

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

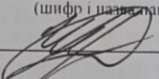
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

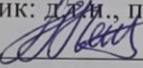
«Аналіз роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2ЕСМ-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
освітня програма «Електричні системи та
мережі»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

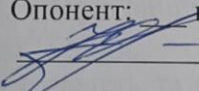
 Шаргородський Д.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф. каф. ЕСС

 Лежнюк П.Д.
(прізвище та ініціали)

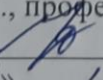
«__» _____ 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ЕССЕМ

 Шул'є Ю.А.
(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

 «06» 12 2024

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

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

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

«12» 09 2024 р.

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шаргородському Денису Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах»

Керівник роботи д.т.н., проф. Лежнюк П.Д.

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від «17» 09 2024 р., № 310.

2. Термін подання студентом роботи 28 листопада 2023 року

3. Вихідні дані до роботи:

1. Лежнюк П.Д., Ковальчук О.А., Нікіторович О.В., Кулик В.В.
Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах:
монографія. Вінниця: ВНТУ, 2014. 204 с.

2. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії.
К.: НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.

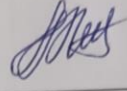
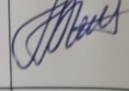
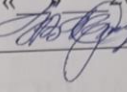
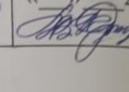
3. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Під
заг. ред. Шидловського А.К. Київ: Українські енциклопедичні знання,
2007. 559 с.

4. Зміст текстової частини Вступ. 1. Роль просьюмерів в сталій
енергетичній системі. 2. Правові рамки підтримки та регулювання
просьюмерів 3. Розробка проекту гібридної системи електропостачання
нежитлового будинку. 4. Заходи забезпечення надійності та безпечної
експлуатації електроустановок. Висновки. Список використаних джерел.
Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Підходи до визначення просьюмера, різні характеристики
просьюмерів, можливі структури ринків просьюмерів, діяльність
просьюмерів та фактори підтримки, схема підключення самоспоживача,

загальна інсоляція на горизонтальну поверхню план розміщені фотовольтаїчних модулів та мережевого інвертора на даху будівлі, схема підключення 14 фотовольтаїчних модулів у один блок, схема підключення блоків фотовольтаїчних модулів до мережевого інвертора.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Лежнюк П.Д., д.т.н., проф., професор кафедри ЕСС	«__»__20__ 	«__»__20__ 
Економічна частина	Остра Н.В. к.т.н., доц., доцент каф. ЕСС	«__»__20__ 	«__»__20__ 

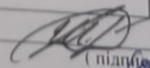
7. Дата видачі завдання « 17 » вересня 2024 р.

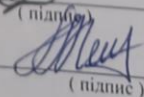
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітки
		початок	кінець	
1	Формування та затвердження теми МКР	21.09.24	24.09.24	Вик.
2	1 Роль просьюмерів в сталій енергетичній системі	24.09.24	29.09.24	Вик.
3	2 Правові рамки підтримки та регулювання просьюмерів	30.09.24	10.10.24	Вик.
4	3 Розробка проекту гібридної системи електропостачання нежитлового будинку	11.10.24	28.10.24	Вик.
5	4 Заходи забезпечення надійності та безпечної експлуатації електроустановок	29.10.24	05.11.24	Вик.
6	Формування висновків по роботі	06.11.24	12.11.24	Вик.
7	Оформлення пояснювальної записки	13.11.24	21.11.24	Вик.
8	Виконання графічної частини та оформлення презентації	22.11.24	27.11.24	Вик.
9	Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР	28.11.24	01.12.24	Вик.
10	Рецензування МКР	01.12.24	04.12.24	Вик.
11	Захист МКР	За графіком		

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Д.М. Шаргородський
(ініціали та прізвище)

П.Д. Лежнюк
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Шаргородський Д.М. Аналіз роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах. Магістерська дипломна робота – Вінниця: ВНТУ, 2024 – 91с., таблиць:18 , ілюстрацій 21.

Магістерська кваліфікаційна дипломна робота присвячена дослідженню ролі просьюмерів у розвитку сталої енергетичної системи, проаналізовано вплив законодавчих і регуляторних аспектів на діяльність просьюмерів, а також спроектовано гібридну сонячну електростанцію для не житлового будинку. Основною метою є сприяння інтеграції відновлюваних джерел енергії та підвищення енергоефективності. У результаті проведених розрахунків обрано сучасне обладнання, що відповідає технічним і експлуатаційним вимогам. Проект забезпечує автономність енергоспоживання, зменшує втрати електроенергії та сприяє формуванню стійкої енергетичної моделі майбутнього

Ключові слова: просьюмер, відновлювальні джерела енергії, споживання електроенергії просьюмерами, зелений тариф.

ABSTRACT

Sharhorodskyi D.M. Analysis of Prosumer Activities in Distribution Electrical Networks. Master's Thesis – Vinnytsia: VNTU, 2024 – 91 p, tables: 18, illustrations: 21.

This master's thesis is dedicated to studying the role of prosumers in the development of a sustainable energy system. It analyzes the impact of legislative and regulatory aspects on prosumer activities and designs a hybrid solar power plant for a residential building. The primary goal is to promote the integration of renewable energy sources and improve energy efficiency. Based on the calculations, modern equipment meeting technical and operational requirements was selected. The project ensures energy consumption autonomy, reduces electricity losses, and contributes to forming a sustainable energy model for the future.

Keywords: prosumer, renewable energy sources, prosumer electricity consumption, green tariff.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 РОЛЬ ПРОСЬЮМЕРІВ В СТАЛІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ.....	6
1.1 Загальне поняття	6
1.2 Цифровізація електричної системи	8
1.3 Просьюмери та енергетична система.....	10
1.3.1 Типи просьюмерів.....	10
1.3.2 Просьюмер як учасник ринку	11
1.3.3 Просьюмер та типи енергії.....	14
1.3.4 Зв'язок просьюмерів з мережею	16
1.3.5 Діяльність просьюмерів в енергетичній системі	17
1.4 Фактори, що сприяють розвитку просьюмерів	19
1.5 Вплив просьюмерів на енергетичну систему та сталий розвиток	24
1.5.1 Вплив зростання кількості просьюмерів на енергетичну систему	24
1.5.2 Просьюмерство та сталий розвиток	26
2 ПРАВОВІ РАМКИ ПІДТРИМКИ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ПРОСЬЮМЕРІВ	29
2.1 Про ECRB.....	29
2.2. Правова та регуляторна бази підтримки просьюмерів	29
2.3 Визначення просьюмерів у законодавстві.....	30
2.4 Правова класифікація об'єктів генерації з ВДЕ.....	32
2.4.1 Класифікація об'єктів генерації.....	32
2.4.2 Визначення «малих» або «мікро» об'єктів генерації електроенергії.	32
2.5. Максимальний рівень встановленої потужності для просьюмерів	33
2.6. Точка підключення просьюмера до мережі	35
2.7 Звільнення від вимог ліцензування для мікро/малих генераторів	36
2.8 Схеми самоспоживання	38
2.9 Необхідні документи для заявок просьюмерів	39
2.10 Загальні вимоги до обліку	40
2.11. Кількість фотоелектричних систем для власного споживання що знаходяться в експлуатації	42
2.12. Загальна встановлена потужність просьюмерів	43
2.13 Права та захист просьюмерів.....	44
3 РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НЕЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	47

3.1 Основні відомості та завдання	47
3.2 Інформація про об'єкт	47
3.2.1 Конфігурація будівлі.....	47
3.2.2 Споживання електричної енергії.....	48
3.3 Вибір фотоелектричної станції.....	50
3.3.1 Технічна можливість встановлення станції.....	50
3.3.2 Призначення станції.....	51
3.3.3 Орієнтація станції.....	54
3.3.4 Розмір станції.....	56
3.4 Підбір обладнання для сонячної електростанції.....	57
3.4.1 Вибір сонячних панелей	57
3.4.2 Вибір інвертора	61
3.4.3 Перевірка інвертора на відповідність	63
3.4.4 Схема підключення модулів до інвертора.....	64
3.4.5 Вибір акумуляторних батарей	64
3.5 Окупність станції	66
3.5.1 Вартість встановлення станції	66
3.5.2. Економічний ефект	67
4 ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ ТА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК	71
4.1 Задачі розділу	71
4.2 Умови праці, під час виконання монтажних робіт сонячних панелей	73
4.3 Розробка організаційно-технічних рішень з охорони праці при електричному монтажі сонячних панелей.....	74
4.4 Розрахунок параметрів заземлюючого пристрою сонячної електростанції	81
4.5 Основні заходи протипожежного захисту на сонячних станціях	84
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89
ДОДАТОК А.....	92
ДОДАТОК Б	93
ДОДАТОК В.....	96
ДОДАТОК Г	101
ДОДАТОК Ґ	104

ВСТУП

Актуальність теми: Ми живемо в епоху, коли проблема енергетичної кризи стає все більш актуальною. Традиційні електромережі, спочатку створені для умов, які значно відрізняються від сучасних реалій, зазнають великих навантажень, що негативно впливає на їхню ефективність і надійність. У своєму нинішньому вигляді ці системи не здатні відповідати майбутнім вимогам суспільства. Однак це лише одна з причин, чому необхідно переосмислити підхід до електроенергетики.

Опора на великі електростанції, розташовані далеко від споживачів, призводить до значних втрат електроенергії під час її передачі. Наприклад, у Сполучених Штатах ці втрати оцінюються в 70–120 мільярдів доларів щороку. Крім цього, масштабні відключення електрики регулярно залишають без енергопостачання мільйони домогосподарств і організацій. Хоча модернізація традиційної мережі може частково вирішити ці проблеми, її недостатньо для задоволення зростаючих потреб.

Глобальне потепління і зміни клімату, спричинені викидами парникових газів, вимагають змін у способах виробництва енергії. Енергетичний сектор може відіграти ключову роль у боротьбі з цими викликами, перейшовши на екологічно чистіші джерела електроенергії. Незважаючи на значний прогрес у використанні відновлюваних джерел енергії, цього поки що недостатньо. Крім того, традиційні технології та викопне паливо стають менш доступними.

Ці проблеми вимагають суттєвих змін у сфері електроенергетики. Необхідно впроваджувати рішення, які включають інтеграцію відновлюваних джерел, розумне управління енергомережами та зниження споживання. Хоча багато запропонованих рішень виглядають перспективно, вони часто складні у впровадженні. Більшість з них неможливо реалізувати без суттєвої реконструкції електромереж, включаючи впровадження «розумних» мікромереж.

У цьому контексті з'являється концепція просьюмерів — споживачів, які не тільки використовують, а й генерують електроенергію. Домашні

господарства, на відміну від промисловості, транспорту чи сільського господарства, мають ширший спектр факторів, що впливають на енергоспоживання. Крім клімату та технічних характеристик житла, значну роль відіграє поведінка мешканців. Ці ж фактори визначають обсяги енергії, яку просьюмери постачають у мережу за допомогою дахових фотоелектричних систем (ФЕС).

Традиційні методи моделювання енергоспоживання базуються на даних про електроприлади споживача або його загальну історію енергоспоживання. Ці підходи дозволяють прогнозувати майбутнє навантаження, але потребують великого обсягу точних даних. У випадку домашніх господарств збір таких даних ускладнюється через їхню кількість і вимоги конфіденційності. З появою нових типів споживачів, як-от електромобілі чи домашні системи зберігання енергії, виникають додаткові труднощі, пов'язані з недостатністю історичних даних про їх навантаження.

Тому актуальним є розроблення методів моделювання, здатних точно відображати графіки навантаження як існуючих, так і нових споживачів, включаючи просьюмерів. Це дозволить краще інтегрувати їх у сучасну енергосистему.

Мета роботи: провести аналіз роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах та розробити проект дахової ФЕС.

1 РОЛЬ ПРОСЬЮМЕРІВ В СТАЛІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ

1.1 Загальне поняття

Загальне визначення просьюмера базується на поєднанні слів "виробник" (producer) і "споживач" (consumer); цей термін був введений Алвіном Тоффлером, який уперше представив концепцію "виробника-споживача", також відому як проактивний споживач, у своїй книзі "Третя хвиля". Тоффлер описує просьюмерів як групу споживачів, які активно беруть участь у процесі спільного створення продуктів. По суті, просьюмер є суб'єктом, який виробляє принаймні частину того, що він споживає. Інша поширена характеристика, яка більше наголошує на споживацькій функції просьюмера, — це "професійний споживач", що стосується ентузіаста чи напівпрофесіонала, який потребує продукції майже професійного рівня, наприклад, цифрових камер, еспресо-машин чи сонячних панелей. Концепція просьюмера продовжила свій розвиток далі, особливо у зв'язку з масовою кастомізацією, маркетингом і, останнім часом, соціальними мережами [1]. Окрім "просьюмера", використовуються також і інші терміни для опису цього явища, наприклад, "компетентні споживачі або "робочі споживачі [2]. Основні підходи до загального визначення просьюмера узагальнені на рисунку 1.1 .

В енергетичному секторі просьюмери почали з'являтися протягом останнього десятиліття завдяки впровадженню доступних технологій відновлюваної енергетики, таких як сонячні фотогальванічні панелі. Високорівневе визначення енергетичного просьюмера охоплює багатогранність цієї ролі, як споживача, який також виробляє, продає, обмінює або зберігає енергію [3]. У ширшому сенсі до опису просьюмера входить використання розумних пристроїв, комунікаційних технологій, електромобілів та ємностей для зберігання енергії для забезпечення гнучких послуг. Споживача навіть без власних можливостей генерації енергії можна назвати просьюмером. У цьому випадку наголос робиться на проактивності або здатності діяти як "постачальник", пропонуючи енергетичні ресурси, такі

як акумулятор електромобіля, для забезпечення схем гнучкості з боку попиту енергосистеми. Енергетичні просьюмери асоціюються переважно з електроенергією, але також у сферах опалення, охолодження та транспорту зростає кількість просьюмерів.

Просьюмерів електричної енергії не завжди називають просьюмерами. Європейська комісія називає їх “активними споживачами” і визначає це так: “споживач або група споживачів, які діють спільно, споживають, зберігають або продають електроенергію, вироблену на їхніх об’єктах, у тому числі через агрегати, або беруть участь у програмах реагування на попит чи енергоефективності, за умови, що ці види діяльності не є їхньою основною комерційною чи професійною діяльністю”.

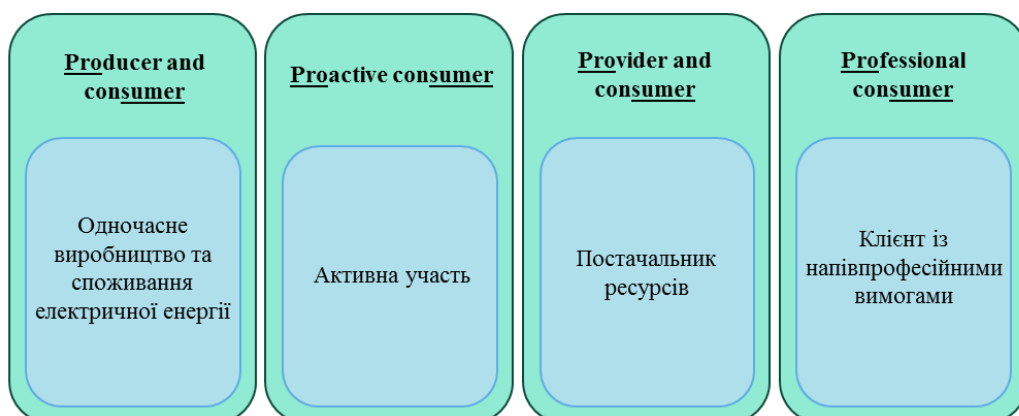


Рисунок 1.1 - Підходи до визначення просьюмера

Крім того, просьюмерів електричної енергії іноді називають енергетичними громадянами, підкреслюючи їхню роль як агентів змін у суспільстві [4]. Енергетичних громадян розглядають як потенційних учасників підтримки енергетичної демократії та переходів до стійкого розвитку. Таким чином, визначення підкреслює учасницький аспект просьюмерів як активних споживачів і громадян. Енергетичні громадяни найбільше стосуються окремих осіб або домогосподарств, залишаючи поза цією характеристикою більших просьюмерів і тих, хто має більш комерційний характер.

Просьюмпція в енергетиці, як правило, відноситься до діяльності просьюмерів, таких як виробництво енергії за допомогою сонячних панелей та самоспоживання виробленої енергії. Рітцер і Юргенсон припускають, що просьюмпція «передбачає як виробництво, так і споживання, а не зосереджується на одному (виробництві) або іншому (споживанні)». Просьюмеризм використовується ширше для охоплення соціальних і економічних наслідків діяльності просьюмерів, якщо вони набудуть достатнього впливу. Це можна порівняти з консюмеризмом, який є явищем, що спонукає споживачів купувати товари та послуги у все більших і більших кількостях [5]

1.2 Цифровізація електричної системи

Переходи до сталого розвитку відбуваються в багатьох секторах. Кліматичні зміни та постійно зростаючий попит на енергію змусили нас задуматися про кращі та більш стійкі способи виробництва та споживання енергії. Основними тенденціями, які сприяють енергетичному переходу на високому рівні, є децентралізація, цифровізація та електрифікація. Стимульована різким зниженням вартості розподілених енергоресурсів, таких як сонячні фотоелектричні панелі та розподілені системи зберігання енергії, децентралізація енергетичної системи впроваджує розподілене виробництво електроенергії на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) замість централізованих великих електростанцій. Додавання дрібномасштабних змінних джерел енергії на основі сонячної та вітрової енергії вимагає підвищення гнучкості енергетичної системи, що потребує покращення енергоефективності та управління попитом на енергію.

Цифровізація дозволяє створити розумну електричну систему, розумну мережу, яка базується на двосторонньому потоці енергії та інформації та дозволяє відкриту, автоматизовану роботу енергетичної системи в реальному часі. Цифровізація, по суті, означає переклад даних з аналогової форми в цифрову за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ).

Цифровізація має ширше системне значення і стосується цифрової трансформації не лише технологій, а й бізнес-моделей та процесів [6]. Наприклад, енергетична система переживає цифровізацію на кількох рівнях системи: датчики, пристрої Інтернет речей та розумні лічильники збирають дані на місці споживання (і виробництва); енергомережа передає дані; бази даних та хаби даних зберігають дані; дані обробляються та аналізуються; різні додатки та послуги можуть використовувати дані, наприклад, для автоматизації та дистанційного керування, моніторингу енергоспоживання або керування зарядкою електромобілів. Електрифікація вважається критично важливою для досягнення довгострокових кліматичних цілей і стосується великих секторів, таких як транспорт і опалення; наприклад, електромобільність трансформує транспорт, а теплові насоси швидко поширюються як доступні рішення для опалення. Децентралізація, цифровізація та електрифікація разом дозволяють здійснити великі зміни в соціотехнічній та соціоекономічній системі, наприклад, розумних містах, розумних будівлях та робочих місцях у галузі зелених технологій.

Перехід до нової енергетичної системи є не лише технічним процесом, але й передбачає зміни на багатьох рівнях: технологічному, інфраструктурному, бізнес-моделях і суспільстві. Перехід до сталого розвитку часто описується як соціотехнічний багаторівневий перехід, що включає макро-, мезо- та мікрорівневі зміни, які поступово змінюють існуючі режими. Одним із результатів енергетичного переходу є те, що енергетична система, традиційно домінована великими компаніями та великими електростанціями, все більше відкривається для нових учасників, одним з яких є енергопросьюмер. Роль енергопросьюмерів вважається критично важливою для майбутньої сталої енергетичної системи: просьюмери розглядаються як важливе доповнення до децентралізованої енергетичної системи на основі ВДЕ, а їхні сховища енергії розглядаються як потенційні майбутні ресурси гнучкості для забезпечення гнучкості та реагування на попит, які необхідні для управління зростаючою мінливістю у виробництві енергії.

Європейська федерація відновлюваних джерел енергії прогнозує, що до 2050 року енергетичні громадяни в Європі можуть виробляти вдвічі більше електроенергії, ніж атомні електростанції зараз [7]. Потенціал просьюмерів в Європі також був окреслений у звіті CE Delft (2016), згідно з яким 83% домогосподарств, колективів, малих та середніх підприємств та державних установ теоретично можуть стати просьюмерами. Що стосується європейських домогосподарств, це перетвориться приблизно на 187 мільйонів домашніх просьюмерів.

Просьюмери пропонують принести багато переваг енергетичній системі, сталому розвитку та суспільству: зменшення викидів вуглецю, збільшення використання відновлюваних джерел енергії, нові бізнес-можливості, кращий доступ до енергії в міських районах та підвищення стійкості для розвинутих громад. З іншого боку, просьюмерство створює виклики для існуючих режимів, а зацікавлені сторони енергетичного сектору та збільшення частки змінного виробництва енергії можуть призвести до комерційних, технічних та операційних проблем в електричній системі.

1.3 Просьюмери та енергетична система

1.3.1 Типи просьюмерів

Просьюмери не є однорідною групою; вони бувають різних видів і розмірів. Тому однозначно визначити або класифікувати їх не просто. Однак необхідність кращого визначення для них та їхньої ролі в енергетичній системі була закладена [8]. Просьюмери були описані в літературі, наприклад, через їхній юридичний статус; організаційний тип; розмір; тип енергії, яку вони виробляють; тип джерел енергії, які вони використовують; кількість енергії, виробленої, спожитої або проданої; або їхні стосунки з енергомережею.

Принаймні три підходи можна використовувати для пояснення просьюмерів: через їхню роль як учасників енергетичного ринку; на основі

типу енергії, яку вони виробляють, і джерел енергії, які вони використовують; і на основі їхнінього зв'язку з енергетичною мережею (рисунок 1.2).

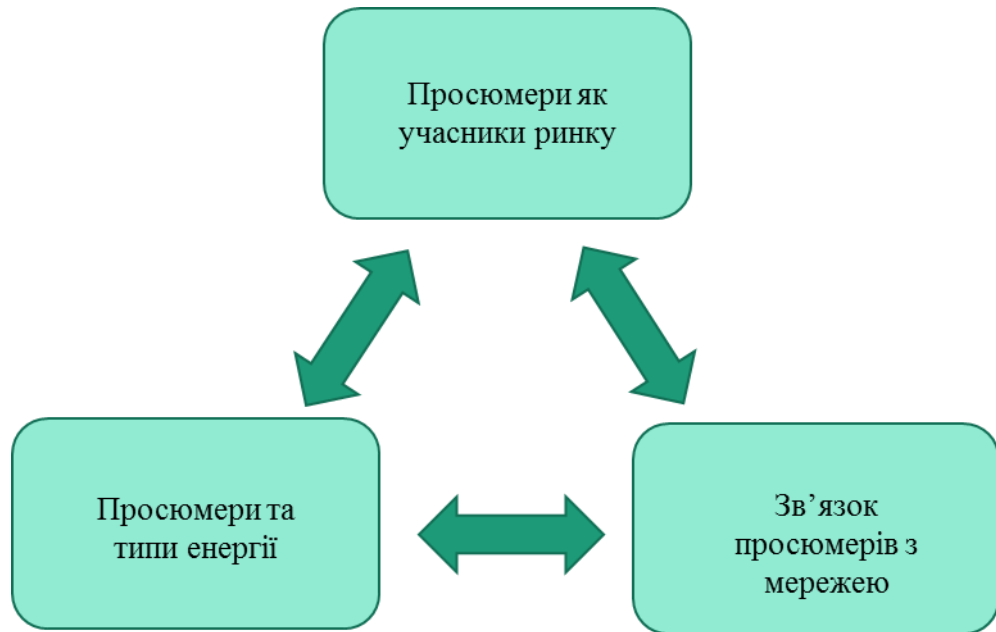


Рисунок 1.2 - Різні характеристики просьюмерів

1.3.2 Просьюмер як учасник ринку

Один із поширених способів класифікації просьюмерів ґрунтується на їх ролі на енергетичних ринках. Комунальні підприємства та роздрібні торговці розглядають просьюмерів як основних клієнтів. Тому їх зазвичай поділяють на побутових, комерційних та промислових.

Побутові просьюмери, також звані домашніми просьюмерами, зазвичай включають домогосподарства, багатоквартирні будинки, житлові об'єднання, кооперативи або колективи. Побутові просьюмери, як правило, займають приміщення, до яких постачається електроенергія, і використовують електричну енергію для освітлення, опалення, приготування їжі та живлення побутової техніки.

