

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного  
менеджменту

## **Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

---

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Удосконалення системи електропостачання підприємства Закри-  
того акціонерного товариства «Вінниця-млин»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-19м  
спеціальності 141 –Електроенергетика, електро-  
техніка та електроменханіка

Освітня програма-Електротехнічні системи еле-  
ктроспоживання

Вдовиченко В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник д. т. н., проф., Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2020 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

\_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувачкафедри ЕСЕМ**

проф. М. Й. Бурбело

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Вдовиченко Владиславу Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення системи електропостачання підприємства Закритого акціонерного товариства «Вінниця-млин»

керівник роботи Бурбело Михайло Йосипович, д.т.н., проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020року

№ \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом роботи “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

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

1 Загальні відомості про підприємство. 2 Удосконалення системи електропостачання діючого підприємства. 3 Розробка основних елементів ФЕС. 4 Економічна частина МКР.5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.Висновки.Список використаних джерел. Додатки.

## 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання. Електричні та монтажні схеми ФЕС.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання ви- дав	завдання прийняв
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		
Нормоконтроль	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		

## 7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	01.10.20	
2	Синтез зовнішньої СЕП	15.10.20	
3	Науково дослідна частина	01.11.20	
4	Економічна частина	15.11.20	
5	Охорона праці	01.11.20	
6	Графічна частина	10.12.20	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Вдовиченко В.І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Бурбело М.Й.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

## АНОТАЦІЯ

Вдовиченко В.І. Удосконалення системи електропостачання підприємства Закритого акціонерного товариства «Вінниця-млин». МКР. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця : ВНТУ, ФЕЕ-ЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020. – 83 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі виконано удосконалення системи електропостачання за рахунок побудови фотогальванічної електростанції (ФЕС) потужністю 30 кВт.

Розроблені основні питання синтезу системи електропостачання та технічні рішення по ФЕС. Наведені основні електротехнічні схеми з'єднання та підключення сонячних панелей і відповідні будівельні креслення. Сформульовані вимоги до експлуатації сонячних панелей, особливості їх роботи, перелік специфічних вимог по техніки безпеки.

Виконано економічну частину магістерської роботи, де визначені основні економічні показники роботи системи електропостачання підприємства.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при експлуатації системи електропостачання «Вінниця-млин».

Ключові слова: система електропостачання, фотогальванічна електростанція, сонячні панелі, інвертор, постійний струм.

Рисунків - 27

Таблиць - 31

Бібліографій – 32

УДК 621.311

## АННОТАЦИЯ

Вдовиченко В.И. Усовершенствование системы электроснабжения предприятия Закрытого акционерного общества «Винница-млын» . МКР. Специальность 141 – Электроэнергетика, электротехника и электромеханика. – Винница : ВНТУ, ФЭЭЭМ, кафедра ЭСЭЭМ, 2020. – 83 с.

В магистерській кваліфікаційній роботі удосконалена система електропостачання за рахунок будівництва фотогальванічної електростанції (ФЭС) потужністю 30 кВт.

Розроблені основні питання синтезу системи електропостачання і технічні рішення по ФЭС. Приведені основні електричні схеми з'єднань і підключення сонячних панелей і відповідні будівельні чертежі.

Сформульовані вимоги по експлуатації сонячних панелей, особливості їх роботи, перелік специфічних вимог по техніці безпеки.

Розроблена економічна частина магістерської роботи, в якій визначені основні економічні показники роботи системи електропостачання підприємства.

Розглянуті питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях при експлуатації системи електропостачання «Винница-млын».

Ключові слова: система електропостачання, фотогальванічна електростанція, сонячні панелі, інвертор, постійний ток.

Рисунков – 27

Таблиц - 31

Бібліографія – 32

## Зміст

Анотація.....	3
Вступ.....	7
1. Короткий опис технологічного процесу.....	8
1.1 Відомості про електроспоживачі та їх характеристики.....	9
2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	13
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства.....	13
2.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП.....	15
2.3 Вибір розподільчої мережі підприємства.....	17
2.4 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення.....	19
2.5 Визначення оптимальних перерізів кабелів внутрішньозаводської мережі.....	22
2.6 Визначення оптимальних координат розміщення ЦТП.....	24
2.7 Релейний захист та автоматика .....	28
2.8 Захист кабельних ліній.....	29
3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, ЩОДО СТВОРЕННЯ ФОТОГАЛЬВАНІЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ФЕС).....	33
3.1 Коротка характеристика об'єкту та його склад.....	33
3.2. Техніко-економічні показники.....	34
3.3 Електротехнічна частина.....	35
3.4 Вплив сонячної електростанції на стійкість вузла навантаження.....	36
3.5 Електротехнічне обладнання.....	38
3.6 Розрахунок втрат напруги в лініях.....	40
3.7 Кабельні зв'язки в мережі до 1000 В.....	42
3.8 Заземлення та грозозахист.....	43
3.9 Паралельна робота ФЕС з мережею загального користування.....	44
3.10 Розрахунок орієнтовного річного виробітку електроенергії.....	45
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	46
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	47
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	51

4.3 Пожежна безпека.....	55
4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	58
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	64
5.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання .....	64
5.2 Розрахунок поточних витрат .....	67
5.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі .....	71
5.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі .....	74
5.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються .....	75
5.3 Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії .....	77
5.3.1 Розрахунок собівартості електроенергії .....	82
ВИСНОВКИ .....	85
ЛІТЕРАТУРА.....	86
ДОДАТКИ.....	89

## Вступ

Актуальність теми. В умовах обмеженості енергетичних ресурсів актуальним постає задача впровадження «зеленої» енергетики в діючі системи електропостачання енергетичних систем та окремих промислових підприємств. Цим питанням і присвячена магістерська кваліфікаційна робота, яка передбачає створення інтегрованої діючої системи електропостачання ЗАТ «Вінниця-млин» з фотогальванічною електричною станцією сучасного зразку на базі сонячних панелей компанії JinKO.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання ЗАТ «Вінниця-млин» з вбудованою фотогальванічною електростанцією потужністю 30 кВт, встановленою на спеціальних конструкціях, розміщених на вільній території підприємства.

Задачі магістерської кваліфікаційної роботи:

- запроєктувати сучасну схему електропостачання підприємства, яка буде задовольняти основним вимогам діючих нормативних документів;
- розробити технічні рішення по створенню фотогальванічної електричної станції, яка органічно була б вбудована в існуючу систему живлення електричних споживачів та електропостачальну компанію.

Об'єкт дослідження – система електропостачання ЗАТ «Вінниця-млин».

Предмет дослідження – створення сучасної фотогальванічної електростанції, яка дозволила б покращити та удосконалити основний технологічний процес підприємства, економити енергетичні ресурси та, в якійсь мірі покращити фінансовий стан підприємства за рахунок генерації «зеленої» електроенергії в мережі енергопостачальної організації. .

Методи досліджень. У магістерській роботі використанні методи математичного моделювання, теоретичних основ електротехніки та методи розрахунку основних показників роботи системи електропостачання.

Наукова новизна. Запропонована методика проектування фотогальванічної електричної станції та особливості її інтеграції в діючу систему електропостачання, що знайшло відображення у синтезованих електричних схемах та будівельних



кресленнях.

Практична цінність. Полягає у реалізації останніх досягнень в галузі «зеленої» енергетики в діючу систему електропостачання підприємства харчової промисловості, в розробці відповідної технічної документації та креслень. Подібна розробка має практичну цінність, так як може бути поширена на будь яку систему електропостачання діючого підприємства. Окрім значної економії енергетичних ресурсів будівництво ФЕС не впливає на погіршення екологічного стану оточуючого середовища.

## 1. Короткий опис технологічного процесу

ЗАТ «Вінницямлин» є одним із сучасних підприємств з переробки зерна пшениці та накопичення і перевалки більше 10 видів сільськогосподарської продукції (у тому числі насіння соняшнику, рапсу, гірчиці, льону, зерна пшениці продовольчої, фуражної пшениці і ячменю, проса, вівса, жита, шроту соняшнику і інших культур, а також гранульованих висівок). Виконує експортні поставки зернової продукції.

Підприємство здійснює виробництво сортової пшеничної хлібопекарської муки вищого і першого гатунку, а також макаронної муки, манної крупи; надає послуги з гранулювання і перевалки висівок.

Технологічне устаткування виготовлено за ліцензією швейцарської фірми "Бюлер", з системою автоматизованого керування технологічним процесом. Продуктивність млина складає біля 400 тонн на добу, що забезпечує річну потребу Вінницької області.

Виконує гранулювання розсипних висівок, з продуктивністю 24 тонни в годину. Існує можливість підвищення продуктивності цеху гранулювання.

На підприємстві встановлено високотехнологічне устаткування елеватора, що дозволяє здійснювати одночасне приймання і відвантаження продукції.

У підготовчому відділенні млина зерно проходить очищення від домішок з подальшою водно-тепловою обробкою. При чому тут виконується автоматичне зважування.

Основною зерноочисною машиною підготовчого відділення є сепаратор, у якому зерно очищається на ситах і повітряному потоці. Після очищення в сепараторах і трієрах у зерні ще залишаються камені, грудки землі, шматочки руди, та інші мінеральні домішки. Незважаючи на порівняно невеликий вміст мінеральних домішок, вони можуть різко погіршити якість готової продукції. Очистка від мінеральних домішок, яка виконується на вітчизняному обладнанні може разом з очискою привести до втрати біля 5% повноцінного зерна. Ця втрата в значній мірі пов'язана з продуктивністю очищення, тому для менших втрат зерна ви-

користується інші машини з меншою продуктивністю, де цілком розділяється зерно і мінеральні домішки. Очищене від мінеральних домішок зерно надходить на подальшу обробку, а фракція, що містить мінеральної домішки, — на другий етап очищення. Для цього застосовують порівняно невелику машину для видалення коменю, що забезпечують продуктивність до 20 т/ч і виконані по типу сепараторів шафового зразку.

### 1.1 Відомості про електроспоживачі та їх характеристики

Електропостачання підприємства здійснюється на напрузі 10 кВ через трансформатор головної понижувальної підстанції Вінницької кондитерської фабрики «РОШЕН», яка знаходиться неподалік. Відстань до джерела живлення складає 1,1 км.

Основними споживачами підприємства є електричні двигуни виробничих механізмів, що забезпечують потреби на усіх ланках технологічного процесу.

Система електропостачання ЗАТ «Вінницямлин» містить також побутові споживачі електроенергії і освітлювальне навантаження. На рисунку 1.1 зображено генплан підприємства.

В таблиці 1.1 подано відомості про електричні навантаження цехів.

Таблиця 1.1 - Відомості про електричні навантаження цехів

№ п/п	ЕП	Рн кВт
1	Склад готової продукції	73
2	Склад висівок	86
3	Майстерня	152
4	Вальцевий парк	302
5	Бункера	135
6	Вагова автомобільна	71
7	Вагова	116
8	Склад накопичення	65
9	Адміністративна будівля	42
10	Прохідна	4
11	Транспортер	41

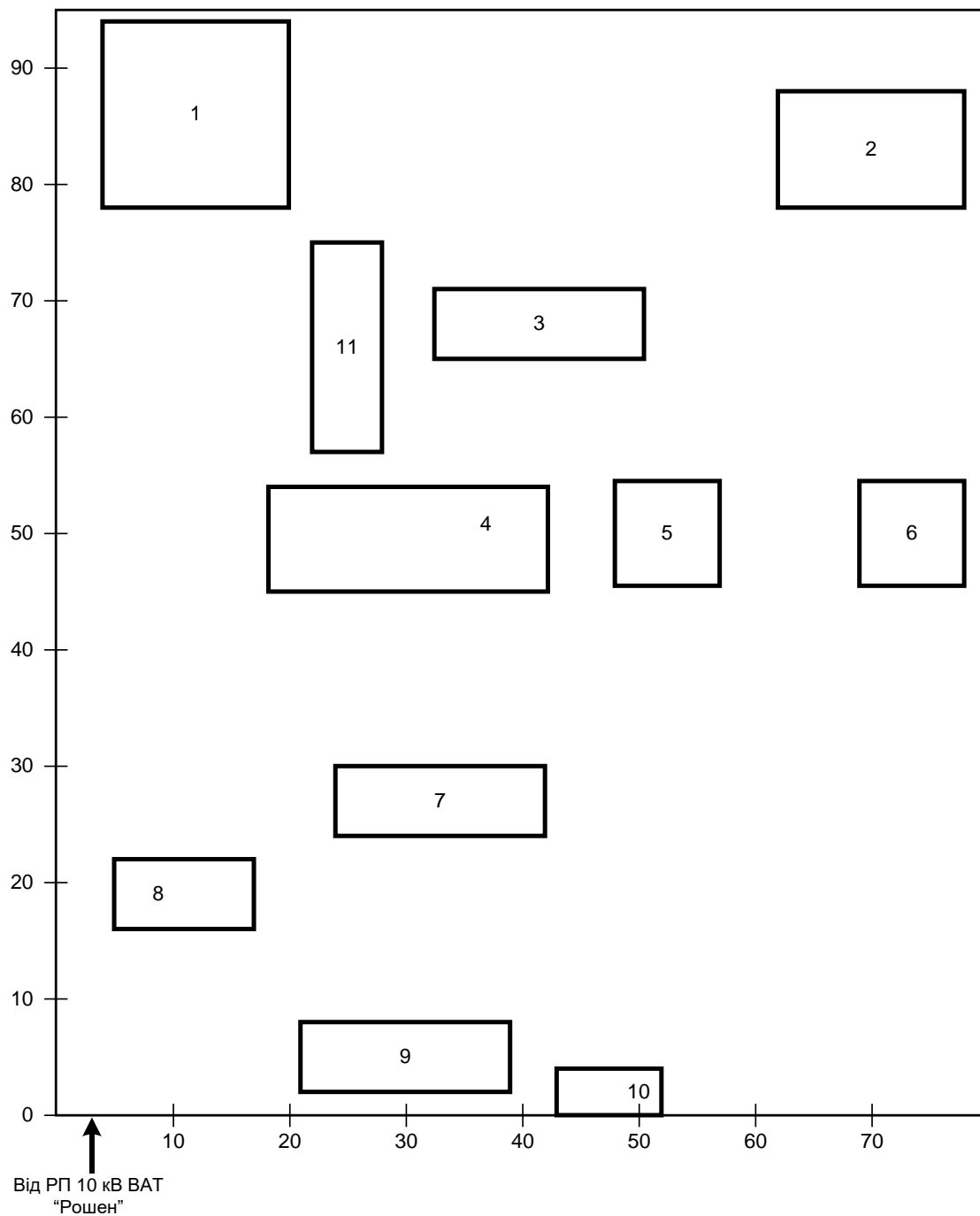


Рисунок 1.1 - Генплан підприємства

Кількість годин використання максимального навантаження складає  $T_m = 3000$  год.

Число годин максимальних втрат  $\tau = 1575$  год.

Потужність к.з. зі сторони 10 кВ джерела живлення складає 50 МВА.

