

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Навчально-науковий Інститут Електроенергетики  
(інститут)  
Електротехнічний  
(факультет)  
Кафедра ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Дєдова Владислава Володимировича

(ПІБ)

академічної групи 141М-19-3

(шифр)

спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

(офіційна назва)

на тему Обґрунтування параметрів обладнання та режимів роботи фотоелектричної станції з розробкою системи телемеханіки

(назва за наказом ректора)

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.			
Економічний розділ	Тимошенко Л.В.			
<b>Рецензент</b>	Немер П.В.			
<b>Нормоконтролер</b>	Олішевський Г.С			

Дніпро  
2020

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри

**Електроенергетики**

(повна назва)

Папаїка Ю.А.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

Студенту Дєдов В.В. академічної групи 141М-19-3  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА  
спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

(офіційна назва)

на тему **Обґрунтування параметрів обладнання та режимів роботи**  
**фотоелектричної станції з розробкою системи телемеханіки**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 20.11.2020 р. № 965-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	Провести огляд структури створення фотоелектричних станцій, розглянути основні принципи систем телемеханіки і автоматизованих систем керування.	12.10.20 -01.11.20
Спеціальний	Обґрунтувати параметри і режими використання обладнання телемеханіки для фотоелектричної станції.	02.11.20-29.11.20
Економічний	Виконати техніко-економічні розрахунки доцільності використання обладнання телемеханіки.	30.11.20-13.12.20

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_ (підпис керівника)

Луценко І.М.

(прізвище, ініціали)

**Дата видачі**

24.09.2020

**Дата подання до екзаменаційної комісії**

17.12.2020

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

Дєдов В.В.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 109 сторінок, 4 таблиці, 9 рисунків, 18 джерел, 1 додаток.

Ключові слова: фотоелектрична станція, сонячна станція, система телемеханіки, автоматизована система керування технологічним процесом, система моніторингу, SCADA система, обладнання телемеханіки, обґрунтування обладнання.

Мета кваліфікаційної роботи: провести обґрунтування обладнання та параметрів роботи фотоелектричної станції з розробкою системи телемеханіки, провести аналіз використання автоматизованих систем керування для сонячних станцій.

У вступі приводиться короткий опис того навіщо необхідно встановлювати автоматизовані системи керування для сонячних станцій і чому необхідно розвивати цей напрям.

У технологічному розділі розглядаються процеси та структури пов'язані з будівництвом і експлуатацією фотоелектричних станцій промислового типу.

У спеціальному розділі обґрунтовується обладнання яке застосовується при будівництві та експлуатації сонячних електростанцій. Проведені розрахунки параметрів роботи обладнання та фотоелектричної станції.

У економічному розділі проводиться техніко-економічне обґрунтування доцільності використання якісних і надійних автоматизованих систем керування та моніторингу.

Результати роботи: при впровадженні, надійного і якісного, обладнання та систем телемеханіки і автоматизованих систем керування, приводить до надійної роботи фотоелектричної станції що сприяє до підвищення прибутку.

## ABSTRACT

Explanatory note: 95 pages, 4 tables, 1 figure, 20 sources, 1 appendix.

Key words: photovoltaic station, solar station, telemechanics system, automated process control system, monitoring system, SCADA system, telemechanics equipment, equipment substantiation.

The purpose of the qualification work: to substantiate the equipment and parameters of the photovoltaic station with the development of a telemechanics system, to analyze the use of automated control systems for solar stations.

The introduction provides a brief description of why it is necessary to install automated control systems for solar stations and why it is necessary to develop this area.

The technological section considers the processes and structures associated with the construction and operation of photovoltaic plants of industrial type.

A special section substantiates the equipment used in the construction and operation of solar power plants. Calculations of operating parameters of the equipment and photovoltaic station are carried out.

In the economic section the feasibility study of expediency of use of qualitative and reliable automated control and monitoring systems is carried out.

Results of work: at introduction, reliable and qualitative, the equipment and systems of telemechanics and the automated control systems, leads to reliable work of photovoltaic station that promotes increase of profit.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	9
1.1 Технологічний процес будівництва фотоелектричних станцій .....	9
1.1.1 Створення концепції та пошук відповідної ділянки землі .....	10
1.1.2 Попереднє техніко-економічне обґрунтування .....	10
1.1.3 Складання техніко-економічного обґрунтування.....	11
1.1.4 Отримання дозволів на будівництво.....	12
1.1.5 Інжиніринг і проектування сонячних електростанцій .....	12
1.1.6 Будівництво сонячної електростанції .....	12
1.1.7 Підключення сонячної станції до електромережі .....	14
1.1.8 Випробування і введення в експлуатацію .....	15
1.2 Технічне завдання на проектування ФЕС 20МВт .....	15
1.2.1 Загальний вигляд технічного завдання на проектування промислових ФЕС.....	15
1.2.2 Технічні рішення на проектування ФЕС 20МВт.....	17
1.3 Структура мережевих фотоелектричних наземних станцій.....	21
1.3.1 Фотоелектричні модулі, загальні відомості .....	22
1.3.2 Мережеві інвертори, загальні відомості.....	23
1.3.3 Комплектна трансформаторна підстанція (КТП), загальні відомості..	25
1.3.4 Розподільчі підстанції (РП), загальні відомості .....	25
1.4 Вимоги до систем моніторингу, автоматики і телемеханіки ФЕС .....	26
1.4.1 Системи моніторингу ФЕС .....	26
1.4.2 Системи релейного захисту та автоматики ФЕС.....	28
1.4.3 Системи телемеханіки ФЕС.....	29
1.5 Засоби контролю та прогнозування виробництва електричної енергії ФЕС .....	30
1.5.1 Метод Total sky imagery .....	31
1.5.2 Метод аналізу хмарної обстановки по знімках з космосу.....	32
1.5.3 Прогнозування сонячної активності на термін більше однієї доби .....	33

1.5.4 Контроль та прогнозування генерації ФЕС за допомогою акумуляторів електричної енергії. ....	34
<b>2. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>35</b>
2.1 Вибір типу і параметрів сонячних панелей.....	35
2.1.1 Фотоелектричні панелі Risen RSM72-6-335P .....	35
2.1.2 Фотоелектричні панелі Risen RSM144-6-340P .....	36
2.1.3 Фотоелектричні панелі Risen RSM144-6405BMDG.....	37
2.1.4 Фотоелектричні панелі Risen RSM144-6410BMDG.....	38
2.2 Розрахунок робочих характеристик панелей .....	39
2.2.1 Розрахунок потужності модуля Risen RSM72-6-335P за стандартом РТС .....	40
2.2.2 Розрахунок потужності модуля Risen RSM144-6-340P за стандартом РТС .....	41
2.2.3 Розрахунок потужності модуля Risen RSM144-6405BMDG за стандартом РТС.....	42
2.2.4 Розрахунок потужності модуля Risen RSM144-6410BMDG за стандартом РТС.....	43
2.2.5 Розрахунок кута встановлення фотомодулів .....	44
2.3 Розрахунок параметрів та схеми з'єднань фотоелектричних модулів .....	44
2.3.1 Розрахунки з'єднань модулів Risen RSM72-6-335P .....	45
2.3.2 Розрахунки з'єднань модулів Risen RSM144-6-340P.....	50
2.3.3 Розрахунки з'єднань модулів Risen RSM144-6405BMDG .....	53
2.3.4 Розрахунки з'єднань модулів Risen RSM144-6410BMDG .....	56
2.3.5 Висновки розрахунків схеми з'єднання фотомодулів .....	59
2.3.6 Технічне рішення що до схеми з'єднання фотоелектричних панелей. 62	
2.4 Вибір інверторного обладнання. ....	62
2.4.1 Інвертор Huawei SUN2000-185 ktl.....	64
2.4.2 Інвертор Huawei SUN2000-105 ktl.....	66
2.5 Вибір параметрів кабельних ліній фотоелектричної станції.....	67
2.5.1 Кабельні лінії мережі постійного струму.....	68
2.5.2 Кабельні лінії мережі 0,8 кВ .....	69
2.5.3 Кабельні лінії мережі 35 кВ .....	71

2.6 Вибір номінальної напруги та схеми видачі потужності в мережу.....	73
2.6.1 Комплектна розподільча підстанцій закритого типу (КРПЗ) 35кВ.....	74
2.6.2 Комплектна трансформаторна підстанція (КТП) 35/0,8кВ. ....	75
2.7 Розрахунок продуктивності фотоелектричної станції .....	75
2.7.1 Обчислення генерації станції за рік. ....	76
2.8 Обґрунтування систем автоматики та телемеханіки.....	77
2.8.1 Опис схем телемеханіки ФЕС. ....	80
2.8.2 Принцип роботи за структурною схемою телемеханіки ФЕС.....	81
2.9 Обґрунтування структури системи моніторингу роботи станції.....	86
2.9.1 Система SCADA ФЕС. ....	87
2.10 Обґрунтування системи прогнозування та контролю генерації ФЕС .....	92
2.10.1 Метод прогнозування генерації станції.....	92
2.10.2 Контроль генерації станції.....	93
<b>3. ЕКОНОМІЙНИЙ РОЗДІЛ .....</b>	<b>95</b>
3.1 Розрахунок капітальних витрат .....	95
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат .....	97
3.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань .....	98
3.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	99
3.2.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи.....	100
3.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	100
3.2.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії .....	101
3.2.6 Визначення інших витрат.....	102
3.3 Визначення річної економії від впровадження науково-технічного рішення .....	102
3.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності .....	103
<b>Загальні висновки.....</b>	<b>106</b>
<b>Список використаних джерел і літератури.....</b>	<b>107</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>109</b>

## ВСТУП

У сучасному світі розвиток відновлювальної енергетики обґрунтовується зменшенням способів вироблення енергії які потребують постійне використання ресурсів, екологічне покращення ситуацій при використанні відновлювальних джерел енергії та безпечністю виробництва енергії. На всій землі людей мотивують інвестувати у екологічну чисту енергію впроваджуючи зелені тарифи та пільги, тож для більшості власників сонячних електростанцій це є спосіб заробітку грошей.

Для власника фотоелектричних станцій, є важливим скорочення терміну окупності для виходу у прибуток, тож при проектуванні сонячних станцій важливим є вибір якісного і надійного обладнання, та впровадження систем телемеханіки, автоматичних систем управління технологічним процесом (АСУ ТП) та SCADA систем. Дані системи допомагають визначати несправності, та не вірні режими роботи станції, ще до того як виникнуть значні аварійні ситуації, які тягнуть за собою незаплановані витрати.

У даному дипломному проекті розроблено технічне рішення для обладнання сонячної електростанції, 20 МВт, яка будується у місті Запоріжжя. Технічне завдання включає розробку автоматизованої системи керування, системи телемеханіки та моніторингу, що включають в себе усі необхідні технічні вимоги і параметри, та відповідають надійності та якості, для даної фотоелектричної станції.



## Загальні висновки

У кваліфікаційній роботі були розглянуті основні системи та структури будівництва та експлуатації фотоелектричних станцій.

Були розраховані технічні параметри та параметри роботи фотоелектричної станції, проведене обґрунтування обладнання станції. Взяті до уваги питання впровадження систем телемеханіки та експлуатації. Проведене обґрунтування автоматизованих систем керування які використовуються на сонячних електричних станціях. Розглянута система SCADA яка використовується на станції з усіма можливостями та технічним функціоналом як система керування та моніторингу. Надійні та точні автоматизовані системи керування обґрунтовані як системи які допомагають уникати серйозних аварійних ситуацій та заощаджувати кошти власників станцій.

Також при проходженні передатестаційної практики була проведена робота над створенням розділів телемеханіки проектів фотоелектричних станцій, та SCADA систем для сонячних електричних станціях з протоколами обміну зв'язку ModBus та IEC 60870-5-104. Було проведене вивчення різного обладнання яке використовується при проектуванні фотоелектричних станцій.

В економічній частині кваліфікаційної роботи була проведена робота по доцільності впровадження в експлуатацію систем моніторингу та автоматизованих систем керування. Результати показали що при використанні АСК ТП на фотоелектричних станціях можна запобігати серйозним аварійним ситуаціям які б призводили до економічних втрат, що в свою чергу скорочувало термін окупності та зріст прибутковості сонячної станції.

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)