

ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ З ВИПРЯМНО-ІНВЕРТОРНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

¹Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація

В роботі розглянуто існуючі схеми генерування електричної енергії вітроенергетичних установок та проведено їх аналіз з урахуванням особливостей споживачів електроенергії. Встановлено відсутність універсальних схем генерування, придатних для використання в різних умовах електропостачання незалежно від роду струму та рівня напруги. На основі проведеного аналізу сформульовано рекомендації щодо розробки електромеханічної системи ВЕУ, спрямованої на стабілізацію вихідних електричних параметрів вітрогенератора та максимальне використання вітрових ресурсів

Ключові слова: вітроенергетична установка, вітрогенератор, електромеханічна система, автоматичне керування, стабілізація параметрів, відновлювана енергія.

Abstract

The paper considers existing schemes of electrical energy generation in wind power plants and analyzes them with regard to the characteristics of electricity consumers. The absence of universal generation schemes suitable for application in various power supply conditions, regardless of current type and voltage level, is established. Based on the conducted analysis, recommendations for the development of an electromechanical system of a wind power plant aimed at stabilizing the output electrical parameters of a wind generator and maximizing the utilization of wind resources are formulated.

Key words: wind power plant, wind generator, electromechanical system, automatic control, parameter stabilization, renewable energy.

Вступ

Вітроенергетичні установки (ВЕУ) є одним із перспективних напрямків відновлювальних джерел енергії. Вітроенергетична галузь ряду країн в останні десятиліття успішно конкурує з традиційними електричними станціями. З огляду на тенденцію зростання споживання електроенергії в усьому світі та ймовірність виснаження невідновлюваних енергоресурсів, в найближчому майбутньому вітроенергетична галузь отримає суттєвий розвиток у сфері електрифікації житлових масивів, приватних виробничих підприємств, насосних станцій, телекомунікаційного обладнання та інших автономних електричних систем і комплексів [1].

Динаміка використання енергії вітру в світі щорічно збільшується, незважаючи на високі капіталовкладення на будівництво ВЕУ та на сезонний характер виробництва електроенергії. Це пояснюється тим, що вітроенергетика є одним з основних видів електростанцій, які широко використовуються в системі електропостачання сільського господарства, промислового підприємства і застосовуються в якості основного джерела живлення для автономних і сезонних споживачів електроенергії [2-3].

Процес виробництва електроенергії в ВЕУ вимагає механічних, електромеханічних та електронних систем автоматичного регулювання для забезпечення необхідної якості електроенергії.

Конструкція сучасних ВЕУ складається з електромеханічних частин, які взаємодіють між собою інерційними силами, що формує завдання розробки системи регулювання та проведення комплексних розрахунків всіх ланок із урахуванням збурень при генеруванні електроенергії [3].

Мета дослідження полягає в дослідженні існуючих схем генерування енергії ВЕУ та приведення рекомендацій щодо розробки на їх основі електромеханічної системи ВЕУ з метою стабілізації вихідних електричних параметрів вітрогенератора (ВГ) із врахуванням максимального використання вітрових ресурсів.

Об'єктом дослідження є електромеханічні процеси перетворення та генерування електричної енергії у вітроенергетичних установках, а також їх функціонування в складі систем автоматичного регулювання для забезпечення стабільних вихідних параметрів електроенергії.

Основна частина

Особливість схеми генерування всіх видів ВЕС полягає в раціональному та зручному перетворенні енергії вітру в електричну, механічну і теплову енергію незалежно від змінної частоти обертання вітроколеса.

Схема генерування електричної енергії ВЕУ, яка не підключена до загальної мережі, в основному застосовується в малопотужних ВЕУ, призначених для енергопостачання невеликих ферм, приватних господарств, будинків та інших невеликих споруд. В таких схемах не потрібна постійна частота обертання ВК і на затискачах ВГ підключають акумуляторні батареї для акумулювання надлишкової енергії (див. рис. 1) [3].

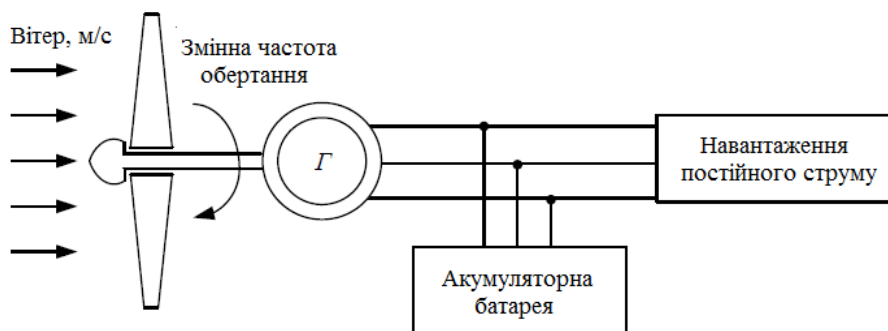


Рис. 1. Структурна схема генерування енергії ВЕУ

Акумулювання енергії вітру можна здійснювати за допомогою комплексу електричних, теплових та акумулюючих пристроїв. В якості акумулятора тепла та теплового навантаження використовують резистори з великим опором, які не критичні до якості електроенергії.

Для водопостачання споруд та житлових будинків наприклад можна використовувати комплекс акумуляційних баків для зберігання води. В таких схемах генерування частота обертання ВЕУ не обов'язково повинна бути постійною, оскільки ємність баку велика і, в разі максимуму швидкості вітру, система захисту насоса автоматично відключається і ВЕУ працює в режимі холостого ходу, тобто без навантаження. В моменти максимуму швидкості вітру акумуляторний бак акумулює воду, а під час мінімуму швидкості вітру бак зливає воду споживачам. Режим роботи такої ВЕУ побудований за принципом ГАЕС, але на відміну від них в якості первинної енергії використовується енергія вітру.

Приклад застосування генерованої електричної енергії ВЕУ з використанням насосної свердловини та акумуляції води показаний на рис. 2.

На рис. 2 приведені такі позначення: 1 – ВЕУ; 2 – повітряна лінія (ПЛ) 0,4 кВ; 3 – насос для водопостачання; 4 – засувка води; 5 – акумулююча ємність для води; 6 – водойма, свердловина.

ВЕУ 1 на практиці може знаходитись на певній відстані від насосної станції, залежно від швидкості вітру, але насосна станція встановлюється там, де є потреба здійснювати водопостачання житлових масивів, що створює задачу передачі електроенергії через ПЛ-0,4 кВ.

Для точної оцінки виробітку електроенергії в таких системах необхідно враховувати середню потужність ВЕУ для визначення потужності двигуна насосної станції

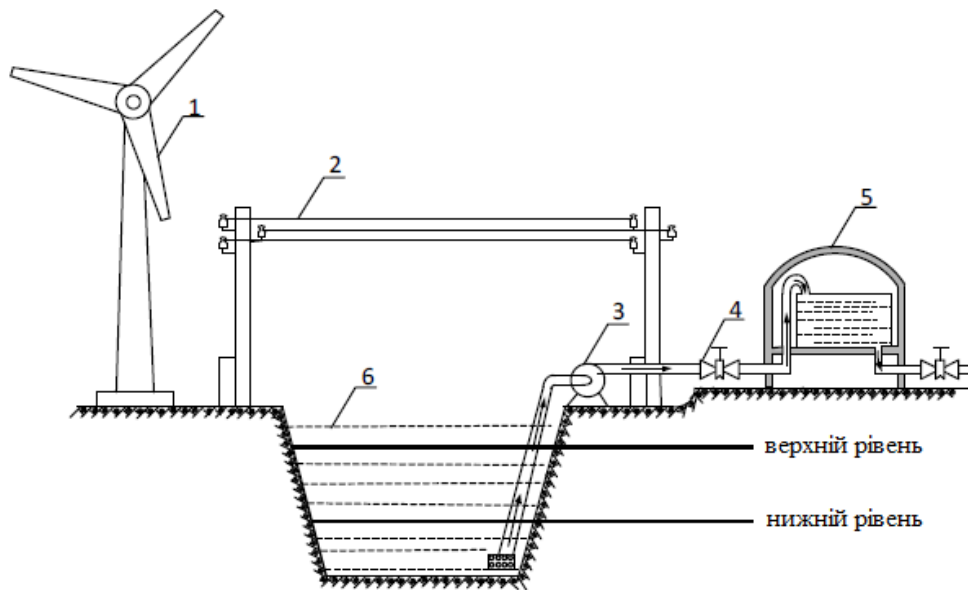


Рис. 2. Система насосної установки з ВЕУ

Інша більш ефективна схема генерування електроенергії в ВЕУ – це поєднана система ВЕУ з фотоелектричним перетворювачем. Структурна схема такої комбінованої системи електропостачання на базі джерел відновлювальної енергетики приведена на рис. 3 [3-4].

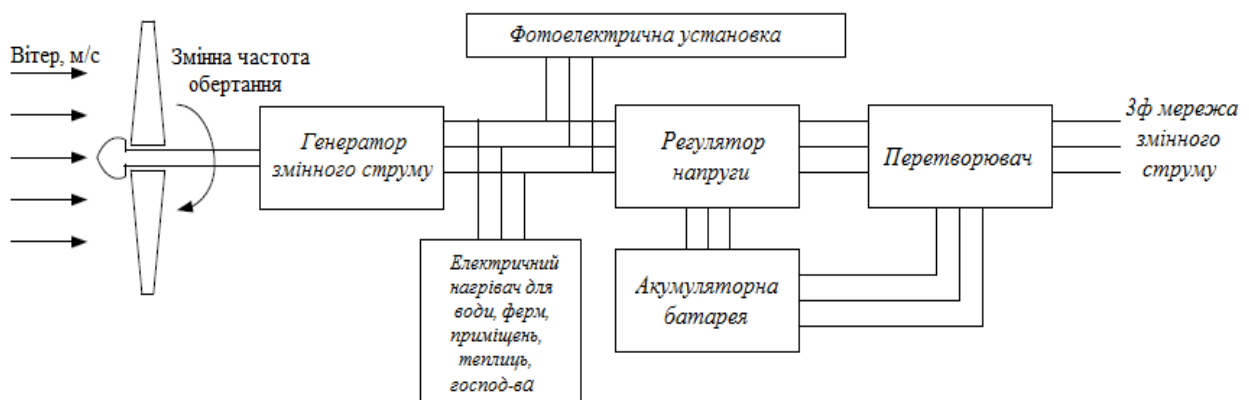


Рис. 3. Структурна схема генерування енергії ВЕУ сумісно з фотоелектричною установкою

Така суміщена схема має одну загальну систему контролю та перетворення енергії і дозволяє виробити додаткову потужність на основі чистих відновлюваних джерел енергії для електропостачання різних споживачів, включаючи невеликі промпідприємства.

Таким чином розробка електромеханічної системи вітроенергетичної установки повинна базуватися на застосуванні сучасних змінношвидкісних конфігурацій із використанням синхронних генераторів з постійними магнітами або асинхронних генераторів подвійного живлення у поєднанні з силовими перетворювачами частоти, що забезпечують гнучке керування режимами роботи. Для максимального використання енергії вітру доцільно реалізувати алгоритми відбору максимальної потужності (MPPT) із підтриманням оптимального коефіцієнта швидкохідності ротора [5].

Система автоматичного керування має включати контури регулювання швидкості обертання, електромагнітного моменту, напруги та частоти з використанням ПИ/ПІД або адаптивних регуляторів,

що дозволяє ефективно компенсувати змінний характер вітрового потоку. Стабілізація вихідних електричних параметрів повинна забезпечуватися за рахунок застосування ШІМ-керованих перетворювачів та фільтрації гармонік, що гарантує необхідну якість електроенергії. Крім того, слід розглянути можливість роботи як в автономному, так і в мережевому режимах із застосуванням накопичувачів енергії для згладжування коливань потужності.

Висновки

Аналіз схем генерування ВЕУ показав, що всі схеми розроблені з урахуванням характеристики споживачів і немає ніяких універсальних схем генерування енергії, що дозволило б застосувати їх у всіх об'єктах електропостачання, незалежно від роду струму та напруги. У подальших дослідженнях доцільно розглянути комплекс сучасних підходів до побудови електромеханічних систем вітроенергетичних установок, зокрема застосування змінношвидкісних структур, алгоритмів МРРТ, ефективних систем автоматичного регулювання та засобів стабілізації параметрів електроенергії, з урахуванням змінності вітрового потоку, оптимізації механічної частини та підвищення надійності роботи ВЕУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамова, К., & Гайдуцький, І. (2023). Теоретико-методологічні засади галузі вітроенергетики та її розвиток в Україні. Економіка та суспільство, (56). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-79>
2. Левківська, Л. В. Вітроенергетика України: сучасний стан та прогнози на майбутнє / Л. В. Левківська, С. А. Левківський // Відновлювана енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті: матеріали ХХІІІ міжнародної науково-практичної конференції, [Київ], 19-20 травня 2022 р. / Інститут відновлюваної енергетики НАНУ. — Київ, 2022. — С. 191-193.
3. Основи вітроенергетики / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков. — Дніпро: НГУ, 2015. — 335 с.
4. A review on wind turbine control and its associated methods. // Journal of Cleaner Production. — 2018. — Vol. 174. — P. 945–953.
5. Ma H., Li Y., Xu L., Chai J. The Control Principle of Wind Power Generation System. — Singapore: Springer, 2024. — 353 p.

Кравець Денис Сергійович — ст. гр. ЕМСА-22б, факультет Електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: denkravec2005@gmail.com.

Нанака Олена Миколаївна — канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: e_nanaka@ukr.net

Паянок Олександр Анатолійович — канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: opayanok@gmail.com.

Науковий керівник: **Нанака Олена Миколаївна** — канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Kravec Denys Serhiyovych – student of the group EMSA-22b, Faculty of electrical power engineering and electromechanics, Vinnytsia national technical university, e-mail: denkravec2005@gmail.com.

Nanaka Olena Mykolaivna – PhD, Associate Professor of the Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnytsia national technical university, e-mail: e_nanaka@ukr.net.

Payanok Oleksandr Anatoliyovych – PhD, Associate Professor of the Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnytsia national technical university, e-mail: opayanok@gmail.com.

Scientific advisor: **Nanaka Olena Mykolaivna** – PhD, Associate Professor of the Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia.