

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Дослідження впливу відновлювальних джерел енергії на режими роботи
Жмеринських розподільних електричних мереж»**

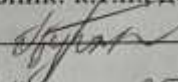
Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕСМ-21мз
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
освітня програма «Електричні системи і
мережі»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Дерень Т. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСС



Бурикін О. Б.
(прізвище та ініціали)

« 31 » 05 2023 р.

Опоненту: к.т.н. доцент каф. ЕСЕЕМ



Волінок Ю. П.
(прізвище та ініціали)

« 6 » 06 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСС




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

« 05 » 06 2023 р.

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 і мережі

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


20.03 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дерень Тетяна Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

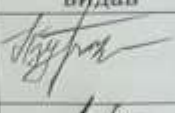


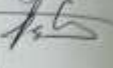


1. Тема роботи. «Дослідження впливу відновлювальних джерел енергії на режими роботи Жмеринських розподільних електричних мереж»

керівник роботи к.т.н., доц. каф. ЕСС Бурикін О. Б.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 20.03.2023 року № 68
2. Строк подання студентом роботи 31 травня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи. Посилання на періодичні видання. параметри розподільної мережі 10 кВ Ямпільського району.

4. Зміст текстової частини: Загальні відомості про сонячні електричні станції; Техніко-економічне обґрунтування; Вибір обладнання для сонячної електричної станції потужністю 1,7 МВт; Дослідження режимів роботи проектованої електричної станції; Техніко економічна частина; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Список використаних джерел. Додатки.












5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Графіки навантажень ПС 110 кВ Балки; Схема електричних з'єднань 17 фідера ПС Балки; Схема СЕС Балки; Техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Бурикін О. Б., 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		Пр. м.
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	21.03.23	23.03.23	
2	Загальні відомості про сонячні електричні станції	24.03.23	29.03.23	
3	Вибір обладнання для сонячної електричної станції потужністю 1,7 МВт	30.03.23	10.04.23	
4	Дослідження режимів роботи проектованої електричної станції	11.04.23	20.04.23	
5	Техніко економічна частина	21.04.23	28.04.23	
6	Охорона праці	29.04.23	05.05.23	
7	Оформлення пояснювальної записки	06.05.23	12.05.23	
8	Виконання графічної/ілюстративної частини та оформлення презентації	13.05.23	21.05.23	
	Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР	22.05.23	27.05.23	
	Рецензування МКР	28.05.23	01.06.23	
	Захист МКР	02.06.23	10.06.23	

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Т. В. Дерень

О. Б. Бурикін

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
АНОТАЦІЯ.....	5
АННОТАЦІЯ.....	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ .	12
1.1 Потенціал сонячної енергії	12
1.2 Принцип роботи та перспективи сонячних електричних станцій.....	13
1.3 Типи сонячних електростанцій	15
1.4 Висновки.....	22
РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	23
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 1,7 МВТ.....	26
3.1 Вибір обладнання	28
3.1.1 Лінійна комірka інверторної станції SMA ST17000TL.....	29
3.1.2 Трансформатори струму 10 кВ.....	30
3.1.3 Обмежувачі перенапруги комірок 10 кВ.....	31
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРОЕКТОВАНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ	34
4.1 Визначення сумарного прибутку від експлуатації ВДЕ на прикладі СЕС Балки	34
РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ ПО ОБ'ЄКТАХ ВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ.....	56
5.1 Розрахунок показників економічної ефективності будівництва сонячної електростанції	59

5.2 Розрахунок періоду повернення капіталовкладень в реконструкцію електричної частини сонячної електростанції потужністю 1,68 МВт.	62
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
6.1 Удосконалення нормативної бази України з електробезпеки для персоналу електричних станцій та систем	64
6.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.	70
6.2.1 Дослідження безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції при дії іонізуючих випромінювань.....	71
6.2.2 Дослідження безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції в умовах дії електромагнітного імпульсу.	73
6.2.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції в умовах надзвичайних ситуацій.	75
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
ДОДАТОК А	86
ДОДАТОК Б	86
ДОДАТОК В	90

АНОТАЦІЯ

УДК 621.316

Дерень Т.В.: «Дослідження впливу відновлювальних джерел енергії на режими роботи Жмеринських розподільних електричних мереж». Магістерська кваліфікаційна робота - Вінниця: ВНТУ, 2023. – 101 с., Таблиць: 16, Рисунків : 11, Бібліографія: 37.

В представленій магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто електричну частину сонячної електростанції потужністю 1,7 МВт, функціонування даної станції в електричній мережі, проведено вибір обладнання для даної сонячної електростанції, виконано схему приєднання станції до мереж. Проведено розрахунки економічної частини та визначено термін окупності проектованої сонячної електростанції.

Ключові слова: сонячна електрична станція, локальна електрична система, оптимізація, підстанція.

АННОТАЦІЯ

Deren T.V.: "Investigation of the influence of renewable energy sources on the modes of operation of the Zhmerynka electrical distribution networks." Master's qualification thesis - Vinnytsia: VNTU, 2023. – 101 p., Tables: 16, Figures: 11, Bibliography: 37.

In the presented master's qualification work, the electrical part of a solar power plant with a capacity of 1.7 MW was considered, the operation of this plant in the electrical network, the selection of equipment for this solar power plant was carried out, and the scheme for connecting the plant to the networks was made. Calculations of the economic part were carried out and the payback period of the designed solar power plant was determined.

Keywords: solar power station, local power system, optimization, substation.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

- АЕС – атомна електрична станція;
- ВЕС – вітрова електрична станція;
- ГДК – гранично допустима концентрація;
- ЕЕС – електроенергетична система;
- ЕС – електрична станція;
- ЕМ – електричні мережі;
- ЕОМ – електронна обчислювальна машина;
- ЛЕП – лінія електропередачі;
- НС – навколишнє середовище;
- ПС – підстанція;
- РДЕ – розосереджені джерела електроенергії;
- РЕМ – розподільча електрична мережа;
- СЕС – сонячна електрична станція;
- ТП – трансформаторна підстанція.

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний світ стикається з безпрецедентними викликами в галузі енергетики, що вимагає пошуку нових рішень та розвитку альтернативних джерел енергії. Зміна клімату, вичерпання викопних палив та залежність від імпорту енергоресурсів переконують нас у необхідності зробити перехід до сталого та екологічно чистого енергетичного майбутнього.

Альтернативні джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, геотермальна, гідроенергетика та біомаса, стають все більш актуальними у світі, оскільки вони пропонують енергетичні рішення, які не лише зменшують вплив на навколишнє середовище, але й забезпечують довгострокову енергетичну стійкість та економічну перспективу.

Актуальність розвитку альтернативних джерел енергії стає ще більш очевидною, коли ми оцінюємо наслідки використання традиційних джерел енергії. Викиди парникових газів, забруднення повітря та води, зміна клімату – це лише деякі проблеми, пов'язані з використанням копалинних палив. Підвищення свідомості про ці ризики та необхідність зменшення нашої залежності від них стимулює пошук нових, екологічно чистих та сталорозвиваючихся джерел енергії.

Сонячна енергія, зокрема, має великий потенціал, оскільки сонце є безперервним джерелом енергії та його потужність перевищує потреби людства в десятки тисяч разів. Технології сонячної енергетики розвиваються швидкими темпами, і сонячні електростанції стають все більш доступними та ефективними. Вітрова енергетика також здобуває популярність, оскільки вітер є нескінченним джерелом енергії, а вітряні турбіни стають більш потужними та ефективними.

Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні є дуже обіцяючими. Країна має значний потенціал для використання сонячної енергії завдяки своїй географічній розташованості та сонячному клімату. Наприклад, у середньому

Україна отримує більше 1 500 годин сонячного світла на рік.

Останні роки свідчать про стрімкий розвиток сонячної енергетики в Україні. Уряд України активно сприяє розвитку відновлюваної енергетики, зокрема сонячної, шляхом впровадження різноманітних пільготних проєктів, створення сприятливих умов для інвестицій та встановлення регулятивного каркасу.

Одним із важливих напрямків розвитку сонячної енергетики в Україні є встановлення сонячних електростанцій (СЕС) на підприємствах та населених пунктах. За останні кілька років було запущено значну кількість СЕС різних масштабів по всій країні. Це стало можливим завдяки фінансовій підтримці, включаючи зелені тарифи та програму "Державні гарантії", які забезпечують стабільний відбір електроенергії, виробленої з сонячних джерел.

Потужності сонячних електростанцій в Україні постійно зростають. Наприклад, у 2020 році встановлено новий рекорд, коли загальна потужність сонячних електростанцій перевищила 5 гігаватт (ГВт). І цей тренд продовжується й далі.

Розвиток сонячної енергетики в Україні має не тільки екологічні переваги, але й економічний потенціал. Сонячна енергія може стати джерелом стабільного та дешевого електропостачання, зменшуючи залежність від імпорту енергії. Вона також стимулює розвиток внутрішнього ринку та привертає інвестиції до сектора відновлюваної енергетики.

Однак, на шляху до повноцінного розвитку сонячної енергетики в Україні ще є виклики, які потребують уваги. Наприклад, ефективне зберігання сонячної енергії та підтримка стабільності енергетичної системи в умовах коливання виробництва сонячної енергії. Також важливо розвивати дослідження та впровадження нових технологій для поліпшення ефективності сонячних панелей та зниження їх вартості.

Загалом, перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні є дуже обіцяючими. За підтримки уряду, інвесторів та інноваційних технологій, сонячна енергетика може стати ключовим джерелом енергії для України,

забезпечуючи сталість, чистоту та енергетичну незалежність країни.

Однак, необхідно враховувати й виклики, пов'язані з розвитком альтернативних джерел енергії. Інвестиції у відновлювану енергетику, розробка нових технологій та створення ефективних систем зберігання енергії є важливими завданнями. Також потрібно вирішувати питання відповідного інфраструктурного розвитку та врегулювання правових аспектів, щоб сприяти стабільному та ефективному розвитку альтернативних джерел енергії.

У світлі цих викликів та можливостей, розвиток альтернативних джерел енергії стає актуальною та нагальною потребою. Вони відкривають нові перспективи для сталого розвитку, забезпечують чисте середовище та сприяють розвитку енергетичної незалежності. Далі в цьому дослідженні ми розглянемо конкретні альтернативні джерела енергії та їх потенціал у сучасному світі.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження впливу відновлювальних джерел енергії на режими роботи електричних мереж.

Основними задачами дослідження є такі:

- вибір обладнання для сонячної електричної станції потужністю 1,7 МВт;
- дослідження режимів роботи проектованої електричної станції;
- дослідження впливу режимів роботи СЕС на втрати потужності у електричній мережі.

Об'єкт дослідження – сонячна електростанція потужністю 1,68 МВт.

Предмет дослідження – є режими роботи електричних розподільних електричних мереж з сонячною електростанцією.

Методи дослідження.

У процесі дослідження застосовувались: Для визначення оптимальної встановленої потужності відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у локальній електричній системі використовуються методи математичного моделювання та чисельні методи. Застосовуються статистичні методи оброблення інформації для аналізу результатів розрахунків та перевірки правильності отриманих теоретичних висновків.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Запропоновано проект сонячної електричної станції потужністю 1,68 МВт та досліджено сумісну роботу її з електричною мережею, впровадження якого дозволить зменшити втрати електричної потужності у розподільній електричній мережі та підвищити рівень застосування відновлюваних джерел енергії.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ

1.1 Потенціал сонячної енергії

Сонячна енергетика є одним з найперспективніших джерел відновлювальної енергії, що привертає все більше уваги в усьому світі, включаючи Україну. Завдяки своїй географічній розташованості та кліматичним умовам, Україна має значний потенціал для розвитку сонячної енергетики. У цьому есе розглянемо потенціал сонячної енергетики в Україні, а також плани нарощування потужностей сонячних електростанцій у країні.

Україна знаходиться у помірному поясі, де отримує достатню кількість сонячної радіації протягом року. За оцінками фахівців, загальний річний потенціал сонячної енергії в Україні становить близько 1,000-1,300 кВт·год/м². Це робить Україну однією з найсприятливіших країн для використання сонячної енергії.

Протягом останніх років Україна значно збільшила свою потужність сонячних електростанцій. За даними Державної агентства з енергоефективності та енергозбереження України, на початку 2021 року в країні було встановлено понад 6,000 МВт сонячних електростанцій. Це дозволило Україні зайняти одне з провідних місць у Європі за виробництвом сонячної енергії.

Україна активно працює над подальшим розвитком сонячної енергетики та планує нарощування потужностей сонячних електростанцій у майбутньому. Згідно зі стратегією "Енергетична стратегія України до 2035 року", уряд планує до 2035 року встановити додаткові 6,000 МВт сонячних електростанцій. Це означає, що загальна потужність сонячних електростанцій в Україні може досягти 12,000 МВт.

Для досягнення цієї мети, Україна планує сприяти розвитку відновлювальної енергетики шляхом впровадження спеціальних підтримуючих механізмів, таких як зелені тарифи, конкурентні торги та інші заходи, які стимулюють інвестиції у сонячну енергетику.

За період з 2019 по 2021 рік в Україні було запущено кілька значних сонячних електростанцій. Ось кілька прикладів таких проєктів:

Сонячна електростанція "Перша сонячна" (Pavlograd Solar Power Plant) - розташована у Павлоградському районі Дніпропетровської області. Запущена у 2019 році, має потужність 50 МВт.

Сонячна електростанція "Ушаковська" (Ushakova Solar Power Plant) - розташована у Херсонській області. Запущена у 2020 році, має потужність 200 МВт.

Сонячна електростанція "Зоря" (Zorya Solar Power Plant) - розташована у Миколаївській області. Запущена у 2020 році, має потужність 110 МВт.

Сонячна електростанція "Овідіополь" (Ovidiopol Solar Power Plant) - розташована у Одеській області. Запущена у 2020 році, має потужність 240 МВт.

Сонячна електростанція "Першотравнева" (Pershotravneva Solar Power Plant) - розташована у Житомирській області. Запущена у 2021 році, має потужність 160 МВт.