Комерційні просьюмери включають, наприклад, малі, середні або великі підприємства, універмаги, торговельні центри, лікарні, школи, офіси або спортивні споруди. Вони використовують електроенергію, опалення та

охолодження для власного використання та створюють продукти та послуги для громадськості.

Промислові просьюмери є споживачами енергії, які займаються переважно виробництвом, наприклад, фабрики, шахти, млини, заводи або ферми. Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку (UNIDO) визначає промислових просьюмерів як: «промислових операторів, які виробляють частину або всю свою власну електроенергію за допомогою технологій відновлюваної енергії (ВДЕ) і продають надлишки національній/місцевій мережі або місцевій громаді»[9].

Один із найпростіших способів розділити просьюмерів на побутових, комерційних або промислових, ґрунтується на розмірі їхньої енергетичної системи. Хоча навіть у країнах-членах Європейського Союзу не існує єдиного стандарту, багато держав класифікують просьюмерів на побутових, комерційних та промислових на основі кількості енергії, яку вони виробляють і споживають. Зазвичай використовуваний ліміт для побутових просьюмерів становить 10 кіловат (кВт), від 10 кВт до 250 кВт для комерційних просьюмерів і понад 250 кВт для промислових просьюмерів.

Ще одним аспектом типів просьюмерів є групи просьюмерів. Просьюмери можуть об'єднуватися в групи та громади, що певною мірою розмиває вищезгадану спробу класифікації, оскільки іноді групи просьюмерів також мають назву просьюмерів. Об'єднання в групи потенційно посилює їхню переговорну позицію на енергетичних ринках, оскільки вони можуть об'єднувати ресурси та торгувати великими обсягами енергії. Просьюмери, які знаходяться поблизу один від одного, належать до одного підрозділу електроенергетичної системи, мікромережі. Ці мікромережі просьюмерів можуть діяти як єдині суб'єкти на ринку електроенергії, а учасники-просьюмери можуть виробляти, зберігати та продавати енергію в межах своєї мікромережевої громади. На рисунку 1.3 зображено приклад таких груп просьюмерів. Першим прикладом віртуальної спільноти просьюмерів є однорангова торгівля енергією (P2P). У цьому сценарії просьюмери

виробляють енергію та продають надлишки енергії будь-якій зацікавленій стороні, використовуючи торгову платформу, засновану, наприклад, на технології блокчейн. Наступним прикладом такої мікромережі є житловий блок або житловий комплекс, у якому просьюмери підключені через мікромережі. Крім енергетичних спільнот, що знаходяться поблизу, енергопросьюмери також можуть формувати віртуальні спільноти, наприклад, віртуальні електростанції. Вони існували задовго до ери просьюмерів, але їхнє значення для електроенергетичної системи зростає.

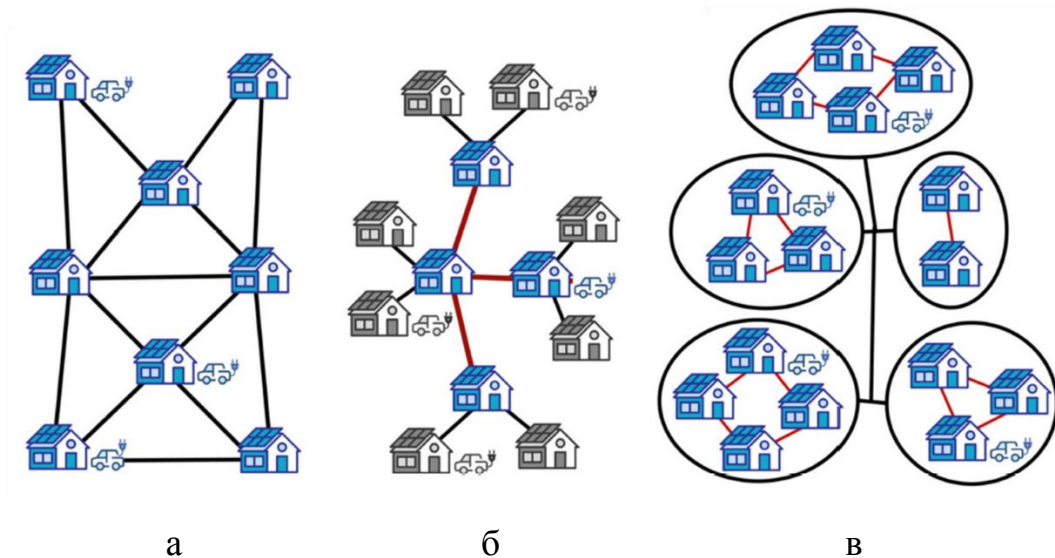


Рисунок 1.3 - Можливі структури ринків просьюмерів: а - P2P модель, б – житловий блок, в – віртуальні електростанції.

Правила участі на енергетичних ринках відрізняються для різних категорій клієнтів. Наприклад, побутові просьюмери стикаються з більш високим рівнем роздрібних цін на енергію, ніж комерційні та промислові просьюмери, які можуть купувати енергію на оптових ринках або аукціонах, тому що мають мінімальні обсяги закупівель. Промислові просьюмери мають доступ до більш низьких роздрібних тарифів на електроенергію, ніж менші споживачі та просьюмери. Це одна з причин, чому промислові самостійні системи виробництва енергії не змогли стати комерційно життєздатними через низькі роздрібні тарифи на електроенергію. Тарифи на електроенергію також

різняються для різних типів клієнтів. Наприклад, комерційні та промислові клієнти в багатьох країнах включають як об'ємну, так і попитну складову, а побутові клієнти платять за об'ємну складову та фіксовану ставку. Крім того, різні країни застосовують різні податкові структури для різних типів клієнтів у формі податку на прибуток, податку на додану вартість (ПДВ), податку з продажу, енергетичного податку та податку на вуглець. Деякі країни дозволяють відрахування ПДВ від інвестицій, зроблених комерційними просьюмерами в сонячну фотоелектричну енергію, наприклад, у Фінляндії підприємства можуть відраховувати 25% своїх інвестицій у сонячні фотоелектричні системи (BusinessFinland 2018). У США інвестиції комерційних клієнтів у фотоелектричні системи можуть амортизуватися за прискореним графіком.

Через свою багатогранну і дещо нечітку роль виникли побоювання щодо юридичного статусу просьюмерів [10]. Наприклад, хоча і ЄС вважає їх активними споживачами, він не точно визначає, хто підпадає під це поняття, залишаючи права та обов'язки просьюмерів невизначеними. Як наслідок, відсутність чіткого правового статусу викликає питання, а практика управління просьюмерами різниться між країнами-членами ЄС.

1.3.3 Просьюмер та типи енергії

Література про просьюмерів переважно зосереджена на електроенергії, але мікрогенерація тепла та холоду також відповідає значенню просьюмера.

Електроенергія. Просьюмери виробляють електроенергію переважно з відновлюваних джерел енергії; найбільш популярними джерелами енергії для дрібномасштабного виробництва енергії є сонячна та вітрова енергія. Зі зниженням вартості маломасштабних сонячних фотоелектричних систем у поєднанні з привабливими економічними стимулами, запропонованими урядами, багато ринків зазнали швидкого зростання своєї бази просьюмерів. Наприклад, у Німеччині є понад мільйон просьюмерів, і, за деякими прогнозами, база просьюмерів може досягти десяти мільйонів до 2030 року

[11]. Електроенергію на місці також можна виробляти за допомогою маломасштабних вітрових турбін, геотермальних або гідроелектростанцій, з біомаси, використовуючи тверді відходи або біогаз. Особливо сільськогосподарські ферми перебувають у сприятливому становищі для використання виробництва електроенергії на основі біомаси.

Опалення можна місцево генерувати за допомогою геотермальних (або повітряних) теплових насосів, сонячних теплових колекторів. Промислові просьюмери можуть покладатися на невідновлювані джерела енергії, такі як газові або дизельні двигуни. Крім місцевого виробництва тепла, просьюмери вивчаються в контексті систем централізованого теплопостачання. Як і системи електропостачання, системи ЦТП традиційно були централізованими великомасштабними виробничими одиницями на основі викопного палива. Передбачається, що системи ЦТП відіграватимуть важливу роль у майбутніх стійких енергетичних системах. У рамках переходу до сталого розвитку системи ЦТП також стають більш ресурсоефективними та децентралізованими і більше покладаються на ВДЕ, що дозволяє просьюмерам брати участь у генерації ЦТП. Хоча електроенергія домінує в опаленні на глобальному рівні, системи ЦТП забезпечують близько 50% опалення, особливо в північних країнах. Крім того, когенерація тепла та електроенергії (ТЕЦ) має потенціал, особливо для сільськогосподарських та промислових просьюмерів.

Охолодження, подібно до опалення, найчастіше базується на електроенергії, тобто споживання холоду часто вважається похідним від сонячних фотоелектричних панелей або теплових насосів. Однак сонячні теплові колектори є ще одним способом місцевого виробництва холоду. Споживання холоду більш поширене серед великих комерційних та промислових просьюмерів. Системи централізованого холодопостачання (ЦХП) не настільки поширені, як системи ЦТП, але існують у великих містах Європи та в великих містах Південної півкулі.

1.3.4 Зв'язок просьюмерів з мережею

Ще один підхід до опису просьюмерів ґрунтується на їх відносинах з електричною мережею: просьюмери можуть бути або підключеними до мережі, або залишатися поза мережею.

Поза мережеві просьюмери мають два основні мотиви залишатися незалежними від мережі: відсутність доступу до електромережі та бажання виробляти достатньо енергії для задоволення власних потреб. Поза мережеві просьюмери більш поширені в сільській місцевості або країнах, що розвиваються, або там, де ціна на електроенергію значно вища, ніж вартість самостійного виробництва. Сільські поза мережеві просьюмери часто є сільськогосподарськими підприємцями у віддалених громадах, які піклуються про власні потреби в електроенергії. Зберігання енергії є важливою частиною поза мережевого просьюмерства, оскільки воно допомагає збалансувати час виробництва та споживання енергії, а отже, сприяє підвищенню коефіцієнта самоспоживання.

Суспільним занепокоєнням щодо все більшої кількості просьюмерів, які залишають мережу, є зростання роздрібних тарифів на електроенергію для тих, хто залишається підключеним, через розподіл мережевої складової тарифу між меншою кількістю платників. Це, у свою чергу, робить відключення від мережі привабливим і для тих, хто спочатку залишався в ній.

Більшість просьюмерів виробляють лише частину енергії, яку вони споживають, і залишаються підключеними до мережі. Підключені до мережі просьюмери в різному ступені покладаються на електроенергію з мережі. Самоспоживання може бути способом заощадити на рахунках за електроенергію, особливо якщо тарифи на електроенергію високі. З іншого боку, привабливі тарифні плани, такі як «зелені тарифи» і Net-metering, спонукали просьюмерів віддавати всю або значну частину енергії в мережу на деяких ринках, до такої міри, що це стало економічним викликом для комунальних підприємств. Комерційні просьюмери, як правило, мають більш високі показники самоспоживання, ніж побутові просьюмери. Наприклад,

комерційні та виробничі будівлі в Німеччині та Іспанії можуть досягати коефіцієнтів власного споживання 75–100%. Підключені до мережі просьюмери мають широкий набір можливостей для активної участі на енергетичних ринках. Вони можуть, наприклад, брати участь у схемах гнучкості та реагування на попит, організованих енергетичними компаніями, агрегаторами для енергетичних сервісних компаній. Підключені до мережі просьюмери також можуть торгувати енергією у віртуальних спільнотах.

1.3.5 Діяльність просьюмерів в енергетичній системі

Існує кілька підходів до опису участі просьюмерів в енергетичній системі. Технологічний підхід асоціює просьюмерів з електромобілями, накопичувачами енергії, технологіями відновлюваної енергії, автоматизацією та дистанційним керуванням або розумними будинками. Соціальний підхід підкреслює роль просьюмерів в енергетичних спільнотах, де вони обмінюються енергією або торгують нею, тим самим підвищуючи значення розподілених енергоресурсів. Екосистемний підхід розглядає просьюмерів як співавторів цінностей та інновацій шляхом надання зворотного зв'язку, тестування продуктів та участі у спільній розробці.

Можливо, найпоширенішим підходом до опису діяльності просьюмера є його власне виробництво енергії. Якщо достатня кількість споживачів перетворюються на просьюмерів, вони можуть стати важливою та впливовою частиною розподіленого виробництва енергії. Найпопулярнішим способом виробництва енергії просьюмерами є використання сонячних фотоелектричних панелей. ІЕА оцінює, що глобальна потужність відновлюваної енергії зросте на 43%, в результаті чого з 2017 по 2022 рік буде додано понад 920 ГВт, а потужність сонячної фотоелектричної енергії досягне 740 ГВт до 2022 року. Якщо зростаюча тенденція до встановлення продовжиться, це матиме великий вплив на енергосистему на всіх рівнях, а також на ринок електроенергії.

Поширення сонячної фотоелектричної енергії різниться в залежності від країни і все ще залежить від політичних стимулів, оподаткування та законодавчого середовища. Німеччина стимулювала інвестиції в сонячну фотоелектричну енергію, і зростання кількості просьюмерів було швидким [11]. Комерціалізація інших типів мікрогенерації, таких як мікровітрові турбіни або мікротурбіни, що використовують горюче паливо, була незначною порівняно з сонячними фотоелектричними панелями.

Просьюмери можуть об'єднуватися в спільноти та продавати надлишки виробленої енергії. Продаж енергії може здійснюватися в основній енергетичній мережі або в мікромережах, віртуальних спільнотах чи за принципом «рівний з рівним» (P2P). Повернення надлишкової енергії в енергомережу дозволено на більшості ринків та в деяких навіть стимулюється. Незважаючи на великий інтерес щодо потенціалу продажів енергії P2P, технологічні платформи та готові бізнес-моделі наразі перебувають на етапі демонстрації, а регулююче та законодавче середовище потребуватиме коригувань. Технологічні рішення, такі як блокчейн, нещодавно привернули увагу, і в різних частинах світу розгортаються пілотні проекти. Реальна придатність моделей P2P залишається відкритою, частково через чинне регуляторне середовище в енергетичному секторі. Однак, як тільки просьюмери почнуть об'єднуватися в спільноти, їхня переговорна сила на енергетичних ринках значно зросте.

Сучасні дослідження просьюмерів значною мірою зосереджені на аналізі споживачів та просьюмерів як учасників реагування на попит. Комунальні підприємства зосереджуються на розширенні від промислових споживачів до домогосподарств як способу перенаправлення споживання електроенергії з пікових годин, тим самим зменшуючи ризик перевантаження та потребу в інвестиціях в мережеву інфраструктуру. У цьому сценарії просьюмери можуть бути власниками домашніх акумуляторів або електромобілів із підключенням «автомобіль-мережа», що дозволяє їм пропонувати свої пристрої для балансування навантаження в пікові години.

Важливість розподілених систем зберігання енергії є однією з актуальних тем у дослідженнях просьюмерів; потенціал економічно ефективного зберігання енергії підвищить їхню актуальність з точки зору енергосистеми, оскільки вони можуть стати значними ресурсами гнучкості для мережі. Власники електромобілів можуть підключати свої батареї до електроенергетичної системи трьома способами: за допомогою розумної зарядки, батареї електромобіля як домашнього резервного живлення («автомобіль-будинок» (V2H)) та зберігання енергії електромобіля як ресурсу живлення для загальної енергосистеми («автомобіль-мережа» (V2G)). Із зростаючою тенденцією до електрифікації суспільства глобально зростають продажі електромобілів.

Менш дослідженим потенціалом для участі просьюмерів в енергетичній екосистемі є їхня активна роль через відкриті інновації або співпрацю. Співтворення базується на принципах відкритих інновацій, згідно з якими компанії контактують із зовнішніми зацікавленими сторонами для створення нових продуктів і послуг [12]. Наприклад, споживачі можуть брати участь у краудсорсингових кампаніях або виступати як провідні користувачі, тестуючи нові продукти й послуги. Живі лабораторії та розумні міста часто згадуються як середовища для співтворення в енергетичній сфері

1.4 Фактори, що сприяють розвитку просьюмерів

Для того, щоб споживачі прийняли нові технології, необхідний правильний баланс економічних і неекономічних факторів [13]. Національні умови, такі як наявність площі даху в містах, впливають на потенціал просьюмерів. Оцінка площі даху є важливою для розуміння потенціалу сонячної фотоелектричної станції, особливо в густонаселених містах, наприклад, у Південно-Східній Азії. Сонячна радіація, або інсоляція, різниться в різних географічних районах, впливаючи на максимальний потенціал виробництва солярної енергії. Наприклад, у скандинавських країнах інсоляція набагато менша, ніж у країнах, розташованих ближче до екватора.

Наявність технологічних засобів є основною вимогою для того щоб бути просьюмером. Сонячні фотоелектричні панелі стали ефективними та доступними. Розробляються домашні рішення для зберігання енергії за допомогою батарей, а рівень цін починає знижуватися. Електромережі модернізуються до розумних мереж, які забезпечують двосторонній потік енергії та інформації, генеруючи велику кількість даних про споживання, виробництво та розподіл. Розумні лічильники, які є частиною автоматизованої інфраструктури вимірювання, керують вимірюванням і контролем енергії та надають великі обсяги даних про виробництво та споживання, які, у свою чергу, можуть бути використані для надання кращих засобів для моніторингу енергії, автоматизації управління просьюмерами, дистанційного керування та додаткових послуг, що може знизити поріг для переходу споживача до просьюмера. Розумні лічильники розгортаються в різних європейських країнах з різною швидкістю та термінами. Системи управління домашньою енергією керують місцевими енергоресурсами, забезпечуючи кращу видимість даних про виробництво та споживання. Цифровізація є центральним фактором розвитку енергетичної системи та нових бізнес-моделей. Хоча в багатьох областях ще потрібен розвиток даних технологій, але вони вже широко доступні і стають більш досяжними для просьюмерів. Проблемами стали конфіденційність і безпека даних, а також інші кіберзагрози, а безпечне управління даними про споживання та виробництво вимагає розробки як технічних, так і законодавчих рішень.

Економічні чинники, включаючи вартість (сонячної фотоелектричної або іншої) системи, ціни на енергію, тарифні структури та потенційний фінансовий прибуток, є ключовими факторами при розгляді споживачем питання про початок просьюмерства. Початкові інвестиції в систему виробництва енергії та очікуваний термін окупності будуть фактором, що впливає на прийняття рішень споживачем, наприклад, щодо обладнання для сонячної станції або електромобіля, які, незважаючи на зниження рівня цін, все ще є значними інвестиціями з відносно тривалими періодами окупності.

Крім аналізу витрат і вигод інвестицій, просьюмери також очікують інших економічних прибутків, наприклад, економії на рахунках за електроенергію та компенсації за електроенергію, що надходить в мережу.

Поведінку споживачів енергії та просьюмерів не можна пояснити виключно економічними факторами, оскільки люди, як правило, не діють раціонально в тому сенсі, як це визначають традиційні економісти. Різні поведінкові чинники, включаючи цінності, норми, вірування та мотивацію, були запропоновані для керівництва процесом прийняття рішень споживачами

Крім технологічних, поведінкових та економічних чинників, загальновизнано, що політика та регулювання мають значний вплив на зростання просьюмерства. Політики та експерти галузі погоджуються, що макрорівнева політика у формі стимулів, податкових схем та законодавчих стимулів необхідна для стимулювання прийняття споживачами на ранніх етапах поширення екологічних інновацій. Сонячні фотоелектричні станції, електромобілі та розумні лічильники отримали підтримку певної форми від більшості урядів, але рівень політичного тиску різний. Різні політики виявилися ефективними в різних контекстах. Політичні механізми можна класифікувати як командно-адміністративні, економічні та м'які інструменти. Командно-адміністративні політики є мандатами, законами або правилами. Економічні стимули ефективно стимулюють дифузії, знижуючи інвестиційний поріг у нові технології за рахунок, наприклад, податкових пільг, субсидій на купівлю або грантів. Крім того, м'які інструменти включають інформаційно-просвітницькі кампанії, державні закупівлі та добровільні підходи, спрямовані на підвищення громадської обізнаності та прийняття нових технологічних рішень. Регуляторні інструменти можна використовувати для обмеження або сприяння діяльності просьюмерів. Основними економічними інструментами політики для стимулювання просьюмерства є Net-metering , «зелені тарифи», субсидії на купівлю, податкові пільги, динамічне ціноутворення та регулювання [14].

Зелені тарифи є формою стимулу- це довгострокові контракти, які гарантують просьюмерам певний тариф, встановлений вище ринкової ставки, щоб стимулювати надлишкове надходження енергії в мережу. Він був ефективним способом стимулювання мікрогенерації.

Net-metering . Просьюмери можуть віддавати надлишки енергії в енергомережу та отримувати компенсацію за надану кількість у своєму рахунку за електроенергію. На практиці це означає, що комунальні підприємства платять вищу ставку за надлишкову енергію порівняно зі своєю оптовою ціною з інших джерел енергетичного ринку. Net-metering використовувалася для стимулювання розподіленої генерації на кількох ринках.

Субсидії на купівлю, у формі грантів або податкових відрахувань застосовуються для закупівлі та встановлення обладнання для генерації енергії, щоб покращити окупність інвестицій. Сонячні панелі (PV) досягають рівня паритету з мережею, що свідчить про можливість поступового скорочення державної підтримки в найближчі роки.

Оподаткування самоспоживання є спірним питанням, і держави обрали різні підходи до впровадження оподаткування. У більшості випадків самоспоживання не оподатковується. Деякі країни, наприклад, Іспанія, ввели податок на самоспоживання, щоб контролювати базу просьюмерів.

Закони про доступ до сонячної енергії, які захищають будівлі з сонячними установками, забороняючи будівництво нових споруд, що блокують доступ до сонячного світла, діють у деяких юрисдикціях

Хоча ефективні у стимулюванні поширення ВДЕ, політичні заходи критикувалися за створення нерівних умов на ринку, і як політики, так і експерти енергетичної галузі погоджуються, що політику слід поступово скасовувати, коли буде досягнуто бажаного рівня поширення. На рисунку 1.4 зображено ключові фактори підтримки, рушійної сили та діяльності просьюмерів у рамках сталої енергетичної системи.

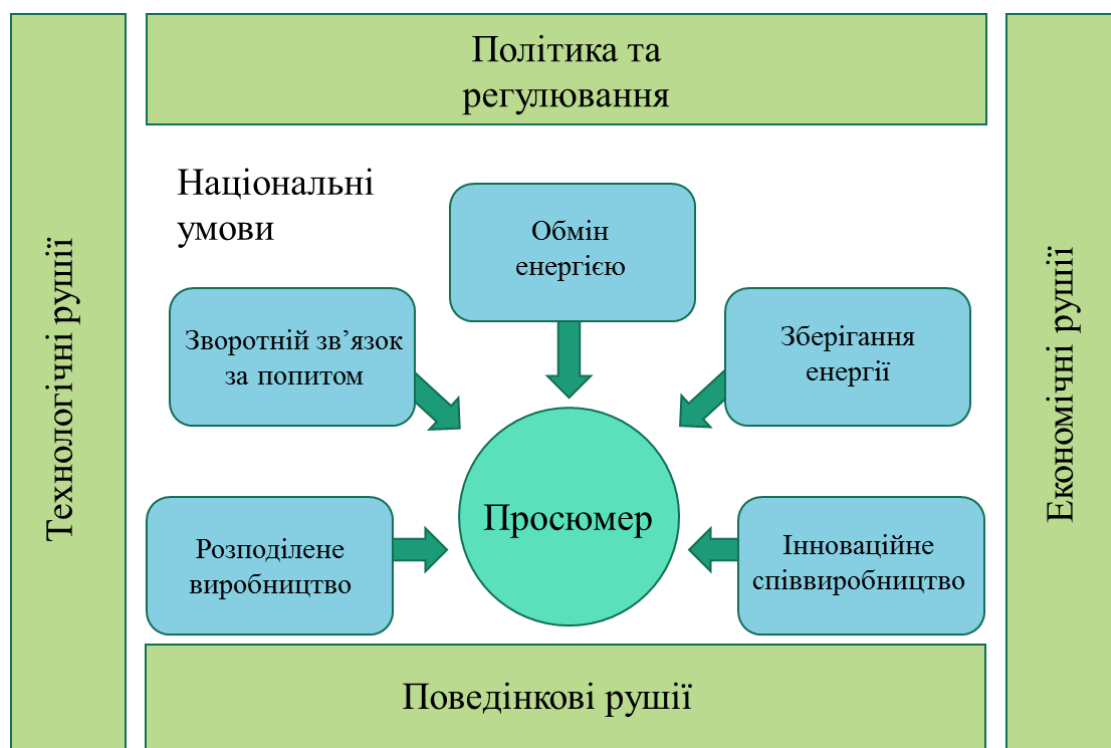


Рисунок 1.4 - Діяльність просьюмерів та фактори підтримки

Незважаючи на зниження цін на ВДЕ і міжнародні та національні політичні зусилля щодо сприяння маломасштабному просьюмерству, прийняття просьюмерства все ще перебуває на ранній ринковій фазі в більшості регіонів; просьюмерська революція ще не відбулася. Ключові бар'єри для масового руху просьюмерів відображають ті ж категорії, що й рушії та фактори: наприклад, низька інсоляція або відсутність площі даху для встановлення сонячних фотоелектричних панелей; технологічні бар'єри, такі як сприйняття ВДЕ як складних у використанні та відсутність готових рішень; економічні бар'єри, такі як низький рівень цін на енергію або тарифні структури з акцентом на фіксовані платежі; поведінкові бар'єри, такі як відсутність інтересу або соціальне прийняття ВДЕ та регуляторні бар'єри, такі як відсутність «зелених тарифів» або Net-metering ; та податок на самоспоживання або регулювання, що перешкоджає продажу енергії [13].

