

- характеристика холостого ходу при підмагнічуванні із застосуванням сторонньої ємності;
- характеристика холостого ходу при підмагнічуванні додатковою обмоткою (при подачі постійного струму).

Характеристика генератора без регулювання має найнижчі значення величини напруги. При збільшенні швидкості обертання ротора генератора напруга на виході генератора збільшується лінійно за рахунок збільшення ЕРС обертання, що наводиться в обмотці якоря генератора. При збільшенні величини підмагнічувальної ємності напруга починає зростати за рахунок збільшення основного магнітного потоку. Однак, при подальшому збільшенні величини підмагнічувальної ємності (при $C > 100$ мкФ) напруга збільшується незначно, що пояснюється насиченням магнітної системи, збільшенням реактивного струму в обмотці якоря та падіння напруги на активному та індуктивному опорах.

При подачі постійної напруги на додаткову обмотку підмагнічування спостерігається збільшення величини напруги, що пояснюється підсиленням основного магнітного потоку генератора. Даний дослід проводився при вимкненій додаткової ємності.

Висновки. Розроблено структуру експериментального стенду для досліджень магнітоелектричного генератора безмультіплікаторної вітроелектроустановки. До складу експериментального стенду входить привідний двигун постійного струму з незалежним збудженням з двозонним регулюванням швидкості обертання, досліджуваний магнітоелектричний генератор, комплект вимірювальних приладів та змінне навантаження. В результаті отримано та проаналізовано характеристики холостого ходу генератора. Недоліком використання, як методу корекції вихідної потужності, підмагнічувальних конденсаторів є постійне навантаження на ротору вітроустановки, а також наявність додаткових втрат в обмотці якоря, викликаних реактивним струмом якоря генератора ємнісного характеру.

Посилання:

1. В. М. Головка, М. А. Коваленко, І. Я. Коваленко, "Математичне моделювання автономної вітроустановки з синхронним генератором магнітоелектричного типу", *Відновлювана енергетика*, № 4 (62), С. 31–39, 2020, [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.4\(63\).50-58](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.4(63).50-58)

УДК 621.314; 621.391

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ВІБРОДІАГНОСТИКИ ВУЗЛІВ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЙМОВІРІСНОГО ПІДХОДУ

В. М. Зварич¹, Ю. І. Гижко², О. М. Глазкова³, М. В. Мислович⁴

^{1,2,4}Інститут електродинаміки НАН України; ^{1,3}Інститут відновлюваної енергетики НАН України
е-mail: ¹zvaritch@gmail.com, ²yuriy.gyzhko@gmail.com, ³glazkovaovdey@gmail.com, ⁴myslmv@gmail.com

Розглянуто деякі особливості побудови системи вібродіагностики обертових вузлів генераторів вітроустановок з використанням ймовірнісного підходу. Розглянута структура такої системи вібродіагностики, особливості її елементів. Визначено особливості програмного забезпечення системи вібродіагностики генераторів вітроустановок. Показано особливості режимів такої системи.

Ключові слова: генератор вітроустановки, система вібродіагностики, ймовірнісний підхід до діагностування.

SOME FEATURES OF THE VIBRATION DIAGNOSIS SYSTEM CONSTRUCTION WITH PROBABILISTIC METHOD APPLICATION

V. Zvaritch¹, Yu. Gizhko², O. Glazkova³, M. Myslovych⁴

^{1,2,4}Institute of electrodynamics National Academy of Science of Ukraine; ^{1,3}Institute of renewable energy National Academy of Sciences of Ukraine.

Some features of wind generator elements vibration diagnostic system construction with probabilistic method application are discussed. Structure of the vibration diagnostic system is considered. Features of construction of the system elements are shown. Software features of vibration diagnostic system of wind generator elements is discussed. Regimes of the diagnostic system are considered.

Keywords: wind generator, vibration diagnosis, probabilistic approach

ORCID: ¹[0000-0002-1271-4954](https://orcid.org/0000-0002-1271-4954), ²[0000-0002-5702-4738](https://orcid.org/0000-0002-5702-4738), ³[0000-0001-9409-1975](https://orcid.org/0000-0001-9409-1975), ⁴[0000-0002-1271-4954](https://orcid.org/0000-0002-1271-4954)

Використання систем діагностування при побудові та експлуатації вітрогенераторів різної потужності може суттєво підвищити надійність такого обладнання та підвищити економічні показники його використання. Приймаючи до уваги підписану Україною Угоду про асоціацію Україна-ЄС та Договір про заснування Енергетичного співтовариства, експлуатація самих вітрогенераторів а також систем їх діагностування повинна відповідати Європейським стандартам.