Сонячна енергетика має значний потенціал української енергетики. За останні роки Україна вже досягла значних успіхів у встановленні сонячних електростанцій, але ще багато роботи залишається. Плани нарощування потужностей сонячних електростанцій до 2035 року свідчать про амбітність та прагнення країни до збільшення використання сонячної енергії. Це не тільки сприятиме зменшенню залежності від викопних видів палива, але й сприяє збереженню навколишнього середовища та створенню нових робочих місць у сфері відновлюваної енергетики.

1.2 Принцип роботи та перспективи сонячних електричних станцій

Сонячні електростанції використовують сонячну енергію для виробництва електричної енергії. Основний принцип роботи сонячної електростанції базується на використанні сонячних панелей, відомих як

фотоелектричні модулі, які перетворюють сонячну радіацію на електричний струм.

Основні компоненти сонячної електростанції включають:

1. Сонячні панелі (фотоелектричні модулі): Сонячні панелі складаються з напівпровідникових матеріалів, зазвичай кремнію. Коли сонячні промені падають на панель, фотоелектричний ефект спричиняє вивільнення електронів, що генерують постійний електричний струм.

2. Інвертор: Отриманий постійний електричний струм з сонячних панелей перетворюється інвертором на змінний струм, який може бути використаний для живлення електричних пристроїв.

3. Система зберігання: Деякі сонячні електростанції використовують системи зберігання, такі як акумулятори, для збереження надлишкової енергії, яка може бути використана в періоди недостатньої сонячної радіації, наприклад, вночі або в хмарні дні.

Перспективи сонячних електростанцій дуже обіцяючі. Ось кілька ключових переваг і перспектив сонячної енергетики:

1. Відновлювана та екологічно чиста: Сонячна енергія є відновлюваною джерелом енергії, що означає, що вона не вичерпується і не призводить до викидів шкідливих газів, таких як вуглецевий діоксид. Використання сонячної енергії допомагає зменшити залежність від викопних палив і сприяє боротьбі зі зміною клімату.

2. Спадаючі витрати: Вартість сонячних панелей та супутнього обладнання постійно знижується. Це робить сонячну енергію більш доступною для багатьох людей і підприємств, а також збільшує її конкурентоспроможність порівняно з традиційними джерелами енергії.

3. Розвиток ринку: Сонячна енергетика є швидко розвиваючою галуззю. Ринок сонячних електростанцій активно розширюється, що відкриває нові можливості для інвестицій, розробки технологій та створення робочих місць.

4. Децентралізована система: Сонячні електростанції можуть бути встановлені навіть на невеликих ділянках землі або на покрівлях будівель. Це дозволяє розподілити виробництво електроенергії ближче до споживачів і зменшити втрати енергії при транспортуванні.

1.3 Типи сонячних електростанцій

Сонячні електростанції баштового типу є одним з видів сонячних електростанцій, які використовуються для виробництва електроенергії з сонячної радіації. Цей тип станцій також відомий як концентровані сонячні електростанції (Concentrated Solar Power, CSP).

Принцип роботи сонячних електростанцій баштового типу полягає в тому, що сонячне випромінювання збирається та концентрується за допомогою системи дзеркал або лінз і спрямовується на високоефективний тепловий абсорбер (іноді називається сонячним турбоколектором), розташований на вежі або башті.

Тепловий абсорбер вбирає тепло від концентрованого сонячного проміння і перетворює його на теплову енергію. Ця тепла енергія використовується для нагрівання робочого середовища, зазвичай це може бути вода або пар. Отриманий тепловий енергетичний потік може бути використаний для приводу турбіни, яка генерує електричну енергію за допомогою генератора.

Однією з особливостей сонячних електростанцій баштового типу є їх здатність до зберігання тепла. Це означає, що тепла енергія може бути збережена для використання під час хмарних днів або навіть вночі, коли сонячна радіація не доступна. Для зберігання тепла часто використовуються системи з тепловими накопичувачами, такі як розплавлений сільвий теплоносії.

Сонячні електростанції баштового типу мають деякі переваги, зокрема:

1. Висока ефективність: За рахунок використання концентрованого сонячного проміння, сонячні електростанції баштового типу мають високу ефективність перетворення сонячної енергії на електричну енергію.

2. Можливість зберігання тепла: Здатність до зберігання тепла дозволяє використовувати цю технологію для стабільного постачання електроенергії навіть у випадках недостатньої сонячної радіації.

3. Довгий термін експлуатації: Сонячні електростанції баштового типу мають потенціал для довгого терміну експлуатації, оскільки їх основні компоненти, такі як дзеркала та турбіни, можуть бути відновлені або замінені.

Однак, варто відзначити, що сонячні електростанції баштового типу також мають певні виклики, включаючи високі витрати на будівництво і підтримку, потребу в великих площах землі для розташування дзеркал або лінз, а також залежність від погодних умов і наявності сонячної радіації.

Сонячні електростанції (СЕС) тарельчатого типу (рис. 1.1) є одним із способів використання сонячної енергії для виробництва електроенергії. Цей тип СЕС використовує сонячні тарілки, відомі як сонячні колектори або фотоелектричні концентратори, для збору і концентрації сонячного випромінювання.

Принцип роботи СЕС тарельчатого типу базується на використанні фокусувальних систем, що концентрують сонячне випромінювання на фотоелектричних елементах. Сонячні тарілки здатні збирати та сконцентрувати сонячне світло в одну точку, де розташовані фотоелектричні пристрої, такі як сонячні клітини або сонячні модулі. Фотоелектричні пристрої перетворюють сонячну енергію на електричну енергію, яка потім використовується для живлення електричних систем.

СЕС тарельчатого типу мають кілька переваг. Вони можуть досягати високої ефективності завдяки здатності концентрувати сонячне випромінювання. Це означає, що менше сонячних панелей потрібно для виробництва тієї ж кількості енергії порівняно з іншими типами СЕС. Крім

того, збирання і концентрація сонячного випромінювання дозволяє отримати більше енергії з обмеженої площі.

Однак, СЕС тарельчатого типу також мають свої виклики і обмеження. Вони потребують точного вирівнювання з сонцем для досягнення оптимальної продуктивності, що може бути вимогливим завданням. Крім того, їх вартість і складність виготовлення можуть бути вищими порівняно з іншими типами сонячних електростанцій.

Незважаючи на ці виклики, СЕС тарельчатого типу є перспективним рішенням для виробництва сонячної енергії в умовах оптимального сонячного випромінювання. Вони можуть бути застосовані як на великих електростанціях, так і на побутовому рівні для незалежного електропостачання. Розвиток та вдосконалення СЕС тарельчатого типу в майбутньому може привести до збільшення ефективності, зниження вартості та більш широкого застосування сонячної енергії.



Рисунок 1.1 – СЕС тарельчатого типу

Сонячні електростанції (СЕС), які використовують фотомодулі (рис. 1.2), є одним з найпоширеніших типів сонячних електростанцій. Фотомодуль, також відомий як сонячний модуль або сонячна панель, є основним елементом таких СЕС.

Принцип роботи СЕС з фотомодулями ґрунтується на прямому перетворенні сонячної енергії у електричну енергію за допомогою фотоелектричного ефекту. Фотомодулі складаються з фотоелектричних клітин, які здатні генерувати електричний струм під дією сонячного світла. Коли сонячне випромінювання падає на фотоелектричну клітину, фотони у світлі викликають звільнення електронів, що створює потік електричного струму. Цей струм збирається і використовується для живлення електричних пристроїв або накопичується у батареї для подальшого використання.

Фотомодулі можуть бути використані як на побутовому рівні для генерації електроенергії в житлових будівлях, так і на комерційних або промислових об'єктах, де вони можуть утворювати сонячні електростанції з більшою потужністю. СЕС з фотомодулями можуть бути розміщені на дахах будівель, на земельних ділянках або навіть на плавучих платформах у водоймах.

Однією з переваг використання фотомодулів у СЕС є їх відносна простота установки та обслуговування. Вони не вимагають складних механічних систем або активного спрямування сонячного випромінювання, як у деяких інших типах СЕС. Крім того, фотомодулі мають довгий термін служби і низькі витрати на обслуговування.

З постійним розвитком технологій і зниженням вартості фотомодулів, перспективи розвитку СЕС з фотомодулями є дуже обіцяючими. В Україні існує значний потенціал для встановлення більшої кількості сонячних електростанцій з використанням фотомодулів, що дозволить забезпечити стабільне та екологічно чисте електропостачання



Рисунок 1.2 – СЕС на основі фотобатареї

Термодинамічні СЕС. Термодинамічні сонячні електростанції (ТСЕС) є одним зі способів використання сонячної енергії для виробництва електроенергії. Вони використовують тепло сонячного випромінювання для прямого генерування електричної енергії, відмінно від фотовольтаїчних сонячних систем, які використовують фотоелектричні ефекти.

Принцип роботи ТСЕС базується на використанні сонячного тепла для нагрівання робочого середовища, яке потім використовується для приведення в рух турбіни та генерації електроенергії. У ТСЕС застосовуються різні технології, включаючи термічні колектори, параболічні та баштові системи.

Термічні колектори використовують сонячні панелі для збору тепла, яке передається до робочого середовища, яке може бути рідиною або парою. Після нагрівання робоче середовище прокручує турбіну, яка виконує механічну роботу і приводить генератор для виробництва електроенергії.

Параболічні системи використовують параболічні дзеркала для фокусування сонячного проміння на центральній трубі, де розташоване робоче середовище. Труба нагрівається, і тепло передається до генератора, що створює пару або приводить турбіну для виробництва електроенергії.

Баштові системи використовують положення сонця і високі теплові показники для нагрівання робочого середовища, яке циркулює через рецептори

на висоті. Розігріте робоче середовище передає свою енергію до генератора, що забезпечує виробництво електроенергії.

Термодинамічні сонячні електростанції мають кілька переваг. Вони можуть працювати і під час хмарного покриття або вночі, оскільки вони використовують тепло, а не пряме сонячне випромінювання. Крім того, вони можуть забезпечувати стабільний інтенсивний виробництво електроенергії, оскільки нагріте робоче середовище може бути збережено і використовуватись при необхідності.

Однак, розгортання ТСЕС може бути витратним та вимагати значних площ. Вони також потребують спеціалізованих матеріалів і технологій для ефективного нагрівання робочого середовища. Проте, з розвитком технологій та збільшенням свідомості щодо використання стійких джерел енергії, ТСЕС можуть стати більш ефективними і доступними рішеннями для виробництва електроенергії з сонячної енергії..

СЕС, які використовують параболічні концентратори. Принцип роботи даних СЕС полягає в нагріванні теплоносія до параметрів, придатних до використання в турбогенераторі (рисунок 1.3).

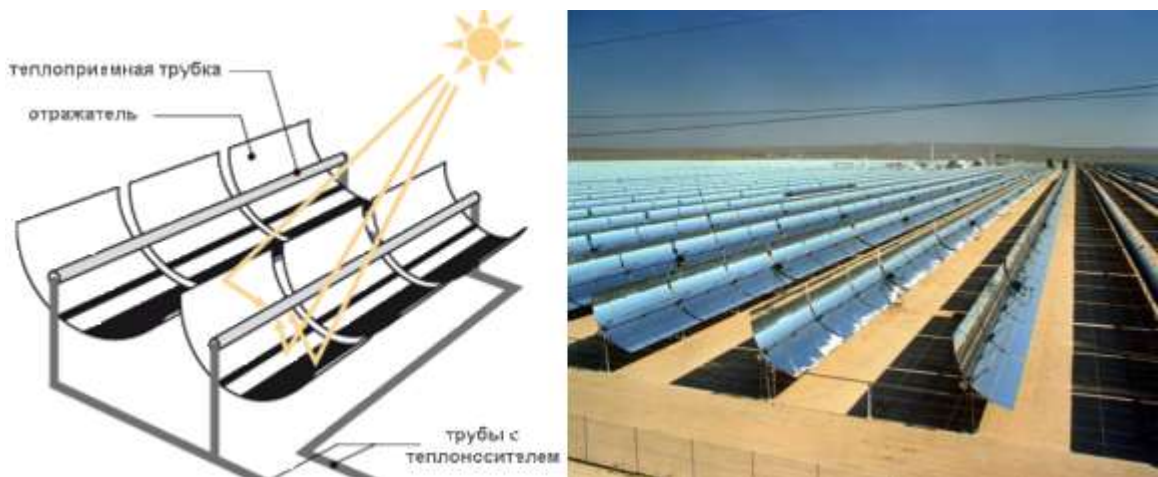


Рисунок 1.3 – СЕС на основі параболічних концентраторів

Сонячні електростанції (СЕС), які використовують параболічні концентратори, є одним зі способів використання сонячної енергії для виробництва електроенергії. Цей тип СЕС використовує параболічні дзеркала

або рефлектори для фокусування сонячного проміння на центральній трубі, де знаходиться робоче середовище.

Принцип роботи СЕС з параболічними концентраторами базується на використанні тепла, яке утворюється внаслідок концентрації сонячного проміння на одній точці. Параболічні дзеркала або рефлектори мають форму параболоїду і відображають сонячне проміння на центральну трубу, яка містить робоче середовище, зазвичай це рідина або масло.

Сонячне проміння, відбите від параболічних дзеркал, фокусується на робочій трубі, що призводить до нагрівання робочого середовища. Робоче середовище може бути рідинним теплоносієм або теплоносієм газом, яке прокручує турбіну або генератор, створюючи механічну роботу. Ця механічна робота потім перетворюється на електричну енергію за допомогою генератора.

СЕС з параболічними концентраторами мають декілька переваг. Вони забезпечують високий ступінь ефективності завдяки концентрації сонячного проміння на одній точці, що дозволяє отримувати високу температуру робочого середовища і високий ступінь перетворення тепла у електроенергію. Крім того, такі СЕС можуть працювати навіть при хмарному покритті або в погодних умовах зі зниженою сонячною активністю.