1.5 Вплив просьюмерів на енергетичну систему та сталий розвиток

Хоча поява просьюмерства має кілька переваг для навколишнього середовища, економіки та суспільства, зростання кількості просьюмерів також створює певні виклики. Далі розглянемо наслідки зростання кількості просьюмерів для енергетичної системи та сталого розвитку.

1.5.1 Вплив зростання кількості просьюмерів на енергетичну систему

Просьюмери є новими суб'єктами на енергетичних ринках, і їхня діяльність збільшує використання відновлюваних джерел енергії. Місцеве виробництво електроенергії допомагає зменшити втрати, які відбуваються під час передачі та розподілу, знизити потребу у збільшенні потужності передачі та розподілу, підвищити стійкість місцевих громад у разі відсутності централізованої енергосистеми та створити економічні можливості для окремих осіб та місцевих громад. Крім того, збільшення використання ВДЕ допомагає зменшити викиди як на глобальному, так і на місцевому рівні. Крім кількох переваг просьюмерства, воно також створює принаймні дві широкі категорії проблем для поточної енергетичної системи: комерційні та технічні.

По-перше, просьюмери та інші нові учасники ринку, такі як агрегатори та постачальники послуг, підривають статус-кво енергетичної галузі. Існуючі енергетичні компанії, які переважно є великими та довгостроковими виробниками електроенергії або комунальними підприємствами, тепер стикаються з новим типом конкуренції та потенційною втратою доходів, які на багатьох ринках підкріплюються державними субсидіями. Таким чином, просьюмери стикаються з інерцією з боку енергетичних компаній у формі опору змінам у регулюваннях, які дозволяють або стимулюють просьюмерство. Самостійне виробництво електроенергії та використання її в автономному режимі означає меншу кількість платників для комунальних підприємств. Існують побоювання, що це може призвести до циклу підвищення тарифів для решти споживачів, що призведе до ще більшого

зростання самостійного виробництва електроенергії і в кінцевому підсумку призведе до «смерті комунальних підприємств» [15].

Окрім чинних компаній, інші споживачі також можуть постраждати у вигляді підвищення тарифів на енергію. Було порушено питання перехресного субсидування та перерозподілу витрат між прос'юмерами та звичайними споживачами, а саме: чи платять прос'юмери свою частку за енергетичну інфраструктуру. Коли прос'юмери отримують стимули за енергію, яку вони продають, звичайні споживачі можуть виявитися тими, хто оплачує рахунки через підвищені тарифи на енергію та розподіл. Існують побоювання, що виникне розрив між тими, хто може дозволити собі самостійне виробництво енергії, і тими, хто не може. Крім того, податкові органи можуть зазнати втрат доходів як побічного ефекту зростання просьюмерства.

По-друге, енергетична система також може зіткнутися з технічними проблемами через стрімке зростання обсягів періодичного постачання енергії в мережу. Енергосистема традиційно базувалася на централізованому виробництві енергії на великих електростанціях зі стабільним постачанням. Енергомережа повинна залишатися стабільною та збалансованою з точки зору виробництва та споживання, тому передбачуваність важлива для управління системою. Більш суворі екологічні норми означають, що додавання традиційних потужностей генерації є менш життєздатним, тому акцент зміщується ВДЕ. Природно переривчастий характер постачання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) значно ускладнює їх прогнозованість. Окрім проблем прогнозування навантаження та управління потужностями, зростання бази просьюмерів може створювати технічні труднощі для електромережі, що призводять до питань якості та надійності. Це включає умови перенапруги, проблеми перевантаження, зворотне живлення в мережу, проблеми стабільності, а також виклики щодо планування системи [13]. Крім того, збільшення кількості даних, що збираються, передаються та аналізуються, створює занепокоєння щодо конфіденційності та безпеки даних.

Комерційні проблеми для існуючих енергетичних компаній, податкових органів і платників податків можна вирішити, наприклад, шляхом поступового скасування субсидій, як тільки будуть досягнуті бажані результати, шляхом розробки нових бізнес-моделей та інвестування в інноваційні рішення для створення нових бізнес-можливостей та джерел доходів. Існує все більше досліджень, спрямованих на вирішення технічних проблем, пов'язаних зі зростанням просьюмерства. Деякі з рішень для вирішення технічних проблем є, наприклад, збільшення потужності ліній електропередач, технічне модернізація енергомережі, розробка більш ефективних схем гнучкості та реагування на попит, встановлення стандартів безпеки для підключення до мережі, створення можливостей зберігання, вирішення проблем безпеки даних та інвестування в покращення використання та прогнозування даних [13].

1.5.2 Просьюмерство та сталий розвиток

Очікується, що просьюмери сприятимуть різним аспектам сталого розвитку. Цілі сталого розвитку (ЦСР) спрямовані на досягнення довгострокової стабільності економіки та навколишнього середовища шляхом інтеграції економічних, екологічних та соціальних проблем [16].

Просьюмерство може сприяти екологічній сталості принаймні трьома способами:

По-перше, просьюмерство збільшує використання ВДЕ, оскільки більша частина енергії, виробленої просьюмерами, є відновлюваною енергією. Розподілена генерація або мікрогенерація на основі ВДЕ мають очевидні екологічні переваги, можливо, найважливішою з яких є сприяння зменшенню загальних викидів парникових газів. Інвестуючи у ВДЕ для покращення доступу до енергії, можна уникнути збільшення глобальних викидів. Крім глобальних викидів, чистіша енергія зменшує місцеві викиди твердих частинок, що, у свою чергу, сприяє зменшенню проблем зі здоров'ям, пов'язаних із забрудненням.

По-друге, просьюмерство сприяє досягненню кращої енергоефективності: коли енергія виробляється, зберігається та споживається місцево, менше енергії буде витрачено даремно. Краща енергоефективність, у свою чергу, зменшує попит на виробництво енергії.

По-третє, просьюмерство може сприяти створенню проєкологічних інновацій, які опосередковано допомагають знаходити більш екологічно стійкі способи виробництва, споживання та обміну енергією.

Окрім внеску в екологічні аспекти сталого розвитку, просьюмерство може сприяти соціальній та економічній стійкості. По-перше, просьюмерство забезпечує покращений доступ до енергії в сільських районах, де електромережа недоступна або ненадійна. Кількість людей без доступу до електроенергії скоротилася з 1,7 мільярда у 2000 році до 1,1 мільярда у 2016 році. Попри цей прогрес, рівень електрифікації в субсахарській Африці наразі становить лише 43% [17]. Відновлювані джерела енергії розглядаються як засіб для подальшого розширення доступу до енергії, особливо в сільських районах країн, що розвиваються. Покращений доступ до енергії, своєю чергою, має безліч позитивних ефектів на розвиток місцевих громад, включаючи кращі можливості для розвитку бізнесу та додаткові джерела доходу для окремих осіб. Енергетична бідність є соціальною проблемою, яка стосується тих, хто не має доступу до доступної за ціною енергії, будь то електроенергія чи тепло. Хоча ця проблема переважно поширена в країнах, що розвиваються, енергетична бідність також існує в розвинених регіонах [17]. Просьюмерство може сприяти зменшенню енергетичної бідності через енергетичні проєкти в громадах, які не мають доступу до електроенергії чи централізованого теплопостачання. Він також допомагає збільшити доходи вразливих домогосподарств і підвищити енергоефективність будівель [7]. По-друге, після відшкодування початкових інвестицій самостійно вироблена енергія є дуже доступною. Обмін енергією або її продаж назад в мережу можуть допомогти зменшити рахунки за енергію або навіть отримати додатковий дохід. Ефекти спільного використання енергії для сталого

розвитку можна розглядати через призму спільної економіки або спільного споживання, які, як стверджується, мають численні стійкі екологічні та соціальні наслідки. Спільна економіка зменшує загальне виробництво, що було названо тенденцією до балансування споживання [18]. Наприклад, спільне використання енергії за допомогою платформ P2P підвищує ефективне використання відновлюваних джерел енергії та забезпечує соціальні та економічні переваги як для продавців, так і для покупців енергії.

По-третє, результатом спільного створення цінності є стимулювання розвитку та використання зелених інновацій/екоінновацій. Ще один спосіб розглянути вплив спільного створення цінностей з просьюмерами на сталий розвиток — через «зелені соціотехнічні ніші», які можуть виробляти стійкі інновації, які пізніше можуть бути прийняті режимом і стати широко поширеною практикою.

Висновки першого розділу

У цьому розділі ми розглянули просьюмерів електричної енергії, та їхню роль в сталій енергетичній системі. Фактори що сприяють розвитку просьюмерів та їхній вплив на енергетичну систему та сталий розвиток. Ціль сталого розвитку закликає: «забезпечити загальний доступ до сучасних енергетичних послуг, підвищити енергоефективність і збільшити частку відновлюваних джерел енергії. Для прискорення переходу до доступної, надійної та стійкої енергетичної системи країни повинні сприяти доступу до досліджень у галузі чистої енергії, заохочувати інвестиції в енергетичну інфраструктуру та технології чистої енергії».

2 ПРАВОВІ РАМКИ ПІДТРИМКИ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ПРОСЬЮМЕРІВ

2.1 Про ECRB

Енергетичний регулюючий орган співтовариства (ECRB) діє на підставі Договору про заснування енергетичного співтовариства. Як інститут енергетичного співтовариства, ECRB консультує Раду міністрів енергетичного співтовариства та постійну групу високого рівня щодо деталей статутних, технічних та регулюючих правил і робить рекомендації у випадку транскордонних спорів між регуляторами.

ECRB є незалежним регіональним голосом енергетичних регуляторів у Енергетичному Співтоваристві. Місія ECRB ґрунтується на трьох стовпах: наданні скоординованих регулюючих позицій щодо енергетичних політичних дебатів, гармонізації регулюючих правил через кордони та обміні регулюючими знаннями та досвідом.

2.2. Правова та регуляторна бази підтримки просьюмерів

Частка розподілених джерел енергії швидко зростає, що впливає на енергетичні ринки в різних аспектах, які мають регуляторне значення: з точки зору системи самоспоживання є додатковим інструментом для досягнення цілей у галузі відновлюваної енергетики, може допомогти зменшити мережеві втрати та пікові навантаження, підвищити енергоефективність, покращити реакцію на попит та залучення споживачів, оскільки вони можуть вирішити чи виробляти частину електроенергії для власних потреб. Водночас, вплив на мережі не можна нехтувати. Широкий спектр відповідних аспектів також пояснює, що на просьюмерів можна дивитися з дуже різних точок зору, наприклад, як на розширення прав споживачів або створення інвестиційного потенціалу.

У цьому розділі проведемо оцінку правової та регуляторної бази підтримки та обробки маломасштабних виробників на аналізованих ринках з

особливим акцентом на сонячні фотоелектричні станції, підключені до розподільчої мережі.

Розглянемо:

- визначення просьюмерів/генераторів для власного споживання;
- критерії класифікації просьюмерів;
- обмеження потужності для просьюмерів;
- процедури авторизації;
- правову та регуляторну базу;
- існуючі схеми підтримки та інші стимули;
- угоди про підключення та постачання;
- роль національних регулюючих органів (регулятори) та операторів розподільчих систем;
- аспекти захисту споживачів.

2.3 Визначення просьюмерів у законодавстві

Просьюмери, як правило, визначаються як споживачі електроенергії, які виробляють частину своїх потреб в електроенергії на власній електростанції та використовують розподільчу мережу для віддачі надлишкового виробництва та споживання електроенергії, коли власного виробництва недостатньо для задоволення власних потреб.

Законодавство ЄС як таке не містить визначення терміна «просьюмери», а натомість використовує поняття «самоспоживачі» (-генератори). У статті 2(1) Директиви 2018/2001 самоспоживач, відновлюваних джерел енергії, визначається як «кінцевий споживач, який діє у межах власних приміщень, розташованих у визначених кордонах, або, якщо це дозволено державою-членом, у межах інших приміщень, генерує електроенергію з відновлюваних джерел для власного споживання, а також може накопичувати або продавати самостійно вироблену електроенергію з відновлюваних джерел за умови, що для не побутового самоспоживача відновлюваної енергії ці види діяльності не становлять його основної комерційної або професійної діяльності».

У цьому розділі проаналізуємо, чи термін «Просьюмер» визначено в національному законодавстві аналізованих ринків і, якщо так, наскільки визначення узгоджуються з вищезазначеною термінологією. У таблиці 1 додатку В наведено визначення самогенераторів та просьюмерів у різних країнах.

Інформація в таблиці показує, що термін «просьюмер» чітко визначений лише у законодавстві Греції, Косово, Чорногорії та Північної Македонії. Однак законодавство Албанії, Вірменії та Боснії і Герцеговини містить визначення «самоспоживання» («самогенерації»), які по суті відображають усі елементи концепції просьюмера. Аналогічно, у Молдові Закон про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел визначає термін «кінцевий споживач» відповідно до концепції Просьюмера. У Боснії і Герцеговині, Сербії та Україні існують визначення «самоспоживання» («самогенерації»), однак вони не відображають усіх елементів просьюмера, зокрема, відсутнє поняття права продавати надлишок електроенергії.

Кілька Договірних Сторін визначають побутових та малих комерційних просьюмерів залежно від розміру або потужності установки, навіть якщо діапазони потужності різняться: це стосується Боснії і Герцеговини (Республіка Сербська; максимум 50 кВт і підключення до рівня напруги 0,4 кВ), Косово, Північної Македонії (максимум 4 кВт для домогосподарств; максимум 20 кВт для малих споживачів, бюджетних користувачів або одиноких користувачів), а також Вірменії (максимум 150 кВт).

Можна зробити висновок, що на більшості проаналізованих ринків існує визначення генераторів для власного споживання та просьюмерів у законодавстві, хоча в деяких випадках воно фігурує під іншим терміном. Загалом це визначається як споживач електроенергії, який одночасно і на тому ж місці є власником об'єкта, що генерує енергію з відновлюваних джерел енергії, підключеного до мережі та має право самостійно споживати згенеровану електроенергію, а також віддавати надлишок електроенергії

постачальнику/мережі. У кількох випадках побутові та малі комерційні просьюмери визначаються залежно від розміру або потужності установки.

2.4 Правова класифікація об'єктів генерації з ВДЕ

2.4.1 Класифікація об'єктів генерації

У цьому розділі аналізується правова класифікація об'єктів генерації з ВДЕ. В Україні для деяких типів ВДЕ, з метою встановлення обмежень на «зелений» тариф, класифікація визначаються наступним чином:

- Вітрові станції: до 600 кВт, 600-2000 кВт, понад 2000 кВт.;
- Сонячні станції (наземна): до 10 МВт, понад 10 МВт.;
- Сонячні станції (на даху): до 100 кВт, понад 100 кВт.;
- Гідроелектричні станції: до 200 кВт, 200-1000 кВт, 1000-10000 кВт.;
- Енергія біомас;
- Біогаз;
- Геотермальні станції;
- Споживачі (включаючи енергетичні кооперативи), що генерують електроенергію з вітрових, сонячних, комбінованих вітро-сонячних, гідро, біомас, біогаз, геотермальних потужністю до 150 кВт.;
- Приватні домогосподарства, що генерують електроенергію з вітрових та сонячних станцій потужністю до 50 кВт.

На підставі наданих даних можна зробити висновок, що в Українському законодавстві існує класифікація об'єктів генерації з ВДЕ.

2.4.2 Визначення «малих» або «мікро» об'єктів генерації електроенергії.

Проаналізуємо, чи існує визначення мікро- та/або малих об'єктів генерації електроенергії з ВДЕ у первинному або вторинному законодавстві.

В українському законодавстві існує визначення мікрогенеруючих установок тільки для гідроелектростанцій. Їх класифікують наступним чином:

- МікроГЕС - до 200 кВт.
- МініГЕС - від 200 до 1000 кВт.
- Малі ГЕС - від 1 до 10 МВт.

Можна зробити висновок, що в Україні існує визначення мікрогенераторів або малих генераторів в законодавстві. У межах визначень для мікрогенераторів та малих генераторів також визначено потенційну потужність цих генераторів, причому граничні значення потужності варіюються від 1 до 1000 кВт.

2.5. Максимальний рівень встановленої потужності для просьюмерів

Розглянемо максимальний рівень дозволеної встановленої потужності для побутових та малих комерційних просьюмерів на проаналізованих ринках. У таблиці 2.1 наведено огляд дозволених обмежень потужності для просьюмерів.

Таблиця 2.1: Верхня межа встановленої потужності для просьюмерів у різних країнах

	Потужність для побутових споживачів (домогосподарств) кВт	Потужність для малих комерційних споживачів кВт
Албанія	Відповідно до схеми обліку, мале або середнє підприємство чи сімейний клієнт може встановити загальну потужність до 500 кВт.	
Вірменія	150 кВт	150 кВт; до 31.12.2022 500 кВт для сонячної енергетики.
Боснія та Герцеговина	У системі нетто-метрії до 50 кВт.	
Грузія	Встановлена потужність мікроелектростанції не повинна перевищувати потужність підключення до мережі розподілу конкретного побутового споживача.	

Продовження таблиці 2.1

Греція	У З'єднаній системі може становити до 20 кВт або до 50% від узгодженого споживання електроенергії, якщо воно перевищує верхню межу 20 кВт. На Нез'єднаних островах може становити до 10 кВт (особливо до 20 кВт на Криті) або до 50% від узгодженого споживання електроенергії, якщо воно перевищує верхні межі.	У З'єднаній системі може становити до 100% від узгодженого споживання електроенергії, але не перевищувати 1 МВт. На Нез'єднаних островах може становити до 100% від узгодженого споживання електроенергії, але не перевищувати певних верхніх меж для кожного острова.
Косово	100кВт	
Молдова	200кВт	
Чорногорія	Відповідно до Закону про енергетику, кінцевий споживач, який виробляє електроенергію з відновлюваних джерел енергії на потужностях до 50 кВт встановленої потужності або на установках вискоелефективної когенерації потужністю до 50 кВт встановленої потужності, має право на обмін електроенергією, яку він віддає в систему та бере з системи розподілу.	
Північна македонія	4кВт	20кВт
Сербія	Визначення Просьюмерів відсутнє	
Україна	50 кВт (тільки сонячні та вітрові установки)	150 кВт (сонячна, вітрова, біомаса, біогаз, гідро та геотермальна енергія)

Максимальний дозволений рівень встановлених потужностей самогенерації визначений на всіх проаналізованих ринках, крім Боснії і Герцеговини та Сербії. Найвищий дозволений ліміт потужності для самоспоживання встановлено в Албанії на рівні 500 кВт як для побутових, так і для малих комерційних споживачів. Проаналізовані дані інших країн показують, що для побутових споживачів дозволена потужність коливається від 4 кВт у Північній Македонії до 200 кВт у Молдові. Для малих комерційних споживачів дозволена потужність коливається від 20 кВт у Північній Македонії до 200 кВт у Молдові. Також у всіх випадках встановлена потужність генератора для самоспоживання не повинна перевищувати його потужність підключення до мережі розподілу конкретного побутового споживача, а у випадку групи побутових споживачів встановлена потужність

мікроелектростанції не повинна перевищувати сумарну потужність підключення до мережі розподілу конкретної групи споживачів. Винятком є Косово, де максимальний поріг 100 кВт застосовується навіть у тому випадку, якщо потужність підключення конкретного споживача до мережі розподілу нижча. Згідно з даними, надісланими Вірменією, де до 2022 року порогове значення потужності буде збільшено, самостійні виробники можуть досягти загальної потужності споживання електроенергії свого встановленого обладнання, але не більше 50 кВт.

2.6. Точка підключення просьюмера до мережі

У більшості проаналізованих ринків, а саме в Албанії, Боснії і Герцеговині, Косово, Молдові, Чорногорії, Північній Македонії та Україні, просьюмери підключені до низької напруги. Однак у деяких випадках, а саме в Албанії, Грузії та Україні, просьюмерам дозволено підключатися також до рівня середньої напруги, тоді як у Вірменії просьюмери можуть бути підключені навіть до високої напруги. Також в Україні немає юридичних та технічних обмежень щодо підключення просьюмерів до рівня високої напруги.

Таблиця 2.2 - Точка підключення просьюмера до мережі

	Низька напруга	Середня напруга
Албанія	Так	Так
Вірменія	Так	Просьюмери підключені до мережі розподілу в будь-якому випадку, верхній рівень напруги якої становить 110 кВ
Боснія та Герцеговина	Так	Ні

Продовження таблиці 2.2

Грузія	Так	Ні
Греція	До 250 кВ	Ні
Косово	Так	Ні
Молдова	Так	Ні
Північна македонія	Так Відповідно до статті 38(2) проекту Кодексу мережі розподілу, якщо встановлена потужність ≤ 100 кВт і точка підключення знаходиться на мережі розподілу 0,4 кВ	Ні
Україна	Так	так

2.7 Звільнення від вимог ліцензування для мікро/малих генераторів

Майже на всіх проаналізованих ринках мікро- та малі генератори звільняються від вимог ліцензування. Також можна відзначити, що на всіх ринках генератори із загальною затвердженою встановленою потужністю менше 1 МВт не підлягають ліцензуванню. Ситуація відрізняється в Україні:

- для домогосподарств – менше 50 кВт не вимагають ліцензії;
- для не домогосподарств – менше 150 кВт ліцензія не потрібна;
- для інших генераторів ВДЕ ліцензія обов'язкова;
- для не-ВДЕ генераторів з потужністю менше 5 МВт ліцензія не потрібна.

