

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Кудря С. О.

« ____ » _____ 2017 р.

Дипломний проект

Освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»

З напрямку підготовки 6.05070107 – «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

На тему: «Станція заряду електромобілів від комплексної вітро-сонячної
установки з буферним накопичувачем енергії»

Виконав студент IV курсу, групи ЕД-31

Вознюк Володимир Володимирович

Керівник канд. техн. наук, доцент. Будько В.І

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ 2017 р.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: «Станція заряду електромобілів від комплексної вітро-сонячної установки з буферним накопичувачем енергії»

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

Освітньо-кваліфікаційний рівень «Бакалавр»

Напрямок підготовки 6.050701 – електротехніка та електротехнології

Спеціальність 6.05070107 – нетрадиційні та відновлювані джерела енергії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Кудря С.О.

“ ___ ” _____ 2017 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Вознюку Володимиру Володимировичу

1. Тема проекту: «Станція заряду електромобілів від комплексної вітро-сонячної установки з буферним накопичувачем енергії»

Керівник проекту: к.т.н. доцент. Бурдюк В.І.,

Затверджені наказом по університету від « 18 » квітня 2017 р. № 1363 – С

2. Строк подання студентом роботи « 15 » червня 2017 р.

3. Вихідні дані до проекту:

Станція швидкого заряду для електромобілів з використанням комплексної вітро-соняної установки, розташована на трасі Київ – Чоп. Щоденний рівень споживання електричної енергії 125 кВт·год.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- 1) Аналітичний огляд технології заряду електромобілів
- 2) Розрахунок комплексної вітро-сонячної станції
- 3) Техніко-економічний розрахунок
- 4) Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- 1) Обрані ділянки для встановлення станцій.
- 2) Робота станції №7 протягом року.
- 3) Електрична схема зарядної станції.

6. Дата видачі завдання «18» квітня 2017 року.

Студент	_____	_____ <u>Вознюк В.В.</u>
Керівник проекту	_____	_____ <u>Будько В.І.</u>

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання дипломного проекту

№ з/п	Назва етапів та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдання
1	Аналітичний огляд технології заряду електромобілів, та систем акумулювання енергії	15.05.2017	
2	Аналіз метеоданих обраної місцевості	23.05.2017	
3	Розрахунок генерації комплексної вітро-сонячної станції.	27.05.2017	
4	Визначення необхідної потужності комплексної станції для забезпечення надійного рівня споживання енергії	05.06.2017	
5	Вибір електрообладнання для системи акумулювання та зарядної станції	08.06.2017	
6	Техніко-економічний розрахунок	15.06.2017	
7	Охорона праці	17.06.2017	
8	Оформлення та представлення дипломного проекту	20.06.2017	

Студент _____

Вознюк В.В.

Керівник роботи _____

Будько В.І.

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект виконаний на 75 сторінках та вміщує 24 рисунки, 19 таблиць та 3 плакати А1. Для досягнення поставленої мети, а саме розрахунку комплексної вітро-сонячної зарядної станції для електромобілів з буферним накопичувачем енергії, було проведено:

1) аналітичний огляд технології заряду електромобілів, та акумулювання енергії у промислових масштабах, розглянуті типи режимів заряду, що використовуються сьогодні.

2) аналіз метеоданих обраної місцевості, та визначення місць розташування зарядних станцій на трасі Київ – Чоп; визначення виробітку електроенергії вітроелектричною станцією, визначення необхідної потужності фотоелектричної станції для забезпечення обраного рівня надійності; вибір електрообладнання для буферного накопичувача та зарядної станції.

3) проведено оціночний економічний розрахунок загальної вартості комплексної зарядної станції, яка склала приблизно 7 млн 750 тис. грн.

4) розглянута охорона праці та техніка безпеки в виробничих приміщеннях та при експлуатації електрообладнання комплексної станції.

Розрахунок і реалізація даного дипломного проекту проводився за допомогою використання наступних програм: MATLAB R2014b, Microsoft Office Word 2013, Mathcad 15, Компас – 3D 2015.

ABSTRACT

The diploma project is executed on 73 pages and contains 24 pictures, 19 tables and 3 A1 posters. To achieve this goal, namely to calculate complex wind-solar charging station for power supply electric vehicles using energy storage buffer, was done:

1) analytical review the technology of charging electric cars and energy storage on an industrial scale; consider the types of charging battery electric vehicles in use today.

2) analysis of the selected area weather information, and determine the locations of charging stations on the road Kyiv – Chop; calculation generation of the wind power station; calculation of the required power of photovoltaic stations to provide the chosen level of reliability; selection of electrical equipment for buffer storage and charging station.

3) carried out the economic calculation of estimated total value of the integrated charging station, which costs approximately 7 million and 750 thousand UAH.

4) considered occupational safety and health in production facilities and in the operation of complex electrical station

Calculation and implementation of this diploma project was conducted by use of the following programs: MATLAB R2014b, Microsoft Office Word 2013, Mathcad 15, Compass – 3D 2015.

Зміст

Анотація.....	6
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ЗАРЯДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	13
1.1 Загальна інформація про електромобілі.....	14
1.2 Характеристики зарядних станцій.....	19
1.3 Огляд технології акумулявання.....	24
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК КОМПЛЕКСНОЇ ВІТРО-СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ.....	27
2.1 Аналіз метеоданих місцевості.....	28
2.2 Використання комплексної вітро-сонячної станції у автономній системі.....	34
2.3 Вибір вітроенергетичної установки.....	35
2.4 Розрахунок виробітку електроенергії вітроелектричною станцією.....	38
2.5 Вибір фотоелектричних перетворювачів.....	44
2.6 Визначення необхідної потужності ФЕС.....	45
2.7 Вибір обладнання зарядної станції	52
2.8 Вибір обладнання для системи акумулявання.....	53
2.9 Висновки до розділу	57
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ.....	60
3.1 Розрахунок капітальних вкладень.....	61
3.2 Розрахунок витрат на заробітну плату.....	62
3.3 Розрахунок виробничих доходів та терміну окупності.....	62
3.4 Висновки до розділу.....	63
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
4.1 Охорона праці та її основні поняття.....	65
4.2 Шкідливі та небезпечні фактори в робочих приміщеннях.....	67

					6.050701.3103.20 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розробив		Вознюк В.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Будько В.І.				8	2
					ЗМІСТ		
Н. Контр.		Головко В.М.			НТУУ "КПІ" ФЕА, ЕД-31		
Затвер.		Кудря С.О.					

4.3 Шкідливі та небезпечні фактори під час експлуатації обладнання вітроелектростанції та заходи щодо нормалізації умов праці.....	67
4.3 Шкідливі та небезпечні фактори під час експлуатації обладнання фотоелектростанцій та заходи щодо нормалізації умов праці.....	70
4.3 Пожежна безпека.....	70
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	73

					ДП 6.050701.3103.020. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень та умовних позначень

ФЕС – фотоелектрична станція;

ВЕС – вітроелектрична станція;

ТЕД – тяговий електродвигун;

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

АБ – акумуляторна батарея;

САЕ – система акумуляування енергії;

ЗС – зарядна станція

ККД – коефіцієнт корисної дії

ВЕУ – вітроелектрична установка

					ДП 6.050701.3103.020. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Розвинена світова транспортна інфраструктура і велика кількість приватного та громадського транспорту є одними із найвпливовіших чинників, що створюють негативний екологічний вплив не лише на населення міст, але й на усіх жителів планети. Проблема зміни клімату відома вже давно, але щороку фіксуються нові рекорди емісії парникових газів, які створюють додаткові фактори глобального потепління. Тануть льодовики, відступає вічна мерзлота, викидаючи в атмосферу додаткові об'єми метану і двоокису вуглецю. Сьогодні на транспортну галузь припадає близько 30% світового споживання енергії, що робить цю сферу людської діяльності однією з найвпливовіших на природу. Саме тому людству необхідно якомога швидше здійснити перехід на екологічні види транспорту.

На сьогоднішній день розвиток електротранспорту у світі відбувається бурхливими темпами, і перехід на використання електричних видів транспорту є лише питанням часу. Щороку встановлюються нові рекорди продажу електромобілів, все більше автомобільних гігантів таких як Mercedes, BMW, VW і Ford збільшують виробництво електричних моделей авто, відбувається впровадження нових технологій заряду та ін. Така популярність у споживачів пов'язана не лише з бажанням зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище. У багатьох країнах, як наприклад Норвегія, Великобританія, Фінляндія, завдяки державній політиці стимулювання, електромобілі з кожним роком стають все більш дешевим та вигідним засобом пересування. У наш час існують декілька головних чинників що стримують масштабний перехід на використання електротранспорту, серед яких:

- Менший запас ходу у порівнянні з автомобілями, що використовують двигуни внутрішнього згорання.
- Висока вартість акумуляторів для електромобілів.

					ДП 6.050701.3103.020. ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вознюк В.В.			Вступ	Літ.	Лист	Масштаб
Перевір.		Будько В.І.					11	
Реценз.								
Н. Контр.		Головко В.М.						
Затверд.		Кудря С.О.				НТУУ «КПІ», ФЕА, зр. ЕД-31		

- Недостатній рівень розвитку інфраструктури зарядних станцій, особливо у віддалених районах та між великими населеними пунктами.

Україна є однією із найбільш розвинених країн за темпами поширення електротранспорту. Саме тому вирішення проблеми розширення мережі зарядних станцій є особливо актуальним у нашій країні, особливо на головних автошляхах та у віддалених від обласних центрів районах. Враховуючи останні світові тенденції розвитку електротранспорту, збільшення ємності їх батарей, найбільш доцільним рішенням є використання станцій швидкого заряду. Збільшення кількості екологічно чистого транспорту збільшує залежність від галузі виробництва електроенергії, яка в свою чергу також чинить негативний вплив на навколишнє середовище. Саме тому нетрадиційна та відновлювана енергетика повинна зайняти чільне місце у майбутній енергосистемі.

Отже, застосування станцій швидкого заряду розташованих на головних автошляхах України, з автономним живленням від відновлюваних джерел енергії є комплексним рішенням екологічних проблем і проблем розвитку інфраструктури для швидшого впровадження електротранспорту.

					ДП 6.050701.3103.020. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ЗАРЯДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

					ДП 6.050701.2112.00.010. ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
Розроб.		Вознюк В.В.			Розділ 1 Аналітичний огляд технології заряду електромобілів			<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Масштаб</i>
Перевір.		Будько В.І.							13	
Н. Контр.		Головко В.М.			НТУУ «КПІ», ФЕА, гр. ЕД-31					
Затверд.		Кудря С.О.								

1.1 Загальна інформація про електромобілі

Електромобіль – це транспортний засіб, що приводиться у рух за допомогою одного або декількох електродвигунів з живленням від автономного джерела електроенергії, наприклад від акумуляторів, паливних елементів та ін. Електромобілі щороку набирають все більшої популярності серед водіїв автомобілів. Це зумовлено тим, що електродвигун має ряд переваг перед двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ), основними серед яких є:

- Тяговий електродвигун (ТЕД) має ККД 90-95 % у порівнянні з 20-35 % у ДВЗ.
- ТЕД може розвивати максимальний обертовий момент з початку руху, тому у електромобілі немає необхідності використовувати коробку перемикачів передач. Також через цю особливість вони мають плавний та швидкий розгін.
- Відсутність шкідливих викидів.
- Можливість підзарядки джерела живлення під час рекуперативного гальмування.
- Висока надійність і довговічність
- Менша вартість обслуговування та експлуатації.
- Низький рівень шуму.

Перший електромобіль ідентифікувати дуже складно. Безліч винахідників у XIX столітті будували свої моделі, але досить масовим їх випуск став лише на початку XX століття. Також відомо, що електромобіль з'явився раніше, ніж двигун внутрішнього згоряння. 1884 року у Лондоні Томас Паркер побудував перший виробничий електромобіль для практичного використання, використовуючи спеціальні акумулятори великої ємності власної розробки. У 1888 році німецький винахідник Андреас Флокен створив перший прототип електромобіля не для виробничих потреб, який отримав назву «The Flocken Elektrowagen». Такий вид транспорту був досить популярним наприкінці XIX - на початку XX століття і налічував більше 30 000 одиниць у цей період. Він забезпечував достатній рівень комфорту та

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зручності в експлуатації, який не можна було досягти при використанні бензинових автомобілів того часу. У Нью-Йорку на початку століття у службі таксі працювало більше 50 тисяч електромобілів. Значного поширення отримали також вантажні електромобілі й електричні омнібуси (електробуси). Прогрес в області двигунів внутрішнього згорання в першому десятилітті 20-го століття зменшив відносні переваги електричного автомобіля.

Введення в експлуатацію електричного статора у 1912 році, який значно полегшив часто трудомісткий процес ручного запуску ДВЗ, більший діапазон потужності, набагато більша швидкість заправки паливом, розширення та зростання нафтової інфраструктури зробили їх більш використовуваними. Відродження інтересу до електромобілів відбулося в 1960-ті роки через екологічні проблеми автотранспорту і особливо у 1970-ті через різке зростання вартості бензину у результаті енергетичної кризи 1973 р. Але після 1982 року інтерес до електромобілів знову впав через зміну кон'юнктури на нафтовому ринку.

На початку 1990-х років, штат Каліфорнія був одним з найбільш загазованих регіонів США. Тому Каліфорнійським Комітетом Повітряних Ресурсів (CARB) було прийнято рішення про те що 10% від усіх продаваних автомобілів у штаті до 2003 року не повинні створювати вихлопів. У відповідь, автовиробники розробили електричні моделі, в тому числі Chrysler Tevan, пікап Ford Ranger EV, GM EV1, і пікап S10 EV, хетчбек Honda EV Plus, Toyota RAV4 EV. Але ці автомобілі були в кінцевому підсумку виведені з ринку США. Існує думка, що авто- і нафтовиробники домоглися скасування закону, розуміючи небезпеку того, що електромобілі могли витіснити звичайні автомобілі. CARB змінив вимогу нульової емісії на вимогу дуже низької.

В останні роки у зв'язку з безперервним зростанням цін на нафту електромобілі знову стали набирати популярність. Розвиток технології акумулювання енергії і значне зниження її вартості дало новий поштовх розвитку електричних автомобілів. Однією з перших до розробки сучасного електромобіля долучилась компанія Tesla Motors розпочавши роботу у 2004

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

році над авто Tesla Roadster, який мав запас ходу 200 км і у 2008 році був поставлений першим споживачам. Після 2010 знову розпочалося розгортання промислового виробництва електромобілів [1].

На сьогоднішній день на ринку представлені десятки моделей серед яких найбільш відомі Nissan Leaf, Ford Focus Electric, Tesla Model S, Renault Zoe, Fiat 500e, Volkswagen e-Up, BMW i3 (рис. 1.1), Kia Soul EV, Volkswagen Golf-e, Mercedes-Benz B-Class Electric Drive, BYD e5, BYD Qin EV300, Hyundai Ioniq Electric, Chevrolet Bolt EV та ін. Політика стимулювання та зниження вартості акумуляторних батарей призвела до зростання продажів електричних транспортних засобів. На кінець 2016 року було продано більше 800 000 тис. авто (майже половина продаж відбулася у Китаї). В цілому, на основних ринках частка електромобілів по відношенню до транспорту на традиційному паливі склала 2%. За прогнозами IRENA, до 2030 року у світі буде 160 млн електромобілів. Вони будуть споживати 30% виробленої електроенергії [2].



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд електромобіля BMW i3

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Рейтинг країн за темпами розвитку ринку електрокарів у 2016 р.

ТОП-10 країн за темпами розвитку ринку електромобілів	
1	Китай
2	Норвегія
3	Швеція
4	Ісландія
5	Україна
6	США
7	Південна Корея
8	Японія
9	Франція
10	Нідерланди

У 2016 році в Україні купили 1434 електричних автомобілі, тоді як у 2015 році – всього 288. Зокрема, торік українці придбали на 155% більше нових електромобілів(290) і на 550% більше старих (1144) у порівнянні з 2015 роком. Беззаперечним лідером ринку у минулому році залишався електромобіль Nissan Leaf, якому надали перевагу 1149 покупців. Друге місце займає Ford Focus Electric (60 автомобілів), а третє – Tesla Model S (57 машин). Українці також купували BMW і3, Mercedes-Benz B-Class Electric Drive, Tesla Model X і Volkswagen e-Golf та ін. На п'яте місце України в рейтингу вплинула і невелика підтримка електрокарів державою. Ще наприкінці 2015 року законопроектом №1674 скасовано ввізне мито на електромобілі. А в грудні минулого року до Верховної Ради внесли законопроект №5494 про скасування ПДВ на ввезення в країну електромобілів і запчастин до них до 2021 року, але його досі не розглянуто. У планах розвитку електротранспорту в Україні є забезпечення частки продажів електромобілів серед інших авто до 15% вже в 2020 році, а також власне виробництво електрокарів.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Зарядний пристрій типу Mode 2 у комплекті електромобіля марки Reno

Mode 3 - заряд змінним струмом великої потужності з використанням спеціальної зарядної станції, яка має необхідний захист і спеціальний вмонтований в неї кабель через який відбувається підключення до авто. В залежності від використовуваного кабелю Mode 3 поділяється на 2 типи:

Режим Mode 3 Type1 (інша назва SAE J1772) – однофазний роз'єм максимальною потужністю 7,2 кВт (1x32A) (рис. 1.4). Заряд електромобіля потужністю 25 кВт·год відбувається за 3-4 години.

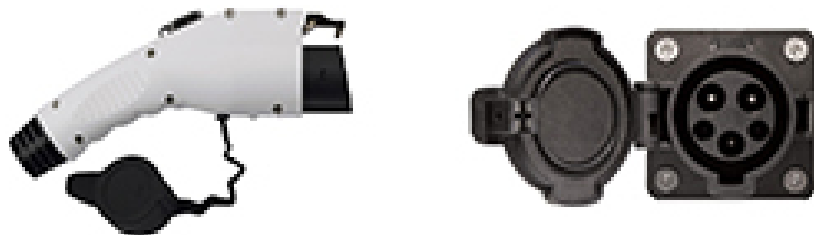


Рисунок 1.4 – Зарядний пристрій і роз'єм типу Mode 3 Type1 (J1772)

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для того щоб збільшити термін використання акумуляторної батареї швидко заряджаються лише 80% ємності, а інші 20% заряджаються повільно, через необхідність збалансування окремих комірок батареї. У зв'язку з цим більшість станцій налаштовані на заряд тягової батареї до 80% її ємності.



Рисунок 1.6 – Зарядний пристрій типу CHAdeMO

CCS (Combined Charging System) – зарядний пристрій швидкого заряду з використанням постійного струму який був розроблений європейськими інженерами для поєднання всіх типів зарядних пристроїв у один стандарт (рис. 1.7). Автомобілі що підтримують CCS: Volkswagen, Audi, General Motors, BMW, Daimler, Ford, Porsche. CCS пропонує власникам електромобілів використовувати для всіх доступних методів заряду єдине зарядне гніздо. Система включає однофазну зарядку при наявності джерела живлення змінного струму, високошвидкісну зарядку змінним струмом за допомогою наявного в будинку трифазного роз'єму або на громадських зарядних станціях (до 43 кВт), зарядку постійним струмом при наявності стандартного побутового обладнання і швидку зарядку постійним струмом (до 200 кВт) на зарядних станціях по всьому світу. Інші країни, швидше за все, також будуть використовувати технологію CCS, оскільки вона підтримує і повільний заряд. Але незалежно від того, яка технологія буде використовуватися, швидкий заряд постійним струмом має вирішальне значення в просуванні електричного транспорту, в оцінці його споживачами, а значить і для розширення світового ринку електромобілів [5].

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

за їх кількістю обігнала не тільки Білорусь, Болгарію і Румунію, а й Польщу. Отже враховуючи світові тенденції розвитку електротранспорту, збільшення ємності їх батарей, найбільш доцільним рішенням буде розвиток станцій швидкого заряду постійним струмом.

1.3 Огляд технології акумуляування

В останні роки ведеться активна робота над створенням мереж що використовують концепцію інтелектуальних мереж «smart grid», які передбачають перехід в майбутньому від мереж з централізованою генерацією електроенергії до мереж з розподіленою генерацією [7]. Використання таких мереж неможливе без використання систем накопичення енергії. Основними функціями систем акумуляування у великих масштабах є:

- Впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у загальну мережу, через те що вони мають мінливий характер генерації або виражені піки, що не співпадають з піками споживання енергії. Застосування систем акумуляування дозволяє узгодити графіки генерації та споживання.

- Вирівнювання графіків навантаження в мережі, накопичення електричної енергії в періоди її надлишку і видача в періоди недостачі дозволяє знизити необхідну установчу потужність для споживача і використовувати електроенергію переважно в період дії пільгового тарифу.

- Покращення параметрів електричної мережі, оптимізація режимів роботи локальних енергомереж, забезпечення безперебійного живлення особливо відповідальних споживачів

Сьогодні на ринку систем зберігання енергії найбільш поширена літій-іонна технологія. Наприклад, у 2016 році в 90% випадків акумуляування енергії з відновлювальних джерел енергії застосовувалися літій-іонні акумулятори [8]. Вони також широко використовуються на споживчому ринку і на ринку автомобілів, де встановлюються в гібридних або повністю електричних транспортних засобах. Ціни на літій-іонні акумулятори знижуються, починаючи з 1991 до 2017 року ціна знизилась з 3500\$ до 200\$ за

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 кВт·год [9]. Підвищується їх безпека за допомогою впровадження систем захисту від внутрішніх коротких замикань, застосування багат шарових сепараторів і новітніх систем охолодження. Вони добре себе показують як в системах де необхідна велика кількість енергії протягом короткого періоду (силові установки), так і в системах, які вимагають меншу кількість енергії протягом більш тривалого періоду. Таким чином літій-іонні акумулятори підходять для зберігання енергії будь-яким споживачам - від великих комунальних підприємств, що займаються передачею і розподілом енергії, до індивідуальних комерційних і житлових об'єктів.

Однією з головних характеристик для будь-яких систем зберігання енергії є корисна ємність. Цей параметр системи накопичення енергії залежить від номінальної потужності, допустимої глибини розряду і зменшення ємності акумулятора з плином часу. Наприклад, Adara Power пропонує систему зберігання енергії для домогосподарств ємністю акумулятора 8,6 кВт·год. При цьому, заявлена максимально допустима глибина розряду для цієї системи складає 75%. Отже, корисна ємність акумуляторів Adara становить 6,45 кВт·год. У той же час прямий конкурент - Tesla - випускає системи зберігання енергії Powerwall, які мають допустиму глибину розряду в 100%. Для них корисна ємність буде дорівнює номінальній (7 або 10 кВт·год). Проте, номінальна ємність акумулятора заявлена тільки на перший день їх роботи. З плином часу корисна ємність буде повільно зменшуватися. Кількість циклів, на яку розрахована система, це характеристика довговічності акумулятора. Термін служби батареї сильно залежить від характеру використання. Наприклад, виробник може оцінити термін життя однієї і тієї ж батареї в 4000 циклів при глибині розряду в 70% або в 3000 циклів при глибині розряду 85%. Загалом при застосуванні сучасних акумуляторів можна розраховувати на 5000 циклів при глибині розряду 80 %. Клієнти повинні мати доступ до таких даних, однак на практиці ці дані практично неможливо знайти [10].

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для наглядного прикладу використання літій-іонних акумуляторів з метою накопичення енергії у промислових масштабах можна розглянути проект будівництва на о. Кауаї сонячної станції потужністю 13 МВт з використанням системи зберігання енергії ємністю 52 МВт·год, що складається з 272 установок Tesla Powerpack 2 (рис.1.8). Раніше енергопостачання острова здійснювалося головним чином за допомогою дизельного палива. Компанія Tesla залишається власником генеруючого обладнання, стаючи таким чином також і енергетичною компанією. Повернення інвестицій відбувається на основі угоди на поставку електроенергії терміном 20 років з місцевої комунальною організацією. Ціна електроенергії, що поставляється сонячною станцією становить 0,139 доларів за кВт·год. Це досить низька ціна для острівних територій, і вона також нижче вартості дизельної генерації 0,1548 доларів. За оцінками енергетиків споживання дизельного палива знизиться на 6 млн. літрів за рік. Таким чином цей проект корисний не лише з погляду економії нафтопродуктів та скорочення шкідливих викидів парникових газів, але ще й зниженням вартості електроенергії.



Рисунок 1.8 – Сонячна станція потужністю 13 МВт, і акумуляююча система ємністю 52 МВт·год на о.Кауаї (штат Гаваї)

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК КОМПЛЕКСНОЇ ВІТРО-СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розділ 2 Розрахунок комплексної вітро-сонячної станції	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Масштаб</i>
Розроб.		<i>Вознюк В.В.</i>						
Перевір.		<i>Будько В.І.</i>					27	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головко В.М.</i>				<i>НТУУ «КПІ», ФЕА, гр. ЕД-31</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Кудря С.О.</i>						

2.1 Аналіз метеоданих місцевості

Для даного дипломного проекту місцем розташування зарядних станцій було обрано автомобільний шлях міжнародного значення Київ — Чоп (Автошлях М 06). Він проходить територією Київської, Житомирської, Рівненської, Львівської та Закарпатської областей. Збігається із частиною Європейського автомобільного маршруту E40 (Кале — Брюссель — Краків — Київ — Волгоград — Ташкент — Алмати — Ріддер); на території Львівської і Закарпатської областей — E50 (Брест (Франція) — Париж — Прага — Ужгород — Донецьк — Ростов-на-Дону — Махачкала); на території Закарпатської області — E573 (Пюшпекладань — Дебрецен — Ньїредьхаза — Чоп — Ужгород). Починається в Києві, проходить через Коростишів, Житомир, Новоград-Волинський, Корець, Рівне, Броди, Львів, Стрий, Сколе, Сваляву, Мукачеве, Ужгород та закінчується на пропускному пункті Чоп. Загальна довжина автошляху Київ — Чоп (на Будапешт через Львів, Мукачеве і Ужгород) — 850 км. Автошлях Київ — Чоп на карті території України зображений на рис. 2.1 [11].

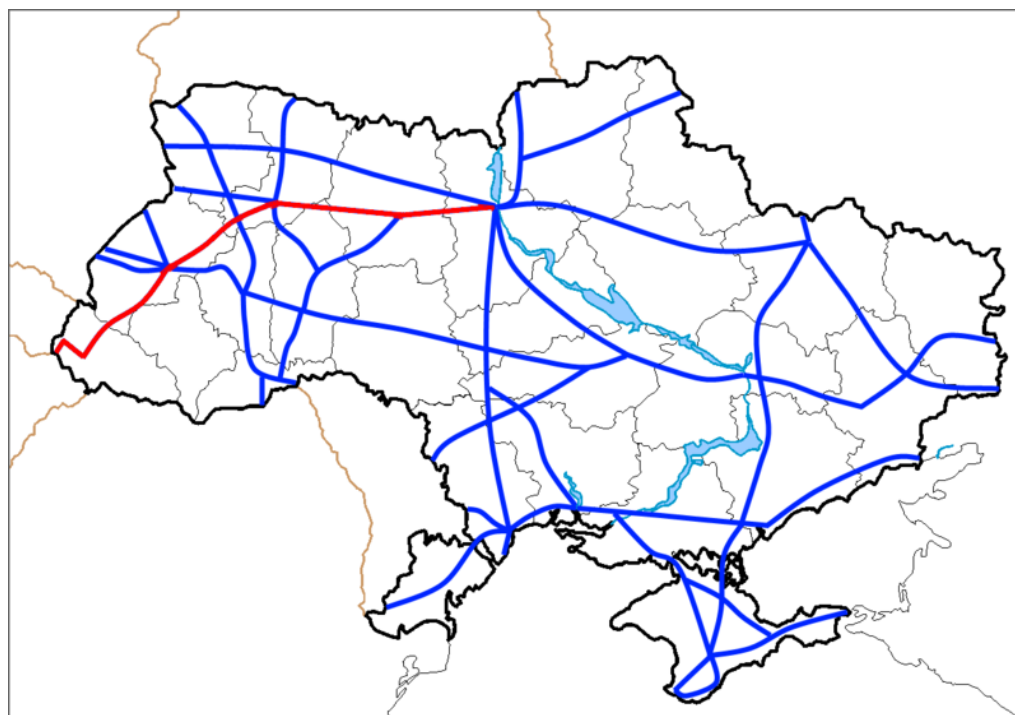


Рисунок 2.1 – Автошлях Київ — Чоп на карті України

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 6.050701.3103.20. ПЗ				

середньомісячної та річної швидкості вітру для найближчих до автошляху метеостанцій подані у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Середньомісячні та річні швидкості вітру, м/с

№	Населений пункт	Висота вимірювання, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1	м. Ужгород	13	2,4	2,5	2,9	2,8	2,6	2,5	2,2	2,2	1,9	2	2,2	2,3	2,4
2	с. Нижні Ворота	12	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,4
3	смт. Славське	13	2,3	2,1	2	1,8	1,6	1,6	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,2	1,8
4	м. Львів	10	4,8	5	4,8	4	3,5	3,3	3	3	3,1	3,8	4,6	4,7	4
5	м. Стрий	16	3,7	3,7	3,9	3,2	3	2,6	2,6	2,6	2,5	2,9	3,4	3,5	3,1
6	м. Броди	13	3,6	3,8	3,7	3,2	2,9	2,6	2,4	2,2	2,4	3	3,8	3,6	3,1
7	м. Дубно	15	3,9	4,2	4,2	3,7	3,4	3,1	2,9	2,8	2,9	3,2	3,7	3,8	3,5
8	м. Рівне	12	5,8	6,1	5,7	4,9	4,3	4	3,8	3,7	3,9	4,5	5,3	5,5	4,8
9	м. Новоград-Волинський	15	3,9	4,1	4	3,8	3,5	3,2	2,9	2,9	3	3,4	3,7	3,8	3,5
10	м. Житомир	16	3,9	4,2	4,2	3,8	3,3	3	2,5	2,5	2,7	3,2	3,8	3,9	3,4
11	м. Київ	15	2,9	3,2	3,2	3	2,7	2,4	2,3	2,2	2,2	2,5	2,8	2,8	2,7

Як джерело даних про місцезнаходження зарядних пристроїв на території траси Київ – Чоп використовуються бази даних з сайту PlugShare - EV Charging Station Map [13]. За допомогою даного ресурсу можна визначити наявність зарядних пристроїв публічного використання або швидкого заряду для обраного маршруту пересування. Станції швидкого заряду розташовані поруч з трасою зображені відповідними позначками.

Для встановлення зарядних станцій на чотирьох відрізках автошляху Київ – Чоп були обрані ділянки подані на рис. 2.2 – 2.5 а також у табл. 2.3.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

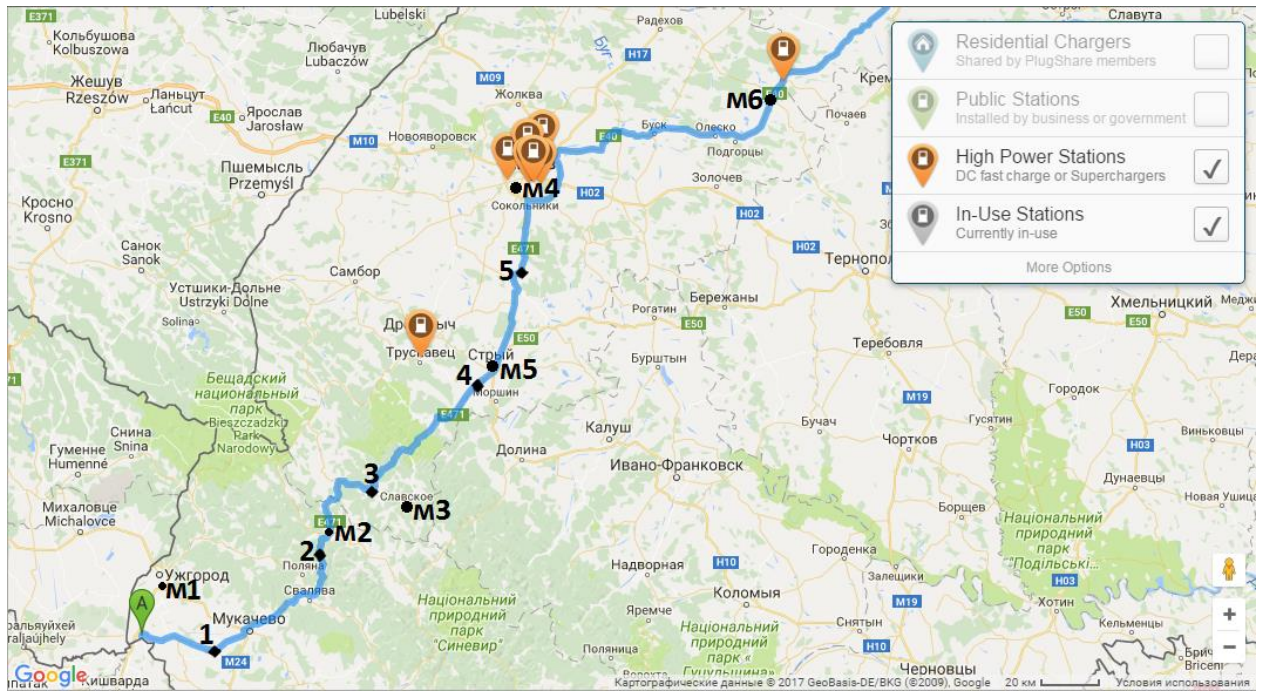


Рисунок 2.2 – Ділянки для встановлення зарядних станцій на відрізку автошляху Чоп – Львів. Цифрами позначені зарядні станції, літерою «М» метеостанції

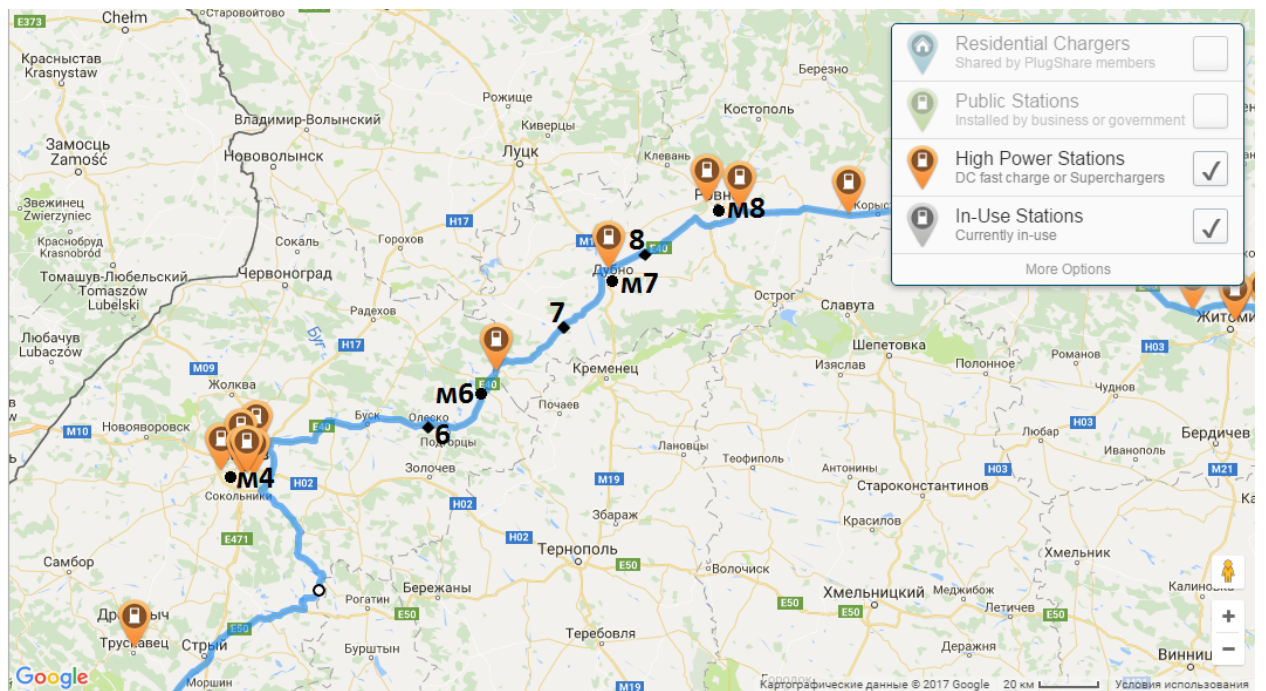


Рисунок 2.3 – Обрані ділянки для встановлення зарядних станцій на відрізку автошляху Львів – Рівне. Цифрами позначені зарядні станції, літерою «М» метеостанції

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	

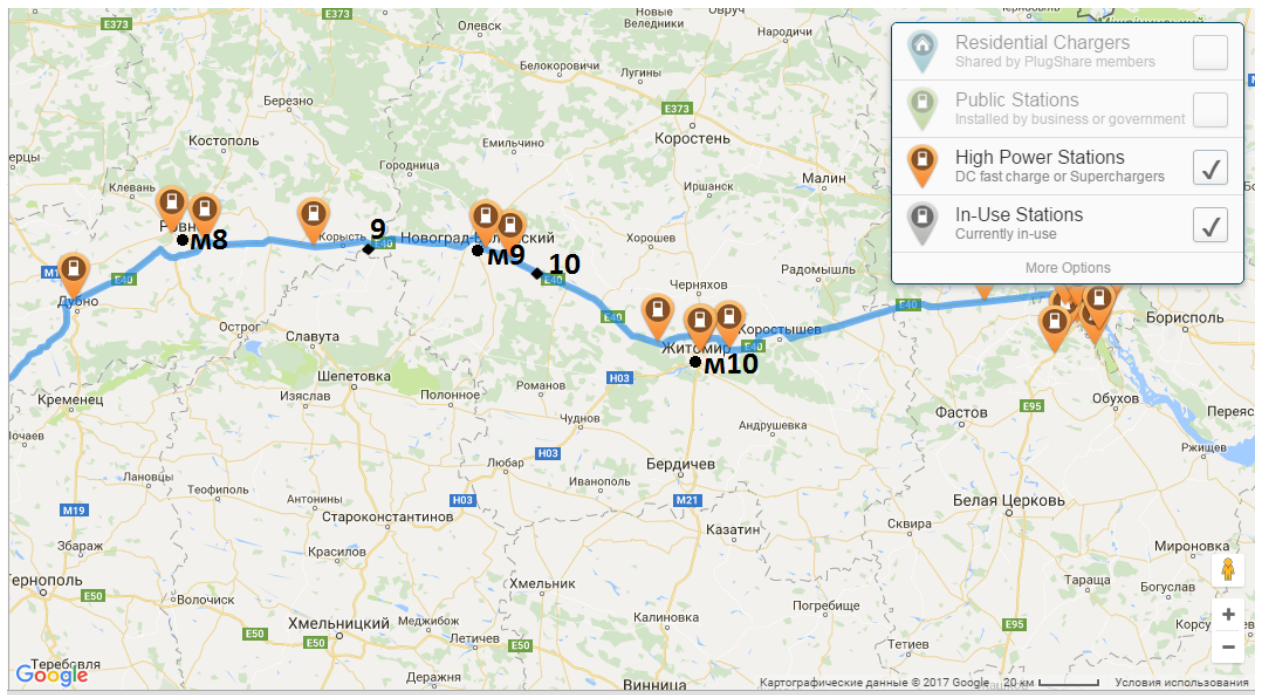


Рисунок 2.4 – Обрані ділянки для встановлення зарядних станцій на відрізку автошляху Рівне – Житомир. Цифрами позначені зарядні станції, літерою «М» метеостанції

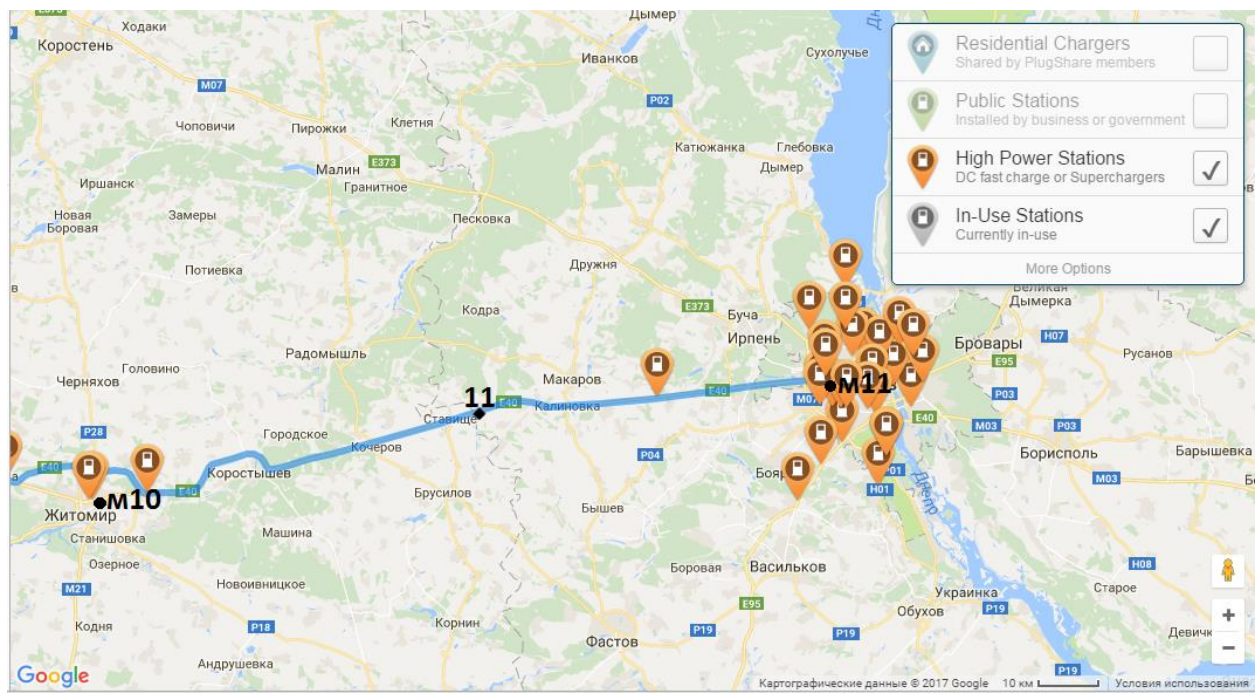


Рисунок 2.5 – Обрані ділянки для встановлення зарядних станцій на відрізку автошляху Житомир - Київ. Цифрами позначені зарядні станції, літерою «М» метеостанції

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 6.050701.3103.20. ПЗ				

Таблиця 2.3 – Ділянки для встановлення станцій швидкого заряду

№	Назва населеного пункту біля якого знаходиться станція	Географічні координати	Відстань до наступної станції швидкого заряду, км	Найближча метеостанція
1	с. Страбичово	48°23' пн.ш. 22°32' сх.д.	55	м. Ужгород
2	с. Ганьковиця	48°38' пн.ш. 23°03' сх.д.	52	с. Нижні Ворота
3	с. Тухолька	48°52' пн.ш. 22°16' сх.д.	54	сmt. Славське
4	с. Гірне	49°10' пн.ш. 23°44' сх.д.	51	м. Стрий
5	с. Тростянець	49°33' пн.ш. 24°00' сх.д.	40	м. Львів
6	сmt. Олесько	49°57' пн.ш. 24°53' сх.д.	62	м. Броди
7	с. Гранівка	50°14' пн.ш. 25°31' сх.д.	35	м. Дубно
8	с. Крилів	50°29' пн.ш. 25°57' сх.д.	35	м. Рівне
9	с. Калинівка	50°36' пн.ш. 27°06' сх.д.	60	м. Новоград-Волинський
10	с. Миколаївка	50°32' пн.ш. 27°52' сх.д.	65	м. Новоград-Волинський
11	с. Небелиця	50°24' пн.ш. 29°35' сх.д.	60	м. Житомир

Як джерело даних про сонячну радіацію використовуються бази даних Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) [14]. На інтерактивній карті європейської частини континенту для обраних географічних координат отримуємо значення середньомісячних та річних значень радіації за період 1998 – 2011рр. та значення оптимального кута нахилу фотомодулів до горизонтальної поверхні (β). Дані сонячної радіації для кожної зарядної станції та оптимальний кут нахилу фотомодулів (β) подані у табл. 2.4.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ресурсів може бути частково подоланий шляхом інтеграції двох ресурсів в оптимальне поєднання. Сила одного джерела може подолати слабкість іншого протягом певного періоду часу і, отже, система стає більш надійною, але змінний характер надходження енергії від сонця і вітру має величезний вплив на безпеку енергозабезпечення, коли споживачі не мають ніякого зв'язку з загальною мережею. Таким чином, будь-який дефіцит виробництва електроенергії з цих джерел може залишити підключені навантаження без живлення. Коливання напруги, частоти і спотворення гармонік є основними питаннями щодо якості електроенергії, що можуть бути вирішені із застосуванням акумуляції енергії та фільтруючих пристроїв [15].

2.3 Вибір вітроенергетичної установки

Вітрогенератор в автономній системі вкрай корисний. Здебільшого тим, що його виробіток не має яскраво вираженої залежності від сезонів. Фотоелектричні станції добре працюють влітку і погано взимку, тоді як вітрогенератори зберігають свою ефективність в зимовий період. Також важливо те, що сильні вітри, як правило, спостерігаються в похмуру погоду, тому спільне застосування вітрогенераторів і сонячних панелей досить обґрунтовано. Самою важливою складовою, що визначає потужність вітрової енергії, є швидкість вітру, на яку в першу чергу і орієнтуються при виборі та впровадженні вітроенергетичного обладнання. Для визначення доцільності використання енергії вітру в певній місцевості складається кадастр вітрів, що включає в себе характеристики вітру, визначені за результатами багаторічних спостережень: середньорічні та середньомісячні швидкості вітру, затишшя та максимальну швидкість вітру, залежність їх від висоти; повторюваність швидкості вітру та його напрямків на протязі року. Основна проблема вітрових турбін полягає в тому, що їх ефективність мала при низьких швидкостях вітру. Якщо уважно подивитися на криву залежності потужності від швидкості вітру, то можна виявити наступне: турбіна тільки почне обертатися при швидкості

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вітру близько 2 м/с і більш-менш відчутний виробіток енергії почнеться тільки при 7 м/с.

Проаналізувавши значення середньомісячних швидкостей вітру для обраних метеостанцій була обрана оптимальна потужність вітроенергетичної установки 10 кВт. Така потужність підходить для забезпечення основної вимоги - достатньо високий рівень генерації енергії при низьких середньомісячних швидкостях вітру для обраної місцевості (2-5 м/с). Потужність вітроелектростанції вирішено прийняти сталою на рівні 30 кВт, а невиспачаючу потужність доповнювати за допомогою фотоелектричних станцій різної потужності для кожної з зарядних станцій. Для цього рівня потужності можна використати один вітрогенератор 30 кВт, але він розрахований на більш високі швидкості вітру так само як і інші потужні генератори (15, 20, 30, 50) кВт. Тому краще віддати перевагу трьом генераторам 10 кВт, які будуть працювати у системі. Тим більше, що вільне місце для установки вітрогенераторів в даному випадку не є критичним, так як навколо зарядних станцій є багато вільної площі.

Ознайомившись з пропозиціями ринку обираємо вітрогенератор марки EuroWind 10 номінальною потужністю 10 кВт при 10 м/с, максимальною потужністю 13 кВт при 12 м/с і початковою швидкістю вітру 2 м/с. Електричні та механічні характеристики вітроенергетичної установки EuroWind 10 представлені у табл. 2.5. Крива залежності потужності вітрогенератора від швидкості вітру зображена на рис. 2.6.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики вітроустановки EuroWind 10

Характеристика	Позначення	Величина
Механічні характеристики		
Діаметр ротора	D	8 м
Початкова швидкість вітру	$v_{п}$	2 м/с
Номінальна швидкість вітру	$v_{н}$	10 м/с
Кількість лопатей	i	3 шт.
Висота встановлення мачти	h	15 м
Маса вітроустановки	m	1400 кг
Робоча температура	t	від -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$
Номінальна швидкість обертання	$n_{н}$	180 об/хв
Максимальна швидкість обертання	n_{max}	225 об/хв
Електричні характеристики		
Номінальна потужність	$P_{н}$	10 кВт
Максимальна потужність	P_{max}	13 кВт
Номінальна напруга	U	380 В
Номінальна сила струму	$I_{н}$	30 А
Вихідна частота генератора	f	50 Гц

Дана установка включає в комплект лопатей, фланець, контролер, баластний опір, а також хвіст, датчик вітру і поворотний механізм. У якості генератора у даній установці використовується синхронна машина на постійних магнітах яка має високі техніко-економічні характеристики: максимальну швидкість обертання до 225 об/хв, простоту конструкції, великий термін служби та надійність, здатність працювати при швидкості вітру від 2 до 20 м/с, мінімальний рівень обслуговування. Що доводить обґрунтованість і доцільність її застосування у системі автономного електропостачання.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

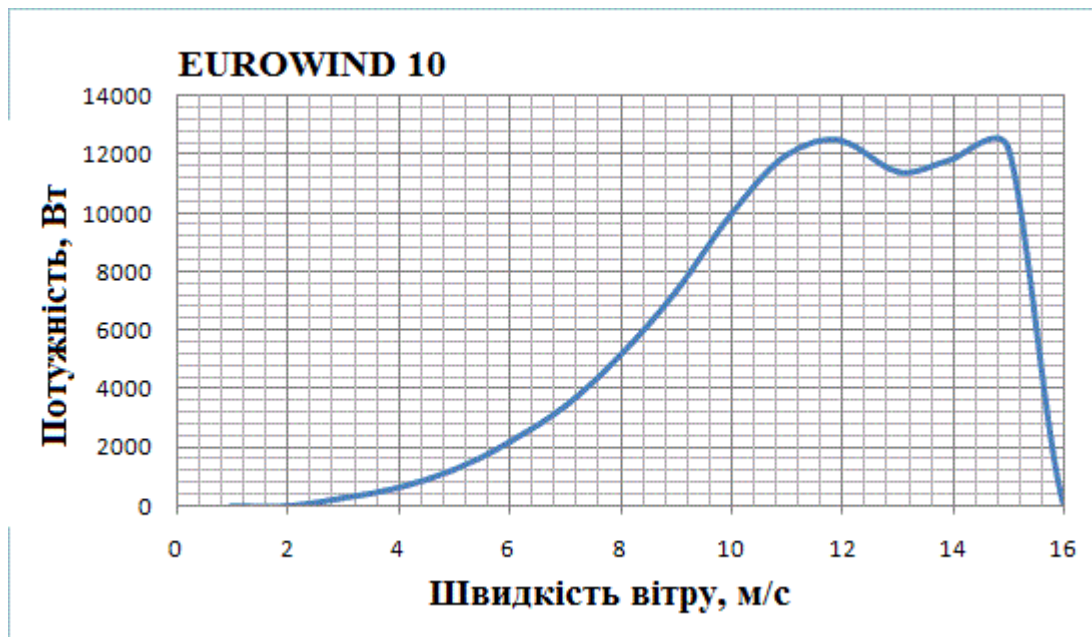


Рисунок 2.6 – Крива залежності потужності вітроустановки EuroWind10 від швидкості вітру

2.4. Розрахунок виробітку електроенергії вітроелектричною станцією

Перетворення енергоресурсів повітряного потоку (вітру) здійснюється за допомогою вітроенергетичних установок, що перетворюють кінетичну енергію повітряного потоку в механічну енергію. Потужність вітроенергетичної установки ($N_{\text{ВЕУ}}$) визначається за формулою:

$$N_{\text{ВЕУ}} = \xi \cdot N, \text{ Вт} \quad (2.1)$$

де ξ - коефіцієнт використання енергії вітру;

N - потужність повітряного потоку, Вт.

Величина коефіцієнта ξ у найкращих вітроустановок може досягати 0,45, тоді як теоретична межа за різними літературними джерелами дорівнює 0,593 та 0,687.

Потужність повітряного потоку N через площу перетину вітроколеса визначається за формулою:

$$N = 0,5 \cdot \rho \cdot F \cdot V^3, \text{ Вт} \quad (2.2)$$

де ρ - густина повітря (при нормальних умовах = 1,293 кг/ м³);

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

V - швидкість незбуреного повітряного потоку, м/с;

F - площа обмаху поверхні вітроустановки, м².

При визначенні виробітку енергії ВЕУ обов'язково необхідно враховувати висоту встановлення вітроколеса. Відомо, що швидкість вітру зростає з висотою по ступеневому закону:

$$\frac{V}{V_{\phi}} = \left(\frac{h}{h_{\phi}} \right)^{\alpha}, \quad (2.3)$$

де V та V_{ϕ} - швидкість вітру на розрахунковій висоті h та на стандартній висоті флюгера h_{ϕ} ; показник степеня α залежить від швидкості вітру, зменшуючись зі збільшенням останньої [16]. Залежність значення показника α від швидкості вітру показана в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Залежність значення показника α від швидкості вітру

$V, \text{ м/с}$	0-3	3,5 - 4	4,5 - 5	5,5	6 - 11,5	12 - 12,5	13 - 14
α	0,2	0,18	0,16	0,15	0,14	0,135	0,13

Для збільшення енергетичного потенціалу збільшимо висоту мачти до 25м. Перерахунок середньомісячних швидкостей вітру на висоті встановлення ротора поданий у табл. 2.7

Таблиця 2.7 – Перерахунок середньомісячних та річних швидкостей вітру на висоті встановлення ротора 25м, м/с

№	Населений пункт	α	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1	м. Ужгород	0,2	2,88	3	3,48	3,36	3,12	3	2,64	2,64	2,28	2,4	2,64	2,76	2,85
2	с. Нижні Ворота	0,2	2,04	1,92	1,92	1,8	1,8	1,56	1,44	1,32	1,32	1,44	1,68	1,92	1,68
3	смт. Славське	0,2	2,76	2,52	2,4	2,16	1,92	1,92	1,68	1,68	1,8	2,04	2,16	2,64	1,8
4	м. Львів	0,17	5,61	5,84	5,61	4,67	4,09	3,86	3,51	3,51	3,62	4,44	5,38	5,49	4,6
5	м. Стрий	0,18	4,36	4,36	4,6	3,77	3,54	3,07	3,07	3,07	2,95	3,42	4,01	4,13	3,7
6	м. Броди	0,18	4,25	4,48	4,36	3,77	3,42	3,07	2,83	2,59	2,83	3,54	4,48	4,25	3,65
7	м. Дубно	0,18	4,6	4,95	4,95	4,36	4,01	3,66	3,42	3,3	3,42	3,77	4,36	4,48	4,1
8	м. Рівне	0,16	6,72	7,06	6,6	5,67	4,98	4,63	4,4	4,28	4,52	5,21	6,14	6,37	5,54
9	м. Новоград-Волинський	0,18	4,6	4,84	4,72	4,48	4,13	3,77	3,42	3,42	3,54	4,01	4,36	4,48	4,14
10	м. Житомир	0,18	4,6	4,95	4,95	4,48	3,89	3,54	2,95	2,95	3,18	3,77	4,48	4,6	4
11	м. Київ	0,2	3,48	3,84	3,84	3,6	3,24	2,88	2,76	2,64	2,64	3	3,36	3,36	3,2

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата											

Розрахуємо виробіток електроенергії вітроенергетичної установки за допомогою кривої потужності. Перенесемо значення відповідних точок на графіку у табл. 2.8 і змодельуємо на рис. 2.7 зображення кривої за допомогою емпіричної формули.

Таблиця 2.8 – Значення потужності вітроенергетичної установки 10 кВт, та її моделі при різних швидкостях вітру, кВт

Швидкість вітру (м/с)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ВЕУ 10 кВт	0	0	0,2	0,4	0,8	1,4	2,2	3,8	5,5	7,8	10	12	12,4
Модель ВЕУ 10 кВт	0	0,0	0,2	0,4	0,8	1,4	2,3	3,8	5,7	7,8	9,6	10,9	11,8

Емпірична формула для визначення потужності моделі вітроенергетичної установки EUROWIND 10 в залежності від швидкості вітру має вигляд:

$$N_{\text{ВЕУ}} = \frac{P_{\text{max}}}{1+230 \cdot e^{-0,67 \cdot v}}, \text{ кВт} \quad (2.4)$$

де P_{max} – максимально можлива потужність ВЕУ, кВт;

v – швидкість вітру для якої необхідно визначити потужність.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9 – Робота вітрової електростанції потужністю 30 кВт на зарядній станції №7 поблизу с. Гранівка протягом року

Станція №7	Середньомісячна швидкість вітру на висоті 10м, м/с	Перерахунок швидкості вітру на висоті встановлення ротора - 25м, м/с	Виробіток електроенергії ВЕС за місяць, кВт·год	Середньодобовий виробіток електроенергії ВЕС, кВт·год
Січень	3,9	4,59	2511,27	81
Лютий	4,2	4,95	3111	111,1
Березень	4,2	4,95	3111	100,35
Квітень	3,7	4,36	2171,66	72,38
Травень	3,4	4	1740,84	56,15
Червень	3,1	3,65	1391,06	46,36
Липень	2,9	3,42	1196,11	38,58
Серпень	2,8	3,3	1108,71	35,76
Вересень	2,9	3,42	1196,11	39,87
Жовтень	3,2	3,77	1499,53	48,37
Листопад	3,7	4,36	2171,66	72,38
Грудень	3,8	4,48	2335,84	75,34
За 1 рік	3,48	4,1	23544,83	64,8

Отримані значання виробітку електроенергії вітряною електростанцією по місяцям зображені на рис. 2.8.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

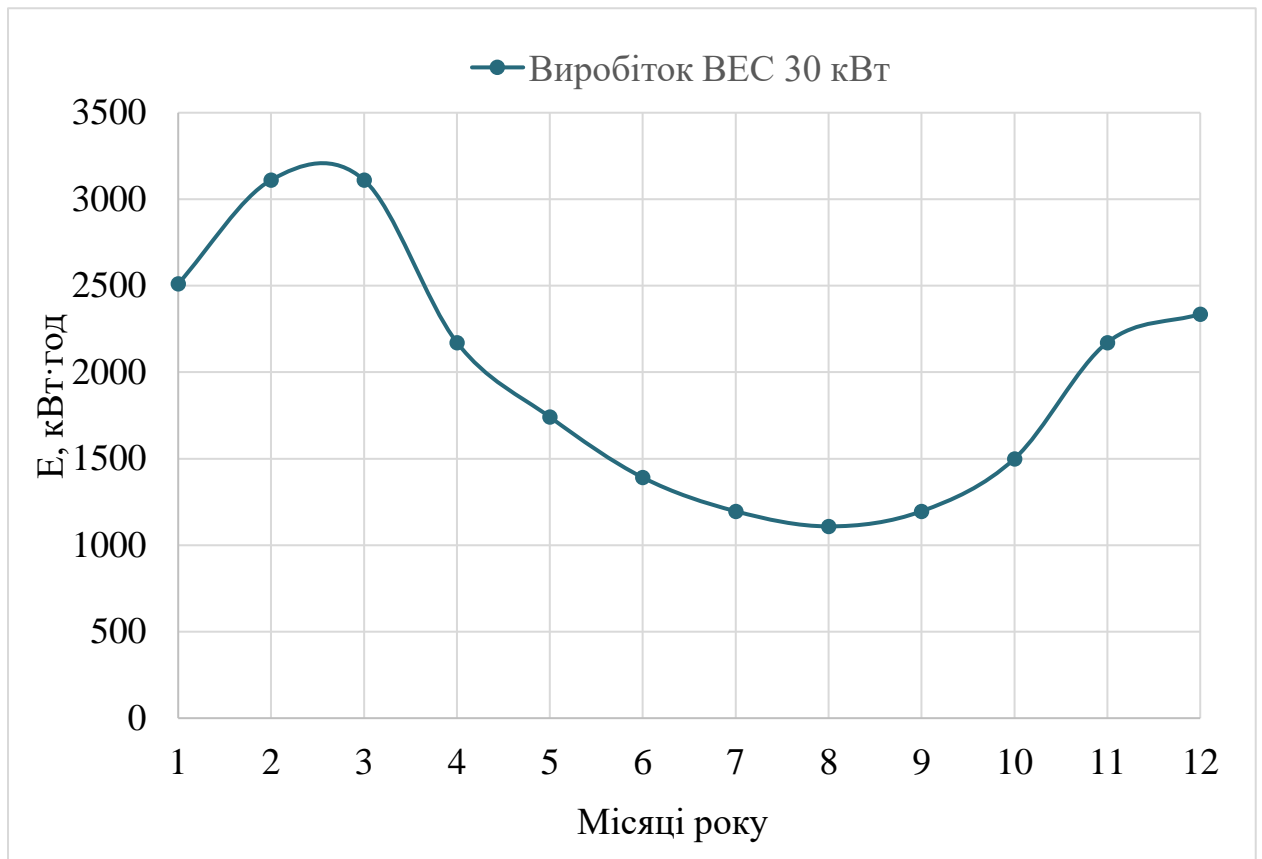


Рисунок 2.8 – Зображення графіку виробітку електроенергії вітровою електростанцією 30 кВт на зарядній станції №7

Отримані значення виробітку електроенергії ВЕС потужністю 30 кВт по місяцям представлені у табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Виробіток електроенергії ВЕС потужністю 30 кВт по місяцям для кожної ділянки встановлення зарядної станції

Виробіток електроенергії ВЕС потужністю 30 кВт для кожної зарядної станції по місяцям, кВт·год															
№	Назва населеного пункту біля якого знаходиться станція	Річна швидкість вітру на висоті 25 м, м/с	Місяці												Рік
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	с. Страбичово	2,85	845	913,6	1246	1153	987,6	913,6	722,5	722,5	570,6	617,4	722,5	781,5	10195,8
2	с. Ганьковиця	1,68	487,2	450,1	450,1	415,8	415,8	354,7	327,6	302,6	302,6	327,6	384,1	450,1	4668,34
3	с. Тухолька	1,8	781,5	668	617,4	527,3	450,1	450,1	384,1	384,1	415,8	487,2	527,3	722,5	6415,3
4	с. Гірне	3,7	2172	2172	2511	1500	1290	952	952	952	881,8	1196	1741	1875	18193,6
5	с. Тростянець	4,6	4558	5193	4558	2629	1831	1580	1264	1264	1362	2278	3988	4265	34769,8
6	смт. Олесько	3,65	2018	2336	2172	1500	1196	952	816,7	700,2	816,7	1290	2336	2018	18151
7	с. Гранівка	4,1	2511	3111	3111	2172	1741	1391	1196	1109	1196	1500	2172	2336	23544,8
8	с. Крилів	4,1	2511	3111	3111	2172	1741	1391	1196	1109	1196	1500	2172	2336	23544,8
9	с. Калинівка	4,14	2511	2898	2699	2336	1875	1500	1196	1196	1290	1741	2172	2336	23748,8
10	с. Миколаївка	4,14	2511	2898	2699	2336	1875	1500	1196	1196	1290	1741	2172	2336	23748,8
11	с. Небелиця	4	2511	3111	3111	2336	1616	1290	881,8	881,8	1027	1500	2336	2511	23112,9

				ДП 6.050701.3103.20. ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

2.6. Визначення необхідної потужності ФЕС

Визначення необхідної потужності фотоелектричної станції, проведемо на прикладі зарядної станції №7 біля с.Гранівка. На усіх одинадцяти станціях на трасі Київ - Чоп, ФЕС використовується у комплексі з ВЕС для генерування електроенергії, яка потім потрапляє у буферний накопичувач для забезпечення щоденного споживання на рівні 125 кВт·год. Такої енергії вистачить для підзарядки 5 типових електромобілів (з ємністю акумулятора 25 кВт·год) до рівня 80%. Значення середньомісячних та річних даних сонячної радіації для поверхні розміщеної під оптимальним кутом у кВт·год/м² та оптимальний кут нахилу фотомодулів (β) візьмемо з табл. 2.4.

Як відомо, існує багато методів розрахунку автономних станцій. В основі розрахунку який виконується у даному проекті, лежать рівняння балансу електричної енергії і критерій надійності роботи станції. Розглянемо енергетичні співвідношення, що описують роботу станції в різних режимах [17].

Щоденне навантаження повинна забезпечувати генерація енергії ВЕС та ФЕС накопичена у буфері. Загальне рівняння балансу енергії на клеммах буферного накопичувача у n -тий день виглядає наступним чином:

$$\frac{1}{\eta_{inv}} E_{load}(n) = \eta_{reg} E_{PV}(n) + \eta_{reg} E_W(n) - \eta_b E_{bat}^{in}(n) + \eta_b E_{bat}^{out}(n) \quad (2.6)$$

де E_{load} – енергія що надходить з буферу на навантаження;

η_{inv}, η_{reg} – ККД інвертора та контроллера відповідно;

η_b – ККД акумулятора під час заряду та розряду;

E_{PV}, E_W – енергія що надходить з ФЕС та ВЕС відповідно;

E_{bat}^{in} – енергія заряду, яка поступає на клеми буферу від регулятора;

E_{bat}^{out} – енергія, що поступає з клем буферу до інвертору

Заряд акумулятора $Q(n)$ у кожен день повинен бути у межах

$Q_{min} < Q(n) < Q_{max}$, де у якості Q_{max} може бути номінальна ємність акумуляторної системи, а

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 6.050701.3103.20. ПЗ

$$Q_{min} = (1 - DoD) \cdot Q_{max} \quad (2.7)$$

Процесу заряджання АБ відповідають співвідношення $E_{bat}^{in}(n) > 0$, $E_{bat}^{out}(n) = 0$, $Q(n) < Q_{max}$, а розряджання співвідношення $E_{bat}^{out}(n) > 0$, $E_{bat}^{in}(n) = 0$, $Q(n) > Q_{min}$.

Насиченню акумуляторів відповідає умова $Q(n) \gg Q_{max}$, а відключенню навантаження $Q(n) \gg Q_{min}$ (рис. 2.9.)

Баланс енергії на клеммах буферного накопичувача за добу дорівнює:

$$dE_b(n) = \eta_{reg} E_{PV}(n) + \eta_{reg} E_W(n) - \frac{1}{\eta_{inv}} E_{load}(n) \quad (2.8)$$

Електрична енергія яка поступає до буферного накопичувача енергії, перетворюється у енергію заряду з певним ККД η_b і навпаки, енергія заряду перетворюється при розряді в електричну енергію з ККД η_b . Зміна енергії заряду за добу $dE_Q(n)$ виражається як

$$dE_Q(n) = \eta_b dE_b(n) - k_{sd} E_Q(n) \quad (2.9)$$

де k_{sd} – коефіцієнт саморозряду батареї;

$E_Q(n)$ – енергія заряду в n-й день.

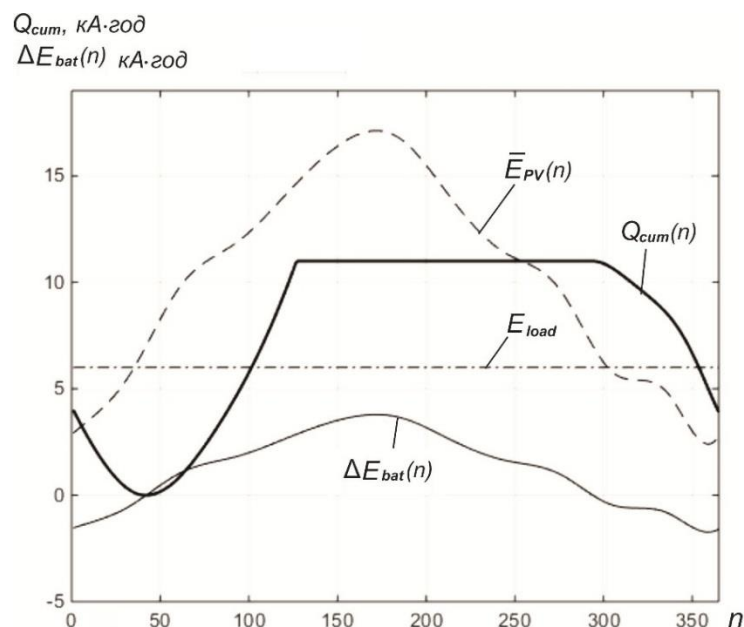


Рисунок 2.9 – Приклад профілів заряду акумуляторної батареї $Q(n)$, зміни балансу енергії $dE_b(n)$ за кожен день, профілі генерації $E_{PV}(n)$ і навантаження $E_{load}(n)$

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робота автономної системи повинна відповідати певним критеріям надійності електропостачання. В якості такого критерію обираємо індекс надійності R (reliability index):

$$R = \frac{N_R}{N} \quad (2.9)$$

де N_R – число днів в робочому періоді N , протягом яких енергія навантаження покривається за рахунок автономної станції. Тобто в роботі допускаються відключення протягом $(1 - R)N$ днів.

Для обчислення генерації $E_{PV}(n)$ використовується формула:

$$E_{PV}(n) = \eta_{PV} \cdot H_{opt} \cdot S \quad (2.10)$$

де S – сумарна площа фотомодулів, які розташовані під оптимальним кутом нахилу β ;

η_{PV} – ККД фотомодулів;

H_{opt} – радіація за день що надходить на одиницю площі яка розташована під оптимальним кутом нахилу β .

Установча потужність ФЕС визначається наступним чином:

$$P_{inst} = P_{PV} \cdot n \quad (2.11)$$

де P_{PV} – номінальна потужність одного фотомодуля

n – кількість фотомодулів.

$$P_{PV} = 1000 \cdot S_{PV} \cdot \eta_{PV} \quad (2.12)$$

де S_{PV} – площа поверхні одного модуля.

Для визначення необхідної установчої потужності ФЕС P_{inst} скористаємося програмою MATLAB R2014b. Величина P_{inst} повинна мати певне рівноважне значення яке відповідає балансу енергії заряду, який надходить у буферний накопичувач протягом робочого періоду і енергією заряду, що виходить з нього.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Алгоритм розрахунку:

1. Приймаємо, що індекс надійності $R = 0,98$.
2. Для заданого профілю інсоляції на поверхню розташовану під оптимальним кутом розраховуємо генерацію фотомодулів задаючись пробним значенням $S = S_{PV} \cdot n$.
3. Задавши ємність акумуляторної системи $Q_{max} = 420$ кВт·год, обчислюємо варіацію енергії на клеммах акумулятора $dE_b(n)$
4. За допомогою циклу по n визначаємо переважні режими роботи у кожену добу і розраховуємо профіль заряду акумулятора $Q(n)$ та число днів з відключенням навантаження. Використовуючі багаторазові обчислення циклу із різними значеннями S і Q_{max} отримуємо кінцеве значення S для досягнення необхідного балансу заряду та рівня надійності.
5. Визначаємо величину установчої потужності ФЕС P_{inst} та кількості фотомодулів n .
6. Кінцеві значення отриманих результатів роботи станції приведені на рис. 2.10 і табл. 2.12, 2.13, 2.14.

Таблиця 2.12 – Отримані у ході розрахунку параметри ФЕС

Назва параметру	Величина
Необхідна площа фотомодулів	148,75 м ²
Необхідна кількість фотомодулів	76 шт
Необхідна потужність ФЕС	23,06 кВт

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

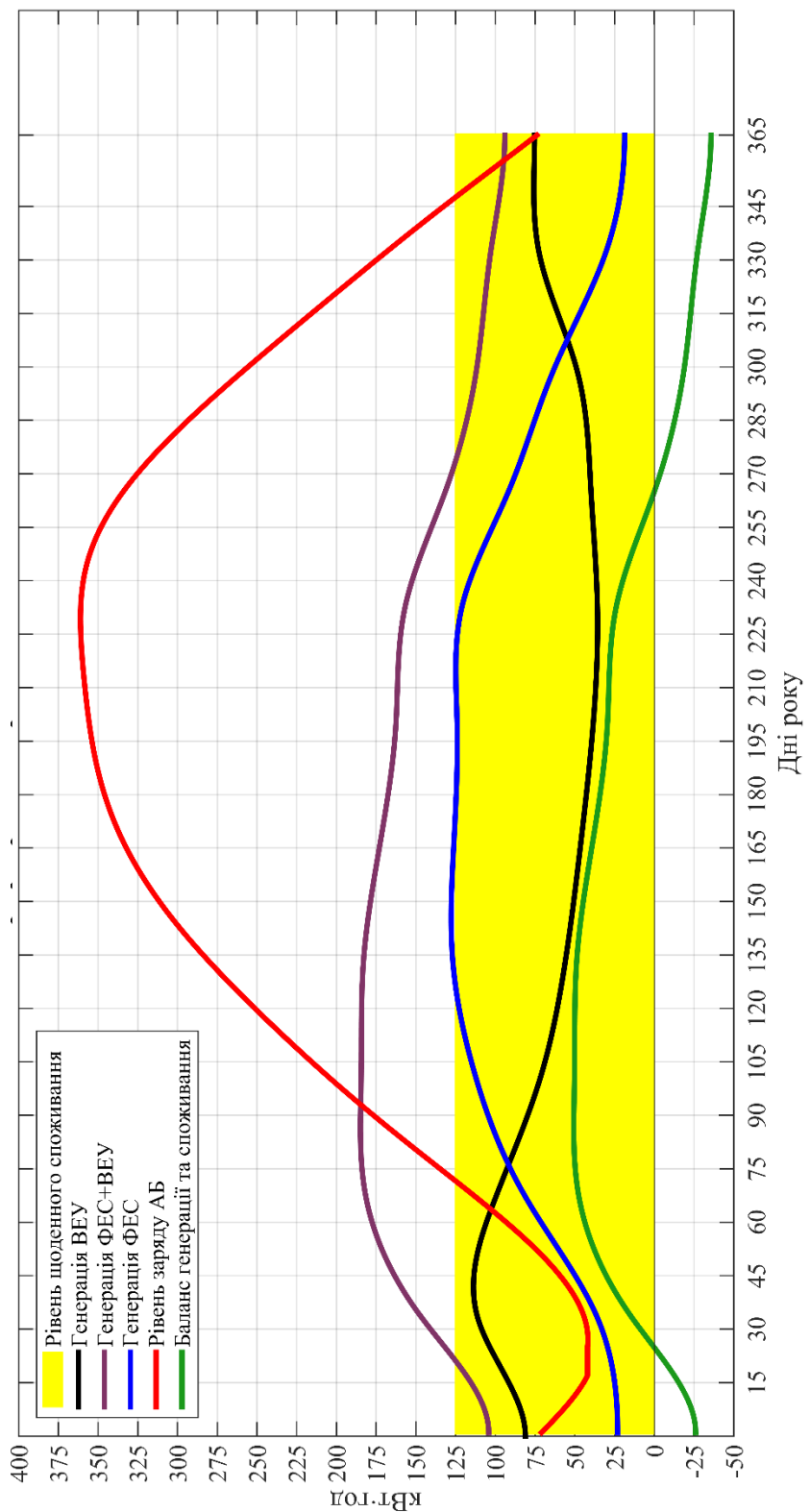


Рисунок 2.10 – Робота комплексної зарядної станції №7 протягом року

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Таблиця 2.12 – Кінцеві значення результатів розрахунку річного виробітку зарядної станції №7

Станція №7	Середньомісячна швидкість вітру на висоті 10м, м/с	Перерахунок швидкості вітру на висоті встановлення ротора - 25м, м/с	Виробіток електроенергії ВЕС за місяць, кВт·год	Середньодобовий виробіток електроенергії ВЕС, кВт·год	Середньомісячна радіація за 1 добу на площу 1 м ² , кВт·год/м ²	Виробіток електроенергії ФЕС за місяць, кВт·год	Середньодобовий виробіток електроенергії ФЕС, кВт·год
Січень	3,90	4,60	2511,27	81,01	1,00	720,75	23,25
Лютий	4,20	4,95	3111,00	111,11	1,59	1035,09	36,97
Березень	4,20	4,95	3111,00	100,35	3,52	2537,04	81,84
Квітень	3,70	4,36	2171,66	72,39	4,86	3389,85	113,00
Травень	3,40	4,01	1740,85	56,16	5,50	3964,13	127,88
Червень	3,10	3,66	1391,07	46,37	5,47	3815,33	127,18
Липень	2,90	3,42	1196,11	38,58	5,38	3877,64	125,09
Серпень	2,80	3,30	1108,71	35,76	5,25	3783,94	122,06
Вересень	2,90	3,42	1196,11	39,87	3,95	2755,13	91,84
Жовтень	3,20	3,77	1499,53	48,37	2,76	1989,27	64,17
Листопад	3,70	4,36	2171,66	72,39	1,33	927,68	30,92
Грудень	3,80	4,48	2335,84	75,35	0,81	583,81	18,83
За 1 рік	3,48	4,11	23544,83	64,81	3,45	29379,63	80,25

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ДП 6.050701.3103.20. ПЗ

Арк.

2.7 Вибір обладнання зарядної станції

Однією з основних передумов масового впровадження електромобілів - це наявність швидких зарядних станцій. Довгий час відсутність можливості швидко зарядити електромобіль була одним із факторів гальмування розвитку ринку електротранспорту в Україні. Нові можливості швидких зарядок можуть вирішити це питання. Сьогодні більшість пристроїв швидкої зарядки підключаються до інтернету та мають широкий спектр можливостей, в тому числі надання віддаленої допомоги та обслуговування, а мультистандартне виконання підтримує всі стандарти та протоколи, такі як CCS, CHAdeMO, та швидка зарядка змінним струмом. Це дуже важливо для забезпечення сумісності з автомобілями, ринок яких швидко розвивається.

Проаналізувавши пропозиції ринку обладнання було обрано обладнання фірми ABB Terra 53 CJG (рис. 2.11) з максимальною вихідною потужністю 50 кВт та трьома зарядними пристроями типу CCS, CHAdeMO та Mode3. Характеристики зарядної станції подані в табл. 2.14.



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд зарядної станції ABB Terra 53 CJG

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.14 – Характеристики зарядної станції ABB Terra 53 CJG

Електричні характеристики			
Тип зарядного пристрою	CCS	CHAdeMO	Mode 3 (AC)
Максимальна вихідна потужність, кВт	50	50	43
Вихідна напруга, В	50 - 500 (DC)	50 - 500 (DC)	400 +/- 10% (AC)
Максимальний вихідний струм, А	125	125	63
Максимальна вхідна потужність, кВА	98		
Максимальний вхідний струм, А	143		
Вхідна напруга, В	400 +/- 10% (AC)		
Частота, Гц	50		
Механічні характеристики			
Робоча температура, °С	від -35 до +55		
Ступінь захисту	IP 54		
Розміри, мм	Довжина - 780	Ширина - 565	Висота - 1900
Вага, кг	350		
Тип конектора	Combo-2	JEVS G105	IEC62196 Mode-3
Довжина кабелю, м	3,9	3,9	3,9
Сумісність з автомобілями	BMW, Volkswagen, GM, Porsche, Audi	Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Citroen, Kia	Renault, Daimler, Tesla, Smart, Mercedes

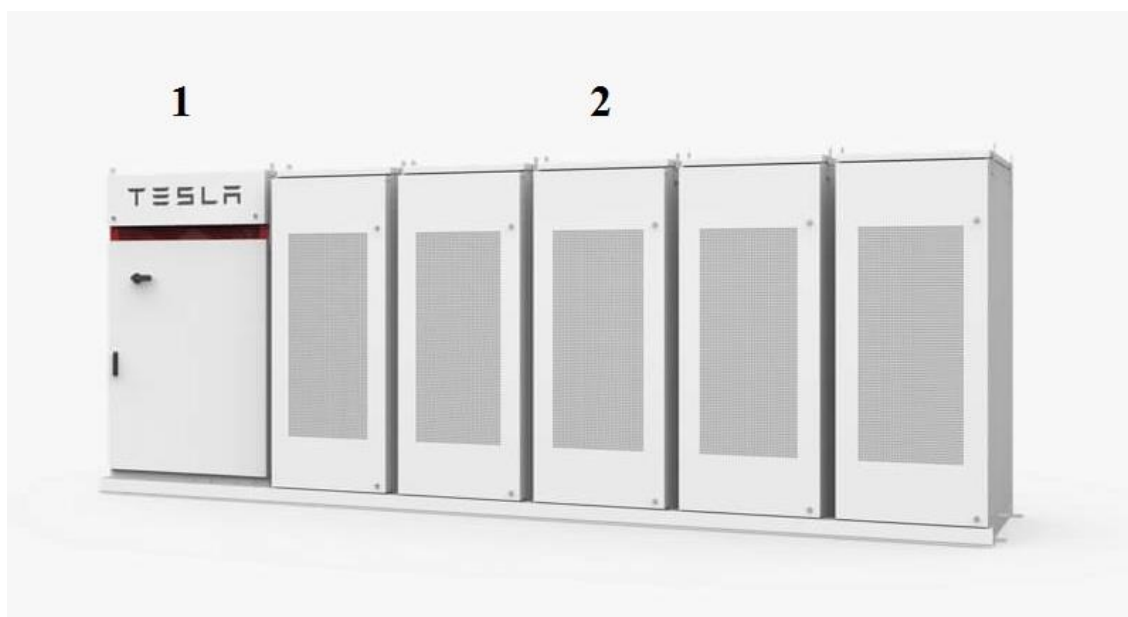
2.8 Вибір обладнання для системи акумулювання

Через мінливість виробництва електроенергії за допомогою вітрових або сонячних станцій, системи зберігання енергії стали важливою частиною енергосистеми. Накопичена за день електроенергія використовується вночі або в пікові моменти споживання, коли генерації недостатньо для потреб споживача. При цьому слід розуміти, що на сьогоднішній день система накопичення і зберігання енергії це не лише акумулятор. Виробники обладнання пропонують комплексні рішення, які включають в себе як власне акумулятори, так і обладнання для перетворення енергії, контролю за процесом заряду, та ін.

Проаналізувавши пропозиції ринку, було обрано обладнання американської фірми Tesla Inc. – Powerpack 2. Така система у якості буферного накопичувача має ряд переваг, серед яких: тривалий термін експлуатації, завдяки застосуванню передових розробок в області акумуляторних батарей,

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливість масштабування і розширення завдяки гнучкій модульній системі, допустимий рівень розряду до 100%, наявність вбудованого контролера заряду і двонаправленого інвертора, який дає можливість заряджати акумулятор енергією з мережі. Зовнішній вигляд системи Powerpack зображений на рис. 2.12, внутрішній на рис. 2.13. Цифрою 1 позначений інверторний шкаф з керуючими пристроями, цифрою 2 блоки акумуляуючої



системи.

Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд системи Powerpack 2:

1 – інверторний шкаф, 2 - акумулятори

Таблиця 2.15 – Характеристики акумуляторної системи Powerpack 2

Електричні характеристики	
Ємність системи, кВт	210
Вихідна потужність, кВт	50
Номінальна напруга, В	475
Допустимий рівень розряду	100%
Кількість акумуляторних комірок, шт	16
Механічні характеристики	
Коефіцієнт корисної дії	0,85
Робоча температура, °С	від -30 до +50
Ступінь захисту	IP 67/35
Довжина, мм	1308
Ширина, мм	822
Висота, мм	2185
Вага, кг	1622

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.13 – Внутрішній вигляд модуля Powerpack

У якості інвертора у даній системі використовується обладнання фірми Дунаpower MPS-100 (рис. 2.14). Даний тип інвертора є двонаправленим тобто він може не лише перетворювати постійний струм з буферного накопичувача у змінний, але й при необхідності може перетворювати змінний струм з мережі у постійний для підзаряду акумуляторів. Це потужний силовий напівпровідниковий пристрій, що використовує так звану технологію ШІМ-перетворення, при якій величина напруги, що формується на його виході, визначається тривалістю комутації силових ключів, розташованих в різних плечах інвертора. В якості силових ключів зазвичай використовують потужні IGBT-транзистори або IGCT-тиристри. Величина і напрямок переданої енергії визначається сигналами які формуються системою управління. Частота комутації ключів визначається величиною комутуваного струму i , відповідно,

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 6.050701.3103.20. ПЗ				

величиною втрат в силових ключах. Для інверторів невеликої потужності частота ШІМ, вибирається, як правило, на рівні 20 кГц. Потужність для таких перетворювачів, коливається в дуже широкому діапазоні - від декількох кВт (для застосування в домашньому господарстві), до кілька десятків МВт - для регулювання параметрів локальних енергетичних районів (Microgrid) і регулювання частоти, що живить електричну мережу[7]. Інвертор Dynarower MPS-100 дозволяє спростити процес установки всієї системи Powerpack 2 за рахунок інтеграції декількох компонентів, які раніше були окремими пристроями, а саме: вбудований контролер заряду, трансформатор, вимикачі та запобіжники. Інвертор має захист від будь-яких аварійних режимів, що пов'язані з відхиленням напруги, струму, частоти та температури від допустимих значень. Електричні та механічні характеристики наведені у табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Характеристики інвертора Dynarower MPS-100

Електричні характеристики	
Підключення до джерела постійного струму	
Номінальна напруга, В	475
Діапазон напруги заряду, В	350 - 600
Максимальний вхідний струм, А	770
Підключення до мережі змінного струму	
Номінальна напруга, В	400 +/- 10%
Номінальний струм, А	144
Максимальний струм, А	173
Номінальна потужність, кВА	100
Максимальна потужність, кВА	120
Коефіцієнт корисної дії	0,96
Механічні характеристики	
Робоча температура, °С	від -25 до +50
Ступінь захисту	IP 54
Довжина, мм	1050
Ширина, мм	1050
Висота, мм	2001
Вага, кг	1590

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд інвертора Dynapower MPS-100

2.9 Висновки до розділу

У даному розділі було проведено розрахунок 11 комплексних станцій на трасі Київ – Чоп. За допомогою аналізу метеоданих було обрано ділянки для встановлення станцій на відстані 50-70 між станціями швидкого заряду.

Для прикладу розрахунку використовується зарядна станція №7 поблизу с.Гранівка. Визначення необхідної потужності комплексної станції було проведено за допомогою коефіцієнту надійності, який становить 0,98. Кількість днів з відключенням живлення споживачів – 7. Ємність Акумуляторної системи 420 кВт·год. Для зарядної станції №7 сумарний виробіток електроенергії за рік склав 52924 кВт·год, з яких ВЕС згенерувала 44% (23 544 кВт·год), а ФЕС 56% (29 379 кВт·год). Також був здійснений вибір необхідного обладнання для комплексної зарядної станції, а саме: вітрогенератори, фотомодулі, інвертор, система накопичення енергії, зарядна станція. Результати обраної потужності для станції №7 представлені у табл. 2.17 та на рис. 2.15 – 2.16.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 6.050701.3103.20. ПЗ					

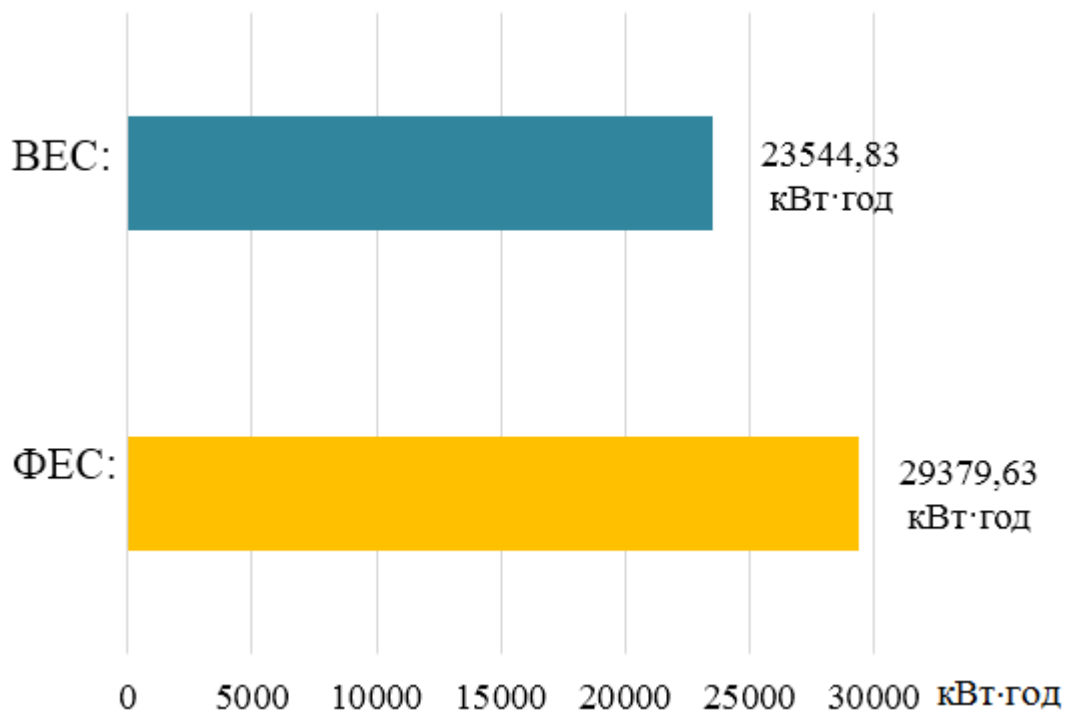


Рисунок 2.15 – Співвідношення виробленої енергії за рік

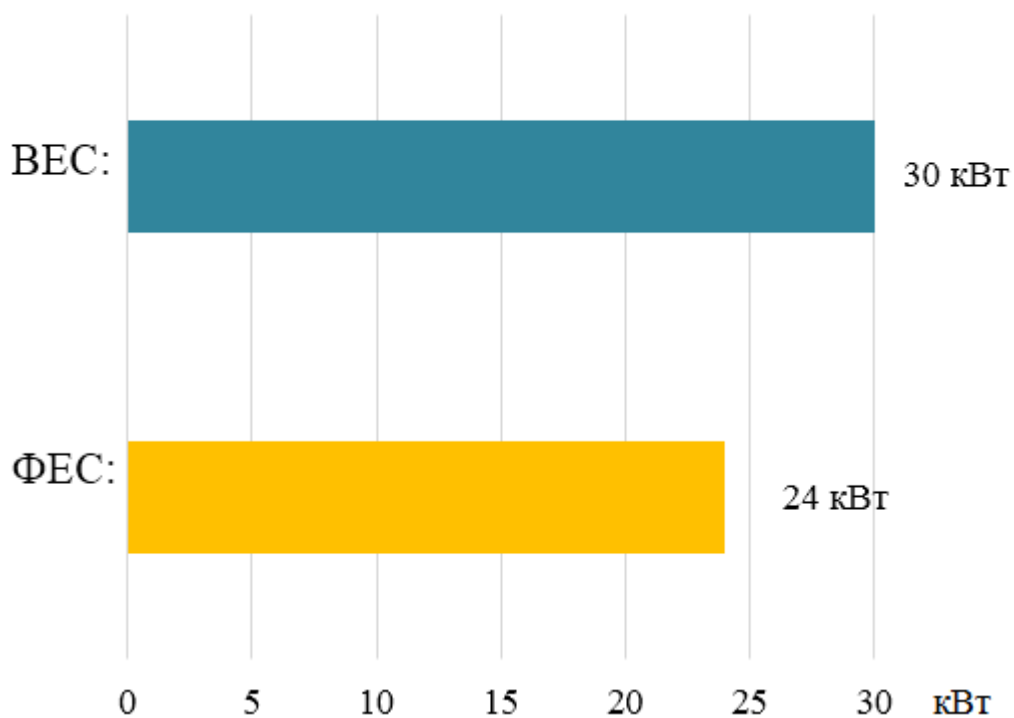


Рисунок 2.16 – Співвідношення обраної потужності

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.17 – Кінцеві значення обраної потужності комплексної зарядної станції №7

Дані по вітру: метеопост м. Дубно			
Висота встановлення ротора, м:	$H =$	25	$\alpha =$ 0,18
Оптимальний кут встановлення фотомодулів $\beta = 34^\circ$			
Коефіцієнт надійності $R = 0,98$ (7 днів без живлення)			
Площа 1 фотомодуля = 1,95 м ²		Потужн. 1 фотомодуля = 300 Вт	
Необхідна площа фотомодулів = 148,75 м ²			
Необхідна кількість фотомодулів = 76 шт.			
Необхідна потужність ФЕС = 23, 06 кВт			
Обрана потужність комплексної станції, кВт:			
ФЕС	25		
ВЕС	30		
Сумарна генерація електроенергії за 1 рік, кВт·год			52924,46207

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розділ 3 Економічна оцінка капіталовкладень	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Вознюк В.В.</i>					60	
<i>Перевір.</i>		<i>Будько В.І.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головко В.М.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кудря С.О.</i>						
						НТУУ «КПІ», ФЕА, зр. ЕД-31		

3.1 Розрахунок капітальних вкладень

У даному розділі проводиться економічний розрахунок проекту комплексної вітро-сонячної автономної зарядної станції з буферним накопичувачем. Розрахунок капітальних вкладень здійснюються один раз під час реалізації проекту, а також щороку витрачаються кошти на підтримку його працездатності (капітальний ремонт, поточний ремонт).

Капітальні вкладення визначаються за формулою:

$$K_1 = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i \text{ грн} \quad (3.1)$$

де C_i – вартість одиниці i -го устаткування;

N_i – кількість i -го устаткування.

Розрахунок проводиться для кожного рядка табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Вартість капіталовкладень за перший рік

Найменування	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн
Комплект вітроустановки EUROWIND 10	3	348 400	1045200
Мачта конічного типу	3	221 000	663000
Закладання фундаменту	3	28 470	85410
Монтаж вітроустановки	3	59 787	179361
Фотопанелі ABISolar CL-P72300	80	7 200	576000
Наземна система кріплень під забивку свай для 20 фотопанелей	4	18 279	73116
Комплект з 'єднувачів MC4	10	400	4000
Комплект захисної автоматики до 30 кВт	1	7 800	7800
Кабель для фотопанелей Altek ПЗ 1x10мм ²	150	74	11100
Труба гофрована посилена ПЗ 1x16 мм ²	150	5	750
Монтаж фотопанелей	1	83 248	83 248
Акумуляторна система Powerpack (1 кВт·год)	420	7 800	3276000
Інвертуюче обладнання Дунарpower MPS-100	1	780 000	780 000
Монтаж та підключення системи	1	405 600	405 600
Зарядна станція АВВ Terra 53 CJG	2	260 000	520 000
Монтаж та підключення зарядної станції	2	26 000	52 000
Разом		7754785	

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 6.050701.3103.20. ПЗ

Капітальні вкладення в подальші роки роботи проекту для здійснення поточного ремонту:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot k_{\text{пр}}, \text{ грн} \quad (3.2)$$

де $k_{\text{пр}} = 0.01$ – коефіцієнт для поточного ремонту;

$$K_{\text{пр}} = 7754785 \cdot 0.01 = 77547,85 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення в подальші роки роботи проекту для здійснення капітального ремонту:

$$K_{\text{кр}} = K_1 \cdot k_{\text{кр}}, \text{ грн} \quad (3.3)$$

де $k_{\text{кр}} = 0.1$ – коефіцієнт для капітального ремонту;

$$K_{\text{кр}} = 7754785 \cdot 0.1 = 775478,5 \text{ грн}$$

Капітальний ремонт проводиться кожний 10-й рік роботи проекту.
Поточний ремонт - щороку.

3.2 Розрахунок витрат на заробітну плату

Для надійної роботи станції необхідною умовою є наявність обслуговуючого персоналу. Величина витрат на заробітну плату визначається кількістю обслуговуючого персоналу та терміном праці

$$C_{\text{зп}} = n \cdot N_{\text{міс}} \cdot W, \text{ грн/рік} \quad (3.4)$$

де $N_{\text{міс}}$ – кількість місяців роботи;

n – кількість працівників;

S – місячний фонд заробітної плати одного працівника, грн.

$$C_{\text{зп}} = 1 \cdot 12 \cdot 4000 = 48000 \text{ грн/рік}$$

3.3 Розрахунок виробничих доходів та терміну окупності

Так як станція є автономною, то її дохід можна визначити від кількості проданої енергії споживачам для заряду електромобілів. Через те що статистики використання зарядних стнацій для України в даний момент не існує, припустимо що протягом року рівень споживання енергії за добу сталий

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і становить 125 кВт·год. Отже розрахунок виробничих доходів за 1 рік можна провести за формулою:

$$I = 365 \cdot p \cdot E, \text{ грн} \quad (3.5)$$

де p – ціна продажу 1 кВт·год, грн;

E – кількість проданої енергії, кВт·год;

На сьогоднішній день існує багато можливих варіантів оплати послуги використання станцій швидкого заряду, серед яких: оплата за спожиті кВт·год, оплата за час користування станції або ж безлімітне використання зарядних станцій з використання передоплати та ін. Загалом середня вартість 1 кВт·год для станцій потужністю 20-40 кВт знаходиться у межах 5 – 8 грн/кВт·год. Для проекту зарядної станції 50 кВт оберемо вид оплати за використану кількість кВт·год. При вартості $p = 8$ грн/кВт · год, річний дохід становитиме:

$$I = 358 \cdot 8 \cdot 125 = 358000 \text{ грн}$$

Період окупності визначається необхідною кількістю часу для покриття вартості капітальних вкладів за рахунок коштів одержаних в результаті основної діяльності по даному проекту.

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K}{I} \quad (3.5)$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K}{I} = \frac{7754785}{358000} = 21,6 \text{ (років)}$$

Оскільки термін окупності є досить значним розглянемо також варіант окупності з ціною $p = 10$ грн/кВт · год

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K}{I} = \frac{7754785}{358 \cdot 10 \cdot 125} = 17,3 \text{ (роки)}$$

3.4 Висновки до розділу

В даному розділі дипломного проекту було виконано економічний розрахунок вартості комплексної станції заряду електромобілів з буферним накопичувачем енергії. Можливий термін окупності від 17,3 до 21,6 років. Загальна вартість системи склала 7,75 млн. грн.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

					ДП 6.050701.3103.20 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розділ 4 Охорона праці	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Масштаб</i>
Розроб.		Вознюк В.В.						
Перевір.		Будько В.І.					64	
Н. Контр.		Головко В.М.				НТУУ «КПІ», ФЕА, зр. ЕД-31		
Затверд.		Кудря С.О.						

4.1 Охорона праці та її основні поняття

Охорона праці – це система правових, санітарно-гігієнічних, організаційно-технічних, лікувально-профілактичних та соціально-економічних заходів, що спрямовані на збереження здоров'я, життя та працездатності робітників в процесі їх трудової діяльності. Метою охорони праці являється створення безпечних умов праці робітника, а також забезпечити високоефективну працездатність.

Так як охорона праці – це соціально технічна дисципліна, то вона вивчає практичні та технічні аспекти безпеки роботи, передбачає травматизм при виробничому процесі, захворювань, пов'язаних з професією, отруєнь, певних надзвичайних ситуацій, вибухів та пожеж на виробництві. Охорону праці вивчають з метою виховання майбутніх фахівців, а також формування у них необхідного рівня знань та вміння у правових та організаційних питаннях з охорони праці, санітарії та гігієни на виробничому місці, техніки безпеки, а також, не менш важливої практичної реалізації основного завдання Конституції України – пріоритет має ставитись не на результат виробництва підприємства, а на охорону життя та здоров'я працівників, які тут працюють. В охорони праці, як в науковій галузі, є предмет – умова праці, а її об'єктом вважається виробнича система. Під виробничою системою мають на увазі самого працівника, обладнання, на якому працює робітник, та середовище, де він знаходиться, та в якому виконуються виробничі процеси.

Методологічна основа охорони праці – це систематичний підхід до вивчення організаційних питань праці зі сторони її безпеки, функціональність схеми «працівник – обладнання – середовище праці», аналіз таких факторів як фізичної, психологічної, біологічної, хімічної та соціальної безпеки виробництва та його правового та організаційного забезпечення. Цією системою можна вважати будь-яке виробниче обладнання, де підсистемою може бути працівник, механічне обладнання та середовище. Якщо детально розглядати систему, аналізувати її роботу, взаємодію підсистем, то це дасть нам можливість визначити рівень безпечності та надійності кожної з підсистеми.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основною метою охорони праці є надання знань основи охорони праці, використання яких сприяє покращенню умов роботи, підвищенню продуктивності виробничого процесу, дає можливість запобігти захворюванням, пов'язаних з професією, та травм на робочому місці. Головним завданням охорони праці можна вважати гуманізацію праці. Це означає, що потрібно пильнувати за перевтомами, професійними захворюваннями, запобігати виробничі травматизми, підвищувати конкретику праці, забезпечення сприятливих умов для всезагального розвитку людини.

Завданнями охорони праці є:

- оптимальні співвідношення між різними факторами середовища на виробництві;
- запроваджувати граничні допустимі норми факторів виробництва;
- забезпечувати постійну перевірку щодо ступеня шкідливості та небезпеки умов праці;
- розроблювати нові плани для поліпшення умов роботи;
- слідкувати за безпечним виконанням дій працівниками;
- застосовувати новітні методи щодо боротьби з виробничими травматизмами та професійними захворюваннями;
- для поліпшення умов та охорони праці розробляти методи для оцінювання соціальної та економічної ефективності.

Небезпекою називають певні об'єкти, явища, властивості, процеси, які тим чи інакшим способом можуть негативно вплинути на здоров'я, життєдіяльність та на працездатність людини. Безпекою вважають відсутність негативних факторів, які хоч якось впливають на працездатність, здоров'я чи життя людини.

Безпека праці – це такий стан умов роботи, де відсутній ризик виробничого травматизму. Безпечні умови праці, це такі умови, коли небезпечні фактори, які впливають на працівника, не перевищують гранично допустимих норм, та не приносять шкоди здоров'ю та життєдіяльності людини.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Техніка безпеки – це нормативні заходи, які допомагають запобігти негативний вплив на працівників небезпечних факторів на виробництві.

Умови праці – це охоплення всіх факторів середовища виробництва, що впливають на здоров'я, життєдіяльність та працездатність працівника в процесі його роботи в цьому середовищі.

4.2 Шкідливі та небезпечні фактори в робочих приміщеннях

Головним завданням у сфері діяльності людини – це вивчення та вирішення проблем, що пов'язані з забезпеченням безпечних умов роботи людини.

Для забезпечення безпечних умов праці та усунення виробничих надзвичайних ситуацій, таких як професійні захворювання, пожежі, аварії, вибухи, проводяться вивчення та дослідження їх причин. Основним фактором продуктивності, ефективності та безпечності умов праці є безпека та комфортність умов праці.

Виробниче середовище має високий вплив та здоров'я та працездатність людини. Такі середовища, визначаються в основному мікрокліматом, освітленням та рівнем шуму. Кожен з цих факторів представлений нижче.

Мікроклімат – це стан середовища приміщення, який можна визначити за температурою, відносною вологістю, рухливістю повітряних потоків та тепловими хвилями від нагрітих поверхонь, що в загальному мають вплив на самопочуття людини. Тому, основними параметрами мікроклімату можна вважати температуру, відносну вологість, швидкість рухливості повітря та силою теплових хвиль, що виділяється з поверхонь робочого обладнання. Параметри мікроклімату дуже мінливі та мають високий рівень впливу на самопочуття та здоров'я людини, ефективність, якість та продуктивність його роботи. Для нормального функціонування організму, тепло, що виділяється людиною має повністю віддаватись у навколишнє середовище. Якщо ж цього не буде, це призводить до різких перепадів температури тіла людини, а як результат порушення функціонування організму людини, погіршення стану

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здоров'я та працездатності, втрати свідомості, а при тривалих діях навіть до фатального кінця.

Освітленість приміщення – це також один із факторів, що впливає на працездатність та здоров'я людини. Існують такі проблеми з освітленням:

- дуже яскраве освітлення кімнат;
- недостатність освітлення кімнат;
- нестача природного джерела освітлення.

Ці фактори впливають не тільки на зір людини, а й на її психоемоційний стан, що погіршують її сконцентрованість, понижують працездатність, викликають втому та ослабленість організму.

Шум – це ще один несприятливий фактор, який негативно впливає на слух людини, а також може завдати шкоди і всьому організму. Так як і освітленість, може впливати на нервову систему організму працівника, що призводить до його агресивності, напруженості та упадком сил. Ультразвуки можуть впливати на дієздатність організму та змінювати структуру тканин організму, що може призвести до професійних захворювань, а іноді і до втрати працездатності.

4.3 Шкідливі та небезпечні фактори під час експлуатації обладнання вітроелектростанції та заходи щодо нормалізації умов праці

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що виникають при будівництві та експлуатації наземних вітроенергетичних установок, в загальному, схожі з тими, що виникаючими усіх великих промислових і інфраструктурних об'єктах. До них відносяться небезпечні фізичні чинники, такі як: висотні роботи, експлуатація обладнання з обертовими елементами, падіння предметів з висоти, робота під напругою, робота у закритому просторі та ін.

В цілях запобігання і нейтралізації небезпечних факторів, пов'язаних з висотними роботами, необхідно проводити наступні заходи: перевірка цілісності споруд перед початком робіт; навчальні програми захисту від

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

падіння з висоти; огляд, технічне обслуговування та заміна при необхідності засобів захисту від падіння; забезпечення працівників індивідуальними системами страхування для висотних робіт; проведення планового огляду підйомно-транспортного і вантажопідйомного обладнання; уникати проведення робіт монтажу або технічного обслуговування під час несприятливих погодних умов, через наявність ураження блискавкою та ін.

Іншим небезпечним фактором при експлуатації вітроенергетичних установок є можливість ураження тіла людини електричним струмом у результаті дотику до струмовідних частин електроустаткування. Під час проведення обслуговування чи введення в експлуатацію необхідно проводити контроль ізоляції, що здійснюється мегаомметром випробувальною напругою 1 кВ, при цьому її значення повинно бути більше ніж 500 кОм; вивішувати знак безпеки „Обережно! Електрична напруга!”. В аварійному режимі захист працівників забезпечується заземленням електрообладнання.

В процесі роботи вітрові турбіни виробляють шум. Основними джерелами шуму є механічні та аеродинамічні фактори. Джерелом механічного шуму може бути робота обладнання в гондолі, а аеродинамічного - взаємодія потоку повітря з лопатями турбіни і вежею. Існує кілька видів аеродинамічного шуму, в тому числі низькочастотний, низькочастотний імпульсний, тональний і безперервний широкосмуговий. Крім того, шум може посилюватися з підвищенням швидкості обертання лопатей турбіни. Заходи щодо запобігання і обмеження впливу шуму пов'язані, в основному, зі стандартами проектування. Наприклад, джерелом широкосмугового шуму є повітряна турбулентність позаду лопатей, і рівень цього шуму зростає зі збільшенням швидкості обертання лопатей. Рівень впливу шуму можна обмежити за рахунок розміщення вітроелектростанції, уникаючи їх встановлення поблизу реципієнтів, сприйнятливих до впливу шуму (Наприклад, житлових будинків, лікарень і шкіл) а також дотриманням міжнародних акустичних норм проектування вітрових турбін.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заходів щодо пожежної безпеки є однією з основних сфер діяльності відділу охорони праці на підприємствах. Відповідальність покладається на керівників та на уповноважених осіб.

Профілактичні заходи пожежної безпеки:

- підтримання справності захисного відключення установки від мережі.
- дотримання персоналом правил пожежної безпеки.

Інструкції щодо пожежної безпеки проводяться та розробляються на підставі діючих законів та правил, а також з огляду на особливості споруди, процесів роботи та експлуатації [18]. На додаток до цього, має бути складений план гасіння пожежі, що повинен розроблятися разом зі спеціалістами пожежної охорони Міністерства надзвичайних ситуацій. Усі документи мають бути затверджені в необхідному порядку. Кожен, хто працює на підприємстві, має обов'язково знати та виконувати вимоги правил пожежної безпеки та встановлений протипожежний режим на підприємстві. Кожен працівник повинен слідкувати за своїми діями та зупиняти дії інших працівників у разі небезпеки загоряння та пожежі.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було спроектовано комплексну вітро-сонячну станцію з буферним накопичувачем енергії для забезпечення живлення станції заряду електромобілів. Після проведення аналітичного огляду технології заряду електромобілів, було прийнято рішення застосування технології швидкого заряду. За умовами проекту станції повинні розміщуватися на трасі Київ – Чоп. Проаналізувавши метеодані місцевості було обрано 11 ділянок для розміщення зарядних станцій, на відстані 50-70 км від великих міст або одна від одної. Щоденне споживання електроенергії протягом року постійне і знаходиться на рівні - 125 кВт·год. Потужність вітроелектричної станції прийнята 30 кВт для кожної станції. Порахувавши виробіток ВЕС був проведений розрахунок невивантаючої потужності ФЕС для забезпечення необхідного рівня надійності постачання електроенергії. Коефіцієнт надійності становить 0,98. Це означає що при низькому рівні генерації та при розряді буферного накопичувача до найменшого допустимого рівня, станція залишиться без живлення на термін до 7 днів. Для забезпечення необхідного запасу енергії було обрано обладнання ємністю 420 кВт·год, що може видавати до 100 кВт потужності. Розрахунок необхідної потужності було проведено для кожної з 11 зарядних станцій. Для прикладу розрахунку у дипломному проекті використовується зарядна станція №7, що знаходиться поблизу с. Гранівка (Рівненська обл.). Зарядна станція під'єднується до системи живлення через двонаправлений інвертор потужністю 100 кВт, який об'єднаний у одну систему з контролером заряду. У якості зарядної станції використовуються 2 зарядних пристрої які мають по 3 зарядні кабелі кожний. 1 кабель – заряд постійним струмом, роз'єм CCS, 50 кВт. 2 кабель – заряд постійним струмом, роз'єм CHAdeMO, 50 кВт. 3 кабель – заряд змінним струмом, 43 кВт. За допомогою техніко-економічного розрахунку був визначений можливий термін окупності станції, що знаходиться у межах від 17,3 до 21,6 років. , при величині капітальних вкладів 7,75 млн. грн.

					ДП 6.050701.3103.20. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток 1

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП 6.050701.1212.00.010. ПЗ	Пояснювальна записка	75	
3	A1	ДП 6.050701.1212.01.010. ТК	Обрані ділянки для встановлення станцій	1	
4	A1	ДП 6.050701.1212.02.010. ТК	Робота станції №7 протягом року	1	
5	A1	ДП 6.050701.1212.03.010. ТК	Електрична схема зарядної станції	1	