

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Олена БОРИЧЕНКО
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
освітня програма Системи забезпечення споживачів електричною енергією
на тему: «Особливості розроблення проектної документації активного споживача за процедурою стандартного приєднання»

Виконав: студент II курсу, групи ГЕ-41мп

_____ Євсєєв Євгеній Вадимович _____

(прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Черкашина Г.І. _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль провідний інженер Прокопенко І.Д. _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2025 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»

Завідувач кафедри

_____ Олена БОРИЧЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Євсєєв Євгеній Вадимович**

1. Тема дисертації « Особливості розроблення проектної документації активного споживача за процедурою стандартного приєднання » _____
науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Черкашина Галина Ігорівна,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від 03 листопада 2025 р. №4749-с
2. Строк подання студентом дисертації 17 грудня 2025 року
3. Об'єкт дослідження Система електропостачання складських приміщень
4. Предмет дослідження Проектна документація активного споживача, схемні рішення системи електропостачання з фотоелектричними станціями.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) Проаналізувати літературу для виконання магістерської дисертації. 2) Проаналізувати методології та нормативно-правове забезпечення приєднання споживачів. 3) Визначити хто такі активні споживачі. 4) Розробити проект для активного споживача. 5) Розробити стартап проект.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Схематичні зображення принципу роботи активного споживача, Обладнання яке потрібне для створення, Результати моделювання PVsyst.
7. Орієнтовний перелік публікацій Євсєєв Є.В., Черкашина Г.І. Особливості розроблення проектної документації активного споживача за процедурою стандартного приєднання. Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'2025: матеріали XI Міжнародна науково-технічна конференція.

8.Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

Прокопенко І.Д.

9.Дата видачі завдання 01 вересня 2025 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	01.04.2025	
2	Визначення методів дослідження	01.05.2025	
3	Оформлення першого розділу	01.06.2025	
4	Робота над другим розділом	01.07.2025	
5	Робота над третім розділом, практичного впровадження дисертаційної роботи	26.10.2025	
6	Розробка стартап проєкту	15.11.2025	
7	Оформлення дисертації	01.12.2025	
8	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	10.12.2025	
9	Передзахист магістерської дисертації	19.12.2025	
10	Захист дисертації	22.12.2025	

Студент

(підпис)

Є.В. Євсєєв
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Г.І. Черкашина
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Обсяг магістерської дисертації налічує 86 аркушів, 19 рисунків, 11 таблиць, 33 літературних джерел та 4 додатки.

Актуальність: Трансформація енергетичного сектору України в умовах євроінтеграції та викликів воєнно-часу зумовлює перехід від централізованої моделі до розподіленої генерації. Ключовим елементом цієї зміни є поява «Активного споживача» — суб'єкта, який не лише споживає, а й виробляє та продає електроенергію. Запровадження механізму самовиробництва (Net Billing) у 2023-2024 роках створило економічне підґрунтя для встановлення бізнесом власних СЕС. Однак практична реалізація таких проєктів стикається зі складними бюрократичними процедурами, колізіями між будівельним та енергетичним законодавством (зокрема, щодо класифікації робіт як «реконструкція» чи «технічне переоснащення») та жорсткими технічними вимогами операторів систем розподілу. Необхідна систематизація процесу розроблення проєктної документації для мінімізації ризиків відмови у приєднанні та оптимізації капітальних витрат.

Метою даного дослідження є розроблення комплексної методики проєктування генеруючих установок активного споживача, яка синтезує вимоги містобудівних норм та кодексів систем розподілу, а також створення типового технічного рішення для комерційного об'єкта.

Об'єкт дослідження: Процес приєднання та інтеграції фотоелектричних станцій споживачів до електричних мереж системи розподілу.

Предмет дослідження: Особливості розроблення проєктної документації, нормативно-правове регулювання, технічні умови та алгоритми вибору обладнання для СЕС активного споживача.

Практичне значення роботи. В основу дисертаційної роботи покладено розробку реального проєкту для комерційного складу у м. Ужгород. Для даного об'єкта розроблено систему потужністю 50 кВт (АС) з

використанням 100 фотомодулів RSM110-8-550M та 2 гібридних інверторів Deye SUN-25K-SG01HP3-EU. Запропоновано алгоритм проходження процедури стандартного приєднання та легалізації генеруючої установки, обґрунтовано вибір схеми комутації для складної покрівлі (2 окремі дахи) та виконано розрахунок окупності за моделлю Net Billing, який підтверджує економічну ефективність рішення (термін окупності ~6,5 роки).

Апробація результатів дослідження: Основні положення роботи, зокрема щодо вирішення колізій при класифікації будівельних робіт для СЕС (СС1), були оприлюднені на XI Міжнародній науково-практичній конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’2025»: м. Київ, 18-20 листопада 2025 р. URL <http://pems.kpi.ua/proc/issue/archive>

Ключові слова: АКТИВНИЙ СПОЖИВАЧ, ПРОЄКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, NET BILLING, СТАНДАРТНЕ ПРИЄДНАННЯ, ІНВЕРТОР, ГЕНЕРАЦІЯ.

ABSTRACT

The volume of the Master's thesis comprises 86 pages, including 19 figures, 11 tables, 33 references, and 4 appendices

Relevance: The transformation of Ukraine's energy sector under the conditions of European integration and wartime challenges necessitates a transition from a centralized model to distributed generation. A key element of this change is the emergence of the "Active Consumer" — a subject who not only consumes but also generates and sells electricity. The introduction of the self-production mechanism (Net Billing) in 2023-2024 created an economic foundation for businesses to install their own solar power plants (SPP). However, the practical implementation of such projects faces complex bureaucratic procedures, conflicts between construction and energy legislation (specifically regarding the classification of works as "reconstruction" or "technical re-equipment"), and strict technical requirements of distribution system operators. Systematic organization of the project documentation development process is necessary to minimize the risks of connection refusal and to optimize capital expenditures.

The aim of this research is to develop a comprehensive design methodology for active consumer generating installations that synthesizes the requirements of urban planning standards and distribution system codes, as well as to create a typical technical solution for a commercial facility.

Object of research: The process of connection and integration of consumer photovoltaic stations into the distribution system's electrical networks.

Subject of research: Features of project documentation development, regulatory framework, technical specifications, and equipment selection algorithms for active consumer SPPs.

Practical value: The dissertation is based on the development of a real project for a commercial warehouse in Uzhhorod. A 50 kW (AC) system was designed for this facility using 100 photovoltaic modules RSM110-8-550M and 2 hybrid inverters Deye SUN-25K-SG01HP3-EU. The work proposes an algorithm for navigating the standard connection procedure and legalizing the generating installation, justifies the choice of a switching scheme for a complex roof

configuration (2 separate roofs), and performs a payback calculation based on the Net Billing model, confirming the economic efficiency of the solution (payback period ~6.5 years).

Approbation of research results: The main provisions of the work, particularly regarding the resolution of conflicts in the classification of construction works for SPP (Consequence Class CC1), were presented at the XI International Scientific and Practical Conference "Energy Management: State and Prospects of Development – PEMS'2025": Kyiv, 18-20 November, URL: <http://pems.kpi.ua/proc/issue/archive>.

Keywords: ACTIVE CONSUMER, PROJECT DOCUMENTATION, SOLAR POWER PLANT, NET BILLING, STANDARD CONNECTION, INVERTER, GENERATION.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ, ТЕХНІЧНОЇ ТА РИНКОВОЇ БАЗИ ДІЯЛЬНОСТІ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА	11
1.1 Концепція та роль активного споживача в сучасній енергетичній системі України.....	11
1.2 Класифікація активних споживачів	15
1.2.1 Класифікація за суб'єктним складом та правовим статусом ...	15
1.3 Нормативно-правове регулювання діяльності активних споживачів	18
1.3.1 Законодавча основа	19
1.3.2 Підзаконні регуляторні акти НКРЕКП	19
1.4 Процедура стандартного приєднання як основа для інтеграції генеруючих установок	23
1.5 Технічні вимоги та особливості розроблення проектної документації	26
1.5.1 Ключові технічні вимоги до генеруючих установок	27
1.5.2 Процес розроблення та погодження проектної документації ...	28
1.6 Ринкові механізми взаємодії та практичні аспекти впровадження	29
1.6.1 Механізм самовиробництва (Net-Billing)	29
1.6.2 Практичні виклики та бар'єри впровадження	31
Висновки до розділу 1.....	33
РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕС РОЗРОБЛЕННЯ ТА СКЛАД ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА ЗА ПРОЦЕДУРОЮ СТАНДАРТНОГО ПРИЄДНАННЯ	35
2.1 Нормативно-правове підґрунтя та вихідні дані для проектування.....	35
2.1.1 Аналіз статусу "активного споживача" та процедури стандартного приєднання.....	35
2.1.2 Формування комплексу вихідних даних для проектування	36
2.2 Етапи та стадійність розроблення проектної документації ..	39
2.3 Склад та зміст основних розділів проектної документації	41
2.3.1 Текстова частина (Пояснювальна записка).....	41
2.3.2 Графічна частина.....	42
2.3.3 Специфікація обладнання, виробів і матеріалів	43

2.4 ІНСТРУМЕНТАРІЙ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ	44
2.4.1 Системи автоматизованого проектування (САПР)	45
2.4.2 Спеціалізоване ПЗ для моделювання та аналізу СЕС.....	46
2.5 ПРОЦЕДУРА ПОГОДЖЕННЯ ТА ЕКСПЕРТИЗИ ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	50
2.5.1 Погодження з Оператором системи розподілу (ОСР).....	50
2.5.2 Експертиза проектів будівництва	51
Висновки до розділу 2.....	53
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ	
ТИПОВОГО ОБ'ЄКТА АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА	55
3.1 Визначення основного обладнання СЕС.....	55
3.1.1 Вибір фотоелектричних панелей	56
3.1.2 Вибір гібридного інвертора.....	58
3.1.3 Вибір акумуляторів	61
3.2 Визначення конфігурацій підключення та монтажу обладнань	64
3.2.1 Вибір кабелів постійного струму	64
3.2.2 Вибір захисного обладнання постійного струму.....	65
3.2.3 Кабельні лінії змінного струму.....	67
3.2.4 Система кріплення фотоелектричних панелей	67
3.3 Моделювання річної генерації фотоелектричної системи	69
Висновок до розділу 3.....	72
4.1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ОПИС ІДЕЇ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	74
4.2 ТЕХНОЛОГІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ФУНКЦІОНАЛ ПРОДУКТУ.....	75
4.2.1 Модуль збору та верифікації даних (Input & Verification)	75
4.2.2 Розрахункове ядро (Computation Core)	75
4.2.3 Модуль генерації документації (Output Generation).....	76
4.3 АНАЛІЗ РИНКОВОГО СЕРЕДОВИЩА.....	76
4.4 БІЗНЕС-МОДЕЛЬ ТА МОНЕТИЗАЦІЯ.....	77
4.5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	77
4.6 СТРАТЕГІЯ ВИХОДУ НА РИНОК ТА РИЗИКИ	78
Висновок до 4 розділу.....	78
ВИСНОВКИ	80
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	83
ДОДАТКИ.....	86

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна енергетична галузь України перебуває на етапі фундаментальної трансформації, зумовленої як глобальними трендами декарбонізації, так і критичними викликами воєнного часу. Постійні атаки на об'єкти критичної інфраструктури та дефіцит генеруючих потужностей гостро поставили питання енергетичної безпеки та автономності. У цьому контексті стратегічним напрямком розвитку стало формування інституту «активного споживача» (проз'юмера) — суб'єкта, який не лише споживає, а й виробляє електроенергію для власних потреб, маючи можливість продавати надлишки за ринковим механізмом Net Billing (самовиробництво).

Законодавчі зміни 2023–2024 років відкрили нові можливості для малого та середнього бізнесу щодо встановлення сонячних електростанцій (СЕС). Для переважної більшості таких об'єктів (потужністю до 50 кВт) базовою процедурою інтеграції в мережу є стандартне приєднання. Проте, незважаючи на законодавчо декларовану спрощеність цієї процедури, практична реалізація проектів стикається зі значними труднощами. Вони зумовлені складністю узгодження технічних умов, фрагментарністю нормативної бази та високими вимогами операторів системи розподілу (ОСР) до систем комерційного обліку, релейного захисту та якості електроенергії.

У таких умовах якісна проектна документація стає головним інструментом, що дозволяє подолати адміністративні бар'єри, забезпечити технічну надійність системи та гарантувати економічну ефективність інвестицій. Відтак, дослідження особливостей розроблення проектної документації для активного споживача при стандартному приєднанні є актуальним науково-прикладним завданням.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ, ТЕХНІЧНОЇ ТА РИНКОВОЇ БАЗИ ДІЯЛЬНОСТІ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА

1.1 Концепція та роль активного споживача в сучасній енергетичній системі України

Сучасна світова енергетика переживає фундаментальну трансформацію, що знаменує собою перехід від традиційної, централізованої та односпрямованої моделі виробництва та постачання енергії до децентралізованої, гнучкої та двонаправленої системи. Цей парадигмальний зсув зумовлений низкою глобальних чинників, серед яких посилення кліматичних викликів, технологічний прогрес у галузі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та систем накопичення, а також прагнення до підвищення енергетичної безпеки на національному та локальному рівнях. Для України ці процеси набувають особливої актуальності. У контексті повномасштабної агресії та цілеспрямованих атак на енергетичну інфраструктуру, необхідність підвищення стійкості, енергетичної незалежності та безпеки постачання стає питанням національного виживання. Водночас стратегічний курс на інтеграцію до європейських енергетичних ринків та виконання зобов'язань у сфері декарбонізації вимагає глибокої модернізації енергетичного сектору та впровадження новітніх ринкових моделей, що відповідають принципам європейського законодавства. Ключовим елементом цієї нової архітектури енергосистеми стає поява нового типу учасника ринку — «проз'юмера» (prosumer), або, як його визначено в українському законодавстві, «активного споживача».

Поява активного споживача є не просто технічною інновацією, а стратегічним інструментом, що відкриває нові можливості для українських підприємств та домогосподарств. В умовах зростання тарифів на електроенергію та постійних ризиків відключень, можливість генерувати електроенергію для власних потреб, накопичувати її та продавати надлишки в мережу перетворюється на потужний механізм оптимізації витрат та

забезпечення операційної стійкості бізнесу. Це дозволяє підприємствам не лише знизити залежність від централізованого постачання, але й отримати додаткове джерело доходу, покращити свої показники сталого розвитку (ESG) та зміцнити енергетичну незалежність. Однак, попри значний потенціал, практична реалізація моделі активного споживача в Україні стикається з низкою викликів. Успішне впровадження проєктів власної генерації вимагає від замовника глибокого розуміння та здатності навігувати у складному лабіринті нормативно-правових, технічних та процедурних вимог, що регулюють цей процес. [1]

Інтеграція концепції активного споживача в українське енергетичне законодавство є логічним кроком на шляху до лібералізації ринку та його гармонізації з європейськими стандартами. Цей термін позначає фундаментальну зміну ролі кінцевого споживача: з пасивного одержувача послуги він перетворюється на повноцінного, активного учасника ринкових відносин, здатного впливати на баланс попиту та пропозиції в енергосистемі.

Згідно з визначенням, наведеним у Законі України «Про ринок електричної енергії», активний споживач — це споживач, який не лише споживає, але й виробляє електричну енергію, здійснює діяльність із її зберігання, продає надлишки виробленої та/або збереженої електричної енергії, а також може брати участь у заходах з енергоефективності та управління попитом. Ключовою умовою, що відрізняє активного споживача від ліцензованого виробника електроенергії, є те, що вищезазначені види діяльності не повинні бути його основною професійною чи господарською діяльністю. Це положення має на меті спростити доступ до ринку для широкого кола учасників — від приватних домогосподарств до промислових підприємств, — які прагнуть забезпечити власні енергетичні потреби та монетизувати надлишкові потужності без необхідності проходження складної процедури ліцензування. [2] На рисунку 1.1 зображено принцип роботи активного споживача.

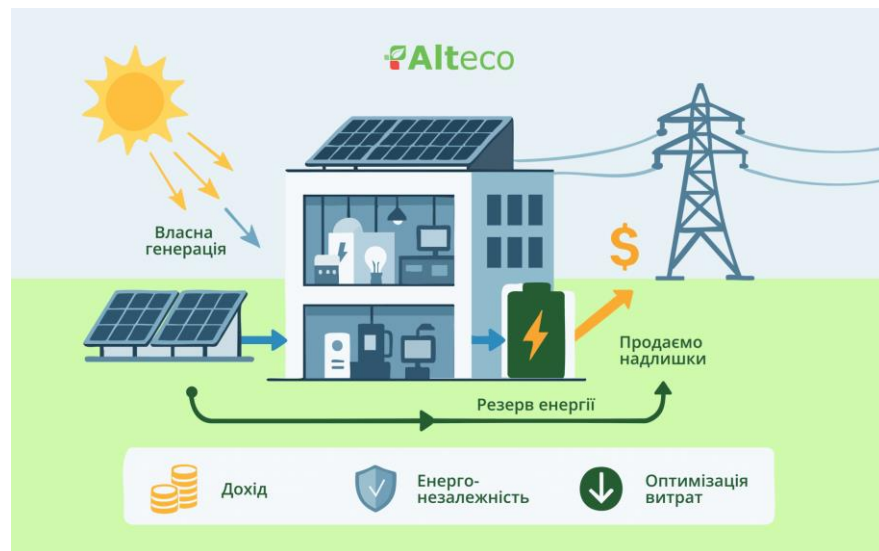


Рисунок 1.1 — Принцип роботи активного споживача[3]

Роль та переваги статусу активного споживача можна розглядати у двох площинах: на мікрорівні (для самого споживача) та на макрорівні (для енергетичної системи в цілому). Для бізнесу перехід до моделі активного споживання відкриває низку стратегічних переваг. По-перше, це оптимізація витрат на електроенергію за рахунок власної генерації, що дозволяє значно знизити залежність від коливань ринкових цін та тарифів. По-друге, це підвищення енергетичної незалежності та операційної стійкості. Можливість покривати власні потреби в енергії, особливо в поєднанні з установками зберігання енергії (УЗЕ), забезпечує стабільність роботи навіть у разі перебоїв у централізованому електропостачанні, що є критично важливим в умовах воєнного стану. По-третє, це створення нового джерела доходу через продаж надлишків виробленої електроенергії в мережу. Нарешті, використання відновлюваних джерел енергії для власної генерації сприяє покращенню ESG-показників компанії, підвищуючи її репутацію та інвестиційну привабливість.

На рівні енергетичної системи України активні споживачі відіграють роль каталізатора її децентралізації та модернізації. Розвиток розподіленої генерації сприяє зниженню навантаження на магістральні мережі, зменшує втрати при передачі електроенергії та підвищує загальну надійність системи.

Активні споживачі, особливо коли вони об'єднані в агреговані групи, стають важливим інструментом для надання послуг з балансування та управління попитом, що підвищує гнучкість та ефективність функціонування ринку. Стимулюючи встановлення генеруючих установок на основі ВДЕ, модель активного споживача робить значний внесок у досягнення національних цілей з декарбонізації та зменшення залежності від викопного палива.[3]

Однак важливо розуміти, що впровадження інституту активного споживача — це не просто додавання нового правила на ринку. Це фундаментальний виклик для існуючої архітектури енергосистеми, що запускає ланцюгову реакцію технологічних та регуляторних змін. Традиційна енергосистема була спроектована для односпрямованого потоку енергії: від великих централізованих електростанцій через мережі до пасивних споживачів. Поява тисяч активних споживачів, які можуть генерувати електроенергію (часто з переривчастих джерел, як-от сонце) та віддавати її в мережу, створює двонаправлені потоки енергії та значно ускладнює завдання оператора системи розподілу (ОСР) із забезпечення балансу та стабільності мережі в режимі реального часу. Для управління цією новою, значно складнішою реальністю, система потребує кардинальних технологічних оновлень. Насамперед, це вимагає повсюдного впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), здатних фіксувати погодинні обсяги споживання та відпуску.⁴ Без таких систем неможливо реалізувати ринкові механізми, як-от погодинне сальдування. Крім того, це змушує ОСР переходити від ролі простого "дистриб'ютора" електроенергії до функції активного "менеджера" складної, багатоагентної системи, що вимагає нових програмних комплексів для моніторингу, прогнозування та управління мережею. Ця системна трансформація неминуче породжує тертя та виклики, які проявляються у вигляді бюрократичних перепон та технічних складнощів, що будуть детально проаналізовані в наступних підрозділах.

