



Роман Теренник¹
Роман Калиняк²
Леонід Дерев'янченко³

ВРІВНОВАЖЕНА ЕНЕРГЕТИКА: ВИКОРИСТАННЯ ПАНЕЛЕЙ ВІРВ - ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МІСТ

ZRÓWNOWAŻONA ENERGIA: WYKORZYSTANIE PANELI BIPV – JAKO ŚRODKA W KIERUNKU ZWIĘKSZENIA EKOLOGICZNOŚCI MIAST

Streszczenie: W warunkach ograniczonych ilości paliw i uranu, skrócenie w kierunku odnawialnych źródeł energii jest nieuniknione i jest po prostu niezbędne. Jednym z najbardziej obiecujących technologii wykorzystania odnawialnych źródeł energii są systemy fotowoltaiczne. Systemy fotowoltaiczne (PV) stanowią środki produkcji energii elektrycznej na miejscu przy wykorzystaniu Słońca, nie zależy od dostaw energii, a także nie szkodzą środowisku, ponieważ pracują bez zanieczyszczenia środowiska i nie wyczerpują zasobów Ziemi. Urządzenia te wytwarzają energię elektryczną z promieni słonecznych i nie wymagają szczególnego serwisu czy napraw.

Słowa kluczowe: strategia zrównoważonego rozwoju, zasoby ziemi, odnawiane źródła energii, panele fotowoltaiczne.

Abstract: In conditions of limited quantities of fuel and uranium, turning towards renewable energy sources is inevitable and is simply necessary. Solar systems are one of the most promising technologies for using renewable energy sources. Photovoltaic (PV) systems are means of producing electricity on site, directly from the Sun, do not depend on energy supplies, and do not harm the environment, because they operate without pollution and do not exhaust the resources of the Earth. These devices generate electricity from the sun's rays and do not require any special service or repairs.

Keywords: Sustainable development strategy, land resources, renewed energy sources, photovoltaic panels.

¹ National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", graduate of master degree, Electronic Engineering.

Ukończył Politechniczny Uniwersytet, na kierunku Ekologiczna Budowa Maszyn. Interesuje się rozwojem branży energetycznej, integracją kraju i wejściem w społeczność europejską.

² Kropyvnytskyi State Technical University, Graduate of Bachelor Degree, Mechanical Engineering Department.

W 2016 roku ukończył Kirowogradski Narodowy Uniwersytet, otrzymał dyplom licencjacki (Inżynieria maszyn). Jego główne zainteresowania to rozwój produkcyjnej i energetycznie niezależnej Ukrainy zgodnie z celami zrównoważonego rozwoju.

³ Wyższa Szkoła Logistyki w Poznaniu, 1 rok studiów magisterskich, kierunek: Logistyka transportowa. W 2016 roku ukończyłem Kirowogradski narodowy uniwersytet, otrzymałem dyplom licencjacki (Inżynieria maszyn). W roku 2017 zacząłem studiować w WSL w Poznaniu. Głównymi zainteresowaniami są – rozwój społeczeństwa, gospodarka europejska, popularyzacja Strategii Rozwoju Zrównoważonego, rozwój niepodległości Ukrainy ze względu energetycznego obszaru.

Вступ

В епоху зростання цін на електроенергію та енергію все більше і більше наголошують на тому, що споруда має бути енергозберігаючою та, бажано, самостійною в питанні енергії.

Це завдання може бути виконане фотоелектричною установкою, яка виробляє електрику від сонячного випромінення, що, крім того, дозволяє поліпшити теплові властивості будівлі. Найкращим і все більш популярним способом зібрати сонячні промені є системи, інтегровані з будівлею - BIPV (*будівельно інтегрованої фотогальванічні станції*).

Інтегровані фотоелектричні системи - це елементи будівель, в яких традиційні будівельні матеріали є замінені фотоелектричними модулями. На практиці це означає, що вони можуть бути встановлені в будь-якому місці в будинку, все це залежить від того, які додаткові або основні функції в додаток до генерації електроенергії, модуль повинен виконувати. Можна відрізнити конструкції, які будуть функціонувати як дах, фасад, затінення, декоративні конструкції або просто скління поверхонь.

