

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій і систем

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Аналіз витрат електроенергії в мережі 10 кВ акціонерного товариства  
«Вінницяобленерго» після під'єднання  
фотоелектричної станції потужністю 7 МВт»**

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕСМ-21мз  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
освітня програма «Електричні системи та мережі»  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)  
А. В. Антіпов Антіпов А. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСС  
А. Л. Поліщук Поліщук А. Л.  
(прізвище та ініціали)  
« 01 » 06 2023 р.

Опонент:  
О. В. Захарюк Захарюк О. В.  
(прізвище та ініціали)  
« 03 » 06 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСС

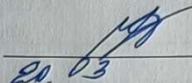
В. О. Комар д.т.н., проф. Комар В. О.  
(прізвище та ініціали)

« 02 » 06 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій та систем  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – Електричні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСС  
д.т.н., професор Комар В. О.

  
20.03 2023 року

### З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Антіпова Андрія Валерійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз витрат електроенергії в мережі 10 кВ акціонерного товариства «Вінницяобленерго» після під'єднання фотоелектричної станції потужністю 7 МВт»

керівник роботи к.т.н., доцент, каф. ЕСС Поліщук А. Л.

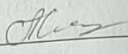
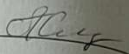


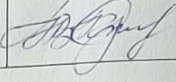
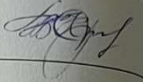
затверджена наказом вищого навчального закладу від 20.03.2023 року № 68

2. Строк подання студентом роботи 30 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи. Посилання на періодичні видання. Параметри та схема електричної мережі, параметри фотоелектричної станції








4. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Основні техніко-економічні показники об'єкту. 2. Головна схема електричних з'єднань. 3. Релейний захист, автоматика та АСУ ТП. 4. Вибір трансформаторів струму 10 кВ. 5. Вибір трансформатора напруги 10 кВ. 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

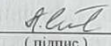
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Основні техніко-економічні показники об'єкту. 2. Вибір вакуумних вимикачів 10 кВ. 3. Розрахунок параметрів блоків фотогальванічних панелей. Розрахунок втрат напруги в лініях ФЕС. 4. Розрахунок втрат напруги в лініях ЕМ. 5. Висновки.

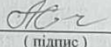
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Поліщук А.Л., к.т.н., доц. кафедри ЕСС		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Рубаненко О.Є. к.т.н., проф., професор каф. ЕСС		
Економічна частина	Остра Н.В., к.т.н., доц., доцент кафедри ЕСС		

7. Дата видачі завдання 20 березня 2023 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи		При-мітка
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	21.03.23	28.03.23	
2	Аналіз впливу фотоелектричної станції на навколишнє середовище	29.03.23	07.04.23	
3	Дослідження впливу фотоелектричних станцій на втрати електроенергії у розподільній мережі	08.04.23	24.04.23	
4	Охорона праці	25.04.23	01.05.23	
5	Техніко-економічна частина	02.04.23	07.05.23	
6	Оформлення пояснювальної записки	08.05.23	12.05.23	
7	Виконання графічної частини та оформлення презентації	12.05.23	19.05.23	

Студент  А. В. Антіпов  
(підпис)

Керівник роботи  А. Л. Поліщук  
(підпис)

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.316.3

Антіпов Андрій Валерійович «Аналіз витрат електроенергії в мережі 10 кВ акціонерного товариства «Вінницяобленерго» після під'єднання фотоелектричної станції потужністю 7 МВт». Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця : ВНТУ. 2023. 81 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 1; табл. 15.

В цій магістерській кваліфікаційній роботі виконано розрахунки з вибору основного обладнання фотоелектричної станції та виконано аналіз впливу її на втрат активної потужності в мережі 10 кВ АТ «Вінницяобленерго..

Дослідження проводилися з використанням програми розрахунку й оптимізації нормальних режимів роботи електричних мереж „Втрати – 110”. У процесі дослідження була підготовлена розрахункова модель мережі, і отримані результати проаналізовані.

В роботі було проаналізовано вплив на оточуюче середовище та визначенні заходи зі зменшення негативного впливу.

В розділі з охорони праці розроблено комплекс заходів, що дозволяють зменшити вплив небезпечних та шкідливих факторів на персонал фотоелектричної станції.

Ключові слова: електрична енергія, генерування, споживання, потужність.

## ABSTRACT

УДК 621.316.3

Antipov Andriy Valeriyovych "Analysis of electricity consumption in the 10 kV network of the joint-stock company "Vinnytsiaoblenergo" after the connection of a photovoltaic plant with a capacity of 7 MW." Master's qualification thesis in the specialty 141 - Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU. 2023. 81 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 26 titles; Fig.: 1; table 15.

In this master's qualification work, calculations were performed on the selection of the main equipment of the photovoltaic plant and an analysis of its influence on active power losses in the 10 kV network of JSC "Vinnytsiaoblenergo.." was performed.

The research was conducted using the "Loss - 110" program for calculating and optimizing normal modes of operation of electrical networks. In the course of the research, a calculation model of the network was prepared, and the obtained results were analyzed.

The work analyzed the impact on the environment and determined measures to reduce the negative impact.

The section on labor protection has developed a set of measures to reduce the impact of dangerous and harmful factors on the personnel of the photovoltaic plant.

Key words: electric energy, generation, consumption, power.

## ЗМІСТ

1 ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОБ'ЄКТУ.....	8
2 ОСНОВНІ РІШЕННЯ ТА ПОКАЗНИКИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ, ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ І КОМУНІКАЦІЙ .....	10
3 ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ .....	12
4 ОЦІНКА ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ (ОВНС).....	15
4.1 Загальні положення і підстави для проведення ОВНС.....	15
4.2 Фізико-географічні та кліматична характеристики району будівництва ..	15
4.3 Оцінка впливів робіт на навколишнє природне середовище.....	16
4.4 Результативна частина заяви про екологічні наслідки .....	16
5 РОЗРАХУНОК КАТЕГОРІЇ СКЛАДНОСТІ.....	18
6 ГОЛОВНА СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ .....	25
7 ПЛАН ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	26
8 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ.....	27
9 КАБЕЛЬНІ ЗВ'ЯЗКИ.....	32
10 ІЗОЛЯЦІЯ, ЗАЗЕМЛЕННЯ ТА ГРОЗОЗАХИСТ .....	34
11 ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ.....	36
12 ВЛАСНІ ПОТРЕБИ .....	37
13 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, АВТОМАТИКА ТА АСУ ТП.....	39
14 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ .....	45
15 ТЕЛЕМЕХАНІКА І ЗВ'ЯЗОК .....	46
16 ВИБІР ВАКУУМНИХ ВИМИКАЧІВ 10 КВ .....	48
16 ВИБІР ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГ 10 КВ.....	51
17 ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ 10 КВ.....	53
17.1 Вибір номінальних параметрів ТС-10 кВ.....	53
17.2 Перевірка обраних параметрів ТС-10 кВ .....	55
18 ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРА НАПРУГИ 10 КВ .....	56
19 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ БЛОКІВ ФОТОГАЛЬВАНІЧНИХ ПАНЕЛЕЙ .....	57
20 РОЗРАХУНОК ВТРАТ НАПРУГИ В ЛІНІЯХ.....	60

21 РОЗРАХУНОК ВТРАТ НАПРУГИ В ТРАНСФОРМАТОРІ.....	62
22 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	64
22.1 Задачі розділу .....	65
22.2 Розрахунок параметрів заземлючого пристрою .....	66
ВИСНОВКИ .....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73
ДОДАТОК А. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....	76
ДОДАТОК Б. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Об'єднана енергосистема (ОЕС) України створена таким чином, щоб мати можливість якісно і надійно транспортувати електричну енергію з областей концентрації генерації (електричних станцій) до всіх областей, де ця електроенергія споживається. З поступовою трансформацією економіки країни, і, як наслідок, структури споживання електроенергії, із зростанням частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) змінюється і географія генерації електроенергії, яка стає більш розподіленою. Водночас, спостерігаються зміни в енергетичному середовищі, завдяки впровадженню політики енергоефективного низьковуглецевого розвитку [1].

План розвитку системи передачі [1] враховує особливості майбутнього розвитку ОЕС України та містить ряд заходів з підготовки до вирішення проблем безпеки постачання електричної енергії на середньострокову та довгострокову перспективу.

Для побудову схеми електричної ПС необхідно урахувати призначення, роль та положення даної ПС в електричній мережі енергосистеми. Для розроблення електричної схеми ПС і окремих РУ використовують роботи з розвитку електричних мереж (енергосистеми, району або об'єкта).

Останніми роками розвиток технологій спричинив значне зниження цін на сонячні панелі, що призвело до збільшення інвестицій у будівництво сонячних електростанцій у світі. Умови сонячної електростанції повинні забезпечувати відповідне підключення та безперебійну роботу паралельно з системою розподілу, яка включає наступне: дозволена потужність електростанції, дозволені струми гармонік, потужність короткого замикання, коливання напруги через одночасне підключення та відключення установки, зміна напруги в усталеному режимі, надійність та якість електричної енергії. Метою дослідження є визначення умов підключення сонячних електростанцій до системи розподілу електричної енергії.



Децентралізація енергетичних систем вимагає, щоб власники РДЕ брали більшу відповідальності за енергосистему. Що стосується стабільності напруги і керування активною та реактивною потужністю, вітрові електростанції та фотовольтаїчні парки, підключені до мереж 110 кВ, технічно здатні забезпечувати баланс активної потужності.

На мою думку ВДЕ з кожним роком все більш впроваджуються у електричні мережі, та все частіше являються розосередженим генеруванням, що не завжди має позитивний вплив на надійність електричної мережі, та втрати у ній. Тому дослідження теми оптимальності вибору місця приєднання розосередженого генерування з максимальною користю досить актуальне та перспективне.

**Мета і задачі дослідження.** Метою магістерської роботи є визначення заходів з нового будівництва, реконструкції та технічного переоснащення розподільних електричних мереж АТ «Вінницяобленерго», які забезпечують на десятилітню перспективу попит споживачів на електричну енергію належної якості та потужності.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі **основні задачі**:

- дослідження наявних методів проектування розвитку електричних мереж;
- вибір відповідного методу розрахунку усталених режимів ЕМ і проведення таких розрахунків з метою оцінювання працездатності електромереж АТ «Вінницяобленерго» після реалізації їх розвитку;
- аналіз основних режимів проектованої фотоелектричної станції;
- вибір основного аналізу для функціонування фотоелектричної станції.

**Об'єктом дослідження** магістерської роботи є розподільні електричні мережі 110/35 кВ.

**Предметом дослідження** є методи і засоби проектування електричних мереж.

**Методи дослідження.** Для аналізу та розв'язання поставлених задач використано методи математичного моделювання. Під час проектування головної схеми електричних з'єднань підстанцій використовуються елементи теорії

надійності. Дослідження проводились з використанням комплексу прикладних програм, що розроблені на кафедрі електричних станцій і систем.

**Новизна дослідження.** Виконано розрахунок втрат потужності в лініях електропередавання та трансформаторах.

**Особистий внесок здобувача.** усі результати, які складають основний зміст магістерської роботи, отримані автором самостійно.

## 1 ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОБ'ЄКТУ

Таблиця 1 – Основні техніко-економічні показники електротехнічної частини будівництва електростанції

№ З/п	Найменування показника	Показник
1	Найменування об'єкту	Фотогальванічна електростанція потужністю 7000 кВт
2	Потужність об'єкту (номінальна)	7 000 кВт
3	Сумарна пікова потужність фотоелектричних панелей	7 982,13 кВт
4	Загальна кількість працюючих	Охорона 1 чол. – цілодобово; Оперативний персонал 1 чол. – світловий день.
5	Тривалість будівництва	3 місяці
6	Розрахункова річна виробітка електроенергії	9,6 млн.кВт·г
7	Річна потреба об'єкта на власні потреби	
	- електроенергії (власні потреби)	0,773 млн.кВт·г
8	Загальна площа земельної ділянки	31,3798 га
9	Площа земельної ділянки, що освоюється даним проектом	16,0057
10	Екологічні наслідки	відсутні
11	Загальна кількість фотогальванічних панелей, шт.	32912
	- кількість фотогальванічних панелей потужністю 240 Вт, шт;	18482
	- кількість фотогальванічних панелей потужністю 245 Вт, шт.	12210
	- кількість фотогальванічних панелей потужністю 250 Вт, шт.	2220
12	Кількість ящиків з'єднань для паралельного з'єднання блоків фотогальванічних панелей, шт.:	
	23-х блоків панелей;	40
	24-х блоків панелей;	24
13	Кількість контейнерів трансформаторних підстанцій CS-МН 1760 кВА;	4
		4

	Кількість силових трансформаторів 0,36/0,36/10 кВ 1760 кВА; Кількість інверторів Protect PV.880, шт.	8
14	Номінальна потужність електростанції, кВт	7000

## 2 ОСНОВНІ РІШЕННЯ ТА ПОКАЗНИКИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ, ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ І КОМУНІКАЦІЙ

Основні техніко-економічні показники генерального плану:

- загальна площа земельної ділянки: 31,3798 га;
- площа земельної ділянки, що освоюється за даним проектом:  
16,0057 га;
- площа забудови ділянки: 5,3026 га;
- відсоток забудови: 33,1 %.

Проектом передбачено виконання підготовчих робіт з розчищення території будівництва від високої трави, вибіркового вертикального планування, спорудження зовнішньої периметральної огорожі та встановлення трьох розпашних металевих воріт.

Генеральним планом передбачено встановлення наступних будинків та споруд:

- трансформаторна підстанція 1760 кВА – 4 шт;
- централізований інвертор Protect PV.880-МН – 8 шт;
- адміністративно-побутова будівля – 1 шт;
- будівля РП-10 кВ – 1 шт;
- КТП 10/0,4 кВ (ТВП) для заживлення власних потреб – 2 шт. ТВП-1

встановлюється за окремим проектом.

- ящики з'єднань – 64 шт;
- опорні конструкції (столи) під фотогальванічні панелі потужністю 240 Вт;
- опорні конструкції (столи) під фотогальванічні панелі потужністю 245 Вт;
- опорні конструкції (столи) під фотогальванічні панелі потужністю 250 Вт.

Улаштування фундаментів опорних конструкцій під фотогальванічні панелі виконується по існуючому рельєфу.

Проектом передбачено комплекс робіт по благоустрою території, в який входять:

- встановлення малих архітектурних форм - урни;

- влаштування газонів;
- влаштування тротуарів.

Водовідведення з території здійснюється поверхневим способом по території, яка має нахил у напрямку прилеглої території. У північно-східній частинах земельної ділянки, з метою недопущення руйнації проектних споруд через підтоплення, організовано опорні стінки та водовідвідні канали.

