

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний

(факультет)

Кафедра ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Захарова В'ячеслава Андрійовича

(ПІБ)

академічної групи 141М-19-3

(шифр)

спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup>

за освітньо-професійною програмою ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування параметрів приватної мережевої фотоелектричної  
станції для домоволодінь з різними рівнями електрифікації»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Луценко І.М.			
розділів:				
Вступна частина	Луценко І.М.			
Основна частина	Луценко І.М.			
Економічний	Тимошенко Л. В.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер				
----------------	--	--	--	--

Дніпро  
2020

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

Папайка Ю.А.

(підпис) (прізвище, ініціали)

«\_\_\_\_\_» грудня 2020 року

**ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу**

**ступеню магістра**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

**Студенту Захарову В.А. академічної групи 141м-19-3**

(прізвище та ініціали) (шифр)

**спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

**спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_**

**за освітньо-професійною програмою ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

(офіційна назва)

**на тему «Обґрунтування параметрів приватної мережевої фотоелектричної станції для домоволодінь з різними рівнями електрифікації»**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Вступна частина</i>	Розвиток систем генерації електроенергії з відновлювальними джерелами енергії. Сучасні підходи щодо енергозабезпечення житлових будинків з використанням ВДЕ Постановка задачі дослідження	15.10.20-01.11.20
<i>Основна частина</i>	Визначення параметрів приватної мережевої фотоелектричної станції для домоволодінь з різними рівнями електрифікації	01.11.20-30.11.20
<i>Економічний</i>	Визначення показників економічної ефективності	01.12.20-10.12.20

**Завдання видано \_\_\_\_\_**  
(підпис керівника)

**Луценко І.М.**  
(прізвище, ініціали)

**Дата видачі 15.10.2020 р.**

**Дата подання до екзаменаційної комісії 10.12.2020 р.**

**Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Захаров В.А.**  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## Реферат

Пояснювальна записка: 81 стор., рисунків - 17, таблиць - 9, додатків - 1.

Науковою задачею магістерської роботи є аналіз результатів моделювання енергетичних витрат на опалення будинків зі східними параметрами за допомогою електричної енергії та газу.

У вступі розглядаються стан проблеми енергозбереження в Україні сформульовано основні завдання дипломного проекту.

У першій частині розглянуті перспективи розвитку систем генерації електроенергії з відновлювальними джерелами та сучасні підходи щодо енергозабезпечення житлових будинків з використанням ВДЕ. Виконано аналіз нормативної документації щодо рівнів електрифікації домоволодінь, розроблене технічне завдання на проектування системи електрозабезпечення приватного будинку та сформульовані головні задачі дослідження.

Визначено, що одним зі шляхів вирішення питання енергетичної незалежності є диферінцирування типів енергії, що застосовується при опаленні житлових будинків, Найбільш поширеними є природний газ та електрична енергія.

У другій частині проекту використовуючи данні розрахунку електричних навантажень приватного будинку виконано моделювання графіків електричного навантаження в опалювальний та неопалювальний періоди.

За результатами моделювання зроблено розрахунок технічних характеристик і вибір обладнання ФЕС для будинків I і II рівня електрифікації. Під час розрахунку виконано вибір інвертора, визначено тип та необхідну кількість сонячних батарей та ємності акумуляторних батарей і їх кількість.

Для обраного обладнання для будинків I і II рівня електрифікації визначено параметри та показники виробництва електроенергії фотоелектричними модулями протягом року.

В техніко-економічному обґрунтуванні виконано розрахунок капітальних і експлуатаційних витрат, дано техніко-економічне обґрунтування розроблених заходів.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ,  
СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ, РІВНІ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ДОМОВОЛОДІНЬ,  
ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ МОДУЛІ

## **Abstract**

Explanatory note: 81 pages, figures - 17, tables - 9, appendices - 1.

The scientific task of the master's thesis is to analyze the results of modeling the energy costs of heating houses with eastern parameters using electricity and gas.

The introduction considers the state of the problem of energy saving in Ukraine and formulates the main objectives of the diploma project.

The first part considers the prospects for the development of electricity generation systems with renewable sources and modern approaches to energy supply of residential buildings using RES. The analysis of normative documentation concerning the levels of electrification of households is performed, the technical task for designing the power supply system of a private house is developed and the main tasks of the research are formulated.

It is determined that one of the ways to solve the issue of energy independence is to differentiate the types of energy used in heating residential buildings. The most common are natural gas and electricity.

In the second part of the project, using the data of calculation of electric loads of a private house, modeling of electric load graphs in heating and non-heating periods is performed.

Based on the simulation results, the calculation of technical characteristics and selection of FES equipment for buildings of the I and II level of electrification is made. During the calculation, the inverter was selected, the type and required number of solar panels and the capacity of the batteries and their number were determined.

For the selected equipment for buildings of the I and II level of electrification the parameters and indicators of electricity production by photovoltaic modules during the year are determined. In the feasibility study, the calculation of capital and operating costs is performed, the feasibility study of the developed measures is given.

ENERGY SAVING, ELECTRICITY GENERATION SYSTEMS, SOLAR  
BATTERIES, LEVELS OF ELECTRICIFICATION OF HOUSEHOLDS,  
PHOTOELECTRIC MODULES

## Зміст

<b>Вступ</b>	9
<b>1. Технологічний розділ</b>	11
1.1 Розвиток систем генерації електричної енергії з відновлювальними джерелами енергії в Україні	12
1.2 Сучасні підходи щодо енергозабезпечення житлових будинків з використанням ВДЕ	23
1.3 Аналіз нормативної документації щодо рівнів електрифікації домоволодінь	32
1.4 Технічне завдання на проектування системи електрозабезпечення приватного будинку	33
1.5 Постановка задачі дослідження	39
<b>2 Спеціальний розділ</b>	40
2.1 Розрахунок електричних навантажень приватного будинку	41
2.2 Моделювання графіків електричного навантаження приватного будинку (опалювальний та неопалювальний періоди)	45
2.3 Розрахунок технічних характеристик і вибір обладнання ФЕС	51
2.3.1 Вибір інвертора	51
2.3.2 Визначення типу та необхідної кількості сонячних батарей	54
2.3.3 Визначення необхідної ємності акумуляторної батареї і їх кількості	60
2.4 Визначення параметрів та показників виробництва електроенергії фотоелектричними модулями протягом року	63
2.5 Визначення показників споживання природного газу протягом року	65
<b>3 Техніко-економічне обґрунтування</b>	69
3.1 Вступ	70
3.2. Розрахунок капітальних витрат	71
3.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	72
3.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	73
3.3.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати	74
3.3.3 Розрахунок річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт	74

3.3.4 Розрахунок вартості спожитої енергії	74
3.3.5 Сумарні експлуатаційні витрати	74
3.4 Визначення річної економії	75
3.5 Визначення та аналіз показників економічної ефективності	75
<b>Висновки</b>	78
<b>Перелік посилань</b>	79
<b>Додаток</b>	80



## Вступ

Статистична служба Європейського союзу (Eurostat) вважає, що Україна потенційно здатна виробляти з відновлюваних джерел не менше 74% від вироблюваної в країні енергії, тоді як зараз цей рівень становить близько 6%.

У своєму прогнозі організація покладає основні надії на вітроенергетику (49%) і біоенергетику (22%), далі йде велика (17%) і мала (7%) гідроенергетика, а замикає список сонячна енергетика з часткою (5%). Сукупно всі перераховані галузі «зеленої» енергетики потенційно здатні виробляти близько 120 млрд кВт годин енергії.

Згідно ряду експертних прогнозів, потреби людства в енергії, що становлять нині близько 13 ТВт, зростуть до середини нинішнього століття до 30, а до його кінця - до 46 ТВт. Такі потреби в енергії можуть бути задоволені тільки за рахунок переважного розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і, перш за все, за рахунок набагато більш масштабного виробництва сонячної і вітрової енергії, яке особливо прискорилося за останні роки.

Сонячна енергія, яка потрапляє на поверхню нашої планети, має колосальну потужність - сонячне випромінювання за тиждень за потужністю перевершує всі нині відомі світові запаси нафти, урану і вугілля разом узяті. Крім того, сонячна енергетика - екологічно чиста, при її виробленні не утворюється вуглекислий газ (як теплові станції), вона повністю радіаційно безпечна (на відміну від атомних станцій) і не утворює вимагають подальшої утилізації відходів (шлак і радіоактивні відходи).

В Україні за останні чотири - п'ять років відбулося вибухове зростання встановлених і підключених генеруючих потужностей на основі ВДЕ. Однак, вирішувати питання про енергонезалежність країни необхідно комплексно і системно.

Таким чином задача по розробці і реалізація проектів по впровадженню відновлюваних джерел енергії в Україні є перспективними, актуальними і привабливими не тільки з точки зору екологічних параметрів, а й економічно. Використання зеленого тарифу дозволяє значно скоротити терміни окупності проектів по впровадженню ВДЕ, як для великих інвесторів, так і для дрібних індивідуальних господарств.

# **1. Технологічний розділ**

## 1.1 Розвиток систем генерації електричної енергії з відновлювальними джерелами енергії в Україні

Статистична служба Європейського союзу (Eurostat) вважає, що Україна потенційно здатна виробляти з відновлюваних джерел не менше 74% від вироблюваної в країні енергії, тоді як зараз цей рівень становить близько 6%.

У своєму прогнозі організація покладає основні надії на вітроенергетику (49%) і біоенергетику (22%), далі йде велика (17%) і мала (7%) гідроенергетика, а замикає список сонячна енергетика з часткою (5%). Сукупно всі перераховані галузі «зеленої» енергетики потенційно здатні виробляти близько 120 млрд кВт годин енергії (Рис 1.1).



Рис. 1.1 Потенційне виробництво електроенергії з відновлювальних джерел.

В цілому частка поновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в загальному виробництві електроенергії в Україні значно менше, ніж в країнах ЄС. Так, в

середньому європейські країни виробляють близько 29% зеленої енергії, лідирують в цьому рейтингу Норвегія (106%) і Швеція (66%), причому «зайві» 6% Норвегія експортує, що і пояснює перевищення 100% позначки. Відзначимо, що навіть сусідня Польща і Литва можуть похвалитися рівнем ВДЕ вище 10% (13% і 16% відповідно), а найбільш близьким у Україні показником відрізняється Угорщина (7%).

Відповідно до схваленої урядом «Енергетичною стратегією України до 2035 року» метою країни є досягнення позначки в 25% енергії з відновлюваних джерел в загальних первинних поставках енергії до 2035 року. До прийняття даної стратегії України мала на меті отримати в 2020 році не менше 11% «зеленої» енергії в кінцевому енергоспоживанні.

Розглянемо динаміку введення в експлуатацію нових генеруючих потужностей на основі ВДЕ в Україні та проведемо аналіз таких систем з точки зору визначення лідируючих позицій. Для початку розглянемо динаміку розвитку сектора ВДЕ в II кварталі 2019 року [1], за даними що опубліковані.

У другому кварталі 2019 на території України було введено в експлуатацію об'єкти відновлюваної енергетики загальною потужністю 656 МВт. Цей показник в 6 разів вище по-порівнянні з аналогічним періодом минулого року (у II кварталі 2018 введено 109,6 МВт). Таким чином, на момент кінця другого кварталу потужність сектора ВДЕ в Україні досягла позначки в 3 634,4 МВт.

У квітні - липні 2019 року введення в експлуатацію кожного окремого виду ВДЕ виглядав наступним чином:

- + 568,3 МВт потужностей СЕС (у 5,5 разів більше ніж у аналогічному періоді 2018 року);
- + 71 МВт ВЕС (більше у 22 рази);
- + 15,9 МВт станцій на біогазі (більше у 53 рази);
- + 0,8 МВт малих гідроелектростанцій.

Варто зазначити, що середня одинична потужність введених в експлуатацію об'єктів ВДЕ складала 6,4 МВт.

У структурі введення в експлуатацію потужностей за областями лідерами є:

- Запорізька область — 152 МВт;
- Миколаївська область — 132 МВт;
- Київська область — 76,3 МВт.

Загалом, за перше півріччя 2019 року в Україні запустили об'єкти ВДЕ, сумарна потужність яких складає 1 517,1 МВт. З них 1 252,1 МВт – СЕС, 243,7 МВт – ВЕС, 20,4 МВт – станції на біогазі та 0,9 МВт – малі гідроелектростанції (Рис 1.2).

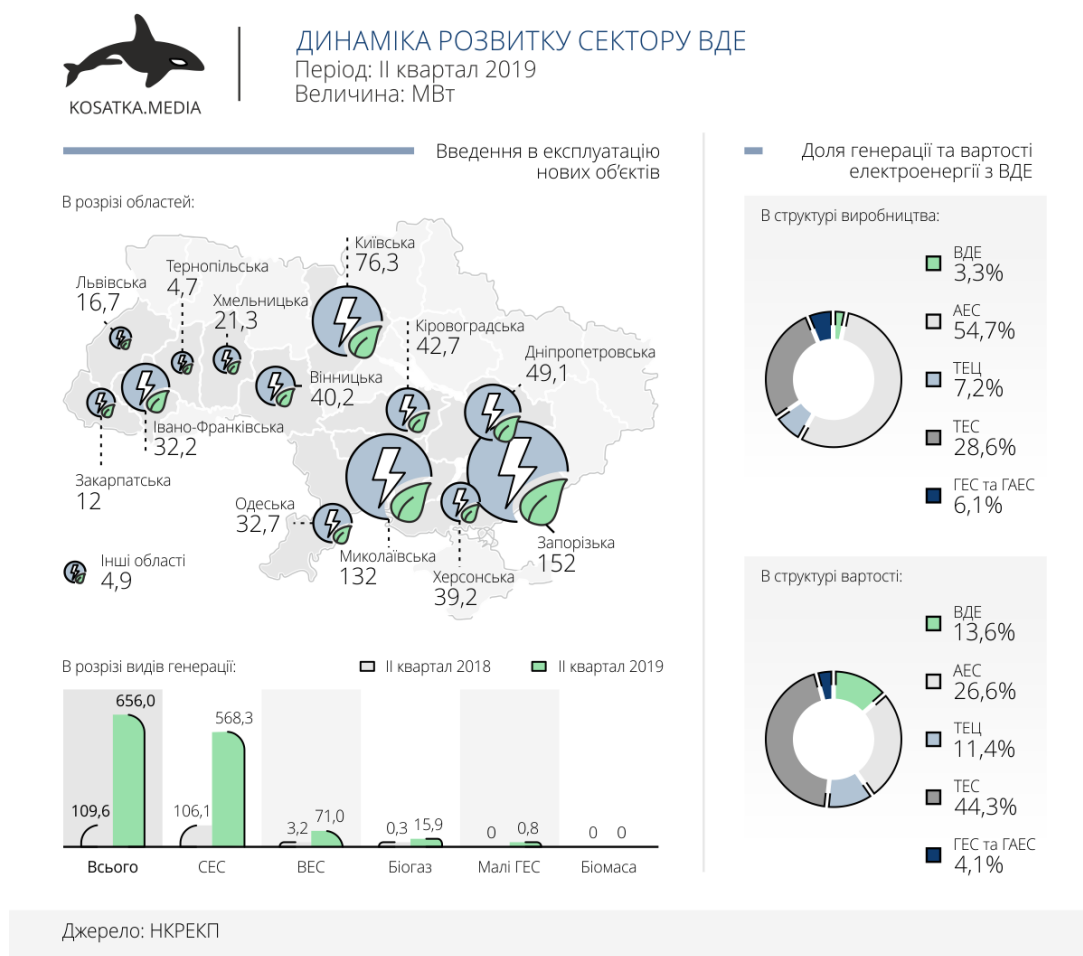


Рис. 1.2 Динаміка розвитку сектора ВДЕ в II кварталі 2019 року.

Далі, За даними Національної комісії, що здійснює регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) за результатами III кварталу 2019 року, структура генерації електроенергії в Україні виглядає наступним чином [2]:

- АЕС – 53,7%;
- ТЕС – 30,8%;
- ТЕЦ – 6,8%;
- ГЕС, ГАЕС – 4,9%;
- ВДЕ – 3,7%.

У свою чергу, серед відновлювальних джерел енергії, на ВЕС та СЕС прийшло близько 90% генерації електричної енергії, відповідно 30% та 60%. Решту – 10% розподіляють малі ГЕС (5%) та генерація з біогазу/біомаси (5%) (Рис 1.3).

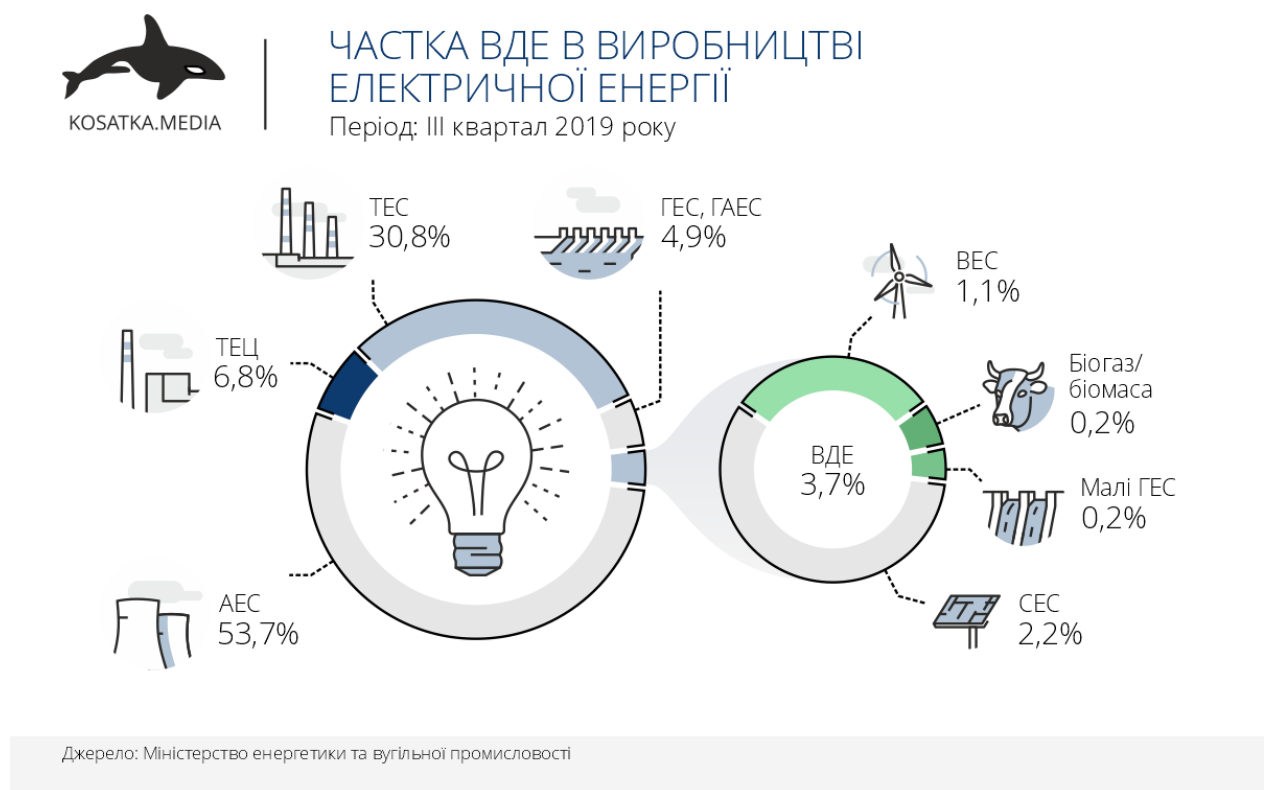


Рис. 1.3 Частка ВДЕ в виробництві електричної енергії за III квартал 2019 року.

В НКРЕКП відмічають, що протягом III кварталу було введено 955,5 МВт нових генеруючих потужностей, з яких 97,8% складають ВЕС та СЕС. Найбільше об'єктів було побудовано в Дніпропетровській області – 388,5 МВт, за нею йдуть Запорізька область – 166,9 МВт, та Миколаївська – 144,2 МВт.

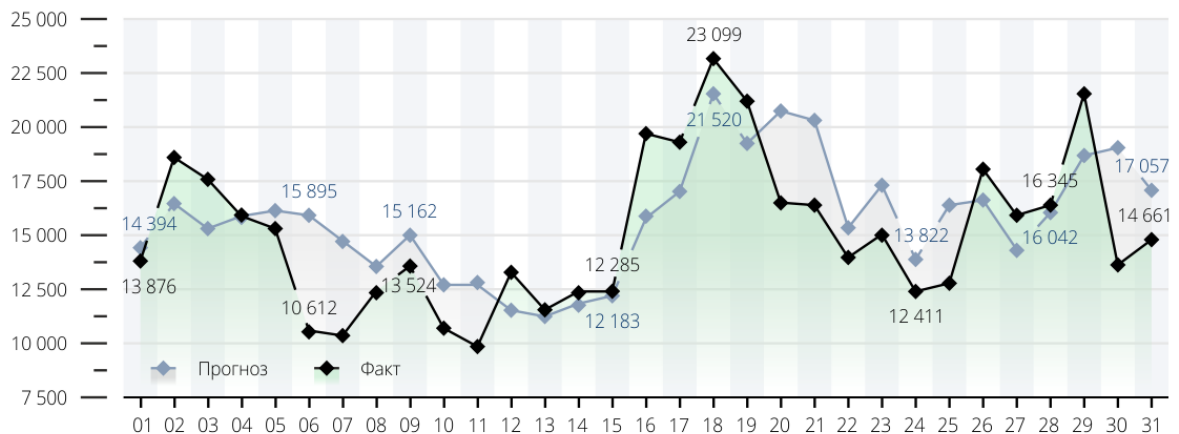
Загальна встановлена потужність об'єктів ВДЕ зараз складає 4 591,1 МВт, що більш ніж у 2 рази більше, ніж на кінець 2018 року.

У травні 2019 року українськими об'єктами альтернативної генерації було сумарно відпущено у ринок 468,5 тис. МВт•год електроенергії. У порівнянні з минулим місяцем – квітнем, показник зріс на 109,1 тис. МВт•год (на 30,3%). За підсумком травня частка ВДЕ в загальному відпуску електроенергії в ОРЕ склала 4,43%.

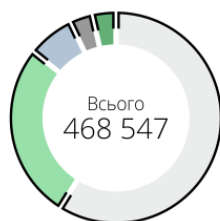


## ГЕНЕРАЦІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Період: травень 2019  
Величина: МВт•год



### Структура по видам генерації



СЕС  
58,8%



ВЕС  
27%



ГЕС  
7,1%



Біогаз  
3,6%



Біомаса  
3,5%

Джерело: Енергоринок

Рис. 1.4 Розподіл генерації електричної енергії ВДЕ.



Структура генерації електроенергії у розрізі напрямів ВДЕ виглядала наступним чином (Рис 1.4):

- Сонячна генерація – 275,6 тис. МВт•год (58,8% у загальній структурі);
- Вітрова генерація – 126,6 тис. МВт•год (27%);
- Гідроелектростанції – 33,2 тис. МВт•год (7,1%);
- Об'єкти на біогазі – 16,7 тис. МВт•год (3,6%);
- Об'єкти на біомасі – 16,1 тис. МВт•год (3,5%).

З вище викладеного можна зробити висновок про те що системи генерації електроенергії на основі ВДЕ впроваджуються дуже великими темпами і займають все більшу частину ринку. А серед таких систем домінують сонячні електростанції.

З опрацьованих даних «Держенергоефективності»[3], за дев'ять місяців 2019 року більше 2 млрд. євро інвестовано у понад 2500 МВт нових потужностей відновлюваної електроенергетики, введених в Україні (Рис 1.5).



Рис. 1.5 Динаміка встановлення потужностей генерації електричної енергії ВДЕ, що працюють за «зеленим» тарифом.

Зокрема, за цей період встановлено такі нові об'єкти:

- понад 2000 МВт – СЕС;
- майже 400 МВт – ВЕС;
- близько 120 МВт – СЕС домогосподарств (за 6 місяців ц.р.);
- 24 МВт – біогазові установки;
- 13 МВт – об'єкти малої гідроенергетики;
- 4 МВт – об'єкти на біомасі.

За даними Міністерства енергетики України, в січні-серпні 2020 року обсяг виробництва електроенергії енергогенеруючими підприємствами, які входять до ОЕС України, досяг 96337,5 млн кВт•год, що на 6759,0 млн кВт•год або на 6,6% менше порівняно з відповідним періодом 2019 року. При цьому ТЕС та ТЕЦ вироблено електроенергії 31212,4 млн кВт•год, або на 18,2% менше, ніж за відповідний період 2019 року, що становило 38180,3 млн кВт•год. Атомними електростанціями вироблено 51135,6 млн кВт•год. У порівнянні з січнем-серпнем минулого року АЕС зменшили виробництво електроенергії на 3406,5 млн кВт•год, або на 6,2%. Виробництво електроенергії ГЕС та ГАЕС склало 5016,9 млн кВт•год, що на 12,1% менше (або на 689,5 млн кВт•год) від минулорічного показника. За 8 місяців 2020 року виробництво електроенергії ВДЕ (ВЕС, СЕС, біомаса) склало 7657,0 млн кВт•год, що на 4130,4 млн кВт•год, або на 117,1% більше, ніж за відповідний період минулого року. Виробництво електроенергії електростанціями інших видів (блок-станціями та іншими джерелами) порівняно з аналогічним показником 2019 року збільшилось на 174,5 млн кВт•год, або на 15,3% та склало 1315,6 млн кВт•год. В серпні поточного року загальний обсяг виробництва цього виду енергоресурсу досяг 11346 млн кВт•год. Станом на 31 серпня:

- на АЕС вироблено 5941,7 млн кВт•год год електороенергії. В місячному балансі електроенергії країни їх частка склала 52,4%;
- ТЕС та ТЕЦ виробили 3412,8 млн кВт•год та мають частку в балансі 30,1%;

- ГЕС та ГАЕС – 665,7 млн кВт•год, або 5,9 %;
- ВДЕ – 1111,2 млн кВт•год, або 9,8%;
- Електростанціями інших видів (блок-станціями та іншими джерелами) – 215 млн кВт•год, або 1,9%.

За даними Міністерства енергетики України, за січень-серпень 2020 року спостерігалось зменшення споживання (брутто), яке склало 95241,2 млн кВт•год, що на 4453,7 млн кВт•год, або на 4,5% менше, ніж за відповідний період минулого року. Споживання електроенергії (нетто) галузями національної економіки та населенням протягом 8 місяців 2020 року становило 80268,6 млн кВт•год, що на 2 111,9 млн кВт•год (або 3,6%) менше аналогічного показника 2019 року. [2]

Споживання електроенергії зменшили промислові споживачі (на 4,9%), зокрема, паливна промисловість (на 6,7%), металургійна (на 7,0%), машинобудівна (на 17,9%), промисловість будматеріалів (на 0,7%), харчова та переробна (на 3,3%), сільгоспспоживачі (на 1,6%), транспорт (на 16,6%), будівництво (на 6,6%), комунально-побутові споживачі (на 9,0%), інші непромислові споживачі (на 4,3%). Протягом січня-серпня 2020 року збільшило споживання електроенергії населення (на 3,3%). У серпні поточного року, за даними «Укренерго», споживання електроенергії в енергосистемі України практично вийшло на рівень споживання 2019 року і становить 9364 млн кВт•год, що лише на 0,01% менше минулого року (9370 млн кВт•год).

З усіх груп споживачів зростання споживання продемонструвало лише населення на 5,7% до показників серпня минулого року (2643 млн кВт•год у серпні 2020 порівняно з серпнем 2019 р. – 2501 млн кВт•год). Промисловість спожила у серпні на 2,9% менше електроенергії, ніж у минулому році (4187 млн кВт•год проти 4312 млн кВт•год відповідно). Зокрема, машинобудівна промисловість скоротила споживання на 12%, металургія – на 6% та паливна – на 3%. Водночас зросло електроспоживання у харчовій та переробній галузі, хімічній та нафтохімічній, галузі будматеріалів та інших, які спожили

електроенергії у серпні в середньому на 5% більше, ніж у минулому році. За даними «Укренерго», подальше зростання споживання електроенергії буде пов'язане, перш за все, із сезонністю (зниженням температури повітря), а також частковою адаптацією галузей економіки до роботи в умовах карантину. (Рис 1.6)

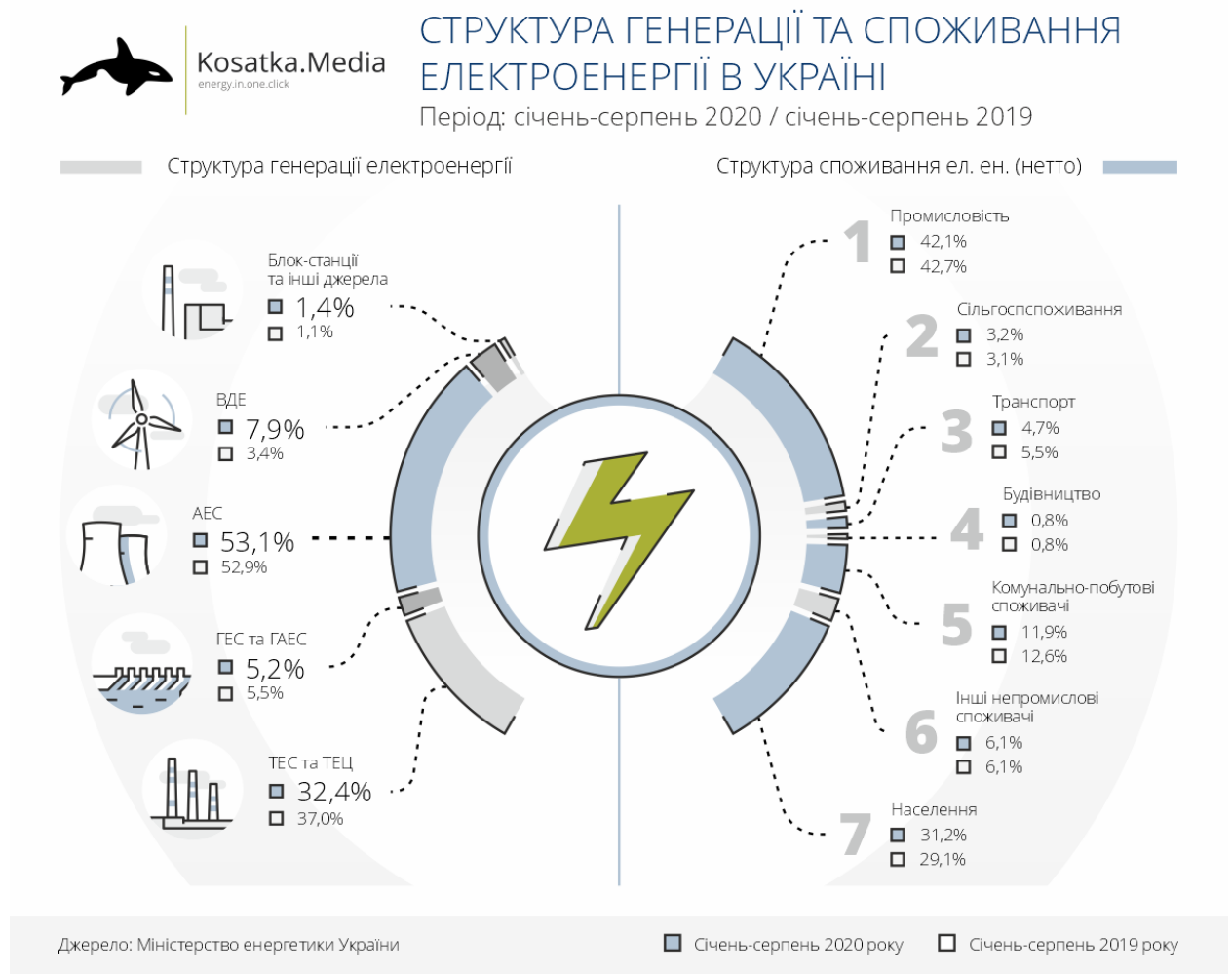


Рис. 1.6 Генерація та споживання електроенергії в січні-серпні 2020 року.

Дані, ціни на електроенергію, наведені для домогосподарств зі споживанням до 1001 кВт·год на місяць. Відзначимо, що в Європі діє правило – чим більше споживаєш, тим менше ціна одного кВт·год. Для порівняння, в 2019 році в Бельгії при споживанні до 1001 вартість 1 кВт·год – 0,36 євро, а для споживачів від 2500 до 5000 кВт·год – 0,19 євро. В Україні ж діє правило пільгових перших 100 кВт · год. Дані наведені за докарантинні 2015-2019 роки. З урахуванням пандемії динаміка, можливо, зміниться.[2]

Це буде зрозуміло за підсумком 2020 року. Але станом на 2019 рівень цін в Європі досить красномовний. Візьмемо найвищу вартість електроенергії – в Нідерландах – майже 40 євроцентів за кВт·год. При споживанні, наприклад, 200 кВт·год на місяць (що досить мало) – це 80 євро або майже 2400 грн. за нинішнім курсом. У нашого найближчого сусіда – Польщі – таке електроспоживання в середньому обходиться в 26 євро або 789 грн. Використано дані станом на 2 півріччя кожного року, при цьому в деяких країнах в першому півріччі електроенергія була дорожча. (Рис 1.7).