Все частіше система BIPV враховується архітекторами на стадії проектування, однак, існуючі будівлі також можуть бути обладнані такими системами. Перевага BIPV по відношенню до установки автономних сонячних модулів є те, що початкові капітальні витрати зменшуються за рахунок зменшення суми, яку ми змушені платити за будівельний матеріал, а також за рахунок уникнення дублювання витрат на робочу силу. Крім того, оскільки BIPV є невід'ємною частиною проекту, вона має більш естетичну форму, ніж традиційні рішення при встановленні звичайних панелей. Ці переваги роблять BIPV одним з найбільш швидко зростаючих сегментів індустрії PV.

Характеристика систем BIPV

Вбудовані фотоелектричні системи найкраще працюють там, де електроенергія використовується, в основному протягом дня, а також, де можна використовувати вільне місце, таке як дах або фасад. Такі структури включають:

- офісні будівлі;
- торгові центри;
- залізничні станції та автобусні зупинки;
- школи, університети;
- лікарні;
- громадські будівлі, такі як офіси,
- промислові будівлі тощо.

BIPV можуть бути встановлені в різних формах.

На плоских поверхнях даху вони найчастіше з'являються у вигляді тонкоплівкових сонячних елементів, розкиданих по всій її поверхні. Модулі також деколи мають форму черепиці. Фасади BIPV можуть бути встановлені на нові та існуючі будівлі, завдяки чому старі будівлі набувають нового вигляду. Ці модулі будуть зібрані в рамках існуючої структури. Цікавою формою є напівпрозорі модулі,

які можуть успішно замінювати скляні елементи, такі як вікна. Завдяки застосуванню теплоізоляційного шару теплоізоляція модуля збільшується.⁴

Швидкий економічний розвиток BIPV також визначається економічним фактором. Ціна досить висока, але – якість і сталість модуля можна порівняти з більшістю оздоблювальних матеріалів. Архітекторам під час проектування слід враховувати кілька важливих факторів, таких як доступ до сонячного світла, який залежить від положення та географічної орієнтації будинку з точки зору світла, а також наявність об'єктів, які можуть затінити об'єкт (дерева, інші будівлі). Ці пристрої генерують електрику від сонячного світла і не потребують особливої турботи.⁵

Більш ніж 30 років було здійснено багато заходів, спрямованих на прискорення розповсюдження сонячних енергетичних систем шляхом розробки повністю інтегрованих фотоелектричних (PV) продуктів (сумісних з будівельними матеріалами). Інтерес до напрямку побудови інтеграції фотоелектрики, де PV елементи в реальності стають невід'ємною частиною будівлі, росте у всьому світі. Фахівці з PV та інноваційні дизайнерів у Європі, Японії та США є патроном різних творчих способів об'єднання енергії та сонячної енергії та таких систем у архітектурі міста.⁶ Насправді, будівництво таких фотоелектричних елементних систем та модулів може бути інтегроване в фасад або дах кожної будівлі як частина конструкції, і тим самим може з часом частково замінити традиційні будівельні матеріали.⁷

На відміну від звичайних будівельних PV установок (BAPV), які прикріплені до вже закінченої будівлі, BIPV - незамінна складова будівлі та модуль виробництва електроенергії, що розуміється як функціональна одиниця готового будинку, і все-таки це є також будівельний елемент, і саме так вони замінюють традиційні будівельні матеріали.⁸ Як зазначалося раніше, окрім фасаду, нові продукти BIPV здатні повністю замінити деякі елементи будівлі – його частини (дах, фасади скляних поверхонь), пристрої, архітектурні елементи та аксесуари (під'їзні приміщення, балкони, балюстради тощо) або, наприклад, елементи зорового та акустичного скринінгу. Також можна використовувати такі модулі як "незалежні" установки, які не виконують жодної іншої функції, а лише генерацію електричної енергії, встановлену на дахах будівель або інших частин будівлі.

Саме тому в цьому секторі протягом багатьох років учені та багато великих компаній, фермерських господарств та інших об'єктів покладають великі надії на BIPV.⁹ Модулі BIPV - це прекрасна можливість для кожного з нас зробити самостійне життя та зменшити негативні наслідки для навколишнього середовища. Вони можуть бути встановлені на даху або на землі біля будинку, у вигляді технологій BIPV в будівництві будинку, але також можуть служити в якості теплоізоляції стіни

⁴ Jastrzębska G.: *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, wyd. II, Warszawa 2009.

⁵ Steven Strong, (June 9, 2010). "Building Integrated Photovoltaics (BIPV)". *wbdg.org. Whole Building Design Guide*. Retrieved 2011-07-26

⁶ T. James, A. Goodrich, M. Woodhouse, R. Margolis, S. Ong. «*Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) in the Residential Sector: An Analysis of Installed Rooftop System Prices*». NREL. Technical Report – 2011.

⁷ D. F. Montoro, P. Vanbuggenhout, J. Ciesielska. «*Building integrated photovoltaics: an overview of the existing products and their fields of application*». European Photovoltaic Industry Association. – 2014

⁸ P. Heinstejn, C. Ballif, L-E Perret-Aebi. «*Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Review, Potentials, Barriers and Myths*», Expert View from Science. Green – 2013.

⁹ *Energy Design Resources: Design brief building integrated photovoltaics* (prepared by Architectural Energy Corporation, Boulder, California), 2004.

і (або) фасадного матеріалу для них, а також більш сучасних технологій, таких як модулі на склі – замість вікна, черепиці даху та інше. Ця сучасна технологія була представлена I.Maskom (власник компанії TESLA і її дочірньої фірми - Solar SITI) - плитка, яка буде коштувати як звичайний дах, але поряд з цим використовуються для вироблення електроенергії для кожного з нас.

Це застосування BiPV дозволяє вирішувати сотні існуючих проблем. Вона може бути використана як матеріал для будівництва хмарочосів, для заміни скляних вікон, що дозволить не тільки виробляти електроенергію, але й захистити приміщення від надмірного сонячного випромінювання - і зробить будівлю незалежною від енергії та заощадить гроші.

Сонячна енергія може бути використана для багатьох завдань. Одним з них є перетворення сонячної енергії в електрику, так звана *сонячна енергетика*. Переваги використання сонячної енергії настільки далекосяжні. Хоча сонячна енергія є відносно новим джерелом енергії, вона може легко стати найважливішим джерелом енергії у майбутньому відповідно до концепції сталого розвитку. Цей процес є важливим виходячи з багатьох переваг використання сонячної енергії:

- сонячна енергія є поновлюваним ресурсом. Це означає, що ми не боїмося вичерпати її запаси.
- сонячна енергія не забруднює навколишнє середовище. На відміну від нафти, використання сонячної енергії не виділяє ніяких парникових газів, а в виробництві не шкодить екології. Це, мабуть, одне з головних переваг використання сонячної енергії.
- енергія та тепло від сонця абсолютно безкоштовні. Після збирання сонячних панелей та сонячних колекторів немає необхідних коштів для їх живлення.
- Сонячні батареї вимагають дуже низьких витрат на технічне обслуговування, загалом тому, що вона не має рухомих частин, які повинні бути збережені.
- Сонячні колектори можна використовувати протягом усього життя.
- Використання сонячної енергії є неймовірно всеосяжним. Починаючи від простих калькуляторів і продовжуючих машинами, фонтанами, будівлями, а також для електростанцій і супутників.
- У віддалених районах сонячна енергія може бути більш реалістичним рішенням, ніж прокладка великої кількості електричних дротів, підключених до електромережі.¹⁰

Загалом, створюється враження, що сонячна енергія є просто гармонійним джерелом енергії. Для отримання інших джерел енергії необхідно видобути викопне паливо. Тим часом сонячне світло постійно падає на землю і в величезних кількостях, незалежно від того, використовується вона як енергетичний ресурс чи ні. Людство не витрачає часу і сил на перероблення сонячної енергії, тим самим заощаджуючи гроші та навколишнє середовище.¹¹

Разом з перевагами використання сонячної енергії, варто відзначити недоліки. Вони включають в себе той факт, що сонячне світло не доступним елементом в деяких регіонах планети. Крім того, сонячні панелі все ще не дешеві. Звичайно,

¹⁰ International Energy Agency. "Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy" (PDF). iea.org. IEA. Archived from the original on 7 October 2014. Retrieved 7 October 2014.

¹¹ A. Denzer. "The Solar House: Pioneering Sustainable Design", 2013

технічний процес отримання сонячної енергії буде розвиватися, і він буде продовжувати бути дешевшим і витрати на інші види енергії будуть зростати.¹²

Впровадження технології на прикладі університету

Взагалі, ВІРВ мають більш глобальний рівень поширення порівняно з розміщенням ВАРВ. Наприклад, в липні 2006 р. у Франції, був створений владою спеціальний бонус, який виплачується власникам, коли будівля має встановлену систему ВІРВ, яка дає надію на розвиток промисловості та ринку ВІРВ. За оцінками, загальна встановлена потужність продукції по всьому світу склала 250-300 Мвт до кінця 2009 року.¹³

В даний час Європейський комітет з електротехнічної стандартизації, який відповідає за європейські стандарти в галузі електротехніки, розпочав проект з розробки єдиного стандарту для фотоелектричних модулів ВІРВ (prEN 50583 Фотоелектрика в будівлях). Відсутність цього стандарту є однією з причин, які гальмують розвиток компанії ВІРВ, оскільки зараз всі модулі ВІРВ перевіряються на відповідність вимогам багатьох стандартів. Іншу проблему створює причина досить високих цін на ВІРВ - модулі по порівнянні зі звичайними модулями.¹⁴ Фактично, ці дві причини призвели до банкрутства багатьох ВІРВ - виробників сонячних модулів. Окрім їх банкрутства, деякі з розробок розроблених ними сонячних модулів зникли з ринку. Наприклад, в даний час вони практично не використовуються гнучкі модулі, хоча покладалися великі надії на їх використання в проектах ВАРВ-ВІРВ.¹⁵

Результат такої співпраці має все не тільки для забезпечення оптимального збору сонячної енергії, але також і для досягнення необхідних фізичних і технічних характеристик оточуючих структур ВІРВ-теплопровідність, звукоізоляція, водостійкість, механічна міцність, і т.д.¹⁶

Сонячні модулі відрізняються від традиційних матеріалів згідно їх основної функції, тобто виробляють електроенергію. Тому розумно спочатку розглянути їх розташування в дизайнерській концепції будівлі з урахуванням усіх характеристик сонячного світла, географічної ширини місцевості, близькості до сусідніх будинків, особливостей рельєфу тощо. Тому при проектуванні будинків з вбудованими сонячними модулями, крім суто архітектурних прикрас, все одно доведеться брати до уваги розташування та орієнтацію модулів відносно сонця.

Принцип роботи фотоелектричних модулів не розглядається в цій статті, але знання їх різновидів та характерних особливостей просто необхідне для архітекторів та дизайнерів. Нижче ми наводимо схематично типи сучасних фотоелектричних модулів, розділених з точки зору їх хімічного складу, і дамо кожному з них характеристики.

Монокристалічні та полікристалічні панелі складаються з фотомодулів. Відрізняються тим, що монокристалічні фотомодулі, як правило, мають заокруглену форму, чере форму заготовки, з якої виготовляється сам фотомодуль – заготовку

¹² T. Bradford. "Solar revolution: the economic transformation of the global energy industry. Mit press", 2011

¹³ Eupd research. (2009). "range of bipv-applications rise." www.eupd-research.com, accessed march 2011.

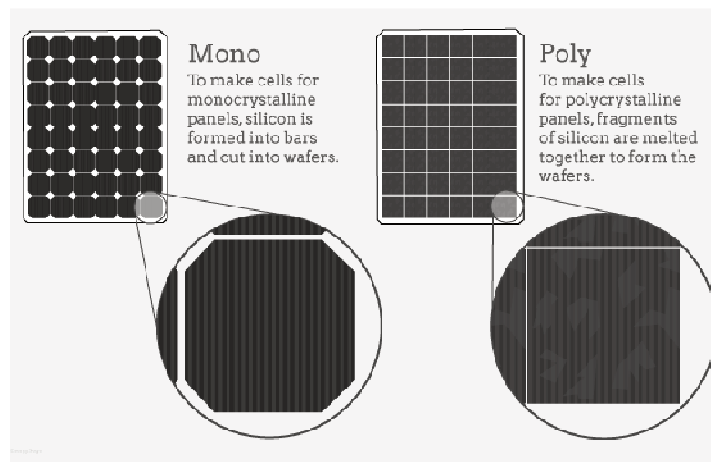
¹⁴ Mints, P.; Donnelly, J. (2011). *analysis of worldwide markets for solar products & five-year application forecast 2010/2011*. navigant consulting, inc

¹⁵ International standard - IEC 61646 - thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - design qualification and type approval

¹⁶ Klugman-Radziemska E.: *Fotowoltaika w teorii i praktyce*. Wydawnictwo BTC Legionowo 2010.

виріжуть з монокристалу циліндричної форми і полікристалічні - прямокутного або квадратного перерізу через форму заготовки, яка має форму прямокутної призми.¹⁷

Рис. 1. Монокристалічний елемент (1.) та полікристалічний елемент (2.)



Джерело : <https://www.energysage.com/solar>

В даний час для виготовлення фотоелектричних сонячних батарей використовуються такі матеріали, як: полікристалічний кремній, телурид кадмію, арсенід галію, сульфат кадмію та ін. Процес побудови клітини схожий на процеси будівництва інших напівпровідників. Сонячні елементи з кристалічного кремнію та модулі продовжують домінувати на світовому ринку. Монокристалічні фотоелементи є найбільш складними та дорогими, тому що вони вимагають кристалічного кремнію, але мають найвищу ефективність (14% -20% перетворення світла в електрику).

Характеристика регіону, в якому передбачається встановлення систем ВІРВ

Місто Кропивницький (раніше Кіровоград) розташоване в самому центрі України. Клімат міста є характерним для його позиції в степовій зоні. Середня температура січня -5.6°C , в липні $+20,2^{\circ}\text{C}$. Середньорічна кількість опадів - 474 мм, (в середньому 130 дощових днів (також сніг)), найменше опадів з березня по жовтень, а найбільше - у липні.

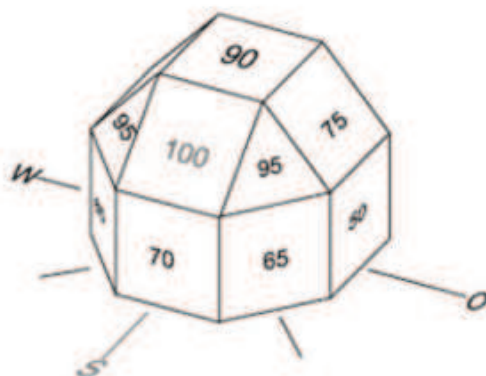
При проектуванні системи для вже існуючої будівлі з системи ВІРВ слід провести багатоаспектний аналіз доступного місця розташування. Для того, щоб максимізувати економічні вигоди, він повинен генерувати якомога більше енергії. Щоб мати змогу оцінити кількість споживаної енергії, такі фактори:

- ширина
- географічне положення,
- кліматичні умови,
- орієнтація будівлі та нахилені кути дозволяють використовувати її поверхню, яка, якщо можливо, повинна бути спроектована з метою максимального збільшення під кутом, оптимальним для заданої географічної ширини.

¹⁷ <http://www.wbdg.org/resources/building-integrated-photovoltaics-bipv>

Слід також враховувати затінення об'єктів, на яких планується встановлення фотоелектричних систем. Треба враховувати тіні об'єктів, наприклад, прилеглі будівлі, що оточують дерева, димоходи, а також "самозатінення" системи тілом будівлі, на якій вони розміщені. У випадку типу даху та плоскої покрівлі, на які встановлюються конструкції з певним кутом нахилу, не можна допускати тінь, яка потрапляє на модуль сусідніх модулів або будівель. Не можна нехтувати навіть маленькими джерелами тіні, як тонкі антени, засоби захисту від блискавки, перила на даху. Навіть тонкі тіні від таких об'єктів можуть суттєво вплинути на продуктивність системи. Не слід забувати і про продовження виникнення тіні взимку, коли сонце значно нижче горизонту, ніж влітку, тому що об'єкти, розташовані відносно далеко, можуть порушити роботу системи під час сходу та заходу сонця. У системах фасадів і дуже важливу роль відіграє екологічний аспект, також мінливий разом з сезоном (наприклад, вплив снігу). Лише після розгляду всіх цих факторів можна оптимістично проектувати системи ВІРВ з точки зору кількості споживаної енергії.¹⁸

Рис.2. Залежність розподілу кута нахилу та орієнтації площини на різні частини світу на наявну кількість сонячного пляму.



Джерело: Deutsche Gesellschaft Fur Sonnenenergie (DGS), *планування та встановлення фотоелектричних систем*, грудень 2007 р.

Значення оптимального кута нахилу залежить в першу чергу від широти, на якій розташоване це місце. Оптимальний кут нахилу генераторів PV - це кут, який забезпечує максимальне виробництво електроенергії протягом певного періоду часу. Як правило, це кут, який забезпечує максимальну кількість сонячних променів, що падають на поверхню панелей. У фотоелектричних системах є програмне забезпечення для відстеження руху Сонця (трекери), тому що в системах ВІРВ передбачається, що такий кут повинен бути різним залежно від пори дня. Положення сонячного диска не залежить, звичайно, лише від пори дня, а також від сезону, тому кут нахилу сонячних модулів зазвичай оптимізований на більш тривалий період часу.¹⁹

¹⁸ <https://www.energysage.com/solar/101/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/>

¹⁹ Deutsche Gesellschaft Fur Sonnenenergie (DGS), *Planning and Installing Photovoltaic Systems*, December 2007.

У місцях, де очікується високий снігопад - кут збільшується, що робить неможливим налипання снігового покриву на модулях - що є вигідним та технічно правильним.

Фотоелектричні системи, в залежності від конфігурації та застосування, включають в себе різні допоміжні пристрої, такі як: акумулятори, контролер заряду, інвертори та інше обладнання для контролю параметрів.²⁰

Інвертори в системі підключені до мережі. Також необхідний так званий захист, який вимикає інвертор у разі відмови в мережі.²¹

Для повної фотогальванічної установки потрібні наступні елементи:

- фотоелектричні панелі;
- інвертор - система для живлення пристроїв з електрикою;
- кріпильна система;
- безпека та дроти;
- додаткові витрати на складання.

Основні витрати - це завжди вартість придбання сонячного модуля, а їхня ціна споживається від 38% до більш ніж половини ціни на всю установку. Чим більше встановлення, тим більший відсоток панелей у кінцевій вартості.

Відсоток фотоелектричних модулів у вартості установки залежить в основному від його розміру. У найменших установках, у відсотках, модулі складуть менше 40 відсотків, витрати, при великих установках це буде навіть 55 відсотків витрат. Дуже важливо враховувати, як довго буде обраний нами сонячний модуль, тому що модулі втрачають свою продуктивність з часом.

Основна перевага друкованих модулів - це можливість вибору кольорів шару, що дає споживачеві можливість зменшити кількість світла, тобто вони можуть бути використані як лампочки. Це важливий елемент у випадку університету, оскільки встановлення таких модулів допоможе зменшити температуру в приміщенні в літній сезон. Кількість спожитої енергії в 2016 році в будівлі Кіровоградського Національного Технічного Університету в Кропивницькому склала близько 39 500 кВт-год. Відповідно, для такого об'єкту знадобиться установка 40 кВт. Але у нас є поверхня, яку треба влаштувати на фотоелектричних панелях, тому ми не починаємо обчислення від кількості споживаної енергії, а лише від площі поверхні та кількості панелей, які можуть бути встановлені на даній поверхні.

²⁰ Pieprzyk R.: *Uregulowania prawne w Unii Europejskiej dla budynków o niemal zerowym zużyciu energii. Materiały z konferencji: V Forum budownictwa energooszczędnego i pasywnego*. Budma. Poznań 2014.

²¹ IEC 61853 - INTERNATIONAL STANDARD - *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating*.

Рис.3 . Характеристика та ціна окремих компонентів системи²²

№	Модуль потужністю 200 кВт	кількість		Ціна, \$	вартість, \$
	пристрій				
1	Панель 270 Вт , полікристалічний	800	штук	163	130 400
2	Інвертор 33 кВтк , Німеччина	6	штук	4900	35 400
3	Система монтажу на похилій поверхні	1	штук	20 500	20 500
4	3 підключення частини МС4, кабель живлення	1	комплект	550	550
5	Кабелі	1000	метр	1,27	1270
6	Автоматичні системи	1	комплект	900	900
7	Разом				189 020

Джерело : власне дослідження на основі технічних характеристик і ціни

Очікується, що сонячні ПВ системи будуть повністю (повністю) економічно окупленими протягом наступних 4 років, з поточним рівнем скорочення виробничих витрат та підвищенням тарифів на електроенергію. І, найголовніше, всі панелі не мають шкідливих викидів, та працюють без відходів.

Рис.4 . Вигляд будинку Університету з повітря - дах прямий, без кутів - установка можлива практично на всій поверхні даху

²² Джерело: власне опрацювання на основі ціни та технічних характеристик

Ми можемо обчислити розмір поверхні, на яку можна встановити панелі: блок 1 - 245 м², блок 2 - 245 м², блок 3 - 245 м², блок 4 - 175 м², блок 5 - 250 м².

Всього - 1160 м².

Виходячи з розмірів панелей (наприклад, це 1580mm-40mm-808mm), можна розрахувати, що на цій поверхні матиме можливість легко встановити 900 елементів. Значить можна використовувати установку з 800 панелей полікристалічних, які будуть продукувати в протягом року близько 72600-76700 кВтг.

Рис. 4. Енергія, розроблені конверсії, з урахуванням сезонів

Енергія, вироблена системою	Сезон			
	весна	літо	осінь	зима
За ніч, кВт * год	850-950	1000-1100	800-900	350-500
Через місяць, кВт * год	25000-28000	30000-32000	24000-27000	9500-15000
Через рік, кВт * год	250 000-280 000			

Джерело: власне дослідження на основі технічних характеристик та метеорологічних даних

У середньому 200-кіловатна мережева станція виробляє 260 МВт-год електроенергії протягом одного року експлуатації. З поточним зеленим тарифом України в розмірі 0,15 євро за кВт-год для установки на землю, станція принесе 39 000 євро на рік, що дорівнює 43 700 доларам.

Термін окупності інвестицій станції становить 4,3 року.

Підсумовуючи, з огляду на екологічні та економічні переваги, VIPV є перспективною технологічною розробкою, тим більше, що тенденція до використання біотехнологічної архітектури зростає, і таким типам будівель надають юридичну підтримку. Отже, можна чітко простежити величезний потенціал для розвитку VIPV, що вже планується використовувати в екологічному майбутньому наших міст. Дахи та висотні будинки будуватимуться з урахуванням дотацій від держави та недержавних фондів, які будуть компенсувати витрати на виробництво чистої енергії протягом декількох років, тоді як VIPV підходять для цих критеріїв сталого розвитку, що визначає майбутнє саме з цими системами.²³

Висновок

У умовах обмеженого постачання викопного палива та урану перехід до відновлюваних джерел енергії є неминучим і просто необхідним відповідно до цілей сталого розвитку.

Сонячні системи є однією з найбільш перспективних технологій використання поновлюваних джерел енергії. Фотоелектричні системи (PV) - це засоби виробництва електроенергії на місці, безпосередньо від Сонця, вони не залежать від постачання

²³ <http://www.solarserver.com/imprint.html>

енергії та не шкодять навколишньому середовищу, оскільки вони працюють без забруднення та не вичерпують невідновлювані ресурси Землі.

Використання фотоелектричних джерел енергії в даний час включає в себе потужність тих мегават електроенергії, які зможуть забезпечити незалежне джерело живлення і зниження споживання не відновлювальних джерел електроенергії та поступового відходу від традиційних джерел.

Фотоелектричні станції можуть бути виконані з будь-якої кількості модулів, що дозволяє використовувати їх як в розподілених системах – в потужностях, які забезпечується індивідуальним клієнтам, а також в системах держави – продажу невикористаного залишку енергії до національних мереж.

Значний прогрес в останні роки полягає в покращенні технології фотоелектричних модулів та систем, а також впроваджені схеми підтримки, тому що ці системи можуть мати значну частку у світовому виробництві зеленої електроенергії в найближчому майбутньому, що матиме значний вплив на скорочення емісії парникових газів, а отже, допоможе поліпшити стан навколишнього середовища.

Bibliografia

- Bradford T.. "Solar revolution: the economic transformation of the global energy industry. Mit press", 2011
- Denzer A. "The Solar House: Pioneering Sustainable Design", 2013.
- Deutsche Gesellschaft Fur Sonnenenergie (DGS), *Planning and Installing Photovoltaic Systems*, December 2007.
- Energy Design Resources: Design brief building integrated photovoltaics*(prepared by Architectural Energy Corporation, Boulder, California), 2004.
- Eupd research. (2009). "range of bipv-applications rise." *Www.eupd-research.com*, accessed march 2011.
- Guide to BIPV. Building Integrated Photovoltaics*, Polysolar Ltd Hauser Forum Charles Babbage Road Cambridge – 2012.
- Heinstein P., C. Ballif, L-E Perret-Aebi. «*Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Review, Potentials, Barriers and Myths*», Expert View from Science. Green – 2013.
- IEC 61853 - INTERNATIONAL STANDARD - *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating*.
- International Energy Agency. "Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy" (PDF)*. *iea.org*. IEA. Archived from the original on 7 October 2014. Retrieved 7 October 2014.
- International standard - IEC 61646 - thin-film terrestrial photovoltaic (pv) modules - design qualification and type approval.
- James T., A. Goodrich, M. Woodhouse, R. Margolis, S. Ong. «*Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) in the Residential Sector: An Analysis of Installed Rooftop System Prices*». NREL. Technical Report – 2011.
- Jastrzębska G.: *Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, wyd.II, Warszawa 2009.

Klugman-Radziemska E.: *Fotowoltaika w teorii i praktyce*. Wydawnictwo BTC Legionowo 2010.

Mints, P.; Donnelly, J. (2011). *analysis of worldwide markets for solar products & five-year application forecast 2010/2011*. *navigant consulting, inc.*

Montoro D. F., Vanbuggenhout P., J. Ciesielska J., «*Building integrated photovoltaics: an overview of the existing products and their fields of application*». European Photovoltaic Industry Association. – 2014.

Pieprzyk R.: *Uregulowania prawne w Unii Europejskiej dla budynków o niemal zerowym zużyciu energii. Materiały z konferencji: V Forum budownictwa energooszczędnego i pasywnego*. Budma. Poznań 2014.

Steven Strong, (June 9, 2010). "Building Integrated Photovoltaics (BIPV)". *wbdg.org. Whole Building Design Guide*. Retrieved 2011-07-26.

Strony internetowe

<http://www.solarserver.com>.

<http://www.wbdg.org/resources>.

<https://www.energysage.com/solar>.