Прокладання кабельних зв'язків між фотогальванічними панелями, а також кабельні зв'язки між блоками панелей та ЯЗ передбачено по опорним конструкціям блоків фотогальванічних панелей, а також в підземній кабельно-трубній каналізації.

Кабельні лінії до 1000 В від ЯЗ до централізованих інверторів прокладаються в підземній кабельно-трубній каналізації.

Кабельні лінії 10 кВ прокладаються в траншеях в ґрунті. Контур захисного заземлення (круг сталевий  $d=10$  мм ) прокладається в траншеях разом з кабельною каналізацією та окремих траншеях.

Улаштування санітарного вузла запроектовано в адміністративно-побутовій будівлі.

### 3 ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ ТА ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

Протипожежні заходи та протипожежний захист об'єкту будівництва здійснюється згідно із такими нормативними документами:

№	Найменування документу
1.	Кодекс цивільного захисту України від 1 липня 2013 р.
2.	НАПБ А.01.001-04 Правила пожежної безпеки України
3.	НАПБ Б.03.002-2007 "Нормы определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности"
4.	НАПБ В.01.034-2005/111 "Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України"
5.	НАПБ 05.032-2002 "Інструкція з протипожежного захисту розподільчих пристроїв підстанцій і трансформаторів"
6.	НАПБ В.05.024-2005/111 "Інструкція з гасіння пожеж на енергетичних підприємствах Мінпаливенерго України"
7.	НАПБ В.01.056-2005/111 "Правила будови електроустановок. Протипожежний захист електроустановок"
8.	ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва
9.	ДСТУ 2272-93 Системи стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Терміни та визначення
10.	ДСТУ 2273-93 Системи стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Терміни та визначення
11.	ДСТУ Б В2.5-38:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд
12.	СНиП 2.04.05-91* "Отопление, вентиляция и кондиционирование"
13.	СНиП 2.09.02-85* "Производственные здания"
14.	СниП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения"
15.	СНиП 2.04.01-85 "Внутренний водопровод и канализация"
16.	"Правила улаштування електроустановок"
17.	РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений"
18.	СНиП 11-89-80 – Генеральные планы промышленных предприятий
19.	ГКД 341.004.001-94 – Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с напряжением 6-750 кВ

Відхилення від норм, які вимагають погодження з управлінням пожежної охорони, в проєкті відсутні.

Протипожежні розриви між будівлями і спорудами прийняті згідно з СНиП П-89-80\*, ПУЕ та п.12 "Норм технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750 кВ" (ГКД 341.004.001-94) та дозволяють:

- використовувати індустріальні методи виконання будівельних і монтажних робіт;

- ревізію, ремонти і випробування обладнання з застосуванням машин, механізмів і пересувних лабораторій;
- під'їзд пожежних машин.

Прокладання кабелів виконується відповідно до гл.2.3 ПУЕ, СНиП 3.05.06-85, а також "Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України", НАПБ В.01.034-99/111 (ГКД 34.03.303-99).

Після прокладання кабелів виконуються закладання отворів у трубах і прорізах.

У відповідності до НАПБ А.01.001-04 «Правила пожежної безпеки України» на території запроектовано улаштування пожежних щитів, які укомплектовуються вогнегасниками - 3 шт., ящиком з піском - 1 шт., покривалом з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2 x 2 м - 1 шт., гаками - 3 шт., лопатами - 2 шт., ломами - 2 шт., сокирами - 2 шт.

У будівлях трансформаторних підстанцій та розподільчому пристрої 10 кВ запроектовано улаштування автоматичної пожежної сигналізації, а також встановлення вуглекислотних вогнегасників (ОУ-5).

Для захисту обладнання від грозових та комутаційних перенапруг використовуються нелінійні обмежувачі перенапруги, які встановлюються в ЯЗ та всіх розподільних щитках всіх будівель.

Заземлюючий пристрій електростанції улаштовано відповідно до вимог глави 1.7 ПУЕ:2006. Опір заземлюючого пристрою повинен бути у будь-яку пору року не більше 4 Ом.

До трансформаторних підстанцій та РП-10 кВ організовані автомобільні під'їзди, ширина яких складає не менше 3,5 м. Уся територія має зовнішню огорожу висотою не менше 2 м.

На об'єкті повинна бути розроблена наступна документація з пожежної безпеки:

- загальнооб'єктова інструкція з заходів пожежної безпеки;



- інструкції з пожежогасіння в приміщенні РП-10 кВ та трансформаторних підстанціях;
- інструкція по утриманню і застосуванню первинних засобів пожежогасіння ПС;

Ступінь вогнестійкості будівлі РП-10, адміністративно-побутової будівлі та ТП-0,36/10 кВ – III а. Категорія по вибухопожежній та пожежній небезпеці – Г (приміщення трансформаторної камери в ТП – Б). Будівлі ТП-0,36/10 кВ комплектуються залізобетонною основою, яка окрім функцій фундаменту будівлі виконує функції оливоприймача для розподільного трансформатора.

## 4 ОЦІНКА ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ (ОВНС)

### 4.1 Загальні положення і підстави для проведення ОВНС

Метою розробки ОВНС є екологічне обґрунтування доцільності виконання будівництва фотогальванічної електростанції потужністю 7 000 кВт, методів її реалізації, визначення шляхів і способів нормалізації стану навколишнього середовища та забезпечення вимог екологічної безпеки, оцінка ефективності технічних рішень і заходів з ліквідації (зниження) можливих очікуваних негативних наслідків для навколишнього середовища та здоров'я людей.

Розробка ОВНС виконана відповідно до вимог ДБН А.2.2-1-2003 "Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд" і ДБН А.2.2-3-2012 "Склад та зміст проектної документації на будівництво".

Підставою для розробки ОВНС на електростанції є:

- Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища";
- Закон України "Про екологічну експертизу";
- Закон України "Про охорону атмосферного повітря";
- Закон України "Про охорону земель".

Обладнання та споруди, які проектуються в нормальних не мають відходів, що забруднюють навколишнє середовище. Вплив на навколишнє середовище з їх сторони відсутній.

### 4.2 Фізико-географічні та кліматична характеристики району будівництва

Земельна ділянка, на якій заплановано виконання будівництва фотогальванічної електростанції розташована на території Шаргородської м/р Шаргородського р-ну Вінницької області.

Клімат району робіт помірно-континентальний з м'якою нетривалою зимою і теплим літом.

Середньорічна температура повітря складає +6,95 °С. Середня температура повітря найтеплішого місяця липня становить +23,6 °С, найхолоднішого січня – (-

5,7 °C). Абсолютний максимум температури повітря + 36 °C спостерігався в липні місяці, а мінімум (-36 °C) – в січні місяці.

Кількість атмосферних опадів коливається від 554 до 783 мм, складаючи в середньому 624 мм.

Стійке снігове покриття утворюється в першій половині грудня і зникає в першій декаді березня місяця. Висота снігового покриву не перевищує 50 см. Число днів з сніговим покриттям 80-95. Глибина промерзання ґрунту не перевищує 1,0 м. Переважний напрямок вітрів західний, північно-західний та південний. Середня швидкість вітру 3,9 м/с.

По геоморфологічному районуванню Вінницька область належить до західної частини Придніпровської височини, структурно відповідає Українському кристалічному масиву.

#### **4.3 Оцінка впливів робіт на навколишнє природне середовище**

Все запроектоване устаткування (фотогальванічні панелі, ящики з'єднань, трансформаторні підстанції та розподільчий пристрій вузла обліку) не призводять до забруднення атмосфери, земельних та водних ресурсів, не призводять до зміни ландшафту, флори і фауни, а також не здійснюють впливу на соціальне та техногенне середовище.

Розчищення території не передбачає знімання верхнього шару родючого ґрунту, що дозволяє в подальшому уникнути розмивання схилу.

ПС розміщена поза межами земель заповідників і охоронних територій, мисливських угідь, поблизу неї відсутні заселення рідкісних видів тварин і птахів. Цінні види рослин на території, де буде проводитися будівництво не ростуть.

У радіусі 3 км від електростанції не зареєстровано об'єктів природоохоронного фонду.

#### **4.4 Результативна частина заяви про екологічні наслідки**

1. Проектна фотогальванічна електростанція на території Шаргородської м/р не входить у "Перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену

екологічну небезпеку", який затверджений Міністерством охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України.

2. Запроектвані роботи, споруди та обладнання не спричинять шкідливої дії на навколишнє природне середовище.

3. Проектом передбачено реалізацію захисних, відновлюваних та ресурсозберігаючих заходів, якими передбачено, зокрема, рекультивацію родючого шару ґрунту після виконання проведення будівельно-монтажних робіт.

## 5 РОЗРАХУНОК КАТЕГОРІЇ СКЛАДНОСТІ

Категорію складності об'єкту будівництва визначено за класом наслідків відповідальності згідно ДСТУ-НБВ.1.2-16:2013 "Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва", ДБН А 2.2-3-2012 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» та ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ» (п. 11.1 Порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів).

Клас наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єкта будівництва визначено за такими критеріями:

- кількість осіб, які перебувають постійно на об'єкті (знаходяться на об'єкті не менше 8 годин на добу та 150 днів на рік);
- кількість осіб, які періодично перебувають на об'єкті (перебувають на об'єкті не більше 3 годин на добу);
- кількість осіб, які перебувають поза об'єктом;
- обсяг можливо економічного збитку.
- втрата об'єктів культурної спадщини.
- припинення функціонування комунікацій транспорту, зв'язку, енергетики, інших інженерних мереж.

### **1. *Можлива небезпека для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті:***

Постійно обслуговуючий персонал представлений двома особами: черговий диспетчер та охоронець, тобто кількість становить (від 0 до 50).

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до:

- *категорії складності I (перша);*
- *класу наслідків (відповідальності) СС1.*

### **2. *Можлива небезпека для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті:***

Зазвичай обслуговування даного обладнання виконує черговий диспетчер. При необхідності ремонту обладнання кількість працівників ремонтної бригади не перевищуватиме 3 осіб, тобто кількість людей, які періодично перебувають на об'єкті і для життя і здоров'я яких можлива небезпека приймається 5 чоловік (до **50 людей**).

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до:

- *категорії складності I (перша);*
- *класу наслідків (відповідальності) СС1.*

### **3. *Можлива небезпека для життєдіяльності людей, які перебувають поза об'єктом:***

Враховуючи, що ФЕС не є прямим постачальником виробленої енергії споживачам, то можлива небезпека для життєдіяльності людей, які перебувають поза об'єктом (наприклад, знеструмлення споживачів більше ніж на три доби) **відсутня (до 100)**.

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до:

- категорії складності I (перша);*
- класу наслідків (відповідальності) СС1.*

### **4. *Обсяг можливого економічного збитку:***

Обсяг можливого економічного збитку визначено відповідно до:

- методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру,
- порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями.
- п.4.10 ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013.

Проектований об'єкт будівництва відноситься до об'єктів енергетики, на якому можуть виникнути надзвичайні ситуації (НС) місцевого рівня.

Види можливих збитків на проектованому об'єкті будівництва:

- втрати життя та здоров'я населення ( $H_p$ );
- руйнування та пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції ( $M_p$ );

– невироблення продукції внаслідок припинення виробництва ( $M_n$ ).

#### 4.1. Розрахунок збитків від втрати життя та здоров'я населення

а) втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва розраховуються:

$$S_{\text{ВТРР}} = M_{\text{Л}} \cdot N + M_{\text{Т}} \cdot N + M_{\text{З}} \cdot N = 0,28 \cdot 1 + 6,5 \cdot 2 + 37 \cdot 2 + 47 \cdot 2 = 181,28 \text{ тис.грн.}$$

де  $M_{\text{Л}}$  – втрати від легкого нещасного випадку;

$M_{\text{Т}}$  – втрати від важкого нещасного випадку;

$M_{\text{і}}$  – втрати від отримання людиною інвалідності;

$M_{\text{З}}$  – втрати від загибелі людини;

$N$  – кількість постраждалих від конкретного виду нещасного випадку.

б) витрати на виплату допомоги на поховання:

$$S_{\text{ВДП}} = 2,2 \cdot N_{\text{з}},$$

$$S_{\text{ВДП}} = 2,2 \cdot N = 2,2 \cdot 2 = 4,4 \text{ тис.грн.}$$

в) витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника (при умові, що у кожного робітника по одній дитині):

$$S_{\text{ВТГ}} = 12 \cdot M_{\text{ВТГ}} \cdot (18 - B_{\text{д}}),$$

$$S_{\text{ВТГ}} = (12 \cdot 0,037 \cdot 1,076 \cdot 18) \cdot 2 = 17,199 \text{ тис.грн.}$$

де 12 – кількість місяців у році;

$M_{\text{ВТГ}}$  – 0,037\* тис. гривень – розмір щомісячної пенсії на дитину до досягнення нею повноліття – 18 років (за даними органів соціального забезпечення);

$B_{\text{д}}$  – вік дитини.

$$H_{\text{р}} = S_{\text{ВТРР}} + S_{\text{ВДП}} + S_{\text{ВТГ}},$$

$$H_{\text{р}} = 181,28 + 4,4 + 17,199 = 202,88 \text{ тис.грн.}$$

#### 4.2. Розрахунок збитків від руйнування та пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції

Орієнтована вартість комплектного розподільчого пристрою 10 кВ прийнята на рівні 2000 тис. грн.

У межах охоронної зони об'єкту можливе руйнування лише основних фондів, знищення майна та продукції відсутнє:

$$M_p = \Phi_v + \Phi_r + \text{Пр} + \text{Пр}_c + C_n + M_{дг},$$

де  $\Phi_v$  – збитки від руйнування та пошкодження основних фондів виробничого призначення;

$\Phi_r$  – збитки від руйнування та пошкодження основних фондів невиробничого призначення – **відсутні**;

Пр – збитки від втрат готової промислової та сільськогосподарської продукції рівні збиткам внаслідок недовідпуску електроенергії;

Пр<sub>c</sub> – збитки від втрат незібраної сільськогосподарської продукції, можливість втрати якої при руйнуванні обладнання проекту будівництва – **відсутні**.

C<sub>n</sub> – збитки від втрат запасів сировини, напівфабрикатів та проміжної продукції - **відсутні**.

M<sub>дг</sub> – збитки від втрат майна громадян та організацій – **відсутні** (промисловий об'єкт);

Таким чином економічний збиток від пошкодження обладнання включатиме в себе тільки збиток від пошкодження основних виробничих фондів.