1.2 Класифікація активних споживачів

Для формування комплексного підходу до розробки проектної документації недостатньо розглядати активного споживача лише як технічний об'єкт приєднання. Необхідно запровадити багатофакторну класифікацію, яка базується на синтезі положень Закону України «Про ринок електричної енергії», Кодексу систем розподілу та техніко-економічних характеристиках генеруючих установок. Такий підхід дозволяє виокремити специфічні групи споживачів, для яких діють відмінні регуляторні механізми, вимоги до обліку та інвестиційні моделі.[2],[4]

1.2.1 Класифікація за суб'єктним складом та правовим статусом

Фундаментальним критерієм, що визначає обсяг прав та обов'язків на ринку, є правовий статус суб'єкта господарювання. Чинне законодавство України проводить чіткий розподіл між споживачами.

Побутові споживачі: фізичні особи, чиї генеруючі установки (наприклад, сонячні панелі) приєднані до розподільчих мереж. Потужність інверторного обладнання не повинна перевищувати дозовану потужність для споживання електроенергії, але не більше 30 кВт.

Малі непобутові споживачі: малі підприємства або ФОП, чиї генеруючі установки приєднані до мереж, а потужність інверторного обладнання не перевищує дозовану потужність споживання, але не більше 50 кВт.

Непобутові споживачі (бізнес): юридичні особи (промислові підприємства, комерційні будівлі тощо), які виробляють електроенергію для власних потреб. Дозволена до відпуску (продажу) в мережу потужність не може одночасно перевищувати 50% від величини дозованої потужності електроустановки, призначеної для споживання. На рисунку 1.2 зображено схему взаємодії активного споживача із зовнішньою електромережею[3]



Рисунок 1.2 — Схема взаємодії активного споживача із зовнішньою електромережею[3]

1.2.2 Класифікація за встановленою потужністю

Потужність генеруючої установки є ключовим технічним та регуляторним маркером, що визначає складність проектної документації, вимоги до телеметрії та ліцензійні умови. Деталізація вимог залежно від потужності наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Класифікація активних споживачів за критерієм встановленої потужності.[5]

Діапазон потужності	Категорія споживача	Особливості регулювання та вимоги до проектування
До 30 кВт	Побутові споживачі (домогосподарства)	Спрощений режим. Традиційна межа для домогосподарств. Дозволяє встановлення СЕС та ВЕС без отримання містобудівних умов та обмежень (зокрема на дахах та фасадах). Є базовим лімітом для отримання певних податкових та тарифних пільг.
До 50 кВт	Малі непомітні споживачі	Режим сприяння бізнесу. Спрощена процедура приєднання без необхідності розробки повномасштабного ТЕО (достатньо сертифікатів відповідності). Надається право продажу надлишків без застосування погодинних графіків відпуску, обов'язкових для великої генерації.

Продовження таблиці 1.1		
50 кВт – 150 кВт	Середній бізнес, енергокооперативи	Перехідний етап. Історична ніша для енергетичних кооперативів. З'являються вимоги щодо встановлення АСКОВЕ (автоматизованих систем комерційного обліку) та суворішого дотримання графіків навантаження.
150 кВт – 1 МВт	Середні та великі підприємства	Промисловий стандарт. Суттєво зростають вимоги до систем передачі даних (телеметрії) та диспетчеризації. Для об'єктів понад 1 МВт може змінюватися розрахунковий період виплат (перехід з місячного на річний баланс залежно від моделі).
1 МВт – 5 МВт	Великі промислові об'єкти	Верхня межа статусу. Максимальна потужність для роботи в статусі активного споживача. Об'єкти понад 5 МВт вимагають отримання ліцензії на виробництво. Діє правило «самозабезпечення»: якщо річний обсяг продажу перевищує 50% від споживання, статус активного споживача може бути анульовано.

1.2.3 Класифікація за механізмом економічної взаємодії (Net Billing vs Feed-in Tariff)

Важливим аспектом проектування є вибір моделі економічної взаємодії з мережею, оскільки це впливає на вимоги до комерційного обліку.

1. Модель «Зеленого тарифу» (Feed-in Tariff).

- Суть: Держава гарантує викуп надлишків електроенергії за фіксованою, прив'язаною до євро ціною.
- Статус: Діє переважно для об'єктів (переважно побутових), введених в експлуатацію до набрання чинності нових змін. Для нових об'єктів доступ до цієї моделі обмежений.

2. Модель Net Billing (Механізм самовиробництва).

- Суть: Нова цільова модель для активних споживачів. Надлишки електроенергії не споживаються фізично в майбутньому (як у Net Metering), а продаються в мережу за ринковою ціною «на добу наперед». Кошти зараховуються на особовий рахунок споживача і можуть бути використані для оплати споживання в інші періоди.

- Вплив на проект: Вимагає більш складного прогнозування графіку споживання підприємства для максимізації економічного ефекту, оскільки ціна продажу та ціна купівлі можуть суттєво відрізнятися в часі.

1.2.4 Класифікація за типом технології генерації

Відповідно до ст. 58-1 Закону, технологічна нейтральність є базовим принципом, проте на практиці виділяють наступні типи установок:

- Сонячні електростанції (PV): Найпоширеніший тип завдяки простоті експлуатації. В сучасних проектах все частіше застосовуються рішення BIPV (Building Integrated Photovoltaics) — інтеграція фотоелементів у конструктивні елементи будівлі (фасади, дахи, навіси), що дозволяє економити простір.
- Вітрові електростанції (Wind): Дозволені для використання як домогосподарствами, так і бізнесом. Часто виступають компонентом гібридних систем для компенсації сезонного зниження генерації СЕС взимку.
- Когенераційні установки: Критично важливий клас для промислових активних споживачів. Забезпечують одночасне виробництво електричної та теплової енергії, що підвищує загальний ККД системи до 80-90%.
- Біогазові установки: Перспективні для аграрних підприємств, дозволяючи утилізувати відходи виробництва.

1.3 Нормативно-правове регулювання діяльності активних споживачів

Ефективне функціонування моделі активного споживача неможливе без чіткої та прозорої нормативно-правової бази. В Україні ця база є багаторівневою системою, що включає закони, постанови Кабінету Міністрів України та, що найважливіше для практичної реалізації, низку регуляторних

актів Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП).

1.3.1 Законодавча основа

Фундаментом для діяльності активних споживачів є Закон України «Про ринок електричної енергії». Саме цей закон вперше ввів та визначив поняття «активний споживач». Ключові положення були імплементовані через Закон України № 3220-IX від 27.07.2023 року «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії генеруючими установками споживачів». Цей законодавчий акт формалізував статус активного споживача та запровадив ринковий механізм самовиробництва.

Особливу увагу слід приділити статті 58-1 Закону «Про ринок електричної енергії», яка детально регламентує права та обов'язки активного споживача. Вона встановлює, що споживач набуває статусу активного споживача одночасно з укладенням договору купівлі-продажу електричної енергії за механізмом самовиробництва. Закон також встановлює певні обмеження. Наприклад, для активних споживачів із встановленою потужністю генеруючих установок понад 1 МВт передбачено втрату статусу на календарний рік, якщо обсяг відпуску електроенергії в мережу за попередній рік перевищив 50% від загального обсягу генерації.¹¹ Це обмеження покликане стимулювати виробництво енергії насамперед для власних потреб, а не для комерційного продажу. Важливим є також посилання на Закон України «Про альтернативні джерела енергії», який у статті 9-2 деталізує механізм самовиробництва. [6]

1.3.2 Підзаконні регуляторні акти НКРЕКП

Якщо закони створюють рамку, то постанови НКРЕКП наповнюють її конкретним змістом та встановлюють практичні правила гри. Наприкінці 2023

- на початку 2024 року Регулятор ухвалив низку ключових постанов, що уможливили запуск моделі активного споживача:

1. Зміни до Правил роздрібного ринку електричної енергії (ПРРЕЕ): Постановою НКРЕКП від 10.01.2024 року № 3 було внесено зміни до ПРРЕЕ, якими офіційно введено поняття «активний споживач» та «механізм самовиробництва» у ключовий документ, що регулює відносини між споживачами та постачальниками. Подальші зміни, ухвалені 26 листопада 2024 року, значно вдосконалили умови роботи, зокрема, дозволили приєднувати генеруючі установки не лише з ВДЕ, але й з інших джерел (наприклад, газові когенераційні установки), а також спростили перелік документів для укладення договору самовиробництва.[7]

2. Порядок продажу та обліку: Постанова НКРЕКП від 29.12.2023 № 2651 затвердила «Порядок продажу та обліку електричної енергії, виробленої активними споживачами, та розрахунків за неї».¹⁴ Цей документ є наріжним каменем ринкового механізму, оскільки він детально описує процедуру погодинного сальдування, взаємозаліку вартості та фінальних розрахунків між активним споживачем та його електропостачальником.[8]

3. Реєстр об'єктів електроенергетики: Постанова НКРЕКП від 27.12.2023 № 2624 зобов'язала операторів систем розподілу формувати та вести реєстр об'єктів електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії, включаючи установки активних споживачів, та регулярно подавати цю інформацію до Регулятора. Це є інструментом моніторингу та державного контролю за розвитком розподіленої генерації. [9]

4. Кодекс систем розподілу (КСР): Цей документ встановлює технічні правила приєднання та експлуатації електроустановок. НКРЕКП ініціювала внесення змін до КСР з метою актуалізації та визначення особливостей приєднання генеруючих установок активних споживачів, що є критично важливим для стандартизації технічних вимог. [10]

Замість створення єдиного, цілісного та кодифікованого нормативного акту, що регулював би всі аспекти діяльності активного споживача, регуляторний підхід полягав у внесенні численних змін та доповнень до вже існуючих документів. Це створює значні труднощі для потенційних інвесторів та проєктних організацій. Щоб отримати повну картину регуляторних вимог, необхідно одночасно аналізувати та співставляти положення основного Закону, ПРРЕЕ, КСР, окремої постанови про порядок продажу, постанови про реєстр та інших актів. Ця фрагментованість підвищує ризик помилок, створює правову невизначеність та збільшує транзакційні витрати на юридичний супровід проєктів. Більше того, ця система є динамічною, про що свідчать зміни, внесені наприкінці 2024 року. Хоча самі зміни є позитивними, постійний процес оновлення правил створює нестабільне середовище для бізнесу, який потребує довгострокової передбачуваності для ухвалення інвестиційних рішень. Яскравим прикладом неузгодженості законодавства є колізія між енергетичним та податковим законодавством: згідно з роз'ясненнями, платники єдиного податку не можуть набувати статусу активного споживача, оскільки механізм самовиробництва не передбачає спрощеного оподаткування. Ця норма прямо суперечить меті максимального залучення малого та середнього бізнесу до власної генерації та ілюструє, як нескоординованість між різними гілками законодавства створює реальні бар'єри для розвитку ринку.

Для систематизації ключових нормативних документів, що регулюють діяльність активних споживачів, доцільно представити їх у вигляді таблиці.

Таблиця 1.2. Ключові нормативно-правові акти, що регулюють діяльність активних споживачів в Україні

Назва та тип документа	Орган, що затвердив	Номер та дата	Ключові положення, що стосуються активних споживачів
Закон України «Про ринок електричної енергії»	Верховна Рада України	№ 2019-VIII від 13.04.2017 (зі змінами)	Визначення поняття «активний споживач» (ст. 1); встановлення прав, обов'язків та умов набуття/втрати статусу; опис механізму самовиробництва (ст. 58-1).[2]
Закон України «Про внесення змін до деяких законів України»	Верховна Рада України	№ 3220-IX від 27.07.2023	Формалізація статусу активного споживача та впровадження ринкових механізмів для генеруючих установок споживачів.
Постанова «Про затвердження Змін до Правил роздрібного ринку електричної енергії»	НКРЕКП	№ 3 від 10.01.2024	Імплементация понять «активний споживач» та «механізм самовиробництва» в ПРРЕЕ, регулювання договірних відносин.[12]
Постанова «Про затвердження Порядку продажу та обліку електричної енергії, виробленої активними споживачами, та розрахунків за неї»	НКРЕКП	№ 2651 від 29.12.2023	Деталізація процедури погодинного сальдування, взаємозаліку вартості та фінансових розрахунків між споживачем та постачальником.[8]

Продовження таблиці 1.2			
Постанова «Про затвердження Порядку формування та ведення реєстру об'єктів електроенергетики...»	НКРЕКП	№ 2624 від 27.12.2023	Встановлення вимог до ОСР щодо ведення обліку та звітності по генеруючих установках споживачів, у тому числі активних.[9]
Постанова «Про затвердження Змін до деяких постанов НКРЕКП»	НКРЕКП	№ 1993 від 26.11.2024	Розширення переліку дозволених джерел енергії (включно з газовими установками), спрощення процедури укладення договорів та внесення змін до них.

1.4 Процедура стандартного приєднання як основа для інтеграції генеруючих установок

Для того, щоб генеруюча установка активного споживача могла бути інтегрована в енергосистему, вона повинна бути фізично приєднана до електричних мереж оператора системи розподілу. Законодавство України передбачає дві основні процедури приєднання: стандартне та нестандартне. Для переважної більшості проєктів, що реалізуються малими та середніми підприємствами, а також домогосподарствами, базовою є процедура стандартного приєднання.

Стандартним вважається приєднання електроустановки замовника, якщо потужність, що приєднується, не перевищує 50 кВт, а відстань від точки приєднання до діючих мереж ОСР по прямій лінії не перевищує 300 метрів. Ця процедура була розроблена як спрощений, прозорий та регульований механізм, що має на меті мінімізувати бюрократичні перепони та забезпечити чіткі терміни та вартість для замовника. Стандартне приєднання, у свою чергу, поділяється на дві категорії за потужністю: до 16 кВт включно та від 16 кВт до 50 кВт. Все, що виходить за ці рамки (потужність понад 50 кВт або відстань

понад 300 м), класифікується як нестандартне приєднання, яке є значно складнішим, довшим та дорожчим процесом.

Алгоритм процедури стандартного приєднання можна представити у вигляді послідовних етапів: [13]

1. Подання заяви та пакета документів. Замовник звертається до свого ОСР (обленерго) із заявою про приєднання встановленого зразка. Заяву можна подати особисто, поштою або через онлайн-сервіси, такі як «Особистий кабінет замовника». До заяви додається пакет документів, що, як правило, включає: копію документа, що підтверджує право власності чи користування об'єктом нерухомості; графічні матеріали із зазначенням місця розташування об'єкта та прогнозованої точки приєднання; техніко-економічне обґрунтування (у визначених випадках).
2. Отримання договору та технічних умов (ТУ). Після реєстрації заяви ОСР зобов'язаний протягом 10 робочих днів надати замовнику проєкт договору про стандартне приєднання та технічні умови. Технічні умови є ключовим документом, що визначає технічні параметри та вимоги для приєднання.
3. Оплата послуги. Замовник здійснює оплату послуги з приєднання згідно з рахунком, виставленим ОСР. Вартість стандартного приєднання є регульованою і розраховується на основі ставок плати за приєднання потужності, затверджених НКРЕКП.
4. Проєктування та будівельно-монтажні роботи. Важливою особливістю стандартного приєднання є те, що весь комплекс робіт з проєктування та будівництва лінійної частини приєднання (від мереж ОСР до межі земельної ділянки замовника) виконується силами та за кошти самого ОСР.
5. Подача напруги та підключення. Після виконання будівельних робіт та оплати послуги ОСР здійснює подачу напруги в точку приєднання. Законодавством встановлено чіткі терміни: для потужності до 16 кВт — 20

календарних днів, для потужності від 16 до 50 кВт — 30 календарних днів з моменту оплати. Фінальне підключення електроустановок замовника до мережі відбувається протягом 5-10 робочих днів після відповідної заяви від замовника.

6. Завершення процедури. Процес завершується наданням ОСР повідомлення про надання послуги з приєднання. Слід зазначити, що згідно з останніми змінами, послуга з приєднання не включає встановлення лічильника електроенергії; ця послуга надається за окремим договором та за окрему плату.

Незважаючи на те, що процедура стандартного приєднання законодавчо прописана як максимально спрощена та клієнтоорієнтована, на практиці вона може виявитися «палицею з двома кінцями». З одного боку, її регламентованість, фіксовані терміни та наявність штрафних санкцій за їх порушення є безумовним плюсом для замовника. З іншого боку, її жорстка стандартизація та монопольне становище ОСР у виконанні робіт можуть стати джерелом проблем. Аналіз скарг та звітів контролюючих органів показує, що ОСР нерідко порушують встановлені терміни та створюють штучні перепони. Однією з причин такої поведінки може бути економічна не вигідність для ОСР: якщо встановлена Регулятором плата за стандартне приєднання є нижчою за фактичні витрати на його реалізацію, в ОСР виникає стимул затягувати процес або шукати підстави для перекваліфікації приєднання у нестандартне, яке є дорожчим. [13]

Для активного споживача ця проблема може бути особливо гострою. Його електроустановка є технічно складнішою, ніж у пасивного споживача. Вона передбачає наявність генерації, можливість реверсивного потоку потужності, специфічні вимоги до систем захисту, автоматики та обліку. Ці технічні нюанси погано вписуються у стандартизований та конвеєрний підхід ОСР до виконання типових приєднань. В результаті виникає конфліктна ситуація: замовник юридично має право на просту та швидку процедуру стандартного приєднання, але його об'єкт вимагає більш ретельного

технічного опрацювання. ОСР може використовувати цю технічну складність як привід для затягування видачі ТУ, висунення додаткових, необґрунтованих вимог або відмови у погодженні проєктної документації, що фактично нівелює всі переваги стандартної процедури. Таким чином, для активного споживача процес приєднання — це не просто подача заяви, а складний процес інтеграції технічно нетипового об'єкта у жорстко регламентовану бюрократичну рамку, що вимагає ретельної підготовки документації та постійного контролю за діями монополіста.

1.5 Технічні вимоги та особливості розроблення проєктної документації

Розроблення якісної та повної проєктної документації є центральним етапом у реалізації проєкту зі встановлення генеруючої установки активного споживача. Саме на цьому етапі абстрактні нормативні вимоги трансформуються у конкретні технічні рішення, схеми та специфікації. Проєктна документація є не лише інструкцією для будівельно-монтажних робіт, але й основним документом для узгодження з ОСР та підтвердження відповідності об'єкта встановленим правилам.[12]

Основним технічним нормативним документом, що регулює взаємодію генеруючих установок з мережею, є Кодекс систем розподілу (КСР), затверджений постановою НКРЕКП. Цей кодекс встановлює вичерпний перелік вимог до електроустановок, що приєднуються до мереж, і є обов'язковим для виконання всіма учасниками ринку. Проєктна документація активного споживача повинна в повному обсязі враховувати та демонструвати відповідність положенням КСР.[4]

1.5.1 Ключові технічні вимоги до генеруючих установок

Аналіз КСР та пов'язаних з ним нормативних актів дозволяє виділити кілька ключових блоків технічних вимог, які мають бути відображені у проєктній документації:

1. Комерційний облік електроенергії. Це одна з найжорсткіших та найважливіших вимог. Для активного споживача, який планує відпускати електроенергію в мережу, є обов'язковим облаштування вузла обліку на базі автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Така система повинна забезпечувати погодинний (інтервальний) облік та можливість дистанційного зчитування даних. Це необхідно для коректного проведення розрахунків за механізмом самовиробництва. У деяких випадках, наприклад, для отримання гарантій походження електроенергії з ВДЕ, може вимагатися встановлення окремого лічильника безпосередньо на генерацію. Проєктна документація на створення АСКОВ розробляється на основі технічного завдання (ТЗ), виданого ОСР, та підлягає обов'язковому погодженню з ним.

