна робота.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

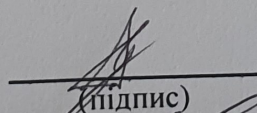
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

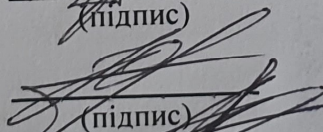
№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	29.05.24	Викон
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	07.06.24	Викон.
3	Охорона праці	10.06.24	Викон.
4	Графічна частина	11.06.24	Викон.

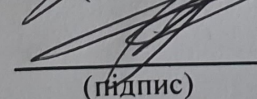
Студент

Керівник роботи

Нормоконтроль


(підпис)


(підпис)


(підпис)

Кузьменко А.П.
(прізвище та ініціали)

Шулє Ю.А.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Кузьменко Андрій Павлович. Розробка системи резервного електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Енергогарант», місто Вінниця. Бакалаврська дипломна робота. Спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, 2024 – 69с.

В бакалаврській дипломній роботі розглянуто питання щодо розробки системи електропостачання ТОВ «Енергогарант». В роботі розглянуті питання по розрахунку електропостачання підприємства в цілому та одного з його цехів, вибір кількості і потужності трансформаторних підстанцій.

В науково-дослідній частині роботи спроектовано СЕС потужністю 23,1 кВт на даху виробничого корпусу (№2 на генплані) в якості резервного джерела живлення. Обрано оптимальну конфігурацію станції та режимів її роботи. Проведено вибір усього необхідного обладнання яке забезпечить надійну та економічну роботу станції. Розраховано загальні капіталовкладення в СЕС та період окупності проекту.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електричні мережі, електропостачання, інвертор, фотопанель.

Рисунків – 20

Таблиць – 21

Бібліографій – 37

ABSTRACT

Andriy Pavlovich Kuzmenko. Development of the backup power supply system of the limited liability company "Energogarant", the city of Vinnytsia. Bachelor thesis. Specialties 141 - Power engineering, electrical engineering and electromechanics. FEEEM, ESEEM Department - Vinnytsia: VNTU, 2022 - 69p.

In the bachelor's thesis, the issue of the development of the power supply system of "Energogarant" LLC was considered. The work deals with the calculation of the electricity supply of the enterprise as a whole and one of its workshops, the choice of the number and capacity of transformer substations.

In the scientific and research part of the work, a 23.1 kW power plant was designed on the roof of the production building (No. 2 on the master plan) as a backup power source. The optimal configuration of the station and its modes of operation has been selected. All the necessary equipment has been selected, which will ensure reliable and economical operation of the station. The total capital investment in SES and the payback period of the project are calculated.

The issue of labor protection and safety in emergency situations was considered.

Keywords: electrical networks, power supply, inverter, photopanel.

Drawings – 20

Tables - 21

Bibliographies – 37

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства	7
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	9
2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	10
2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі	12
2.2 Вибір схеми цехової мережі	14
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.....	14
2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В	17
2.5 Розрахунок навантажень підприємства	22
2.6 Вибір оптимальної напруги живлення.....	23
2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення.....	24
2.8 Вибір і розміщення цехових ТП.....	27
2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	31
2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі	33
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	37
3.1 Аналіз основного обладнання сонячних електричних станцій.....	37
3.2 Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання	38
3.3 Вибір основного обладнання для реалізації ФЕС	40
3.4 Визначення оптимальної конфігурації схеми ФЕС на підприємстві	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	48
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	48
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	50
4.2.1 Мікроклімат.....	50
4.2.2 Склад повітря робочої зони	50
4.2.3 Виробниче освітлення	51
4.2.4 Виробничий шум	51
4.2.5 Виробничі вібрації.....	52
4.3 Пожежна безпека	52

ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56
ДОДАТКИ.....	59
Додаток А – Вихідні дані.....	60
Додаток Б – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами.....	62
Додаток В – Однолінійна схема електропостачання підприємства.....	63
Додаток Г – План електропостачання цеху	64
Додаток Д – Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху.....	65
Додаток Є – Капіталовкладення в спорудження ФЕС	66
Додаток Ж – Повна схема підключення СЕС 23,1 кВт	67
Додаток З – Протокол перевірки навчальної (кваліфікаційної) роботи.....	68

ВСТУП

Актуальність теми. Використання резервних джерел живлення підвищує надійність електропостачання. Надійність та ефективність системи електропостачання реалізується шляхом вибору сучасного електрообладнання для головних елементів проекту СЕП, що забезпечує усі необхідні норми для нормального та аварійних режимів роботи. Використання дублюючих систем живлення, або апаратів резервування, пристроїв автоматики та релейного захисту для захисту устаткування та ліній електропередачі.

Відновлювані джерела енергії починають відігравати важливу роль у покращенні ситуації в енергетичному секторі. Сьогодні когенераційні установки, сонячні колектори, вітрогенератори та теплові насоси конкурують з традиційними видами енергії, а витрати на їх будівництво та експлуатацію знижуються.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка проекту системи електропостачання ТОВ «Енергогарант» при розширенні сфери діяльності підприємства та збільшені виробничих потужностей з використанням резервних джерел живлення. Здійснити аналіз системи електропостачання підприємства на основі існуючих найбільш енергоефективних методів розрахунку, розрахувати електричні навантаження зовнішніх та внутрішніх електромереж, визначити оптимальні місця розташування трансформаторних підстанцій.

Для досягнення мети і вирішені задач дослідження в роботі необхідно виконати наступні етапи проектування:

- розробка СЕП цеху;
- оптимізація СЕП шляхом вибору класів напруг, визначення електричних навантажень та забезпечення надійності енергосистеми;
- вибір оптимальної кількості та потужності трансформаторів.
- проектування резервного джерела живлення для споживачів підприємства.

Об'єкт дослідження – система електропостачання ТОВ «Енергогарант».

Предмет дослідження – методи та засоби для створення ефективного та економічного джерела резервного живлення СЕП ТОВ «Енергогарант».

Методи досліджень. Для аналізу та вирішення поставлених завдань використовувалися загальноприйняті методи розрахунку та методи математичного моделювання.

Наукова новизна. Основним результатом науково-дослідної роботи є повний проект СЕС потужністю 23,1 кВт на даху виробничого корпусу (№2 на генплані) з оптимальними параметрами ключових елементів та режимів роботи СЕС. Обрано оптимальну конфігурацію станції, на основі порівняння можливих варіантів реалізації станції, яка дає змогу досягти максимального економічного ефекту від її встановлення. Розраховано загальні капіталовкладення в СЕС та період окупності проекту.

Практична цінність отриманих результатів роботи. Практична цінність цієї роботи полягає у розробці проекту СЕП, яка дає змогу забезпечення надійного та безперебійного електропостачання, підвищенні енергоефективності, зниженні витрат на електроенергію та підвищенні стандартів безпеки та електробезпеки. Крім того, розробка резервного живлення СЕП ТОВ «Енергогарант» надає можливість для майбутнього розширення та модернізації підприємства.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства

ТОВ «Енергогарант» знаходиться за юридичною адресою: 21029, Україна, Вінницький р-н, Вінницька обл., місто Вінниця, Хмельницьке шосе, будинок, 1076.

Дане підприємство надає наступні послуги: оренда вантажного автомобільного транспорту, інша суміжна діяльність у сфері транспорту, виробництво електроенергії в невеликих об'ємах, передача та розподілення електроенергії, продаж електроенергії, будівництво систем трубопроводів, надання в оренду та експлуатацію нерухомого майна, легкових автомобілів чи вантажних автомобілів, прання та хімічне чищення текстильних і хутряних виробів, надання послуг по оренді інших машин, устаткування та товарів.

В найближчий час ТОВ «Енергогарант» планує розширювати сферу послуг та збільшувати виробничі потужності, а також відкривати власні виробничі цехи. Для реалізації даних планів ТОВ «Енергогарант» потребує розробки нової СЕП яка врахує технологічні особливості енергетичних навантажень та можливість їх подальшого розвитку.

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

Для ТОВ «Енергогарант» типовими є приймачі електроенергії з тривалим режимом роботи та наявним при цьому нагрівом ліній живлення та самого обладнання. ТОВ «Енергогарант» являється малим приватним підприємством споживачі якого відносяться до III категорії надійності електропостачання [1]. Також в проекті СЕП для даного підприємства потрібно врахувати те, що на території підприємства присутня значний об'єм сировини, матеріалів та заготовок, які являються горючим матеріалом.

Генеральний план ТОВ «Енергогарант» з необхідними для проекту СЕП даними представлено на рисунок 1.1. В таблиці 1.1 наявні дані електричних навантажень об'єктів проектування підприємства. Також на генплані зображено точку звідки в СЕП підприємства підведено зовнішнє живлення від підстанції.

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження нових виробничих потужностей ТОВ «Енергогарант»

№	Назва	Р, кВт	Площа м ²	Х, м	У, м
1	Адміністративна будівля	23,4	432	14	24
2	Виробничий корпус	440	1296	44	33
3	Пакувальний відділ	18,4	180	44	57
4	Майстерня	56,8	360	10	78
5	Гараж/СТО	33,6	720	38	108
6	Склад матеріалів	22,6	567	88	69
7	Столярний цех	46,5	441	88	45
8	Склад готової продукції	28,3	504	88	22
9	Пожежний резервуар	5,5	108	30	85

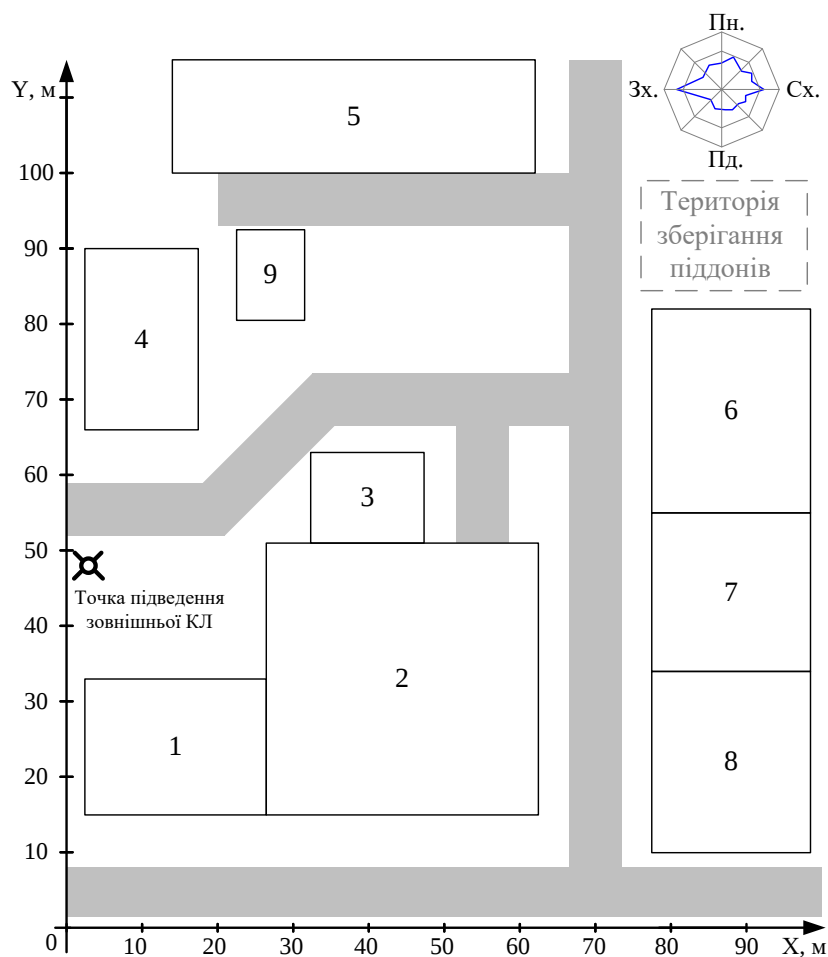


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

Відомості про навантаження споживачів виробничого корпусу представлено в табл. 1.2, план Виробничого корпусу (№2 на генплані) зображено на рисунку 1.2.

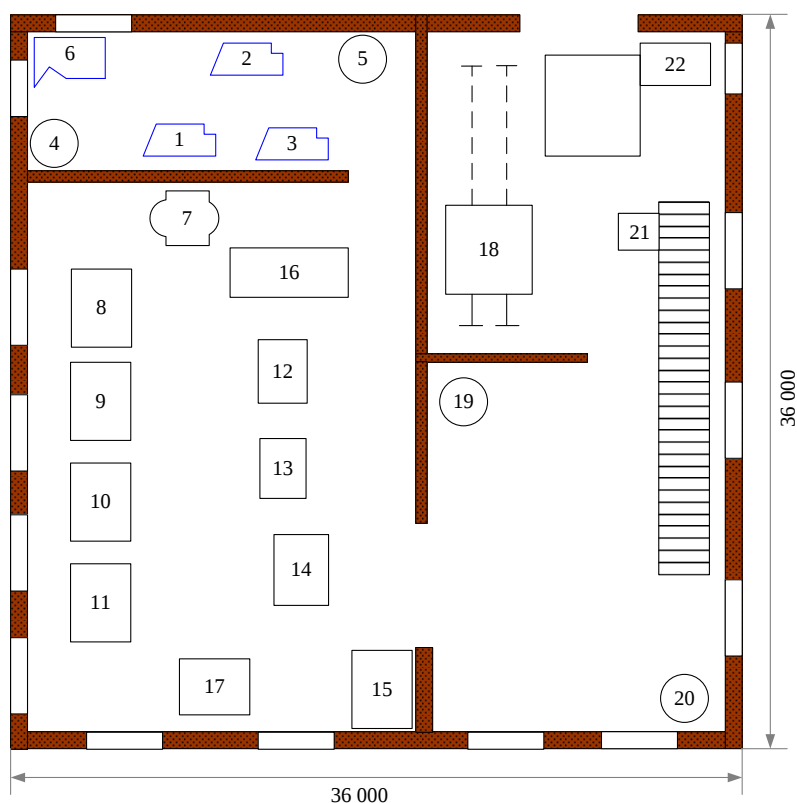


Рисунок 1.2 – План Виробничого корпусу (№2 на генплані)

Таблиця 1.2 – Відомості про ЕП цеху

№	Найменування	п	р, кВт	Рном, кВт
	Зварювальні автомати	3	51,8	155,4
	Витяжка	2	8,2	16,4
	Розточувальний верстат	1	52,1	52,1
	Компресор	1	33,4	33,4
	Стіл монтажний	4	9,6	38,4
	Заточувальні верстати	2	12,7	25,4
	Ділянка ремонту- збору	2	7,4	14,8
	Поздовжньо-стругальний верстат	1	22	22
	Прес	1	12,4	12,4
	Мостовий кран	2	18,5	37
	Витяжка	1	6,3	6,3
	Конвеєр	1	24,8	24,8
	Вага	1	1,6	1,6

Висновки. В даному розділі було проведено аналіз технологічних процесів та електричних навантажень ТОВ «Енергогарант». В найближчий час підприємство планує розширювати сферу послуг та збільшувати виробничі потужності, а також відкривати власні виробничі цехи. Для реалізації даних планів ТОВ «Енергогарант» потребує розробки нової сучасної СЕП яка врахує технологічні особливості енергетичних навантажень та можливість їх подальшого розвитку.

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Вибір схеми мережі цеху є важливим етапом проектування системи електропостачання. При виборі оптимальної схеми слід враховувати безліч факторів: характер тривалості навантаження, номінальна потужність ЕП та розрахункове навантаження на РП, розташування апаратів та технологічні процеси, надійність та економічність.

Розрахунок мережі цеху проводимо відповідно [6] використовуючи табличну форму (форма Ф636-92). Результат даного розрахунку показано в таблиці 2.1. Також враховуючи навантаження ЕП доцільно розподіляти потужність рівномірно між РП.

Для живлення усіх електроприймачів (ЕП) цеху буде використано два розподільчих пунктів РП 1,2. (рисунок 2.1).