Більш детальну інформацію про умови ліцензування можна побачити в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Звільнення від ліцензування

	Чи діє звільнення від ліцензування?
Албанія	так
Вірменія	Так
Боснія та герцеговина	Так - відповідно до статті 51 Закону про електроенергію ліцензії на будівництво та генерацію видаються лише для об'єктів потужністю понад 1 МВт.
Грузія	Так: Закон про електроенергію та природний газ звільняє виробництво електроенергії мікроелектростанціями від вимоги ліцензування.
Греція	Так: для установок менше 1 МВт
Косово	Так
Молдова	Так: для установок менше 5 МВт
Чорногорія	Так: для установок менше 1 МВт
Північна македонія	Так: відповідно до статті 38 Закону про енергетику ліцензія не потрібна для виробництва електроенергії з ВДЕ, призначеної для власного споживання, при цьому надлишок виробленої енергії передається в мережу розподілу електроенергії на умовах та способом, визначеними відповідно до правил та положень, прийнятих на підставі цього Закону.
Сербія	Так: відповідно до статті 21 Закону про енергетику ліцензія не потрібна для здійснення виробництва електроенергії на об'єктах із загальною затвердженою потужністю до 1 МВт.
Україна	Так

2.8 Схеми самоспоживання

Проведемо аналіз схеми самоспоживання, що діють на проаналізованих ринках. Як вихідний пункт, на рисунку 2.1 зображено схему самоспоживання:

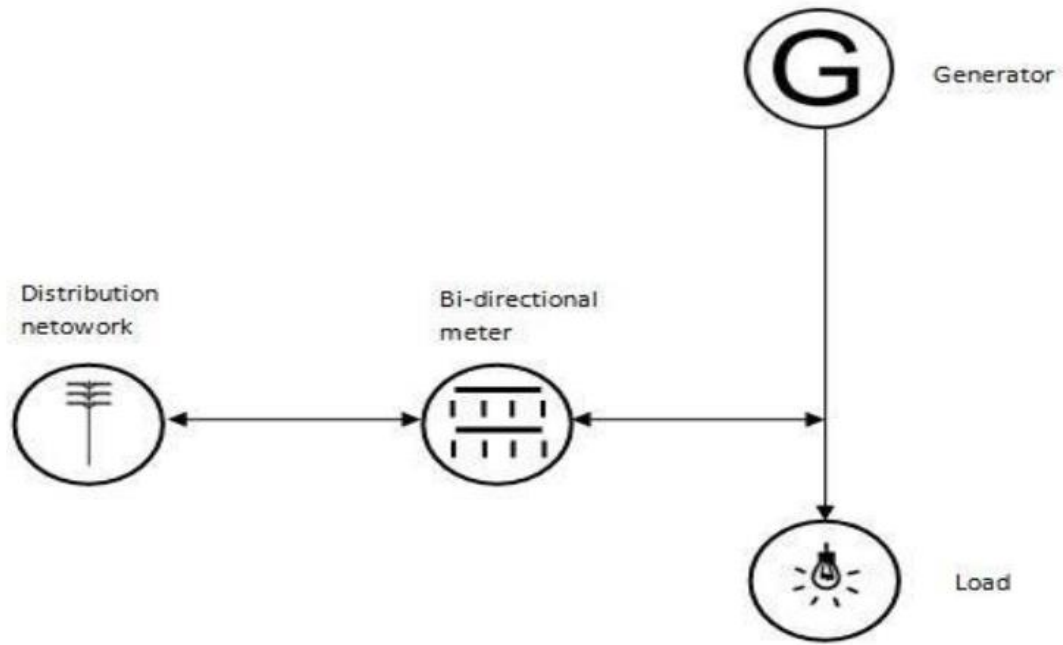


Рисунок 2.1 – Схема підключення самоспоживача

Net-metering - це проста схема, яка забезпечує споживачів, що встановлюють генератори (зазвичай фотовольтаїчні станції), одноразовим кредитом за кожен кіловат-годину електроенергії, яку їх системи виробляють і експортують в мережу протягом рахункового періоду. У цьому випадку виробництво і споживання компенсуються протягом більш тривалого періоду (до одного року). За схемою net-metering всі кВт·год генератора оцінюються однаково.

Net-billing - це схема, за якою споживач отримує одноразові грошові кредити за кожен кіловат-годину, експортований в мережу. Кожен кВт·год оцінюється або за єдиною ціною, або за ціною, що відповідає часу виробництва. Кредити нараховуються протягом визначеного періоду, зазвичай одного року. Це еквівалентно схемі net-metering, але з грошовою компенсацією замість енергетичної компенсації..

На підставі чинної нормативно-правової бази можна зробити висновок, що в сучасних умовах впроваджуються дві схеми самоспоживання для маломасштабних технологій відновлюваної енергії – тобто Net-metering та Net-billing. В Україні всі споживачі з установками генерації ВДЕ отримують оплату за нетто-електроенергію, яку вони передають в мережу, за тарифами на «зелений» тариф.

2.9 Необхідні документи для заявок просьюмерів

Розглянемо перелік документів, які споживач повинен надати операторам систем розподілу при подачі заявки на підключення до мережі як просьюмера.

Список документів:

- Заява про приєднання до мережі;
- Сертифікат якості або паспорт енергетичного обладнання;
- Технічний проект;
- Копія паспорта або ідентифікаційного коду (для фізичних осіб);
- Копія свідоцтва про реєстрацію підприємства (для юридичних осіб);
- Документи на право володіння або користування земельною ділянкою (якщо у свідоцтві про право власності на земельну ділянку не вказано кадастровий номер - копія топографо-геодезичного плану або плану забудови території з позначенням розташування земельної ділянки);
- Технічне обґрунтування енергетичної ефективності (для великих потужностей);

Наступним кроком є укладання договорів. Між просьюмером та Оператором системи розподілу укладається «договір на послуги з розподілу». А із постачальником укладається «договір постачання»; «договір купівлі-продажу електроенергії за тарифом "зелений тариф"».

2.10 Загальні вимоги до обліку

Таблиця 2.4 - Вимоги до обліку

	Загальні вимоги до обліку
Албанія	Не визначено
Вірмнія	Згідно з тимчасовими правилами оптового ринку електроенергії: самогенератори на основі відновлюваних джерел енергії, які здійснюють перетік електроенергії, повинні встановити двонаправлені багатотарифні електронні лічильники. Питання, пов'язані з придбанням та експлуатацією цих лічильників, регулюються правилами електропостачання та використання електроенергії, а також іншими нормативно-правовими актами регулятора.
Боснія та Герцеговина	Загальні вимоги до обліку викладені у розділі VII Технічні вимоги до точки обліку Правил про вимоги підключення установок до електричної мережі розподілу.
Грузія	Правилами постачання та споживання електроенергії (потужності) передбачено, що у разі застосування Net-metering двонаправлені лічильники встановлюються ліцензіатом з розподілу.
Косово	Кодекс з обліку електроенергії передбачає, що у разі застосування Net-metering двонаправлені лічильники встановлюються ліцензіатом з розподілу.
Молдова	Окремих вимог щодо лічильників немає, зазначається лише, що просьюмер повинен мати лічильник, здатний враховувати як спожиту, так і віддану електроенергію.

Продовження таблиці 2.4

Чорногорія	Загальні вимоги до двонаправлених лічильників для малих генераторів такі ж, як і для всіх генераторів, і залежать від конкретного випадку. Типи визначаються Правилами обліку в системі розподілу.
Північна Македонія	Правилами для ВДЕ визначено, що електроенергія, що виробляється та постачається до системи розподілу, повинна обліковуватися лічильниками, які відповідають умовам, передбаченим кодексом системи розподілу, і належать оператору системи розподілу. Для просьюмерів використовуються двонаправлені лічильники.
Сербія	Загальні вимоги до лічильників для всіх генераторів визначаються ОСР під час підключення генератора до системи. Характеристики визначаються кодексом мережі розподілу.
Україна	Усі об'єкти самогенерації повинні мати двонаправлені лічильники або два окремі лічильники (для віддачі та споживання). Станом на грудень 2019 року ця вимога поширюється на домогосподарства потужністю до 50 кВт та на не побутові об'єкти потужністю до 150 кВт.

Щодо вимог до систем обліку, всі просьюмери повинні мати двонаправлені лічильники, встановлені у їхніх приміщеннях, у Вірменії, Боснії і Герцеговині-Республіці Сербській, Грузії, Косово, Чорногорії, Північній Македонії та Україні, тоді як в Албанії немає чітко визначених вимог до встановлення лічильників. В Україні, крім двонаправлених лічильників, просьюмери також можуть мати два окремі лічильники. У Сербії ОСР визначає загальні вимоги до лічильників під час підключення генератора до системи; характеристики визначаються кодексом мережі розподілу. У Молдові немає конкретних вимог щодо лічильників, але просьюмер повинен

мати лічильник, здатний враховувати як спожиту, так і введену електроенергію.

2.11. Кількість фотоелектричних систем для власного споживання що знаходяться в експлуатації

У таблиці 2.5 та на рисунку 2.2 показано загальну кількість генераторів для власного споживання, встановлених та в експлуатації на проаналізованих ринках. Надана інформація свідчить про щорічне зростання потужностей генерації для власного споживання/просьюмерів у кожній країні. Україна має найбільшу кількість генераційних потужностей для власного споживання, що працюють. Станом на 2017 рік в експлуатації було 3010 генераторів, а на 2018 - стало 4469, що становить зростання на 148 %.

Таблиця 2.5: Кількість генераторів для власного споживання

Рік	Вір	БіГ	Гру	Гре	Кос	Мол	Чор	Укр
2017		4	28	746	0	0	1	3010
2018	779	5	67	1007	3	56	2	4469
2019	0	5	НД	1104	20	0	2	0
Всього	779	14	95	2,857	23	56	5	7479
У процесі	110	0	НД	0	1	0	0	0

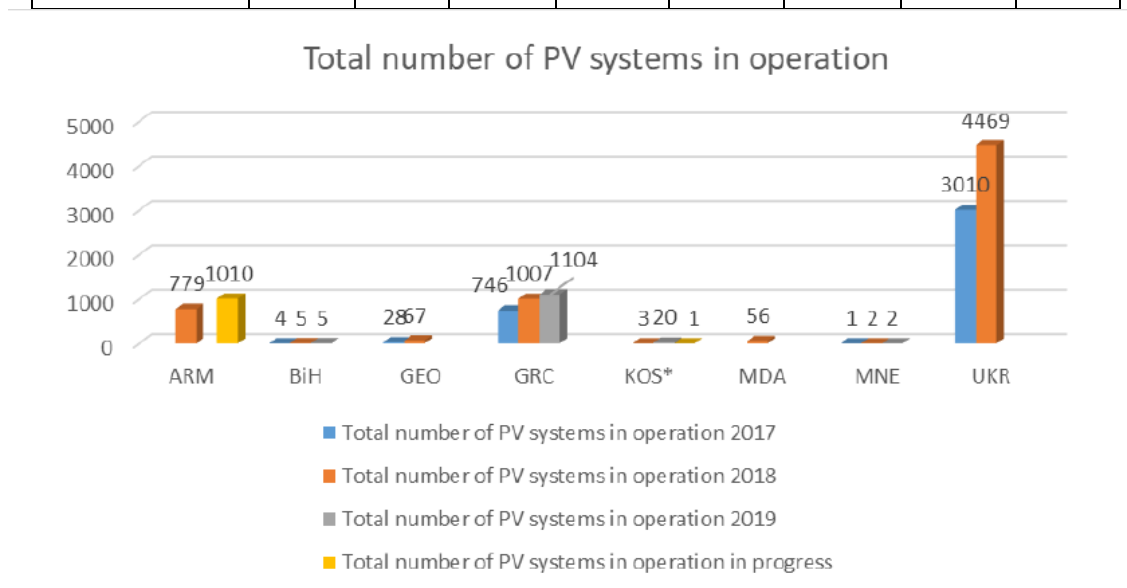


Рисунок 2.2 - Кількість генераторів для власного споживання

2.12. Загальна встановлена потужність просьюмерів

Таблиця 2.6 - Загальна встановлена потужність просьюмерів

	Встановлена потужність на низькій напрузі	Встановлена потужність на середній напрузі
Вірменія		Загальна потужність становить 9 000 кВт. Після підключення наступних 110 Просьюмерів відбудеться збільшення приблизно на 3 000 кВт.
Грузія	812,22 кВт станом на 1 квітня 2019 року	
Греція	14,340кВт	5,260 кВт
Косово	824кВт	
Молдова	362,2 кВт	
Україна	174,400 кВт низька та середня напруга	

На рисунку 2.3 відображено інформацію про встановлені та експлуатовані виробничі потужності, реалізовані на даний момент на проаналізованому ринку. Україна має найбільшу встановлену потужність 174 400 кВт, тоді як Косово має найменшу потужність 270,08 кВт. В цілому, до 2019 року на всіх проаналізованих ринках є надлишок встановленої потужності 184,84 МВт. Деякі НРІ, незважаючи на підключення до системи та експлуатацію низки генераторів для власного споживання, не змогли надати інформацію про виробничу потужність через відсутність відповідних даних.

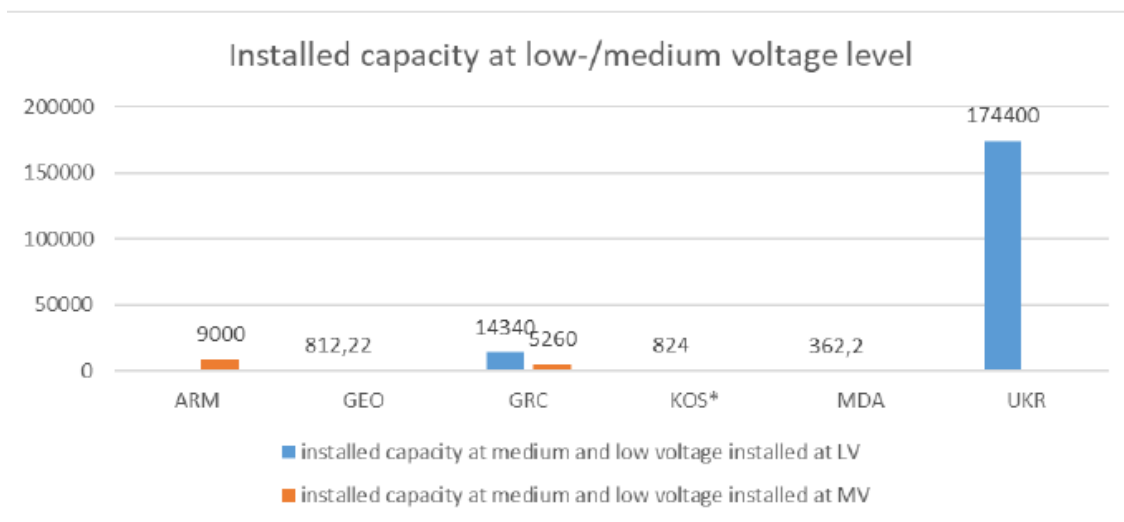


Рисунок 2.3 - Встановлені та експлуатовані виробничі потужності

2.13 Права та захист просьюмерів

У більшості проаналізованих ринків просьюмери можуть подавати скарги до ОСР та постачальника, як і будь-який інший споживач, і обидва оператори зобов'язані розглядати скарги. У всіх випадках процедура подання скарг регулюється первинним та вторинним законодавством. просьюмери можуть подавати скаргу до ОСР на пропозицію підключення, якщо вони не погоджуються з рішенням оператора, і до постачальника щодо договору постачання-відбору електроенергії.

У всіх випадках регулятори мають право видавати обов'язкові рішення для операторів (ОСР та постачальників), але лише в Косово, Грузії, Україні та Молдові регулятор може накладати штрафи на ОСР та постачальника, а невиконання рішень НРІ призведе до фінансових санкцій (і, можливо, - анулювання ліцензії в разі повторного правопорушення).

Таблиця 2.7 - Права та захист просьюмерів

	Чи можуть споживачі (просьюмери) подати скаргу на ОСР або постачальника, якщо вони не погоджуються з пропозицією (пропозиція підключення від ОСР, договір постачання-відбору електроенергії тощо)?	Чи зобов'язані ОСР та постачальники розглядати скарги?	Чи може просьюмер подати скаргу на ОСР або постачальника до регулятора, як і будь-який інший споживач?
Албанія	Не знайдено	Не знайдено	так
Вірменія	так	так	так
Боснія та Герцеговина	так	так	так
Грузія	так	так	так
Греція	так	так	так
Косово	так	так	так
Молдова	так	так	так
Чорногорія	так	так	так
Північна Македонія	так	так	так
Сербія	так	так	так
Україна	так	так	так

Висновки другого розділу

У більшості проаналізованих ринків є визначення самоспоживачів та просьюмерів у законодавстві, хоча терміни можуть варіюватися. Просьюмери — це споживачі, які генерують енергію з ВДЕ і можуть самостійно споживати або постачати надлишки в мережу. Діяльність просьюмерів регулюється загальними енергетичними законами, але спеціальні регуляції існують лише в кількох країнах. Існують різні критерії для класифікації установок ВДЕ, зокрема для мікрогенераторів, та визначення лімітів потужності для самоспоживання. Схеми підтримки, як от Net-metering і Net-billing, застосовуються в більшості країн, але підходи різняться. Пропонується гармонізувати правову базу, розширити використання Net-billing, та зняти обмеження на потужність для просьюмерів. Важливо також забезпечити доступність інформації для споживачів щодо фінансових переваг і процедур переходу до статусу просьюмера.

3 РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НЕЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

3.1 Основні відомості та завдання

Даний розділ роботи буде присвячений розробці проекту гібридної системи електропостачання для нежитлового будинку. У рамках проекту передбачається встановлення на даху сонячної електростанції, яка забезпечуватиме власні енергетичні потреби будівлі. Будуть виконано вибір необхідного обладнання, проведені розрахунки та зроблені висновки щодо доцільності й ефективності встановлення даної електричної станції. Об'єктом проектування є нежитловий будинок, розташований у місті Вінниця.

3.2 Інформація про об'єкт

3.2.1 Конфігурація будівлі

Будівля– Н-подібна, орієнтована правим нижнім кутом правої «ніжки» на південь та, відповідно, лівим верхнім кутом лівої «ніжки» на північ.

Розміри будівлі (орієнтовно) - 68 на 55 метрів. Права ніжка має висоту трьох поверхів, ліва – двох поверхів, перемичка – двоповерхова. Загальна площа будівлі – 4137,4 м².

Дах будівлі похилий, двоскатний, виконаний для кожної із частин будівлі окремо («ніжки» та «перемичка» мають по 2 скати кожна). Загальна площа даху становить 2040 м².

Покрівля будівлі представлена двосхилою кроквяною системою. Підтримуючими конструкціями є прогони, стійки із підкосами. Технічний стан конструкцій покриття в цілому оцінюється як задовільний. Влаштування на покрівлі обладнання сонячної фотоелектростанції із заданими параметрами можливе.

Зовнішнє оточення будівлі – низькоповерхова громадська та комерційна забудова з північного, південного та західного боку, зелена зона зі східного боку.

Елементи, що виступають над поверхнею скатів, такі, як зовнішні частини вентиляційних систем, антени систем телекомунікації, оглядові вікна, відсутні. Встановлені лише по одному ряду снігоутримувачів в нижній частині кожного скату.

3.2.2 Споживання електричної енергії

Основними споживачами електричної енергії є: електроплити потужністю 12-18 кВт, електродуховка потужністю до 5 кВт, електросковорідка , бойлер, освітлення приміщень, комп’ютерна техніка, та інше.

В таблиці 3.1 продемонстровані відомості щомісячного споживання електроенергії об’єктом протягом останніх трьох років.

Таблиця 3.1 - Обсяги щомісячного споживання за останні 3 роки

	2022 р.		2023р.		2024р.	
	кВт	грн	кВт	грн	кВт	грн
січень	2406	8156,34	6993	37971,99	4300	26488,00
лютий	4295	16020,35	6938	37673,34	4210	25933,60
березень	3111	11604,03	5663	30750,09	3950	23739,50
квітень	1753	5890,08	2642	14346,06	3260	19788,20
травень	3010	10113,60	833	4523,19	3150	19120,50
червень	481	1693,12	1287	6988,41	450	2821,50
липень	302	1063,04	2230	12108,90	460	3049,80
серпень	425	1644,75	2431	13200,33	496	3506,72
вересень	4190	17388,50	2160	12096,00	3200	22624,00
жовтень	3603	16429,68	3803	21296,80	3700	26159,00
листопад	6399	29179,44	3680	20608,00	-	-
грудень	8662	39498,72	3998	22388,80	-	-

Для формування графіку споживання в даному дослідженні використано дані погодинного споживання електричної енергії за декілька днів вересня 2024 року. Дані наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Погодинне споживання (в кВт*год).

	11.09.2023	12.09.2023	13.09.2023	14.09.2023	15.09.2023
00:00-01:00	0,30	0,36	0,36	0,30	0,36
01:00-02:00	0,36	0,36	0,36	0,30	0,36
02:00-03:00	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
03:00-04:00	0,30	0,36	0,36	0,30	0,42
04:00-05:00	0,36	0,48	0,42	0,36	0,30
05:00-06:00	1,80	0,36	0,84	5,40	0,42
06:00-07:00	4,98	4,32	7,38	13,32	1,20
07:00-08:00	3,96	1,50	3,42	5,16	5,46
08:00-09:00	13,56	6,18	2,34	4,20	4,38
09:00-10:00	12,54	13,62	18,54	10,68	18,36
10:00-11:00	16,68	25,44	24,00	21,00	23,64
11:00-12:00	19,14	24,78	21,36	17,04	23,28
12:00-13:00	10,02	12,18	14,94	10,56	12,66
13:00-14:00	16,50	12,72	15,90	10,74	15,00
14:00-15:00	20,04	18,30	16,8	18,06	18,00
15:00-16:00	10,44	13,20	21,66	12,24	21,66
16:00-17:00	1,74	1,14	3,12	2,70	4,50
17:00-18:00	0,60	0,90	0,84	2,22	1,38
18:00-19:00	0,60	1,08	1,32	1,02	1,26
19:00-20:00	0,84	1,02	0,90	0,78	1,68
20:00-21:00	0,36	0,42	0,90	0,48	0,78
21:00-22:00	0,48	0,36	0,60	0,48	0,36
22:00-23:00	0,36	0,42	0,36	0,36	0,36
23:00-24:00	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36

На основі таких даних сформовано денні графіки споживання електричної енергії (рисунок 3.1.)

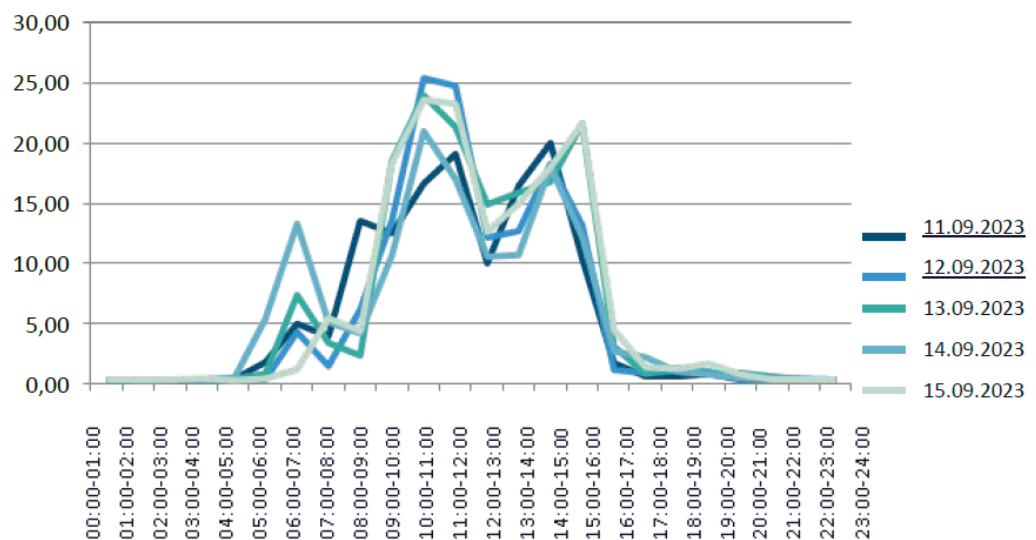


Рисунок 3.1 – Денні графіки споживання електричної енергії

Аналіз графіків дозволяє зробити 2 висновки, що матимуть значення в подальшому: основне споживання електричної енергії об'єкту відбувається в період з 6.00 по 17.00 та характер споживання протягом вказаного періоду має тенденцію до повторення. З огляду на це, можливо сформувати усереднений денний графік споживання електричної енергії (рисунок 3.2).

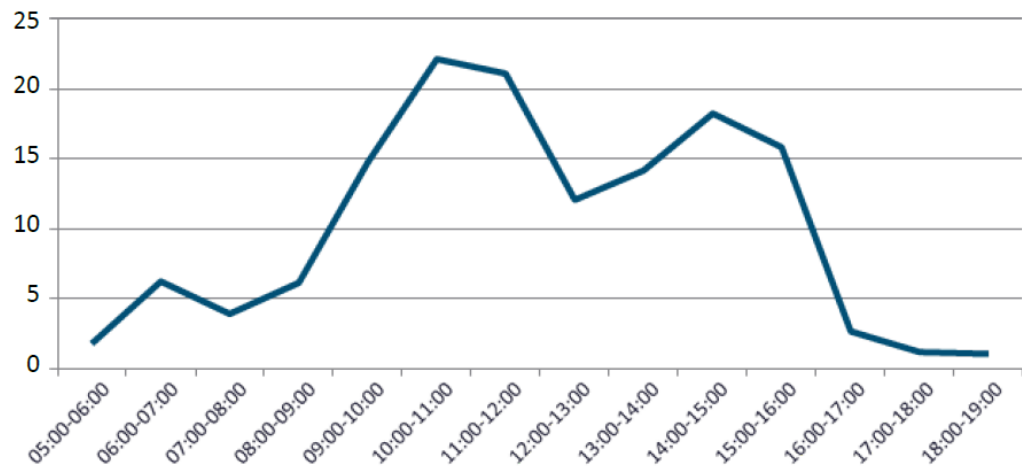


Рисунок 3.2 - Усереднений денний графік споживання електричної енергії.

Виходячи із денного графіка споживання електроенергії, можемо дійти до висновку, що щоб забезпечити запас потужності потрібно вибрати станцію від 25кВт.

3.3 Вибір фотоелектричної станції

3.3.1 Технічна можливість встановлення станції

З урахуванням орієнтації будівлі та ефективного використання потужності фотоелектричних модулів, доступними для монтажу генеруючих поверхонь станції є лише скати даху, що орієнтовані на південний схід та південний захід. Скати, що орієнтовані на північний схід та північний захід, не мають достатнього рівня інсоляції і розміщення фотоелектричних модулів на них є неефективним.

Найбільш доцільним для розташування сонячних модулів приймається південно-східна частина покрівлі.

Кут нахилу скатів знаходиться в межах оптимального кута для генерації в літній період. Монтаж фотоелектричних модулів відбуватиметься по поверхні скату зі збереженням існуючого кута. Технологічно можливо змінити кут нахилу модулів шляхом використання спеціальної конструкції кріплення, для збільшення генерації в зимовий період, проте враховуючи суттєве здорожчання вартості конструкції, вартості монтажу та незначний обсяг генерації в даний період, така зміна кута може бути економічно невиправданою.

Матеріал даху – дерев'яні крокви, дерев'яна рейкова обрешітка та металопрофіль. Гідробар'єр та вітробар'єр не використовувались (не встановлені), утеплення скатів відсутнє. Встановлення інверторного обладнання та накопичувачів енергії можливе в приміщенні яке знаходиться поруч з електрощитовою.

3.3.2 Призначення станції

Призначення станції, тобто основна мета, з якою здійснюється її встановлення, визначається тим, для чого саме планується використовувати згенеровану електричну енергію і що саме планується досягти її використанням.

Такою основною метою може бути:

1. Підприємництво. Електрична енергія фотоелектричної станції буде використовуватись для отримання доходу, як правило шляхом продажу її третім особам.

2. Самозабезпечення. Електрична енергія фотоелектричної станції буде використовуватись для покриття власного енергоспоживання та зменшення споживання від загальної електромережі.

3. Автономність. Електрична енергія фотоелектричної станції буде використовуватись для незалежного та стабільного живлення певних споживачів або їх груп.

В певній мірі зазначені варіанти є взаємопов'язаними (не є виключними) і досягнення однієї мети може супроводжуватись частковим досягненням іншої, до прикладу, підприємництво не виключає можливість використання енергії для власних потреб, а самозабезпечення - можливість продажу її надлишків. Проте ключове значення має саме основна мета – те, що ставиться в пріоритет для встановленої станції.

Аналізуючи об'єкт, зокрема профіль його діяльності та електроживлення, можна стверджувати, що основною метою (призначенням) станції для даного об'єкту є самозабезпечення.

Автономність не може бути основною метою для даного об'єкту, так як даний об'єкт не є віддаленим від електромереж, має достатню кількість вводів та не має споживачів, для яких критичним є безперервність живлення.

З урахуванням зазначеного, подальший вибір фотоелектричної станції буде здійснюватися з урахуванням призначення станції – самозабезпечення (забезпечення власних потреб в електричній енергії).

В той же час, особливістю об'єкту є його режим роботи – у літній період мале споживання. Для регіону розташування об'єкту це матиме наступні наслідки: 40 відсотків від загального річного обсягу генерації станції (незалежно від розміру) можуть бути невикористані внаслідок специфіки роботи об'єкт таблиця 3.3.

Таблиця 3.3 - Розподілення генерації за місяцями

Місяць	Інсоляція кВт/м ²	Генерація 1 кВт	Генерація по року	Потенційно не використано
Січень	1,09	33,79	3,02%	
Лютий	1,86	52,08	4,66%	
Березень	2,87	88,97	7,96%	
Квітень	3,85	115,50	10,33%	
Травень	5,08	157,48	14,09%	
Червень	5,21	156,30	13,98%	40,66%
Липень	5,04	156,24	13,98%	
Серпень	4,58	141,98	12,70%	
Вересень	3,14	94,20	8,43%	
Жовтень	1,98	61,38	5,49%	
Листопад	1,10	33,00	2,95%	
Грудень	0,87	26,97	2,41%	
Всього:	36,67	1117,89	100,00%	

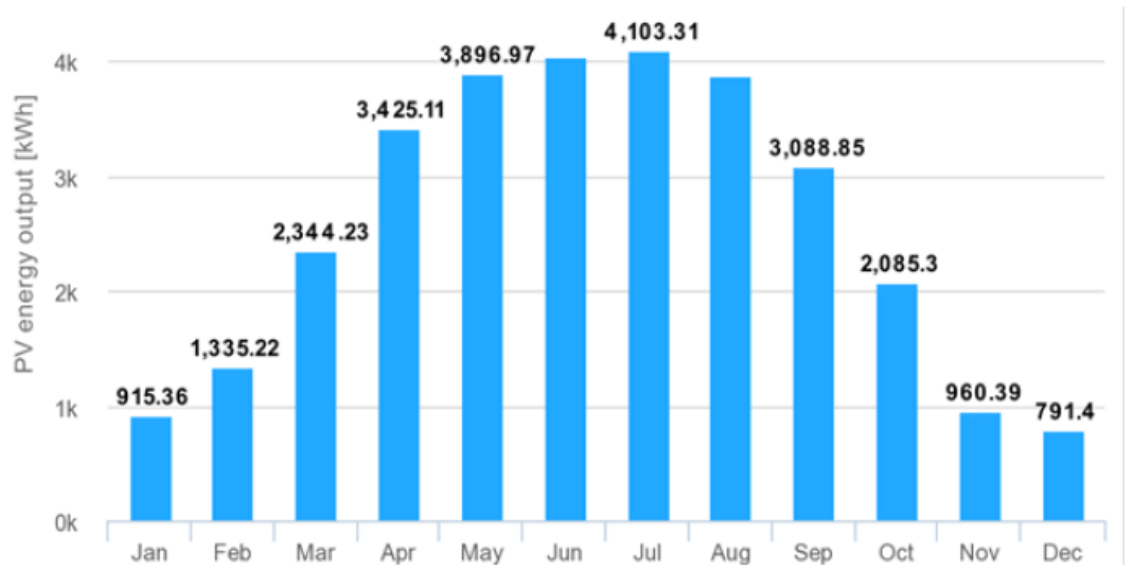
Розглядатиметься можливість використання механізму самовиробництва, передбаченого Законом України «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України». Цей механізм підтримує активних споживачів, які виробляють електроенергію для власних потреб. Він передбачає взаємозалік між обсягами електроенергії, переданої в мережу генеруючими установками таких споживачів, і обсягами електроенергії, отриманої ними з мережі, з урахуванням вартості послуг з передачі та/або розподілу електроенергії.

Тобто, надлишки генерації можуть бути викуплені постачальником електричної енергії, що здійснює постачання для даного об'єкту. Це найбільш простий та зручний для варіант реалізації надлишків, який вимагає лише організації двонаправленого обліку електричної енергії (додаткові інвестиції).

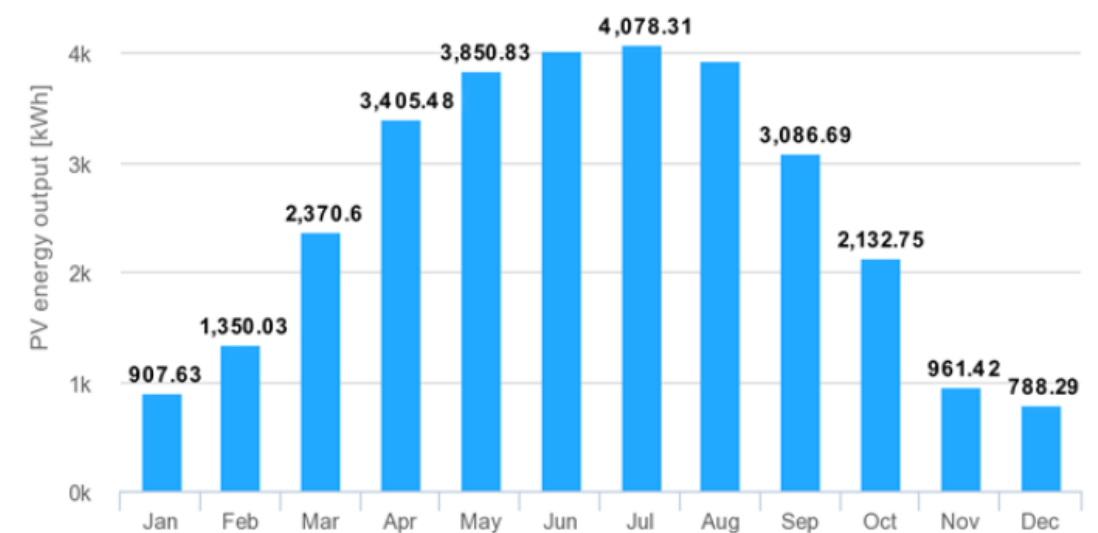
Недоліком запропонованого варіанту є відносно невисока ціна електроенергії на ринку в літний період, зумовлена надлишком сонячної генерації.

3.3.3 Орієнтація станції

Для вибору оптимального місця розташування генеруючих елементів станції (фотоелектричних модулів), розраховано прогноз генерації для станції потужністю 30 кВт, як найбільш наближеної за потужністю до графіку споживання об'єкту, в регіоні розташування будівлі, (рисунок 3.3)



а)



б)

Рисунок 3.3 - Прогноз річної генерації для станції, фотоелектричні модулі якої розташовані: а) на південно-східному скаті будівлі, б) на південно-західному скаті будівлі.

Порівняння зазначених прогнозів вказує на несуттєві відмінності в щомісячних обсягах генерації, зумовлені орієнтацією фотоелектричних модулів (вибором відповідного скату). Відповідно, для станції невеликого розміру (генерація якої не перевищує графік споживання об'єкту) або для продажу (відпуску) електричної енергії в загальну енергомережу, вибір скату для розташування модулів не має особливого значення.

Проте, враховуючи, що основною метою (призначенням) станції є забезпечення власного електроспоживання об'єкту, на вибір скату для розташування модулів може мати вплив денна крива генерації (рисунок 3.4).

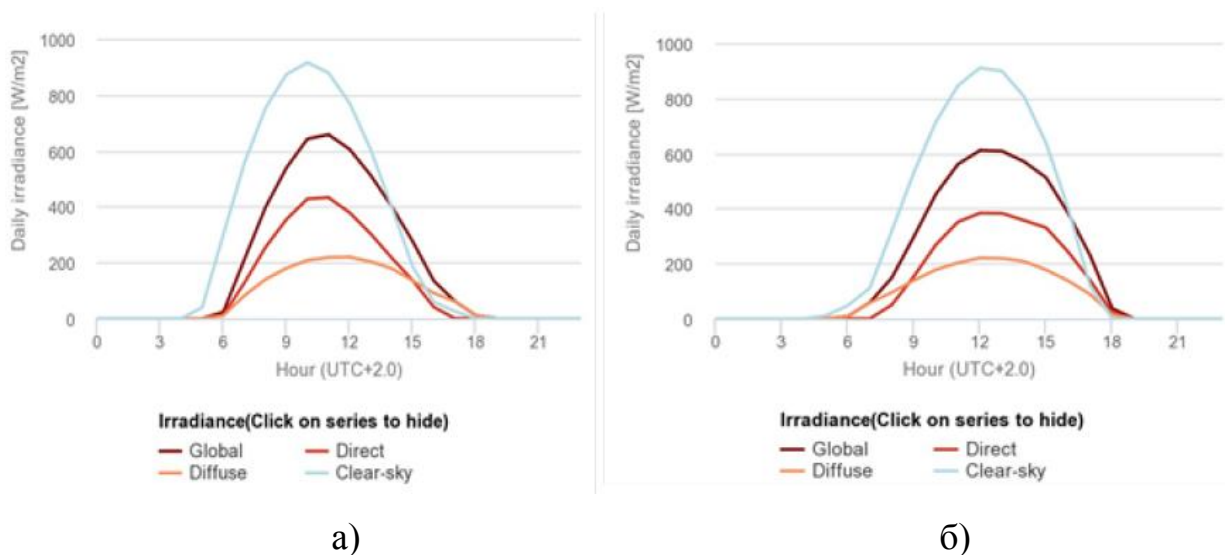


Рисунок 3.4 - Прогноз денної генерації (вересень) для станції, фотоелектричні модулі якої розташовані на: а) південно-східному скаті будівлі; б) південно-західному скаті будівлі

Співставлення наведених графіків свідчить про зміщення піку генерації відносно полудня в залежності від орієнтації фотоелектричних модулів. При розміщенні модулів на південно-східному скаті, пік генерації зміщується в сторону ранкових годин, при розміщенні на південно-західному скаті – в сторону вечірніх.

Згідно усередненого денного графіку споживання (рисунок 3.2) пік споживання об'єкту припадає на період з 10.00 по 12.00, тобто до полудня.

Крім того, період споживання електричної енергії до полудня є довшим, ніж після, що корелюється з режимом роботи об'єкту.

Відповідно найбільш раціональним з точки зору максимального використання енергії, згенерованої станцією, та покриття графіку споживання об'єкту є встановлення фотоелектричних модулів станції саме на південно-східному скаті даху

3.3.4 Розмір станції

Враховуючи визначене призначення та орієнтацію станції, прогнозований графік споживання та достатність площ для встановлення, спробуємо визначити найбільш оптимальний розмір станції, а саме її потужність за фотоелектричними модулями та інверторним обладнанням.

Для цього на основі рівня інсоляції спрогнозуємо погодинну генерацію для різних потужностей фотоелектричних модулів, сформуємо графіки та порівняємо їх з усередненим графіком споживання об'єкту. Для розрахунку взято інсоляцію сонячного дня початку вересня 2023 року. (рисунок 3.5)

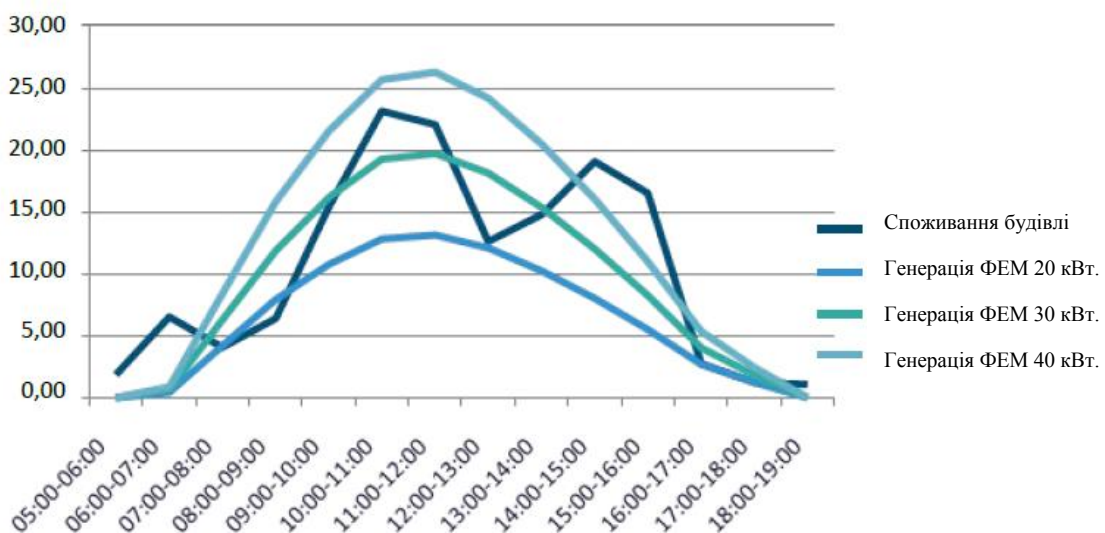


Рисунок 3.5 - Погодинну генерація для різних потужностей фотоелектричних модулів.

Як видно з наведених графіків, найбільш наближеним до усередненого графіку споживання є графік генерації фотоелектричних модулів потужністю 30 кВт. На ньому присутні періоди надлишкової генерації та нестачі генерації, проте вони, порівняно з іншими графіками, є незначними і їх можливо уникнути (компенсувати) шляхом встановлення систем накопичення енергії (буде розглянуто далі).

При формуванні графіків в розрахунок взято «чисту» генерацію фотоелектричних модулів, без врахування втрат в елементах станції (в самих модулях, кабелях та інверторі), які за різними підрахунками та в залежності від обладнання можуть складати до 14 відсотків. Тому при визначені потужності модулів рекомендовано розраховувати її з перевищенням номінальності потужності інвертора.

Інверторне обладнання для фотоелектричних станцій має певну градацію за потужностями, що звужує можливість вибору та індивідуалізації станції. В той же час, це створює певну уніфікацію, більш просте обслуговування та заміну обладнання.

В даному випадку, виходячи з наведених графіків, вибір інвертора обмежений потужностями 20, 30 або 50 кВт. Інвертори проміжної потужності використовуються значно рідше, як правило, в атипових проектах, і практично відсутні на ринку України.

Оптимальним буде вибір інвертора потужністю 30 кВт.

3.4 Підбір обладнання для сонячної електростанції

3.4.1 Вибір сонячних панелей

Для цього етапу роботи спочатку визначимо сонячну інсоляцію в районі встановлення СЕС. Для оцінки енергетичного потенціалу сонячної енергії у місті Вінниця буде використано інструменти інтернет-ресурсу PVGIS. На рисунку 3.6 представлено діаграму розподілу загальної інсоляції на

горизонтальну поверхню за період 2007–2016 років, що дає уявлення про типовий метеорологічний рік у цій місцевості.

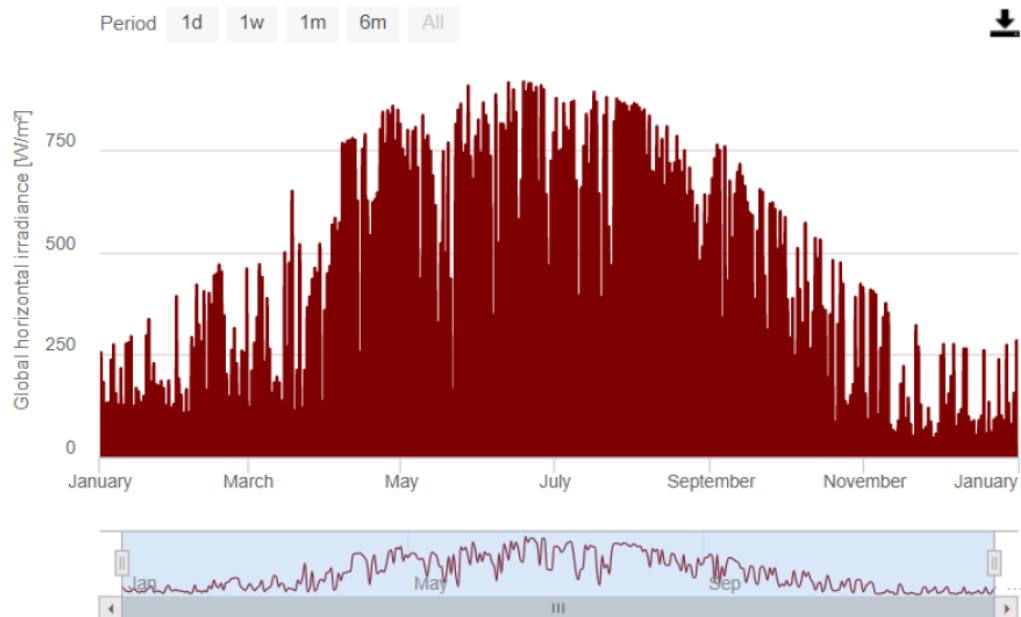


Рисунок 3.6 - Загальна інсоляція на горизонтальну поверхню

Спостерігається, що протягом доби рівень інсоляції змінюється від нульового до максимального значення, причому ці пікові значення суттєво варіюються залежно від сезону: взимку досягають 250 Вт/м², а влітку — до 800 Вт/м².

Максимальна кількість енергії генерується, коли площа СЕС перпендикулярна до сонячних променів. Оскільки кут сходу сонця змінюється залежно від часу доби та пори року, для підвищення ефективності СЕС використовують одно- або двокоординатні системи стеження за сонцем. Чим північніше розташовані панелі, тим помітніший ефект від таких систем. Для західної України приріст енергії становить 20–30 %, а для центральної та східної — 30–40 %. Якщо ж система стеження за сонцем не використовується, важливо правильно визначити оптимальний кут нахилу панелей. Для м. Вінниця оптимальний кут становить 30–35° протягом року.

Виходячи з аналізу рисунка 3.6, можна вибрати тип сонячної панелі. Зважаючи на рівень річної інсоляції, доцільно застосувати монокристалічну батарею LONGI LR5-72HTH 580 Wp, 580 Вт.

Фотовольтаїчні монокристалічні модулі Longi моделі LR5-72HTH-580M, з одиничною потужністю 580 Вт, виготовлені в Китаї за сучасною технологією із застосуванням ламінарного шару EVA. Конструкція модуля включає інтегровану з'єднувальну коробку, в якій встановлено діоди, з'єднані паралельно з групами елементів модуля (by-pass). З'єднувальні коробки оснащені двома кабелями з роз'ємами, що мають ключі для правильного підключення плюсового та мінусового виводів, забезпечуючи швидку комутацію та запобігаючи помилковим з'єднанням. Механічна фіксація модулів забезпечується алюмінієвою рамою, яка пристосована для монтажу на металевих каркасах.

Технічні параметри сонячної панелі, який використовується в проекті наведені в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 - Електричні параметри сонячної панелі

Найменування показників*	Значення
Вихідна потужність (P_{mpp}), Вт	580*
Межі допустимого відхилення вихідної потужності, %	-0/+3*
Коефіцієнт корисної дії, %	22,5*
Напруга при максимальній потужності (V_{mpp}), В	44,06*
Струм при максимальній потужності (I_{mpp}), А	13,17*
Напруга холостого ходу (V_{oc}), В	52,21*
Струм короткого замикання (I_{sc}), А	14,20*
Максимальна напруга системи, В (постійного струму)	1000/1500*

* Електричні параметри при стандартних умовах випробування: інтенсивність сонячного випромінювання = 1000 Вт/м²; повітряна маса = АМ 1,5; температура = 25 °С.

Розрахуємо необхідну кількість сонячних панелей за формулою:

$$N = \frac{W}{P_{\text{панелі}}}, \text{ шт.} \quad (3.1)$$

Де W – споживання будинку

$P_{\text{панелі}}$ – потужність обраної панелі

N – мінімальна кількість панелей

$$N = \frac{25440 \text{ Вт}}{580 \text{ Вт}} = 43,86 \text{ шт.}$$

Провівши розрахунки можна дійти до висновку, що для забезпечення електроенергією будинку, на криші необхідно встановити 43,86 шт панелей. Беремо 42 панелі щоб було зручніше під час монтажних робіт. Конструктивно, будемо розміщувати сонячні панелі у два ряди, як це показано на рисунку 3.7

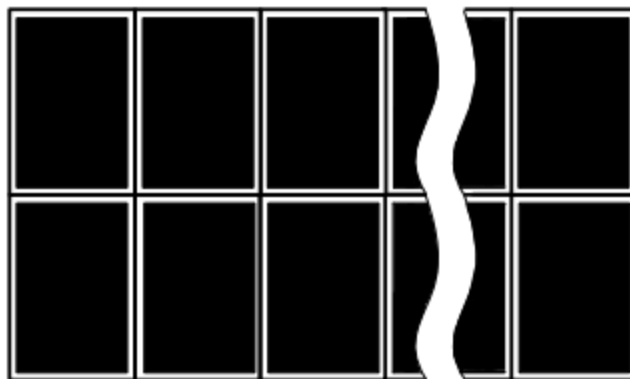


Рисунок 3.7 - Конструкція сонячних панелей

Сонячні панелі на даху будинку будуть розміщуватися в 2 ряди, в кожному по 21 панелі. Додаток Г.