2. Системи захисту та автоматики. Генеруюча установка повинна бути обладнана комплексом пристроїв релейного захисту та автоматики. Ключовою вимогою є наявність протиаварійної автоматики, зокрема, захисту від роботи в ізолюваному режимі (anti-islanding). Цей захист повинен миттєво відключати генеруючу установку від мережі у разі зникнення напруги в мережі ОСР, щоб унеможливити подачу напруги у знеструмлену мережу та гарантувати безпеку ремонтного персоналу.

3. Якість електричної енергії. Обладнання активного споживача, насамперед інвертори, не повинно погіршувати показники якості електроенергії в точці приєднання. Проєктна документація повинна передбачати використання сертифікованого обладнання та його налаштування відповідно до вимог державних стандартів щодо гармонійних спотворень, коливань напруги тощо.

4. Обмеження потужності відпуску в мережу. Як зазначалося, для непобутових споживачів часто діє обмеження на потужність, що може бути відпущена в мережу (наприклад, не більше 50% від дозволеної потужності споживання). Проектна документація повинна містити технічне рішення, що забезпечує дотримання цього обмеження. Це може бути реалізовано програмно на рівні контролера інвертора або за допомогою спеціальних пристроїв (smart meter).

1.5.2 Процес розроблення та погодження проектної документації

Процес роботи з проектною документацією є чітко структурованим і включає наступні етапи:

1. Отримання вихідних даних. Основою для розроблення проекту є технічні умови (ТУ), отримані від ОСР на етапі процедури приєднання. Саме в ТУ ОСР зазначає точку приєднання, вимоги до обліку, захисту та інші вихідні параметри.

2. Розроблення проекту. На основі ТУ та вимог КСР проектна організація розробляє комплект проектної документації. Він включає пояснювальну записку, принципові схеми підключення генеруючої установки, схеми обліку та захисту, плани розташування обладнання, специфікації тощо.

3. Погодження проекту. Розроблена проектна документація подається на погодження до ОСР. ОСР перевіряє проект на відповідність виданим ТУ та чинним нормативним документам, насамперед КСР. У частині, що стосується комерційного обліку, проект також може погоджуватися з Постачальником послуг комерційного обліку (ППКО).

4. Технічна перевірка та введення в експлуатацію. Після завершення монтажних робіт згідно з погодженим проектом, ОСР проводить обстеження об'єкта. За результатами перевірки складаються Акт технічної перевірки та Акт про опломбування засобів обліку та захисту, що є підставою для введення установки в експлуатацію.

У цьому контексті стає очевидним, що проєктна документація виконує функцію, яка виходить далеко за межі простого технічного креслення. В умовах асиметричних відносин між замовником та ОСР-монополістом, проєкт стає головним юридичним та технічним інструментом у переговорному процесі. Якість, повнота та бездоганна відповідність проєкту всім нормативним вимогам є головним важелем впливу замовника. Поширеними причинами відмови у погодженні або затягування процесу з боку ОСР є формальні недоліки: неповний комплект документів, невідповідність проєкту реальному стану об'єкта, ігнорування окремих вимог КСР.³⁷ Ретельно підготовлена проєктна документація, в якій проактивно опрацьовано кожне положення ТУ та КСР, позбавляє ОСР легітимних підстав для відмови чи висунення додаткових вимог. Такий підхід переводить динаміку взаємовідносин із площини «прохача» у площину «виконавця законних вимог», де тягар доведення неправомірності рішень замовника лягає на ОСР. Таким чином, інвестиції у високоякісне проєктування є не просто технічною необхідністю, а стратегічним кроком з мінімізації ризиків, що дозволяє посилити позицію замовника та прискорити реалізацію всього проєкту.

1.6 Ринкові механізми взаємодії та практичні аспекти впровадження

Після успішного проходження всіх етапів приєднання та введення генеруючої установки в експлуатацію, активний споживач отримує можливість взаємодіяти з ринком електричної енергії. Ця взаємодія регулюється спеціальним ринковим механізмом, що дозволяє не лише покривати власні потреби, але й отримувати дохід від продажу надлишків.

1.6.1 Механізм самовиробництва (Net-Billing)

Основним ринковим інструментом для активних споживачів в Україні є механізм самовиробництва, який по суті є моделлю Net-Billing (чисте

виставлення рахунків). Цей механізм суттєво відрізняється від раніше діючого «зеленого» тарифу і має свою специфіку.

1. Договірна основа. Продаж надлишків електроенергії здійснюється не напряму на ринку, а через свого електропостачальника (з яким у споживача укладено основний договір на постачання). Для цього укладається додаток до договору про постачання електричної енергії споживачу, який і є договором купівлі-продажу за механізмом самовиробництва.

2. Погодинне сальдування. Основою розрахунків є погодинний облік. Протягом кожної години доби вартість електричної енергії, яку активний споживач відпустив у мережу, зараховується проти вартості електроенергії, яку він спожив з мережі. Ціна, за якою постачальник викупує надлишки, як правило, є ринковою (наприклад, ціна ринку «на добу наперед») і фіксується у договорі.

3. Фінансові розрахунки. За підсумками розрахункового періоду (зазвичай, місяць) визначається фінальне сальдо. Якщо вартість відпущеної в мережу електроенергії перевищує вартість спожитої з мережі, постачальник виплачує активному споживачу відповідну різницю. Якщо ж споживач відібрав з мережі на більшу суму, ніж відпустив, він сплачує постачальнику лише цю різницю.

4. Оплата за послуги мереж. Важливим нюансом є те, що плата за послуги з передачі та розподілу електричної енергії сплачується активним споживачем на загальних підставах. Ця плата нараховується на весь валовий обсяг електроенергії, спожитої з мережі, незалежно від обсягів відпуску. Це означає, що навіть якщо за підсумками місяця споживач є нетто-виробником (продав більше, ніж купив), він все одно сплачує за користування мережевою інфраструктурою.

1.6.2 Практичні виклики та бар'єри впровадження

Попри законодавче врегулювання, на практиці шлях до отримання статусу активного споживача та повноцінної участі в ринку пов'язаний із низкою викликів та бар'єрів.

1. Бюрократичні перепони та складність процедур. Процес від ідеї до запуску є багатоетапним і вимагає взаємодії з різними суб'єктами: ОСР (отримання ТУ, погодження проєкту, приєднання), проєктною організацією, постачальником послуг комерційного обліку (ППКО), електропостачальником (укладення договору). Кожен з цих етапів може стати джерелом затримок, а загальна тривалість процесу може сягати кількох місяців.

2. Відсутність стандартизації та цифрових платформ. Наразі відсутня єдина, зручна цифрова платформа, яка б дозволяла в режимі «єдиного вікна» ініціювати та супроводжувати весь процес. Замовнику доводиться самостійно комунікувати з різними інстанціями, а практики та вимоги різних ОСР можуть відрізнятися, що створює додаткову невизначеність.

3. Типові помилки на етапі проєктування та подачі документів. Як показує практика, значна кількість проблем виникає через помилки самого замовника або його підрядників. До найпоширеніших належать:

4. Встановлення обладнання до отримання технічних умов від ОСР, що може призвести до неможливості його легального підключення.

5. Подача неповного або некоректно оформленого пакета документів.

6. Невідповідність проєктної документації фактично змонтованому обладнанню.

7. Нерозуміння юридичних відмінностей між статусом «активного споживача» та «виробника за «зеленим» тарифом», що призводить до подачі заяв за неправильною процедурою.

8. Протидія та затягування з боку ОСР. Як вже зазначалося, ОСР, будучи природною монополією, не завжди зацікавлений у швидкому приєднанні об'єктів розподіленої генерації, які зменшують обсяги його реалізації та ускладнюють управління мережею. Це може проявлятися у безпідставному затягуванні термінів видачі ТУ, висуненні надмірних технічних вимог, затягуванні погодження проєктної документації та прийому об'єкта в експлуатацію.

Подолання цих практичних бар'єрів вимагає від замовника не лише фінансових ресурсів, але й значної експертизи у технічній, юридичній та регуляторній сферах, або ж залучення кваліфікованого технічного партнера, здатного забезпечити комплексний супровід проєкту.

Висновки до розділу 1

У першому розділі магістерської дисертації здійснено комплексний аналіз нормативно-правових, технічних та ринкових передумов формування інституту активного споживача в сучасній енергетичній системі України. Дослідження дозволило систематизувати теоретичну базу та виявити ключові проблеми, що супроводжують перехід до децентралізованої моделі енергопостачання.

По-перше, встановлено, що набуття статусу «активного споживача» є стратегічним кроком для українських підприємств в умовах воєнного стану та енергетичної нестабільності. Цей механізм дозволяє трансформувати роль споживача з пасивного отримувача послуг у повноцінного учасника ринку, здатного не лише забезпечувати власну енергонезалежність, а й впливати на баланс енергосистеми. Визначено, що найбільш перспективною нішею для малого та середнього бізнесу є категорія «малих побутових споживачів» із генеруючими установками потужністю до 50 кВт, які працюють за моделлю Net Billing (механізм самовиробництва).

По-друге, аналіз законодавчої бази, що включає Закон України «Про ринок електричної енергії» та низку постанов НКРЕКП, виявив її фрагментарність та динамічність. Хоча нормативні акти запроваджують прогресивні європейські практики, їх практичне застосування ускладнюється необхідністю одночасного врахування численних змін до Правил роздрібного ринку, Кодексу систем розподілу та окремих порядків обліку. Це створює високий вхідний бар'єр для нових учасників ринку та вимагає від інженерно-проектного персоналу глибокої юридичної компетенції.

По-третє, детально досліджено процедуру стандартного приєднання, яка є базовою для розглянутої категорії споживачів. Виявлено суттєву суперечність між законодавчо задекларованою простотою цієї процедури та реальною технічною складністю інтеграції об'єктів генерації. Хоча стандартне приєднання має чіткі часові рамки та фіксовану вартість, оператори систем

розподілу (ОСР) часто висувають складні технічні вимоги щодо реконструкції мереж, налаштування релейного захисту та параметрів якості електроенергії. В умовах монопольного становища ОСР, це створює ризики затягування реалізації проектів.

По-четверте, обґрунтовано, що в умовах асиметричних відносин із природними монополіями, високоякісна проектна документація стає головним інструментом захисту інтересів активного споживача. Доведено, що проект не може обмежуватися лише схемами підключення; він повинен містити детальне опрацювання вимог Кодексу систем розподілу, зокрема щодо впровадження автоматизованих систем комерційного обліку (АСКОЕ) та налаштування функцій безпеки інверторів (захист від роботи в острівному режимі). Лише повна відповідність проекту технічним умовам позбавляє ОСР легітимних підстав для відмови у приєднанні.

Таким чином, перший розділ формує теоретичний фундамент роботи, доводячи, що успішна діяльність активного споживача залежить не лише від вибору обладнання, а й від здатності подолати регуляторні та бюрократичні бар'єри шляхом грамотного інженерного проектування, алгоритми якого будуть розглянуті у наступних частинах дисертації.

РОЗДІЛ 2. ПРОЦЕС РОЗРОБЛЕННЯ ТА СКЛАД ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА ЗА ПРОЦЕДУРОЮ СТАНДАРТНОГО ПРИЄДНАННЯ

Цей розділ присвячено комплексному аналізу процесу розроблення проектної документації для активного споживача, що встановлює генеруючу установку (сонячну електростанцію) потужністю до 50 кВт за процедурою стандартного приєднання. Розглядається повний цикл проектування: від збору вихідних даних та нормативного обґрунтування до складу проектних рішень, їх погодження та проходження експертизи. Мета розділу — систематизувати вимоги та етапи, виявити ключові особливості та надати науково-технічне обґрунтування проектних рішень у контексті чинного законодавства та сучасних інженерних практик України.

2.1 Нормативно-правове підґрунтя та вихідні дані для проектування

Розроблення проектної документації для будь-якого об'єкта будівництва, включно з генеруючими установками активних споживачів, є суворо регламентованим процесом, що ґрунтується на чинній нормативно-правовій базі та вимагає ретельного збору та аналізу вихідних даних. Для активного споживача цей процес має специфічні риси, зумовлені як його особливим статусом в енергетичній системі, так і спрощеною процедурою приєднання до електричних мереж.[14]

2.1.1 Аналіз статусу "активного споживача" та процедури стандартного приєднання

Фундаментальною правовою основою для проектування генеруючої установки є статус "активного споживача", закріплений в українському законодавстві. На відміну від традиційного пасивного споживача, активний споживач має право не лише отримувати електричну енергію з мережі, але й виробляти її для власних потреб, накопичувати в системах зберігання енергії та

продавати надлишки оператору системи. Цей статус також передбачає можливість участі у програмах енергоефективності та управління попитом, що може впливати на проектні рішення щодо систем керування та накопичення енергії. Регуляторне поле для діяльності активних споживачів формується та контролюється Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП).[15]

Для об'єктів малої потужності, що є предметом даного дослідження, законодавством передбачена спрощена процедура приєднання до мереж стандартне приєднання. Ключовими критеріями для застосування цієї процедури є:

1. Заявлена до приєднання потужність електроустановки не перевищує 50 кВт включно.
2. Відстань від місця забезпечення потужності (точки в існуючих мережах оператора) до місця приєднання (межі земельної ділянки замовника) не перевищує 300 метрів по прямій лінії.

Ця процедура є менш тривалою та фінансово затратною у порівнянні з нестандартним приєднанням. Важливим нововведенням, спрямованим на підвищення прозорості та запобігання фіктивному резервуванню потужностей, стало запровадження попередньої оплати за приєднання у розмірі 10 євро за 1 кВт замовленої потужності. Оплата здійснюється двома етапами: 50% протягом 30 днів після отримання технічних умов та 50% протягом 12 місяців.

2.1.2 Формування комплекту вихідних даних для проектування

Згідно зі статтею 29 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», основними вихідними даними для проектування є містобудівні умови та обмеження, технічні умови та завдання на проектування.[16]

Технічні умови (ТУ) від Оператора системи розподілу (ОСР) є ключовим документом, що визначає технічні параметри та вимоги до приєднання генеруючої установки. Для їх отримання замовник подає до ОСР заяву встановленої форми, де зазначаються відомості про замовника, потужність

об'єкта, режим його роботи та графік введення в експлуатацію. До заяви додається пакет документів, що включає :

- Копія документа, що підтверджує право власності або користування земельною ділянкою.
- Ситуаційний план та копію топографо-геодезичного плану в масштабі 1:2000 із зазначенням місця розміщення об'єкта.
- Копія довіреності уповноваженої особи на укладання договорів.
- Схему видачі існуючої потужності та схему власних потреб.
- Копію свідоцтва платника єдиного податку або ПДВ.

Термін дії виданих ТУ становить не більше трьох років, однак він може бути продовжений за умови, що замовник погодив проектну документацію та сплатив вартість приєднання.

Завдання на проектування — це документ, що формується на основі технічних вимог, очікувань замовника та результатів первинного аналізу об'єкта. Він затверджується замовником та погоджується проектувальником, а його склад може коригуватися залежно від специфіки об'єкта.

Інші вихідні дані включають результати інженерно-геодезичних та геологічних вишукувань, які є обов'язковими для об'єктів нового будівництва, а також звіти про обстеження технічного стану існуючих будівель і споруд, на яких планується монтаж обладнання. Ці дані є критично важливими для розрахунку несучої здатності конструкцій даху або фундаментів для наземних сонячних електростанцій (СЕС).

Процес проектування починається не з розробки креслень, а з отримання та глибокого аналізу Технічних умов. ТУ є не просто формальним дозволом, а жорсткими технічними рамками, що визначають ключові параметри майбутнього проекту: точку приєднання, дозовану потужність, вимоги до якості електроенергії, релейного захисту, автоматики та комерційного обліку. Ці вимоги безпосередньо диктують вибір обладнання та схемні рішення. Наприклад, вимога ОСР щодо підтримання певного рівня напруги в точці приєднання може змусити проектувальника обмежити потужність інвертора або

передбачити додаткові пристрої регулювання, навіть якщо на даху є місце для більшої кількості панелей. Аналогічно, вимоги до комерційного обліку чітко визначають тип, клас точності та схему встановлення лічильників. Таким чином, проектна документація для активного споживача по суті є розгорнутою технічною відповіддю на запит, сформульований ОСР у Технічних умовах. Недооцінка або невірне трактування ТУ на початковому етапі неминуче призведе до відмови у погодженні проекту та необхідності його кардинального перероблення.[12]

Для систематизації нормативної бази, що регулює процес проектування, наведено таблицю 2.1.

Таблиця 2.1. — Ключові нормативно-правові акти та стандарти

Категорія	Позначення та назва документа	Сфера регулювання
Закон України	Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності»	Визначає основні вихідні дані для проектування (містобудівні умови, ТУ, завдання на проектування).[16]
Постанова КМУ	Постанова КМУ від 11.05.2011 №560 «Про затвердження Порядку затвердження проектів будівництва і проведення їх експертизи»	Регламентує порядок проведення експертизи проектної документації, її мету та критерії.[14]
ДБН	ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво»	Встановлює стадії проектування (ТЕО, ТЕР, ЕП, П, РП, Р), склад та зміст проектної документації для різних стадій.[17]
ДБН	ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення»	Встановлює вимоги до проектування систем електропостачання, вибору обладнання та розрахунку навантажень для об'єктів цивільного призначення.[18]
ДСТУ	ДСТУ 9243.10:2023 «Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації»	Регламентує правила оформлення, склад та маркування основних комплектів робочих креслень.[19]
ДСТУ	ДСТУ EN 62305:2012 (ІЕС 62305) «Блискавкозахист»	Визначає вимоги до проектування систем блискавкозахисту будівель і споруд, включаючи генеруючі установки.[20]
ПУЕ	Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)	Встановлюють загальні вимоги до улаштування електроустановок, вибору провідників, апаратів захисту, заземлення та заходів безпеки[21]

Продовження таблиці 2.1		
ІЕС	ІЕС 61215 «Наземні фотоелектричні (PV) модулі. Кваліфікація конструкції та затвердження типу»	Міжнародний стандарт, що визначає вимоги до випробувань та підтвердження надійності і довговічності фотоелектричних модулів.[22]
ІЕС	ІЕС 61730 «Кваліфікація безпеки фотоелектричних (PV) модулів»	Міжнародний стандарт, що встановлює вимоги до конструкції та випробувань фотоелектричних модулів для забезпечення електричної та механічної безпеки.[23]

2.2 Етапи та стадійність розроблення проектної документації

Процес розроблення проектної документації для СЕС активного споживача характеризується двоїстістю. З одного боку, він підпорядковується формалізованим стадіям, встановленим державними будівельними нормами. З іншого боку, інжинірингові компанії застосовують гнучкі, ітеративні етапи, орієнтовані на досягнення оптимального техніко-економічного результату для замовника.[12]

Практичні етапи проектування, що склалися в інженерній практиці, є клієнтоорієнтованим та ітеративним процесом, що включає:

1. Первинний аналіз та консультація: Цей етап починається з виїзду фахівця на об'єкт для оцінки умов монтажу (площа та орієнтація даху/ділянки, наявність затінення), аналізу профілю енергоспоживання об'єкта та технічного стану існуючих конструкцій. На основі цих даних та очікувань замовника формується попереднє технічне завдання.

2. Енергетичне моделювання: На основі зібраних даних створюється цифровий макет майбутньої СЕС у спеціалізованому програмному забезпеченні. Моделювання дозволяє з високою точністю спрогнозувати річний виробіток електроенергії з урахуванням кліматичних даних для конкретної місцевості, орієнтації та кута нахилу панелей, а також різноманітних втрат.

3. Вибір обладнання: За результатами моделювання та відповідно до бюджету замовника здійснюється підбір ключових компонентів системи:

фотоелектричних модулів, інвертора, систем кріплення, кабельно-провідникової продукції та захисної апаратури.

4. Розробка креслень та розрахунків: Після фіналізації конфігурації системи виконується розробка детальної проектної документації, що включає графічну та текстову частини.

