

## ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОНОМНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДОМОГОСПОДАРСТВА

Опаленік А. В., бакалаврант, e-mail: [tolyanopalenik@gmail.com](mailto:tolyanopalenik@gmail.com)

Мороз О. М., д.т.н., проф., e-mail: [moroz.an@ukr.net](mailto:moroz.an@ukr.net)

**Актуальність дослідження.** Для проходження зими 2024-2025 рр Україні потрібно 17 ГВт потужності [1] Частина із цих потреб, зокрема 3 ГВт може бути покрита за рахунок промислових СЕС, 1 ГВт – за рахунок домашніх СЕС, 2,5 ГВт – іншими відновлювальними джерелами енергії, 2 ГВт за рахунок підключення до мереж ЄС. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року [2] передбачає досягнення 27% частки ВДЕ у загальному кінцевому енергоспоживанні.

У зв'язку із значним дефіцитом доступної потужності генерації, що виник внаслідок цілеспрямованих обстрілів критичної енергетичної інфраструктури російськими військами, виникла потреба будівництва СЕС, в тому числі і фізичними особами (населенням), які мають малі терміни будівництва та введення в експлуатацію.

Стратегією розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року [3] передбачається сприяння здійсненню суб'єктами господарювання приватної форми власності будівництва та введення в експлуатацію усіх видів розподіленої генерації зокрема шляхом доступного кредитування в рамках державної програми “Доступні кредити 5—7—9 %”. Також інструментом підтримки розвитку відновлюваної енергетики є механізм самовиробництва електричної енергії (net billing) [4], який дозволяє домогосподарствам (ДГ) продавати надлишки електроенергії за ринковими цінами.

**Мета дослідження.** Визначення етапів будівництва автономної сонячної електростанції домогосподарства, визначення споживачів та аналіз електроспоживання домогосподарства, вибір обладнання, розрахунок помісячної та середньоденної генерації СЕС, визначення можливостей станції для забезпечення потреб в електроенергії домогосподарства, розрахунок економічних показників, зокрема терміну окупності СЕС.

**Основні матеріали досліджень.** Будівництво автономної СЕС ДГ передбачає такі етапи:

- 1) Визначення доступної площі та конфігурації поверхні для розміщення фотоелектричних модулів (ФЕМ);
- 2) Визначення потужності та об'ємів споживання електроенергії ДГ;
- 3) Розрахунок кількості та потужності ФЕМ СЕС, які можна розмістити на доступній площі;
- 4) Вибір гібридного інвертора;
- 5) Вибір електротехнічного обладнання та іншого обладнання СЕС;
- 6) Розрахунок витрат на обладнання СЕС та його монтаж;
- 7) Оцінка фінансових можливостей власників ДГ.

В якості прикладу розглянемо ДГ, яке розташоване у м. Кропивницький. Основні пристрої цього домогосподарства, їх потужності, усереднені періоди роботи та споживання електроенергії за добу наведені в таблиці 1.

Аналіз даних таблиці 1 показав, що сумарна потужність електрообладнання домогосподарства складає 9 кВт, а споживання електроенергії за добу змінюється тільки за рахунок годин роботи освітлення та телевізорів, і коливається від 20,06 кВт·год взимку до 17,96 кВт·год влітку. Найбільшими споживачами е.е. є електромобіль, роутер та відеокамери і телевізори. Критичними споживачами електроенергії, тобто приладами, які повинні забезпечуватися електроенергією в першу чергу, є холодильник, освітлення, роутер і відеокамери.

**Таблиця 1. Електричні пристрої та споживання електроенергії домогосподарством**

№ з.п.	Електричний пристрій	Потужність, кВт	Години роботи			Споживання електроенергії за добу, кВт·год
			Зима	Літо	Весна, осінь	
1	Мікрохвильова піч	2,2	7:50-8:00 12:30-12:40 18:10-18:20	7:50-8:00 12:30-12:40 18:10-18:20	7:50-8:00 12:30-12:40 18:10-18:20	1,1
2	Освітлення	0,3	16:00-23:00	21:00-23:00	18:00-23:00	2,1/0,6/1,5
3	Пральна машина	1,5	11:00-12:00	8:00-9:00	8:00-9:00	1,5
4	Телевізори	0,6	17:00-23:00	18:00-23:00	18:00-23:00	3,6/3,0/3,0
5	Роутер, відеокамери	0,15	00:00-23:59	00:00-23:59	00:00-23:59	3,6
6	Електромобіль NISSAN LEAF	2	23:00-2:00	08:00-11:00	09:00-12:00	6
7	Холодильник	0,25	00:00-23:59	00:00-23:59	00:00-23:59	1,5
8	Утюг	2	7:40-7:50	7:40-7:50	7:40-7:50	0,33
9	Фен	2	7:30-7:40	7:30-7:40	7:30-7:40	0,33
	Всього (з/л/в і о)	9				20,06/17,96/18,86

Результати вибору обладнання для СЕС та його вартість наведені в таблиці 2.

**Таблиця 2. Вибір обладнання для СЕС домогосподарства та його вартість**

№ з.п.	Обладнання	К-сть, шт.	Потужність, кВт	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн.
1.	ФЕМ Risen RSM120-8-590M [5]	5	590×5= 2,95	7581	37905
2.	Інвертор POWMR 4500/24 [6]	1	4,5	19790	19790
3.	Volt Polska LiFePO4 12,8V 200Ah (150A) + BMS (6AKLI20012) [7]	1	1,92	27539	27539
4	Кріплення, кабель, захист				12000
5	Монтаж і наладка				13000
	Всього				110234

Доступна площа даху, для розміщення ФЕМ 15 м<sup>2</sup>, тому враховуючи розміри ФЕМ, для якого потрібна площа 2,83 м<sup>2</sup>, можливо розмістити 5 модулів.

При виборі акумуляторних батарей (АКБ) для СЕС домогосподарства розглядалося 2 варіанти:

1) АКБ Volt Polska LiFePO4 12,8V 200Ah (150A) + BMS (6AKLI20012). Ці літій-залізо-фосфатні АКБ з вбудованою системою BMS характеризуються великою кількістю робочих циклів (приблизно 6000 циклів при DoD (Depth of discharge – глибина розряду АКБ) 100% і підтримці в середньому 80% номінальної ємності).

2) АКБ Ultracell UCG150-12 GEL 12V 150 Ah [9] – це різновид акумуляторів, у яких рідкий електроліт доведений до желеподібного стану завдяки додаванню до нього сполук кремнію. Термін служби АКБ GEL в середньому 300 циклів заряд-розряд. Вартість такого АКБ 12999 грн.

При першому варіанті рекомендований діапазон SOC ( State of Charge – рівень заряду) АКБ Volt Polska 95-20%, відповідно ємність такої батареї – 1920 Вт·год. При другому варіанті враховуючи, що рекомендований діапазон SOC такої АКБ 95-40% маємо, що ємність такої батареї – 990 Вт·год. Для забезпечення мінімальних потреб домогосподарства потрібно не менше 2 АКБ, тоді загальна ємність буде майже 2 кВт·год. Враховуючи, що кількість циклів АКБ Volt Polska майже у 20 разів більша ніж АКБ Ultracell UCG150-12, то доцільним є вибір

АКБ Volt Polska. Їмність АКБ Volt Polska майже відповідає ємності 2 АКБ Ultracell UCG150-12.

Розрахунок генерації СЕС домогосподарства, яке має координати 48,466<sup>0</sup> п.ш і 32,289<sup>0</sup> сх.д., проводиться за допомогою програми PVGIS [9]. Вхідними даними при розрахунку були такі дані: потужність СЕС – 2,95 кВт; кут нахилу поверхні – 50<sup>0</sup>; азимут поверхні – -90<sup>0</sup> (орієнтація на схід), втрати в системі – 14%. Результати помісячної та середньогодинної генерації наведені в таблиці 3.

**Таблиця 3. Помісячна та середньогодинна генерація СЕС**

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Місячна генерація, кВт·год	59	97	186	269	343	363	371	331	249	153	64	45	2530
Середньоденна генерація, кВт·год	1,9	3,5	6,0	9,0	11,1	12,1	12,0	10,7	8,3	4,9	2,1	1,5	6,9

Річна генерація СЕС становить 2530 кВт·год, прогнозна змінність річної генерації за даними розрахунків у програмі PVGIS, становить 112 кВт·год, тобто біля 4,4%. Середньоденна генерація у грудні 1,5 кВт·год, березні – 6 кВт·год, липні – 12 кВт·год. Таким чином видно, що СЕС не може забезпечити середньодобові потреби домогосподарства у електроенергії в жодному місяці року.

Розрахунок економічних показників такої СЕС показав, що при ціні електроенергії 4,32 грн/(кВт·год), станція може зекономити 10930 грн за рік, і це при умові, що вся згенерована електроенергія буде споживатися домогосподарством. У цьому випадку термін окупності СЕС буде становити 10,1 років.

**Висновки.** Річна генерація автономної сонячної електростанції домогосподарства потужністю 2,9 кВт по модулях, яка розташована в м. Кропивницький, становить 2530 кВт·год за рік, середньоденна генерація СЕС змінюється від 1,5 кВт·год у грудні до 12 кВт·год у липні, середньоденна генерація протягом року становить 6,9 кВт·год. Для накопичення електроенергії краще використовувати літій-залізо-фосфатні АКБ. Термін окупності СЕС, з вибраним обладнанням, буде становити 10,1 років.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Виклики та можливості розвитку розподіленої генерації та мікромереж в громадах. URL: <http://surl.li/smguzw>.
2. Україна затвердила Національний план з енергетики та клімату в день початку перемовин про вступ до ЄС. URL: <http://surl.li/uhgfgp>.
3. Розпорядження КМ України «Про схвалення Стратегії розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року і затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024 — 2026 роках». URL: <http://surl.li/fgycnf>.
4. Савченко Ольга. Самовиробництво електричної енергії (net billing). URL: [https://ecoclubrivne.org/netbilling\\_instruction/](https://ecoclubrivne.org/netbilling_instruction/).
5. Сонячна батарея 590Вт моно, RSM120-8-590M. URL: <http://surl.li/bbnovp>.
6. Гібридний інвертор Powmr POW-HVM4.5K-24V-P, 24 В, 4500 Вт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/391845384/p391845384/>.
7. Аккумулятор Volt Polska LiFePO4 12,8V 200Ah (150A) + BMS (6AKLI20012). URL: <http://surl.li/wkxehu>.
8. Аккумулятор Ultracell UCG150-12 GEL 12V 150 Ah. URL: <http://surl.li/krflwo>.
9. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). URL: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en).