

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 магістра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Ахмедова Олександра Ахмедовича  
(ПІБ)

академічної групи 141М-18-3  
(шифр)

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

спеціалізації \_\_\_\_\_  
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та  
(офіційна назва)

електромеханіка  
на тему Обґрунтування параметрів системи регулювання енергосистеми з  
врахуванням вводу в експлуатацію сонячних електростанцій  
(назва за наказом ректора)

| Керівники                 | Прізвище,<br>ініціали | Оцінка за шкалою |               | Підпис |
|---------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
|                           |                       | рейтинговою      | інституційною |        |
| кваліфікаційної<br>роботи | Хілов В.С.            |                  |               |        |
| розділів:                 |                       |                  |               |        |
| Розділ 1                  | Ципленков Д.В.        |                  |               |        |
| Розділ 2                  | Ципленков Д.В.        |                  |               |        |
| Розділ 3                  | Тимошенко Л.В.        |                  |               |        |
| Рецензент                 |                       |                  |               |        |
| Нормоконтролер            | Олішевський Г.С.      |                  |               |        |

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2019

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
в.о. завідувача кафедри

електроенергетики  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Рогоза М.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню \_\_\_\_\_ магістра \_\_\_\_\_**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Ахмедову Олександрю Ахмедовичу академічної групи 141з-18-3  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

на тему Обґрунтування параметрів системи регулювання енергосистеми з врахуванням вводу в експлуатацію сонячних електростанцій

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 07.11 2019 р.  
№ 2075-л

| Розділ   | Зміст   | Термін виконання |
|----------|---|------------------|
| Розділ 1 | Стан питання та постановка задачі дослідження   | 19.09.2019       |
| Розділ 2 | Аналіз необхідного рівня регулювання електроенергетичної системи з урахуванням перспективи розвитку ВДЕ до 2035 р | 02.10.2019       |
| Розділ 3 | Техніко-економічне обґрунтування  | 09.11.2019       |

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

Хілов В.С.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 12.09.2019

Дата подання до екзаменаційної комісії 12.12.2019

**Прийнято до виконання** \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Ахмедов О.А.  
(прізвище, ініціали)

## Реферат

Пояснювальна записка: 62 сторінки, рисунків - 22, таблиць - 4, додаток - 1.

Об'єкт дослідження – система електрогенерації на основі відновлюваних джерел енергії в об'єднаній енергетичній системі України, сучасний стан та перспективи розвитку.

У вступі розглядаються стан проблеми балансування системи генерації електричної енергії в Україні, сформульовано основні завдання дипломного проекту.

У першій частині розглянуто розвиток систем генерації електричної енергії з відновлювальними джерелами енергії в Україні, розглянуто принципи роботи, види та застосування регуляторів електричних навантажень, сформульована наукова задача роботи.

У другій частині проекту виконаний аналіз світового досвіду використання регуляторів електроенергетичної системи з використанням ВДЕ, розглянуто тенденції розвитку електроенергетики в світі. На основі режимів роботи єдиної енергетичної системи України визначено необхідну потужність системи водневих регуляторів з урахуванням довгострокової перспективи до 2035 року.

В техніко-економічному обґрунтуванні виконано розрахунок капітальних і експлуатаційних витрат системи водневого акумулювання електроенергії, дано техніко-економічне обґрунтування розроблених заходів. Визначено термін окупності запропонованого заходу

СИСТЕМА ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З  
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ, ОБ'ЄДНАНА ЕНЕРГЕТИЧНА  
СИСТЕМА УКРАЇНИ, ДОБОВІ ГРАФІКИ НАВАНТАЖЕНЬ, СИСТЕМА  
РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАЦІЇ, РЕГУЛЯТОРИ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ, ВОДНЕВІ АККУМУЛЯТОРИ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

## **Abstract**

Explanatory note: 62 pages, drawings - 22, tables - 4, applications - 1.

The object of the research is the system of electricity generation on the basis of renewable energy sources in the unified energy system of Ukraine, current state and prospects for development.

The introduction addresses the state of the problem of balancing the electricity generation system in Ukraine, outlines the main objectives of the diploma project.

The first part deals with the development of electricity generation systems with renewable energy sources in Ukraine, discusses the principles of operation, types and application of load regulators, formulates the scientific task of work.

In the second part of the project, an analysis of the world experience in the use of power system regulators using RES has been made, trends in the development of electricity in the world are considered. On the basis of the modes of operation of the unified energy system of Ukraine, the required capacity of the system of hydrogen regulators has been determined, taking into account the long-term perspective until 2035.

In the feasibility study, the calculation of the capital and operating costs of the system of hydrogen energy storage, provided a feasibility study of the measures. The payback period of the proposed event has been determined

ELECTRIC POWER GENERATION SYSTEM WITH  
VIDNOVLYUVALNIMI SOURCES UKRAINE UNIFIED ENERGY SYSTEM,  
DAILY SCHEDULE LOADS, POWER GENERATION SYSTEM OF  
REGULATION, REGULATORS ELEKTROENERHETICHOYI SYSTEM  
POWER HYDROGEN AKKUMULATORY

## Зміст

|          |  |    |
|----------|--|----|
|          | <b>Вступ</b>   | 6  |
| <b>1</b> | <b>Стан питання та постановка задачі дослідження</b>   | 7  |
| 1.1      | Розвиток систем генерації електричної енергії з відновлювальними джерелами енергії в Україні                             | 7  |
| 1.2      | Принципи роботи та застосування регуляторів електричних навантажень  | 14 |
| 1.3      | Постановка задачі дослідження  | 24 |
| <b>2</b> | <b>Аналіз необхідного рівня регулювання електроенергетичної системи з урахуванням перспективи розвитку ВДЕ до 2035 р</b> | 26 |
| 2.1      | Світовий досвід використання регуляторів електроенергетичної системи з використанням ВДЕ                                 | 26 |
| 2.1.1    | Тенденції розвитку електроенергетики в світі   | 26 |
| 2.1.2    | Досвід використання систем регулювання генерації електроенергії в Україні і світі  | 28 |
| 2.1.3    | Воднева енергетика   | 33 |
| 2.2      | Єдина енергетична система України. Режими роботи і графіки навантажень   | 35 |
| 2.3      | Визначення необхідної потужності системи водневих регуляторів з урахуванням довгострокової перспективи до 2035 року      | 41 |
| <b>3</b> | <b>Техніко-економічне обґрунтування</b>  | 50 |
| 3.1      | Введення   | 50 |
| 3.2      | Розрахунок капітальних витрат  | 51 |
| 3.3      | Розрахунок експлуатаційних витрат  | 52 |
| 3.4      | Визначення річної економії   | 56 |
| 3.5      | Визначення та аналіз показників економічної ефективності   | 56 |
|          | <b>Висновки</b>  | 59 |
|          | <b>Перелік посилань</b>  | 60 |
|          | <b>Додаток</b>   | 62 |

## Вступ

Статистична служба Європейського союзу (Eurostat) вважає, що Україна потенційно здатна виробляти з відновлюваних джерел не менше 74% від вироблюваної в країні енергії, тоді як зараз цей рівень становить близько 6%. В цілому частка поновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в загальному виробництві електроенергії в Україні значно менше, ніж в країнах ЄС.

Підсумовуючи і аналізуючи інформацію з офіційних джерел можна зробити висновок, що при збереженні темпів введення в експлуатацію генеруючих потужностей з ВДЕ, відновлювальна енергетика на протязі найближчих 10 років займе до 30% ринку виробки електричної енергії країни. Однак у зв'язку з фізичною природою вироблення електричної енергії системами з ВДЕ, яка є періодичною, необхідно передбачити установку і підключення до енергосистеми України регуляторів електричної потужності

Таким чином дослідження систем акумулювання електроенергії є актуальною практичною і науковою задачею.

В якості об'єкта дослідження в роботі прийнята система електрогенерації на основі відновлюваних джерел енергії в об'єднаній енергетичній системі України з урахуванням довгострокової перспективи розвитку до 2035 року. Предмет дослідження - система акумулювання електроенергії на основі водневої енергетиці, яка включає сукупність технологій виробництва, транспортування, акумулювання і використання універсального вторинного енергоносія - водню.

В роботі виконано аналіз необхідної потужності системи водневих регуляторів з урахуванням довгострокової перспективи розвитку СЕС до 2035 року.

В техніко-економічному обґрунтуванні виконаний розрахунок капітальних і експлуатаційних витрат та визначено строк окупності водневої системи акумулювання електроенергії потужністю 50 МВт за умови перспективи відміни «зеленої тарифікації» після грудня 2029 року.

## Висновки

У дипломному проекті розглянуті особливості системи електрогенерації на основі відновлюваних джерел енергії в об'єднаній енергетичній системі України з урахуванням довгострокової перспективи розвитку до 2035 року.

В роботі виконаний аналіз світового досвіду використання регуляторів електроенергетичної системи з використанням ВДЕ, розглянуто тенденції розвитку електроенергетики в світі. На основі режимів роботи єдиної енергетичної системи України визначено необхідну потужність системи водневих регуляторів з урахуванням довгострокової перспективи до 2035 року.

На підставі проведених розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. Існуюча на початок 2019 року структура генеруючих джерел дозволяє інтегрувати ВЕС та СЕС сумарно до 4 ГВт без погіршення показників балансової надійності ОЕС України.

2. Аналіз добових графіків електричних навантажень ОЕС України і проведені розрахунки показали, що вже сьогодні в країні присутня дефіцит акумулюючих потужностей в межах 1 ГВт.

3. З урахуванням збільшенні частки генерації від ВДЕ до 25%, як це передбачає план розвитку до 2035 року, енергосистема України потребує впровадження систем акумулювання електроенергії на основі водневих накопичувачів загальною потужністю близько 5,6 ГВт.

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)