Однак, СЕС з параболічними концентраторами мають певні обмеження. Вони вимагають постійного відстеження руху сонця і точного налаштування дзеркал, що може потребувати додаткових витрат на управління системою. Крім того, їх використання обмежене географічними факторами, оскільки ефективність залежить від наявності сонячного проміння та інтенсивності сонячної радіації.

Незважаючи на ці обмеження, СЕС з параболічними концентраторами мають значний потенціал у виробництві електроенергії зі сонячної енергії. Завдяки постійному розвитку технологій та збільшенню свідомості щодо енергоефективності, цей тип СЕС може стати важливим джерелом стійкої та екологічно чистої електроенергії в майбутньому.

1.4 Висновки

Переваги сонячної енергетики:

- Надлишковість та необмеженість джерела енергії;
- В теорії, повна безпека для довкілля, хоча можлива зміна клімату внаслідок широкого впровадження сонячної енергетики (але це малоімовірно при сучасному рівні споживання енергії).

Способи отримання електрики та тепла з сонячного випромінювання:

- Використання фотоелементів для виробництва електроенергії;
- Використання теплових машин для перетворення сонячної енергії на електрику (включаючи парові машини, які використовують різні робочі речовини);
- Геліотермальна енергетика, яка полягає в нагріванні поверхні та використанні нагрітого тепла для опалення або електрогенерації;
- Термоповітряні електростанції, які перетворюють сонячну енергію у потік повітря, який приводить турбогенератор;
- Сонячні аеростатні електростанції, які використовують нагріту поверхню аеростата для генерації водяної пари, яка забезпечує роботу електростанції навіть в нічний час та погіршених погодних умовах.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Головною метою проектування електричних станцій є розроблення і обґрунтування технічних і економічних аспектів, які визначають необхідність будівництва станцій, забезпечуючи надійне електропостачання споживачів з врахуванням екологічних та соціальних вимог.

Проекти сонячних електричних станцій слугують важливим початковим матеріалом для обґрунтування необхідності та доцільності будівництва таких станцій, а також визначення їх технічних характеристик і параметрів.

Необхідність використання відновлювальних джерел енергії обумовлена тим, що більшість електричних станцій, що експлуатуються в Україні, вичерпали свій ресурс як технічно, так і морально. Загальні втрати електроенергії наразі становлять 30-35%.

Ці втрати пояснюються не лише технічним станом обладнання станцій і мереж, але й тим, що вони були побудовані 15-30 років тому і не відповідають сучасним потребам у споживанні електроенергії, що також призводить до збільшення втрат. Найбільшу частку загальних втрат становлять технічні втрати, що становлять приблизно 20% і залежать від технічного стану системи. Ці втрати можна і необхідно зменшити шляхом технічної реконструкції наявних локальних мереж.

Відновлювальні джерела енергії, зокрема сонячна енергія, заробляють все більшу популярність. Вони є екологічно чистими та економічно вигідними. Побудова сонячних електричних станцій дозволяє швидко повернути вкладені кошти і отримувати прибуток від них.

В умовах ринкових відносин в економіці та реформ ціноутворення, абсолютна ефективність (рентабельність) стає основним показником ефективності основних активів, які повторно вводяться на рівні підприємства, і це визначальний критерій доцільності капіталовкладень.

В якості економічного показника рекомендуються так звані дисконтні витрати. При спорудженні всієї ЕМ дисконтні затрати для кожного з варіантів визначають за формулою:

$$Z = K - Л + В/Е + Зб \quad (2.1)$$

де Z – дисконтні затрати, тис.грн; K – одноразові капітальні витрати, тис.грн; $Л$ – ліквідна вартість демонтованого обладнання; $В$ – амортизаційні витрати на реновацію та витрати на експлуатацію мережі; $Е = 0.1$ – норма дисконту; $Зб$ – можливий народногосподарський збиток від перерви електропостачання, викликані відключенням споживачів внаслідок пошкоджень елементів електричної мережі.

Відповідно до проведених розрахунків, капітальні витрати на проведення реконструкції ЕМ не передбачаються. Збільшення щорічних експлуатаційних витрат не передбачається, тому що використовується вже існуюче обладнання у повному об'ємі.

Визначимо зміну втрат електроенергії:

$$\Delta W = W_{\Pi} - W_p, \quad (2.2)$$

де W_{Π} – втрати електроенергії в мережі до проведення реконструкції;

W_p – втрати електроенергії в мережі після проведення реконструкції.

Відповідно до (2.2) для вихідної схеми реконструкції ЕМ зниження втрат електричної енергії за добу становить:

$$\Delta W_d = (88,8 - 54,2) * 24 = 830,4 \text{ (кВт·год.)}$$

за рік:

$$\Delta W_p = 22,2 * 365 = 194472 \text{ (кВт·год.)}$$

З урахуванням результатів попередніх розрахунків економічний ефект від запровадження проведених досліджень становить:

$$E = \varphi * \Delta W_p = 1,7 * 194472 = 840602,4 \text{ (грн.)},$$

де φ – тариф на електроенергію споживачів, грн./кВт*год.

Отже, виходячи з отриманих можна зробити висновок, що за допомогою критерій сумарного прибутку від експлуатації СЕС можна зменшити витрати на передачу електроенергії локальною електричною мережею.

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 1,7 МВТ

Проектовану чергу сонячної електростанції потужністю 1,7 МВт підключаємо до підстанції 110/10 «Балки», яка знаходиться на території Жмеринських електричних мереж, Барська дільниця АТ «Вінницяобленерго» (рисунок 3.1).

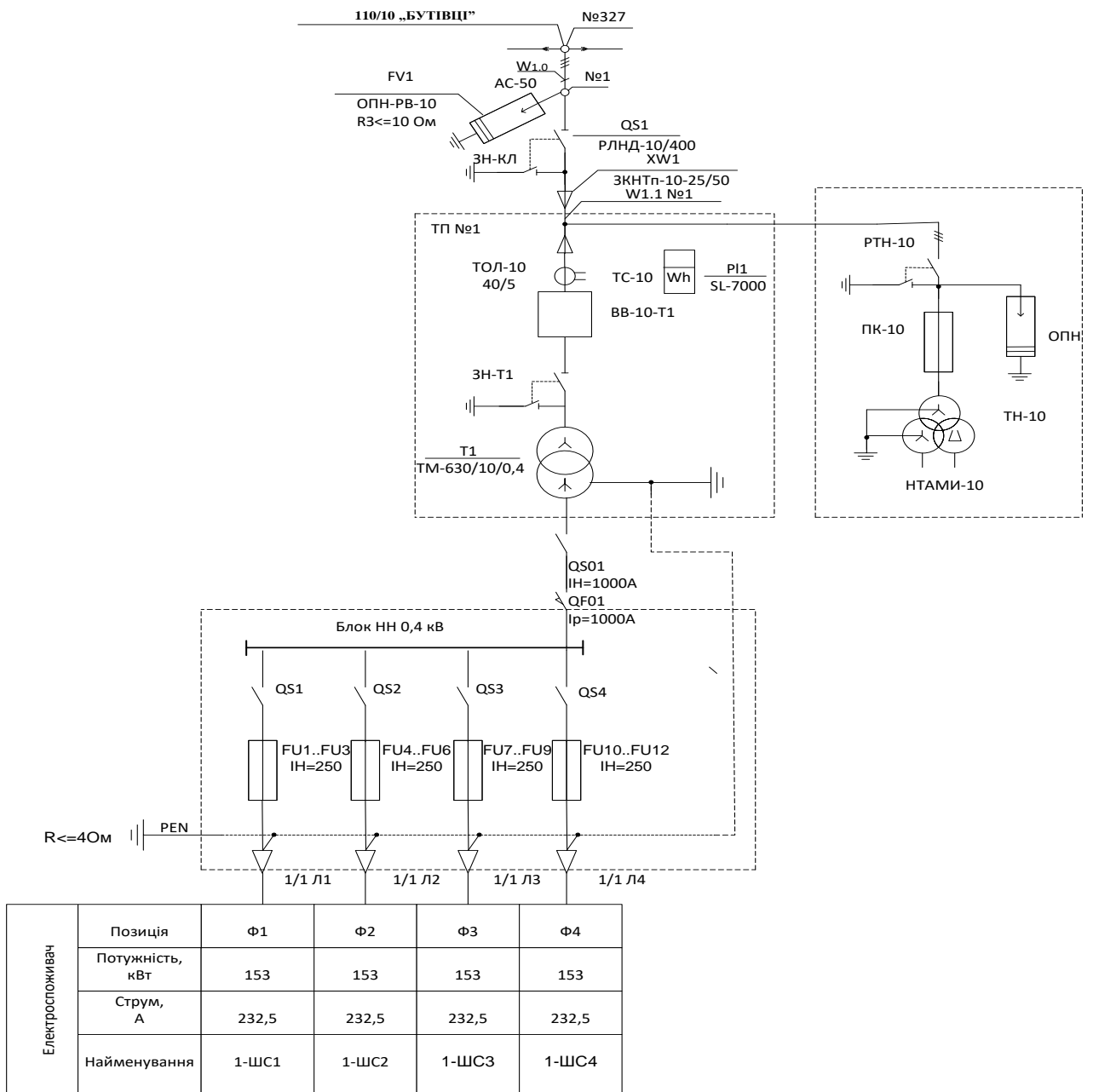


Рисунок 3.1 - Електропостачання

На рисунку 3.2 зображено план розміщення полікристалічних сонячних панелей.

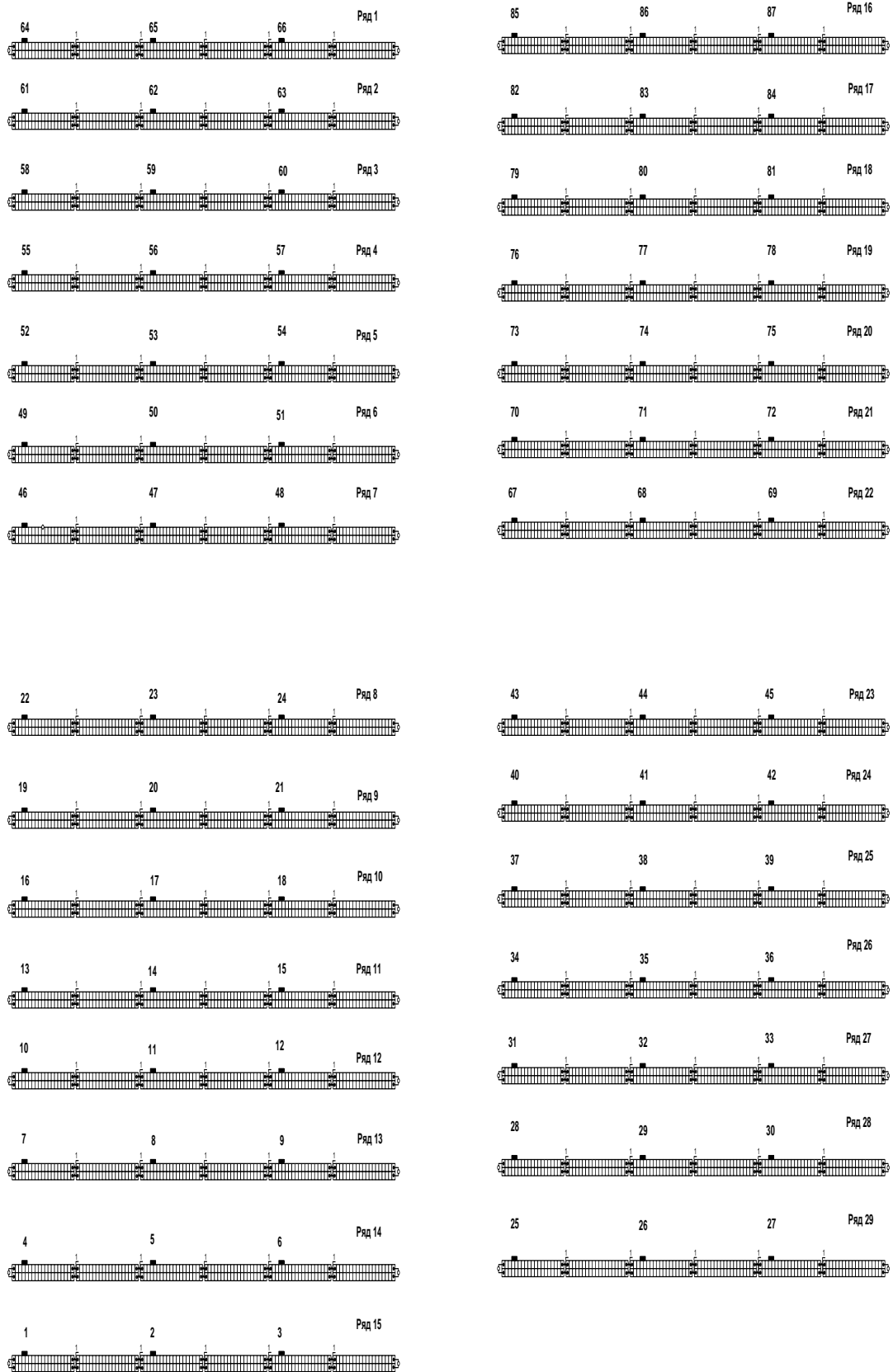


Рисунок 3.2 – Розміщення панелей

3.1 Вибір обладнання

Вибір вимикача 10 кВ проводиться за наступними показниками:

- номінальною напругою:

$$U_{ном.м.} \leq U_{ном.вим.},$$

$$10кВ \leq 10кВ;$$

- за найбільшою робочою напругою:

$$U_{мах.м.} \leq U_{мах.вим.},$$

$$12кВ \leq 12кВ;$$

- за робочим струмом в нормальному режимі:

$$I_{розр,мах} \leq I_{ном.},$$

$$I_{розр,мах} = \frac{S_{нав.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.об.тр.}} = \frac{1680}{\sqrt{3} \cdot 10} = 97 \text{ A},$$

$$97 (A) \leq 630(A);$$

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

$$I_{п,0} \leq I_{ном.відкл.},$$

$$12,5кА \leq 17,4кА,$$

$$i_{уд.} = \sqrt{2} \cdot I_{п,0} \cdot k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot 1,82 = 32,2кА,$$

$$i_{уд.} \leq i_{дин.},$$

$$32,2кА \leq 52кА;$$

- за термічною стійкістю вимикач перевіряється по тепловому імпульсу:

$$B_k \leq I_{мер}^2 \cdot t_{мер},$$

$$480,5 \leq 1200,$$

$$B_k = I_{п,0}^2 \cdot (t_{відк} + T_a) = 12,5^2 \cdot (3,025 + 0,05) = 480,5кА^2 \cdot с,$$

$$t_{відк} = (t_{р,з} + t_{отк,В}) = (3 + 0,025) = 3,025.$$

В якості лінійного вимикача 10 кВ вибрано вакуумний вимикач VD-4 1206-16.