В доповіді розглядаються деякі особливості побудови систем діагностування вітрогенераторів та стандарти, яким вони повинні відповідати.

Система створюється для вібродіагностики окремих вузлів вітрогенераторів, Рис.1.

В своєму складі система містить: вимірювальні датчики (акселерометри) (1), попередні підсилювачі (2), прилад обробки та фільтрації вібраційних сигналів (ПОФВС) (3), аналого-цифровий перетворювач (4), тахометр (5), персональний комп'ютер 7, спеціалізоване програмне забезпечення [1].

Функціонування системи відбувається таким чином. З виходу акселерометра (1) вібраційний сигнал поступає на підсилювач (2) а вже підсилений сигнал надходить до ПОФВС (3), налаштування якого залежить як від вібраційних характеристик вітрогенератора, так і від швидкості вітру. В своєму складі ПОФВС має фільтри низьких частот, фільтри високих частот, режекторні фільтри. Профільтрований аналоговий вібраційний сигнал поступає на вхід аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) та в оперативну пам'ять персонального комп'ютера.

Програмне забезпечення побудовано з використанням теорії лінійних випадкових процесів та включає в себе наступні модулі:

1. Модуль оцінки стаціонарності вібраційних сигналів - дозволяє оцінити стаціонарність вібраційних сигналів як в вузькому (в рамках оцінки функції розподілу) так і в широкому (в рамках оцінок математичного сподівання та дисперсії) сенсі.

2. Модуль оцінки діагностичних параметрів – дає можливість оцінити діагностичні параметри технічного стану вітрогенератора. Якщо сигнал стаціонарний та Гаусів (що можна визначити з використанням оцінок асиметрії та ексцесу вібраційних сигналів, які аналізуються), то проводиться аналіз тільки ядра

в моделі лінійного випадкового процесу. Ядро лінійного випадкового процесу оцінюється з використанням авторегресійного аналізу вібраційних сигналів [2].

Система передбачає використання 7 діапазонів швидкостей обертання валу вітрогенератора. Для кожного діапазону існує свій діапазон частот налаштування ПОФВС та відповідні характеристики лінійного випадкового процесу. Перемикання діапазонів частот ПОФВС проводиться за сигналом тахометра.

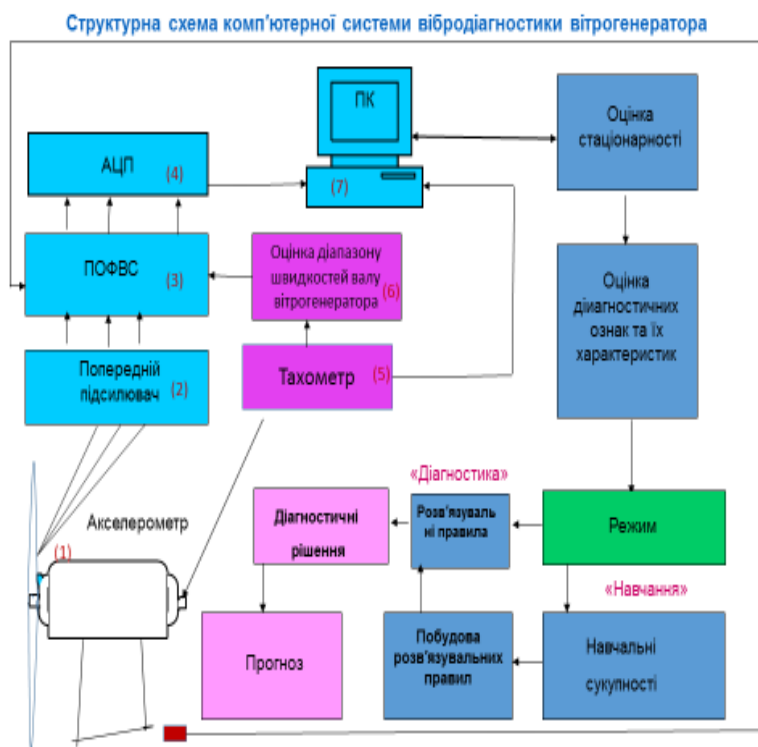


Рис.1. Структурна схема системи вібродіагностики

Якщо вібраційні сигнали стаціонарні але їх розподіл не можна віднести до гаусового розподілу, крім оцінки ядра лінійних випадкових процесів необхідно оцінити і використати і статистичні характеристики вищих моментів (наприклад – кумулянти). Це дозволяє виявити несправності на ранніх стадіях їх появи.

