

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 Алексенка Сергія Дмитровича
(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 Моделювання роботи сонячної електростанції в умовах
Ройтлінгенського університету (Німеччина)
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Ципленков Д.В.			
розділів:				
Розділ 1	Ципленков Д.В..			
Розділ 2	Ципленков Д.В.			
Розділ 3	Ципленков Д.В.			
Розділ 4	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 Алексенку Сергію Дмитровичу 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 Моделювання роботи сонячної електростанції в умовах Ройтлінгенського університету (Німеччина)

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Опис об'єкту дослідження та концепція віртуальної електростанції.	
Розділ 2	Аналіз графіків навантаження університету Ройтлінгена.	
Розділ 3	Розробка моделі сонячної електростанції, як частини цифрового двійника віртуальної електростанції Necagr-Alb.	
Розділ 4	Техніко-економічний розрахунок.	

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Ципленков Д.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Алексенко С.Д.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 74 сторінки, 2 таблиці, 37 рисунків, 40 джерел.

Об'єкт розробки: модель існуючої сонячної електростанції в умовах Ройтлінгенського Університету (Німеччина).

Мета кваліфікаційної роботи: розглянути концепцію віртуальної електростанції, розробити модель існуючої сонячної електростанції для її інтеграції у «цифрового двійника» віртуальної електростанції Neekar-Alb.

У вступі описується наявність проблеми із взаємодією традиційних та розподілених джерел генерації і пропонуються деякі способи їх вирішення за допомогою віртуальної електростанції.

У першому розділі приводиться характеристика об'єкту дослідження та концепція віртуальної електростанції. Приводиться огляд обладнання, структури, способу взаємодії між собою різноманітних компонентів віртуальної електростанції.

У другому розділі проводиться аналіз графіку навантаження кампусу Університету Ройтлінгена. Виконується аналіз ринку електроенергії Німеччини та візуалізація рівня навантаження кампусу протягом року відповідно до приведеної методики.

У третьому розділі проводиться розробка моделі існуючої сонячної електростанції, надається опис концепції цифрового двійника.

У четвертому розділі розраховані трудомісткість та витрати на створення моделі, а також наведені переваги від впровадження віртуальних електростанцій, перспективи та проблеми їх розвитку.

МОДЕЛЬ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, РОЗРОБКА МОДЕЛІ,
СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ВІРТУАЛЬНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ,
ЦИФРОВИЙ ДВІЙНИК, ВДЕ, РОЗПОДІЛЕНА ГЕНЕРАЦІЯ.

ABSTRACT

Explanatory Note: 74 pages, 2 tables, 37 figures, 40 sources.

Object of development: a model of an existing solar power plant in conditions of the University of Reutlingen (Germany).

Purpose of the qualification work: to consider the concept of a virtual power plant, to develop a model of an existing solar power plant for its integration into the "digital twin" of the virtual power plant Neckar-Alb.

The introduction describes the problems with the interaction of traditional and distributed energy resources and offers some ways to solve them using virtual power plants.

The first section describes the characteristics of the research object and the concept of a virtual power plant. An overview of the equipment, structure, method of interaction between various components of a virtual power plant are given.

The second section analyzes the load schedule of the University of Reutlingen campus. The analysis of the German electricity market is carried out and the level of campus load during the year is visualized according to the given methodology.

The third section develops a model of an existing solar power plant, describes the concept of a digital twin.

The fourth section calculates the complexity and cost of development of the model, as well as the benefits of implementing virtual power plants, prospects and challenges for their progress.

MODEL OF THE SOLAR POWER PLANT, MODEL DEVELOPMENT, SOLAR POWER PLANT, VIRTUAL POWER PLANT, DIGITAL TWIN, RES, DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES.

Зміст

Список скорочень.....	7
Вступ.....	8
РОЗДІЛ 1 ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КОНЦЕПЦІЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	10
1.1 Стисла характеристика об'єкту	10
1.2 Опис концепції віртуальної електростанції	12
1.3 Демонстраційний проект Віртуальна електростанція Neckar-Alb... ..	15
1.3.1 Мікромережі	16
1.3.2 Зовнішні учасники	17
1.3.3 Система контролю	18
1.3.4 Комунікація та безпека.....	20
1.3.5 Метеостанція	21
Висновки до Розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ КАМПУСУ УНІВЕРСИТЕТУ РОЙТЛІНГЕНА.....	26
2.1 Вплив нерівномірного графіку навантаження на енергосистему	26
2.2 Аналіз ринку електроенергії Німеччини	28
2.3 Опис споживання Університету Ройтлінгена	34
Висновки до Розділу 2	41
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, ЯК ЧАСТИНИ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ВІРТУАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ NECKAR-ALB	42
3.1 Цифровий двійник віртуальної електростанції Neckar-Alb.....	42
3.1.1 Зв'язок	48
3.1.2 Застосування.....	49

3.2	Моделювання сонячної електростанції	51
3.2.1	Симуляція PVSyst	51
3.2.2	Модель MATLAB Simulink.....	55
	Висновки до розділу 3	58
РОЗДІЛ 4	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	60
4.1	Визначення працездатності опрацювання програмного продукту	60
4.2	Розрахунок витрат на створення програмного виробу	63
4.3	Формування ціни на електроенергію ВЕС	65
4.4	Переваги від впровадження ВЕС	69
4.5	Перспективи використання ВЕС	71
4.6	Проблеми	73
ЗАГАЛЬНІ	ВИСНОВКИ	76
СПИСОК	ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77

Список скорочень

ВЕС Віртуальна електростанція

ВДЕ Відновлювальні джерела енергії

ДРГ Джерела розподіленої генерації

SCADA Supervisory Control And Data Acquisition диспетчерське управління і збір даних

VPN Virtual Private Network «віртуальна приватна мережа»

NAT Network Address Translation – «перетворення мережевих адрес»

BDEW Асоціація підприємств комунальної та енергетичної промисловості

Вступ

Враховуючи вичерпність вуглеводневих енергоресурсів та можливу енергетичну залежність від монопольних постачальників енергії, особливу увагу привертає відновлювальна та альтернативна енергетика, ефективне використання ресурсів, мінімізація споживання енергетичних ресурсів, використання енергоефективних технологій та технологій енергозбереження. Якісна, безпечна і екологічно чиста продукція, «зелена» енергія і чиста природа – це світові тренди і стандарти, які все більше входять до нашого життя.

Проте, незважаючи на всі позитивні фактори використання відновлюваних джерел енергії, звичайно, існують проблеми та питання, які потребують вирішення. Процес розвитку сучасної електроенергетики відбувається відповідно до змін світового енергетичного укладу шляхом переходу від централізованої до клієнтоорієнтованої розподіленої інтелектуальної енергетики. Така електроенергетична система повинна поєднувати в собі великі (традиційні) джерела енергії та розподілену генерацію на основі малих та відновлювальних джерел енергії.

Створення такої системи – необхідність, зумовлена суттєвим ускладненням завдань структурної організації та управління в електроенергетиці в умовах реформування, зростаючим попитом на енергетичні послуги в їх кількісному і якісному вигляді, що змінилися статусом споживача як активного суб'єкта організаційно-господарських відносин, новими вимогами, що пред'являються суспільством до екологічного, соціального та інституційного вигляду енергетики.

Демонстраційний проект такої енергосистеми існує на базі університету Ройтлінгена, Німеччина. Віртуальна електростанція (ВЕС) Neckar-Alb складається з централізованих і децентралізованих систем управління інформацією і включає в себе безліч енергетичних пристроїв, таких як потужний блок когенерації, інноваційні колектори PVT (Photovoltaic thermal), акумуляторний блок, зарядні станції для електрокарів в

університетському містечку і інші пристрої. Центральним елементом є складна система управління, за допомогою якої може оптимально використовуватися і передаватися кількість електроенергії, що генерується і є необхідною.

Метою даного дипломного проекту є моделювання існуючої сонячної електростанції Ройтлінгенського університету як частини моделі ВЕС Neckar-Alb.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В рамках даної роботи було розглянуто концепцію функціонування віртуальної електростанції на прикладі демонстраційного проекту Neckar-Alb Університету Ройтлінгена. Був зроблений аналіз компонентів та структури ВЕС, їх основні задачі.

Проаналізовано ринок електроенергії Німеччини та компоненти рахунку за електроенергію. На основі цього аналізу, було визначено основний параметр зниження споживання електроенергії кампусом університету. За допомогою програмного комплексу MATLAB Simulink зроблено дослідження графіку навантаження кампусу, розраховано кількість енергії, яка необхідна для зниження обраного параметру, та запропоновані заходи для компенсації цієї енергії.

При вирішенні задачі розробки моделі існуючої сонячної електростанції для її інтеграції до цифрового двійника, було використано програмні комплекси PVSyst та MATLAB Simulink. За їх допомогою було розраховано та досягнуто різниці між реальною та розрахунковою генерацією у 2,7%, що є задовільним результатом для використання моделі у цифровому двійнику.

Також, надана інформація щодо формування ціни на електроенергію, переваги від впровадження та перспективи розвитку ВЕС.

Отже, враховуючи все вищевказане, поставлена задача роботи можна вважати виконаною.

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