Нижче, в таблиці 3.1 наведені результати електричних розрахунків перевірки вибраного вимикача 10 кВ.

Таблиця 3.1. Вибір параметрів ввідного вимикача 10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані VD-4 1206-16
$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$U_{\max} = 12 \text{ кВ}$	$U_{\max} = 12 \text{ кВ}$
$I_{\text{розр.мак}} = 97 \text{ А}$	$I_n = 630 \text{ А}$
$i_{\text{уд.}} = 32,2 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$

3.1.1 Лінійна комірka інверторної станції SMA ST17000TL

Вибір роз'єднувача 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:

$$U_{\text{мак.м.}} \leq U_{\text{мак.вим.}}$$

$$12 \text{ кВ} \leq 12 \text{ кВ}$$

- за робочим струмом в нормальному режимі:

$$I_{\text{розр.мак}} \leq I_{\text{ном.}}$$

$$I_{\text{розр.мак}} = \frac{S_{\text{нав.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.об.тр.}}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,4 \text{ А},$$

$$36,4(\text{А}) \leq 630(\text{А})$$

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

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

$$12,5 \text{ кА} \leq 17,4 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.о}} \cdot k_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot 12,25 \cdot 1,82 = 32,2 \text{ кА}$$

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

$$32,2 \text{ кА} \leq 52 \text{ кА}$$

$$t_{\text{відк}} = (t_{\text{р,з}} + t_{\text{отк,В}}) = (3 + 0,025) = 3,025$$

В якості лінійного роз'єднувача 10 кВ вибрано роз'єднувач типу РВР-10/2500 У2.

Нижче, в таблиці 3.2, наведені результати електричних розрахунків перевірки вибраних вимикачів 10 кВ.

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів роз'єднувача 10 кВ лінійної комірки інверторної станції SMA ST17000TL для РП-10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані РВР-10/2500 У2
$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{розр.мах}} = 36,4 \text{ А}$	$I_n = 2500 \text{ А}$
$i_{\text{уд.}} = 32,2 \text{ кА}$	$i_{\text{дин.}} = 125 \text{ кА}$

3.1.2 Трансформатори струму 10 кВ

В якості трансформаторів струму 10 кВ на ввідних приєднаннях вибрано ТРУ 40.23 400/5 0,5с/0,5/5Р; 2,5/5/10 ВА клас безпеки 5/5/10 (АВВ), тож перевіримо даний трансформатор струму за наступними характеристиками:

- за напругою устаткування:

$$U_{\text{уст}} \geq U_{\text{ном}},$$

$$10 \text{ кВ} \geq 10 \text{ кВ};$$

- за максимальним струмом навантаження:

$$I_n \geq I_{\text{розр.мах}},$$

$$400(\text{А}) \geq 36,4(\text{А});$$

– трансформатори струму за електродинамічною стійкістю не перевіряються так як стійкість даних трансформаторів струму визначається стійкістю шин РП ПС;

– за термічною стійкістю:

$$B_k \leq (K_T I_{1НОМ})^2 t_{ТЕР},$$

$$480,5 \leq (5 \cdot 400)^2 \cdot 1,$$

$$480,5 \text{кА}^2 \cdot \text{с} \leq 4000 \text{кА}^2 \cdot \text{с},$$

Таблиця 3.3 – Вибір параметрів лінійних трансформаторів струму 10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані ТРУ 40.23 400/5 0,5s/0,5/5P; 2,5/5/10 ВА клас безпеки 5/5/10 (ABB)
$U_n = 10 \text{кВ}$	$U_n = 10 \text{кВ}$
$I_{розр.мах} = 36,4 \text{А}$	$I_n = 400 \text{А}$
$i_{уд.} = 32,2 \text{кА}$	$i_{оин} = 52 \text{кА}$

3.1.3 Обмежувачі перенапруги комірок 10 кВ

Для ввідних та лінійних комірок 10 кВ обираємо ОПН-РТ/TEL 10/11.5. Перевіримо його за наступними характеристиками.

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 $U_{нр} = 12 \text{кВ}$. Для підвищення надійності роботи ОПН найбільша тривало допустима робоча напруга $U_{нр.опн}$ повинна становити не менше ніж:

$$U_{нр.опн} = k_3 \frac{U_{нр}}{\sqrt{3}} = 1,05 \cdot \frac{12}{\sqrt{3}} = 7,275 \text{кВ},$$

де $K_3 = 1,05$ - коефіцієнт запасу.

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

$$U_{ном.опн} = 1,25 \cdot U_{пр.опн} = 1,25 \cdot 7,275 = 9,094 \text{ кВ},$$

Вибір енергоємності ОПН

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

Визначення захисного рівня ОПН від грозових перенапруг

Для захисту від грозових перенапруг необхідно, щоб залишкова напруга на ОПН U_z під час протікання імпульсу струму довжиною 8/20 мкс з амплітудою 10 кА не перевищувала:

$$U_z = \frac{U_{доп.з.}}{k_n} = \frac{15}{1,4} = 10,71 \text{ кВ},$$

де $U_{доп.з.} = 15 \text{ кВ}$ – допустимий рівень грозових перенапруг для обмотки 10 кВ силового трансформатора (ГОСТ 1516.3-96);

$K_n = 1,4$ – коефіцієнт надійності.

Вибір ОПН за умови вибухобезпеки.

Струм захисної стійкості ОПН визначається за формулою:

$$I_{зах} = k_3 \cdot I_{кз},$$

де $I_{кз(3)} = 12,5 \text{ кА}$ - максимальне значення струму КЗ на шинах 10 кВ (для РП-10 кВ);

$K_3 = 1,2$ - коефіцієнт запасу.

$$I_{зах} = 1,2 \cdot 12,5 = 15 \text{ кА},$$

Таблиця 3.4 – Порівняльний аналіз розрахункових та каталожних характеристик ОПН 10 кВ для РП 10кВ

п/п	Розрахункові значення	Каталожні дані РТ/TEL 10/11.5
	$U_{нр.опн} = 7,275 \text{ кВ}$	$U_{нр.опн} = 11,5 \text{ кВ}$
	$U_{ном.опн} = 9,094 \text{ кВ}$	$U_{ном.опн} = 13,7 \text{ кВ}$
	$U_{\rho} = 10,71 \text{ кВ}$	$U_{\rho} = 35,8 \text{ кВ}$
	$I_{зах} = 15 \text{ кА}$	$I_{зах} = 20 \text{ кА}$

Отже, в даному розділі було вибрано обладнання для сонячної електростанції потужністю 1,68 МВт. Вибрано: вимикача типу VD-4 1206-16, роз'єднувачі – РВР-10/2500 У2, трансформатори струму ТРУ 40.23 400/5 0,5s/0,5/5Р; 2,5/5/10 ВА клас безпеки 5/5/10 (ABB) та обмежувачі перенапруг РТ/TEL 10/11.5. Також, показано схему електропостачання та план розміщення сонячних панелей.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРОЕКТОВАНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

4.1 Визначення сумарного прибутку від експлуатації ВДЕ на прикладі СЕС Балки

В листопаді 2016 ФЕС “Балки” стала частиною “вузла” сонячної генерації, який на той час складався ще з двох діючих станцій ФЕС “Бар” (6,05 МВт) та ФЕС "Верхівка" (2,8 МВт) і становив близько 16 МВт.

Сьогодні сумарна потужність енерговузла складає вже 22,25 МВт. На початку 2017 року до нього приєдналася ще одна електростанція “Копайгород” з піковою потужністю 7,3 МВт.

В роботі розглянемо одну із черг сонячної електростанції потужністю 1,7 МВт.

СЕС Балки видає електроенергію безпосередньо в електричну мережу 10 кВ через фідер №17 підстанції 110/10 кВ «Балки». Схема приєднання подана на рис. 4.1. Для зв'язку СЕС фідером на напрузі 10 кВ використовується повітряна ЛЕП довжиною 3,46 км. Параметри ЛЕП та трансформаторів наведено у табл.4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Параметри ЛЕП використані для розрахунку

Марка	Довжина	r_0	x_0	b_0	r	x	B
ААШВ 3х240	0.07	0.129	0.073	144	0.009	0.005	10.1
ААБ 3х150	3.05	0.208	0.079	138	0.634	0.241	420.9
ААШВ 3х240	0.34	0.129	0.073	144	0.044	0.025	49.0

Таблиця 4.2 – Параметри трансформаторів використані для розрахунку

Тип трансформатора	$S_{ном}$, кВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	$U_k(BC)$, %	dP_k , кВт	dP_x , кВт	dQ_x , кВар
ТМ-250/10	250	10	0.4	4.7	3.7	1.05	9.25

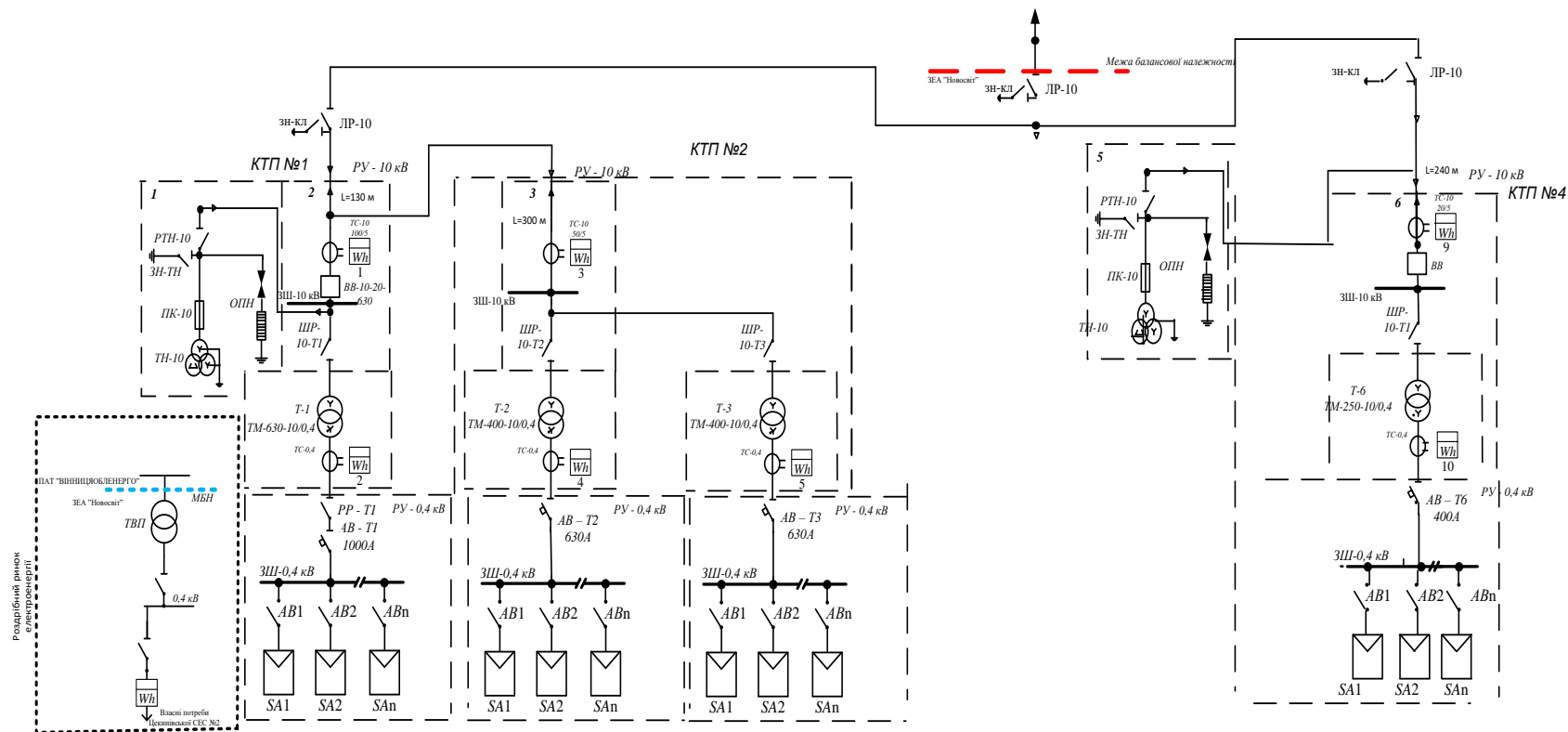


Рисунок 4.1 – Схема електричних з'єднань СЕС Балки

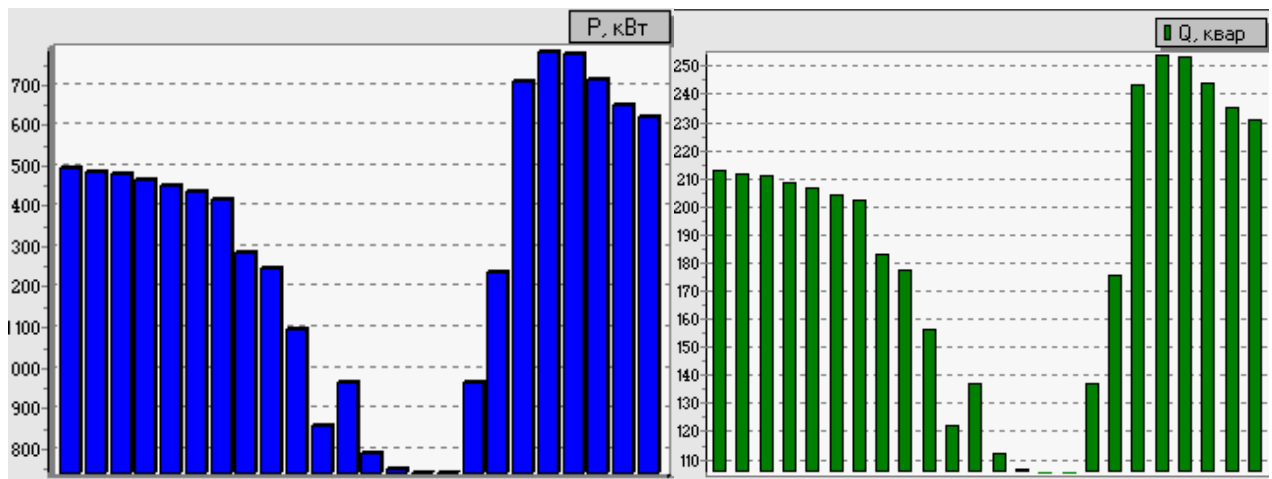


Рисунок 4.2 – Графіки навантаження по активній та реактивній потужності
ПС 110/10 «Балки» ф.№17

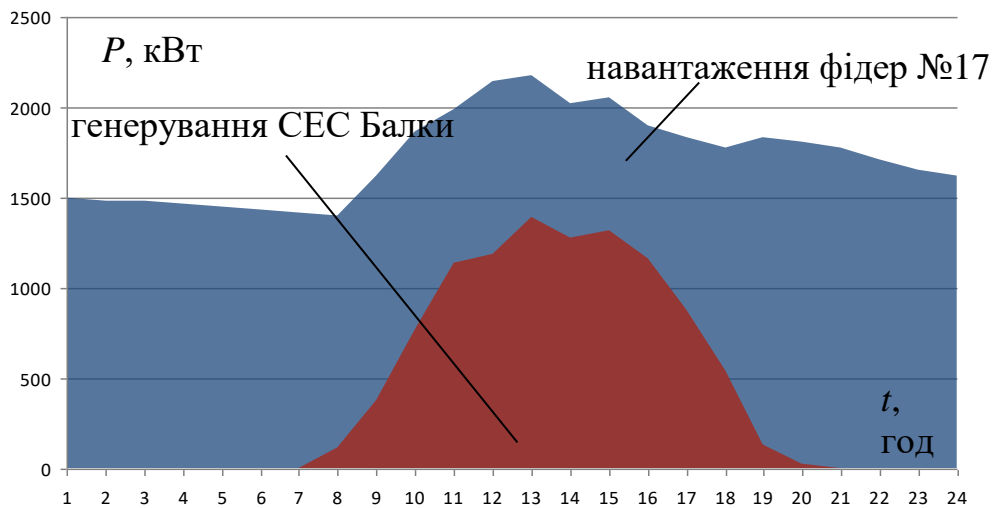


Рисунок 4.3 – Співвідношення графіків видачі потужності СЕС Балки та навантаження фідер №17 у режимі максимальних навантажень

Для розрахунку числового значення цільової функції використано тарифи на виробництво електроенергії СЕС Балки відповідно до постанови НКРЕ № 1678 від 29.09.2016 «Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію для приватних домогосподарств». Тарифи приведено у табл. 4.3.

Числове значення сумарного прибутку від експлуатації СЕС Балки за добу приєднаної на паралельну роботу у Барських ЕМ можна записати таким чином:

$$\Pi_{ВДЕ} = \sum_{i=1}^n u_i \cdot P_{ВДЕ_i} \cdot k_{\theta_i} \cdot T = 508,69 / 100 \cdot 1680 \cdot 0,8 \cdot 24 = 164083 (\text{грн.})$$

Таблиця 4.3 – «Зелені» тарифи на електричну енергію, вироблену суб'єктами господарювання на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії

№ з/п	Енергогенеруючі компанії	«Зелені» тарифи без ПДВ, коп/кВт·год
1	2	3
1	СЕС Балки	508,69

Отже, була визначена сума загального прибутку за добу від експлуатації СЕС Балки, приєднаної на паралельну роботу у Барських ЕМ, яка становить 164083 грн. «Зелені» тарифи а електричну енергію для об'єктів господарювання, що використовують альтернативні джерела енергії становлять 508,69 коп/кВт*год. Також, були дослідженні графіки навантаження по активній та реактивній потужностях та співвідношення графіків видачі потужності у режимі максимальних навантажень.

РОЗДІЛ 5

ВИЗНАЧЕННЯ ПО ОБ'ЄКТАХ ВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

У ТЕО прийняті рішення з реконструкції та технічного переоснащення існуючих РЕМ згідно вимог «Технічної політики...» на нових принципах і новій технічній базі з урахуванням необхідності забезпечення нормованого рівня надійності постачання електроенергії (потужності) споживачам у нормальному, аварійному і після аварійному режимах роботи електричних мереж відповідно до категорійності електроприймачів.

Вартості будівництва нових РЕМ 10 кВ з реконструкцією існуючих визначені згідно СОУ-Н МЕВ 45.2-37471933-44 «Укрупнені показники вартості будівництва підстанцій напругою від 6 кВ до 150 кВ та ліній електропередавання напругою від 0,38 кВ до 150 кВ. Норми».

Відповідно до ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 «Правила визначення вартості будівництва» у зв'язку з відсутністю укрупнених кошторисних нормативів для складання кошторисних розрахунків передбачено можливість (при виконання проектних робіт на початкових стадіях) застосування вартісних показників об'єктів - аналогів, а за їх відсутності допускається скласти кошторисні розрахунки з використанням укрупнених показників вартості будівництва – далі УПВБ.

Базис вартості будівництва об'єктів електричних мереж визначено на підставі таблиць наведених в СОУ-Н МЕВ 45.2-37471933-44:2011, а саме:

- таблиця 6.1. Опосередковані показники вартості будівництва вузлів ПС 110/35/10 (6), 110/10 (6) і 35/10 (6) кВ (у цінах станом на 01.04.10);

- таблиця 7.1. Опосередковані показники вартості будівництва РП 10(6) кВ, ЗТП 10(6)/0,4 кВ, КТП і ЩТП 10(6)/0,4 кВ (у цінах станом 01.04.15);

- таблиця 8.1. Опосередковані показники вартості будівництва ПЛ від 0,38 кВ до 110-150 кВ (у цінах станом 01.04.15);

- таблиця 9.1. Опосередковані показники вартості будівництва КЛ від 0,38 кВ до 35 кВ (у цінах станом 01.04.15);

- таблиця 10.1. Опосередковані показники вартості будівництва інших об'єктів електричних мереж (у цінах станом на 01.04.10).

Для приведення вартості будівництва до поточних цін (станом на 01.04.16) передбачено використання індексів цін на будівельно-монтажні роботи, індексів цін виробників промислової продукції та індексів споживчих цін до базового періоду. Вказані індекси зміни вартості прийняті за офіційними даними, що публікуються Мінрегіону України на офіційному веб сайті <http://www.minregion.gov.ua>, також дана інформація розповсюджується спеціалізованими виданнями, зокрема Збірником офіційних документів та роз'яснень «Ціноутворення у будівництві» (видає «НВФ «Інпроект») за відповідні періоди.

Розрахунки індексів станом на 01.04.10 до цін станом на 01.04.16:

Розраховані індекси зміни цін УПВБ по табл. 6.1. та табл. 10.1 станом на 01.04.10 до цін станом на 01.04.16 визначено на підставі даних наведених в листів Мінрегіону №21-20/381/0/6-11 від 18.01.11 та № 7/15-4830 від 25.04.16, множенням індексу зміни за період від 01.04.10 до 01.01.11 та індексу зміни за період від 01.01.11 до 01.04.16

– індекс цін на будівельно-монтажні роботи:

$$K_{\text{інф(бмр)}} = 1,06 \times 1,87 = 1,9822;$$

– індекс цін промислової продукції:

$$K_{\text{інф(обл)}} = 1,11 \times 2,27 = 2,5197$$

Індекси споживчих цін (інфляція) розраховані на підставі даних Державної служби статистики України, наведених в Збірниках офіційних документів та роз'яснень «Ціноутворення у будівництві» № 5, травень 2016, стор. 95:

– Індекс інфляції січень 2010 - грудень 2010 = 109,1 (9,1%), з даного показника розраховуємо посередній показник індексу інфляції квітень 2010 -

грудень 2010 за наступною формою = $1+0,091/12(\text{місяців в році}) * 8(\text{місяців до кінця року від квітня (включно)}) = 1,060667$;

– Індекс інфляції квітень 2010 - січень 2016 розраховано наступним чином:

– індекс інфляції квітень 2010 - грудень 2010 x індекс інфляції січень 2011 - грудень 2011 x індекс інфляції січень 2012 - грудень 2012 x індекс інфляції січень 2013 - грудень 2013 x індекс інфляції січень 2014 - грудень 2014 x індекс інфляції січень 2015 - грудень 2015 = $1,060667 \times 1,046 \times 0,998 \times 1,005 \times 1,249 \times 1,433 = 1,992$;

– Індекс інфляції квітень 2010 – квітень 2016 визначено множенням розрахованим індексом квітень 2010-січень 2016 на індекс січень 2016-квітень 2016 = $1,992 \times 1,051 = 2,0936$.

Розрахунки індексів станом на 01.04.15 до цін станом на 01.04.16:

Розраховані індекси зміни цін УПВБ по табл. 7.1., 8,1 та 9.1 станом на 01.04.15 до цін станом на 01.04.16 визначено на підставі даних наведених в листів Мінрегіону №7/15-12656 від 26.10.15 (з поясненням щодо застосування даних індекси змін станом на 01.01.16 – див. офіційний сайт Мінрегіону України) та № 7/15-4830 від 25.04.16, множенням індексу зміни за період від 01.04.15 до 01.01.16 та індексу зміни за період від 01.01.16 до 01.04.16:

– індекс цін на будівельно-монтажні роботи:

$$K_{\text{інф(бмр)}} = 1,04 \times 1,08 = 1,1232;$$

– індекс цін промислової продукції:

$$K_{\text{інф(обл)}} = 1,04 \times 1,08 = 1,1232;$$

Індекси споживчих цін (інфляція) розраховані на підставі даних Державної служби статистики України, наведених в Збірниках офіційних документів та роз'яснень «Ціноутворення у будівництві»:

№2, лютий 2016 стор. 111: індекс інфляції квітень 2015 – грудень 2015: $1,14 * 1,022 * 1,004 * 0,99 * 0,992 * 1,023 * 0,987 * 1,02 * 1,007 = 1,191403$;

№ 5, травень 2016, стор. 95: Індекс інфляції січень 2016- квітень 2016 = 1,051

Індекс інфляції квітень 2015 – квітень 2016 визначено множенням розрахованим індексом квітень 2015-грудень 2015 на індекс січень 2016-квітень 2016 = $1,191403 \times 1,051 = 1,2522$.

Економічний розрахунок вартості будівництва СЕС із переведенням електропостачання на номінальну напругу 10 кВ виконано відповідно до вимог ГКД 340.000.001-95 «Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Загальні методичні положення» та ГКД 340.000.002-97 «Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні системи».

Критерієм порівняльної економічної ефективності реконструкції розподільної мережі є мінімум сумарних дисконтованих витрат

$$Z_{\text{дс}} \rightarrow \min$$

За умови залучення інвестицій протягом одного року сумарні дисконтовані витрати визначають за формулою 1:

$$Z_{\text{дс}} = \frac{B}{E} + K - L, \quad (5.1)$$

де B – витрати на експлуатацію та обслуговування електричної мережі та витрати на покриття втрат електричної енергії; K – капіталовкладення в реконструкцію електричної мережі; L – ліквідна вартість устаткування, що демонтують; $E = 0,1$ – норма дисконту.

У виразі (5.1) слід враховувати тільки ті вартісні показники, які відрізняються в порівнюваних варіантах реконструкції мережі. Так, наприклад, ліквідна вартість устаткування, яке буде демонтоване, для обох порівнюваних варіантів однакова і може бути виключена зі складу формули (1).

5.1 Розрахунок показників економічної ефективності будівництва сонячної електростанції

Розрахунок капіталовкладень в реконструкцію електричних мереж переведенням електропостачання на номінальну напругу 10 кВ наведено в таблиці 5.1. Капіталовкладення в реконструкцію повітряних та кабельних ліній

в порівнюваних варіантах реконструкції мережі не відрізняються та можуть бути виключені із розрахунку.

Таблиця 5.1 – Розрахунок капіталовкладень в будівництво сонячної електростанції

Назва обладнання	Кількість	Сумарна вартість (грн)
Полікристалічні сонячні панелі <u>YINGLI SOLAR YL 235 P-29b</u>	6600	46200000
Інвертори мережеві On-grid <u>SMA ST17000TL</u>	87	1947060
КТП 0,4/10 - 630 кВА	1	63800
КТП 0,4/10 - 400 кВА	3	175230
Комплект металоконструкцій для наземного монтажу сонячних панелей	171	130000
Інше		120000
Всього		48636090

Розрахунок щорічних витрат на сонячної електростанції наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок щорічних витрат на експлуатацію електричних мереж

Назва обладнання	Норма витрат %	Витрати, грн./рік
Полікристалічні сонячні панелі <u>YINGLI SOLAR YL 235 P-29b</u>	2,4	1108800
Інвертори мережеві On-grid <u>SMA ST17000TL</u>	2,4	46729,44
КТП 0,4/10 - 630 кВА	1,4	893,2
КТП 0,4/10 - 400 кВА	1,4	2453,22
Комплект металоконструкцій для наземного монтажу сонячних панелей	2,4	3120
Інше	1,2	1440
Всього		1163435,86

Розрахунок щорічних витрат на покриття втрат електричної енергії в електричній мережі здійснено за даними максимального тарифу для споживачів - юридичних осіб АТ «Вінницяобленерго» 179,78 коп/кВт·год. Результати такого розрахунку наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок щорічних витрат на покриття втрат електричної енергії

Показник	Витрати
Сумарні втрати потужності в режимі максимальних навантажень, кВт	54,2
Втрати електричної енергії, кВт·год/рік	45559968
Тариф на покриття втрат, коп/кВт·год	179,78
Витрати на покриття втрат, тис. грн/рік	45792,98

Розрахунок сумарних зведених дисконтованих витрат на реконструкцію електричної мережі з переведенням живлення на 10 кВ наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок сумарних зведених дисконтованих витрат

Показник	Витрати
Капіталовкладення, тис. грн	48636090
Витрати на експлуатацію, тис. грн/рік	1163435,86
Витрати на покриття втрат е/е, тис. грн/рік	45792,98
Сумарні щорічні витрати, тис. грн/рік	49881433,57
Сумарні дисконтовані витрати, тис. грн.	60728378,4

5.2 Розрахунок періоду повернення капіталовкладень в реконструкцію електричної частини сонячної електростанції потужністю 1,68 МВт.

Розрахунок періоду повернення капіталовкладень в реконструкцію електричних мереж АТ «Вінницяобленерго» із переведенням електропостачання виконано відповідно до вимог ГКД 340.000.002-97 «Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні системи».

Період повернення капіталу дорівнює року розрахункового періоду, після якого кумулятивна сума чистих грошових потоків переходить із від'ємної зони в додатну і визначається за виразом

$$\Pi_{\text{дс}} = \sum_{t=1}^{T_n} \Pi_{\text{чт}} / (1 + E)^t = 0,$$

де $\Pi_{\text{чт}}$ – чистий прибуток в t -й рік розрахункового періоду.

На діаграмі рис. 5.1. проілюстровано розрахунок періоду повернення капіталовкладень для електричної мережі з урахуванням зростання об'ємів переданої електроенергії на перспективу 15 років та врахуванням динаміки зменшення витрат на покриття втрат електроенергії.

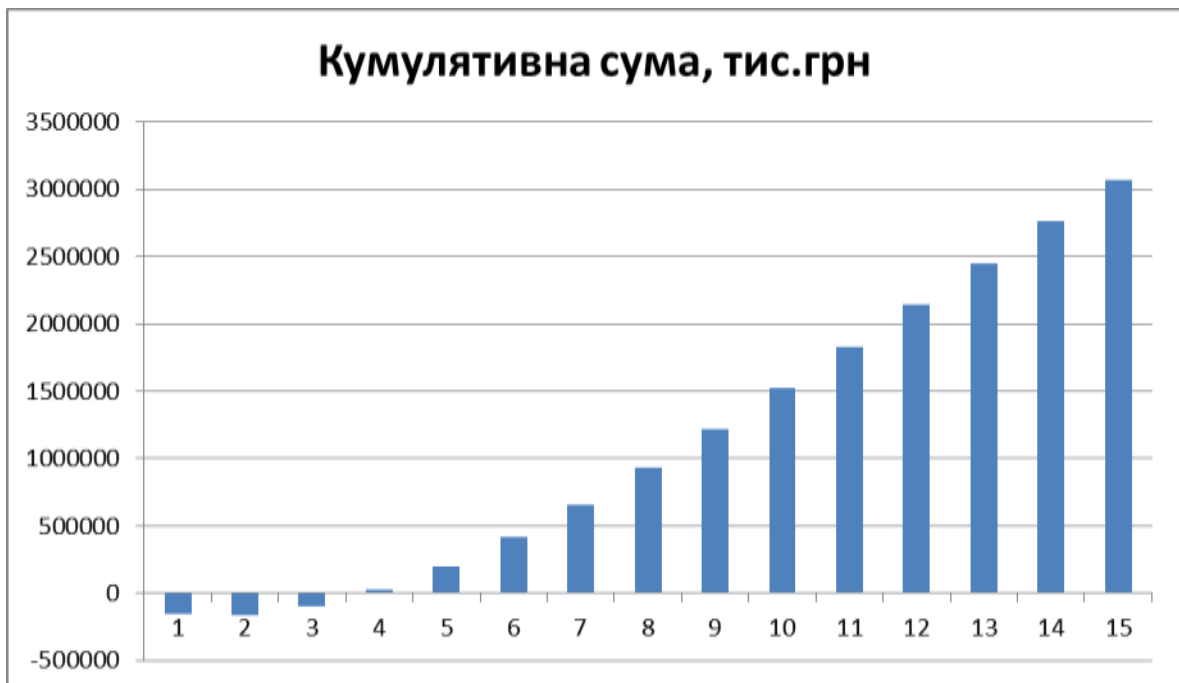


Рисунок 5.1 - Динаміка зміни кумулятивної суми чистих грошових потоків для варіанту реконструкції розподільної електричної мережі із переведенням живлення на номінальну напругу 10 кВ

Отже, з аналізу даної діаграми, наведеної на рисунку 5.1 видно, що період повернення капіталовкладень для електричної станції потужністю 1,7 МВт складає від 3 до 5 років залежно від об'ємів зростання електроспоживання та зменшення витрат на покриття втрат електроенергії за рахунок підвищення класу номінальної напруги. Тому дана електростанція є економічно вигідною, її будівництво принесе великі прибутки за відносно малі терміни.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Удосконалення нормативної бази України з електробезпеки для персоналу електричних станцій та систем

Вибір Україною стратегічного курсу на інтеграцію до Європейського Союзу (ЄС) обумовлює нагальну потребу гармонізації національного законодавства до законодавства ЄС. Необхідність впровадження змін до чинного закону ґрунтується не тільки на орієнтації України в бік ЄС, а й на тому факті, що чинне законодавство та його принципи не завжди відповідають сучасним реаліям і фактично не забезпечують створення законодавчих засад цілковитої безпеки й захисту здоров'я працівників в умовах робочого середовища, адекватних ЄС. Так сучасний стан промислової безпеки та охорони праці на підприємствах, що перебувають у сфері управління Міненерговугілля України, не можна вважати задовільним. Коефіцієнт частоти нещасних випадків зі смертельними наслідками значно перевищує рівень європейських країн.

На перспективу до 2030 року в об'єднаній енергосистемі України буде зберігатися стратегія розвитку основних електричних мереж, згідно з якою функції передачі та розподілу електричної енергії для забезпечення паралельної роботи з енергосистемами інших країн залишаються за мережами 330 і 750 кВ. Проте стан магістральних електричних мереж з року в рік погіршується, більшість основного устаткування трансформаторних підстанцій вичерпали свій розрахунковий технічний ресурс, що потребує збільшення кількості проведення ремонтних робіт і, відповідно, призводить до підвищення ризику електротравматизму.

Оцінювання вказаного ризику передбачає основна директива Європейського Союзу 89/391/ЄЕС та підпорядковані їй спеціальні директиви з безпеки праці на робочих місцях (89/654/ЄЕС, 89/655/ЄЕС, 90/269/ЄЕС та ін.).

Сьогодні актуальним є: приведення нормативно-правової бази України в галузі охорони праці у відповідність до сучасних вимог законодавства ЄС з урахуванням оцінки ризиків електротравмування й захисту здоров'я працівників в умовах робочого середовища, формування на базі трьох чинних в Україні систем стандартів безпеки праці (міждержавної Системи стандартів безпеки праці (ССБП)), міждержавних без ССБП та державних стандартів безпеки з єдиною термінологічною і понятійною базами.

Мета дослідження. На основі комбінованого підходу розробити шляхи удосконалення нормативно-правових актів України з електробезпеки до європейського законодавства щодо захисту персоналу електричних станцій та систем від дії електричної енергії.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень електромагнітного поля в електроустановках 330–750 кВ довели, що оцінювання електробезпеки перебування персоналу в електромагнітному полі електроустановок НВН за напруженістю електричного поля промислової частоти, відповідно діючих норм, неоднозначно визначають вибір захисних засобів (екранів і тому подібне) в неоднорідних полях, що характерно для відкритих розподільних установок НВН, при роботі на струмовідних частинах та поблизу заземлених конструкцій. Чинні в Україні стандарти, які гарантують безпеку праці людини в електричному полі промислової частоти, не враховують: імовірнісний та причинно-наслідковий характер електротравм, параметри конкретного працівника та взаємозв'язок з кількістю енергії, поглинутої його тілом.

Проведений аналіз відомих підходів та методів оцінювання ризику травматизму від дії небезпеки на людину, дозволив розробити класифікацію методів кількісного оцінювання ризику травматизму, що дало змогу запропонувати нову методологію оцінювання та аналізу ризику електротравматизму в електроустановках НВН для розв'язання задачі мінімізації ризику електротравматизму в електроустановках НВН за обраним шляхом.

Запропонована методологія, відповідно до, ґрунтується на новому – комбінованому підході, який дозволяє врахувати системний, ризик-орієнтовний та енергетичний (враховує значення гранично допустимої енергії, що поглинається тілом працівника, під час виконання робіт в електроустановках НВН) підходи та дає можливість розв’язувати задачі оцінювання та аналізу ризику електробезпеки з урахуванням обраної стратегії.

Застосування комбінованого підходу, відповідно до, стало теоретичним обґрунтуванням для удосконалення конкретних методів оцінювання ризику травматизму: логіко-графічних методів – «дерева подій» та «дерева відмов», методу «пробіт-функції», матричного методу «вірогідність небезпеки – збитки» і їх подальшого розвитку при розв’язування задач мінімізації ризику електротравматизму в електроустановках НВН що дало змогу авторам внести пропозиції щодо адаптуванні нормативно-правових актів України з електробезпеки до європейського і міжнародного законодавства.

Гармонізація стандартів потребує внесення змін в міждержавному ГОСТ 12.0.003–74 ССБП «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація» в якому вказані лише «небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися крізь тіло людини» і нема згадки про шкідливу дію електричної енергії, яка пов’язує низку параметрів, від яких залежить ступінь електротравми.

Пропонується у ГОСТ 12.1.002–84 та ДСанПіН 3.3.6.096-2002, нормування гранично допустимого часу T , год. та напруженості електричного поля ПЧ E , кВ\м здійснювати з урахуванням встановленого значення гранично допустимої енергії за запропонованою залежністю та виразом відповідно (6.1):

$$t_{дон.} = \frac{200 \cdot k}{E^2}, \quad E = \sqrt{\frac{200 \cdot k}{T}} \quad (6.1)$$

де k – поправковий коефіцієнт, який враховує масу конкретної людини.

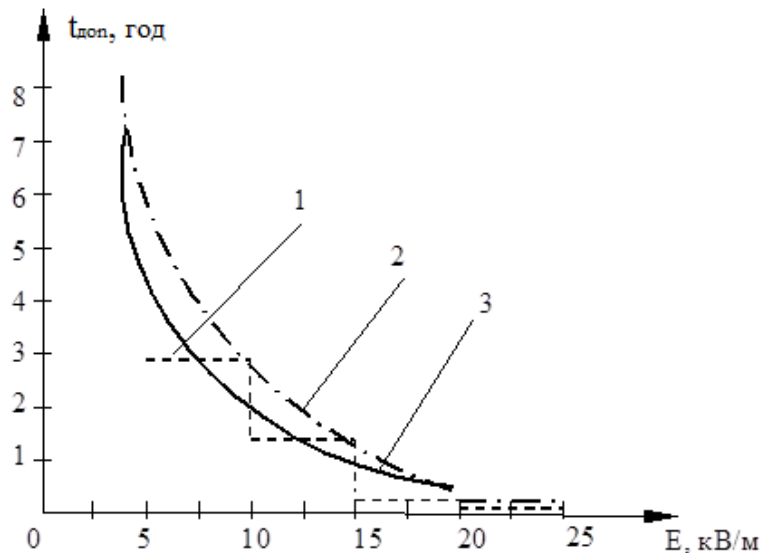


Рисунок 6.1 – Графіки залежностей допустимого часу перебування в електричному полі від напруженості ЕП ПЧ

На рис. 6.1 наведені залежності припустимого часу перебування в ЕП ПЧ від напруженості поля для ГОСТ 12.1.002-75 – крива 1, ГОСТ 12.1.002-84 та ДСанПіН 3.3.6.096-2002 – крива 2 та залежність, що пропонується, – крива 3.

З наведених залежностей (рис. 6.1) можна зробити висновок, що дотримання вимог щодо допустимого часу перебування людини під впливом електричного поля промислової частоти (ЕП ПЧ) у діапазоні від 10 до 15 кВ/м зменшує ризик професійно обумовленого захворювання для електротехнічного персоналу, що перебуває в зоні дії електричного поля електроустановок НВН, на відміну від норм, що діють на даний час в Україні.

У нормативних документах з електробезпеки персоналу від дії ЕП ПЧ при встановленні допустимих діючих значень струмів промислової частоти та часу його дії для тіла працівника середньої маси, що обслуговує або виконує роботи в електроустановках НВН, авторами пропонується використовувати отриману залежність (6.2) між допустимим дійсним значенням струму промислової частоти $I_{h,доп.}$, мА, що протікає по тілу людини, часом його дії та дійсним значенням напруги дотику $U_{доп.}$, В з урахуванням маси реальної людини та значення допустимої енергії.

$$I_{h,доп.} = \frac{0,36k}{U_{доп.} \cdot t}, \quad (6.2)$$

де t – тривалість дії електричного струму на людину, *сек.*

Запропоновано розробити та ввести в дію стандарти, щодо оцінювання ризиків електротравматизму та професійно обумовленого захворювання працівників електроустановок НВН від дії ЕП ПЧ. Оцінювання зв'язків технологічних параметрів електробезпеки з ймовірністю ризику електротравматизму R , % від дії електричної енергії пропонується проводити за отриманим, відповідно до, виразом пробіт-функції (6.3):

$$R = 2,5 + 0,7 \cdot \ln(W_{h.}/W_{h.don.}). \quad (6.3)$$

Отриманий вираз (6.3) дозволяє обчислювати значення ймовірності щодо загрози безпеки людини від дії електричної енергії. Запропоновані результати розрахунків ймовірності загрози здоров'ю працівника від дії електромагнітного поля ПЧ, тобто ступінь перевищення допустимого рівня електричної енергії (разів), наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Приклад оцінювання ймовірності реалізації загрози від дії електричної енергії з урахуванням гігієнічної класифікації праці та за запропонованим виразом пробіт-функції

Фактор виробничого середовища	Клас умов праці					
	Допустимий 2	Шкідливий 3				Небезпечний 4
		1 ступінь 3.1	2 ступінь 3.2	3 ступінь 3.3	4 ступінь 3.4	
Клас умов праці за методикою, що пропонується						
Електрична енергія ПЧ (50 Гц)	≤ ГДР	1,1–3,0	3,1–5,0	5,1–10,0	10,1–40	>40
	ймовірність реалізації загрози	0,0007-0,04	0,041-0,083	0,084-0,2	0,21-0,53	0,54-1

З табл. 6.1 видно, що величина ризику, яка визначається за пробіт-функцією, змінюється від 0 до 1. Зіставлення рівнів наслідків та ймовірностей з відомими з практики наслідками дозволяє запропонувати ймовірнісний опис класів (категорій) за професійно обумовленого ризику для здоров'я персоналу від дії електричної енергії: перший клас (умови праці оптимальні) – ризик відсутній; другий клас (умови праці допустимі) – припустимий ризик; третій

клас (шкідливі умови праці) – ступені: 3.1 – дуже малий ризик; 3.2 – малий ризик; 3.3 – середній ризик; 3.4 – високий ризик; четвертий клас (умови праці небезпечні) – занадто високий ризик.

За значенням ризику професійного захворювання від дії електричної енергії ПЧ за табл.6.1 можна передбачати черговість та час проведення заходів щодо його зниження. З урахуванням теоретичних досліджень запропоновано при занадто великих, високих та середніх значеннях ризику електротравматизму та професійно обумовленого захворювання від дії ЕП ПЧ (0,084 – 1) проводити моніторинг стану електробезпеки.

Оцінювання ризику професійного захворювання від дії ЕП ПЧ за полягає у визначенні величини та міри ризику в залежності від, яких повинні передбачатися черговість та час проведення заходів та дій щодо зниження ризику виникнення електротравми та професійно обумовленого захворювання. Так при занадто великих значеннях ризику електротравматизму та професійно обумовленого захворювання 0,54-1 повинно проводитися постійний моніторинг стану безпеки та передбачатися негайне зменшення ризику. Прикладом практичної реалізації такого рішення в електроустановках НВН, відповідно до , є спосіб забезпечення електробезпеки при виконанні робіт на струмопровідних частинах електроустановок надвисоких класів напруги. При значеннях високого 0,21-0,53 та середнього 0,084-0,2 ризиків бажано також проводити постійний контроль стану безпеки, зменшення ризику обов'язкове в короткий термін. При малих 0,041-0,083 та дуже малих значеннях ризику 0,0007-0,04 вимагатиметься його зниження до припустимого в установлений термін і при низьких значеннях спеціальні заходи щодо зниження ризику не потрібні але його все ж потрібно контролювати для працівників певної групи (інваліди та ін.), що потребують додаткового захисту.

В нашій країні слід активізувати роботу з узгодження вимог, законів та нормативноправових актів у відповідності директивам ЄС. Розроблені авторами на основі комбінованого підходу пропозиції по удосконалення нормативної бази України з електробезпеки дають змогу враховувати ризик

електротравматизму персоналу електричних станцій та систем НВН від дії електричної енергії, обґрунтовувати заходи щодо його мінімізації та адаптувати вимоги нормативноправових актів з електробезпеки України у відповідності з директивами ЄС.

6.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

У разі виникнення надзвичайної ситуації на СЕС, суб'єкти електроенергетики зобов'язані діяти відповідно до стандартів операційної безпеки функціонування об'єднаної енергетичної системи України та виконувати оперативні команди та розпорядження суб'єкта господарської діяльності, що здійснює диспетчерське (оперативно – технологічне) управління об'єднаною енергетичною системою України. Електроенергетика є однією з базових галузей економіки України й одною з декількох природних монополій. Наявний виробничий потенціал повністю забезпечує тепловою й електричною енергією промислові підприємства й населення України.

Розглянемо безпеку роботи електричної частини сонячної електростанції в умовах дії іонізуючих випромінювань і електромагнітного імпульсу.

Серед потенційно небезпечних виробництв особливе місце посідають радіаційно-небезпечні об'єкти. Вони являють небезпеку для людей навколишнього природного середовища, ЕОМ, електрообладнання. Радіоактивне випромінювання діючи на матеріали і елементи сонячної станції приводить до суттєвих змін в роботі. Дія іонізуючих випромінювань залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища.

Елементи сонячної електростанції (фотогальванічні панелі, інвертори, силові трансформатори, вимикачі, трансформатори струму і напруги, обмежувачі перенапр, роз'єднувачі та запобіжники) по різному реагують на

іонізуючі випромінювання. Найбільш чутливі до радіації метали, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Конструювання СЕС стійкої до іонізуючого опромінення, передбачає вибір матеріалів та елементної бази, а також конструктивних рішень, які зменшують вплив радіації. В елементах СЕС радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів СЕС, що призводить до пошкодження апаратури.

Електромагнітний імпульс діє на електронні прилади і являє собою велику небезпеку для електронної апаратури. Оскільки електричні установки сонячної електростанції включають в себе електронні прилади, релейний захист, систему сигналізації та ін., то електромагнітний імпульс безпосередньо є небезпечним для елементів СЕС. Слід пам'ятати про те, що захист електричних елементів станції від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу. Дані елементи можуть вийти з ладу, знаходячись в надійно захищених спорудах, або на досить значній відстані.

6.2.1 Дослідження безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції при дії іонізуючих випромінювань

Критерієм оцінки безпеки роботи об'єкта в умовах дії іонізуючих випромінювань є максимальне значення експозиційної дози або потужності дози, що може викликати зміни параметрів елементної бази розподільчого пункту з порушенням роботи системи.

Експлуатаційний термін елементної бази $-1_k = 10$ років = 87600 год.

Елементи, від яких залежить функціонування СЕС є запобіжники, трансформатори, вимикачі, роз'єднувачі, обмежувачі перенапруг, інвертори.

$D_{гр} = 10^4$ Р – доза гамма-випромінювання для обладнання СЕС (таблиця 6.2).

Максимально допустимий рівень радіації на об'єкті:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{осл}}, [P] \quad (6.5)$$

$$P_{1\max} = \frac{D_{зр} \cdot K_{носл}}{2 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}, [P/\text{ГОД}] \quad (6.6)$$

$$P_{1\max} = \frac{10^4 \cdot 3}{2 \cdot (\sqrt{86000} - \sqrt{1})} = 50,8, (P/\text{ГОД}) \quad (6.7)$$

Визначаємо допустимий час роботи РЕА за наступною формулою

$$t_{дон} = \left(\frac{D_{зр} \cdot K_{носл} + 2 \cdot P_{1\max} \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_{1\max}} \right)^2, [\text{ГОД}] \quad (6.8)$$

$$t_{дон,пр} = \left(\frac{10^4 \cdot 3 + 2 \cdot 50,8 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 50,8} \right)^2 = 87697574(\text{год}).$$

Таблиця 6.2 – Граничні значення експозиційних доз.

№	ЕМ	Частини системи	Елементи	$D_{зр1},$ [P]	$D_{зр},$ [P]
1	Основна частина СЕС	Панелі	Фотогальванічна панель YINGHSOLAR YL	10^5	10^4
		Трансформаторні підстанції	Інвертор SMA ST1700TL	10^4	
			Силовий трансформатор 400 кВА	10^7	
			Силовий трансформатор 630 кВА	10^7	
2	Розподільчий пристрій	Ввідна комірка	Вимикач VD-4	10^6	
			Обмежувач перенапруг ОПН-РТ/TEL	10^5	

Електрична частина сонячної електростанції буде працювати безпечно в умовах дії іонізуючого випромінювання при $P_1 < 50,8 \text{ Р/год}$. Отже, допустимий час стійкості роботи СЕС в заданих умовах становить 87697574 год.

6.2.2 Дослідження безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції в умовах дії електромагнітного імпульсу.

У нашому випадку: напруга живлення: $U_{ж}=360\pm 5\% \text{ В}$ та $U_{ж}=220\pm 5\% \text{ В}$, коефіцієнт безпеки для всіх ділянок : $K_{бг} = 40$.

В зв'язку з тим, що окремі елементи цих систем можуть мати різні значення коефіцієнтів безпеки, безпека роботи системи в цілому визначається мінімальним значенням коефіцієнта безпеки.

За критерієм безпеки роботи СЕС в цих умовах приймається коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ВЖ}} [\text{дБ}]; \quad (6.9)$$

Де U_d – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{В(\Gamma)}$ – напруги наведені у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних системах, В.

Оцінку безпеки роботи проводимо в наступній послідовності:

Максимальну довжину горизонтальних та вертикальних струмопровідних частинах: $I_{г1} = 3,6 \text{ м}$, $I_{г1} = 5,4 \text{ м}$, $I_{г2} = 3,2 \text{ м}$, $I_{г2} = 5 \text{ м}$.

Допустиме коливання напруги живлення дорівнює:

$$U_{дон} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N [B], \quad (6.10)$$

$$U_{д1} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 (B).$$

$$U_{д1} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 (B).$$

Визначаємо напругу наведену у вертикальних струмопровідних частинах:

$$K_{БГ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ВЖ}}, [\partial B]; \quad (6.11)$$

$$U_B = U_D / 10^{0,05 \cdot 40}, (B);$$

$$U_B = 399 / 10^{0,05 \cdot 40}, (B);$$

$$U_{B1} = 3,99 (B);$$

$$U_{B2} = 2,31 (B).$$

Визначимо горизонтальну складову напруженості електричного поля E_Γ з формулами:

$$U_B = E_\Gamma \cdot l_B [B] \quad (6.12)$$

де l_B – максимальна довжина струмоведучих частин, м.

Тоді:

$$E_{\epsilon 1} = \frac{U_{\epsilon 1}}{l_{\epsilon 1}} = \frac{3,99}{5,4} = 0,73 (B / м) ,$$

$$E_{\epsilon 2} = \frac{U_{\epsilon 2}}{l_{\epsilon 2}} = \frac{2,31}{5} = 0,462 (B / м) ,$$

Вертикальна складова напруженості електромагнітного поля E_B визначається з формули:

$$E_z = 10^{-3} \cdot E_\epsilon (B / м) , \quad (6.13)$$

Звідки

$$E_{e1} = \frac{U_{e1}}{10^{-3}} = \frac{0,73}{10^{-3}} = 730 \text{ (В/м)} ,$$

$$E_{e2} = \frac{U_{e2}}{10^{-3}} = \frac{0,462}{10^{-3}} = 462 \text{ (В/м)} ,$$

Обладнання буде стабільно працювати при умові, що вертикальна і горизонтальна складові напруженості електромагнітного поля для $U_{ж} = 380\text{В}$ не будуть перевищувати значень $E_{в1} = 730 \text{ В/м}$ і $E_{г1} = 0,73 \text{ В/м}$, а для $U_{ж} = 220\text{В}$ - $E_{в1} = 462 \text{ В/м}$ і $E_{г1} = 0,462 \text{ В/м}$.

Для підвищення стійкості необхідно використовувати екранування.

6.2.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції в умовах надзвичайних ситуацій.

Для захисту апаратури від іонізуючих випромінювань застосовуються різної конструкції екрани і кожухи. Найважливіші вимоги до матеріалів, з яких виготовляють захисні пристрої такі, до складу матеріалів яких повинні входити елементи з великою атомною масою; захисні матеріали повинні включати легкі елементи.

Для підвищення безпеки роботи електрообладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань застосовують: раціональне просторове розміщення вузлів і схем системи; вибір найбільш стійких до впливу ЕМІ функціональних елементів систем; створення стійких електронних схемних рішень.

Розрахуємо товщини захисних екранів:

$$t = \frac{A}{5.2\sqrt{15000}} \text{ [см]}; \quad (6.14)$$

$$t_1 = \frac{58,9}{5,2\sqrt{15000}} = 0,14 \text{ (см)} .$$

Отже, безпечна робота СЕС в умовах дії ЕМП буде забезпечена, при $t \geq 1,14$ мм.

Висновок: Отже, елементи сонячної електростанції стійкі в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи в заданих умовах становить 87697574 год., при $P_1 < 50,8$ Р/год. Можлива доза опромінення елементів не перевищує допустиму, а отже знаходиться в межах норми. Для підвищення безпеки роботи електричної частини сонячної електростанції було використано екранування, з екраном не менше 1мм.

При оцінці роботи даної СЕС в умовах електромагнітного імпульсу було розглянуто два блоки: основна частина СЕС і розподільчий пристрій. Аналіз цих блоків полягав у визначенні їхніх коефіцієнтів безпеки, які і використовувалися як критерій стійкості. Провівши цей аналіз можна сказати, що для його захисту слід застосовувати екранування. В якості матеріалу для екранування було вибрано сталь, товщина стінки екрану становить не менше 0,1 см.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі було досліджено електричну частину сонячної електростанції з потужністю 1,7 МВт та її вплив на режими роботи електричної мережі. Основні результати досліджень можна узагальнити наступним чином:

З метою забезпечення стійкості роботи, якості електроенергії, диспетчерського керування та уникнення технічних проблем, пов'язаних з паралельною роботою відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в енергосистемі, необхідно розробити єдиний стандарт для під'єднання ВДЕ до електричної мережі в Україні. Цей стандарт повинен враховувати стратегію розвитку електричних мереж та впровадження концепції Smart Grid. Впровадження єдиного стандарту розширить можливості використання відновлюваних джерел енергії та поліпшить взаємодію між суб'єктами енергосистеми в режимі реального часу.

