

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-6>

УДК 621.315

Валерій МАРТИНЮК

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0001-5758-4244>

Олександр РУДЕНОК

Хмельницький національний університет

МЕТОД КЕРУВАННЯ ГІБРИДНОЮ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ

В роботі на основі проведеного аналізу особливості будови гібридної сонячної електростанції. Встановлено вимоги до забезпечення стабільної роботи гібридної сонячної електростанції. Запропоновано метод керування гібридною сонячною електростанцією. Розроблено імітаційну модель гібридної сонячної електростанції, до складу якої входить модель сонячних панелей, модель вітрогенератора, модель дизель-генератора, модель акумуляторної батареї разом із контролером заряду та модель блоку керування гібридною сонячною електростанцією, у якому реалізовано запропонований метод керування гібридною сонячною електростанцією.

Keywords: метод керування гібридною сонячною електростанцією, сонячна панель, вітрогенератор, дизель-генератор, акумуляторна батарея.

Valeriy MARTYNYUK, Oleksandr RUDENOK

Khmelnytskyi national university

HYBRID SOLAR POWER PLANT CONTROL METHOD

The work is based on the analysis of the features of the structure of the hybrid solar power plant. The requirements for ensuring the stable operation of the hybrid solar power plant have been established. A method of controlling a hybrid solar power plant is proposed. A simulation model of a hybrid solar power plant was developed, which includes a model of solar panels, a model of a wind generator, and a model of a diesel generator. a model of a battery pack together with a charge controller and a model of a hybrid solar power plant control unit in which the proposed hybrid solar power plant control method is implemented..

Keywords: hybrid solar power plant control method, solar panel, wind generator, diesel generator, storage battery.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Гібридна сонячна електростанція - це електростанція з кількома джерелами електричної енергії (генераторами), які використовують не менше двох різних технологій виробництва електроенергії [1-3]. Для такої системи висувають наступні технічні завдання.

1. Виробництво та накопичення енергії економічно вигідним способом.
2. Якщо використовуються відновлювальні джерела електроенергії, то:
 - надавати перевагу використанню відновлювальним джерелам електроенергії, де це локально доступно;
 - накопичувати енергію від відновлювальних джерел електроенергії, коли вони доступні;
 - використовувати резервні джерела енергії (генератори) для досягнення зазначеного рівня сервісу, коли відновлювальні джерела електроенергії є недоступними чи недостатніми.

На рис. 1 зображена будова гібридної сонячної електростанції. До складу гібридної сонячної електростанції входять наступні блоки.

1. Вітрогенератор.
2. Сонячна панель.
3. Двовходова електрична машина-генератор.
4. Блок акумуляторної батареї.
5. Контролер заряду.
3. Дизель-генератор.
4. Система керування дизель-генератором.
5. Інвертор.

У більшості районів надходження сонячної випромінювання та наявність вітру знаходяться в протифазі (тобто коли світить яскраве сонце, найчастіше відсутній вітер, або коли дме сильний вітер, то є нестача сонячного випромінювання). Для забезпечення безперебійного електропостачання автономного об'єкта, зменшення необхідної потужності вітрогенератора та сонячної батареї та ємності акумуляторної батареї, покращення режимів роботи станції у багатьох випадках доцільне використання гібридної вітро-сонячної електростанції [4-6].

Особливо значні переваги гібридних станцій при її використанні протягом року. При цьому в зимовий час основне виробництво електроенергії припадає на вітроелектричну установку, а влітку - на сонячні фотоелектричні модулі.