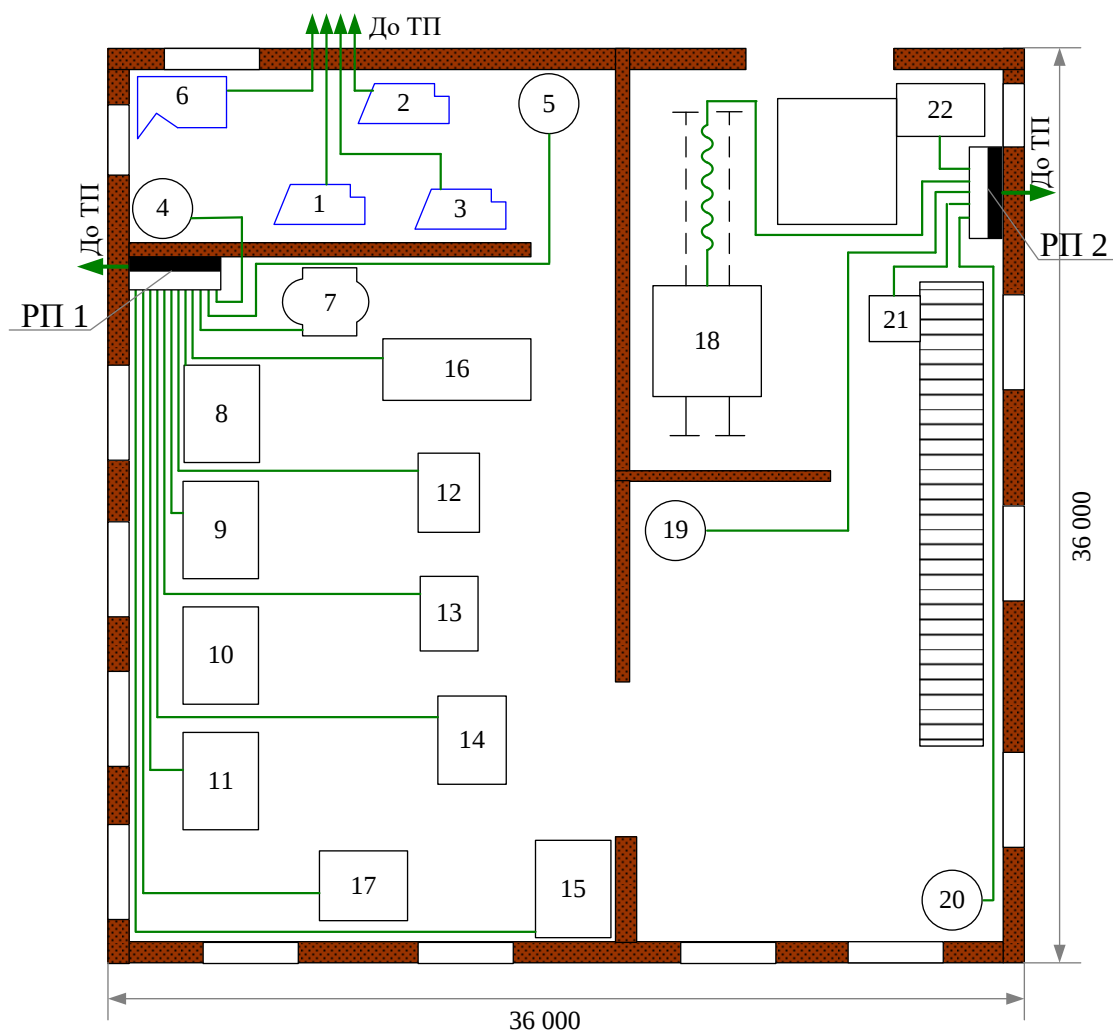


Рисунок 2.1 – План електропостачання цеху

Розрахункові навантаження окремих ЕП:

$$P_p = P_H, \quad Q_p = P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H; \quad (2.2)$$

де P_H - номінальна активна потужність (АП) окремого ЕП, кВт;

Розрахункові навантаження:

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

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

Для ШРА:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}; \quad (2.5)$$

$$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}; \quad (2.6)$$

де K_p - коефіцієнт розрахункового максимуму;

n_e - ефективне число ЕП під'єднаних до спільного РП;

Середні потужності:

$$P_C = K_B \cdot P_H; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.7)$$

Коефіцієнт використання для розподільчих пунктів:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}}; \quad (2.8)$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2}; \quad (2.9)$$

Розрахункова потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ; \quad (2.10)$$

Знаходимо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}. \quad (2.11)$$

Для прикладу здійснюємо розрахунок силового навантаження для РП-1:

$$K_{B,RP-1} = \frac{42,2}{162,8} = 0,26;$$

$$n_e = \frac{(2 \cdot 8,2 + 1 \cdot 33,4 + 4 \cdot 9,6 + 2 \cdot 12,7 + 2 \cdot 7,4 + 1 \cdot 22 + 1 \cdot 12,4)^2}{(2 \cdot 8,2)^2 + (1 \cdot 33,4)^2 + (4 \cdot 9,6)^2 + (2 \cdot 12,7)^2 + (2 \cdot 7,4)^2 + (1 \cdot 22)^2 + (1 \cdot 12,4)^2} = 9 \text{ (шт.)};$$

Із [1, таблиця 1.1] знаходимо $K_{P,RP-1} = 1,29$, звідси:

$$P_{P,RP-1} = 1,29 \cdot 42,2 = 54,44 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{P,RP-1} = 1,1 \cdot 44,72 = 49,19 \text{ (квар)};$$

$$S_{P,RP-1} = \sqrt{54,44^2 + 49,19^2} = 73,37 \text{ (кВА)};$$

$$I_{P,RP-1} = \frac{73,37 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 111,5 \text{ (А)}.$$

Розрахунок силового навантаження для РП-2:

$$K_{B,RP-2} = \frac{14,77}{69,7} = 0,21;$$

$$n_{eRP-2} = \frac{(2 \cdot 18,5 + 1 \cdot 6,3 + 1 \cdot 24,8 + 1 \cdot 1,6)^2}{(2 \cdot 18,5)^2 + (1 \cdot 6,3)^2 + (1 \cdot 24,8)^2 + (2 \cdot 1,6)^2} = 3 \text{ (шт.)};$$

Із [1] знаходимо $K_{P,RP-2} = 2,25$, звідси:

$$P_{P,RP-2} = 2,25 \cdot 14,77 = 33,22 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{P,RP-2} = 1,1 \cdot 18,01 = 19,81 \text{ (квар)};$$

$$S_{P,RP-2} = \sqrt{33,22^2 + 19,81^2} = 38,68 \text{ (кВА)};$$

$$I_{P,RP-2} = \frac{38,68 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 58,77 \text{ (А)}.$$

Для всього цеху:

$$K_{B.\Sigma} = \frac{107,29}{440} = 0,24;$$

$$n_{e\Sigma} = \frac{309^2}{4881} = 19 \text{ (шт.)};$$

Із [1] знаходимо $K_{P.\Sigma} = 1,18$, звідси:

$$P_{P\Sigma} = 1,18 \cdot 107,29 = 126,6 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{P\Sigma} = 1,0 \cdot 136,73 = 136,73 \text{ (квар)};$$

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{126,6^2 + 136,73^2} = 186,34 \text{ (кВА)};$$

Результати розрахунків для РП 1,2 та усього цеху представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Електричні навантаження цехової мережі

	Вихідні дані							Розрахункові величини			n _e	K _p	Розрахункові навантаження			
	Завдання технологів				Довідкові дані			n×K _B ×P _H кВт	Q _H квар	n×P ² _H			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	I _p , А
	Найменування ЕП	n	P _H , кВт	n×P _H , кВт	K _B	cosφ	tgφ									
	РП 1															
4,5	Витяжка	2	8,2	16,4	0,65	0,65	1,17	10,66	12,46	134,48						19,2
7	Компресор	1	33,4	33,4	0,15	0,65	1,17	5,01	5,86	1115,56						78,1
8-11	Стіл монтажний	4	9,6	38,4	0,25	0,75	0,88	9,60	8,47	368,64						19,4
12,13	Заточувальні верстати	2	12,7	25,4	0,25	0,6	1,33	6,35	8,47	322,58						32,2
14,15	Ділянка ремонту- збору	2	7,4	14,8	0,25	0,75	0,88	3,70	3,26	109,52						15,0
16	Поздовжньо-стругальний верстат	1	22	22	0,2	0,8	0,75	4,40	3,30	484,00						41,8
17	Пресс	1	12,4	12,4	0,2	0,65	1,17	2,48	2,90	153,76						29,0
	Всього РП 1	13		162,8	0,26			42,20	44,72	2688,54	9	1,29	54,44	49,19	73,37	111,4
18	Мостовий кран	2	18,5	37	0,15	0,65	1,17	5,55	6,49	684,50						43,2
19,20	Витяжка	1	6,3	6,3	0,65	0,65	1,17	4,10	4,79	39,69						14,7
21	Конвеєр	1	24,8	24,8	0,2	0,6	1,33	4,96	6,61	615,04						62,8
22	Вага	1	1,6	1,6	0,1	0,8	0,75	0,16	0,12	2,56						3,0
	Всього РП 2	5		69,7	0,21			14,77	18,01	1341,79	3,02	2,25	33,22	19,81	38,68	58,77
1,2,3	Зварювальні автомати	3	51,8	155,4	0,24	0,55	1,52	37,30	56,63	8049,72						143,1
6	Розточувальний верстат	1	52,1	52,1	0,25	0,6	1,33	13,03	17,37	2714,41						131,9
	Всього цеху	22		440	0,24			107,29	136,73	14794,46	13	1,18	126,60	136,73	186,34	283,11

2.2 Вибір схеми цехової мережі

Враховуючи, що використання радіальних схем забезпечує високу надійність електропостачання та розташування ЕП в цеху, то використовуємо радіальну схему для цехової мережі, що показано на рисунку 2.1.

Величину перерізу кожної окремої лінії живлення визначаємо за допустимим струмом.

Для захисту ліній будуть використані вимикачі на лініях від виробника ЕПІ типу ЕВ та ЕВ2.

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

Вибір АВ здійснюємо дотримуючись наступних вимог:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p; \quad (2.12)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_n. \quad (2.13)$$

$$I_{н.в\dot{I}ДК} \geq I_{К.маx}^{(3)}. \quad (2.14)$$

Виберемо АВ для захисту ЕП-1.

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n}; \quad (2.15)$$

$$I_p = \frac{51,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,55} = 143,1 \text{ (A)}.$$

Пусковий струм визначаємо від типу та кратності пускових струмів приводу:

$$I_n = 3 \cdot I_p = 3 \cdot 143,1 = 429,3 \text{ (A)}. \quad (2.16)$$

Для захисту ЕП-1 доцільно використати АВ з електронним розчіплювачем. Величина номінального струму розчіплювача для ЕП-1:

$$I_{н.розч\dot{I}п} \geq 1 \cdot 143,1 = 143,1 \text{ (A)};$$

$$I_{с.відс} \geq 1,5 \cdot 429,3 = 643,9 \text{ (A)}.$$

За розрахованими значеннями струмів приймаємо EB2 250/3L 160A 3р.

Відповідно вибираємо АВ для усіх інших ЕП цеху а результат заносимо до таблиці 2.2.

Приймаємо АВ для захисту РП-2. При розрахунку групового навантаження розрахунковий струм РП-2 склав $I_p = 58,77 \text{ A}$, потрібно врахувати, що струм групи споживачів менший струму самого потужного ЕП приєднаного до РП-2, яким являється ЕП №21 (Конвеєр), розрахунковий струм якого рівний $I_p = 62,8 \text{ A}$, тому в якості розрахункового струму РП-2 приймаємо розрахунковий струм ЕП-21.

$$I_p = 62,8 \text{ (A)}.$$

Пусковий струм для групи ЕП під'єднаних до РП:

$$\begin{aligned} I_{\Pi} &= I_p - K_B \cdot I_{н.мах} + I_{п.мах}; \\ I_{\Pi} &= 62,8 - 0,2 \cdot 62,8 + 314,0 = 360,2 \text{ (A)}. \end{aligned} \quad (2.17)$$

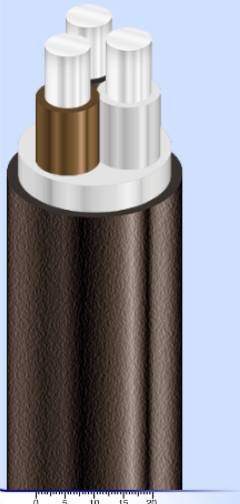
Вибираємо для захисту РП-2 вимикач від виробника ЕТІ марки EB2 250/3L 125A 3р. Розрахуємо номінальний струм розчіплювала та струм спрацювання відсічки для РП-2:

$$\begin{aligned} I_{н.розчп} &= 160 \geq 1,1 \cdot 62,8 = 69,1 \text{ (A)}; \\ I_{с.відс} &= 2000 \geq 1,5 \cdot 360,2 = 540,3 \text{ (A)}. \end{aligned}$$

Переріз ліній живлення для мереж на напругою до 1000 В необхідно вибирати за допустимим нагрівом жил.

$$I_{доп} \geq \begin{cases} I_p & \text{— для невибухонебезпечних приміщень,} \\ 1,25 \cdot I_p & \text{— для вибухонебезпечних приміщень.} \end{cases} \quad (2.18)$$

Для лінії, яка буде з'єднувати ТП з РП-2 обираємо силові КЛ з алюмінієвими СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої горючості АВВГзнг прокладений у землі перерізом 3х50+1х25 з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 143 > I_p = 62,8$ А. Конструкція даного кабелю та основні технічні характеристики представлені на рисунку 2.2.



АВВГзнг 3х50 (ож)-1
ТУ У 31.3-00214534-018-2003

Кабелі силові з алюмінієвими СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої горючості

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Номінальна напруга	кВ	1
Число та номінальний перетин струмопровідних жил	мм ²	3 х 50
Товщина фазної ізоляції	мм	1.4
Тривало допустимі струмові навантаження на змінному струмі промислової частоти *		
• при прокладанні у повітрі	А	126
• при прокладанні в ґрунті	А	143
Максимально допустима температура жили		
• тривало	°C	+70
• в аварійному режимі	°C	+90
• при короткому замиканні	°C	+160
Діапазон робочих температур	°C	-50 ... +50
Мінімальний радіус вигину при прокладанні	мм	225
Розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково)**	мм	30
Маса кабелю (орієнтовно)	кг/км	1140
Розрахункова будівельна довжина кабелю та маса бруто при постачанні на барабанах		
	м, т	# 14: 700 • 1.0 # 16а: 1120 • 1.5

Рисунок 2.2 – Конструкція кабелю АВВГзнг 3х50

Перевіримо втрату напруги в лінії, що живить ЕП-15, як найбільш віддаленого споживача:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{пит}} + Q_p \cdot X_{\text{пит}}}{U_H} \cdot l; \quad (2.19)$$

$$\Delta U_{\text{ТП-РП1}} = \frac{54,44 \cdot 0,769 + 49,19 \cdot 0,066}{380} \cdot 20 = 2,38 - (\text{В});$$

$$\Delta U_{\text{РП1-ЕП15}} = \frac{7,4 \cdot 9,61 + 7,4 \cdot 0,75 \cdot 0,098}{380} \cdot 40 = 7,54 (\text{В});$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП15}} = \Delta U_{\text{ТП-РП1}} + \Delta U_{\text{РП1-ЕП15}} = 2,38 + 7,54 = 9,92 (\text{В});$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП-ЕП15}} = \frac{9,92}{380} \cdot 100\% = 2,61. \quad (2.20)$$

Така втрата напруги на лінії електропередачі допустима. Для інших споживачів виконайте розрахунок аналогічним чином. Результати розрахунків занесіть в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – КЛ та АВ вибрані для цехової мережі

Найменування ЕП	І _р , А	І _п , А	Тип АВ	І _{ном} , А	І _{розч} , А	І _{св} , А	Тип ЛДЖ	S, мм ²	спос. прок.	І _{доп} , А
РП-1	111,5	490,1	ЕВ2 250/3L 125А 3р	125	125	2500	АВВГзнг	3х50+1х25	В землі	143
РП-2	62,8	360,2	ЕВ2 250/3L 125А 3р	125	125	2500	АВВГзнг	3х50+1х25	В землі	143
Витяжка	19,2	95,8	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
Компресор	78,1	390,4	ЕВ 100/3L 80А 3р	80	80	800	АВВГзнг	3х25+1х16	В трубі	102
Стіл монтажний	19,4	97,2	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
Заточувальні верстати	32,2	160,8	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	800	АВВГзнг	3х16+1х10	В трубі	77
Ділянка ремонту-збору	15,0	75,0	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	160	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
Поздовж.-струг. верст.	41,8	208,9	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	800	АВВГзнг	3х16+1х10	В трубі	77
Прес	29,0	144,9	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
Мостовий кран	43,2	216,2	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	800	АВВГзнг	3х16+1х10	В трубі	77
Витяжка	14,7	73,6	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГзнг	3х6+1х2,5	В трубі	37
Конвеєр	62,8	314,0	ЕВ 100/3L 80А 3р	80	80	800	АВВГзнг	3х25+1х16	В трубі	102
Вага	3,0	15,2	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	160	АВВГзнг	3х4+1х2,5	В трубі	37
Зварювальні автомати	143,1	715,5	ЕВ2 250/3L 160А 3р	160	160	2000	АВВГзнг	3х95+1х50	В трубі	221
Розточувальний верстат	131,9	659,6	ЕВ2 250/3L 160А 3р	160	160	2000	АВВГзнг	3х95+1х50	В трубі	221

Отже в даній частині роботи було здійснено розрахунок навантаження Виробничого корпусу (№2 на генплані). За отриманими результатами був здійснений подальший вибір ліній живлення та захисних апаратів за умови їх роботи за допустимими параметрами. Усі обрані захисні апарати та КЛ мають бути перевірені при виникненні аварійних режимів, та можливості відключення струмів КЗ та селективної роботи ступенів захисту.

2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Необхідно провести розрахунок струмів які виникають під час КЗ для перевірки раніше обраних АВ та КЛ.

Для прикладу здійснюємо розрахунок струмів КЗ для лінії, що під'єднано ЕП-11. Розрахункова схема живлення ЕП-11 представлена на рисунок 2.3.

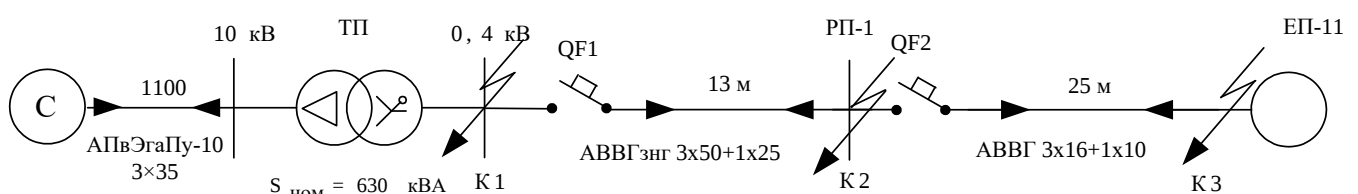


Рисунок 2.3 – Схема живлення ЕП-11 від РП-1

Знаходимо номінальний коефіцієнт трансформації:

$$t_r = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{10}{0,4} = 25; \quad (2.21)$$

Опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K''} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 0,00101 \text{ (Ом)}. \quad (2.22)$$

де C - коефіцієнт напруги;

U_n – номінальна напруга;

I_K'' – початкова сила струму КЗ, для даної мережі 10 кА.

Активний і реактивний опір системи рівний:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 1,016 = 0,97 \text{ (мОм)}; \quad (2.23)$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c = 0,1 \cdot 0,97 = 0,097 \text{ (мОм)}. \quad (2.24)$$

Опір трансформатора від якого отримує живлення РП:

$$Z_T = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{ном.Т}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{400^2}{630 \cdot 10^3} = 5,5 \text{ (мОм)}. \quad (2.25)$$

Визначаємо опори ліній живлення:

$$R_{L1} = r_{пит} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,868 \cdot 1100 \cdot \frac{1}{25^2} = 1,698 \text{ (мОм)}; \quad (2.26)$$

$$X_{L1} = x_{пит} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,064 \cdot 1100 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,146 \text{ (мОм)}; \quad (2.27)$$

$$Z_{Л2} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{0,769^2 + 0,066^2} \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 7,94 \text{ (мОм)};$$

$$Z_{Л3} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{1,54^2 + 0,072^2} \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 48,53 \text{ (мОм)}.$$

Дані для визначення величини струмів КЗ наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Дані ліній живлення та трансформатора

Ділянка кола	L, м	R0, мОм/м	X0, мОм/м	R, мОм	X, мОм	Z, мОм	Zφ-0, мОм
ТМ 630/10/0,4	-	-	-	0,7	3,36	5,5	140
Л1	1100	0,868	0,064	1,698	0,146	1,704	3,35
Л2	13	0,769	0,066	0,774	0,1788	7,94	1,05
Л3	25	1,54	0,072	48,5	1,6875	48,53	5,92

Значення струму при трифазному металевому КЗ:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}. \quad (2.28)$$

де Z_{Σ} - сумарний опір елементів цехової мережі до точки виникнення КЗ.

- для точки КЗ:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 1,704 + 7,94 + 48,53)} = 3,78 \text{ (кА)}.$$

- для точки К2:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 1,704 + 7,94)} = 15,83 \text{ (кА)}.$$

- для точки К1:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 1,704)} = 33,05 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо раніше обрані АВ на комутаційну здатність:

$$I_{\text{cu}} > I_{\text{к.макс}}^{(3)}. \quad (2.29)$$

QF1: EB2 250/3L 125A 3p з $I_{\text{cu}} = 36 \text{ (кА)}$.

$$I_{\text{cu}} = 36 \text{ (кА)} > I_{\text{к.макс}}^{(3)} = 33,05 \text{ (кА)}.$$

Для точки К1 умова перевірки обраного АВ виконується.

QF2: EB 100/3L 16A 3p з $I_{\text{cu}} = 17,5 \text{ (кА)}$.

$$I_{cu} = 17,5 \text{ (кА)} > I_{к.мах}^{(3)} = 15,83 \text{ (кА)}.$$

Для точки К2 умова перевірки обраного АВ виконується.

В точці виникнення розраховуємо струм однофазного:

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-н} \cdot l}; \quad (2.30)$$

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

$Z_{\phi-н}$ - питомий опір петлі фаза-ноль;

l – довжина лінії живлення.

Розраховуємо струм однофазного КЗ на кінці лінії ТП-РП-1:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma}^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{0T} + 3 \cdot R_{пер})^2 + (2 \cdot X_T + X_{0T})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 0,7 + 0,7 + 3 \cdot 3,8)^2 + (2 \cdot 3,36 + 3,36)^2} = 16,84 \text{ (мОм)}; \\ I_{кR2}^{(1)} &= \frac{220}{\frac{16,84}{3} + 1,05 \cdot 3} = 25,1 \text{ (кА)}. \end{aligned} \quad (2.31)$$

Струм однофазного КЗ на затискачах ЕП-11:

$$\begin{aligned} Z_T^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{0T})^2 + (2 \cdot X_T + X_{0T})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 0,7 + 0,7)^2 + (2 \cdot 3,36 + 3,36)^2} = 10,29 \text{ (мОм)}; \\ I_{к3}^{(1)} &= \frac{220}{\frac{10,26}{3} + 1,05 \cdot 3 + 5,92 \cdot 25} = 1,42 \text{ (кА)}. \end{aligned} \quad (2.32)$$

Здійснюємо перевірку виконання наступної умови:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_K^{(1)}}{3}; \quad (2.33)$$

Умова чутливості захисту лінії ТП – РП-1:

$$I_{H.ROЗЧ} = 125 \text{ (A)} \leq \frac{I_{KR2}^{(1)}}{3} = \frac{25100}{3} = 8366,7 \text{ (A)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП-1 – ЕП-11:

$$I_{H.ROЗЧ} = 16 \text{ (A)} \leq \frac{I_{KR2}^{(1)}}{3} = \frac{1420}{3} = 473,3 \text{ (A)}.$$

Умови перевірки чутливості обраних АВ виконуються.

Селективність АВ необхідно перевірити за умовами:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}; \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases} \quad (2.34)$$

Перевірку на селективну роботу захистів для вимикачів, що захищають лінії ТП - ГРП(вимикач 1), РП-1 - ЕП-11 (вимикач 2) (дані про вимикачі знаходяться в таблиці 2.4) виконуємо за наступними співвідношеннями:

$$I_{c.B1} = 2500 \text{ (A)} > (1,3..1,5)160 = 208...240 \text{ (A)}.$$

Карта селективності захисту зображена на рисунку 2.4.

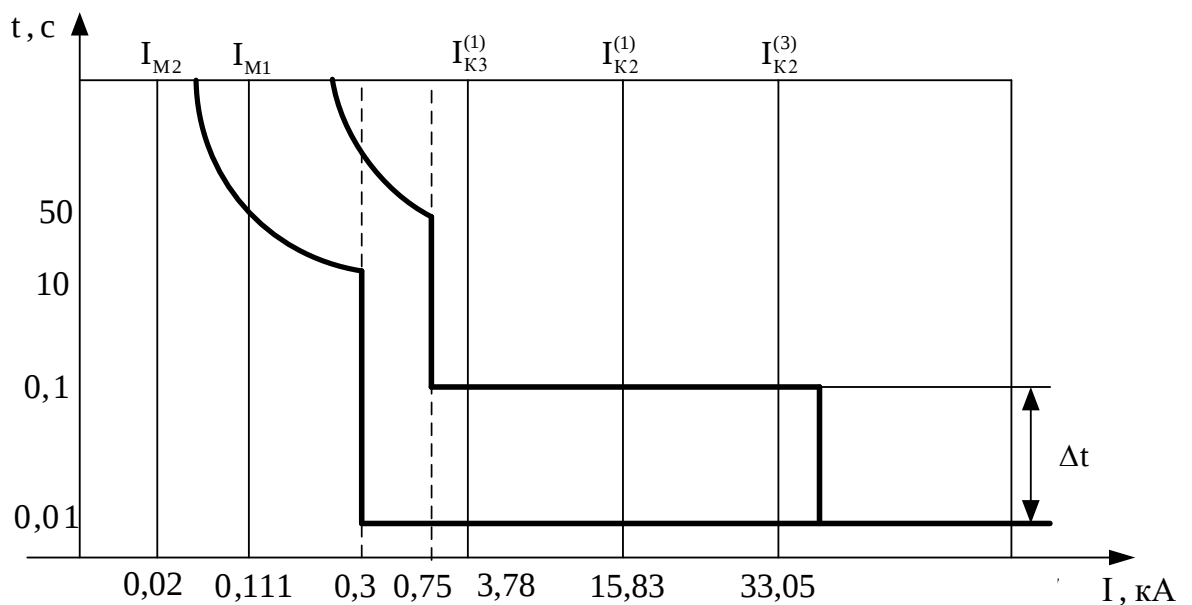


Рисунок 2.4 – Карта селективності захисту мережі цеху

2.5 Розрахунок навантажень підприємства

Активна та реактивна потужності окремого об'єкту визначається як:

$$P_C = K_{\Pi} \cdot P_H; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.35)$$

Розрахункова потужність систем освітлення [5] в залежності від площі цеху:

$$P_O = P_{\text{ПІТ.О}} \cdot K_{\text{ПО}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot F; \quad (2.36)$$

$$Q_O = P_O \cdot \operatorname{tg} \phi_O; \quad (2.37)$$

Розрахункові потужності:

$$P_P = P_C + P_O; \quad Q_P = Q_C + Q_O; \quad (2.38)$$

Розрахункові максимальні навантаження:

$$P_{P\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N P_{Pi} + P_{\text{ПЦі}} + P_{P3} \right) + P_{O\Sigma}; \quad Q_{P\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N Q_{Pi} + Q_{\text{ПЦі}} + Q_{P3} \right); \quad (2.39)$$

Сумарне навантаження усіх цехів підприємства:

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2}; \quad (2.40)$$

Для прикладу проведемо розрахунок для Адміністративної будівлі (№1 на генплані):

$$P_C = K_{\Pi} \cdot P_H = 0,5 \cdot 23,4 = 11,7 \text{ (кВт)};$$

$$Q_C = P_C \operatorname{tg} \varphi = 11,77 \cdot 0,62 = 7,25 \text{ (кВт)};$$

$$P_O = 0,016 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 432 = 7,46 \text{ (кВт)};$$

$$P_P = 11,7 + 7,46 = 19,16 \text{ (кВт)};$$

$$Q_P = 7,25 + 0,43 \cdot 7,46 = 10,46 \text{ (кВт)};$$

$$S_P = \sqrt{19,16^2 + 10,46^2} = 21,83 \text{ (кВА)}.$$

Результати розрахунку навантаження підприємства зводимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

№	Назва цеху	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження				Сумарне навантаження			
		P _н , кВт	K _п	cos φ	tg φ	P _с , кВт	Q _с , квар	F, м ²	Γ _п , Вт/м ²	K _{по}	K _{пра}	P _о , кВт	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Адміністративна будівля	23,4	0,5	0,85	0,62	11,7	7,25	432	0,016	0,9	1,2	7,46	19,16	10,46	21,83
2	Виробничий корпус	440				107,29	136,73	1296	0,014	0,9	1,2	19,60	126,88	145,15	192,79
3	Пакувальний відділ	18,4	0,45	0,75	0,88	8,28	7,30	180	0,014	0,9	1,2	2,72	11,00	8,47	13,89
4	Майстерня	56,8	0,4	0,6	1,33	22,72	30,29	360	0,014	0,85	1,2	5,14	27,86	32,50	42,81
5	Гараж/СТО	33,6	0,4	0,65	1,17	13,44	15,71	720	0,014	0,85	1,2	10,28	23,72	20,13	31,11
6	Склад матеріалів	22,6	0,4	0,8	0,75	9,04	6,78	567	0,012	0,8	1,2	6,53	15,57	9,59	18,29
7	Столярний цех	46,5	0,4	0,65	1,17	18,6	21,75	441	0,014	0,85	1,2	6,30	24,90	24,45	34,90
8	Склад готової продукції	28,3	0,4	0,8	0,75	11,32	8,49	504	0,012	0,8	1,2	5,81	17,13	10,99	20,35
9	Пожежний резервуар	5,5	0,2	0,8	0,75	1,1	0,83	108	0,011	0,6	1,2	0,86	1,96	1,19	2,29
	Всього по підприємству	675,1				203,48	235,12	4608				64,69	258,01	249,79	359,12

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

Вибір класу напруги елементів електричної мережі є техніко-економічним завданням, яке повинне вирішуватися в сукупності з вибором схеми електропостачання з урахуванням можливих варіантів [12]. Під час проектування для визначення напруги лінії електропередачі можна використовувати наступну формулу:

$$U_{ек} = 4,34 \sqrt{L + 16 \cdot P_p}; \quad (2.41)$$

Отже значення напруги для СЕП підприємства:

$$U_{ек} = 4,34 \sqrt{2,3 + 16 \cdot 0,258} = 11 \text{ (кВ)}.$$

Приймаємо два варіанти схеми зовнішнього електропостачання за класами напруги 10 кВ та 35 кВ.

2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

Виконання техніко-економічних розрахунків полягає в розрахунку витрат на капіталовкладення для виконання СЕП обох класів напруг [13].

Вибір КЛ здійснюємо за допустимим струмом.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \text{ (A);} \quad (2.42)$$

$$I_{p35} = \frac{359,12}{\sqrt{3} \cdot 35} = 6,1 \text{ (A);}$$

$$I_{p10} = \frac{359,12}{\sqrt{3} \cdot 10} = 20,8 \text{ (A).}$$

Для КЛ 10 кВ доцільно обрати кабель типу АПвЭгаПу-10 3×35 [16], величина допустимого струму складає 129 А. На рисунку 2.4 представлено паспортні дані кабелю АПвЭгаПу-10 3×35.

АПвЭгаПу-10 3х35 ТУ У 31.3-00214534-017-2003 Кабелі силові з алюмінієвими СПЖ, ізоляцією зі зшитого поліетилену, поздовжньою та поперечною герметизацією екрану та посиленою зовнішньою оболонкою з поліетилену ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:			
Номинальна напруга	кВ		10
Максимальна напруга	кВ		12
Число та номінальний перетин струмопровідних жил	мм ²		3 х 35
Товщина ізоляції	мм		3.4
Мінімальний перетин екрану	мм ²		16
Допустимий струм короткого замикання по екрану мінімального перетину	кА		3.3
Максимально допустимий струм короткого замикання по струмопровідній жилі	кА		3.3
Тривало допустимі струмові навантаження *			
• при прокладанні у повітрі	А		132
• при прокладанні в ґрунті	А		119
Рівень часткових розрядів при номінальній напрузі, не більше	рС		6
Максимально допустима температура жили			
• тривало	°С		+90
• в аварійному режимі	°С		+130
• при короткому замиканні	°С		+250
Діапазон робочих температур	°С		-60 ... +50
Мінімальний радіус вигину при прокладанні	мм		816
Розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково)**	мм		51
Маса (орієнтовно)	кг/км		2440

Рисунок 2.4 – Конструкція кабелю АПвЭгаПу-10 3×35

Для КЛ 35 кВ доцільно обрати кабель типу АПвЭгаПу-35 3х50 [16], величина допустимого струму складає 140 А.

Визначаємо величину капітальних а результат показано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Величина капіталовкладень в СЕП 10 чи 35 кВ

Перелік елементів схем	Вартість	10 кВ		35 кВ	
		Кількість	Вартість	Кількість	Вартість
Лінії електропередавання, км	тис.грн. за 1 км КЛ	км	тис.грн.	км	тис.грн.
КЛ 10 кВ АПвЭгаПу 3×35	419,00	1,1	460,90		
КЛ 35 кВ АПвЭгаПу 3×50	592,20			2,3	1362,05
ВСЬОГО по лініях			460,90		1362,05
Підстанції	тис.грн. за одиницю ПС.	штук	тис.грн.	штук	тис.грн.
Спорудження ПС 35 кВ 630 кВ*А	462			1	462
Спорудження ПС 10 кВ 630 кВ*А	413	1	413		
ВСЬОГО по ПС			413		462
ВСЬОГО			873,9		1824,05

Навантажувальні втрати активної електричної енергії визначають за наступною формулою:

$$\Delta W_a = \Delta P_m \cdot \tau = 3I_m^2 R_e \cdot 10^{-3} \cdot \tau \text{ (кВт·год/рік);} \quad (2.43)$$

Вартість втрат електроенергії в лініях живлення відповідно класу напруг:

$$C_{\Delta W_{10}} = 3 \cdot 10,37^2 \cdot 0,868 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1968,1 \cdot 6,649 = 4,03 \text{ (тис.грн./рік);}$$

$$C_{\Delta W_{35}} = 3 \cdot 2,96^2 \cdot 0,641 \cdot 2,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1968,1 \cdot 5,195 = 0,4 \text{ (тис.грн./рік).}$$

Щорічні витрати представлено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Щорічні витрати відповідно класу напруг

Перелік поточних витрат	Варіанти	
	10 кВ	35 кВ
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, в тому числі:		
ПЛ – 35 кВ, 1,2% від К		16,34
ПЛ 10 кВ, 3,8% від К	11,06	
ПС 35 кВ, 2,4% від К		11,09
ПС 10 кВ, 4,3% від К	37,58	
Всього щорічні витрати на обслуговування, ВО тис.грн.	48,64	27,43
Амортизація, в тому числі:		
ПЛ – 35 кВ, 2% від К		27,24
ПЛ 10 кВ, 3% від К	9,22	
ПС 35 кВ, 3,6% від К		65,67
ПС 10 кВ, 3,6% від К	31,46	
Всього щорічні витрати на амортизацію, Ва тис.грн.	40,68	92,91
Тариф на ЕЕ, грн./кВт*год	6,649	5,195
Вартість втрат електроенергії в ЛЕП, ВΔW тис.грн.	4,03	0,40
ВСЬОГО щорічні витрати (В) тис.грн.	93,35	120,74

Зведені річні витрати доцільно визначити за наступною формулою:

$$З = E_n \cdot K + B; \quad (2.44)$$

де E_n – коефіцієнт ефективності капітальних вкладень в об'єкти СЕП ($E_n = 0,1$ [12]); K – капітальні вкладення; B – річні витрати на експлуатацію СЕП.