Найбільш важкою та ймовірною аварією на проектуваному об'єкті (ФЕС «Шаргород») може бути руйнування розподільчого пристрою 10 кВ внаслідок його пожежі.

Таким чином, в якості можливих збитків від наслідків досліджуваної аварії приймаємо збитки від пошкодження таких основних виробничих фондів як комплектний розподільчий пристрій 10 кВ.

## **Збитки внаслідок недовідпуску електроенергії**

### **1.1. Недовідпуск електроенергії в мережу, кВт·г:**

$$W_{нд} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{in} \cdot \eta_{\text{ом}} \left(1 - \frac{\Delta W}{100}\right) \cdot S_{\Sigma m},$$

де  $G_i$  – горизонтальна радіація сонця протягом розрахункового і-того місяця, приведена до 1 м<sup>2</sup>. Відповідно до інформації фірми-постачальника сонячних панелей для найбільш потужних місяців року, якими є червень та липень, дане значення складає 195, 1 та 193,1 кВт·г/м<sup>2</sup> відповідно;



$\eta_6$  – ККД сонячної панелі в нормальних умовах експлуатації. Складає для даного типу панелей потужністю 240 Вт – 0,148, для панелей потужністю 245 Вт – 0,151, а для панелей потужністю 250 Вт – 0,154.

$\Delta W$  – відносне значення втрат електроенергії, значення яких приймаємо на рівні 14%.

$S_{\Sigma}$  – загальна площа сонячних панелей, м<sup>2</sup>.

$n$  – кількість розрахункових місяців. Відповідно до інформації заводу-виробника електротехнічного обладнання РП-10 кВ, строк поставки даного обладнання складає 2 місяці.

$m$  – тип сонячних панелей залежно від потужності (240 Вт, 245 Вт, 250 Вт).

Загальна площа сонячних панелей складає:

$$S_{\Sigma}^{240\text{Вт}} = \sum_{i=1}^n S_i = 30310 \text{ м}^2,$$

$$S_{\Sigma}^{245\text{Вт}} = \sum_{i=1}^n S_i = 20024 \text{ м}^2,$$

$$S_{\Sigma}^{250\text{Вт}} = \sum_{i=1}^n S_i = 3641 \text{ м}^2,$$

$n$  – кількість сонячних панелей: 240 Вт – 18482 шт.; 245 Вт – 12210 шт.; 250 Вт – 2220 шт.

$s_i$  – площа однієї сонячної панелі, яка складає 1,64 м<sup>2</sup>.

В результаті, сумарний недовідпуск електроенергії протягом розрахункового періоду складе 2700 тис кВт·г.

Збитки внаслідок недовідпуску електроенергії визначаємо відповідно до рекомендацій "Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру" за наступним виразом:

$$\Pi_p = C \cdot W_{\text{нд}},$$

де  $C$  – собівартість електроенергії, значення якої приймаємо на рівні 4,42 грн.

В результаті значення відповідних збитків від недовідпуску електроенергії складатиме 11934 тис. грн.

**Збитки від руйнування основних фондів визначаємо за наступним виразом:**

$$\Phi_B = c \cdot P_{\text{тр-ра}} \cdot 0,5,$$

де  $\Phi_B$  – прогнозовані втрати;

$c$  – коефіцієнт, що враховує відносну долю основних фондів, що повністю втрачаються під час аварії. Приймаємо 0,8;

$P_{\text{тр}}$  – орієнтована вартість нового комплектного розподільчого пристрою 10 кВ, яка прийнята на рівні 2000 тис. грн.;

Показник 0,5 враховує середнє значення встановленого терміну експлуатації основних фондів.

$$\Phi_B = 0,8 \cdot 2000 \cdot 0,5 = 800 \text{ тис.грн.}$$

В результаті, отримуємо:

$$M_p = \Phi_B + P_p = 800 + 11934 = 12734 \text{ тис.грн.}$$

Сумарний економічний збиток внаслідок надзвичайної ситуації буде складати:

$$H_p + M_p + M_H = 203 + 12734 + 0 = 12937 \text{ тис.грн.}$$

Кількість мінімальних розмірів заробітних плат дорівнює – 10621 м.р.з.п. Мінімальний розмір заробітної плати прийнято станом на 01.12.2022 р. на рівні 6,5 тис. грн.

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до:

- категорії складності III (третья);
- класу наслідків (відповідальності) СС2.

#### **5. Втрата об'єктів культурної спадщини:**

У межах охоронної зони ФЕС об'єкти культурної спадщини відсутні.

Відповідно, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до:

- класу наслідків (відповідальності) СС1.

**6. Припинення функціонування комунікацій транспорту, зв'язку, енергетики, інших інженерних мереж:**

Припинення функціонування об'єктів комунікацій, транспорту, зв'язку, енергетики, інших інженерних мереж на будь-якому рівні неможливе.

Таким чином, за цим показником об'єкт будівництва відноситься до 1 класу наслідків (відповідальності) СС1.

**Таким чином, проектними розрахунками прийнято для даного об'єкта будівництва другий клас наслідків (СС2) та III категорію складності.**

## 6 ГОЛОВНА СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ

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

Схема підключення проектною електростанції до електричної мережі АТ "Вінницяобленерго" запроектована відповідно до вимог п.7 ТУ № 43-84-2097 від 05.03.12 р. на приєднання фотогальванічної електростанції.

## 7 ПЛАН ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Генеральним планом виділено адміністративно-побутову зону електростанції та зону розташування фотогальванічних панелей, централізованих інверторів та трансформаторних підстанцій.

У адміністративно-побутовій зоні, яка улаштовується в північно-східній частині земельної ділянки будівництва, встановити розподільчий пункт 10 кВ, адміністративно-побутову будівлю.

В свою чергу, зону розташування фотогальванічних панелей розділено на чотири умовні ділянки відповідно до кількості ТП-0,36/10 кВ. Дані ТП встановлено за критерієм мінімізації довжини кабельних зв'язків від них до централізованих інверторів та від інверторів до ящиків з'єднань.

Ящики з'єднань встановлено за критерієм мінімізації кабельних зв'язків від них до кожного з блоків фотогальванічних панелей.

На території ФЕС організовано автомобільний під'їзди шириною не менше 3,5 м.

## 8 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Основною технологічною ланкою виробництва електроенергії є фотогальванічні панелі, які перетворюють електромагнітну енергію сонячної радіації безпосередньо в електричний струм постійної напруги. Характеристики фотогальванічних панелей, застосованих в даному проекті наведено в Таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні параметри фотогальванічних панелей типу PV-240P, PV-245P та PV-250P

(компанія **Pillar**)

№ п/п	Найменування показника	<b>PV-240P</b>	<b>PV-245P</b>	<b>PV-250P</b>
1	Максимальна потужність, P <sub>м</sub>	240 Вт	245 Вт	250 Вт
2	Струм короткого замикання, I <sub>к</sub>	8,62 А	8,73 А	8,84 А
3	Напруга холостого ходу, U <sub>хх</sub>	36,9 В	37 В	37,2 В
4	Напруга в режимі видачі максимальної потужності, U <sub>мп</sub>	29,5 В	29,7 В	30,1 В
5	Струм в режимі видачі максимальної потужності, I <sub>мп</sub>	8,16 А	8,25 А	8,31 А
6	Габаритні розміри (Д, Ш, Т), мм	1640x992x40	1640x992x40	1640x992x40
7	Вага	18,5 кг	18,5 кг	18,5 кг
8	Відносне значення ефективності	14,8 %	15,1 %	15,4 %

Параметри панелей наведені для нормальних умов при інтенсивності сонячної радіації 1000 Вт/м<sup>2</sup> та температурі панелі 25 °С.

Проектом передбачено послідовне з'єднання панелей по 22 шт. в блоки. Електричні параметри блоків з панелей потужністю 240 Вт: P<sub>м</sub>=5,29 кВт, U<sub>мп</sub>=649 В, I<sub>мп</sub>=8,16 А.

Електричні параметри блоків з панелей потужністю 245 Вт: P<sub>м</sub>=5,39 кВт, U<sub>мп</sub>=653,4 В, I<sub>мп</sub>=8,25 А.

Електричні параметри блоків з панелей потужністю 250 Вт: P<sub>м</sub>=5,5 кВт, U<sub>мп</sub>=662,2 В, I<sub>мп</sub>=8,31 А.

Для підвищення напруги до рівня 10 кВ, запроектовано встановлення чотирьох трансформаторних підстанцій типу CS-МН 1760 виробництва АЕГ.

Номінальна потужність трансформаторної підстанції CS-MH 1760 складає 1760 кВт. В складі трансформаторної підстанції містяться силовий трансформатор потужністю 1760 кВА з розщепленою обмоткою 0,36 / 0,36 / 10 кВ ( $U_{кз} = 6\%$ ,  $dP_{xx} = 2,3$  кВт,  $dP_{кз} = 16$  кВт,  $\pm 2 \times 2,5 \%$ , IP00) та розподільчий пристрій 10 кВ з елегазовою ізоляцією типу 8DJH-RL виробництва компанії «Siemens».

Для перетворення постійного струму в змінний проектом передбачено встановлення восьми інверторів типу Protect PV.880 потужністю 880 кВт кожний.

Основні параметри інверторів Protect PV.880 наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Основні параметри інвертора типу Protect PV.880

<b>Вхідні параметри інвертора PV.880</b>	
Номінальна потужність при постійному струмі, кВА	800-1150
Максимальне значення напруги при постійному струмі, В	1000
Межі коливання значення напруги, В	486-1000
Максимальне значення струму, А	1440
<b>Вихідні параметри інвертора PV.880</b>	
Номінальна потужність на змінному струмі, кВА	800 ÷ 880
Значення вихідної напруги, В	360
Викривлення струму	менше 3%
Коефіцієнт потужності, регульований	"0,9" – "1" – "-0,9"
Захист від перенапруги	клас 2
ККД, % (max),	98,9
<b>Загальні параметри інвертора PV.880</b>	
Параметри зовнішнього джерела живлення власних потреб	230 В, система "TN-S", 50/60 Гц ( $P_{ВП} \leq 0,01 \cdot P_{НОМ}$ )
Діапазон робочих температур, °С	-20 ÷ 50
Відносна вологість, %	15 ÷ 95, без конденсації вологи
Клас захисту оболонки при виконанні в металевому контейнері	IP43
Висота установки, м	до 1500 (до 3000 при $t_{max}=40$ °С)
Габаритні розміри (ШхВхГ), мм	3180x2791x1300

Вага, кг	1850
----------	------

Збір потужності до інверторів від блоків фотогальванічних панелей виконується через ящики з'єднань (ЯЗ). Проектом передбачено встановлення 64 ЯЗ.

Проектом прийняті такі рішення по приєднаннях:

- до інвертора 1 до входів 1-3 приєднати ЯЗ по 23 блоки панелей, а до входів 4-8 приєднати ЯЗ по 24 блоки панелей;
- до інвертора 2 до входів 1-5 приєднати ЯЗ по 24 блоки панелей, а до входів 6-8 приєднати ЯЗ по 23 блоки панелей;
- до інвертора 3 до входів 1-4, 7 приєднати ЯЗ по 24 блоки панелей, а до входів 5, 6, 8 приєднати ЯЗ по 23 блоки панелей;
- до інвертора 4 до входів 1-3 приєднати ЯЗ по 24 блоки панелей, а до входів 4-8 приєднати ЯЗ по 23 блоки панелей;
- до інвертора 5 до входів 1, 3-8 приєднати ЯЗ по 23 блоки панелей, до входу 2 приєднати ЯЗ по 24 блоки панелей;
- до інвертора 6 до входів 1, 3-8 приєднати ЯЗ по 23 блоки панелей, до входу 2 приєднати ЯЗ по 24 блоки панелей;
- до інвертора 7 до входів 1, 3-8 приєднати ЯЗ по 23 блоки панелей, до входу 2 приєднати ЯЗ по 24 блоки панелей;
- до інвертора 8 до входів 1, 3-8 приєднати ЯЗ по 23 блоки панелей, до входу 2 приєднати ЯЗ по 24 блоки панелей.

Ящики з'єднань запроектовано висотою – 500 мм, шириною – 750 мм та глибиною – 300 мм, які встановлювати на пластикові основи.

Ящики з'єднань комплектуються (згідно кількості блоків):

- чотириполюсним автоматичним вимикачем з  $U_n=1000$  В,  $I_n=250$  А – 1 шт. (ввід);
- запобіжником зі струмом плавкої вставки 12 А в кількості:  
46 шт (+ та – кожного з блоків) – для 23 блоків;  
48 шт (+ та – кожного з блоків) – для 24 блоків;
- захисним апаратом від грозових перенапруг.



Схеми електричних з'єднань ЯЗ на 23 та 24 приєднань наведено на кресленнях, аркуші 4 та 5.

Для видачі потужності з проектних силових трансформаторів ТП-1-ТП-4 запроєктовано будівництво РП-10 за схемою "одна, секціонована вимикачем, система шин" на базі комірок КСО-393М виробництва ВП "Електросервіс" (м. Луцьк), які встановлюються у швидкокомпоновану модульну будівлю індивідуального виконання виробництва ВП. Перелік комірок та обладнання наведено в табл.4.

Таблиця 4 – Перелік комірок та обладнання в РП-10 кВ

№ ком.	Призначення комірки	Найменування обладнання	Тип обладнання
03; 04	Ввідна (КСО393-17В)	Роз'єднувач триполюсний	РВНЗ-1-Н-10/630, 630 А, 10 кВ
		Вакуумний вимикач 10 кВ	ВВ/TEL-10-20/630 ( $U_n=10$ кВ, $I_{ном}=630$ А) ("Таврида Електрик")
		Трансформатори струму 10 кВ	ГОЛА-10 400/5 0,5s/0,5/5P 2,5/5/10 ВА
		Трансформатор струму нульової послідовності	ТЗЛМ-200 30/5, 10P, 2 ВА, 200 мм
		Обмежувачі перенапруги	ОПН-КР/TEL 10/12 ("Таврида Електрик"), Україна, м. Севастополь
05; 06; 09; 10	Лінійна (КСО393-17В)	Роз'єднувач триполюсний	РВНЗ-1-Н-10/630, 630 А, 10 кВ
		Вакуумний вимикач 10 кВ	ВВ/TEL-10-20/630 ( $U_n=10$ кВ, $I_{ном}=630$ А) ("Таврида Електрик")
		Трансформатори струму	ГОЛА-10 200/5 0,5S/5P 5/10 ВА
		Обмежувачі перенапруги	ОПН-КР/TEL 10/12 ("Таврида Електрик"), Україна, м. Севастополь
		Трансформатори нульової послідовності	ТЗЛМ-1-1 30/5, 10P, 2ВА
01	Секційний вимикач	Роз'єднувач триполюсний	РВНЗ-2-Н-10/630, 630 А, 10 кВ

№ ком.	Призначення комірки	Найменування обладнання	Тип обладнання
	(КСО393-14В)	Вакуумний вимикач 10 кВ	ВВ/TEL-10-20/630 ( $U_N=10$ кВ, $I_{ном}=630$ А) ("Таврида Електрик")
		Трансформатори струму	ТОЛА-10 400/5 0,5/5Р 5/10 ВА
02	Секційний роз'єднувач (КСО393-14В)	Роз'єднувач триполюсний	РВНЗ-2-Н-10/630, 630 А, 10 кВ
		Розрив забезпечується рухомих контактних з'єднанням	
12	Комірка трансформатора власних потреб* (КСО393-03)	Вимикач навантаження	ВНА-10-20/630-1Н, 630 А, 10 кВ
		Запобіжник	ПТ-011-10-5,1-31,5
07, 08	Трансформатор напруги (КСО393-11)	Трансформатори напруги	НТМИ-10:V3/0,1:3 0,5/6Р (з вбудованими запобіжниками) ПН-011-10
		Обмежувачі перенапруги	ОПН-КР/TEL 10/12 ("Таврида Електрик"), Україна, м. Севастополь
		Роз'єднувач триполюсний	РВНЗ-2-Н-10/630, 630 А, 10 кВ
		Запобіжник	ПН-011-10

КРПЗ-10 кВ монтується з 4-х модулів. Габаритні розміри КРПЗ (Д х Ш х В) складають 9000 х 4250 х 3250 мм. Проектом прийняте дворядне розташування обладнання в КРПЗ-10 кВ.

В якості ТВП №1 окремим проектом запроєктовано КТП-10/0,4 кВ потужністю 100 кВА, яка заживлюється від Ф-10 ПС-110/35/10 кВ «Шаргород».

## 9 КАБЕЛЬНІ ЗВ'ЯЗКИ

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

- між фотогальванічними панелями при їх послідовному з'єднанні у блоки;
- між блоками та ящиками з'єднань;
- між ящиками з'єднань та інверторами;
- між інверторами та ТП;
- між ТП та РП 10 кВ.

Послідовне з'єднання фотогальванічних панелей в блоки виконати кабелем, який постачається комплектно з панелями.

Приєднання блоків панелей до ящиків з'єднань виконати двома мідними кабелями перетином  $6 \text{ мм}^2$  в зовнішній ізоляції, що не розповсюджує горіння марки TOP SOLAR PV ZZ-F (AS)  $1 \times 6 \text{ мм}^2$ .

Приєднання ящиків з'єднань до інверторів виконати двома алюмінієвими кабелями перетином  $185 \text{ мм}^2$  з зовнішньою ізоляцією, що не розповсюджує горіння марки АВВГ- $1 \times 185$ .

Втрати напруги на кінцях кабелів ділянки від фотогальванічних панелей до інверторів не перевищує 3%.

З'єднання трансформаторних підстанцій та РП-10 кВ виконати алюмінієвими кабелями в ізоляції із зшитого поліетилену марки XRUHAKXS 12/20 кВ  $3 \times 1 \times 70$  RMC  $25 \text{ мм}^2$  з наступними параметрами:

- X – кабель силовий;
- R – з радіальним ущільненням;
- U – з повздовжнім ущільненням;
- H – позначення радіального електричного поля ізоляції;
- A – з алюмінієвою робочою жилою;
- XS – ізоляція із зшитого поліетилену;
- Вага 1 м кабелю – 1,08 кг;
- Зовнішній діаметр кабелю – 33 мм;

Допустиме довготривале струмове навантаження при укладці в ґрунті "трикутником" – 210 А.

Максимальне допустиме значення односекундного струму КЗ робочої жили – 6,6 кА;

Максимальне допустиме значення односекундного струму КЗ зворотної жили – 5,3 кА.

Мінімальний радіус вигину кабелю при укладці – 25 зовнішніх діаметрів.

План розкладки кабельних зв'язків від блоків панелей до ящиків з'єднань, від ящиків з'єднань до інверторів, від інверторів до трансформаторних підстанцій та від трансформаторних підстанцій до РП-10 кВ наведено фрагментарно на кресленнях, аркуш 6-10.

Кабельні зв'язки прокласти вздовж металоконструкцій, на яких встановлюються фотогальванічні панелі, а також в ґрунті у траншеї на глибині 0,7-1,1 м на відстані 0,1 м від стінок траншеї. У траншеї під проєктовані кабельні лінії виконати підсіпку на 0,1 м піщано-гравійною сумішшю. Поверх шару піщано-гравійної суміші засипати шар розробленого ґрунту. По всій довжині траншеї, на висоті 0,25 м над кабельними лініями прокласти сигнальну стрічку червоного кольору. Кабель прокласти в двостінних гофрованих поліетиленових трубах з зовнішнім діаметром від 63 до 160 мм.

## 10 ІЗОЛЯЦІЯ, ЗАЗЕМЛЕННЯ ТА ГРОЗОЗАХИСТ

Заземлюючий пристрій електростанції улаштовується з урахуванням наявності на території електростанції

- електричних мереж до 1 кВ з глухо заземленою нейтраллю;
- електричних мереж до 1 кВ з ізольованою нейтраллю;
- електричних мереж понад 1 кВ з ізольованою нейтраллю.

Відповідно до вимог глави 1.7 ПУЕ:2009, заземлюючий пристрій електростанції виконується за вимогою до його опору для електроустановок напругою до 1 кВ в електричних мережах з глухозаземленою та ізольованою нейтраллю, до заземлюючих пристроїв яких ставляться більш жорсткі вимоги, ніж до заземлюючих пристроїв електричних мереж понад 1 кВ з ізольованою нейтраллю. Відповідно до п. 1.7.92 та 1.7.96 ПУЕ опір заземлюючого пристрою повинен складати не більше 4 Ом.

Для мереж до 1 кВ з ізольованою нейтраллю (фотогальванічні панелі) приймається тип системи заземлення IT, а для мережі до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю TN-S.

Для системи заземлення типу IT захист від непрямого дотику, в разі першого замикання на землю, здійснюється захисним заземленням у поєднанні з безперервним контролем стану ізоляції мережі з дією на сигнал. У разі подвійного замикання на землю захист від непрямого дотику здійснюється шляхом застосування автоматичного вимкнення живлення запобіжниками з часом не більше 0,1 с.

Заземлюючий пристрій виконати кругом сталевим ( $d=10$  мм), який прокласти на глибині 0,5-0,7 м по трасі прокладання основних кабельних зв'язків 10 кВ змінного струму та 1000 В постійного струму. Кожний ряд опорних стійок під блоки фотогальванічних панелей приєднати до заземлюючого пристрою. В кожному ряду опорні стійки блоків з'єднати між собою мідним провідником ПВ-3 1x16. Корпуси фотогальванічних панелей приєднати до опорної конструкції мідним провідником ПВ-3 1x6.

По периметру адміністративно-побутової будівлі; контейнерів інверторів, контейнерів ТП, а також РП-10 кВ прокласти круг сталевий ( $d=10$  мм), який приєднати зварюванням до загального заземлюючого пристрою електростанції не менше, ніж у двох точках.

До заземлюючого пристрою електростанції для захисту від непрямого дотику приєднати всі металеві корпуси електротехнічного обладнання (в т. ч. ящики з'єднань, опорні конструкції панелей) та екрани кабельних ліній.

Для захисту електрообладнання та кабельної продукції від грозових перенапруг в ящиках з'єднань, трансформаторних підстанціях та РП-10 кВ встановити нелінійні обмежувачі перенапруги.

План заземлення та грозозахисту наведено на кресленні, аркуш 12.

У відповідності до інструкції "Вибір та експлуатація зовнішньої ізоляції електроустановок 6-750 кВ на підприємствах Міненерго України" ГКД 34.51.101-96 – в районі розташування фотогальванічної електростанції прийнято ступінь забруднення атмосфери – II\*.

Обладнання, що встановлюється за цим проектом, прийняте з ізоляцією категорії "Б", ГОСТ 9920-89. Питома ефективна довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції згідно з п.1.9.20 ПУЕ:2006 прийнята не меншою 2,5 см/кВ для зовнішньої ізоляції ТВП.

## 11 ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ

Зовнішнє освітлення виконується відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 "Природнє та штучнє освітлення".

Для організації зовнішнього освітлення запроєктовано встановлення прожекторів на дахах РП-10 кВ, адміністративно-побутової будівлі, а також контейнерів інверторів, які постачаються комплектно з будівлями.

Прожектори заживити від розподільчих щитків 0,4 кВ відповідних будівель.  
Управління освітленням – ручне.

## 12 ВЛАСНІ ПОТРЕБИ

Для живлення навантажень 0,4-0,23 кВ власних потреб електростанції проектом передбачено встановлення двох трансформаторів власних потреб: ТВП1 – основний та ТВП2 – резервний типу ТМГ потужністю 100 та 63 кВА відповідно.

ТВП-1 влаштований в комплектну трансформаторну підстанцію, яка встановлюється ззовні. ТВП1 заживлено від Ф-10 ПС-110/35/10 кВ «Шаргород». ТВП2 встановлюється в камері 10 кВ в РП-10 кВ та по стороні 10 кВ заживлюється від ЗШ-10 кВ проектного РП-10 кВ.

Від трансформаторів власних потреб заживити щит власних потреб змінного струму  $\approx 380/220$  В, який складається з 2-х секцій і обладнаний пристроєм АВР та встановлюється в РП (ЩВП).

В нормальному режимі власні потреби трансформаторних підстанцій та інверторів, які є найбільш потужними споживачами ВП, здійснюються від ЩВП. В післяаварійному режимі знеструмлення ТВП-1 передбачено автоматичне заживлення ВП трансформаторних підстанцій №1 – №4 та інверторів №1-№8 по внутрішній схемі (власна генерація ФЕС).

Таким чином, схемою ЩВП забезпечено:

- основне живлення власних потреб трансформаторних підстанцій №1 – 4;
- живлення зарядно-підзарядних пристроїв шафи постійного оперативного струму в РП-10 кВ (ШОС);
- живлення ящика управління зовнішнім освітленням;
- живлення електроосвітлення, електроопалення та вентиляції адміністративно-побутової будівлі, а також РП-10 кВ;
- живлення насосу побутового водопостачання.
- живлення ящику зварювання в РП-10 кВ.

Від ШОС заживлюються наступні споживачі постійного струму:

- кола заведення пружин вимикачів РП-10 кВ;
- аварійне електроосвітлення РП-10 кВ та адміністративно-побутової будівлі;
- центральна сигналізація;
- кола автоматики та управління В-10 кВ в РП-10 кВ;



- релейний захист приєднань 10 кВ, які відходять від РП-10 кВ;
- АСУ ТП ФЕС та АРМ диспетчера.

В якості кабельних зв'язків запроєктовано мідні (алюмінієві) кабелі марки ВВГнг (АВВГнг).

Система заземлення мережі 380/220В із заземленою нейтраллю – TN-S. Однофазні мережі виконуються 3-ох жильними кабелями (L, N, PE), трифазні мережі виконати 5-ти жильними кабелями (L1, L2, L3, N, PE)

ЩВП приєднати до ТВП-1 та ТВП-2 з системою заземлення – TN-S. Зв'язок між ТВП та ЩВП виконати 5-ти жильним кабелем (L1, L2, L3, PEN).

## 13 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, АВТОМАТИКА ТА АСУ ТП

Проектом розроблено комплекс РЗА, за допомогою якого виконано захист приєднань та автоматику вимикачів 10 кВ, автоматику ТН-10 кВ, засоби вимірювання та аналізу якості електричної енергії.

Схема розміщення захистів та пристроїв автоматики в РП-10 кВ приведені на кресленнях, аркуш 16-17.

Управління ввідними, лінійними та секційним вимикачами 10 кВ виконується місцево від комутаційних апаратів (ключів) управління в РП-10 кВ.

Для організації живлення ПРЗА 10кВ, автоматики управління В-10кВ, аварійного освітлення, соленоїдів В-10 кВ в РП-10 кВ передбачається встановлення ШОС ємністю 50 А/г.

Живлення автоматики управління В-10 кВ та захистів організовується окремими кабельними вводами в РП-10 кВ від ШОС. Встановлюється окремий автомат живлення шинок управління, заводки пружини, освітлення для кожного фідера.

В комірках 10 кВ передбачається встановлення давачів надлишкового тиску або світлочувливих давачів для захисту від дугових замикань.

В РП-10 кВ виконано блокування комірок 10 кВ, що унеможлиблює вмикання вимикача при увімкненому заземляючому ножі секції та увімкнення заземляючого ножа секції при включеному положенні вимикача хоча б одної комірки секції.

### 13.1 Захисти лінійної та ввідних комірок 10 кВ

В якості захисту лінійних та ввідних комірок 10 кВ передбачається встановлення сучасних мікропроцесорних пристроїв (далі МП) типу МРЗС виробництва фірми «Київприлад».

Захист лінійних комірок 10 кВ ФЕС №5, 6, 9, 10 реалізовано в МП РЗА МРЗС-05М(13.2) з наступними функціями:

- максимальний струмовий захист;
- направлений захист від замикань на землю;
- АПВ при роботі подільчої автоматики;
- дуговий захист з контролем наявності аварійних струмів к.з.;

- логічний захист шин 10 кВ;
- подільча автоматика (реалізований в схемі РЗА ввідних комірок та діє в схему захисту лінійних комірок з можливістю АПВ);
- автоматика та управління вимикачів.

Захист ввідних комірок 10 кВ ФЕС №3, 4 реалізовано в МП РЗА МРЗС-05(70) з наступними функціями:

- максимальний струмовий захист;
- направлений захист від замикань на землю;
- дуговий захист з контролем наявності аварійних струмів к.з.;
- логічний захист шин 10 кВ;
- подільча автоматика (дія в схему захисту лінійних комірок з можливістю АПВ);
- автоматика та управління вимикачів.

### **13.2 Автоматика та захисти секційного вимикача 10 кВ**

В якості захисту секційної комірочки 10 кВ передбачається встановлення сучасного мікропроцесорного пристрою МРЗС-05-02 виробництва фірми «Київприлад».

На базі МП пристрою МРЗС-05-02 виконуються наступні функції:

- максимальний струмовий захист;
- АВР;
- дуговий захист з контролем наявності аварійних струмів к.з.;
- логічний захист шин 10 кВ;
- автоматика та управління СВ-10 кВ;

Даний комплект захистів обрано для забезпечення надійної видачі потужності в енергосистему регіону та забезпечення вимкнення у разі аварійних ситуацій.

### **13.3 Захист та автоматика ТН-10 кВ**

В комірці ТН-10 кВ 1С(2С) №7,8 в якості захисту низької сторони передбачено встановлення автоматичних вимикачів.

Для сигналізації замикань на землю в мережі 10 кВ використовується схема контролю напруги розімкненого трикутника на базі лінійних та ввідних мікропроцесорних пристроїв захисту.

### **13.4 Організація оперативного струму**

Для живлення пристроїв релейного захисту, автоматики, сигналізації, аварійного освітлення передбачається застосування постійного струму напругою 220 В від необслуговуємої акумуляторної батареї закритого типу, яка розміщується в шафі оперативного струму (ШОС).

Для розподілу оперативного струму по споживачам передбачаються дві розподільчі шини (секції) оперативного струму в шафі ШОС, ввідні автоматичні вимикачі акумуляторної батареї, автоматичні вимикачі живлення споживачів постійного струму та автоматичні вимикачі випрямних пристроїв.

Живлення споживачів постійним струмом передбачається по розімкненим кільцевим мережам від різних секцій ШОС.

Акумуляторна батарея експлуатується в режимі постійного підзаряду від двох підзарядних пристроїв.

Передбачається:

- автоматичний контроль струму підзаряду АБ (цілісності АБ);
- автоматичний контроль напруги постійного струму;
- автоматичний контроль опору ізоляції кіл постійного струму;
- автоматичний контроль вимкнення АБ;
- автоматичний контроль вимкнення під зарядного пристрою;
- індикація величини струму підзаряду;
- утворення шинки мигаючого світла;
- можливість дистанційної сигналізації несправності кіл постійного

струму в АСУ за допомогою «сухих» контактів.

### 13.5 Засоби аналізу якості та обліку електричної енергії

В якості пристрів аналізу якості електричної енергії, що видається від фотогальванічної станції до мережі, проектом передбачається встановлення пристроїв Satec PM175 в ввідних комірках та Satec PM130, що виконують наступні функції:

- поточне вимірювання параметрів електричної мережі (3-фазний струм, 3-фазна напруга, та ін.);
- вбудований аналізатор гармонік;
- спектр гармонік та кути по напрузі, струму;
- реєстратор подій;
- реєстратор якості електричної енергії;
- можливість зв'язку з АСУ ФЕС по Ethernet 10/100BaseT або RS485 по протоколу MODBUS RTU.

### 13.6 Облік електроенергії

Проектом передбачено організацію системи контрольного обліку на вводах 10 кВ РП 10 кВ. Для контрольного обліку прийняті багатофункціональні електронні лічильники типу SL761B131 (клас точності 0,5s) виробництва фірми Actaris. Лічильники адаптовані до АСКОЕ. По струмовим колам лічильники підключаються до вторинної обмотки трансформаторів струму типу ТОЛА-10 400/5 з класом точності 0,5 s виробництва фірми АВВ, а по колах напруги до вторинної обмотки трансформаторів напруги типу НТМИ-10 з класом точності 0,5.

Улаштування контрольного обліку в ТВП-1, який заживлюється від окремого фідера 10 кВ АТ "Вінницяобленерго", виконується за окремим проектом.

На вводах (0,36 кВ) в кожній трансформаторній станції (№1, 2, 3, 4) запроектовано встановлення контрольного обліку електроенергії. В якості засобів обліку запроектовано багатофункціональні лічильники типу АСЕ662В05 (клас точності 0,5s) виробництва фірми Actaris, які підключаються по струмовим колам до мережі через трансформатори струму Т-0,66 з класом точності 0,5s.

Також контрольний облік передбачено в ЩВП на вводі ТВП-2, який живиться від РП-10 кВ ФЕС. В якості засобів обліку використано лічильники електроенергії типу АСЕ662D05 (клас точності 1,0).

Передбачається закритий доступ до вторинних кіл контрольного обліку ТС та ТН, приладів обліку.

### **13.7 Автоматизована система збору, передачі інформації та управління фотогальванічної станції**

Для віддаленого управління та моніторингу елементів фотогальванічної станції проектом передбачається організацію системи автоматизованого збору інформації та управління.

В якості джерела інформації про погодні умови, в проекті передбачено влаштування погодної станції функціями запису, зберігання інформації та зв'язку з технологічним сервером.

В проекті передбачено управління та збір технологічної інформації з контролерів інверторів Protect PV.880 за допомогою внутрішнього протоколу CAN та Modbus. Зв'язок з контролерами інверторів з технологічним сервером виконується по оптоволоконній мережі. Список сигналів, що передаються обираються проектом. Керування технологічними процесами в частині регулювання параметрів електричної енергії, що видається в мережу, реалізовується в складі контролерів інверторів типу Protect PV.880:

- регулювання реактивної потужності в межах  $\cos \varphi$  не менше  $\pm 0,9$ ;
- видачі повної реактивної потужності при зниженні напруги в точці приєднання до  $0,2U_{ном}$  на час не менший ніж 0,5 с без відключення від мережі;
- автоматичної зміни активної потужності, що видається в мережу при зміні частоти мережі по зустрічному закону регулювання аж до повного відключення;
- відключення ФЕС від мережі при зниженні частоти до заданої уставки з заборонаю автоматичного відновлення генерації при відновленні частоти;
- зворотне регулювання напруги в точці приєднання ФЕС до мережі в залежності

від генерованої потужності;

- автоматичного обмеження генерації до заданого абсолютного рівня;
- завдання обмеження градієнту зміни потужності (максимальної швидкості, з якою активна потужність може бути змінена у випадку зміни інтенсивності сонячного випромінювання або уставок ФЕС).

В якості промислового сервера збору інформації проектом передбачено встановлення типового серверу для фотогальванічних станцій типу PV.LoG з функціями реєстрації подій та передачі їх на верхній рівень (автоматизоване робоче місце оператора).

Автоматизоване робоче місце організовується як у диспетчерському пункту, так і віддалено за допомогою безпроводних засобів зв'язку (GSM, Internet).

## 14 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Розрахунок компенсації реактивної потужності згідно п.5 ТУ № 43-84-2097 на приєднання ФЕС до мереж АТ "Вінницяобленерго" не виконувався, оскільки відповідно до зауважень ВП "Південно-Західна ЕС" ДП НЕК "Укренерго" проектні інвертори повинні бути залученні до регулювання напруги у прилеглий мережі АТ "Вінницяобленерго" за рахунок регулювання реактивної потужності в межах  $\cos \varphi = \pm 0,9$ . Таким чином, режим генерації (споживання) реактивної потужності задається АТ "Вінницяобленерго" у вигляді уставок регуляторів інверторів.



## 15 ТЕЛЕМЕХАНІКА І ЗВ'ЯЗОК

### 15.1 Засоби зв'язку

Черговий персонал фотогальванічної електростанції (ФЕС) забезпечується засобами зв'язку для ведення оперативних переговорів з черговим персоналом ОДГ Шаргородських ЕМ згідно Технічних вимог АТ "Вінницяобленерго".

На етапі вишукувальних робіт був проведений порівняльний техніко-економічний аналіз засобів зв'язку різних операторів для використання в якості основного каналу "ФЕС-ЕМ", на основі якого проектом передбачено використання мережі CDMA-зв'язку ТОВ "Інтертелеком", перевагами якої є швидкість розгортання, невелика ціна обладнання та абонплата, надійність, впевнена зона прийому сигналу.

Проектом передбачено розгортання точки доступу до телефонної мережі на території ФЕС для чергового персоналу. Для підвищення надійності зв'язку телефонний термінал укомплектований зовнішньою направленою антеною, яка розміщена на трубостійці будівлі офісу та моніторингу.

Для підключення CDMA-терміналу на стороні ДП ОДГ Шаргородських ЕМ проектом передбачена модернізація діючої АТС Шаргородських ЕМ - доустановка плати 2-х проводних з'єднувальних ліній з відповідним програмним забезпеченням, що дасть можливість організації повноцінного зв'язку та звукозапису оперативних переговорів.

Проектована схема дозволить організувати не тільки оперативний зв'язок чергового ФЕС з ОДГ Шаргородських ЕМ, а й надати можливість зв'язку різних точок ФЕС між собою (враховуючи велику площу об'єкта), доступ персоналу ФЕС (за рішенням замовника) до інших сервісів телефонної мережі (номер АТС м.Вінниці, аварійних служб (пожежна охорона, міліція, швидка допомога, тощо).

### 15.2 Електроживлення та заземлення

Проектоване обладнання зв'язку - CDMA-термінали ETS 1220 заживити:

– на ФЕС "Шаргород від мережі власних потреб в місці розміщення обладнання;

– в ЛАЗ зв'язку Шаргородських ЕМ - від щита живлення ЛАЗ.

Проектоване обладнання оснащено внутрішніми акумуляторними батареями, які дозволяють його автономну роботу протягом 3-4-х годин, тому організація резервного живлення не передбачається.

Заземлення проектованого обладнання передбачено від штатних контурів захисного заземлення: будівлі офісу та моніторингу ФЕС, ЛАЗ зв'язку Шаргородських ЕМ.

### **15.3 Розміщення обладнання**

На ФЕС проектоване обладнання розміщується:

- антенно-фідерний пристрій (антена та трубостійка) - на зовнішній стіні будівлі офісу та моніторингу;
- CDMA-термінал з блоком живлення та пристроєм грозозахисту в монтажній шафі в вищевказаному приміщенні;
- телефонний апарат розмістити по місцю: на робочих місцях чергового персоналу.

В ЛАЗ зв'язку Шаргородських ЕМ проектоване обладнання розміщується:

- CDMA-термінал з блоком живлення в шафі АТС;
- блок 2-х провідних з'єднувальних ліній АРА4 - на вільному місці діючої АТС;
- комутаційне обладнання - на діючому КРОЗЗ ЛАЗ.

В якості резервного каналу зв'язку передбачено використання мережі стільникового зв'язку стороннього оператора (наприклад: "Київстар", МТС та ін.) з обов'язковим повідомленням про закріпленій номер ОДГ Шаргородських ЕМ.

Даний проект висвітлює технічні питання організації основного каналу зв'язку ФЕС з ОДГ Шаргородських ЕМ. Правові та фінансові питання (заклучення договору з ТОВ "Інтертелеком", абонентська плата за телефони) Замовник вирішує самостійно.

## 16 ВИБІР ВАКУУМНИХ ВИМИКАЧІВ 10 КВ

### Ввідна комірка та секційний вимикач

Вибір вимикачів 10 кВ проводиться за наступними показниками:

- за номінальною напругою:

$$U_{ном.м.} \leq U_{ном.вим.};$$

$$10кВ \leq 10кВ$$

- за найбільшою робочою напругою:

$$U_{max.м.} \leq U_{max.вим.};$$

$$12кВ \leq 12кВ$$

- за робочим струмом в нормальному режимі:

$$I_{розр.} = \frac{S_{нав.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}} = \frac{3500}{\sqrt{3} \cdot 10} = 202,07 \text{ А},$$

- за динамічною стійкістю (при протіканні через вимикач ударного струму КЗ та його початкового значення)

$$I_{n,0} \leq I_{ном.відкл.};$$

$$10,006 \text{ кА} \leq 20 \text{ кА};$$

$$i_{уд.} = \sqrt{2} \cdot I_{п.о} \cdot k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 4,4 \cdot 1,608 = 10,006 \text{ кА};$$

$$i_{уд.} \leq i_{дин.};$$

$$10,006 \text{ кА} \leq 32 \text{ кА}.$$

- за термічною стійкістю (при протіканні через вимикач ударного струму КЗ та його початкового значення)

- за термічною стійкістю вимикач перевіряється по тепловому імпульсу:

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер};$$

$$40,172 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$B_k = I_{п,0}^2 \cdot (t_{відк} + T_a) = 4,4^2 \cdot (2,025 + 0,05) = 40,172 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$t_{відк} = (t_{р,з} + t_{отк,В}) = (2 + 0,025) = 2,025 \text{ с}.$$

В якості вимикача 10 кВ вибрано вакуумний вимикач ВВ/TEL-10-20/630 У2.

Нижче в таблиці 5 наведені результати електричних розрахунків перевірки вибраних вимикачів 10 кВ.

Таблиця 5 – Вибір ввідного та секційного вимикачів 10 кВ

№ п/п	Розрахункові параметри	Каталожні дані ВВ/TEL-10-20/630-У2
1.	$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
2.	$U_{\max} = 12 \text{ кВ}$	$U_{\max} = 12 \text{ кВ}$
3.	$I_{\text{розр.мах}} = 202,07 \text{ А}$	$I_n = 630 \text{ А}$
4.	$i_{\text{уд.}} = 10,006 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 32 \text{ кА}$

### Лінійний вимикач

Вибір вимикача 10 кВ проводиться за наступними показниками:

- за номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.м.}} \leq U_{\text{ном.вим.}};$$

$$10 \text{ кВ} \leq 10 \text{ кВ}$$

- за найбільшою робочою напругою:

$$U_{\text{мах.м.}} \leq U_{\text{мах.вим.}};$$

$$12 \text{ кВ} \leq 12 \text{ кВ}$$

- за робочим струмом в нормальному режимі:

$$I_{\text{розр.}} = \frac{S_{\text{нав.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 92,376 \text{ А},$$

- за динамічною стійкістю (при протіканні через вимикач ударного струму КЗ та його початкового значення)

$$I_{n,0} \leq I_{\text{ном.відкл.}};$$

$$10,006 \text{ кА} \leq 20 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.о}} \cdot k_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 4,4 \cdot 1,608 = 10,006 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд.}} \leq i_{\text{дин.}};$$

$$10,006 \text{ кА} \leq 32 \text{ кА}.$$

- за термічною стійкістю (при протіканні через вимикач ударного струму КЗ та його початкового значення)

- за термічною стійкістю вимикач перевіряється по тепловому імпульсу:

$$B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}};$$

$$40,172 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$B_k = I_{\text{п,0}}^2 \cdot (t_{\text{відк}} + T_a) = 4,4^2 \cdot (2,025 + 0,05) = 40,172 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$t_{відк} = (t_{р,з} + t_{отк,В}) = (2 + 0,025) = 2,025 \text{ с.}$$

В якості вимикача 10 кВ вибрано вакуумний вимикач ВВ/TEL-10-20/630 У2.

Нижче в таблиці 6 наведені результати електричних розрахунків перевірки вибраних вимикачів 10 кВ.

