

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ПОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ ВІТРОУСТАНОВОК ЗА РАХУНОК РЕГУЛЮЮЧИХ ЗАСОБІВ ТА СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ, ГАРМОНІЗОВАНИХ З ЄВРОПЕЙСЬКИМИ СТАНДАРТАМИ*

Ю.І. Гижко¹, В.М. Головка², М.С. Гуторова¹, В.М. Зварич¹, В.П. Коханевич², С.О. Кудря²,
М.В. Мислович¹, Л.Б. Остапчук¹

¹Інститут електродинаміки НАН України. 03057, м. Київ, просп. Перемоги, 56. E-mail: ied1@ied.org.ua

²Інститут відновлюваної енергетики НАН України. 02094, м. Київ, вул. Гната Хоткевича, 20-а. E-mail: info@ive.org.ua

Досліджено особливості використання лінійних AR та ARMA процесів в якості математичних моделей вібраційних сигналів двигунів власних потреб ТЕС і ТЕЦ та двигунів вітрогенераторів. Визначено особливості побудови прототипу безпроводної інформаційно-виміральної системи діагностування стану таких двигунів. Приведено результати експериментальних досліджень використання прототипу ІВС на прикладі досліджень вібрацій двигунів власних потреб, а саме двигуна DKRAI – 4519-4V Дарницької ТЕЦ з використанням міжнародних стандартів. Отримано нові математичні моделі статичних та динамічних процесів в аеромеханічних регулюючих засобах роторів вітроустановок з відцентровим регулятором, проведено їх експериментальну перевірку та на їх основі розроблено методику по вибору параметрів та характеристик аеромеханічних регулюючих засобів роторів вітроустановок з відцентровим регулятором та методику визначення навантажень і розрахунку на міцність лопатей вітроустановки, які будуть використані розробниками при проектуванні нових вітроустановок. Бібліогр. 8, рис. 3.

Ключові слова: вібродіагностика, вітрогенератори, двигуни власних потреб, безпроводна інформаційно-вимірвальна система

Використання систем діагностування при виробництві та експлуатації двигунів різної потужності може суттєво підвищити надійність такого обладнання та покращити економічні показники його використання [1–3]. Приймаючи до уваги підписану Україною Угоду про асоціацію Україна–ЄС та Договір про заснування Енергетичного співтовариства, експлуатація самих двигунів, а також систем їх діагностування повинна відповідати Європейським стандартам. Системи технічної діагностики енергетичного устаткування базуються на різних методах. Це тепловий контроль та діагностика, контроль технічного стану на основі аналізу електричних і магнітних полів, вібродіагностика, акустична діагностика, діагностика на основі методів акустичної емісії тощо.

Допуски на величини струму і температури досить великі і суттєво перевищують ті зміни, які виникають при появі різних потенційно небезпечних дефектів, особливо на ранніх стадіях їх появи.

Показники надійності роботи енергообладнання визначаються результатом спільного впливу як факторів, що визначають умови експлуатації, так і внутрішніх чинників, що визначають властивості

енергетичного обладнання. Поєднання таких факторів носить випадковий характер. Тому застосування статистичних методів для вирішення таких завдань доцільно в багатьох практичних випадках.

Найбільш перспективними методами контролю і діагностики є неруйнівні методи, які, зазвичай, реалізуються за допомогою спеціалізованих комп'ютерних систем. Серед таких методів найбільш перспективними є методи вібродіагностики. В роботі пропонується використання методу вібродіагностики для побудови систем діагностування двигунів власних потреб та генераторів вітроустановок (ВУ).

В роботі [4] наведено результати досліджень особливостей побудови систем вібродіагностики на прикладі діагностування підшипників кочення електричних двигунів.

Елементи підшипника при його обертанні викликають потік імпульсів, властивості якого залежать від стану доріжок, тіл кочення, стану мастила, якості установки підшипника. Залежно від конструктивних і експлуатаційних вимог до підшипника його доріжки і кульки обробляються з певною шорсткістю поверхні (8–12 класів чистоти

*За результатами виконання цільової комплексної програми НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд і машин» («Ресурс»), отриманих за 2016–2020 рр.

