

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Горай Олексій Павлович**

УДК 621.359.4

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Використання сонячної енергії для потреб домогосподарства з  
(тема роботи)  
впровадженням системи моніторингу Aurora Vision

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Горай О. П.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Соколовский Олег Феліксович

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент кафедри електрифікації,  
автоматизації виробництва та інженерної екології  
(науковий ступінь, вчене звання)

## АНОТАЦІЯ

Горай О. П. Використання сонячної енергії для потреб домогосподарства з впровадженням системи моніторингу Aurora Vision. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Робота присвячена використанню відновлюваної енергетики для потреб домогосподарства , а також визначення найбільш ефективних методів її експлуатації.

В процесі виконання роботи проведено розрахунок фотоелектричної сонячної електростанції з налаштуванням системи моніторингу.

**Ключові слова:** фотоелектричної система, інвертор, фотопанель, генерація, моніторинг.

## ABSTRACT

Horai OP. Use of solar energy for household needs with the implementation of the Aurora Vision monitoring system.

Qualifying work on the receipt of educational master's degree after speciality 141 is Electroenergy, electrical engineering and electromechanics is the Polesye national university, Zhytomyr, 2021.

The work is devoted to the use of renewable energy for household needs, as well as to determine the most efficient methods of its operation.

In the course of the work, the calculation of the photovoltaic solar power plant with the adjustment of the monitoring system was performed.

**Keywords:** photovoltaic system, inverter, photopanel, generation, monitoring.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП  | 4  |
| РОЗДІЛ 1. ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ<br>ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ             | 5  |
| 1.1. Типи фотоелектричних систем                                       | 5  |
| 1.2. Аналіз досвіду впровадження зелених тарифів                       | 7  |
| 1.3. Законодавство в галузі фотоелектричних систем                     | 10 |
| Висновки по розділу 1  | 14 |
| РОЗДІЛ 2. СТРУКТУРА ТА ПРИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ<br>СИСТЕМИ                | 15 |
| 2.1. Структурна схема інвертора та його підключення                    | 15 |
| 2.2. Принцип дії сонячних панелей, особливості їх виконання            | 19 |
| Висновки по розділу 2  | 21 |
| РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ПРИСТРОЇВ<br>СОНЯЧНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ | 22 |
| 3.1. Розрахунок навантаження будинку                                   | 22 |
| 3.2. Розрахунок параметрів фотопанелей та інвертора                    | 26 |
| 3.3. Розробка схеми підключення панелей до інвертора                   | 31 |
| Висновки по розділу 3  | 32 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ<br>МОНІТОРИНГУ AURORA VISION | 33 |
| Висновки по розділу 4  | 36 |
| ВИСНОВКИ   | 37 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ   | 38 |

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Енергетична залежність людини визначається широким використанням електроенергії, як в побуті, так і у виробництві. Потреба в електроенергії постійно зростає, разом з вимогами до стабільності та безперервності електропостачання. Ми звикли до отримання енергії з традиційних енергоджерел, навіть за допомогою атомної енергетики. Проте запаси викопних палив стрімко знижуються та скоро вичерпаються. Це підвищує актуальність таких відновлюваних енергоджерел, як фотовольтаїка.

Потенціал сонячної енергетики високий та добре досліджений. З іншого боку, багато проблем досі не вирішено. Наприклад, використання фотовольтаїки для забезпечення виробництва електроенергією.

Електроенергія, отримана від сонячних панелей, є найбільш екологічним рішенням, яке набуває все більшої популярності остання 10 років. В Україні також спостерігається тенденція до зростання потужності встановлених сонячних панелей. Сьогодні експлуатується цілий ряд фотоелектричних електростанцій, які постачають енергію в електромережу.

Станом на початок 2018 року потужність побудованих сонячних електростанцій в Україні складає вже більше 752 МВт [1].

**Об'єктом дослідження** є сонячна електростанція для домогосподарства та система моніторингу за нею.

**Мета дослідження** - розібратися в вимогах до проектування, структурі, принципі дії сонячної станції. Освоїти принципи розрахунку та вибору пристроїв сонячного електропостачання.

**Предмет дослідження:** закономірності процесу моніторингу роботи фотоелектричної станції для потреб господарства в залежності від умов експлуатації, її конструктивних і технологічних параметрів. В процесі виконання роботи провести розрахунок та вибір пристроїв сонячної електростанції, Визначити потенційні можливості фотоелектричної системи та впровадити систему моніторингу.

## РОЗДІЛ 1. ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

### 1.1. Типи фотоелектричних систем

*Мережева фотоелектрична система.* Мережева система – найбільш проста і поширена система взаємодії фотоелектричних панелей з місцевою електромережею і споживачем електрики. Проста мережева система складається всього з двох компонентів – фотоелектричних модулів і мережевого інвертора. Такий інвертор має функцію перетворення отриманого струму в змінний і постачає в мережу. У такій системі (рис. 1.1) встановлюють лічильник, який облічує кількість виробленої та спожитої енергії, тобто в обох напрямках по окремоті.

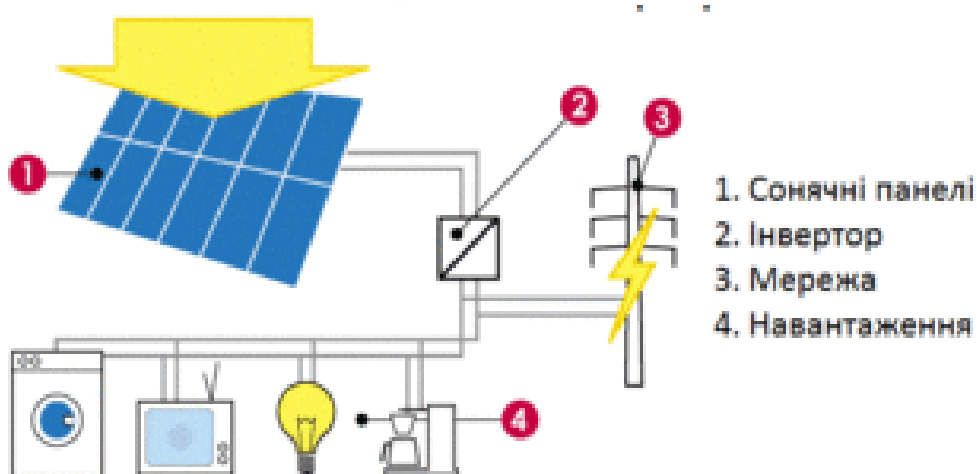


Рисунок 1.1- Схема мережевої фотоелектричної системи

Економія у використанні такої системи. Протягом світлого дня потреби будинку забезпечують сонячні панелі, а лічильник відключає подачу енергії з мережі.

При відсутності умов для виділення електроенергії сонячними батареями, об'єкт може житись електроенергією з системи, при наявності лічильника типу «день/ніч», це може мати додаткову вигоду.

При відсутності нічної потреби в електроенергії, включення в загальну мережу може виступати у якості додаткового або резервного джерела електроенергії при пікових навантаженнях або дефіциті сонячного випромінювання.

Надлишкову енергію можна продавати державі по «зеленому» тарифу.

*Автономна фотоелектрична система.* Автономні сонячні електростанції (рис.1.2) використовуються там, де немає мереж централізованого електропостачання. В автономних системах необхідна акумуляторна батарея, з якої живиться споживач при відсутності сонячного світла.

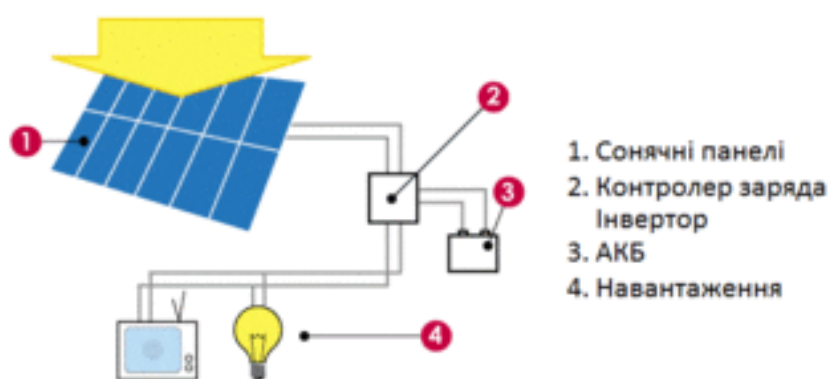


Рисунок 1.2- Схема автономної фотоелектричної системи

Таку систему доцільно встановлювати, якщо до будинку не підведена мережа централізованого електропостачання, а підключення до неї вимагає прокладення нових ліній і встановлення підстанцій. Ця процедура є досить вартісною через високу ціну на підключення до мережі. Крім того необхідно виконати налаштування лінії електропередач низької напруги. Крім того, до додаткових витрат додаються рахунки за спожиту електроенергію. Якщо важлива повна автономність і незалежність від комунальних електромереж.

*Гібридна фотоелектрична система.* Найбільш складний тип фотоелектричної системи, так як має переваги обох типів систем (рис.1.3). Така система має одночасно ознаки мережевої та автономної. Крім зазначеного, вона включає в себе всі переваги як мережевих, так і автономних

систем: можна заживити споживачів вдень з власного фотовольтаїчного виробництва, але в разі довготривалої відсутності сонячного світла або переспоживання електроенергії, здійснити підключення до загальної мережі.

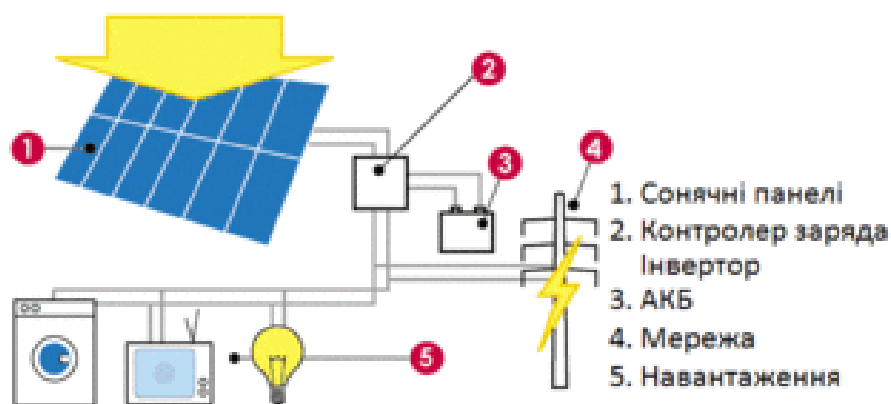


Рисунок 1.3- Схема гібридної фотоелектричної системи

Першочергове завдання системи – підтримання рівня заряду батарей. Якщо батареї заряджені – система перемикається на мережевий режим роботи і споживач починає заробляти, продаючи власну електроенергію в мережу «зеленим тарифом». У разі відключення загальної електромережі система автоматично перемикається в режим резервного живлення: фотоелектричні панелі заряджають акумуляторні батареї, які в свою чергу живлять приватну мережу. Термін «гібридна система» також передбачає можливість комбінування альтернативних джерел електроенергії. Таким чином, крім сонячних панелей, до мережі може бути підключена вітрова електростанція або дизель-генератор, що істотно розширить можливості мережі [2].