Враховуючи різницю цін на електроенергію згідно класу напруги [15] ($6,649 - 5,195 = 1,454$ грн./кВт·год.) величина різниці в оплаті за спожиту електроенергію рівна $1,454 \cdot 258 \cdot 3500 = 1312,96$ тис.грн..

$$_{10} = 0,1 \cdot 873,9 + 93,35 + 1312,96 = 1493,7 \text{ (тис.грн.)};$$

$$_{35} = 0,1 \cdot 1824,05 + 120,74 = 303,14 \text{ (тис.грн.)};$$

Термін окупності вигіднішого варіанту відносно іншого:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{1824,05 - 873,9}{(93,35 + 1312,96) - 120,74} = 0,74 \text{ (років)}. \quad (2.45)$$

Розрахунок вказує на те, що вигіднішим є варіант спорудження СЕП 35 кВ. Але оскільки підприємство має бути реалізоване в забудові міста Вінниця, де наявні діючі підстанції 10 кВ до яких можна під'єднати СЕП даного підприємства, приймаємо рішення, що живлення СЕП буде виконано на напрузі 10 кВ довжиною лінії 1,1 км.

2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

Сумарна повна розрахункова потужність об'єктів підприємства:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^9 \sqrt{P_{Pi}^2 + Q_{Pi}^2} = 357,58 \text{ (кВА)}; \quad (2.46)$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{10} F_i = 4608 \text{ (м}^2\text{)}; \quad (2.47)$$

Середнє питоме навантаження на 1 м^2 площі:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{357,58}{4608} = 0,08 \text{ (кВА/м}^2\text{)}; \quad (2.48)$$

В [1] вказано, що при такій питомій густині потужності доцільно використовувати трансформатори потужністю до 630 кВА.

ТОВ «Енергогарант» являється малим приватним підприємством споживачі якого відносяться до III категорії надійності електропостачання. Отже для живлення цехів підприємства встановлено трансформаторну підстанцію з потужністю трансформатора 630 кВА. Номінальні параметри трансформатора представлені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Номінальні параметри трансформаторів

Марка	S_n , кВА	$U_{\text{вн}}$, кВ	$U_{\text{нн}}$, кВ	ΔP_{xx} , кВт	ΔP_k , кВт	I_{xx} , %	U_k , %
ТМ	630	10	0,38	1,31	8,5	2	5,5

Визначимо фактичний коефіцієнт завантаження трансформаторної підстанції. Дані розрахунку приведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Коефіцієнт завантаження трансформаторної підстанції

№ цеху	Назва цеху	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	S_t , кВА	N , шт.	K_3 , в.о.
1	Адміністративна будівля	19,16	10,46	21,83			
2	Виробничий корпус	126,88	145,15	192,79			
3	Пакувальний відділ	11,00	8,47	13,89			
4	Майстерня	27,86	32,50	42,81			
5	Гараж/СТО	23,72	20,13	31,11			
6	Склад матеріалів	15,57	9,59	18,29			
7	Столярний цех	24,90	24,45	34,90			
8	Склад готової продукції	17,13	10,99	20,35			
9	Пожежний резервуар	1,96	1,19	2,29			
	Всього по ТП	268,18	262,94	375,58	630	1	0,60

Даний коефіцієнт навантаження нижчий нормованого значення. Але така потужність трансформаторної підстанції задовольняє вимогу для реалізації подальшого розвитку підприємства та збільшенню виробничих потужностей.

Місце установки цехових ТП визначаємо за наступними формулами:

$$X_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}, \quad Y_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}; \quad (2.49)$$

В таблиці 2.9 представлені розрахунки відповідно формулі (2.49), які дають змогу визначити ЦЕН для мережі даного підприємства.

Таблиця 2.9 – Координати розміщення ЕП

№	Цех	ТП	Pp, кВт	X, м	Y, м	Pp*X, кВт*м	Pp*Y, кВт*м
1	Адміністративна будівля	1	19,16	14	24	268,31	459,96
2	Виробничий корпус	1	126,88	44	33	5582,79	4187,09
3	Пакувальний відділ	1	11,00	44	57	484,07	627,09
2	Майстерня	1	27,86	10	78	278,61	2173,14
5	Гараж/СТО	1	23,72	38	108	901,42	2561,93
6	Склад матеріалів	1	15,57	88	69	1370,32	1074,46
7	Столярний цех	1	24,90	88	45	2190,98	1120,39
8	Склад готової продукції	1	17,13	88	22	1507,10	376,77
9	Пожежний резервуар	1	1,96	30	85	58,66	166,21
			ΣPp, кВт	ΣPp*X/ΣPp	ΣPp*Y/ΣPp	ΣPp*X, кВт*м	ΣPp*Y, кВт*м
	Сумарно по ТП		268,18	47,14	47,53	12642,25	12747,04

Оптимальні координати ТП збігаються з ЦЕН.

$$\text{Дані } \sum_{i=1}^n P_{\text{Mi}} = 268,18 \text{ (кВт)};$$

$$\sum_{i=1}^n P_{\text{Mi}} \cdot X_i = 12642,25 \text{ (кВт м)};$$

$$\sum_{i=1}^n P_{\text{Mi}} \cdot Y_i = 12747,04 \text{ (кВт м)};$$

$$X_0 = \frac{12642,25}{268,18} = 47,1 \text{ (м)};$$

$$Y_0 = \frac{12747,04}{268,18} = 47,5 \text{ (м)}.$$

Рішення про розміщення ТП в центрі електричних навантажень необхідно погоджувати з технологами і будівельниками. Координати в яких буде розміщено ТП: X = 35 (м); Y = 55 (м). Дані координати припадають на Вагову (№3 на генплані),

що дає змогу не споруджувати додаткову будівлю під ПС. Генплан підприємства представлено на рисунку 2.5.

Будуємо картограму навантажень і визначимо ЦЕН підприємства.

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.50)$$

Сектор освітлювального навантаження цеху складає:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.51)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Дані про об'єкти підприємства для побудови картограми

№	Цех	X, м	Y, м	P _p , кВт	P _o , кВт	r, м	α°	d, м
1	Адміністративна будівля	14	24	19,16	7,46	7,81	140,2	15,62
2	Виробничий корпус	44	33	126,88	19,60	20,10	55,6	40,20
3	Пакувальний відділ	44	57	11,00	2,72	5,92	89,1	11,84
4	Майстерня	10	78	27,86	5,14	9,42	66,4	18,84
5	Гараж/СТО	38	108	23,72	10,28	8,69	156,0	17,38
6	Склад матеріалів	88	69	15,57	6,53	7,04	151,0	14,08
7	Столярний цех	88	45	24,90	6,30	8,90	91,1	17,81
8	Склад готової продукції	88	22	17,13	5,81	7,39	122,0	14,77
9	Пожежний резервуар	30	85	1,96	0,86	2,50	157,5	4,99

2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Живлення підприємства здійснюється від п/ст. 110/10, що знаходиться на відстані 1,1 км від підприємства.

Згідно із ПУЕ [3] всі задіяні для реалізації СЕП електричні апарати необхідно вибирати за номінальним струмом та напругою, а також перевіряють їх на термічну і динамічну стійкість.

Високовольтні вимикачі вибираються за наступних параметрів:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}; \quad (2.52)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{max}}; \quad (2.53)$$

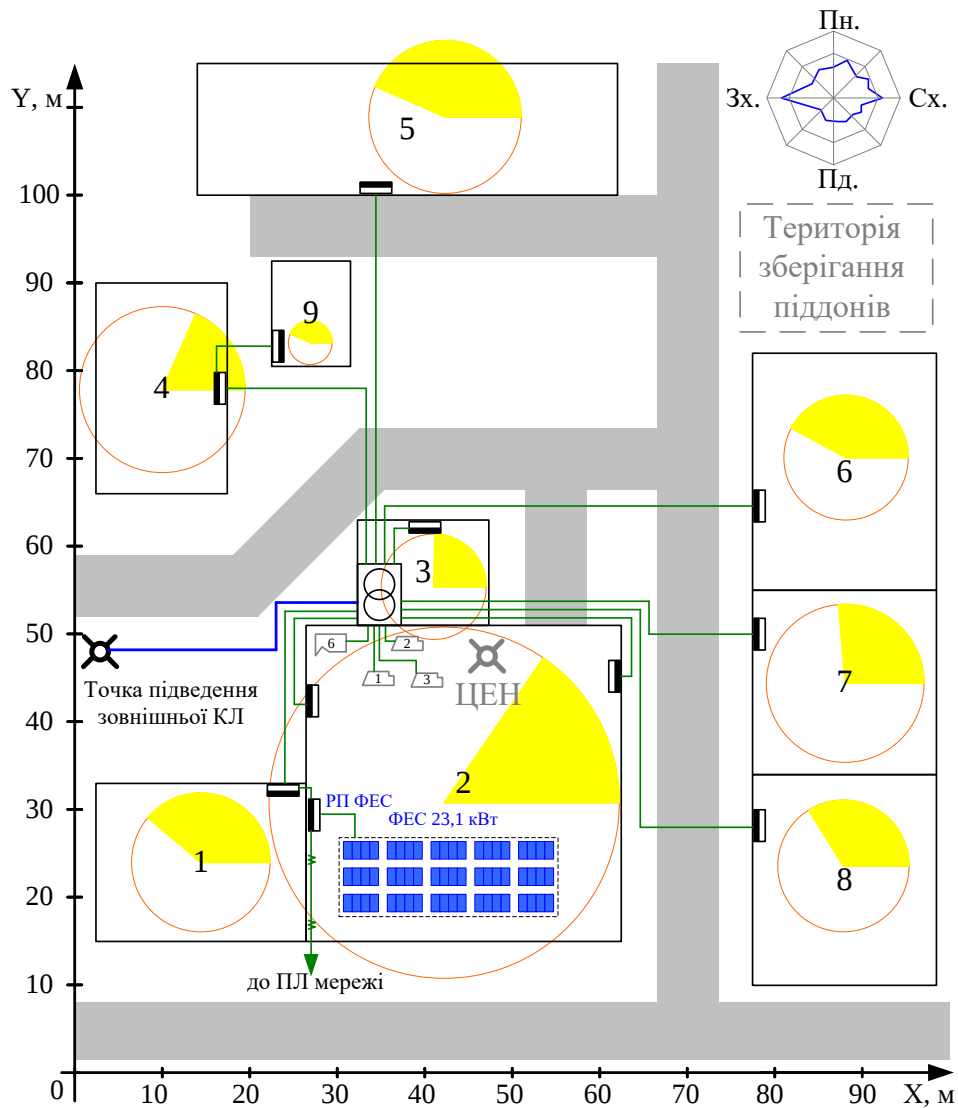


Рисунок 2.5 – Картограма навантажень підприємства

Визначимо максимальний робочий струм для нормального режиму для ТП:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{359,12}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 20,8 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,3 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 47,3 \text{ (A)},$$

На стороні 10 кВ будуть задіяні вакуумні вимикачі ВРС-10-20/400. Номінальний струм даних силових вимикачів $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ A} > I_{\text{м.ав}} = 47,3 \text{ A}$. Час спрацювання відключення даного вимикача 0,075 с.

Живлення заводу виконано за допомогою КЛ типу АПвЭгаПу-10 3×35, які прокладені в траншеї в землі.

Перевірка допустимого нагрівання кабелів із зшитого ПЕ виконується для нормального та післяаварійного режимів з урахування умов прокладки [12]:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.54)$$

де k_1 - коефіцієнт, що характеризує температуру навколишнього середовища;
 k_2 - коефіцієнт, що характеризує глибину прокладення кабелів в землі;
 k_3 - коефіцієнт, що характеризує питомий термічний опір ґрунту;
 k_4 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в землі;
 k_5 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в повітрі;
 k_6 - коефіцієнт, що характеризує вплив перерізу екрана.

$$47,3 \text{ (A)} \leq 1,07 \cdot 0,95 \cdot 1,32 \cdot 0,69 \cdot 1,0 \cdot 0,98 \cdot 129 = 117 \text{ (A)}.$$

Дана умова виконується. Також даний переріз дозволить нарощувати підприємством виробничі потужності без суттєвих додаткових капіталовкладень в розширення СЕП. Також потрібно здійснити перевірку КЛ на термічну стійкість до дії струмів КЗ при максимальному струмі який виникає під час трьохфазного короткого замикання.

3.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

При виборі обладнання за умовами нормального режиму визначають відповідність даного апарату умовам роботи даного навколишнього середовища, роду струму та напруги установки. Вибір здійснюють, користуючись наявними номінальними даними апаратів, вказаними на їх щитках. Перевірку апаратів на динамічну та термічну стійкість проводять після визначення розрахункових значень струмів короткого замикання у місці установки апаратів або за ними, але завжди з урахуванням протікання струмів короткого замикання.

Однолінійна схема підприємства представлена на рисунку 2.6. В таблиці 2.11 подано інформацію про вид АВ та лінії живлення відповідно до приєднання.

Таблиця 2.11 – Комутаційна апаратура та лінії живлення заводської мережі

Лінія	Sp, кВА	Ip, А	Вимикач	Iном, А	Провідник	S, мм ²	Iдоп, А
С-ТП	359,12	20,7	ВРС-10-20/400 УЗ	630	АПвЭраПу-10	3×35	129
ТП-РП цеху №1	21,83	33,2	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	АВВГзнг	3х16+1х10	77
ТП-РП-1 цеху №2	73,37	111,5	ЕВ2 250/3Л 125А 3р	125	АВВГзнг	3х50+1х25	143
ТП-РП-2 цеху №2	38,68	58,8	ЕВ2 250/3Л 125А 3р	125	АВВГзнг	3х50+1х25	143
ТП-ЕП-1,2,3 цеху №2	94,18	143,1	ЕВ2 250/3Л 160А 3р	160	АВВГзнг	3х95+1х50	221
ТП-ЕП-6 цеху №2	86,83	131,9	ЕВ2 250/3Л 160А 3р	160	АВВГзнг	3х95+1х50	221
ТП-РП цеху №3	13,89	21,1	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	АВВГзнг	3х10+1х6	59
ТП-РП цеху №4+цех №9	45,10	68,5	ЕВ 100/3Л 80А 3р	80	АВВГзнг	3х25+1х16	102
ТП-РП цеху №5	31,11	47,3	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	АВВГзнг	3х16+1х10	77
ТП-РП цеху №6	18,29	27,8	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	АВВГзнг	3х10+1х6	59
ТП-РП цеху №7	34,90	53,0	ЕВ 100/3Л 63А 3р	63	АВВГзнг	3х16+1х10	77
ТП-РП цеху №8	20,35	30,9	ЕВ 100/3Л 32А 3р	32	АВВГзнг	3х10+1х6	59
ТП-РП цеху №9	2,29	3,5	ЕВ 100/3Л 16А 3р	16	АВВГзнг	3х4+1х2,5	37

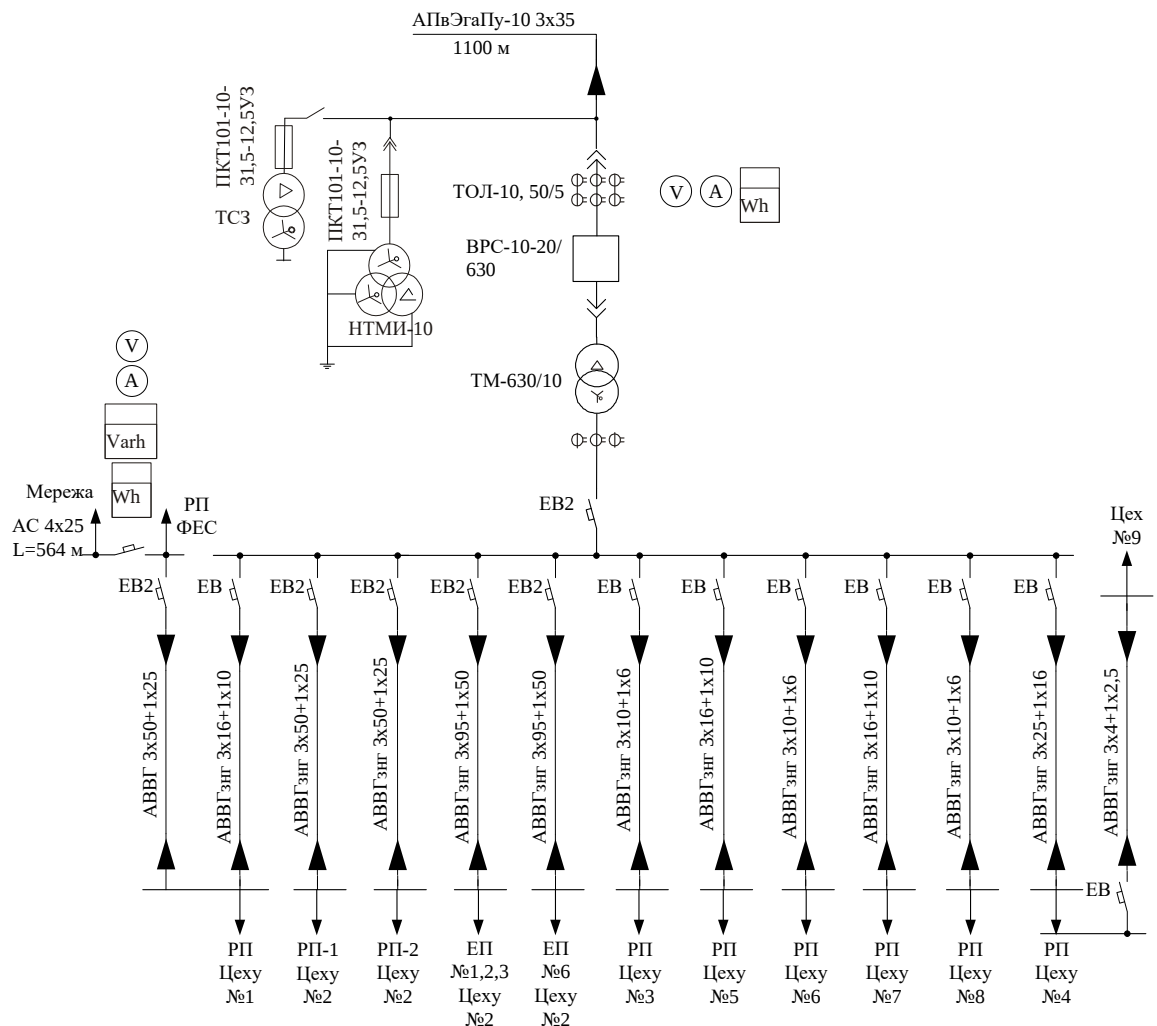


Рисунок 2.6 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

2.10 Розрахунок струмів КЗ та перевірка вибраних вимикачів

В електроустановках можуть виникати різні види коротких замикань, що супроводжується різким збільшенням сили струму. Все електрообладнання, встановлене в системі електропостачання, має бути стійким до струмів короткого замикання і підібрано з урахуванням цих струмів. Основними причинами виникнення струмів короткого замикання в мережі можуть бути пошкодження ізоляції окремих частин електроустановок, неправильна поведінка обслуговуючого персоналу, дублювання струмоведучого обладнання.

Необхідно визначити наступні параметри СЕП, як: періодичну складову струму трифазного КЗ в початковий момент часу $I_{\text{ПО}}$, періодичну та аперіодичну складові в момент розходження контактів, ударний струм КЗ та тепловий імпульс V_K .

Складаємо схему заміщення (рисунок 2.7).

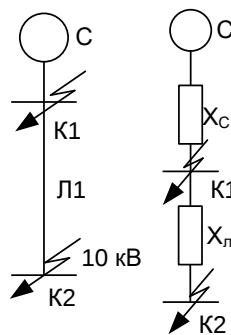


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема і схема заміщення системи електропостачання

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов:

$$S_R = 1000; \quad S_{K3} = 58.$$

$$X_C = \frac{S_R}{S_K} = \frac{1000}{58} = 17,24 \text{ (в.о.)}. \quad (2.55)$$

$$X_{\text{Л}} = X_{\text{пит.ЖЛ}} \cdot l_{\text{ЖЛ}} \cdot \frac{S_R}{U_{\text{сер}}^2} = 0,068 \cdot 1,38 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 0,54 \text{ (в.о.)}. \quad (2.56)$$

Знаходимо результуючі опори:

$$X_{\Sigma c} = X_c + X_{\text{Л}}; \quad (2.57)$$

$$x_{\Sigma c} = 17,24 + 0,54 = 17,78 \text{ (в.о.)}.$$

Початкове діюче значення струму КЗ в точці К1:

$$I_R = \frac{S_R}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сеп}}} \quad (2.58)$$

$$I_R = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55,05 \text{ (кА)}.$$

$$I_{\text{по.с}} = \frac{E''_c}{X_c} \cdot I_R; \quad (2.59)$$

$$I_{\text{по.с}} = \frac{1}{17,24} \cdot 55,05 = 3,19 \text{ (кА)}.$$

Розрахуємо тепловий імпульс:

$$B_K = I_{\text{по.с}}^2 \cdot (t_{\text{від}} + T_{\text{асх}}); \quad (2.60)$$

$$B_K = 3,19^2 \cdot (0,115 + 0,03) = 1,48 \text{ (кА}^2\text{с)}.$$

Перевіримо живлячу лінію за умовою термічної стійкості:

$$S_{\text{ек}} \geq S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_K}}{C_T}.$$

де $C_T = 90 \cdot A \cdot C^{0,5} / \text{мм}^2$ – для алюмінієвих кабелів

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{1,48 \cdot 10^3}}{90} = 13,5 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

$$35 \text{ (мм}^2\text{)} > 13,5 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Умова виконується, отже живлячі кабелі АПВЭгаПу-10 3х35 вибрані вірно.

Здійснюємо визначення струмів КЗ в точці К2. Результат даного розрахунку дасть змогу перевірки високовольтних силових вимикачів.

Початкове діюче значення струму КЗ в точці К2:

$$I_{\text{по.с}} = \frac{E''_c}{X_{\Sigma c}} \cdot I_0; \quad (2.61)$$

$$I_{\text{по.с}} = \frac{1}{17,78} \cdot 55,05 = 3,1 \text{ (кА)}.$$

Періодична складова струму від системи не зміниться:

$$I_{\text{пт.с}} = I_{\text{по.с}} = 3,1 \text{ (кА)}.$$

Розрахуємо розрахунковий час початку розмикання:

$$t_{\text{від}} = t_{\text{рз.мін}} + t_{\text{В.В}}; \quad (2.62)$$

$$t_{\text{від}} = 0,01 + 0,105 = 0,115 \text{ (с)}.$$

Постійна часу аперіодичної складової: $T_{\text{ас}} = 0,03 \text{ (с)}$.

Аперіодична складова струму КЗ при $\tau = 0,05 \text{ с}$:

$$i_{\text{ат.с}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по.с}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{\text{ас}}}}; \quad (2.63)$$

$$i_{\text{ат.с}} = \sqrt{2} \cdot 3,1 \cdot e^{-\frac{0,115}{0,03}} = 0,09 \text{ (кА)}.$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{\text{уд.с}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по.с}} \cdot \left(1 + e^{-\frac{\tau}{T_{\text{ас}}}} \right); \quad (2.64)$$

$$i_{\text{уд.с}} = \sqrt{2} \cdot 3,1 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 7,53 \text{ (кА)}.$$

Розрахуємо тепловий імпульс:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{по.с}}^2 \cdot (t_{\text{від}} + T_{\text{асх}}); \quad (2.65)$$

$$B_{\text{к}} = 3,1^2 \cdot (0,115 + 0,03) = 1,39 \text{ (кА}^2\text{с)}.$$

Високовольтні вимикачі повинні бути перевірені на здатність відключення, динамічну стабільність і термостійкість до струму короткого замикання.

Перевірку обраних високовольтних вимикачів здійснено для вимикача ВРС-10-20/400 УЗ. Дані перевірки занесені у таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 - Перевірка вимикача ВРС-10-20/400 УЗ

Умови вибору	Дані для вимикачів	Дані розрахунків
$I_{н.відк} \geq I_{пт}$	$I_{н.відк} = 10 \text{ кА}$	$I_{пт} = I_{пт.с} = 3,19 \text{ кА}$
$\sqrt{2}I_{н.відкл} \geq \sqrt{2}I_{пт.с} + i_{ат.с}$	$\sqrt{2}I_{н.відкл} = \sqrt{2} \cdot 10 = 14,1 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 3,19 + 0,09 = 4,587 \text{ (кА)}$
$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 25 \text{ кА}$	$i_{уд} = i_{уд.с} = 7,53 \text{ (кА)}$
$I_{дин} \geq I_{по}$	$I_{дин} = 10 \text{ кА}$	$I_{по} = I_{по.с} = 3,19 \text{ (кА)}$
$B_k = I_{по}^2 t_{по}$	$I_t^2 t_t = 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$	$B_k = 1,48 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$

Даний вимикач проходить усі необхідні умови перевірки.

Висновки.

В даному розділі дипломної роботи був проведений аналіз СЕП малопотужної компанії ТОВ «Енергогарант». В процесі виконання роботи були реалізовані наступні проектні рішення:

- спроектована і розрахована система електропостачання одного з цехів і всіх виробничих приміщень підприємства;
- було вибрано розташування джерела живлення і конструкція підстанції;
- обрано типи ліній електропередачі;
- обрані заходи і пристрої для захисту електрообладнання та ліній живлення.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3.1 Аналіз основного обладнання сонячних електричних станцій

На рисунку 3.1 показано основні елементи сонячної електростанції, без яких процес перетворення сонячної енергії в електричну неможливий.

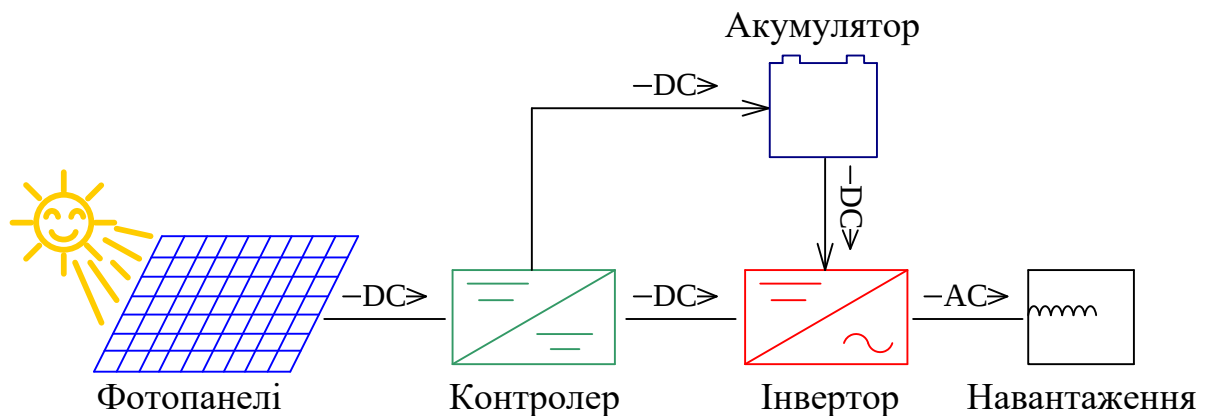


Рисунок 3.1 – Принципова схема реалізації СЕС

- фотопанель – ключовий елемент СЕС, служить первинним перетворювачем енергії яка виділяється сонцем на електричну. Матеріали, типи, розміри і кількість сонячних панелей для реалізації окремої електростанції можуть бути різними.

- контролер заряду – пристрій призначений для керування режимами роботи фотогальванічних панелей, процесу заряду та розряду акумуляторних батарей, регулювання заданого рівня величини вихідної напруги та інших необхідних функцій.

- інвертор - - це пристрій, який перетворює постійний струм сонячних батарей в змінний. З огляду на те, що більшість споживчих мережевих навантажень розраховані на напругу 220 В змінного струму і промислову частоту 50 Гц, інвертор практично завжди є необхідним елементом сонячної електростанції. У деяких випадках, коли є навантаження, розраховані на постійну напругу, електрична схема проектується з окремою гілкою, призначеною для живлення споживачів постійного струму.

- навантаження – являє собою споживачів електричної енергії.
- акумулятори – пристрій, необхідний для зберігання електроенергії від сонячних панелей. З різних причин сонячні панелі не завжди забезпечують стабільні вихідні характеристики. Крім того, сонячні батареї не можна використовувати в темний час доби або в хмарну погоду, тому споживачі повинні отримувати попередньо накопичену електроенергію протягом дня.

3.2 Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання

Найбільш широке використання набули нижче описані три варіанта конфігурації сонячних електричних систем електропостачання.

Автономна фотоелектрична система (АФС).

АФС (рисунок 3.2) є повністю незалежною від мереж централізованого електропостачання. Всі автономні системи повинні мати АКБ. Енергія накопичена АКБ використовується в періоди недостатнього сонячного випромінювання або в періоди коли навантаження перевищує кількість електроенергії, що генерується сонячними панелями.

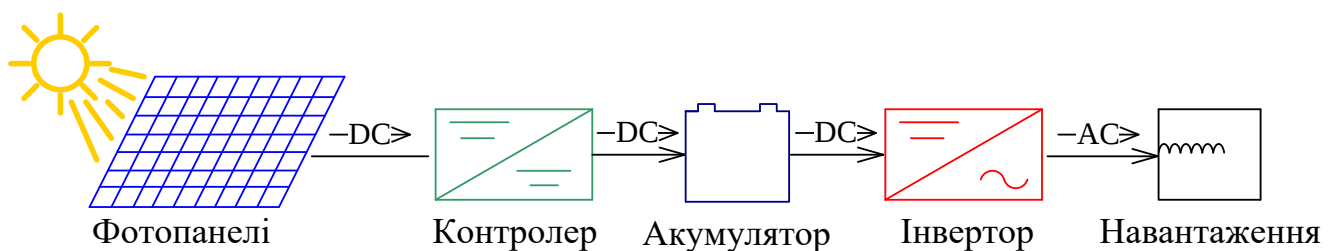


Рисунок 3.2 – Автономна фотоелектрична система

Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система (БМФС).

БМФС (рисунок 3.3) нагадує автономну систему. У ній також використовують акумулятори. При цьому СЕС в той же час підключена до мережі централізованого електропостачання. Виникаючі надлишки, що генеруються сонячними батареями, можуть спрямовуватися в навантаження або при необхідності мережу (при цьому необхідно використовувати перетворювачі напруги, які можуть здійснювати

функціонування паралельно з мережею). В періоди коли споживання перевищує кількість енергії, виробленої сонячними панелями, нестачу покриває живлення через мережу. Частина подібних інверторів із зарядними пристроями можуть віддавати перевагу зарядці від джерел постійного струму (наприклад, сонячних контролерів), що знижує споживання енергії від мережі для заряду акумуляторів.

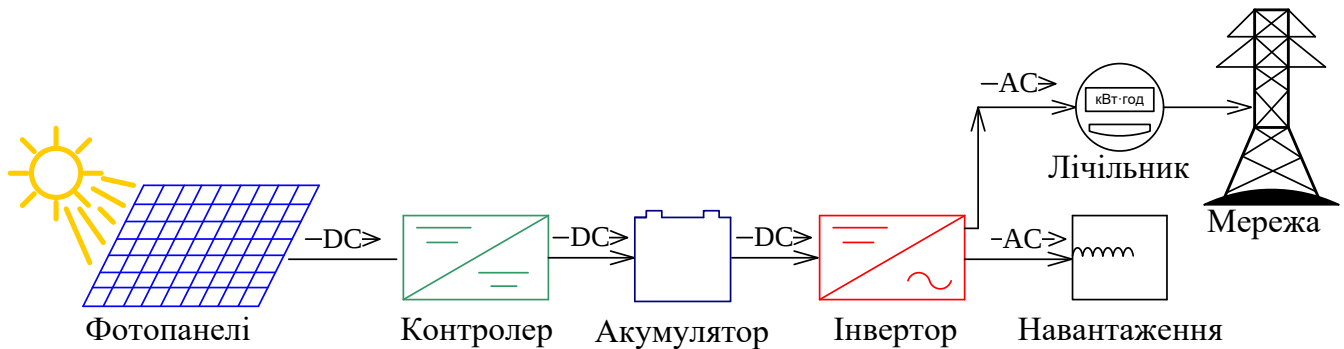


Рисунок 3.3 – Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система

Фотоелектрична система, з'єднана з електромережею (МФС).

Фотоелектрична система, з'єднана з електромережею (рисунки 3.4). Є найпростішою із усіх систем. Вона складається із сонячних батарей та спеціального інвертора, підключеного до мережі.

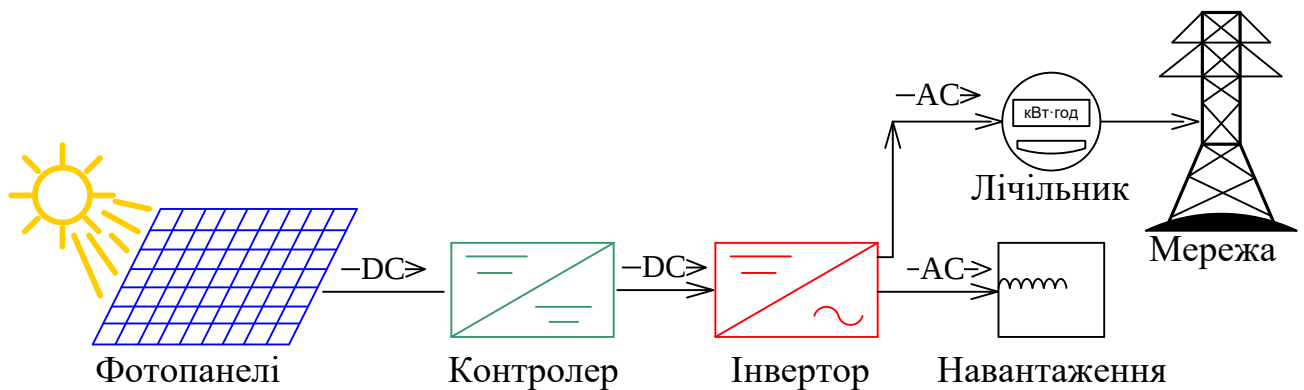


Рисунок 3.4 – Фотоелектрична система, з'єднана з електромережею

Для даного типу систем характерним є відсутність акумуляторів, що свідчить про те що вони не можуть використовуватися як резервні системи. Основна перевага даних систем висока ефективність, низька ціна (за рахунок відсутності акумуляторів та менш дорогого мережевого інвертора) та висока надійність.

3.3 Вибір основного обладнання для реалізації ФЕС

В якості фотопанелей доцільно вибрати монокристалічні сонячні елементи вітчизняного виробника KNESS типу SNRG-385-FR72. Характеристики приведені на рисунку 3.5.

Характеристики SNRG-385-FR72	
Тип панелі	Монокристал
Макс. потужність, Вт	385
Розміри, мм	1956x992x35
Вага, кг	21,1
Ціна, грн.	5800

Рисунок 3.5 – Характеристика сонячних елементів

В якості контролера доцільно використати ENERSOL EMPPT-1260. Ціна контролера складає 4850 а основна інформація представлена на рисунку 3.6.

	Виробник:	LogicPower
	Модель:	MakeSkyBlue MPPT 12V
	Тип контролера:	MPPT 24V/36V/48V 60A
	Номинальна напруга, В:	12/24/36/48
	Струм навантаження, А:	60
	Максимальна потужність, Вт:	2800
	Захист від перенапруги:	є
	Дисплей:	LCD
	Наявність USB:	ні
	Робоча температура, °C:	-20 ~ +55
	Габарити, мм:	215x115x45
	Вага, г:	1200
	Клас захисту:	IP21

Рисунок 3.6 – Характеристика контролера

Для встановлення обираємо трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11 у кількості 3 одиниць. Характеристики яких приведені на рисунку 3.7.



AXIOMA Energy AXGRID-8/11	
Макс. потужність, Вт	8,0
ККД інвертора, %	98,3
Розміри, мм	480x420x180
Вага, кг	23
Діапазон напруги, В	300-850
Ціна, грн.	47900

Рисунок 3.7 – Характеристика трифазного інвертора

В якості АКБ вибираємо ESS Dyness B3 48V 75Ah 3600 Вт ціна якої 43300 грн а характеристики наведені на рисунку 3.8.



Основні атрибути

Виробник	Dyness
Тип акумулятора	LiFePO4
Ємність акумулятору	50 А. г
Напрацювання	6000 циклів заряду
Напруга	24 В
Струм заряду	25 А
Мінімальна робоча температура	-20 град.
Максимальна робоча температура	50 град.
Гарантійний термін	96 міс

Рисунок 3.8 – Характеристика АКБ ESS Dyness B3 48V 75Ah

У колі постійного струму встановлюється автоматичний вимикач для постійного струму C60H-DC 2П 10А С 500В DC Schneider Electric A9N101526. Ціна якого становить 1030 грн.

У колі змінного струму встановлюється трифазний автоматичний вимикач Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5кА. Ціна якого становить 730 грн.

Спеціальні кабелі для фотоелектричних систем з подвійною кремнієвою ізоляцією, стійкою до ультрафіолетового випромінювання, і герметичними

фотоелектричними роз'ємами використовуються для підключення фотомодулів до РП і до інвертора.

3.4 Визначення оптимальної конфігурації схеми ФЕС на підприємстві

Обираємо для спорудження СЕС встановлену потужність в 23,1 кВт (встановлена потужність не повинна перевищувати 30 кВт) для розміщення якої необхідна площа в 230 м² та складатиметься з 60 фотопанелей. СЕС буде споруджена на даху Виробничого корпусу (№2 на генплані) з номінальною потужністю усіх електроприймачів 440 кВт. Даний вибір обумовлений тим, що дах даної будівлі має достатню площину для розміщення панелей СЕС 23,1 кВт (загальна площа простору даху на якому можна розмістити панелі СЕС становить 1296 м² при необхідних 230 м², що також дає змогу для подальшого збільшення потужності), та має плоску поверхню, що спрощує монтаж та експлуатацію СЕС, також перевагою плоского даху є відсутність північної (тіньової) сторони, що дає змогу використовувати усю площу будівлі.

Постановою Національної комісії встановлена потужність СЕС яких не перевищує 30 кВт та які введені в експлуатацію з 01 січня 2024 року по 31 грудня 2024 року величина оплати за зеленим тарифом становить – 4,0959 грн/кВт·год.

Для визначення оптимальної конфігурації схеми ФЕС 23,1 кВт на підприємстві здійснюємо порівняльний аналіз між капіталовкладеннями в спорудження ФЕС та досягнутою за допомогою ФЕС економії на електричній енергії. Дані про капіталовкладення заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Капіталовкладення в спорудження ФЕС

Комплектуючий елемент		Загальна сума, грн.		
		АФС	БМФС	МФС
Сонячна панель KNESS типу SNRG-385-FR72	Кількість	60	60	60
	Ціна, грн	5800	5800	5800
	разом, грн.	348000	348000	348000
Контролер заряду ENERSOL EMPPT-1260	Кількість	3	3	3
	Ціна, грн	4850	4850	4850
	разом, грн.	14550	14550	14550
Трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11	Кількість	3	3	3
	Ціна, грн	47900	47900	47900
	разом, грн.	143700	143700	143700

Продовження таблиці 3.1

Акумуляторні батареї ESS Dyness B3 48V 75Ah	Кількість	3	3	0
	Ціна, грн	43300	43300	
	разом, грн.	129900	129900	0
Вимикач для постійного струму C60H-DC 2П 10А С 500В DC Schneider Electric A9N101526	Кількість	3	3	3
	Ціна, грн	1030	1030	1030
	разом, грн.	3090	3090	3090
Трифазний автоматичний вимикач Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5kA	Кількість	3	3	3
	Ціна, грн	730	730	730
	разом, грн.	2190	2190	2190
Трифазний лічильник активної енергії	Кількість	0	1	1
	Ціна, грн		3950	3950
	разом, грн.	0	3950	3950
Кабельні зв'язки				
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	Довжина 1м	100	100	100
	Ціна, грн	32,1	32,1	32,1
	разом, грн.	3210	3210	3210
Підключення стрингів через АВ постійного струму до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	Довжина 1м	150	150	150
	Ціна, грн	55,2	55,2	55,2
	разом, грн.	8280	8280	8280
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ ФЕС кабелем АВВГ перерізом 3x16+1x10 мм ²	Довжина 1м	150	150	150
	Ціна, грн	30	30	30
	разом, грн.	4500	4500	4500
Підключення РП-0,4 кВ ФЕС до РП цеху N1 кабелем АВВГ перерізом 3x50+1x25 мм ²	Довжина 1м	15	15	15
	Ціна, грн	123,3	123,3	123,3
	разом, грн.	1849,5	1849,5	1849,5
Підключення РП-0,4 кВ ФЕС до мережі повітряним проводом АС перерізом 4x25 мм ²	Довжина 1м	0	564	564
	Ціна, грн		14,2	14,2
	разом, грн.		8008,8	8008,8
Капіталовкладення в обладнання	грн.	659269,5	671228	541328
Очікувана вартість введення ФЕС в експлуатацію	% від К	15	15	15
	Ціна за 1 м, грн	98890,43	100684	81199,2
Конфігурація ФЕС		АФС	БМФС	МФС
Загальні капіталовкладення при введенні в експлуатацію	грн.	758159,9	771913	622528

Проведемо розрахунок терміну окупності.

Період окупності - це мінімальний період (від початку реалізації проекту), протягом якого інтеграційний ефект стає і залишається позитивним.

Величина енергії яку станція генерує протягом року:

$$W = P_{\text{вст}} \cdot t_{\text{зв}} \cdot 365; \quad (3.1)$$

де $t_{зв}$ – зведений річний час при якому відбувається використання максимальної потужності СЕС для центрального регіону країни ($t_{зв} = 4,78$ год/добу).

$$W_{рік} = 23,1 \cdot 4,78 \cdot 365 = 40\,302,57 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Знайдемо річний прибуток станції:

$$\Pi = W_{рік} \cdot c; \quad (3.2)$$

де c – тариф на електроенергію для підприємства.

для АФС уся згенерована потужність ФЕС буде спожита підприємством:

$$\Pi_{рік} = 40\,302,57 \cdot 6,649 = 267971,8 \text{ (грн./рік)}.$$

для БМФС враховуємо що 2% надлишкової генерації потужності буде продано у мережу за зеленим тарифом:

$$\Pi_{рік} = (0,98 \cdot 40\,302,57) \cdot 6,649 + (0,02 \cdot 40\,302,57) \cdot 4,0959 = 265913,9 \text{ (грн./рік)}.$$

для МФС, не передбачені АКБ тому 80% робочого часу СЕС потужність споживається підприємством, а 20% часу потужність яка генерується СЕС продається в мережу за зеленим тарифом:

$$\Pi_{рік} = (0,8 \cdot 40\,302,57) \cdot 6,649 + (0,2 \cdot 40\,302,57) \cdot 4,0959 = 247392,5 \text{ (грн./рік)}.$$

Віднімаємо експлуатаційні витрати протягом року, щоб визначити чистий прибуток від роботи ФЕС:

$$\text{АФС: } \Pi_{рік, \text{чист.}} = 267971,8 - 267971,8 \cdot 0,25 = 200978,8 \text{ (грн./рік)};$$

$$\text{БМФС: } \Pi_{рік, \text{чист.}} = 265913,9 - 265913,9 \cdot 0,27 = 194117,1 \text{ (грн./рік)};$$

$$\text{МФС: } \Pi_{рік, \text{чист.}} = 267971,8 - 267971,8 \cdot 0,2 = 197914 \text{ (грн./рік)};$$

Визначимо термін окупності станції:

$$TO = V_{загальна} / \Pi_{рік} \quad (3.3)$$

$$\text{АФС: } TO = 758159,9 / 200978,8 = 3,77 \text{ (роки)}.$$

БМФС: $TO = 771913 / 194117,1 = 3,97$ (роки).

МФС: $TO = 622528 / 197914 = 3,14$ (роки).

Отже оптимальним варіантом є спорудження СЕС за конфігурацією – фотоелектрична система, з'єднана з електромережею (рисунок 3.4).

Прибуток від встановленої СЕС буде складатися з двох складових. Перша складова економія на споживаній електричній енергії що становить 6,649 грн/кВт·год у робочі періоди. Друга складова прибуток від продажу електроенергії за зеленим тарифом що становить 4,0959 грн/кВт·год у не робочі періоди. Продавати згенеровану потужність за зеленим тарифом у неробочий період підприємства буде більш доцільніше, а ніж накопичувати дану електроенергію за допомогою акумуляторних батарей для власного споживання. Адже у неробочий час настає темний період доби і СЕС генерую лише до 20% потужності від загальної генерації.

На рисунку 3.9 представлений загальний принцип реалізації СЕС, яка буде спроектована на даху Виробничого корпусу (№2 на генплані).

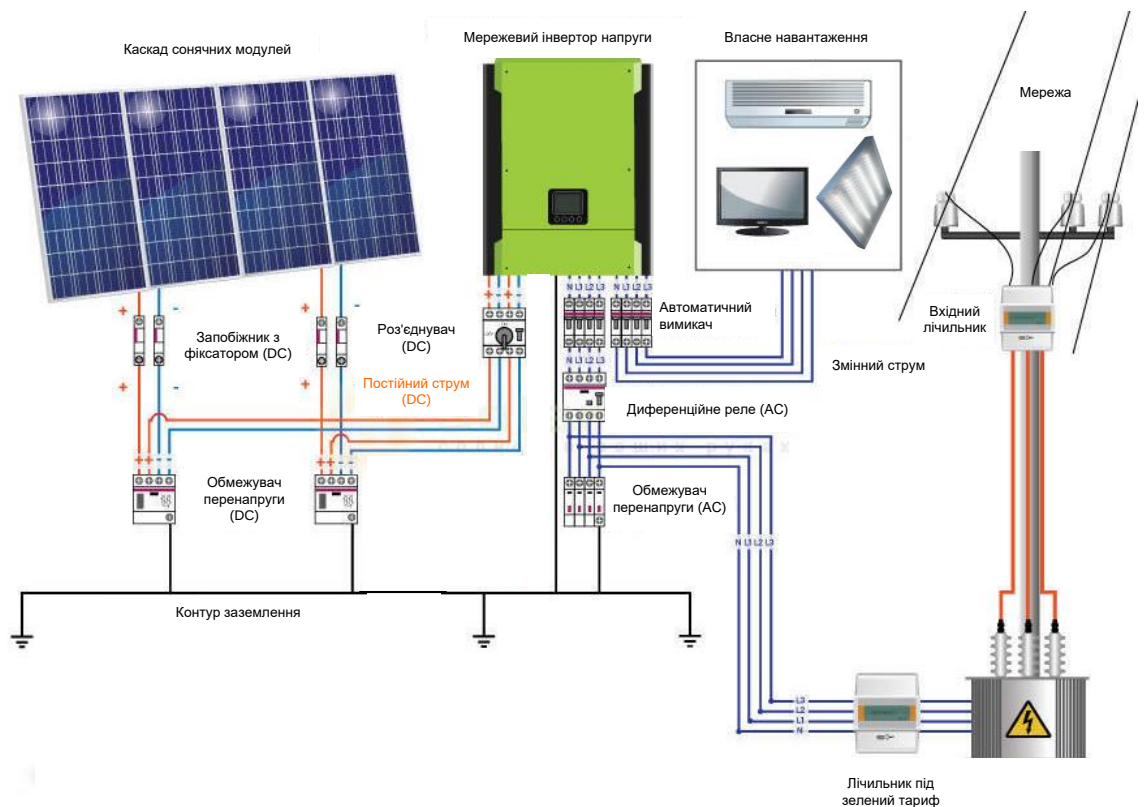


Рисунок 3.9 – Загальний принцип реалізації СЕС

На рисунку 3.10 представлена повна схема підключення СЕС 23,1 кВт з 60 фотопанелей по 385 Вт. СЕС конструктивно поділена на 3 окремі вузла, кожен з яких складається з 2 стрингів по 10 модулів.

Схема включає пристрої захисту для змінного та постійного струму, заземлення та інші елементи, необхідні для стабільної роботи системи.

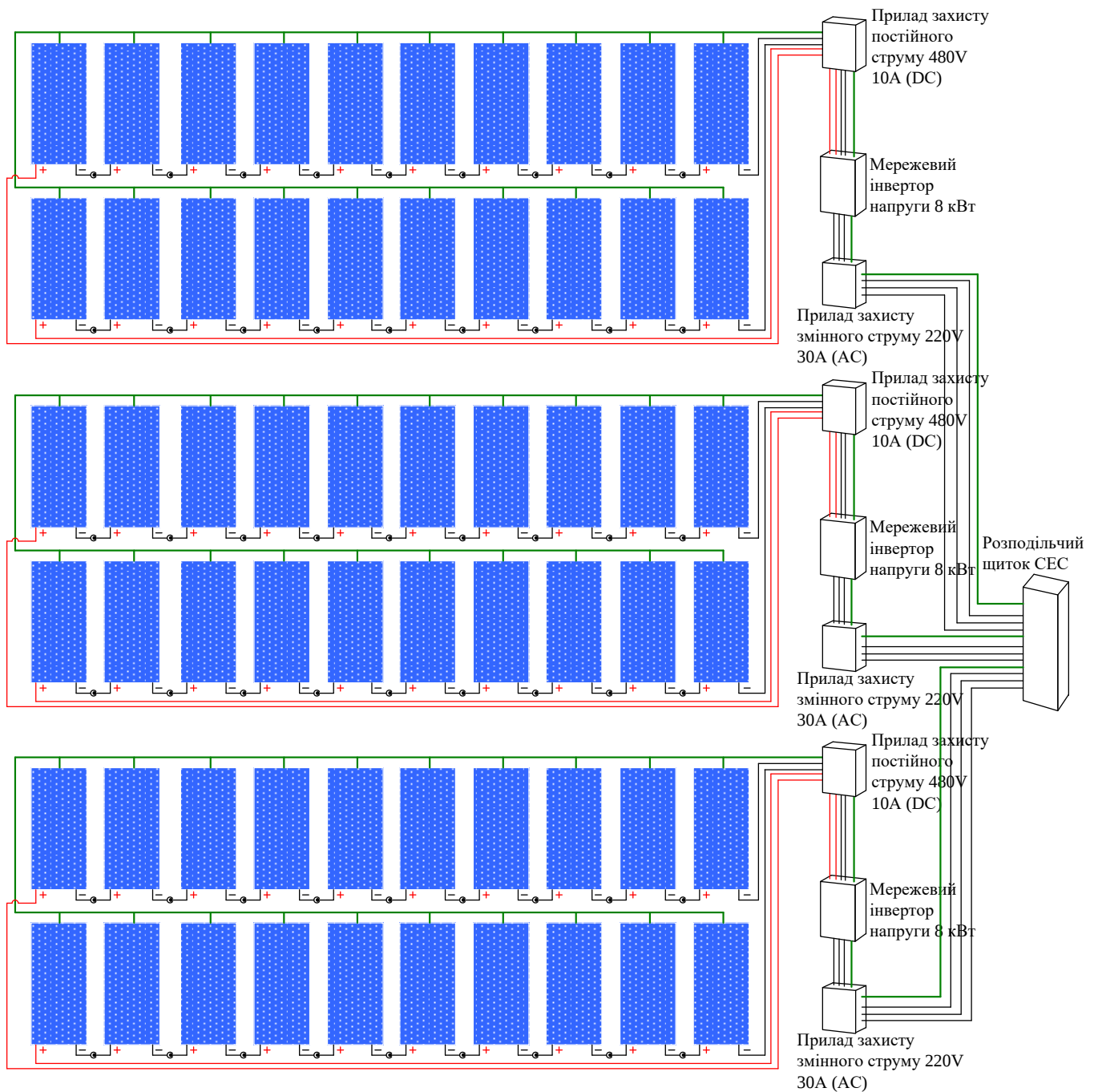


Рисунок 3.10 – Повна схема підключення СЕС 23,1 кВт

При встановленні на даху СЕС за конфігурацією МФС потужністю 23,1 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 771913 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження заводу та не у робочий період на мережу. Визначено чистий річний прибуток який складає – 194117,1 тис. грн./рік за рахунок економії на платі за електроенергію та прибуток від продажу електроенергії за зеленим тарифом. Термін окупності даної СЕС – 3,14 роки.

