

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

Інститут Електроенергетики  
(інститут)

Електротехнічний факультет  
(факультет)

Кафедра електроенергетики  
(повна назва)

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

студента Паніна Дениса Дмитровича  
(ПІБ)

академічної групи 141-18з-1  
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(офіційна назва)

**на тему: «Розробка електричної схеми фотоелектричної  
станції потужністю 16 МВт»**

(назва за наказом ректора)

| Керівники                 | Прізвище,<br>ініціали | Оцінка за шкалою |               | Підпис |
|---------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
|                           |                       | рейтинговою      | інституційною |        |
| кваліфікаційної<br>роботи |                       |                  |               |        |
| розділів:                 |                       |                  |               |        |
| Спеціальний               | Папаїка Ю.А.          |                  |               |        |
| Економічний               | Тимошенко<br>Л.В.     |                  |               |        |
| Охорона праці             |                       |                  |               |        |
|                           |                       |                  |               |        |
|                           |                       |                  |               |        |
| <b>Рецензент</b>          |                       |                  |               |        |
| <b>Нормоконтролер</b>     | Олішевський<br>Г.С.   |                  |               |        |

Дніпро  
2022

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
електроенергетики  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Папаїка Ю.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студенту Паніну Д.Д. академічної групи 141-18з-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)  
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(офіційна назва)  
на тему «Розробка електричної схеми фотоелектричної станції потужністю 16  
МВт»

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

| Розділ               | Зміст   | Термін виконання    |
|----------------------|---|---------------------|
| <i>Спеціальний</i>   | ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ<br>ПРОЕКТУВАННЯ   | 01.05.22...31.05.22 |
|                      | ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ<br>ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНІЧНИХ<br>РІШЕНЬ                             |                     |
| <i>Економічний</i>   | ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ<br>ЗАСТОСУВАННЯ<br>ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ НА<br>ВИРОБНИЦТВІ | 01.06.22...07.06.22 |
| <i>Охорони праці</i> | ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ  | 08.06.22...14.06.22 |

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента)

Папаїка Ю.А.

(прізвище, ініціали)

Панін Д.Д.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: рисунків 36; сторінок 89; джерел 10

СОНЯЧНА ЕЛЕКТРО СТАНЦІЯ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ МОДУЛЬ, СТРИНГ, ІНВЕРТОР, ГЕНЕРАЦІЯ, АВТОМАТИКА НІЧНОГО ВИМИКАННЯ, ВЛАСНІ ПОТРЕБИ, ПОЛЕ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Об'єкт розроблення – промислова мережева фотоелектрична станція із потужністю перемінного струму 16 МВт.

Мета роботи – знаходження оптимальних рішень під час будівництва стаціонарної фотоелектричної станції, потужністю 16/20,217 МВт у передмісті м. Дніпро, а також оптимізація споживання електроенергії з мережі для «власних потреб» СЕС.

Результати та їх новизна – розроблена електрична схема фотоелектричної станції, на якій встановлене сучасне обладнання, і яка гарантовано надійна та безпечна в обслуговуванні.

Автоматика нічного відключення, на пару із системою власних потреб робить розроблену схему найбільш оптимальною та економічно обґрунтованою.

Сфера застосування - результати моєї кваліфікаційної роботи призначені для подальшого використання в революції енергосистеми України, для переходу до альтернативних джерел енергії, адже ми повинні позбутися звички користуватися традиційними джерелами енергії, через надшкідливий вплив для оточення, екології, та через велику перспективність "Зеленої Енергетики".

Практична значимість кваліфікаційної роботи - пошук оптимальних, технічно й економічно обґрунтованих рішень для збудування промислової мережевої СЕС 16/20,217 МВт , задля розвитку у нашій країні альтернативної енергетики, та поступового витіснення з енергоринку традиційних способів видобутку електроенергії, які використовують різноманітні ТЕС, ДРЕС, АЕС, ГЕС і т.д..

## Зміст

|  |    |
|--|----|
| Вступ .....  | 5  |
| Основна частина  |    |
| 1 Фотоелектрична станція. Енергія сонця.....   | 7  |
| 2 Основні плюси та мінуси СЕС .....  | 9  |
| 3 Загальні відомості про об'єкт розробки .....   | 11 |
| 3.1 Коротка характеристика об'єкта, дані про проектну потужність об'єкта                 |    |
| 3.2 Коротка характеристика району і площадки будівництва                                 |    |
| 3.3 Мережі постійного струму та мережі 0,8 кВ генерованих потужностей                    |    |
| 3.3.1 Загальні дані  |    |
| 3.3.2 Сонячні модулі   |    |
| 3.3.3 Інвертор   |    |
| 3.4 Комплектна трансформаторна підстанція  |    |
| 3.5 Розподільчі мережі 10 та 0,8 кВ  |    |
| 3.6 Облік електроенергії на стороні 0,4 кВ.  |    |
| 3.7 Облік електроенергії на стороні 35кВ та 10 кВ.                                       |    |
| 3.8 Мережі 0,4 кВ власних потреб   |    |
| 3.9 Релейний захист і автоматика   |    |
| 3.10 Захист ланцюгів сонячних панелей  |    |
| 3.11 Захист інвертора  |    |
| 3.12 Система моніторингу параметрів сонячної електростанції                              |    |
| 4 Вибір обладнання.....  | 21 |
| 4.1 Сонячні панелі   |    |
| 4.2 Інвертори  |    |
| 4.3 Комплектно трансформаторна підстанція 10/0,8кВ                                       |    |
| 4.4 Вибір і перевірка перерізу кабельної лінії 10 кВ КРПЗ 10кВ - КТП №1                  |    |
| 4.4.1 Перевірочний розрахунок для вибору способу заземлення екранів                      |    |
| 4.4.2 Розрахунок питомого індуктивного опору струмопровідного екрана одножильних кабелів |    |
| 4.5 Вибір і перевірка перерізу кабельної лінії 10 кВ КТП №2- КТП №3                      |    |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.5.1  | Перевірочний розрахунок для вибору способу заземлення екранів                      |    |
| 4.5.2  | Розрахунок питомого індуктивного опору струмопровідного екрана одножильних кабелів |    |
| 5      | Підключення фотомодулів до інвертора .....   | 42 |
| 6      | Робота в HelioScore.....   | 47 |
| 7      | Розрахунок продуктивності ФЕС.....   | 57 |
| 8      | Підстанція 35/10 кВ.....   | 62 |
| 9      | Автоматика нічного відключення.....  | 67 |
| 10     | Економічна частина.....  | 71 |
| 10.1   | Виріток електроенергії   |    |
| 10.2   | Прибуток станції   |    |
| 10.3   | Витрати СЕС протягом року  |    |
| 10.4   | Кінцевий підрахунок виробленої електроенергії, витрат та прибутку щомісячно        |    |
| 11     | Охорона праці.....   | 75 |
| 11.1   | Охорона праці (Електротехнічні рішення)  |    |
| 11.1.1 | Перелік основних нормативних документів  |    |
| 11.1.2 | Заходи щодо забезпечення безпеки процесів  |    |
| 11.1.3 | Охорона праці та виробнича санітарія   |    |
| 11.1.4 | Електробезпека   |    |
| 11.1.5 | Протипожежні заходи  |    |
| 11.2   | Охорона праці і техніка безпеки  |    |
| 11.3   | Протипожежне забезпечення будівництва  |    |
| 11.4   | Забезпечення надійності та безпеки   |    |
| 11.5   | Розрахунок захисного заземлення  |    |
| 11.6   | Пожежна профілактика   |    |
| 11.7   | Безпека в надзвичайних ситуаціях   |    |
|        | Висновки.....  | 88 |
|        | Список використаної літератури.....  | 89 |

## ВСТУП

Протягом усього періоду розвитку цивілізації відбувалася боротьба за набуття нових, ефективніших форм енергії. За тисячі років було пройдено шлях від оволодіння вогню до застосування керованої ядерної реакції в атомних електростанціях. Тому в історії людства прийнято виділяти кілька енергетичних революцій, які полягали у переході від одного домінуючого первинного джерела енергії до іншого. Результати цих змін зачіпали не лише сферу енергетики та економіки, а й змінювали соціальний та культурний образ цивілізації.

В даний час Світова енергетика перебуває на роздоріжжі. Зі збільшенням населення Землі економіка вимагає дедалі більше енергії, а запаси викопного палива, у якому заснована традиційна енергетика, не безмежні. Зростання вартості викопного палива погіршується і тим, що використання колосальних розмірів використання вуглеводнів завдає відчутної шкоди навколишньому середовищу, що відбивається на якості життя населення. А це означає, що в майбутньому потреби в енергії, а значить і в нових способах її отримання, тільки збільшуватимуться. На зміну ері вуглеводнів (нафти та газу), прийде ера використання альтернативної, чистої енергії.

Основні причини, що вказують на важливість якнайшвидшого переходу до АДЕ:

**Глобально-екологічний:** сьогодні загальновідомий і доведений факт згубного впливу на навколишнє середовище традиційних енерговидобувних технологій (в т.ч. ядерних та термоядерних), їхнє застосування неминуче веде до катастрофічної зміни клімату вже у перших десятиліттях ХХІ століття.

**Політичний:** та країна, яка першою повною мірою опанує альтернативну енергетику, здатна претендувати на світову першість і фактично диктувати ціни на паливні ресурси.

**Економічний:** перехід на альтернативні технології в енергетиці дозволить зберегти паливні ресурси країни для переробки у хімічній та інших галузях промисловості. Крім того, вартість енергії, що виробляється багатьма альтернативними джерелами, вже сьогодні нижча за вартість енергії з традиційних джерел, та й терміни окупності будівництва альтернативних електростанцій істотно коротші. Ціни на альтернативну енергію знижуються, а на традиційну постійно зростають.

**Соціальний:** чисельність та щільність населення постійно зростають. При цьому важко знайти райони будівництва АЕС, ДРЕС, де виробництво енергії було б рентабельним та безпечним для навколишнього середовища. Загальновідомі факти зростання онкологічних та інших важких захворювань у районах розташування АЕС, великих ДРЕС, підприємств паливно-енергетичного комплексу, добре відома шкода, яку завдають гігантські рівнинні ГЕС, – все це збільшує соціальну напруженість.

**Еволюційно-історичний:** у зв'язку з обмеженістю паливних ресурсів на Землі, а також експоненційним наростанням катастрофічних змін в атмосфері та біосфері планети існуюча традиційна енергетика є тупиковою; для еволюційного розвитку суспільства необхідно негайно розпочати поступовий перехід на альтернативні джерела енергії.

Саме з нетрадиційними відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) пов'язують майбутнє енергетики. Зусиллями світової науки було виявлено безліч таких джерел, більшість із них вже використовується більш менш широко. В даний час загальний внесок ВДЕ у світовий енергобаланс поки що невеликий, близько 20% кінцевого споживання енергії. При цьому на частку біопалива та гідроенергії, що використовуються традиційними способами, припадає основна частина – близько 17 %, нетрадиційних ВДЕ лише близько 3 %.

Енергетика є одним із тих секторів світової економіки, зміни в яких необхідні, щоб уникнути неприйнятних наслідків глобального потепління. Оцінки енергоінфраструктури на основі глобального емісійного бюджету

CO<sub>2</sub> показують, що після 2017 року у світі не повинні вводитися в дію нові електростанції, що працюють на викопному паливі.

Найбільш відомі та частково застосовуються такі види енергії:

- енергія сонця;
- енергія вітру;
- біоенергетика;
- енергія припливів та хвиль;
- теплова енергія Землі;
- енергія атмосферної електрики та грозова енергетика.

З усіх існуючих видів альтернативної енергетики найбільш затребуваними є сонячна, вітро- та гідроенергетика.

Збільшення частини генерації з відновлюваних джерел електроенергії є, на сьогоднішній день, одним з найактуальніших завдань електроенергетики України, оскільки для роботи атомної енергетики Україна не має свого ядерного палива і це паливо імпортується (і раніше це паливо купувалося в росії), видобуток власного вугілля для вироблення теплової електроенергії, в повному обсязі, зараз також неможливе через окупацію російськими військами територій, де сконцентровані об'єкти вугільної промисловості України.



## **Висновки**

Отримані результати кваліфікаційної роботи відповідають дійсним показникам сонячних електро станцій у наших широтах.

Можливі сфери застосування результатів кваліфікаційної роботи - побудова нових ФЕС, аналіз, користування результатами для розробки, розрахунку СЕС, розширення енергоринку України шляхом користування альтернативними джерелами енергії.

На мою думку, тема СЕС дуже перспективна, і тому, заслуговує на продовження досліджень.

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)