

# ДОДАТОК А

## Апробація результатів



Co-funded by the  
European Union

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки  
Харківський національний університет міського господарства  
імені О.М. Бекетова  
Братиславський університет економіки та менеджменту  
Громадська організація «Перспектива»  
Угорський університет сільського господарства та природничих наук

## МАТЕРІАЛИ

**I International Conference**  
**«Sustainable smart cities and communities:  
business and innovation solutions»**  
**(Сталі розумні міста та спільноти:  
бізнес та інноваційні рішення)**  
**SSC&C2025**

**21 квітня 2025**

[електронне видання]

Харків 2025

Сталі розумні міста та спільноти: бізнес та інноваційні рішення 2025: матеріали I-ої Міжнародної конференції, Харків, 21 квітня 2025.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2025. – 68 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним цифровим технологіям та автоматизації для сталого розвитку розумних міст; роботизованим системам та автономним технологіям у міському середовищі; циркулярній економіки та зеленої енергетики в автоматизованих системах; розумні транспортні системи та мобільність майбутнього; кіберфізичні системи та безпека даних у міській автоматизації; НМІ та цифрові платформи для інтеграції міських послуг; автоматизація промисловості та міської інфраструктури: виклики та рішення ресурсоефективності.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, І.В.Колупаєва, Ю.В.Ромашов В.В. Євсєєв.

Sustainable smart cities and communities: business and innovation solutions 2025: Proceedings of I st I International Conference, Kharkiv, April 21, 2025: Thesises of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2025. - 68 p.

The collection includes abstracts of reports dedicated to modern digital technologies and automation for the sustainable development of smart cities; robotic systems and autonomous technologies in the urban environment; circular economy and green energy in automated systems; smart transport systems and mobility of the future; cyber-physical systems and data security in urban automation; HMI and digital platforms for the integration of urban services; automation of industry and urban infrastructure: challenges and solutions for resource efficiency.

Editorial board: Igor Nevlyudov, Irina Kolupaieva, Yurii Romashov, Vladyslav Yevsieiev

Результати наукових досліджень, що представлені у збірнику, виконані в межах реалізації міжнародного проєкту Еразмус+ Жан Моне Модуль «Україна-ЄС: рішення циклічної економіки для розумних та сталих міст» («Ukraine-EU: Circular Economy Solutions 4 Smart and Sustainable Cities (Eco4Smart)») – # 101127659

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), ХНУРЕ, 2025

## ЗМІСТ

<i>Vladyslav Yevsieiev</i>	
Mobile robots and autonomous vehicles in the mobility as a service (MAAS) concept .....	7
<i>Svitlana Starykova</i>	
Automation of urban infrastructure based on predictive maintenance and IoT .....	9
<i>Oleksii Fomin</i>	
Development of an automated system for the technological processes of a "concrete plant" (a company for the production of construction components) .....	11
<i>Nazarii Piven</i>	
Free software as a tool for technological advantage and independence in the digital environment .....	13
<i>Igor Holod</i>	
Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень для оптимізації мікроклімату в промислових умовах .....	15
<i>Dmytro Gurin</i>	
Intelligent tracking algorithms in collaborative robotic systems: application of camshift and kalman filter .....	17
<i>О.О. Гуртовий</i>	
Аналіз сучасного стану обліку розподілених витрат тепла .....	20
<i>Valeriia Darahan, Irina Kolupaieva, Yurii Romashov</i>	
A general approach to develop digital twins of automation objects for smart cities applications .....	22
<i>Д. С. Заяць</i>	
Розпізнавання жестів і комп'ютерний зір для безконтактного керування пристроями ...	24
<i>Illia Kalashnykov, Iryna Kolupaieva, Yurii Romashov</i>	
Resistance sensors of angular velocity for research robots to benchmark smart cities applications .....	26
<i>Irina Kolupaieva, Yurii Romashov, László Vértesy</i>	
Implementations of circular economy principles for sustainability of laboratories in universities inside smart cities .....	28
<i>Iryna Kolupaieva, Igor Nevliudov, Yurii Romashov</i>	
European views on a green automation as a crucial technology for circular economy implementations to smart cities .....	30
<i>Irina Kolupaieva, Igor Nevliudov, Yurii Romashov</i>	
European views on an intelligent automation as a crucial technology for circular economy bussines models in smart cities .....	32
<i>Irina Kolupaieva, Yurii Romashov</i>	
High-performance computing to research resource and energy efficiencies of automated controls for smart cities applications .....	34
<i>С. В. Хрустальова, Н. П. Курбанов</i>	
Перспективи розвитку альтернативних систем електрогенерації .....	36
<i>R.V. Marunich, S.V. Sotnik</i>	
Modern IoT technologies for creating automated access systems .....	38
<i>В.О. Михайлов, І.В. Білецький</i>	
Впровадження інноваційних цифрових рішень у інфраструктуру закладів охорони здоров'я .....	40

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАЦІЇ

**С. В. Хрустальова, Н. Р. Курбанов**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: [nikita.kurbanov@nure.ua](mailto:nikita.kurbanov@nure.ua), [sofia.khrustalova@nure.ua](mailto:sofia.khrustalova@nure.ua)

**Анотація:** В роботі основну увагу було приділено перспективам розвитку альтернативних систем електрогенерації. Було розглянуто і проаналізовано вже існуючі системи електрогенерації. Визначено найперспективнішу альтернативну систему електрогенерації, враховуючи швидкість розвитку технологій, вплив на навколишнє середовище та можливість її використання в різних куточках світу.