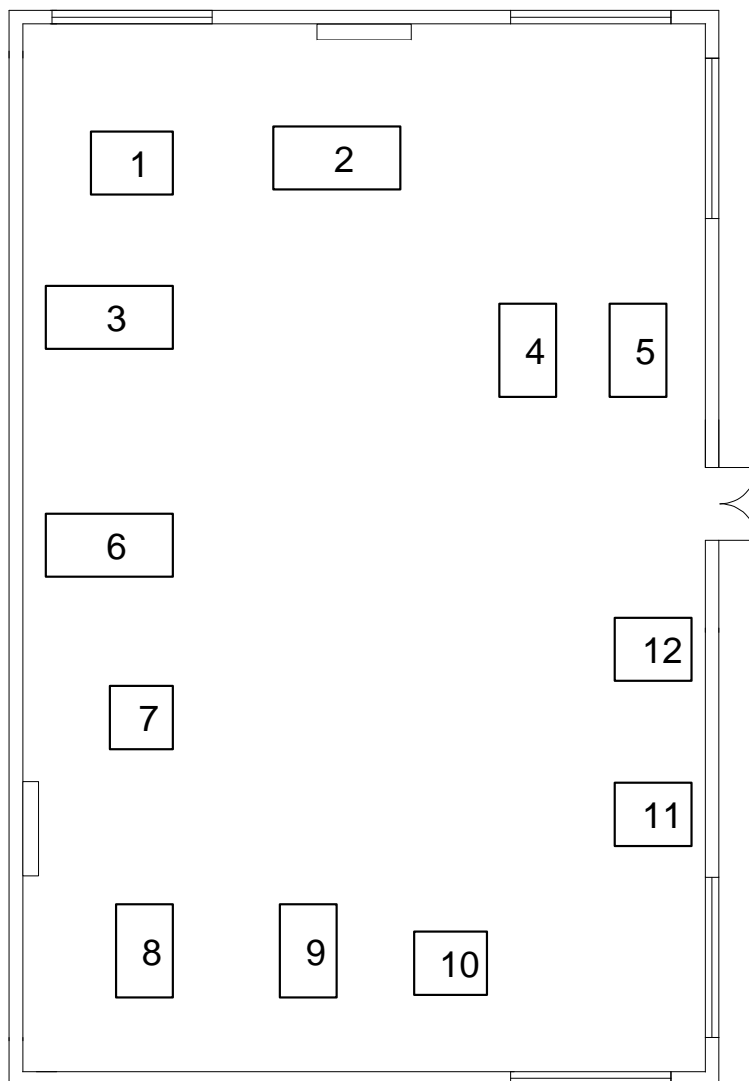


Рисунок 1.2 – План вальцевого цеху

Таблиця 1.2 Відомості про електричні навантаження цеху

Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт	Номінальна потужність, кВт		За довідниковими даними		
		Одного ЕП	Загальна	Коефіцієнт використання, Кв	Коефіцієнт реактивної потужності	
					cosφ	tgφ
<b>РП1</b>						
<b>гр - А</b>						
1-й шліфувальний верстат (3)	1	30	30	0,25	0,75	0,88
<b>Всього по гр. А</b>	1	30	30	0,25		
<b>гр - Б</b>						
1-а дренна установка (1)	1	44	44	0,75	0,8	0,75
2-а дренна установка (2)	1	36	36	0,75	0,8	0,75
1-а розмелювальна установка (4)	1	30	30	0,85	0,8	0,75
4-а дренна установка (для грубого зерна) (5)	1	22	22	0,75	0,8	0,75
5-а дренна установка (6)	1	22	22	0,75	0,8	0,75
<b>Всього по гр. Б</b>	5	154	154			
<b>Всього по РП1</b>	<b>6</b>		<b>184</b>			
<b>РП2</b>						
<b>гр - Б</b>						
3-а дренна установка (для грубого зерна) (7)	1	22	22	0,75	0,8	0,75
2-а, 5-а, 6-а розмелювальні установки (8, 11, 12)	3	22	66	0,85	0,8	0,75
3-а і 4-а розмелювальна установка (9, 10)	2	15	30	0,85	0,8	0,75
<b>Всього по гр. Б</b>	6	59	118			
<b>Всього по РП1</b>	<b>6</b>		<b>118</b>			
<b>Всього по гр. А</b>	1	30	30	0,25		
<b>Всього по гр. Б</b>	11	213	272			
<b>Всього по цеху</b>	<b>12</b>		<b>302</b>			

## 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

### 2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства.

Розрахунок електричних навантажень підприємства виконується з метою визначення навантажень, які є визначальними для вибору електротехнічного обладнання, провідників, трансформаторів та ін. Розрахункове навантаження це тривале незміне по величині навантаження, яке еквівалентне фактичному змінному навантаженню.

Величина розрахункового навантаження визначається за відповідною методикою [2,3].

Освітлювальні навантаження цехів (освітлення виконується лампами розжарювання):

$$P_{poi} = K_{poi} \cdot P_{питі} \cdot F_i,$$

$$P_{po\Sigma} = \sum_i P_{poi},$$

де  $K_{poi}$  - коефіцієнти попиту освітлювального навантаження;

$P_{питі}$  - питома густина освітлювального навантаження на одиницю площі цехів;

$F_i$  - площі цехів.

Середні навантаження цехів:

$$P_{Ci} = P_{Hi} \cdot K_{Bi} + P_{poi},$$

$$Q_{Ci} = P_{Ci} \cdot \text{tg}(\phi)_i,$$

$$S_{Ci} = \sqrt{(P_{Ci})^2 + Q_{Ci}^2},$$

де  $P_{Ci}$  - середні активні навантаження цехів;

$Q_{Ci}$  - середні реактивні навантаження цехів;

$S_{Ci}$  - повні середні навантаження цехів;

$P_{Hi}$  - номінальні потужності цехів;

$\text{tg}(\phi)_i$  - коефіцієнти потужності цехів.

Сумарні середні навантаження:

$$P_{c\Sigma} = \sum_I P_{Ci};$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum_I Q_{Ci};$$

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2},$$

Розрахункові силові навантаження цехів:

$$P_{Pi} = P_{ni} \cdot K_{ni} + P_{poi};$$

$$Q_{Pi} = (P_{ni} \cdot K_{ni}) \cdot \operatorname{tg}(\phi),$$

Сумарні силові розрахункові навантаження:

$$P_{pc\Sigma} = \sum_I P_{Pi} \cdot K_o;$$

$$Q_{pc\Sigma} = \sum_I Q_{Pi} \cdot K_o$$

Сумарні розрахункові навантаження з урахуванням світла:

$$P_{p\Sigma} = P_{pc\Sigma} + P_{po\Sigma};$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_{pc\Sigma};$$

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

Дана задача вирішується за допомогою електронного процесора Excel в табличній формі і має вигляд, наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1– Таблиця розрахунку навантажень підприємства

N	Найменування цехів	Дані сили					Дані світла					Ос.навантаж.		Середні навантаж.			Розрах. навантаж.			ро		
		Рн кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площ. м²	Кпо	Рпит Вт/м²	Кпр	tgo	Рро кВт	Qро квар	Рс кВт	Qс квар	Sc кВА	Рр кВт	Qр, квар	Sp кВА			
1	Склад готової продукції	73	0,90	0,48	0,5	0,4	256	0,6	12					29,2	14,1	32,4	36,5	17,7	40,6	0,16		
2	Склад висівок	86	0,90	0,48	0,5	0,35	160	0,6	12					30,1	14,6	33,4	43,0	20,8	47,8	0,30		
3	Майстерня	152	0,85	0,62	0,6	0,4	108	0,9	15	1,2	1,33	1,75	2,33	62,5	40,0	74,2	92,9	58,8	110,0	1,02		
4	Вальцевий парк	302	0,80	0,75	0,8	0,6	216	0,9	15	1,2	1,33	3,50	4,65	184,7	140,6	232,1	245,1	185,9	307,6	1,42		
5	Бункера	135	0,85	0,62	0,75	0,6	81	0,6	12					81,0	50,2	95,3	101,3	62,7	119,1	1,47		
6	Вагова автомобільна	71	0,80	0,75	0,4	0,3	81	0,9	15	1,2	1,33	1,31	1,75	22,6	17,7	28,7	29,7	23,0	37,6	0,46		
7	Вагова	116	0,80	0,75	0,4	0,3	108	0,9	15	1,2	1,33	1,75	2,33	36,5	28,4	46,3	48,1	37,1	60,8	0,56		
8	Склад накопичення	65	0,80	0,75	0,5	0,35	72	0,6	12					22,8	17,1	28,4	32,5	24,4	40,6	0,56		
9	Адміністративна будівля	42	0,90	0,48	0,6	0,4	108	0,85	21					16,8	8,1	18,7	25,2	12,2	28,0	0,26		
10	Прохідна	4	0,90	0,48	0,6	0,4	36	0,85	21					1,6	0,8	1,8	2,4	1,2	2,7	0,07		
11	Транспортер	41	0,85	0,62	0,4	0,35	108	0,6	15					14	9	17	16,4	10,2	19,3	0,18		
Всього по підприємству		1087				0,46	1334							8,3106	11,05	502,2	340,5	606,8	639,9	431,9	772	0,579

В таблиці показані результати розрахунку для кожного цеху та заводу в ці-



лому.

## 2.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП

Економічність заводської електричної мережі в значній мірі залежить від потужності та кількості цехових трансформаторних підстанцій.

При виборі числа трансформаторів на ТП слід врахувати, що діючі ПУЕ рекомендують жити споживачі II категорії від двотрансформаторних ТП. Одно трансформаторні цехові підстанції рекомендується застосовувати: при навантаженнях III і II категорій, які допускають у випадку аварії перерву живлення на час доставки і улаштування трансформатора зі складського резерву. Враховуючи, що «Вінниця-млин» відноситься до II категорії, живлення споживачів передбачено від двотрансформаторної ТП.

Номінальна потужність цехових ТП вибирається за питомою густиною навантаження на  $1 \text{ м}^2$  площі цеху [2,3]

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}$$

де  $S_{\Sigma}$  – сумарне навантаження цехів при напрузі 0,38 кВ;

$F_{\Sigma}$  – загальна площа цих цехів.

Інтервали економічних потужностей трансформаторів [2]:

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

В нашому випадку:

$$S_{\text{пит}} = 0,576 \text{ кВА}/\text{м}^2,$$

Так як потужність підприємства складає 772 кВА обираємо одну двотрансформаторну підстанцію.

Для вибору оптимальної потужності трансформаторів ЦТП скористаємося математичною моделлю.

$$Z(S_T) = (E_e + E_a) \cdot K_{ТП}(S_T, k_T) + (\Delta P_{xx}(S_T) \cdot k_T + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot \frac{S_{ТП}^2}{S_m^2 \cdot k_m}) \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}} .$$

$$k_H \cdot k_T \cdot S_T \geq S_{ТП};$$

$$k_{па} \cdot S_T \geq k_{ппа} \cdot S_{ТП}.$$

де  $E_e$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$E_a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_{ТП}(S_T, k_T)$  – капіталовкладення в ТП в залежності від потужності  $S_T$  та кількості  $k_T$  трансформаторів;

$\Delta P_{xx}(S_T)$  – втрати холостого ходу трансформатора потужністю  $S_T$ ;

$\Delta P_{кз}(S_T)$  – втрати короткого замикання трансформатора потужністю  $S_T$ ;

$S_T$  – потужність окремого тр-ра ТП;

$S_{ТП}$  – розрахункова потужність ТП;

$S_{ТПсм}$  – середня потужність ТП;

$k_T$  – кількість трансформаторів;

$k_3(S_T)$  – коефіцієнт завантаження трансформатора потужністю  $S_T$ ;

$B_0$  – питома вартість втрат активної потужності в трансформаторах;

$t$  – тариф за електроенергію;

$\tau$  – число годин максимальних втрат;

$k_H$  – максимально допустимий коефіцієнт навантаження тр-ра в нормальному режимі згідно ДСТУ 3463-96;

$k_{па}$  – максимально допустимий коефіцієнт навантаження тр-ра в післяаварійному режимі згідно ДСТУ 3463-96;

$k_{ппа}$  – частина навантаження ТП, яка повинна залишитись в роботі в післяаварійному режимі (погоджується з технологами).

Коефіцієнти  $k_H$ ,  $k_{па}$  приймаємо згідно ДСТУ 3463-96:  $k_H = 1$ ;  $k_{па} = 1,3$ .

Розв'язок математичної моделі з використанням можливостей Excel дає рекомендоване значення оптимальної потужності цехової трансформаторної підстанції. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Таблиця вибору оптимальної потужності ЦТП

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea = 6,60%	
Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp = 772,0	
Середня потужність ТП, кВА										Sc = 606,8	
Кількість трансформаторів										kt = 2	
Допустимий коефіцієнт навантаження в н. режимі										kn = 1	
Допустимий коефіцієнт навантаження в п.а. режимі										Kпа = 1,3	
Доля навантаження у п.а. режимі										Kпаа = 0,85	
	St	ΔPкз	ΔPxx	Kтп,	E*К,	ΔPзм	ΔPпс	ΔP	Вв,	З,	X
*	кВА	кВт	кВт	грн/км	т. грн	кВт	кВт	кВт	т. грн	т. грн	*
	63	1,280	0,240	76,626	12,720	96,11	0,48	96,59	60,844	-----	--
	100	1,970	0,330	81,370	13,507	58,71	0,66	59,37	37,398	-----	--
	160	3,100	0,510	87,560	14,535	36,09	1,02	37,11	23,375	-----	--
	250	4,200	0,740	95,570	15,865	20,03	1,48	21,51	13,548	-----	--
	400	5,900	0,950	114,700	19,040	10,99	1,90	12,89	8,119	-----	--
v	630	8,500	1,310	127,620	21,185	6,38	2,62	9,00	5,671	26,856	v +
	1000	10,500	2,100	150,580	24,996	3,13	4,20	7,33	4,617	29,613	+
	1600	18,000	2,800	187,200	31,075	2,10	5,60	7,70	4,848	35,923	+
	2500	23,500	3,850	214,182	35,554	1,12	7,70	8,82	5,556	41,111	+

Як бачимо із таблиці 2.2, мінімально допустимою і оптимальною є трансформатори з потужністю 630 кВА.

### 2.3 Вибір розподільчої мережі підприємства

При виборі розподільчої мережі будемо виходити з таких принципів [2,3,4]:

1. Навантаження цехів розподілено по площі цехів рівномірно.
2. Цехи II категорії будемо живити не менш ніж двома кабелями. При цьому в цеху будемо передбачати два РП або одне РП з двома секціями шин.
3. Кожну секцію шин РП буде живити окрема лінія.
4. Цехи III категорії можна живити однокабельною лінією від одного РП.

Розміщення РП 0,38 кВ на генплані підприємства показано на рисунку 2.1, а інформація про них в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Розподіл РП 0,38 кВ між цехами.

Цех		Кате горія	Рр кВт	І А
№	РП			
1		2	36,5	30,8
2		2	43,0	36,3
3		3	92,9	83,6
4		2	245,1	116,8
5		2	101,3	90,5
6		3	29,7	57,1
7		3	48,1	92,4
8		3	32,5	61,7
9		3	25,2	42,5
10		3	2,4	4,1
11		2	16,4	14,7

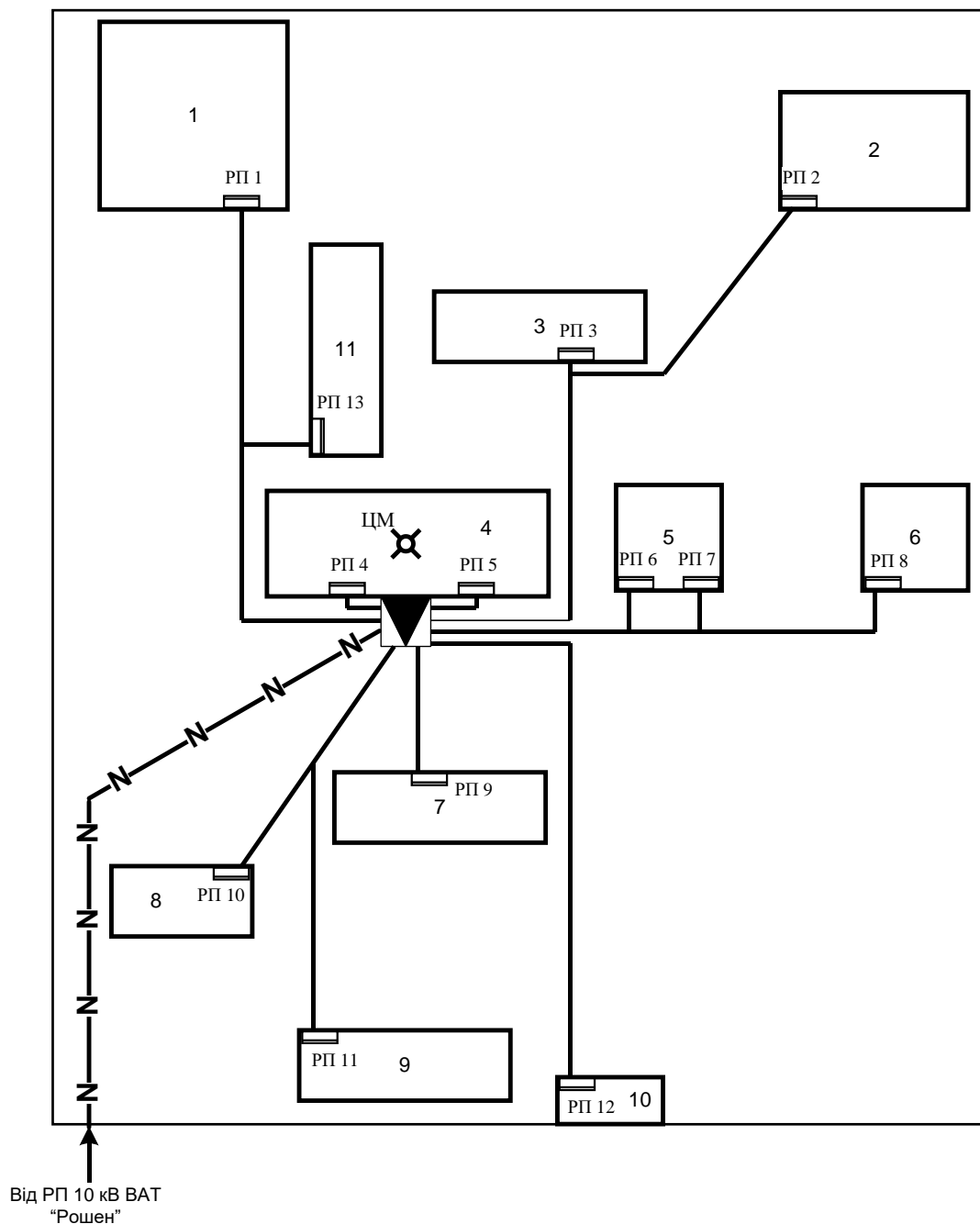


Рисунок 2.1 - Розподіл РП 0,38 кВ між цехами

#### 2.4 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

Підприємство можна заживити від РУ 10 кВ головної понижувальної підстанції Вінницької кондитерської фабрики «РОШЕН», яка знаходиться на відстані 1,1 км. При розрахунковій потужності ЗАТ "Вінницямлин" (лише 772 кВА) така напруга лінії живлення є доцільною. Живлення виконаємо кабельною лінією, у зв'язку з тим, що ЗАТ «Вінниця-млин» розташований в межах міста.

Визначимо навантаження зовнішньої КЛ 10 кВ з урахуванням втрат потужності в трансформаторах.

Активна  $P_{\text{ж}}$ , реактивна  $Q_{\text{ж}}$  та повна  $S_{\text{ж}}$  потужність лінії живлення [2,3]:

$$P_{\text{ж}} = P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{ЦТП}}; \quad Q_{\text{ж}} = Q_{\text{р}} + \Delta Q_{\text{ЦТП}}; \quad S_{\text{ж}} = \sqrt{P_{\text{ж}}^2 + Q_{\text{ж}}^2},$$

де  $P_{\text{р}}$  – сумарна активна розрахункова потужність заводу;

$Q_{\text{ж}}$  – сумарна реактивна розрахункова потужність заводу;

$S_{\text{ж}}$  – сумарна повна розрахункова потужність заводу.

$\Delta P_{\text{ЦТП}}$ ,  $\Delta Q_{\text{ЦТП}}$  – сумарні втрати активної та реактивної потужності в трансформаторах ЦТП.

Сумарні втрати активної та реактивної потужності в ЦТП визначимо за формулами [2,3,4]:

$$\Delta P_{\text{ЦТП}} = \left[ \left( \frac{S_{\text{рЦТП}}}{k \cdot S_{\text{т}}} \right)^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}} + \Delta P_{\text{хх}} \right] \cdot k \quad (2.1)$$

$$\Delta Q_{\text{ЦТП}} = \left[ \frac{S_{\text{т}}}{100} \cdot \left( \frac{S_{\text{рЦТП}}}{k \cdot S_{\text{т}}} \right)^2 \cdot U_{\text{кз}} + I_{\text{хх}} \right] \cdot k$$

де  $S_{\text{рЦТП}}$  – розрахункова потужність ЦТП;

$S_{\text{нт}}$  – Номінальна потужність трансформатора;

$k$  – кількість трансформаторів ЦТП;

$\Delta P_{\text{хх}}$ ,  $\Delta P_{\text{кз}}$ ,  $U_{\text{кз}}$ ,  $I_{\text{хх}}\%$  – параметри трансформатора: відповідно втрати холостого ходу, короткого замикання, а також напруга к.з. та струм холостого ходу у відсотках.

Таблиця 2.4 – Таблиця розрахунку втрат потужності в ЦТП.

Розрахункова потужність ЗЛ з урахуванням втрат потужності в ЦТП															
№	Pr цтп	Qr цтп	Sr цтп	St			ΔPxx	ΔPk	Ixx	Uк	ΔPцтп	ΔQцтп	Pцтп	Qцтп	Sцтп
ЦТП	кВт	квар	кВА	кВА	k	kз	кВт	кВт	%	%	кВт	квар	кВт	квар	кВА
1	639,9	431,9	772,0	630	2	0,61	1,31	8,5	2	5,5	9,0	51,2	648,9	483,1	809,0
			Pp = 639,92	кВт			Pж = 648,9	кВт							
			Qp = 431,88	квар			Qж = 483,1	квар							
			Sp = 772,0	кВА			Sж = 809,0	кВА							

В таблиці прийняті такі позначення:

Pr цтп, Qr цтп, Sr цтп - розрахункова потужність ЦТП (без врахування втрат потужності в ЦТП);

ΔPцтп, ΔQцтп - втрати потужності в ЦТП;

Pцтп, Qцтп, Sцтп - розрахункова потужність ЦТП із врахування втрат потужності в ЦТП.

Вибір оптимального перерізу лінії живлення 10 кВ виконаємо з допомогою електронного процесора Excel і, скориставшись наступною методикою [2,3]

Струм лінії:

$$I_{ж} = \frac{S_{ж}}{\sqrt{3}U_H k_{л}}$$

$k_{л}$  – кількість живлячих ліній.

Втрати напруги в КЛ в нормальному режимі роботи:

$$\Delta U_H(x) = \frac{P_{ж} \cdot r_0(x) + Q_{ж} \cdot x_0(x)}{U_H \cdot k_{л}} \cdot L$$

де  $r_0(x)$  – активний питомий опір лінії перерізом  $x$ ;

$x_0(x)$  – реактивний питомий опір лінії перерізом  $x$ .

Втрата напруги  $\Delta U_{па}$  в КЛ перерізом  $x$  в післяаварійному режимі роботи:

$$\Delta U_{па}(x) = \Delta U_H(x) \cdot k_{л} \cdot k_{ппа},$$

де  $k_{ппа}$  – коефіцієнт навантаження лінії в післяаварійному режимі.

В таблиці 2.5 наведені результати розрахунку оптимального перерізу живлячої КЛ 10 кВ.

Таблиця 2.5 – Вибір перерізу живлячої КЛ 10 кВ

Напруга, кВ													U = 10	
Активна розрахункова потужність ТП, кВт													P = 648,9	
Реактивна розрахункова потужність ТП, кВАр													Q = 483,1	
Розрахунковий струм окремого кабелю, А													I = 23,35	
Коефіцієнт допустимого навантаження													Kдоп = 1	
Допустима втрата напруги в КЛ, %													dУдоп = 5	
Кількість кабелів													k = 2	
Довжина лінії, км													L = 1,1	
Струм к.з. на початку лінії, кА													Iкз = 3,031	
Приведений час к.з., с													tn = 1,8	
Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2))/мм^2													C = 90	
Мінімальний переріз лінії за умовою к.з., мм^2													Fкз = 45,185	
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі													Kпа = 1,2	
Доля навантаження у п.а. режимі													Kпап = 0,85	
Допустима втрата напруги в КЛ, %													dУпадоп = 5	
F,	Ro,	Xo,	Iдоп,	Ko,	dUn,	dUna,	dP,	K,	E*K,	Vв,	Z,			
мм^2	Ом/км	Ом/км	А	т. грн/км	%	%	кВт	т. грн	т. грн	т. грн	т. грн			
16	1,94	0,113	75	17,360	0,72	1,23	6,98	38,192	5,347	4,399	НЕ доп.	--	--	
25	1,240	0,099	90	19,960	0,47	0,80	4,46	43,912	6,148	2,812	НЕ доп.	--	--	
35	0,890	0,095	115	23,550	0,34	0,58	3,20	51,810	7,253	2,018	НЕ доп.	--	--	
v 50	0,620	0,090	140	27,120	0,25	0,42	2,23	59,664	8,353	1,406	9,759	v +	+	
70	0,443	0,086	165	32,400	0,18	0,31	1,59	71,280	9,979	1,005	10,984		+	
95	0,326	0,083	205	38,790	0,14	0,24	1,17	85,338	11,947	0,739	12,687		+	
120	0,258	0,081	240	44,820	0,11	0,19	0,93	98,604	13,805	0,585	14,390		+	
150	0,206	0,079	275	50,120	0,09	0,16	0,74	110,264	15,437	0,467	15,904		+	
185	0,167	0,077	310	54,960	0,08	0,14	0,60	120,912	16,928	0,379	17,306		+	
240	0,129	0,075	355	60,500	0,07	0,11	0,46	133,100	18,634	0,293	18,927		+	
Оптимальний переріз КЛ, мм^2													50	

Таким чином, для живлення підприємства обираємо кабель ААБ -10 3x50 мм<sup>2</sup>, який прокладений в траншеї.

## 2.5 Визначення оптимальних перерізів кабелів внутрішньозаводської мережі

Живлення цехів підприємства виконуємо по радіальній схемі, що відповідає вимогам надійності. В цехах підприємства встановлюються відповідні розподільчі пристрої 0,38 кВ, живлення яких буде виконуватися кабельними лініями, переріз яких відповідає потужності цехового навантаження. Такі кабелі повині обиратися за наступними умовами: за нагрівом, за втратами напруги, за термічною стійкістю до дії струмів КЗ.

Переріз провідників в мережах напругою до 1 кВ вибирають за допустимим нагрівом



$$I_{\text{доп}} \geq \begin{cases} I_p & \text{— для нормальних приміщень;} \\ 1,25 \cdot I_p & \text{— для вибухонебезпечних приміщень.} \end{cases}$$

Тривало допустимий струм для різного типу провідників, перерізу і способу прокладання наведено в ПУЕ [1].

Вибрані провідники перевіряють на допустиму втрату напруги

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{макс}},$$

де  $\Delta U_{\text{доп}}$  – рекомендована допустима втрата напруги ;  $\Delta U_{\text{макс}}$  – втрата напруги в лініях від ТП до електрично найвіддаленішого ЕП.

В нормальному режимі переріз і довжина провідників мають забезпечувати допустимі втрати напруги, що не перевищують 5% – для силових ЕП і 3% – для освітлення [1].

Розрахунок втрат напруги виконують за формулою

$$\Delta U = \sqrt{3} I_p (R_0 \cos \phi + X_0 \sin \phi) l = \frac{P_p R_0 + Q_p X_0}{U_{\text{ном}}} \cdot l,$$

де  $R_0, X_0$  – питомі значення активного та реактивного опорів ліній;  $l$  – довжина лінії.

Користуючись описаною методикою обираємо для живлення цехових навантажень кабелі марки АВВГ відповідного перерізу.

Таблиця 2.6 – Результати вибору КЛ 0,38 кВ

Цех		Категорія.	К-сть ліній	L м	Pp кВт	Qp квар	I А	F опт
№	РП							
1	1	2	2	43	36,5	17,7	30,8	25
2	2	2	2	63	43,0	20,8	36,3	35
3	3	3	2	31	92,9	58,8	83,6	70
4	4, 5	2	4	5	245,1	185,9	116,8	95
5	6-7	2	2	22	101,3	62,7	90,5	95
6	8	3	1	45	29,7	23,0	57,1	50
7	9	3	1	23	48,1	37,1	92,4	95
8	10	3	1	44	32,5	24,4	61,7	50
9	11	3	1	49	25,2	12,2	42,5	35
10	12	3	1	61	2,4	1,2	4,1	10
11	13	2	2	16	16,4	10,2	14,7	16

## 2.6 Визначення оптимальних координат розміщення ЦТП

Для визначення місця розташування ТП побудуємо картограму навантажень і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуємо на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності [2,3]

$$P_{mk} = \pi r_k^2 m_P, \quad (2.2)$$

де  $r_k$  – радіус круга;

$m_P$  – масштаб побудови.

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень: прийmemo радіус круга навантаження бункера 15 м, тоді масштаб побудови визначаємо:

$$m_P = \frac{P_{M5}}{\pi \cdot r_5^2} = \frac{102,33}{3,14 \cdot 15^2} = 0,14 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Визначаються радіуси кругів навантажень при даному масштабі. Наприклад радіус круга для складу готової продукції [2,3]:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{M1}}{\pi \cdot m_P}} = \sqrt{\frac{38,28}{3,14 \cdot 0,14}} = 9,17 \text{ (м)}.$$

Кут сектору освітлювального навантаження для складу готової продукції:

$$\alpha_1 = \frac{360 \cdot P_{MO}}{P_M} = \frac{360 \cdot 1,78}{38,28} = 16,76^\circ.$$

Розрахунки по інших цехах зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Дані для побудови картограми навантажень

№	ЕП	x	y	$P_{m0}, \text{кВт}$	$P_m, \text{кВт}$	rk, м	$\alpha_k, ^\circ$
1	Склад готової продукції	12	89	1,78	38,28	9,17	16,76
2	Склад висівок	75	88	2,38	45,38	9,99	18,85
3	Майстерня	36	73	1,47	92,67	14,27	5,73
4	Вальцевий парк	32	55	5,83	247,43	23,33	8,49
5	Бункера	51	57	1,08	102,33	15,00	3,79
6	Вагова автомо-більна	77	55	2,07	30,47	8,19	24,50
7	Вагова	34	31	2,20	48,60	10,34	16,32
8	Склад накопичення	10	22	0,78	33,28	8,55	8,48
9	Адміністративна будівля	32	4,5	2,05	27,25	7,74	27,06
10	Прохідна	46	4	0,96	3,36	2,72	103,16
11	Транспортер	23	75	1,03	17,43	6,19	21,27

Координати центра електричних навантажень (ЦЕН) знаходять за формулами

$$x_0 = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} x_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}}, \quad y_0 = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} y_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}}, \quad (2.3)$$

де  $x_k, y_k$  – координати геометричних центрів об'єктів на генплані підприємства. Отже

$$x_0 = \frac{38,28 \cdot 12 + \dots + 17,43 \cdot 23}{38,28 + \dots + 17,43} = 30,01 \text{ (м)};$$

$$y_0 = \frac{38,28 \cdot 89 + \dots + 17,43 \cdot 75}{38,28 + \dots + 17,43} = 50,86 \text{ (м)}.$$

Як видно із розрахунків координати центру мережі 0,38 кВ в заданих осях координат дорівнюють  $X_0 = 30$  м,  $Y_{01} = 50$  м. Результати показані на рисунку 2.1. Із цього рисунку видно, що центр мережі розміщується даху цеху №4. Тому приймаємо рішення пристроїти ТП до відповідної стіни цього цеху. Це дасть можливість здешевити будівельну частину цього ТП.

На рисунку показано розташування ЦРП та ліній розподільних мереж 0,38 кВ.

## 2.7. Релейний захист та автоматика

Для зменшення пошкоджень і попередження аварії встановлюють релейний захист (РЗ). При встановленні РЗ повинні дотримуватись такі вимоги:

- 1) надійність відключення всіх видів пошкоджень;
- 2) селективність дії;
- 3) простота схеми;
- 4) чутливість захисту;
- 5) швидкодія.

Для захисту від внутрішніх коротких замикань (К.З.) застосовують:

- а) струмову відсічку без витримки часу зі сторони живлення, коли відсутній диференційний захист;
- б) диференційний захист або диференційна відсічка;
- в) захист максимального струму.

На підприємстві встановити струмову відсічку на початку блоку лінія – трансформатор. Захист від струмів К.З. на понижаючих трансформаторах можна виконати РЗ максимального струму з витримкою часу.

Розраховуємо максимальний струм захист.

Для трансформатора потужністю 630кВА:

При виході з одного трансформатора з ладу інший трансформатор може бути перевантажений не більше ніж 40%:

$$I_{ном.АВ} = \frac{1,4 \cdot S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,98 А.$$

Струм спрацювання захисту від перевантаження:

$$I_{с.з.} = \frac{K_H \cdot K_3}{K_B} \cdot I_{ном.АВ} = \frac{1,3 \cdot 2,2}{0,85} \cdot 50,98 = 171,54 А,$$

де:  $K_H = (1,3-1,5)$  – коефіцієнт надійності;

$K_3 = (2-2,2)$  – коефіцієнт самозапуску;

$K_B = (0,8-0,85)$  – коефіцієнт повернення.

Струм спрацювання реле:

$$I_{c.p.} = \frac{K_{cx}}{n_T} \cdot I_{c.з.} = \frac{5}{100} \cdot 171,54 = 8,57 A ,$$

де:  $K_{cx} = 1$  – коефіцієнт схеми;

$n_T = 5/100$  – коефіцієнт трансформації.

Вибираємо реле струму:

Реле	$I_{ном.р.}, A$	$I_{роз.р.}, A$	$S_{спож.}, VA$
РТ – 40/50	25 - 50	12,5 - 50	0,8

## 2.8 Захист кабельних ліній

В кабельних лініях напругою 10кВ передбачений захист від замикання на землю з дією на сигнал, який здійснюється з допомогою реле РТ – 60.

Струм спрацювання захисту ліній:

$$I_{c.з.} = K_H \cdot K_B \cdot I_3 = 1,3 \cdot 4 \cdot 0,5 = 2,6 A ,$$

де:  $K_H = (1,3-1,5)$  – коефіцієнт надійності;

$K_B = 4$  – коефіцієнт, який враховує стрибок струму;

$I_3$  – струм замикання на землю,

$$I_3 = U \cdot L / 10 = 10 \cdot 0,5 / 10 = 0,5 A .$$

Розраховуємо струм спрацювання реле. Струм спрацювання струмової відсічки миттєвої дії вибираємо таким, щоб відсічка не спрацьовувала при К.З. на суміжній лінії:

$$I_{c.з.} = K_H \cdot I_{к1} = 1,2 \cdot 3,08 = 3,696 кА ,$$

де:  $K_H = (1,2-1,3)$  – коефіцієнт надійності;

$I_{к1}$  – струм на початку лінії.

