РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата фізико-математичних наук, доцента кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії Національного університету «Чернігівська політехніка» Акименка Андрія Миколайовича
на дисертаційну роботу Байди Владислава Дмитровича
на тему «Методи та інформаційна технологія діагностування відмов у напівпровідникових перетворювачах електроенергії на основі цифрових двійників»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації.

Складність електронного обладнання, що використовується у різноманітних сферах, в основі якого лежать пристрої силової електроніки, такі як напівпровідникові перетворювачі електроенергії, зокрема перетворювачі постійного струму, що забезпечують перетворення та стабілізацію електричної енергії, у випадках відмови може призводити до каскадних збоїв, що призводить до значних економічних втрат та загроз безпеці.

У зв'язку з цим, розробка нової інформаційної технології цифрового двійника, за допомогою якої забезпечується підвищення точності визначення параметрів силового напівпровідникового перетворювача, дозволяє формалізувати процес діагностики несправностей реального пристрою, є актуальним науковим завданням, що має важливе теоретичне і практичне значення для підвищення надійності експлуатації електронного обладнання.

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

Представлена дисертаційна робота запланована та виконана за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України «Інформаційні та комунікаційні технології» та «Енергетика та енергоефективність» та в рамках реалізації наукових проєктів:

- «Lab Discovery Engine», міжнаціональний суб-грант проєкту NGI Search від програми Horizon Europe HORIZON-CL4-2021-HUMAN-01, (номер проєкту 101069364);
- «DIGITRANS. Цифрова трансформація освітнього процесу ЗВО в Україні та Молдові для сталого співробітництва з підприємствами» в рамках програми ERASMUS+ «Розвиток потенціалу вищої освіти» (ідентифікатор проєкту 01127683-DIGITRANS-ERASMUS-EDU-2023-CBHE);
- «Методи і моделі динамічної бездротової передачі енергії на основі гібридного зв’язку» (державний реєстраційний номер 0126U001717).

Наукова новизна та практичне значення дослідження.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

– вперше запропоновано інтегрований метод онлайн-діагностування напівпровідникових перетворювачів електроенергії на основі цифрового двійника, який, на відміну від існуючих, поєднує калібрування цифрового двійника під конкретний екземпляр пристрою, векторне порівняння зовнішніх сигналів працюючого перетворювача з еталонними даними двійника та таблицю відповідності між векторною різницею і ступенем несправності/деградації елементів перетворювача, що дозволяє локалізувати причину відмови без вимірювань параметрів окремих елементів;

– набули подальшого розвитку методи калібрування цифрових двійників 25 перетворювачів постійного струму на основі генетичних алгоритмів, які, на відміну від існуючих, визначають еталонний сигнал для калібрування за критерієм рівновіддаленості його показників від граничних значень експериментальної вибірки, що дало змогу узгодити цифровий двійник із конкретним екземпляром фізичного об’єкта та безпосередньо використати симетричні відхилення відкаліброваної моделі від експериментальних даних як початкові пороги діагностування;

– отримали подальший розвиток технологічні підходи до формування архітектури дистанційних інженерних лабораторій шляхом розроблення методу багатокритеріального порівняльного аналізу за системою зважених критеріїв, зокрема можливості інтеграції, швидкодії та простоти конфігурації. Це створює підґрунтя для науково аргументованого вибору архітектури інформаційних систем, орієнтованих на роботу з цифровими двійниками електронного обладнання.

Практичним результатом дисертації є створена інформаційної технології діагностування відмов у напівпровідникових перетворювачах електроенергії на основі цифрових двійників, яка комплексно забезпечує калібрування еталонної моделі під конкретний екземпляр пристрою за метаевристично ідентифікованими паразитними параметрами з автоматичним формуванням початкових порогів діагностування, автоматизоване неінвазивне виявлення та локалізацію параметричних несправностей компонентів шляхом аналізу відхилень вихідних сигналів, а також обґрунтований багатокритеріальний вибір технологічних платформ дистанційних лабораторій та їхнього програмно-апаратного ядра для експериментальної валідації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, сформульованих у дисертації.

Наукові положення та висновки, сформульовані у дисертаційному дослідженні є достовірними та обгрунтованими з використанням глибокого аналізу існуючих досліджень українських та зарубіжних науковців, нормативно-правових актів та інформаційних ресурсів мережі Internet.

Поставлене наукове завдання в дисертаційній роботі виконане повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційного дослідження відображено у 11 наукових працях, із них 5 статей у фахових наукових виданнях України з технічних наук категорії «Б», а 1 включена до міжнародної наукометричної бази Scopus; 5 публікацій у збірниках матеріалів наукових конференцій різного рівня, 26 1 з яких включена до міжнародної наукометричної бази Scopus.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Байди В.Д. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Комп'ютерні науки». Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Комп'ютерні науки». Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що робота Байди В.Д. є результатом самостійних досліджень та не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Виявлений відсоток співпадінь пояснюється наведенням у дисертації фрагментів з опублікованих статей автора (на які вказане посилання) та використанням загальноприйнятої наукової термінології. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів, які використані в даному дослідженні, процитовані та мають належне посилання на відповідне джерело.

Зміст дисертації.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів з висновками, висновків, переліку умовних позначень, переліку посилань з 156 джерел та 6 додатків.

Загальний обсяг роботи становить 234 сторінок, з яких зміст на 3 сторінках, вступ на 8 сторінках, перелік умовних позначень на 4 сторінках, основний текст на 169 сторінках, список використаних джерел з 156 найменувань на 20 сторінках, 6 додатків на 26 сторінках. Робота містить 39 рисунків (також 3 у додатках) та 18 таблиць (також 25 у додатках).

У першому розділі виконано аналіз сучасних підходів до діагностики електронних пристроїв. Розглянуто концепцію цифрових двійників та проаналізовано методи побудови цифрових двійників, ідентифікації параметрів моделей силових електронних перетворювачів. Виявлено основні обмеження існуючих підходів. Сформульовано мету і виконано постановку задач дослідження.

У другому розділі розроблено новий метод діагностики напівпровідникових перетворювачів електроенергії на основі цифрових двійників. Метод базується на представленні вхідних та вихідних параметрів пристрою у вигляді векторів і формуванні таблиці відповідності між відхиленнями вихідних сигналів від еталонних та можливими причинами несправностей.

У третьому розділі обґрунтовано вибір генетичного алгоритму для розв’язання задачі ідентифікації паразитних параметрів силового перетворювача постійного струму для калібрування його цифрового двійника. Проведено порівняльний аналіз градієнтних методів, методу оптимізації рою частинок, алгоритму «сірого вовка» та генетичного алгоритму. Сформульовано математичну модель задачі ідентифікації як задачу глобальної мінімізації відхилення між виходами моделі та реального пристрою. Введено підхід із логарифмічним кодуванням генів, що забезпечує ефективне оброблення параметрів, які охоплюють до 9 порядків величини. Апробовано метод на перетворювачі постійного струму з ідентифікацією семи паразитних параметрів на основі експериментальних вимірювань.

У четвертому розділі отримали подальший розвиток технологічні підходи до формування архітектури дистанційних інженерних лабораторій. Запропоновано систему з шести критеріїв із обґрунтованими ваговими коефіцієнтами. Проведено аналіз технологій дистанційних лабораторій, за результатами якого обрано найбільш придатну для побудови нових дистанційних лабораторій.

У п’ятому розділі виконано експериментальну валідацію запропонованих методів. Розроблено програмно-апаратний комплекс дистанційної лабораторії силової електроніки на основі технології LabDiscoveryEngine для напівпровідникових перетворювачів постійного струму. Реалізовано інтеграцію цифрового двійника із системою діагностики на основі запропонованого методу. Створено марковську модель готовності напівпровідникових перетворювачів енергії.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Ідентичність анотації та основних положень дисертаційної роботи.

Анотація в повному обсязі відображає основні положення дисертаційної роботи.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У розділі 2 при описі нормалізації (формула 2.2) за допомогою операції ділення Адамара відсутні граничні умови застосування методу та оцінка його числової стійкості. Зокрема, не враховано випадок наявності нульових складових у векторі-дільнику Y_j (що унеможливлює виконання операції). Також не досліджено чутливість методу до малих значень $y_j \neq 0$, які можуть призвести до спотворення нормалізованого простору ознак.
2. Термін "*бекенд*" (англ. *Back-end*), який зустрічається в 5 розділі при описі реалізації інформаційної технології дистанційної лабораторії, у професійному середовищі зазвичай описує програмну архітектуру інформаційної системи.

   Але в даному контексті краще використовувати термін «програмно-апаратне ядро», оскільки Лабораторний сервер дистанційної лабораторії побудовано на одноплатному мікрокомп'ютері Raspberry Pi 4. Цей вузол суміщає функціонал обчислювального сервера та апаратного контролера фізичної периферії експериментального стенду.
3. Порівняльний аналіз методів генерації таблиці відповідності (підрозділ 2.3) виконується за ключовими критеріями. При цьому в тексті роботи відсутній попередній опис, перелік та обґрунтування критеріїв, за якими здійснюється порівняння.
4. При проведенні тестування точності визначення наявності несправностей та їх причин для визначення розміру серії з N незалежних вимірювань (п.5.2).

   Вибір розміру серії з N незалежних вимірювань повинен мати належне математико-статистичне обґрунтування. А саме спиратися на задані рівень значущості та граничну похибку. Використання такого підходу гарантувало б, що отримані результати не є випадковими, а результати тестування мають достатню статистичну потужність.
5. В роботі наявні стилістичні та орфографічні помилки.

Усі наведені зауваження не зменшують цінність результатів роботи. Отримані в роботі результати є новими, відповідають поставленим цілям і задачам та мають теоретичне і практичне значення.

Висновок про дисертаційну роботу.

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Байди Владислава Дмитровича на тему «Методи та інформаційна технологія діагностування відмов у напівпровідникових перетворювачах електроенергії на основі цифрових двійників» є повністю завершеним науковим дослідженням, що виконане на високому професійному рівні.

Дисертаційна робота повністю відповідає відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 травня 2023 року № 502 «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України з питань підготовки та атестації здобувачів наукових ступенів», та змін до 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 року № 44.

Вважаю, що Байда Владислав Дмитрович заслуговує на присудження наукового ступеню доктора філософії зі спеціальності «Комп'ютерні науки».

Офіційний рецензент:

кандидат фізико-математичних
наук, доцент кафедри інформаційних
технологій та програмної інженерії
Національного університету
«Чернігівська політехніка» Андрій АКИМЕНКО

М.П. «___» _____ 2026 року