**Ключові слова:** система, електрогенерація, альтернативний.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Сучасний світ стикається з викликами енергетичної безпеки, кліматичних змін та зростаючого попиту на електроенергію. Традиційні методи генерації електроенергії, що базуються на викопному паливі, спричиняють значні екологічні проблеми та економічні ризики, зокрема залежність від нестабільних цін на ресурси. Сьогодні світовою стала тенденція розвитку енергетики в контексті забезпечення енергетичної самостійності кожної країни. Політика прагнення енергонезалежності продиктована стрімким підвищенням цін на енергоносії, територіальними та кількісними обмеженнями покладів корисних копалин, а також негативним впливом на екологію [1]. У цьому контексті розвиток альтернативних систем електрогенерації є надзвичайно актуальним.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Використання відновлюваних джерел енергії, демонструють значний потенціал для забезпечення виконання цілей сталого розвитку ООН. Так, сьома ціль сталого розвитку – чиста та відновлювана енергія, що означає забезпечення доступу для усіх до недорогих, надійних, відновлюваних та сучасних джерел енергії. Технологічний прогрес у видобутку енергії з відновлювальних джерел та підвищення ефективності перетворення цієї енергії разом з контролем енергоспоживання сприяє зменшенню використання викопного палива, що позитивно скажеться на екології. Так, сучасним методом вирішення проблеми регулювання енергоспоживання є створення автоматизованої системи управління ресурсами на базі WSN з можливістю дистанційного моніторингу споживання ресурсів та зберігання отриманої інформації в незалежному центрі аудиту та контролю [2].

З доступних людству на сьогоднішній день систем альтернативної електрогенерації, існує шість вже використовуваних у різних країнах систем, та одна перспективна у стані розробки. До цих джерел енергії відносять сонячну, вітрову, гідро, геотермальну, біоенергетику, водневу генерацію та відносно нову термоядерну енергетику, що заснована на процесі ядерного синтезу, як у Сонця. Сонячна енергія використовує панелі для перетворення світла на електрику, вітрові турбіни перетворюють кінетичну енергію вітру в електрику, гідроенергетика отримує енергію від руху води, геотермальна використовує тепло землі, біоенергетика отримує енергію з біомаси та біогазу, а воднева технологія виробляє електроенергію через хімічні реакції водню з киснем.

Аналізуючи популярність використання альтернативних джерел електрогенерації, можемо сказати, що Сонячна енергетика продовжує стрімко зростати, як показано на рисунку 1. У 2024 році Європейський Союз вперше виробив більше електроенергії з сонячних панелей, ніж із вугілля: 11% проти 10%. Це стало можливим завдяки рекордним темпам встановлення нових сонячних потужностей [3].

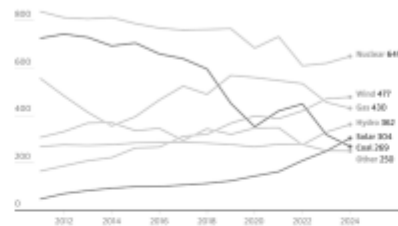


Рисунок 1 – Графік вироблення електроенергії [3]

Вітрова енергетика також демонструє значне зростання. У 2023 році світ додав на 50% більше потужностей відновлюваної енергії порівняно з попереднім роком, причому значна частина цього зростання припадає на вітрові установки. Китай відіграє ключову роль, збільшивши виробництво вітрової енергії на 66%.

Гідроенергетика залишається основним джерелом відновлюваної енергії в багатьох країнах. Наприклад, Бразилія отримує 88,9% своєї електроенергії з відновлюваних джерел, переважно гідроелектростанцій. Канада також має високий показник – 66,5% електроенергії з відновлюваних джерел, значна частина якої походить від гідроенергетики.

Геотермальна енергетика через географічні обмеження менш поширена, але важлива для таких країн, як Ісландія та Філіппіни.

Біоенергетика широко використовується в країнах із розвиненим сільським господарством. Наприклад, Швеція активно використовує біопаливо для виробництва електроенергії та опалення.

Воднева енергетика перебуває на стадії розвитку, але має значний потенціал. Країни, такі як Японія та Німеччина, інвестують у дослідження та впровадження водневих технологій.

Загалом, світові зусилля спрямовані на збільшення частки відновлюваних джерел енергії. На кліматичному саміті ООН COP28 майже 200 країн погодилися потроїти потужності відновлюваної енергетики до 2030 року. Хоча поточні темпи зростання є значними, вони ще недостатні для досягнення цієї амбітної мети.

**ВИСНОВКИ.** Аналізуючи досліджену інформацію, можемо зробити висновок, що сонячна енергетика є найперспективнішою альтернативною системою електрогенерації. Через швидкий розвиток даної технології, зниження вартості та можливості впровадження в будь-якому регіоні. Вона не має викидів CO<sub>2</sub>, що робить її екологічно чистою і сприяє боротьбі зі змінами клімату. Сонячні панелі можуть бути використані в різних масштабах, від домашніх до великих фермерських станцій, що дозволяє забезпечити енергетичну незалежність. Завдяки підтримці урядів та міжнародних організацій, сонячна енергетика продовжує набирати популярність і є лідером серед відновлюваних джерел енергії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Касич А. О. Чинники розвитку альтернативної енергетики у сучасних умовах [Електронний ресурс] / А. О. Касич, Я. О. Литвиненко // Економіка та суспільство. – 2017. – Вип. 12. – С. 93-99. – URL: [https://economyandsociety.in.ua/journals/12\\_ukr/15.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/12_ukr/15.pdf) (дата звернення: 25.03.2025).
2. AUTOMATED RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM FOR THE UTILITY SECTOR BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORKS / I. Nevliudov et al. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2023. No. 1 (23). P. 184–196. URL: <https://doi.org/10.30837/itssi.2023.23.184> (дата звернення: 25.03.2025).
3. Niranjan A. 'Rising star': EU made more electricity from solar than coal in 2024. the Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/world/2025/jan/22/rising-star-europe-made-more-electricity-from-solar-than-coal-in-2024?> (дата звернення: 25.03.2025).

## ДОДАТОК Б

### Демонстраційний матеріал



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

Кафедра КІТАР

Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно інтегровані технології та робототехніка

Кваліфікаційна робота на тему:

## «Розроблення підсистеми інтелектуального керування альтернативною системою електрогенерації»

Виконав:

здобувач групи КТРСм-24-1

Курбанов Н. Р.

Керівник роботи:

доц. каф. КІТАР

Хрустальова С. В.

## Мета і завдання роботи

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності управління альтернативною системою електрогенерації за рахунок інтелектуалізації процесу управління мережею сонячних станцій для роботи в режимі реального часу.

Об'єкт дослідження – є процес управління альтернативною системою електрогенерації в режимі реального часу.

Предмет дослідження – метод управління альтернативною системою електрогенерації.

### Завдання:

- провести аналіз проблем традиційних електромереж і обґрунтування актуальності переходу до MicroGrid як середовища інтеграції ВДЕ;
- дослідити архітектурні особливості MicroGrid та вимоги до керування розподіленою генерацією;
- розробити структурну схему підсистеми інтелектуального керування альтернативною системою електрогенерації;
- розробити алгоритм роботи підсистеми інтелектуального керування альтернативною системою електрогенерації;
- реалізувати прогнозні моделі часових рядів генерації з порівнянням NARX і CRBM.

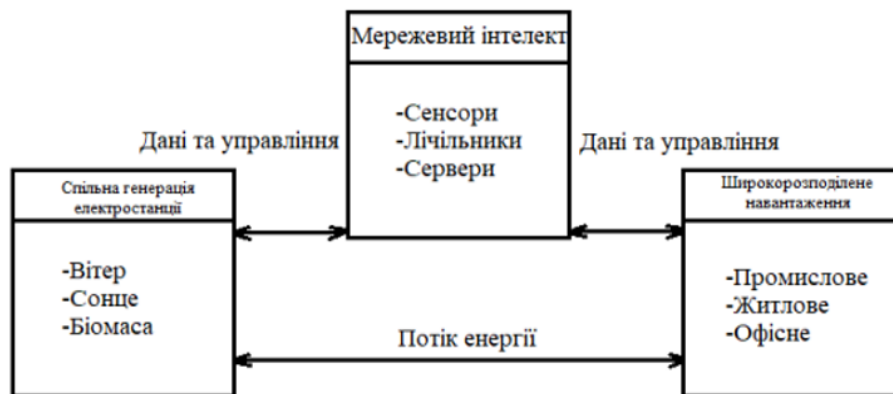
## Актуальність роботи

- Актуальність обраної теми зумовлена тим, що сучасна енергетична інфраструктура як в Україні, так і за її межами, базується на технологічних рішеннях, розроблених ще у минулому столітті. Такий технічний фундамент істотно обмежує можливості подальшого розвитку та модернізації електромереж. З огляду на динамічне зростання потреб споживачів у електроенергії та підвищення вартості енергоресурсів, постає об'єктивна потреба у впровадженні інтелектуальних енергетичних систем нового покоління
- Тема роботи відповідає цілям сталого розвитку ООН, зокрема Цілі 9 «Індустріалізація, інновації та інфраструктура» та Цілі 12 «Відповідальне споживання і виробництво», адже сприяє впровадженню інноваційних технологій, оптимізації використання ресурсів і зменшенню кількості виробничих відходів.