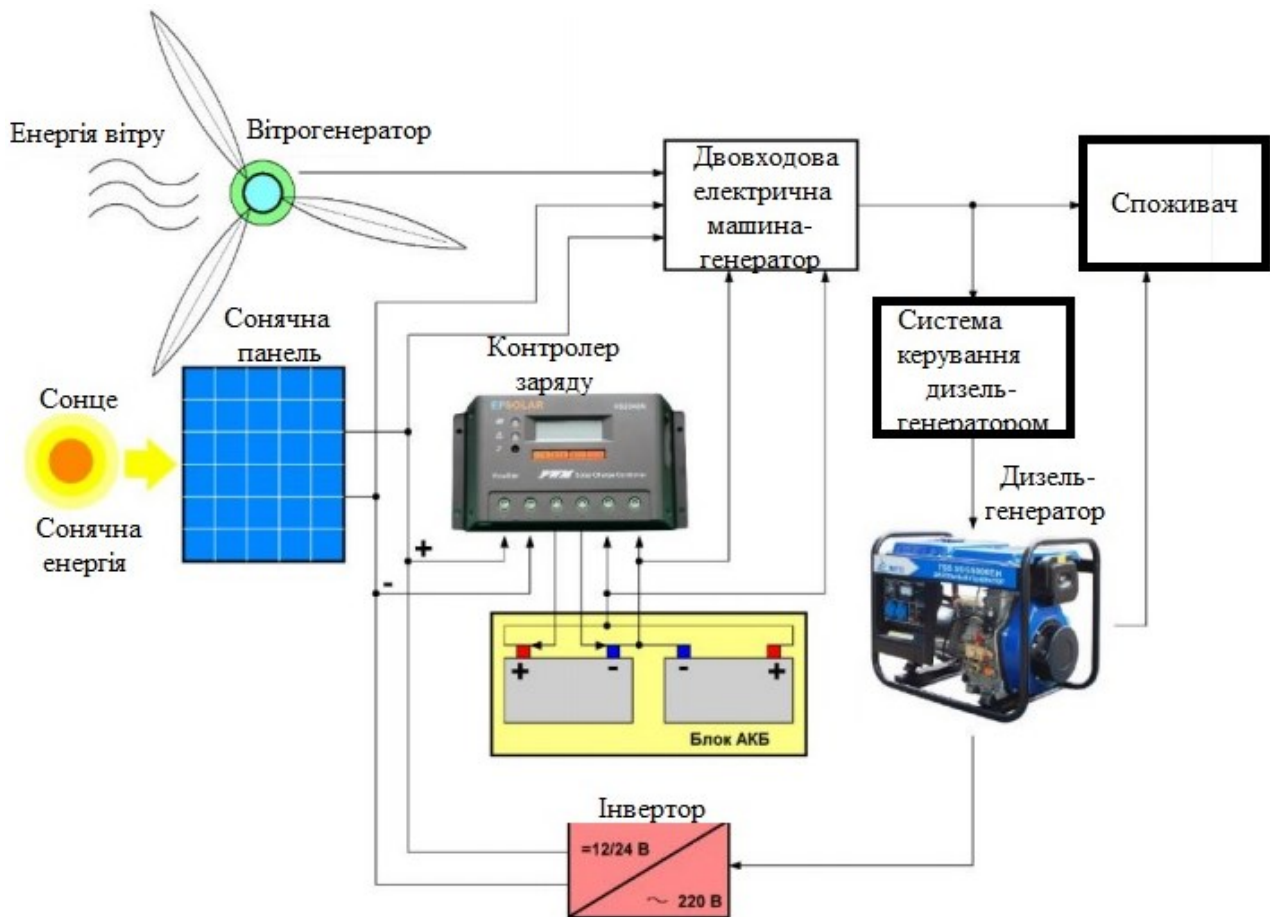


Рис. 1. Будова гібридної сонячної електростанції

Сонячні та вітрові енергетичні технології, екологічно чисті та доступні, можуть замінити або доповнити традиційні способи отримання енергії, пов'язані з використанням автономних генераторів [7-9]. Перед гібридною сонячною електростанцією встановлюються наступні технічні завдання.

1. Виробництво та накопичення енергії економічно вигідним способом.
2. Якщо використовуються відновлювальні джерела електроенергії, то:
 - надавати перевагу використанню відновлювальним джерелам електроенергії, де це локально доступно;
 - накопичувати енергію від відновлювальних джерел електроенергії, коли вони доступні;
 - використовувати резервні джерела енергії (набори генераторів) для досягнення зазначеного рівня сервісу, коли відновлювальні джерела електроенергії є недоступними чи недостатніми.

