

**УДК 621.311.24:621.548**

## **КОМБІНОВАНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ НА ОСНОВІ МІКРО-ГЕС І ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Л.І.Мазуренко<sup>1</sup>, О.В.Джура<sup>2</sup>,**  
*Інститут електродинаміки НАН України,  
пр. Перемоги 56, м. Київ, 03057, Україна,  
тел.: (044)366-25-72, e-mail: suoma1715@gmail.com*

*Розглянуто конфігурації електрогенеруючої частини та варіанти реалізації систем стабілізації параметрів напруги автономних гідро-вітрових електростанцій, наведено переваги окремих рішень.*

**Ключові слова:** *гідро-вітрова електростанція, асинхронний генератор, синхронний генератор.*

## **COMBINED POWER SUPPLY SYSTEMS BASED ON MICRO HYDROPOWER PLANTS AND WIND TURBINES**

**L.Mazurenko<sup>1</sup>, O.Dzhura<sup>2</sup>,**  
*Institute of Electrodynamics, National Academy of Science of  
Ukraine, 56 Peremohy Ave., Kyiv, Ukraine, 03057*

*The configurations of the power generating part and variants of realization of systems of stabilization of voltage parameters of autonomous hydro-wind power plants are considered, advantages of some configurations are given.*

**Keywords:** *hydro-wind power plant, induction generator, synchronous generator.*

**ORCID:** <sup>1</sup>0000-0002-7059-249X, <sup>2</sup>0000-0002-0224-3351.

Гідроенергетичний потенціал малих рік України складає близько 12,5 млрд. кВт·год [1]. Цей потенціал може бути використано при створенні автономних систем електрозабезпечення окремих об'єктів і для розподіленої генерації. Комбіноване використання мікро-ГЕС чи міні-ГЕС і вітрових електроустановок (ВЕУ) дозволяє більш повно використати наявні в даній місцевості відновлювані ресурси і збільшити потужність таких систем.

Важливим елементом мікро-ГЕС є система стабілізації частоти струму. Виділяють наступні основні класи систем стабілізації мікро-ГЕС [2]: 1) системи зі стабілізацією частоти обертання гідротурбіни шляхом впливу на елементи гідротехнічного обладнання; 2) системи, в яких між турбіною і генератором встановлюються приводи постійної частоти обертання; 3) системи зі стабілізацією частоти вихідної напруги генераторами, що здатні за змінної частоти обертання генерувати напругу стабільної частоти; 4) системи зі статичними перетворювачами частоти; 5) системи з регулюванням гальмівного моменту генератора додатковим (баластним) навантаженням.

Зазначені системи також можуть комбінуватись між собою. Наприклад, як показують дослідження, ефективна стабілізація частоти досягається комбінуванням першої і п'ятої з зазначених систем [3]. Проте слід вказати на те, що стабілізація частоти в цьому випадку відбувається по двом каналам регулювання, і є наявним їх взаємний вплив.

Важливим питанням є вибір типу генератора для мікро-ГЕС і ВЕУ. Ще 10-15 років тому усі діючі вітроелектростанції в Україні були побудовані з використанням асинхронних машин з к.з. ротором в якості

електричних генераторів [4], статорна обмотка яких пряму чи через трансформатор підключалась до мережі. При включенні асинхронного генератора (АГ) ВЕУ на паралельну роботу з синхронним генератором (СГ), що обертається гідротурбіною (ГТ), останній буде забезпечувати реактивною потужністю АГ і стабілізувати напругу в системі. Якщо ж обидва генератора виконати на основі АГ з к.з. ротором, то необхідно передбачити джерела реактивної потужності на основі конденсаторів і напівпровідникових перетворювачів. Перевагами конфігурації «СГ з приводом від ГТ – АГ з приводом від вітротурбіни (ВТ)» є висока перевантажувальна здатність та простота електричної частини ВЕУ. Конфігурація «АГ з приводом від ГТ – АГ з приводом від ВТ» відрізняється відсутністю ковзних контактів в АГ та більшою надійністю в аварійних ситуаціях, пов'язаних з короткими замиканнями в автономній мережі.

Широко застосовуються ВЕУ змінної частоти обертання на основі АГ з фазним ротором, АГ з к.з. ротором і СГ з перетворювачем частоти. Такі ВЕУ, на відміну від ГЕС, здатні регулювати генеровану активну потужність лише в бік зменшення відносно певного значення, що залежить від швидкості вітру. Тому задача регулювання частоти струму в гідро-вітрових електростанціях (ГВЕ), як правило, на ВЕУ не покладається, за виключенням нетривалих періодів часу (в межах декількох секунд). Натомість ВЕУ працюють переважно в так званому MPPT режимі, що характеризується максимальним значенням аеродинамічного ККД турбіни.

З метою збільшення надійності електроживлення автономні ГВЕ можуть доповнюватись дизель-

генераторами (ДГ). Відомим прикладом такої системи є гідро-вітро-дизельна автономна система острова Ель Ієрро (Іспанія) номінальної потужності 35.9 МВт, з яких 13 МВт припадає на ДГ, 11.32 МВт – на 4 гідрогенератори, 11.48 МВт – на 5 ВЕУ змінної частоти обертання, решта – на сонячні батареї [5].

Вартість електроенергії, що виробляється ДГ, є суттєвою (від 9 грн. за кВт·год), що спонукає мінімізувати їх частку у виробництві електроенергії комбінованими автономними системами. В умовах обмеженості гідроресурсів це може бути досягнуто акумулюванням гідроенергії в непікові часи, збільшенням кількості ГТ і ВЕУ, підвищенням енергоефективності їх роботи.

#### **Література:**

1. Суходоля О. М., Сидоренко А. А., Бєгун С. В., Білуха А. А. *Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України: аналіт. доп. – К. : НІСД, 2014. – 112 с. – (Сер. «Національна безпека», вип. 8).*
2. Лукутин Б.В. *Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанций: Монография / Б.В. Лукутин, С.Г. Обухов, Е.Б. Шандарова – Томск, 2001. — 104 с. URL: [window.edu.ru/resource/252/75252/files/M\\_MicroGES.pdf](http://window.edu.ru/resource/252/75252/files/M_MicroGES.pdf)*
3. Мазуренко Л.І., Василів К.М., Джура О.В., Коцюруба А.В. *Імітаційна модель та алгоритм керування автономною гідро-вітровою системою електроживлення. Технічна електродинаміка.- 2020. № 1. С. 17-26. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2020.01.017>*
4. Мокін Б. І., Мокін О. Б., Жуков О. А., *До питання вибору вітрових двигунів і електричних генераторів вітрових електричних станцій // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – №6. – С. 52 – 62.*
5. Martinez de Lucas, Guillermo & Sanchez, Jose. (2018). *Frequency Regulation of a Hybrid Wind–Hydro Power Plant in an Isolated Power System. Energies. 11. 10.3390/en11010239.*