## 1.2. Аналіз досвіду впровадження зелених тарифів

Альтернативна енергетика стала пріоритетом у 144 країнах, в тому числі і в Україні. 98 країн виділяють пільги тим, хто виробляю "зелену" енергетику, оскільки це є стратегічним розвитком країни, який забезпечує енергетичну незалежність, дешеву енергію, нове робоче місце, турботу про навколишнє середовище.

За даними 2012 р. ЄС 22,3% енергії, що була вироблена отримали відновлювальними джерелами. До лідерів з вироблення «зеленої» енергетики входять Німеччина (18,6%), Франція (11,7%), Швеція (10,4%), Італія (10,1%). ЄС споживаючи 11% «зеленої» енергетики має на меті підвищення показників до 20%.

Забезпечення "зеленою" енергетикою Швеція складає 37,2%, Латвія 36,4%, Австрія 30,1%, Фінляндія - 29,2%, Данія - 23,3%.

Для України ЄС висуває певні вимоги, щодо збільшення відновлювальної енергетики з 6% до 11%.

«Зелений» тариф є спосіб підтримання генерації з ВДЕ, який використовується у багатьох країнах. Він полягає у викупі енергії з ВДЕ оператором ринку по спеціальній підвищеній ціні. Україна встановлює ціну за кВт-год енергії у гривні, яку прив'язують до курсу євро.

«Зелена» енергетика за об'ємом інвестицій у світі давно замінило викопне паливо. Найбільшим інвестором являється Китай, США та Японія. Згідно зі світовими підрахунками у 2017 році був встановлений рекорд з виготовлення ВДЕ, який складає 160 ГВт, з яких 98 ГВт із сонячних електростанцій, 56 ГВт із вітрових. Це призводить до швидких змін у енергетиці, наприклад, до зниження ціни сонячної енергії.

Найбільшим виробником сонячної енергії у світі є Іспанія, країна з найсприятливішим для цього кліматом. Країна запровадила високі «зелені» тарифи в сонячній енергетиці, що сприяло швидкому і великому будівництву нових сонячних електростанцій за рахунок субсидій, які призвели до економічної катастрофи. Це все сприяло до запровадження ліміту на будівництво нових електростанцій, до зниження «зеленого» тарифу і до запровадження ретроспективного податку на «сонячний» кіловат. Тому Іспанія не бере участь у встановленні нових потужностей для отримання найдешевшої енергії.



Таблиця 1 - Зниження ціни на «зелений» тариф. Макс. потужність до 30 кВт

| Період дії                 | Вартість в євро за 1 кВт |
|----------------------------|--------------------------|
| липень - грудень 2015      | 0,2                      |
| січень - грудень 2016      | 0,19                     |
| січень 2017 - грудень 2019 | 0,18                     |
| січень 2020 - грудень 2024 | 0,16                     |
| січень 2025 - грудень 2030 | 0,14                     |

Великі інвестиції у відновлювальну енергетику Чехії сприяло швидкому зростанню сонячної електрогенерації і призвело до того, що держава не змогла дотримати взяті на себе зобов'язання, щодо виплати «зелених» тарифів, а також до погроз виробниками ВДЕ подання позовів у суд за невиконання «зелених» тарифів.

Зафіксовані державою ціни на «зелені» тарифи сприяли інвестуванню у ВДЕ. Велика доля відведена фотовольтаїці, яка є менш витратною від біомаси. Привабливим фактором для інвестиції по будівництву сонячних станцій стали дешеві китайські сонячні панелі та низькі процентні кредитні ставки.

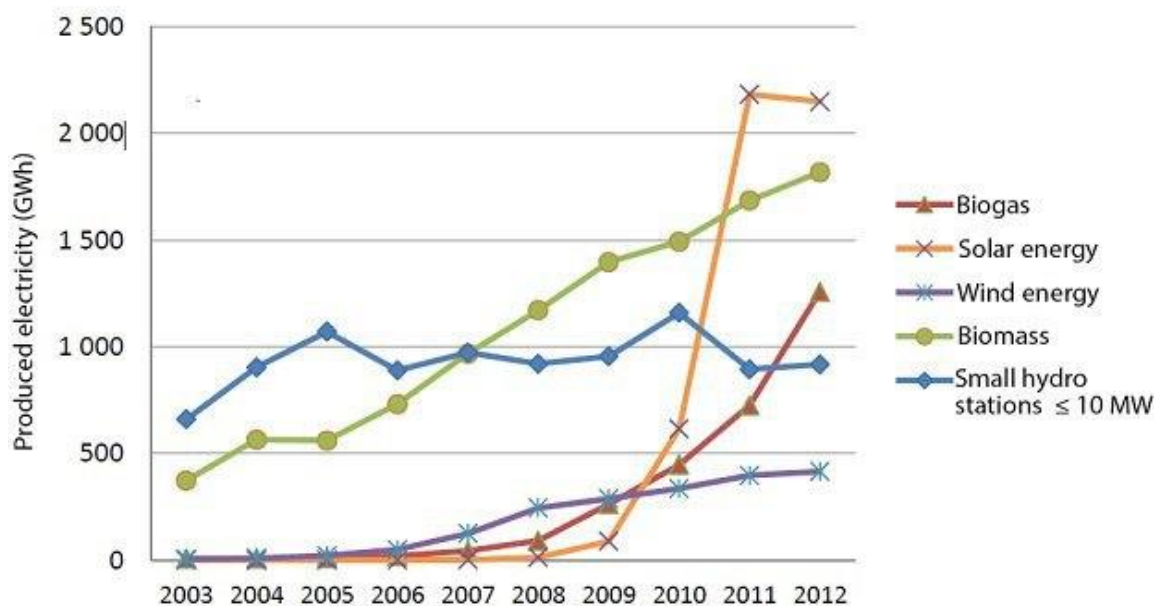


Рисунок 1.4 — Графік зростання сонячної енергії

Більше 150 млрд чеських крон банки виділили кредиту для будівництва сонячних електростанцій, що збільшило виробництво електроенергії за 3 роки у 22 рази. Отож, так Чехія збільшила частку ВДЕ у електрогенерації з 8,3% до 11,2%. Але все змінилося, оскільки постійне збільшення кількості сонячних електростанцій сприяло до підвищення цін на електроенергію для споживача, а також до перевантаження чеської мережі «зеленою» електроенергією. Це призвело до зменшення "зеленого" тарифу, до введення додаткового податку для фотовольтаїки. Не дивлячись на всі дії, сумарна виплата по "зеленим" тарифам до 2030 р. планується досягти 19,5% річного ВВП Чехії.

На даний час Чехія сприяє розвитку ВДЕ для власників домогосподарств. Їм виділяються додаткові кошти для установлення і підключення ВДЕ до централізованої системи теплопостачання за умови, що ці ВДЕ будуть складати більше 50%.

Досвід цієї країни нам показує, що може статися від непродуманої політики у сфері альтернативної енергетики.

### **1.3. Законодавство в галузі фотоелектричних систем**

Зелений тариф – це спеціальний тариф, який розроблений для купівлі державою у приватних і юридичних осіб електроенергії, яка виробляється відновлювальним джерелом енергії. Закон України про "Зелений тариф" визначає, що до альтернативної енергетики відносяться такі відновлювальні джерела: сонячна енергетика, вітряна енергетика, геотермальна, гідроенергія, енергія біомаси. Обладнання для виготовлення альтернативної енергетики має бути сертифіковане згідно законодавства. ЗУ про "Зелений тариф" діє до 2030 року.

В даному законі вказано, що власниками приватних і державних сонячних станцій мають використовуватись обладнання потужність яких до 30 кВт. Встановлені СЕС на підприємствах дають можливість мати додаткові доходи, які отримуються за рахунок вільної площі таких, як дах, фасад, навіс. В Україні ціна на «зелений» тариф електроенергії складає 0,141 євро / кВт.

Що потрібно для оформлення «зеленого» тарифу юридичним особам і підприємствам.

Слід бути оформленим, як фізична особа підприємець (ФОП), а існуючим компаніям до своєї діяльності потрібно додати КВЕД «Виробництво та продаж електроенергії».

Електрогенеруючі станції можна розміщувати на спецділянках "земля енергетики", які можуть надати приватні особи або органи державної влади.

Наступним кроком є створення техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) з належним економічним прорахунком об'єкта енергоспоживання. ТЕО здійснюється інженерами-будівельниками СЕС. Далі реєструється і підтверджується юридична особа і право власності на ділянку. [5]

Порядок отримання технічних умов для підключення об'єкта і перелік документів:

- 1) Подання заяви на підключення;
- 2) Ситуаційний план розміщення електроустановки, копія генерального плану на якому зазначено місце розташування електроустановки або земельної ділянки;
- 3) Копія довіреності на право укладення договору;
- 4) Копія документу, який є підтвердження права власності об'єкта або земельної ділянки;
- 5) Копія свідоцтва платника ПДВ або свідоцтва про сплату єдиного фіксованого податку.

Будівництво і введення в експлуатацію електроустановок інженерного забезпечення. Будівництво і введення в експлуатацію здійснюється електропередавальною організацією. Щоб оформити акт допуску та проведення технічної перевірки необхідно виконати:

- 1) Надати ТУ підключення установки;
- 2) Надати проектну документацію;
- 3) Надати копію наказу про призначення приватної особи, як відповідальної за підприємство, що здійснює вироблення електроенергії.

Надалі слід провести підключення впродовж п'яти робочих днів.

Останнім кроком отримується ліцензія від ДП «Енергоринок». Щоб її отримати слід надати пакет документів в 5-ти екземплярах (один із них нотаріально затверджений):

- 1) Заява;
- 2) Доручення;
- 3) Квитанція про внесення плати за ліцензію;
- 4) Копія статуту;
- 5) Опис діяльності (ТЕО, схема електричних приєднань з призначенням приладів розрахункового обліку).

Для отримання «Зеленого» тарифу об'єкт має бути українського виробництва. Щоб підтвердити походження слід надати такі документи:

- 1) Пояснювальна записка в якій подана детальна інформація про суб'єкт (його потужність і характеристика генеруючого обладнання);
- 2) Розрахункова собівартості по виробництву електроенергії;
- 3) Пояснювальна записка до робочого проекту будівництва об'єкту альтернативної енергетики;
- 4) Копія декларації;
- 5) Копія ТУ декларації про початок будівельних робіт і дозволу на початок будівельних робіт;
- 6) Сертифікат ДАБІ;
- 7) Копія проектно-кошторисної документації на будівництво.