Метод керування гібридною сонячною електростанцією

Особливістю керування гібридною сонячною електростанцією є забезпечення частоти електричної мережі в умовах зміни рівня сонячного випромінювання, температури та швидкості вітру. В процесі генерування електроенергії різними генераторами потужність генерування завжди повинна відповідати підключеним навантаженням.

У випадку, якщо потужність навантаження менша, ніж потужність генерування електроенергії, частота електричної мережі зростає. Коли потужність навантаження більша, ніж потужність генерування електроенергії, частота електричної мережі зменшується. Для забезпечення підтримки балансу між потужністю навантаження та потужністю генерування електроенергії доцільно використовувати системи накопичення електричної енергії та дизельного генератора.

Відновлювані джерела електричної енергії є нестабільними джерелами потужності електричної енергії. Керувати відновлюваними джерелами електричної енергії складно та неможливо, коли їх потужності недостатньо для живлення навантаження. Компенсувати недостачу потужності, яку необхідно віддати у навантаження, можна двома способами: збільшити кількість подачі палива у дизельний генератор або взяти додаткову кількість електричної енергії від системи накопичення.

В основі запропонованого методу керування гібридною сонячною електростанцією є вимірювання різниці між частотою електричної мережі та опорною частотою електричної мережі в режимі реального часу. В залежності від значення виміряної різниці частот, здійснюється або накопичення надлишку електричної енергії в системі накопичення у випадку малої потужності навантаження, або відбір електричної енергії з системи накопичення у випадку великої потужності навантаження.

У випадку недостатньої кількості електричної енергії, яка накопичена у системі накопичення електричної енергії, необхідно запустити дизельний генератор, щоб виробити додаткову кількість електричної, яка необхідна для живлення навантаження.

Для реалізації запропонованого методу керування гібридною сонячною електростанцією розроблено алгоритм керування, блок схема якого наведена на рис. 2.

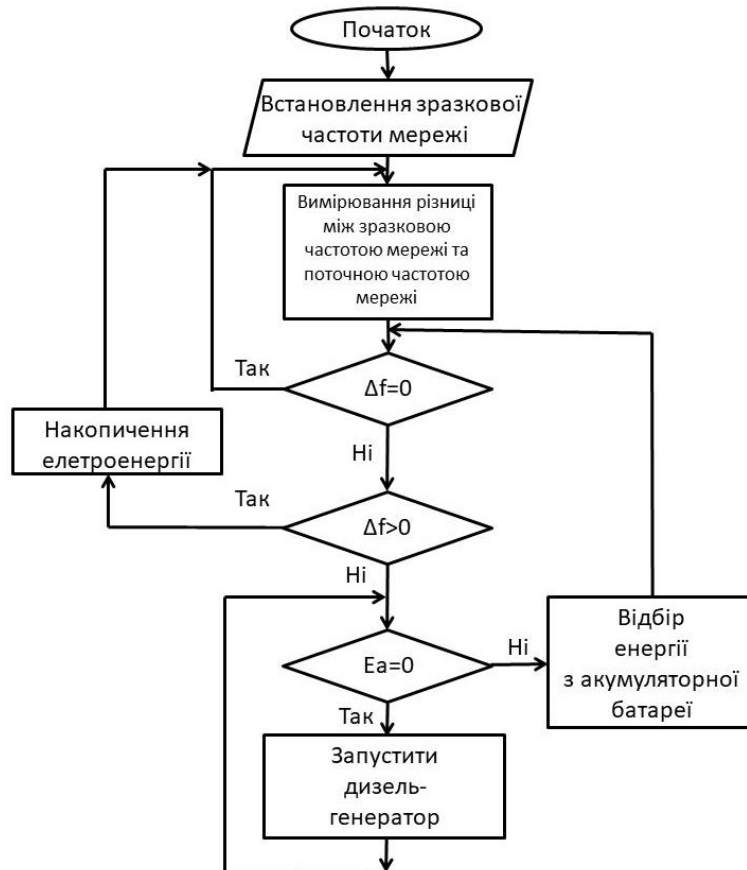


Рис. 2. Блок схема алгоритму керування гібридною сонячною електростанцією

У відповідності до рисунку 2 на початку алгоритму здійснюється встановлення зразкової частоти мережі. Далі здійснюється вимірювання різниці між зразковою частотою мережі та поточною частотою мережі. У випадку, якщо різниця між зразковою частотою мережі та поточною частотою мережі $\Delta f=0$, регулювання не відбувається, тому що в мережі кількість виробленої електричної енергії дорівнює кількості спожитої електричної.