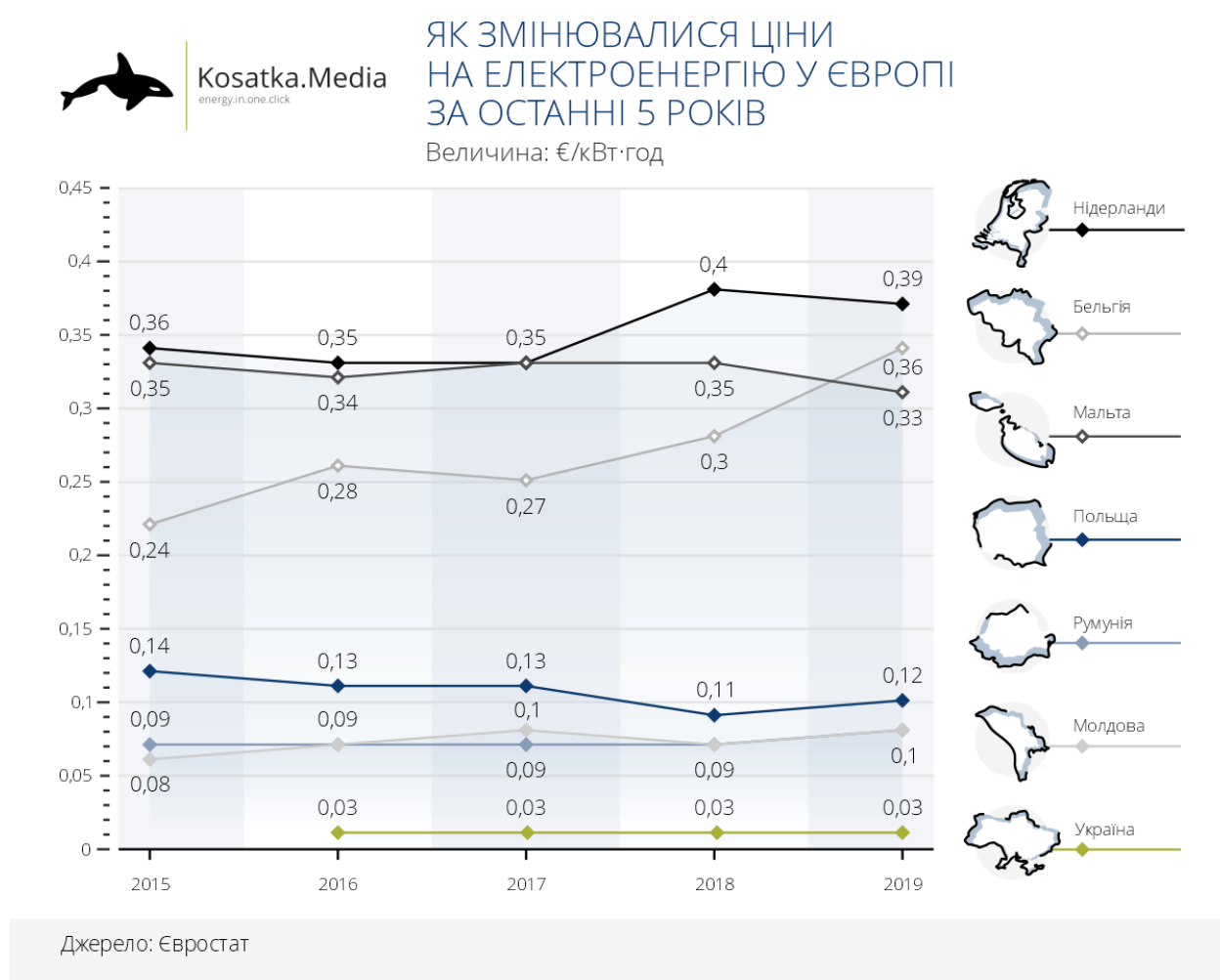


Рис. 1.7 Ціни на електроенергію в Україні та Європі за останні 5 років.

ПСО – спеціальні обов'язки, покладені Кабінетом міністрів України на НАК «Нафтогаз України» згідно з «Положенням про покладення спеціальних обов'язків на суб'єктів ринку природного газу для забезпечення загальносупільних інтересів у процесі функціонування ринку природного

газу», згідно зі статтею 11 Закону України «Про ринок природного газу». PSO затверджувалося Кабміном кілька разів на періоди: .[2]

- з 1 квітня 2017 року по 31 жовтня 2018 року (включно) – постановою Кабінету Міністрів України від 22.03.2017 № 187 (зі змінами та доповненнями);

- з 1 листопада 2018 року – постановою Кабінету Міністрів України від 19.10.2018 № 867;

- з 1 червня 2019 року – постановою Кабінету Міністрів України від 03.04.2019 № 293 (зі змінами);

- з 1 січня 2020 року – постановою Кабінету Міністрів України від 19.10.2018 № 867 (зі змінами та доповненнями). (Рис 1.8).

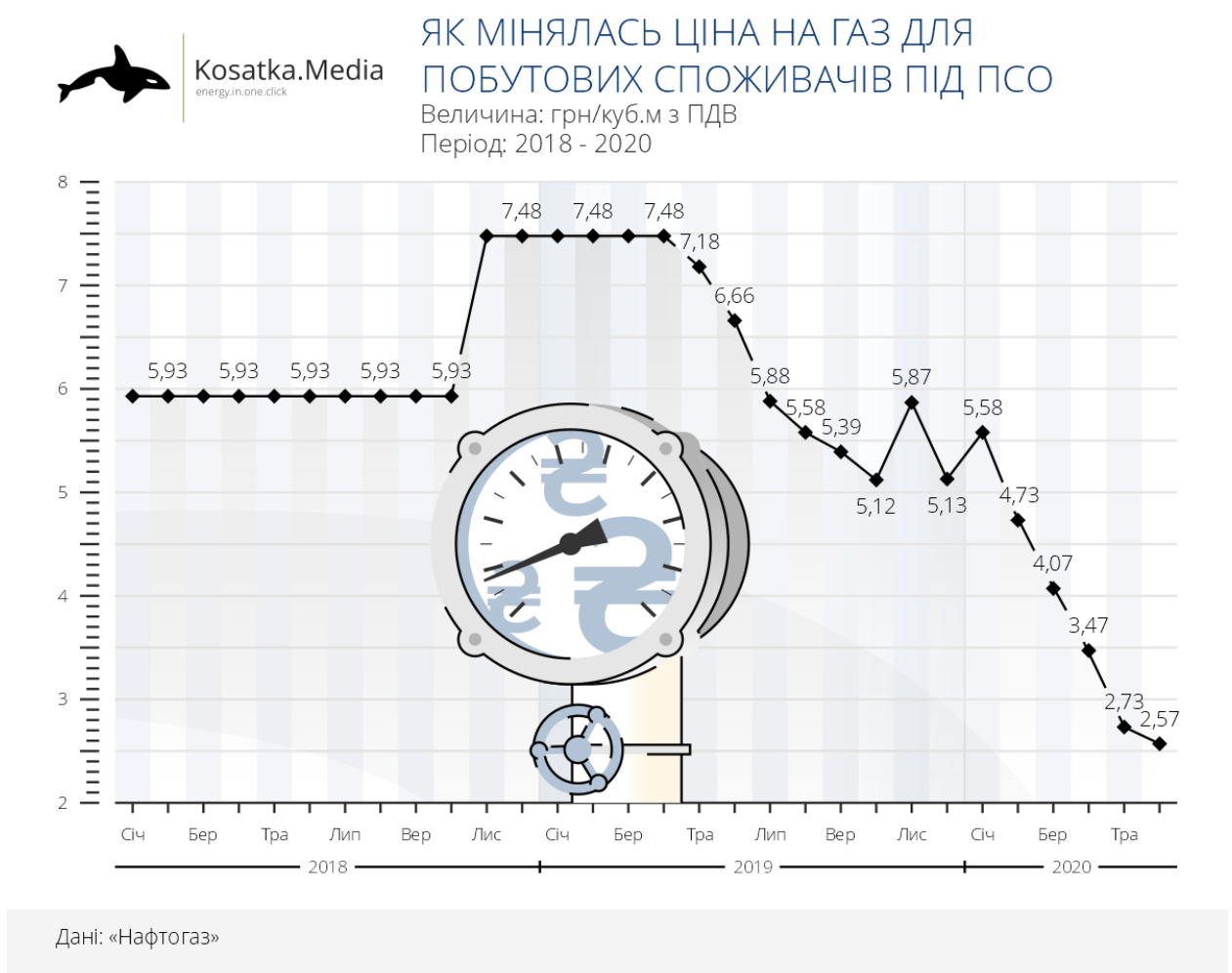


Рис. 1.8 Ціна на газ для побутових споживачів 2018-2020.

Отже підсумовуючи і аналізуючи інформацію з офіційних джерел можна зробити наступні висновки:

1. При збереженні темпів введення в експлуатацію генеруючих потужностей з ВДЕ, відновлювальна енергетика на протязі найближчих 10 років займе до 30% ринку виробки електричної енергії.

2. У зв'язку зі змінами у законодавстві України, щодо ціноутворення на газовому та електроенергетичному ринках постає необхідність у порівняльному аналізі будинків з газовим та електричним опаленням.

Тому далі, розглянемо державні будівельні норми України, котрі регламентують основні положення проектування нових і реконструкцію існуючих житлових будинків.

## **1.2 Сучасні підходи щодо енергозабезпечення житлових будинків з використанням ВДЕ.**

Автономна система електроживлення повинна забезпечувати високий показник гарантованості енергопостачання споживача, мати прийнятні розміри і вартість, високу надійність, тривалий термін служби при мінімальних витратах на обслуговування. Відповідність перерахованим вимогам повинно забезпечувати конкурентоспроможність таких систем у порівнянні з традиційними технічними рішеннями - прокладкою протяжних кабельних ліній, систем газопостачання або, в разі відсутності електричних мереж, автономним електроживленням від бензинових, газових і дизельних електрогенераторів.

Гібридна схема передбачає як енергопостачання від комплексного джерела енергії певної потужності (вітер, сонце), так і за рахунок додавання або зменшення кількості компонентів з відповідною зміною потужності без заміни вихідних каскадів обладнання (регуляторів потужності і інверторів). Гібридна схема в умовах з непередбачуваністю швидкості вітру і інтенсивності сонячної радіації є менш раціональною, ніж її компоненти,

однак найбільш надійною генеруючою системою електроенергії, побудованої на комбінуванні поновлюваних джерел. Надійність системи досягається дублюванням і взаємним доповненням одного джерела іншим (за відсутності сонячного світла система працює за рахунок вітру і навпаки з акумулюванням енергії для забезпечення безперебійного енергопостачання).

Автономні системи електропостачання на основі відновлюваних джерел електроенергії (гібридні системи).

Енергопостачання від різних джерел дозволяє дублювати і комбінувати енергопотоки від вітро- установки і сонячної батареї в залежності від домінування одного джерела над іншим. У разі відсутності одного з джерел дублюючим компонентом виступає інший, а в разі відсутності обох автоматично підключається система безперебійного живлення на основі акумуляторних батарей, забезпечуючи надійне енергопостачання споживача.

Як свідчать численні публікації та розробки, спочатку важко передбачити питому вироблення енергії в конкретному регіоні за рахунок того чи іншого відновлюваного джерела. Відповідно, практично неможливо розрахувати точну встановлюється потужність генеруючого обладнання для конкретного споживача з його особливостями та графіком споживання в локальних кліматичних умовах (наприклад, в цілому по області середня швидкість вітру може бути 4 м / с, а вздовж заплави річки, біля озера або між пагорбів існує постійна тяга вітру 6-7 м / с). У зв'язку з цим найбільш простим рішенням є установка мінімальної гібридної конфігурації з подальшим збільшенням кількості компонентів, так і за допомогою заміни малих агрегатів більшими. У разі гібридної системи такі заходи не переривають енергопостачання споживача навіть протягом заміни в зв'язку з їх взаємним дублюванням. Ця перевага може бути використано для об'єктів енергопостачання від різних джерел дозволяє дублювати і комбінувати енергопотоки від вітро- установки і сонячної батареї в залежності від домінування одного джерела над іншим. У разі відсутності одного з джерел дублюючим компонентом виступає інший, а в разі відсутності обох



автоматично підключається система безперебійного живлення на основі акумуляторних батарей, забезпечуючи надійне енергопостачання споживача.

Головною ознакою гібридних систем енергопостачання є одночасне використання різних за походженням видів палива, таких як традиційне (бензин, вугілля, газ, дизель та ін.) і відновлювані джерела енергії (вітер, вода, сонце і ін.).

Гібридні системи найкращим чином здатні вирішувати проблеми відсутності поблизу об'єкта ліній електропередач і / або централізованого міського опалення. Таким чином, виключається залежність власників заміських будинків від комунальних служб і забезпечуються комфортні температурні умови з урахуванням індивідуальних вимог конкретного об'єкта споживання, що не підлягають відключенню в будь-якому випадку.

Комплексне енергопостачання являє собою спільну генерацію електричної і теплової енергій в одній системі.

Гібридні автономні системи енергопостачання поєднують в собі всі перераховані вище функції, досягаючи таким чином безперебійного, економічно вигідного і екологічно чистого забезпечення об'єкта електричної і теплової енергіями.

Одним із принципів функціонування автономних систем електропостачання є почергове використання двох акумуляторних батарей (АКБ), з яких одна призначена тільки для заряду акумулятора, а інший тільки для розряду, тобто живлення електричного навантаження і заряду інший.

Почергове використання двох акумуляторів дозволяє збільшити час автономної роботи. Як приклад служить автономна система електропостачання, зображена на рисунку 1.9.

Гібридна система акумуляування електроенергії та електропостачання споживачів працює наступним чином.

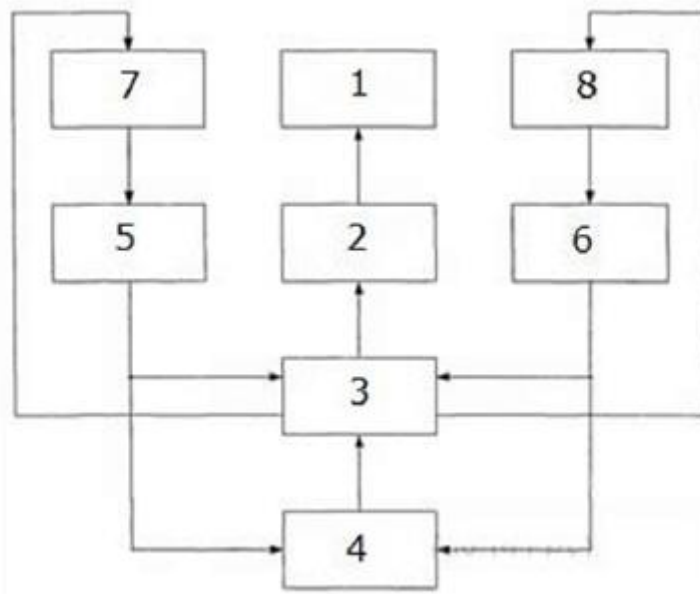


Рис. 1.9 Гібридна система енергопостачання з почерговим використанням двох АКБ: 1 - навантаження змінного струму, 2 - інвертор, 3 - силовий комутатор, 4 - блок управління, 5 і 6 - акумуляторні батареї, 7 і 8 - конвертори напруг.

Блок управління (4) аналізує напруги АКБ (5) і (6), вимірюючи і порівнюючи їх між собою з метою вибору однієї з них при пуску системи.

При зниженні напруги на працюючій АКБ блок управління (4) підключає АКБ (6) до АКБ (5) через конвертор (8) для підзарядки. В процесі зарядки того чи іншого акумулятора відбувається періодичне вимірювання напруги акумуляторної батареї і проводиться порівняння подальшого значення з попереднім. Якщо різниця між цими показаннями менше деякого значення  $\Delta U$ , то процес заряду припиняється шляхом відключення конвертора заряджає акумулятор.

У зв'язку з тим, що час заряду АКБ (5) менше, ніж час розряду АКБ (6) при її роботі на навантаження в номінальному режимі, то до моменту досягнення мінімально допустимого рівня напруги на АКБ (6), АКБ (5) вже буде повністю заряджена і готова до роботи. Далі робота системи триває відповідно до описаного вище алгоритмом роботи.

Переваги системи:

- швидкий заряд АКБ високочастотними індуктивними над- короткими імпульсами напруги;
- автономний режим роботи без застосування додаткових джерел енергії;
- відсутність шуму і компактність системи;
- немає забруднення навколишнього середовища.

Наступний принцип побудови автономних систем електропостачання - це залучення поновлюваних джерел енергії, які здатні збільшити загальну ефективність всієї системи.

Вітро-сонячні системи дозволяють максимально повно використовувати альтернативні джерела енергії, оскільки їх комбінація збільшує генерується енергію вдвічі, а також вони здатні взаимозамінити один одного - коли немає вітру, є сонце і навпаки.

Основним джерелом енергії в гібридній системі є вітряної двигун, а фотоелектричні сонячні панелі є допоміжними, які виробляють енергію в періоди тривалого «штилю», так як вони здатні працювати постійно і знижувати розряд акумуляторів, що продовжує їх ресурс.

Хоча сонячні батареї здатні вловлювати і розсіяне сонячне світло, але при цьому виробляється набагато менше енергії, вироблення електроенергії можна збільшити майже в два рази, якщо використовувати систему стеження за сонцем, яка повертає батарею слідом за сонцем протягом усього світлового дня.

Склад гібридної вітро-сонячної системи, рисунок 1.10, наступний:

- фотоелектрична система, що складається з сонячних модулів, з'єднаних паралельно і / або послідовно, перетворює променисту енергію Сонця в електричний струм постійної напруги;
- вітрогенератори служать перетворювачами кінетичної енергії повітряних потоків в електричну енергію;
- контролер перетворює напругу, що надходить від сонячної батареї і вітрогенератора в адаптоване до акумуляторної батареї напруга;



Рис. 1.10 Вітросонячна система електропостачання

- акумуляторні батареї складаються з одного або декількох блоків, що утворюють акумуляторну батарею необхідної ємності і напруги;
- інвертор служить перетворювачем постійної напруги акумуляторної батареї в змінну;
- навантаження - це сукупність споживачів електроенергії.

Гібридна вітросонячна система розраховується згідно з даними по споживаній потужності, а також сонячного та вітрового потенціалу місцевості, повинна бути здатна на забезпечення енергією споживачів 220В / 50 Гц.

Важливе значення має і екологічний фактор: застосування фотоелектричної системи або вітрогенератора або вітро-сонячної

установки навіть на додаток до існуючої системи на традиційних видах палива внесе свій внесок в екологічну чистоту енергосистеми. Особливістю схеми, представленої на рисунку 1.11 є те, що навантаження живиться від акумуляторної батареї через автономний інвертор. Визначити пікову

потужність навантаження можна виходячи з потужності накопичувача і інвертора. Середня потужність навантаження в конкретному часовому інтервалі визначається позитивним енергетичним балансом накопичувача, коли його енергія отримана від поновлюваних джерел енергії, перевищує енергію спожиту навантаженням. Баластова навантаження споживає надлишки електроенергії, які не затребувані навантаженням і акумуляторною батареєю.

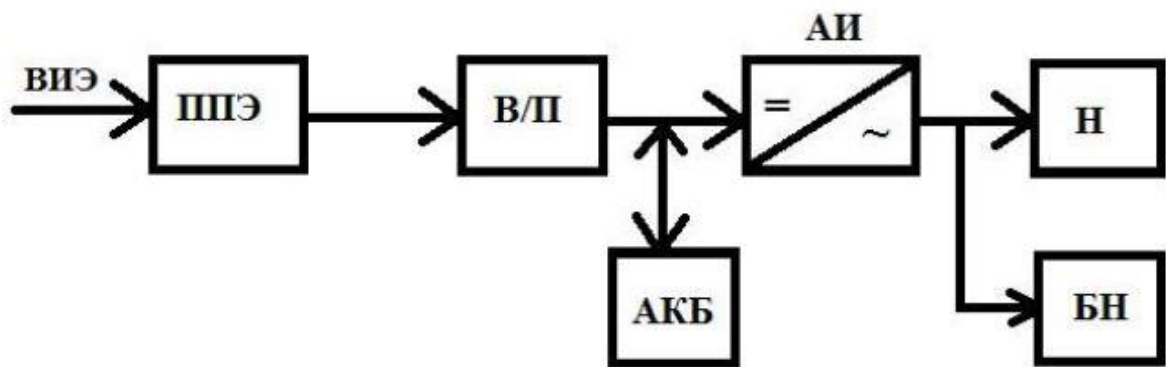


Рис. 1.11 Автономна установка електропостачання на основі ВДЕ:

ВДЕ - відновлюване джерело енергії, ППЕ - перетворювач первинного енергоресурсу, В / П - випрямляч або перетворювач електроенергії, АБ - акумуляторна батарея, АИ - автономний інвертор, Н - навантаження, БН - баластні навантаження.

Для ефективного режиму енергозабезпечення розглянутого енергетичного комплексу необхідно застосування інтелектуальної системи управління його елементами.

На сьогоднішній день такі системи мають потужність до 10 кВт і не є гарантованими джерелами електропостачання автономних об'єктів через істотної зміни вітрового потенціалу і сонячного випромінювання, які, як правило, не відповідають сезонним змінам графіків споживання електроенергії.

### Гібридні системи електропостачання зі спільною вітро-сонячно-дизельною генерацією

Спільна робота дизельної електростанції та установок відновлюваної енергетики в автономній системі найбільш раціонально здійснюється як робота вітро- і фотоелектростанції на електричну мережу, в якості якої виступає дизельна електростанція. В цьому випадку дизель генератор представлений в якості основного джерела електроенергії, а генерація електроенергії від поновлюваного джерела дозволяє економити частину палива.

Для стійкої роботи системи електропостачання, частка миттєвої потужності відновлюваної частини енергетичного комплексу не повинна перевищувати 50% від потужності ДЕС. А співвідношення середніх потужностей відновлюваної і дизельної частин енергетичного комплексу повинна складати 1/5.

Структура даної системи приведена на рисунку 1.12.

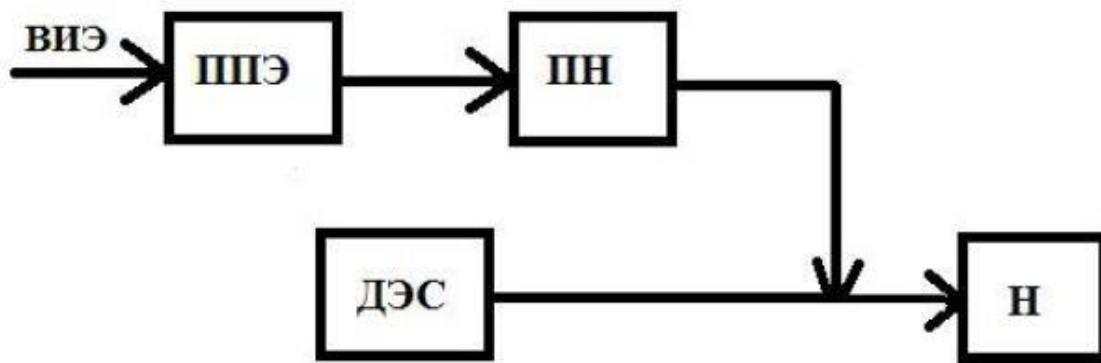


Рис. 1.12 Гібридна енергетична система з постійно діючою ДЕС

Перевагою подібних комплексів є їх простота, що дозволяє знизити вимоги до системи управління і звести до мінімуму склад обладнання.

Недоліком подібних комплексів є порівняно невеликий обсяг заміщення дизельної генерації.

Вітро-дизельні електричні станції (ВДЕС) широко застосовуються в усьому світі там, де є труднощі з будівництвом електроенергетичних мереж або доставкою палива. Досвід створення вітро-дизельних електростанцій у внутрішній Монголії (Китай), Австралії, на островах Аляски, північній Ірландії, Середземного моря та ін. Свідчить про їх ефективність.

Досвід експлуатації ВДЕС свідчить про технічну можливість створення надійної та ефективної енергетичної системи, що працює ізольовано від електроенергетичної мережі.

Робочі якості станції гарантують, що можна було отримати кращі експлуатаційні показники за умови встановлення більшої кількості ВЕУ або вибору майданчика з більш високим вітровим потенціалом.

Основною проблемою для оптимізації складу гібридних енергоустановок на основі ВДЕ і ДГУ на сьогоднішній момент є відсутність чітких критеріїв для такої оптимізації. Максимізація вироблення електроенергії за рахунок відновлюваних джерел енергії, на відміну від мережевих установок, не може бути таким критерієм в силу неузгодженості графіка вироблення електроенергії первинним джерелом і її споживання населеним пунктом. В умовах дорожнечі ключових компонентів, пов'язаних саме з ВДЕ, такий підхід неминує призведе до суттєвого підвищення капітальних витрат на створення енергоустановки, яке не завжди може бути компенсовано зниженням витрат дизельного палива. В цілому економічний ефект від застосування тієї чи іншої енергоустановки може бути оцінений за сумою капітальних (переважно вартість ключових компонентів) і експлуатаційних (переважно вартість дизельного палива для розглянутих енергоустановок) витрат.

### **1.3 Аналіз нормативної документації щодо рівнів електрифікації домоволодінь.**

#### *Навантаження житлових будинків*

3.1 Розрахункове навантаження групових мереж освітлення загальнобудинкових приміщень житлових будинків (сходових кліток, вестибулів, технічних поверхів, підвалів, горищ, колясочних), а також житлових приміщень гуртожитків слід визначати за світлотехнічним розрахунком з коефіцієнтом попиту  $K_{\text{поп}}$ , що дорівнює 1.

3.2 Житла (квартири) щодо оснащеності побутовими електроприладами та їх розрахункових навантажень умовно поділяються на три види:

1 – житла (квартири) в будинках масового будівництва, споруджених чи споруджуваних із загальною площею від  $35 \text{ м}^2$  до  $95 \text{ м}^2$  включно та заявленою (встановленою) потужністю електроприймачів до 30 кВт включно;

2 – житла (квартири) в багатоквартирних будинках, споруджених чи споруджуваних із загальною площею від  $50 \text{ м}^2$  до  $300 \text{ м}^2$  включно та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 30 кВт до 60 кВт включно;

3 – житла (квартири) в котеджах, будинках, споруджених чи споруджуваних із розрахунку, як правило, на одну родину із загальною площею від  $150 \text{ м}^2$  до  $600 \text{ м}^2$  включно та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 60 кВт до 140 кВт включно.

3.3 Для жител 1-го виду (квартир у багато- та малоквартирних будинках, будинків на одну родину і будиночків на ділянках садівничих товариств) встановлюються п'ять рівнів електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I – житла (квартири) з плитами на природному газі;

II – житла (квартири) з плитами на скрапленому газі та на твердому паливі;



III – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт включно;

IV – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт включно;

V – будиночки на ділянках садівничих товариств.

3.4 Для жител 2-го виду встановлюються два рівні електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I – житла (квартири) з плитами на природному газі;

II – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт включно.

3.5 Встановлені нормативи питомих електричних розрахункових навантажень зведені в таблицю 3.1 [4] і враховують застосування в житловому приміщенні побутових кондиціонерів повітря та комфортного електричного доопалення у межах 7-15 % від загальної потреби в теплі з розрахунку 60-120 Вт на 1 м<sup>2</sup> доопалюваної площі.

#### **1.4 Технічне завдання на проектування системи електрозабезпечення приватного будинку.**

Технічне завдання на проектування системи електропостачання приватного житлового заміського будинку зазвичай містить наведені складові.

У типовою схемою всі основні навантаження котеджу зібрані і виділені в окремі групи (освітлення, розетки, побутові прилади).

Пристрої диференційного захисту (УЗО) з чутливістю 30 мА, призначені для захисту людей, встановлені на всі основні групи споживачів, крім мережі освітлення кімнат заміського будинку.

На введенні електричного щита встановлено ПЗВ із диференціальним струмом відключення 300 мА, так як природний (фоновий) струм витоку в електричній мережі котеджу може бути досить великим (через велику

протяжності електричної проводки, при установці УЗО з меншим струмом відключення, можливі помилкові спрацьовування ).

Базовий варіант технічного завдання (ТЗ) електричної системи заміського будинку.

1. Проект внутрішнього електропостачання приватного заміського житлового будинку. Стадія - робоча документація

2. До проекту входять

2.1. Пояснювальна записка. Загальні дані

2.2. Таблиця навантажень

2.3. Принципові електричні схеми

2.4. Планування розміщення устаткування і трасування кабельних трас

2.5. Специфікація матеріалів і обладнання для монтажу

3. Замовник надає наступну інформацію і документацію

3.1. ТУ на підключення ел. потужності, акт технологічного підключення або договір на електропостачання з зазначенням ліміту ел. потужності

3.2. Поверхові планування будинку, планування ділянки

3.3. Перелік підключається інженерного обладнання із зазначенням потужності

3.4. Узгоджене технічне завдання на проектування (ТЗ)

4. 380 / 220В, нейтраль глухозаземленою, система TN-C-S

4.1. Дозволена потужність 15 кВа

4.3. Допустиме нормальне відхилення напруга  $\pm 5\%$ . Гранично допустима короткочасна відхилення напруга  $\pm 10\%$  від номінального значення.

5. Запроектувати окремий вузол обліку електроенергії відповідно до ТУ «Дніпроенерго» і ТУ власника мереж.

5.1. Схему вузла обліку електричної енергії узгодити в місцевій збутовій компанії

5.2. Схему вузла обліку електричної енергії узгодити в місцевій електропостачальній компанії

6.1. У таблиці виділити навантаження для підключення до джерела резервної потужності

6.2. У таблиці виділити навантаження для підключення до мережного стабілізатора напруги

6.3. У таблиці виділити навантаження для підключення до джерела безперебійного живлення

7. Запроектувати електричний розподільний щит (ВРУ) з необхідною кількістю вихідних автоматичних вимикачів

7.1. При проектуванні розподільного щита використовувати обладнання європейських виробників ABB, Siemens або Schneider electric

7.2. При проектуванні ВРУ передбачити резервні автоматичні вимикачі в кількості 10% від встановлених.

7.3. При проектуванні ВРУ передбачити резервне місце для установки ел. модульного обладнання в кількості 25% від встановленого.

7.4. Комутаційне обладнання 0.4 кВ вибрати відповідно до розрахункових і пусковими струмами навантаження, перевірити на здатність, що відключає, чутливість до струмів короткого замикання. Виконати розрахунки і схему селективності захисту.

8. Забезпечити видиму індикацію напруги на вводі

8.1. Встановити вольтметр забезпечити видимий контроль за відхиленнями напруги на вводі

8.2. Забезпечити контроль за правильністю фазировки напруги на вводі.

8.3. Забезпечити видимий контроль струмового навантаження на вводах

8.4. На вході електричного щита запроектувати пристрій контролю напруги і струмів за фазами з функцією запису параметрів. Архів зберігання даних 12 місяців

9. Електрична розподільна мережа. Розподільну мережу виконати з мінімальною кількістю сполучних коробок. Всі електричні розподільні щити, розетки, світильники освітлення, навантаження інженерних систем підключати до ВРУ окремими кабельними лініями. Шлейфового або послідовне підключення електричних навантажень не допускається.

9.1. Кількість розеток, світильників і вимикачів взяти з дизайн - проекту і узгодити з замовником

9.2. Місця установок розеток, світильників і вимикачів позначити на плануваннях приміщень

10. Межі проектування: вступної кабель - точка електропостачання щитів інженерних навантажень

10.1. Перелік інженерних навантажень:

10.1.1. котел опалення

10.1.3. Насосна станція

Безпека електричної мережі і захист людей від ураження електричним струмом

11. Для захисту електроприймачів, розташованих в особливо небезпечних приміщеннях з вологим середовищем, а також розеток, призначених для включення переносного обладнання, передбачити установку пристроїв захисного відключення (УЗО).

11.2. Запроектувати контур заземлення

11.3. Запроектувати систему блискавкозахисту з окремим контуром заземлення

11.4. Запроектувати систему зрівнювання потенціалів

11.5. Запроектувати установку пристроїв захисту від перенапруг

Автоматизація внутрішнього і зовнішнього освітлення

12. Автоматизація освітлення

12.1. Вимкнення всього внутрішнього освітлення в будинку з одного місця в передпокої і тамбурі

12.2. Вимкнення або увімкнення 4 зон освітлення з чотирьох різних місць (хол першого і другого поверхів, вітальня, сходи)

12.3. Включення і вимикання зовнішнього освітлення ділянки по датчику освітлення або добового таймером.

12.4. Включення освітлення по датчику присутності, вимикання освітлення по витягів таймера

12.5. Включення і вимикання зовнішнього освітлення ділянки (зон освітлення) за допомогою пристроїв з інтерфейсом «радіошина» (брелоки, виносні пульти)

13. Запроектувати резервне джерело електропостачання (генератор) з пристроєм автоматичного введення резерву

13.1. Розрахувати потужність електричного генератора.

13.2. Отримати перелік електричних навантажень для підключення до лінії електричного генератора з таблиці навантажень

14. Запроектувати пристрій стабілізації напруги для електричних споживачів з щитом байпаса

14.1. Розрахувати потужність стабілізатора

14.2. Отримати перелік електричних навантажень для підключення до лінії мережевого стабілізатора з таблиці навантажень

Пристрій безперебійного живлення

15. Запроектувати джерело безперебійного живлення для відповідальних електричних споживачів з щитом байпаса

15.1. Розрахувати потужність джерела безперебійного живлення

16. Отримати перелік електричних навантажень для підключення до лінії джерела безперебійного живлення з таблиці навантажень

17. Варіанти ведення електричної проводки:

17.1. Групові кабельні лінії вести в пирозі першого поверху з подальшою заливкою цементним стягуванням. Розводку розподільної електричної мережі в стінах, вести в просторі за плитами ГКЛ в захисті з гнучкою електротехнічної труби.

17.2. Групові кабельні лінії вести в кабельних лотках за стелею підшивання першого поверху. Розводку розподільної електричної мережі в стінах вести в просторі за плитами ГКЛ в захисті з гнучкою електротехнічної труби.

17.3. Групові кабельні лінії вести в закритих металевих кабельних лотках, в технічному підпіллі. Розводку розподільної електричної мережі в каркасних стінах, вести в алюмінієвих електротехнічних трубах

17.4. Групові кабельні лінії вести в пирозі першого поверху з подальшою заливкою цементним стягуванням. Розводку розподільної електричної мережі в стінах з газобетону або пазогребневих плит, вести в штробах з подальшим закладенням.

17.5. Групові кабельні лінії вести в закритих металевих кабельних лотках, в технічному підпіллі. Розводку розподільної електричної мережі в дерев'яних стінах вести приховано, проводку на відкритих ділянки електричної мережі вести крученими проводами на ізоляторах.

17.6. При прокладанні електричної розподільчої мережі використовувати електричні кабелі з індексами "нг-LS". Тобто кабелі, що не поширюють горіння, зі зниженим виділенням хлористого водню і низькою димоутворювальною здатністю при горінні і тлінні.

17.7. Трифазні мережі виконуються 5-ти жильними кабелями, однофазні - 3-х жильними.

17.8. Підведення електроживлення харчування до розетковим блокам виконати мідним кабелем перетином  $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ .

17.9. Підведення електроживлення харчування до світильників виконати мідним кабелем перетином  $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ .

Електрична розподільна мережа на ділянці

18. Для майбутніх електричних споживачів на ділянці

18.1. Запроектувати силові електричні підземні кабельні лінії для майбутніх електричних споживачів на ділянці.

18.2. Запроектувати кабельну каналізацію по периметру ділянки

## **1.5 Постановка задачі дослідження**

На підставі вищевикладеного матеріалу можна зробити висновок про те, що в Україні за останні чотири - п'ять років відбулося вибухове зростання встановлених і підключених генеруючих потужностей на основі ВДЕ. Однак, вирішувати питання про енергонезалежність країни необхідно комплексно і системно.

Одним зі шляхів вирішення питання енергетичної незалежності є диференціювання типів енергії, що застосовується при опаленні житлових будинків. Найбільш поширеними є природний газ та електрична енергія.

Науковою задачею магістерської роботи є аналіз результатів моделювання енергетичних витрат на опалення будинків зі східними параметрами за допомогою електричної енергії та газу.

**Висновки:**

1. При використанні систем опалювання газових чи електричних необхідно використовувати різні ДБН, та проводити деякі інженерні заходи.
2. Порівняльний аналіз таких систем може відбуватися за двома критеріями — витратами умовного палива та зведеними економічними витратами.

## **2 Спеціальний розділ**



Як показали дослідження, проведені в першому розділі, раціональні обсяги впровадження систем ВДЕ для приватних будинків залежать від рівня їх електрифікації.

Далі в роботі будуть розглянуті дві ФЕС для однакових приватних будинків загальною площею 120 м<sup>2</sup>, але з різними рівнями електрифікації згідно норм ДБН В.2.5-23:2010. У відповідності до завдання керівника проекту будуть розглянуті однакові приватні будинки 2 виду – житла (квартири) в багатоквартирних будинках, споруджених чи споруджуваних із загальною площею від 50 м<sup>2</sup> до 300 м<sup>2</sup> включно та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 30 кВт до 60 кВт включно. Відрізнитися ці будинки будуть тільки рівнями електрифікації та відповідними їм нормативними розрахунковими питомими навантаженнями:

- один будинок I рівня електрифікації – житла (квартири) з плитами на природному газі;
- другий будинок II рівня електрифікації – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт включно.

## **2.1 Розрахунок електричних навантажень приватного будинку**

Для правильного вибору кількості сонячних панелей необхідно враховувати електричне навантаження пристроями в приватному будинку. Для цього складемо список основного електрообладнання, його потужність і кількість годин роботи на добу.

Так для будинку I рівня електрифікації найбільш потужними споживачами є бойлер і кондиціонер з потужністю 2000 Вт кожний. Середня споживана потужність комп'ютера становить 1000 Вт, принтера – 500 Вт. Досить потужними споживачами електричної енергії є побутова техніка - електрочайник (потужністю 1500 Вт), фен (потужністю 1300 Вт), мікрохвильова піч (потужністю 1000 Вт), холодильник (потужністю 150 Вт),

телевізор (потужністю 200 Вт) і ігрова приставка (потужністю 195 Вт) також істотно впливають на рівень електроспоживання. Значення електроспоживання приладів і кількість працюючих годин в тиждень пристроїв для будинку I рівня електрифікації представлені в таблиці 2.1.

Розрахункове навантаження визначається виходячи з часу роботи приладів, так як точно коефіцієнт попиту визначити не виявляється можливим. Для вибору кількості сонячних панелей навантаження визначаються за кількістю годин на тиждень роботи.

Варто враховувати освітлення всередині будинку, яке здійснюється в основному побутовими світильниками з компактними люмінесцентними лампами середньою потужністю 18 Вт. Зовнішнє освітлення виконано також компактними люмінесцентними лампами потужністю 30 Вт. Загальна кількість ламп внутрішнього освітлення – 20 шт., зовнішнього освітлення – 5 шт.

Загальна потужність освітлювальних приладів:

$$P_{oc} = n_{вн} \cdot P_{вн} + n_{зов} \cdot P_{зов} = 20 \cdot 18 + 5 \cdot 30 = 510 \text{ Вт}$$

де:  $n_{вн}$  і  $P_{вн}$  – відповідно кількість і потужність ламп внутрішнього освітлення;

$n_{зов}$  і  $P_{зов}$  – відповідно кількість і потужність ламп зовнішнього освітлення;

Таблиця 2.1 - Електричне навантаження будинку I рівня електрифікації

№	Найменування приладів	Потужність, Вт	Тривалість роботи за тиждень, год.	Електроспоживання, Вт·год/тиждень
1	Бойлер	2000	28	56000
2	Кондиціонер	2000	42	84000
3	Мікрохвильова піч	1000	3	3000
4	Холодильник	150	40	6000
5	Пилосос	500	2	1000

6	Телевізор	200	15	3000
7	Чайник	1500	4	6000
8	Фен	1300	1	1300
9	Принтер	500	2	1000
10	Комп'ютер	1000	6	6000
11	Ігрова приставка	195	10	1950
12	Зарядний пристрій	16	20	320
13	Роутер WIFI	10	168	1680
14	Освітлення	510	30	15300
<b>Разом</b>		<b>10881</b>		<b>186550</b>

Кількість енергії постійного струму, яке необхідно для будинку I рівня електрифікації, з урахуванням втрат:

$$W_{\text{трI}} = W_{\text{змI}} \cdot k = 186550 \cdot 1,2 = 223860 \text{ Вт} \cdot \text{год/тиждень}$$

де,  $k$  - коефіцієнт, що враховує втрати в системі,  $k=1,2$ .

Для будинку II рівня електрифікації найбільш потужними споживачами будуть електричний котел опалення потужністю 12000 Вт і плита електрична потужністю 8500 Вт. Потужності інших споживачів приймаємо повністю аналогічними дому I рівня електрифікації. Бойлер і кондиціонер з потужністю 2000 Вт кожний, споживана потужність комп'ютера - 1000 Вт, принтера - 500 Вт. Аналогічно споживає й побутова техніка - електрочайник (потужністю 1500 Вт), фен (потужністю 1300 Вт), мікрохвильова піч (потужністю 1000 Вт), холодильник (потужністю 150 Вт), телевізор (потужністю 200 Вт) і ігрова приставка (потужністю 195 Вт).

Розрахункове навантаження для будинку II рівня електрифікації також визначається виходячи з часу роботи приладів, так як точно коефіцієнт попиту визначити не виявляється можливим. Для вибору кількості сонячних панелей навантаження визначаються за кількістю годин на тиждень роботи.

Освітлення будинку II рівня електрифікації здійснюється світильниками з компактними люмінесцентними лампами середньою

потужністю 18 Вт. Зовнішнє освітлення виконано компактними люмінесцентними лампами потужністю 30 Вт. Загальна кількість ламп внутрішнього освітлення – 20 шт., зовнішнього освітлення – 5 шт.

Загальна потужність освітлювальних приладів:

$$P_{oc} = n_{вн} \cdot P_{вн} + n_{зов} \cdot P_{зов} = 20 \cdot 18 + 5 \cdot 30 = 510 \text{ Вт}$$

де:  $n_{вн}$  і  $P_{вн}$  – відповідно кількість і потужність ламп внутрішнього освітлення;

$n_{зов}$  і  $P_{зов}$  – відповідно кількість і потужність ламп зовнішнього освітлення;

Значення електроспоживання приладів і кількість працюючих годин в тиждень пристроїв для будинку II рівня електрифікації представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Електричне навантаження будинку II рівня електрифікації

№	Найменування приладів	Потужність, Вт	Тривалість роботи за тиждень, год.	Електроспоживання, Вт·год/тиждень
1	Котел електричний	12000	56	672000
2	Плита електрична	8500	21	178500
3	Бойлер	2000	28	56000
4	Кондиціонер	2000	42	84000
5	Мікрохвильова піч	1000	3	3000
6	Холодильник	150	40	6000
7	Пилосос	500	2	1000
8	Телевізор	200	15	3000
9	Чайник	1500	4	6000
10	Фен	1300	1	1300
11	Принтер	500	2	1000
12	Комп'ютер	1000	6	6000
13	Ігрова приставка	195	10	1950
14	Зарядний пристрій	16	20	320
15	Роутер WIFI	10	168	1680

16	Освітлення	510	30	15300
<b>Разом</b>		<b>31381</b>		<b>1037050</b>

Кількість енергії постійного струму, яке необхідно для будинку II рівня електрифікації, з урахуванням втрат:

$$W_{\text{трII}} = W_{\text{змII}} \cdot k = 1037050 \cdot 1,2 = 1244460 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{тиждень}$$

де,  $k$  - коефіцієнт, що враховує втрати в системі,  $k=1,2$ .

## 2.2 Моделювання графіків електричного навантаження приватного будинку (опалювальний та неопалювальний періоди)

Для моделювання графіків електричних навантажень в літній і зимовий періоди необхідно врахувати ряд особливостей.

Так, для будинку I рівня електрифікації, в літній час найбільш потужним споживачем буде кондиціонер. На другому місці - бойлер, однак час його роботи буде значно менше, ніж взимку.

У зимовий час для будинку I рівня електрифікації найпотужнішим споживачем стає бойлер. І час його роботи відповідно теж збільшиться. Кондиціонер взимку навпаки практично не включається так, як опалення виконується газовим опалювальним котлом. І кондиціонер може вмикатися лише в перехідний період для підігріву приміщення.

Взимку також характерно збільшення часу включення освітлення, як внутрішнього, так і зовнішнього.

У відповідності з зазначеними особливостями визначимо електричне навантаження будинку I рівня електрифікації в літній і зимовий періоди (таблиці 2.3 і 2.4 відповідно).

Таблиця 2.3 - Електричне навантаження будинку I рівня електрифікації влітку.

№	Найменування приладів	Потужність, Вт	Тривалість роботи за тиждень, год.	Електроспоживання, Вт·год/тиждень
1	Бойлер	2000	18	36000
2	Кондиціонер	2000	42	84000
3	Мікрохвильова піч	1000	3	3000
4	Холодильник	150	40	6000
5	Пилосос	500	2	1000
6	Телевізор	200	15	3000
7	Чайник	1500	4	6000
8	Фен	1300	1	1300
9	Принтер	500	2	1000
10	Комп'ютер	1000	6	6000
11	Ігрова приставка	195	10	1950
12	Зарядний пристрій	16	20	320
13	Роутер WIFI	10	168	1680
14	Освітлення	510	19	9690
<b>Разом</b>		<b>10881</b>		<b>160940</b>

Кількість енергії постійного струму, яке необхідно влітку для будинку I рівня електрифікації, з урахуванням втрат:

$$W_{\text{трI}}^{\text{літ}} = W_{\text{змI}}^{\text{літ}} \cdot k = 160940 \cdot 1,2 = 193128 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{тиждень}$$

де, k - коефіцієнт, що враховує втрати в системі, k=1,2.

Таблиця 2.4 - Електричне навантаження будинку I рівня електрифікації взимку.

№	Найменування приладів	Потужність, Вт	Тривалість роботи за тиждень, год.	Електроспоживання, Вт·год/тиждень
1	Бойлер	2000	28	56000
2	Кондиціонер	2000	0	0
3	Мікрохвильова піч	1000	3	3000
4	Холодильник	150	31	4650

5	Пилосос	500	2	1000
6	Телевізор	200	15	3000
7	Чайник	1500	4	6000
8	Фен	1300	1	1300
9	Принтер	500	2	1000
10	Комп'ютер	1000	6	6000
11	Ігрова приставка	195	10	1950
12	Зарядний пристрій	16	20	320
13	Роутер WIFI	10	168	1680
14	Освітлення	510	30	15300
<b>Разом</b>		<b>10881</b>		<b>101200</b>

Кількість енергії постійного струму, яке необхідно взимку для будинку I рівня електрифікації, з урахуванням втрат:

$$W_{\text{трI}}^{\text{зим}} = W_{\text{змI}}^{\text{зим}} \cdot k = 101200 \cdot 1,2 = 121440 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{тиждень}$$

де,  $k$  - коефіцієнт, що враховує втрати в системі,  $k=1,2$ .

Графіки електричних навантажень для будинку I рівня електрифікації з урахуванням особливостей літнього і зимового періодів наведені на рисунку 2.1.

Як видно з наведених графіків електричних навантажень, за рахунок роботи кондиціонера, найбільш завантаженими місяцями є липень і серпень. Надалі при розрахунку сонячної електростанції буде враховуватися саме цей рівень навантаження, як максимальний.

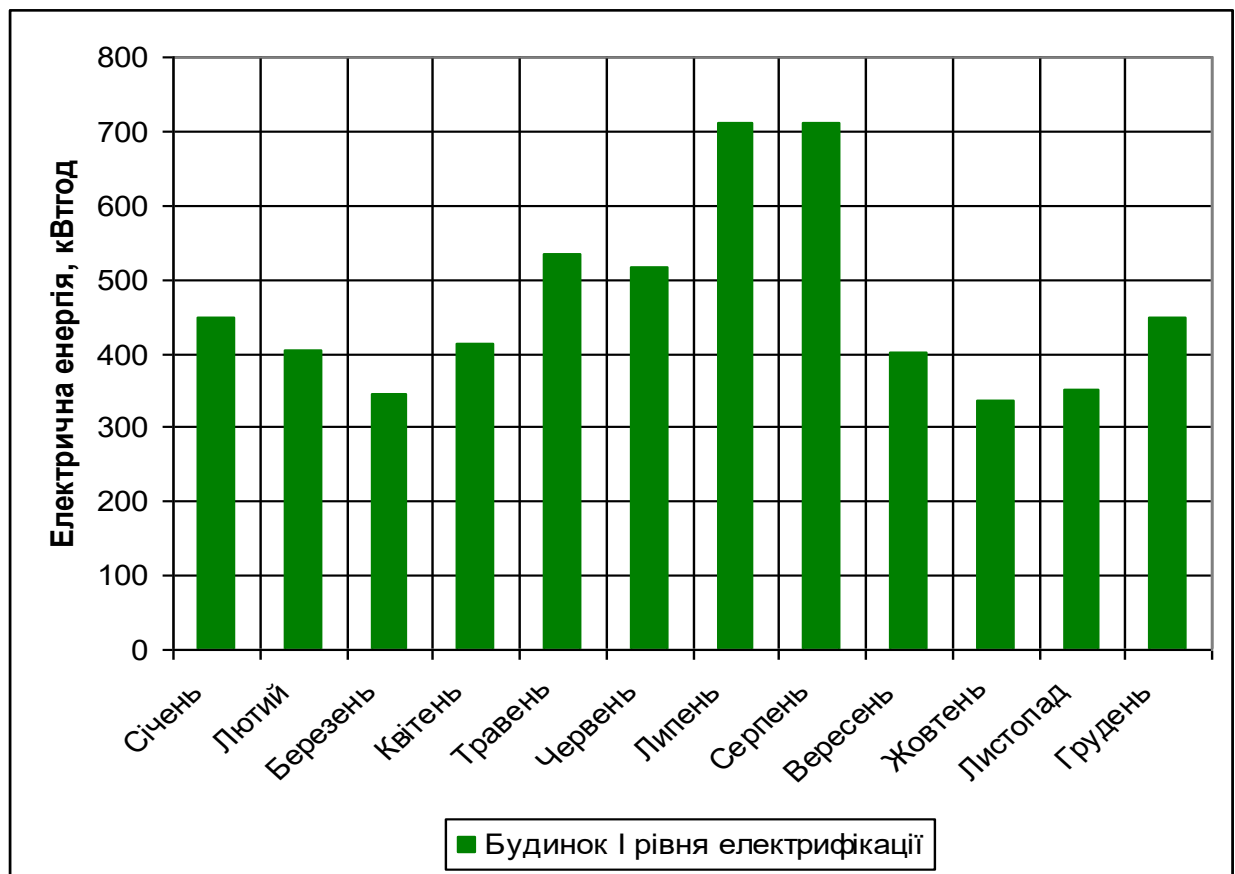


Рисунок 2.1. Графіки електричних навантажень для будинку I рівня електрифікації.

Для будинку II рівня електрифікації, в літній час найбільш потужним споживачем буде електрична плита. На другому місці – кондиціонер, потім бойлер, хоча час його роботи буде не великим.

У зимовий час для будинку II рівня електрифікації найпотужнішим споживачем стає опалювальний електричний котел. Далі іде електрична плита. Так як кондиціонер взимку практично не включається на третьому місці стає - бойлер й час його роботи відповідно теж збільшиться.

Для будинку II рівня електрифікації взимку також характерно збільшення часу включення освітлення, як внутрішнього, так і зовнішнього.

У відповідності з зазначеними особливостями визначимо електричне навантаження будинку II рівня електрифікації в літній і зимовий періоди (таблиці 2.5 і 2.6 відповідно).



Таблиця 2.5 - Електричне навантаження будинку II рівня електрифікації влітку.

№	Найменування приладів	Потужність, Вт	Тривалість роботи за тиждень, год.	Електроспоживання, Вт·год/тиждень
1	Котел електричний	12000	0	0
2	Плита електрична	8500	21	178500
3	Бойлер	2000	18	36000
4	Кондиціонер	2000	42	84000
5	Мікрохвильова піч	1000	3	3000
6	Холодильник	150	40	6000
7	Пилосос	500	2	1000
8	Телевізор	200	15	3000
9	Чайник	1500	4	6000
10	Фен	1300	1	1300
11	Принтер	500	2	1000
12	Комп'ютер	1000	6	6000
13	Ігрова приставка	195	10	1950
14	Зарядний пристрій	16	20	320
15	Роутер WIFI	10	168	1680
16	Освітлення	510	19	9690
<b>Разом</b>		<b>31381</b>		<b>339440</b>

Кількість енергії постійного струму, яке необхідно влітку для будинку II рівня електрифікації, з урахуванням втрат:

$$W_{\text{трII}}^{\text{літ}} = W_{\text{змII}}^{\text{літ}} \cdot k = 339440 \cdot 1,2 = 407328 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{тиждень}$$

де, k - коефіцієнт, що враховує втрати в системі, k=1,2.

Таблиця 2.6 - Електричне навантаження будинку II рівня електрифікації взимку.

№	Найменування приладів	Потужність, Вт	Тривалість роботи за тиждень, год.	Електроспоживання, Вт·год/тиждень
1	Котел електричний	12000	56	672000
2	Плита електрична	8500	21	178500

3	Бойлер	2000	28	56000
4	Кондиціонер	2000	6	12000
5	Мікрохвильова піч	1000	3	3000
6	Холодильник	150	40	6000
7	Пилосос	500	2	1000
8	Телевізор	200	15	3000
9	Чайник	1500	4	6000
10	Фен	1300	1	1300
11	Принтер	500	2	1000
12	Комп'ютер	1000	6	6000
13	Ігрова приставка	195	10	1950
14	Зарядний пристрій	16	20	320
15	Роутер WIFI	10	168	1680
16	Освітлення	510	30	15300
<b>Разом</b>		<b>31381</b>		<b>965050</b>

Кількість енергії постійного струму, яке необхідно взимку для будинку II рівня електрифікації, з урахуванням втрат:

$$W_{\text{трII}}^{\text{зим}} = W_{\text{змII}}^{\text{зим}} \cdot k = 965050 \cdot 1,2 = 1158060 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{тиждень}$$

де,  $k$  - коефіцієнт, що враховує втрати в системі,  $k=1,2$ .

Графіки електричних навантажень для будинку II рівня електрифікації з урахуванням особливостей літнього і зимового періодів наведені на рисунку 2.2.

Як видно з наведених графіків електричних навантажень, за рахунок роботи електричного опалення, найбільш завантаженими місяцями є грудень і січень. Надалі при розрахунку сонячної електростанції буде враховуватися саме цей рівень навантаження, як максимальний.

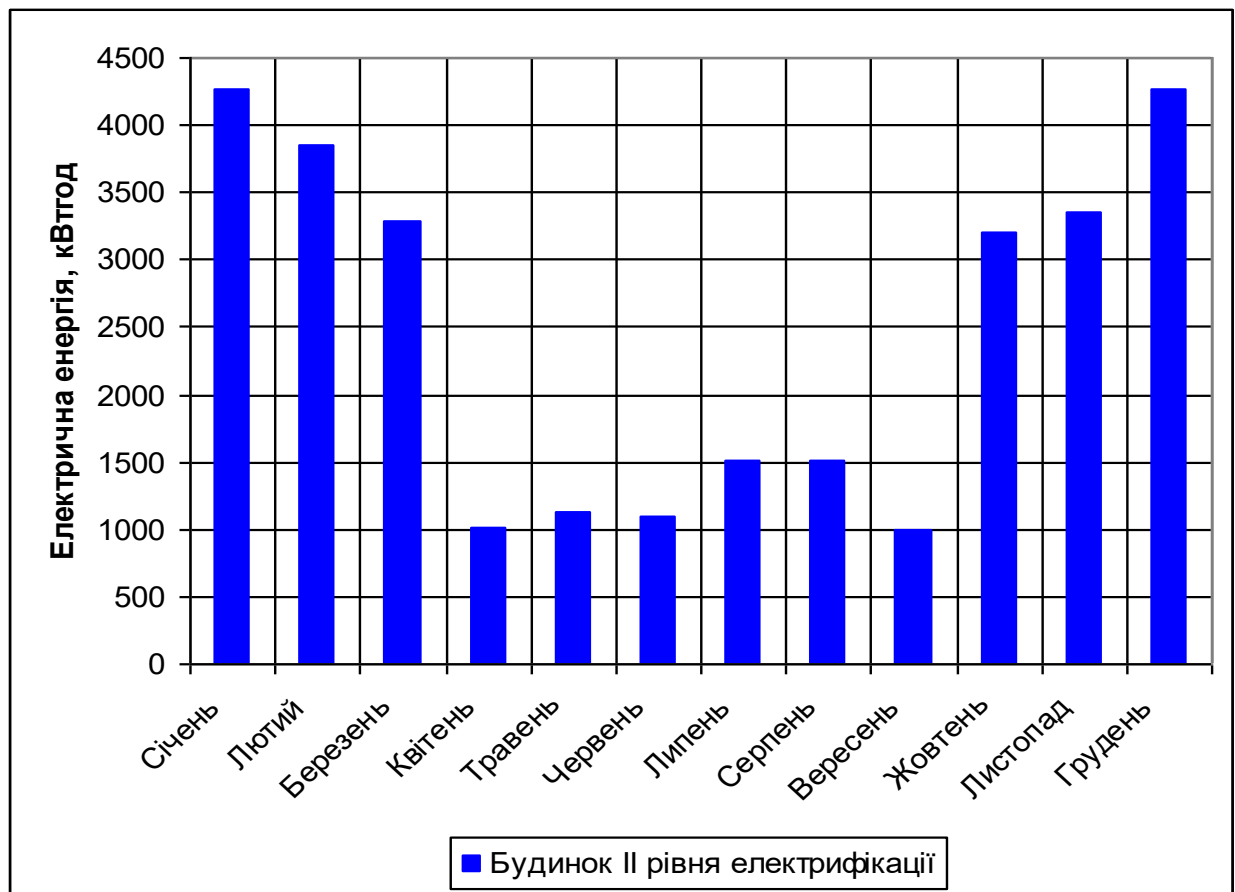


Рисунок 2.2. Графіки електричних навантажень для будинку II рівня електрифікації.

## 2.3 Розрахунок технічних характеристик і вибір обладнання ФЕС

### 2.3.1 Вибір інвертора

Інвертор є напівпровідниковим приладом. Залежно від типу фотоелектричної системи, а також і від способу підключення до сонячної електростанції, існують такі види цього апарату:

- Інвертор, призначений для автономної системи сонячних панелей. У нього є генератор частоти.
- Мережевий інвертор. Працює синхронно з основною електричною мережею.
- Гібридний. Підходить для двох видів підключення. Працює як з акумулятором, так і безпосередньо з самої станцією, разом або окремо.

Характеристики, якими повинен володіти інвертор:

- високий ККД (обов'язково вище 90%, тоді енергія не буде витрачатися даремно);
- неприпустимість будь-яких перешкод на радіочастотах;
- стабілізація вихідної напруги (бажано трапецієподібний тип);
- низький коефіцієнт гармонік;
- широкий температурний діапазон;
- здатність переносити перевантаження;
- захист від перегріву;
- малі втрати при навантаженнях на холостому ході.

Визначимо потужність інвертора з урахуванням запасу, при одночасному включення всього обладнання будинку I рівня електрифікації:

$$P_{in\bar{d}} = P_{змI} \cdot k = 10881 \cdot 1,2 = 13057,2 \text{ Вт}$$

Приймаємо інвертор потужністю 15 кВт, моделі Victron Energy Quattro 48/15000/200-100/100 с АВР.

Таблиця 2.7 - Характеристики гібридного інвертора Victron Energy Quattro 48/15000/200-100/100

Найменування	Характеристика
Тип інвертора	Гібридний автономний
Кількість фаз	1
Номинальна потужність навантаження, Вт	15 кВт
Короткочасне перевантаження, Вт	25 кВт
Форма вихідної напруги	Чиста синусоїда
Вихідна напруга АКБ	48 В
Максимальний струм заряду	200 А
Вихідна напруга	220 В
Вихідна частота	50 Гц
ККД	96 %
Габаритні розміри, ШхВхГ	488х344х572 мм
Маса	72 кг
Робоча температура	-40°C...+65°C

Ступінь захисту	IP65
Гарантія	60 міс.

Число ампер-годин на тиждень, необхідну для покриття навантаження змінного струму будинку I рівня електрифікації, визначається по формулі:

$$q_{\text{тижI}}^{\text{зм}} = \frac{W_{\text{трI}}}{U_{\text{інв}}} = \frac{193128}{48} = 4023,5 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Добове значення споживаних А·год визначається за формулою:

$$q_{\text{добI}} = \frac{q_{\text{тижI}}^{\text{зм}}}{7} = \frac{4023,5}{7} = 574,8 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Визначимо потужність інвертора з урахуванням запасу, при одночасному включення всього обладнання будинку II рівня електрифікації:

$$P_{\text{інвII}} = P_{\text{змII}} \cdot k = 31381 \cdot 1,2 = 37657,2 \text{ Вт}$$

За отриманого значення вибираємо мережевий трифазний інвертор фірми АВВ серії PRO-39.0-TL-OUTD з номінальною потужністю 39кВт. Серія 3-фазних мережевих інверторів АВВ має високий коефіцієнт перетворення (ККД інверторів) - до 98,2%, що робить їх застосування оптимальним на сонячних електростанціях. Інвертори відрізняються стабільно високим ККД на практично повній діапазоні напруги фотомодулів.

Завдяки двом незалежним трекерам МРРТ, інвертори потужністю 39 кВт здатні працювати з 2 різноорієнтованими полями фотоелектричних модулів. Інвертори не містять електролітичних конденсаторів, що робить їх більш довговічними і надійними.

Таблиця 2.8 - Характеристики гібридного інвертора ABB серії PRO-39.0-TL-OUTD

Найменування	Характеристика
Номінальна потужність АС, Вт	39000
Тип інвертора	Безтрансформаторний
Тип підключення до мережі	3-фази 3W + PE або 4W + PE
Номінальна напруга, В	400
Максимальна напруга, В	1100
Робоча напруга, В	440 ... 950
Кількість МРР-трекерів	1
Максимальна потужність, Вт	43700
Максимальний струм, А	61
Максимальний ККД	98,3%
Євро ККД	98,0% / 98,1%
Ступінь захисту	IP 65 (вентилятори IP54)
Тип охолодження	примусове
Робоча температура	-25 ... + 60 ° С
Розміри ВхШхГ, мм	740x520x300
Маса, кг	82

Число ампер-годин на тиждень, необхідну для покриття навантаження змінного струму будинку II рівня електрифікації, визначається по формулі:

$$q_{\text{тижII}}^{\text{зм}} = \frac{W_{\text{грII}}}{U_{\text{інв}}} = \frac{1158060}{48} = 24126,3 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Добове значення споживаних А·год визначається за формулою:

$$q_{\text{добII}} = \frac{q_{\text{тижII}}^{\text{зм}}}{7} = \frac{24126,3}{7} = 3446,6 \text{ А} \cdot \text{год}$$

### 2.3.2 Визначення типу та необхідної кількості сонячних батарей

Згідно з даними NASA [9] побудуємо графік сонячної інсоляції на похилу поверхню 30 градусів:

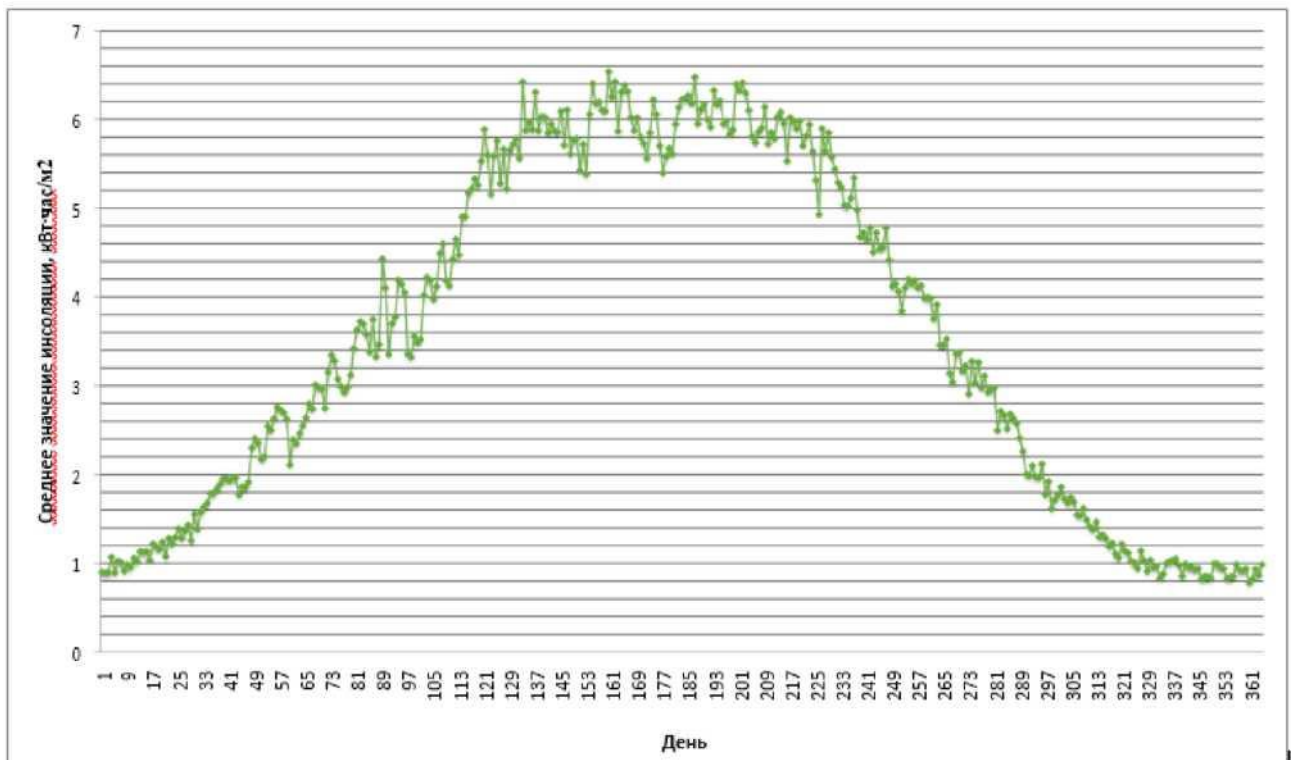


Рисунок 2.3. Рівень сонячної інсоляції на похилу поверхню

Для правильного і оптимального використання енергії сонця необхідно враховувати фактори, що впливають на зміну значення отриманої енергії. Існують методики наближеного розрахунку цієї енергії, але чим більше кількість факторів враховується при розрахунку, тим більше буде ефективність і економічність сонячної електростанції. Одним з важливих чинників, який істотно впливає на значення отриманої енергії, є температура сонячного модуля. У розрахунках вплив даного чинника враховується за допомогою температурного коефіцієнта. У деяких випадках тепловий коефіцієнт сонячних панелей може знизити виробництво електроенергії від 10% до 25% в залежності від конкретного місця.

Для запобігання зниженню ефективності або відмов у роботі обладнання сонячної електростанції, при здійсненні розрахунків параметрів необхідно враховувати найбільш несприятливі температурні режими роботи. Значення коефіцієнта корисної дії сонячного модуля вказано для випробувань при температурі 25 °C. Деякі сонячні панелі реагують на зміни температури краще, ніж інші. Температура панелі впливає на максимальну

вихідну потужність. У той час як вироблений струм збільшується експоненціально при підвищенні температури панелі, вихідна напруга зменшується лінійно. Так як потужність дорівнює добутку напруги на струм, це властивість означає, що нагріті сонячні панелі можуть виробляти менше енергії. Втрати потужності в залежності від температури також залежать від типу використовуваної сонячної панелі. Як правило, сонячні батареї на основі монокристалічних та полікристалічних сонячних елементів мають температурний коефіцієнт в діапазоні від мінус 0,44% до мінус 0,50%.

Приймаються до установки сонячні панелі YL-260P-29b (60) Yingli Solar з полікристалічного кремнію. Технічні характеристики на сонячну батарею (панель) YL-260P-29b (60) Yingli Solar наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики сонячної панелі

Розмір, мм	Потужність, Вт	U <sub>хх</sub> , В	I <sub>кз</sub> , А	U <sub>р</sub> , В	I <sub>р</sub> , А	Вага, кг
1640x990x35	260	56,30	9,55	24	8,70	22,00

Згідно з базою даних NASA розраховано середнє значення температури для теплого періоду часу (квітень...жовтень), яке становить:

$$t_{cp} = 23,21 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Визначимо відхилення значення температури даного дня від значення температури при нормальних умовах (н.у.):

$$t_{роз} = t_o + t_{cp} = 25 + 23,21 = 48,21 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Згідно з даними бази даних NASA знаходимо середнє значення радіації для періоду квітень...жовтень:

$$E_{cp} = 4,97 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$$



Значення енергії, що надходить при даному відхиленні температури:

$$E_{над} = t_{роз} \cdot K_t = 48,21 \cdot (-0,34) = -16,39 \%$$

У відсотковому відношенні від номінального ККД значення  $E_{пад}=16,39\%$

$$\eta_{част} = \frac{\eta_{ном} \cdot E_{над}}{100} = \frac{16 \cdot 16,39}{100} = 2,62 \%$$

Знайдемо ККД панелі при середній температурі 23,21 градусів:

$$\eta_{панелі} = \eta_{ном} + \eta_{част} = 16 - 2,62 = 13,38 \%$$

Далі визначимо необхідну кількість сонячних панелей в теплий період. Згідно з даними NASA середній виробіток енергії на 1 м<sup>2</sup> за період квітень...жовтень становить  $E_{ср}=4,97$  кВт·год/м<sup>2</sup>, знайдемо середню кількість енергії, що виробляється на 1 м<sup>2</sup> сонячної панелі:

$$W_{панелі/м^2} = E_{ср} \cdot \eta_{панелі} = 4,97 \cdot 0,134 = 0,66 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

Визначимо вироблення енергії стандартною панеллю площею 1,6 м<sup>2</sup>:

$$W = W_{панелі/м^2} \cdot S_{сб} = 0,66 \cdot 1,6 = 1,07 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Визначимо необхідну енергію для покриття електронавантаження за день:

$$W_{навл} = \frac{W_{грI}}{7} = \frac{193128}{7} = 27,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Визначимо необхідну кількість панелей для будинку I рівня електрифікації:

$$N_{\text{СБІ}} = \frac{W_{\text{наві}}}{W} = \frac{27,6}{1,07} = 25,79 = 26 \text{ панелей}$$

Загальна площа обраних сонячних панелей для будинку I рівня електрифікації дорівнює:

$$S_{\text{СБІ}} = N_{\text{СБІ}} \cdot S_{\text{СБ}} = 26 \cdot 1,6 = 41,6 \text{ м}^2$$

Аналогічно виконаємо розрахунок необхідної кількості сонячних батарей для дому II рівня електрифікації.

Згідно з базою даних NASA розраховано середнє значення температури для холодного періоду часу (жовтень...березень), яке становить:

$$t_{\text{cp}} = 4,36 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Визначимо відхилення значення температури даного дня від значення температури при нормальних умовах (н.у.):

$$t_{\text{роз}} = t_o + t_{\text{cp}} = 25 + 4,36 = 29,36 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Згідно з даними бази даних NASA знаходимо середнє значення радіації для зимового періоду жовтень...березень:

$$E_{\text{cp}} = 2,16 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$$

Значення енергії, що надходить при даному відхиленні температури:

$$E_{\text{пад}} = t_{\text{роз}} \cdot K_t = 29,36 \cdot (-0,34) = -9,98 \%$$

У відсотковому відношенні від номінального ККД значення  $E_{\text{пад}}=9,98\%$

$$\eta_{\text{част}} = \frac{\eta_{\text{ном}} \cdot E_{\text{пад}}}{100} = \frac{16 \cdot 9,98}{100} = 1,59 \%$$

Знайдемо ККД панелі при середній температурі 4,36 градусів:

$$\eta_{\text{панелі}} = \eta_{\text{ном}} + \eta_{\text{част}} = 16 - 1,59 = 14,4 \%$$

Далі визначимо необхідну кількість сонячних панелей в зимовий період. Згідно з даними NASA середній виробіток енергії на  $1 \text{ м}^2$  за період жовтень...березень становить  $E_{\text{ср}}=2,16 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ , знайдемо середню кількість енергії, що виробляється на  $1 \text{ м}^2$  сонячної панелі:

$$W_{\text{панелі}/\text{м}^2} = E_{\text{ср}} \cdot \eta_{\text{панелі}} = 2,16 \cdot 0,144 = 0,31 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$$

Визначимо вироблення енергії стандартною панеллю площею  $1,6 \text{ м}^2$ :

$$W = W_{\text{панелі}/\text{м}^2} \cdot S_{\text{СБ}} = 0,31 \cdot 1,6 = 0,49 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Визначимо необхідну енергію для покриття електронавантаження за день:

$$W_{\text{навп}} = \frac{W_{\text{трп}}}{7} = \frac{1158060}{7} = 165,4 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Визначимо необхідну кількість панелей для будинку II рівня електрифікації:

$$N_{\text{СБП}} = \frac{W_{\text{навП}}}{W} = \frac{165,4}{0,49} = 337,5 = 338 \text{ панелей}$$

Загальна площа обраних сонячних панелей для будинку II рівня електрифікації дорівнює:

$$S_{\text{СБП}} = N_{\text{СБП}} \cdot S_{\text{СБ}} = 338 \cdot 1,6 = 540,8 \text{ м}^2$$

### 2.3.3 Визначення необхідної ємності акумуляторної батареї і їх кількості

Для визначення необхідної кількості батарей і їх ємності необхідно визначити максимальне число послідовних "днів без сонця"  $N_{\text{бс}}$  (тобто коли сонячної енергії недостатньо для заряду акумуляторної батареї і відповідно для роботи навантаження через негоду або хмарність). Приймаємо кількість днів без сонця для літнього часу  $N_{\text{бс}}=1$ .

Сумарна ємність акумуляторів, що враховує кількість днів без сонця для будинку I рівня електрифікації:

$$q_{\text{НІ}} = q_{\text{добІ}} \cdot N_{\text{бс}} = 574,8 \cdot 1 = 574,8 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Заряд акумуляторної батареї з урахуванням глибини розряду 50%:

$$q_{\text{д}} = \frac{q_{\text{НІ}}}{\gamma} = \frac{574,8}{0,5} = 1149,6 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Приймаємо акумуляторну батарею напругою 12 В типу MERLION AGM GP122500M8 (5048), з параметрами:

$$U_{\text{НОМ}} = 12 \text{ В};$$

$$q_{\text{НОМ}} = 250 \text{ А} \cdot \text{год}.$$

Необхідна кількість батарей, з'єднаних паралельно:

$$N_{\text{парл}}^{\text{АКБ}} = \frac{q_{\text{л}}}{q_{\text{ном}}} = \frac{1149,6}{250} = 4,59 = 5 \text{ шт}$$

Необхідна кількість батарей, з'єднаних послідовно:

$$N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{48}{12} = 4 \text{ шт}$$

Підрахуємо необхідну кількість акумуляторних батарей:

$$N_{\text{АКБ}} = N_{\text{парл}}^{\text{АКБ}} \cdot N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}} = 5 \cdot 4 = 20 \text{ шт.}$$

Аналогічно визначаємо необхідну кількість батарей і їх ємність для будинку II рівня електрифікації. Приймаємо кількість днів без сонця для зимового часу  $N_{\text{бс}}=4$ .

Сумарна ємність акумуляторів, що враховує кількість днів без сонця для будинку II рівня електрифікації:

$$q_{\text{НИ}} = q_{\text{добII}} \cdot N_{\text{бс}} = 3446,6 \cdot 4 = 13786,4 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Заряд акумуляторної батареї з урахуванням глибини розряду 50%:

$$q_{\text{л}} = \frac{q_{\text{НИ}}}{\gamma} = \frac{13786,4}{0,5} = 27572,8 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Приймаємо акумуляторну батарею напругою 12 В типу MERLION AGM GP122500M8 (5048), з параметрами:

$$U_{\text{ном}} = 12 \text{ В};$$

$$q_{\text{ном}} = 250 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Необхідна кількість батарей, з'єднаних паралельно:

$$N_{\text{парII}}^{\text{АКБ}} = \frac{q_{\text{II}}}{q_{\text{ном}}} = \frac{27572,8}{250} = 110,3 = 111 \text{ шт}$$

Необхідна кількість батарей, з'єднаних послідовно:

$$N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{48}{12} = 4 \text{ шт}$$

Підрахуємо необхідну кількість акумуляторних батарей:

$$N_{\text{АКБII}} = N_{\text{парII}}^{\text{АКБ}} \cdot N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}} = 111 \cdot 4 = 444 \text{ шт}$$

Як показали проведені розрахунки, реалізація проекту з електропостачання будинку II рівня електрифікації за рахунок електроенергії, що виробляється сонячними батареями, технічно не здійсненна. Площа всіх сонячних модулів, навіть без урахування площ для обслуговування, становить близько 6 соток. Що дорівнює площі стандартної присадибної ділянки. А розташування всіх необхідних акумуляторних батарей займе близько половини площі розглянутого приватного будинку.

Таким чином через технічну неспроможність далі розглядати проект електрифікації будинку II рівня електрифікації за рахунок використання СЕС ми не будемо.

## 2.4 Визначення параметрів та показників виробництва електроенергії фотоелектричними модулями протягом року.

Відповідно до описаної раніше в § 2.3.2 методики зробимо розрахунок кількості електроенергії, що генерується від СЕС для будинку I рівня електрифікації помісячно на протязі року.

Так для січня місяця середнє значення температури становить:

$$t_{cp}^{ciч} = -4,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Визначимо відхилення значення температури даного дня від значення температури при нормальних умовах:

$$t_{роз}^{ciч} = t_o + t_{cp}^{ciч} = 25 - 4,7 = 20,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Згідно з даними бази даних NASA знаходимо середнє значення радіації для січня місяця:

$$E_{cp}^{ciч} = 2,16 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$$

Значення енергії, що надходить при даному відхиленні температури:

$$E_{над}^{ciч} = t_{роз}^{ciч} \cdot K_t = 20,3 \cdot (-0,34) = -6,9 \text{ \%}$$

Відхилення ККД

$$\eta_{част}^{ciч} = \frac{\eta_{ном} \cdot E_{над}^{ciч}}{100} = \frac{16 \cdot 6,9}{100} = 1,1 \text{ \%}$$

Знайдемо ККД панелі при середній температурі мінус 4,7 градуса:

$$\eta_{панелі}^{січ} = \eta_{ном} + \eta_{част}^{січ} = 16 - 1,1 = 14,9 \%$$

Знайдемо середню кількість енергії, що виробляється на 1м<sup>2</sup> сонячної панелі в січні місяці:

$$W_{панелі/м^2}^{січ} = E_{ср}^{січ} \cdot \eta_{панелі}^{січ} = 2,16 \cdot 0,149 = 0,34 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

Визначимо вироблення енергії обраною панеллю з корисною площею 1,6м<sup>2</sup>:

$$W_{пан}^{січ} = W_{панелі/м^2}^{січ} \cdot S = 0,34 \cdot 1,6 = 0,57 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таким чином в січні місяці обрані сонячні панелі зможуть виробити наступну кількість електричної енергії:

$$W_{січ} = W_{пан}^{січ} \cdot N_{СБІ} \cdot 31 = 0,57 \cdot 26 \cdot 31 = 459,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Аналогічно визначаємо кількість електроенергії, яка буде вироблятися СЕС для будинку І рівня електрифікації протягом року. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.10 та на рисунку 2.4.

Таблиця 2.10 - Електроенергія, що виробляється СЕС протягом року

Місяць	Споживання, кВт·год	Генерація, кВт·год
Січень	445,2	467,6
Лютий	381,6	558,8
Березень	329,9	693,7
Квітень	318,0	715,2
Травень	286,2	856,2
Червень	270,3	839,2
Липень	202,7	878,1
Серпень	206,7	849,9
Вересень	258,4	734,8
Жовтень	306,1	615,6
Листопад	357,8	553,4
Грудень	397,5	481,0



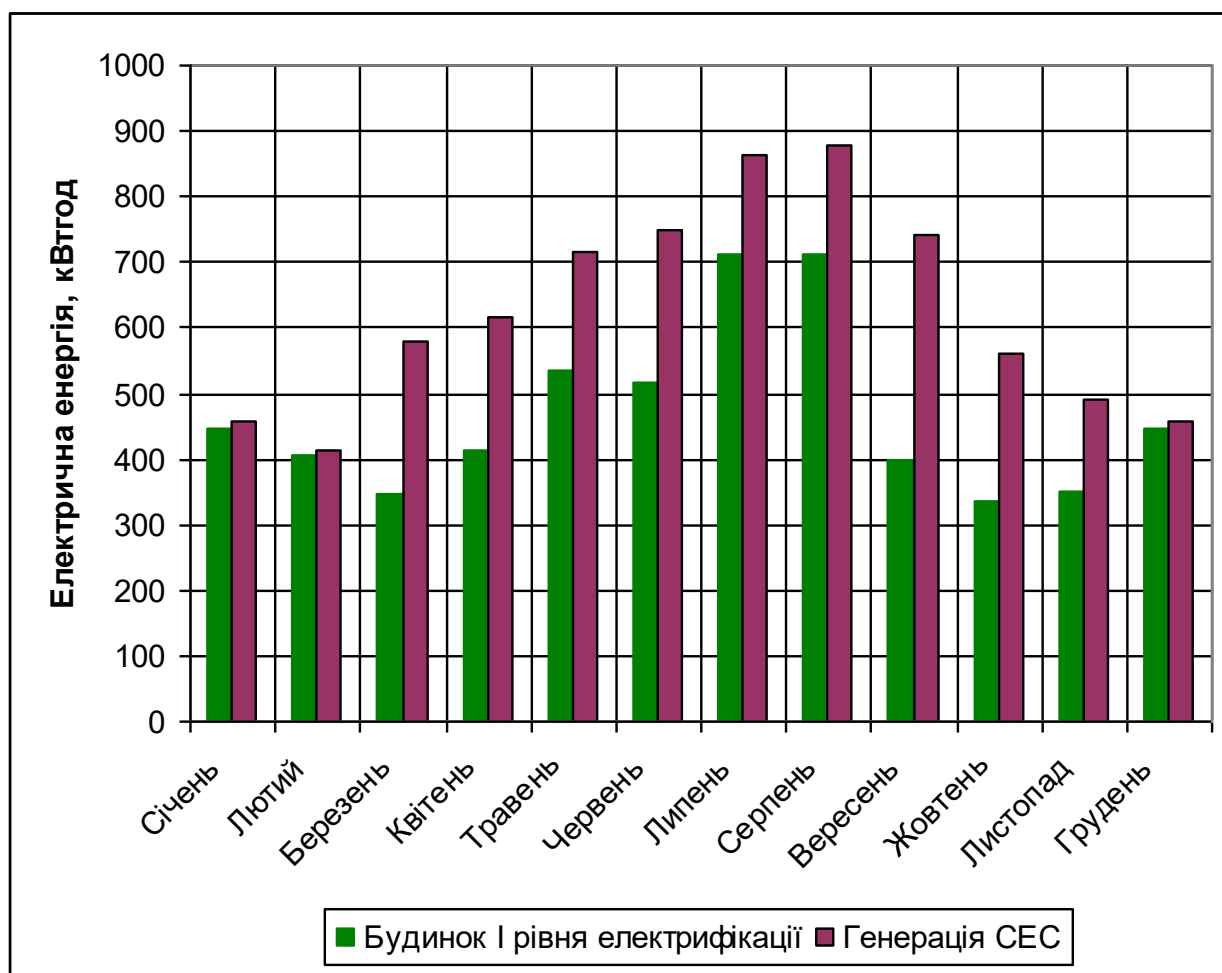


Рисунок 2.4. Електроенергія, що виробляється СЕС протягом року

## 2.5 Визначення показників споживання природного газу протягом року

Визначення витрати природного газу будемо проводити тільки для будинку I рівня електрифікації так, як будинок II рівня електрифікації газового обладнання не має.

Основними споживачами природного газу для будинку I рівня електрифікації є газова плита потужністю 10 кВт і газовий опалювальний котел потужністю 15 кВт. Газовий котел споживає газ лише в опалювальний період і його споживання в літній час дорівнює нулю. Газова плита навпаки споживає природний газ рівномірно протягом усього року і коливання в

споживанні найчастіше пов'язані з приготуванням до свята або якихось пам'ятних дат.

Споживання природного газу на опалення сильно залежить від погодних умов в опалювальний період і не піддаються точним розрахункам. Для визначення кількості газу, необхідного для опалення будинку найбільш раціонально буде скористатися статистичними даними виробника газових котлів. Згідно їх рекомендації в середньому протягом опалювального періоду котел працює по 7 годин на добу. Витрата газу згідно паспорта котла становить 1,68 м<sup>3</sup>/год.

Таким чином, наприклад, споживання газу опалювальним котлом в січні місяці може бути розрахована за формулою:

$$W_{\text{кот.січ}} = n_{\text{січ}} \cdot 7 \cdot F_{\text{кот}} = 31 \cdot 7 \cdot 1,68 = 364,5 \text{ м}^3$$

де:  $n_{\text{січ}}$  — кількість днів в січні місяці;

$F_{\text{кот}}$  — витрати газу опалювальним котлом, м<sup>3</sup>/год.

Споживання для інших місяців розраховується аналогічно і зведено в таблицю 2.7.

Газ, який споживається домогосподарством для потреб готування їжі, також можна розрахувати за статистичними даними. Згідно яких родина з 4 чоловік споживає в середньому 1 м<sup>3</sup> газу на добу.

Таким чином, наприклад, споживання газовою плитою в січні місяці може бути розрахована за формулою:

$$W_{\text{кот.січ}} = n_{\text{січ}} \cdot 7 \cdot F_{\text{пл}} = 31 \cdot 1,0 = 31 \text{ м}^3$$

де:  $n_{\text{січ}}$  — кількість днів в січні місяці;

$F_{\text{пл}}$  — витрати газу плитою, м<sup>3</sup>/добу.

Споживання для інших місяців розраховується аналогічно і зведено в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 - Споживання природного газу протягом року

<b>Місяць</b>	<b>Споживання опалювальним котлом, м<sup>3</sup></b>	<b>Споживання плитою, м<sup>3</sup></b>	<b>Загальне споживання, м<sup>3</sup></b>
Січень	364,6	31	395,6
Лютий	329,3	28	357,3
Березень	364,6	31	395,6
Квітень	176,4	30	206,4
Травень	0,0	31	31,0
Червень	0,0	30	30,0
Липень	0,0	31	31,0
Серпень	0,0	31	31,0
Вересень	0,0	30	30,0
Жовтень	176,4	31	207,4
Листопад	352,8	30	382,8
Грудень	364,6	31	395,6
<b>ВСЬОГО</b>	<b>2128,6</b>	<b>365,0</b>	<b>2493,6</b>

Як видно з розрахунків опалення за рік буде споживати 2128,6 м<sup>3</sup> (W<sub>кот</sub>), річне споживання газовою плитою складе 365,0 м<sup>3</sup> (W<sub>гп</sub>). Тоді сумарне споживання природного газу протягом року буде дорівнювати:

$$W_{\text{рік}} = W_{\text{кот}} + W_{\text{гп}} = 2128,6 + 365,0 = 2493,6 \text{ м}^3/\text{рік}$$

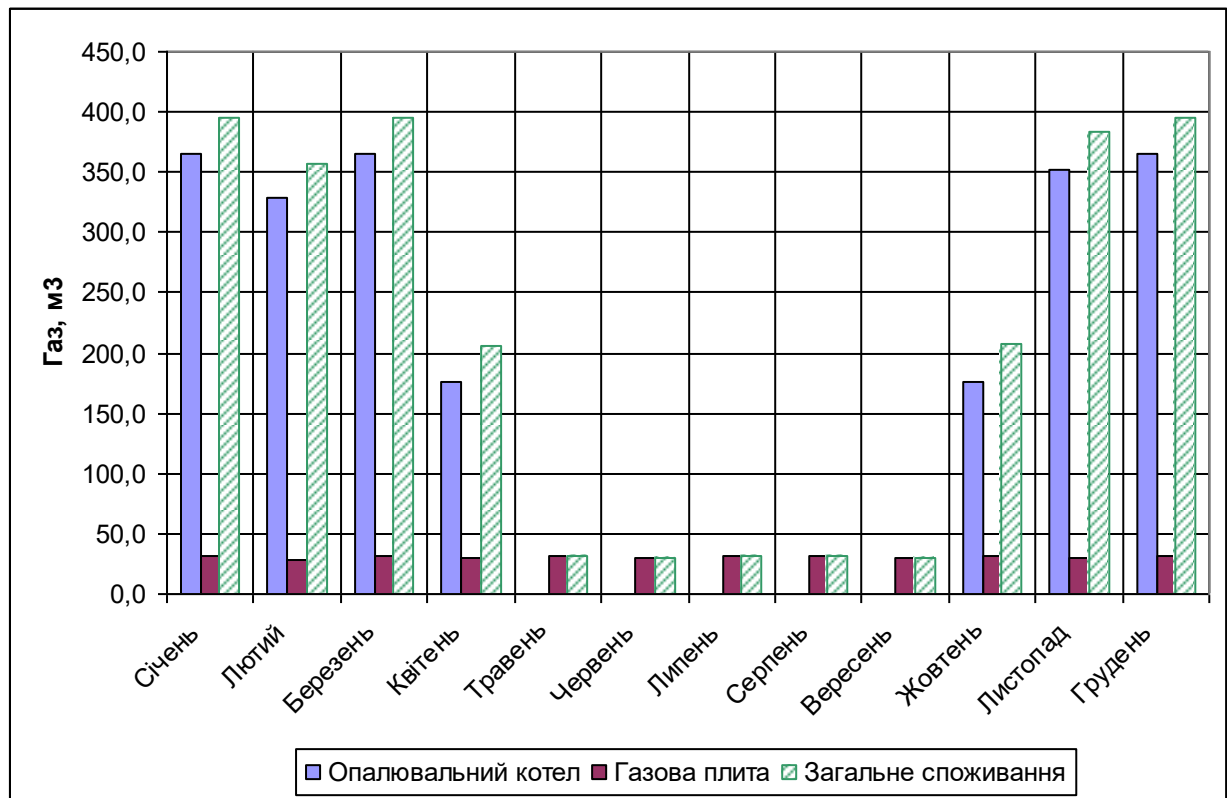


Рисунок 2.5. Споживання природного газу протягом року

#### Висновки.

Як показали розрахунки, виконані в розділі, використання сонячної енергії для електрифікації приватних будинків вимагає врахування рада особливостей. Так для будинків з 1 рівнем електрифікації, які обладнані газовими опалювальними котлами та газовими плитами, використання СЕС є цілком можливим і перспективним напрямком. Для будинків 2 рівня електрифікації, з електричними опалювальними котлами та електроплитами, електропостачання тільки за рахунок СЕС є технічно неможливим. Так, як будівництво СЕС такий великий потужності вимагає великих площ, що для умов приватного домоволодіння малоперспективно.

## **3 Техніко-економічне обґрунтування**

### 3.1 Вступ

Економія електроенергії - вкрай важливий аспект життя сучасного людського суспільства, що зачіпає і виробничу сферу, і побут кожного окремо взятого індивідуума. Адже нерозумне споживання цього досить дорогого виду енергії може привести до дуже значних витрат, що може істотно позначитися як на добробуті людини, так і на розвитку підприємства. На сьогоднішній день існують найрізноманітніші шляхи економії електроенергії, найбільш поширеними альтернативними джерелами енергії виступають сонце і вітер.

У другому розділі даного дипломного проекту було розглянуто приватні будинки I і II рівня електрифікації. Будинок I рівня електрифікації має газове опалення і газову побутову плиту. Будинок II рівня електрифікації має все обладнання (опалювальний котел, побутову плиту інші побутові прилади) яке живиться від електричної мережі.

В роботі було розглянуто можливість використання електричної енергії від СЕС для будинків обох рівнів електрифікації. Розрахунки показали, що виконання проекту по використанню СЕС для будинків II рівня електрифікації не можуть бути виконані технічно в зв'язку з необхідністю використання значних площ, що для умов приватного домоволодіння малоперспективно.

Тому далі в розділі буде розглянуто показники економічної ефективності тільки проекту по використанню СЕС для електропостачання будинку I рівня електрифікації.

В даному розділі необхідно провести розрахунок капітальних витрат і експлуатаційних витрат для запропонованого варіанту електропостачання приватного будинку.

### 3.2. Розрахунок капітальних витрат

Капітальними вкладеннями є інвестиції, вкладені в активи, які при нормальному веденні справ не можуть обернутися протягом одного фінансового періоду. Проектні капітальні інвестиції в обладнання та будівельно-монтажні роботи визначаються на основі цін і розцінок, наведених в прайс-листах оптових цін на електрообладнання, цінників на монтаж електроустаткування та інших додаткових матеріалів або за фактичними витратами.

За формою ж капітальні вкладення виступають у вигляді грошових коштів, які йдуть на капітальне будівництво, придбання обладнання та інших засобів праці, що входять до складу основних фондів. При визначенні величини проектних капіталовкладень можна скористатися формулою:

$$K = K_{об}(\sum_{i=1}^K C_i) + Z_{тр} + Z_{мн}$$

де:  $K_{об}(\sum C_i)$  - сумарна вартість обладнання, необхідного для реалізації прийнятого технічного рішення;

$Z_{тр}$  – транспортно-заготівельні витрати;

$Z_{мн}$  - вартість монтажно-налагоджувальних робіт.

Витрати на придбання технічних засобів і пристроїв зведені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Капітальні вкладення технічних пристроїв і комплектуючих

№	Найменування встаткування й виконуваних робіт	Кількість	Вартість, грн.	
			за одиницю	усього
1	Сонячні модулі YL-260P-29b (60) Yingli Solar	26	2100	54600
2	Інвертор Victron Energy Quattro 48/15000/200-	1	13400	13400

	100/100			
3	АКБ EGL DJM12-200	20	2400	48000
	ВСЬОГО			116000

Вартість монтажно-налагоджувальні робіт приймається 8% від вартості обладнання і матеріалів:

$$З_{\text{мн}} = 0,08 \cdot 116000 = 9280 \text{ грн.}$$

Вартість транспортно-заготівельних і складських робіт приймається 7% від вартості обладнання і матеріалів:

$$З_{\text{тр}} = 0,07 \cdot 116000 = 8120 \text{ грн.}$$

Таким чином капітальні витрати складуть:

$$K = K_{\text{об}} + З_{\text{тр}} + З_{\text{мн}} = 116000 + 9280 + 8120 = 133400 \text{ грн.}$$

### 3.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування ( $C_a$ );
- заробітна плата обслуговуючого персоналу ( $C_z$ );
- єдиний соціальний внесок ( $C_c$ );
- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання і мереж ( $C_{\text{пр}}$ );
- вартість витрат електроенергії ( $C_e$ );
- інші витрати ( $C_{\text{ін}}$ ).



### 3.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування - відрахування частини вартості основних фондів для відшкодування їх зносу. Амортизаційні відрахування включаються у витрати виробництва або обігу. Виробляються комерційними організаціями на основі встановлених норм і балансової вартості основних фондів, на які нараховується амортизація. Амортизаційні відрахування включаються у витрати виробництва або обігу, і знаходяться:

$$AO = \frac{H_a \cdot \Phi}{100}$$

Норму амортизації для електротехнічного обладнання розрахуємо за формулою:

$$H_a = \frac{1}{T_{EKC}} 100\%$$

де:  $T_{EKC}$  - мінімально допустимі строки корисного використання, років.  
Для обладнання СЕС  $T_{EKC}=10$  років.

$$H_a = \frac{1}{T_{EKC}} 100\% = \frac{1}{10} 100\% = 10 \%$$

Тоді:

$$C_a = \frac{10 \cdot 116000}{100} = 11600 \text{ грн}$$

### **3.3.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати**

Так як система служить для енергозабезпечення приватного будинку, заробітна плата не враховується, так як в обслуговуванні електроустановок, немає необхідності, а лише виникає потреба проводити планові перевірки, які проводяться жителями будинку самостійно.

### **3.3.3 Розрахунок річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт**

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт складають 1% від капітальних витрат і знаходяться за формулою:

$$C_{np} = 0,01 \cdot K = 0,01 \cdot 133400 = 1334 \text{ грн.}$$

### **3.3.4 Розрахунок вартості спожитої енергії**

Обладнання виробляє електричну енергію для забезпечення заміського будинку, а електричне обладнання, що використовується для захисту і управління, живиться від самих джерел і споживає малу кількість електроенергії.

### **3.3.5 Сумарні експлуатаційні витрати**

Сумарні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_a + C_{np} = 11600 + 1334 = 12934 \text{ грн.}$$

### 3.4 Визначення річної економії

Визначимо річну економію. Раніше в § 2.2 було визначено обсяг спожитої електричної енергії, який дорівнює 5625 кВт·год. Розрахуємо вартість спожитої за рік електроенергії. У розрахунках будемо використовувати діючі тарифи ТОВ «Дніпровські енергетичні послуги». Відповідно до цих тарифів вартість електроенергії становить 0,9 грн/кВт·год при споживанні до 100 кВт·год на місяць, все, що перевищує 100 кВт·год на місяць оплачується за тарифом 1,68 грн/кВт·год.

Таким чином вартість спожитої за рік електроенергії складе:

$$C_{\text{рік}} = (5625 - 1200) \cdot 1,68 + 1200 \cdot 0,9 = 7434 + 1080 = 8514 \text{ грн}$$

Визначимо вартість надлишки електроенергії, яку генерує СЕС і яку планується реалізовувати за «зеленим тарифом» державі:

$$C_{\text{рік}}^{\text{НАД}} = (W_{\text{рік}}^{\text{СБ}} - W_{\text{рік}}) C_{\text{ел}}^{\text{ЗТ}} = (9529 - 5625) \cdot 5,1 = 19910 \text{ грн}$$

де:  $W_{\text{рік}}^{\text{СБ}}$  – електроенергія, що генерується СЕС за рік, кВт·год;

$W_{\text{рік}}$  – електроенергія, що споживається будинком за рік, кВт·год;

$C_{\text{ел}}^{\text{ЗТ}}$  – вартість електроенергії за «зеленим тарифом», грн.

Повна економія дорівнює:

$$E_{\text{нов}} = C_{\text{рік}} + C_{\text{рік}}^{\text{НАД}} - C = 8514 + 19910 - 12934 = 15490 \text{ грн.}$$

### 3.5 Визначення та аналіз показників економічної ефективності

Знайдемо розрахунковий коефіцієнт ефективності (доходу) капітальних витрат:

$$E_p = \frac{E_{novl}}{K} = \frac{15490}{133400} = 0,12$$

Термін окупності капітальних витрат:

$$T_p = \frac{K}{E_{novl}} = \frac{133400}{15490} = 8,6 \text{ років}$$

Для остаточної оцінки порівнюються розрахункові значення  $E_p$  з нормативним  $E_n$ . Визначити нормативне значення коефіцієнта ефективності можна виходячи з прийнятною для зазначених заходів індивідуальної норми прибутковості:

$$E_n = \frac{1}{T_o} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$0,1 = E_n < E_p = 0,12$$

де:  $T_o$  - очікуваний прийнятний термін окупності капітальних вкладень,  
 $T_o=10$  років

Результати розрахунку економічних показників проекту наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Зведена таблиця техніко-економічних показників.

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Проектний варіант
1	Капітальні витрати	грн.	133400
2	Експлуатаційні витрати	грн.	12934
3	Повна річна економія	грн.	15490
4	Розрахунковий коефіцієнт ефективності	-	0,12
5	Розрахунковий термін окупності капітальних витрат	років	8,6

### Висновки:

Як показали розрахунки проект по використанню СЕС для електропостачання будинку I рівня електрифікації має термін окупності 8,6 років і може бути рекомендований до впровадження в умовах приватного домогосподарства.

## **Висновки**

У дипломному проекті розглянуті сучасні підходи щодо енергозабезпечення житлових будинків з використанням ВДЕ, визначені перспективи розвитку систем генерації електроенергії з відновлювальними джерелами.

Визначено, що одним зі шляхів вирішення питання енергетичної незалежності є диферінцирування типів енергії, що застосовується при опаленні житлових будинків різних рівня електрифікації.

Як показали розрахунки, виконані в розділі, використання сонячної енергії для електрифікації приватних будинків вимагає врахування рада особливостей.

Так для будинків з 1 рівнем електрифікації, які обладнані газовими опалювальними котлами та газовими плитами, використання СЕС є цілком можливим і перспективним напрямком.

Для будинків 2 рівня електрифікації, з електричними опалювальними котлами та електроплитами, електропостачання тільки за рахунок СЕС є технічно неможливим. Так, як будівництво СЕС такої великої потужності вимагає великих площ, що для умов приватного домоволодіння малоперспективно. Площа всіх сонячних модулів, навіть без урахування площ для обслуговування, становить близько 6 соток. Що дорівнює площі стандартної присадибної ділянки. А розташування всіх необхідних акумуляторних батарей займе близько половини площі розглянутого приватного будинку

Розрахунки економічних показників проекту по використанню СЕС для електропостачання будинку I рівня електрифікації показали термін окупності 8,6 років, що дає змогу рекомендувати використання СЕС до впровадження в умовах приватного домогосподарства.

## Перелік посилань

1. Офіційний веб-сайт НКРЕКП України (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<http://www.nerc.gov.ua/index.php?id=11889>
2. Сайт компанії «Kosatka.Media (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<https://kosatka.media/>
3. Сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<http://saee.gov.ua/uk>
4. ДБН В.2.5-23:2010 «Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення»
5. Розрахунки електричних мереж систем електропостачання: Навч. посібник Г. Г. Півняк, Г. А. Кігель, Н. С. Волотковська; За ред. академіка НАН України Г. Г. Півняка. – 2-е вид. перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002. – 219 с.
6. Правила пользования электрической энергией. // НКРЭ. – 2002. – 64с
7. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів з напрямку підготовки 0906 «Електротехніка» / Укладачі: І.В.Шереметьєва, Л.В.Тимошенко. – Дніпропетровськ: НГА України, 2001. – 32 с.
8. Стандарт вищого навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт / Упорядн.: В.О. Салов, О.М. Кузьменко, В.І. Прокопенко. – Дніпропетровськ.: Національна гірничо академія України, 2002. – 52 с.
9. Сайт «Компания «Гравицаппа» (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<https://gravicappa.com.ua/articles/solnechnaya-insolyaciya>
10. Сайт компанії «220volt» (Електр. ресурс) / Спосіб доступу: URL:<https://220volt.com.ua>

## Додаток 1

## Відомості матеріалів дипломного проекту

[illegible]