

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Закусила Сергія Анатолійовича «Розробка компонентів інформаційно-вимірювальних систем контролю обертових вузлів гідрогенераторів», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

Актуальність теми дисертаційної роботи.

У наші дні значимість передбачуваного функціонування об'єднаної енергетичної системи України (ОЕС-У) не викликає сумнівів, що підтверджується, у тому числі, специфікою і масштабом небажаного деструктивного впливу на означену систему, обумовленого неспровокованим триваючим повномасштабним вторгненням країни-агресора зі Сходу. Системи гідрогенерації при цьому є невід'ємними складовими ОЕС-У.

У свою чергу, забезпечення безперервної експлуатації гідрогенераторів потребує своєчасного виявлення дефектів, що виникають у процесі їх роботи, та прогнозування розвитку означених дефектів. Це досягається, у тому числі, шляхом залучення відповідних інформаційно-вимірювальних систем контролю обертових вузлів гідрогенераторів, сенсорів тощо.

Сучасні системи моніторингу і технічного діагностування забезпечують ранню ідентифікацію дефектів, накопичення інформації стосовно змін технічного стану обладнання із плином часу та формування рекомендацій щодо запобігання аварійним і позаплановим зупинкам. Однією з основних складових частин систем моніторингу і технічного діагностування потужних гідрогенераторів є методи і засоби вимірювання контрольно-діагностичних параметрів, відхилення яких від норми свідчить про наявність дефекту та/або початок розвитку останнього. Особливе місце при цьому займає вдосконалення первинних і вторинних компонентів формування, опрацювання та передавання контрольно-діагностичної інформації інформаційно-вимірювальних систем контролю обертових вузлів гідрогенераторів.

Враховуючи означене вище, *тема представленої дисертаційної роботи*, присвяченої удосконаленню компонентів інформаційно-вимірювальних систем контролю обертових вузлів гідрогенераторів з метою підвищення їх точності та завадостійкості стосовно впливу внутрішнього середовища, з урахуванням складних та мінливих експлуатаційних режимів, *є актуальною*.

Актуальність роботи підтверджуються також використанням отриманих результатів при виконанні в Інституті електродинаміки НАН України наступних НДР: № 0122U000136, № 0122U000051, № 0121U107443, № 0125U000044.

Таким чином, тема представленої дисертаційної роботи *є актуальною*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Роботу виконано у відповідності до наукових програм та планів НДР Інституту електродинаміки НАН України.

Варто виокремити, у тому числі, наступні НДР: № 0122U000136 «Розширення функціональних можливостей та підвищення метрологічних характеристик засобів вимірювання в системах моніторингу і діагностування в електроенергетиці» (2022 – 2026 рр.); № 0122U000051 «Створення спеціалізованих інформаційно-вимірювальних засобів для просторово-розподілених систем контролю в електроенергетиці» (2022 – 2024 рр.); № 0121U107443 «Розроблення нових математичних моделей та методів дослідження електрофізичних процесів і полів в електротехнічному обладнанні для вирішення задач надійної експлуатації та діагностування» (2021 – 2025 рр.); № 0125U000044 «Створення інформаційно-вимірювальних засобів моніторингу стану стрижнів обмотки статора в пазах осердя та впливу параметрів якості електроенергії на вібрацію валів потужних електричних машин» (2025 – 2027 рр.).

Наукова новизна винесених на захист результатів.

Наукова новизна полягає в наступному:

- удосконалено структуру системи контролю обертових вузлів гідрогенераторів, за рахунок застосування первинних вимірювальних перетворювачів, інваріантних до впливу робочого середовища генератора;
- розвинуто програмно-алгоритмічну складову засобів опрацювання інформації, застосовуваної у системах контролю обертових вузлів гідрогенераторів;
- набули подальшого розвитку математичні моделі вихідних сигналів ємнісних сенсорів кінематичних характеристик обертових вузлів гідрогенераторів;
- розроблено структуру диференціального ємнісного сенсора повітряного проміжку, інваріантного до впливу робочого середовища генератора. Згідно свідчень здобувача, залучення додаткового сенсору дозволило підвищити точність вимірювання повітряного проміжку.

Аргументацією на користь вагомості наукової складової винесених на захист здобутків слугує згадана автором заявка на патент України № а2025 03867, МКИ G01B7/14 «Ємнісний вимірювач повітряного проміжку між статором і ротором в гідрогенераторах».

Отже, винесені на захист наукові положення містять наукову новизну.

Практична значимість отриманих результатів.

Практична складова винесених на захист результатів полягає у наступних позиціях:

- програмна реалізація розробленої алгоритмічної складової засобів отримання, опрацювання та відображення контрольно-діагностичної інформації;
- розроблення, виготовлення і випробування експериментальних компонентів системи контролю обертових вузлів гідрогенераторів (ємнісного сенсору та модуля збору і попереднього опрацювання даних);
- впровадження алгоритму попереднього опрацювання вихідних сигналів ємнісних сенсорів повітряного проміжку на Філії «Дирекція з будівництва Дністровської ГАЕС» ПрАТ «Укргідроенерго» (підтверджено актом впровадження);
- впровадження на ПрАТ «Укргідроенерго» моделей вихідних сигналів сенсорів компонентів інформаційно-вимірювальної системи, інваріантних до впливу внутрішнього середовища (підтверджено актом впровадження);
- впровадження здобутків в Інституті металофізики ім. В.М. Курдюмова НАН України (підтверджено актом впровадження).

Таким чином, враховуючи означені вище позиції, винесені на захист наукові результати, характеризуються, у тому числі, вагомою практичною складовою.

Оцінка публікацій здобувача.

Матеріал дисертаційної роботи у межах означених праць висвітлено у повному обсязі.

За темою дисертації загалом опубліковано і представлено 17 наукових праць, у складі яких 8 – у періодичних фахових виданнях, у тому числі 2 – у виданнях категорії А, з індексацією у міжнародній наукометричній базі Scopus.

Здобутки, представлені у межах дисертаційної роботи, пройшли вичерпну апробацію: у додатку А здобувачем наводяться дані стосовно апробації отриманих результатів на 11 наукових, науково-технічних і науково-практичних конференціях, у тому числі 2 – з індексацією у міжнародній наукометричній базі Scopus.

У частині апробації результатів варто виокремити, у тому числі, наступні міжнародні конференції: 4th International Conference “Sustainable futures: environmental, technological, social and economic matters (ICSF-2023)” (Kryvyi Rih, 22–26 May 2023); 2023 IEEE KhPI week on advanced technology (KhPIWeek-2023) international conference (Kharkiv, 7–10 Oct. 2023).

Загалом у базі Scopus проіндексовано 4 праці. Для кожної із наукових праць, опублікованих у періодичних фахових виданнях у співавторстві, зазначено особистий внесок здобувача.

Структура та зміст дисертації.

Дисертаційна робота структурована належним чином. Структура відповідає сформульованій здобувачем меті і поставленим до вирішення задачам.

Викладення основного матеріалу дисертації, наукових положень, результатів, висновків є логічним, аргументованим і послідовним. Представлення роботи відповідає вимогам наукового стилю. Оформлення роботи є належним, відповідним до чинних вимог.

Робота структурована наступним чином: перелік умовних позначень; вступ; чотири розділи; загальні висновки; список використаних джерел; 5 додатків.

У *вступі* здобувачем обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і поставлені до вирішення задачі, представлені об'єкт, предмет дослідження, застосовувані методи дослідження. Висвітлено наукову новизну отриманих результатів і їх практичне значення. Зазначено особистий внесок здобувача. Наведено відомості стосовно апробації і публікації результатів. Відображено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами Інституту електродинаміки НАН України.

У *першому* розділі представлено результати проведеного аналізу методів і засобів контролю обертових вузлів потужних гідрогенераторів, з урахуванням їх конструктивних аспектів та умов експлуатації. Проаналізовано методи і засоби контролю і моніторингу, проведено їх порівняльне оцінювання. Здобувачем аргументовано авторську позицію, що полягає у наступному: ефективний контроль технічного стану означених агрегатів можливий виключно за умови застосування спеціалізованих систем, орієнтованих на безперервний моніторинг досліджуваних параметрів у реальному часі. Обґрунтовано необхідність підвищення інформативності та завадостійкості компонентів вимірювальних засобів інформаційно-вимірювальних систем контролю обертових вузлів гідрогенераторів, окреслено коло проблем підвищення точності, роздільної здатності, завадостійкості.

У *другому* розділі роботи представлено комплекс науково-технічних рішень, спрямованих на створення високоточних та інваріантних засобів контролю обертових вузлів потужних гідрогенераторів. Запропоновано удосконалену структуру інформаційно-вимірювальної системи, що забезпечило багатофакторне оцінювання технічного стану ротора. Висвітлено принципи побудови інформаційно-вимірювального каналу контролю повітряного проміжку та наведено результати аналізу часових характеристик перетворювача-інтегратора, що забезпечують коректність вимірювань у режимі реального часу. Представлено диференційний ємнісний сенсор повітряного проміжку, у якому інформаційний параметр не залежить від змін температури та вологості середовища.

Третій розділ присвячено результатам проведеного розроблення математичних моделей і алгоритмів опрацювання сигналів сенсорів кінематичних характеристик обертових вузлів гідрогенераторів. Представлено розроблені математичні моделі вихідних сигналів сенсорів кінематичних характеристик обертових вузлів генеруючого обладнання з урахуванням ймовірнісної природи процесів в гідроагрегатах, у тому числі модель вихідного сигналу сенсору повітряного проміжку. Висвітлено застосований підхід до визначення просторового зміщення валу за даними сенсорів кінематичних характеристик обертових вузлів. Подано математичну складову у частині опрацювання даних сенсорів кінематичних характеристик обертових вузлів.

Четвертий розділ дисертаційної роботи містить представлення результатів технічної реалізації та експериментальних досліджень компонентів інформаційно-вимірювальної системи контролю обертових вузлів гідрогенераторів. Увагу приділено, у тому числі, описові аспектів реалізації випробувально-демонстраційного стенду, перевірці адекватності розроблених математичних моделей і алгоритмів опрацювання контрольно-діагностичних сигналів, а також досліджено вплив температури та вологості робочого середовища на функцію перетворення ємнісних сенсорів і методи компенсації відповідних похибок. Подано результати проведених натурних випробувань у промислових умовах експлуатації. Отримані результати було належним чином узагальнено.

У загальних *висновках* по дисертаційній роботі підсумовано отримані результати. Підкреслено їх наукову новизну і практичну значимість.

У додатках зведено копії актів впровадження, протокол випробувань, програмні реалізації розроблених математичних моделей, значення параметрів.

Оцінка структури і змісту роботи, її завершеності та оформлення.

Дисертація здобувача С.А. Закусила є завершеною кваліфікаційною науковою працею, викладеною у формі машинописного тексту. Робота складається з анотації, вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Обсяг основного тексту дисертації становить 156 сторінок друкованого тексту. Робота містить 3 таблиці, 36 рисунків. Список використаних джерел – 121 найменування, у складі яких 26 позицій представлені кирилицею, 95 – латиницею.

Загалом структура, обсяг, оформлення дисертації відповідають чинним вимогам, що висуваються до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі здобувача забезпечується аргументованою постановкою мети і задач дослідження, використанням сучасних коректних методів дослідження предметної області, проведенням комплексного аналізу отриманих результатів дослідження і обґрунтованістю та належним формулюванням висновків за результатами. Використані методи і засоби проведення досліджень відповідають формулюванням вирішуваних задач, є дієвими інструментами у частині ефективного їх вирішення.

Представлена дисертаційна робота є цілісною, належним чином структурованою, логічно і аргументовано вибудованою науковою працею, викладеною у науковому стилі, з використанням сучасної наукової і інженерно-технічної термінології.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується, у тому числі, наведенням необхідної аргументації, перевіркою адекватності розроблених моделей, проведенням випробувань.

Назва дисертації відповідає її змісту.

Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України.

Матеріал дисертації викладено послідовно, логічно, обґрунтовано. Кожен із 4 розділів характеризується відповідною специфікою, що у сукупності формує цілісну і завершену працю, що характеризується належними структурою і змістом.

Представлена дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, висвітленим у відповідності до наукового стилю. Зміст, структура, послідовність та повнота у частині вирішення усіх поставлених задач відповідають вимогам МОН України.

Академічна доброчесність.

Ознак і прецедентів порушення здобувачем норм академічної доброчесності не виявлено. Аналіз вже існуючих здобутків супроводжується відповідними посиланнями. Випадків оприлюднення, частково або повністю, наукових результатів, отриманих іншими авторами, у якості результатів власного дослідження та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення відповідного авторства, не виявлено.

Зауваження щодо результатів, змісту та оформлення дисертації:

1. Текстові елементи рисунку 1.2 на с. 39 є недостатньо читабельними, у зв'язку з чим доцільним є збільшення розміру шрифту.

2. Схема, наведена на рис. 2.1 (с. 62), є перевантаженою інформаційно, що ускладнює її сприйняття. Доречно було її спростити або деталізувати відповідні складові у межах окремих рисунків.

3. У межах розділу 3 перевірі адекватності розвинутих математичних моделей приділено недостатньо уваги. Зокрема, доцільним є більш детальне висвітлення методів верифікації моделей, критеріїв оцінювання їх адекватності, а також порівняння результатів моделювання з експериментальними або розрахунковими даними.

4. Оформлення блок-схем алгоритмів на рисунку 4.5 і рисунку 4.6 містить незначні недоліки.

5. У передостанньому абзаці на с. 137, присвяченому опису постановки експерименту, наведено інтервал реєстрації температури та ємності сенсора, який становить 20 хвилин. Пояснення критеріїв вибору зазначеного інтервалу в матеріалах дисертації відсутнє та потребує додаткового обґрунтування.

6. Робота містить стилістичні та орфографічні помилки.

Підсумовуючи окреслене вище, варто зауважити, що вказані позиції не піддають сумніву наукову і практичну складові отриманих автором результатів, актуальність роботи. Перелічені зауваження не впливають на загальне позитивне враження від представленої дисертаційної роботи здобувача.

Загальний висновок.

Проведений аналіз дисертаційної роботи та опублікованих наукових праць дає підстави стверджувати, що робота здобувача ступеня доктора філософії Закусила Сергія Анатолійовича на тему «Розробка компонентів інформаційно-вимірювальних систем контролю обертових вузлів гідрогенераторів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності, є завершеним науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукову задачу, що має істотне значення для метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Таким чином, здобувач Закусило Сергій Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

Професор кафедри
комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки
Національного університету біоресурсів
і природокористування України, м. Київ,
доктор технічних наук, доцент


Вадим ШКАРУПИЛО

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ

Учений секретар
Національного університету біоресурсів
і природокористування України, м. Київ,
кандидат економічних наук, доцент



Оксана БАРАНОВСЬКА