

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

Навчально-науковий інститут Електроенергетики  
Електротехнічний факультет  
Кафедра Електроенергетики

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра**  
студента Юревич Наталії Валеріївни  
академічної групи 141-16-3  
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
на тему Розробка автономної фотоелектричної станції потужністю 15 кВт для потреб будівельного містечка

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Луценко І.М.			
розділів:				
Технологічний розділ	Луценко І.М.			
Спеціальний розділ	Луценко І.М.			
Охорона праці	Столбченко О.В.			
Економічний розділ	Тимошенко Л.В.			

Рецензент	Молдован М.В.			
-----------	---------------	--	--	--

Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			
----------------	------------------	--	--	--

Дніпро  
2020

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
Електроенергетики

\_\_\_\_\_ Рогоза М. В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну**  
**роботу ступеню**  
**бакалавра**

студенту Юревич Н.В.

академічної групи 141-16-3

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

на тему Розробка автономної фотоелектричної станції потужністю 15 кВт для потреб будівельного містечка,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.05.2020 №258-С

Розділ	Зміст	Термін виконання
1 Технологічний розділ	Провести аналіз технологічного процесу щодо будівництва електроенергетичних об'єктів, освітити сучасні підходи та варіанти щодо організації електрозабезпечення будівельного майданчика, оцінити потенціал використання децентралізованих систем електрозабезпечення на базі модульних гібридизованих станцій з ВДЕ.	4.05.2020- 10.05.2020
2 Спеціальний розділ	Провести розрахунок для проектування пересувної сонячної електростанції для живлення будівельного містечка.	11.05.2020- 31.05.2020
3 Охорона праці	Визначити небезпечні чинники на об'єкті, розробити заходи щодо уникнення травматизму через ці чинники.	01.06.2020- 07.06.2020

4 Економічний розділ	Визначити економічні параметри проекту електропостачання будівельного містечка за допомогою пересувної автономної СЕС.	08.06.2020- 14.06.2020
----------------------	--	---------------------------

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Луценко І.М.

\_\_\_\_\_

(прізвище, ініціали)

**Дата видачі**

\_\_\_\_\_

**Дата подання до екзаменаційної комісії**

\_\_\_\_\_

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_

(підпис студента)

\_\_\_\_\_

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 90 стор., 16 рис., 11 табл., 3 додатки., 22 джерела.

### СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, БУДІВНИЦТВО, СУЧАСНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІСТЬ

Об'єкт дипломного проекту: автономна пересувна електростанція інверторною потужністю 15 кВт.

Мета дипломного проекту: розробити структуру та принципovu реалізацію прототипу гібридної електрогенеруючої установки на базі відновлюваних джерел енергії для децентралізованого електропостачання будівельного містечка віддалених об'єктів.

У вступній частині наведена інформація про стан використання відновлюваних джерел енергії для генерування електроенергії в Україні та світі, запланований розвиток у цьому напрямку.

Основна частина показує аналіз технологічного процесу будівництва електроенергетичних об'єктів, описує сучасні підходи щодо організації електрозабезпечення будівельного майданчика. Там же виконані розрахунки для проектування пересувної сонячної електростанції з вибором обладнання та розробленням конструкцій, що відповідають поставленим до проекту вимогам.

Техніко-економічне обґрунтування проекту виконано шляхом розрахунків капітальних і експлуатаційних витрат на реалізацію проекту, а також термін окупності проектного рішення.

Щодо охорони праці, були вказані чинники, які можуть призвести до травматизму працівників на об'єкті та представлені відповідні запобіжні міри.

Розроблене технічне рішення являє собою мобільну автономну СЕС з підібраним обладнанням для максимальної ефективності її роботи.

## Зміст

Вступ.....	7
1. ВСТУПНА ЧАСТИНА.....	11
1.1. Аналіз технологічного процесу щодо будівництва електроенергетичних об'єктів: перелік та порядок виконання робіт, необхідний склад технологічного обладнання для забезпечення його електричною енергією.....	12
1.2. Сучасні підходи та варіанти щодо організації електрозабезпечення будівельного майданчика: централізована лінія, децентралізовані дизель-генератори з виходом на гібридні системи з ВДЕ. Переваги та недоліки існуючих підходів.....	15
1.3. Оцінка потенціалу використання децентралізованих систем електрозабезпечення на базі мобільних модульних гібридизованих станцій з ВДЕ: прогностичний економічний, екологічний ефекти від застосування рішень, проблематика створення систем, основні вимоги до подібних установок, недоліки залежності від погодних умов.....	18
1.4. Аналіз принципів роботи, структури та складу обладнання існуючих стаціонарних автономних та гібридних станцій: проаналізувати ФЕС з накопиченням, ВЕС з накопиченням, системи з можливістю додавання додаткового джерела, наприклад ДЕС.....	20
1.4.1. Автономна ФЕС з накопиченням.....	20
1.4.2. Гібридна ФЕС з накопиченням.....	21
1.4.3. Автономна ВЕС за накопиченням.....	23

1.4.4. Гібридна ВЕС з накопиченням.....	24
1.5. Висновки та постановка задач щодо розробки об'єкту децентралізовано електрозабезпечення для будівельного майданчика.....	25
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	27
2.1. Перелік та характеристика електрообладнання для потреб будівельного майданчика .....	18
2.2. Опис технологічного процесу та графіка роботи будівельного майданчика.....	29
2.3. Моделювання графіка електричних навантажень будівельного майданчика.....	31
2.4. Вибір типу і параметрів фотоелектричних модулів (ФЕМ) до встановлення на ФЕС.....	36
2.5. Розрахунок приведених експлуатаційних параметрів ФЕМ.....	38
2.6. Вибір параметрів та характеристик інвертора для станції.....	38
2.7. Розрахунок параметрів та схеми з'єднань стрінгів ФЕМ для підключення до інвертора.....	39
2.7.1. Максимальний струм в ланцюгу.....	39
2.7.2. Максимальна напруга в ланцюгу.....	40
2.8. Визначення допустимої кількості модулів в ланцюгу з врахуванням МРР трекера інвертора .....	42
2.9. Перевірка сумарної кількості сонячних модулів з врахуванням номінальної потужності інвертора.....	43
2.10. Визначення конструктивних параметрів стола ФЕМ.....	45
2.11. Вибір параметрів кабельних ліній мережі постійного струму.....	46

2.12. Визначення втрат потужності в мережі постійного струму....	46
2.13. Вибір та обґрунтування структури та конструктивного виконання децентралізованого джерела.....	47
2.14. Вибір параметрів додаткового резервного джерела енергії та накопичувачів.....	47
2.15. Вибір параметрів кабельних ліній напругою 0,4 кВ.....	48
2.16. Вибір захисної комутаційної апаратури.....	50
2.17. Розрахунок продуктивності децентралізованого джерела .....	51
2.18. Охорона праці на об'єкті.....	54
2.18.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проєктованого технологічного процесу, об'єкту, системи або пристрою .....	55
2.8.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	57
2.8.3 Пожежна профілактика.....	61
2.19. Техніко-економічне обґрунтування.....	63
2.19.1 Вступ .....	64
2.19.2 Розрахунок витрат в проєкті пересувної автономної СЕС.....	66
2.19.3 Розрахунок витрат на актуальний спосіб електропостачання будівельного містечка .....	80
2.19.4. Висновки .....	82
Загальні висновки з проєкту.....	83
Перелік посилань.....	84
Додаток А.....	87
Додаток Б.....	88
Додаток В.....	89

## Вступ

Станом на березень 2020 року встановлена потужність ВДЕ в Україні становить:

- ТЕС – 4811 МВт;
- ГАЕС – 1488 МВт;
- СЕС – 4231 МВт;
- ВЕС – 1037 МВт;
- Станції на біопаливі – 152 МВт.

Нижче наведені діаграми та графіки, що характеризують частку ВДЕ в ОЕС України та їх розвиток з роками (рис. 1-4). [1]

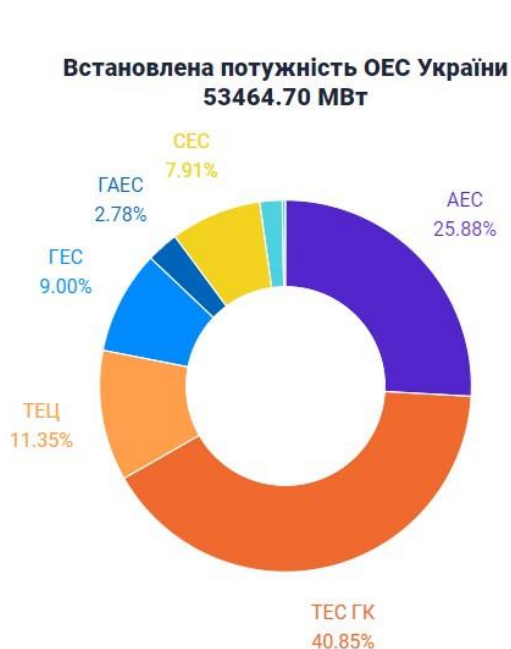


Рисунок 1 - Встановлена потужність ОЕС України станом на березень 2020 р.

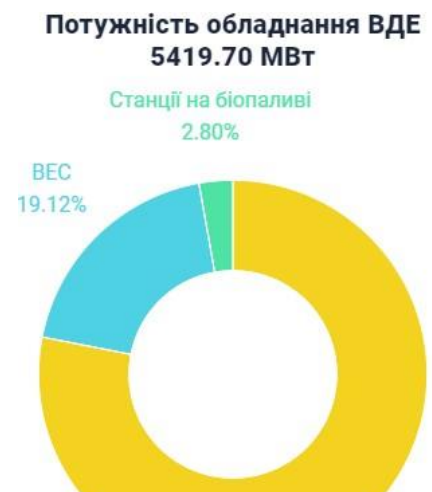
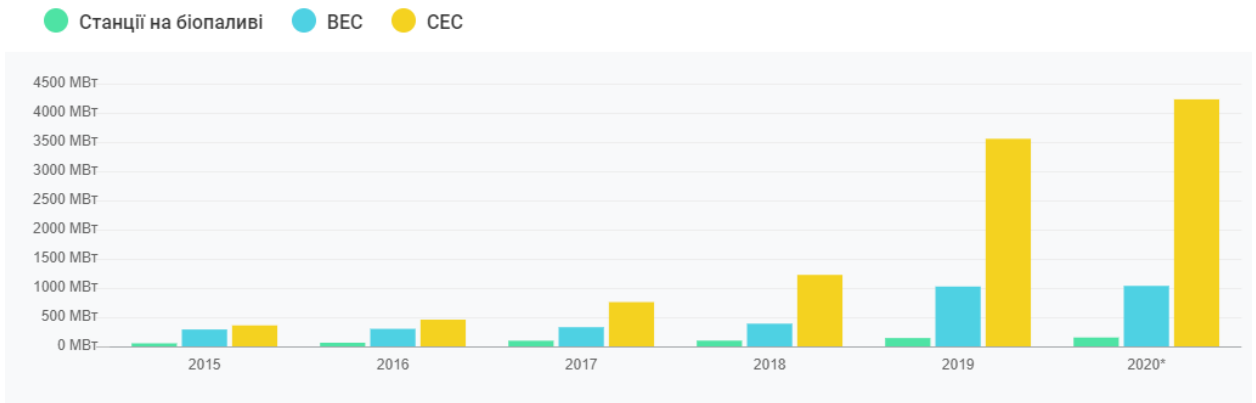


Рисунок 2 - Потужність обладнання ВДЕ станом на березень 2020 р.



### Встановлена потужність відновлювальних джерел енергії за 2015 – 2020 роки



Значення наведені без урахування тимчасово окупованих територій України. Значення станом на 31.03.2020

Рис. 3 Встановлена потужність відновлюваних джерел енергії за 2015 – 2020 рр.

Рисунок 3 - Встановлена потужність відновлюваних джерел енергії за 2015-2020 рр.

### Помісячна встановлена потужність відновлювальних джерел енергії за 2018 – 2020 роки

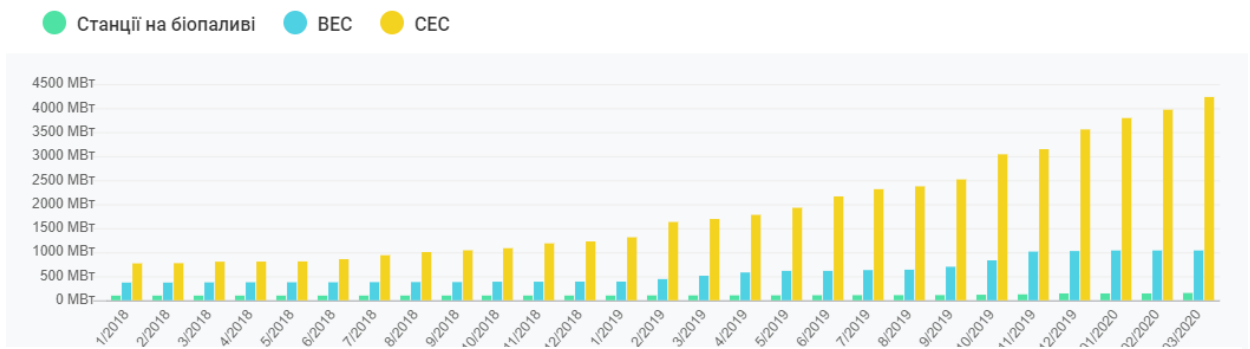


Рисунок 4 - Помісячна встановлена потужність відновлюваних джерел енергії за 2018-2020 рр.

В останні роки в Україні, після надання державної підтримки, генерація на ВДЕ набула достатньо стрімкого розвитку (рис.5). У 2019 році виробіток електричної енергії на ВДЕ в загальній структурі виробництва електричної енергії досягнув 3,6 %, або 5,5 млрд. кВт·год (для прикладу весь

експорт електричної енергії до країн Східної Європи з ОЕС України у 2019 році склав величину на рівні 5,8 млрд кВт·год).[2]

Технологія ВДЕ	Приріст по відношенню до попереднього року ВДЕ 2013-2020 рр., МВт							
	роки							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*	2020**
ВЕС	108,9	137	-81,1	-123,6	20,4	60,6	704,3	900
СЕС	245,6	18,6	-222,9	98,9	300,4	466,4	2 666,92	2 100
БіоЕС	0	35,4	17	10,2	34,3	1,8	37,8	20

\* — за оперативними даними 2019 року.

Рисунок 5 - Динаміка введення в експлуатацію об'єктів генерації на ВДЕ

Поряд з цим, в контексті задекларованих цілей сталого розвитку та політики енергетичного переходу від існуючої енергосистеми до енергосистеми побудованої на новітніх принципах та технологіях за відмови від використання викопного органічного палива, частка генерації, яка використовує ВДЕ, на рівні 2050 року повинна становити не менше 50 % у виробництві електричної енергії при реалізації сценаріїв, які передбачають підтримку атомної генерації на рівні не менш 14 ГВт, та подальший перехід до 70 % використання ВДЕ для вирішення 37 завдань електрозабезпечення власних споживачів при відмові від подальшого розвитку атомної енергетики в країні. [2]

На сьогодні існує завдання розробки, створення та встановлення систем акумулювання електроенергії на державному рівні. Це має стати одним з кроків до вирішення проблем маневрових можливостей енергосистеми.

Можна сказати, що тенденція розвитку вироблення електричної енергії з відновлюваних джерел енергії продовжує набирати обертів в умовах критичного зменшення, згідно прогнозів, запасів традиційних джерел енергії, загострення проблема забруднення оточуючого середовища та явних переваг такого способу генерації електроенергії. Надалі буде розглянуто, наскільки електростанції на ВДЕ застосовуються повсюдно та як за допомогою них

можуть зменшити свої капіталовкладення учасники інфраструктури будівельної галузі

У першому кварталі 2020 року глобальне використання відновлюваної енергії в усіх секторах збільшилося приблизно на 1,5% в порівнянні з першим кварталом 2019 року. Вироблення електроенергії з відновлюваних джерел збільшилося майже на 3%, головним чином через нові проєкти в області вітрової і сонячної енергетики, завершених у минулому році. Використання відновлюваних джерел енергії у вигляді біопалива скоротилося в першому кварталі 2020 року, так як споживання змішаного палива для автомобільного транспорту скоротилося.

За оцінками Міжнародного енергетичного співтовариства, загальне використання відновлюваної енергії в світі виросте приблизно на 1% в 2020 році. Очікується, що поширення використання сонячної, вітрової та гідроенергетики посприє зростанню вироблення відновлюваної електроенергії майже на 5% в 2020 році. Однак це зростання менше, ніж передбачалося до кризи Covid-19.

У першому кварталі 2020 року глобальне використання відновлюваної енергії було на 1,5% вище, ніж в першому кварталі 2019 року. Збільшення було обумовлено зростанням приблизно на 3% вироблення електроенергії з відновлюваних джерел завершеними в 2019 році проєктами на більш ніж 100 ГВт сонячної фотоелектричної енергії і близько 60 ГВт вітроенергетичних проєктів. Крім того, наявність вітру була високою в Європі і Сполучених Штатах в першому кварталі 2020 року. Поновлювані джерела енергії також стійкі до зниження попиту на електроенергію, тому що вони, як правило, використовуються перш інших джерел електроенергії через їх низькі експлуатаційних витрат або правила, які надають їм пріоритетності.

Частка відновлюваних джерел енергії в світовому виробництві електроенергії підскочила майже до 28% в першому кварталі 2020 року з 26% в першому кварталі 2019 року. Збільшення відновлюваних джерел енергії відбулося в основному за рахунок вугілля і газу, хоча ці два джерела, як і раніше становлять близько 60% світової електроенергії постачання. У першому кварталі 2020 року змінні відновлювані джерела енергії - у вигляді сонячної фотоелектричної енергії та енергії вітру - досягли 9% генерації, в порівнянні з 8% в першому кварталі 2019 року. [3]

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було розглянуте проєктне рішення щодо використання дизельних генераторів на будівництві задля забезпечення електроенергією будівельного містечка. В якості альтернативи була запропонована пересувна автономна сонячна електростанція с резервним живленням у виді генератора на випадок, якщо погодні умови не передбачають генерацію (якщо напруга на інверторі менше мінімальної стартової, електроенергія не вироблятиметься) та не вистачає заряду а постійним задля уникнення призупинення роботи через порушення в електропостачанні акумуляторних батарей. Зроблено це для того, аби постійним за для уникнення призупинення роботи через порушення в електропостачанні живлення містечка було Розроблені заходи з охорони праці дозволять знизити травматизм і нещасні випадки при експлуатації електротехнічного обладнання. Також розглянуті питання пожежної безпеки.

постійним задля уникнення призупинення роботи через порушення в електропостачанні.

Розроблені заходи з охорони праці дозволять знизити травматизм і нещасні випадки при експлуатації електротехнічного обладнання. Також розглянуті питання пожежної безпеки.

В економічній частині проекту виконаний розрахунок економічного ефекту від впровадження даної установки. Застосування розробленого технічного рішення вимагає відносно знанчих початкових інвестицій, проте є шляхи до оптимізації задля їх зменшення та, маючи при цьому розрахунковий термін окупності проекту 1 рік та 4 місяці, розроблений проект дозволить економити витрати на електропостачання будівельного містечка, тобто розроблений проект можна попередньо визначити доцільним для впровадження на будівельних майданчиках.

Для більш детального ознайомлення з матеріалами кваліфікаційної роботи звертайтеся до заступника завідуючого кафедри електроенергетики проф. Луценко І.М.  
Електронна адреса [lutsenko.i.m@nmu.one](mailto:lutsenko.i.m@nmu.one)