Гижко Ю.І. – <http://orcid.org/0000-0002-5702-4738>, Головка В.М. – <http://orcid.org/0000-0003-0195-9654>,

Гуторова М.С. – <http://orcid.org/0000-0003-4259-7530>, Зварич В.М. – <http://orcid.org/0000-0002-1271-4954>,

Коханевич В.П. – <http://orcid.org/0000-0003-0033-1355>, Кудря С.О. – <http://orcid.org/0000-0002-4798-6853>,

Мислович М.В. – <http://orcid.org/0000-0002-6245-7917>, Остапчук Л.Б. – <http://orcid.org/0000-0002-5565-0313>,

© Ю.І. Гижко, В.М. Головка, М.С. Гуторова, В.М. Зварич, В.П. Коханевич, С.О. Кудря, М.В. Мислович, Л.Б. Остапчук, 2020

поверхні), яка характеризується висотою нерівностей. Висота нерівностей має один порядок з відстанню між максимумами поверхні. При коченні кульок по поверхні кілець через шорсткість виникають випадкові елементарні збуджуючі імпульси сил, які і примушують вібрувати деталі шарикопідшипника і щит, в якому він закріплений. Тривалість такого елементарного імпульсу менше 0,5 мкс. Смуга частот цього імпульсу більше 2,5 мГц. Отже, вібраційний шум підшипника може розглядатися як відгук багаторезонансної системи на вплив послідовності елементарних імпульсів сил, що збуджують.

При побудові математичних моделей діагностичних сигналів використано принципово новий клас випадкових процесів, а саме клас лінійних випадкових процесів авторегресії. Суть такого підходу полягає в тому, що об'єкт, що діагностується, представляється у вигляді ядра лінійного процесу авторегресії, а сам процес задається різницевою рівнянням. На відміну від використовуваних на практиці процесів лінійні процеси авторегресії дозволяють описувати не тільки гаусові сигнали, але і сигнали, які мають безмежно ділені закони розподілу, такі як гамма, пуасонівський негативний біноміальний і гаусів.

Використання лінійних AR та ARMA процесів для моделювання вібрації вітрогенераторів USW 56-100. За дослідженнями Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (International Renewable Energy Agency (IRENA)) за рахунок розвитку технологій функціонування та ремонту вітрогенераторів до 2025 р. передбачається зменшення вартості електроенергії, що виробляється вітрогенераторами, на 26 %.

При виконанні проекту проведено аналіз властивостей лінійних AR та ARMA процесів та доцільності використання рішень оберненої задачі для таких процесів при побудові систем діагностування двигунів власних потреб ТЕЦ і ТЕС та двигунів вітроустановок [1–3].

Розглянуто можливість використання лінійних процесів авторегресії для розробки алгоритмів моделювання вібросигналів обертових вузлів вітрогенераторів, що надзвичайно важливо для побудови випробувальних стендів, а також тренажерів для підготовки обслуговуючого персоналу вітроагрегатів [4].

Як приклад використання запропонованого підходу розглянемо вібраційний сигнал обертового вузла підшипника кочення вітрогенератора USW 56-100 (рис. 1) з боку корпусу головного валу, встановленого на стенді для випробувань вітрогенераторів. Швидкість обертання головного валу – 72 об/хв. Для досліджень вібраційних сигналів використовувався розроблений в Інституті електродина-

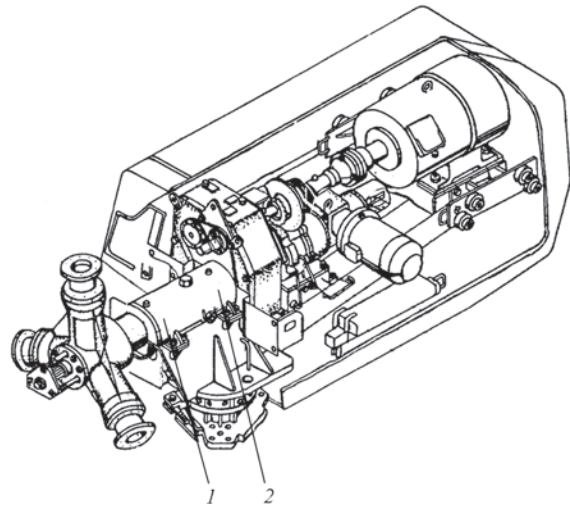


Рис. 1. Кріплення сенсорів для дослідження вібрацій вузлів генератора вітроагрегату USW 56-100

міки НАН України прототип системи діагностики вітрогенераторів, за допомогою якого були отримані оцінки ядер лінійних випадкових процесів.