3.4.2 Вибір інвертора

Інвертор — це пристрій, який трансформує постійний струм у змінний, як однофазний, так і багатофазний, виконуючи роль генератора змінного струму. Він зазвичай генерує періодичну напругу, форма якої близька до синусоїдальної або дискретної. Інвертори можуть працювати автономно або бути частиною систем безперебійного живлення чи інших пристроїв, що використовують змінний струм. Якщо інвертор передає енергію від мережі постійного струму до змінної, де параметри напруги і частоти задаються зовнішніми генераторами, він називається залежним (веденим).

Для СЕС оберемо мережевий інвертор Fronius Symo Advanced 20.0-3-M

Сонячний інвертор Fronius Symo 20.0-3-M – це безтрансформаторний трифазний інвертор нового покоління для невеликих сонячних електростанцій, домашніх чи комерційних. Має високі показники ефективності, ККД до 98%.

В спроектованій системі застосовується мережевий інвертор марки Fronius Symo Advanced 20.0-3-M. На інвертор підключені 42 ФЕМ. Сумарна потужністю за модулями - 30,42 кВт (пік). Максимальна потужність на вихідних клеммах зі сторони змінного струму інвертора при цьому становить 20 кВт (номінальна потужність згідно паспортних характеристик інвертора). Всі ФЕМ підключені до інвертора розбиті на 3-и паралельних групи («стрінгів») по 14/14/14 модулів в кожній групі, з'єднаних послідовно. Така конфігурація забезпечує оптимально узгоджену роботу ФЕМ з інвертором.

Таблиця 3.5 Технічні параметри мережевого інвертора

<i>Найменування показників</i>	<i>Значення</i>
Тип інвертора	безтрансформаторний
Номинальна потужність інвертора	20000 Вт
ККД	91,8
Номинальна напруга	220/380, В
Мінімальна робоча напруга	150, В
Максимальна робоча напруга	280, В
Пускова напруга	200, В
Мінімальна частота	45, Гц
Максимальна частота	65, Гц
Номинальна частота	50 ,Гц
Максимальний струм	28,9 А
Габаритні розміри	725x510x225, мм
Вага інвертору	44, кг
Робочий діапазон температури	-25...+60, °С
Вологість	0...100, %
Власне споживання	1, Вт
Ступінь захисту	IP66
Охолодження	активне, интеллектуальнее

Також для підключення акумуляторів встановимо три гібридних інвертора Victron Energy Quattro 48/15000/200-100

Таблиця 3.6 - Технічні параметри постійного струму гібридного інвертора (DC)

<i>Найменування показників</i>	<i>Значення</i>
Номинальна вхідна напруга	38 - 66 В
Номинальний струм	2 x 100 А
Номинальна потужність	1500 Вт
Допустима пікова потужність	2500 Вт

Таблиця 3.7 - Технічні параметри змінного струму гібридного інвертора (АС)

<i>Найменування показників</i>	<i>Значення</i>
Номінальна вихідна потужність	15 кВА
Максимальна повна вихідна потужність	25 кВА
Номінальна напруга в мережі	1/N/PE, 230 В
Номінальна частота мережі	50 Гц
Форма вихідної напруги	Чиста синусоїда
THDi	$\leq 3\%$
Коефіцієнт потужності при номінальній потужності	$> 0,99$
Фази постачання в мережу	1

3.4.3 Перевірка інвертора на відповідність

Перевіряємо інвертор за наступними показниками:

- 1) Кількість панелей не повинна перевищувати максимально допустиму кількість N_{max}

$$N_{\text{панелей}} < N_{max} \quad (3.2)$$

$$N_{max} = \frac{U_{max}}{U_{xx \text{ пан}}} = \frac{800}{52,21} = 15,32 \text{ шт}$$

Отже, обираємо $N_{max} = 15$ шт

Тоді:

$$14 \text{ шт} < 15 \text{ шт}$$

- 2) Струм КЗ на один МРРТ не повинен перевищувати допустимого значення:

$$I_{\text{кз панелі}} < I_{\text{доп}} \quad (3.3)$$

де, $I_{\text{кз панелі}}$ – струм короткого замикання панелі

$I_{\text{доп}}$ - допустимий струм на один МРРТ інвертора згідно його паспортних даних.

$$14,2 < 28,9$$

3) Знаходження в робочому діапазоні напруги

$$U_{\text{роб.мін}} < U_{\text{роб.лінії}} < U_{\text{роб.макс}} \quad (3.4)$$

$$U_{\text{роб.лін}} = N_{\text{панелей в лінії}} * U_{\text{роб.лінії}} \quad (3.5)$$

$$U_{\text{роб.лін}} = 14 * 52,21 = 730\text{В}$$

$$420\text{В} < 730\text{В} < 800\text{В}$$

де *Uроб мін* і *Uроб макс* – діапазон робочих напруг інвертора згідно його паспортних даних.

Uроб лінії – робоча напруга панелі згідно паспортних даних.

Висновок: обрана апаратура задовольняє всі технічні вимоги та може бути безпечно введено в експлуатацію.

3.4.4 Схема підключення модулів до інвертора

Робочий діапазон інвертора 420 В...800 В, тому потрібно розподілити стрінги так, щоб не вийти за його межі. Якщо один стрінг буде складатись із 14 панелей, то при послідовному підключенні ми матимемо:

$$44 \text{ В} * 14 = 616 \text{ В},$$

що не виходить за рамки робочого діапазону інвертора.

До кожної лінії MPPT під'єднано по 14 модулів. На рисунку Г2 Додатку Г зображено схему підключення фотоелектричних модулів до MPPT інвертора.

3.4.5 Вибір акумуляторних батарей

У сонячній електростанції в якості накопичувачів електроенергії запроектуємо акумуляторний блок Pylontech US5000 з 6-ти акумуляторних блоків з наступними характеристиками які наведені в таблиці 3.8

Таблиця 3.8 – Загальні параметри АКБ

<i>Найменування показників</i>	<i>Значення</i>	
	1 блок	6 блоків
Номінальна потужність (кВт/год)	4,8	28,8
Корисна енергія (90% DOD) (кВт/год))	32,5	28,4
Номінальна напруга (В)	48	409,6
Діапазон робочої напруги (В)	45-58	360-465
Рекомендований струм заряду (А)	37 (для однієї батареї)	
Макс. Струм заряду/розряду (А)	44(для однієї батареї)	
Макс. Потужність (кВт)	2,55	204
Глибина розряду (%)	90	
Робоча температура, °С:	-20...+45	
Кількість циклів	>6000	
Строк експлуатації, р.	15	
Розмір (ДхШхВ)	161x442x420	
Вага (кг)	39,7	238,2

Літій-залізо-фосфатний акумулятор (LiFePO₄ або LFP, також відомий як «ліфер») є різновидом літій-іонного акумулятора, в якому катод виготовлений із феррофосфату літію (солі ортофосфорної кислоти), а анод — із графіту на основі мідної фольги. Завдяки своїй доступності, безпечності, екологічній чистоті та довгому терміну служби LFP-акумулятори широко застосовуються в транспортних засобах, стаціонарних енергосистемах і резервних джерелах живлення. Крім того, батареї LFP не містять кобальту, що робить їх більш екологічно прийнятними. Модель Pylontech US5000 оснащена вбудованою системою керування акумулятором (BMS), яка відповідає за контроль стану заряду, напруги, струму й температури кожного осередка. Система BMS також виконує балансування зарядного струму між осередками, що сприяє

збільшенню терміну служби акумулятора. Для підвищення ємності системи можна підключати кілька батарей паралельно.

3.5 Окупність станції

3.5.1 Вартість встановлення станції

На ринку України присутній досить широкий асортимент обладнання як для мережевих, так і для гібридних сонячних станцій, з відповідною розбіжністю цін. Саме тому встановимо критерії відбору обладнання:

1. Надійність та сталість роботи обладнання, тривалість безвідмовної роботи, наявність елементів захисту;
2. Якісна гарантійна політика виробника, тривалість гарантії та присутності обладнання на ринку України;
3. Розповсюдженість обладнання, збереження модельного ряду або характеристик, наявність підмінного фонду;
4. Онлайн моніторинг та дистанційне керування роботою.

Заданим критеріям відповідає інверторне обладнання середнього цінового діапазону, наприклад торгової марки Fronius, Huawei, Sofar та Deye, фотоелектричні модулі виробників, що входять до TIER 1, такі як Longi, JA Solar, Trina та акумуляторні блоки торгових марок Pylontech та Dyness.

Таблиця 3.9 – Вартість обладнання та монтажних робіт

	Ціна грн	К-ть	Сума, грн
Фотоелектричні модулі	4420	42	185640
Інвертор гібридний	95700	3	287100
Інвертор мережевий	90200	1	90200
Кріплення для модулів	1125	42	47250
Акумуляторний блок	57850	6	347100
Витратні матеріали	175000	1	275000
Разом по обладнанню та матеріалам			1232290
Робота з проектування			140000
Робота з монтажу			690000
Разом			2062290

3.5.2. Економічний ефект

Для розрахунку окупності станцій необхідно мати певний набір даних, які станом на зараз невідомі, проте можуть мати вплив на показники роботи станції та тривалість періоду окупності. До таких даних належать: динаміка зміни ціни обладнання, інфляція, сталість цін на електричну енергію, рівень річної інсоляції, рівень покриття генерацією станції графіку споживання об'єкту в різні проміжки часу.

Частину таких даних можливо спрогнозувати, іншу частину слід використати як припущення.

Прогнозування:

Детальний аналіз погодинного споживання аналогічного до об'єкта навчального закладу за вересень 2023 року дозволяє спрогнозувати, що рівень споживання за межами світлового дня становив близько 7 відсотків від середньоденного обсягу споживання. Взявши даний показник за основу та накладаючи його на тривалість світлового дня в різні місяці року, можна

отримати значення споживання електричної енергії за межами світлового дня, яке коливатиметься в межах від 2 до 13 відсотків та не покриватиметься генерацією мережевої станції. Таке споживання може покрити лише гібридна станція за рахунок використання АКБ.

Співставлення усередненого графіку споживання об'єкта за вересень 2023 року з прогнозом генерації зазначених вище станцій за вказаних період, з корелюванням висоти графіку генерації відповідно до місяця, можна виявити періоди надлишкової генерації, які для мережевою станції є втратами. Рівень таких втрат коливається в залежності від місяця і в зимовий період дорівнюватиме нулю. Для гібридної станції дані втрати відсутні у зв'язку з можливістю накопичувати надлишки та віддавати їх в періоди відсутності генерації.

З урахуванням зазначеного прогнозування, можна визначити показники та графіки джерел електроживлення, які матимуть наступний вигляд (таблиця 3.10).

Таблиця 3.10 – Показники електроживлення гібридної станції

Місяць	Споживання об'єкту	Генерація гібридної станції	Використання електромережі
Січень	4300	1086,66	3213,34
Лютий	4210	1592,31	2617,69
Березень	3950	2816,41	1133,59
Квітень	3260	3260,00	0,00
Травень	3150	3150,00	0,00
Червень	450	450,00	0,00
Липень	460	460,00	0,00
Серпень	496	496,00	0,00
Вересень	3200	3200,00	0,00
Жовтень	3700	2506,14	1193,86
Листопад	3680	1143,34	2536,66
Грудень	3998	939,13	3058,87
Всього	34 854,00	21 099,99	13 754,01

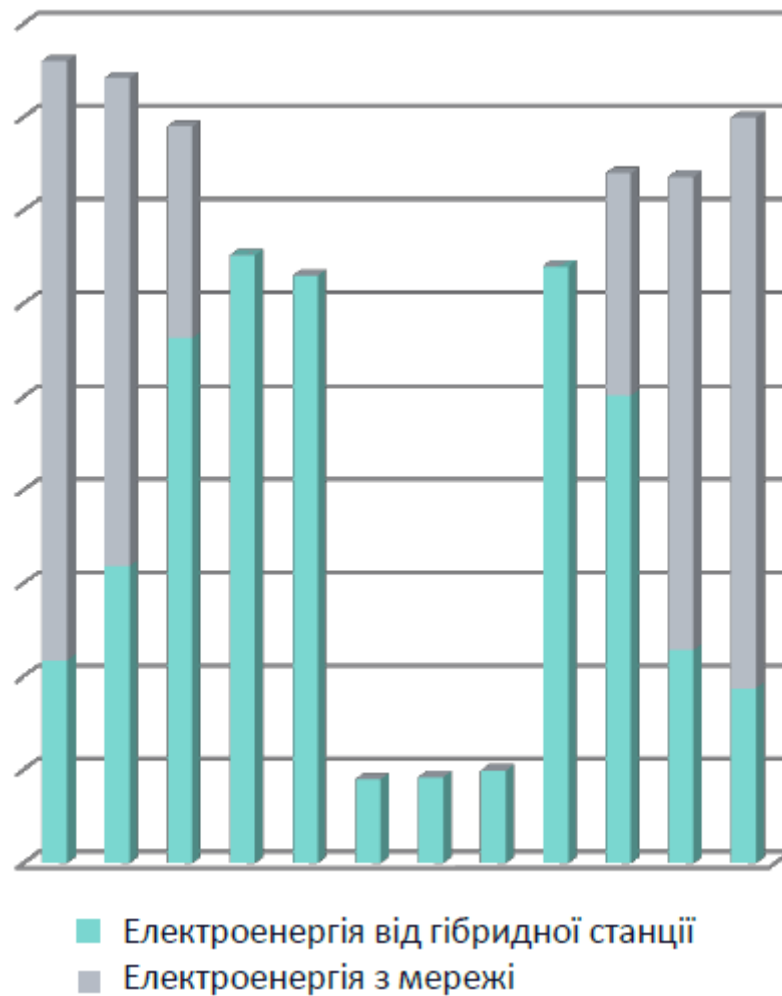


Рисунок 3.8 – Графік гібридної станції

Припущення:

Рівень інфляції в наступні роки невідомий, як і не відома майбутня вартість аналогічного обладнання, але виходячи з тенденції останніх років припускаємо, що інфляція матиме місце, а обладнання буде дешевіти. В такому випадку нехтуємо цими двома показниками, як взаємовиключними.

Також припускаємо, вартість що електроенергії (яка включає в себе 3 складові), дорожчатиме як мінімум на 10 відсотків щорічно від ціни поточного року

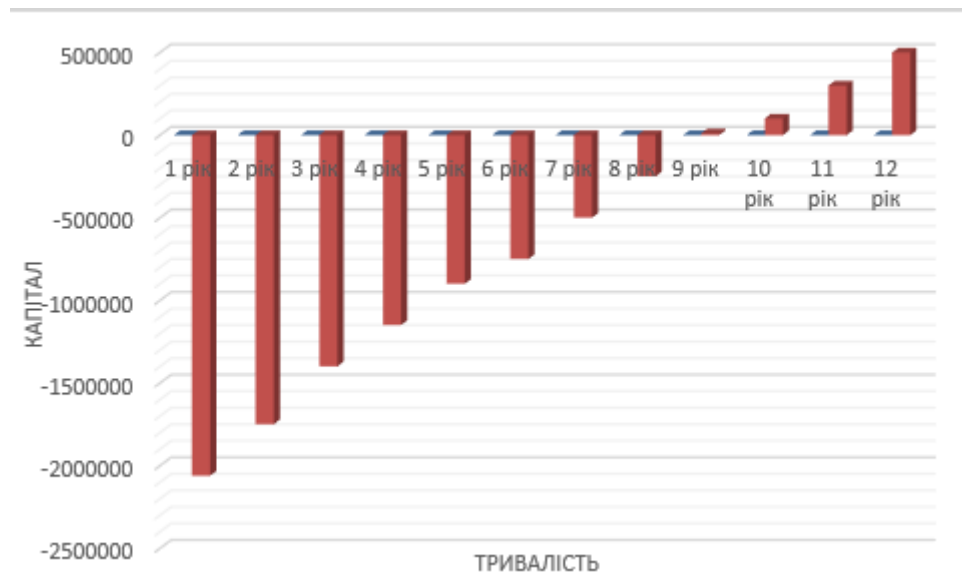


Рисунок 3.9 – Окупність гібридної станції

Як видно окупність гібридної станції складає 10 років.

З огляду на вищезазначене, визнано за доцільне встановити на даху будівлі дахову гібридну фотоелектричну станцію.

Висновки третього розділу

У процесі проектування гібридної сонячної електростанції для житлового будинку було виконано обрахунки та вибір основних компонентів системи: сонячних панелей, інвертора та акумуляторів. Основні критерії вибору включали енергетичні потреби будинку, доступний бюджет, технічні характеристики обладнання та його відповідність умовам експлуатації. На основі даних про середньорічну інсоляцію в регіоні, а також враховуючи доступну площу для встановлення, було обрано монокристалічні панелі Longi LR5-72HTH-580M потужністю 580 Вт кожна. Для перетворення постійного струму від сонячних панелей на змінний, необхідний для побутових приладів, було обрано мережевий інвертор марки Fronius Symo Advanced 20.0-3-M. Для накопичення енергії було обрано літій-залізо-фосфатні акумулятори Pylontech US5000. Ці акумулятори відрізняються високою надійністю, тривалим

терміном служби та безпечністю. Розрахунки та аналіз показали, що обрані компоненти відповідають потребам і умовам експлуатації. Сонячні панелі забезпечать необхідний рівень генерації, інвертор — стабільну роботу системи, а акумулятори — автономність і гнучкість у використанні енергії.

4 ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ ТА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

4.1 Задачі розділу

Згідно Закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечувати права робітників, передбачені Конституцією, на охорону їх життя та здоров'я. Необхідне дотримання умов безпечної експлуатації монтажу та експлуатації електрообладнання. Без дотримання цих правил, неможливо здати в експлуатацію жоден об'єкт, в тому числі і сонячні електростанції.

На етапі планування проекту, одним з ключових питань є забезпечення безпечної роботи персоналу на об'єкті. Важливість даного питання обумовлена високим рівнем небезпеки внаслідок протікання струму значення, недостатній переріз проводу та ненадійність металевих контактів є причиною підвищеного ризику робочого травматизму, а також з вищенаведених причин відбувається підвищене тепловиділення, що може стати причиною пожежі на електростанції [21].

Один з випадків займання СЕС сталося в Австрії, зображення наслідків на рисунку 4.1. Вже здалеку було видно стіл диму, що піднімається вгору від сонячної електростанції, встановленої на даху складу. Близько 2 години дня пожежні бригади з Вінерсдорфа, Меллерсдорфа та Трайскірхен-Штадт отримали повідомлення про пожежу на колишньому майданчику компанії

Семперіт. На даху складу було встановлено понад сто сонячних батарей, близько 40 штук повністю знищено внаслідок пожежі, повідомляє поліція. На щастя, пожежникам вдалося запобігти розповсюдженню вогню на навколишні будівлі.



Рисунок 4.1 – Наслідки пожежі в Австрії (2019 рік)

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

На даний час в Україні встановлення, експлуатація та безпека фотоелектричних систем здійснюється у відповідності вимог наступних основних документів: ДСТУ 7503:2014 «Геліоенергетика. Станції фотоелектричні. Терміни та визначення понять», ДСТУ 8328:2015 «Геліоенергетика. Модулі фотоелектричні. Загальні технічні вимоги», ДСТУ 8635:2016 «Геліоенергетика. Площинки для фотоелектричних станцій. Приєднання станцій до електроенергетичної системи» та Стандартом ДП «Національна енергетична компанія «Укренерго»» СОУ НЕК 341.001:2019

«Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України», ДСТУ EN 12975-2:2019 (EN 12975-2:2006, IDT) «Установки сонячні термічні та їхні складники. Сонячні колектори. Частина 2. Методи випробувань», ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення».

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

1. Провести аналіз умов праці при виконанні робіт пов'язаних з монтажем сонячних електростанцій, які працюють в ОЕС України за міждержавним ГОСТ12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
2. Розробити організаційно-технічні рішення з охорони праці при електричному монтажі сонячних панелей. Розрахувати параметри заземлюючого пристрою.
3. Описати основні заходи протипожежного захисту на сонячних станціях.

4.2 Умови праці, під час виконання монтажних робіт сонячних панелей

Згідно міжнародного регулюючого документу з охорони праці ГОСТ 12.0.003-74, персонал, який відповідає за електротехнічне обслуговування, та персонал, завданням якого є ремонт обладнання на сонячних електростанціях, піддані впливу небезпечних факторів, таких як:

- підвищений рівень запиленості та загазованості робочої зони;
- підвищена чи понижена температура поверхонь обладнання (в залежності від пори року);

- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони (в залежності від пори року);
- підвищена та понижена вологість повітря робочої зони;
- підвищений рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбуватись через тіло людини;
- підвищена чи понижена рухливість повітря;
- підвищена вологість повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність або недостатність природного світла
- підвищена яскравість повітря;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень вібрації
- розтажування робочого місця в небезпечній висоті щодо поверхні землі (підлоги);

Психофізіологічні небезпечні й шкідливі фактори:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці перенапруга аналізаторів, необережні дії, недбале виконання робіт).

Джерелами безпеки є:

- електрообладнання;
- природне середовище;
- людина.

4.3 Розробка організаційно-технічних рішень з охорони праці при електричному монтажі сонячних панелей

Організаційні заходи ПБЕЕ п. 6.10 формує правила, яких потрібно дотримуватись у разі виконання робіт в електроустановках електростанцій, в тому числі монтажі панелей на ФЕС:

Наряд дозволяється видавати на одне або кілька робочих місць одного приєднання.

Допускається видавати один наряд на кілька робочих місць різних приєднань:

а) для одночасної роботи на всіх приєднаннях в електроустановках, де напругу знято з усіх струмовідних частин, в тому числі з виводів ПЛ і КЛ (вторинні кола можуть залишатись під напругою), і зачинено на замок вхід до сусідніх електроустановок;

б) для роботи на всіх (або частині) електродвигунах агрегатів (котлів, турбін, генераторів) і окремих технологічних установках (систем золовидалення, мережних підігрівачів, дробильних систем та ін.) - у разі виведення в ремонт цих агрегатів (установок) і для роботи в РУ на всіх (або частині) приєднаннях, що живлять електродвигуни цих агрегатів (установок).

в) для роботи на шинах і на всіх (або частині) приєднаннях секції в РУ 6, 10, 20, 35, 110 кВ з одинарною системою шин і будь-якою кількістю секцій - у разі виведення в ремонт усієї секції повністю; у цьому разі дозволяється розосередження членів бригади по різних робочих місцях в межах секції, що виведена в ремонт;

г) для одночасного або почергового виконання робіт на різних робочих місцях одного або декількох приєднань однієї електроустановки у разі:

1) прокладання і перекладання силових та контрольних кабелів, випробування електрообладнання, перевірки приладів захисту, вимірювань, блокування, автоматики, телемеханіки, зв'язку тощо;

2) проведення ремонту комутаційних апаратів одного приєднання, в тому числі, коли їх приводи знаходяться в іншому приміщенні;

3) проведення ремонту окремого кабелю в тунелі, колекторі, колодязі, траншеї, котловані;

У разі розосередження бригади по різних робочих місцях дозволяється перебування одного або кількох членів бригади з групою ІІІ окремо від керівника робіт. Членів бригади, яким треба буде знаходитись окремо від

керівника робіт, останній повинен привести на робочі місця та проінструктувати про заходи безпеки, яких необхідно дотримуватись під час виконання роботи.

Допускається видавати один наряд для почергового проведення однотипної роботи на кількох підстанціях або кількох приєднаннях однієї підстанції. До таких робіт належать: протирання ізоляторів; підтягування затискачів; відбір проб і доливання масла; перемикання обмоток трансформаторів; перевірка пристроїв релейного захисту, автоматики, вимірювальних приладів; випробування підвищеною напругою від стороннього джерела; перевірка ізоляторів вимірювальною штангою; пошуки місця пошкодження КЛ; профілактичний ремонт однотипних КТП 6-10/04 кВ. Термін дії такого наряду - одна зміна (робочий день). Допуск на кожну підстанцію і на кожне приєднання оформлюється в таблиці 4 наряду. Кожну з підстанцій дозволяється вмикати тільки після повного закінчення роботи на ній за цим нарядом.

Допускається видавати одне розпорядження для роботи почергово на кількох електроустановках (приєднаннях).

Технічні заходи ПБЕЕ п. 7, що створюють безпечні умови виконання робіт

Послідовність виконання технічних заходів:

Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:

- провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. За необхідності струмовідні частини слід огорожувати;
- приєднати до "землі" переносні заземлення;
- перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити

поблизу струмовідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;

- встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмовідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах вимикальних комутаційних апаратів;

- огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмовідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмовідні частини огорожують до або після їх заземлення.

На початкових етапах роботи, слід виконати ряд наступних завдань: визначити особливості кліматичних умов, на місці монтажу станції, перевірка робочого стану обладнання, підготовка місця монтажу, перевірка надійності опорних конструкцій, сонячних модулів, перевіряються ізоляційні матеріали, підйомні крани, що використовуються для монтажу важких конструкцій, відповідальною особою проводиться інструктаж персоналу з техніки безпеки, та перевірка індивідуальних засобів захисту працівників.

На етапі проектування об'єкту, команда архітекторів, повинна вирішити завдання визначення оптимального розміщення системи кріплень та опорних конструкцій, ці данні є базовими для реалізації проекту, від яких надалі відштовхуються при вирішенні різних технічних завдань. Вихідними даними для проектної команди є: розміщення модуля (книжкове чи альбомне), кількість рядів модулів (1-8), кут відносно горизонтальної площини, кількість модулів закріплених на одній опорній конструкції, що визначає вагу.

Після визначення загальних геометричних параметрів, завданням проектувальника є сумістити їх з даними геодезичних досліджень на місцевості, даних про склад та структуру ґрунту, а також наявність та глибину протікання підземних вод. Опираючись на вищенаведені данні визначаються гранично-допустимі навантаження, що діятимуть на майбутній об'єкт. На етапі збору інформації про місцевість на якій будуватиметься станція,

необхідно також враховувати такі параметри як сейсмічна активність регіону, а також активність вітрів на місцевості, це робиться для врахування можливих ризиків пов'язаних із землетрусами чи ураганними вітрами. В районах із підвищеною сейсмічною активністю, враховують подвійний коефіцієнт для гранично-допустимого навантаження на фундамент та опорні конструкції.

Взагалі при будівництві сонячної електростанції, слід особливу увагу звернути на фундамент. Він може бути виконаний в різних конфігураціях: монолітний, стрічковий, пальовий чи комбінований. Для вибору оптимального рішення проводиться аналіз інформації щодо структури ґрунту, у випадку для щільного, глинистого ґрунту, з високим значенням гранично-допустимим навантаженням, можна застосовувати пальовий фундамент, а для ґрунту з високим вмістом піску у складі, з невеликим гранично-допустимим навантаженням, оптимальним буде використання стрічкового фундаменту, або комбінованого бетонного. Найбільш надійним типом фундаменту вважається монолітний бетонний фундамент, але витрати на його спорудження також найвищі з усіх наведених варіантів, тому зазвичай даний тип фундаменту, споруджують у місцях з найбільш складним ґрунтом: гірські райони з кам'янистим складом ґрунту, а також на заболочених місцевостях, чи у місцях з вищим рівнем ризику зсувів ґрунту.

У виборі матеріалів конструкцій, крім сталі, також можна використовувати алюмінієві профілі, за рахунок простого процесу монтажу, та допустимими показниками надійності, значною перевагою таких матеріалів, є їх пластичність, що дає можливість виконання складних перетинів конструкцій, при цьому дотримуючись високої точності. Слід враховувати і значне зменшення ваги конструкції, порівняно зі сталеві, що значно зменшує навантаження на фундамент та ґрунт. Недоліком можна вважати швидке окислення алюмінію, що не покритий захисним шаром, при цьому втрачаються показники міцності, тому в таких цілях, зараз не використовують алюміній, що не пройшов антикорозійну обробку. В більшості випадків, для запобігання корозії, алюміній покривають срібним шаром товщиною 10-20

Мкм. Також механічна міцність алюмінієвих профілів нижча ніж у сталевих, для підвищення міцності профілів, додатково проводять термообробку та загартовування. Також слід відзначити високу вартість алюмінієвих конструкцій, що вища від сталевих приблизно вдвічі, саме цей недолік вважається основним, що не дозволяє використовувати алюмінієві конструкції в більших масштабах.

Крім несучих елементів з алюмінію і сталі (палі, балки, ригеля, підкоси, ферми, розкоси) в системах кріплення застосовуються різні кріпильні елементи - метизи та прижими. Застосування цих елементів дозволяє не виконувати в процесі монтажу свердління та зварювання, що спрощує сам процес спорудження несучих конструкцій, та економить час будівництва.

Фотоелектричні панелі кріпляться з використанням спеціальних кріпильних пазів, передбачених виробником панелей, зазвичай вони є комплектуючими елементами. Таким кроком вирішується завдання рівномірного розподілу навантажень, що діють на конструкцію.

Керівник проекту, як відповідальна особа, повинен слідкувати за дотриманням всіх вимог безпеки, під час виконання монтажних робіт. За усіма членами монтажної групи здійснюється нагляд. При цьому відповідальна особа не бере участі у виконанні робіт, його завданням є контроль за персоналом, що працює на висоті. При цьому необхідно дотримуватись правил безпеки робіт на висоті, передбачених нормативними документами з охорони праці.

В країнах Західної Європи після складання фотоелектричних систем компанія повинна здійснити випробування відповідно до стандарту PN-EN 24 62446-1: "Фотоелектричні системи (PV) - Вимоги до тестування, документації та технічного обслуговування. Частина 1: Системи, підключені до сітки - Документація, прийом та обслуговування".

До випробувань категорії "I", пов'язаних із безпекою установок, належать:

- безперервність заземлення,

- опір ізоляції дроту,
- перевірка полярності (перевірка правильності проводів "+" та "-"),
- напруга відкритого контуру (V_{BK}),
- струм короткого замикання (I_{K3}),
- функціональна перевірка

Після проведення перевірок інвестор отримує звіт. Відсутність такого протоколу у випадку, наприклад, пожежі чи відмови певного елемента установки може стати причиною відмови у виплаті компенсації або втрати гарантії від виробника. Такий протокол дійсний впродовж 5 років, після чого випробування необхідно повторити.

Під час монтування сонячних панелей, для того аби звести до мінімуму ризик пов'язаних із виникненням робочого травматизму, потрібно виконувати наступні організаційно-технічні вимоги техніки безпеки та виробничої санітарії:

- виконання електромонтажних робіт доручається особам, що пройшли медичний огляд і спеціальне навчання для роботи на електроустановках;
- монтаж сонячних панелей краще проводити в безвітряний день;
- при проведенні робіт на висоті повинні встановлюватися обгороджування і позначатися в установленому порядку межі небезпечних зон;
- при неможливості облаштування обгороджувань монтажні роботи повинні виконуватися із застосуванням запобіжного пояса і страхувального каната;
- електричні з'єднання повинні проводитися за розробленою монтажною схемою системи.
- в ланцюгах, що підключаються до РП, необхідно встановити плавкі запобіжники або автоматичні вимикачі відповідного номіналу;
- не слід поєднувати при контактних електричних з'єднаннях разом різні метали (наприклад, мідь і алюміній);

- всі електричні кабелі електроживлення повинні мати надійну ізоляцію та відповідати технологічним вимогам;
- для захисту людей від ураження електричним струмом повинно бути виконано заземлення.

4.4 Розрахунок параметрів заземлючого пристрою сонячної електростанції

Захисні заходи від ураження струмом виконуються у відповідності до вимог глави 1.7 ПУЕ, глави 2.8 ДНАОП 0.00-1.32-01 та ДБН 2.5-23:2010.

Для захисту від ураження електричним струмом в разі прямого, при пошкодженні ізоляції, та непрямого дотику проектом передбачається:

- захисне заземлення;
- основна система зрівнювання потенціалів.

Проектом передбачена система заземлення типу - TN-C-S (п.1.7.61 ПУЕ), яка передбачає прокладку нульового захисного РЕ провідника.

З'єднати шину заземлення в ВРП об'єкта гнучким мідним проводом ПВЗнгд-16мм² надійним болтовим з'єднанням з контуром захисного заземлення. Металеві частини обладнання, що нормально не знаходяться під напругою, з'єднати мідним проводом ПВЗ-16мм² з шиною заземлення.

Розрахунок заземлюючого пристрою.

Для нормальної роботи технологічного обладнання необхідне робочо-захисне заземлення опором не більше 30 Ом.

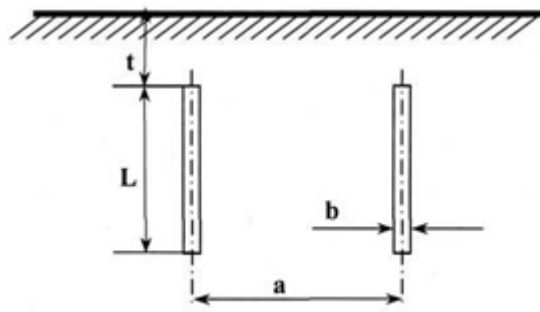


Рисунок 4.2 – Схема розміщення заземлювача в ґрунті

При обстеженні земельної ділянки встановлено, що ґрунт належить до суглинку, питомий опір якого $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Згідно з ПУЕ допустимий опір заземлюючого пристрою повинен складати $R < 30 \text{ Ом}$. Коефіцієнт сезонності $k_s = 1,5$. Розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_p = \rho \cdot k_s = 150 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Розрахуємо опір одиночного вертикального заземлювача:

$$R_1 = \frac{\rho_p}{2\pi L_3} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot L_3}{d}\right); \quad (4.1)$$

де, L_3 – довжина заземлювача, м;

d – діаметр заземлювача, м;

$$R_1 = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 2}{0,016}\right) = 74,219 \text{ Ом}; \quad (4.2)$$

Опір обраних вертикальних заземлювачів:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{R_1}{n \eta_3}; \quad (4.3)$$

де, n – кількість штучних заземлювачів, шт ($n=4$ шт);

η_3 – коефіцієнт використання заземлювачів;

$$R_{\Sigma 1} = \frac{74,219}{4 \cdot 0,73} = 25,417 \text{ Ом};$$

Розрахуємо опір одиночного горизонтального заземлювача:

$$R_2 = \frac{\rho_p}{2\pi L_3} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot L_3}{d}\right); \quad (4.4)$$

де, L_3 – довжина заземлювача, м;

d – діаметр заземлювача, м;

$$R_2 = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 2}{0,010}\right) = 71,55 \text{ Ом};$$

Опір обраних горизонтальних заземлювачів:

$$R_{\Sigma 2} = \frac{R_2}{n\eta_3}; \quad (4.5)$$

де, n – кількість штучних заземлювачів, шт ($n=3$ шт);

η_3 – коефіцієнт використання заземлювачів;

$$R_{\Sigma 2} = \frac{71,55}{3 \cdot 0,77} = 30,97 \text{ Ом};$$

Провідність штучного заземлюючого пристрою складається з провідностей вертикальних заземлювачів і провідностей горизонтальних заземлювачів.

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{1}{R_{\Sigma 2}}; \quad (4.6)$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{25,417} + \frac{1}{30,97} = 0,071633 \text{ Ом}^{-1};$$

Опір обраного заземлюючого пристрою:

$$R_3 = \frac{1}{0,071633} = 13,96 \text{ Ом};$$

Таким чином, запропонований до використання заземлюючий пристрій забезпечить необхідний опір розтікання.

Відповідно до п.1.7.117 ПУЕ контур заземлення структурно виконано декількома сталевими стержнями (електродами) діаметром не менше 16мм з'єднаних між собою круглою сталлю діаметром не менше 10мм за допомогою зварювання..

Заземлюючий провідник виконується провідником типу ПВнгд-3 перерізом не менше 10мм², бажано жовто-зеленого кольору, зі сторони заземлюючого пристрою опресовується кабельним наконечником і приєднується до нього болтовим з'єднанням.

У разі введення в будівлю заземлюючого провідника, який не входить до складу лінії живлення, у місці вводу необхідно нанести позначення заземлення.

Заземлення і нульові проводи закріплюються до приладів болтовим з'єднанням.

РЕ-провідники та провідники зрівнювання потенціалів повинні бути мідним та гнучкими, а переріз визначається вимогами п.1.7.137-139, п.1.7.120-121 та п.1.7.148-150 ПУЕ.

4.5 Основні заходи протипожежного захисту на сонячних станціях

На кожному енергетичному підприємстві має бути розроблена документація з пожежної безпеки:

- 1) Організація спеціального навчання, перевірки знань, інструктажів з питань пожежної безпеки та протипожежних тренувань
- 2) Організація діяльності добровільної пожежної охорони
- 3) Утримання систем протипожежного захисту
- 4) Утримання систем протипожежного водопостачання
- 5) Експлуатація засобів пожежогасіння
- 6) Загальна документація щодо утримання території, будівель, споруд і приміщень

На території сонячної станції передбачені такі засоби пожежогасіння: три ОП-53, а також два пожежних гідранти та щит пожежний, до складу якого входять: ящик з піском місткістю 0,5м³, лопати -2 шт., гаки -3шт., ломи -2 шт., сокири -2шт.

Для захисту електричного устаткування від струмів короткого замикання та перевантажень використані автоматичні вимикачі та запобіжники.

Вставки автоматів вибираються з умови: $I_n \geq I_{н.т.р}$, $I_{н.т.р} \geq 1,25 I_p$

Запобіжники встановлені в ящиках силових, плавка вставка вибирається з умови: $I_{\text{пл.вст.}} = 12,5 I_{\text{max}}$

В даній установці використовуємо провідники з надійною тривалою роботою, які визначаються за температурою нагріву, яка залежить від виду ізоляції та визначається ПТЕ для різних типів проводів та кабелів. В нашому випадку це, гранично допустима температура нагрівання для кабелів ВВГ та ПВ становить 55°C [64].

Також важливим елементом є допустимий довготривалий струм, який визначається з умов: $I_{\text{д}} \geq I_{\text{р}}$, $I_{\text{д}} \geq I_{\text{н.т.р}}$ де:

$I_{\text{д}}$ – довготривалий струм, А;

$I_{\text{р}}$ – розрахунковий струм, А;

$I_{\text{н.т.р}}$ – номінальний струм теплового розчіплювача, А;

Всі місця підключення провідників до апаратів щільно, туго затягнуте підключення, що забезпечує хороший контакт. В місцях, що піддаються ураженню, застосовуються пружинні шайби. Всі контактні з'єднання доступні для огляду і систематично оглядатися в процесі експлуатації. Частини апаратів, слугуючі для оперативного та аварійного розмикання ланцюга, укладаються всередині вогнестійких оболонок. Для запобігання утворенню іскор або дуг в освітлювальних установках дотримані певні найменші відстані від струмоведучих частин будівлі, між оголеними струмоведучими частинами та між ними і неізольованими металевими частинами.

Висновки четвертого розділу:

Робота на сонячних електростанціях є небезпечною через ризик роботи під напругою, тому потребує суворого дотримання правил охорони праці та пожежної безпеки. Виконання заходів з охорони праці мінімізує ризики травм і професійних захворювань під час монтажу та експлуатації обладнання.

Для забезпечення безпеки передбачено використання надійного обладнання, дотримання відстаней, заземлення, застосування технологічних карт та інших заходів. У разі неможливості дотримання нормованих відстаней електроустановки повинні бути знеструмлені.

Правила пожежної безпеки регламентують використання засобів гасіння, роботу в діелектричних засобах захисту, заземлення обладнання, а також обов'язковий інструктаж пожежників. Гасіння пожеж електроустановок здійснюється з дотриманням відстаней і узгоджених дій із персоналом енергетичного об'єкта.

ВИСНОВКИ

В магістерській дипломній роботі було досліджено роль просьюмерів електричної енергії, їхній вплив на енергетичну систему та сталий розвиток, розглянуто правові й регуляторні аспекти діяльності просьюмерів у різних країнах, а також здійснено проектування гібридної сонячної електростанції для житлового будинку.

Просьюмери відіграють ключову роль у переході до стійкої енергетичної системи. Вони сприяють підвищенню енергоефективності, збільшенню частки відновлюваних джерел енергії та зменшенню залежності від традиційних джерел енергії. Їхній розвиток відповідає цілям сталого розвитку, що закликають до створення доступної, надійної та екологічної енергетичної системи.

Аналіз правових та регуляторних аспектів показав, що в багатьох країнах уже закріплено поняття просьюмерів і самоспоживачів у законодавстві. Водночас регуляції та критерії класифікації установок ВДЕ, зокрема щодо потужності мікрогенераторів, суттєво відрізняються. Схеми підтримки, такі як Net-metering і Net-billing, є ефективними, однак для подальшого поширення просьюмерства необхідно гармонізувати правову базу, розширити застосування Net-billing і зняти обмеження на потужність установок.

Під час проектування гібридної сонячної електростанції для житлового будинку було обрано сучасне обладнання, яке відповідає технічним, експлуатаційним і фінансовим критеріям. Зокрема, монокристалічні сонячні панелі Longi LR5-72HTH-580M забезпечують високий рівень генерації енергії. Інвертор Fronius Symo Advanced 20.0-3-M гарантує стабільну роботу системи, а літій-залізо-фосфатні акумулятори Pylontech US5000 відзначаються тривалим терміном служби, безпечністю та надійністю. Виконані розрахунки підтвердили, що обрані компоненти забезпечують автономність, ефективність і гнучкість енергоспоживання, відповідаючи потребам будинку.

Таким чином, проведені дослідження показали важливість розвитку просьюмерства та інтеграції відновлюваних джерел енергії у сучасну енергосистему. Розроблений проект гібридної сонячної електростанції є ефективним рішенням для домашніх господарств і сприяє формуванню стійкої енергетичної моделі майбутнього.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kotler P (1986) Prosumers: a new type of consumer. *Futurist* 20:24–28
2. Cova B, Dalli D (2009) Working consumers: the next step in marketing theory? *Mark Theory* 9:315–339
3. Ford R, Whitaker J, Stephenson J (2016) Prosumer collectives: a review A report for the Smart Grid Forum. Centre for Sustainability, University of Otago: Dunedin, New Zealand
4. Blättel-Mink B (2014) Active consumership as a driver towards sustainability? *Gaia* 23:158–165.
5. Ritzer G, Jurgenson N (2010) Production, consumption, presumption: the nature of capitalism in the age of the digital “prosumer”. *J Consum Cult* 10:13–36.
6. Collin J, Hiekkanen K, Korhonen JJ, Itälä T, Helenius M (eds) (2015) IT leadership in transition-the impact of digitalization on Finnish organizations, Helsinki. Aalto University publication series
7. Bertrand R, Primova R (eds) (2018) Energy atlas 2018. Bonifatius GmbH Druck – Buch – Verlag, Paderborn
8. Jacobs SB (2017) The energy prosumer. *Ecol Law Q* 43:519–579.
9. Masera D, Couture T (2015) Industrial prosumers of renewable energy – contribution to inclusive and sustainable industrial development. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Energy Branch, Renewable and Rural Energy Unit (RRE). Vienna, Austria
10. Cseres KJ (2018) The active energy consumer in EU law. *Eur J Risk Regul* 9(2):1–18.
11. Flaute M, Großmann A, Lutz C, Nieters A (2017) Macroeconomic effects of prosumer households in Germany. *Int J Energy Econ Policy* 7:146–155
12. Prahalad CK, Ramaswamy V (2004) Co-creating unique value with customers. *Strategy & leadership*, 32(3), 4–9

13. Rickerson W, Couture T, Barbose G, Jacobs D, Parkinson G, Chessin E, Belden A, Wilson H, Barrett H (2014) Residential prosumers: drivers and policy options (reprosumers).
14. Ramirez FJ, Honrubia-Escribano A, Gomez-Lazaro E, Pham DT (2017) Combining feed-in tariffs and netmetering schemes to balance development in adoption of photovoltaic energy: comparative economic assessment and policy implications for European countries. *Energy Policy* 102:440–452.
15. Laws ND, Epps BP, Peterson SO, Laser MS, Wanjiru GK (2017) On the utility death spiral and the impact of utility rate structures on the adoption of residential solar photovoltaics and energy storage. *Appl Energy* 185:627–641.
16. Dernbach JC (2003) Achieving sustainable development: the centrality and multiple facets of integrated decisionmaking. *Indiana J Glob Leg Stud* 10:247–285
17. WOE (2017) From poverty to prosperity, World Energy Outlook special report. Organization for Economic Cooperation and Development, International Energy Agency, IEA
18. Botsman R, Rogers R (2010) What's mine is yours – how collaborative consumption is changing the way we live.
19. Kwasinski, W. Weaver, R. S. Balog, Microgrids and other Local Area Power and Energy Systems, 2016.
20. M. Amin and P. Schewe, Preventing Blackouts: Building a Smarter Power Grid, Scientific American, 2008.
21. Appleby A. J. Fuel cell technology: Status and future prospects. *Energy*. 1996. Vol. 21, No. 7, P. 521 – 653. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Fuel-cell-technology%3A-Status-and-future-Appleby/607bdaf3e65e33a711d2ee0b298eace91fca469> (дата звернення: 20.02.2021).
22. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві»
23. Правила улаштування електроустановок.

24. Бондаренко Є. А. Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка: навч. Посібник / Бондаренко Є. А., Кутін В.М., Лежнюк П.Д. / – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 120 с.
25. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.
26. Лежнюк П.Д., Ковальчук О.А., Нікіторович О.В., Кулик В.В. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2014. 204 с.
27. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Під заг. ред. Шидловського А.К. Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007. 559 с.

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Аналіз роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (вказати))

Підрозділ: Кафедра електричних станцій та систем

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник: д.т.н., проф. кафедри ЕСС Лежнюк П.Д.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність	
Загальна схожість	

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора.
Роботу направити на доопрацювання.
- 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.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____
(підпис)

Шаргородський Д.М.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Вишневський С.Я
(прізвище, ініціали)

Експерт _____
(за потреби) (підпис) (прізвище, ініціали, посада)

ДОДАТОК Б**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ МКР**

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

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

(підпис)
" ____ " _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
«Аналіз роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах»
08-21.МКР.022.00.006 ТЗ

Науковий керівник: д.т.н., проф.
каф. ЕСС

_____ Лежнюк П.Д._

Студент групи 2ЕСМ-23м

_____ Шаргородський Д.М.

Вінниця 2024 р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) актуальність досліджень обумовлена тим, що в сучасних умовах розвиток та збільшення кількості просьюмерів набуває стрімких обертів. Така тенденція є гарним показником з точки зору декарбонізації планети та дотримання всіх міжнародних вимог, проте, за рахунок високого їх рівня негарантованої потужності, вимагається проведення аналізу їхньої роботи в розподільних електричних мережах. Оскільки електричні мережі енергосистем проектувалися і споруджувалися за умов централізованого електропостачання, то розбудова в них просьюмерів з ВДЕ призводить до зміни процесів в мережі і вимагає додаткових досліджень;

б) наказ № 310 від 17 вересня 2024 про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) мета – даної роботи є проведення аналізу роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Список використаних джерел розробки:

1. Лежнюк П. Д., Ковальчук О. А., Нікіторович О. В., Кулик В. В. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах: монографія. Він-ниця : ВНТУ, 2014. 204 с.

2. Лежнюк П. Д., Рубаненко О. О. Нормування втрат електроенергії в електричних мережах агропромислового комплексу критеріальним методом з застосуванням нейро-нечіткого моделювання. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». 2016. № 18 (1190). С. 60 – 65.

4. Вимоги до виконання МКР

У роботі розглянуто наступні питання.

- Огляд літератури з питань провадження концепції просьюмерів;
- Визначення ролі просьюмерів в сталій енергетичній системі.
- дослідження правових рамок підтримки та регулювання просьюмерів
- Розробка проекту гібридної системи електропостачання нежитлового будинку.

