

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Рассовського Вадима Леонідовича «Засоби контролю повітряного проміжку між ротором та статором в капсульних гідрогенераторах на базі ємнісних вимірювачів», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» за спеціальністю 175 «Інформаційно-вимірювальні технології».

Актуальність обраної теми.

Актуальність теми визначається необхідністю забезпечення передбачуваного безаварійного функціонування генеруючого обладнання гідроелектростанцій та гідроакумулювальних електростанцій України. Запорукою передбачуваності роботи об'єднаної енергетичної системи України є функційна безпечність генеруючого обладнання, що полягає у здатності вказаного обладнання працювати у визначених режимах експлуатації належним чином. При цьому забезпечення надійної і безперебійної роботи гідрогенераторів вбачається недосяжним без своєчасного виявлення дефектів, що можуть виникати при експлуатації вказаного обладнання.

Системи технічного діагностування дозволяють виявляти можливі несправності гідрогенераторів вже на ранніх стадіях їх виникнення, прогнозувати стан обладнання, здійснювати архівування станів, формулювати рекомендації стосовно необхідних заходів (у тому числі ремонтних) для попередження позапланових та аварійних зупинок. Однією з основних складових систем моніторингу та технічного діагностування гідрогенераторів значної потужності є методи та засоби вимірювання контрольно-діагностичних параметрів. Особливе місце при цьому займає вимірювання параметрів повітряного проміжку між ротором і статором. Оперування даними стосовно величини та форми повітряного проміжку, разом із іншими параметрами, надає змогу виявляти дефекти, прогнозувати їх розвиток, визначати поточний технічний стан як окремих вузлів, так і результуючих систем у цілому.

Ємнісним вимірювачам повітряного проміжку в гідрогенераторах, які є одними з найбільш широко застосовуваних у світовій практиці, притаманні недоліки, зумовлені недостатніми точністю вимірювань та завадостійкістю.

Актуальність підтверджується, у тому числі, свідченнями автора стосовно зв'язку представленої роботи з НДР, виконуваними у відділі теоретичної електротехніки та діагностики електротехнічного обладнання Інституту електродинаміки Національної академії наук України відповідно до планів Держбюджетних НДР, затверджених Президією НАН України.

З урахуванням зауваженого, тема представленої дисертаційної роботи є актуальною.

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

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

Варто відзначити наступні НДР: «Розширення функціональних можливостей та підвищення метрологічних характеристик засобів вимірювання в системах моніторингу і діагностування в електроенергетиці» (2022 – 2026 рр.); «Створення спеціалізованих інформаційно-вимірювальних засобів для просторово-розподілених систем контролю в електроенергетиці» (2022 – 2024 рр.).

Наукова новизна винесених на захист результатів.

Наукова новизна полягає в наступному: набули подальшого розвитку методи розрахунку технічних характеристик ємнісних вимірювачів повітряного проміжку між ротором і статором в капсульних гідрогенераторах, що, за свідченнями здобувача, дозволило забезпечити підвищення точності вимірювання величини названого проміжку.

Проведений розвиток полягає у розроблених структурах ємнісних сенсорів повітряного проміжку з компланарними електродами.

Окремо варто відзначити такі винесені на захист наукові здобутки:

- розроблено структуру ємнісного сенсора повітряного проміжку з системою стрічкових компланарних електродів, перпендикулярних твірній поверхні полюса ротора, що, за рахунок усунення впливу кривизни полюса ротора на результат вимірювання, дозволяє, за свідченнями автора, в рази підвищувати точність вимірювання;

- розроблено структуру ємнісного сенсора повітряного проміжку, інваріантного до зміни вологості та температури навколишнього середовища за рахунок введення додаткового, геометрично подібного до основного, сенсора;

- розроблено структуру ємнісного сенсора повітряного проміжку, інваріантного до зміни зовнішнього магнітного поля за рахунок застосування відповідним чином організованої геометрії електродів, що, за свідченнями здобувача, дозволило підвищити точність вимірювання повітряного проміжку під час роботи гідроагрегату.

Підсиленням вагомості означеної наукової складової є надана у межах дисертаційної роботи інформація, згідно якої має місце захищеність відповідних позицій дією патенту України на винахід, у складі співавторів якого є здобувач.

Практична значимість отриманих результатів.