У точках 1 та 2 вібраційний сигнал моделюється лінійним процесом авторегресії

$$\xi_t = -\sum_{i=1}^p a_i \xi_{t-i} + \zeta_t \quad t \in Z, \quad (1)$$

де $\{a_j, a_j \neq 0, j = \overline{1, p}\}$, $a_1, \dots, a_p \in$ дійсно-значні параметри авторегресії; Z – множина цілих чисел; p – порядок авторегресії, $\zeta_t, t \in Z$ – породжуючий процес, що має безмежно-подільний закон розподілу. Процес авторегресії другого порядку з коефіцієнтами $a_1 = 0,552$ та $a_2 = -0,0036$ може бути описаний

$$\xi_t + 0,552\xi_{t-1} - 0,0036 = \zeta_t \quad (2)$$

Процес ξ_t має гамма розподіл з параметрами $\theta > 0, b > 0$, одновимірна характеристична функція якого задана співвідношенням

$$f_\xi(u, t) = (1 - iu\theta)^{-b} \quad \forall t \in Z; \quad \theta > 0; \quad b > 0.$$

В даному випадку ядро лінійного випадкового процесу авторегресії є спадною позитивною функцією [5]. Логарифм характеристичної функції породжуючого процесу визначається наступним чином [5]

$$\begin{aligned} \ln f_\zeta(u; t) &= |t| \ln f_\zeta(u; 1) = 0,452i|t|\theta bu + 0,694\theta b|t| \times \\ &\times \int_0^\infty \left\{ \exp(iyu) - 1 - iyu \right\} \frac{\exp(-y/\theta)}{y} dy = \\ &= b\theta|t| \left\{ 0,452iu + 0,694 \left[iu(1 - \theta) - \ln(1 - iu\theta) \right] \right\} \quad (3) \end{aligned}$$

При виконанні проекту розглянуто принципи побудови систем технічного діагностування рухомих вузлів ЕМ (електричних машин) з використанням автономних вимірювальних перетворювачів. При створенні таких систем важливим питанням виступає забезпечення незалежним живленням сенсорних пристроїв для надання їм

більшої автономності та збільшення міжсервісного інтервалу. Застосування акумуляторних батарей та оптимізація енергоспоживання самими пристроями дозволяє лише частково вирішити проблему. На даний час активно розвиваються технології Energy Harvesting (EH), що використовують відновлювальні джерела енергії [5]. Застосування цих технологій дозволяє значно підвищити автономність функціонування блоків сенсорів.

Запропонована методика діагностування рухомих вузлів вітрогенераторів та двигунів власних потреб ТЕЦ і ТЕС реалізується за допомогою ІВС, яка має окремі блоки, що забезпечують вимірювання, перетворення та передачу інформації (технічні засоби) та блоки, які реалізують програмне управління ІВС, статистичну обробку вимірних сигналів та побудову розв'язуючих правил з визначення технічного стану обладнання, що діагностується (програмні засоби).

При створенні лабораторного зразка ІВС вібродіагностики використовувалися принципи модульності створеної системи для забезпечення можливості модифікації ІВС з урахуванням конкретних потреб користувача.

Використання бездротових технологій в системах вібродіагностики двигунів власних потреб ТЕЦ і ТЕС та двигунів вітроустановок. Аналоговий сигнал, вимірний на вузлі ЕМ, що діагностується, на виході з сенсора має вигляд DCM сигналу (DutyCycleModulated – модуляція з коефіцієнтом заповнення). В якості первинного сенсора застосовувався акселерометр ADXL202 виробництва компанії AnalogDevices. Частота вимірюваного акселерометром ADXL202 сигналу може бути встановлена в межах від 0,01 Гц до 6 КГц, що достатньо для діагностування технічного стану лобових частин обмоток ротора, можливого теплового небалансу, що виникає при короткому замиканні окремих витків обмотки ротора, а також підшипників кочення низькооберткових (до 1000 об/хв) ЕМ середньої потужності.



Рис. 2. Реєстрація та аналіз вібраційних характеристик електродвигуна власних потреб DKRAI-4519-4V Дарницької ТЕЦ

Фізично блок сенсорів, який використано у створеному лабораторному зразку ІВС вібродіагностування, складається з наступних основних елементів: два акселерометра ADXL202; мікроконтролер PIC16LF873–041 виробництва компанії Microchip Technology; модуль Bluetooth EYMF2CAMM-XX виробництва компанії TAIYOYUDEN; супутні елементи, що забезпечують функціонування блока.

Зручність використання сенсорів, з виходів яких знімаються DCM-сигнали, пов'язана з тим, що такі сенсори можуть бути напряму підключені до входу лічильника мікропроцесора без використання аналогово-цифрового перетворення або зв'язуючих логічних мікросхем, що спрощує процес обробки вимірюного сигналу та збільшує час автономної роботи пристроїв [5].

Проведено експериментальні дослідження вібраційних характеристик двигунів власних потреб Дарницької ТЕЦ. За допомогою розробленого вібраційного модуля багаторівневої ІВС діагностики було здійснено вимірювання та обробку вібраційних інформаційних сигналів, що реєструвались на підшипникових вузлах та обертовому валу електродвигуна типу DKRAI-4519-4V (вир. Німеччина), з параметрами $P = 710$ кВт; $U = 3000$ В; $I = 156$ А; $n = 1490$ об/хв. (рис. 2).

Згідно міжнародного стандарту ISO 10816-3:1998 «Mechanical vibration—Evaluation of machine vibration by measurement on non-rotation parts – Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15000 r/min when measured in situ (IDT)», який діє в Україні, ЕМ DKRAI-4519-4V відноситься до групи 1 відповідної класифікації за потужністю. Сенсор на ЕМ розміщується згідно стандарту ISO 10816-3:1998.

Обробка вібраційного сигналу проводилась за допомогою вікна Бартлетта. На рис. 3 наведено графік спектру потужності вимірюного сигналу. На момент проведення експериментальних досліджень ІВС визначила частоту обертів роботи двигуна – 24,9 Гц.

Виконані вимірювання та аналіз підтверджують можливість використання розробленого зразка ІВС для проведення діагностування обертових вузлів двигуна власних потреб з віддаленим розташуванням блока сенсорів.

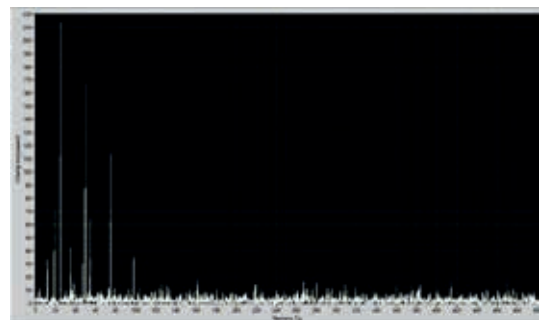


Рис. 3. Спектр потужності вібраційного сигналу

Визначення режимів роботи регулюючих засобів вітроустановок. За результатами статистичної обробки вібраційних інформаційних сигналів були встановлені спектрально-кореляційні характеристики. Отримані характеристики дозволили встановити основні діагностичні ознаки, що надають можливість визначати технічний стан вузлів ЕО (енергетичного обладнання), що діагностуються.

Успішний розвиток малої вітроенергетики неможливий без забезпечення надійної роботи та заданого ресурсу ВУ, що обумовлюється рядом нормативних Європейських документів [6, 7]. Основним напрямком вирішення даних задач є забезпечення певних параметрів функціонування ВУ в процесі її експлуатації.

Аналіз відмов елементів ВУ вітчизняних виробників та матеріалів Національного центру по дослідженню альтернативних технологій (НСАТ) [8], показує, що найбільш частими є руйнування в місцях кріплення лопатей, особливо в швидкохідних установках. Причиною даних руйнувань є навантаження в лопатях, які обумовлені режимами функціонування ВУ, що забезпечуються певними регулюючими засобами.

Метою наукових досліджень даного проекту було визначення режимів роботи регулюючих засобів ВУ для підвищення їх надійності та ресурсу. Для реалізації даного проекту були проведені наступні етапи робіт:

- розроблено математичні моделі статичних та динамічних процесів в аеромеханічних регулюючих засобах роторів вітроустановок з відцентровим регулятором;
- розроблено експериментальний зразок аеромеханічного регулюючого засобу роторів вітроустановок з відцентровим регулятором та проведено дослідження його на аеродинамічному стенді;
- розроблено методику вибору оптимальних параметрів аеромеханічних регулюючих засобів роторів вітроустановок з відцентровим регулятором та методику визначення навантажень в лопаті з урахуванням вітрового кадастру для забезпечення ресурсу згідно Європейських стандартів;
- проведено вибір параметрів та розрахунок складових частин дослідного зразка вітроелектричної установки з відцентровим регулятором ротора потужністю до 4 кВт;
- розроблено технічний проект дослідного зразка вітроелектричної установки з відцентровим регулятором ротора потужністю до 4 кВт.

На основі нових математичних моделей відцентрового регулятора ротора ВУ для флюгерного та антифлюгерного регулювання були визначені статичні характеристики відцентрового регулятора в залежності від наступних його параметрів:

кута встановлення відцентрових тягарців; кута встановлення кривошипа; жорсткості пружини регулювання. При різних співвідношеннях моментів інерції лопаті та відцентрових тягарців та на основі отриманих статичних характеристик проведено аналіз впливу кожного з параметрів відцентрового регулятора на діапазон відхилень обертів ротора від номінальних значень.

Для визначення динамічного стану ВУ було розроблено математичну модель динамічних процесів в аеромеханічних регулюючих засобах роторів ВУ з відцентровим регулятором, що описується системою нелінійних диференціальних рівнянь у визначених узагальнених координатах та приведено їх до системи лінійних диференціальних рівнянь з коефіцієнтами, що враховують параметри та характеристики як ротора, так і відцентрового регулятора. Розв'язання даної системи рівнянь дозволило отримати в операторній формі рівняння руху системи регулювання в узагальнених координатах та рівняння руху з урахуванням зовнішніх збурень – раптове збільшення (зменшення) швидкості вітру при постійному навантаженні, або раптове збільшення (зменшення) навантаження при постійній швидкості вітру та визначити умови стійкості системи регулювання з урахуванням аеромеханічних характеристик ротора і параметрів відцентрового регулятора, відповідно, для флюгерного та антифлюгерного регулювання.

При динамічних дослідженнях було визначено відхилення обертів ротора ВУ з відцентровим регулятором при зовнішніх збуреннях при флюгерному та антифлюгерному регулюванні, а саме: при збільшенні та зменшенні швидкості вітру; при зменшенні та збільшенні навантаження. Для параметрів та характеристик ротора експериментальної установки та параметрів відцентрового регулятора, при яких проводились динамічні випробування, були розраховані коефіцієнти у відповідності з діаграмою Вишнеградського, які відповідають аперіодичному перехідному процесу та підтверджують, що динамічні відхилення обертів не виходять за межі відхилень при статичних навантаженнях.

Було отримано експериментальні статичні характеристики регулюючих засобів роторів ВУ з відцентровим регулятором при флюгерному та антифлюгерному регулюванні в залежності від наступних параметрів: моменту навантаження на роторі; моменту інерції відцентрових тягарців; кута встановлення відцентрових тягарців; величини початкового натягу пружини регулювання.

З урахуванням аеродинамічних характеристик профілю і геометричних параметрів лопаті розроблені методику вибору оптимальних параметрів відцентрових регуляторів роторів ВУ та методику визначення навантажень в лопаті та розрахунку її

на міцність, що дозволить використовувати їх розробникам ВУ малої потужності при проектуванні нових моделей.

При проведенні аналізу аеродинамічних характеристик профілю лопаті вони були класифіковані за величиною підйомної сили, величиною оберненої якості та формою її кривої, в залежності від кута установки профілю. Визначені пріоритетні аеродинамічні профілі для роторів ВУ малої потужності з урахуванням енергетичних втрат в роторі (кінцеві, профільні та кручення слутного струменя за ротором), а саме профілі серії GAW та FX, що дозволяють отримати коефіцієнт використання енергії вітру $C_p = 0,53 \dots 0,57$ в діапазоні швидкохідностей $Z = 6 \dots 11$.

При розробленні методики визначення навантажень в лопаті з урахуванням вітрового кадастру для забезпечення ресурсу згідно Європейських стандартів попередньо було проведено:

- аналіз режимів роботи вітроустановки та навантажень;
- аналіз моделей розрахунку лопаті на міцність.

Для розробки технічного проекту дослідного зразка вітроелектричної установки з відцентровим регулятором ротора потужністю до 4 кВт попередньо був проведений вибір параметрів та розрахунок складових частин вітроелектричної установки (ВЕУ). При цьому були запропоновані і обґрунтовані критерії по визначенню конкретних величин даних параметрів з використання для окремих з них методу парних порівнянь і на їх основі визначено основні параметри ВЕУ.

Методика вибору параметрів та характеристик аеромеханічних регулюючих засобів роторів вітроустановок з відцентровим регулятором та методики визначення навантажень і розрахунку на міцність лопатей вітроустановки планується використати на підприємствах, що розробляють та виготовляють вітроустановки малої потужності: ТОВ «ГРЕСА-ГРУПП» (м. Київ), ПП «Світ вітру» (м. Харків), ТОВ «КАРБОН» (м. Київ) та в навчальному процесі в НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Технічний проект дослідного зразка ВЕУ потужністю до 4 кВт планується до реалізації на вищезгаданих підприємствах та на виробничих потужностях інших зацікавлених інвесторів.

Висновки

1. Реалізація проекту дозволила отримати нові математичні моделі статичних та динамічних процесів в аеромеханічних регулюючих засобах роторів вітроустановок з відцентровим регулятором, провести їх експериментальну перевірку та на їх

основі розробити методику по вибору параметрів та характеристик аеромеханічних регулюючих засобів роторів вітроустановок з відцентровим регулятором та методику визначення навантажень і розрахунку на міцність лопатей вітроустановки, які будуть використані розробниками при проектуванні нових вітроустановок.

2. Розроблений технічний проект дослідного зразка вітроелектричної установки потужністю до 4 кВт дозволить в короткий термін провести його виготовлення та випробовування з наступним налагодження серійного випуску зацікавленими інвесторами.

Список літератури

1. Bayar, T. (2015) Putting Wind to the Test. *Power Engineering International*, **12**, 16–18.
2. Hoelf, D. (2016) When Virtual meets Reality. *Ibid*, **9**, 26–27.
3. Manning, L. (2014) Bearing up to turbine testing. *Ibid*, **2**, 32–34.
4. Зварич В.Н. (2019) Використання рішень оберненої задачі лінійних процесів авторегресії для побудови систем вібродіагностики вузлів генераторів вітроустановок. *Відновлювана енергетика*, **3**, 48–57. DOI: 10.36296/1819-8058.2019.3(58)
5. Герцик С.М., Гижко Ю.І., Зварич В.М. та ін. (2018) Особливості використання автономних вимірювальних перетворювачів для діагностування електротехнічного обладнання з урахуванням режимів його роботи. *Технічна електродинаміка*, **5**, 73–79. DOI: 10.15407/techned2018.05.116
6. Системи турбогенераторні вітряні. Ч. 2. Безпечність малих вітряних турбін (IEC 61400-2:1996, IDT): ДСТУ ІЕС 61400-2-2001. [Чинний від 2001-12-28]. Київ, Держспоживстандарт України (Національний стандарт України).
7. GERMANISCHER LLOYD: Vorschriften und Richtlinien, Teil 1 Windenergie, Richtlinien für die Zertifizierung von Windenergieanlagen. K. 1-10. – 1993 mit Ergänzung 1994 (German).
8. Todd, R.W. (1979) Small Scale Wind Energi Systems. *Wind Engineering*, **3**(4), 36–39.

References

1. Bayar, T. (2015) Putting wind to the test. *Power Engineering Int.*, **12**, 16–18.
2. Hoelf, D. (2016) When virtual meets reality. *Ibid*, **9**, 26–27.
3. Manning, L. (2014) Bearing up to turbine testing. *Ibid*, **2**, 32–34.
4. Zvarych, V.N. (2019) Application of inverse problem solutions of autoregression linear processes for construction of vibrodiagnostic systems of assemblies of wind-power station generators. *Vidnovlyuvana Energetyka*, **3**, 48–57 [in Ukrainian]. DOI: 10.36296/1819-8058.2019.3(58).48–57
5. Hertsyk, S.M., Hyzhko, Yu.I., Zvarych, V.M., Myslovych, M.V., Ostapchuk, L.B., Sysak, R.M. (2018) Peculiarities of application of independent transducers for diagnostics of electrotechnical equipment taking into account the modes of its operation. *Tekhnichna Elektrodynamika*, **5**, 73–79 [in Ukrainian]. DOI: 10.15407/techned2018.05.116.
6. (IEC 61400-2:1996, IDT): DSTU IES 61400-2–2001: Wind turbine generator systems. Pt 2: Safety of small wind turbines. Valid from 2001-12-28. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2002 [in Ukrainian].
7. GERMANISCHER LLOYD: Vorschriften und Richtlinien, Teil 1: Windenergie, Richtlinien fuer die Zertifizierung von Windenergieanlagen, K. 1-10. – 1993 mit Ergänzung 1994 (in German).
8. Todd, R.W. (1979) Small scale wind energy systems. *Wind Engineering*, **4**, 36–39.

INCREASE OF RELIABILITY AND EXTENSION OF SERVICE LIFE OF WINDPOWER UNITS DUE TO APPLICATION OF REGULATION MEANS AND DIAGNOSTIC SYSTEMS HARMONIZED WITH THE EUROPEAN STANDARDS

Yu.I. Hyzhko¹, V.M. Holovko², M.S. Hutorova¹, V.M. Zvarych¹, V.P. Kohanievych², S.O. Kudrya², M.V. Myslovych¹, L.B. Ostapchuk¹

¹Institute of Electrodynamics of NASU. 56 Prosp. Peremohy, 03057, Kyiv, Ukraine. E-mail: ied1@ied.org.ua

²Institute of Renewable Energy of NASU. 20-a Hnat Khotkevich str., 02094, Kyiv, Ukraine. E-mail: info@ive.org.ua

Peculiarities of application of linear AR and ARMA processes as mathematical models of vibration signals from own needs engines of TPP and CHPP and engines of wind-power units were studied. Features of construction of the prototype of a wireless information-measuring system (IMS) for diagnosing the condition of such engines were determined. The paper gives the results of experimental studies of application of IMS prototype in the case of investigation of own needs engine vibrations, namely of DKRAI – 4519-4V engine at Darnitsa CHPP, using international standards. New mathematical models were derived of static and dynamic processes in aeromechanical regulation means of rotors of wind-power units (WU) with centrifugal regulator, their experimental verification was conducted and they were used as a basis for development of a procedure for selection of the parameters and characteristics of aeromechanical regulation means of rotors of wind-power units with centrifugal regulator, and of a procedure of determination of loads and strength analysis of wind-power unit blades, which will be used by developers when designing new wind-power units. 8 Ref., 3 Fig.

Keywords: vibration diagnostics, wind generators, own needs engines, wireless information-measuring system

Надійшла до редакції 07.09.2020



Огляд світового ринку ультразвукових дефектоскопів Компанія «QY Research»

Нещодавно опубліковано звіт компанії «QY Research» «Огляд світового ринку ультразвукових дефектоскопів». Він розроблений таким чином, щоб допомогти читачам отримати нову уяву про загальний стан ринку та його найбільш прибуткові сектори. Також у звіті представлені точні статистичні дані. У ньому розглядаються історичні досягнення та можливості, які існують в даний час на світовому ринку ультразвукових дефектоскопів. У звіті компанії «QY Research» основна увага приділяється споживанню, географії, типам, використанню та конкурентному середовищу.

Звіт ретельно вивчений та складений галузевими експертами та буде цікавий користувачам цифрових дефектоскопів.

У звіті представлено продукцію наступних виробників:

Olympus, Advanced NDT, Krautkramer, OKO Association Group, Hitachi Power Solutions, Roop Telsonic, Sonatest, GE, MODSONIC, Magnetic Analysis Corporation, Danatronics, Acoustic Control Systems, HUATEC Group, Oceanscan та інших.

Головні розділи звіту:

1 Охоплення досліджень

- 1.1 Вступ в ультразвукові дефектоскопи
- 1.2 Сегменти ринку
- 1.3 Основні виробники ультразвукових дефектоскопів: рейтинг за продажами
- 1.4 Ринки за типами
 - 1.4.1 Глобальні темпи зростання об'єму ринку ультразвукових дефектоскопів за типами
 - 1.4.2 Портативні ультразвукові дефектоскопи
 - 1.4.3 Стационарні ультразвукові дефектоскопи
- 1.5 Ринки за заявками
 - 1.5.1 Глобальні темпи зростання об'єму ринку ультразвукових дефектоскопів в залежності від області застосування
 - 1.5.2 Нафта та газ
 - 1.5.3 Гірська справа
 - 1.5.4 Автомобільна промисловість
 - 1.5.5 Машинобудування
 - 1.5.6 Енергетичні компанії
 - 1.5.7 Аерокосмічна промисловість
 - 1.5.8 Інше
- 1.6 Цілі досліджень
- 1.7 Час, охоплення в дослідженні

2 Короткий зміст

- 2.1 Об'єм світового ринку ультразвукових дефектоскопів, оцінки та прогнози
 - 2.1.1 Світова виручка від продажу ультразвукових дефектоскопів, 2015–2026 рр.
 - 2.1.2 Світові продажі ультразвукових дефектоскопів в 2015–2026 рр.
- 2.2 Світові ультразвукові дефектоскопи, розмір ринку по регіонах-виробниках: 2015, 2020, 2026 рр.
- 2.3 Історичний розмір ринку ультразвукових дефектоскопів по регіонах (2015–2020 рр.)
 - 2.3.1 Глобальний ретроспективний ринковий сценарій продажу ультразвукових дефектоскопів по регіонах
 - 2.3.2 Глобальний ретроспективний ринковий сценарій доходів від продажу ультразвукових дефектоскопів по регіонах
- 2.4 Оцінка та прогнози ринку ультразвукових дефектоскопів по регіонах (2021–2026 рр.)
 - 2.4.1 Глобальний прогноз продаж ультразвукових дефектоскопів по регіонах
 - 2.4.2 Глобальний прогноз доходів від продажу ультразвукових дефектоскопів по регіонах

Більш докладну інформацію або зразок звіту можна отримати по E-mail: fendi@qyresearch.com.

Компанія «QY Research», заснована в 2007 році, спеціалізується на індивідуальних дослідженнях, управлінському консалтингу, консультаціях по IPO, дослідженнях галузевих ланцюгів, а також на послугах створення баз даних та організації семінарів. «QY Research» має більше 4000 всесвітньо відомих клієнтів, що охоплюють більше 30 галузей, що включають енергетику, автомобілебудування, фармацевтику, хімічну промисловість, сільське господарство та т. п. «QY Research» побудувала дослідницькі або маркетингові центри в Китаї, США, Канаді, Німеччині, Великобританії, Франції та ін.

В даний час «QY Research» є кращим, гідним та надійним консалтинговим брендом в сфері глобальних бізнес-консалтингових послуг. На даний момент «QY Research» обслуговує більшість компаній зі списку Fortune 500.