Таблиця 6 – Вибір лінійного вимикача 10 кВ

№ п/п	Розрахункові параметри	Каталожні дані ВВ/TEL -10-20/630-У2
1.	$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
2.	$U_{\max} = 12 \text{ кВ}$	$U_{\max} = 12 \text{ кВ}$
3.	$I_{\text{розр.мах}} = 92,376 \text{ А}$	$I_n = 630 \text{ А}$
4.	$i_{\text{уд.}} = 10,006 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 32 \text{ кА}$

## 16 ВИБІР ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГ 10 КВ

Визначення найбільшої тривало допустимої робочої напруги  $U_{нр\ опн}$  і номінальної напруги  $U_{ном\ опн}$

Найбільша тривало допустима робоча напруга  $U_{нр\ опн}$  приймається не меншою за найбільшу тривало допустиму робочу напругу на шинах, яка згідно з ГОСТ 1516.3-96 становить  $U_{нр}=12$  кВ:

$$U_{нр.опн} \geq U_{нр},$$

$$12\text{ кВ} \geq 12\text{ кВ}.$$

Стійкість ОПН до короткочасного підвищення напруги оцінюється за значенням номінальної напруги  $U_{ном\ опн}$ , яка визначається за формулою:

$$U_{ном.опн} = 1,25 \cdot U_{нр.опн} = 1,25 \cdot 12 = 15\text{ кВ}.$$

### Вибір енергоємності ОПН

Враховуючи відсутність специфічних умов, за яких в обмежувачах може виділятися значна енергія, приймається клас розряду лінії – 2.

### Визначення залишкових перенапруг ОПН при нормальних імпульсах струмів

Розрахункові залишкові напруги при комутаційних і грозових перенапругах  $U_{зал.г}$  визначаються при при нормованих імпульсних струмах. Для грозових перенапруг таким струмом є номінальний розрядний струм  $I_n$  з формою хвилі 8/20мкс, який становить  $I_n = 5\text{ кА}$ . При комутаційних перенапругах для ОПН 10 кВ залишкову напругу  $U_{зал.к}$  прийнято визначати при нормованому струмі  $I_{норм.к} = 500\text{ А}$  з формою хвилі 30/60 мкс.

Розрахункові значення залишкових напруг на ОПН з деяким наближенням визначаємо як:

$$U_{зал.к} = \sqrt{2} \cdot U_{нр\ о} \cdot K_{30/60},$$

$$U_{зал.г} = \sqrt{2} \cdot U_{нр\ о} \cdot K_{8/20},$$

де  $K_{30/60}$  та  $K_{8/20}$  – коефіцієнти «типових кратностей», які визначаються як відношення залишкових напруг на ОПН до найбільшої тривало допустимої робочої напруги ( $K_{30/60} = 1,75$ ;  $K_{8/20} = 2,1$ );

$$U_{зал.к} = \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 1,75 = 29,698 \text{ кВ},$$

$$U_{зал.г} = \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 2,1 = 35,638 \text{ кВ}.$$

Вибір ОПН за умови вибухобезпеки.

Струм захисної стійкості ОПН визначається за формулою:

$$I_{зах} = k_3 \cdot I_{кз} \approx 4,84 \text{ кА},$$

де  $I_{кз}=4,4$  кА – максимальне значення струму КЗ на шинах 10 кВ

$k_3 = 1,1$  – коефіцієнт запасу.

Таблиця 6 – Порівняльний аналіз розрахункових та каталожних характеристик ОПН 10 кВ

№ п/п	Розрахункові значення	Каталожні дані ОПН-КР/TEL 10/12
1.	$U_{нр.опн} = 12 \text{ кВ}$	$U_{нр.опн} = 12 \text{ кВ}$
2.	$U_{ном.опн} = 15 \text{ кВ}$	$U_{ном.опн} = 15 \text{ кВ}$
3.	$U_{зал.г} = 35,638 \text{ кВ}$	$U_{зал.г} = 36,9 \text{ кВ}$
3.	$U_{зал.к} = 29,698 \text{ кВ}$	$U_{зал.к} = 31,3 \text{ кВ}$
4.	$I_{зах} = 4,84 \text{ кА}$	$I_{зах} = 5 \text{ кА}$

## 17 ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ 10 кВ

### 17.1 Вибір номінальних параметрів ТС-10 кВ

В якості трансформатора струму 10 кВ на ввідних приєднаннях вибрано ТОЛА-10-І- 0,5s/0,5/5P-400/5/5/5-У2 з наступними параметрами:

Таблиця 7 – Трансформатори струму 10 кВ

№ п/п	Назва характеристики ТС-10 кВ	ТОЛА-10-І- 0,5s/0,5/5P-400/5/5/5-У2
1.	Номінальна робоча напруга, кВ	10
2.	Найбільша робоча напруга, кВ	12
3.	Номінальна частота, Гц	50
4.	Номінальний первинний струм, А	400
5.	Номінальний вторинний струм, А	5
6.	Струм термічної стійкості, кА	31,5
7.	Струм електродинамічної стійкості, кА	80
8.	Кількість вторинних обмоток: · для захисту · для вимірювань	1 2
9.	Номінальні вторинні навантаження, ВА: а) обмотки для вимірювань: - 0,5s; - 0,5. б) обмотки для захисту: - 5P.	2,5 5 10
10.	Номінальна гранична кратність вторинної обмотки для РЗ	5

В якості трансформатора струму 10 кВ на лінійних приєднаннях вибрано ТОЛА-10-І- 0,5s/5P-200/5/5-У2 з наступними параметрами:

Таблиця 8 – Трансформатори струму 10 кВ

№ п/п	Назва характеристики ТС-10 кВ	ТОЛА-10-І- 0,5s/5P-200/5/5-У2
1.	Номінальна робоча напруга, кВ	10
2.	Найбільша робоча напруга, кВ	12
3.	Номінальна частота, Гц	50
4.	Номінальний первинний струм, А	200



5.	Номінальний вторинний струм, А	5
6.	Струм термічної стійкості, кА	25
7.	Струм електродинамічної стійкості, кА	63
8.	Кількість вторинних обмоток: · для захисту · для вимірювань	1 1
9.	Номінальні вторинні навантаження, ВА: а) обмотки для вимірювань: - 0,5s. б) обмотки для захисту: - 5P.	5 10
10.	Номінальна гранична кратність вторинної обмотки для РЗ	5

В якості трансформатора струму 10 кВ на секційному приєднанні вибрано ТОЛА-10-І- 0,5/5P-400/5/5-У2 з наступними параметрами:

Таблиця 6 – Трансформатори струму 10 кВ

№ п/п	Назва характеристики ТС-10 кВ	ТОЛА-10-І- 0,5/5P-400/5/5-У2
1.	Номінальна робоча напруга, кВ	10
2.	Найбільша робоча напруга, кВ	12
3.	Номінальна частота, Гц	50
4.	Номінальний первинний струм, А	400
5.	Номінальний вторинний струм, А	5
6.	Струм термічної стійкості, кА	31,5
7.	Струм електродинамічної стійкості, кА	80
8.	Кількість вторинних обмоток: · для захисту · для вимірювань	1 1
9.	Номінальні вторинні навантаження, ВА: а) обмотки для вимірювань: - 0,5. б) обмотки для захисту: - 5P.	5 10
10.	Номінальна гранична кратність вторинної обмотки для РЗ	5

## 17.2 Перевірка обраних параметрів ТС-10 кВ

Відповідно до п. завдання на проектування нижче наведено розрахунок первинної обмотки ТС-10 кВ ФЕС «Шаргород» за наступними параметрами:

- за максимальним струмом навантаження в нормальному режимі видачі потужності по обох КЛ-10 кВ:

$$I_n \geq I_{розр.мах},$$

- a) для ввідних та секційної комірок:

$$400 A \geq 202,07 A;$$

- b) для лінійних комірок:

$$200 A \geq 92,376 A$$

- за максимальним струмом навантаження в ремонтному (післяаварійному) режимі видачі потужності по одній з КЛ-10 кВ:

$$I_n \geq I_{розр.мах\ післяав},$$

- a) для ввідних та секційної комірок:

$$400 A \approx 404,14 A;$$

- b) для лінійних комірок:

$$200 A \geq 92,376 A$$

## 18 ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРА НАПРУГИ 10 КВ

Вибір проводиться:

1) По номінальній напрузі:

$$U_{ном} \geq U_{уст};$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$$

2) По класу точності:

- клас точності основної вторинної обмотки – 0,5;
- клас точності додаткової вторинної обмотки – бр

3) По вторинному навантаженню:

- потужність основної вторинної обмотки в класі точності 0,5 – не менше 150 ВА;
- потужність основної вторинної додаткової в класі точності бр – не менше 30 ВА.

В таблиці 9 наведені електричні характеристики ТН 10 кВ, які відповідають вимогам вибраного трансформатора напруги.

Таблиця 9 – Електричні характеристики ТН 10 кВ

Назва характеристики ТН	НТМИ-10:V3/0,1:3 0,5/6P
Номінальна робоча напруга, кВ	10/V3
Найбільша робоча напруга, кВ	12/V3
Номінальна частота, Гц	50
Кількість вторинних обмоток, шт.	2
Номінальна напруга вторинних обмоток, В:	
• основна обмотка	100/V3
• додаткова	100/V3
Клас точності для обмоток:	
• основна обмотка	0,5
• додаткова	6P
Номінальна потужність обмоток, ВА:	
• основна обмотка	75
• додаткова	30

## 19 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ БЛОКІВ ФОТОГАЛЬВАНІЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Основною технологічною ланкою виробництва електроенергії є фотогальванічні панелі, які перетворюють електромагнітну енергію сонячної радіації безпосередньо в електричний струм постійної напруги. Номінальний робочий температурний діапазон знаходиться в межах від  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В таблиці 10 наведено параметри панелей для нормальних умов при інтенсивності сонячної радіації  $1000\text{ Вт/м}^2$  та температурі панелі  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

Таблиця 10 – Основні параметри фотогальванічних панелей типу PV-240P, PV-245P та PV-250P

(компанія PILLAR)

№ п/п	Найменування показника	PV-240P	PV-245P	PV-250P
1	Максимальна потужність, Рм	240 Вт	245 Вт	250 Вт
2	Струм короткого замикання, Ік	8,62 А	8,73 А	8,84 А
3	Напруга холостого ходу, U <sub>хх</sub>	36,9 В	37 В	37,2 В
4	Напруга в режимі видачі максимальної потужності, U <sub>мп</sub>	29,5 В	29,7 В	30,1 В
5	Струм в режимі видачі максимальної потужності, І <sub>мп</sub>	8,16 А	8,25 А	8,31 А

Проектом передбачено послідовне з'єднання панелей по 22 шт.

Відповідно до основних параметрів нижче наведені розрахунки напруги на вході в інвертор для фотогальванічних панелей типу PV-240P:

- напруга холостого ходу панелі за умови досягнення крайніх меж температурного діапазону:

$$U_{xx\text{ нан}} = U_{xx} \cdot (1 + k \cdot \Delta t),$$

де  $U_{xx}$  – напруга холостого ходу панелі за  $t_{\text{нан}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

$k$  – температурний коефіцієнт напруги холостого ходу ( $k = -0,0033\text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ );

$\Delta t$  – різниця температур між крайніми точками номінального діапазону та нормальними умовами ( $\Delta t = t_{\text{ном}} - t_{\text{нан}}$ ).

$$U_{xx\text{ нан}(-10\text{ }^{\circ}\text{C})} = 36,9 \cdot (1 + (-0,0033 \cdot (-10 - 25))) = 41,162\text{ В},$$

$$U_{xx\text{ пан}(70^\circ\text{C})} = 36,9 \cdot (1 + (-0,0033 \cdot (70 - 25))) = 31,42 \text{ В}.$$

– напруга холостого ходу блоку:

$$U_{xx\text{ блоку}(-10^\circ\text{C})} = 41,162 \cdot 22 = 905,563 \text{ В},$$

$$U_{xx\text{ блоку}(70^\circ\text{C})} = 31,42 \cdot 24 = 691,248 \text{ В}.$$

– струм блоку в режимі видачі максимальної потужності рівний струму однієї панелі – 8,16 А;

– блоки фотогальванічних панелей об'єднуються у ящиках з'єднання по 23 та 24 приєднання. Максимальні можливі струми за даної кількості приєднань складатимуть:

$$I_n = n \cdot I_{mn};$$

де  $n$  – кількість приєднань ( $n = 23, 24$ );

$$I_{23} = 23 \cdot 8,16 = 187,68 \text{ А};$$

$$I_{24} = 24 \cdot 8,16 = 195,84 \text{ А};$$

– струм на вході в інвертори:

$$I_{inv} = f \cdot I_{пан},$$

де  $f$  – кількість блоків, які приєднано до даного інвертора (для інверторів 1-3  $f = 189$ , для інвертора 4 дане значення рівне 188 та для інверторів 5-8 – 185);

$I_{пан}$  – струм найменш потужної панелі, що входить у блоки даного інвертора.

$$I_{Inv.1} = I_{Inv.2} = I_{Inv.3} = 189 \cdot 8,16 = 1542,24 \text{ А};$$

$$I_{Inv.4} = 188 \cdot 8,16 = 1534,08 \text{ А}.$$

Аналогічні розрахунки проведемо для фотогальванічних панелей типу KV-245P та KV-250P. Результати наведено в таблиці 11:

Таблиця 11 – Результати розрахунків параметрів блоків фотогальванічних панелей

№ п/п	Найменування показника	PV-240P	PV-245P	PV-250P
1	Напруга холостого ходу блоку, $U_{xx \text{ блоку}}(-10^\circ \text{C})$	905,563В	908,017 В	912,925 В
2	Напруга холостого ходу панелі, $U_{xx \text{ блоку}}(70^\circ \text{C})$	691,248 В	693,121 В	696,868 В
Максимальний струм блоку на:				
3	23 приєднання	187,68 А	189,75 А	191,13 А
4	24 приєднання	195,84 А	198 А	199,44 А
	№ інвертора	Максимальний струм на вході в інвертор згідно прийнятих проектних рішень		
5	1-3	1542,24 А		
6	4	1534,08 А		
7	5-8	1526,25 А		

Допустима напруга на вході в інвертор згідно його технічним характеристикам знаходиться у межах від 486 до 1000 В, струм – 1440 А.

З результатів розрахунків видно, що на всьому температурному діапазоні напруга знаходяться в межах допустимих значень. Перевищення максимального значення струму є допустимим згідно даних наданими заводом-виробником.

## 20 РОЗРАХУНОК ВТРАТ НАПРУГИ В ЛІНІЯХ

Втрати напруги в лінії електричної мережі визначаються за формулою:

$$\Delta U = I \cdot \Delta R \cdot 100\%$$

де  $I$  – струм, що проходить в лінії;

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

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

$R$  – опір лінії:

$$R = R_0 \cdot l,$$

де  $l$  – довжина лінії.

Втрати напруги в лінії на ділянці “блок фотогальванічних панель – ящик з’єднань” максимальної довжини в 160 м розраховуються таким чином:

$$R_{Б-ЯЗ} = R_{0 PVZZ} \cdot l_{Б-ЯЗ} = 3,39 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} \cdot 0,16 \text{ км} = 0,5424 \text{ Ом.}$$

Струм  $I$  на даній ділянці:

$$I_{Б-ЯЗ} = P/U = \frac{5880 \text{ ВВ}}{734,4 \text{ В}} = 8,007 \text{ АА}$$

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

$$\Delta U_{Б-ЯЗ} = I_{Б-ЯЗ} \cdot R_{Б-ЯЗ} \cdot 100\% = 8,007 \text{ А} \cdot 0,5424 \text{ Ом} \cdot 100\% = 0,591 \text{ \%}.$$

Аналогічні розрахунки проведені для ділянок “ящик з’єднань – інвертор”, “інвертор – ТП”, “ТП - РП” та “РП - ПС”. Результати наведено в таблиці 12.

Таблиця 12 – Результати розрахунків втрат напруги в лініях

№ п/п	Показник	Блок-ящик з'єднань	Ящик з'єднань-інвертор	Інвертор-ТП	ТП - РП	РП - ПС
1	Кабель	2×PV ZZ 1х6	2×АВВГ 1х185	ПВ-3 3х3х1х х240 + 3х1х120	ХРУНАКХС 12/20 кВ 3 х (1х70) RMC/25	ХРУНАКХС 12/20 кВ 3 х (1 х 400 мм <sup>2</sup> ) RMC/50
2	Довжина КЛ, м	160	590	30	350	3000
3	Потужність, Вт	5880	129360	880000	1600000	7000000
4	Напруга, В	734,4	734,4	400	10000	10000
5	Струм, А	8,007	176,144	1270,171	92,376	404,145
6	Втрати напруги, %	0,591	2,321	0,257	0,185	0,649

Сумарні втрати напруги в лініях від панелей сонячних батарей до шин підстанції складають 4%, що є допустимим згідно нормативних документів.



## 21 РОЗРАХУНОК ВТРАТ НАПРУГИ В ТРАНСФОРМАТОРІ

Згідно з проектними рішеннями було обрано силовий трансформатор потужністю 1760 кВА з розщепленою обмоткою 0,36 / 0,36 / 10 кВ компанії SIEMENS типу TDQ-163A01S5K-99 з наступними технічними характеристиками:  $U_{кз} = 6 \%$ ,  $P_{xx} = 2,05 \text{ кВт}$ ,  $P_{кз} = 16 \text{ кВт}$ ,  $\pm 2 \times 2.5 \%$ .

Керуючись діючими методика по розрахунку втрати напруги в обмотках трансформаторів визначимо останню за формулою:

$$\Delta U_{T\%} = \frac{S}{U} \cdot \frac{R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi}{U_n} \cdot 100\%,$$

де  $S$  – повне навантаження трансформатора, МВт;

$U$  – напруга на затискачах трансформатора, кВ;

$U_n$  – номінальна напруга мережі, кВ;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності навантаження трансформатора (приймаємо рівним 1);

$R_T$  – активний опір трансформатора приведений до ступеня нижчої напруги мережі:

$$R_T = \frac{P_{кз} \cdot U_{нн ном}^2}{S_{T ном}^2} \cdot 10^6 \text{ [МОМ]},$$

$P_{кз}$  – втрати короткого замикання в трансформаторі, кВт;

$U_{нн ном}$  – номінальна напруга обмотки нижчої напруги трансформатора. кВ;

$S_{T ном}$  – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$X$  – реактивний опір обмотки трансформатора.

$$X_T = \sqrt{U_{кз}^2 - \left( \frac{100 \cdot P_{кз}}{S_{T ном}} \right)^2} \cdot \frac{U_{нн ном}^2}{S_{T ном}} \cdot 10^4 \text{ [МОМ]},$$

$U_{кз}$  – напруга КЗ трансформатора, %.

Тоді:

$$R_T = \frac{16 \cdot 0,36^2}{1760^2} \cdot 10^6 = 0,81 \text{ [МОМ]},$$

$$X_T = \sqrt{6^2 - \left(\frac{100 \cdot 16}{1760}\right)^2} \cdot \frac{0,36^2}{1760} \cdot 10^4 = 4,792 \text{ [МОМ]}.$$

Отже, втрати напруги в трансформаторі будуть рівними:

$$\Delta U_{T\%} = \frac{1,76}{0,36} \cdot \frac{0,00081 \cdot 1 + 0,004792 \cdot 0}{0,38} \cdot 100\% = 0,947 \text{ \%}.$$

Сумарні втрати напруги в трансформаторі складають 0,947 %, що є допустимим згідно нормативних документів.

## 22 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Проект будівництва фотогальванічної електростанції потужністю 7000 кВт виконаний у відповідності до чинних норм:

№	Найменування документу
1.	Закон України "Про охорону праці"
2.	"Правила технічної експлуатації електричних станцій та мереж"
3.	ГКД 341.004.001-94 – Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750 кВ
4.	НПАОП 40.1-1.01-97 "Правила безпечної експлуатації електроустановок"
5.	НПАОП 40.1-1.01-01 "Правила експлуатації електрозахисних засобів"
6.	Правила улаштування електроустановок

Для забезпечення електробезпеки на електростанції передбачається:

- влаштування захисного заземлюючого пристрою;
- забезпечення необхідних відстаней до струмопровідних елементів та розташування їх на висоті відповідно до вимог ПУЕ, що є достатнім для безпечного проїзду або проходу обслуговуючого персоналу;
- електромагнітне блокування комутаційних апаратів, що виключає помилкові дії персоналу при виконанні оперативних переключень;
- контроль ізоляції;
- застосування попереджуючої сигналізації, написів, плакатів;
- застосування індивідуальних та групових засобів захисту.

Для забезпечення сприятливих умов праці на електростанції передбачено:

- освітлення робочих проходів;
- опалення приміщень;

природню та примусову вентиляцію приміщень.

Рівень безпеки персоналу, який займається обслуговуванням, залежить від умов праці, стану електрообладнання та інших соціальних факторів, які безпосередньо впливають на їх роботу. Основним завданням цього розділу є виявлення шкідливих та небезпечних факторів та умов праці, акцентування уваги на санітарно-гігієнічних аспектах, створення безпечних умов праці і

розгляд питань електробезпеки на підстанціях. Існує багато факторів, які можуть негативно впливати на здоров'я людини і становити небезпеку.

Відповідно до Закону України "Про охорону праці", роботодавець має зобов'язання забезпечувати права працівників, які передбачені Конституцією, щодо охорони їх життя та здоров'я. Важливо дотримуватись умов безпечної експлуатації та монтажу електрообладнання. Без дотримання цих правил, неможливо ввести в експлуатацію будь-який об'єкт електроенергетики.

## 22.1 Задачі розділу

Під час планування проекту, одним з важливих аспектів є забезпечення безпечних умов праці для персоналу на об'єкті. Це питання має велике значення через високий рівень потенційної небезпеки, яка виникає від ризику ураження струмом, недостатнього перерізу проводу та ненадійних металевих контактів. Ці чинники сприяють збільшенню ризику робочого травматизму, а також можуть призвести до підвищеного виділення тепла, що може стати причиною пожежі на електростанції.

Це наголошує на важливості та актуальності питання, яке полягає у дотриманні правил безпеки, розвитку технологій, які б мінімізували ризики травматизму при виконанні розвитку електромереж, що працюють в ОЕС України, з використанням знань, та досвіду, який ми маємо сьогодні. Вирішення цього питання дозволяє уникати випадків травмування персоналу, летальних випадків, а також мінімізує складову збитків, спричинених пошкодженням обладнання.

На даний час в Україні встановлення, експлуатація та безпека електроенергетичних систем здійснюється у відповідності вимог наступних основних документів:

1. ДБН В.2.5-28-2006 "Електрозабезпечення будівель та споруд" - встановлює вимоги до планування, проектування та будівництва електроустановок в будівлях і спорудах.

2. ДБН В.2.5-30-2003 "Електричні мережі низької напруги" - містить вимоги до проектування, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування низьковольтних електричних мереж.
3. ДБН В.2.5-31-2006 "Електричні мережі середньої напруги" - встановлює вимоги до проектування, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування середньовольтних електричних мереж.
4. ДБН В.2.5-32-2008 "Електричні мережі високої напруги" - містить вимоги до проектування, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування високовольтних електричних мереж.

Щодо Санітарних норм і правил (СНиП), конкретні документи, що відносяться до електричних мереж, можуть включати такі:

1. СНиП 2.04.35-03 "Електробезпека у виробничих приміщеннях" - встановлює вимоги до організації електробезпеки в приміщеннях з електроустановками.
2. СНиП 2.09.04-87 "Санітарні норми для прокладання кабельних ліній у населених пунктах" - визначає вимоги до прокладання кабельних ліній з урахуванням безпеки та санітарних норм.

Враховуючи все вище згадане, можемо сформулювати ряд ключових завдань, які необхідно висвітлити в даному розділі:

1. Провести аналіз умов праці при виконанні робіт пов'язаних з розбудовую електроенергетичної мережі, яка працює в ОЕС України.
2. Розробити організаційно-технічні рішення з охорони праці при електричному монтажі обладнання. Розрахувати параметри заземлюючого пристрою.
3. Описати основні заходи протипожежного захисту.

## **22.2 Розрахунок параметрів заземлюючого пристрою**

Відповідно до вимог глави 1.7 ПУЕ:2014, заземлюючий пристрій електростанції виконується за вимогою до його опору для електроустановок напругою до 1 кВ в електричних мережах з глухозаземленою та ізольованою

нейтраллю, до заземлюючих пристроїв яких ставляться більш жорсткі вимоги, ніж до заземлюючих пристроїв електричних мереж понад 1 кВ з ізолюваною нейтраллю. Відповідно до п. 1.7.92 та 1.7.96 ПУЕ:2014 опір заземлюючого пристрою повинен складати не більше 4 Ом.

По периметру РП-10 кВ прокласти круг сталевий ( $d=10$  мм), який приєднати зварюванням до загального заземлюючого пристрою електростанції не менше, ніж у двох точках.

До заземлюючого пристрою електростанції для захисту від непрямого дотику приєднати всі металеві корпуси електротехнічного обладнання (в т. ч. ящики з'єднань, опорні конструкції панелей) та екрани кабельних ліній.

Основний вплив на величину опору заземлювачів надає верхній шар ґрунту на глибині до 20-25 м, тому при розрахунку і пристрої заземлення необхідно знати його питомий опір.

Залежно від складу (чорнозем, пісок, глина і т. п.), розмірів і щільності прилягання один до одного частинок, вологості і температури, наявності розчинних хімічних речовин (кислот, лугів, продуктів гниття і т. д.) питомий опір ґрунтів змінюється в дуже широких межах.

Найбільш важливими факторами, що впливають на величину питомого опору ґрунту, є вологість і температура. Протягом року в зв'язку зі зміною атмосферних і кліматичних умов утримання вологи в ґрунті: і його температура змінюються, а отже, змінюється і питомий опір. Найбільш різкі коливання питомої опору спостерігаються у верхніх шарах землі, які взимку промерзають, а влітку висихають. З даних вимірювань випливає, що при зниженні температури повітря від 0 до  $-10$  °С питомий опір ґрунту на глибині 0,3 м збільшується в 10 разів, а на глибині 0,5 м - в 3 рази.

Розрахунок контуру заземлювачів зводиться до визначення такого числа розміщення штучних заземлювачів, при якому опір розтікання струму не перевищує нормоване значення.

Для обґрунтування параметрів заземлюючого пристрою, який використовується в схемі заземлення проведемо розрахунок за загальноприйнятою методикою.

При розрахунку будемо використовувати програмне забезпечення Mathcad.

Тип заземлювального пристрою – вертикальні сталеві труби з розмірами:

$l_b = 3$  м;  $d_b = 0,045$  м; товщина стінки  $\delta = 3$  мм; відстань між вертикальними заземлювачами  $a = 2$  м., тобто  $a/l_b = 0,67$ . Глибина закладання заземлювачів  $H_0 = 0,7$  м.,  $B_c = 40$  мм.

Ґрунт – пісок; склад – однорідний; вологість – нормальна. Кліматична зона – III.

Визначаємо розрахунковий питомий опір чорнозему

$$\rho_{\text{розн.}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_c, \quad (4.1)$$

де  $\rho_{\text{табл.}} = 550$  Ом – приблизні значення питомих електричних опорів різних ґрунтів та води, Ом·м

$K_c = 1,3$  – коефіцієнт сезонності  $K_{c.v.}$  для однорідної землі при вимірюванні її опору:

$$\rho_{\text{розн.}} = 550 \cdot 1,3 = 715 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$$

Визначасмо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (Рисунок 4.2):

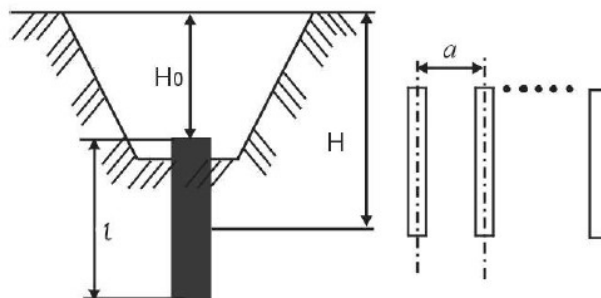


Рисунок 4.2 – Схема розміщення заземлювача в ґрунті

$$H = H_0 + \frac{l_B}{2} \quad (4.2)$$

$$H = 0,7 + \frac{3}{2} = 2,2 \text{ (м)}$$

Визначаємо опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі:

$$R_B = 0,366 \frac{\rho_{\text{розр.}}}{l_B} \left( \lg \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4H + l_B}{4H - l_B} \right); \quad (4.3)$$

$$R_B = 0,366 \frac{715}{3} \left( \lg \frac{2 \cdot 3}{0,045} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) = 182,516 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів при  $\eta_B = 1$  де  $\eta_B$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів

$$n_{\text{OP}} = \frac{R_B}{R_d \cdot \eta_B} \quad (4.4)$$

$$n_{\text{OP}} = \frac{182,516}{4 \cdot 1} = 45,6; \text{ приймаємо } n_{\text{OP}} = 46 \text{ шт.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_B$ , заземлювачі розташовані в ряд,  $a/l_B = 0,67, n = 46$ . Приймаємо  $\eta_B = 0,89$ .

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання:

$$n_B = n_{\text{OP}} / \eta_B; \quad (4.5)$$

$$n_B = 46 / 0,89 = 51,6.$$

Приймаємо  $n_B = 52$  шт.

Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при  $n_B = 52$  шт без врахування з'єднувальної стрічки:



$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{R_B}{n_B \cdot \eta_B}; \quad (4.6)$$

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{182,516}{52 \cdot 0,89} = 3,94 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо довжину з'єднувальної стрічки:

$$L_c = 1,05 \cdot a(n-1); \quad (4.7)$$

$$L_c = 1,05 \cdot 2(52-1) = 107,1 \text{ (м)}.$$

За формулою (4.8) для горизонтальних електродів, розташованих в ґрунті, визначаємо опір розтікання струму:

$$R_\Gamma = 0,366 \frac{\rho_{\text{розр.}}}{L_c} \lg \frac{2 \cdot (L_c)^2}{H_o \cdot B_c}; \quad (4.8)$$

$$R_\Gamma = 0,366 \frac{715}{107,1} \lg \frac{2 \cdot (107,1)^2}{0,7 \cdot 0,045} = 14,324.$$

Визначаємо коефіцієнт використання горизонтального заземлювача. при  $a=2$ ,  $n=52$ . Приймаємо  $\eta_\Gamma = 0,79$ .

Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі з врахуванням  $\eta_\Gamma$ :

$$R_{\text{розр.}\Gamma} = \frac{R_\Gamma}{\eta_\Gamma}; \quad (4.9)$$

$$R_{\text{розр.}\Gamma} = \frac{14,32}{0,79} = 18,132 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму заземлювального пристрою:

$$R_{\text{розр.}} = \frac{R_{\text{розр.в.}} \cdot R_{\text{розр.}\Gamma}}{R_{\text{розр.в.}} + R_{\text{розр.}\Gamma}}; \quad (4.10)$$

$$R_{\text{розр.}} = \frac{3,94 \cdot 18,132}{3,94 + 18,132} = 3,237 \text{ (Ом)};$$

Отриманий розрахунковий опір розтікання струму відповідає вимогам ПУЕ пункту 1.7.92, що опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати значення 4 Ом при рівні напруги 380 В.

У випадках коли кабель перетинається з комунікаціями, його прокладають в спеціальних трубах. Трансформаторна підстанція (ТП) розміщена у приміщенні виробничого корпусу, від технологічного обладнання її повинні огорджувати спеціального огорожею. Двері в ТП зачиняються на замок, на цих дверях повинен бути нанесено попереджувальний знак «Обережно! Електрична напруга».

На основі аналізу методів електричного обладнання та законодавчої бази запропоновані заходи забезпечення безпечної експлуатації енергопідприємства та заземлюючого пристрою. Запропоновано використовувати 52 вертикальні електроди.

## ВИСНОВКИ

Головною метою МКР на тему «Аналіз витрат електроенергії в мережі 10 кВ акціонерного товариства «Вінницяобленерго» після під'єднання фотоелектричної станції потужністю 7 МВт» є визначення заходів з проектування та побудови фотоелектричної станції в розподільних електричних мережах.

У ході даної роботи виконано такі основні задачі:

- Визначено протипожежні заходи та протипожежний захист
- Розглянуто можливі впливи на оточуюче середовище
- Розраховано категорію складності робіт
- В роботі виконано вибір основного обладнання фотоелектричної станції.
- Розглянуто питання компенсації реактивної потужності
- Розраховано втрати потужності в елементах фотоелектричної станції
- Розраховано зміну втрат активної потужності в електричній мережі 10 кВ до підключення фотоелектричної станції та після.
- Передбачається зростання втрат активної потужності, зумовлене не співрозмірними графіками споживання та генерування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
2. Нормативний документ міненерговугілля України «Укрупнені показники вартості будівництва підстанцій напругою від 6 кВ до 150 кВ та ліній електропередавання напругою від 0,38 кВ до 150 кВ. норми»,– СОУ-Н МЕНВ 45.2-37471933-44: 2011. – Київ, 2016,– 42с.
3. Сулейманов В. М., Кацадзе Т. Л. Електричні мережі та системи: підручн. К.: НТУУ «КПІ», 2008. 456 с.
4. Лук'яненко Ю.В., Остапчук Ж.І., Кулик В.В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні. – Вінниця: ВДТУ, 2002.
5. Кулик В. В. Типові рішення при проектуванні електричних мереж напругою 110-330 кВ: навчальний посібник / В. В. Кулик, В. В. Тептя, О. Б. Бурикін, О. В. Сікорська. Вінниця: ВНТУ, 2018. 110 с.
6. Методика определения экономической эффективности капитальных вложений в энергетику. – К.: Минэнерго Украины, 1997.
7. Остапчук Ж.І., Тептя В.В. Моделювання розвитку електричних систем в прикладах і задачах. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 97 с.
8. *Сегеда М. С. Електричні мережі та системи. Підручник.* Видавництво: Львівська політехніка, 2015. · 540 ·с.
9. F. Hinz and D. Moest, "Techno-economic Evaluation of 110 kV Grid Reactive Power Support for the Transmission Grid," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. PP, no. 99, pp. 1-1, 2018.
10. W. Becker, M. Hable, M. Malsch, T. Stieger, and F. Sommerwerk, "Reactive power management by distribution system operators concept and experience," *CIGRE-Open Access Proceedings Journal*, №1, pp. 2509-2512, 2017.
11. R. Moreira, G. Strbac, P. Papadopoulos, and A. Laguna, "Business case in support for reactive power services from distributed energy storage," *CIGRE-Open Access Proceedings Journal*, vol. 2017, no. 1, pp. 1609-1613, Oct. 2017.

12. A. Zecchino, M. Marinelli, C. Træholt, and M. Korpås, "Guidelines for distribution system operators on reactive power provision by electric vehicles in low-voltage grids," *CIREC-Open Access Proceedings Journal*, vol. 2017, no. 1, pp. 1787-1791, Oct. 2017.
13. M. Tarafdar Hagh, M. Jadidbonab, and M. Jedari, "Control strategy for reactive power and harmonic compensation of three-phase grid-connected photovoltaic system," *CIREC - Open Access Proceedings Journal*, vol. 2017, no. 1, pp. 559-563, Oct. 2017
14. A. Samir, M. Taha, M. M. Sayed, and A. Ibrahim, "Efficient PV-grid system integration with PV-voltage-source converter reactive power support," *The Journal of Engineering*, vol. 2018, no. 2, pp. 130-137, Feb. 2018
15. L. De Alvaro Garcia, F. Beaune, M. Pitard, and L. Karsenti, "Cost-benefit analysis of MV reactive power management and active power curtailment," *CIREC - Open Access Proceedings Journal*, vol. 2017, no. 1, pp. 1660-1663, Oct. 2017.
16. L. Wautier, F. Beaune, J. Fournel, and L. Karsenti, "Using LV distributed generation's reactive power for voltage regulation," *CIREC - Open Access Proceedings Journal*, vol. 2017, no. 1, pp. 2037-2040, Oct. 2017.
17. S. S. Alkaabi, H. H. Zeineldin, and V. Khadkikar, "Short-Term Reactive Power Planning to Minimize Cost of Energy Losses Considering PV Systems," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. PP, no. 99, pp. 1-1, Oct. 2018.
18. ГКД 340.000.002-97 Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі (діючий), Київ, Україні: Коопосвіта, 1997
20. Електричні системи і мережі. Частина 3 : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Малогулко Ю. В., Бурикін О. Б., Кацадзе Т. Л., Нетребський В. В. Вінниця : ВНТУ, 2022. 172 с.
19. Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їхній роботі паралельно з об'єднаною електричною системою України / СОУ НЕК

XX.XXX:2017. Київ,2017

20. M. Mohsen and H. Siahkali, "Multi-objective optimization of reactive power dispatch in power systems via SPMGSO algorithm," in *Proceedings of the 2017 Smart Grid Conference*, Tehran, Iran, 2017, pp. 1-9

21. Бондаренко Є. А., Кутін В. М., Лежнюк П. Д. Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник, 2018. 46 с.

22. Правила безпечної експлуатації електроустановок / Державний Комітет України по нагляду за охороною праці. К.: 1998. 132 с.

23. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ, 2000.

24. Нетребський В. В., Лесько В. О., Нанака О. М., Ситник А. В. Методичні вказівки для курсової роботи з дисципліни «Економіка і організація виробництва» для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, спеціалізації «Електричні системи і мережі». Вінниця: ВНТУ, 2019. 55 с.

25. Сакевич В. Ф., Томчук М. А. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах (друге видання) навчальний посібник. Вінниця, ВНТУ, 2008. 141 с.

26. Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:2, 2021р. / А. О. Семенов, Л. П. Громова, Т. В. Макарова, О. В. Сердюк. Вінниця: ВНТУ, 2021. 60 с.

## ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Аналіз витрат електроенергії в мережі 10 кВ акціонерного товариства «Вінницяобленерго» після під'єднання фотоелектричної станції потужністю 7 МВт

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки  
(кафедра, факультет)

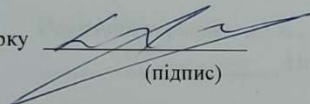
## ПОКАЗНИКИ ЗВІТУ ПОДІБНОСТІ UNICHECK

Оригінальність 83,9 % Схожість 16,1 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку

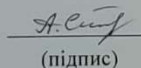
  
(підпис)

Вишневський С.Я.

(прізвище, ініціали)

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

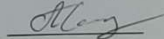
Автор роботи

  
(підпис)

Антіпов А. В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Поліщук А.Л.

(підпис) (прізвище, ініціали)

## ДОДАТОК Б

## Технічне завдання МКР

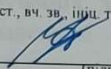
Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій і систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

(наук. ст., вч. зв., іниц. та прізви)

  
\_\_\_\_\_ (підпис)

" 20 " 03 2023 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

Аналіз витрат електроенергії в мережі 10 кВ акціонерного товариства  
«Вінницяобленерго» після під'єднання фотоелектричної станції потужністю 7 МВт

Науковий керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСС

  
\_\_\_\_\_ Поліщук А. Л.

Магістр групи ЕСМ-21мз

  
\_\_\_\_\_ Антіпов А. В.

Вінниця 2023 р.



## 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

- а) актуальність досліджень обумовлена тим, що сучасний стан енергетичної галузі України характеризується значним зношенням обладнання, недостатньою кількістю генерувальних потужностей, обмеженістю пропускної здатності ліній електропередачі електромереж. Разом з тим у Вінницькій області спостерігається зміна структури та обсягів споживання електричної енергії та розвиток відновлюваних джерел електроенергії. Виходячи з цього постає необхідність впровадження заходів з реконструкції та розвитку електричних мереж 110/35 кВ шляхом заміни основного обладнання.
- б) наказ ректора ВНТУ № 68 від 20 березня 2023 р. про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

## 2. Мета і призначення МКР

- а) мета – приєднання нових об'єктів генерування до мереж 110/35/10 кВ АТ «Вінницяобленерго» та забезпечення належної якості електропостачання споживачів;
- б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи розвитку розподільних електричних мереж 110/35/10 кВ АТ «Вінницяобленерго», що забезпечить виконання основних вимог щодо надійності електропостачання, якості електроенергії та економічності її транспортування.

## 3. Джерела розробки

Список використаних джерел розробки:

1. ГКД 34.20.507-2003 "Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила" (ПТЕ).
2. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).
3. СОУ-Н.ЕЕ 40.1-00100227-101:2014 "Норми технологічного проектування енергетичних систем та електричних мереж 35 кВ та вище" (НТП ЕС).
4. СОУ-4Н ЕЕ 40.1-00100227-103:2014 "Виконання схем перспективного розвитку ОЕС України, окремих енерговузлів та енергорайонів. Правила".с.

## 4. Технічні вимоги до виконання МКР

Для приєднання нових джерел енергії та забезпечення якості й ефективності споживачів електропостачання необхідно виконати розвиток електричних мереж 110/35/10 кВ АТ «Вінницяобленерго»з врахуванням вимог нормативної документації.

– елементна база: основними об'єктами проектування будуть 2 підстанції 110/10 кВ та лінії їх приєднання до існуючої електромережі. Під час проектування необхідно врахувати вплив зростання генерування на режими розподільних мереж та перетікання потужностей. Електротехнічне обладнання, що має бути встановлено на підстанціях, українського та зарубіжного виробництва (“Південномаш”, “РЗВА”, “АВВ”, “Siemens” та ін.);

– показники технологічності: розвиток електричної мережі, монтаж та експлуатація

електрообладнання мають виконуватися згідно вимог ПУЕ та ПТЕ.

– технічне обслуговування і ремонт: експлуатація, технічне обслуговування та ремонт обладнання буде здійснювати оперативний та ремонтний персонал обласної енергопостачальної компанії, а також бригади електромонтерів у відповідності з вимогами ПТЕ, ПТБ і технологічних карт.

– умови експлуатації об'єкта, що проектується: район по ожеледі – 3, нормативна стінка ожеледі – 15 мм, район по вітру – 3, середньорічна температура +6°C, максимальна температура +32°C, ступінь забрудненості – 2.

## 5. Економічні показники

Визначити основні техніко-економічні показники розвитку електричної мережі і на основі їх аналізу зробити висновок щодо доцільності реалізації розробленого проекту.

## 6. Етапи МКР та очікувані результати

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	21.03.23	28.03.23	формування технічного завдання
2	Аналіз впливу фотоелектричної станції на навколишнє середовище	29.03.23	07.04.23	аналітичний огляд літературних джерел, задачі досліджень, розділ ПЗ
3	Дослідження впливу фотоелектричних станцій на втрати електроенергії у розподільній мережі	08.04.23	24.04.23	розділ ПЗ
4	Охорона праці	25.04.23	01.05.23	розділ ПЗ
5	Техніко-економічна частина	02.04.23	07.05.23	розділ ПЗ
6	Оформлення пояснювальної записки	08.05.23	12.05.23	пояснювальна записка
7	Виконання графічної частини та оформлення презентації	12.05.23	19.05.23	плакати, презентація

## 7. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, відгук рецензента, протоколи складання державних іспитів, анотації до МКР українською та іноземною мовами.

### **8. Порядок контролю виконання та захисту МКР**

Виконання етапів розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

### **9. Вимоги до оформлення МКР**

Вимоги викладені в «Положенні про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:2, 2021 р.

### **10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом**

Відсутні.

ДОДАТОК А  
ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