Офіційні стадії проектування регламентуються ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» і є обов'язковими для проходження експертизи та отримання дозвільних документів. Для об'єктів, що розглядаються (СЕС до 50 кВт), найбільш поширеними є такі стадії:

- Техніко-економічний розрахунок (ТЕР): Обґрунтування доцільності будівництва, визначення проектної потужності, основних технічних рішень та кошторисної вартості. На практиці цей етап тісно пов'язаний з енергетичним моделюванням.

- Робочий проект (РП): Найбільш поширена стадія для технічно нескладних об'єктів. РП поєднує в собі затверджувальну частину (аналог стадії "Проект") та робочу документацію, достатню для виконання будівельно-монтажних робіт.

- Проект (П) та Робоча документація (Р): Для більш складних об'єктів проектування може виконуватися у дві стадії. Спочатку розробляється, погоджується та затверджується стадія "П", що містить основні проектні рішення. На її основі розробляється деталізована робоча документація (стадія "Р") з вузлами, специфікаціями та детальними кресленнями для будівельників.

Існує певна суперечність між логікою цих двох підходів. Практичний інженерний процес є за своєю природою ітеративним. Наприклад, результати енергетичного моделювання можуть показати, що обране обладнання є неефективним або не відповідає обмеженням мережі, що вимагає повернення до етапу вибору компонентів та повторного моделювання. Цей цикл може повторюватися кілька разів для знаходження оптимального рішення. Натомість, формальний процес, визначений ДБН, є лінійним та послідовним: ТЕР → РП →

Експертиза. Проектувальник не може подати на експертизу декілька варіантів розрахунків з різним обладнанням.

Ефективне проектування для активного споживача вимагає синтезу цих підходів. На першому етапі виконується "внутрішній" ітеративний цикл (аналіз → моделювання → вибір обладнання → повторне моделювання), метою якого є знаходження єдиного оптимального технічного рішення, що задовольняє як вимоги замовника, так і обмеження ТУ. Лише після того, як це рішення остаточно узгоджене та зафіксоване, воно "формалізується" та оформлюється у вигляді Робочого проекту відповідно до жорстких вимог ДБН А.2.2-3-2014 та ДСТУ 9243.10:2023. Таким чином, передпроектні роботи, хоч і не є формальною стадією, є критично важливою частиною процесу, результати якої закладають основу для всієї подальшої офіційної документації.

2.3 Склад та зміст основних розділів проектної документації

Склад та зміст проектної документації на стадії "Робочий проект" (РП) регламентується ДБН А.2.2-3-2014, а правила її оформлення — стандартами Системи проектної документації для будівництва (СПДБ), зокрема ДСТУ 9243.10:2023. Проект традиційно складається з текстової частини (пояснювальної записки), графічної частини та специфікацій.[17]

2.3.1 Текстова частина (Пояснювальна записка)

Пояснювальна записка є ключовим текстовим документом, що обґрунтовує прийняті проектні рішення. Вона містить такі основні розділи:

- Вихідні дані для проектування: Наводиться повний перелік документів, на підставі яких розроблено проект, включно з Технічними умовами від ОСР, завданням на проектування, результатами інженерних вишукувань та обстежень.
- Обґрунтування проектної потужності: Детально описується методика визначення потужності СЕС, що базується на аналізі графіків власного енергоспоживання об'єкта, результатах енергетичного моделювання та обмеженнях, встановлених у ТУ.

- Опис прийнятих технічних рішень: Надається обґрунтування вибору типу, кількості та характеристик фотоелектричних модулів (ФЕМ), інверторного обладнання, їхньої взаємної сумісності. Описується прийнята схема з'єднань стрінгів (послідовно-паралельна) для досягнення оптимальних параметрів напруги та струму на вході інвертора.

- Розрахункова частина: Це ядро технічного обґрунтування проекту, що включає:

- Розрахунок прогнозованої генерації електроенергії: Наводяться результати моделювання з деталізацією по місяцях та з урахуванням всіх значущих факторів втрат (інсоляція, затінення, температурні коефіцієнти, омичні втрати в кабелях, ККД інвертора, деградація панелей тощо).

- Електротехнічні розрахунки: Розрахунок струмів короткого замикання для вибору апаратів захисту; перевірка перерізу кабелів за умовами нагріву та допустимої втрати напруги; вибір номіналів та уставок автоматичних вимикачів, запобіжників та пристроїв захисту від імпульсних перенапруг (ПЗІП).

- Розрахунки навантажень на будівельні конструкції: Виконується розрахунок вітрового та снігового навантаження на конструкцію СЕС згідно з ДБН В.1.2-2, на основі якого розраховується та обґрунтовується система кріплення.

- Заходи з охорони праці, пожежної, техногенної та екологічної безпеки: Описуються рішення, спрямовані на забезпечення безпечної експлуатації установки відповідно до чинних норм.

- Заходи із блискавкозахисту: Обґрунтовується необхідність та описується проектне рішення щодо улаштування системи зовнішнього та внутрішнього блискавкозахисту відповідно до вимог ДСТУ EN 62305.

2.3.2 Графічна частина

Графічна частина візуалізує проектні рішення та є основним документом для будівельно-монтажної бригади. До її складу входять:

- Ситуаційний план та генеральний план: Схематичне зображення розташування об'єкта на місцевості, прив'язка до існуючих будівель, доріг та інженерних мереж.
- Плани розташування обладнання: Детальні креслення даху або земельної ділянки з точною схемою розміщення (розкладкою) ФЕМ. На планах зазначаються кут нахилу, азимутальна орієнтація, прив'язки до країв покрівлі та об'єктів, що можуть створювати затінення (димоходи, антени). Також наводяться плани розміщення інверторів, щитів постійного (DC) та змінного (AC) струму.
- Принципові електричні схеми: Ключовим кресленням є однолінійна схема електропостачання. Вона відображає повний шлях проходження електричного струму від ФЕМ до точки приєднання до мережі ОСР, із зазначенням всіх елементів (ФЕМ, стрінги, кабелі, комутаційні апарати, інвертор, лічильник, захисна апаратура) та їхніх номінальних параметрів (потужність, напруга, струм, перерізи кабелів).
- Схеми підключень та кабельні журнали: Деталізовані схеми, що показують підключення кабелів до клемних колодок інвертора, щитів та розподільних коробок.
- Креслення конструктивних рішень: Детальні креслення вузлів кріплення ФЕМ до конструкцій покрівлі або до наземної опорної конструкції. Схеми улаштування контуру заземлення та системи зрівнювання потенціалів.[17]

2.3.3 Специфікація обладнання, виробів і матеріалів

Специфікація є невід'ємною частиною робочого проекту, виконується згідно з ДСТУ 9243.10:2023 та містить повний перелік усього обладнання, виробів та матеріалів, необхідних для реалізації проекту. Вона включає:

- Основне обладнання: фотоелектричні модулі, інвертори, контролери заряду (для гібридних систем), акумуляторні батареї.
- Електротехнічні компоненти: автоматичні вимикачі, вимикачі навантаження, запобіжники, ПЗП, контактори.

- Кабельно-провідникова продукція: сонячний кабель (DC), силовий кабель (AC), контрольні кабелі, кабель заземлення із зазначенням марки, перерізу та розрахункової довжини.
- Конструктивні елементи: профілі, кріплення, з'єднувачі, метизи для системи монтажу ФЕМ.

Специфікація виконує функцію, що виходить за межі простого переліку матеріалів. Це ключовий документ, що забезпечує відповідність проекту вимогам стандартів безпеки та надійності. Включаючи до специфікації, наприклад, фотоелектричний модуль конкретного виробника та моделі, проектувальник опосередковано підтверджує, що даний виріб має сертифікати відповідності міжнародним стандартам, таким як ІЕС 61215 (кваліфікація конструкції та довготривалої надійності) та ІЕС 61730 (кваліфікація безпеки).¹⁷ Саме через специфікацію вимоги цих стандартів транслуються на конкретний об'єкт. Під час експертизи проекту перевіряється не лише коректність розрахунків, але й те, чи відповідає обладнання, зазначене у специфікації, заявленим умовам експлуатації та чи має воно необхідну сертифікацію. Крім того, інструкції з монтажу від виробників обладнання (наприклад, вимоги до вентиляційних зазорів для інвертора або моменти затягування клем) де-факто стають частиною проектних вимог, оскільки їхнє недотримання може призвести до відмови обладнання, створення небезпечних ситуацій та є порушенням умов гарантії.[17]

2.4 Інструментарій та програмне забезпечення для проектування

Сучасне проектування СЕС неможливе без використання спеціалізованих програмних комплексів, які дозволяють автоматизувати рутинні операції, виконувати складні розрахунки, моделювати роботу системи та забезпечувати високу якість проектної документації.[24]

2.4.1 Системи автоматизованого проектування (САПР)

Для розробки графічної частини проекту, зокрема електричних схем та планів компонування, використовуються потужні системи автоматизованого проектування.

– AutoCAD Electrical: Це спеціалізований інструментарій на платформі AutoCAD, створений для проектування електричних систем керування. Він надає доступ до великих бібліотек стандартних умовних позначень (понад 65 000 символів), що відповідають міжнародним та національним стандартам. Ключовими перевагами є функції автоматизації: автоматична нумерація проводів та маркування компонентів, генерація перехресних посилань між котушками реле та їх контактами, автоматичне створення звітів та специфікацій (Bill of Materials). Це дозволяє значно прискорити процес створення принципових схем, схем з'єднань та креслень компонування щитів, мінімізуючи при цьому кількість помилок. На рисунку 2.1 зображено зображення робочого екрану програного забезпечення AutoCAD Electrical. [25]

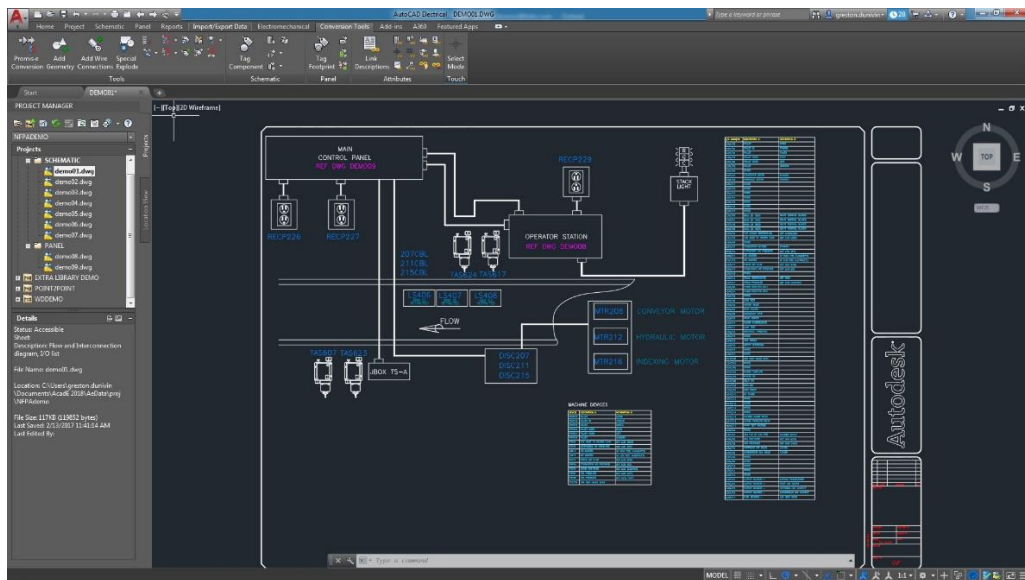


Рисунок 2.1 Зображення робочого екрану програного забезпечення AutoCAD Electrical[25]

– EPLAN Electric P8: Вважається одним із провідних галузевих стандартів для проектування в галузі електротехніки та автоматизації. Це комплексна інженерна платформа, що підтримує різні методи проектування — від графічного до об'єктно-орієнтованого. EPLAN дозволяє працювати з макросами (стандартизованими, багаторазово використовуваними фрагментами схем), що значно прискорює розробку типових вузлів. Програма підтримує основні міжнародні стандарти (IEC, NFPA, GOST), автоматично генерує повний комплект супровідної документації (схеми клемників, переліки кабелів, специфікації) та має можливості для глибокої інтеграції з іншими інженерними та виробничими системами (ERP, PDM). На рисунку 2.2 зображено зображення робочого екрану програного забезпечення EPLAN Electric P8 [26]

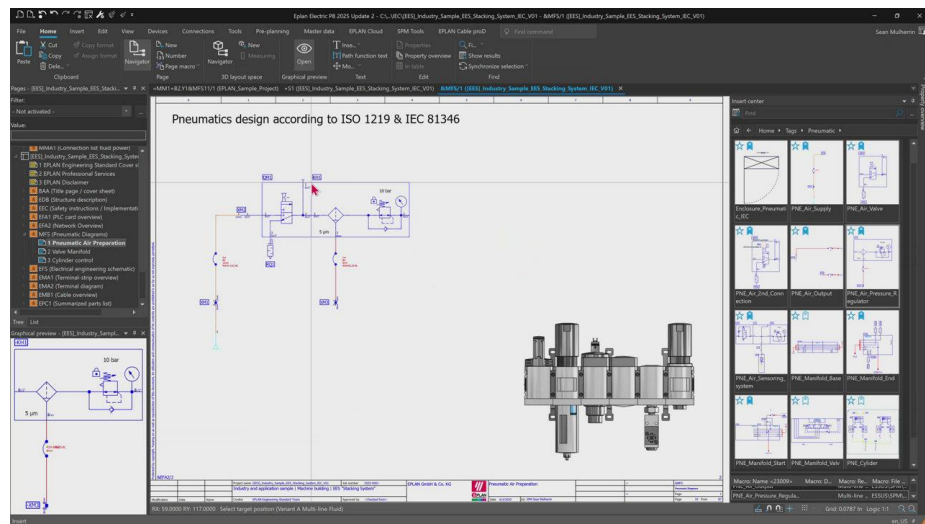


Рисунок 2.2 Зображення робочого екрану програного забезпечення EPLAN Electric P8[26]

2.4.2 Спеціалізоване ПЗ для моделювання та аналізу СЕС

Ця категорія програмного забезпечення використовується на передпроектному етапі для визначення оптимальної конфігурації СЕС та прогнозування її продуктивності.

– PVsyst: Є де-факто міжнародним стандартом для детального моделювання та симуляції роботи фотоелектричних систем. Програма дозволяє виконувати розрахунок прогнозованої генерації електроенергії з високою

деталізацією (до погодинних значень).⁴³ Однією з найцінніших функцій є детальний аналіз та кількісна оцінка всіх видів втрат в системі (температурних, оптичних (IAM), омічних, від затінення, забруднення, деградації тощо), які наочно представляються у вигляді діаграми втрат (sankey diagram). PVsyst також включає інструменти для 3D-моделювання об'єкта та навколишнього середовища для точного розрахунку втрат від затінення. Детальні технічні звіти, що генеруються програмою, є надійним обґрунтуванням проектних рішень у пояснювальній записці. На рисунку 2.3 зображено зображення робочого екрану програного забезпечення PVsyst [27]

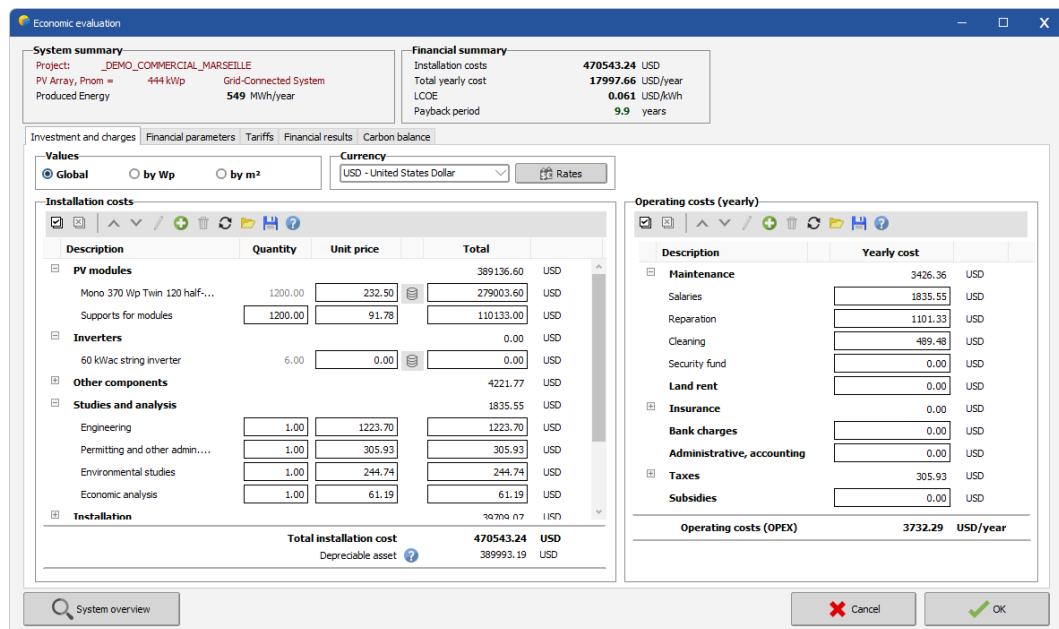


Рисунок 2.3 Зображення робочого екрану програного забезпечення PVsyst[27]

– NREL System Advisor Model (SAM): Це безкоштовний програмний комплекс, розроблений Національною лабораторією з відновлюваної енергії США (NREL), призначений для комплексного техніко-економічного аналізу проектів у сфері відновлюваної енергетики. SAM дозволяє моделювати продуктивність різних типів сонячних систем (фотовольтаїка, концентруючі сонячні станції) та систем накопичення енергії. Ключовою відмінністю та перевагою SAM є наявність потужних інтегрованих фінансових моделей. Вони дозволяють розраховувати ключові економічні показники проекту, такі як чиста приведена вартість (NPV), приведена вартість енергії (LCOE), термін окупності,

а також моделювати різні схеми фінансування, наприклад, договори купівлі-продажу електроенергії (PPA). Програма використовує метеорологічні дані з авторитетних міжнародних баз, що забезпечує високу достовірність розрахунків. На рисунку 2.4 зображено зображення робочого екрану програного забезпечення NREL System Advisor Model (SAM)[28]

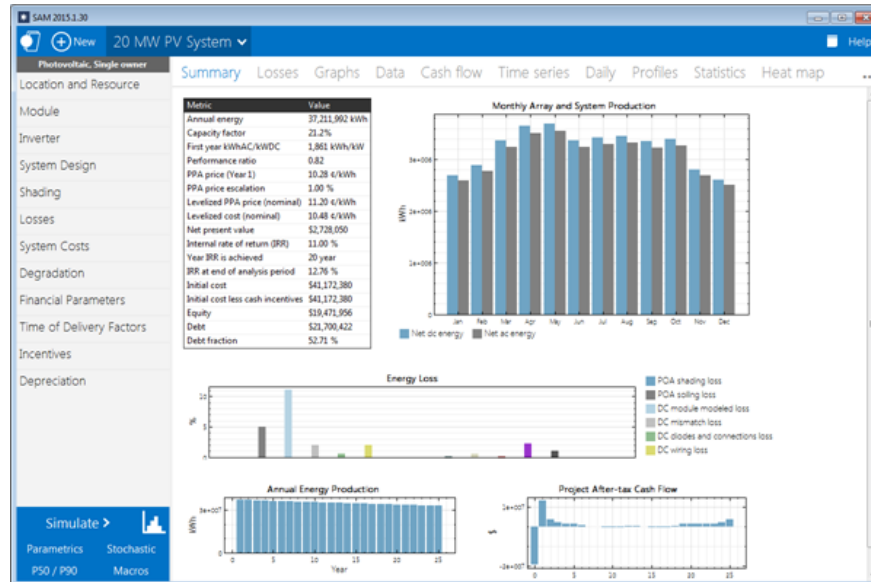


Рисунок 2.4 — Зображення робочого екрану програного забезпечення NREL System Advisor Model (SAM)[28]

Сучасний процес проектування СЕС являє собою наскрізний цифровий робочий процес, що об'єднує можливості різного програмного забезпечення. Цей процес більше не є набором розрізнених операцій, а формує єдиний інформаційний простір, створюючи фактично "цифрового двійника" майбутньої електростанції. Логічний потік даних може виглядати наступним чином: 3D-модель об'єкта, створена в програмі для тривимірного моделювання (напр., SketchUp), імпортується в PVsyst для детального аналізу затінення.⁴⁶ Результати моделювання в PVsyst (оптимальна кількість модулів у стрінгу, потужність інвертора, прогнозована генерація, розрахункові струми та напруги) стають вихідними даними та технічним обґрунтуванням для створення принципової електричної схеми в AutoCAD Electrical або EPLAN. Дані про конкретне обладнання, закладені в САПР-проект, потім використовуються для

автоматичної генерації специфікацій та звітів. Такий інтегрований підхід мінімізує ризик людських помилок при ручному перенесенні даних між різними документами, дозволяє швидко оцінювати альтернативні варіанти конфігурації на етапі моделювання та забезпечує високу точність, повноту та внутрішню узгодженість усієї проектної документації.[28]

Для наочного порівняння функціональних можливостей ключових програмних продуктів наведено таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Порівняльна характеристика програмних комплексів для проектування СЕС

Програмний комплекс	Основне призначення	Ключові функції	Переваги	Обмеження / Особливості
AutoCAD Electrical	Розробка електричних схем (САПР)	Великі бібліотеки символів, автоматизація нумерації проводів та маркування, автоматична генерація звітів та специфікацій.[39, 49]	Поширена платформа AutoCAD, висока продуктивність для типових завдань, інтеграція з іншими продуктами Autodesk.[40]	Не є спеціалізованим ПЗ для розрахунку генерації СЕС. Функціонал орієнтований на системи керування та розподілу.
EPLAN Electric P8	Комплексне проектування електротехніки та автоматизації	Робота з макросами, підтримка міжнародних стандартів, автоматична генерація повної проектної документації, інтеграція з ERP/PDM.[41, 50]	Галузевий стандарт, високий рівень автоматизації, об'єктно-орієнтований підхід, що забезпечує цілісність даних.[41]	Висока вартість ліцензії, вимагає спеціалізованого навчання, може бути надлишковим для простих проектів.
PVsyst	Детальне моделювання продуктивності СЕС	3D-моделювання затінення, детальний аналіз всіх видів втрат, погодинний прогноз генерації, велика база даних обладнання.[45, 46]	Висока точність моделювання, визнаний "банківським стандартом" для оцінки проектів, деталізовані звіти.[44]	Обмежені можливості для економічного аналізу порівняно з SAM. Не є інструментом для розробки робочих креслень.

Продовження таблиці 2.2				
Продовження таблиці 2.1	Комплексний техніко-економічний аналіз	Моделювання генерації, інтегровані фінансові моделі (розрахунків NPV, LCOE, PPA), аналіз чутливості та оптимізація. ⁴⁷	Безкоштовний, розроблений авторитетною організацією (NREL), потужний інструментарій для фінансового обґрунтування проекту. ⁴⁷	Менш детальний аналіз технічних втрат порівняно з PVsyst. Не призначений для створення проектної документації.

2.5 Процедура погодження та експертизи проектної документації

Після завершення розробки проектна документація проходить два ключові етапи легітимізації: погодження з Оператором системи розподілу та проходження комплексної експертизи. Ці етапи є обов'язковими для отримання права на виконання будівельних робіт та подальшого підключення об'єкта до мережі.[29]

2.5.1 Погодження з Оператором системи розподілу (ОСР)

Розроблений та скомплектований робочий проект подається на погодження до тієї філії ОСР, яка видала Технічні умови. Метою погодження є перевірка відповідності прийнятих проектних рішень вимогам, викладеним у ТУ. Особливу увагу фахівці ОСР приділяють таким аспектам :

- Відповідність точки приєднання, зазначеної в проекті, точці, визначеній у ТУ.
- Правильність вибору та налаштувань апаратів релейного захисту та автоматики, які повинні забезпечити надійне відключення генеруючої установки у разі аварійних режимів у мережі.
- Відповідність схеми та типу приладів комерційного обліку вимогам Кодексу комерційного обліку.
- Оцінка впливу генеруючої установки на якість електричної енергії в мережі. ОСР має право відключити СЕС, якщо її робота призводить до погіршення показників якості, наприклад, викликає неприпустиме підвищення

напруги у сусідніх споживачів. Цей ризик підкреслює важливість виконання коректних розрахунків та правильного налаштування параметрів інвертора ще на стадії проектування.

Варто зазначити, що в деяких випадках ОСР може висувати додаткові технічні вимоги, пов'язані з необхідністю модернізації мереж суміжних ОСР або магістральних мереж (ОСП "Укренерго"). Виконання цих вимог, як правило, покладається на інвестора, що може суттєво збільшити вартість та терміни реалізації проекту.

2.5.2 Експертиза проектів будівництва

Експертиза є завершальним етапом розроблення проектної документації та, згідно з Постановою КМУ №560, має на меті визначення якості проектних рішень шляхом виявлення відхилень від вимог законодавства, державних будівельних норм (ДБН), стандартів (ДСТУ) і правил (ПУЕ). Експертиза проводиться акредитованими експертними організаціями, що включені до відповідного переліку, який веде Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України.[29]

Під час експертизи перевіряється дотримання вимог щодо :

- Міцності, надійності та довговічності будівельних конструкцій.
- Експлуатаційної безпеки та інженерного забезпечення.
- Охорони праці, санітарного та епідеміологічного благополуччя.
- Екологічної, пожежної та техногенної безпеки.
- Енергозбереження та енергоефективності.
- Кошторисної частини проекту.

Процедура експертизи зазвичай включає подачу замовником заяви та повного комплексу проектної документації, розрахунок вартості послуг, укладення договору, безпосереднє проведення експертизи, надання зауважень (у разі їх виявлення), доопрацювання проекту замовником та отримання позитивного експертного звіту. Позитивний звіт є підставою для затвердження

проектної документації замовником та отримання права на виконання будівельних робіт.

Процедури погодження з ОСР та проходження експертизи створюють замкнений контур регуляторного контролю. ОСР виступає у двох ролях: на початку процесу він встановлює специфічні "правила гри" для конкретного об'єкта, видаючи Технічні умови, а наприкінці виступає одним із ключових рецензентів, перевіряючи, наскільки точно ці правила були виконані у проекті. Експертна організація, в свою чергу, проводить незалежну перевірку на відповідність усім загальнодержавним нормам, включаючи ті, що стосуються взаємодії з електричними мережами. Ці два етапи не є взаємовиключними, а доповнюють один одного, створюючи "подвійний фільтр" для проектних рішень. Для проектувальника це означає, що успішний проект повинен одночасно задовольняти двом рівням вимог: специфічним (вимоги ТУ конкретного ОСР) та загальним (вимоги ДБН, ПУЕ, ДСТУ, що перевіряються експертизою). Лише проект, що знаходить баланс між цими двома системами вимог, може бути успішно реалізований.

Висновки до розділу 2

У другому розділі магістерської дисертації здійснено комплексне дослідження процесу розроблення проектної документації для активного споживача, що планує встановлення генеруючої установки потужністю до 50 кВт в рамках процедури стандартного приєднання. Аналіз дозволив сформулювати низку ключових висновків, що визначають специфіку інженерно-технічної реалізації подібних проектів.

Визначено, що фундаментальною основою для початку проектування є не лише побажання замовника, а жорстко регламентовані Технічні умови (ТУ), видані оператором системи розподілу. Доведено, що ТУ виступають не просто дозвільним документом, а "технічною конституцією" проекту, яка диктує ключові параметри: точку приєднання, дозволену потужність генерації, вимоги до автоматики та комерційного обліку. Ігнорування або невірне трактування вимог ТУ на передпроектному етапі є критичною помилкою, що унеможлиблює подальше погодження документації.

Дослідження методології проектування виявило необхідність синтезу двох підходів: формального, регламентованого державними будівельними нормами (ДБН А.2.2-3-2014), та практичного інженерного підходу. Встановлено, що розробці офіційної стадії «Робочий проект» має передувати етап глибокого енергетичного моделювання та ітеративного підбору обладнання. Цей підхід дозволяє оптимізувати техніко-економічні показники станції та усунути потенційні колізії ще до створення фінальних креслень.

Детально проаналізувавши склад та зміст проектної документації. Обґрунтовано, що вона є складним техніко-юридичним продуктом, який включає пояснювальну записку з розрахунками генерації та навантажень, графічну частину з візуалізацією схемних рішень та специфікацію обладнання. Особливий наголос зроблено на ролі специфікації: через чітке визначення моделей обладнання (інверторів, модулів) проектувальник забезпечує імплементацію міжнародних стандартів безпеки (ІЕС 61215, ІЕС 61730) у конкретний об'єкт.

Доведено критичну важливість використання спеціалізованого програмного забезпечення (PVsyst, AutoCAD Electrical, EPLAN) у сучасному проектуванні. Використання цих інструментів дозволяє створити «цифрового двійника» майбутньої електростанції, що забезпечує високу точність прогнозування генерації, мінімізацію похибок у розрахунках перерізів кабелів та гарантує коректність налаштувань релейного захисту. Це трансформує процес проектування з рутинного креслення у високотехнологічний процес моделювання.

Таким чином якісна проектна документація є головним інструментом інтеграції активного споживача в енергосистему, який дозволяє нівелювати технічні ризики та забезпечити відповідність об'єкта як нормативним вимогам держави, так і економічним очікуванням інвестора.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ ТИПОВОГО ОБ'ЄКТА АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА

Об'єктом проєктування є дахова сонячна електростанція (СЕС), що розташовується на покрівлі складського комплексу за адресою: м. Ужгород, вул. Центральна, 16. Територіально об'єкт знаходиться в зоні діяльності оператора системи розподілу (ОСР) «Закарпаттяобленерго»

Складський комплекс належить до малого непобутового споживача 2 класу напруги. Електропостачання здійснюється від трансформаторної підстанції ТМГ-250кВА по кабельній лінії напругою 0,4 кВ. Договірна потужність приєднання до електричних мереж становить 50 кВт. Проєктом передбачено встановлення інверторного обладнання сумарною потужністю 50 кВт.

Проєктом передбачено встановлення інверторного обладнання сумарною потужністю 50 кВт. Основною метою проєкту є будівництво СЕС та оформлення механізму самовиробництва (Net Billing) в межах дозволеної потужності активного споживача (50 кВт). Це дозволить забезпечити часткове або повне покриття власних потреб складу в електроенергії, а також реалізацію надлишків генерації в мережу.

3.1 Визначення основного обладнання СЕС

На початковому етапі проєктування виконано аналіз архітектурно-будівельних особливостей складських приміщень. Визначено, що площа покрівлі дозволяє розмістити генеруючу потужність до 50 кВт, що значно перевищує поточну дозволена потужність приєднання (50 кВт).

Встановлено, що пріоритетним режимом роботи СЕС має стати покриття власного споживання складів, що дозволить суттєво знизити закупівлю електроенергії з мережі, а також створити резервне живлення об'єкта в разі відсутності електропостачання. Для встановлення генеруючого обладнання СЕС проєктом передбачено використання покрівель двох окремих споруд

складського комплексу. Загальна корисна площа поверхонь, доступних для монтажу, становить 826 м².

Просторова конфігурація станції передбачає розподіл масиву ФЕМ на два суб-масиви: 386,4 кв.м. (дах А), 439,8 кв.м. (дах Б) На рисунку 3.1 зображено складські приміщення на мапі.



Рисунок 3.1 – Складські приміщення на мапі

3.1.1 Вибір фотоелектричних панелей

Другий етап проєктування присвячено підбору оптимальної моделі сонячних панелей. Вибір базувався на підході, що враховує баланс між ефективністю перетворення енергії (ККД), капітальними витратами та геометричними параметрами для ефективного використання корисної площі даху. На рисунку 3.2 зображено фотоелектричний модуль RSM110-8-550M



Рисунок 3.2 – Фотоелектричний модуль RSM110-8-550M [30]

На основі аналізу ринкових пропозицій та розрахунків (див. підрозділ 1.2), проєктом прийнято рішення про використання модулів RSM110-8-550M (550 Вт). Дана модель дозволяє сформувати генеруючий масив необхідної потужності (50 кВт) із забезпеченням високої надійності та відповідності технічним умовам. Фотоелектричні панелі встановлено на покрівлях будівель,.

Основні технічні характеристики фотоелектричної панелі RSM110-8-550M зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики фотоелектричної панелі RSM110-8-550M [30]

Характеристика	Одиниця виміру	Значення
Макс. потужність	Вт	550
Напруга холостого ходу	В	38,24
Напруга при макс. потужності	В	31,86
Струм КЗ1256	А	18,28
Струм при макс. потужності	А	17,27
Максимальна робоча напруга	В	1500
Тип з'єднання	---	MC4
Габарити	мм	2384x1096x35
Вага	кг	29,0

Фотоелектричні панелі розподілено між мережевими інверторами відповідно до максимальної робочої напруги та максимального струму, враховуючи розташування панелей на покрівлях.

3.1.2 Вибір гібридного інвертора

Наступним етапом після визначення потужності та конфігурації фотоелектричного поля є вибір інверторного обладнання. Інвертор виконує функцію перетворення постійного струму, що генерується сонячними панелями, у змінний струм із параметрами, синхронізованими з зовнішньою електричною мережею.

Оскільки проектується система розробляється для категорії "Активний споживач", технічне завдання висуває дві критичні та специфічні вимоги до функціоналу інвертора, які безпосередньо визначають його тип. Ключовим викликом проекту є необхідність поєднання двох режимів роботи.

З одного боку, система повинна підтримувати двонаправлений перетік енергії для участі в програмі Net Billing. З іншого боку, зважаючи на нестабільність електропостачання, замовником поставлено завдання забезпечити функцію гарантованого електроживлення. Це зобов'язує обраний інвертор миттєво переходити в автономний режим роботи при зникненні зовнішньої напруги, використовуючи ресурс сонячних панелей та системи накопичення.

Для визначення оптимального типу обладнання було розглянуто три основні класи інверторів, представлені на ринку а саме: мережеві, автономні та гібридні. Проведемо аналіз їх відповідності критеріям «Активного споживача»:

Мережевий інвертор забезпечує роботу за Net Billing, але критично не відповідає вимозі щодо резервного живлення. Через відсутність підтримки акумуляторних батарей та залежність від зовнішньої мережі, об'єкт залишається вразливим до блекаутів.

Автономний інвертор вирішує проблему резервного живлення, проте блокує можливість реалізації механізму Net Billing. Архітектура таких пристроїв

не передбачає двонаправленого перетоку енергії (експорту), що призводить до втрати економічного потенціалу СЕС.

Гібридний інвертор є інтегрованим рішенням, яке усуває недоліки попередніх типів. Він оснащений системою керування (EMS), яка автоматично перемикає режими: продаж надлишків у мережу за наявності зовнішнього живлення та миттєвий перехід на акумулятори при аварії.

Отже, єдиним технічно обґрунтованим рішенням у межах даного проекту є встановлення гібридного інвертора, який забезпечить необхідний баланс між енергонезалежністю об'єкта та комерційною ефективністю.

Для реалізації технічних завдань проекту було проведено аналіз ринку сучасного гібридного обладнання. В якості основного перетворювального пристрою обрано трифазний високовольтний гібридний інвертор Deye SUN-25K-SG01HP3-EU. На рисунку 3.3 зображено фото гібридного інвертора Deye SUN-25K-SG01HP3-EU.

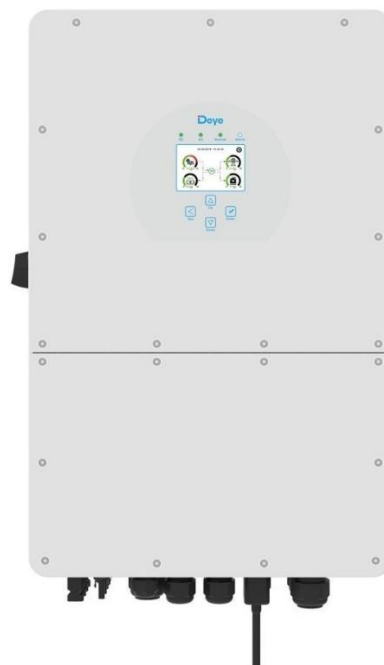


Рисунок 3.3 – Фото Deye SUN-25K-SG01HP3-EU[31]

Основні технічні характеристики гібридного інвертора зведено до таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики гібридного інвертора Deye SUN-SUN-25K-SG01HP3-EU[31]

Характеристика	Одиниця виміру	DEYE SUN-25K-SG01HP3-EU
Максимальна потужність DC (вхід)	кВт	32,5
Максимальна напруга DC	В	1000
Макс. струм MPPT	А	26+26 (два трекери по 26А)
Струм КЗ MPPT (Short Circuit)	А	39+39
Робоча напруга MPPT	В	150-850
Номінальна напруга MPPT	В	600
Кількість MPPT	Шт.	2
Кількість входів (стрінгів)	Шт.	4 (2 на кожен MPPT)
Номінальна вихідна потужність (АС)	кВт	25
Максимальна повна потужність (АС)	кВА	27,5
Максимальний струм (АС)	А	41,7
Номінальна напруга	В	230/400 (3L+N+PE)
Габарити (ДхВхШ)	мм	408×638×237 (компактний корпус)
Маса	кг	30,5
Клас захисту	---	IP65

Виходячи з технічних характеристик обраних фотомодулів Risen 550 Вт та інверторів Deye SUN-25K-SG01HP3-EU, сформовано оптимальну конфігурацію підключення по стороні постійного струму (DC).

Головним критерієм розподілу стало рівномірне завантаження MPPT-трекерів та недопущення перевищення ліміту напруги у 1000 В при екстремально низьких температурах. Також враховано архітектурні особливості об'єкта: модулі згруповано так, щоб мінімізувати довжину кабельних трас від кожного з трьох дахів до відповідного інвертора.

Зведені результати розрахунків щодо кількості стрінгів та їх розподілу по інверторах представлено в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків кількості стрінгів.

Прилад	Стрінг	Кількість ф.е.п.	Робоча напруга, В	Напруга холостого ходу, В	Потужн. стрінгу, кВт	Загальна потужність ф.е.п., кВт	Коеф. навантаження DC	Загальна кількість ф.е.п.	Вихідна потужність інвертора, кВт
Інвертор Inv.1	1	12	737	875,6	6,600	26,4	1,09	48	25
	2	12	737	875,6	6,600				
	3	12	737	875,6	6,600				
	4	12	737	875,6	6,600				
Інвертор Inv.2	1	13	737	875,6	7,150	28,6	1,12	52	25
	2	13	737	875,6	7,150				
	3	13	737	875,6	7,150				
	4	13	737	875,6	7,150				

3.1.3 Вибір акумуляторів

Характеристики обраного інвертора на стороні акумулятора наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики інвертора Deye SUN- SUN-25K-SG01HP3-EU на стороні акумулятора[31]

Характеристика	Значення
Тип батареї	Li-ion (LiFePO4 / LFP)
Діапазон напруги акумулятора	160-700 В
Максимальна потужність заряду/розряду	25 кВт
Кількість входів для акумуляторів	2
Максимальний струм заряду/розряду на вхід	50 А + 50 А
Максимальна потужність заряду/розряду на вхід	25 кВт (обмежено загальною номінальною потужністю інвертора)
Тип зв'язку	CAN, RS485

Оскільки обраний гібридний інвертор SUN- SUN-25K-SG01HP3-EU працює з високовольтною шиною постійного струму (діапазон MPPT акумулятора 160–700 В), система накопичення енергії (CHE) проєктується за високовольтною архітектурою (High Voltage Battery System).

Для забезпечення сумісності з інверторним обладнанням, згідно з переліком рекомендованих виробників, до встановлення обрано акумуляторні

модулі Dyness HV51100. На рисунку 3.4 зображено фото акумуляторного модуля Dyness HV51100.



Рисунок 3.4 – Фото акумуляторного модуля Dyness HV51100[32]

Таблиця 3.5 – Характеристики акумуляторної батареї Dyness HV51100[32]

Характеристика	Значення
Тип батареї	Li-ion (LFP)
Ємність	5,12 кВт·год
Напруга	51,2 В
Робочий діапазон напруги	44,8-57,6 В
Максимальний струм заряду/розряду	60 А
Потужність	3,072 кВт
Тип зв'язку	CAN

Згідно технічного завдання яке поставив замовник, що до резервного запасу потужності акумуляторних батарей має вистачати на 5 годин роботи під час відсутності електропостачання. Отже кількість акумуляторних батарей обирається за критерієм необхідної потужності замовника.

Відповідно до визначеного часу автономної роботи об'єкту визначається обсяг електроенергії, який необхідний до акумуляування. Даний обсяг визначається за необхідним забезпечення гарантованого живлення навантаження

потужністю 20,5 кВт. Кількість акумуляторних батарей, зважаючи на їх ємність, обирається за максимальним обсягом електроенергії, який може спожити резервне навантаження за час автономної роботи. акумулятори мають повністю забезпечити потужністю зарезервоване навантаження. При цьому, у кожного інвертора є обмеження за максимальною потужністю, яку він зможе прийняти від акумуляторів.

Для обраного гібридного інвертора Deye SUN- SUN-25K-SG01HP3-EU, діапазон безпечної роботи якого обмежений напругою 700 В. виникає необхідність верифікації конфігурації акумуляторного масиву за критерієм вхідної напруги.

Розрахунок необхідної ємності системи накопичення енергії $W_{\text{ном}}$ виконується виходячи з умови забезпечення автономної роботи навантаження потужністю 20,5 кВт протягом 5 годин, з урахуванням коефіцієнта глибини розряду $\text{DoD} = 0,9$:

$$W_{\text{спож}} = P_{\text{нав}} \cdot t = 20,5 \text{ кВт} \cdot 5 \text{ год} = 102,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{\text{ном}} = \frac{W_{\text{спож}}}{\text{DoD}} = \frac{102,5}{0,9} = 113,89 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Виходячи з розрахункової енергоємності 113,89 кВт·год та номіналу одного модуля Dyness HV51100 (5,12 кВт·год), математично необхідна кількість акумуляторів становить: $N = \frac{W_{\text{ном}}}{W_{\text{акб}}} = \frac{113,89}{5,12} = 22,24$ шт.

Приймаємо попередню розрахункову кількість - 23 модулі.

Перевіримо напругу при послідовному з'єднанні 23-х модулів:

$$U_{\text{sys}} = 23 \cdot 51,2 \text{ В} = 1177,6 \text{ В}$$

Отримане значення (1177,6 В) значно перевищує допустимий ліміт 700В, що унеможливорює підключення батарей в один послідовний ланцюг.

Для забезпечення працездатності системи необхідно застосувати кластерну архітектуру, розділивши акумуляторний масив на дві незалежні групи (Battery Racks), що підключаються паралельно. Для забезпечення симетрії електричних параметрів (однакової напруги в обох групах), розрахункову

кількість модулів необхідно збільшити до парного числа — 24 шт. (по 12 модулів у кожному кластері).

Перевіримо напругу при послідовному з'єднанні 12-х модулів

$$U_{sys} = 12 \cdot 51,2 \text{ В} = 614,4 \text{ В}$$

Енергоемність однієї групи з 12-х модулів буде становити:

$$W_{gr} = N_{акб} \cdot W_{акб} = 12 \cdot 5,12 = 61,44 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Завдяки паралельному включенню ідентичних кластерів, загальна напруга системи залишається на безпечному рівні 614,4 В, тоді як сумарна номінальна ємність подвоюється і становить 122,88 кВт·год, що повністю покриває розрахункові потреби об'єкта.

3.2 Визначення конфігурацій підключення та монтажу обладнань

Після вибору основного обладнання, способів та конфігурацій підключення його між собою, обираються типи кабельної проводки між елементами СЕС та розраховуються необхідні пристрої електричного захисту. Після цього складається електрична схема гібридної сонячної електростанції на об'єкті. Електрична схема гібридної сонячної електростанції зображена на Додатку А

3.2.1 Вибір кабелів постійного струму

Для з'єднання мережі фотоелектричних панелей та передачі генерованої ними потужності на щити ЩПС та панелі DC мережевих інверторів обрано кабель типу PV1-F перерізом 4 мм.кв., що витримує максимальний струм 53 А та розрахований на постійну напругу до 1000В.

Розрахунок падіння напруги та втрат потужності в кабельних лініях постійного струму зведено до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок падіння напруги та втрати потужності в кабельних лініях постійного струму.

Прилад, тип кабелю, питомий опір	Стріг	Довжина кабелю, м	Номинальний струм, А	Падіння напруги, В	Падіння напруги, %	Втрати потужності, Вт	Втрати потужності, %
Інвертор Inv.1, PV1-F 1x4 (4,97 Ом/км)	1	70	9,3	3,22	0,53	29,9	0,52
	2	66	9,3	3,03	0,50	28,2	0,49
	3	62	9,3	2,85	0,47	26,5	0,46
	4	58	9,3	2,66	0,44	24,8	0,43
Інвертор Inv.2 PV1-F 1x4 (4,97 Ом/км)	1	80	9,3	3,70	0,55	34,4	0,54
	2	76	9,3	3,51	0,52	32,7	0,51
	3	72	9,3	3,33	0,50	30,9	0,48
	4	68	9,3	3,14	0,47	29,2	0,46

3.2.2 Вибір захисного обладнання постійного струму

Надійність роботи сонячної електростанції та безпека експлуатації дороговартісного інверторного обладнання безпосередньо залежать від якості реалізації системи захисту на стороні генерації (постійного струму).

Щит постійного струму призначений для захисту інверторного обладнання від аварійних режимів перенапруги та перенавантаження, пов'язаних з роботою фотоелектричних панелей (ФЕМ), встановлених на даху.

Згідно з проєктним рішенням, щити укомплектовані тримачами-роз'єднувачами типу E92/32PV та плавкими запобіжниками типу E9F8PV виробництва компанії АВВ. Щит ЩПС встановлюється біля відповідних інверторів зі сторони підключення кабельних ліній постійного струму.

Вибір номінальних параметрів запобіжників здійснюється за двома основними технічними критеріями, що гарантують безпеку обладнання в будь-яких режимах експлуатації:

1.Критерій напруги: Номінальна напруга плавкої вставки повинна бути вищою за максимально можливу напругу холостого ходу стрінгу. Цей показник розраховується для найсуворіших умов — при мінімальній температурі повітря взимку, коли напруга на клеммах фотомодулів є найвищою. Для стрінгу, що

складається з 13-ти послідовно з'єднаних модулів Risen 550W, розрахункова максимальна напруга становить: $U_{max} = 875,6 \text{ В}$

Оскільки обрані запобіжники ABB E9F8PV розраховані на напругу 1000 В DC, умова $1000 \text{ В} > 875,6 \text{ В}$ виконується із запасом надійності.

2. Критерій струму: Номінальний струм вставки обирається таким чином, щоб витримати робочий струм генерації без помилкових спрацювань, але надійно розірвати коло при короткому замиканні. Згідно з вимогами стандарту ІЕС 60269-6, струм запобіжника має бути не меншим за $1,5 \cdot I_{sc}$ (струм КЗ модуля). Виходячи з характеристик модулів $I_{sc} = 9,3 \text{ А}$

$$I_{min} = 9,3 \cdot 1,5 = 14,8 \text{ А}$$

Найближчим стандартним номіналом, що задовольняє цю умову, є 15А.

На рисунку 3.5 зображено фото ЩПС (щита постійного струму).

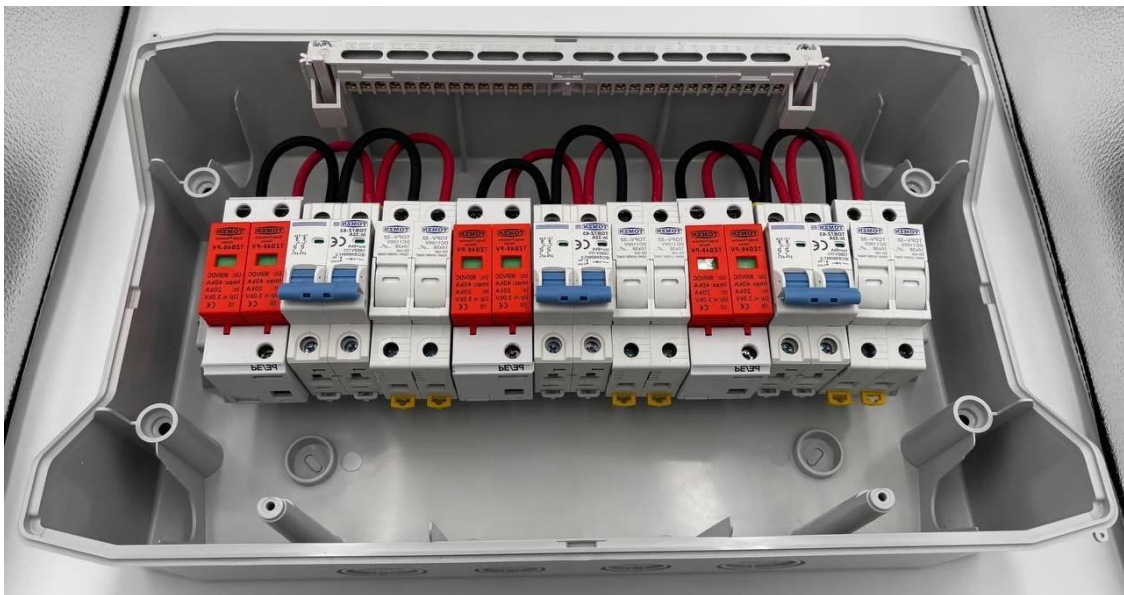


Рисунок 3.5 – Зображення ЩПС який монтується для захисту фотоелектричних панелей та інвертора.

3.2.3 Кабельні лінії змінного струму

Для з'єднання мережевих інверторів Inv.1 та Inv.2 зі ЩГ проектом передбачено прокладання двох ліній проводом типу СІП-5нг 4х35, по фасадах будівель, а також частково натягнутими повітряними лініями

Розрахунок електротехнічних параметрів кабельних ліній змінного струму зведено до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок падіння напруги та втрати потужності в кабельних лініях змінного струму.

Початок	Кінець	Тип, січення	Довж., м.	Пит. опір, Ом/км	Ном. струм, А	Падіння напруги, %
Inv.1	ЩГ	СІП 4х35	157	0,868	48,0	1,64
Inv.2	ЩГ	СІП 4х35	135	0,868	48,0	1,41

3.2.4 Система кріплення фотоелектричних панелей

Проектом передбачено використання баластних систем кріплення типу Wind Spoiler, виробництва Kripter, на будівлях «А», «Б» та (відповідно до ситуаційного плану). Кут нахилу панелей має бути виконано відповідно до нахилу даху в 15 град., чи 20 град. [33] На рисунку 3.6 зображено фото Кріплення типу Wind Spoiler до встановлення фотомодюлю.



Рисунок 3.6 – Кріплення типу Wind Spoiler до встановлення фотомодюлю.

На рисунку 3.7 зображено фото Кріплення типу Wind Spoiler після

встановлення фотомодолю



Рисунок 3.7 – Кріплення типу Wind Spoiler після встановлення фотомодолю.

На рисунку 3.8 зображено схему розміщення фотоелектричних панелей на даху будівлі А

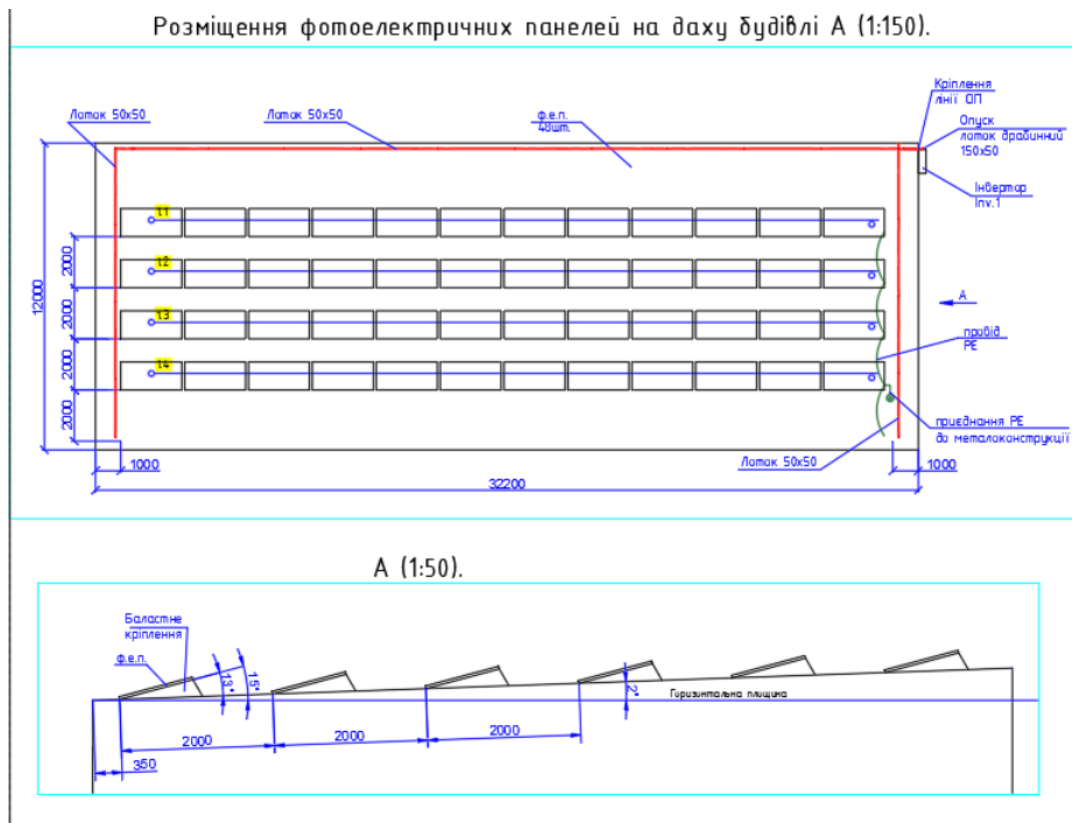


Рисунок 3.9 – Схема розміщення фотоелектричних панелей на даху будівлі А

На рисунку 3.9 зображено схему розміщення фотоелектричних панелей

зимовий період — $19,5^{\circ}$

Для оцінки ефективності розробленого варіанту розташування ФЕМ аналізується його номінальна потужність, графік потужності відносно річної генерації, показники питомої енергії на одиницю площі (ефективність використання відведеної території) та собівартість енергії, виробленої протягом року.

Змодельована система номінально забезпечує розрахункову потребу в потужності. Однак, враховуючи дані про сонячну активність у регіоні та температурні коефіцієнти (див. рис. 3.10), фактична потужність генерації відрізнятиметься від номінальних значень (див. рис. 3.11).

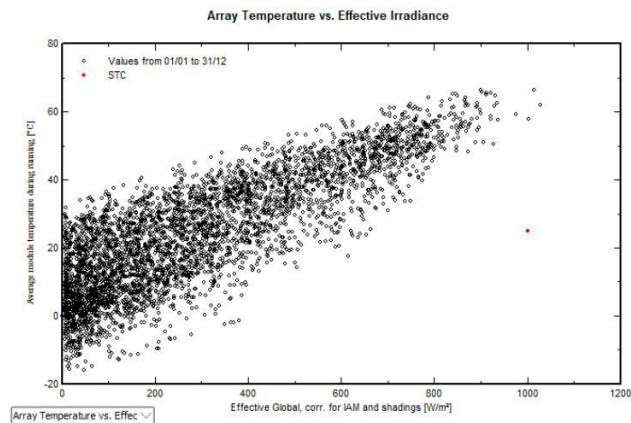


Рисунок 3.10 – Точковий графік температури та сонячного опромінення[19]

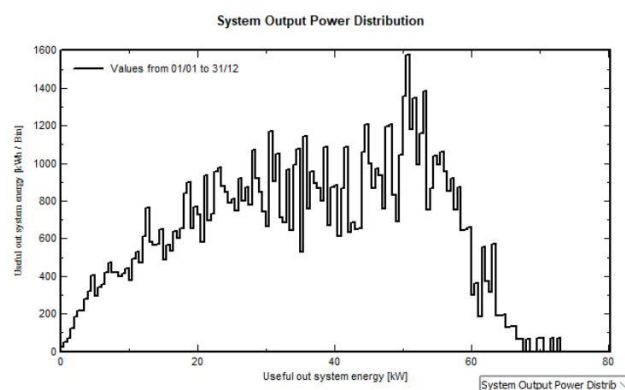


Рисунок 3.11 – Графік розподілу вихідної потужності за генерацією[19]

Аналіз графіку потужності показує, що основна група ФЕМ

генеруватиме електричну енергію з максимальною фактичною потужністю 55 кВт. Цього показника достатньо для забезпечення базових потреб складських приміщень та для повного покриття потреб об'єкту під час ввімкнення найбільш енергоємного обладнання.

Графік річної помісячної генерації двох одночасно встановлених та підключених груп ФЕМ зображено на рис. 3.12

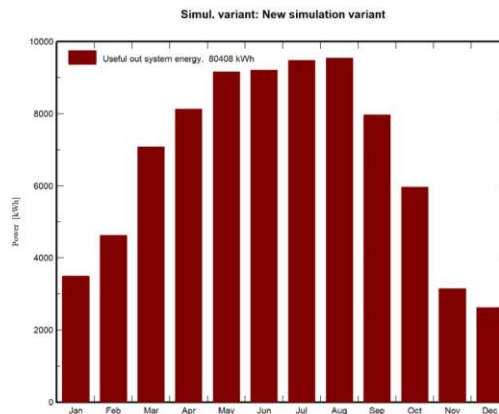


Рисунок 3.12 – Річний графік генерації електричної енергії[19]

Графік генерації порівнюється з графіком споживання подальшої економічної оцінки проєкту. Порівняння наведено на рис. 3.13.

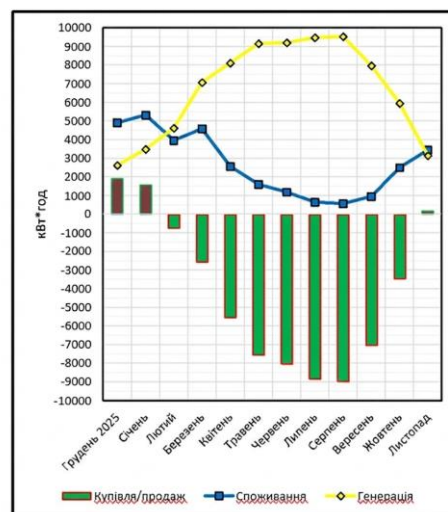


Рисунок 3.13 – Порівняння графіків споживання та генерації на об'єкті[19]

Висновок до розділу 3

У третьому розділі магістерської дисертації здійснено практичну реалізацію теоретичних засад проектування систем відновлюваної енергетики для активного споживача, що діє в рамках нормативної процедури стандартного приєднання. Об'єктом проектування обрано складські приміщення малого побутового споживача, розташовані у місті Ужгород, що характеризується сприятливим рівнем інсоляції для впровадження фотоелектричних технологій.

Ключовим фактором, що визначав параметри системи, стало обмеження дозволеної потужності для стандартного приєднання, яке становить 50 кВт. Враховуючи цю умову, а також намір замовника працювати за механізмом Net Billing (самовиробництво) із забезпеченням функції резервного живлення, було розроблено концепцію гібридної сонячної електростанції. Для реалізації цієї концепції обґрунтовано вибір інверторного обладнання сумарною номінальною потужністю 50 кВт, що повністю відповідає технічним умовам оператора системи розподілу. Проектом передбачено використання двох гібридних інверторів Deye SUN-25K-SG01HP3-EU потужністю 25 кВт кожен. Таке рішення дозволяє забезпечити гнучкість системи, рівномірний розподіл навантаження та високу надійність енергопостачання.

Генеруюча частина станції спроектована на базі високоефективних фотоелектричних модулів типу RSM110-8-550M. Враховуючи архітектурні особливості об'єкта, панелі розміщено на покрівлях двох окремих складських будівель. Такий підхід дозволив максимально ефективно використати доступні площі дахів без необхідності відчуження земельної ділянки. За результатами комп'ютерного моделювання у професійному програмному середовищі PVsyst, яке враховує кліматичні дані регіону, кути нахилу покрівлі та температурні коефіцієнти, встановлено, що фактична пікова потужність генерації системи складатиме близько 41 кВт. Цей показник є реалістичним експлуатаційним максимумом, який дозволить покривати основні енергетичні потреби

складського комплексу в години активної інсоляції, зменшуючи споживання з зовнішньої мережі.

Особливу увагу в проекті приділено питанню енергетичної безпеки та автономності об'єкта. Для забезпечення безперебійного живлення критично важливих навантажень під час аварійних відключень зовнішньої мережі розраховано та спроектовано систему накопичення енергії. Вона базується на використанні літій-залізо-фосфатних акумуляторних батарей Dyness HV51100. Загальна ємність системи зберігання сформована з 24 акумуляторних модулів, які схемотехнічно розділені на дві рівні групи по 12 одиниць для підключення до кожного з інверторів. Така архітектура системи накопичення дозволяє досягти оптимальних показників напруги в ланцюзі постійного струму високовольтної батареї, що є необхідною умовою для коректної роботи гібридних інверторів обраної моделі. Наявність значного резерву ємності гарантує безперебійне функціонування систем освітлення, охорони та іншого критичного обладнання складу у вечірній час або в періоди нестабільності централізованого енергопостачання, що є важливою конкурентною перевагою для бізнесу.

Практичним підсумком роботи над розділом стала безпосередня розробка графічної частини проектної документації. Зокрема, створено детальні однолінійні електричні схеми приєднання, які відображають топологію мережі, місця встановлення комутаційних апаратів, приладів обліку та засобів релейного захисту. Розроблено плани розташування фотоелектричних модулів, які враховують геометрію дахів та орієнтацію будівель, забезпечуючи мінімізацію взаємного затінення рядів.

Узагальнюючи результати розділу, можна стверджувати, що запропоновані технічні рішення повністю відповідають чинним нормативним документам, зокрема ПУЕ та Кодексу систем розподілу. Реалізація розробленого проекту дозволить об'єкту повноцінно набути статусу активного споживача, суттєво знизити експлуатаційні витрати на електроенергію завдяки власній генерації та підвищити рівень енергетичної безпеки підприємства.

РОЗДІЛ 4 . РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ACTIVE CONSUMER ASSISTANT»

4.1 Актуальність та опис ідеї стартап-проекту

Сучасний етап розвитку об'єднаної енергетичної системи України характеризується переходом від централізованої моделі генерації до розподіленої, ключовим елементом якої стає активний споживач (prosumer). Впровадження механізму самовиробництва (Net Billing) стимулює значний попит домогосподарств та малого бізнесу на встановлення генеруючих установок та їх приєднання до електричних мереж.

Однак, аналіз існуючої процедури стандартного приєднання виявив низку суттєвих бар'єрів для пересічного замовника:

1. Складність нормативної бази: Вимоги Кодексу систем розподілу, Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та державних будівельних норм (ДБН) є складними для розуміння особами без профільної технічної освіти.
2. Інформаційна асиметрія: Замовники часто не можуть коректно сформулювати технічне завдання (ТЗ), плутаючи поняття дозволеної та приєднаної потужності, або некоректно оцінюють параметри необхідного ввідного обладнання.
3. Висока вартість помилки: Некоректно заповнена заява на приєднання призводить до відмови з боку оператора системи розподілу (ОСР), необхідності повторного подання документів, додаткових фінансових витрат на перепроєктування та втрати часу.

В якості вирішення зазначеної проблематики, у рамках магістерської дисертації пропонується створення стартап-проекту — мобільного програмного комплексу «Active Consumer Assistant».

Основна місія проекту — створення доступного цифрового інструменту, який виступає посередником між замовником та складними інженерними процедурами, автоматизуючи процес підготовки вихідних даних для проектної

документації. Продукт позиціонується як «кишеньковий енергоменеджер», що дозволяє користувачеві самостійно пройти шлях від ідеї встановлення СЕС до отримання готового технічного завдання на проектування.

4.2 Технологічна реалізація та функціонал продукту

Інноваційна складова проекту полягає у використанні алгоритмів автоматизованого проектування, адаптованих для мобільних платформ. Архітектура застосунку базується на трьох функціональних модулях.

4.2.1 Модуль збору та верифікації даних (Input & Verification)

Замість заповнення складних технічних форм, система пропонує користувачеві пройти інтерактивне опитування (формат Wizard).

- Вхідні параметри: Геолокація об'єкта, площа покрівлі (для СЕС), тип існуючого вводу (1-фазний/3-фазний), поточне споживання (завантаження історії показників лічильника), планована потужність генерації.
- Верифікація: Система автоматично перевіряє введені дані на логічні помилки (наприклад, неможливість встановлення 30 кВт СЕС на даху площею 20 м²).

4.2.2 Розрахункове ядро (Computation Core)

Це ключовий елемент, що базується на наукових методах та нормативних вимогах. Алгоритм виконує наступні операції:

1. Розрахунок розрахункової потужності $P_{\text{розр}}$ Визначається сумарне навантаження об'єкта з урахуванням коефіцієнтів попиту K_c та одночасності згідно з ДБН В.2.5-23:2010.
2. Класифікація типу приєднання: На основі введеної потужності та геолокації (відстань до найближчої ТП) алгоритм визначає, чи підпадає об'єкт під критерії стандартного приєднання (до 50 кВт, до 300 метрів по прямій лінії). Якщо критерії порушено, система попереджає користувача про необхідність процедури нестандартного приєднання.

3. Попередній вибір обладнання: Розрахунок номіналу ввідного автоматичного вимикача та рекомендованого перерізу кабельної лінії (з перевіркою на допустиму втрату напруги ΔU).

4.2.3 Модуль генерації документації (Output Generation)

Результатом роботи застосунку є не просто набір цифр, а структурований PDF-звіт «Паспорт приєднання активного споживача», який включає:

- Рекомендовану величину потужності для заяви на ТУ.
- Спрощену однолінійну схему електропостачання.
- Техніко-економічне обґрунтування (термін окупності встановлення СЕС при поточному тарифі на електроенергію та ставках Net Billing).

4.3 Аналіз ринкового середовища

Для визначення ринкової ніші проведено сегментацію потенційних споживачів та аналіз конкурентного середовища.

Цільова аудиторія (Target Audience):

1. Сектор B2C (Домогосподарства): Власники приватних будинків, які прагнуть енергонезалежності, але не мають технічних знань. Їхня основна потреба — простота та зрозумілість («під ключ»).

2. Сектор B2B (Інсталятори та малий бізнес): ФОП та невеликі монтажні організації, які можуть використовувати застосунок як інструмент швидкого попереднього прорахунку для своїх клієнтів (Sales Tool).

Аналіз конкуренції (за моделлю Портера):

На ринку України існують фрагментарні рішення:

- Онлайн-калькулятори на сайтах постачальників: Зазвичай мають маркетинговий характер і значно завищують показники генерації, не враховуючи обмежень мережі.

– Послуги консалтингових компаній: Надають якісний результат, але мають високу вартість та потребують часу.

Конкурентна перевага «Active Consumer Assistant» полягає у поєднанні інженерної точності (відповідність нормам проектування) з миттєвістю отримання результату та низькою вартістю (або безкоштовністю базової версії).

4.4 Бізнес-модель та монетизація

Проект розроблено на основі моделі Freemium, що дозволяє швидко наростити базу користувачів.

1. Free-версія: Доступна для завантаження безкоштовно. Надає функціонал перевірки можливості приєднання та грубого розрахунку потужності.
2. Paid-версія (Premium): Вартість — разова оплата за генерацію повного пакету документів (технічного завдання) для подання проектанту або в ОСР. Це економить користувачеві кошти на первинній консультації інженера.
3. Lead Generation (Партнерська програма): Додаток інтегрує базу сертифікованих проектних організацій. Якщо користувач замовляє проектну документацію через додаток, платформа отримує комісійну винагороду від виконавця (проектанта).

4.5 Економічне обґрунтування стартап-проекту

Для реалізації MVP (Minimum Viable Product) розраховано необхідний обсяг інвестицій та прогноз окупності.

Таблиця 4.1. Кошторис витрат на запуск проекту

Стаття витрат	Деталізація	Сума, грн
R&D (Розробка)	Проектування алгоритмів, UX/UI дизайн, Frontend (React Native/Flutter), Backend (Python/Node.js)	110 000
Адміністративні витрати	Реєстрація прав інтелектуальної власності, хостинг, домен	15 000

Продовження таблиці 4.1		
Маркетинг (Go-to-Market)	Таргетована реклама, SEO, контент-маркетинг	20 000
Резервний фонд	10% на непередбачувані витрати	14 500
ВСЬОГО КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ		159 500

4.6 Стратегія виходу на ринок та ризики

Впровадження проекту пропонується здійснити поетапно:

1. Альфа-тестування: Перевірка розрахунків на реальних реалізованих проектах приєднання (порівняння розрахунків додатку з фактично виданими ТУ).
2. Бета-реліз: Запуск для обмеженої аудиторії через профільні форуми та спільноти в галузі енергетики.
3. Повноцінний запуск: Маркетингова кампанія в соціальних мережах та співпраця з блогерами, що оглядають тему альтернативної енергетики.

SWOT-аналіз ризиків:

– Внутрішні ризики: Технічні помилки в коді. Мінімізація: Багаторівневе тестування.

– Зовнішні ризики: Зміна законодавства (Кодексу систем розподілу). Мінімізація: Гнучка архітектура ПЗ, що дозволяє оновлювати формули розрахунків без зміни ядра програми («hot updates»).

Висновок до 4 розділу

У рамках даного розділу магістерської дисертації розроблено концепцію та бізнес-модель стартап-проекту «Active Consumer Assistant» — мобільного програмного комплексу для автоматизації передпроектної підготовки приєднання активних споживачів до електричних мереж.

За результатами проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

Вирішення проблеми ринку. Проект успішно нівелює бар'єри, що виникають у процедурі стандартного приєднання, а саме: інформаційну асиметрію між замовником та ОСР, складність технічних розрахунків для

пересічних громадян та високий ризик помилок при формуванні технічного завдання. Запропоноване рішення дозволяє трансформувати складні інженерні алгоритми у доступний користувацький інтерфейс.

Технічна реалізація. Обґрунтовано архітектуру програмного продукту, яка базується на чинній нормативній базі (Кодекс систем розподілу, ДБН В.2.5-23:2010). Це гарантує, що згенеровані додатком вихідні дані будуть валідними для подальшого професійного проектування.

Економічна ефективність. Розрахунок основних показників ефективності засвідчив високу інвестиційну привабливість проекту. При початкових капіталовкладеннях на рівні 160 тис. грн, розрахунковий термін окупності становить 6,4 місяці, що є відмінним показником для ІТ-стартапів на стадії Seed. Рентабельність проекту забезпечується масштабованою бізнес-моделлю Freemium та низькими змінними витратами.

Стратегічне значення. Впровадження стартапу має не лише комерційний, а й соціально-енергетичний ефект. Спрощення бюрократичних процедур сприятиме прискоренню темпів інтеграції розподіленої генерації в об'єднану енергосистему України, що відповідає державній стратегії енергетичної децентралізації та розвитку механізму Net Billing.

Таким чином, стартап-проект є технічно здійсненним, економічно вигідним та готовим до етапу прототипування і подальшого впровадження на ринок енергетичних сервісів України.

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації вирішено актуальне науково-практичне завдання щодо особливостей розроблення проєктної документації для активних споживачів в умовах трансформації енергетичного ринку України. На основі проведених досліджень, аналізу нормативної бази та розробки технічного рішення для реального об'єкта (складського комплексу у м. Ужгород), зроблено наступні висновки:

Зміна парадигми електропостачання. Встановлено, що набуття статусу «Активного споживача» є стратегічним кроком для підвищення енергонезалежності бізнесу. Запровадження механізму самовиробництва (Net Billing) замість «зеленого» тарифу змінило філософію проєктування: пріоритетом стало не максимальне нарощування потужності заради продажу, а оптимізація генерації під власний профіль споживання з можливістю монетизації надлишків для покриття витрат у майбутні періоди.

Специфіка проєктної документації. Доведено, що проєктна документація активного споживача є «гібридним» документом, який повинен задовольняти вимоги двох регуляторних сфер: містобудівної (ДБН, безпека конструкцій) та енергетичної (Кодекс систем розподілу, безпека мережі). Визначено, що критичним етапом є правильна юридична кваліфікація робіт. Для уникнення ризиків оскарження законності будівництва рекомендовано класифікувати встановлення дахових СЕС як «Реконструкцію системи електропостачання», що вимагає повного циклу проєктування (стадія РП) та проходження експертизи навіть для об'єктів класу наслідків СС1, якщо вони розташовані в складних умовах.

Технічні бар'єри та шляхи їх подолання. Ідентифіковано основні технічні виклики при інтеграції генерації в розподільчі мережі: забезпечення захисту від «острівного режиму» (anti-islanding), дотримання норм якості електроенергії та організація комерційного обліку. У роботі обґрунтовано необхідність використання інверторного обладнання, сертифікованого згідно з

ДСТУ EN 50549-1, що є обов'язковою умовою для погодження проєкту Оператором системи розподілу (ОСР).

Ефективність запропонованого технічного рішення. Для об'єкта проєктування (складський комплекс у м. Ужгород) розроблено проєкт гібридної СЕС інверторною потужністю 50 кВт (АС), що відповідає дозволений потужності приєднання активного споживача.

Обґрунтовано вибір монокристалічних модулів Risen RSM110-8-550M та гібридних інверторів Deye SUN-25K-SG01HP3-EU. Використання даного обладнання дозволило реалізувати дві ключові функції: роботу за механізмом самовиробництва (Net Billing) для покриття власних потреб і продажу надлишків, а також забезпечення гарантованого електроживлення об'єкта.

Для забезпечення енергонезалежності запроєктовано високовольтну систему накопичення енергії на базі акумуляторних модулів Dyness HV51100 загальною ємністю 122,88 кВт·год. Кластерна архітектура підключення АКБ дозволяє забезпечити автономне живлення резервованого навантаження (20,5 кВт) протягом розрахункових 5 годин. Моделювання у програмному комплексі PVsyst підтвердило ефективність розміщення фотополя на двох розрізнених ділянках покрівлі із забезпеченням оптимального коефіцієнта завантаження інверторів (DC/AC ratio) на рівні 1,19. Економічна доцільність. Техніко-економічний розрахунок підтвердив високу рентабельність впровадження СЕС для активного споживача. При заміщенні власного споживання на рівні 60-70% та продажу залишків за ринковими цінами (РДН), термін окупності проєкту становить 3,3–3,5 року. Це робить такі проєкти одними з найбільш привабливих інвестицій для українського бізнесу в умовах зростання тарифів на електроенергію.

Практична цінність роботи. Запропонований у дисертації алгоритм розроблення проєктної документації, від отримання Технічних умов до вибору схеми АСКОЕ, дозволяє мінімізувати ризики відмови у приєднанні з боку ОСР та скоротити час реалізації інвестиційних проєктів. Розроблене технічне

рішення може бути масштабове та використане як типове для інших промислових об'єктів з аналогічним профілем споживання.

Таким чином, у роботі доведено, що грамотне розроблення проєктної документації, яке враховує сучасні нормативні вимоги та технічні особливості обладнання, є фундаментом для успішного функціонування активного споживача в новій моделі енергоринку України.

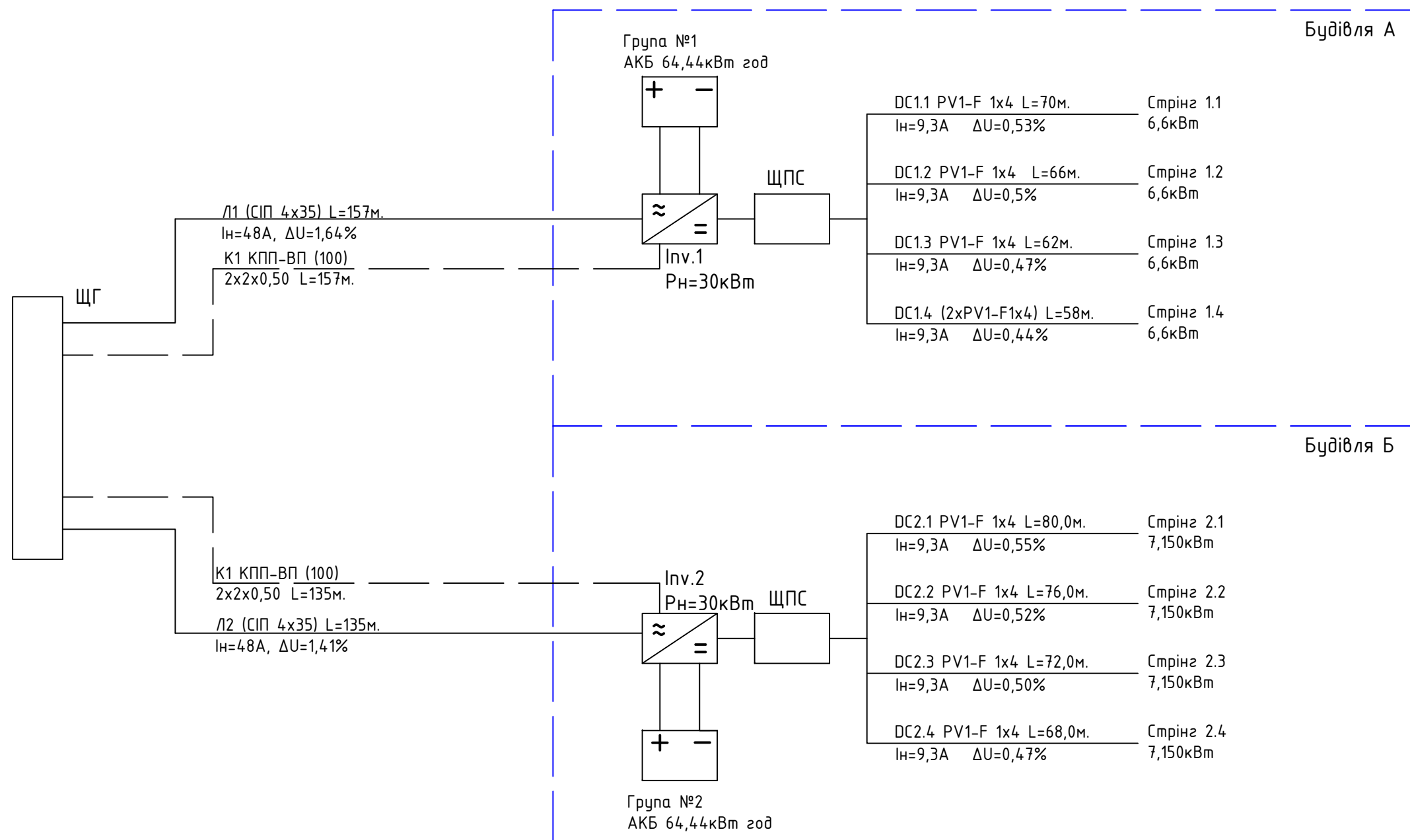
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Хто такий активний споживач електроенергії. Ascania Energy. URL: <https://ascania.energy/aktivnij-spozvivach-elektroenergii/>
2. Закон України «Про ринок електричної енергії». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>
3. Роль активного споживача в сучасному ринку електроенергії України. OnlySolar. URL: <https://onlysolar.in.ua/rol-aktyvnoho-spozhyvacha-v-suchasnomu-rynku-elektroenerhii-ukrainy/>
4. Кодекс систем розподілу. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text>
5. Активне споживання за механізмом самовиробництва в Україні. Звіт EUEA. URL: <https://euea-energyagency.org/wp-content/uploads/2025/03/EUEA-Report-Aktyvne-spozhyvannya-za-mehanizmom-samovyrobnytstva-v-Ukrayini.pdf>
6. Закон України «Про альтернативні джерела енергії». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
7. Про затвердження Змін до Правил роздрібного ринку електричної енергії. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0003874-24#Text>
8. Постанова НКРЕКП від 29.12.2023 № 2651 «Про затвердження Порядку продажу та обліку електричної енергії, виробленої активними споживачами, та розрахунків за неї». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2651874-23#Text>
9. Постанова НКРЕКП № 2624 «Про затвердження Порядку формування та ведення реєстру об'єктів електроенергетики та електроустановок споживачів...». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2624874-23#Text>
10. Постанова НКРЕКП № 891 «Про затвердження Змін до Правил роздрібного ринку електричної енергії». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0891874-25#Text>
11. Про затвердження Правил приєднання електроустановок до електричних мереж. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0236-13#Text>
12. Про затвердження Порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0651-11#Text>
13. Мережева сонячна станція під Net-billing. Atmosfera. URL: <https://www.atmosfera.ua/net-billing>
14. Про затвердження Порядку надання вихідних даних для проектування об'єктів містобудування. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/560-2011-%D0%BF#Text>

15. Про затвердження Змін до постанови НКРЕКП від 27 грудня 2023 року № 2624.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2025874-24#Text>
16. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>
17. ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58105
18. ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25886
19. ДСТУ 9243.10:2023 «Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=103965
20. ДСТУ EN 62305:2012 (IEC 62305) «Блискавкозахист». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=29300
21. Правила улаштування електроустановок (ПUE). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72758
22. IEC 61215 «Наземні фотоелектричні (PV) модулі. Кваліфікація конструкції та затвердження типу». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=105110
23. IEC 61730 «Кваліфікація безпеки фотоелектричних (PV) модулів». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80267
24. Інструментарій та програмне забезпечення для проектування. Worksection. URL: <https://worksection.com/ua/blog/best-project-planning-tools.html>
25. AutoCAD Electrical. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/products/autocad/included-toolsets/autocad-electrical>
26. EPLAN Electric P8. URL: <https://ia.ua/uk/eplan-p8-rus/>
27. PVsyst. Програмне забезпечення. URL: <https://www.pvsyst.com/en/>
28. NREL System Advisor Model (SAM). URL: <https://sam.nrel.gov/>
29. Порядок затвердження проектів будівництва і проведення їх експертизи. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/560-2011-%D0%BF#Text>
30. Електричний модуль RSM110-8-550M. URL: <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-panels/rsm110-8-550m>
31. Deye SUN-25K-SG01HP3-EU. URL: <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-inverters/deye-sun-25k-sg01-hp3-eu-am2>
32. Акумуляторний модуль Dyness HV51100. URL: https://220volt.com.ua/akkumulyatornaya_batareya_dyness_hv51100_512v_100ah512kwh_lifepo4/

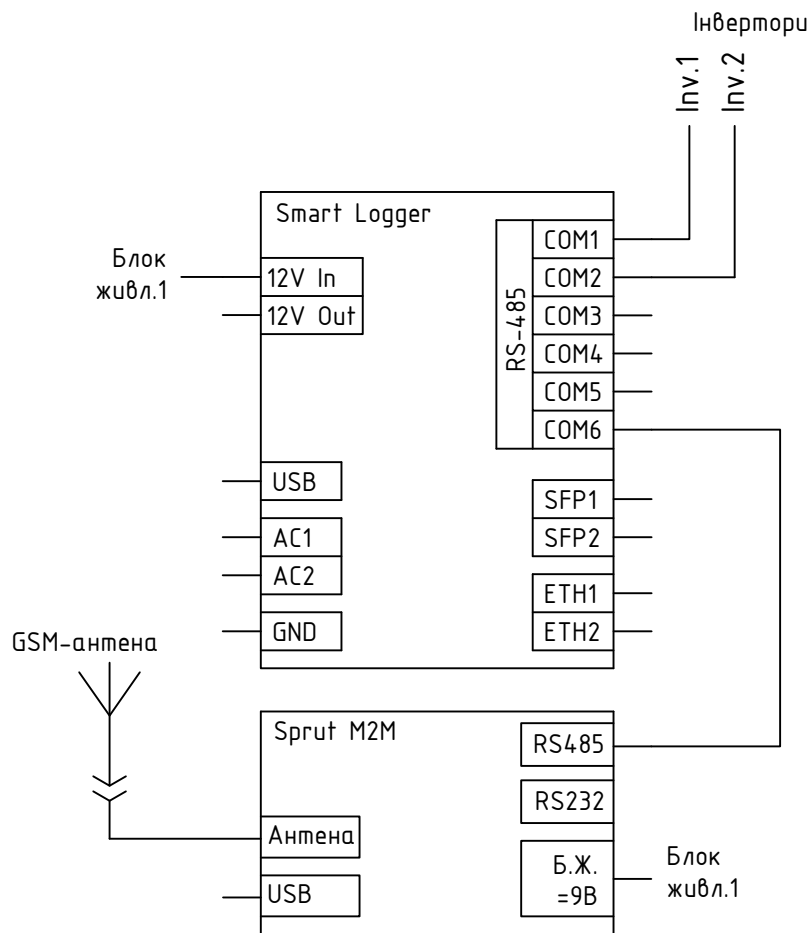
33. Обладнання для влаштування СЕС. Kripter. URL: <https://kripter.ua/projects/wind-spoiler/>

ДОДАТКИ



- Дивитись разом з пояснювальною запискою та відповідними схемами і планами.
- Приєднання до мережі електропостачання, та облаштування пункту обліку електроенергії проектом не передбачено.
- Заземлення виконати відповідно до схеми ТТ.

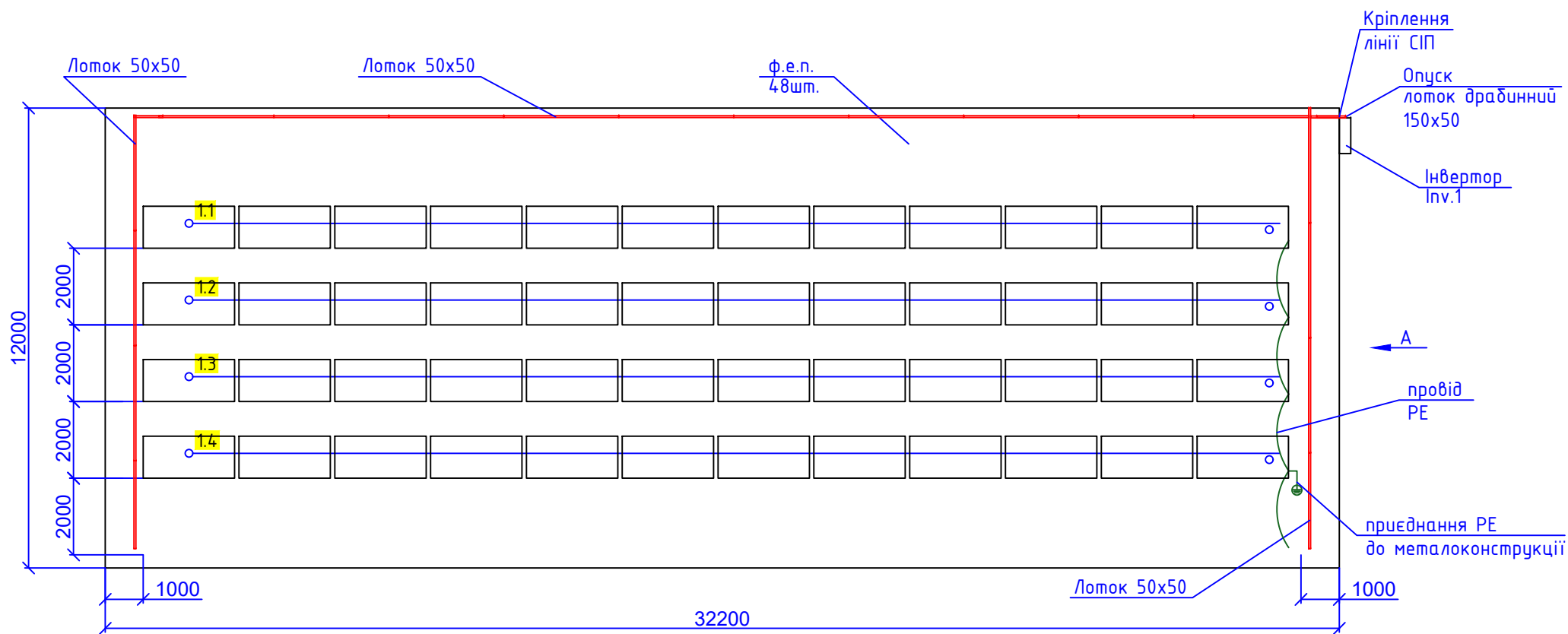
					Додаток А			
					Будівництво дахової сонячної електростанції потужністю 50кВт за адресою м.Ужгород			
Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дахова сонячна електростанція.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив						РП		
Перевірів								
					Структурна (розрахункова) схема.			



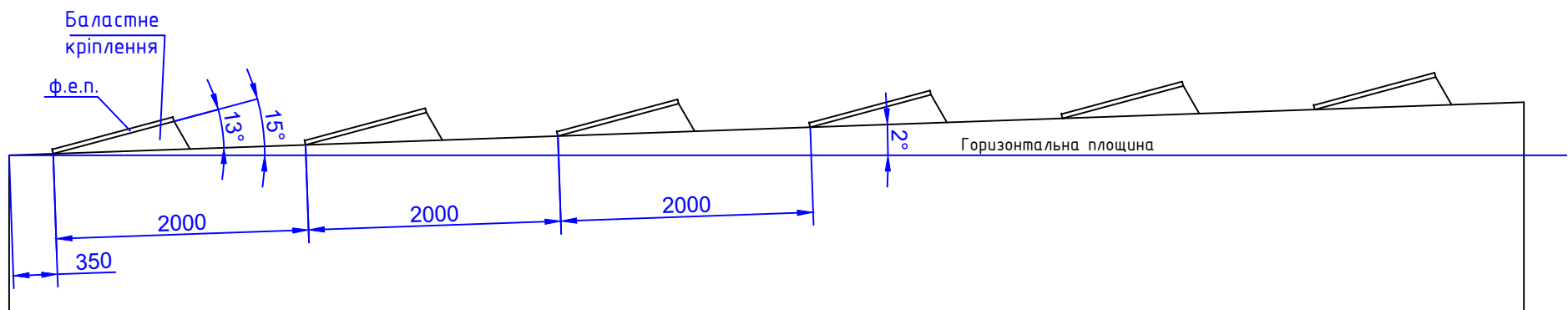
1. Дивитись разом з пояснювальною запискою та відповідними схемами і планами.
2. Електромонтажні та пуско-налагоджувальні роботи виконати у відповідності з технічною документацією виробника.
3. Дивитись разом зі схемою інверторного обладнання.
4. Схему моніторингу реалізувати в щиті генерації ЩГ.
5. Заземлення виконати відповідно до схеми ТТ

					Додаток Б			
					Будівництво дахової сонячної електростанції потужністю 50кВт за адресою м.Ужгород			
Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив					Дахова сонячна електростанція.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив						РП		
					Схема моніторингу роботи СЕС.			

Розміщення фотоелектричних панелей на даху будівлі А (1:150).

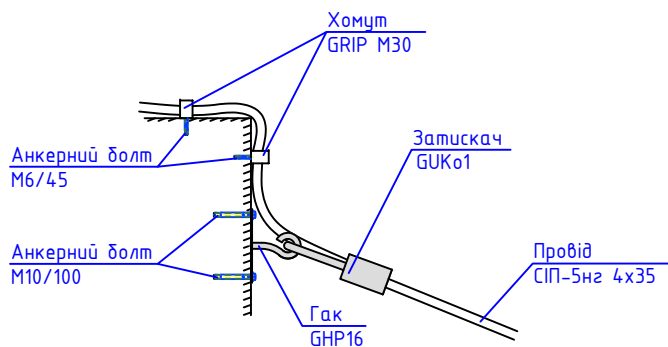


А (1:150).



Технічні дані по даху А	
Параметр	Значення
Тип ф.е.п.	RSM110-8-550M
Номинальна потужність ф.е.п.	550 Вт
Кут нахилу ф.е.п.	15°
Кількість ф.е.п.	48 шт.
Кількість стрінгів	6 шт.
Кількість інверторів	1 шт.
Тип кріплення	Баластна система Wind Spoiler
Кут нахилу системи кріплення	13°

Вихід проводів СІП на дах.

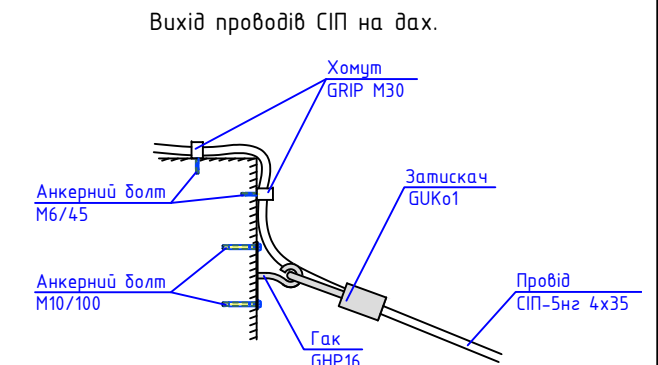
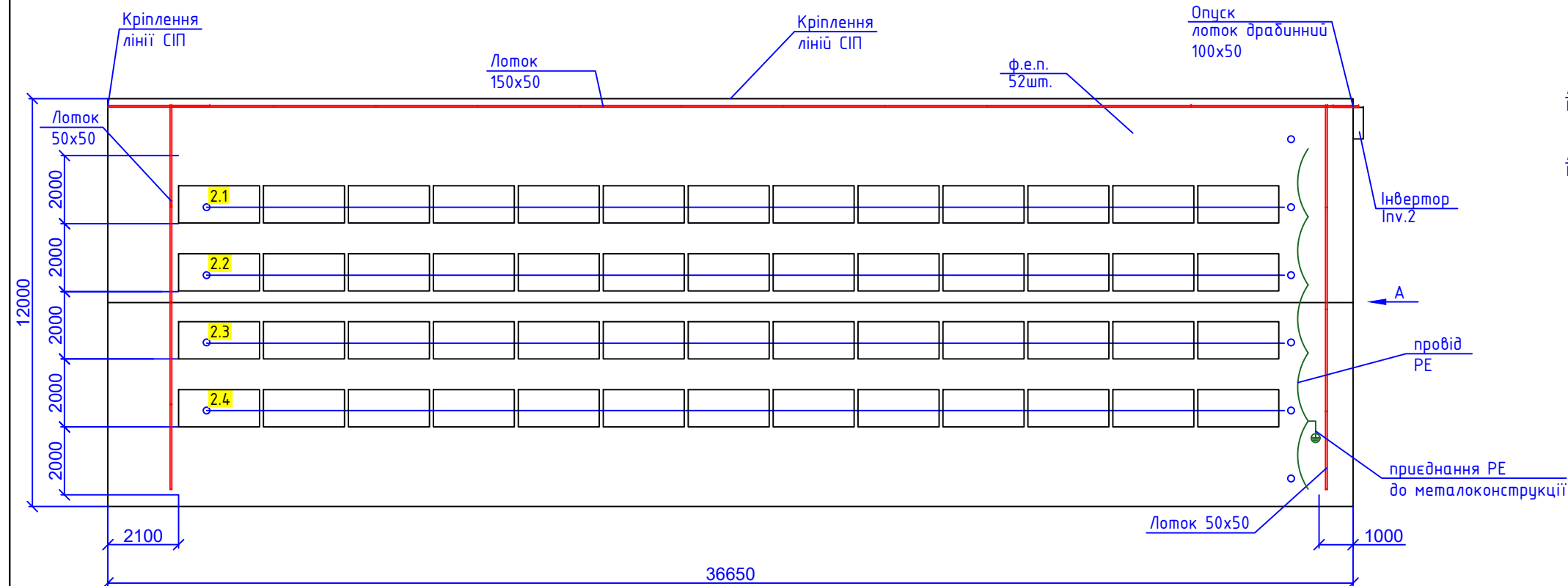


Примітки:

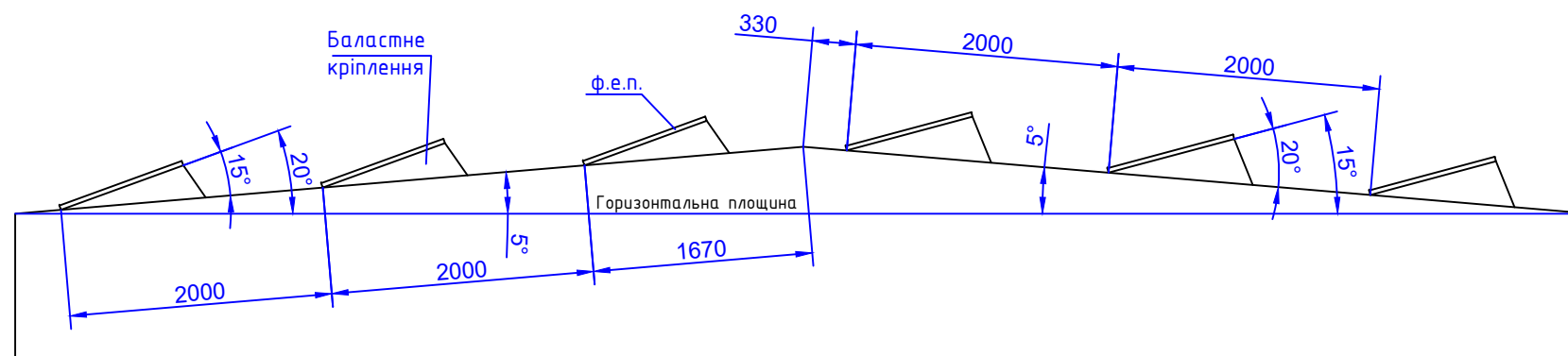
- План складено на основі даних наданих замовником.
- Елементи кріплення фотоелектричних панелей не показано.
- Дивитись разом з габаритним кресленням баластного кріплення.
- Дивитись разом із структурною схемою та ситуаційним планом.
- Металоконструкції та металеві елементи корпусу фотоелектричних панелей заземлити відповідно норм ПУЕ.

					Додаток В			
					Будівництво дахової сонячної електростанції потужністю 50кВт за адресою м.Ужгород			
Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дахова сонячна електростанція.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив						РП		
Перевірів					План розташування панелей на будівлі «А».			
Н.Контроль								
ГІП								

Розміщення фотоелектричних панелей на даху будівлі Б (1:150).



A (1:50).



Технічні дані по даху Б	
Параметр	Значення
Тип ф.е.п.	RSM110-8-550M
Номінальна потужність ф.е.п.	550 Вт
Кут нахилу ф.е.п.	20°/15°
Кількість ф.е.п.	52 шт.
Кількість стрінгів	3 шт.
Кількість інверторів	1 шт.
Тип кріплення	Баластна система Wind Spoiler
Кут нахилу системи кріплення	15°/20°

Примітки:

1. План складено на основі даних наданих замовником.
2. Елементи кріплення фотоелектричних панелей не показано.
3. Дивитись разом з габаритним кресленням баластного кріплення.
4. Дивитись разом із структурною схемою та ситуаційним планом.
5. Металоконструкції та металеві елементи корпусу фотоелектричних панелей заземлити відповідно норм ПУЕ.

					Додаток Г			
					Будівництво дахової сонячної електростанції потужністю 50кВт			
					за адресою м.Ужгород			
Зм.	Кільк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив					Дахова сонячна електростанція.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірів						РП		
					План розташування панелей на будівлі «Б».			