Практична значимість винесених на захист результатів полягає, у тому числі, у наступному:

- використання розробленого ємнісного сенсора повітряного проміжку, заснованого на застосуванні системи стрічкових компланарних електродів, дозволило, за свідченнями автора, в рази підвищити точність вимірювань;

– підвищенню точності вимірювань також сприяло використання розроблених диференційного ємнісного сенсору, а також сенсору зі спеціальною геометрією електродів.

Практична значимість розкривається, у тому числі, у наявності актів впровадження здобутків у наступних організаціях та установах: «Дирекція з будівництва Дністровської ГАЕС» ПрАТ «Укргідроенерго»; ПрАТ «Укргідроенерго»; у навчальному процесі кафедри інформаційних технологій Державного університету інфраструктури та технологій.

Окремо варто відзначити наявність протоколу випробувань.

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

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Рассовського В.Л., забезпечується аргументованою постановкою мети і задач дослідження, використанням сучасних підходів і методів організації і проведення досліджень. Окремо при цьому варто відзначити послідовне і результативне застосування методу імітаційного моделювання.

Обґрунтованості сприяють також цілісність, логічна послідовність викладення матеріалу, використання сучасної наукової і інженерно-технічної термінології, посилання на актуальні літературні джерела.

Викладені в дисертаційній роботі наукові положення та висновки є переконливими з позицій як наукової, так і технічної точок зору.

Достовірності отриманих результатів сприяють, у тому числі, комплексність проведеного здобувачем аналізу результатів, обґрунтованість та якість формулювання висновків. Застосовані методи і засоби проведення досліджень відповідають поставленим завданням і забезпечують результативність їх розв'язання.

Повнота викладення наукових положень в опублікованих працях.

За темою дисертації загалом опубліковано і представлено 15 наукових праць, у складі яких 6 – з індексацією у міжнародній наукометричній базі Scopus. Матеріал дисертаційної роботи у межах означених праць висвітлено достатньо повно.

Окремого згадування заслуговує патент України на винахід.

У списку праць здобувача фігурують, у тому числі, розділи колективних монографій, опублікованих відомим міжнародним виданням, 6 статей у фахових виданнях, у тому числі 2 статті – у виданнях категорії А.

Результати дисертаційної роботи пройшли змістовну апробацію. Здобувачем наводяться 6 публікацій апробаційного характеру. При цьому варто виокремити наступні міжнародні конференції, у яких автором було прийнято участь і матеріали яких індексуються у наукометричній базі Scopus: 2023 IEEE

5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES); 2023 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek-2023).

Отже, кількість і якість публікацій здобувача за темою дисертації відповідають необхідним вимогам.

Структура, зміст, рівень завершеності та оформлення.

Дисертаційна робота Рассовського В.Л. є завершеною кваліфікаційною науковою працею, викладеною на 161 сторінці машинописного тексту. Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Обсяг основного тексту дисертації становить 134 сторінки друкованого тексту.

Назва дисертації відповідає її змісту.

Робота ілюстрована 4 таблицями та 78 рисунком. Список використаних джерел містить 81 найменування, розміщене на 10 сторінках.

Структуру дисертації побудовано у відповідності до сформульованої мети і вирішуваних задач.

Викладення основного матеріалу дисертації, наукових положень, результатів та висновків є логічним та аргументованим. Дисертація написана в науковому стилі та оформлена належним чином.

У *вступі* автором обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, об'єкт і предмет дослідження, висвітлено зміст і поточний стан вирішення науково-технічної проблеми, у межах якої вирішуються завдання дослідження. Здійснено обґрунтування доцільності проведення досліджень, сформульовано мету і вирішувані завдання, охарактеризовано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, деталізовано особистий внесок здобувача, представлено відомості стосовно апробації отриманих результатів, опублікованих статей, розділів монографій тощо. Відображено зв'язок роботи з науковими програмами та планами НДР Інституту електродинаміки НАН України.

У *першому* розділі висвітлено інформацію стосовно проведеного порівняльного аналізу існуючих методів та засобів вимірювання повітряного проміжку між ротором і статором в потужних гідрогенераторах як на зупиненій системі, так і в процесі експлуатації. Показано, що в світовій практиці для автоматичного вимірювання переважно застосовується ємнісний метод з використанням сенсорів, які у вигляді плоскої пластини встановлюються на розточення осердя статора. Визначено необхідність удосконалення ємнісного методу, окреслено коло проблем підвищення точності, роздільної здатності та завадостійкості ємнісних сенсорів.

У *другому* розділі розглянуто принципи реалізації нових удосконалених ємнісних сенсорів повітряного проміжку в гідрогенераторах, у яких забезпечено підвищення точності вимірювання за рахунок усунення впливу кривизни поверхні полюса ротора, кривизни розточення осердя статора та впливу

навколишнього середовища. Наведено результати досліджень з визначення відповідних функцій перетворення.

Третій розділ роботи присвячено викладенню результатів проведеного імітаційного моделювання на основі чисельних методів. Отримані результати, за свідченнями автора, дозволили, у тому числі, враховувати впливи технологічних дефектів і конструктивних особливостей вузла контролю. Наведено технологічні рекомендації зі створення та встановлення сенсорів стосовно уникнення або істотного зниження впливу основних технологічних похибок.

Четвертий розділ містить результати проведених експериментальних досліджень макетів ємнісних сенсорів повітряного проміжку з системою стрічкових компланарних електродів в лабораторних умовах, а також результати натурних випробувань на гідрогенераторі СГК 538/160-70М Київської ГЕС.

У висновках узагальнено основні отримані в дисертаційному дослідженні результати, підкреслено їх наукову новизну і практичну значимість.

У формі додатків зведено, у тому числі, копії документів, що підтверджують впровадження отриманих результатів: копії актів, протоколів, дані стосовно результатів випробувань.

У цілому структура, обсяг та рівень оформлення дисертації відповідають чинним вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» за спеціальністю 175 «Інформаційно-вимірювальні технології».

Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України.

Структура і оформлення представленої дисертаційної роботи відповідають чинним вимогам МОН України, регламентованим Наказом МОН від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій», зареєстрованим у Мін'юсті 03.02.2017 № 155/30023 (зі змінами, внесеними згідно з Наказом від 31.05.2019 № 759).

Академічна доброчесність.

Очевидних ознак порушення автором положень нормативних документів щодо академічної доброчесності, у тому числі випадків оприлюднення, частково або повністю, наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення їх авторства, не виявлено.

Зауваження щодо результатів, змісту та оформлення дисертації.

1. Для формування у читача більш комплексного розуміння стосовно переваг і недоліків запропонованих ємнісних сенсорів, у порівнянні із аналогічними рішеннями, у тому числі закордонними (наприклад, сенсорами компанії VibroSystM, Канада), доцільно було би вказати у заключному розділі також інформацію стосовно супутніх матеріальних витрат. Це сприяло би

поліпшенню оцінювання техніко-економічних показників представлених сенсорів, у порівнянні із аналогами.

2. У роботі автором представлено диференційний сенсор, який зазнає впливу внутрішнього середовища системи. При цьому, однак, не вказано характеру зазначеного впливу. Зважаючи на те, що конструктивні елементи електричних машин, що функціонують у вологій атмосфері та періодично зупиняються на тривалий час (особливо у холодну пору року), зазнають впливу конденсації вологи, постає наступне питання: яким чином за наявності вологи в повітряному проміжку між сенсором і полюсом ротора забезпечується коректне функціонування запропонованого приладу?

3. Застосований у межах роботи математичний апарат подається, в основному, з позиції детермінованої постановки задач дослідження. Враховуючи той факт, що при функціонуванні основного об'єкту досліджень проявляється стохастична складова, наведені результати застосування представлених аналітичних виразів можна розглядати як оціночні значення математичного сподівання досліджуваних величин.

4. Робота містить стилістичні та орфографічні помилки.

5. Рисунок 3.71, представлений на с. 128, доречно було би збільшити, що позитивним чином відзначилось би на поліпшенні сприйняття матеріалу читачем.

Підсумовуючи зазначене, варто зауважити, що вказані позиції не піддають сумніву вагомість отриманих автором результатів, їх актуальність. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи здобувача.

Загальний висновок.

Проведений аналіз представленої дисертаційної роботи, а також опублікованих за темою роботи наукових праць надає підстави стверджувати, що робота здобувача ступеня доктора філософії Рассовського Вадима Леонідовича на тему «Засоби контролю повітряного проміжку між ротором та статором в капсульних гідрогенераторах на базі ємнісних вимірювачів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності, є завершеним науковим дослідженням, наукова і практична складові якого дозволили розв'язувати актуальні завдання наукового і науково-технічного характеру, важливі у контексті предметної області метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.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 Рассовський Вадим Леонідович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» за спеціальністю 175 «Інформаційно-вимірювальні технології».

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