Аналіз досвіду розв'язання задач оптимізації локальних електричних мереж з використанням відновлюваних джерел енергії в різних країнах дозволив систематизувати ці задачі та вивчити можливості їх комплексного застосування для оптимізації режимів локальних електричних систем. Одним з критеріїв оптимізації є максимізація прибутку від виробництва електричної енергії сонячної електростанції з урахуванням її впливу на роботу електричної мережі.

Вибір правильної конфігурації схеми під'єднання сонячної електростанції до електричної мережі є важливим для ефективного використання. Оптимізація схеми під'єднання до електричної мережі повинна здійснюватися шляхом аналізу додаткових втрат потужності, які виникають внаслідок підключення сонячної електростанції до локальної електричної системи.

В результаті проектування сонячної електростанції "Балки" та її приєднання до електричних мереж "Барських" визначено, що оптимальним

варіантом є підключення до фідера №17 підстанції "Балки" з напругою 110 кВ. Збільшення встановленої потужності призводить до збільшення втрат потужності та погіршення якості напруги, що суперечить умовам видачі електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відновлювана енергетика XXI століття: X міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011. – 396 с.
2. Відновлювана енергетика XXI століття: XI міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011. – 405 с.
3. R. W. Wies, R. A. Johnson, J. Aspnes. Design of an energy efficient standalone distributed generation system employing renewable energy sources and smart grid technology // Proceedings of IEEE Power & Energy Society General Meeting. – 2010. – P. 1-8.
4. Кириленко О. В., Трач І. В. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації / О. В. Кириленко, І. В. Трач // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2009. – Вип. 24. – С. 3–7. – ISSN 1727-9895.
5. A. Kim, H. Seo, G. Kim, M. Park, I. Yu, Y. Otsuki, J. Tamura, S. Kim, K. Sim, K. Seong. Operating characteristic analysis of hts smes for frequency stabilization of dispersed power generation system // IEEE Transmitting On Applied Superconductivity. – 2010. – Vol. 20. – № 3. – P. 1334-1338.
6. Sharat Ranjan. Decentralised power generation and distribution // Proceedings of the Himalayan Small Hydropower Summit. – Dehradun, India. – 2006. – P. 147-155.
7. Taro Kondo, Jumpei Baba, Akihiko Yokoyama. Voltage control of distribution network with a large penetration of photovoltaic generations using facts devices // IEEE Transactions on Power and Energy. – 2006. – Vol. 126. – № 3. – P. 347-358.
8. B. Mahdad, K. Srairi and T. Bouktir. Optimal coordination and penetration of distributed generation with shunt facts using ga/fuzzy rules // Journal of Electrical Engineering & Technology. – 2009. – Vol. 4. – № 1. – P. 1-12.

9. H. Hatta, S. Uemura and H. Kobayashi. Cooperative control of distribution system with customer equipments to reduce reverse power flow from distributed generation // Proceedings of IEEE Power&Energy Society General Meeting. – 2010. – P. 1-6.

10. Буцьо З. Ю. Мала гідроенергетика: світовий досвід і перспективи розвитку в Україні / З. Ю. Буцьо, Л. М. Луцюк, О. В. Гаврюк // Електропанорама. – 2011. – №6. – С. 47–51.

11. Лежнюк П. Д. Оптимальне керування розосередженими джерелами енергії в локальній електричній системі / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. А. Ковальчук // Праці Інституту електродинаміки НАН України. Збірник наукових праць. Спеціальний випуск. Ч. 1. – 2011. – С. 48–55. – ISSN 1727-9895.

12. Кириленко А. В. Оптимизация режимов энергосистем в условиях рынка / А. В. Кириленко, В. Л. Прихно // Праці Інституту електродинаміки НАН України. Спеціальний випуск. Енергетичні ринки: перехід до нової моделі ринку двосторонніх контрактів і балансуючого ринку. – К.: 2009. – С. 3–10.

13. Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.

14. NIST Releases Report on Smart Grid Development // National Institute of Standards and Technology (USA) – Recognized Standards for Inclusion In the Smart Grid Interoperability Standards Framework, Release 1.0 (електронний ресурс).
Режим доступу: http://collaborate.nist.gov/twiki-sggrid/bin/view/_SmartGridInterimRoadmap/InterimRoadmapFinal

15. European Smart Grids Technology Platform // European Commission. Directorate-General for Research Sustainable Energy System, EUR 22040, 2006. – 44 p.

16. National Institute of Standards and Technology, Standards Identified for Inclusion in the Smart Grid Interoperability Standards Framework, Release 1.0, September. 2009, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nist.gov/smartgrid/standards.html>.

17. IEEE standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, IEEE 1547, 2003.
18. Survey of Studies and Analysis Tools Used for Assessment of Distributed Generation Integration in Canadian Distribution Systems. Report - CETC 2006-070 (TR). April 2006.
19. Правила приєднання електроустановок до електричних мереж. Постанова НКРЕ №1137 від 14.12.2005.
20. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
21. Лежнюк П. Д. Розосереджені джерела електроенергії в електричних мережах / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. А. Ковальчук, В. О. Хоменко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2011. – №1. – С. 104–108.
22. Celso Penche. Layman's Handbook On How To Develop A Small Hydro Site (Second Edition). – DG XVII European Commission 200 rue de la Loi B-1049 Bruselas Belgica. – 1998. – 266 p.
23. Нікіторович О.В. Мала гідроенергетика в Україні: перспективи і проблеми її розвитку. Енергоефективність, екологія та безпека // Гідроенергетика України. – 2003. – №1. – 40-44.
24. Walid El-Khattam, Kankar Bhattacharya, Yasser Hegazy and M. M. A. Salama, “Optimal Investment Planning for Distributed Generation in a Competitive Electricity Market”, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 19, no. 3, pp. 1674-1684, August 2004. Analytical Approaches for Optimal Placement of Distributed Generation Sources in Power Systems.
25. Andrew Keane, Mark O’Malley “Optimal Allocation of Embedded Generation on Distribution Networks”, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 20, no. 3, pp. 1640-1646, August 2005.
26. N. S. Rau and Y.-H. Wan, Optimum location of resources in distributed planning, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 9, pp. 2014-2020, Nov. 1994.

27. Caisheng Wang, M. Hashem Nehrir “An Analytical Method for DG Placements Considering Reliability Improvements”, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 19, no. 4, pp. 2068-2076, November 2004.

28. Hamid Falaghi, Mahmood-Reza Haghifam “ACO Based Algorithm for Distributed Generation Sources Allocation and Sizing in Distribution Systems”, PowerTech, pp. 555-560, 2007.

29. Víctor H. Méndez Quezada, Juan Rivier Abbad, and Tomás Gómez San Román “Assessment of Energy Distribution Losses for Increasing Penetration of Distributed Generation”, IEEE Transactions on power systems, vol. 21, no. 2, pp.533-540, May 2006.

30. Seyed Mohammad Hossein Nabavi, Somayeh Hajforoosh, Mohammad A.S. Masoum, “Placement and Sizing of Distributed Generation Units for Congestion Management and Improvement of Voltage Profile using Particle Swarm Optimization”, IEEE, 2011.

31. Andrew Keane, Luis (Nando) F. Ochoa, Eknath Vittal, Chris J. Dent, Gareth P. Harrison “Enhanced Utilization of Voltage Control Resources With Distributed Generation” IEEE Transactions on Power Systems, vol. 26, no. 1, pp. 252-260, February 2011.

32. Nikhil K. Ardeshta, Badrul H. Chowdhury, “Supporting Islanded Microgrid Operations in the Presence of Intermittent Wind Generation”, IEEE, pp. 1-8, 2010.

33. C. L. T. Borges, and D. M. Falcao, Optimal distributed generation allocation for reliability, losses, and voltage improvement, International Journal of Power and Energy Systems, vol. 28, no. 6, pp. 413-420, July 2006.

34. Y. Alinejad-Beromi, M. Sedighzadeh, M. Sadighi “A Particle Swarm Optimization for Siting and Sizing of Distributed Generation in Distribution Network to Improve Voltage Profile and Reduce THD and Losses”.

35. Liu Zifa, Wu Ziping, Xue Xiaoqiang, Zhang Jianhua “Optimal Configuration for Capacity of Distributed Generation Interconnected to Distribution Network Based on Improved”.

36. Методичні вказівки до виконання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей / Уклад. О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 45 с.

37. Бурикін О.Б. Оптимальне керування взаємовпливом електричних мереж енергосистем з урахуванням змінних параметрів // О.Б. Бурикін, В.О. Лесько, В.В. Видмиш, С.В. Гуцол / Збірник наукових праць ДонНТУ. – 2013 с.56-60.

38. Лисюк М. О. Концептуальні засади програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2006-2010 роки / М. О. Лисюк, В. М. Репін // Інформаційний бюлетень з охорони праці. – 2005. – №1. – С.29-40.

39. Фандеев Олександр. Охорона праці ... Під напругою / Фандеев Олександр // Охорона праці – 2012. – № 10. – С. 10 – 11.

40. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. – 145 с. zakon. rada. gov. Ua

41. Кульматицкий О. И. Безопасность линий электропередачи / О. И. Кульматицкий, В. М. Кутин. – К. : Техника, 1991. – 112 с.

42. Измеров Н. Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль : учебное пособие / Измеров Н. Ф. , Суворов Г. А. // – М. : Медицина, 2003. – 560 с.

43. Исследование электрического поля линий и подстанций сверхвысокого напряжения переменного и постоянного тока. Сборник научных трудов. / [Л. С. Перельман, Н. Н. Тиходеев, Ю. А. Морозов и др.] – Л. : Энергоатомиздат, НИИПТ, 1985. – 104 с.

44. Бондаренко Є. А. Методи аналізу та оцінювання ризику електротравматизму / Бондаренко Є. А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2013. – № 2. – С. 52-56.

45. Bondarenko Y. A. Evaluation of the risk of occupation a diseases caused by electromagnetic field generated by extra-high voltage electric installations // Yevgeni

A. Bondarenko, Vasyly M. Kutin, Maryna V. Kutina, Assel Mussabekova, Konrad Gromaszek // SMAILOVA3PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, R. 93 NR 5 – 2017.– P. 118–121.

46. Бондаренко Є. А. Методика нормування допустимого часу перебування людини в електричному полі промислової частоти / Бондаренко Є. А.// Стандартизація, сертифікація, якість. – Харків : ДП «Укр. НД НЦ» – 2012. – № 5 – С. 26-28.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Дослідження впливу відновлювальних джерел енергії на режими роботи Жмеринських розподільних електричних мереж

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 Unichesk щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

(підпис)

Дерень Т. В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

Бурикін О.Б.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

ДОДАТОК Б

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

Погоджено

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

(наук. ст., вч. зв., ініц. та прізви.)

д-р техн. наук., проф. Комар В. О.

(наук. ст., вч. зв., ініц. та прізви.)

(підпис)

(підпис)

" " 2023 р.

"20" 03 2023 р.


ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

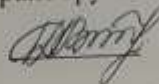
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА
РЕЖИМИ РОБОТИ ЖМЕРИНСЬКИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ
МЕРЕЖ

08-21.МКР.006.00.003 ТЗ

Науковий керівник: к. т. н., доцент

 Бурикін О.Б.
(підпис)

Магістрант групи ЕСМ-21м з/в

 Дерень Т.В.
(підпис)

Вінниця 2023 р.

1. Призначення об'єкту і галузь використання

Електрична мережа 110/10 кВ включає в себе підстанцію „Балки” призначену для розподілу потужності у розподільній мережі. До підстанції приєднано фідер №17.

2. Склад об'єкту

До складу електричної мережі 10 кВ входить сонячна електрична станція «СЕС Балки» потужністю 1680 кВт.

3. Умови експлуатації

Експлуатація електричної мережі 10 кВ здійснюється в складі електричної системи 110/35/10 кВ, яка підпорядкована АТ «Вінницяобленерго». Район з ожеледі приймається – 3 - й. Час втрат $\tau = 4000$ год/рік. Фідери Ф-17, на підстанції „Балки 110” працюють без компенсації реактивної потужності.

4. Технічне завдання

Для схеми електричної мережі (рисунок А1, таблиці А1 і А2) задані умови функціонування та графіки навантаження для типової літньої доби. Для заданих ВДЕ необхідно вибрати умови оптимального приєднання до існуючої мережі.

5. Елементна база

Для схеми розвитку можна використовувати повітряні лінії та сучасне обладнання і апарати для нових підстанцій. Схеми ВРУ для проєктованих підстанцій комплектуються вимикачами.

6. Конструктивне виконання

Для схем нових підстанцій рекомендовано використовувати схеми „Місток” з вимикачами в ланцюгах трансформаторів і в перемичці.

7. Показники технологічності

Розвиток схеми електричної мережі потрібно здійснювати з врахуванням технологічних умов керування режимами і селективного спрацювання

релейного захисту. Для застосування засобів по зменшенню втрат активної потужності використані норми втрат, що діють у АТ „Вінницяобленерго”.

8. Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування і ремонт існуючої електричної мережі 110/35 кВ і нових об'єктів проводиться відповідними службами АТ „Вінницяобленерго”, а саме Барськими ЕМ.

9. Живлення об'єкту

Живлення схеми розвитку забезпечується від системної підстанції 110 кВ.

10. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, дослідні зразки (за наявності), анотації до МКР українською та іноземною мовами.

11. Порядок контролю виконання та захисту МКР

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

12. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р.

13. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом (за необхідності)

Відсутні.

ДОДАТОК В

Графічний матеріал до захисту магістерської кваліфікаційної роботи

Завідувач кафедри

(назва кафедри)

(підпис)

(науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Науковий керівник

(підпис)

(науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Опонент

(підпис)

(науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)

Магістрант

(підпис)

(група, П.І.П.)

Науковий консультант

(підпис)

(науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище)