

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

Електротехнічний
(факультет)

Кафедра Електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

дипломної роботи

магістра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 14 Електрична інженерія

(шифр і назва галузі знань)

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

(освітня програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)

освітній рівень магістр

(назва освітнього рівня)

Кваліфікація 2151.2 (Int) Інженер-електромеханік

(код і назва кваліфікації)

на тему: Розробка автономної комбінованої системи живлення на основі
відновлювальних джерел та електромобіля

Виконавець:

Студент 6 курсу, групи 141М-16-4

Курашов І.Ф.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	Бешта О.С		
розділів:			
Аналітична частина	Балахонцев О.В		
Основна частина	Балахонцев О.В		
Економіка	Тимошенко Л.В		
Рецензент			
Нормоконтроль	Казачковський М.М.		

Дніпропетровськ
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
Електроприводу
(повна назва)

_____ Казачковський М.М.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи магістра
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)
(освітня програма «Електромеханічні системи автоматизації та
електропривод»)

студенту 141М-16-4 Курашов І.Ф.
(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломної роботи Розробка автономної комбінованої системи живлення на основі відновлювальних джерел та електромобіля

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від _____ № _____

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень комбінована автономна система живлення на основі відновлювальних джерел і електромобіля

Предмет досліджень технічні і економічні показники комбінованих систем живлення, електромобіль у якості джерела безперебійного живлення в системі комбінованого забезпечення

Мета НДР оптимальна система комбінованого живлення з використанням відновлювальних джерел енергії та обґрунтування використання електромобіля в системі комбінованого забезпечення у якості джерела безперебійного живлення

Вихідні дані для проведення роботи параметри комбінованих систем живлення та характеристики сучасних електромобілів

3 ОЧКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна полягає у розробці нової комбінованої системи живлення з використанням електромобіля

Практична цінність полягає у збільшенні стабільності роботи системи комбінованого електрозабезпечення, зменшенні строків окупності

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Результати повинні бути достовірними та обґрунтованими

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Огляд технології автономного і комбінованого електрозабезпечення	01.09.2017 – 17.09.2017
Розробка технічних рішень щодо систем комбінованого енергозабезпечення та дослідження їх роботи	17.09.2017 – 18.10.2017
Техніко-економічне обґрунтування	18.10.2017 – 18.11.2017

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект для споживачів очікується позитивним завдяки отриманню прибутку від генерації електроенергії за «Зеленим» тарифом, опосередкований загальносуспільний ефект, що пов'язаний з енергозаощадженням та зменшенням шкідливих викидів у довкілля

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Відповідність оформлення ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення

Завдання видав

(підпис)

Бешта О.С.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Курашов І.Ф.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: _____

Термін подання дипломної роботи до ЕК _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 56 с., 14 рис., 34 табл., 15 джерел, мультимедійна презентація на 13 слайдах.

Об'єкт досліджень: комбінована автономна система живлення на основі відновлювальних джерел і електромобіля.

Предмет досліджень: технічні і економічні показники комбінованих систем живлення, електромобіль у якості джерела безперебійного живлення в системі комбінованого забезпечення.

Мета роботи: оптимальна система комбінованого живлення з використанням відновлювальних джерел енергії та обґрунтування використання електромобіля в системі комбінованого забезпечення у якості джерела безперебійного живлення.

В роботі проведені дослідження з можливості комбінованого забезпечення електроенергією заміського будинку за допомогою сонячних панелей та доведено доцільність використання електромобіля у якості джерела безперебійного живлення. Встановлено залежність між потужністю сонячної електростанції та терміном її окупності.

Отримано прогноз тарифів на електроенергію, графіки добового і річного споживання та видобутку електроенергії.

У розділі «Техніко-економічне обґрунтування» проведено розрахунок капітальних затрат та визначено терміни окупності.

**СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, ІНВЕРТОР,
АКУМУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ, ВИТРАТИ, ДОЦІЛЬНІСТЬ.**

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 56 с., 14 рис., 34 табл., 15 источников, мультимедийная презентация на 13 слайдах.

Объект исследований: комбинированная система автономного питания на основе возобновляемых источников и электромобиля.

Предмет исследований: технические и экономические показатели комбинированных систем питания, электромобиль в качестве источника бесперебойного питания в системе комбинированного обеспечения.

Цель работы: оптимальная система комбинированного питания с использованием возобновляемых источников энергии и обоснование использования электромобиля в системе комбинированного обеспечения в качестве источника бесперебойного питания

В работе проведены исследования по возможности комбинированного обеспечения электроэнергией загородного дома с помощью солнечных панелей и доказана целесообразность использования электромобиля в качестве источника бесперебойного питания. Установлена зависимость между мощностью солнечной электростанции и сроком ее окупаемости.

Получено прогноз тарифов на электроэнергию, графики суточного и годового потребления и добычи электроэнергии.

В разделе «Технико-экономическое обоснование» проведен расчет капитальных затрат и определены сроки окупаемости

**СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ, ИНВЕРТОР,
АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ, РАСХОДЫ, ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ.**

ABSTRACT

Explanatory note 56 pages, 14 figures, 34 tables, 15 sources, multimedia presentation on 13 slides.

Object of research: a combined autonomous supply system, which based on renewable sources and electric car.

Subject of research: technical and economic indicators of combined power systems, electric vehicle as an uninterruptible power supply in a combined supply system.

The purpose of the work: optimal combination power system using renewable energy sources and the rationale for using an electric vehicle in a combined supply system as an uninterruptible power supply.

The work carried out research on the possibility of combined provision of electricity for a country house with solar panels and proved the feasibility of using an electric vehicle as a source of uninterrupted power. The dependence between the power of the solar power plant and the payback period.

The forecast of tariffs for electric power, schedules of daily and annual consumption and extraction of the electric power

In the "Feasibility Study" section, the calculation of capital costs and the payback period.

**SOLAR POWER STATION, ELECTRIC CAR, INVERTER,
RECHARGEABLE BATTERIES, COST, ADVISABILITY.**

Зміст

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ АВТОНОМНОГО І КОМБІНОВАНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	9
1.1 Визначення потреб споживача	9
1.2 Тариф на електроенергію і його тенденції.....	14
1.3 Технологія та типи сонячних електростанцій	16
1.3.1 Типи та параметри сонячних панелей.....	16
1.3.2 Типи сонячних електростанцій.....	20
1.4 Характеристики сучасних електромобілів.....	22
1.5 Формулювання завдань дослідження.....	25
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО СИСТЕМ КОМБІНОВАНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ РОБОТИ.....	26
2.1 Оцінка доцільності і потенціалу використання електромобіля у якості джерела безперебійного живлення.....	26
2.2 Параметризація обладнання із розрахунку добової та річної генерації електроенергії.....	29
2.3 Вибір обладнання для системи комбінованого забезпечення з використанням електромобіля.....	36
2.4 Електрична схема підключень та опис її роботи.....	43
2.5 Висновки.....	46
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	47
3.1 Вступ до розділу.....	47
3.2 Розрахунок капітальних витрат.....	48
3.3 Розрахунок терміну окупності.....	53
3.4 Висновки.....	55
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

ВСТУП

Життя людства кардинально почало змінюватися з часів коли Вільям Гелберт ввів поняття електрика. Після чого почали з'являтися нові розробки і цілі комплекси, що працюють від електроенергії. З плином часу люди ставали більш залежними від електроенергії і зрештою вона стала невід'ємною частиною життя.

На теперішній час генерація електроенергії – необхідна умова для розвитку і комфортного існування. З одного боку, важко уявити собі побут без електроенергії навіть на декілька годин, а з іншого – використання застарілих методів генерації електроенергії все більше забруднює довкілля.

Сучасним рішенням для генерації є відновлювальні джерела енергії, що мають безліч переваг, але ці джерела не можуть стабільно забезпечувати електроенергією, тому використовуються методи накопичення енергії, які в свою чергу роблять їх менш привабливими.

Тому метою даної роботи є розробка оптимальної системи комбінованого живлення з використанням відновлювальних джерел енергії, доведення доцільності використання електромобіля в системі автономного забезпечення у якості джерела безперебійного живлення.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ АВТОНОМНОГО І КОМБІНОВАНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗСПЕЧЕННЯ

1.1 Визначення потреб споживача

Споживачами електроенергії у побуті є електричні прилади, що відрізняються за потужністю та частотою використання. Частота використання електроприладу залежить від потреб споживача. Такі прилади, як холодильник, водонагрівач використовуються постійно, тому вони завжди ввімкнені до мережі і періодично споживають електроенергію. Інші електроприлади вмикаються на деякий час і споживають електроенергію за проміжок часу підключення до мережі.

У таблиці 1.1 наведено перелік основних споживачів електроенергії у побуті.

Таблиця 1.1

№	Назва	Потужність, Вт·год	K_B
1	Холодильник	100	0,5
2	Водонагрівач	2000	0,15
3	Пральна машина	700	1
4	Електричний чайник	1200	0,2
5	Індукційна плита	2000	0,2
6	Комп'ютер	550	0,45
7	Телевізор	400	0,45
8	Енергозберігаючі лампи	30	0,4
9	Пилосос	1000	0,15
10	Фен	1000	0,3
11	Електрична духовка	1200	0,3
12	Праска	1000	0,25
13	Мікрохвильова піч	1800	0,35
14	Кондиціонер	1200	0,25

Розрахуємо максимальне споживання електроенергії за годину та середнє споживання електроенергії протягом доби, тоді:

Максимальне споживання електроенергії за годину визначається за формулою

$$P_{me} = \sum P \cdot K_{\epsilon}, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (1.1)$$

де P – потужність електроприладу, $\text{Вт} \cdot \text{год}$; K_{ϵ} – коефіцієнт використання.

$$P_{me} = 100 \cdot 0.5 + 2000 \cdot 0.15 + 700 + 1200 \cdot 0.2 + 2000 \cdot 0.2 + 550 \cdot 0.45 + 400 \cdot 0.45 + 30 \cdot 0.4 + 1000 \cdot 0.15 + 1000 \cdot 0.3 + 1200 \cdot 0.3 + 1000 \cdot 0.25 + 1800 \cdot 0.35 + 1200 \cdot 0.25 = 4119.5, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (1.2)$$

Вночі електроенергія споживається тільки приладами, котрі використовуються постійно, тому:

$$P_{вн} = \sum P_{н} \cdot K_{\epsilon} = 100 \cdot 0.5 + 2000 \cdot 0.15 = 350, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (1.3)$$

Вранці електроенергія витрачається на постійно працюючі та деякі прилади тимчасового використання, такі як електричний чайник, індукційна плита, комп'ютер, тому:

$$P_{вр} = \sum P_{\epsilon p} \cdot K_{\epsilon} = 100 \cdot 0.5 + 2000 \cdot 0.15 + 1200 \cdot 0.2 + 2000 \cdot 0.2 + 550 \cdot 0.45 + 30 \cdot 0.4 + 1000 \cdot 0.3 = 1585, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (1.4)$$

Вдень електроенергія витрачається на постійно працюючі та деякі прилади тимчасового використання, такі як комп'ютер або телевізор, електричний чайник або індукційна плита, тому:

$$P_{вд} = \sum P_{\epsilon p} \cdot K_{\epsilon} = 100 \cdot 0.5 + 2000 \cdot 0.15 + 1200 \cdot 0.2 + 550 \cdot 0.45 = 837.5, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (1.5)$$

Ввечері електроенергія витрачається на постійно працюючі та деякі прилади тимчасового використання, такі як електричний чайник, індукційна плита, комп'ютер, телевізор, тому:

$$P_{вв} = \sum P_{\epsilon p} \cdot K_{\epsilon} = 100 \cdot 0.5 + 2000 \cdot 0.15 + 1200 \cdot 0.2 + 2000 \cdot 0.2 + 550 \cdot 0.45 + 30 \cdot 0.4 + 1000 \cdot 0.15 + 1000 \cdot 0.25 = 1685, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (1.6)$$

Побудуємо гістограму та розрахуємо середньодобове споживання електроенергії у побуті, тоді:

Дані споживання електроенергії протягом доби приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Година споживання, год	Спожита потужність, Вт · год
1	350
2	350
3	350
4	350
5	350
6	350
7	792,75
8	1585,5
9	1426,95
10	951
11	418,75
12	502
13	670
14	837,5
15	544,37
16	586,25
17	1011,3
18	1179,85
19	1264,1
20	1685,5
21	1348,4
22	1011,3
23	350
24	350

Середньодобове споживання електроенергії протягом доби розрахуємо виходячи з таблиці 1.2, тоді:

$$P_{cc} = \sum P_{снд}, \text{кВт} \cdot \text{год} \quad (1.7)$$

де $P_{снд}$ – спожита електроенергія в певну годину доби

$$P_{cc} = 350 \cdot 8 + 792,75 + 1585,5 + 1426,95 + 951 + 418,75 + 502 + 670 + 837,5 + 544,37 + 586,25 + 1011,3 + 1179,85 + 1264,1 + 1685,5 + 1348,4 + 1011,3 = 18.6, \text{кВт} \cdot \text{год} \quad (1.8)$$

На рисунку 1.1 зображено гістограму середньодобового споживання



Рисунок 1.1 Середньодобове споживання електроенергії

Компанія «ДТЕК Дніпрообленерго» являється постачальником електроенергії та пропонує на своєму офіційному сайті <http://doe.com.ua> інформацію щодо спожитої електроенергії кожного підключеного побутового клієнта.

Скориставшись даними ПАТ «ДТЕК Дніпрообленерго» побудуємо гістограму середнього річного споживання електроенергії побутового клієнта. Для цього використаємо дані за період з 2013 – 2017 рік та заповнимо таблицю середнього річного споживання електроенергії

Дані середнього річного споживання електроенергії побутового клієнта приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Місяць	Споживання, кВт · год
Січень	575,80
Лютий	521,20
Березень	560,40
Квітень	684,20
Травень	602,60
Червень	522,40
Липень	553,60
Серпень	558,60
Вересень	585,60
Жовтень	704,00
Листопад	716,20
Грудень	741,80
Всього	7326,4

На рисунку 1.2 зображено гістограму середнього річного споживання електроенергії побутовим клієнтом.

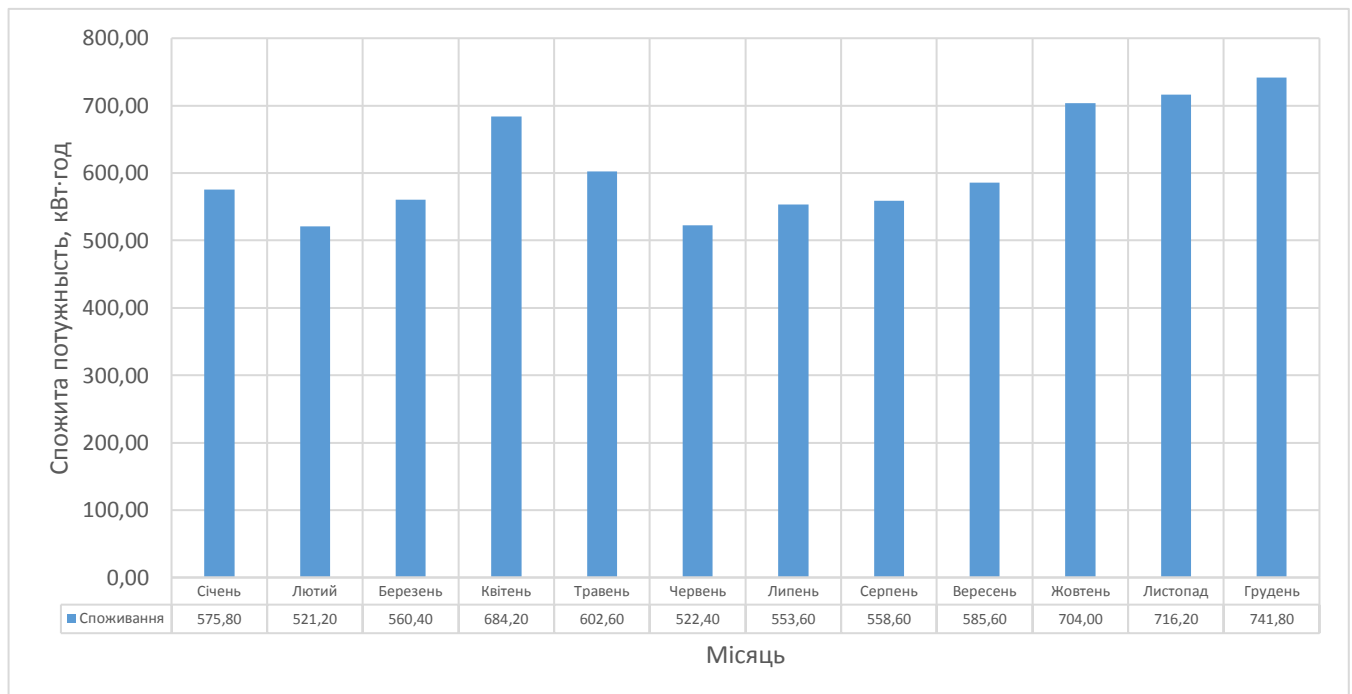


Рисунок 1.2 Середнє річне споживання електроенергії

1.2 Тариф на електроенергію і його тенденції

В таблиці 1.4 зображено вартість тарифів на електроенергію за період з 2013 – 2017 рік.

Таблиця 1.4

Рік	Спожито 100	Спожито 101-500	Спожито понад
	кВт·год	кВт·год	500 кВт·год
Вартість, грн/ кВт·год			
2013	0,28	0,37	0,96
2014	0,3	0,42	1,35
2015	0,37	0,63	1,4
2016	0,7	1,3	1,64
2017	0,9	1,68	1,68

Виходячи з того, що з кожним роком НКРЕКП збільшує вартість електроенергії в середньому на двадцять відсотків складемо таблицю 1.5 прогнозу вартості тарифів до 2030 року.

Таблиця 1.5

Рік	Спожито 100 кВт·год	Спожито понад 100 кВт·год
	Вартість, грн/ кВт·год	
2019	1,08	2,01
2024	1,296	2,4
2025	1,55	2,9
2029	1,86	3,4
2030	2,22	4,18

В Україні з 2009 року набув чинності закон, згідно якого уся електроенергія видобута за допомогою відновлювальних джерел енергії оплачується за встановленим «Зеленим» тарифом, що діє до 2030 року.

В таблиці 1.6 зображено вартість на електроенергію за «Зеленим» тарифом

Таблиця 1.6

Рік	Вартість, грн/ кВт·год
2013	10,47
2014	10,47
2015	9,41
2016	5,84
2017	5,55
2019	5,28
2024	4,74
2025	4,23
2029	4,23
2030	4

На рисунку 1.3 зображено гістограму тарифів з 2013 до 2030 року.

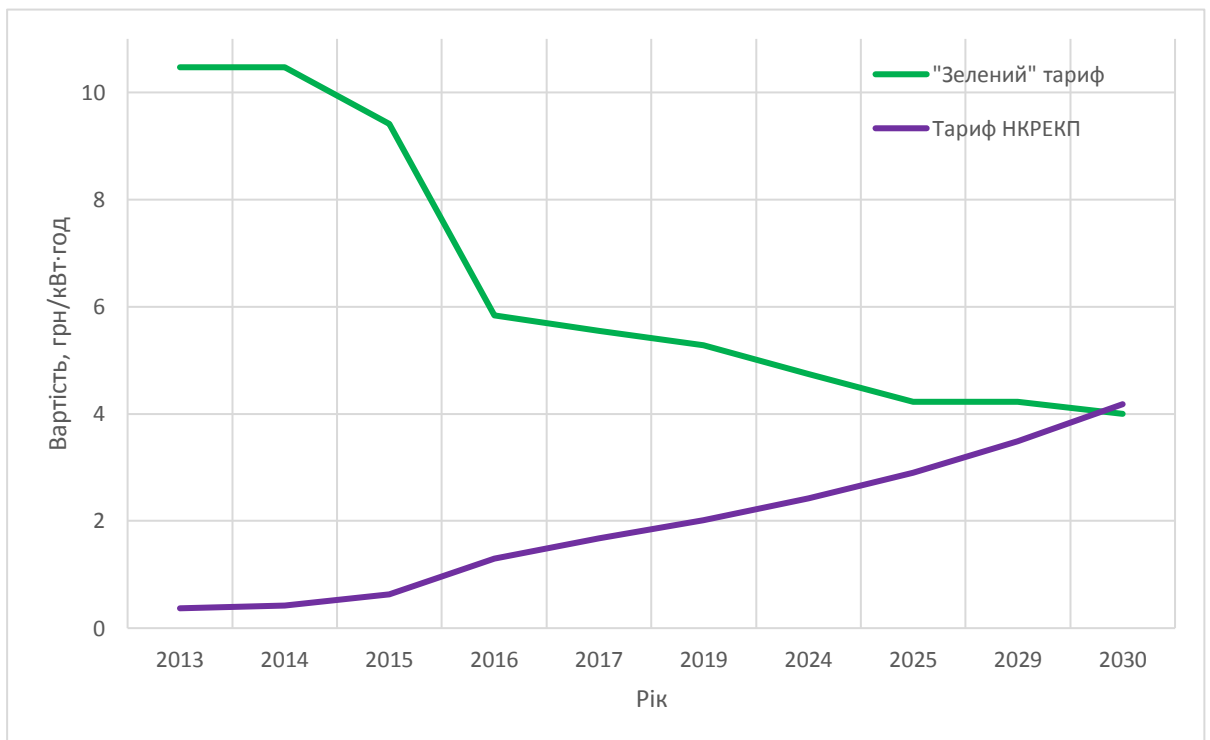


Рисунок 1.3 Тарифи на електроенергію з 2013 до 2030 року

1.3 Технологія та типи сонячних електростанцій

Сонячна панель представляє собою кілька з'єднаних між собою фотоелементів, основою яких є кремнієві кристали. З кремнієвих кристалів виготовляють пластини, на які з одного боку наносять тонкий шар фосфору, з іншого – тонкий шар бору. У місці контакту кремнію з фосфором і бором виникає зв'язок, а саме: при взаємодії чотиривалентного атому кремнію з тривалентним атомом бору виникають так звані «дірки», а при взаємодії з п'ятивалентним атомом фосфору - один електрон стає вільним. Таким чином, з точки зору фізики, на стику, що володіють надлишком і недоліком електронів, утворюється р-п перехід. Фотони від сонячного світла бомбардують поверхню пластини і вибивають надлишкові електрони фосфору до електронів бору. В результаті виникає впорядкований рух електронів.

1.3.1 Типи та параметри сонячних панелей

Типи сонячних панелей

Сонячні панелі поділяються на монокристалічні, полікристалічні та тонкоплівкові. Більшість сонячних панелей виготовляється з монокристалічного або полікристалічного кремнію.

У світі переважають полікристалічні фотоелектричні елементи у зв'язку з оптимальним співвідношенням ціни і ККД. Елементи, які утворюють панель, мають характерний синій колір і кристалічну структуру, а ККД таких панелей становить 12 – 14%.

Панелі з монокристалічних фотоелектричних елементів мають ККД на рівні 14 – 16%, але і більш дорогі в перерахунку на ват потужності.

Тонкоплівкові сонячні панелі мають найнижчу ціну та ККД до 25%. Але такі недоліки, як велика площа під монтаж, хрупкість, що тягне за собою короткий строк експлуатації не дають їм конкурувати з кремнієвими сонячними панелями.

Параметри сонячних панелей

Параметри сонячних панелей залежать від якості фотоелементів, освітленості, температури навколишнього середовища. Наприклад, сила струму знижується при похмурій погоді, в туман та при сильній запиленості.

Основним параметром є потужність, яка визначає габарити та вагу сонячної панелі. ККД залежить від обраного типу фотомодуля, а ефективність від оптимального кута нахилу до відповідної широти та пори року.

На рисунку 1.4 зображено залежність ефективності сонячної панелі від її розташування.

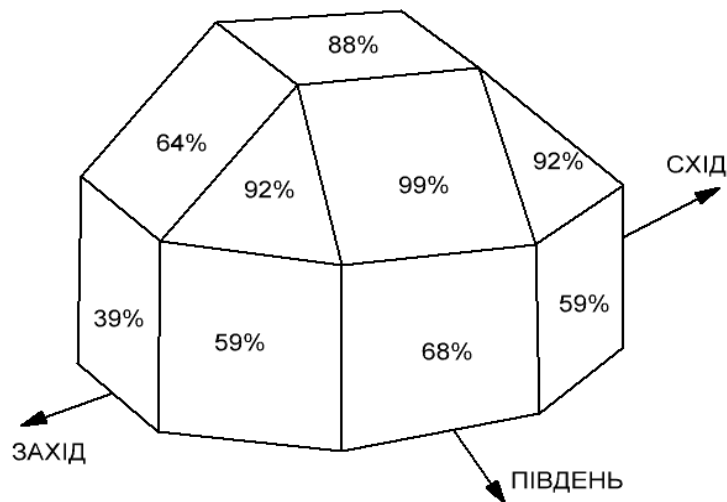


Рисунок 1.4 Вплив орієнтації сонячної панелі на її ефективність

Протягом перших 10 років ефективність сонячних панелей зберігається на рівні до 90% за умови оптимального кута нахилу. За 25 років фотомодулі деградують на 15 – 20% в порівнянні з початковими параметрами. Деградація залежить від якості та типу сонячної панелі. Так у монокристалічних панелей вона відбувається швидше ніж у полікристалічних. За рік роботи потужність монокристалічної панелі знижується на 3%, а полікристалічної на 2%. Таке зниження потужності спостерігається тільки в перший рік роботи сонячної панелі, далі деградація для монокристалів варіюється на рівні 0.71%, для полікристалів на рівні 0.67%. Для панелі сумнівної якості деградація може досягати 20% у перший рік експлуатації.

Тому панелі важливо обирати не за низькою ціною, а за виробником та якістю виконання.

Температурний коефіцієнт потужності – це залежність втрат потужності в сонячній панелі від температури. В дуже спекотний день втрати потужності досягають 25%. У випадку монокристалічних і полікристалічних панелей, температурний коефіцієнт потужності досягає 0.45%, тобто відбувається зниження потужності на 0.45% за кожний градус приросту температури.

За якістю виконання сонячні панелі можна розділити на 4 категорії:

- Перша категорія – А. Сонячні панелі високої якості – без мікротріщин і сколів. Фотоелемент має однакову структуру та колір. Ця категорія має найменшу деградацію та найвищий ККД.
- Друга категорія – В. Мають невеликі зміни в кольорі. В порівнянні з першою категорією мають більшу деградацію, менший ККД, менший строк експлуатації.
- Третя категорія – С. Відмінність від другої категорії – це наявність сколів і тріщин, неоднорідний колір, низький ККД, малий строк експлуатації, висока деградація. Єдиною перевагою є низька вартість.
- Четверта категорія – D. Структура цих панелей неоднорідна, має видимі дефекти. Невелика кількість фотоелементів потребує додаткової пайки, що ще більше погіршує параметри. Такі елементи мають невелику надійність. Встановлювати їх не рекомендується навіть незважаючи на низьку вартість.

Якісні сонячні панелі можуть працювати в діапазоні температур від -40 до 90°C.

Параметри сонячних панелей можна переглянути в інструкції на виробі.

В таблиці 1.7 наведено параметри сонячних панелей.

Таблиця 1.7

Тип модуля	SW-P01012
Максимальна потужність, Вт	10
Тип кремнію	Монокристал
Кількість сонячних елементів	36
Максимальна напруга, В	715
Відхилення потужності, %	±3
Вага, кг	1,4
Габарити, мм	301x365x23
Напруга на відкритих зажимах, В	21,5
Струм короткого замикання, А	0,65
Напруга при максимальній потужності, В	17,5
Струм при максимальній потужності, А	0,57
Температурний коефіцієнт струму короткого замикання, %/°C	+0,033
Температурний коефіцієнт напруги холостого ходу, %/°C	-0,36
Температурний коефіцієнт максимальної потужності, %/°C	-0,44
Діапазон робочих температур, °C	-40 – +88

1.3.2 Типи сонячних електростанцій

Сонячні електростанції поділяються на автономні, мережеві та гібридні.

Автономна фотоелектрична станція працює у якості джерела електроенергії, що не підтримує паралельну роботу з централізованою електромережою. В день станція генерує електроенергію від сонячних панелей та витрачає її на живлення споживача і заряд акумуляторної батареї, в ночі потреби споживача забезпечуються від акумуляторної батареї.

На рисунку 1.5 зображено схему автономної електростанції.

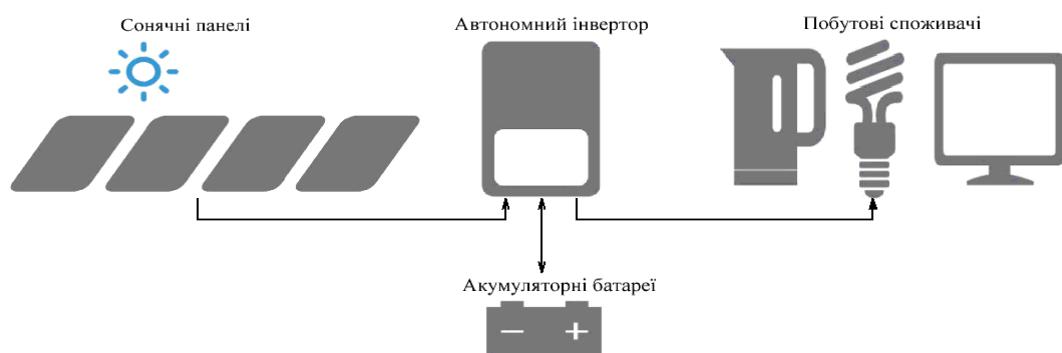


Рисунок 1.5 Схема автономної сонячної електростанції

Мережева фотоелектрична станція працює у якості основного джерела електроенергії, що підтримує паралельну роботу з централізованою електромережою. В день станція генерує електроенергію від сонячних панелей живлячи споживача, надлишкова електроенергія віддається в мережу за «Зеленим» тарифом. В ночі потреби споживача забезпечуються від централізованої електромережі.

На рисунку 1.6 зображено схему мережевої електростанції.

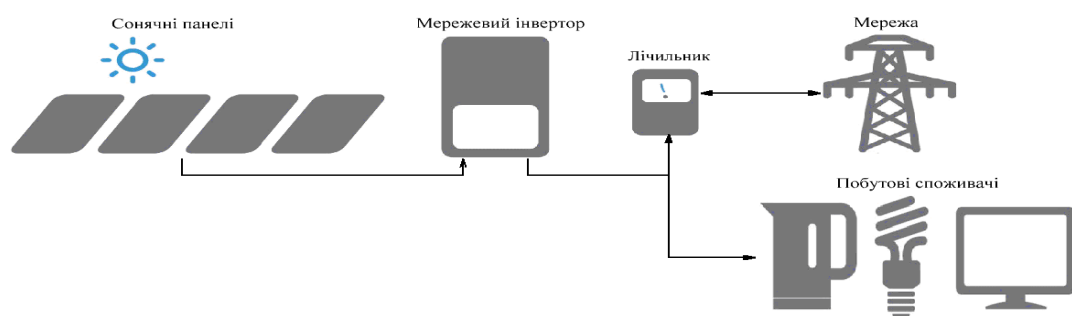


Рисунок 1.6 Схема мережевої сонячної електростанції

Гібридна фотоелектрична станція працює у якості основного джерела електроенергії, що підтримує паралельну роботу з централізованою електромережою. В день станція генерує електроенергію від сонячних панелей живлячи споживача та заряджаючи акумуляторні батареї, надлишкова електроенергія віддається в мережу за «Зеленим» тарифом. В ночі потреби споживача забезпечуються від акумуляторної батареї.

На рисунку 1.7 зображено схему гібридної електростанції.

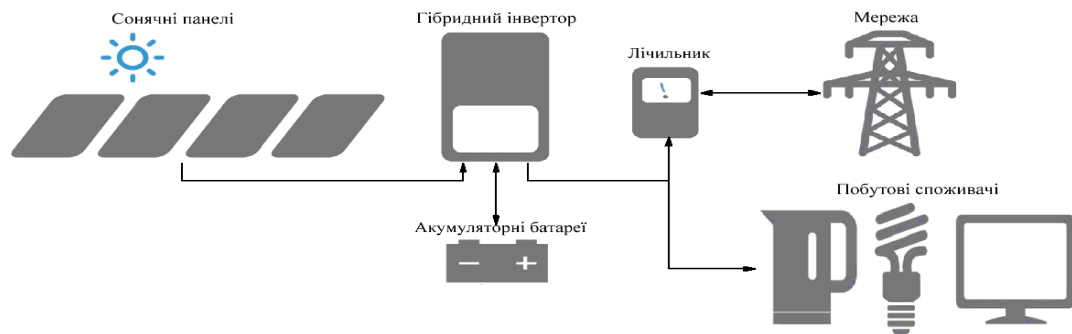


Рисунок 1.7 Схема гібридної сонячної електростанції

В таблиці 1.8 наведено параметри сонячних електростанцій.

Таблиця 1.8

Тип	Автономна	Мережева	Гібридна
Енергонезалежність	Так	Ні	Так
Захист від аварійних відключень	Так	Ні	Так
Зниження витрат на електрику	Так	Так	Так
Продаж електроенергії в мережу	Ні	Так	Так
Початкові витрати	Високі	Низькі	Середні
Строк окупності, років	-	10-15	10-15

1.4 Характеристики сучасних електромобілів

Автомобіль, що приводиться в рух за допомогою електродвигуна з живленням від автономного джерела енергії почав набувати популярність на початку двадцять першого століття. Основними причинами росту популярності стали переваги даного автомобіля над автомобілями, що приводяться в рух від двигунів внутрішнього згорання, а саме:

- ККД тягового електродвигуна 90 – 95%, в порівнянні з 22 – 42% у двигуна внутрішнього згорання.
- Висока екологічність, у зв'язку з відсутністю необхідності використання палива, антифризів та моторного масла.
- Простота конструкції, керування та висока надійність і довговічність екіпажної частини, що досягає 25 років.
- Простота техобслуговування, великий між сервісний пробіг, дешевизна технічного обслуговування і ремонту.
- Використання електроенергії у якості палива.

Недоліки електромобіля, що не дають витіснити з ринку автомобілі з двигунами внутрішнього згорання:

- Акумулятори за півтора століття еволюції так і не досягли щільності енергії та вартості, порівнянної з паливом.
- Частина енергії акумуляторів витрачається на охолодження або обігрів салону автомобіля, а також на живлення інших бортових споживачів електроенергії. Взимку дальність запасу ходу зменшується майже в 3 рази.
- Тривалий час зарядки акумуляторів в порівнянні з заправкою паливом.
- Малий пробіг більшості електромобілів на одній зарядці.
- Висока вартість літієвої батареї, або високий вага свинцевої батареї.

На думку фахівців з провідних дослідницьких агентств, найбільш відомими марками на ринку електромобілів є: Tesla, Toyota, Mitsubishi, Smart, Renault, Nissan, Ford, Chevrolet, Honda.

Електромобілі цих виробників найбільше пристосовані до звичайних міських умов. Крім того, вони можуть успішно конкурувати з автомобілями на двигунах внутрішнього згорання. Найперші і найбільш відомі серійні автомобілі – це Tesla Roadster, GM Chevrolet Volt і Nissan Leaf.

За статистикою МВС в Україні станом на 2017 рік зареєстровано більше 2846 електромобілів. З них 682 було зареєстровано до 31 березня 2017 року.

Моделі зареєстрованих електромобілів:

- Nissan Leaf – 2241 автомобіль.
- Ford Focus – 118 автомобілів.
- Tesla Model S – 100 автомобілів.
- BMW i3 – 52 автомобіля.
- Renault Fluence – 23 автомобіля.

Tesla представляє собою люксовий комфортний седан, який вперше був показаний в автосалоні у Франкфурті в 2009 році. Серійне виробництво цієї машини почалося в 2012 році в США.

В таблиці 1.9 зображено параметри Tesla Model 3 2017 року випуску.

Таблиця 1.9

Потужність електромотора, к.с.	362
Потужність акумуляторів, кВт·год	75
Запас ходу без підзарядки, км	355
Час повної зарядки акумуляторної батареї, год	7,5
Максимальна швидкість, км/год	210
Гарантія на акумулятор, років	8
Вартість, грн	950,000

Nissan Leaf EV вважається одним з найбільш популярних електрокарів в світі. Продаж цього електромобіля в 2014 році становили понад 25% від усіх машин на електричному ходу. Крім того, саме ця модель є найпопулярнішим і водночас найдоступнішим електрокаром в світі. Серійне виробництво машини було розпочато на початку 2010 року.

В таблиці 1.10 зображено параметри Nissan Leaf EV 2017 року випуску.

Таблиця 1.10

Потужність електромотора, к.с.	150
Потужність акумуляторів, кВт·год	40
Запас ходу без підзарядки, км	240
Час повної зарядки акумуляторної батареї, год	8
Максимальна швидкість, км/год	144
Гарантія на акумулятор, років	8
Вартість, грн	810,000

BMW і3 по праву вважається першим серійним преміальним електромобілем. Ця модель була спочатку спроектована як електричний хетчбек. Однак вона не є повною копією бензинової версії. Вперше ці електромобілі були представлені в автосалоні в Лондоні в 2013 році. Крім чисто електричної версії, існує і гібридний варіант моделі BMW і3.

В таблиці 1.11 зображено параметри BMW і3 2017 року випуску.

Таблиця 1.11

Потужність електромотора, к.с.	170
Потужність акумуляторів, кВт·год	33
Запас ходу без підзарядки, км	300
Час повної зарядки акумуляторної батареї, год	8
Максимальна швидкість, км/год	150
Гарантія на акумулятор, років	8
Вартість, грн	1,084,500

1.5 Формулювання завдань дослідження

У першому розділі була визначена потужність розроблюваної комбінованої системи живлення, що необхідна для покриття потреб споживача. Також у розділі було розглянуто тарифи на електроенергію та тенденції їх розвитку. У результаті було отримано графік вартості тарифів на електроенергію до 2030 року. В тому числі було розглянуто технологію, типи та сучасні схеми сонячних електростанцій з перерахуванням їх переваг і недоліків. В результаті у якості відновлювального джерела енергії для розроблюваної системи було обрано сонячні панелі. Також було розглянуто характеристики сучасних електромобілів та вирішено використати акумулятор електромобіля Nissan Leaf EV у якості джерела безперебійного живлення для розроблюваної системи.

Отже, для досягнення поставлених в роботі цілей необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести оцінку доцільності і потенціалу використання електромобіля в системі комбінованого енергозабезпечення у якості джерела безперебійного живлення.
2. Провести параметризацію необхідного обладнання із розрахунку добової та річної генерації електроенергії.
3. Провести вибір обладнання для системи комбінованого забезпечення з використанням електромобіля.
4. Розробити електричну схему підключень та описати її роботу.
5. Провести техніко-економічне обґрунтування розроблюваної системи.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ У ЯКОСТІ ДЖЕРЕЛА БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

2.1 Оцінка доцільності і потенціалу використання електромобіля у якості джерела безперебійного живлення

Nissan Leaf EV вважається одним з найбільш популярних електрокарів з найпривабливішою ціною та оптимальними параметрами, що наведені в таблиці 1.9 пункту 1.4.

Розглянемо доцільність використання електромобіля Nissan Leaf EV у якості джерела безперебійного живлення, для цього:

- Розрахуємо необхідну ємність акумуляторної батареї для забезпечення заміського будинку електроенергією у разі відсутності електропостачання з мережі та від сонячних панелей.
- Розрахуємо втрату запасу ходу у разі використання акумуляторної батареї електромобіля у якості джерела безперебійного живлення.
- Розрахуємо строк служби акумуляторної батареї при її використанні у якості джерела безперебійного живлення та щоденних поїздках.

Розрахуємо необхідну ємність акумуляторної батареї для живлення заміського будинку у разі відсутності електропостачання з мережі та недостатнього електропостачання від сонячних панелей. Тобто, для покриття піків споживання електроенергії вранці і ввечері, коли сонячні панелі ще не генерують достатньо електроенергії та нічного споживання у разі відсутності електропостачання з мережі. Для цього використаємо результати розрахунків виконані у пункті 1.1, тоді:

Нічне споживання

$$P_{нс} = P_{вн} \cdot T, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (2.1)$$

де $P_{вн}$ – споживання вночі, Вт·год; T – кількість годин, год.

$$P_{нс} = 350 \cdot 8 = 2800, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (2.2)$$

Пікове споживання вранці

$$P_{свр} = P_{вр} \cdot T = 1585 \cdot 1.5 = 2193, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (2.3)$$

Пікове споживання ввечері

$$P_{свч} = P_{вв} \cdot T = 1685 \cdot 1.5 = 2343, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (2.4)$$

Ємність акумуляторної батареї для покриття піків та нічного споживання на добу

$$E_{акб} = P_{нс} + P_{свр} + P_{свч} = 2800 + 2193 + 2343 \approx 7500, \text{Вт} \cdot \text{год} \quad (2.5)$$

Необхідна ємність джерела безперебійного живлення складає 7.5 кВт·год.

З таблиці 1.8 пункту 1.4 відомо, що запас ходу електромобіля складає 240км. Виходячи з цього розрахуємо втрату запасу ходу при використанні акумуляторної батареї у якості джерела безперебійного живлення, тоді:

Втрати запасу ходу

$$B_{zx} = \frac{z_x \cdot E_{акб}}{E_{ек}}, \text{км} \quad (2.6)$$

де z_x – запас ходу електромобіля, км; $E_{ек}$ – потужність акумуляторної батареї, кВт·год.

$$B_{zx} = \frac{240 \cdot 7.5}{40} = 45, \text{км} \quad (2.7)$$

З формули 2.7 зрозуміло, що в добу використання електромобіля у якості джерела безперебійного живлення запас ходу знизиться з 240 км до 195км.

В електромобілі Nissan Leaf EV 2017 року випуску використовується літій-іонна акумуляторна батарея ємністю 40 кВт·год. Строк служби якої визначається кількістю циклів повного розряду. Для якісного акумулятора він складає 400 – 600 циклів повного розряду або 1 – 2 роки служби. При частковому розряді акумуляторної батареї кількість циклів збільшується, а при їх перевищенні ємність акумуляторної батареї знижується на 20 – 30 %.

В таблиці 2.1 зображено залежність кількості циклів розряду літій-іонного акумулятора від глибини розряду.

Таблиця 2.1

Глибина розряду, %	Кількість циклів розряду
100	500
80	1100
50	1500
25	2500
10	4700

За даними дилерських станцій технічного обслуговування середній пробіг автомобіля складає 25000 км на рік. Виходячи з цього розрахуємо середній добовий пробіг електромобіля, тоді:

Середній добовий пробіг складає

$$P_{\text{да}} = \frac{25000}{365} = 68.5, \text{км} \quad (2.8)$$

Розрахуємо строк служби акумуляторної батареї при щоденних поїздках та використанні її у якості джерела безперебійного живлення, тоді:

Розряд акумулятора за добовий пробіг

$$P_{\text{адн}} = \frac{P_{\text{да}} \cdot E_{\text{ек}}}{z_x} = \frac{68.5 \cdot 40}{240} \approx 11.5, \text{кВт} \cdot \text{год} \quad (2.9)$$

Щоденна глибина розряду акумуляторної батареї при поїздках та використанні у якості джерела безперебійного живлення

$$P_{\text{акб}} = \frac{(E_{\text{акб}} + P_{\text{адн}}) \cdot 100}{E_{\text{ек}}} = \frac{(7.5 + 11.5) \cdot 100}{40} = 47.5\% \quad (2.10)$$

Розрахуємо строк служби літій-іонної акумуляторної батареї при щоденній глибині її розряду на 47.5%

$$T_{\text{саб}} = \frac{1500}{365} \approx 4, \text{роки} \quad (2.11)$$

Отже, в добу використання акумулятора електромобіля у якості джерела безперебійного живлення його ємність знизиться з 40 до 32,5 кВт·год, а запас ходу знизиться з 240 км до 195км. Через 4 роки щоденного використання ємність акумуляторної батареї електромобіля знизиться на 30%.

2.2 Параметризація обладнання із розрахунку добової та річної генерації електроенергії

Розрахунок сонячної електростанції дозволяє точно спрогнозувати обсяги виробленої фотомодулями електроенергії для конкретних умов місцевості. Інструменти для моделювання сонячних електростанцій – це ряд математичних рівнянь, що дозволяють розрахувати вхідну і вихідну потужність для встановлених фотоелектричних компонентів, щоб спираючись на отримані дані, скласти погодинний графік генерації електроенергії сонячної електростанції. Надалі, об'єднавши отримані дані для різної пори року, можна з високою точністю скласти річний графік виробництва електроенергії.

Для побудови графіка добової генерації сонячної електростанції скористаємось програмним забезпеченням PVsyst. Цей пакет програмного забезпечення, розроблений в Університеті Женеві у 1992 році, активно використовується для моделювання, налагодження, вивчення і аналізу даних і процесів, що протікають в фотоелектричних системах.

Добова генерація сонячної електростанції суттєво відрізняється залежно від пори року, тому виберемо день коли генерації має середні показники за рік, тобто весною у березні.

У березні схід сонця відбувався в період з 6 до 7 години , а захід з 18 до 19 години. Середня тривалість світлового дня склала 11 годин.

В таблиці 2.2 наведено коефіцієнти для розрахунку добової генерації у березні при ясній погоді, що були отримані за допомогою програмного забезпечення PVsyst.

Таблиця 2.2

Година	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Коефіцієнт	0	0,1	0,4	0,66	0,7	0,8	0,93	0,95	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1	0

Коефіцієнти було отримано для Дніпропетровської області на 2018 рік. Для розрахунку було вказано тип сонячних панелей, тип мережевого інвертора, місце розміщення, орієнтацію сонячних панелей, кут нахилу та погодинний метео файл.

В таблиці 2.3 приведено добову генерацію сонячних електростанцій різної потужності у березні при ясній погоді.

Таблиця 2.3

Потужність, кВт	10	20	30
Година	Генерація, кВт·год	Генерація, кВт·год	Генерація, кВт·год
6	0	0	0
7	1	2	3
8	4	8	12
9	6,6	13,2	19,8
10	7,4	14,8	22,2
11	8,7	17,4	26,1
12	9,3	18,6	27,9
13	9,5	19	28,5
14	9	18	27
15	7,2	14,4	21,6
16	5	10	15
17	3	6	9
18	1,5	3	4,5
19	0	0	0

На рисунку 2.1 зображено гістограму добової генерації сонячної електростанції потужністю 10 кВт.

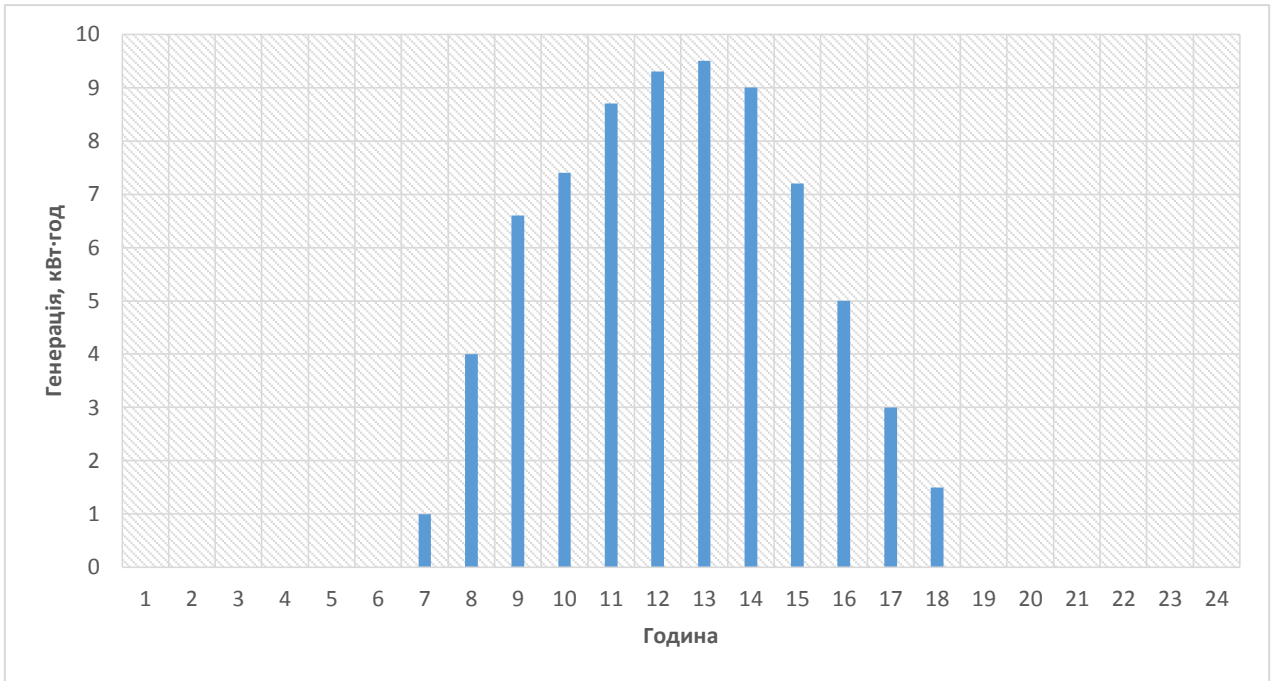


Рисунок 2.1 Додова генерація сонячної електростанції

На рисунку 2.2 зображено графік добової генерації та споживання електроенергії. Дані споживання електроенергії протягом доби приведені в таблиці 1.2

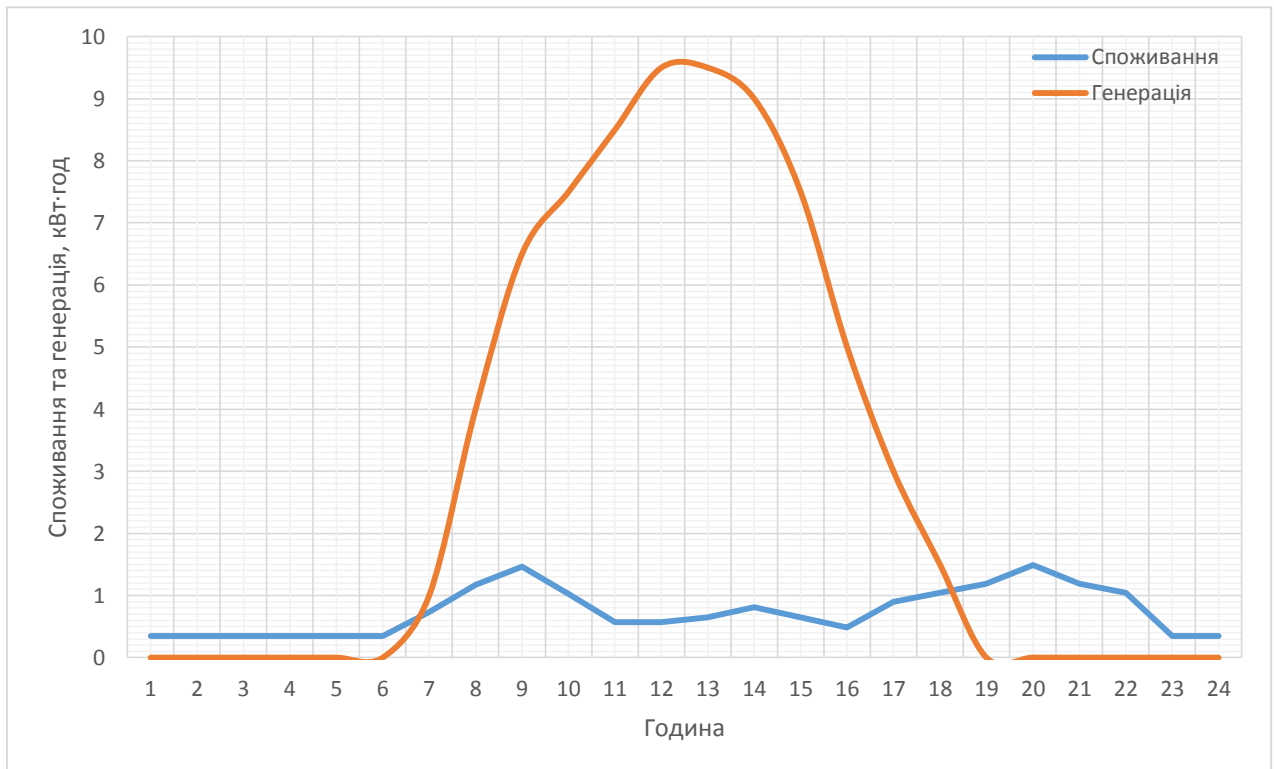


Рисунок 2.2 Додова генерація та споживання електроенергії

Розрахунок середньої генерації сонячної електростанції потужністю 10 кВт. Цей розрахунок дозволить отримати середнє значення кількості енергії, що виробляється сонячними панелями за рік. Для розрахунку скористаємося формулою:

$$E = \frac{I \cdot K_0 \cdot P_M \cdot K_B}{P_T}, \text{кВт} \cdot \text{год} \quad (2.12)$$

де I – сонячна енергія, яка потрапляє на поверхню Землі в горизонтальній площині, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2}$. Значення можна вибрати, скориставшись картою інтенсивності сонячної радіації.

На рисунку 2.3 зображено карту інтенсивності сонячної радіації.

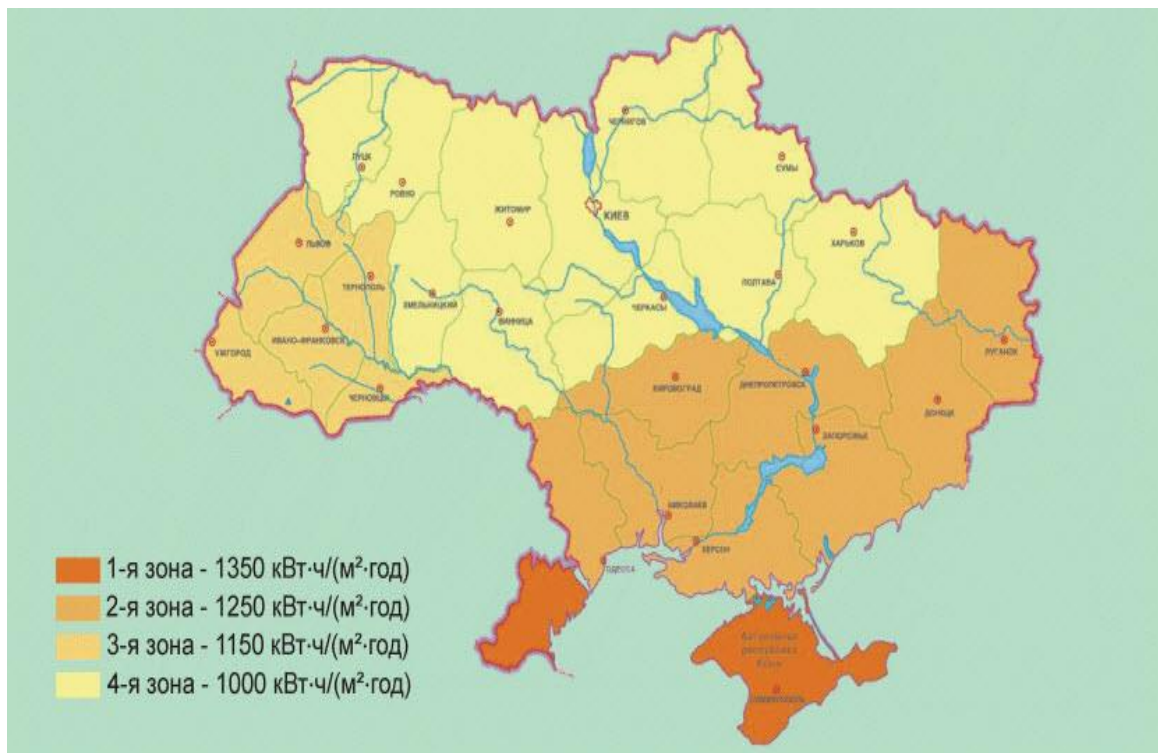


Рисунок 2.3 Карта інтенсивності сонячної радіації

K_0 – поправочний коефіцієнт перерахунку сумарного потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на поверхню. Дані приведені у таблиці 2.12.

В таблиці 2.4 приведено коефіцієнти перерахунку сумарного потоку сонячної енергії.

Таблиця 2.4

		Відхилення від південного напрямку																			
		-90	-85	-80	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	
Кут нахилу сонячних панелей	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	5	1	1	1	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	
	10	0,99	1	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	
	15	0,98	0,99	1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,04	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,1
	20	0,97	0,98	1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,03	1,09	1,09	1,1	1,1	1,11	1,11	1,11	1,11	1,01
	25	0,96	0,97	0,99	1	1,02	1,03	1,05	1,05	1,07	1,08	1,09	1,1	1,1	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
	30	0,94	0,96	0,98	1	1,01	1,03	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	1,1	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
	35	0,93	0,95	0,97	0,99	1	1,02	1,04	1,05	1,07	1,06	1,09	1,1	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13	1,03
	40	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,1	1,1	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
	45	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1	1,01	1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,1	1,1	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12
	50	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,1	1,1	1,11
	55	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
	60	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,85	1	0,98	1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06
	65	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
	70	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
	75	0,74	0,76	0,78	0,8	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95
	80	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,8	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,89	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
85	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,89	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
90	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79	0,79	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	

P_M – сумарна потужність встановлених сонячних панелей, кВт.

K_B – коефіцієнт, що враховує втрати сонячної батареї при перетворенні і передачі електроенергії.

P_T – інтенсивність сонячної радіації, при якій фотоелектричні модулі тестуються, тобто $1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

$$E = \frac{1250 \cdot 1.13 \cdot 11.6 \cdot 0.9}{1} = 14747 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.13)$$

Аналогічно за вище зазначеним алгоритмом визначаємо середню річну генерацію сонячної електростанції потужністю 20 кВт

$$E = \frac{1250 \cdot 1.13 \cdot 21.7 \cdot 0.9}{1} = 27586 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.14)$$

Аналогічно за вище зазначеним алгоритмом визначаємо середню річну генерацію сонячної електростанції потужністю 30 кВт

$$E = \frac{1250 \cdot 1.13 \cdot 29 \cdot 0.9}{1} = 36866 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.15)$$

Заповнимо таблицю 2.5 річної генерації сонячних електростанцій використавши дані отримані за допомогою програмного забезпечення PVsyst.

Таблиця 2.5

Потужність, кВт	10	20	30
Січень	370	735	1103
Лютий	605	1209	1814
Березень	900	1811	2716
Квітень	1230	2461	3691
Травень	1686	3372	5058
Червень	1692	3384	5076
Липень	1732	3463	5195
Серпень	1543	3086	4630
Вересень	1100	2224	3336
Жовтень	690	1379	2069
Листопад	365	729	1094
Грудень	292	583	875
Всього за рік, кВт·год	14051	26269	36657

На рисунку 2.4 зображено гістограму річної генерації сонячної електростанції потужністю 10 кВт.

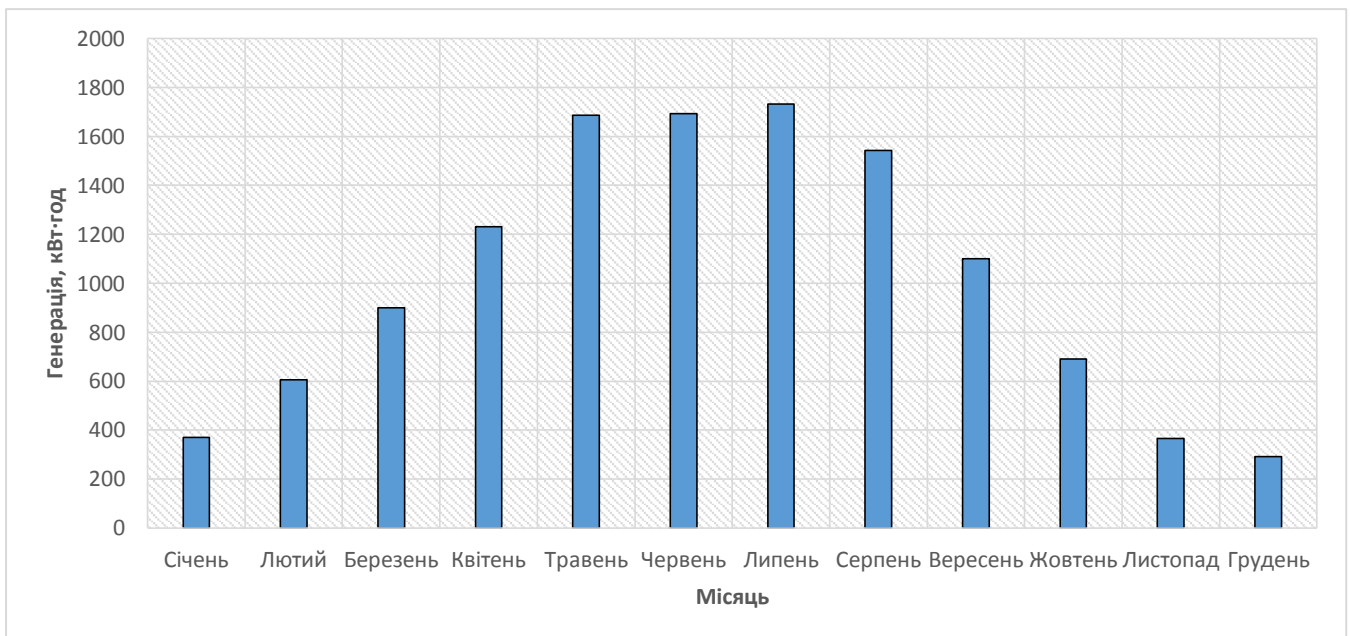


Рисунок 2.4 Річна генерація сонячної електростанції

На рисунку 2.5 зображено графік річної генерації та споживання електроенергії. Дані споживання електроенергії протягом року приведені в таблиці 1.3.

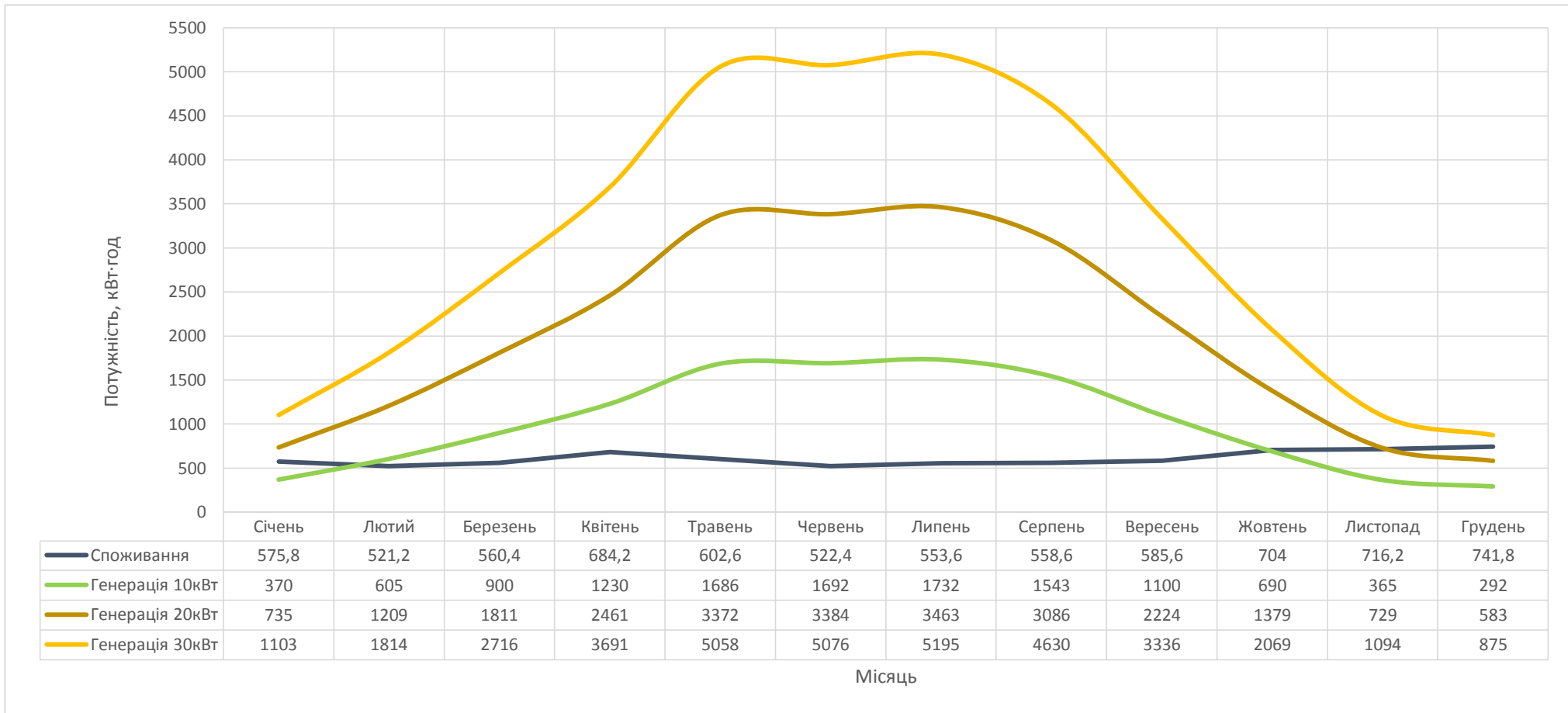


Рисунок 2.5 Річна генерація та споживання електроенергії

2.3 Вибір обладнання для системи комбінованого забезпечення з використанням електромобіля

Опис роботи системи забезпечення

Розроблювана комбінована система забезпечує живлення будинку від сонячної електростанції, мережі та електромобіля. Постійний струм, що генерується сонячними панелями подається на вхід мережевого інвертора, де він перетворюється на змінний у часі струм. Трифазний вихід інвертора підключається до мережі через двонаправлений лічильник, до споживача через систему автоматичного вводу резерву та до зарядного вузла електромобіля. Трифазний двонаправлений лічильник розраховує різницю між споживанням електроенергії з мережі та генерацією електроенергії від сонячної електростанції. Позитивна різниця між генерацією і споживанням продається до мережі за зеленим тарифом, негативна різниця сплачується за тарифом НКРЕКП. У разі відсутності електропостачання з мережі та від сонячної електростанції потреби споживача забезпечуються від акумулятора електромобіля, який підключено до споживача через автоматичний ввід резерву.

На рисунку 2.6 зображено функціональну схему розроблюваної комбінованої системи забезпечення.

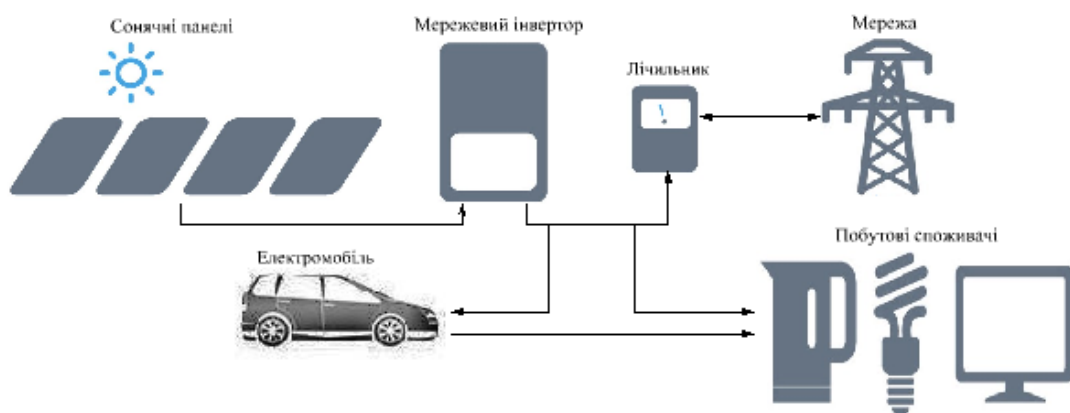


Рисунок 2.6 Функціональна схема розроблюваної комбінованої системи

Вибір сонячних панелей.

Виберемо сонячні панелі Longi Solar LR6-60-290W – це монокристалічний фотомодуль з номінальною потужністю 290 Вт.

Фотоелектричні модулі Longi Solar - це відмінне поєднання ціни та якості, корпус панелі виконаний із загартованого скла с алюмінієвою рамою, що робить її захищеною від агресивних погодних умов: граду, вітру і снігу. Перед тим як потрапити на ринок України фотомодулі проходять велику кількість перевірок і тестів (тест на заморожування-відтавання, тепловий тест і різні тести на проникнення вологи).

Вибір кількості сонячних панелей виконується виходячи з потужності сонячної електростанції необхідної для покриття потреб споживача.

В таблиці 2.6 приведено параметри сонячної панелі Longi Solar.

Таблиця 2.6

Тип	LR6-60-290W
Країна виробник	Китай
Тип кремнію	Монокристал
Матеріал виготовлення модуля	Чистий кремній
Потужність, Вт	290
Напруга при максимальній потужності, В	31,7
Струм при максимальній потужності, А	9,15
Струм короткого замикання, А	9,71
Напруга холостого ходу, В	38,8
Розміри, (мм)	1650x991x40
Вартість, грн/од.	5000
Кількість для сонячної електростанції потужністю 10кВт, од.	40
Кількість для сонячної електростанції потужністю 20кВт, од.	75
Кількість для сонячної електростанції потужністю 30кВт, од.	100

Вибір мережевого інвертора.

Мережевий інвертор обирається за номінальним значенням потужності, тобто: $P_{mi} \geq P_n$

Для сонячної електростанції потужністю 10 кВт виберемо мережевий інвертор АВВ-PVI-12.5-TL-OUTD. Цей трифазний інвертор потужністю 12.5 кВт простий в монтажі, має високу продуктивність і ККД на рівні до 98%. Сумісний з зовнішніми датчиками стану навколишнього середовища, до нього може бути підключений модуль дротового і бездротового моніторингу, що дозволить стежити за роботою фотоелектричних станцій через інтернет, як на екрані комп'ютера, так і зі смартфона.

Для сонячної електростанції потужністю 20 кВт виберемо мережевий інвертор АВВ PowerOne TRIO-22-TL-OUTD. Цей 3-фазний мережевий інвертор класу А+ з двома незалежними MPPT і ефективністю 98,2% - новітня розробка корпорації АВВ увібрала в себе кращі досягнення і напрацювання в даній сфері. Розроблено з урахуванням особливостей комерційного вироблення сонячної електроенергії. Великий термін служби за рахунок відмови від електрохімічних конденсаторів.

Для сонячної електростанції потужністю 30 кВт виберемо мережевий інвертор АВВ PRO-33-TL-OUTD. Цей інвертор відрізняється стабільно високим ККД на практично повному діапазоні напруги фотомодулів. Відсутність в схемі інвертора електролітичних конденсаторів робить його більш довговічними і надійними.

Особливості інверторів АВВ:

- захищений герметичний, погодостійкий корпус, дозволяє встановлювати інвертор зовні будівель.
- безтрансформаторна будова інвертора забезпечує високу ефективність, що досягає 92,2%.

В таблиці 2.7 приведено параметри мережевого інвертора ABB-PVI-12.5-TL-OUTD, ABB PowerOne TRIO-22-TL-OUTD та ABB PRO-33-TL-OUTD.

Таблиця 2.7

Потужність, кВт	12,5	22	33
Максимальна вхідна напруга, В	900	1000	1100
Діапазон напруги МРР, В	360 - 750	440 - 800	550 - 900
Максимальний вхідний струм, А	18	25	35
Номінальна вхідна напруга, В	580	620	620
Кількість незалежних МРР входів, од.	2	2	2
Номінальна вихідна потужність, кВт	12,5	22	33
Номінальна вихідна напруга, В	400	400	400
Діапазон вихідної напруги, В	320 - 480	320 - 480	320 - 480
Вихідна частота, Гц	50	50	50
Максимальний вихідний струм, А	20	33	55
Кількість фаз, од.	3	3	3
Максимальний ККД, %	98	98,2	98,2

Вибір лічильника.

Виберемо лічильник МТХ3 MATRIX АММ. Цей двосторонній трифазний лічильник призначений для індивідуальної роботи з кінцевим споживачем в електророзподільних мережах потужністю 0.4-35 кВ. Лічильник виконує наступні основні функції:

- Веде автоматичний багатотарифний розрахунок спожитої активної і реактивної електроенергії.
- Дозволяє дистанційно керувати живленням окремого навантаження за допомогою реле.
- Надає можливість віддаленого доступу до даних, за допомогою вбудованого PLC-модему, GSM та RS-485 каналу.

В таблиці 2.8 приведено параметри трифазного лічильника МТХ3 MATRIX АММ.

Таблиця 2.8

Номінальна напруга, В	3x220/380
Частота мережі, Гц	50/60
Номінальний струм лічильника трансформаторного включення, А	5
Максимальний струм, А	10
Клас точності при вимірюванні активної енергії	0,5S
Клас точності при вимірюванні реактивної енергії	2
Швидкість передачі даних і частота сигналу, bps	SFSK:1000
Імпульсний вихід активної енергії для лічильників трансформаторного включення, імп/кВт·год	10000/10000
Імпульсний вихід реактивної енергії для лічильників трансформаторного включення, імп/кВАР·год	10000/10000
Діапазон робочих температур, °С	-40 – +60

Вибір системи кріплень

Для 40 фотомодулів загальною потужністю 10 кВт виберемо систему кріплення з анодованого алюмінію, що забезпечує швидкий, зручний і надійний монтаж фотомодулів на всі види кровельних покриттів.

Для 75 фотомодулів загальною потужністю 20 кВт виберемо систему кріплення з анодованого алюмінію.

Для 100 фотомодулів загальною потужністю 30 кВт виберемо систему кріплення з анодованого алюмінію

В таблиці 2.9 приведено комплектацію системи кріплень.

Таблиця 2.9

Потужність сонячної електростанції, кВт	10	20	30
Опорна s-рейка, 3,15 м, од.	24	48	72
Опорна s-рейка, 2,8 м, од.	2	4	6
Прижим кінцевий, комплект	4	8	12
Прижим центральний, комплект	78	156	234
Кронштейн кріплення до криші, од.	68	136	204
З'єднувач s-рейки, од.	24	48	72

Вибір кабелю і конекторів для сонячних панелей

Для встановлення сонячних панелей рекомендується застосовувати спеціальний, на відміну від звичайних кабелів, кабель для сонячних панелей, що володіє спеціальною двошаровою ізоляцією, яка захищає його мідні жили від усіх типів впливу навколишнього середовища. Використання цього кабелю дозволить уникнути можливих проблем при експлуатації фотоелектричних станцій та систем.

Виберемо кабель Longi Solar 10 мм.

З'єднувальний конектор MC 4 призначений для з'єднання сонячних панелей з кабелем. Герметичний, швидко монтується, швидкий роз'єм. В комплекті йде 2 роз'єми "папа" та "мама"

В таблиці 2.10 приведено кількість кабелю і конекторів для сонячних панелей.

Таблиця 2.10

Потужність сонячної електростанції, кВт	10	20	30
Кабель Longi Solar 10 мм, м.	100	200	300
Конектор MC 4, од.	40	80	120

Вибір системи автоматичного вводу резерву

Виберемо систему автоматичного вводу резерву СТАВР компанії Луджер.

Автоматичний ввід резерву СТАВР виконаний у вигляді навісної шафи в якій розміщено автоматичний перемикач з електронним блоком керування, індикаторна панель з кнопковим управлінням, а також додаткові пристрої: автоматичні вимикачі, роз'єднувач, шини заземлення та затискачі для нейтралі.

В таблиці 2.11 приведено параметри системи автоматичного вводу резерву.

Таблиця 2.11

Номінальна напруга, В	380
Кількість фаз	3
Частота, Гц	50
Номінальний струм, А	50
Час переключення на резерв, мс	120
Керування	Автоматичне або ручне

Вибір станції розрядки електромобіля

Для розрядки акумулятора електромобіля Nissan Leaf EV виберемо станцію розрядки LeafToHome, що спеціально розроблена для використання електромобіля у якості джерела безперебійного живлення.

В таблиці 2.12 приведено параметри станції розрядки LeafToHome.

Таблиця 2.12

Потужність, кВт	6
Кількість фаз	3
Частота, Гц	50
Номінальна напруга, В	380
Номінальний струм, А	15
Керування	Автоматичне або ручне

2.4 Електрична схема підключень та опис її роботи

Сонячні панелі зі змішаним з'єднанням підключено до одного з двох входів мережевого інвертора. На вході інвертора встановлено DC/DC перетворювач з MPPT, керування котрим відбувається за допомогою мікроконтролера, що знаходиться у блоці керування. Перетворювач DC/DC виконує перетворення струму та напруги, величини яких залежить від потужності, що генерується сонячними панелями у даний момент і подається на вхід перетворювача. На виході перетворювача маємо збільшену напругу та зменшений струм для зменшення втрат потужності. Усіма процесами, що відбуваються у блоці DC/DC перетворювача з MPPT керує DC/DC DSP контролер. MPPT у блоці DC/DC перетворювача виконує пошук максимальної точки потужності на Вольт-Амперній характеристиці. Він аналізує значення струму та напруги в даних умовах генерації сонячних модулів та знаходить точку максимальної потужності, таким чином збільшуючи ККД. Далі встановлено блок ємнісних фільтрів, що згладжуються пульсації постійної напруги з виходу DC/DC перетворювача. За блоком ємнісних фільтрів встановлено DC/AC перетворювач, керування котрим відбувається за допомогою мікроконтролера, що знаходиться у блоці керування. На вхід DC/AC перетворювача подається постійна напруга, що перетворюється на трифазну змінну перемиканням різних груп транзисторів. Усіма процесами, що відбуваються у блоці DC/AC перетворювача керує DC/AC DSP контролер. На виході DC/AC перетворювача маємо трифазну змінну напругу, що подається на вхід мережевого фільтра, який згладжує пульсації струму та напруги. На виході мережевого фільтру маємо чисто синусоїдальну форму напруги.

Мережевий інвертор живить навантаження у вигляді електромобіля і побутових приладів.

У випадку коли генерація сонячної електростанції перевищує потреби споживача надлишкова потужність зі знаком «+» через двонаправлений лічильник віддається до мережі. Коли генерація сонячної електростанції відсутня

або менша за споживання потреби споживача задовольняються з мережі зі знаком «-» через двонаправлений лічильник. В кінці місяця позитивна різниця на лічильнику сплачується власнику сонячної електростанції за зеленим тарифом, а негативна різниця сплачується власником за тарифом НКРЕКП.

Безперебійне живлення споживача забезпечується за допомогою автоматичного вводу резерву, що має основне джерело живлення у вигляді сонячної електростанції та мережі і резервне джерело живлення у вигляді акумуляторної батареї електромобіля. Розрядка якої відбувається за допомогою станції LeafToHome.

Живлення від основного джерела відбувається шляхом замикання нормально розімкнутих контактів КМ1 котушкою реле КМ1, що живиться через нормально замкнутий контакт роз'єднувача QS1, нормально замкнутий контакт автоматичного вимикача SF1 та нормально замкнутий контакт реле напруги KV. Про живлення від основного джерела сигналізує лампа HL1. Вмикання/вимикання роз'єднувача QS1 виконується вручну, а вмикання/вимикання автоматичного вимикача SF1 та реле напруги KV виконується автоматично. При відсутності електропостачання від основного джерела живлення відбувається автоматичне перемикавання на резервне джерело.

Живлення від резервного джерела відбувається шляхом замикання нормально розімкнутих контактів КМ2 котушкою реле КМ2, що живиться через нормально замкнутий контакт роз'єднувача QS2, нормально замкнутий контакт автоматичного вимикача SF2 та нормально замкнутий контакт реле напруги KV. Про живлення від резервного джерела сигналізує лампа HL2. Вмикання/вимикання роз'єднувача QS2 виконується вручну, а вмикання/вимикання автоматичного вимикача SF2 та реле напруги KV виконується автоматично.

На виході автоматичного вводу резерву встановлено автоматичний вимикач QF1. Вмикання/вимикання якого відбувається автоматично.

На рисунку 2.7 зображено електричну схему підключень.

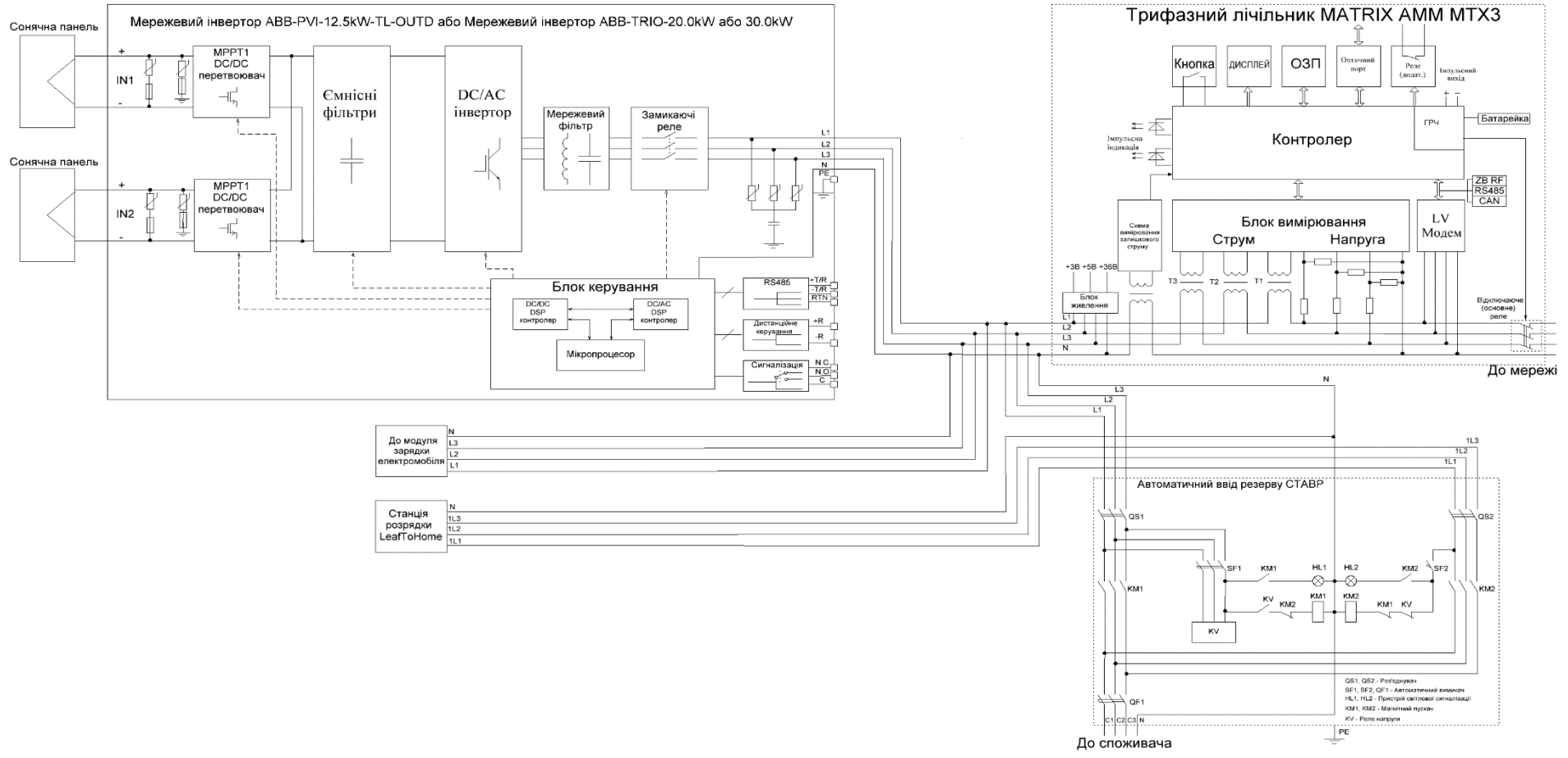


Рисунок 2.7 Електрична схема підключень

2.5 Висновки

У розділі була проведена оцінка доцільності і потенціалу використання електромобіля у якості джерела безперебійного живлення. В результаті якої було визначено, що використання акумулятора електромобіля у якості джерела безперебійного живлення є можливим і доцільним, а втрати у запасі ходу та зменшення строку експлуатації акумулятора електромобіля є допустимим. Також було проведено розрахунок добової та річної генерації електроенергії сонячних електростанцій потужністю 10, 20 та 30 кВт. В тому числі було проведено розробку оптимальної комбінованої системи живлення, проведено вибір необхідного обладнання для системи, розроблено електричну схему підключень з описом її роботи

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Вступ до розділу

Актуальність питань, розглянутих в основній частині дипломної роботи пов'язані з розробкою автономної комбінованої системи живлення з використанням відновлювальних джерел і електромобіля. Метою дипломного проекту є оптимальна система комбінованого живлення з використанням відновлювальних джерел енергії та обґрунтування використання електромобіля в системі комбінованого забезпечення у якості джерела безперебійного живлення.

Розроблена комбінована система забезпечує живлення будинку від сонячних панелей, мережі та електромобіля. Система підключена до трифазного лічильника, що розраховує різницю між споживанням та генерацією електроенергії, різниця продається до мережі за зеленим тарифом. Також, система обладнана системою автоматичного вводу резерву, що забезпечує безперебійне живлення шляхом перемикання між мережею, сонячною електростанцією та електромобілем.

3.2 Розрахунок капітальних витрат

Сонячна електростанція потужністю 10 кВт

Для реалізації проектних рішень необхідно визначити обсяг інвестицій для їх здійснення. Розмір інвестицій дорівнює загальній сумі витрат на придбання і монтаж обладнання. Загальна сума витрат на придбання і монтаж устаткування розраховується за формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} \quad (3.1)$$

де $K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i)$ – сумарна вартість комплектуючих виробів (табл. 3.1);

k – кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{\text{тзс}}$ – транспортно – заготівельні і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$ – витрати на монтажні роботи (табл. 3.2);

$Z_{\text{н}}$ – витрати на налагодочні роботи (табл. 3.3);

Таблиця 3.1 – Зведення капітальних витрат, грн.

№ п/п	Найменування технічних засобів	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн	Обґрунтування
1.	Сонячні панелі Longi Solar LR6-60-290W	40	5000	200000	ТОВ «ЕНЕРТАЙМ» м. Київ
2.	Мережевий інвертор АВВ-PVI-12.5	1	76027	76027	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
3.	Лічильник МТХ3 MATRIX АММ	1	7699	7699	ТОВ «ЕЛМІСТО» м. Харків
4.	Система кріплень	1	21300	21300	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
5.	Кабель Longi Solar 10 мм	100	75	7500	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
6.	Конектор МС 4	40	44	1760	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
7.	Комплект для системи АВР	1	5000	5000	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
8.	Станція розрядки LEAFТОНОМЕ	1	15000	15000	ТОВ «НИССАН» м. Дніпро
Всього				334286	

Витрати на налагоджувальні роботи розраховуються за формулою:

$$Z_H = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_D \cdot K_{C3} \cdot K_{np} \quad (3.2)$$

де Ч – кількість осіб, що потрібні для монтажу і налагодження устаткування;

a – годинна тарифна ставка інженера-наладчика, 6-го розряду, грн / год;

K_D – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{C3} – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

K_{np} – коефіцієнт, що враховує інші витрати при здійсненні монтажних робіт.

$$Z_H = 2 \cdot 51.12 \cdot 8 \cdot 1.1 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 1153 \text{ грн}$$

Таблиця 3.2 – Витрати на налагодження (Z_H)

Назва витрат	Одиниці вимірювання	Позначення	Значення
Кількість працівників	Чоловік	Ч	2
Тарифна ставка шостого розряду	Гривень/годину	a	51,12
Час на виконання робіт	Годин	t	8
Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_D	1.1
Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		K_{C3}	1.22
Коефіцієнт, що враховує інші витрати при здійсненні монтажних робіт		K_{np}	1.05

Витрати на монтажні роботи

$$Z_M = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_D \cdot K_{C3} \cdot K_{np} = 3 \cdot 29,9 \cdot 40 \cdot 1.1 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 5056 \text{ грн}$$

Таблиця 3.3 – Витрати на монтаж (Z_M)

Назва витрат	Одиниці вимірювання	Позначення	Значення
Кількість працівників	Чоловік	Ч	3
Тарифна ставка четвертого розряду	Гривень/годину	a	29,9
Час на виконання робіт	Годин	t	40
Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_D	1.1
Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		K_{C3}	1.22
Коефіцієнт, що враховує інші витрати при здійсненні монтажних робіт		K_{np}	1.05

Дані для витрат на налагоджувальну і монтажну роботу наведені згідно «Тимчасових правил, що визначають вартість робіт з ремонту та налагодження енергетичного, електричного та електротехнічного устаткування підприємств, підпорядкованих Міністерству промислової політики України» станом на 01.05.2016.

Перелік доплат і надбавок до тарифних ставок і посадових окладів у розрахункових коефіцієнтах взято з «Галузевої угоди енергетиків» станом на 2016-2018 роки.

Вартість транспортно – заготівельних і складських витрат за даними служби перевезень «Нова Пошта» складає:

$$Z_{\text{тзс}} = 5000 \text{ грн}$$

Загальна сума витрат на придбання і монтаж обладнання

$$K_{\text{пр}} = 334286 + 1153 + 5056 + 5000 = 345495 \text{ грн}$$

Аналогічно за вище зазначеним алгоритмом визначаємо суму капітальних витрат для сонячної електростанції потужністю 20 кВт

Таблиця 3.4 – Зведення капітальних витрат, грн.

№ п/п	Найменування технічних засобів	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн	Обґрунтування
1.	Сонячні панелі Longi Solar LR6-60-290W	75	5000	375000	ТОВ «ЕНЕРТАЙМ» м. Київ
2.	Мережевий інвертор АВВ-ТРИО-22.5	1	117447	117447	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
3.	Лічильник МТХ3 MATRIX АММ	1	7699	7699	ТОВ «ЕЛМІСТО» м. Харків
4.	Система кріплень	1	42600	42600	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
5.	Кабель Longi Solar 10 мм	200	75	15000	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
6.	Конектор МС 4	75	44	3300	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
7.	Комплект для системи АВР	1	5000	5000	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
8.	Станція розрядки LEAFТОНОМЕ	1	15000	15000	ТОВ «НИССАН» м. Дніпро
Всього				559746	

Витрати на налагоджувальні роботи

$$Z_H = 2 \cdot 51.12 \cdot 8 \cdot 1.1 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 1153 \text{ грн}$$

Таблиця 3.5 – Витрати на налагодження (Z_H)

Назва витрат	Одиниці вимірювання	Позначення	Значення
Кількість працівників	Чоловік	Ч	2
Тарифна ставка шостого розряду	Гривень/годину	a	51,12
Час на виконання робіт	Годин	t	8
Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_d	1.1
Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		$K_{сз}$	1.22
Коефіцієнт, що враховує інші витрати при здійсненні монтажних робіт		$K_{пр}$	1.05

Витрати на монтажні роботи

$$Z_M = 3 \cdot 29.9 \cdot 80 \cdot 1.1 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 10112 \text{ грн}$$

Таблиця 3.6 – Витрати на монтаж (Z_M)

Назва витрат	Одиниці вимірювання	Позначення	Значення
Кількість працівників	Чоловік	Ч	3
Тарифна ставка четвертого розряду	Гривень/годину	a	29,9
Час на виконання робіт	Годин	t	80
Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_d	1.1
Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		$K_{сз}$	1.22
Коефіцієнт, що враховує інші витрати при здійсненні монтажних робіт		$K_{пр}$	1.05

Вартість транспортно – заготівельних і складських витрат за даними служби перевезень «Нова Пошта» складає:

$$Z_{тзс} = 5000 \text{ грн}$$

Загальна сума витрат на придбання і монтаж обладнання

$$K_{пр} = 559746 + 1153 + 10112 + 5000 = 576011 \text{ грн}$$

Аналогічно за вище зазначеним визначаємо суму капітальних витрат для сонячної електростанції потужністю 30 кВт

Таблиця 3.7 – Зведення капітальних витрат, грн.

№ п/п	Найменування технічних засобів	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн	Обґрунтування
1.	Сонячні панелі Longi Solar LR6-60-290W	100	5000	500000	ТОВ «ЕНЕРТАЙМ» м. Київ
2.	Мережевий інвертор АBB-PRO-33.0-TL-OUTD	1	136669	136669	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
3.	Лічильник МТХ3 MATRIX АММ	1	7699	7699	ТОВ «ЕЛМІСТО» м. Харків
4.	Система кріплень	1	63900	63900	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
5.	Кабель Longi Solar 10 мм	300	75	22500	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
6.	Конектор МС 4	100	44	4400	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
7.	Комплект для системи АВР	1	5000	5000	ТОВ «СОЛАРТЕХ» м. Київ
8.	Станція розрядки LEAFТОНОМЕ	1	15000	15000	ТОВ «НИССАН» м. Дніпро
Всього				755168	

Витрати на налагоджувальні роботи

$$Z_H = 2 \cdot 51,12 \cdot 8 \cdot 1.1 \cdot 1.22 \cdot 1.05 = 1153 \text{ грн}$$

Таблиця 3.8 – Витрати на налагодження (Z_H)

Назва витрат	Одиниці вимірювання	Позначення	Значення
Кількість працівників	Чоловік	Ч	2
Тарифна ставка шостого розряду	Гривень/годину	a	51,12
Час на виконання робіт	Годин	t	8
Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_d	1.1
Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		$K_{сз}$	1.22
Коефіцієнт, що враховує інші витрати при здійсненні монтажних робіт		$K_{пр}$	1.05

Витрати на монтажні роботи

$$Z_M = 3 \cdot 29,9 \cdot 104 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 13146 \text{ грн}$$

Таблиця 3.9 – Витрати на монтаж (Z_M)

Назва витрат	Одиниці вимірювання	Позначення	Значення
Кількість працівників	Чоловік	Ч	3
Тарифна ставка четвертого розряду	Гривень/годину	a	29,9
Час на виконання робіт	Годин	t	104
Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_d	1.1
Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		$K_{сз}$	1.22
Коефіцієнт, що враховує інші витрати при здійсненні монтажних робіт		$K_{пр}$	1.05

Вартість транспортно – заготівельних і складських витрат за даними служби перевезень «Нова Пошта» складає:

$$Z_{тзс} = 5000 \text{ грн}$$

Загальна сума витрат на придбання і монтаж обладнання

$$K_{пр} = 755168 + 1153 + 13156 + 5000 = 774477 \text{ грн}$$

3.3 Розрахунок терміну окупності

Сонячна електростанція потужністю 10 кВт

Термін окупності розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{K_{пр}}{(E_{Г} - E_{п}) \cdot C_{зт}} \quad (3.3)$$

де $K_{пр}$ – загальна сума витрат на придбання і монтаж обладнання;

$E_{Г}$ – електроенергія, що виробляє сонячна електростанція за рік (ф – ла 2.13);

$E_{п}$ – спожита електроенергія за рік (табл. 1.3);

$C_{зт}$ – ставка за зеленим тарифом (табл. 3.10);

Таблиця 3.10 – Вартість зеленого тарифу на 2017 рік за даними НБУ

Період	EUR	Курс НБУ EUR/UAH	Вартість, грн
01.01.2017 – 31.12.2019	0.18 €	на 29.10.2017г.	5.67
01.01.2020 – 31.12.2024	0.16 €	31.52	5.04
01.01.2025 – 31.12.2030	0.14 €		4,41

$$T_o = \frac{345495}{(14747 - 7326.4) \cdot 5.67} \approx 8.5 \text{ років}$$

Аналогічно за вище зазначеним алгоритмом визначаємо термін окупності для сонячної електростанції потужністю 20 кВт

$$T_o = \frac{576011}{(27586 - 7326.4) \cdot 5.67} \approx 5 \text{ років}$$

де $E_{\Gamma} = 27586$ – генерація сонячної електростанції за рік (формула 2.14);

Аналогічно за вище зазначеним алгоритмом визначаємо термін окупності для сонячної електростанції потужністю 30 кВт

$$T_o = \frac{774477}{(36866 - 7326.4) \cdot 5.67} \approx 4.5 \text{ роки}$$

де $E_{\Gamma} = 36866$ – генерація сонячної електростанції за рік (формула 2.15);

Місячний прибуток від сонячної електростанції потужністю 10 кВт

$$P_m = \frac{(E_{\Gamma} - E_{\Pi}) \cdot C_{зт}}{12} = \frac{(14747 - 7326.4) \cdot 5.67}{12} = 3506 \text{ грн}$$

Місячний прибуток від сонячної електростанції потужністю 20 кВт

$$P_m = \frac{(27586 - 7326.4) \cdot 5.67}{12} = 9573 \text{ грн}$$

Місячний прибуток від сонячної електростанції потужністю 30 кВт

$$P_m = \frac{(E_{\Gamma} - E_{\Pi}) \cdot C_{зт}}{12} = \frac{(36866 - 7326.4) \cdot 5.67}{12} = 13958 \text{ грн}$$

Таблиця 3.11 – Параметри сонячних електростанцій

Потужність сонячної електростанції, кВт	10	20	30
Площа під сонячні панелі, м ²	66	124	165
Загальна сума витрат, грн	345495	576011	774477
Окупність, роки	8,5	5	4,5
Місячний прибуток, грн	3506	9573	13958

3.4 Висновки

В економічному розділі було проведено розрахунок капітальних витрат, тобто було розраховано суму, що потрібна на придбання необхідного обладнання для розробки комбінованої системи живлення. Розрахунок включав пошук потрібного обладнання з найпривабливішою ціною та зведення всього обладнання до таблиці з зазначенням де і за яку вартість можливо придбати обладнання. Сумарна вартість необхідного обладнання для системи потужністю 10 кВт склала 334286 грн, системи потужністю 20 кВт склала 559746, системи потужністю 30 кВт склала 755168. Також у розділі було проведено розрахунок вартості налагодження, монтажу та доставки обладнання. В тому числі було розраховано термін окупності розробленої системи та місячний прибуток, що для системи потужністю 10 кВт склав 3396 грн на місяць, системи потужністю 20 кВт склав 9367.5 грн на місяць, системи потужністю 30 кВт склав 13681.5 грн на місяць.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було проведено розробку оптимальної системи комбінованого живлення з використанням відновлювальних джерел енергії та обґрунтовано використання електромобіля в системі комбінованого забезпечення у якості джерела безперебійного живлення.

У першому розділі було розглянуто потреби споживача та розраховано середнє добове і річне споживання електроенергії. Середнє добове споживання склало 18 кВт·год, а середнє річне споживання 7326 кВт·год. Також у розділі було розглянуто тарифи на електроенергію та тенденції їх розвитку. У результаті було отримано графік вартості тарифів на електроенергію до 2030 року. В тому числі було розглянуто технологію та типи сонячних електростанцій з перерахуванням їх переваг і недоліків, розглянуто характеристики сучасних електромобілів.

У другому розділі була проведена оцінка доцільності і потенціалу використання електромобіля у якості джерела безперебійного живлення. В результаті якої було визначено, що використання акумулятора електромобіля у якості джерела безперебійного живлення є можливим і доцільним. Також була проведена параметризація обладнання із розрахунку добової та річної генерації електроенергії. В тому числі було проведено вибір необхідного обладнання, розробка оптимальної комбінованої системи живлення, розробка електричної схеми підключень з описом її роботи.

У третьому розділі було проведено розрахунок капітальних витрат, тобто було розраховано суму, що потрібна на придбання необхідного обладнання для розробки комбінованої системи живлення. Сумарна вартість необхідного обладнання для системи потужністю 10 кВт склала 334286 грн, системи потужністю 20 кВт склала 559746, системи потужністю 30 кВт склала 755168. Також у розділі було проведено розрахунок вартості налагодження, монтажу та доставки обладнання. В тому числі було розраховано термін окупності розробленої системи та місячний прибуток від неї.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Двадцять конструкцій з сонячними елементами Т. Байєрс: Пер. з англ. М. : Мир, 1988.
2. Хрустальов Д.А. Акумулятори .- М. : Смарагд, 2003.
3. Методичні вказівки для курсового проектування з дисципліни "Сонячна енергетика" на тему: "Розрахунок системи автономного енергопостачання з використанням фотоелектричних перетворювачів" / Упорядн .: А.М. Гребенюк, О.О. Суворкін - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", 2016.
4. Сонячні інвертори АВВ. Інструкція PVI-10.0_12.5-TL-OUTD-Product manual EN.
5. Інструменти для моделювання сонячних електростанцій. [Online]. Available: <https://rent techno.ua/ua/blog/pv-simulation-tools.html> [Accessed: 30- Sep- 2017].
6. Система перетворення Leaf в резервний акумулятор для дому leaf-to-home. [Online]. Available: <http://mynissanleaf.ru/viewtopic.php?id=173> [Accessed: 30- Nov- 2017].
7. Vehicle to Home Electricity Supply System. [Online]. Available: https://www.nissanglobal.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/vehicle_to_home.html [Accessed: 30- Oct- 2017].
8. Ivan Subotic, Emil Levi, "A review of single-phase on-board integrated battery charging topologies for electric vehicles", IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnostic (WEMDCD), March 2015
9. Neuburger M. (2014) Photovoltaic based inverter charger. In: Bargende M., Reuss HC., Wiedemann J. (eds) 14. Internationales Stuttgarter Symposium. Proceedings. Springer Vieweg, Wiesbaden

10. Казачковський М.М. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: Навчальний посібник, Дніпропетровськ: НГА України, 2000. - 197 с.
11. International Renewable Energy Agency, "REmap 2030, Renewable Energy Prospects for Ukraine", IRENA Innovation and Technology Centre, 53175 Bonn, Germany, 2015.
12. Принцип роботи акумулятора Nissan Leaf. [Online]. Available: <http://zilm.livejournal.com/338178.html> [Accessed: 15- Oct- 2017].
13. Nissan tests Leaf to Home power system. [Online]. Available: <https://chargedevs.com/newswire/nissan-tests-leaf-to-home-power-system/> [Accessed: 18- Sep- 2017].
14. Vehicle to Grid and vehicle to home [Online]. Available: <http://www.mobilityhouse.com/en/vehicle-to-grid-und-vehicle-to-home/> [Accessed: 25- Oct- 2017].
15. Use your electric car to power your house. [Online]. Available: <https://www.homepower.com/articles/vehicles/all-electric/use-your-electric-car-power-your-house> [Accessed: 25- Nov- 2017].