Струм спрацювання реле захисту:

$$I_{c.p.} = 5/100 \cdot 3,696 = 0,185 кА.$$

### 2.7.3 Вибір трансформаторів напруги та струму

Трансформатори напруги для живлення електровимірювальних приладів вибирають [5,7]:

- ✓ за номінальною напругою первинного кола;
- ✓ за класом точності:
- ✓ за схемою з'єднання обмоток.

Схеми з'єднання приладів різні, тому перевіряємо трансформатори напруги по точкам вимірювання наближено, прирівнюючи сумарне трьохфазне навантаження всіх вимірювальних приладів з трьохфазною номінальною потужністю напруги в класі 0,5.

Таблиця 2.8 – Потужність яку споживають одмотки напруги вимірювальних приладів

прилади	тип	Спож, ВА	кількіст	U <sub>n</sub> ,В
лічильник активної енергії	СА4У-И672М	1,75	3	0,38
лічильник реактивної енергії	СР4У-И673М	1,75	3	0,38
вольтметр	Э337	2,6	3	1

Таблиця 2.9 – Вибір трансформаторів напруги

	Тип	Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
U <sub>ном</sub> , кВ		U <sub>n</sub> < U <sub>но</sub>	10 кВ	10кВ
Клас точності	НТМК-10	0,5		0,5
похибка		0,5%	0,5%	0,5%

Трансформатори струму ТС вибираються [5,7]

- ✓ за номінальним струмом;
- ✓ за номінальною напругою;
- ✓ за навантаженням вторинного кола, яке забезпечує похибку в межах паспортного класу точності.

ТС вибирають для ліній вводу секціонування і для підходящих ліній. Вони повинні бути в класі точності: 0,5 – для розрахункових лічильників, 5 – для щитових приладів, Р – для релейного захисту.

Вибір на вторинному навантаженні:

$$Z_2 < Z_{2\text{ном}} \quad (3.1)$$

Де  $Z_2$  – вторинне навантаження ТС;

$Z_{2\text{ном}}$  - номінальне допустиме навантаження ТС у вибраному класі точності.

Індуктивний опір таких кіл невеликий, тому  $Z_2 \approx r_2$ . Вторинне навантаження  $r_2$  складається з опорів приладів, з'єднувальних проводів і перехідного опору.

$$r_2 = r_{\text{прил}} + r_{\text{пр}} + r_k \quad (3.2)$$

Опір контактів визначається:

$$r_{\text{пр}} = S_{\text{прил}} / I_2^2 \quad (3.3)$$

Де  $S_{\text{прил}}$  – потужність, яку споживає прилад

$I_2$  - вторинний номінальний струм приладу.

Опір контактів приймається рівним 0,1 Ом. Опір з'єднувальних проводів залежить від довжини перерізу.

Таблиця 2.10 - Вибір трансформаторів напруги та струму їх приладів для ТС

Прилади	Тип	Навантаження		
		фази А, ВА	фази В, В	фази С, ВА
Лічильник активної енергії	СА4У	2,5	-	2,5
Лічильник реактивної енергії	СР4У	2,5	2,5	-
Амперметр	Э-378	-	0,1	-
Всього		5,0	2,6	5,0



### 3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, ЩОДО СТВОРЕННЯ ФОТОГАЛЬВАНІЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ (ФЕС)

#### 3.1 Коротка характеристика об'єкту та його склад

У зв'язку з розширенням виробництва та встановленням нових енергоємних потужностей електроприймачів та з метою економії електроенергії підприємством роботою запропоновано побудувати на вільній території заводу фотогальванічну електростанцію.

Магістерська кваліфікаційна робота передбачає розробку загальних рішень щодо створення об'єкту будівництва фотогальванічної електростанції (ФЕС) з встановленою сумарною потужністю інверторів 30 кВт.

ФЕС це комплекс електротехнічного обладнання, яке шляхом перетворення сонячної енергії дає можливість отримати електричну енергію постійного струму. Основним елементом ФЕС є фотогальванічні модулі спеціального виготовлення, що зазвичай, встановлюються на спеціальну монтажну конструкцію, яка повернута на південь під кутом  $30^{\circ}$ .

Загальна кількість фотогальванічних панелей ФЕС складає 100 шт. одиничною потужністю 305 Вт виробництва компанії JinKO.

Електрична потужність постійної напруги отримана з фотогальванічних панелей збирається по радіальній мережі до 1000 В в стрінгових інверторах. Кількість інверторів складає 2 шт.

В інверторах відбувається перетворення потужності з постійної напруги в змінну. Від них вона збирається до трансформаторної підстанції (ТП).

Від інвертрів потужність передається до трансформаторної підстанції 0,4/10 кВ. В будівлі ТП встановлюється підвищувальний трансформатор 0,4/10 кВ потужністю 250 кВА.. Таким чином, в трансформаторних підстанціях відбувається підвищення рівня напруги до 10 кВ, від РУ-10 кВ ТП електрична енергія передається кабельно-повітряними лініями до точки видачі потужності. Точка приєднання електроустановки знаходиться на ТП-10/0,4 кВ підприємства.

В МКР розроблені наступні рішення з будівництва ФЕС:

- розташування блоків фотогальванічних панелей по території підприємства на опорних конструкціях;
- розташування стрінгових інверторів;
- улаштування заземлення;
- організація кабельних зв'язків між різними ланками технологічного процесу генерації електроенергії.

### 3.2. Техніко-економічні показники

Після завершення монтажних робіт об'єкт будівництва матиме наступні техніко-економічні показники

/п	Найменування показника	Значення
	Загальна кількість фотогальванічних панелей потужністю 305 Вт (шт.)	100
	Кількість інверторів SUN 2000-33KTL-A	2
	Номінальна потужність електростанції (кВт)	30

Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки роботою передбачено:

1. Використання технічно досконалого устаткування;
2. Розміщення устаткування, що забезпечує його вільне обслуговування;
3. Для запобігання ураження електричним струмом у нормальному режимі застосовуються наступні заходи захисту:

- Основна ізоляція струмоведучих частин;
- Розміщення струмоведучих частин устаткування, ошиновки з забезпеченням нормованих ПУЕ відстаней;
- Застосування типових конструкцій опор лінії передавання;
- Знаки безпеки за ГОСТ 12.4.026-76.

Пожежна безпека запроектованого об'єкту забезпечується:

- Застосуванням негорючих конструкцій;

- Застосуванням СП-5нг;
- Виконання з'єднань та відгалужень проводів, провідників і кабелів за допомогою опресування, зварювання і затискачів для зниження перехідних опорів, небезпечних у пожежному відношенні;
- Застосуванням устаткування, що відповідає вимогам безпеки та ПУЕ.

В процесі експлуатації ФЕС не допускається:

- порушення обслуговуючим персоналом правил технічної експлуатації, охорони праці і пожежної безпеки, виробничої санітарії;
- виконання ремонтних вогневих робіт та інших небезпечних робіт без відключення мереж;
- працювати з несправним обладнанням, вимірювальними і контрольними приладами та автоматикою.

При зникненні напруги або пошкодженні електроустановки забороняється самовільно виконувати роботи.

### 3.3 Електротехнічна частина

Об'єкт по ступені надійності електропостачання належить до споживачів II категорії.

Величина максимального прогнозованого навантаження з урахуванням існуючої дозволеної потужності складає : 100 кВт на напрузі електричних мереж 10 кВ.

Точка забезпечення потужності: на опорі №40 ПС 10/0,4 кВ Вінницького РЕМ.

Прогнозовані межі балансової належності та експлуатаційної відповідальності встановлюються в точці приєднання електроустановки.

Приєднання виконується персоналом ЕМ, після огляду виконаних робіт, перевірки їх відповідності ПУЕ, ПТБ, по наряді, що видає інспектор енергозбуту.

В зв'язку з тим, що промисловістю випускається велика кількість одноти-

пного електрообладнання під різними торговими марками, допускається заміна запроектованого обладнання на аналогічне, що по своїх параметрах не відрізняється від запроектованого та, якщо цим не буде порушено надійне, економічне та безпечне електропостачання споживача.

Перелік обладнання, матеріалів та їх кількість може змінюватись в зв'язку з можливою заміною об'єму або технології виконання робіт, в зв'язку з можливим використанням аналогічного обладнання або матеріалів інших заводів-виробників, які можуть мати іншу комплектацію.

Головна схема електричних з'єднань фотогальванічної електростанції обумовлена схемою її підключення до зовнішньої мережі та особливістю технології виробництва електроенергії на сонячних фотогальванічних електростанціях.

Схема підключення проектної електростанції до електричної мережі ПАТ "Вінницяобленерго" запроектована відповідно до ТУ ПАТ "Вінницяобленерго".

Головна схема електричних з'єднань ФЕС наведена на кресленні, аркуш 3.

#### 3.4 Вплив сонячної електростанції на стійкість вузла навантаження

Сонячні модулі перетворюють енергію сонячного випромінювання в електричну енергію постійного струму, яка за допомогою інверторів перетворюється в електроенергію трифазного струму напругою 0,4 кВ, яка в свою чергу за допомогою силових трансформаторів підвищується до напруги розподільчої мережі 10кВ.

Ключову роль в цій схемі виконують інвертори. Вони виконують функції синхронізації з мережею, контролю параметрів якості напруги, релейного захисту при нормальних, аварійних, та післяаварійних режимах роботи.

В нормальному режимі інвертори вмикаються в роботу автоматично за наявності відповідної інтенсивності освітлення та наявності напруги в мережі, синхронізуючись з її параметрами.

При аварійних ситуаціях і зниженні напруги в мережі до 323 В інвертор відключається за 167 мс, теж саме відбувається при підвищенні напруги до 437 В і відхилення частоти більше 51,5 Гц або менше 47,5 Гц.

Після встановлення нормальних режимів роботи в мережі ФЕС автоматично вмикається в роботу синхронізуючись з мережею.

Отже генерація фактичної потужності ФЕС принципово не впливає на рівні напруг та ТКЗ і збалансована на шинах 10 кВ ПС існуючими навантаженнями.

Для виконання вимог щодо електромагнітної сумісності (ЕМС) слід керуватися такими нормативними документами [17-23].

Розміщення фотогальванічних панелей виконується на легких металевих конструкціях каркасного типу в напрямку на Південь. Розстановкою опорних конструкцій забезпечується можливість проходу між ними для необхідного обслуговування.

З метою зменшення втрат напруги в кабелях стрінгові інвертора розміщуються біля РЩ-0,4 кВ.

### 3.5 Електротехнічне обладнання

Як відмічалось вище, основний елемент ФЕС це фотогальванічна панель, що перетворює радіацію сонця в електричний струм постійної напруги.

Характеристики фотогальванічних панелей, застосованих в даній роботі, наведено в таблиці 4.1

Таблиця 3.1- Основні параметри фотогальванічних панелей типу ЖКМ305М-60 (компанія JinKO)

/п	Найменування показника	ЖКМ305М-60
	Максимальна потужність, $P_m$	305 Вт
	Струм короткого замикання, $I_k$	10,12 А
	Напруга холостого ходу, $U_{xx}$	39,2 В
	Напруга в режимі видачі максимальної потужності, $U_{mp}$	32,8 В
	Струм в режимі видачі максимальної потужності, $I_{mp}$	9,31 А
	Габаритні розміри (Д, Ш, Т), мм	1650x992x40

/п	Найменування показника	JKM305M-60
	Вага	19 кг
	Відносне значення ефективності	18,63 %

Параметри панелей наведені для нормальних умов при інтенсивності сонячної радіації  $1000 \text{ Вт/м}^2$  та температурі панелі  $25^{\circ}\text{C}$ .

Роботою передбачено послідовне з'єднання панелей по 20 шт. в блоки. Електричні параметри блоків з панелей потужністю 305 Вт:  $P_M = 6,1 \text{ кВт}$ ,  $U_{MP} = 656 \text{ В}$ ,  $I_{MP} = 9,31 \text{ А}$ . Схему організації кабельних зв'язків у блоках фотогальванічних панелей наведено на кресленні, аркуш 4.

Перетворення потужності, що генерується фотогальванічними панелями з постійної напруги на змінну відбувається у стрінгових інверторах. В роботі передбачене встановлення 1-го стрінговго інвертора типу SUN 2000-33KTL-A виробництва компанії Huawei. Основні параметри інверторів наведено в таблицях 4.2.

Таблиця 3.2 - Основні параметри інвертора типу SUN 2000-33KTL-

Вхідні параметри інвертора (DC)	
Максимальна потужність при постійному струмі, кВт	30,6
Максимальне значення напруги при постійному струмі, В	1100
Максимальний струм на кожній MPPT, А	22
Максимальний струм к.з. на кожній MPPT, А	30
Мінімальна напруга/стартова напруга, В	200/250
Діапазон MPPT на 100% потужності, В	від 480 до 800
Робочий діапазон MPPT, В	від 200 до 1000
Номінальна напруга, В	680
Максимальна кількість входів	8

Кількість МРР трекерів	4
<b>Вихідні параметри інвертора (АС)</b>	
Номінальна активна потужність, кВт	30
Максимальна повна потужність, кВА	33
Максимальна активна потужність ( $\cos\phi=1$ ), кВт	30
Номінальна напруга, В	230/400* мережа 3W+N+PE
Номінальна частота, Гц	50/60*
Максимальний струм, А	48*
Діапазон регулювання $\cos\phi$	0,8 інд. ÷ 0,8 ємн.
Максимальний коефіцієнт нелінійних спотворень	<3%
<b>Загальні параметри інвертора</b>	
Діапазон робочих температур, °C	від -25 до +60
Відносна вологість, %	від 0 до 100
Клас захисту оболонки	IP65
Висота установки, м	від 0 до 4,000
Габаритні розміри (ШхДхВ), мм	930 x 550 x 260
Вага, кг	60

\*Вказані характеристики, які виділено потовщеними лініями, обрані для даної роботи.

До комірки 0,4 кВ ТП, безпосередньо, передається потужність від одного інвертора.

В ТП сумарну потужність на напрузі 0,4 кВ перетворюється на напрузі 10 кВ і передається в мережу енергопостачальної компанії. Для її перетворення встановлено підвищувальний трансформатор 0,4/10 кВ потужністю 250 кВА.

### 3.6 Розрахунок втрат напруги в лініях

Втрати напруги в лінії електричної мережі визначаються за формулою [6,7]:

$$\Delta U = I \cdot R,$$

де  $I$  – струм у фазі, А;

$$I = P/U \text{ – для постійного струму;}$$

$$I = P/(\sqrt{3} \cdot U) \text{ – для змінного струму;}$$

$R$  – опір фази (або кола "+/-"):

$$R = R_0 \cdot l,$$

де  $R_0$  – питомий опір фазного провідника, Ом/км;

$l$  – довжина лінії, км.

Втрати напруги в колі постійного струму.

Найдовша лінія сонячного кабелю "PV SOLAR" 1x6 мм, що проходить між блоками фотогальванічних панелей та інвертором, та складає 200 м.

Втрати напруги в лінії на ділянці "блок фотогальванічних панелей – інвертор" розраховуються таким чином [2,7]:

$$R_{\text{Б-Інв.}} = R_{0 \text{ PV ZZ}} \cdot L_{\text{Б-Інв.}} = 2 \cdot 3,39 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} \cdot 0,2 \text{ км} = 1,356 \text{ Ом.}$$

Струм  $I$  на даній ділянці згідно з характеристиками фотогальванічної панелі складає:

$$I_{\text{Б-Інв}} = 9,31 \text{ А}$$

Відповідно до вище наведеної формули втрати напруги на ділянці, що розглядається, будуть складати:

$$\Delta U_{\text{Б-Інв}} = I_{\text{Б-Інв}} \cdot R_{\text{Б-Інв}} = 9,31 \text{ А} \cdot 1,356 \text{ Ом} = 12,624 \text{ В}$$

або

$$\Delta U_{\% \text{ Б-Інв}} = \frac{\Delta U_{\text{Б-Інв}}}{U} \cdot 100\% = \frac{12,624 \text{ В}}{656 \text{ В}} \cdot 100\% = 1,924 \%$$

Втрати напруги в колі змінного струму складаються з суми втрат активної та реактивної потужності.

Струм  $I$  на даній ділянці згідно з характеристиками інвертора складає:

$$I_{\text{Інв-РЩ}} = 48 \text{ А.}$$

Втрати напруги в лінії від передачі активної потужності розраховують таким чином.