Система працює в двох режимах: «навчання» та «діагностика».

В режимі «навчання» відбувається оцінка стаціонарності вібраційних сигналів, оцінка діагностичних ознак, формування навчальних сукупностей на основі діагностичних ознак, вибір та побудова розв'язувальних правил. В залежності від вибраного розв'язувального правила відбувається вибір та побудова методу прогнозування діагностичних ознак [3].

В режимі «діагностика» відбувається відбір стаціонарних вібраційних сигналів, оцінка для них діагностичних ознак та прийняття рішень про технічний стан вузлів вітрогенератора, що діагностується. Прогнозування поведінки діагностичних параметрів дає можливість оцінити час безвідмовної роботи вітрогенератора

Посилання:

1. А. О. Запорожець, В. П. Бабак, В. М. Зварич, Система діагностування вузлів вітрогенератора. Патент на корисну модель № 150044, бюл.№ 52, пріоритет від 29.12.2021.
2. V. P. Babak, S. V. Babak, M. V. Myslovych, A. O. Zaporozhets, V. M. Zvaritch, "Diagnostic Systems For Energy Equipment", in Studies in Systems, Decision and Control book series, Springer Nature Switzerland AG. (SSDC, volume 281), 2020.
3. М. В. Мислович Моделі форм представлення навчаючих сукупностей для багаторівневих систем діагностування вузлів електротехнічного обладнання Технічна електродинаміка № 3. 2021. – С. 65–73.

УДК 620.91

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМЕНШЕННЯ ОПОРУ ТРАВЕРС РОТОРА ДАР'Є

Л. С. Серілко¹, З. К. Сасюк², Д. Л. Серілко³, Л. В. Войтович⁴

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна
e-mail: ¹l.s.serilko@nuwm.edu.ua

Для зменшення опору траверс була запропонована конструкція БЕУ, яка дозволяє максимально зменшити лобовий опір. В результаті зменшується вага вала та тертя в підшипниках, що сприяє збільшенню коефіцієнта використання енергії вітру.

Ключові слова: ротор Дар'є, опір траверс, енергія вітру.

RESEARCH TO REDUCE THE RESISTANCE OF THE BLADES OF THE DARRIEUS ROTOR

L. Serilko¹, Z. Sasiuk², D. Serilko³, L. Voitovich⁴

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

To reduce the resistance of the traverse, a wind turbine design was developed, which allows to reduce the frontal resistance as much as possible. As a result, the weight of the shaft and friction in the bearings is reduced, which increases the efficiency of wind energy.

Keywords: Darrieus rotor, traverse resistance, wind energy.

ORCID: ¹[0000-0002-2396-561X](https://orcid.org/0000-0002-2396-561X), ²[0000-0001-6879-7544](https://orcid.org/0000-0001-6879-7544), ³[0000-0001-5881-2413](https://orcid.org/0000-0001-5881-2413), ⁴[0000-0001-6685-7769](https://orcid.org/0000-0001-6685-7769)

Світ рішуче повернувся в бік широкого використання альтернативних джерел енергії, зокрема, енергії вітру. На думку багатьох вчених сучасні вітроенергетичні установки з горизонтальною віссю обертання (БЕУ ГВО) ефективно працюють в регіонах, де швидкість вітру перевищує 4-5 м/с. За оцінками експертів потужність таких БЕУ не може перевищувати 7 МВт. За версією журналу Windpower Monthly наземна БЕУ ГВО фірми Siemens Gamesa моделі SG 6.6-170 має потужність 6,6 МВт. При цьому діаметр ротора становить 170м, а висота башти 100-165 м.

В той же час, за оцінками експертів потужність вітроенергетичних установок з вертикальною віссю обертання (БЕУ ВВО) може досягати 8-15 МВт [1]. Крім того, такі агрегати не вимагають пристроїв для орієнтації на вітер, самі лопаті мають нижчу вартість, генератор можна розміщувати в нижній частині конструкції, що значно спрощує технічне обслуговування пристрою.

Одним із факторів, які не сприяють широкому впровадженню БЕУ ВВО, є те, що вони мають менший коефіцієнт використання енергії вітру (КВЕВ) 0,3-0,45, тоді як максимальне