## Порівняння класичної та Smart Grid мережі

<b>Існуюча мережа</b>	<b>Smart Grid</b>
Електромеханічна	Цифрова
Односторонній зв'язок	Двосторонній зв'язок
Централізована генерація	Розподілена генерація(DG)
Ієрархічна	Мережева
Невелика кількість датчиків	Датчики всюди
Відсутність моніторингу	Самопостереження
Ручна реставрація	Самоусунення недоліків
Збої і відключення	Адаптація і острівний режим
Ручна перевірка	Дистанційна перевірка
Обмежений контроль	Розширений контроль
Невелика кількість клієнтів	Значна кількість клієнтів

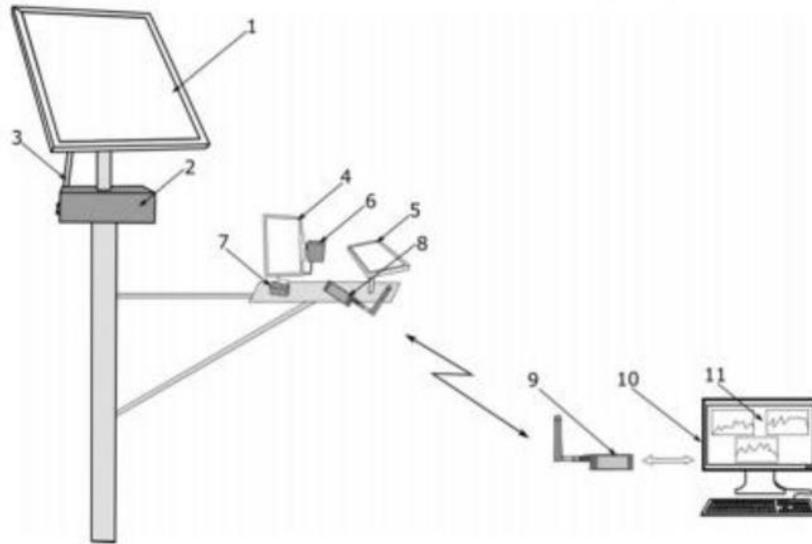
# Топологія Smart Grid



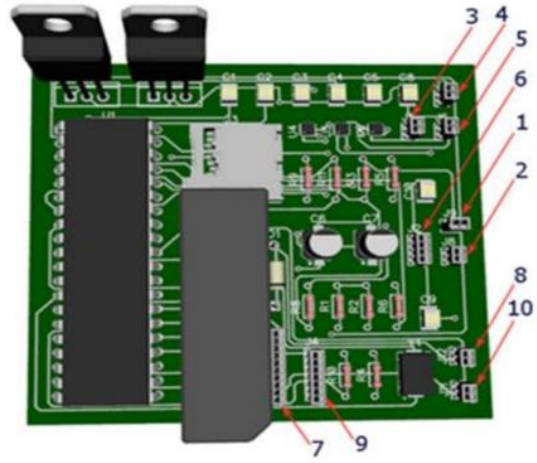
## Функціональні можливості MicroGrid

Головний мережевий інтерфейс	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Рішення для мережевого та острівного режиму</li> <li>• Ринкова експлуатація</li> <li>• Головне управління</li> </ul>
Управління MicroGrid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контроль частоти та напруги</li> <li>• Керування активною та реактивною потужністю</li> <li>• Управління навантаженням</li> <li>• «Чорний старт»</li> </ul>
Локальний контроль та безпека	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Моніторинг безпеки</li> <li>• Керування первинною частотою та напругою</li> <li>• Керування первинною активною/реактивною потужністю</li> <li>• Керування зарядом</li> </ul>

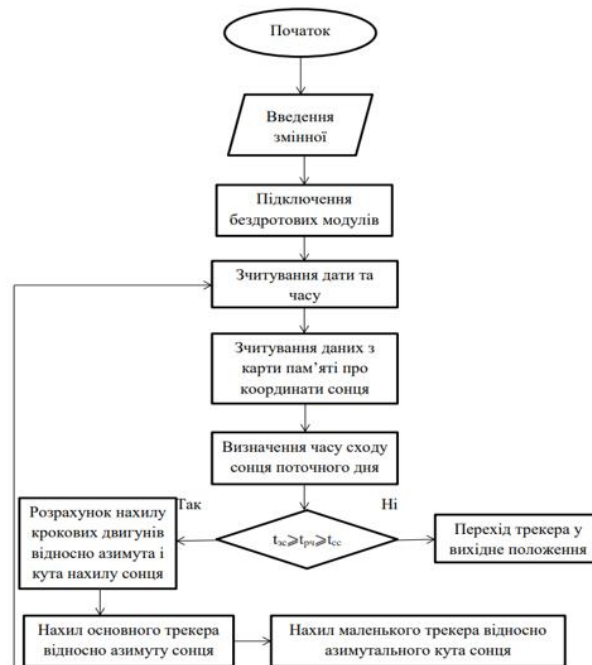
## Архітектура підсистеми інтелектуального керування сонячною станцією



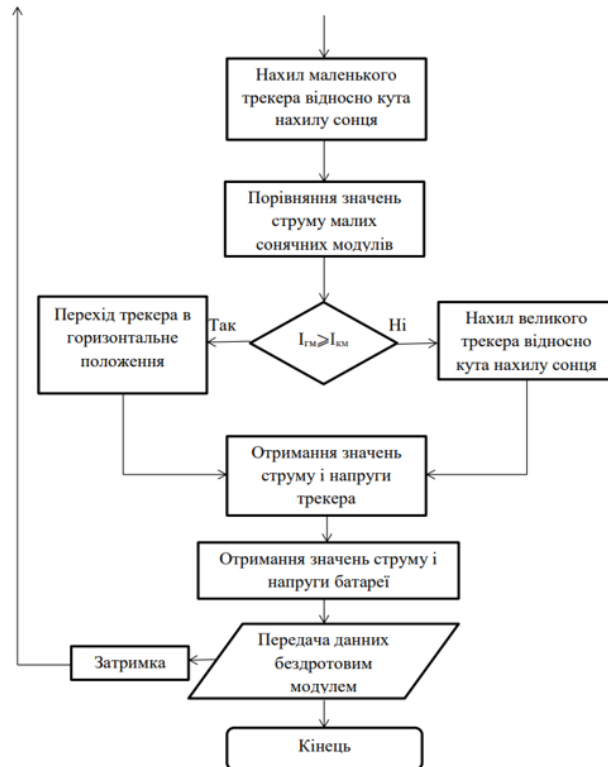
Адаптивний інтелектуальний блок керування фотоелектричним модулем



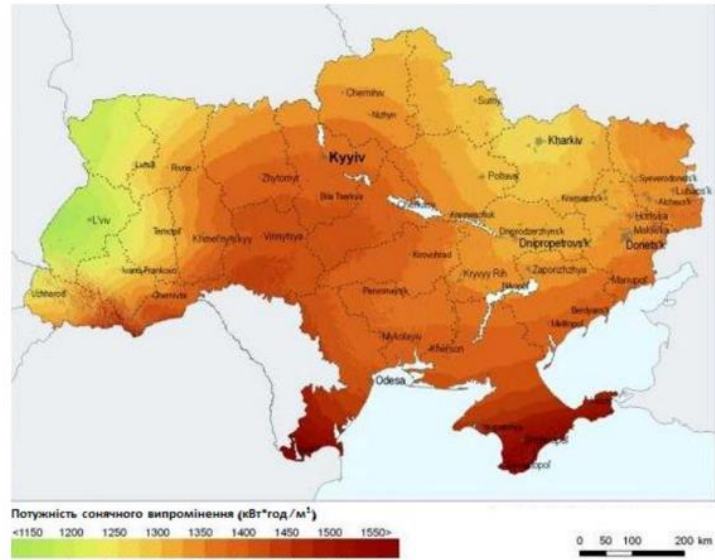
## Алгоритм адаптивної інтелектуальної системи стеження за сонцем



## Продовження алгоритму



## Карта інтенсивності сонячного випромінення України



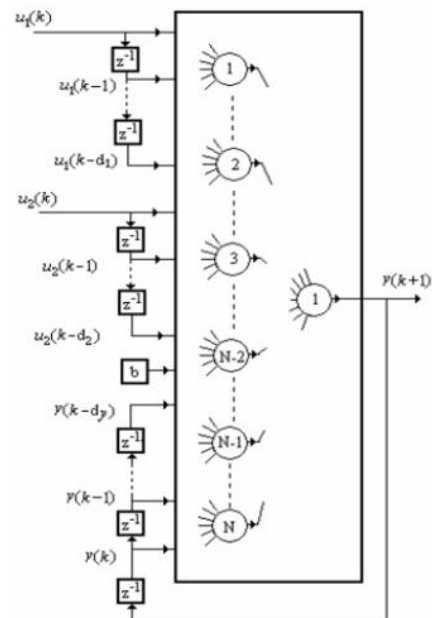
## Значення поправочного коефіцієнта перерахунку сумарного потоку сонячної енергії

**Відхилення від південного напрямлення**

	-90	-85	-80	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04
10	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07
15	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,10
20	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,11
25	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
30	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
35	0,93	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
40	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13
45	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12
50	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11
55	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08
60	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	1,00	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06
65	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02
70	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
75	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95
80	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90
85	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
90	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

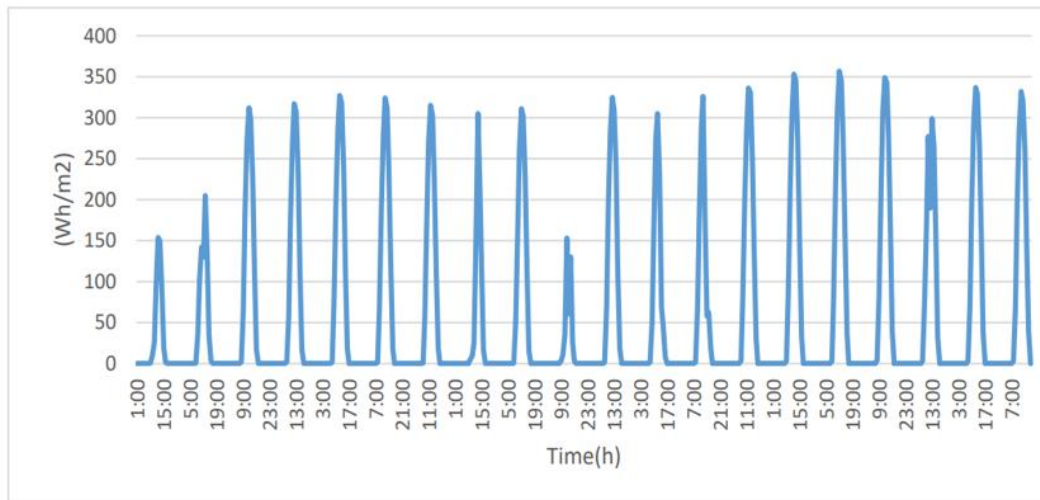
**Кут скошування покриття**

Модель NARX з двома відведеними лініями затримки для двох часових рядів, застосованих у вході



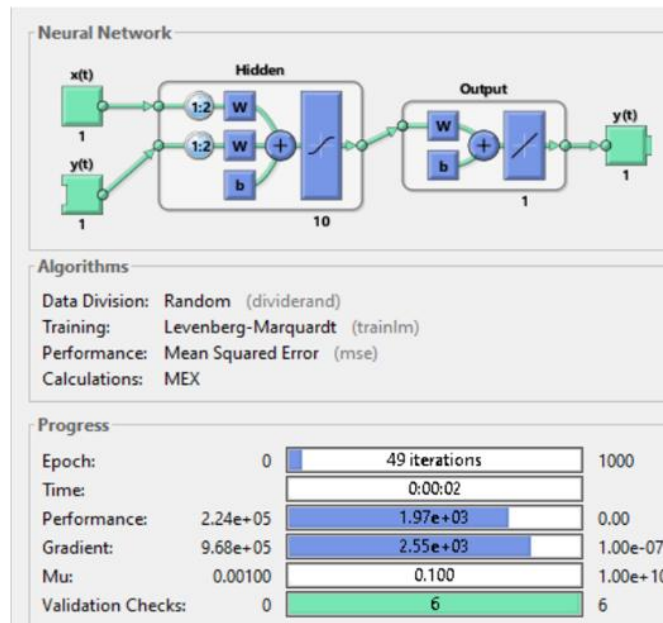
## Основні параметри бази даних

# Site latitude (Широта)	44.083
# Site longitude (Довгота)	5.059
# Elevation (m) (Висота)	97
# Date beginning (Дата початку)	01.01.2017
# Date end (Дата кінця)	30.11.2017
# Tilt angle (degrees) (Кут нахилу)	25.0
# Azimuth angle (degrees) (Азимут нахилу)	180.0
# Albedo of the ground (Альbedo землі)	0.20
# Clear-Sky (Wh/m2) (Чисте небо)	Irradiation over the period if the sky were clear
# Top of Atmosphere (Wh/m2) (Стратосфера)	Irradiation over the period at the top of the atmosphere (extraterrestrial)
# Code (Кодування даних)	0: no data, 1: sun below horizon, 2: satellite assessment, 5: interpolation in time, 6: forecast
# Temperature (K) (Температура)	Temperature at 2 m above ground
# Relative humidity (%) (Відносна вологість)	Relative humidity at 2 m above ground
# Pressure (hPa) (Тиск)	Pressure at ground level
# Rainfall (kg/m2) (Дощ)	Rainfall (= rain depth in mm)
# Snowfall (kg/m2) (Снігопад)	Snowfall

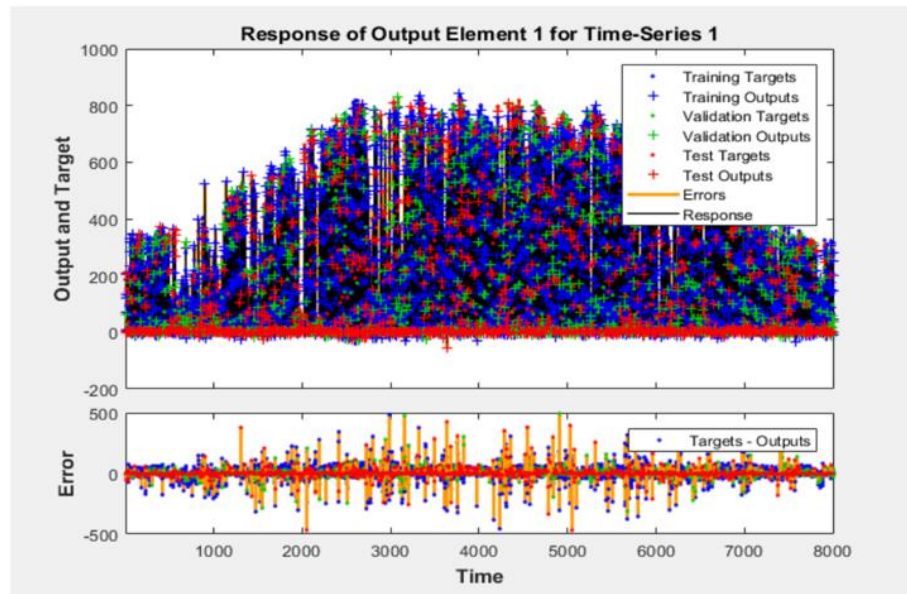


Графік генерації електроенергії від часу сонячної батареї під час роботи в зимовий період

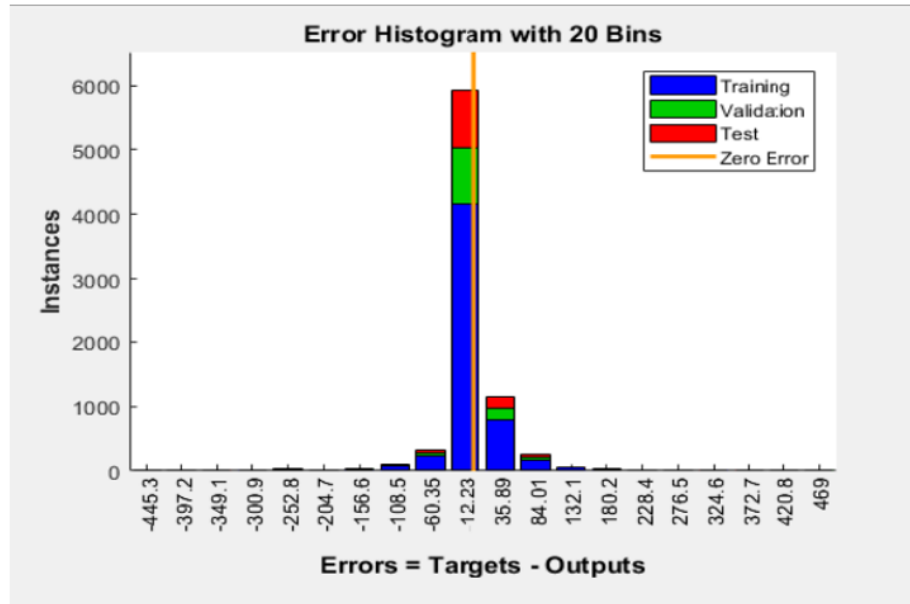
## Функціональна таблиця керування нейронною мережею



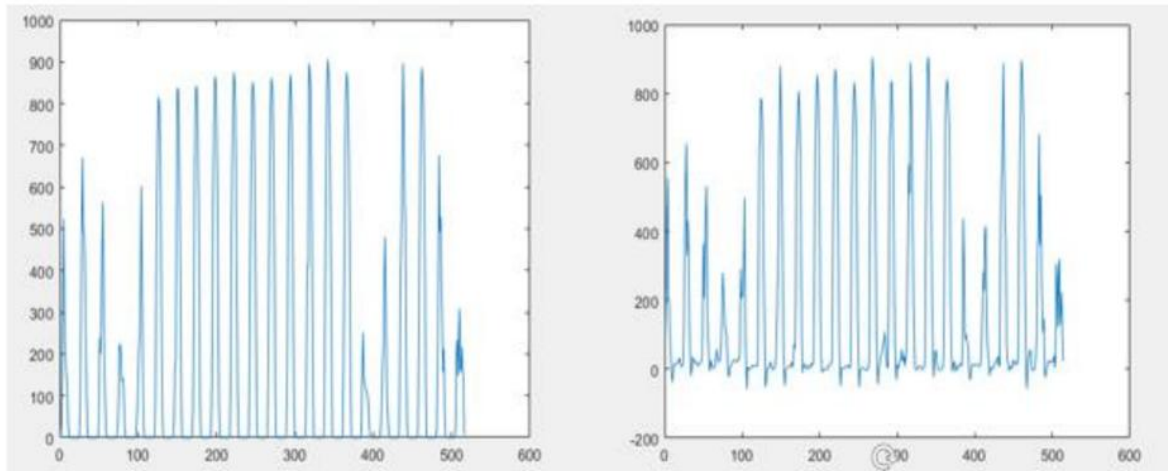
Графік вихідного числового ряду, а також розподіл помилок



## Гістограма розподілу помилок



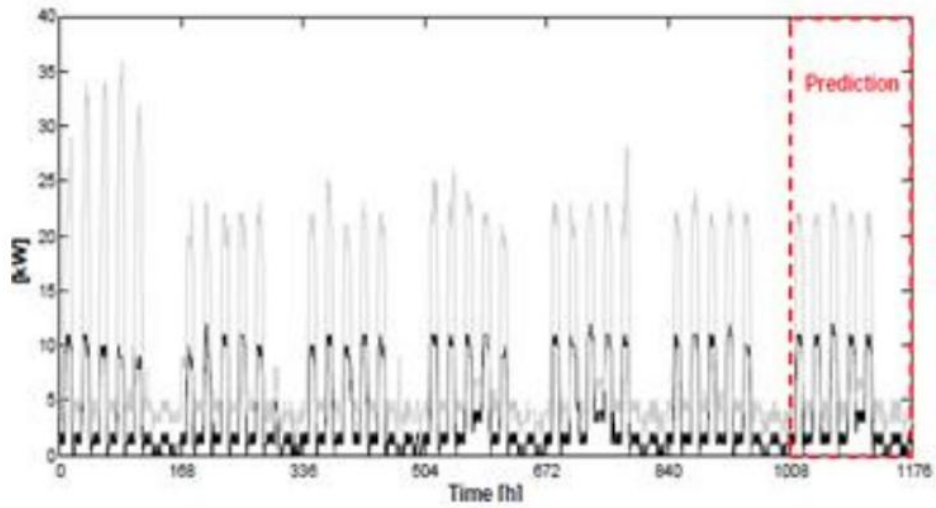
Часові ряди електрогенерації змодельовані в середовищі MATLAB:  
зліва реальний, справа - прогнозований



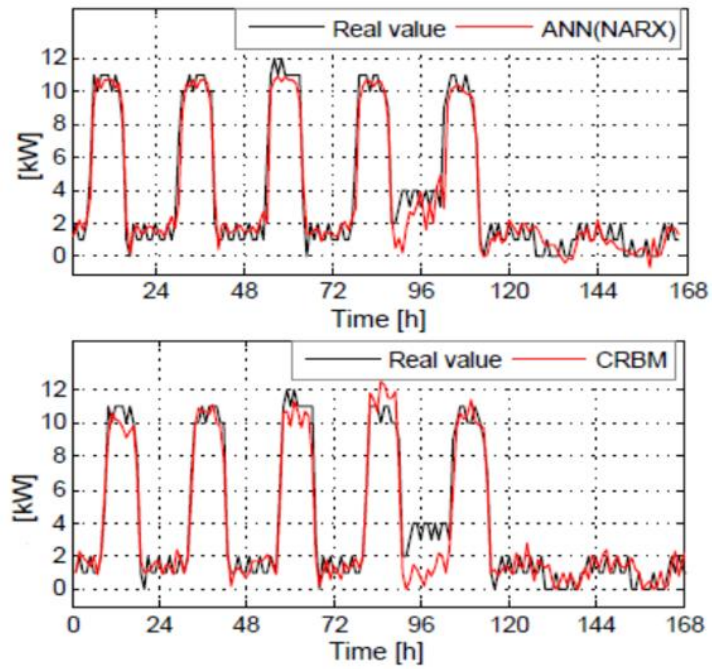
## Графік реальних та прогнозованих даних



## Графік генерації електричної енергії з передбаченням ОМБ



## Порівняння прогнозування часових рядів NARX та CRBM



## Порівняння характеристик точності методів NARX та CRBM

Метод прогнозування	RMSE	PCC
NARX	2,24	0,96
CRBM	7,04	0,85

## Висновки

Таким чином, завдання кваліфікаційної роботи вирішено. Мета роботи, що полягала у підвищенні ефективності управління альтернативною системою електрогенерації за рахунок інтелектуалізації процесу управління сонячною станцією для роботи в режимі реального часу, досягнута.

Отже, отримані результати мають практичну цінність та можуть бути використані для подальшого розвитку автоматизованих систем керування альтернативною енергетикою.