Висновки. В даному розділі БКР спроектовано СЕС потужністю 23,1 кВт на даху Виробничого корпусу (№2 на генплані). Обрано оптимальну конфігурацію станції та режимів її роботи на основі техніко-економічного порівняння варіантів реалізації СЕС. Проведено вибір усього необхідного обладнання яке забезпечить надійну та економічну роботу станції. Розраховано загальні капіталовкладення в СЕС та період окупності проекту.

5 Охорона праці

У розділі бакалаврської роботи розглядаються заходи з охорони праці в процесі монтажу та експлуатації системи електропостачання ТОВ «Енергогарант», місто Вінниця. Отже, на електротехнічний персонал, що здійснює монтаж та експлуатацію системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [1, 2]:

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.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

5.1.1 Вимоги з безпечної організації робочих місць

Для забезпечення робіт, що їх провадять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо

замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх

роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, проводять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електролічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється: одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III – без місцевих оперативних працівників; працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні проводити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий – групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається проводити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

Роботи з електролічильниками на різних приєднаннях, розміщених в одному приміщенні, можна виконувати за одним нарядом (розпорядженням). Оформлення в наряді переходу з одного робочого місця на інше не вимагається.

5.1.2 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 в будівлі, що будується, підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

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

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

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 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 наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – 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 робочому місці оперативного персоналу передбачається:

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

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

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

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

5.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, будівельно-монтажні роботи потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в».

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.

Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.4.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

Таблиця 5.4 – Вимоги до освітлення приміщень, що будуються

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

5.2.4 Виробничий шум

Шум вище гранично допустимих рівнів несприятливо діє на людину. Шум у приміщеннях широкосмуговий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих

місцях, де використовується будівельна техніка, мають відповідати вимогам СН 3223, ГОСТ 12.1.003 і наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – 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 середньо геометричними 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

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях потрібно застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками: ширми, екрани зі звукопоглинаючих матеріалів, використання сертифікованого будівельного інструменту та індивідуальних засобів захисту.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Приміщення ТОВ «Енергогарант», місто Вінниця за вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Д – негорючі речовини і матеріали в холодному стані з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Будівля, 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 хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
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 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не
------------------------	--	--	-----------------------------------	------------------------------------

		(у хвиликах)		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 5.8 (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 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник).

Таблиця 5.8 – 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 ТОВ «Енергогарант», місто Вінниця встановлено 45 вогнегасників ВП-5.

Список використаної літератури

1. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

2. 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->.

3. 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.

4. 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.

5. 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>.

6. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

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

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

9. 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>.

10. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

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

12. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

13. 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>.

14. 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.

15. 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.

16. 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>.

ВИСНОВКИ

Проведений в роботі аналіз СЕП підприємства ТОВ «Енергогарант» показав що для оптимізації системи електропостачання необхідно реалізувати наступні проектні рішення та використати такі електричні апарати:

- для оптимального електропостачання достатньо однієї трансформаторної підстанції, а потужність та тип трансформатора ТМ 630/10, дана потужність дає змогу подальшого розвитку підприємства та збільшення виробничих потужностей;

- переріз зовнішньої лінії живлення повинен бути $3 \times 35 \text{ мм}^2$, кабельної лінії виконані кабелем з ізоляцією з шитого поліетилену марки АПвЭгаПу-10 на напрузі 10 кВ;

- аналіз засобів захисту електрообладнання під час виникнення аварійних режимів роботи показав, що на стороні 10 кВ доцільно задіяти вакуумні вимикачі ВРС-10.

Для оптимальної установки трансформаторної підстанції було проведено розрахунок координат центру енергетичного навантаження. Розміщення ТП найближче до ЦЕН мінімізувати втрати електроенергії.

У науково-дослідній частині роботи було здійснено аналіз основного обладнання яке використовується на СЕС та основних конфігурацій схем їх виконання.

В якості резервного джерела живлення для підприємства спроектовано СЕС потужністю 23,1 кВт на даху Виробничого корпусу (№1 на генплані). Обрано оптимальну конфігурацію станції та режимів її роботи. Проведено вибір усього необхідного обладнання яке забезпечить надійну та економічну роботу станції.

Проаналізовано норми охорони праці та техніки безпеки.

Проведені розрахунки забезпечили максимально надійне електропостачання підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
2. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
3. ПАТ “МАЯК” : веб-сайт. URL: <https://energyline.com.ua/uk/tarif-elektroenerg/mozhlivi-sposobi-ekonomi-elektroenergi-na-pidprimstvi/> (дата звернення: 15.05.2024).
4. Способи економії електроенергії на підприємстві. URL: <http://vinmayak.pat.ua/> (дата звернення: 16.05.2024).
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. РТМ 36.18.32.4-92: 1993. Методика розрахунку електричного навантаження. 9с.
7. Промислові автоматичні вимикачі ЕВ та ЕВ2. URL: <https://www.eti.ua/produktsiya-ua/etibreak/eb2/> (дата звернення: 16.05.2024).
8. Кабельно-провідникова продукція. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189/> (дата звернення: 17.05.2024).
9. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).
10. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
11. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю

електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 159 с.

12. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 89 с.

13. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 95 с.

14. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).

15. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго". URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees/> (дата звернення: 15.05.2024).

16. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.yuzhcable.info/> (дата звернення: 15.05.2024).

17. Трансформатори силові ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099/> (дата звернення: 15.05.2024).

18. Вимикачі навантаження. URL: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazhennya-c756/> (дата звернення: 15.05.2024).

19. Офіційний сайт групи компаній KNESS. URL: <https://kness.energy/> (дата звернення: 15.05.2024).

20. Лежнюк П. Д. Особливості роботи відновлюваних джерел енергії в локальній електричній системі / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, В. В. Кулик // Відновлювана енергетика XXI століття: XII міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011.– С. 42–46.

21. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

22. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та

небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

23. 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->.

24. 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_a322_2009/1-1-0-945.

25. 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.

26. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

27. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

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

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

30. 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>.

31. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

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

33. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

34. 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>.

35. 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.

36. 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.

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

ДОДАТКИ

Додаток А

Вихідні дані

Таблиця А.1 – Електричні навантаження нових виробничих потужностей

№	Назва	Р, кВт	Площа м ²	Х, м	У, м
1	Адміністративна будівля	23,4	432	14	24
2	Виробничий корпус	440	1296	44	33
3	Пакувальний відділ	18,4	180	44	57
4	Майстерня	56,8	360	10	78
5	Гараж/СТО	33,6	720	38	108
6	Склад матеріалів	22,6	567	88	69
7	Столярний цех	46,5	441	88	45
8	Склад готової продукції	28,3	504	88	22
9	Пожежний резервуар	5,5	108	30	85

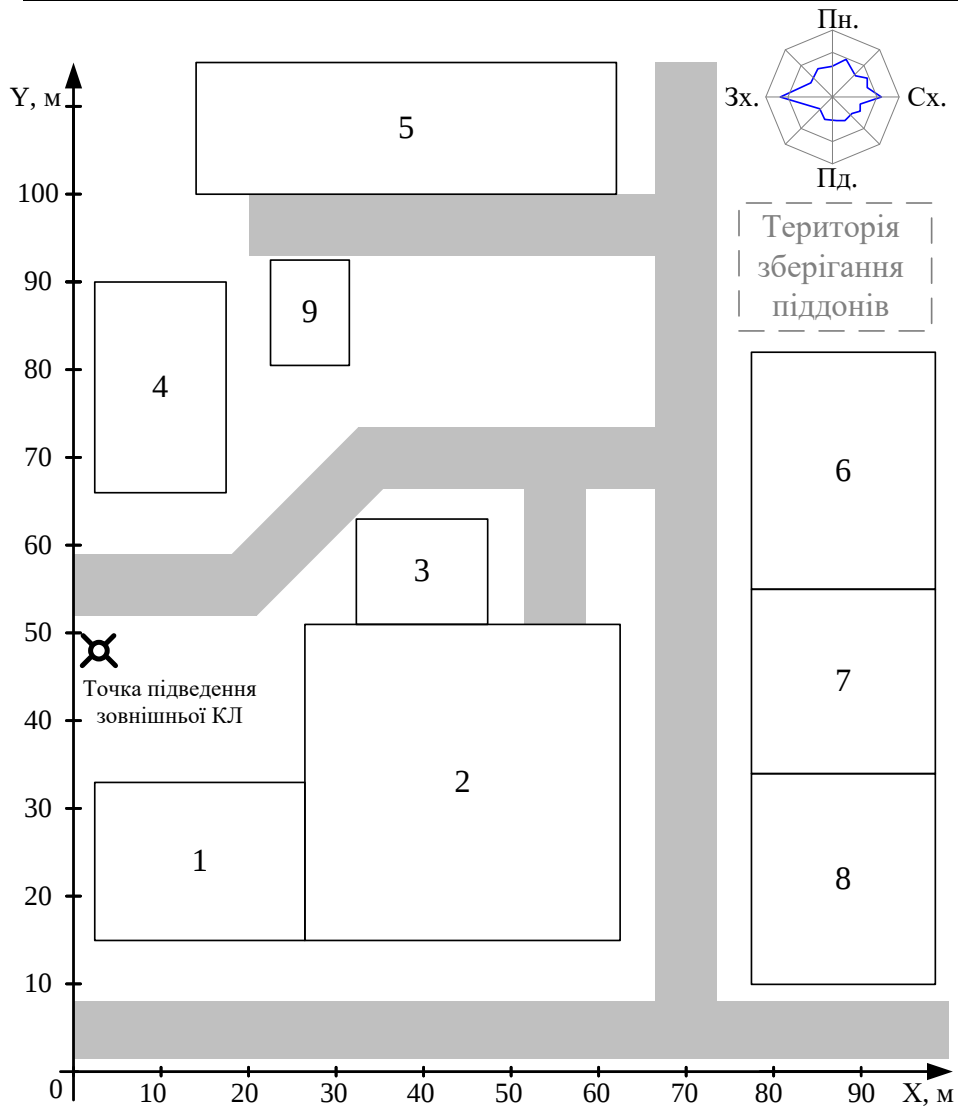


Рисунок А.1 – Генплан підприємства

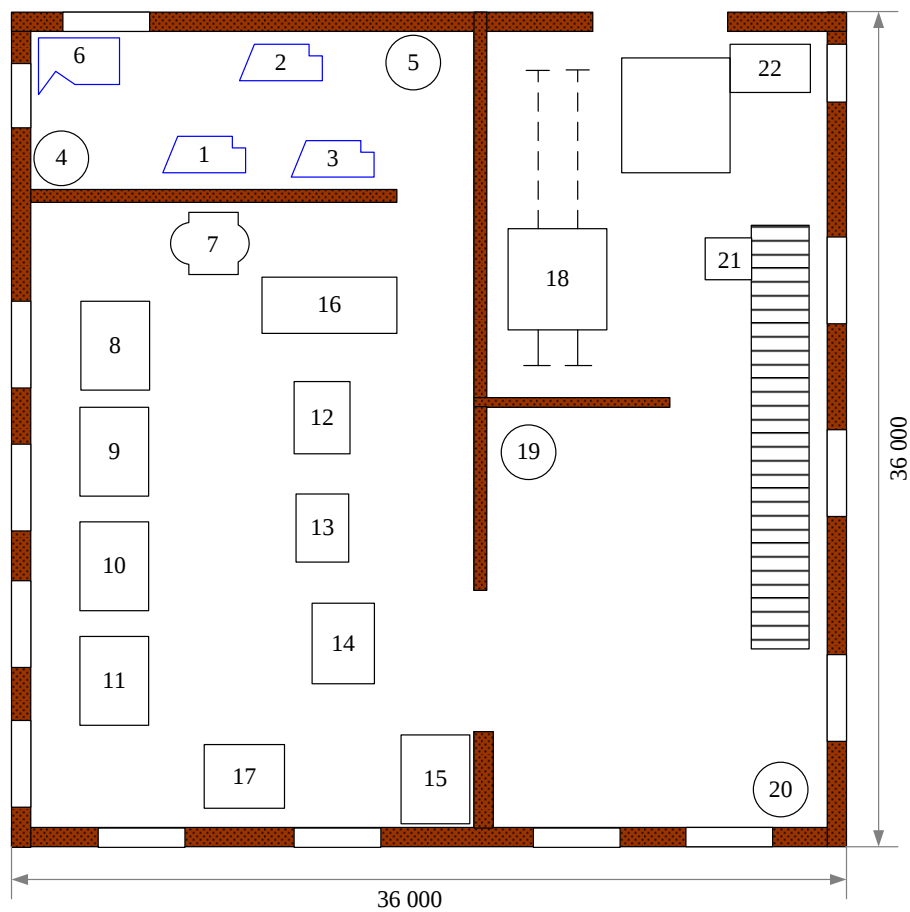
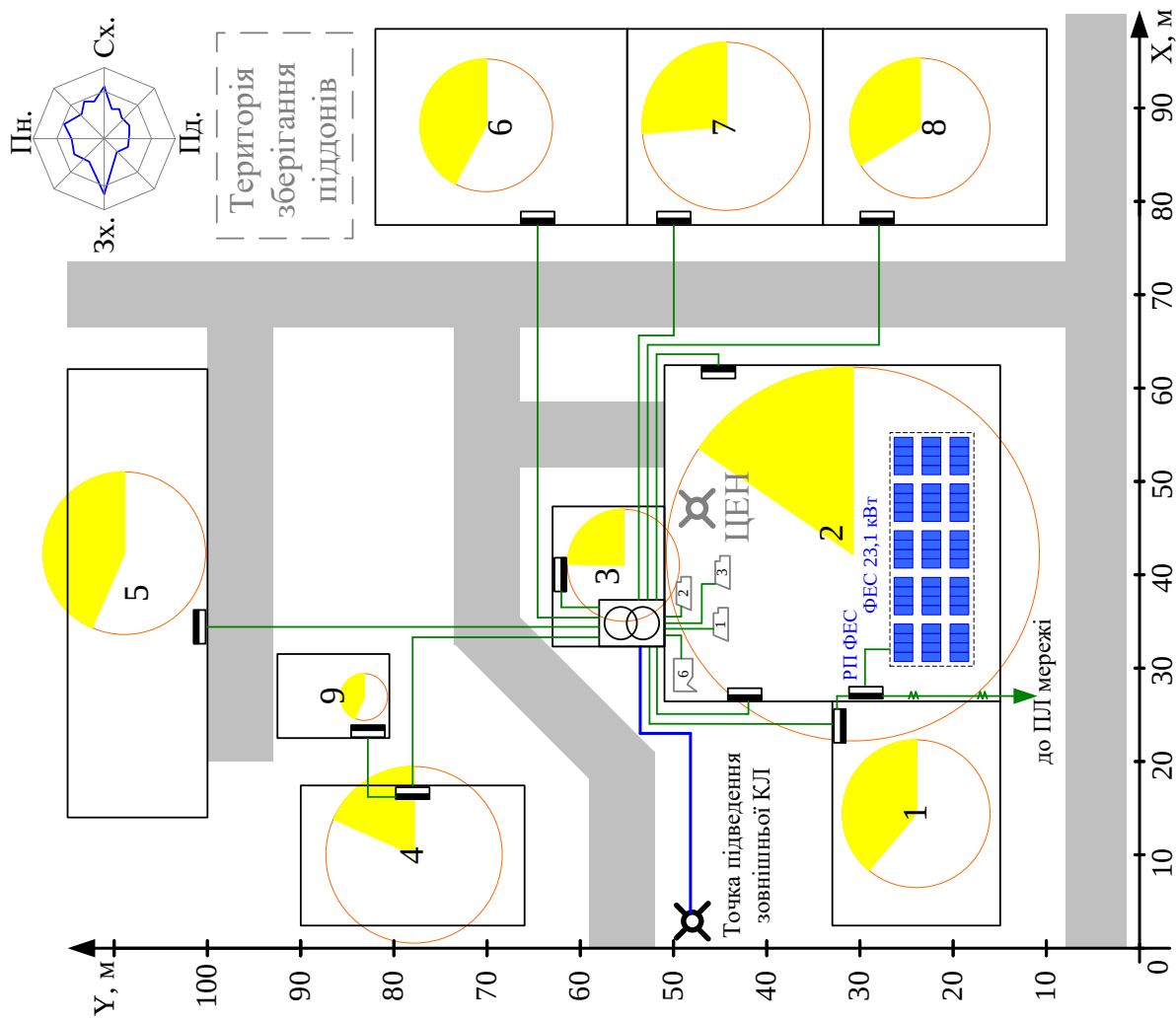


Рисунок А.2 – План розташування електроприймачів в цеху

Таблиця А.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

№	Найменування	n	p, кВт	Pном, кВт
	Зварювальні автомати	3	51,8	155,4
	Витяжка	2	8,2	16,4
	Розточувальний верстат	1	52,1	52,1
	Компресор	1	33,4	33,4
	Стіл монтажний	4	9,6	38,4
	Заточувальні верстати	2	12,7	25,4
	Ділянка ремонту- збору	2	7,4	14,8
	Поздовжньо-стругальний верстат	1	22	22
	Прес	1	12,4	12,4
	Мостовий кран	2	18,5	37
	Витяжка	1	6,3	6,3
	Конвеєр	1	24,8	24,8
	Вага	1	1,6	1,6

Додаток Б – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами

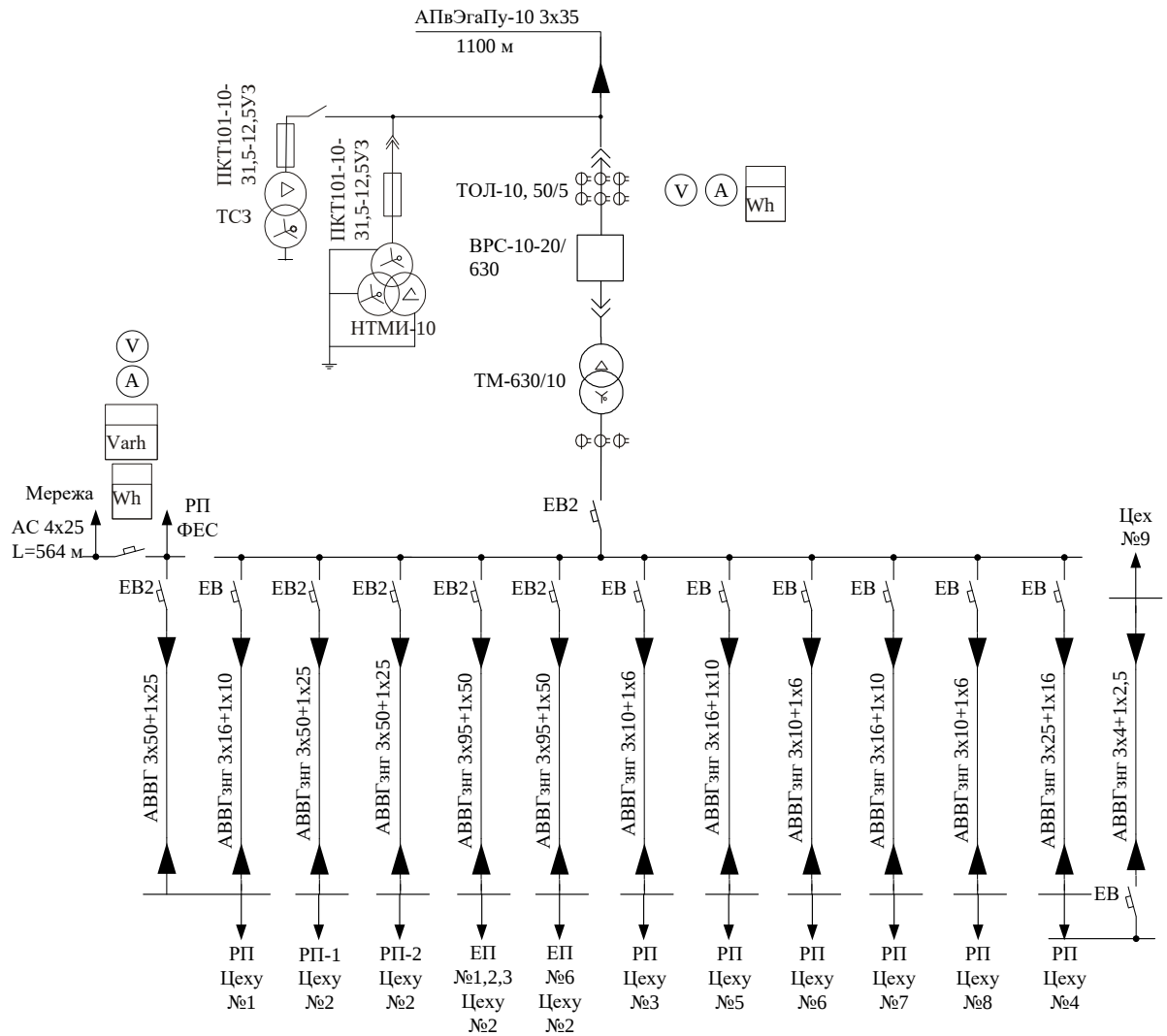


№	Найменування цехів	Рн, кВт
1	Адміністративна будівля	23,4
2	Виробничий корпус	440
3	Пакувальний відділ	18,4
4	Майстерня	56,8
5	Гараж/СТО	33,6
6	Склад матеріалів	22,6
7	Столярний цех	46,5
8	Склад готової продукції	28,3
9	Пожежний резервуар	5,5

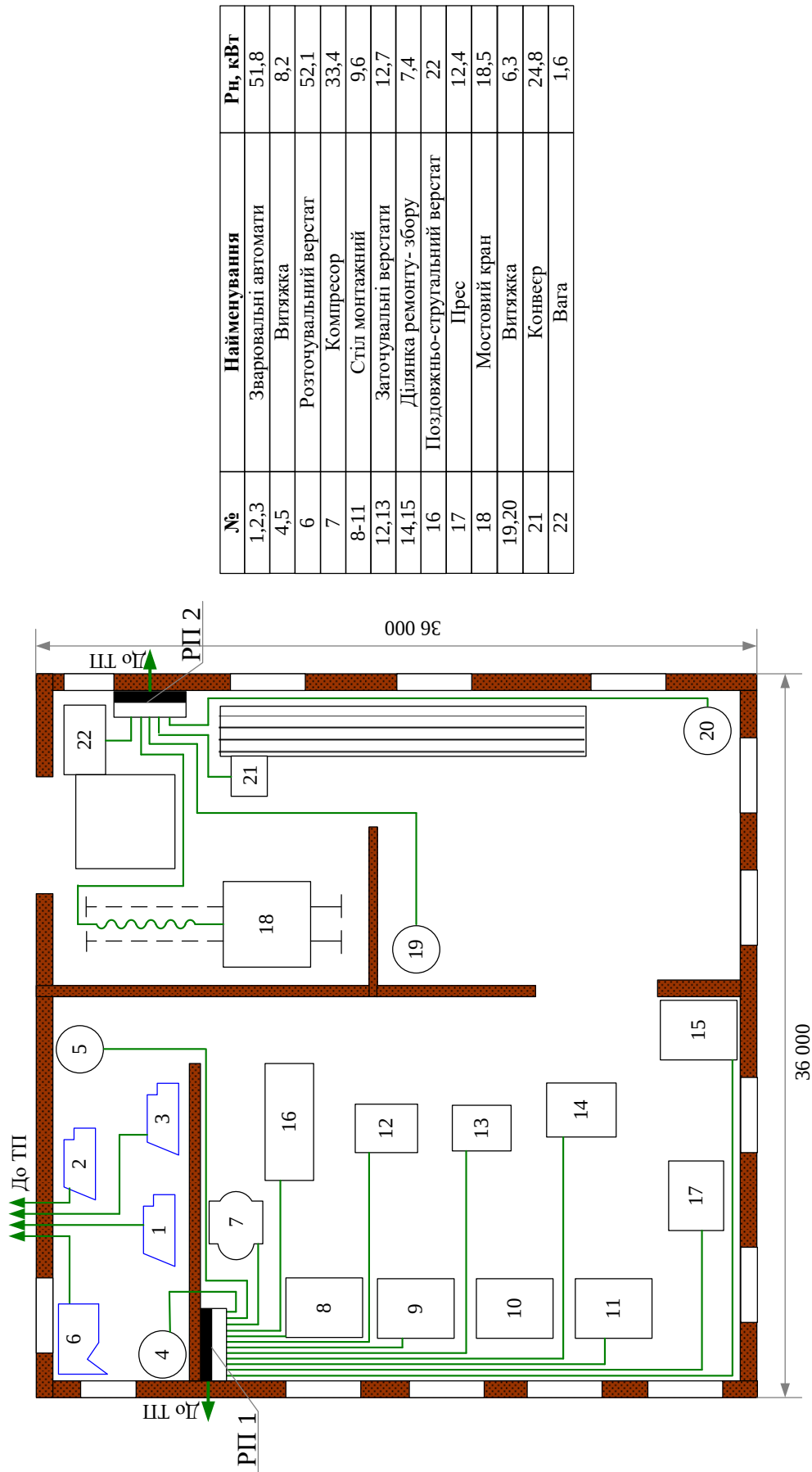
Таблиця умовних позначень

Позначення	Найменування
	ТП
	РП
	Кабельні лінії 10 кВ
	Кабельні лінії 0,4 кВ

Додаток В – Однолінійна схема електропостачання підприємства



Додаток Г – План електропостачання цеху

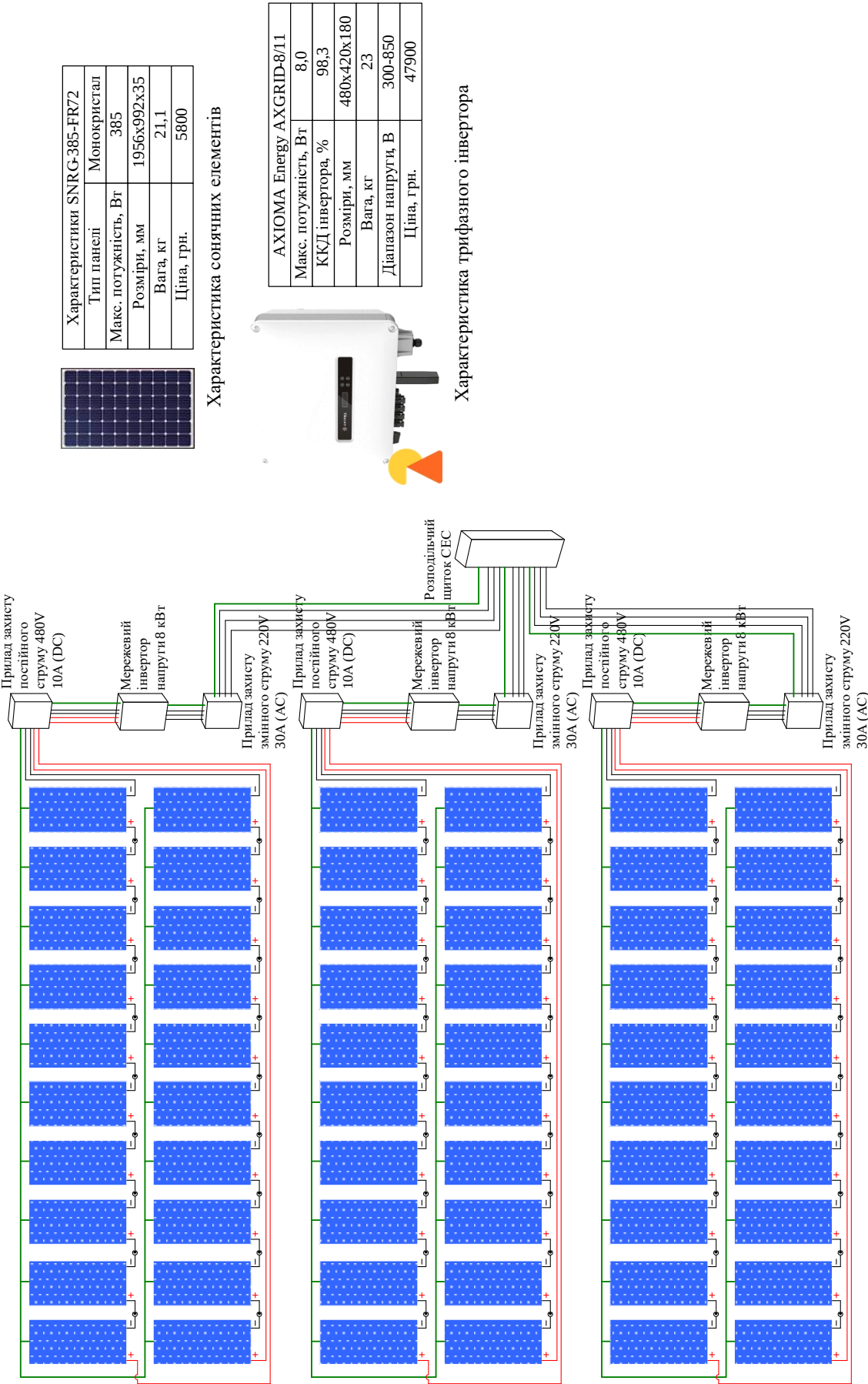


№	Найменування	Рн, кВт
1,2,3	Зварювальні автомати	51,8
4,5	Витяжка	8,2
6	Розточувальний верстат	52,1
7	Компресор	33,4
8-11	Стіл монтажний	9,6
12,13	Заточувальні верстати	12,7
14,15	Ділянка ремонту- збору	7,4
16	Поздовжньо-стругальний верстат	22
17	Прес	12,4
18	Мостовий кран	18,5
19,20	Витяжка	6,3
21	Конвеєр	24,8
22	Вага	1,6

Додаток Є – Капіталовкладення в спорудження ФЕС

		Загальна сума, грн.		
Комплектуючий елемент		АФС	БМФС	МФС
Сонячна панель KNESS типу SNRG-385-FR72	Кількість	60	60	60
	Ціна, грн	5800	5800	5800
	разом, грн.	348000	348000	348000
Контролер заряду ENERSOL EMPPT-1260	Кількість	3	3	3
	Ціна, грн	4850	4850	4850
	разом, грн.	14550	14550	14550
Трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11	Кількість	3	3	3
	Ціна, грн	47900	47900	47900
	разом, грн.	143700	143700	143700
Акумуляторні батареї ESS Dyness B3 48V 75Ah	Кількість	3	3	0
	Ціна, грн	43300	43300	
	разом, грн.	129900	129900	0
Вимикач для постійного струму C60H-DC 2П 10A C 500B DC Schneider Electric A9N101526	Кількість	3	3	3
	Ціна, грн	1030	1030	1030
	разом, грн.	3090	3090	3090
Трифазний автоматичний вимикач Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5kA	Кількість	3	3	3
	Ціна, грн	730	730	730
	разом, грн.	2190	2190	2190
Трифазний лічильник активної енергії	Кількість	0	1	1
	Ціна, грн		3950	3950
	разом, грн.	0	3950	3950
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	Довжина 1м	100	100	100
	Ціна за 1 м, грн	32,1	32,1	32,1
	разом, грн.	3210	3210	3210
Підключення стрингів через АВ постійного струму до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	Довжина 1м	150	150	150
	Ціна за 1 м, грн	55,2	55,2	55,2
	разом, грн.	8280	8280	8280
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ ФЕС кабелем АВВГ перерізом 3x16+1x10 мм ²	Довжина 1м	150	150	150
	Ціна за 1 м, грн	30	30	30
	разом, грн.	4500	4500	4500
Підключення РП-0,4 кВ ФЕС до РП цеху N1 кабелем АВВГ перерізом 3x50+1x25 мм ²	Довжина 1м	15	15	15
	Ціна за 1 м, грн	123,3	123,3	123,3
	разом, грн.	1849,5	1849,5	1849,5
Підключення РП-0,4 кВ ФЕС до мережі повітряним проводом АС перерізом 4x25 мм ²	Довжина 1м	0	564	564
	Ціна за 1 м, грн		14,2	14,2
	разом, грн.		8008,8	8008,8
Кофігурація ФЕС		АФС	БМФС	МФС
Загальні капіталовкладення	грн.	659269,	671228	541328
Очікувана вартість введення ФЕС в експлуатацію	% від К	15	15	15
	Ціна за 1 м, грн	98890,4	100684	81199,2
Кофігурація ФЕС		АФС	БМФС	МФС
Загальні капіталовкладення при введенні в експлуатацію	грн.	758159,	771913	622528

Додаток Ж – Повна схема підключення СЕС 23,1 кВт



Додаток 3

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Розробка системи резервного електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Енергогарант», місто Вінниця

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: к.т.н., доцент Шулле Ю.А.

Показники звіту подібності

Unicheck	
Оригінальність	79.2
Схожість	20.8

Аналіз звіту подібності

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи.

Автор  Кузьменко А.П.

Опис прийнятого рішення

Бакалаврська дипломна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.

Керівник роботи _____ Шулле Ю.А.

Експерт _____ Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕЕМ