

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Паламаря Андрія Михайловича «Методи і засоби покращення технічних характеристик інтелектуальних систем безперебійного живлення для телекомунікаційних комплексів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

### 1. Актуальність теми дисертації

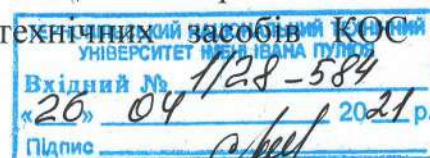
Функціонування сучасних об'єктів критичної інфраструктури неможливе без застосування джерел безперебійного живлення (ДБЖ). Вони використовуються не тільки для уникнення проблем переривання процесу електропостачання важливого обладнання, але й забезпечення якості електропостачання. Сучасні ДБЖ характеризуються надлишковістю компонентів для формування резерву з метою підвищення показників надійності. Це призводить до зниження енергоефективності внаслідок втрат енергії при неповному завантаженні ДБЖ.

Відомі підходи щодо забезпечення високих показників надійності ДБЖ потребують певного компромісу з вимогами до його енергоефективності. Покращення обох цих параметрів є надзвичайно важливим для багатьох задач.

Проблема підвищення ефективності існуючих систем безперебійного живлення, а саме питання покращення показників надійності, які б не спричиняли погіршення енергоефективності, привела до необхідності активного пошуку нових рішень.

Таким чином, тему дисертації А.М. Паламаря можна охарактеризувати як **актуальну**, спрямовану на підвищення ефективності функціонування джерел безперебійного живлення для забезпечення гарантованого електропостачання систем критичного застосування.

Дисертаційне дослідження виконувалось в рамках держбюджетних та госпдоговірних науково-дослідних робіт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, зокрема: «Розробка та дослідження енергоекономних електронних пускорегулюючих апаратів та безелектродних високочастотних люмінесцентних ламп» (ДР № 0103U003522); «Розробка та впровадження наземних технічних та програмних засобів системи моніторингу природних комплексів на основі дистанційного зондування Землі з космосу» (ДР № 0108U007121); «Удосконалення наземного комплексу спостереження за космічними об'єктами. Модернізація програмно технічних засобів КОС «Сажень-С»» (ДР № 0118U004720).



## 2. Загальна оцінка структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 200 сторінок, з яких 137 сторінок основного тексту, список використаних джерел містить 145 найменувань.

У **вступі** висвітлено актуальність проблеми, мету і задачі дослідження, наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність, а також дані щодо апробації результатів дисертаційної роботи.

**Перший розділ** дисертації присвячено огляду та критичному аналізу існуючих комп'ютеризованих систем керування та моніторингу промислових джерел безперебійного електроживлення з точки зору їх надійності та енергоефективності. Здійснено огляд відомих методів та засобів підвищення ефективності роботи джерел безперебійного електроживлення. Визначено, що перспективним напрямком розвитку комп'ютеризованих систем керування та моніторингу ДБЖ є удосконалення існуючих та розробка нових методів підвищення показників надійності, енергоефективності та якості джерел безперебійного живлення на основі синтезу моделей та високоефективних алгоритмів для покращення їх технічних характеристик. Визначені завдання, які в цій сфері на сьогодні залишаються невирішеними. Сформульовано та обґрунтовано основні задачі дисертаційного дослідження.

**Другий розділ** дисертації присвячено питанню розробки моделі та методів підвищення показників енергоефективності та надійності роботи джерел безперебійного живлення.

Запропоновано метод адаптивного регулювання рівня завантаженості випрямляючих модулів ДБЖ в межах наперед заданого оптимального діапазону значень, який враховує коефіцієнт завантаженості випрямлячів та виконує його корекцію в режимі реального часу. Це дає змогу збільшити енергоефективність ДБЖ.

Для дослідження ефективності запропонованого методу управління компонентами ДБЖ за критеріями співвідношення показників надійності та енергоефективності розроблено та досліджено імітаційну модель системи керування, яка дає змогу здійснювати регулювання необхідної кількості випрямляючих модулів джерела безперебійного живлення шляхом комутації в залежності від рівня їх завантаженості. Запропонована модель дозволяє враховувати стохастичність зміни споживання електроенергії навантаженням, здійснювати імітацію зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів на функціонування ДБЖ, що дає змогу дослідити їх вплив та покращити якість показників електропостачання.

Автор зробив вдалу спробу розробки та реалізації методу підвищення надійності функціонування ДБЖ шляхом керування випрямляючими модулями, який передбачає адаптивне циклічне їх зміщення.

У **третьому розділі** запропоновано методи інтелектуального керування модульними джерелами безперебійного живлення на основі використання адаптивних алгоритмів з застосуванням технологій штучних нейронних мереж (ШНМ). Запропоновано метод адаптивного ПІД-регулювання процесу заряду акумуляторних батарей на основі використання ШНМ з прямим розповсюдженням сигналу та зворотним поширенням помилки.

Розроблено метод короткострокового прогнозування споживання електроенергії обладнанням, яке живиться від ДБЖ. Для цього було обрано модифіковану рекурентну ШНМ Елмана з додатковими зворотними зв'язками.

У **четвертому розділі** виконано реалізацію апаратно-програмних засобів комп'ютеризованої системи на основі методів та засобів, які розроблені в другому та третьому розділах дисертаційної роботи.

З метою реалізації ефективної роботи апаратних засобів комп'ютеризованої системи на основі запропонованих в дисертації моделей та методів розроблене відповідне програмне забезпечення для мікроконтролерів центрального керуючого модуля, модуля керування випрямлячами, а також спеціалізоване ПЗ для дистанційного моніторингу стану та електричних параметрів ДБЖ з графічним інтерфейсом користувача, яке призначене для візуалізації процесів функціонування системи, перегляду архівних даних, вибору режимів роботи та зміни параметрів.

**Висновки** є достатньо обґрунтованими і повними, вони повністю відображають отримані в дисертаційній роботі наукові та практичні результати.

Список літератури в достатній мірі охоплює предметну галузь та відображає опрацювання здобувачем значної кількості джерел.

У додатках представлені акти впровадження результатів дисертаційної роботи в промислових підприємствах та у навчальному процесі, а також фрагменти програмного коду для мікроконтролера, які написані на мові С.

### **3. Ступінь новизни результатів дисертаційного дослідження**

В дисертаційній роботі здобувача отримані наступні наукові результати:

1. Модель системи управління компонентами джерела безперебійного живлення, яка враховує стохастичність зміни споживання електроенергії телекомунікаційним обладнанням, зовнішні і внутрішні дестабілізуючі фактори на функціонування ДБЖ. Модель дала змогу дослідити їх вплив та, за рахунок цього, покращити якість показників електропостачання.

2. Метод адаптивного регулювання рівня навантаженості випрямляючих модулів джерела безперебійного живлення в межах наперед заданого оптимального діапазону значень, який характеризується можливістю зміни

кількості навантажених випрямлячів в режимі реального часу. Це дозволило знизити втрати від роботи випрямляючих модулів та підвищити енергоефективність ДБЖ.

3. Метод керування випрямляючими модулями джерела безперебійного живлення шляхом адаптивного циклічного зміщення активних випрямлячів. Застосування цього методу дозволило підвищити середній час напрацювання на відмову ДБЖ без зниження показників енергоефективності.

4. Метод керування компонентами джерел безперебійного живлення на основі використання нейромережових технологій з застосуванням адаптивного ПІД-регулювання процесу заряду акумуляторних батарей та короткострокового прогнозування споживання електроенергії. Метод дозволив покращити технічні характеристики системи безперебійного живлення завдяки ефективнішому управлінню її компонентами.

#### **4. Достовірність отриманих наукових результатів та висновків**

Розроблені автором модель і методи дали можливість реалізувати комп'ютеризовану систему керування та моніторингу джерел безперебійного живлення, ефективність застосування якої підтверджена експериментально.

Наукові положення, результати та висновки забезпечуються:

- коректною постановкою задачі, обґрунтованим застосуванням математичного апарату;
- апробацією результатів дисертаційної роботи на наукових конференціях та публікаціях у фахових журналах за напрямом дослідження;
- результатами проведених експериментів та ефективним практичним впровадженням.

#### **5. Практичне значення отриманих результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання**

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження полягає у технічній реалізації та впровадженні у виробництво та у навчальний процес компонентів інтелектуальних високоефективних комп'ютеризованих систем для керування та моніторингу джерел безперебійного живлення з покращеними показниками надійності та енергоефективності. Результати експериментальних досліджень підтверджують ефективність розроблених апаратно-програмних засобів, оскільки їх застосування дає змогу підвищити коефіцієнт корисної дії джерел безперебійного живлення на 3-4 % та середній час їх напрацювання на відмову на 5-8 %.

Результати наукових теоретичних та експериментальних досліджень використано та впроваджено: у ТОВ «ТД Інтеграл», у ТОВ Тернопільське КБ радіозв'язку «Стріла», у ТОВ «Техас-Т», у навчальному процесі кафедри

комп'ютерних систем та мереж ТНТУ ім. І. Пулюя, що підтверджено відповідними актами.

Можливі шляхи застосування результатів дисертаційної роботи полягають у впровадженні їх на підприємствах, які займаються виробництвом систем безперебійного та гарантованого електропостачання. Крім того, результати рекомендується впроваджувати у навчальному процесі закладів вищої освіти.

## **6. Оформлення дисертації та автореферату. Повнота викладення результатів наукового дослідження в опублікованих працях**

Дисертацію і автореферат оформлено відповідно до діючих вимог. Дисертаційна робота добре структурована, написана чітко, має внутрішню єдність. Матеріал розділів логічно пов'язаний між собою, що полегшує сприйняття викладених положень. Автореферат повністю відповідає змісту та основним положенням дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації повною мірою представлені у 24 наукових публікаціях, серед яких 6 статей у наукових фахових виданнях (одноосібних статей – 2), з яких 2 статті у закордонних наукових періодичних виданнях, 6 статей у матеріалах закордонних англomовних видань міжнародних наукових конференцій, та 13 тез доповідей у збірниках міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій. Публікації входять до наукометричних баз з міжнародним індексом цитування: Scopus – 3, Web of Science – 3, Index Copernicus – 3.

## **7. Зауваження до змісту й оформлення дисертації**

Разом з тим дисертаційна робота містить ряд недоліків, серед яких варто відзначити наступні:

1. В роботі не відображено взаємозв'язку методу адаптивного ПІД-регулювання процесу заряду акумуляторних батарей та методу короткострокового прогнозування споживання електроенергії обладнанням, яке живиться від ДБЖ в контексті покращення технічних характеристик ДБЖ.

2. В четвертому розділі дисертації (пункт 4.4.2) наведено структуру програмного забезпечення для мікроконтролерів та перелік програмних модулів, проте, доцільно було б детальніше описати функції, які кожен з них виконує.

3. Недостатньо обґрунтовано критерії, відповідно до яких було обрано тип та структуру нейронної мережі для реалізації методу адаптивного ПІД-регулювання процесу заряду акумуляторних батарей.

4. В особистому внеску здобувача описаний зміст опублікованих наукових праць, але не показано до якого пункту наукової новизни вони мають відношення.

5. В дисертації приведено надлишково детальний опис компонентів схеми електричної принципової центрального керуючого модуля (пункт 4.3.1).

6. Графіки на рисунках 3.15, а та б доцільно представляти в однаковому масштабі, що підвищить їх інформативність.

Проте, наведені зауваження не зменшують наукову цінність та практичну значимість дисертаційної роботи.

## 8. Висновки

Дисертаційна робота А.М. Паламаря є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка має практичне значення та містить вирішення важливої науково-прикладної задачі, яка полягає в розробці нових і вдосконаленні існуючих методів та засобів покращення технічних характеристик інтелектуальних систем безперебійного живлення для телекомунікаційних комплексів.

Зміст, задачі та результати досліджень дисертаційної роботи відповідають паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти, за якою вона була подана до захисту. Ознаки академічного плагіату відсутні.

За науковим рівнем, обсягом та якістю проведених досліджень дисертація відповідає діючим вимогам, які пред'являються до дисертаційних робіт, зокрема, пунктам 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, Паламар Андрій Михайлович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент  
професор кафедри комп'ютерних  
інтелектуальних систем та мереж  
Державного університету «Одеська політехніка»  
д. т. н., професор

О. В. Дрозд

Проректор Державного університету  
«Одеська політехніка»



Д. В. Дмитришин