Опір провідника:

$$\Delta R = R_{\text{АВВГ}} \cdot I_{\text{ІНВ-М}} = 0,387 \text{ Ом/км} \cdot 0,045 \text{ км} = 0,017 \text{ Ом};$$

Відповідно до вище наведеної формули втрати напруги на ділянці, що розглядається, будуть складати:

$$\Delta U_{\text{ІНВ-М}} = I_{\text{ІНВ-М}} \cdot R_{\text{ІНВ-М}} = 2 \cdot 48 \cdot 0,017 = 1,632 \text{ В.}$$

або

$$\Delta U_{\% \text{ ІНВ-М}} = \frac{\Delta U_{\text{ІНВ-М}}}{U_{\phi}} \cdot 100\% = \frac{1,632 \text{ В}}{220 \text{ В}} \cdot 100\% = 0,741\%$$

Втрати напруги в лінії при передачі реактивної потужності розраховують таким чином.

$$\Delta U_{\text{ІНВ-М}} = 3 \cdot I_{\text{ІНВ-М}} \cdot R_{\text{ІНВ-М}} = 3 \cdot 48 \cdot 0,017 = 2,448 \text{ В.}$$

або

$$\Delta U_{\% \text{ ІНВ-М}} = \frac{\Delta U_{\text{ІНВ-М}}}{U_{\phi}} \cdot 100\% = \frac{2,448 \text{ В}}{220 \text{ В}} \cdot 100\% = 1,11\%$$

Отже сумарний спад напруги на ділянці кола "інвертор – мережа" становить 1,854 %, що знаходиться в допустимих межах згідно чинних нормативних документів.

### 3.7 Кабельні зв'язки в мережі до 1000 В

Відповідно до запроєктованої ієрархічної структури електростанції роботою передбачено організацію наступних кабельних зв'язків:

- між фотогальванічними панелями при їх послідовному з'єднанні у блоки;
- всередині блоку (при переході кабелю через прохід для обслуговування);
- між блоками та інверторами;
- між інверторами та розподільчими щитами;
- між розподільчими щитами та трансформаторними підстанціями;
- між інвертором та трансформаторною підстанцією;
- між трансформаторними підстанціями;

- між трансформаторною підстанцією та точкою видачі потужності.

Послідовне з'єднання фотогальванічних панелей в блоки виконується кабелем, який постачається комплектно з панелями. При переході кабелю через прохід для обслуговування передбачається додаткова кабельна вставка.

Приєднання блоків панелей до інверторів виконано мідними кабелями перетином  $6 \text{ мм}^2$  в зовнішній ізоляції, що не розповсюджує горіння марки TOP SOLAR PVZZ-F (AS)  $1 \times 6 \text{ мм}^2$  (виробництва Intercable, TFCable або LAP-PCable).

Зв'язок від інверторів до РЩ виконати кабелем АВВГ  $3 \times 50 \text{ мм}^2$ . Зазначена КЛ прокладається по повітрю, яка кріпиться до опорних конструкціях від інверторів до РЩ.

Приєднання РЩ до трансформаторних підстанцій виконати алюмінієвими кабелями марки АВВГ.

Переріз кабельних ліній повинен обиратися в залежності від довжини лінії, що забезпечить зменшення втрат напруги змінного струму. Мова йде про кабельні лінії від інвертора до точки приєднання ФЕС з електричною мережею (межа балансової належності).

Фотогальванічні панелі з'єднуються між собою кабельними вставками, які прокладаються по метало конструкціях.

Особлива увага звертається на те, що всі низьковольтні кабелі повині прокладатися в двостієних гофрованих поліетиленових трубах з зовнішнім діаметром від 63 до 110 мм для забезпечення довговічності і надійності ФЕС. Термін експлуатації таких труб орієнтовно складає 50 років.

### 3.8 Заземлення та грозозахист

Відповідно до вимог ПУЕ [1] при виконанні заземлення потрібно враховувати стан нейтралі електричної мережі і опір заземляючого пристрою, який повинен складати не більше 4 Ом.

В мережах до і вище 1000 В тип системи заземлення приймається IT, що

вимагає постійного контролю стану ізоляції з дією на сигнал. Також у випадках, коли відбувається подвійне замикання на землю, захист здійснюється за рахунок встановлення запобіжників з часом спрацювання не більше 0,1с.

Контур захисного заземлення (круг сталевий  $d=10$  мм) прокладається в траншеях разом з кабелями або за необхідності, в окремих траншеях. Приєднання будівель трансформаторних підстанцій, а також металоконструкцій під фотогальванічні панелі та стійок під інвертора та РЩ до загального контуру заземлення виконати шляхом з'єднання останніх за допомогою кабельних наконечників, гнучкого мідного провідника та сталевого круга  $d=16$  мм. Корпуси фотогальванічних панелей приєднати до опорної конструкції мідним провідником ПВ-3 1х6.

З'єднання металоконструкцій під фотогальванічні панелі виконати кругом сталевим  $d=8$  мм. Заземлюючий провідник прокласти разом з кабелем від панелей до інвертора.

До заземлюючого пристрою електростанції для захисту від непрямого дотику приєднати всі металеві корпуси електротехнічного обладнання та екрани кабельних ліній.

В якості захисних засобів електромонтера з обслуговування електроустаткування мають бути: показчик напруги 10 кВ – 1 шт.; показчик напруги 1 кВ – 2 шт.; діелектричні рукавички – 3 пари; діелектричне взуття (боти) – 1 пара; переносні захисні заземлення до 1000 В для РП – 2 шт.; переносні захисні заземлення до 10 кВ – 2 шт.; ізолювальна оперативна штанга до 10 кВ – 2 шт.; інструмент з ізолювальними рукоятками – 1 компл.; діелектричний килим – 2 шт.; захисна каска – 3 шт.; захисні щитки – 2 шт.; електровимірювальні щитки – 2 шт.; електровимірювальні кліщі на напругу до 1000 В – 1 шт.

Обладнання, що встановлюється за даною роботою, прийняте з ізоляцією категорії "Б", ГОСТ 9920-89. Питома ефективна довжина шляху витоку зовнішньої ізоляції згідно з п.1.9.20 ПУЕ прийнята не меншою 2,5 см/кВ.

### 3.9 Паралельна робота ФЕС з мережею загального користування

Розроблена фотогальванічна електрична станція є мережевою електростан-

цією інверторного типу. Особливістю роботи таких станцій є те, що вони не мають можливості роботи на ізольоване навантаження у автономному режимі. Обов'язковою умовою генерації електроенергії сонячною електростанцією є наявність напруги у точці приєднання до мережі загального користування. У разі відсутності в мережі електричної енергії змінного струму або понаднормових відхилень її параметрів електростанція буде вимикатись технологічними захистами інвертора. Зважаючи на це, електростанція є веденою по відношенню до енергосистеми. Автономний режим роботи електростанції технологічно не можливий, а увімкнення електростанції в мережу буде здійснюватися автоматикою інвертора. Несинхронне увімкнення електростанції в електричну мережу технологічно не можливо.

### 3.10 Розрахунок орієнтовного річного виробітку електроенергії

Розрахунок виробітку виконується у програмному комплексі сайту [greenlogic.com.ua](http://greenlogic.com.ua) з використанням власної елементної бази електротехнічного обладнання цього сайту та елементної бази заводу-виробника (трансформаторних підстанцій). Метеорологічні дані для моделювання також отримані із доступних баз даних [greenlogic.com.ua](http://greenlogic.com.ua).

Карта інсоляції України наведена на рис. 3.1.

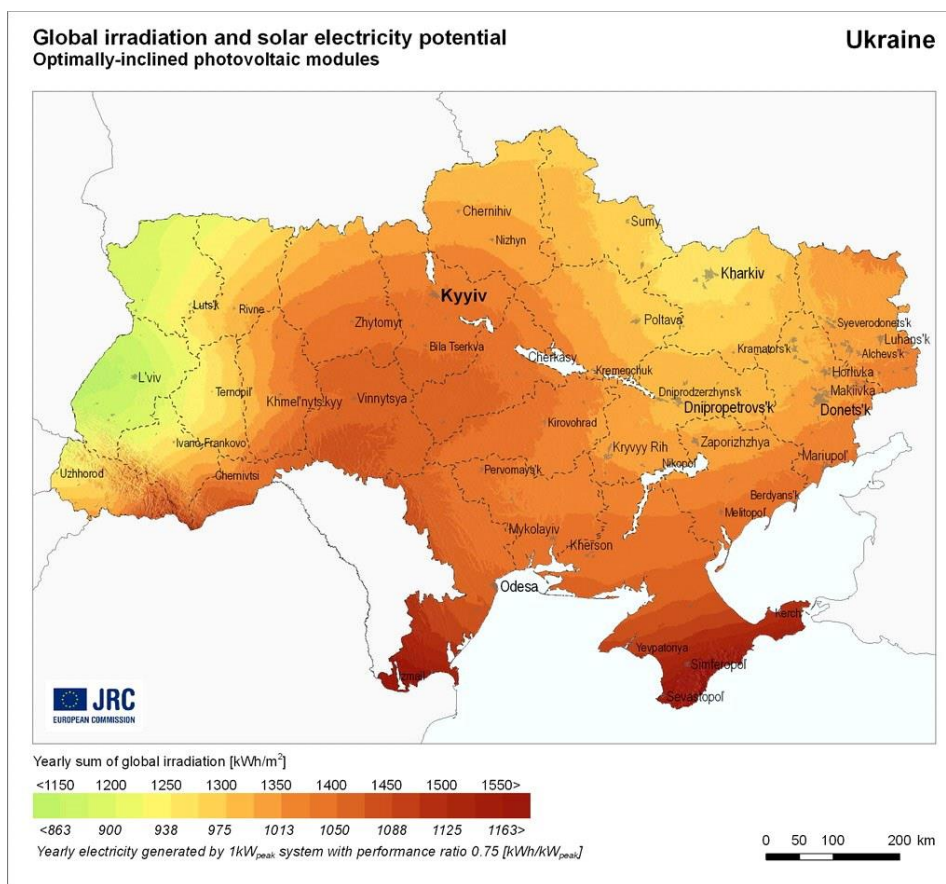


Рисунок 3.1 - Карта інсоляції України

Ці дані були отримані в рамках Проекту POWER Research Center NASA LanGill (LaRC), який фінансується за програмою НАСА з наук про Землю / Прикладна наука.

Кількість виробітку сонячної енергії ФЕС протягом року зображено на рис. 3.2.

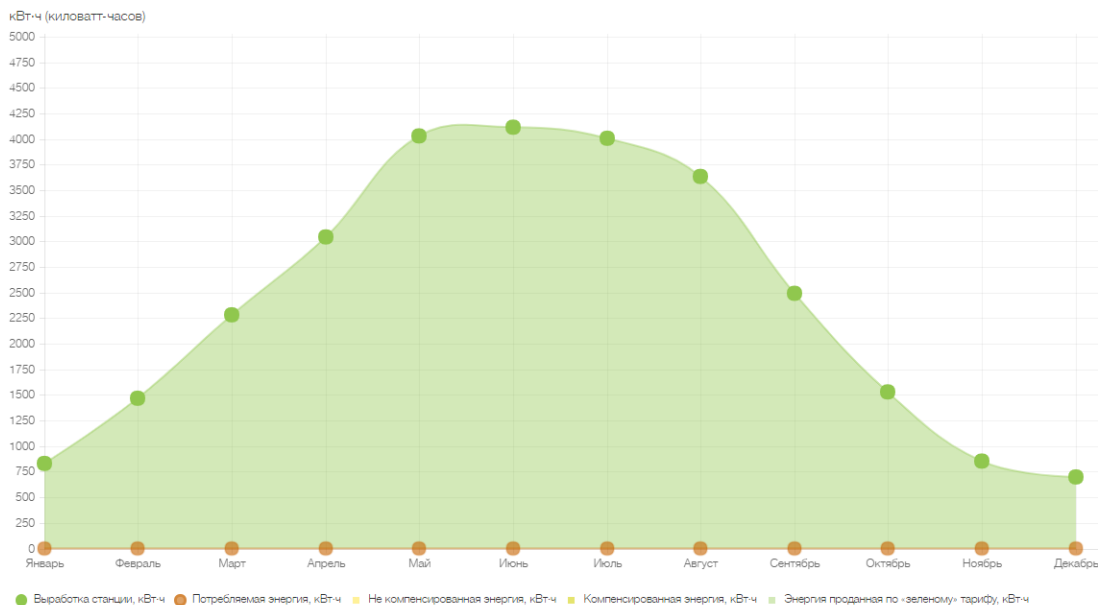


Рисунок 3.2 - Кількість виробітку сонячної енергії ФЕС

Таким чином, згідно графіка, річний виробіток електричної енергії ФЕС складає 28992 кВт·год. Станом на 01.09.2020 р. зелений тариф складає 5,94 грн. за одну кВт·год.

Отже річний дохід від стовідсоткового продажу сонячної електроенергії становитиме 172212,48грн.

Приблизний термін окупності становить п'ять років.

В цехах підприємства "Вінницямлин" передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Усі металеві неструмоведучі частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на електромонтерів, що обслуговують технологічне обладнання []:

фізичні:

- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена вологість повітря;

психофізіологічні небезпечних та шкідливих виробничих фактори:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці).

#### 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Роботи по обслуговуванню технологічного обладнання.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в рух механізм, не-

обхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

При роботах за межами КРУ на відхідних ПЛ або КЛ на підключеному до них обладнанні візок з вимикачем необхідно викотити з шафи; верхню заслінку або дверці закрити на замок та вивісити плакати "НЕ ВМИКАТИ!" або "НЕ ВМИКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ".

При накладенні заземлювачів у шафах КРУ у випадку роботи на відходячих ПЛ необхідно враховувати слідуючи вимоги: ПЛ напругою вище 1000 В заземлюються в усіх РУ і у секційних комутаційних апаратах, де відключена лінія.

Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів та характер роботи, перераховані вище міри можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кінців кабелю проводів від комутаційного апарату або обладнання, на якому повинна проводитись робота.

Розшиновку або від'єднання кабеля при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження).

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів та вентиляторів, якщо можливо обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів,



мів, повинні бути закриті та заперті на замок засувки цих механізмів, а також прийняті заходи для гальмування ротора електродвигунів.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені.

При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу - в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування.

Ремонт і наладку електросхем електроприводів, не з'єднаних з виконуючим механізмом, регулюючих органів та запірної арматури, можна проводити по розпорядженню. Дозвіл на їх випробування дає працівник, який дав розпорядження на вивід електропривода в ремонт, наладку. Про це повинен бути зроблений запис при оформленні розпорядження.

При роботі на електродвигуні заземлення встановлюється на кабелі (з від'єднанням або без від'єднання його від електродвигуна) або на його приєднанні в РУ.

Вмикання електродвигуна для перевірки до повного закінчення роботи проводиться після виводу бригади з робочого місця.

Після випробування проводиться повторний допуск з оформленням в наряді. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустановці - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – на-вмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

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

### 3) Електрозахисні засоби захисту

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

Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

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.

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [8] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 4.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

### 4.2.2 Виробниче освітлення

#### Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відо-

браженого), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх ороджених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО ( $\epsilon$ ). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО при природному та сумісному освітленнях.

Характеристика зорової роботи - роботи середньої точності;

Розряд - IV;

Підрозряд зорової роботи - а;

Контраст об'єкту розпізнавання - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Характеристика фону - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Бокове КЕО, %:

-природне 1,5;

-суміщене 0,9

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормоване значення КПО для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$\epsilon_N = \epsilon_n \cdot m_N,$$

$m_N$  - коефіцієнт світлового клімату,  $m_N = 0,9$ .

$$\epsilon_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4\%.$$

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбінова-

не освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 75лк;

Для забезпечення нормативного значення  $e_{min}$  передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

### 9.2.3 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left( \frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left( \frac{U}{U_0} \right), \quad (5.2)$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$P$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість,  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

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

Таблиця 4.2- Рівень звукового тиску

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

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

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

#### 4.2.4 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел ви-

промінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються установка купажу води та лінія розливу води, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.3.

Таблиця 4.3 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

#### 4.3 Пожежна безпека

Приміщення ВАТ "Вінницямлин", системи електропостачання якого проектується, відносять до категорії В з вибухонебезпечними зонами класу 22 – простір, в якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися нечасто і існувати недовго (у разі аварії).

Будівля, де розташоване виробництво борошна, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступенем вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону.

Для покриття допускається застосування дерев'яних інструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. До елементів покриття висуваються вимога по межах огнестійкості та межах розповсюдження полум'я; при цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці.

Межі вогнестійкості занесені у таблицю 6.5

У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Таблиця 4.5 - Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Номер п/п	Протипожежна перешкода	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, год
1	Протипожежні стіни	1	2.5
		2	0.75
2	Протипожежні перегородки	1	0.75
		2	0.25
3	Протипожежні покриття	1	2.5
		2	1
		3	0.75
4	Протипожежні вікна і двері	1	1.2
		2	0.6
		3	0.25

В таблиці 4.6 приведена допустима кількість поверхів і площа поверху і межах пожежного відсіку будівлі відповідно до ступеня вогнестійкості.

Таблиця 4.6 - Допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі.

Категорія будівлі (пожежних відсіків)	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м <sup>2</sup> , будівель		
			Одноповерхових	багатоповерхових	
				2 поверхи	3 поверхи і більше
В	1	III	не обмежується		



			5200	-	-
--	--	--	------	---	---

Мінімальні відстані між будівлями і спорудами відповідно до III ступеня вогнестійкості становлять 12 м.

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

Цех по виробництву борошна обладнаний системою протипожежної сигналізації і спеціальним водогоном. Площа цеху становить 742 м<sup>2</sup>, необхідно встановити біля входу 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежегасіння, які розміщені на ньому, включенні: вогнегасники ВП-5 – 3шт., ящик з піском - 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м x 2м - 1шт., гаки - 3шт., лопати - 2шт., ломи - 2шт., сокири - 2шт. Ящик для піску повинен має місткість 3.0 м<sup>3</sup> та укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

#### 4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Вінницямлин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Всі системи електропостачання є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних ситуаціях. ТОВ «Вінницямлин» відноситься до підприємств перебої в роботі якого можуть спричинити гуманітарну катастрофу. Тому важливим питанням є забезпечення високої безпеки роботи СЕП.

Дія радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, умов навколишнього середовища Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем управління СЕП. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та

силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і загорання трансформаторів.

В результаті опромінення системи в регуляторах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробою і опір витоку, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність.

Серед загрозливих чинників надзвичайних ситуацій особливо великий вплив на СЕП має вплив електромагнітного імпульсу. Він може призвести до загорання електронних елементів, зокрема транзисторів КТ-646, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Ці наслідки в подальшому призводять до пожеж на підприємстві, а в подальшому розвитку можливі і вибухи. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання.

5.4.1 Дослідження безпеки роботи СЕП ТОВ «Вінницямлин» в умовах дії іонізуючих випромінювань

Визначаємо експозиційні дози при яких в елементах станції можуть виникнути зворотні зміни. Дані заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Граничні значення експозиційних доз елементів системи електропостачання

	Елементи СЕП		Д <sub>гр</sub> , Р	Д <sub>гр</sub> , Р
1	Трансформатори	ТДЦ-125000/110	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>
		ТДЦ-125000/220	10 <sup>6</sup>	
		АТДЦТН- 125000/220/110	10 <sup>6</sup>	
2	Розрядники	ОПН-1Ю-У1	10 <sup>5</sup>	
		ОПН-220-У1	10 <sup>5</sup>	
3	Струмопровід	ГРТЕ-10-8550-250	10 <sup>9</sup>	

По мінімальному значенні  $D_{гр}$ , визначаємо межу стійкості приладу в цілому по системі електропостачання:  $D_{гр}=10^5$  Р.

Визначаємо граничне значення рівня радіації, до якого можлива робота виробничого персоналу у звичайному режимі за час  $t_{max}$ :

$$P_{zp} = \frac{D_{zp} \cdot K_{noc}}{2 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} [P / год], \quad (5.1)$$

де  $K_{noc}$  – коефіцієнт послаблення

$t_n$  – час початку опромінення -  $t_n=1$  год

$t_{p.макс.}$  – максимальна тривалість роботи -  $t_{p.макс.}=87600$  год (10 років)

$t_k = t_{p.макс.} + t_n$ ,

$t_k = 87600 + 1 = 87601$  год.

$$P_{zp} = \frac{10^5 \cdot 1}{2 \cdot (\sqrt{87601} - \sqrt{1})} = 169,5 (P / год), \quad (5.2)$$

Визначаємо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах.

$$t_{дон} = \left( \frac{D_{zp} \cdot K_{noc} + 2 \cdot P_{1max} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [год], \quad (5.3)$$

$$t_{дон} = \left( \frac{10^5 \cdot 1 + 2 \cdot 169,5}{2 \cdot 169,5} \right)^2 = 87582 (год)$$

Таким чином, система електропостачання буде безпечно працювати, якщо граничне значення рівня радіації не перевищуватиме значення 169,5 Р/год.

4.4.2 Дослідження безпеки роботи елементів СЕП ТОВ «Вінницямлин» в умовах дії електромагнітного імпульсу

При оцінці впливу ЕМІ на струмопровідні елементи необхідно врахувати те, що ЕМІ мають горизонтальну та вертикальну складові напруженості електричного поля і тому повинні визначатися значеннями напруги на вертикальних та горизонтальних ділянках лінії. Для оцінки безпеки роботи в умовах дії електромагнітних випромінювань, необхідно визначити значення вертикальної складової напруженості електромагнітного поля, при коефіцієнті безпеки рівному  $K_6=40$  дБ.

На об'єкті СЕП розподіляються на різні блоки:

- Трансформатори;
- Розрядники;
- Струмопроводи.

На кожній ділянці визначаємо максимальну довжину вертикальної та горизонтальної струмопровідної частини:  $l_{в1}=3,5\text{м}$ ,  $l_{в2}=2,3\text{м}$ ,  $l_{в3}=2,35\text{м}$ ,  $l_{г1}=2,4\text{м}$ ,  $l_{г2}=2,1\text{м}$ ,  $l_{г3}=3,2\text{м}$ .

Напругу наводки вертикальної струмопровідної частини визначаємо з формули:

$$K_B = 20 \lg \frac{U_{\partial on}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 \text{ [дБ]} , \quad (5.4)$$

Після всіх математичних перетворень, отримуємо наступні значення:

$$20 \lg U_{\epsilon} = 20 \lg U_{\partial on} - K_{\bar{\sigma}} , \quad (5.5)$$

$$U_{\epsilon} = 10^{\frac{20 \lg U_{\partial on}}{20}} [B] , \quad (5.6)$$

$$U_{\epsilon} = \frac{U_{\partial on}}{10^{\frac{K_{\bar{\sigma}}}{20}}} [B] ,$$

Визначаємо допустимі коливання напруги живлення:

$$U_{Д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N [B] , \quad (5.7)$$

де  $U_{ж}$  – напруга живлення, В;

$N$  – допустиме відхилення напруги, %

При  $U_{ж}=220$  (В),  $U_{доп1}=242$  (В);

При  $U_{ж}=110$  (В),  $U_{доп2}=121$  (В);

При  $U_{ж}=10$  (В),  $U_{доп3}=11$  (В).

Визначаємо напругу наведену в вертикальних струмопровідних частинах.

Трансформатори:

$$U_{\epsilon 1} = \frac{242}{10^{\frac{40}{20}}} = 2,42 (B) ,$$

Розрядники:

$$U_{\epsilon 2} = \frac{121}{\frac{40}{10^{20}}} = 1,21 \text{ (В) ,}$$

Струмопроводи:

$$U_{\epsilon 3} = \frac{11}{\frac{40}{10^{20}}} = 0,11 \text{ (В) .}$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля для кожного блока:

$$E_{\Gamma i} = \frac{U_{Bi}}{L_{Bi}} \text{ [В/м] ,} \quad (5.8)$$

$$E_{\Gamma 1} = \frac{2,42}{3,5} = 0,69 \text{ (В/м) ,}$$

$$E_{\Gamma 2} = \frac{1,21}{2,3} = 0,53 \text{ (В/м) ,}$$

$$E_{\Gamma 3} = \frac{0,11}{2,35} = 0,04 \text{ (В/м) .}$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля:

$$E_B = E_{\Gamma} \cdot 10^3 \text{ [В/м] ,} \quad (5.9)$$

$$E_{B1} = 0,69 \cdot 10^3 = 690 \text{ (В/м) ,}$$

$$E_{B2} = 0,53 \cdot 10^3 = 530 \text{ (В/м) ,}$$

$$E_{B3} = 0,04 \cdot 10^3 = 40 \text{ (В/м) .}$$

Отже, елементи СЕП будуть безпечно працювати, якщо вертикальна складова напруженості електричного поля не перевищуватиме значення:

- для трансформаторів – 690 (В/м);
- для розрядників 530 (В/м);
- для струмопроводів – 40 (В/м).

5.5 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи елементів СЕП ТОВ «Вінницямлин» в умовах надзвичайних ситуацій

Головними заходами щодо радіаційної безпеки є: застосування в апаратурі радіаційно-стійких елементів і матеріалів, спеціальних масивних екранів або ак-

тивного захисту від впливу потоків заряджених частинок. При імпульсному впливі іонізуючих випромінювань, крім перерахованих способів використовують: застосування схем, мало критичних до змін електричних параметрів; зниження напруги живлення на аноді і збільшення від'ємної напруги зсуву сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, які містять радіотехнічні схеми на період впливу радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та інші.

Також, у підрозділі з безпеки НС проведено оцінку безпеки роботи СЕП ТОВ «Вінницямлин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій та розроблено заходи по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання.

В умовах дії іонізуючих випромінювань система буде безпечно працювати до рівня радіації 169,5 Р/год. При допустимому часі роботи апаратури протягом 87582 год. Для нормальної роботи об'єкта під час аварій з такими наслідками, як іонізуюче випромінювання, потрібно розраховувати робочі зміни для обслуговуючого персоналу з врахуванням їх допустимої дози опромінення.

Оцінюючи безпеку роботи СЕП в умовах дії електромагнітного імпульсу, доведено, що обладнання буде злагоджено працювати, якщо вертикальна складова напруженості електричного поля не буде перевищувати: для трансформаторів – 690В/м, для розрядників 530 (В/м), для струмопроводів – 40 (В/м). В цілому до дії ЕМІ система електропостачання виявилась нестійкою. Застосування екранування систем електропостачання суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу. Ще одним варіантом підвищення безпеки апаратури до дії ЕМІ є зменшення струмопровідних довжини провідників шляхом вдосконалення схемокомпоновки елементів СЕП. Крім цього необхідно екранувати кабелі живлення, а також застосувати прилади, які б вимикали електронні схеми на період впливу ЕМІ.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання підприємства

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання [10].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (5.1)$$

де  $K_{пит}$  - питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км [1];

$K_{прок}$  - питома вартість прокладання, тис. грн./км;

$L$  - довжина лінії електропередачі, км.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ТП до РП1 (АВВГ 4х25) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L = (8,56 \cdot 2 + 2,22) \cdot 0,043 = 0,83 \text{ тис.грн}; \quad (5.2)$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 5.1

Таблиця 5.1 - Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кіль- кість	Дов- жина, км	К <sub>пит</sub> , тис.грн	К <sub>прок</sub> , тис.грн	К <sub>л</sub> , тис.грн
ТП - РП1	АВВГ 4х25	2	0,043	8,56	2,22	0,83
ТП - РП2	АВВГ 4х35	2	0,063	8,74	2,22	1,24
ТП - РП3	АВВГ 4х70	2	0,031	12,25	2,22	0,83
ТП - РП4	АВВГ 4х95	2	0,005	12,75	2,22	0,14
ТП - РП5	АВВГ 4х95	2	0,005	12,75	2,22	0,14
ТП - РП6	АВВГ 4х95	2	0,022	12,75	2,22	0,61
ТП - РП7	АВВГ 4х95	2	0,022	12,75	2,22	0,61
ТП - РП8	АВВГ 4х50	2	0,045	11,56	2,22	1,14
ТП - РП9	АВВГ 4х95	2	0,045	12,75	2,22	1,25
ТП - РП10	АВВГ 4х50	2	0,044	11,56	2,22	1,11
ТП - РП11	АВВГ 4х35	2	0,049	8,74	2,22	0,97
ТП - РП12	АВВГ 4х10	2	0,061	7,34	2,22	1,03
ТП - РП13	АВВГ 4х16	2	0,016	10,60	2,22	0,37
РАЗОМ						10,27

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^1 K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (5.3)$$



де  $K_{псі}$  – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн[1] ;

$l$  – кількість підстанцій;

$K_{пост}$  - постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{псі} = 280 + 56 = 336 \text{ тис.грн};$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 6.2

Таблиця 5.2 – Розрахунок капіталовкладень для КТП

№	Тип трансформатора	Кількість тр-рів	$K_{од}$ , тис.грн	$K_{пост}$ , тис.грн	$K_{псі}$ , тис.грн
КТП-1	ТМ-630	2	280	56	336
Разом					336

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.1, кількість вимикачів 10 кВ – 2 шт., а вимикачів 0,4 кВ – 13 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною ( 20–25 ) тис. грн., а вимикача 0,4 кВ – 0,3 тис.грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{в} = 2 \cdot 20 + 13 \cdot 0,3 = 43,9 \text{ (тис. грн).}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{псі} = 336 + 43,9 = 379,9 \text{ тис.грн.}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 10,27 + 379,9 = 390,17 \text{ тис.грн.}$$

## 5.2 Розрахунок поточних витрат

### 5.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі.

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування та мереж, визначається виходячи з трудомісткості виконуваних робіт.

Трудомісткість оглядів, які проводять як самостійні операції, складає 25% від трудомісткості поточного ремонту, а для шинопроводів, ошинування РУ, мереж заземлення та заземлювальних пристроїв 10% від трудомісткості капітального ремонту.

Трудомісткість технічного обслуговування не залежить від змінності роботи споживачів, тому планується в розмірі 10% від трудомісткості поточного ремонту всіх прокладених електромереж, а для мереж заземлення та заземлювальних пристроїв, поточний ремонт для яких не планується, у розмірі 3% від вказаної в таблиці трудомісткості капітального ремонту.

Планова трудомісткість, відповідно, визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (5.4)$$

де  $\Pi$  – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$  – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год.

$h$  – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Для схеми трудомісткість ремонту вимикачів 10кВ:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 2 = 40 \text{ (люд.-год./рік).}$$

б) Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{т.о} = 12 \cdot t_{пр} \cdot K_{с.р} \cdot K_{зм} \cdot h, \quad (5.5)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$  – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год.;

$K_{с.р}$  – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування одиниці енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс,  $K_{с.р} = 0,1$ .

$h$  – кількість обладнання в групі.

Для вимикачів 10 кВ:

$$T_{т.о} = 12 \cdot 20 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2 = 96$$

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	Кі- сть	Поточний ремонт			Огляд		
		на оди- ниц облад- нання рем/рік	трудо- міст- кості люд.- год.	Заг. трудо міст- кість люд.- год.	на оди- ницю облад- нання огл./рі к	трудо- міст- кості люд.- год.	трудо- міст- кість люд.-год.
Вимикач 110кВ	2	1	16	32	12	2	48
Роз'єднувач 110 кВ	2	1	12	24	12	2	48
Вимикач 0,4кВ, шт	6	1	10	60	12	1	72
ТМ-630	2	0,33	300	198	12	20	480
Кабельна лінія 10 мм <sup>2</sup> , км	0,013	1	30	0,39	1	11,5	0,15
Кабельна лінія 16 мм <sup>2</sup> , км	0,013	1	30	0,39	1	11,5	0,15
Кабельна лінія 25 мм <sup>2</sup> , км	0,013	1	30	0,39	1	11,5	0,15
Кабельна лінія 35 мм <sup>2</sup> , км	0,013	1	30	0,39	1	11,5	0,15
Кабельна лінія 50 мм <sup>2</sup> , км	0,033	1	46	72,68	1	11,5	0,38
Кабельна лінія 70 мм <sup>2</sup> , км	0,04 3	1	46	31,28	1	11,5	0,5
Кабельна лінія 95 мм <sup>2</sup> , км	0,02 3	1	54	1,24	1	13,5	0,31
Разом:				319,14			649,34

Таблиця 5.4 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	Кіль- сть, шт.	Технічне обслуговування				Загальна трудоміст- кість обслу- говування люд.-год.
		Змін- ність робот ти	Коеф. склад. ремонтів K <sub>ср</sub>	К-сть міся- ців в році	Загал. трудо- місткість люд.-год.	
Вимикач 10кВ	2	1	0,1	12	48	96
Роз'єднувач 10 кВ	2	1	0,1	12	28,8	76,8
Вимикач 0,4кВ,шт	6	1	0,1	12	115,2	187,2
ТМ-630	2	1	0,1	12	720	1200
Кабельна лінія 10 мм <sup>2</sup> , км	0,01 3	1	0,1	12	0,72	0,87
Кабельна лінія 16 мм <sup>2</sup> , км	0,01 3	1	0,1	12	0,72	0,87
Кабельна лінія 25 мм <sup>2</sup> , км	0,01 3	1	0,1	12	0,72	0,87
Кабельна лінія 35 мм <sup>2</sup> , км	0,013	1	0,1	12	0,72	0,87
Кабельна лінія 50 мм <sup>2</sup> , км	0,033	1	0,1	12	1,82	2,2
Кабельна лінія 70 мм <sup>2</sup> , км	,043		0, 1	1 2	2,3 7	2,87
Кабельна лінія 95 мм <sup>2</sup> , км	0,043	1	0,1	12	2,37	2,87
Разом:					918,47	1567,8

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників.:

$$H_{обс} = \frac{1567,8}{1900 \cdot 1,1} = 0,75 \text{ (чол)}$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{mp} = \frac{319,14,96}{1900 \cdot 1,05} = 0,16$$

Приймаємо  $H_{тр} = 2$  чол.,  $H_{обс} = 2$  чол.

### 5.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів, компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = H_{обс} \cdot \beta_n \cdot t_{ге} \cdot \Phi_d, \quad (5.6)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{ге} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (5.7)$$

де  $K3$ ,  $K4$  – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно;

$C_1$  – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду.