Окрім зібраних і поданих документів необхідно стати членом оптового ринку електроенергії. Для вступу до ОРЕ подаються такі документи:

- 1) Заява;
- 2) Доручення;
- 3) Опис діяльності і зазначення території її здійснення;
- 4) Дані про плановий річний обсяг;
- 5) Юридична адреса;
- 6) Протокол затвердження з розпорядником системи розрахункових

обсягів, форм, способів передачі даних і процедур необхідних для їх проведення;

- 7) Рекомендація до вступу від дійсного члена ОРЕ;
- 8) Копія свідоцтва про реєстрацію платника ПДВ;
- 9) Копія наказу про призначення керівника;
- 10) Зразок підпису відповідальної особи, яка має право на підпис документів.

Договір продажу електроенергії за «зеленим тарифом» укладається із ДП "Енергоринок". При цьому подається заявка і затверджений договір з місцевою енергетичною системою "Укренерго".

Щоб оформити «зелений» тариф приватній особі в Україні, їй слід мати власну електростанцію, яка має потужність до 30 кВт.

Слід подати заявку до локального офісу постачальника, до обленерго або районної енергокомпанії. Щоб отримати кошти за надану електроенергію слід відкрити рахунок в банку із реквізитами, які вказані в заяві. А потім узгодити схему підключення. І пройти такі пункти з оформлення «зелених» тарифів.

- 1) Придбати і встановити електроустановку потужністю не більше 30 кВт;
- 2) Подати заявку;
- 3) Відкрити рахунок;
- 4) Затвердити схему підключення;
- 5) Надати рахунок Обленерго про оплату послуг з облаштування вузла обліку;
- 6) Надати дані пристрою вузла обліку електроенергії;
- 7) Підписати додаткову угоду про покупку електроенергії між Обленерго і власником господарства.

Завершальним етапом з оформлення «зелених» тарифів для приватної особи є підписаний договір купівлі-продажу про ПДЕ. Необхідні документи:

- 1) Ксерокопія паспорта;

- 2) Однолінійна схема підключення установки приватного домогосподарства з використанням мережевого інвертора;
- 3) Копія технічної документації по обладнанню СЕС;
- 4) Виписка про відкриття поточного розрахункового рахунку для проведення безготівкових розрахунків;
- 5) Копія документа, що підтверджує включення фізичної особи до державного реєстру.

### **Висновки по розділу 1**

В цьому розділі розглянуті типи фотоелектричних систем, проаналізовано світовий досвід впровадження зеленого тарифу, алгоритм оформлення зеленого тарифу и список необхідних документів. Електрогенеруючі станції можна розміщувати на спецділянках "земля енергетики", які можуть надати приватні особи або органи державної влади.

Правильний вибір системи сонячної енергетичної станції гарантує довготривалу економічно ефективну її експлуатацію. Це сприятиме подальшого розповсюдження і поширення фотовольтаїчних систем.

## РОЗДІЛ 2.

### СТРУКТУРА ТА ПРИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ

#### 2.1. Структурна схема інвертора та його підключення

Фотомодулі в основному використовують двох типів: монокристалічні (ефективніші) та полікристалічні (менш ефективні але дешевші) їх виготовляють із кремнію.

Для фотомодулей дуже важлива вольт амперна характеристика та температурні режими. Таким чином на графіках можна побачити точку максимальної потужності за яких умов вона досягається і вплив температурного режиму на панелі. Чим більше сонця тим більша температура це зумовлює втрати через нагрівання.

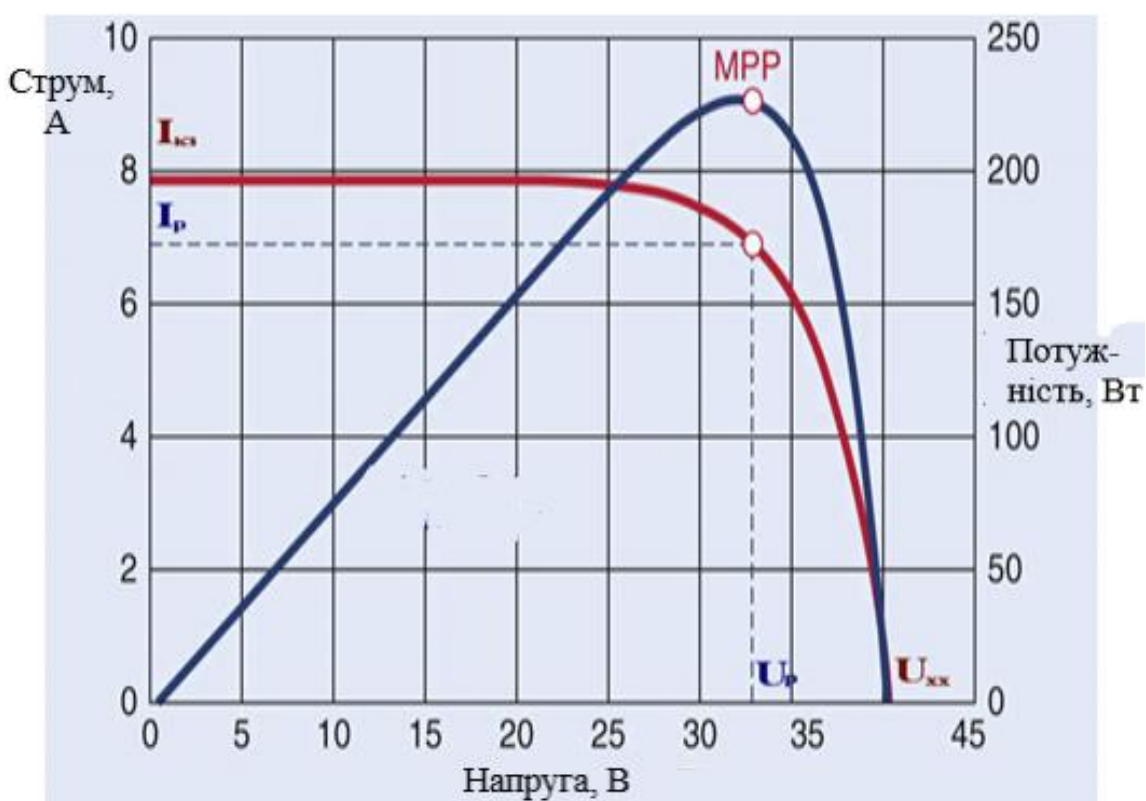


Рисунок 2.1 — Вольт амперна характеристика

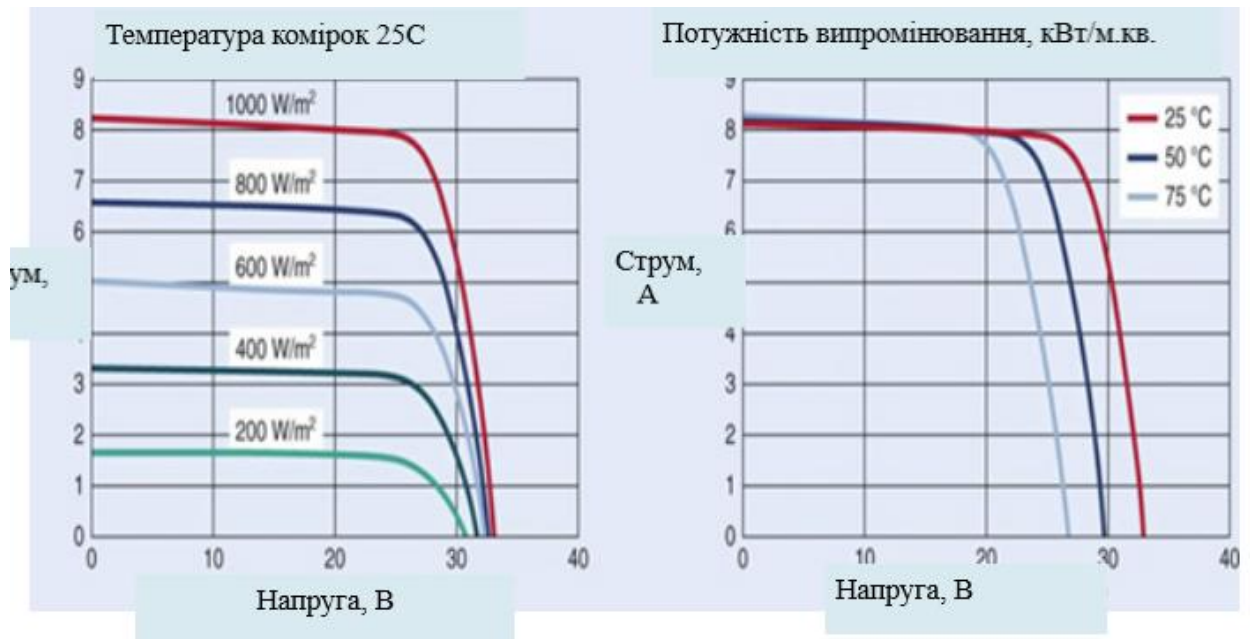


Рисунок 2.2 — Залежність струму та напруги від температури

В незалежності від модифікації основа структури інвертора незмінна вона включає в себе МРРТ(контролер заряду), високо ємнісні конденсатори, інвертор, фільтр, пристрої захисту, та пристрої дистанційного контролю та управління. Змінюється лише вхідне коло яке в стандартному варіанті являє собою підключення панелей напряму до МРРТ, а в версіях S і FS наявність додаткових пристроїв захисту(вимикача постійного струму і запобіжників). МРРТ контролер - це електронний пристрій, що працює в складі комплектів сонячних електростанцій і вітрових установок, що забезпечує режим роботи системи з максимально можливим коефіцієнтом корисної дії на виході.

Робота МРРТ контролеру полягає в тому, що пристрій відстежує силу струму і напругу на джерелі електричного струму і визначає їх співвідношення, при якому значення потужності на виході буде максимальним.



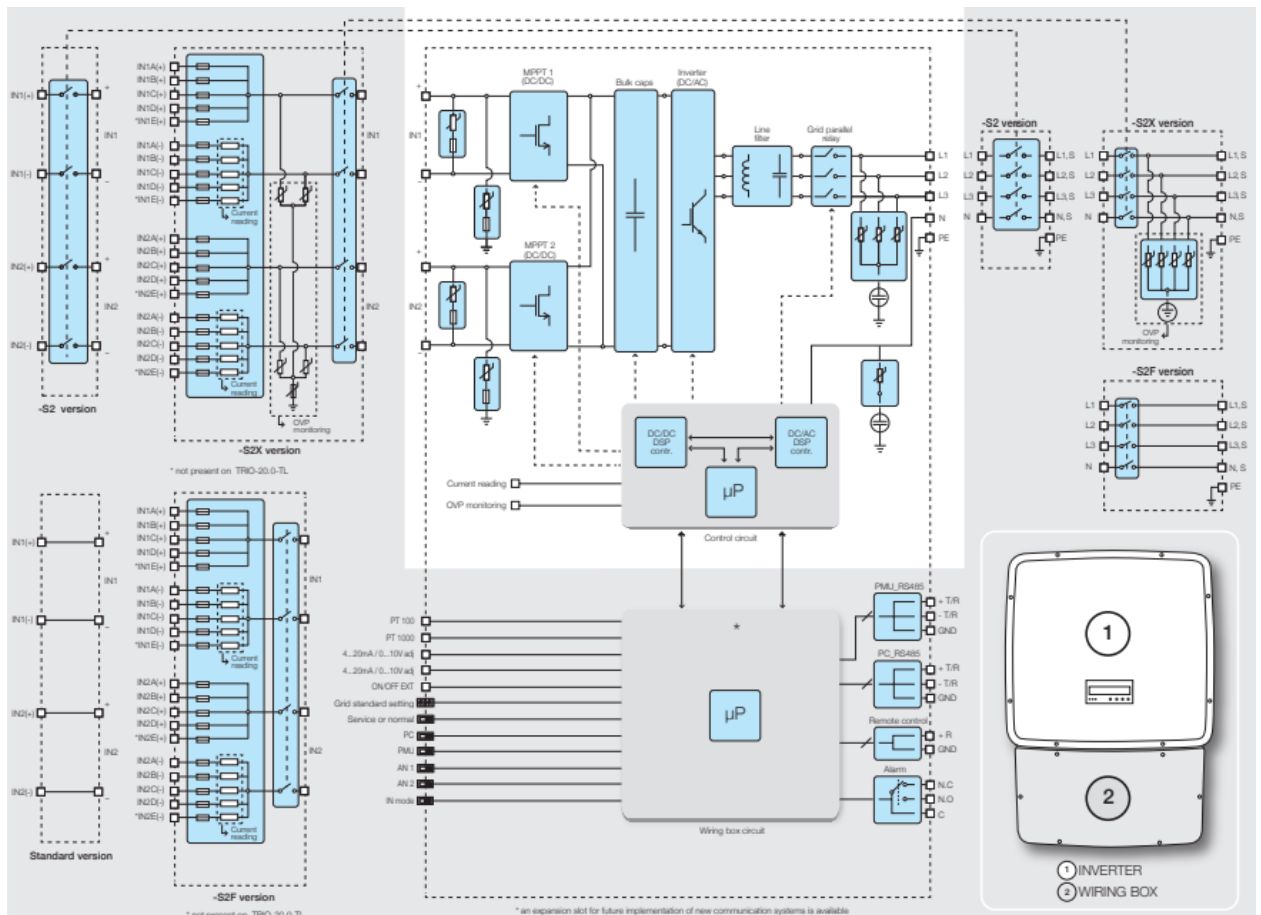


Рисунок 2.3 — Структура інвертора

Цю здатність приладу можна описати як пошук точки максимальної потужності. Крім цього контролер стежить за зарядом акумуляторних батарей, які є накопичувачем електричної енергії, і визначає режим їх роботи (накопичення енергії, насичення, вирівнювання, підтримка), що в підсумку визначає силу струму, що подається на акумулятор.

У залежності від потужності на один трекер (MPPT) можна підключати по декілька стрінгів.

Високоємнісні конденсатори призначені для зменшення пульсацій на вході в інвертор.

Інвертор являє собою мостову схему на тиристорах симісторах або транзисторах які за певним алгоритмом роботи формують вихідний сигнал перетвореного постійного струму в змінний.

Лінійний фільтр це динамічна система, яка використовує для

моделювання вхідного сигналу лінійний оператор для виділення, або відкидання певних частот сигналу та інших функцій по обробці вхідного сигналу [12].

Найчастіше виникає потреба позбутись частот небажаного діапазону для вхідного сигналу, тоді використовуються лінійні фільтри. Вони допомагають відфільтрувати все зайве від певної частоти у сигналі.

Схема контролю призначена для того щоб власник міг спостерігати та контролювати параметри своєї сонячної станції.

Елементи захисту включають в себе ОПН запобіжники і вимикачі.

В залежності від моделі внутрішній захист може відрізнятися.

Інвертор — це пристрій для перетворення постійної напруги у змінну. Отримана напруга з фотомодулей передається до інвертора, той в свою чергу перетворює постійний струм в чисту синусоїду (рис.2.4,6) і передає до електричної мережі. Інвертори розрізняються по типу вхідного сигналу.: Інвертори з чистим синусоїдальним вихідним сигналом. Інвертори, генеруючі квазісинусоїдальний (модифікований синус) вихідний сигнал або меандр;

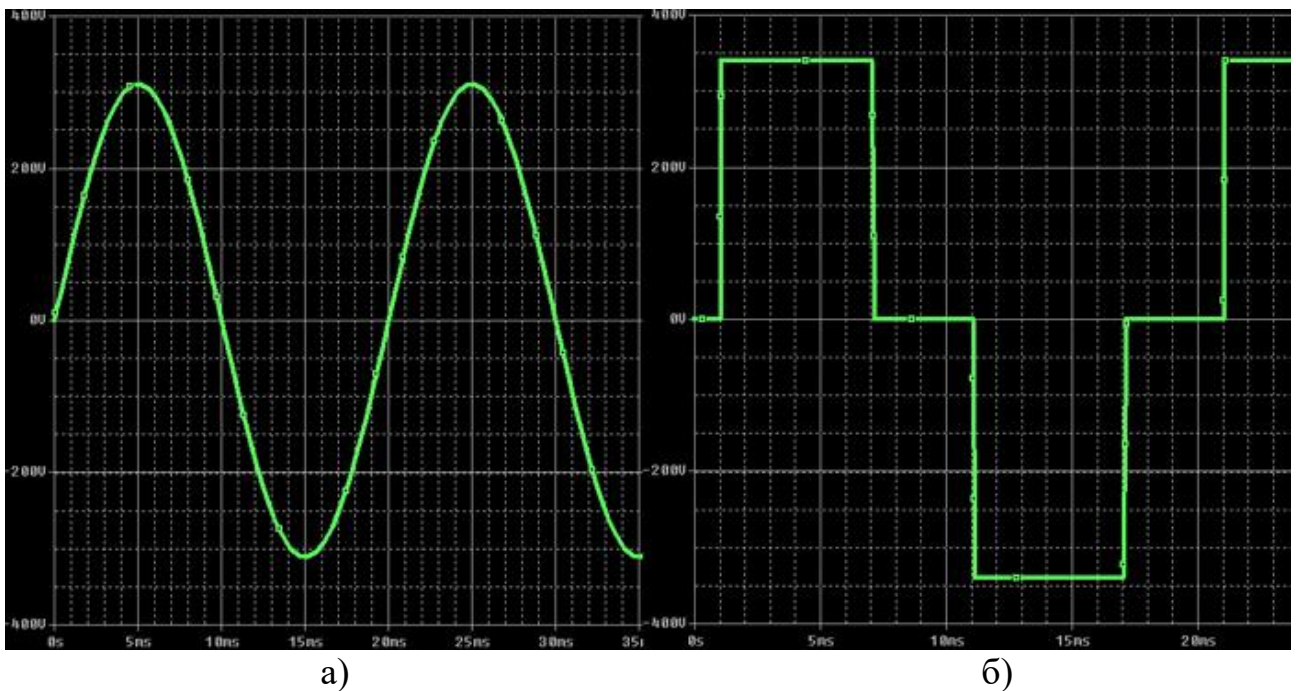


Рисунок 2.4 — Вихідний сигнал інвертора.

Для живлення будь-якого споживача інвертор має видачати

синусоїдальну напругу максимально чистої форми. Інвертори з прямокутною (меандр) формою напруги вузько спеціалізовані і не підходять для живлення асинхронних двигунів чи трансформаторів, побутових приладів, таких як побутові насоси, холодильники, котли, пральні машини та інші.

Інвертори з синусоїдальною вихідною напругою дорожче, ніж квазісинусоїдальні, однак висока вартість забезпечує високу якість отриманої енергії, знижений рівень втрат та збереженням функціональності обладнання.

## 2.2. Принцип дії сонячних панелей, особливості їх виконання

Основою роботи фотовольтаїчної панелі стає фотовольтаїчний ефект, фізика якого давно відома. Фотовольтаїчний ефект полягає в накопиченні на поверхні напівпровідника заряду при потраплянні на його поверхню світла. При чому із збільшенням інтенсивності випромінювання, збільшується вироблений струм.

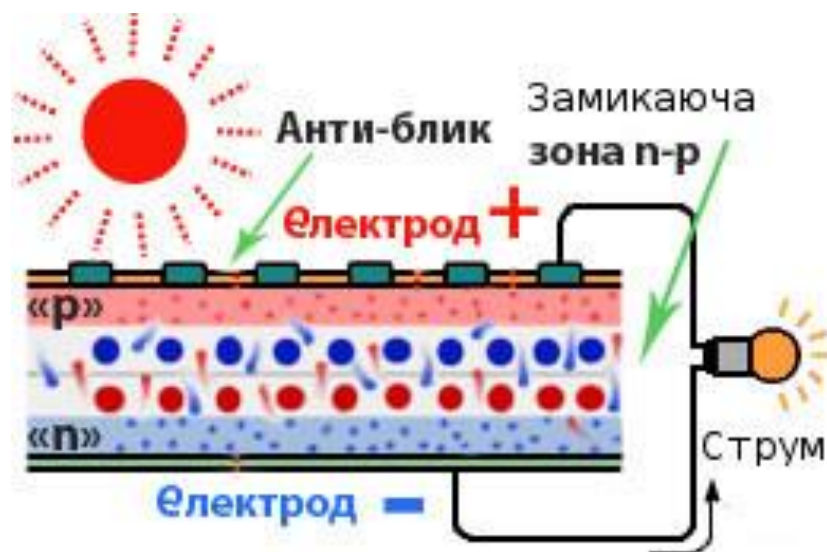


Рисунок 2.5 - Принцип роботи сонячної панелі

В основі фотоелементу лежить напівпровідник, що складається з двох пластин, між якими існує р-n-перехід, активний тільки в одному напрямку. Перші пластини виготовляли переважно з кремнію з додаванням модифікаторів, що надають пластинам потрібні властивості, а саме: одна пластина має надлишок електронів, а інша – їх нестачу, а саме «n» і «р». Між

пластинами є шар, що чинить опір переходу електронів з пластини «n» у пластину «р».

Джерело, що підключене до пластин («+» до «р» і «-» до «n») змушує електрони перейти непрохідний шар електричним полем ззовні. Те саме відбувається під сонячними променями, що падають на поверхню фотоелектричної панелі. Фотони підвищують енергію надлишкових електронів і ті переходять кордон, створюючи електричний струм.

Цьому переходу електронів їх області «р» в область «n» і дірок з області «n» у область «р», також сприяють електричні поля позитивних зарядів, що знаходиться в зоні «n» провідника і негативних - в зоні «р», які ніби втягують в себе, одні - електрони, інші - дірки. У підсумку, шар «n» набуває додаткового негативного заряду, а «р» - позитивного. Результатом цього явища буде поява в напівпровіднику різниці потенціалів (напруги) між двома пластинами [17].

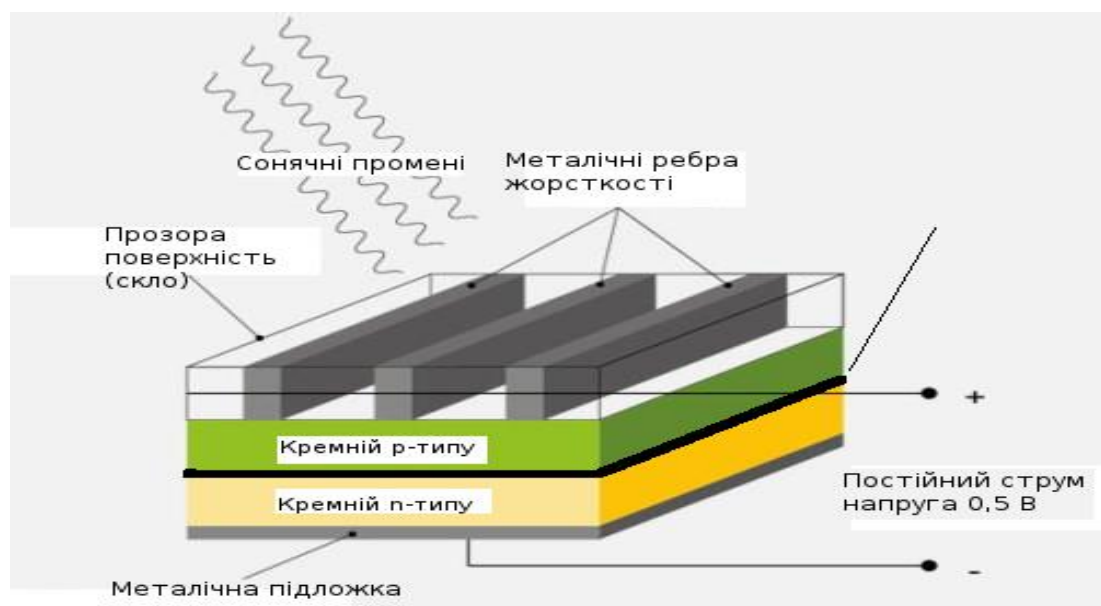


Рисунок 2.6- Конструкція сонячної батареї

Чим більше фотонів падає на поверхню, тим більше електронів переходить з однієї пластини на іншу. Крім того, струм, що має фотоелектричну природу, залежить від площі панелі, температури середовища та самої панелі, тривалості експлуатації панелі (ступеню зношення), матеріалу пластин (коефіцієнту корисної дії) та багатьох інших.

Будова сонячної панелі представлена на рис. 2.5 та 2.6, де видно поверхню р-п переходу, поверхню, на яку падають фотони, що обладнана антибліковою системою для зменшення кількості відбитих променів.

Від матеріалу пластин залежить к.к.д. панелей та термін їх експлуатації. Чистий кремній у виробництві пластин для сонячних елементів практично не використовується. Найчастіше в якості домішок для виготовлення пластини, що виробляє позитивний заряд, використовується бор, а для негативно заряджених пластин миш'як, арсенід, галій, мідь, кадмій, телурид, селен та інші [8]. З розвитком технологій та матеріалів панелі підвищують свої характеристики та менше піддаються впливу температур середовища.

Важливим елементом фотоелектричної панелі є металеві доріжки, що проводять згенерований струм, збираючи його із всієї поверхні панелі і спрямовуючи до розподільного елемента із захисними діодами, що дозволяють відслідковувати перегрівання та затінення.

Поверхня фотоелектричної панелі має бути стійка до зовнішніх впливів, в тому числі до механічного пошкодження, але не перешкоджати проникненню променів. Для цього фотоелемент ламінують спеціальним EVA – шаром, який герметизує елементи панелі, захищає їх від корозії та впливу навколишнього середовища [11]. Зовнішній контур панелі як правило захищають міцним склом, що захищає від серйозних пошкоджень. Оскільки панель має низьку жорсткість, то її підвищують за рахунок міцної металевої рами.

## **Висновки по розділу 2**

У цьому розділі розглянули структурну схему інвертора, схему його підключення. Принцип дії, різновиди та особливості виконання сонячних панелей. З часом конструкції панелей удосконалюються, їх к.к.д. підвищується, а вага знижується, що дає можливість встановлення їх на будь-які конструкції та об'єкти.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ПРИСТРОЇВ СОНЯЧНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

#### 3.1. Розрахунок навантаження будинку

Розрахунок електричного навантаження впливає на вибір перерізу проводів, захисної та комутаційної апаратури. Проводка будинку ділиться на так звані групи. Електроприймачі будинку живляться від однофазної мережі 220 В.

Проектування електропроводок полягає у виборі типу проводу або кабелю та площі поперечного перерізу струмопровідного провідника, а також способів їх прокладки. У межах житлових будівель використовуються, як правило, ізольовані проводи та кабелі з мідними жилами напругою до 1000 В.

Типи проводів або кабелів визначають:

- вид ізоляції струмоведучих жил;
- наявність загальних оболонки і обплетення;
- матеріал струмоведучих жил (мідь, алюміній);
- гнучкість матеріалу струмоведучої жили;
- спеціальне призначення (наприклад: із підвищеною термічною стійкістю та ін.);
- напруга (250, 380, 660 та 1000 В);
- число струмоведучих жил.

Площа поперечного перерізу струмопровідної жили проводів та кабелів вибираються згідно ПУЕ за умовою нагріву тривалим розрахунковим струмом у нормальному та після аварійному режимах та перевіряються по втраті напруги, відповідності струму обраної захисної апаратури.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку електричного навантаження

| Найменування електроприймачів          | Кількість | Встановлена (номінальна) потужність, кВт | Розрахункові коефіцієнти |                     |                            | Розрахункова Потужність, кВт |
|--|-----------|--|--------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|
|  |           |  | Попиту, $k_p$            | Використання, $k_v$ | Потужності, $\cos \varphi$ |                              |
| Електричне освітлення коридору         | -         | 0,045                                    | 0,8                      | 0,6                 | 1                          | 0,0216                       |
| Електричне освітлення кухні            | -         | 0,06                                     | 1                        | 0,8                 | 1                          | 0,048                        |
| Електричне освітлення спальні          | -         | 0,06                                     | 0,6                      | 0,6                 | 1                          | 0,0216                       |
| Електричне освітлення дитячої та ванни | -         | 0,075                                    | 0,6                      | 0,8                 | 1                          | 0,036                        |
| Електричне освітлення вітальні         | -         | 0,07                                     | 0,8                      | 0,8                 | 1                          | 0,0448                       |
| Витяжка                                | 1         | 0,4                                      | 0,6                      | 0,6                 | 0,9                        | 0,144                        |
| Холодильник                            | 1         | 0,6                                      | 1                        | 0,5                 | 0,95                       | 0,3                          |
| Електрочайник                          | 1         | 2,4                                      | 0,5                      | 1                   | 0,9                        | 1,2                          |
| Мікрохвильова піч                      | 1         | 0,9                                      | 0,8                      | 0,8                 | 0,9                        | 0,576                        |
| Праска                                 | 1         | 2,4                                      | 0,6                      | 0,8                 | 0,8                        | 1,152                        |
| Електрична шафа                        | 1         | 3  | 0,8                      | 0,8                 | 1                          | 1,92                         |
| Пилосос                                | 1         | 2  | 0,7                      | 0,8                 | 0,8                        | 1,12                         |
| Телевізор                              | 1         | 0,3                                      | 0,6                      | 1                   | 0,8                        | 0,18                         |
| ПК                                     | 1         | 1,2                                      | 0,6                      | 1                   | 0,65                       | 0,72                         |
| Пральна машина                         | 1         | 2,2                                      | 1                        | 0,6                 | 0,8                        | 1,32                         |
| Котел                                  | 1         | 2,5                                      | 0,8                      | 0,8                 | 1                          | 1,6                          |
| Вентиляційна установка                 | 1         | 0,135                                    | 0,8                      | 1                   | 1                          | 0,108                        |
| Усього:                                |           | 18,345                                   |                          |                     |                            | 10,512                       |

При прокладанні всередині приміщень площа поперечного перерізу

обирається за максимальним розрахунковим струмом навантаження:

$$I_{д.н} \geq I_{pmax}, \quad (3.1)$$

де  $I_{д.н}$  – допустимий номінальний струм навантаження провідника, А;  
 $I_{pmax}$  – максимальний розрахунковий струм навантаження, А.

При цьому номінальний струм автоматичного вимикача, який захищає провідник, повинен бути рівний або більшим за максимальний струм навантаження.

Для розрахунку потрібно знати, які приймачі будуть у квартирі, їхню кількість та потужність, а також враховувати усі необхідні коефіцієнти. Вихідні данні показані у таблиці 3.1.

Розрахунок активної потужності для кожної групи електроприймачів розраховується за формулою:

$$P_p = \sum P_{вс} k_{п} k_{в}. \quad (3.2)$$

Розрахунковий струм для кожної групи електроприймачів розраховується за формулою:

$$I_p = \frac{P_{грп}}{U_n \cos \varphi}. \quad (3.3)$$

Проведемо розрахунок для першої групи. Перша група включає в себе освітлення коридору. Розраховуємо розрахункову потужність за формулою (3.4):

$$P_{грп1} = 45 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 0,0216 \text{ кВт}. \quad (3.4)$$

Розраховуємо розрахунковий струм за формулою (3.5):

$$I_{грп1} = \frac{21,6}{220} = 0,13 \text{ А}. \quad (3.5)$$

На основі розрахункового струму обираємо 3-жильний кабель марки ВВГнг із площею поперечного перерізу  $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ , тривало-допустимий струм якого складає 19 А .[8]

Аналогічно проводимо розрахунок для кожної групи електроприймачів та заносимо результати до таблиці 3.2.



Таблиця 3.2 Розрахунковий струм та площа поперечного перерізу проводу для кожної групи

| № групи                 | Найменування електроприймачів             | Розрахунковий струм, А | Переріз проводу, мм <sup>2</sup> |
|-------------------------|---|------------------------|----------------------------------|
| Група 1                 | освітлення коридору                       | 0,098                  | 3x1,5                            |
| Група 2                 | освітлення кухні                          | 0,21                   | 3x1,5                            |
| Група 3                 | освітлення спальні                        | 0,098                  | 3x1,5                            |
| Група 4                 | освітлення дитячої та ванної              | 0,16                   | 3x1,5                            |
| Група 5                 | освітлення вітальні                       | 0,2                    | 3x1,5                            |
| Група 6                 | пральна машина                            | 7,5                    | 3x2,5                            |
| Група 7                 | котел                                     | 7,27                   | 3x2,5                            |
| Група 8                 | телевізор, пілосос                        | 7,38                   | 3x2,5                            |
| Група 9                 | персональний комп'ютер, праска            | 11,57                  | 3x2,5                            |
| Група 10                | електрична шафа                           | 8,72                   | 3x2,5                            |
| Група 11                | холодильник                               | 1,43                   | 3x2,5                            |
| Група 12                | витяжка, мікрохвильова піч, електрочайник | 9,68                   | 3x2,5                            |
| Група 13                | вентиляційна установка                    | 0,49                   | 3x1,5                            |
| Усього ( $K_0 = 0,5$ ): |   | 27,4                   | 3x4                              |

## 3.2. Розрахунок параметрів фотопанелей та інвертора

Визначаємо напрям півдня за схемою рис. 3.1.



Рисунок 3.1 — Визначення напрямок півдня [9]

Вирішуємо встановлювати панелі на Південний-захід(SW) під кутом  $200^\circ$ . Так нам буде зручніше встановлювати панелі. Фотомодулі будуть встановлені всі під одним і тим самим кутом.

2) Обираємо потрібне нам обладнання.

Панель моделі: Монокристалічний фотомодуль LP182\*182-M-54-MH (Таблиця 3.3)[6]

Інвертор моделі: ABB TRIO-27.6-TL-OUTD[7]

Таблиця 3.3— Характеристики фотомодуля

| Монокристалічний фотомодуль LP182*182-М-54-МН |   |
|---|---|
| Виробник панелі                               | Leapton   |
| Країна виробник панелі                        | Японія  |
| Тип батареї (панелі)                          | Монокристал   |
| Потужність $P_{mp}$                           | 390Вт   |
| Вага панелі                                   | 21,5кг  |
| Параметри розмірів                            | 1724мм x1134мм x30мм  |
| Продуктивність                                | 95% - 5 років; 90% - 12 лет; 85%<br>- 18 років; 80% - 25 років  |
| Струм короткого замикання ( $I_{sc}$ )        | 13,50А  |
| Гарантія на панель                            | 15 лет  |
| Напруга холостого ходу ( $U_{oc}$ )           | 36,54В  |
| Тип фотоелемента                              | 182x182мм   |
| Макс. напруга                                 | 1500В   |
| Струм МРРТ                                    | 40 А  |
| Макс. струм                                   | 64 А  |
| Напруга МРРТ                                  | 28.38 В   |
| КПД- $\eta$                                   | 98,2%   |
| Темп. Коефіцієнт $U_{xx}$ ( $U_{oc}$ ) бетта  | -0,28 %/°C  |
| Темп. Коефіцієнт $I_{kз}$ ( $I_{sc}$ ) альфа  | +0.05 %/°C  |
| Темп. Коефіцієнт $P_m$ ( $P_{mp}$ ) гамма     | -0.36 %/°C  |
| НОСТ  | Потужність $P_{mpprt}$ (Вт) 239,58<br>Напруга ХХ $U_{xx}$ (В) 42,41<br>Струм КЗ $I_{kз}$ (А) 7,25<br>Напруга МРР $U_m$ (В) 34,58<br>Струм МРР НОСТ $I_m$ (А) 6,93 |
| Робоча температура                            | - 25... +60°C   |
| Тип конектора                                 | МС4   |
| Кількість шин                                 | 4ВВ   |
| Кількість комірок                             | 72 шт   |
| Розподільча коробка                           | IP67, з діодами   |
| Довжина кабеля                                | 900 мм  |
| Переріз кабеля фотомодуля                     | 4 мм <sup>2</sup>   |

### 3) Розрахунок

Температурні коефіцієнти дозволяють розрахувати напругу і потужність, що генеруються сонячною панеллю в граничних умовах, з постійним значенням сонячної радіації. В Україні панелі можуть працювати в температурному діапазоні від - 25 до +60°C ° C тому для таких граничних умов проводяться розрахунки.

#### 1. Максимальний струм у колі.

$$I_{SC (Tr)} = I_{SC} \left[ 1 + (Tr - 25) \frac{\alpha_T}{100} \right] \quad (3.6)$$

$I_{SC (Tr)}$  — значення струму сонячної батареї при 60 ° C;

$I_{sc}$  — значення струму в умовах STC, вказанне в характеристиці модуля (13,50 A);

$T_r$  — максимальна температура (60 °C);

$\alpha_T$  — температурний коефіцієнт  $I_{sc}$  (0,05 %/°C).

$$I_{SC (Tr)} = 13,5 * \left( 1 + (60 - 25) * \left( \frac{0,05}{100} \right) \right) = 13,73(A)$$

#### 2. Максимальна напруга в мережі.

$$U_{OC (Tr)} = U_{OC} \left[ 1 + (Tr - 25) \frac{\beta_T}{100} \right] \quad (3.7)$$

$U_{OC (Tr)}$  — значення напруги при температурі — 25 °C;

$U_{oc}$  — напруга холостого ходу (36,54 V);

$T_r$  — мінімальна робоча температура (-25 °C);

$\beta_T$  — температурний коефіцієнт модуля (-0,28%/°C).

$$U_{OC (Tr)} = 36,54 * \left( 1 + (-25 - 25) * \left( \frac{-0,28}{100} \right) \right) = 41,67(V)$$

#### 3. Кількість модулів в стрінгу з'єднано послідовно.

$$N_{max} \leq U_{DC max} / U_{OC (TR)} \quad (3.8)$$

$$N_{\max} \leq \frac{1000}{41,67} = 23,99$$

Отримали значення в один стрінг можна підключити 23 сонячних панелей.

4. Розрахунок мінімальної кількості модулів у колі з врахуванням допустимої пускової напруги інвертора.

$U_{oc}(T_{\max})$  — напруга при максимальній температурі  $60^{\circ}\text{C}$ ;

$U_{oc}$  — напруга холостого ходу (36,54 В);

$T_{\max}$  — максимальна робоча температура ( $60^{\circ}\text{C}$ );

$\beta_T$  — температурний коефіцієнт модуля ( $-0,28\ \%/^{\circ}\text{C}$ );

$N_{\min}$  — мінімальна кількість сонячних батарей;

$U_{dcstart}$  — початкова напруга (250 В).

$$U_{OC}(T_{\max}) = U_{OC} \left[ 1 + (T_{\max} - 25) \frac{\beta_T}{100} \right]$$

$$N_{\min} \geq U_{DC\ start} / U_{OC}(T_{\max}) \quad (3.9)$$

$$U_{OC}(T_{\max}) = 36,54 * \left( 1 + (60 - 25) * \left( \frac{-0,28}{100} \right) \right) = 32,95(\text{Вm})$$

$$N_{\min} \geq \frac{250}{32,95} = 7,58$$

Обираємо найближче ціле число в бік зростання це не менше 8 модулів в один стрінг.

5. Підраховуємо допустиму кількість модулів у колі з врахуванням МРР трекара інвертора.

Наш інвертор має робочий діапазон МРРТ (200-950 В), а діапазон максимальної потужності МРРТ (480-800 В).

$$U_{MPP}(T_{\max}) = U_{MPP(StC)} \cdot \left[ 1 + (T_{\max} - 25) \frac{\beta_T}{100} \right]$$

$$N_{\min} \cdot U_{MPP}(T_{\max}) \geq U_{DC\ min} \quad (3.10)$$

$U_{mpp}(T_{max})$  — напруга сонячної батареї при  $60^{\circ}C$ ;

$U_{mpp(stc)}$  — оптимальна напруга МРРТ (36,54 В);

$T_{max}$  — максимальна робоча температура ( $60^{\circ}C$ );

$\beta_T$  — індекс температури модуля ( $-0,28\%/^{\circ}C$ );

$N_{min}$  — мінімальна кількість модулів в стрінгу;

$U_{dc\ min}$  — мінімальне значення МРРТ інвертора (200 В);

$$U_{MPP(T_{max})} = 36,54 * \left( 1 + (60 - 25) * \left( \frac{-0,28}{100} \right) \right) = 32,95(V)$$

$$N_{min} \geq \frac{200}{32,95} = 6,06$$

Таким чином рекомендовано встановлювати не менше 6 модулів в стрінг для оптимальної роботи МРРТ інвертора.

6. Перевірка сумарної кількості сонячних модулів з врахуванням номінальної потужності інвертора.

Розраховуємо кількість модулів згідно рекомендованого діапазону.

$$P_{ac,r} \cdot 0,8 / P_{mpp} \leq N_{sum\ gen} \leq P_{ac,r} \cdot 1,2 / P_{mpp} \quad (3.11)$$

$P_{ac,r}$  — номінальна потужність інвертора (30 000 Вт).

$$\frac{28600 * 0,8}{390} \leq N_{sum\ gen} \leq \frac{28600 * 1,2}{390}$$

$$59 \leq N_{sum\ gen} \leq 88$$

Таким чином оптимальна кількість сонячних батарей має знаходитись в межах від 59 до 88 шт.

Згідно з розрахунками, до інвертора «TRIO-27.6-TL-OUTD ABB» рекомендовано підключати від 59 до 88 сонячних батарей «390W LP182\*182-M-54-MH». При цьому в одному стрінгу має бути від 8 до 23 панелей підключених послідовно. На один із входів МРР доступно паралельне підключення панелей не більше ніж у 2 ряди.

### 3.3. Розробка схеми підключення панелей до інвертора

Згідно з розрахунками, до інвертору TRIO-27.6-TL-OUTD ABB рекомендується підключати від 59 до 88 сонячних батарей LP182\*182-M-54-MH. При цьому в одному стрінги має бути від 8 до 23 панелей підключених послідовно. На один із входів MPPT можливо паралельне підключення панелей не більше ніж в 1 ряду.

Отже беремо 80 сонячних батарей і підключаємо до кожного входу MPPT один стрінг с 20 панелей (рис. 3.2).

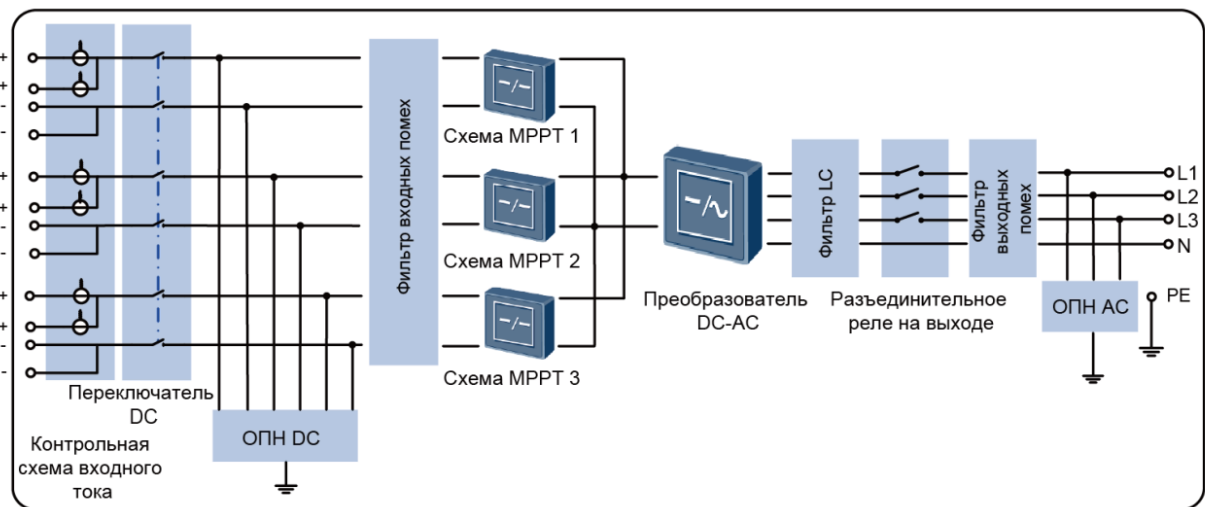


Рисунок 3.2 – Підключення інвертору

Перемикач DC призначений для відключення фотомодулів на випадок аварії або технічного обслуговування. ОПН у деяких випадках, обладнання може опинитися під впливом підвищеної, порівняно з номінальною, напруги (при грозі або комутаціях електричних ланцюгів). В цьому випадку, зростає ймовірність пробою ізоляції установки. Нелінійні обмежувачі перенапруг призначені для використання в якості основних засобів захисту електрообладнання станцій і мереж середнього і високого класів напруги змінного струму промислової частоти від комутаційних і грозових перенапруг. Обмежувачі застосовуються замість вентилярних розрядників відповідних класів напруги і включаються паралельно захисним пристроям або установці.

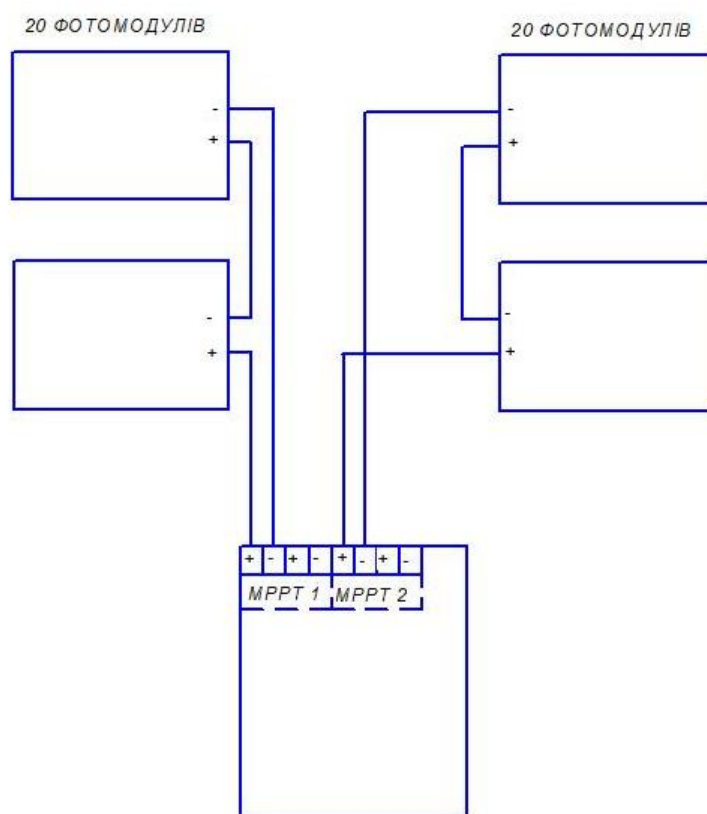


Рисунок 3.3 – Підключення панелей до інвертора

### Висновки по розділу 3

У цьому розділі представлений приклад розрахунку навантаження будинку, фотоелектричних панелей та інвертора, а також приклад розробки схеми підключення фотоелектричних панелей до інвертора.

Нелінійні обмежувачі перенапруг призначені для використання в якості основних засобів захисту електрообладнання станцій і мереж середнього і високого класів напруги змінного струму промислової частоти від комутаційних і грозових перенапруг.



## РОЗДІЛ 4

### РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ AURORA VISION

Більшістю світових виробників сонячних інверторів розроблені спеціалізовані он-лайн ресурси, які дозволяють швидко та просто визначати склад системи, проводити діагностику сонячної електростанції, здійснювати аналіз і порівняння даних в режимі реального часу та презентувати дані в зручному форматі. Запорукою успішної експлуатації фотоелектричної системи є визначення оптимальної конфігурації з врахуванням географічного розташування, орієнтації та кута нахилу панелей, типу розміщення (наземне чи дахове), затінення, властивостей обладнання.

Обов'язковою умовою для отримання розширеного гарантійного обслуговування є реєстрація сонячної станції на інтернет-ресурсі виробника. Найбільш популярними серед інсталяторів є програми Solar Web (Fronius), Sunny Portal (SMA), Solar Edge Monitoring Portal (Solar Edge), Aurora Vision (ABB), Kostal Demo Piko (Kostal), NetEco (Huawei) тощо. Зокрема, компанія Fronius, за умови реєстрації інвертора на спеціалізованому сайті та підключенні до моніторингу, надає розширену міжнародну гарантію на 7 років, стандартна гарантія – 5 років.

Платформа управління Aurora Vision – це хмарна технологія, що використовується для розширення можливостей моніторингу сонячних електростанцій з інверторами ABB. Aurora Vision пропонує декілька способів контролю та керування. Plant Viewer – простий браузер для перегляду інформації за допомогою мобільних пристроїв на базі IOS, Android. Plant Portfolio Manager – середовище, що використовується операторами та інсталяторами для моніторингу та управління портфоліо сонячної електростанції з комп'ютера чи ноутбука.

За допомогою Plant Portfolio Manager зручно аналізувати параметри на виході інвертора з метою подальшого визначення стану мережі особливо на

початковій стадії експлуатації установки. У випадку значного зростання напруги, яке супроводжується обмеженням потужності інвертора, необхідно вжити заходів щодо зменшення опору петлі "фаза-нуль" або зниження вихідної напруги силового трансформатора. На рисунку зображено графік виробленої енергії під час роботи інвертора на мережу з підвищеним опором.

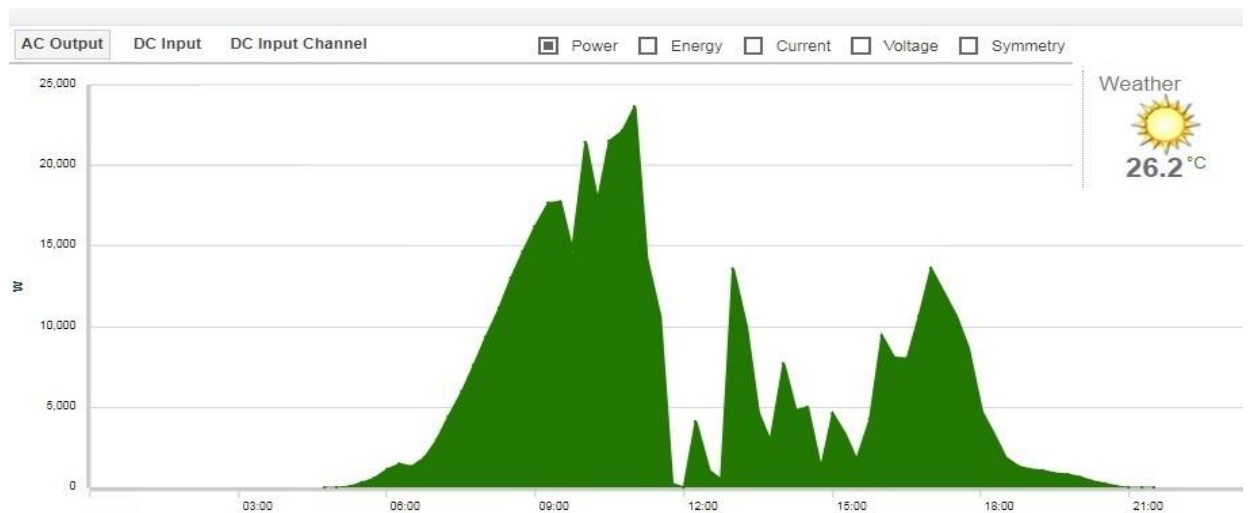


Рисунок 4.1 - Графік продуктивності в умовах підвищеного опору мережі

За допомогою віддаленого моніторингу вдалося встановити причину низької продуктивності установки та аргументувати необхідність покращення параметрів мережі у зверненні до енергопостачальної організації. На рисунку зображено графік продуктивності установки після усунення несправностей на ділянці інвертор – трансформатор.

Plant Portfolio Manager включає всі інструменти, необхідні для налаштування, встановлення, функціонування та адміністрування портфоліо сонячної електростанції, включаючи контроль інверторів, реєстраторів, метеостанцій та датчиків, управління акаунтами, інструменти усунення несправностей та звітність. Оператори та інвестори можуть застосовувати засоби віддаленої діагностики, спільно вирішувати проблеми сонячної електростанції, одночасно зменшуючи необхідність віддалених відвідувань. Також налаштування забезпечують власникам можливість приватного моніторингу. Це дозволяє здійснювати адміністрування станції без

стороннього втручання.

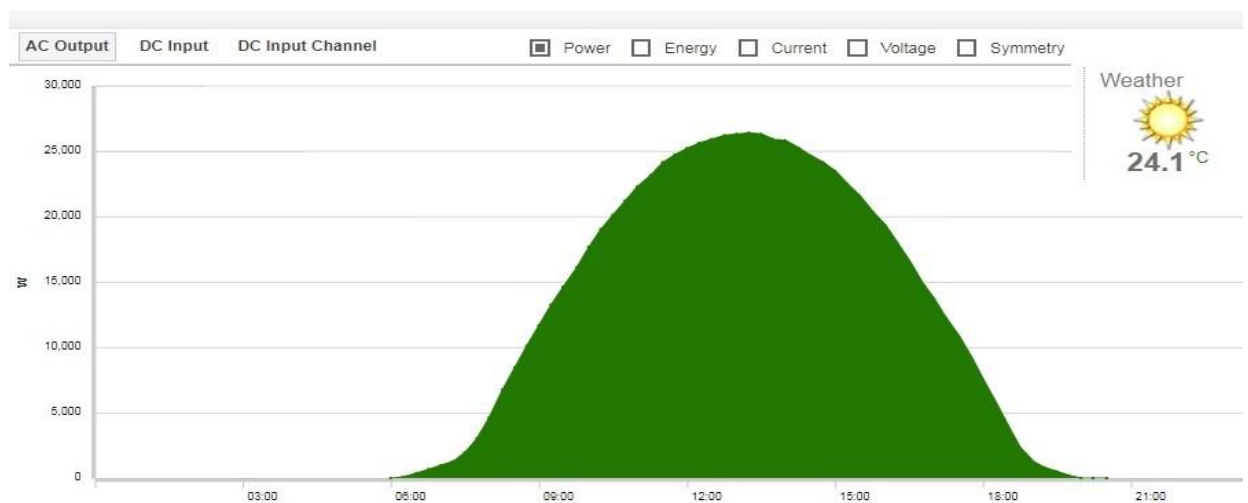


Рисунок 4.2 - Графік продуктивності після налаштування мережі

Для реалізації моніторингу Aurora Vision застосовують модулі VSN300 для малих станцій та VSN700 для промислових об'єктів. Зокрема, плата VSN300 може працювати в двох режимах. Access Point Mode передбачає тільки локальний моніторинг. У цьому випадку плата функціонує як точка доступу, до якої користувач може підключитися локально. Station Mode (режим станції) забезпечує локальний та віддалений моніторинг.

Загалом користувачі Aurora Vision можуть ділитися із співробітниками та бізнес-партнерами ключовими інструментами, необхідними для управління сонячною енергією, включаючи адміністрування активів, перегляд стану пристроїв, огляд операційних проблем, доступ до звітів клієнтами та відділами технічної підтримки. Усі продукти Aurora Vision повністю інтегровані, щоб працювати синхронно та надавати зацікавленим сторонам необхідну інформацію. Моніторинг з браузера та мобільних пристроїв виконується безкоштовно для всіх зареєстрованих інверторів АВВ. Підключення до мережі Інтернет виконується за допомогою бездротового підключення WLAN. Підтримуються стандарти IEEE 802.11b/g/n (2,4 ГГц), Modbus, TCP (SCADA), SunSpec.

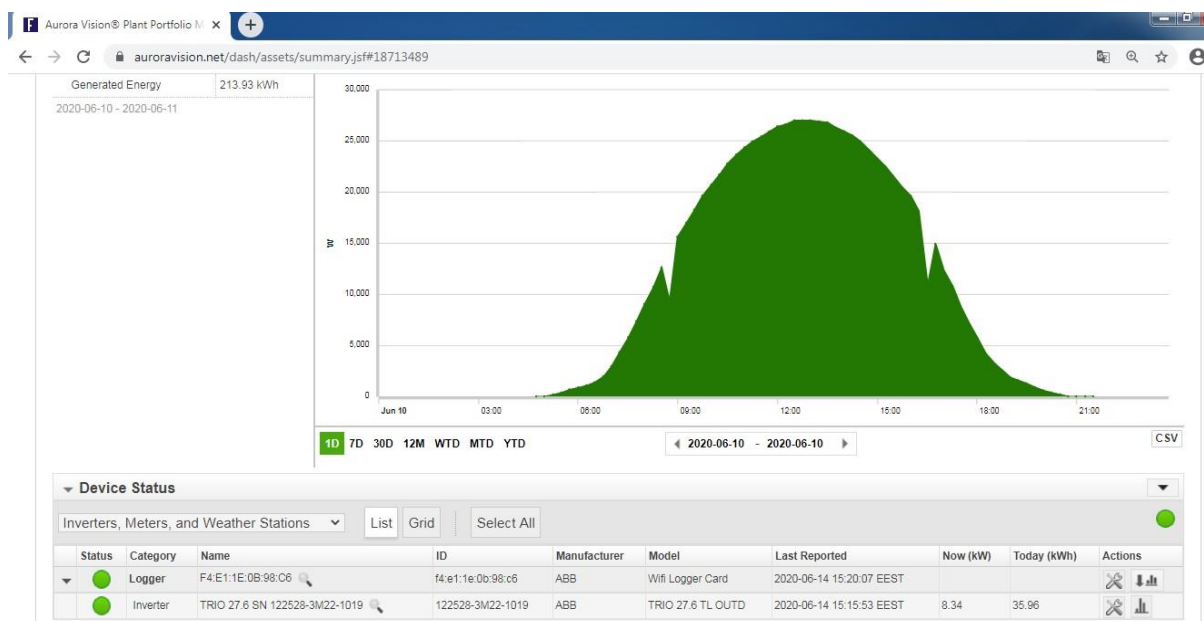


Рисунок 4.3 - Сторінка моніторингу Aurora Vision

Можливості сучасного моніторингу дозволяють здійснювати повноцінну діагностику станції на протязі всього терміну експлуатації та оперативно реагувати на виникнення позаштатних режимів.

#### Висновки по розділу 4

У цьому розділі розглянуто систему моніторингу сонячної електростанції, описані можливості сучасного моніторингу і інструменти для реалізації моніторингу.

Застосування спеціалізованих он-лайн ресурсів дозволяє інсталяторам вирішувати повсякденні задачі, допомагає вчасно виявляти помилки та забезпечує безвідмовну роботу установки.

## ВИСНОВКИ

В науковій роботі розглянуто питання впровадження відновлювальної енергетики для потреб домогосподарства. Основне завдання роботи – опис алгоритму дій та необхідних документів для оформлення зеленого тарифу, розрахунок та вибір пристроїв сонячного електропостачання та впровадження моніторингу для оптимальної та безперебійної роботи.

Розглянуті типи фотоелектричних систем, проаналізовано світовий досвід впровадження зеленого тарифу, алгоритм оформлення зеленого тарифу и список необхідних документів. Електрогенеруючі станції можна розміщувати на спецділянках "земля енергетики", які можуть надати приватні особи або органи державної влади.

Правильний вибір системи сонячної енергетичної станції гарантує довготривалу економічно ефективну її експлуатацію. Це сприятиме подальшого розповсюдження і поширення фотовольтаїчних систем.

Розглянуто структурну схему інвертора, схему його підключення. Принцип дії, різновиди та особливості виконання сонячних панелей. З часом конструкції панелей удосконалюються, їх к.к.д. підвищується, а вага знижується, що дає можливість встановлення їх на будь-які конструкції та об'єкти.

В ході виконання роботи був проведений розрахунок навантаження будинку. Виконаний вибір та розрахунок панелей, інвертора та розроблена схема підключення панелей до інвертора. Розроблено та впроваджено систему моніторингу. Розглянуто систему моніторингу сонячної електростанції, описані можливості сучасного моніторингу і інструменти для реалізації моніторингу. Застосування спеціалізованих он-лайн ресурсів дозволяє інсталяторам вирішувати повсякденні задачі, допомагає вчасно виявляти помилки та забезпечує безвідмовну роботу установки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/uk/publish/article>.
2. Типи фотоелектричних систем – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.warm.com.ua/fotoelektrychni-systemy/>
3. Досвід зеленого тарифу – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2015/02/10/527157/>
4. Досвід зеленого тарифу у Чехії – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecotown.com.ua/news/Dosvid-CHekhiyi-YAk-strimkyy-rozvytok-VDE-pereris-u-huchnyy-skandal/>
5. Зелений тариф – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://sun-energy.com.ua/solar-power/nashi\\_poslugi/yuridichne-oformlenia](https://sun-energy.com.ua/solar-power/nashi_poslugi/yuridichne-oformlenia)
6. Фотомодулі – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.leaptonenergy.jp](http://www.leaptonenergy.jp)
7. Інвертор – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.abb.com](http://www.abb.com)
8. Бурбело, М. Й. Б91 Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
9. Компас – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-ua.info/map-kompas.htm>
10. Як перевантаження інвертора підвищує ефективність роботи СЕС – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.solartec.ua/ua/news/item/pochemu-nuzhno-peregruzhat-invertor-fotovoltaicheskoy-sistemy>
11. Практична реалізація системи на сонячних батареях для економії електроенергії – Режим доступу: <http://www.ecosvit.net/ua/sistema-na-sonyachnih-batareyah-pidklyuchennya>
12. Solar Power Industry 2018. <https://www.reportlinker.com/marketreport/Solar-Energy/6514/Solar-Power>.
13. Виссарионов В.И. и др. Солнечная энергетика. Учебное пособие для вузов.

Москва: МЭИ, 2008. 276 с.

14. Chopra K.L., Das S.R. Thin Film Solar Cells. – New York, Plenum Press, 1983. –607p.
15. Shivashankar S., Mekhilef Saad, Mokhlis Hazlie, Karimi M., Mitigating methods of power fluctuation of photovoltaic (PV) sources – A review. Elsevier. June 2016. Vol. 59. P. 1170—1184. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.059>
16. Буратинський І.М. Аналіз застосування систем акумулювання електроенергії в енергосистемах з великим обсягом відновлюваних джерел енергії. Проблеми загальної енергетики. 2019, Вип. 4(59). С. 63—67. <https://doi.org/10.15407/pge2019.04.063>
17. Capital Cost and Performance Characteristic Estimates for Utility Scale Electric Power Generating Technologies. U.S. Energy Information Administration. February 2020, EIA – 2020. Case 24. Solar photovoltaic, 150 MVac. P. 24-1—24.6.
18. Солнечная энергетика: учеб.пособие для вузов / В. И. Виссарионов, Г. В, Дерюгина, В. А. Кузнецов, Н.К. Малинин; под ред. В.И. Виссарионова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 276 с.
19. Manikandan, V. Porkodi, Amin Salih Mohammed and M. Sivaram (2018), “Privacy preserving data mining using threshold based fuzzy cmeans clustering”, ICTACT Journal On Soft Computing, 2018, Vol. 09, Issue 01, pp. 1813-1816.
20. Фаренбрух А. Солнечные элементы: теория и эксперимент : [Пер. с англ. И. П. Гавриловой и А. С. Даревского; под ред. М. М. Колтуна] / А. Фаренбрух, Р. Бьюб. — М. : Энергоатомиздат, 1987. — 280 с.
21. Электротехнические проблемы создания преобразовательных установок для солнечных и ветровых электростанций / Бородулин М. Ю., Кадомский Д.Е. // Электрические станции. –1997. — № 3. – с.53-57.