

УДК 004.056:681.3

В.Б. Дудикевич, Г.В. Микитин, О.В. Пашук

Національний університет "Львівська політехніка", Львів

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВІТРОВИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІТРОПОТЕНЦІАЛУ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СТАНЦІЙ

*Розглянуто засади впровадження технологій відновлюваної енергетики на основі розробленої структури "комп'ютерна система моніторингу параметрів вітрових потоків – алгоритм і методика реєстрації даних – прогнозування виробітку енергії". Розглянуто елементи забезпечення функціональної та інформаційної безпеки комп'ютерної системи моніторингу згідно концепції "об'єкт – загроза – захист".*

**Ключові слова:** відновлювана енергетика, комп'ютерна система, вітроенергетична станція, контроль, параметри вітрового потоку, прогнозування енергії вітру, функціональна та інформаційна безпека.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Використання технологій вітроенергетики один з головних векторів збереження природних енергетичних ресурсів та покращення екологічної ситуації на планеті, зокрема у контексті зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу [1]. З розвитком вітроенергетики актуальним стає питання вибору ефективних площадок для встановлення вітроенергетичних станцій (ВЕС) [2]. Ефективність виробітку енергії і правильність розташування вітротурбінних генераторів (ВТГ) вимагає тривалого попереднього відбору та обробки інформації безпосередньо на заданій площадці. Актуальним є питання забезпечення безпечного функціонування та інформаційної безпеки автоматизованих систем контролю параметрів вітру, розвиток яких є підґрунтям розроблення гарантоздатних енергозберігаючих технологій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним з сегментів вирішення комплексу задач парадигми сталого розвитку України є реалізації проектів щодо оцінювання вітропотенціалу територій і, на цій основі, прогнозування доцільності спорудження вітроенергетичних станцій. У цьому напрямі в Україні: проводяться аналітичні доповіді Національним Інститутом стратегічних досліджень; здійснюються наукові дослідження та впроваджуються розробки ученими Інституту відновлюваної енергетики НАН України та іншими науковими установами; Українською Вітроенергетичною Асоціацією розробляються етапи реалізації будівництва об'єктів енергетики, які виробляють електричну енергію з енергії вітру. Розвиваються: підходи щодо застосування технологій оцінювання вітропотенціалу на певній місцевості; методики прогнозування виробітку енергії та обґрунтування критеріїв спорудження ВЕС. Зокрема, в праці [3] розглянуто експериментальні дані

щодо ефективного використання слабких повітряних потоків для виробітку енергії. В роботі [4] запропоновано методику застосування цифрової картографічної інформації та інструментарію геоінформаційної системи для визначення оптимальних за територією місцевості ділянок для спорудження вітрових енергетичних установок. Удосконалюються методи прогнозування вітрового енергетичного потенціалу регіону з врахуванням стохастичної природи вітру [5]. Головним інструментарієм забезпечення достовірних даних щодо оцінювання вітроенергетичного потенціалу є розвиток автоматизованих систем моніторингу параметрів вітрового потоку із використанням прецизійних датчиків, розташованих на метеостанції.

**Мета роботи** – розробити структуру комп'ютерної системи контролю параметрів вітру; створити алгоритм та методику реєстрації вимірвальних даних з метою прогнозування вітропотенціалу та прийняття рішення на спорудження ВЕС; проаналізувати елементи забезпечення безпечного функціонування системи.

### Комп'ютерна система контролю параметрів вітрового потоку

**Структура комп'ютерної системи.** Розроблена система контролю характеристик вітру призначена для визначення швидкості та напрямку вітрових потоків в системі реального часу передавання та обробки даних з метою подальшого аналізу та визначення прогнозованого виробітку електроенергії з енергії вітру і, на цій основі, оцінювання доцільності будівництва ВЕС та вибору типу ВТГ, ефективних для встановлення на заданій території. Комп'ютерна система реєстрації параметрів вітру складається з: анемометра та флюгера Девіс (*Davis Instruments Corp.*), системи датчиків, блоку управління та передавання даних, серверної частини (рис. 1). Метод

реєстрації даних передбачає розміщення давача-анемометра та флюгера на висоті 27 м, що обумовлено розташуванням нижньої точки колеса ВТГ на даній висоті та передавання отриманих даних на сервер. Блок управління системи реалізований на RISK мікропроцесорі AtMEGA16U та модулі передавання даних за технологією GPRS (SIM900).

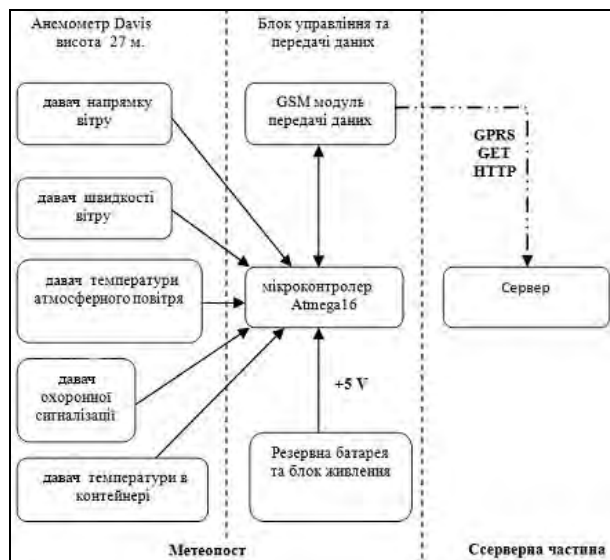


Рис. 1. Структурна схема комп'ютерної системи контролю параметрів вітрового потоку

Живлення комп'ютерної системи автономне, реалізоване на імпульсному перетворювачі напруги 6-48V – 5V, що дозволяє використовувати акумуляторну батарею (АКБ) 12V 18A та забезпечує робоздатність протягом 25 діб. Також встановлено додатковий літій-іонний акумулятор 3,7V 1500 мА для забезпечення аварійного живлення протягом трьох діб та передбачено моніторинг стану АКБ. Обладнання встановлюється на вищій телескопічного типу висотою 27м.

Серверна частина системи реалізована з використанням: відкритого програмного забезпечення (*Open-source software*) ОС UNIX, бази даних MySQL, HTTP-сервер Apache, PHP, Perl та апаратного забезпечення HP ProLiant ML110 G7. Дані з метеопоста реєструються в базу даних та відображаються на рівні автоматизованої побудови графіків

і рози вітрів, що, у свою чергу, уможливило візуальне спостереження за роботою анемометрів. Подальший відбір та аналіз даних є підставою для розрахунку оптимальної потужності ВТГ та розташування їх по площадці ВЕС в залежності від рози вітрів.

**Алгоритм та методика реєстрації даних.**

Блок-схема алгоритму реєстрації даних представлена на рис. 2. Передавання даних на сервер здійснюється за методом GET HTTP.

Дані з метеопоста реєструються, обробляються та записуються в базу даних (табл.1) для подальшого візуального відображення у вигляді графіків швидкості та напрямку вітру (рис. 3, 4) і побудови рози вітрів (рис. 5) з метою визначення правильного розташування вітротурбінних генераторів.

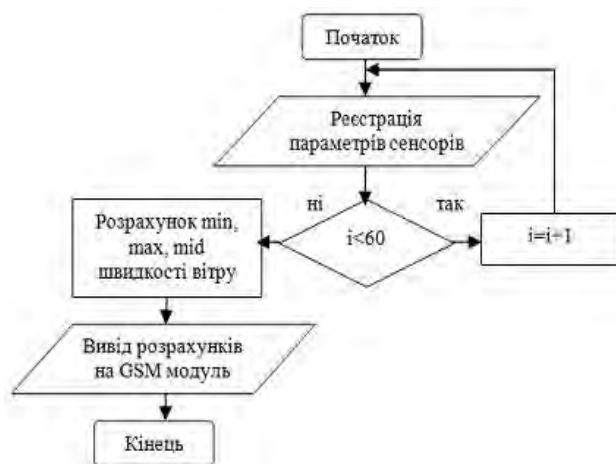


Рис. 2. Алгоритм-програма реалізації процедури реєстрації даних

Розроблений програмний модуль спряження з програмним забезпеченням WindPRO (*EMD International A/S, Данія*) дозволяє отримані дані в подальшому аналізувати та відправляти WindPRO Online Data для побудови глобальної та регіональної карти вітрів. В табл. 1 наведені експериментальні дані, отримані від давачів, розташованих на метеопосту.

В табл. 1: ID – ідентифікаційний номер запису, DATA – дата запису, TIME час запису, WIND – максимальна швидкість вітру (м/с) на протязі хвилини, MID – середня швидкість вітру (м/с) на протязі

Таблиця 1

Дані експерименту з метеопоста ID DATA

ID	DATA	TIME	WIND	MID	LWIND	DIR	TEMP	TEMP2	alarm
86818	2011-10-16	00:00:45	2.27	2.14	1.95	NNE	2.44	-1.06	0
86819	2011-10-16	00:01:47	2.27	2.1	2.06	NNE	2.44	-1.06	0
86820	2011-10-16	00:02:50	2.27	2.12	1.84	N	2.5	-1	0
86821	2011-10-16	00:03:52	2.49	2.32	2.27	NNE	2.44	-1	0
86822	2011-10-16	00:04:54	то 2.49	2.34	2.27	NNE	2.44	-0.94	0
86823	2011-10-16	00:05:56	2.06	1.88	1.5	NNE	2.44	-1	0
86824	2011-10-16	00:06:58	2.16	1.7	1.39	NNE	2.44	-1.12	0

хвилини, LWIND – мінімальна швидкість вітру (м/с) на протязі хвилини, DIR – напрямок вітру, TEMP – температура в контейнері блоку керування (С), TEMP2 – зовнішня температура (С), alarm – стан сигналізації на метеопості.

Візуальне представлення даних проведено за допомогою програми *sacti* (рис. 3, 4).

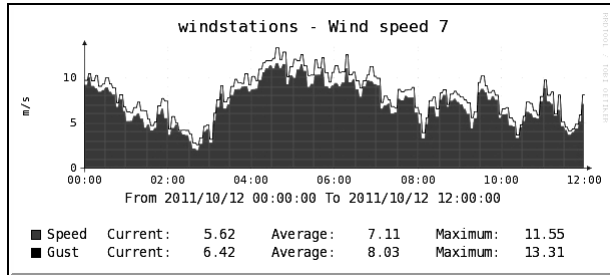


Рис. 3. Візуалізація зміни швидкості вітру

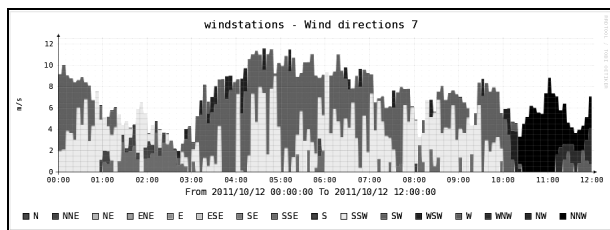


Рис. 4. Спектри зміни напрямку вітрового потоку

Спектри дають представлення про вітропотенціал на даній місцевості, що в подальшому є підґрунтям для розрахунку прогнозованого виробітку електроенергії з енергії вітру. За даними спектрами (рис. 3, 4) побудовано розу вітрів (рис. 5).

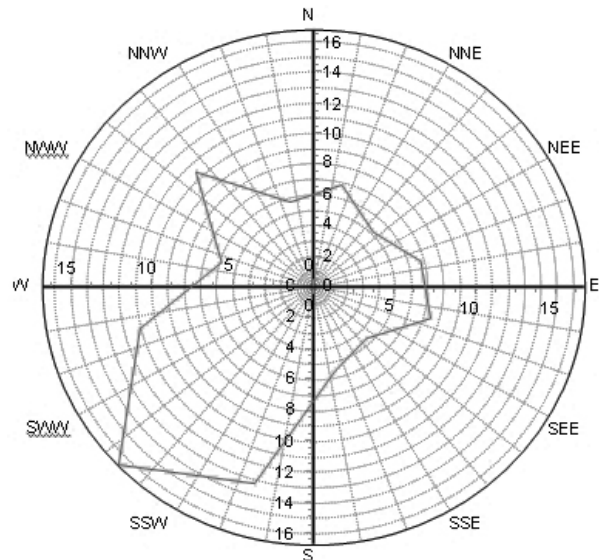


Рис. 5. Роза вітрів

Дана роза вітрів застосовується для визначення правильного розташування ВТГ. Згідно даних, представлених на рис. 5, переважають вітри – південно-західний-західний (*south-west-west, SWW*), південно-південно-західний (*south-south-west, SSW*). Відпові-

дно, вітротурбінні генератори повинні знаходитись перпендикулярно до напрямку цих вітрів, щоб не затінити один одного. За визначеним вітропотенціалом обґрунтовується вибір типу вітротурбінних генераторів.

**Функціональна та інформаційна безпека моніторингової комп’ютерної системи.** Процес функціонування розробленої комп’ютерної системи передбачає такі елементи загроз на рівні структури “метеопост – комп’ютерна система контролю вітрових потоків – канал передавання даних”:

- відключення (виведення з ладу) підсистем забезпечення функціонування системи (електроживлення, ліній зв’язку і т. і.);
  - фізичне руйнування системи або виведення з ладу найважливіших її компонентів;
  - відмови програмного та апаратного забезпечення;
  - порушення роботи (випадкове або навмисне) системи або її частин;
  - електромагнітне випромінювання;
  - відключення або виведення з ладу підсистем забезпечення інформаційної безпеки автоматизованої системи;
  - незаконне отримання паролів та інших реквізитів розмежування доступу з подальшим маскуваням під законного користувача;
  - злам шифрів криптографічного захисту інформації;
  - відмови в обслуговуванні;
  - порушення доступу до системи або її функціональних елементів;
  - алгоритмічні помилки при проектуванні системи;
  - неможливість або небажання обслуговуючого персоналу та/або користувачів виконувати свої обов’язки (цивільні безлади, аварії на транспорті і т. і.).
- Відповідно до розглянутих загроз структури “метеопост – комп’ютерна система – життєвий цикл інформації – канал зв’язку” розвивається методологія їх функціональної та інформаційної безпеки. Функціональна безпека (ФБ) (*software functional safety*) комп’ютерної системи – придатність програмного забезпечення досягати прийнятного рівня ризику для здоров’я людей, майна або довкілля у даному контексті застосування [6]. Функціональна безпека системи передбачає захист даних на рівні “невизначеність – відмова – аварія”, а інформаційна безпека на рівні “витік – модифікація – втрата”. Розглянемо елементи забезпечення функціональної та інформаційної безпеки для комп’ютерної системи контролю параметрів повітряного потоку:
- законодавчі та нормативні засади;
  - методологічні засади;
  - наукові засади: технічні (апаратний, фізичний рівень); програмні.

Програмні засоби забезпечення безпеки:

- здійснення за допомогою спеціалізованих давачів автоматизованої процедури виявлення та протидії атакам;

- стиккування із зовнішніми корпоративними та комерційними інфраструктурами відкритих ключів, побудованими за стандартами відкритих систем;

- контроль та обмеження доступу;
- захист від несанкціонованого доступу;
- резервне копіювання даних;

Апаратні засоби забезпечення безпеки:

- установка джерел безперебійного живлення;
- використання власних аварійних електрогенераторів або резервних ліній електроживлення;

- захист від стихійних лих;
- використання обладнання з малим рівнем випромінювання;

Апаратно-програмна безпека забезпечується :

- на рівні відбору даних – комплекс давачів на метеопосту;

- на рівні реєстрації та обробки даних – комп'ютерна система та життєвий цикл інформації;

- на рівні передавання даних – канал (мережа) зв'язку;

Запропонований системний підхід до забезпечення безпечного функціонування структури “метеопост – комп'ютерна система – канал зв'язку” дозволить реалізувати функціональну та інформаційну безпеку на рівні “конфіденційність – достовірність – цілісність” згідно з концепцією “об'єкт – загроза – захист”.

## Висновки

Розроблена комп'ютерна система контролю параметрів вітрового потоку; створений алгоритм і методика реєстрації вимірювальних даних; візуалізована зміна швидкості на напрямку вітру; побудована роза вітрів – комплексно спрямовані на відбір параметрів вітру та оцінювання вітропотенціалу

вибраної площадки і прийняття рішень щодо встановлення ВЕС на ній. Розглянуто засади функціональної та інформаційної безпеки комп'ютерної системи контролю параметрів вітрового потоку. Проаналізовано елементи функціональної та інформаційної безпеки структури “метеопост – комп'ютерна система – канал GPRS”, які забезпечують конфіденційність, достовірність та цілісність інформації на кожному з рівнів та в цілому.

## Список літератури

1. Національний інформаційний центр зі співробітництва з ЄС у сфері науки і технологій. Рамкова програма ЄС з досліджень та інновацій “Горизонт 2020”. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.fp7ncp.kiev.ua/assets/Horizont\\_2020/HORIZON-20201.pdf](http://www.fp7ncp.kiev.ua/assets/Horizont_2020/HORIZON-20201.pdf)

2. Стан і перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні: аналіт. доп. / О.М. Суходоля, А.Ю. Сменківський, А.І. Шевцов, М.Г. Земляний; за ред. О.М. Суходілі. – К.: НІСД, 2013. – 104 с.

3. Сидоренко К.М. Використання слабких повітряних потоків для видобутку енергії / К.М. Сидоренко // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції “АВІА-2009”. – Т. 2. – К.: НАУ, 2009. – С. 8.9-8.12.

4. Про застосування геоінформаційних технологій при оцінці вітроенергетичного потенціалу території / [Колб І., Процик М., Андріюк В., Ворон Н.] // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2009. – Вип. 71. – С. 180-185.

5. Рамазанова З.У. Методи прогнозування вітрового енергетичного потенціалу регіону: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.14.08 “Перетворення відновлюваних видів енергії” / Рамазанова З.У. – К., 2007. – 16 с.

6. Галузева система управління якістю. Гарантосдатність програмно-технічних комплексів критичного призначення: СОУ-Н НКАУ 0060:2010. – [Чинний від 2010-04-01]. – К.: НКАУ, 2010. – 60 с.

Надійшла до редколегії 22.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаєв, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОПОТЕНЦИАЛА И УСТАНОВЛЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

В.Б. Дудыкевич, Г.В. Микитин, О.В. Пашук

Рассмотрены основы внедрения технологий возобновляемой энергетики на базе разработанной структуры “компьютерная система мониторинга параметров ветровых потоков – алгоритм и методика регистрации данных – прогнозирование выработка энергии”. Проанализированы элементы обеспечения функциональной и информационной безопасности компьютерной системы мониторинга в соответствии с концепцией “объект – угроза – защита”.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, компьютерная система, ветроэнергетическая станция, контроль, параметры ветрового потока, прогнозирование энергии ветра, функциональная и информационная безопасность.

## THE COMPUTER SYSTEM OF WIND FLOWS MONITORING FOR A WIND POTENTIAL POWER DETERMINATION AND WIND POWER STATIONS ESTABLISHMENT

V.B. Dudykevych, G.V. Mykytyn, O.V. Pashuk

Foundations of a renewable energy technologies introduction were examined on the basis of the developed structure: “a computer system of wind flows parameters monitoring – an algorithm and methods of data registration – a prediction of power generation”. Information and functional security elements of a monitoring computer system were analysed in accordance with the conception “an object – a threat – a defence”.

**Keywords:** renewable energetics, computer system, wind power station, control, wind flow parameters, wind power prediction, functional and information security.