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{re} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 5,35 = 6,13 \text{ (грн./год.)};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 1 \cdot 0,9 \cdot 6,13 \cdot 1900 = 10482,3 \text{ (грн./рік)};$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (5.8)$$

$$t_{гр} = ((K4 + K5) / 2) \cdot C_1, \quad (5.9)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно.

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 5,35 = 6,56 \text{ (грн./год.)};$$

$$\Phi_p = 319,14 \cdot 6,56 = 2077,6 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \quad (5.10)$$

де  $\Phi$  - тарифний фонд  $\Phi_e$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати  $\Phi_p$  ремонтного персоналу, грн./рік;

0.01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0.05 - частка доплат за роботу в нічний час;

$\alpha$  - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oc} = 10482,3 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 13207,7 \text{ (грн./рік)}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 2077,6 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 2721,66 \text{ (грн./рік)}$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15; \quad (5.11)$$

$$\Phi_{оед} = 13207,7 \cdot 1,15 = 15188,8 \text{ (грн./рік);}$$

$$\Phi_{орд} = 2721,86 \cdot 1,15 = 3129,91 \text{ (грн./рік).}$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ( $C_{зп}$ ) розраховуються так:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (5.12)$$

де  $\beta_{п}$  - нарахування в пенсійний фонд,  $\beta_{п} = 32\%$  ;

$\beta_{з}$  - нарахування у фонд зайнятості,  $\beta_{з} = 1,5\%$  ;

$\beta_{с}$  - нарахування на соціальне страхування,  $\beta_{с} = 4\%$  .

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 15188,8 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 4}{100}\right) = 20864,6 \text{ (грн./рік);}$$



і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 3129,91 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 4}{100}\right) = 4283,63 \text{ (грн./рік)}.$$

### 6.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів (табл. 2.19). Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.5.

Таблиця 5.5 - Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування	Вартість матеріалу, грн.
Силові трансфор-матори		630	630
Сталь сортова, кг	2,497	6	14,9
Провід уста-новлюваний, м	1,036	0,5	0,52
Мідь-алюміній (гола), кг	23,25	62	1442
Картон електроізо-ляційний, кг	11,21	1,4	15,7
Лакоткани-на (ширина 700мм), м	31,09	0,2	6,2
Кабельний папір, кг	9,167	0,6	5,5
Стрічка кіперна, кг	112,1	40	4484
Стрічка тафтяна, кг	83,28	18	1499
Стрічка азбестова, м	2,454	0,05	0,12

Лаки ізоляційні, кг	13,41	1,5	20,11
Емалі ґрунтові, кг	14,71	2,5	36,78
Масло трансформа-торне, кг	4,545	0,58	2,64
Бензин, кг	2,306	0,7	1,61
Розчиники кг	6,499	0,8	5,20
Маслостійка гума, кг	16,67	0,4	6,67
Гума профільна, кг	16,67	0,13	2,17
Припій олов'яно- свинцевий, кг	158,7	0,02	3,18
Припій мідно- фосфорний, кг	29,5	0,03	0,89
Електроди, кг	5,48	0,15	0,82
Засоби кріплення, кг	6,98	2	13,97
Дріт кручений,	0,91	0,3	0,27
Матеріали обтиску, кг	9,09	0,4	3,64
Разом:			7565,8
Кабельні лінії			
Сталь сортова, кг	2,497	2	4,99
Електроди, кг	5,484	0,1	0,55

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт:

$$C_{мпр} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{прі} \sum_{j=1}^q m_{прj} \cdot Ц_{mj}, \quad (5.13)$$

де 0,01 – коефіцієнт приведення;

f – кількість груп устаткування і мереж у схемі електропостачання;

$T_{прі}$  – трудомісткість поточного ремонту і-ої групи енергоустаткування, люд-  
год;

$q$  – число різновидів матеріалів;

$m_{прj}$  – норма витрат  $j$ -го виду матеріалу на 100 люд-год. трудомісткості поточного ремонту  $i$ -ої групи устаткування і мереж;

$Ц_{mj}$  – ціна одиниці  $j$ -го виду матеріалу, грн.

$C_{мпр} = 0.01 \cdot (198 \cdot 7565.8 + (0,39 + 1,52 + 1,98 + 1,24) \cdot 5.54) = 14970,57$  грн / рік;  
і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування:

$$C_{мто} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{moi} \sum_{j=1}^q m_{toj} \cdot Ц_{mj}, \quad (5.14)$$

$C_{мто} = 0.01 \cdot (1200 \cdot 7565.8 + (0,87 + 2,2 + 2,87 + 1,87) \cdot 5.54) = 90780$  грн / рік.

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж:

$$C_{обс} = C_{зне} + C_{мто}, \quad (5.15)$$

$$C_{обс} = 20864,6 + 90780 = 111644,6 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (5.16)$$

$$C_{пр} = 4283,63 + 14970,57 = 19254,2 \text{ (грн/рік).}$$

Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат знаходимо за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (5.17)$$

де  $a$  – норма амортизації, %

$K$  – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 390,17 = 22,9 \text{ ( тис.грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші

витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{ip} = \beta_{ip}(C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (5.18)$$

де  $\beta_{ip}$  - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (111644,6 + 19254,2 + 22900) = 38449,7 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 6.6.

Таблиця 5.6 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	111644,6	42
Поточний ремонт	19254,2	10
Амортизаційні відрахування	22900	12
Інші витрати	38449,7	20
Разом:	192248,5	100,0

5.3 Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{\Pi} \cdot P_{\text{ном}} \cdot T_{mi}, \quad (5.19)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

$T_{mi}$  – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт попиту.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різній кількості робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина  $T_m$  у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень – 1500 – 2000 год.; для однозмінних підприємств – 2000 – 3000 год.; для двозмінних – 3000 – 4500 год і тризмінних 4500 – 8000 год.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для штампувального цеху:

$$E_{a1} = 36,5 \cdot 3000 = 109500 \text{ (кВт год./ рік) .}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 6.7.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 5.7 - Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	Кількість змін	$T_m$ , год.	$S_p$ , кВА	$P_p$ , кВт	$\cos \varphi$	$E_a$ , кВт*год./рік
Цех №1	1	3000	53,3	36,5	0,7	109500
Цех №2	1	3000	63,8	43,0	0,7	129000
Цех №3	1	3000	151,7	92,9	0,7	278700
Цех №4	1	3000	431	245,1	0,7	735300
Цех №4	1	3000	431	245,1	0,7	735300
Цех №5	1	3000	164	101,3	0,7	303900

Цех №5	1	3000	164	101,3	0,7	303900
Цех №6	1	3000	52,7	29,7	0,7	89100
Цех №7	1	3000	85,2	48,1	0,7	144300
Цех №8	1	3000	56,9	32,5	0,7	97500
Цех №9	1	3000	37,4	25,2	0,7	75600
Цех №10	1	3000	3,6	2,4	0,7	7200
Цех №11	1	3000	26,6	16,4	0,7	49200
РАЗОМ			1019,5			3058500

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (5.20)$$

де  $I_{\text{м}}$  – максимальний струм у лінії, А;

$\tau$  – час максимальних втрат, год./рік.

$R$  – активний опір проводу або кабелю однієї фази;

$$R = r_0 \cdot L \quad (5.21)$$

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1.:

$$R = 0,769 \cdot 0,043 = 0,033 \text{ (Ом)}.$$

Величина  $\tau$  визначається за часом використання максимального навантаження  $T_{\text{м}}$ :

$$\tau_{\text{м}} = \left( 0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left( 0,124 + \frac{25000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 1225,3 \text{ год} \quad (5.22)$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ТП-РП1:

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot 2 \cdot 30,86^2 \cdot 0,033 \cdot 1225,31 \cdot 10^{-3} = 230,15 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 6.8.

Таблиця 5.8 – Втрати електроенергії в лініях

Найменування лінії	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_M$ , А	R, Ом	$\tau$ , год./рік	$\Delta E_{л}$ , кВт*год.
ТП - РП1	АВВГ 4x25	2	0,043	30,8	0,033	1225,31	230,15
ТП – РП2	АВВГ 4x35	2	0,063	36,3	0,048	1225,31	465,00
ТП – РП3	АВВГ 4x70	2	0,031	83,6	0,024	1225,31	1233,16
ТП – РП4	АВВГ 4x95	2	0,005	116,8	0,004	1225,31	401,18
ТП – РП5	АВВГ 4x95	2	0,005	116,8	0,004	1225,31	401,18
ТП – РП6	АВВГ 4x95	2	0,022	90,5	0,017	1225,31	1023,63
ТП – РП7	АВВГ 4x95	2	0,022	90,5	0,0170	1225,31	1023,63
ТП – РП8	АВВГ 4x50	2	0,045	57,1	0,035	1225,31	838,95
ТП – РП9	АВВГ 4x95	2	0,045	92,4	0,035	1225,31	2196,89
ТП – РП10	АВВГ 4x50	2	0,044	61,7	0,034	1225,31	951,58
ТП – РП11	АВВГ 4x35	2	0,049	42,5	0,038	1225,31	504,61
ТП – РП12	АВВГ 4x10	2	0,061	4,1	0,047	1225,31	5,81
ТП – РП13	АВВГ 4x16	2	0,016	14,7	0,012	1225,31	19,06
РАЗОМ						9294,86	

Втрати електроенергії в трансформаторах визначають за формулою,  
тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left( \frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (5.23)$$

де  $n$  - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{кз}$  і  $\Delta P_{xx}$  – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

$T_p$  - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

$S_\phi$  - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_H$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 1 \cdot 2,4 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 12 \cdot \left( \frac{1563,1}{1000} \right)^2 \cdot 1225,3 = 60010,5 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Втрати електроенергії в лініях

№	Тип трансформатора	К-сть тр-рів	$\Delta P_x$ , кВт	$\Delta P_{кз}$ , кВт	$S_p$ , кВА	$S_H$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт*год./рік
КТП-1	ТМ - 630	2	2,4	12	639,9	630	60010,5

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:



$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{T}}; \quad (5.24)$$

$$E = 3058500 + 9294,86 + 60010,5 = 3127805,36 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

– у разі застосування одноставкового тарифу:

$$П_1 = 1,93 \cdot 3127805,36 = 2596078 \text{ (грн)};$$

У роботі необхідно виконати розрахунки оплати за спожиту електроенергію, застосовуючи одноставковий.

### 5.3.1 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (5.25)$$

де  $C_{\text{сум}}$  – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

$E_a$  – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Розрахунок сумарних витрат.Промислові підприємства, що споживають електроенергію від зовнішнього джерела, з одного боку, оплачують кількість

отриманої енергії за тарифом, а з іншого – несуть додаткові витрати при передаванні та розподілі електроенергії від мереж енергосистеми до цехових споживачів. Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (5.26)$$

де  $\Pi$  – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$  – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{а}} + C_{\text{ір}}, \quad (5.27)$$

де  $C_{\text{обс}}$  – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$  – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

$C_{\text{а}}$  – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$C_{\text{ір}}$  – інші витрати, грн/рік.

$$C_{\text{п}} = 111644,6 + 19254,2 + 22900 + 38449,7 = 192248,5 (\text{грн/рік}).$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 2596078 + 192248,5 = 2788326,5 (\text{грн/рік}).$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = 2788326.5 \cdot 100 / 3058500 = 96.17 \text{ (коп./кВтгод.)}$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 6.10.

Таблиця 6.10 - Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисної споживаної підприємством ел.енергії	Е <sub>а</sub>	3058500	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії з урахуванням втрат	Е	3127805,36	кВт·год.
Плата ен.системі за ел.енергію:	П	2596078	грн.
Річні витрати на передавання і розподіл ел.енергії	С <sub>п</sub>	192248,5	грн.
Сумарні витрати підприємства	С <sub>сум</sub>	2788326,5	грн.
Собівартість електроенергії	S	218	коп/кВт·год.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблена система електропостачання ЗАТ «Вінниця-млин» та виконане проектування фотогальванічної електричної станції (ФЕС). ФЕС вбудована в систему електропостачання підприємства та має лінії зв'язку з електропостачальною компанією «Вінницяобленерго».

В роботі прийняті рішення по встановленню трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ з потужністю трансформаторів 630 кВА. Розподільча мержа підприємства виконана кабелем марки АВВГ відповідного перерізу, спосіб прокладки – в траншеї в землі. Визначено місце встановлення підстанції.

Спроектована ФЕС має весь набір необхідних креслень серед яких електрична принципова схема, схема та зовнішній вигляд сонячної панелі, креслення з елементів монтажу ФЕС, зовнішній вигляд та схема підключення інвертору, різноманітні системи кріплення сонячних панелей.

Проаналізований вплив ФЕС на стійкість вузлів навантаження, наведені техніко-економічні показники її роботи. Окремо розглянуто питання техніки безпеки при експлуатації сонячних панелей.

Розраховані втрати напруги в колах постійного та змінного струму ФЕС. Сукупний спад напруги на ділянці кола "інвертор – мережа" становить 1,854 %, що знаходиться в допустимих межах згідно чинних нормативних документів. Також приділена увага питанням захисту від атмосферних перенапруг. Обладнання, що встановлюється за даною роботою, прийняте з ізоляцією категорії "Б", ГОСТ 9920-89.

Проаналізована паралельна робота ФЕС з мережею загального користування підприємства.

Річний виробіток електричної енергії ФЕС складає 28992 кВт·год.

В економічній частині МКР визначені основні техніко-економічні показники роботи системи електропостачання та визначено собівартість електроенергії.

Розроблені питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила влаштування електроустановок. – Київ, 2017, 617с.
2. М.Й Бурбело Розрахунки в системах електропостачання – Вінниця ВДТУ, 2002. – 76 с.
3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию /Под ред. А.А. Федорова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - Т.1 - 580 с., т.2 - 591 с.
4. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования /Под ред. Ю.Г. Барыбина/ и др. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
5. Н.А. Казак., Б.А. Князевский, С.С. Лазарев, Д.С. Лившиц. Электроснабжения промышленных предприятий /Под ред. Н.А. Казак., Б.А. Князевский / и др. - М.-Л.: Энергия, 1966. - 535 с
6. Неклепаев Б.И., Крючков Й.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.
7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет /А.С. Овчаренко и др. - Киев: Техніка, 1985. - 185 с.
8. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей /Уклад. О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 45 с.
9. Перелік небезпечних шкідливих факторів. Режим доступу:  
[http://pidruchniki.ws/15290527/bzhd/perelik\\_nebezpechnih\\_shkidlivih\\_virobnichih\\_faktoriv](http://pidruchniki.ws/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv).
10. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - [Электронный ресурс] - Режим доступу: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST\\_12000374\\_SSBT\\_Opasnye\\_i\\_v.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SSBT_Opasnye_i_v.html)
11. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охраны труда при эксплуатации электронно -вычислительных машин. - [Электронный ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/pravila-ohoroni-praci-pid-chas-ekspluataciyi-elektronno-obch->

[nor17970.html](http://nor17970.html)

12. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98>

13. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

14. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

15. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

16. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

17. ДСТУ ІЕС 61000-4-2:2008 Електромагнітна сумісність. Частина 4-2. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприятливість до електростатичних розрядів (ІЕС 61000-4-2:2001,ІДТ)..

18. ДСТУ ІЕС 61000-4-3:2007 Електромагнітна сумісність. Частина 4-3. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприятливість до радіочастотних електромагнітних полів випромінювань (ІЕС 61000-4-3:2006,ІДТ).

19. ДСТУ ІЕС 61000-4-4:2007 Електромагнітна сумісність. Частина 4-4. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприятливість до швидких перехідних процесів/пакетів імпульсів (ІЕС 61000-4-4:2004,ІДТ).

20. ДСТУ ІЕС 61000-4-5:2007 Електромагнітна сумісність. Частина 4-5. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприятливість до сплесків напруги та струму (ІЕС 61000-4-5:2005, ІДТ).

21. ДСТУ ІЕС 61000-4-6:2007 Електромагнітна сумісність. Частина 4-6. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприятливість до завад, індукованих радіочастотними полями (ІЕС 61000-4-6:2006, ІДТ).

22. ДСТУ ІЕС 61000-4-9:2007 Електромагнітна сумісність. Частина 4-8. Методики випробування та вимірювання. Випробування на стійкість до магнітного поля частоти мережі (ІЕС 61000-4-8:2001, ІДТ).

23. ДСТУ ІЕС 61000-4-9:2007 Електромагнітна сумісність. Частина 4-9. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприятливість до імпульсних магнітних полів (ІЕС 61000-4-9:2001, ІДТ).

## ДОДАТКИ



Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
“ ” \_\_\_\_\_ 2020р.

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. \_\_\_\_\_  
“ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Удосконалення системи електропостачання підприємства Закритого акціо-  
нерного товариства «Вінниця-млин

Науковий керівник:

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 19м

Вдовиченко В.І. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2020 р.

## 1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .20.

Дата початку роботи \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .20р.

Дата закінчення роботи \_\_\_\_ . \_\_\_\_ .020.

## 2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – мета – розробка системи електропостачання.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

Генплан підприємства (рисунок А.1); відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства (таблиця А.1); відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.

3.3. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» /Л.Б. Терешкевич, О.Д.Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

#### 5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

#### 6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

#### 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

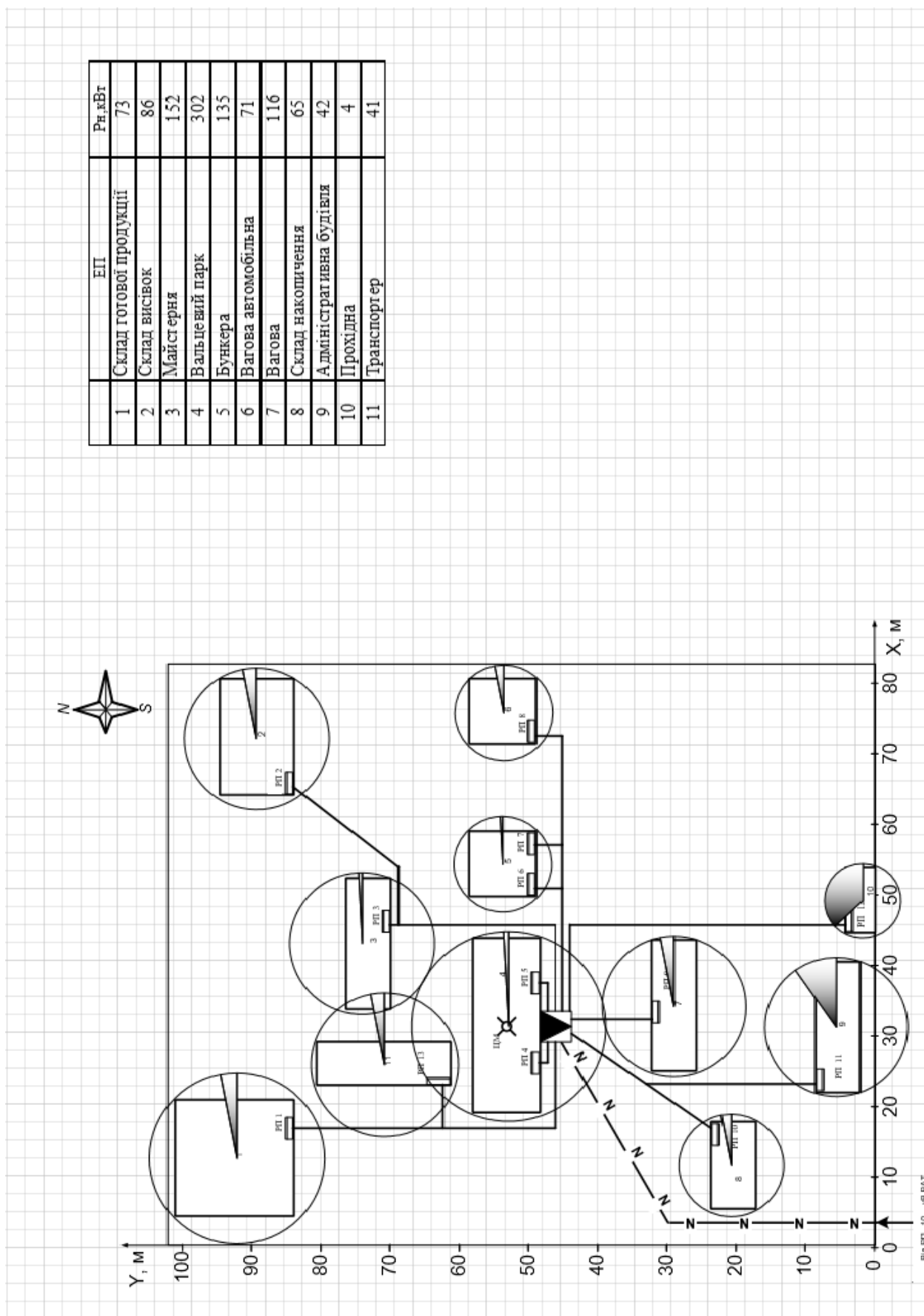
##### 7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

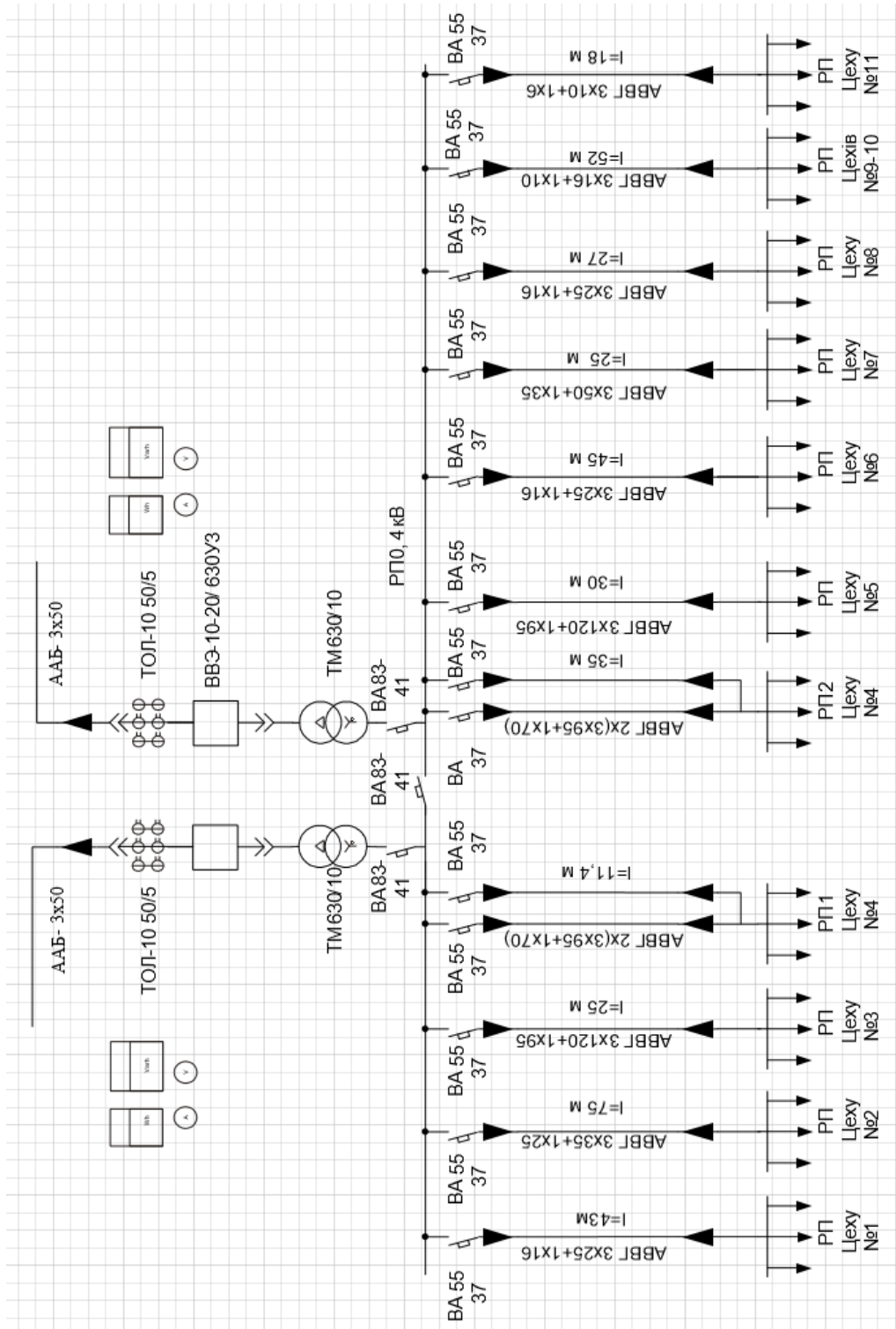
#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

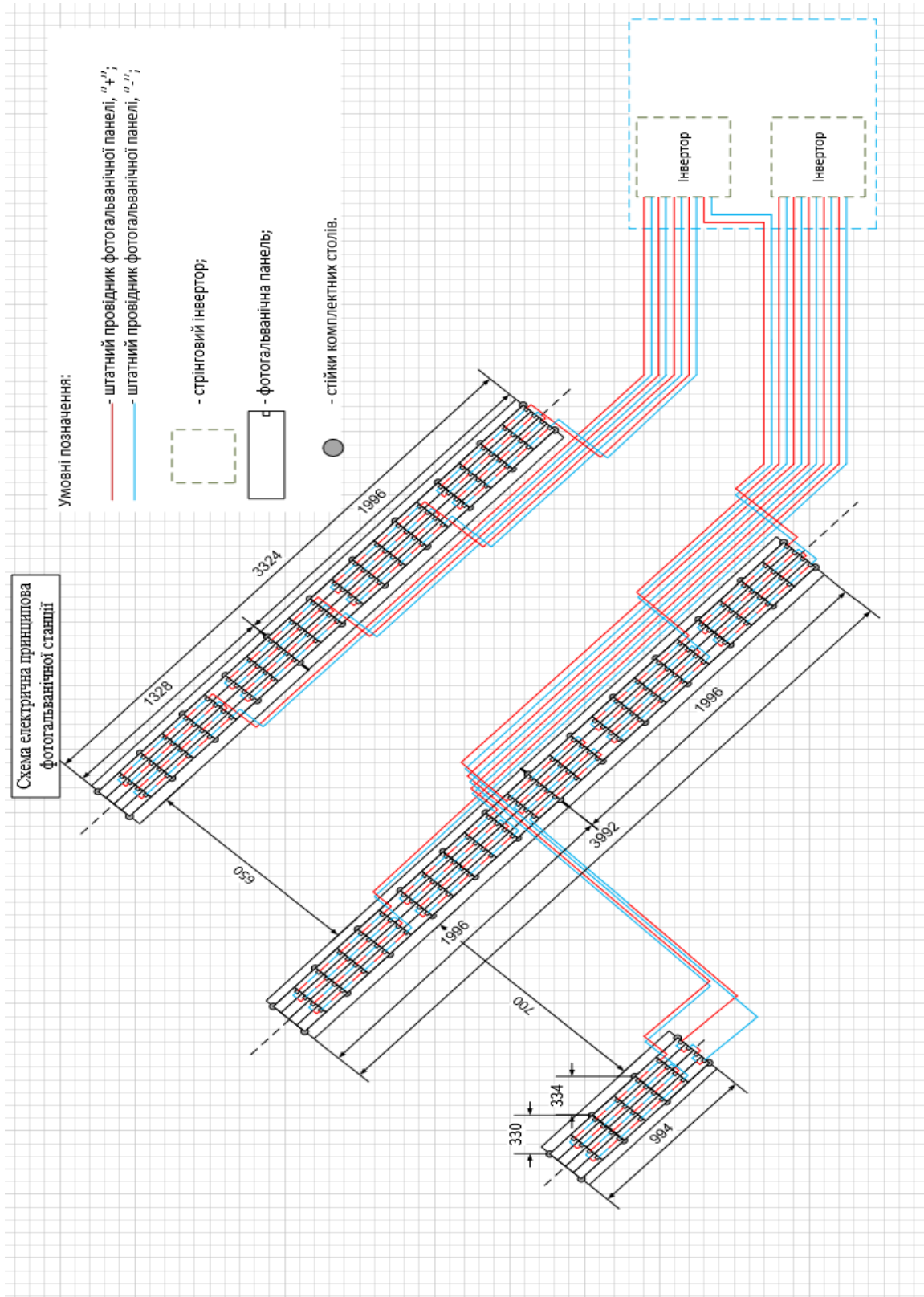
## Додаток Б



# Додаток В



## Додаток Г



# Додаток Д

Схема та зовнішній вигляд фотогальванічної панелі ЖКМ305М-60



Рисунок 1

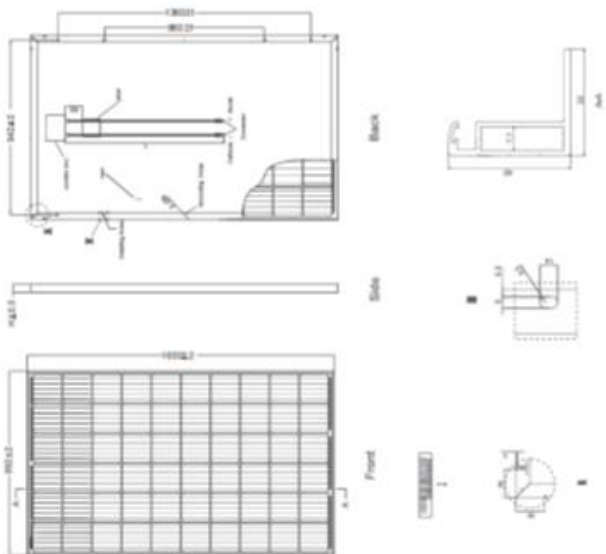


Рисунок 2

Current-Voltage & Power-Voltage Curves (250W)

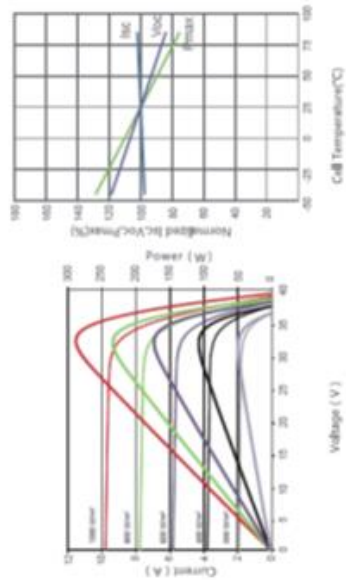


Рисунок 3

Примітки:

- Рисунок 1 - зовнішній вигляд фотогальванічної панелі ЖКМ305М-60;
- Рисунок 2 - схема та монтажні кріплення панелі ЖКМ305М-60;
- Рисунок 3 - вольт-амперна та температурні характеристики.

Додаток Е

Схема та зовнішній вигляд інвертора SUN2000-33KTL-A

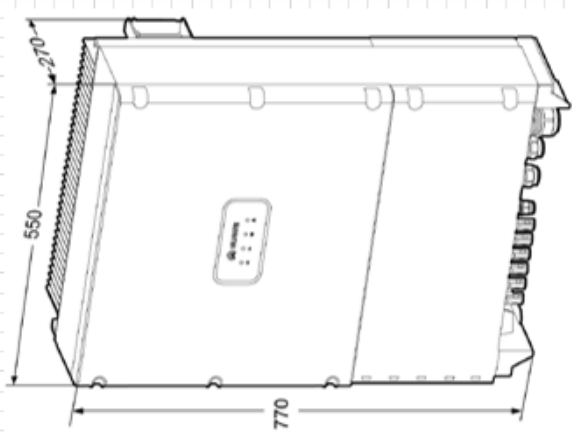


Рисунок 1

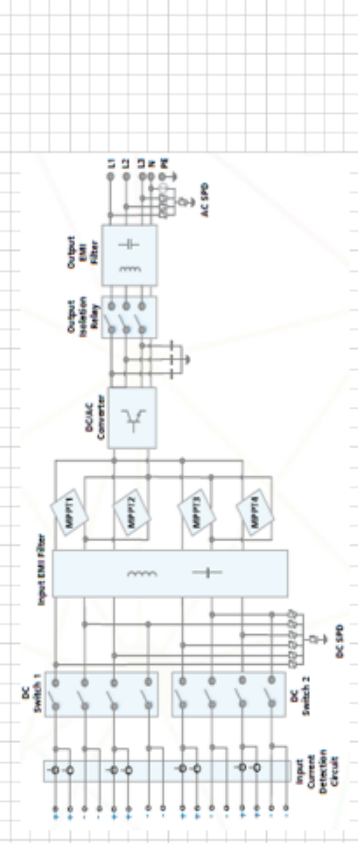
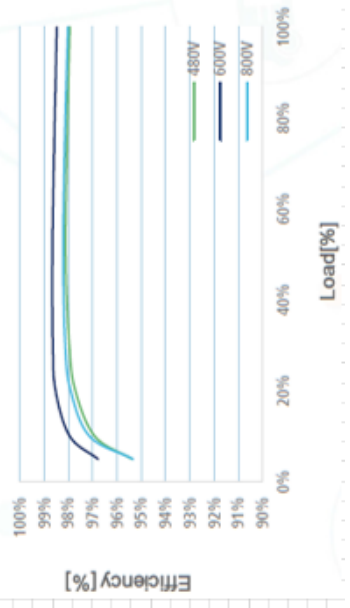


Рисунок 2



Рисунок 3



Примітки:

- Рисунок 1 - зовнішній вигляд та головні розміри інвертора SUN2000-33KTL-A;
- Рисунок 2 - схема інвертора SUN2000-33KTL-A;
- Рисунок 3 - місце застосування інвертора в схемі електропостачання;
- Рисунок 4 - крива ефективності інвертора SUN2000-33KTL-A.



