

## КРИТЕРІЇ УПРАВЛІННЯ ГІБРИДНИМИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ

**Вступ.** У сучасному світі, де проблема енергетичної безпеки й екологічної стійкості стає все більш актуальною, використання гібридних відновлюваних систем малої потужності стає стратегічно важливим етапом у реалізації концепції сталого розвитку. Гібридні системи, що об'єднують різні джерела відновлюваної енергії, надають ефективне та стабільне вирішення проблеми постачання енергії та зменшення викидів, проте ефективне управління такими системами є ключовим чинником для їхнього успішного впровадження й оптимального функціонування.

**Мета роботи.** Мета даного дослідження є комплексне вивчення й аналіз критеріїв управління гібридними відновлюваними системами малої потужності. Дослідження передбачає огляд основних компонентів гібридних відновлюваних систем, їх технічних характеристик, а також визначення оптимальних стратегій управління для забезпечення ефективного та сталого використання відновлюваних ресурсів. Результати роботи будуть сприяти розумінню ключових аспектів управління гібридними відновлюваними системами та сприятимуть подальшому розвитку цієї важливої галузі енергетики.

**Матеріал і результати дослідження.** Дослідження гібридних відновлюваних систем базувалося на комплексному аналізі різноманітних джерел інформації, включаючи наукові публікації, технічні звіти, а також практичні застосування гібридних енергетичних систем. У роботі представлено матеріал і результати, які дають змогу розкрити ключові аспекти управління гібридними відновлюваними системами.

Основним етапом дослідження був огляд різноманітних складових гібридних відновлюваних систем (таблиця 1). Вивчення технічних особливостей сонячних електростанцій, вітроенергетики, гідроенергетики, біоенергетики й установок зберігання енергії дало можливість визначити ключові компоненти, які впливають на їхню ефективність та сталість.

Таблиця 1 – Огляд ключових елементів гібридних відновлюваних систем малої потужності

Тип системи	Основні характеристики	Технічні аспекти
Сонячні електростанції	- Виробництво електроенергії з сонячних панелей	- Вибір оптимальних технологій сонячних батарей
	- Схеми зберігання та використання надлишкової енергії	- Підвищення ефективності конвертації сонячної енергії
	- Інтеграція з іншими джерелами енергії	- Моніторинг та управління виробництвом у реальному часі
Вітроенергетика	- Використання вітрових турбін для виробництва електроенергії	- Розташування вітрових турбін в оптимальних місцях
	- Забезпечення сталого постачання енергії у змінних умовах	- Зменшення впливу на природне середовище
	- Інтеграція з іншими джерелами енергії	- Забезпечення безперебійності та надійності роботи
Гідроенергетика	- Генерація електроенергії внаслідок руху води	- Вибір оптимальних типів гідроенергетичних установок
	- Забезпечення сталого виробництва в екологічно чистих регіонах	- Управління водним потоком для оптимізації виробництва
	- Інтеграція з іншими джерелами енергії	- Забезпечення безпеки експлуатації та запобігання аваріям

Продовження таблиці 1

Біоенергетика	- Виробництво енергії з органічних ресурсів	- Вибір оптимальних технологій для біомаси та біогазу
	- Забезпечення сталого виробництва в аграрних регіонах	- Моніторинг ефективності використання біомаси
	- Інтеграція з іншими джерелами енергії	- Забезпечення сталого відновлення біологічних ресурсів
Установки зберігання енергії	- Забезпечення стійкості та балансу в енергетичних мережах	- Вибір та впровадження технологій зберігання енергії
	- Зниження втрат енергії під час транспортування	- Розробка систем управління зберіганням та розподілом
	- Інтеграція з генерацією відновлюваної енергії та мережами	- Моніторинг та аналіз ефективності систем зберігання

Аналіз критеріїв управління. Для визначення оптимальних стратегій управління гібридними відновлюваними системами, проведено аналіз основних критеріїв, що впливають на їхню ефективність. Розглянуті такі аспекти, як енергетична ефективність, стійкість до змінних умов, вартість експлуатації й екологічна придатність.

Таблиця 2 – Критерії управління гібридними відновлюваними системами

Критерій	Основні аспекти	Параметри оцінки
Енергетична ефективність	- Коефіцієнт конверсії енергії	- Виходи з гібридних систем під час різних умов
	- Втрати енергії під час транспортування	- Співвідношення виробництва та споживання енергії
	- Загальна виробнича ефективність	- Адаптивність системи до змінного навантаження
Стійкість до змінних умов	- Виробництво енергії в різних кліматичних умовах	- Здатність системи забезпечувати енергією у будь-який період року
	- Відновлення роботи після аварій та непередбачених ситуацій	- Можливість автоматичного відновлення після перебоїв
Вартість експлуатації	- Витрати на будівництво та обслуговування	- Загальні витрати на експлуатацію та обслуговування
	- Термін служби та потреба в регулярному обслуговуванні	- Оптимізація експлуатаційних витрат та тривалість служби
Екологічна придатність	- Вплив на природне середовище	- Відсутність шкідливих викидів та вплив на екосистеми
	- Використання відновлюваних матеріалів та технологій	- Збалансованість між виробництвом енергії та екологічною безпекою

**Висновок.** Матеріал і результати дослідження вказують на важливість комплексного підходу до управління гібридними відновлюваними системами. Аналіз основних компонентів та критеріїв управління надає підстави для розробки ефективних стратегій, спрямованих на досягнення максимальної енергетичної ефективності, стійкості та екологічної придатності таких систем. Дослідження дало можливість визначити ключові аспекти, що впливають на функціонування гібридних відновлюваних систем, та визначити напрямки для подальших досліджень в цій області. Оптимізація управління гібридними відновлюваними системами є важливим завданням для забезпечення стійкого та ефективного використання відновлюваних ресурсів у майбутньому.

**Список використаних джерел:**

1. Кузнецов М.П., Мельник О.А., Лисенко О.В. Особливості стохастичної оптимізації гібридних енергосистем на базі ВДЕ. *Відновлювана енергетика*. 2018. № 2 (53). С. 6–16.
2. Сабіщенко О.В. Управління енергозабезпеченням сталого регіонального розвитку із використанням гібридних систем альтернативних джерел енергії : дис. докт. філософії: 051– Економіка; галузь знань 05 – Соціальні та поведінкові науки / Київський національний університет технологій та дизайну. Київ. 2023. 191 с.

**References:**

1. Kuznetsov M., Melnyk O., Lysenko O. Features of stochastic optimization for hybrid power systems with the renewable sources. *Renewable energy*. 2018. No. 2 (53). Pp. 6–16.
2. Sabishchenko O.V. Managing energy supply for sustainable regional development using hybrid systems of alternative energy sources: The dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 051 «Economics» (knowledge branch is 05 «Social and behavioral sciences») / Kyiv National University of Technology and Design. Kyiv, 2023. 191 p.