- Заходи забезпечення надійності та безпечної експлуатації електроустановок.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітка
		початок	кінець	
1	Формування та затвердження теми МКР	21.09.24	24.09.24	
2	1 Роль просьюмерів в сталій енергетичній системі	24.09.24	29.09.24	
3	2 Правові рамки підтримки та регулювання просьюмерів	30.09.24	10.10.24	
4	3 Розробка проекту гібридної системи електропостачання нежитлового будинку	11.10.24	28.10.24	
5	4 Заходи забезпечення надійності та безпечної експлуатації електроустановок	29.10.24	05.11.24	
6	Формування висновків по роботі	06.11.24	12.11.24	
7	Оформлення пояснювальної записки	13.11.24	21.11.24	
8	Виконання графічної частини та оформлення презентації	22.11.24	27.11.24	
9	Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР	28.11.24	01.12.24	

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відгук наукового керівника, відгук опонента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

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

8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21 / уклад.: А. О. Семенов, Л. П. Громова, О. В. Сердюк, Т. В. Макарова. Вінниця: ВНТУ, 2021. 60 с.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

ДОДАТОК В

Таблиця В1 - Визначення самоспоживаючих генераторів і просюмерів

	Визначення самогенераторів для самоспоживання в законодавстві	Визначення просюмерів в законодавстві
Албанія	Енергетичний закон, стаття 3(38): самогенератор — це особа, яка виробляє електроенергію та споживає переважно для власних потреб більшість виробленої енергії.	Чіткого визначення для просюмерів немає, але визначення самогенераторів в Енергетичному законі також охоплює концепцію просюмерів.
Вірменія		Основне законодавство: стаття 4(1) Закону про енергетику вводить визначення автономних генераторів: згідно з цією нормою, автономний генератор — це юридична або фізична особа, яка виробляє електроенергію для власних потреб, і потужність її встановлених установок не перевищує загального споживання електроенергії встановленого обладнання, але не більше 150 кВт (згідно з перехідними положеннями статті 58 Енергетичного закону до 31.12.2022, загальна потужність сонячних установок може максимально досягати рівня загального споживання встановленого обладнання, але не більше 500 кВт). Вторинне законодавство: тимчасові правила торгівлі на оптовому ринку електроенергії Вірменії також додають до визначення в основному законодавстві, що автономні генератори повинні бути підключені до розподільчої мережі. Ці положення узгоджуються із загальноприйнятим визначенням просюмерів.

Продовження таблиці В1

Боснія та Герцеговина	11 Стаття 3 ((34) Закон про електроенергію FBiH визначає виробника для власного споживання як фізичну або юридичну особу, яка виробляє електроенергію для власного споживання.	У чинному законодавстві немає визначення Просюмерів.
Грузія	Закон про електроенергію та природний газ визначає мікроелектростанцію як відновлюване джерело енергії потужністю не більше 100 кВт, що належить роздрібному споживачу та підключене до мережі розподілу електроенергії в точці споживання роздрібного споживача. (споживачів).	
Греція	Закон №3468/2006 визначає автономного виробника як виробника, який генерує електроенергію з ВДЕ і чий блок не підключений до мережі.	Закон №3468/2006 визначає самостійного виробника як виробника, який генерує електроенергію з ВДЕ або ТЕЦ, переважно для власного використання, і направляє будь-яку надлишкову електроенергію в мережу. Крім того, Закон №4001/2011 визначає самостійного виробника загалом як виробника, який генерує електроенергію переважно для власного використання і направляє будь-яку надлишкову електроенергію в систему передачі або розподілу.

Продовження таблиці В1

Косово	Правила підтримки генераторів відновлюваних джерел енергії визначають «генераторів для власного споживання» як Просюмерів, які можуть подавати надлишок виробленої електроенергії в мережу для майбутнього споживання або платити постачальнику за спожиту електроенергію у разі негативного балансу. Ті ж Правила визначають «Просюмерів» як споживача електроенергії, який одночасно і в тому ж місці є власником мікрогенераційної установки ВДЕ, ¹⁶ підключеної до мережі та має право самостійно споживати вироблену електроенергію, а також віддавати надлишок виробленої електроенергії постачальнику.	
Молдова	У законодавстві такого визначення немає.	Немає чіткого визначення цього поняття, але згідно зі ст. 39 (1) Закону про сприяння використанню ВДЕ, кінцевий споживач, який володіє електростанцією, що виробляє електроенергію з ВДЕ для власного використання і який уклав з постачальником договір на постачання електроенергії за регульованою ціною, має право передавати надлишок виробленої електроенергії в електричну мережу; постачальник відповідно зобов'язаний укласти за заявою відповідного кінцевого споживача договір про застосування механізму нетто-метрії. Це положення корелює із загальноприйнятим визначенням просюмерів.
Чорногорія	Стаття 96 пункт 1 Закону про енергетику визначає, що кінцевий споживач, який генерує електроенергію з ВДЕ на об'єктах потужністю до 50 кВт або на ТЕЦ потужністю до 50 кВт, має право обмінюватися електроенергією, яку він віддає в систему і бере з розподільчої системи.	

Продовження таблиці В1

Північна Македонія	Стаття 4 Правил про ВДЕ містить умову щодо максимальної встановленої потужності об'єкта генерації, який може бути встановлений споживачами, та типу ВДЕ, який може бути використаний. Електростанція повинна бути сонячною або малою вітряною і має бути встановлена на об'єктах, які належать споживачеві. Для домогосподарств максимальна встановлена потужність не повинна перевищувати 4 кВт.	Просюмер – це споживач, підключений до розподільчої мережі, який володіє об'єктом для генерації електроенергії з відновлюваного джерела енергії, де він використовує згенеровану електроенергію для власного споживання, не має ліцензії на генерацію електроенергії і надлишкова електроенергія віддається в розподільчу мережу (стаття 68, проект кодексу розподільчих мереж).
Сербія	Згідно зі статтею 70 Закону про енергетику та статтею 3 Положення про умови та порядок набуття статусу привілейованого виробника електроенергії, енергетична організація може набути статусу привілейованого виробника електроенергії або статусу виробника електроенергії з відновлюваних джерел, якщо, серед інших умов, відповідна електростанція має спеціальну точку комерційного обліку, відокремлену від точок комерційного обліку в інших технологічних процесах, для вимірювання електроенергії, тобто теплової енергії, яка передається і приймається, з чітко позначеними приладами обліку відповідно до Закону про енергетику та Кодексу розподільчих/транзитних мереж.	

Продовження таблиці В1

Україна	Генераційна установка приватного домогосподарства - це група взаємопов'язаного обладнання та споруд, призначених для генерації електроенергії, перетвореної з енергії сонячного випромінювання та/або вітрової енергії, яка встановлена в межах приватного домогосподарства. Згідно зі змінами до Закону про електроенергію, затвердженими у квітні 2019 року, не домогосподарства (включаючи енергетичні кооперативи) також можуть встановлювати генератори для власного споживання потужністю до 150 кВт від сонячної, вітрової, біомаси, біогазу, гідро та геотермальної енергії.	
---------	--	--

ДОДАТОК Г

Рисунок Г1 - План розміщення фотовольтаїчних модулів та мережевого інвертора на даху будівлі

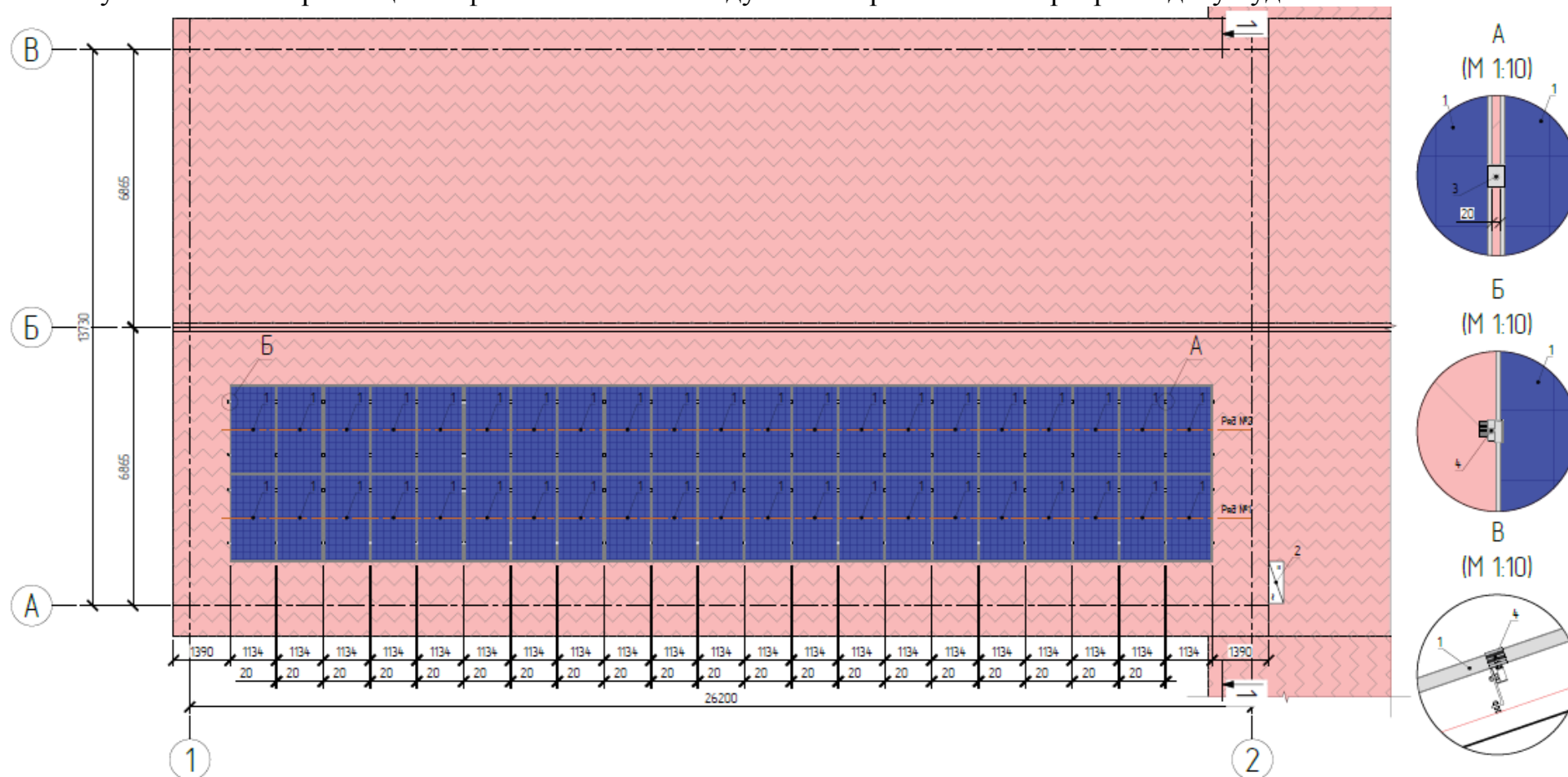


Рисунок Г2 – Схема підключення 14 фотовольтаїчних модулів у один блок

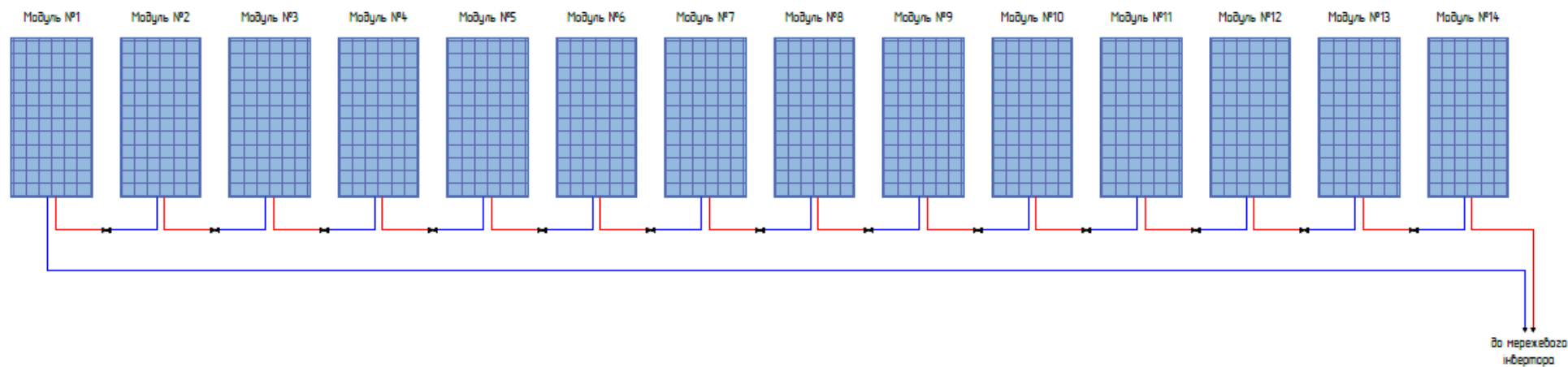
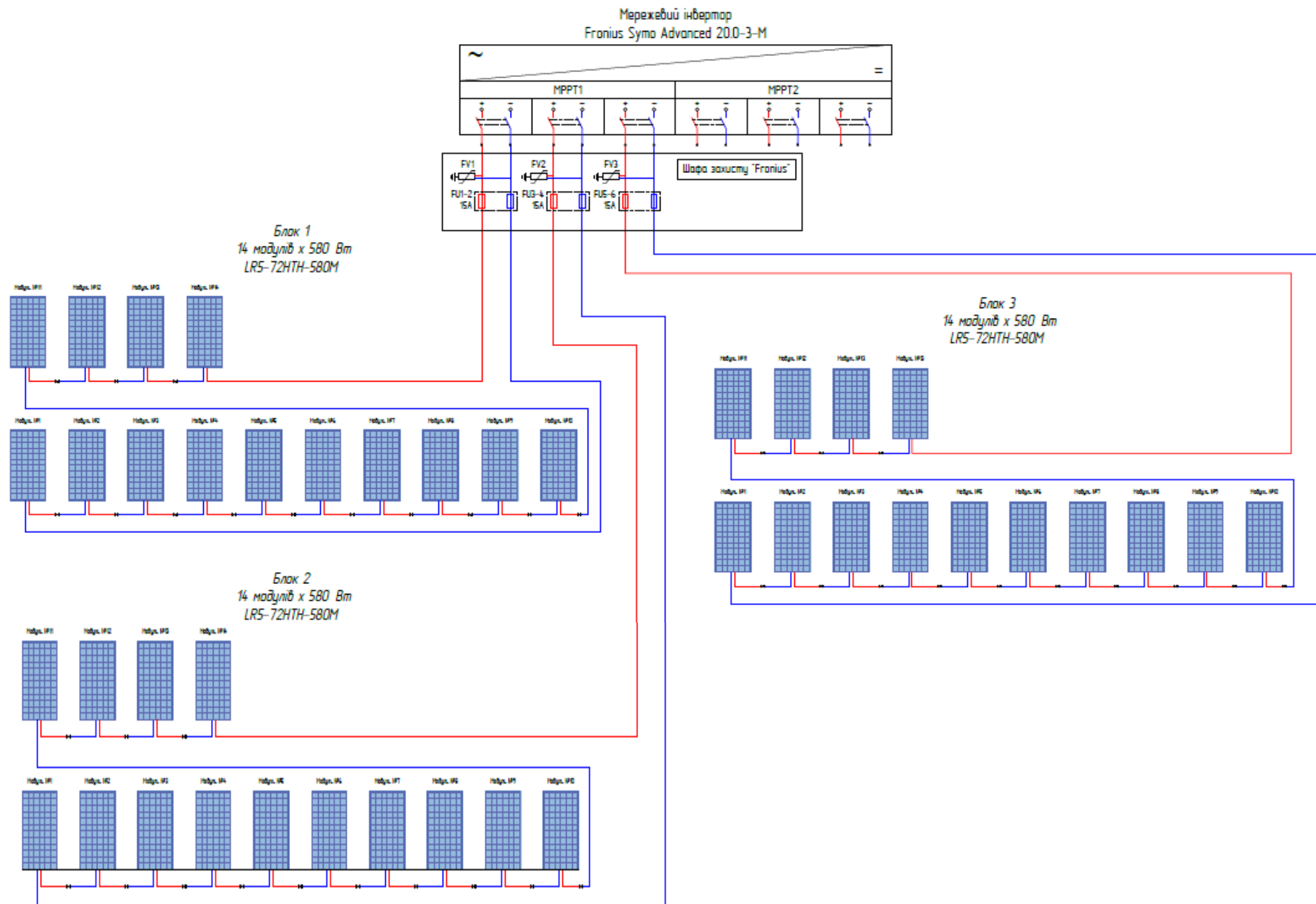


Рисунок Г3 - Схема підключення блоків фотовольтаїчних модулів до мережевого інвертора



ДОДАТОК Г

Ілюстративна частина «Аналіз роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах»

Аналіз роботи просьюмерів в розподільних електричних мережах

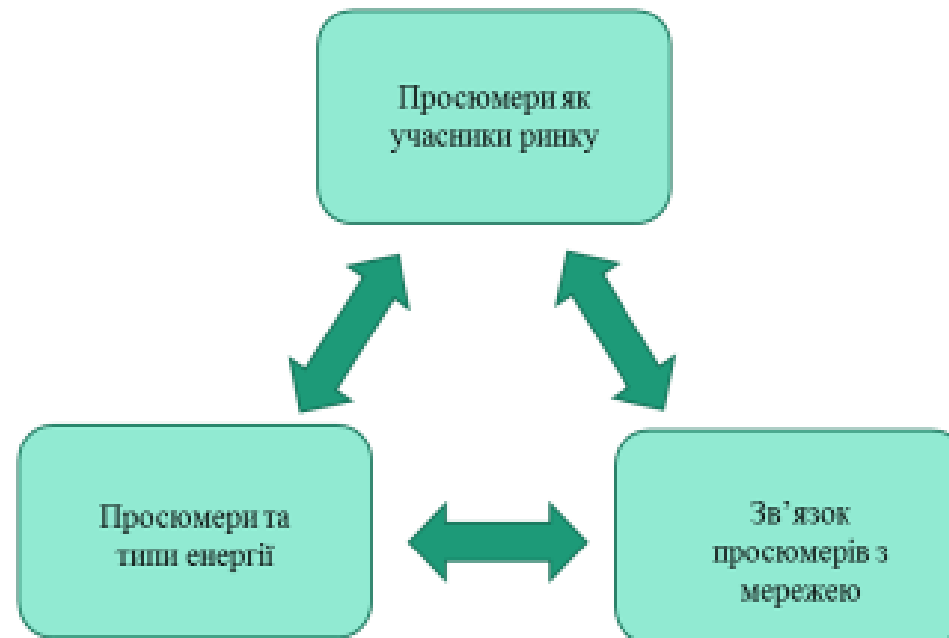
Виконав:
Студент групи 2ЕСМ-23м
Шаргородський Д.М.

Керівник:
д.т.н., професор
Лежнюк П.Д.

Просьюмери електричної енергії

Загальне визначення **просьюмера** базується на поєднанні слів "виробник" (producer) і "споживач" (consumer)

Класифікація просьюмерів



Просьюмери електричної енергії

Фактори, що сприяють розвитку просьюмерів

Наявність технологічних засобів



Поведінкові чинники



Економічні чинники



Політика та регулювання



Визначення просьюмерів у законодавстві

Просьюмери - споживачі електроенергії, які виробляють частину своїх потреб в електроенергії на власній електростанції та використовують розподільчу мережу для віддачі надлишкового виробництва та споживання електроенергії, коли власного виробництва недостатньо для задоволення власних потреб.

Класифікація об'єктів генерації

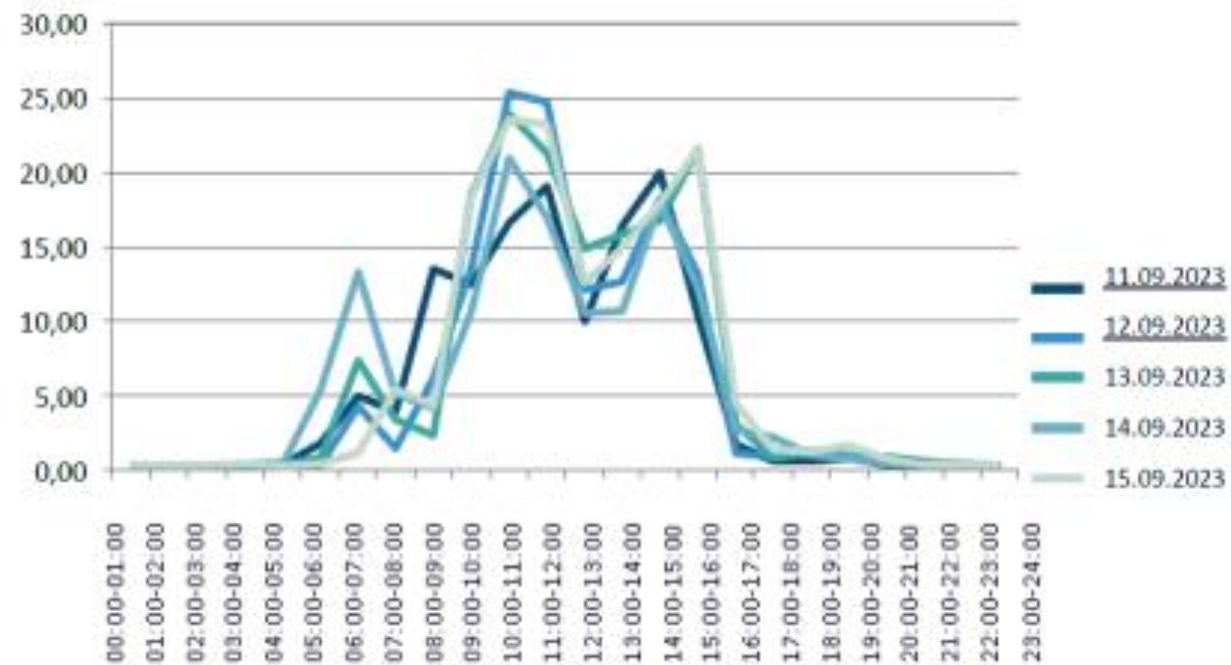
- Вітрові станції: до 600 кВт, 600-2000 кВт, понад 2000 кВт.;
- Сонячні станції (наземна): до 10 МВт, понад 10 МВт.;
- Сонячні станції (на даху): до 100 кВт, понад 100 кВт.;
- Гідроелектричні станції: до 200 кВт, 200-1000 кВт, 1000-10000 кВт.;
- Енергія біомас;
- Біогаз;
- Геотермальні станції;
- Споживачі (включаючи енергетичні кооперативи), що генерують електроенергію з вітрових, сонячних, комбінованих вітро-сонячних, гідро, біомас, біогаз, геотермальних потужністю до 150 кВт.;
- Приватні домогосподарства, що генерують електроенергію з вітрових та сонячних станцій потужністю до 50 кВт.

Визначення просьюмерів у законодавстві

- Максимальний рівень встановленої потужності для просьюмерів
- Точка підключення просьюмера до мережі
- Звільнення від вимог ліцензування для мікро/малих генераторів
- Необхідні документи для заявок просьюмерів
- Загальні вимоги до обліку
- Загальна встановлена потужність просьюмерів

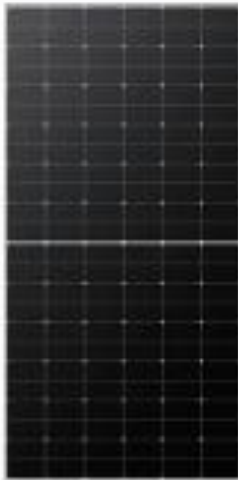
Гібридна система електропостачання

Денні графіки споживання електричної енергії



Гібридна система електропостачання

Сонячна панель
Longi LR5-72HTH-580M



Інвертор
Fronius Symo Advanced
20.0-3-M

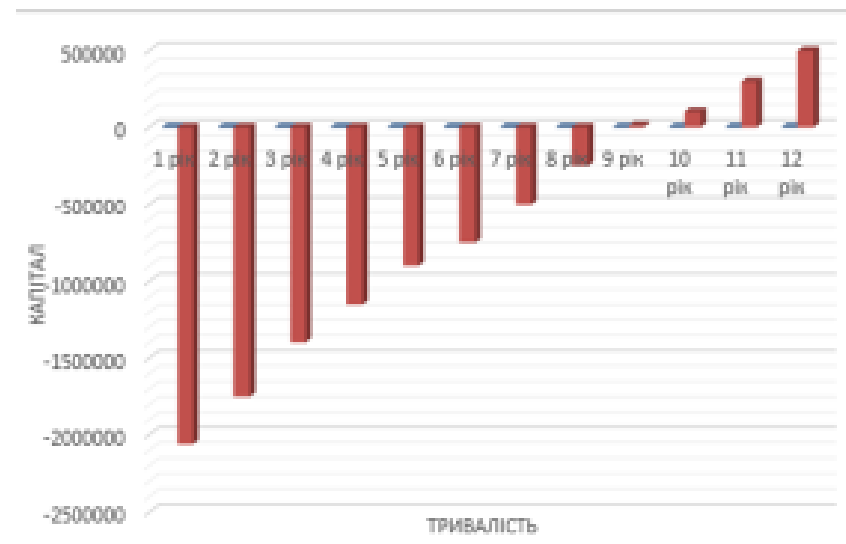


Акумуляторний блок
Pylontech US5000



Гібридна система електропостачання

Окупність гібридної станції



Дякую за увагу