У випадку, якщо різниця між зразковою частотою мережі та поточною частотою мережі $\Delta f>0$, відбувається процес накопичення енергії в акумуляторній батареї. У випадку, якщо різниця між зразковою частотою мережі та поточною частотою мережі $\Delta f<0$, здійснюється перевірка стану заряду акумуляторної батареї. Якщо кількість енергії в акумуляторній батареї $E_a=0$, це означає, що акумуляторна батарея розряджена. У цьому випадку необхідно запустити дизель-генератор і забезпечити недостачу електричної енергії в навантаженні.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В роботі розглянуто інтелектуальне керування гібридною сонячною електростанцією. Встановлено, що інтелектуальне керування гібридною сонячною електростанцією гарантує, що поточна генерація та навантаження в будь-який момент будуть ідеально підібрані. Система забезпечує постійну стабільність, швидко реагуючи на стрибки генерації та навантаження.

Особливістю методу керування гібридною сонячною електростанцією є максимальне використання енергії сонця і вітру, а також економічне використання дизельного пального дизельним генератором. Для забезпечення цих вимог використовується потужна акумуляторна батарея, яка здатна накопичувати надлишок електроенергії при високих рівнях освітлення та швидкості вітру.

Час, який необхідний системі для досягнення номінальної кутова частоти мережі, залежить від моменту інерції першого блоку генеруючого пристрою мережі. Мережа формується одним великим генератором електричної енергії, а додаткові генератори синхронізуються з ним.

References

1. S.M. Shaahid and M.A. Elhadidy, Technical and economic assessment of grid-independent hybrid photovoltaic–diesel–battery power systems for commercial loads in desert environments. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, vol. 11(8), 2007
2. M.A. Elhadidy and S.M. Shaahid, Parametric study of hybrid (wind+solar+diesel) power generating systems. *Renewable Energy*, vol. 21(2), pp. 129–139, 2000.
3. T. Tezer, R. Yaman, and G. Yaman, Evaluation of approaches used for optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, vol. 73, pp. 840–853, 2017.
4. M.D.A. Al-falahi, S.D.G. Jayasinghe, and H. Enshaei, A review on recent size optimization methodologies for standalone solar and wind hybrid renewable energy system. *Energy Convers. Manage.*, vol. 143, pp. 252–274, 2017.
5. B.J. Saharia and M. Manas, Viability analysis of photovoltaic/wind hybrid distributed generation in an isolated community of Northeastern India. *Distrib. Gener. Altern. Energy J.*, vol. 32(1), pp. 49–80, 2017.
6. A. Yahiaoui, K. Benmansour and M. Tadjine, Control, analysis and optimization of hybrid PV-diesel-battery systems for isolated rural city in Algeria. *Sol. Energy*, vol. 137, pp. 1–10, 2016.
7. R. Bouchebbat and S. Gherbi, A novel optimal control and management strategy of stand-alone hybrid PV/wind/diesel power system. *J. Control Autom. Electr. Syst.*, vol. 28(2), pp. 284–296, 2017.
8. B. Ould Bilal, V. Sambou, P. A. Ndiaye, C.M.F. Kebe, and M. Ndong, Study of the Influence of load profile variation on the optimal sizing of a standalone hybrid PV/wind/battery/diesel system. *Energy Proc.*, vol. 36, pp. 1265–1275, 2013.
9. L.W. Chong, Y.W. Wong, R.K. Rajkumar and D. Isa, An optimal control strategy for standalone PV system with battery-supercapacitor hybrid energy storage system. *J. Power Sources*, vol. 331, pp. 553–565, 2016.