

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу  
Становського Євгена Юрійовича  
на тему «Удосконалення гібридної фотоелектричної системи з  
акумуляторною батареєю для потреб локального об'єкту»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 14 Електрична інженерія  
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка

### **Актуальність теми дисертації.**

Широке використання фотоелектричних систем є загальносвітовим трендом розвитку енергетики. Але при цьому виникає ціла низка проблем, пов'язаних із нерівномірністю надходження енергії, сумісністю з існуючими розподільчими мережами. Тому сучасною тенденцією є споживання енергії на місці генерації за мінімального експорту енергії або запланований експорт. Останнім часом особливе місце посідають гібридні фотоелектричні системи з накопичувачами електроенергії та підключенням до розподільчої мережі змінного струму. Ефективність використання гібридних фотоелектричних систем зазвичай пов'язують з визначенням параметрів та управлінням енергетичними процесами при збереженні показників якості струму. За цього перспективним виглядає використання багатофункціональних мережевих інверторів, що забезпечують близький до 1 коефіцієнт потужності в точці підключення до мережі та компенсують реактивну потужність і гармоніки струму навантаження.

Удосконалення фотоелектричних систем стосується забезпечення сумісності з перевантаженими мережами, використання прогнозу фотоелектричної генерації із забезпеченням рівномірності споживання енергії з мережі. Для розробки та дослідження систем з відновлювальними джерелами енергії поширеною практикою є використання математичного моделювання.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Становського Євгена Юрійовича, що присвячена покращенню показників систем з відновлювальними джерелами енергії, є актуальною.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Отримав розвиток принцип управління ФЕС з завданням значення активної потужності, що споживається з мережі, за прогнозом генерації ФБ з формуванням стану заряду АКБ та зміною механізму перемикання регуляторів та введенням зворотного зв'язку за потужністю навантаження, що забезпечує

підвищення ступеню споживання фотоелектричної енергії та зменшення витрат на електроенергію.

2. Запропоновано використання в контурі регулювання струму мережевого інвертору зворотного зв'язку за струмом конденсатора вихідного фільтру з модифікацією структури фільтру за визначенням параметрів, що сприяє забезпеченню відповідності стандарту струму в точці підключення до мережі в разі несинусоїдальної напруги.

3. Удосконалено математичну модель АКБ за рахунок врахування зміни режимів заряду та значень струму розряду, що підвищує точність відтворення характеристик АКБ, що надані виробником.

4. Розвинуто принципи реалізації модульної структури моделі системи з відокремленням незмінної частини та модуля формування завдання, що побудовані з врахуванням режимів функціонування. Ведення модуля формування завдання дозволяє в прискореному режимі до основного циклу моделювання визначити параметри управління та завдання потужності.

Достовірність та обґрунтованість отриманих наукових результатів забезпечується використанням положень теорії автоматичного регулювання, розкладання в ряд Фур'є, методів апроксимації однієї змінної та результатами експериментальних досліджень, проведених в середовищі Matlab Simulink.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі комп'ютерної інженерії та електромеханіки Київського національного університету технологій та дизайну. Матеріали роботи використано під час виконання науково-дослідних робіт: держбюджетної фундаментальної науково-дослідної роботи «Принципи створення енергоефективних перетворювальних агрегатів комбінованих систем електроживлення з поновлювальними джерелами» (№ держреєстрації 0117U000605); науково-дослідної роботи за договором № ДЗ/92-2019 «Розроблення програмно-технічного комплексу управління електроспоживанням у системах енергоменеджменту локальних об'єктів» (№ держреєстрації 0119U103640); українсько-словацької науково-дослідної роботи «Удосконалення енергоменеджменту гібридних фотоелектричних систем локальних об'єктів з накопичувачами енергії» (№ держреєстрації 0123U103763).

Отже, в дисертаційній роботі поставлене науково-практичне завдання удосконалення фотоелектричної системи з використанням багатофункціонального мережевого інвертору та обґрунтовано механізм реалізації управління фотоелектричною системою для самоспоживання локального об'єкту з завданням потужності, що споживається з мережі, за прогнозом генерації фотоелектричної батареї, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Становського Є. Ю. повністю відповідає освітньо-науковій програмі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (сертифікат про акредитацію освітньої програми № 4576 від 02.06.2023).

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею за наявності особистого внеску здобувача у науковий напрям «Енергетика та енергоефективність».

Аналіз звіту подібності щодо результатів перевірки тексту дисертації дозволяє зробити висновок про те, що дисертаційна робота Становського Євгена Юрійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням загальноприйнятої сучасної наукової термінології. Зміст дисертації є добре структурованим та цілісним, робота відповідає темі досліджень.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури із 109 найменувань та 3 додатків. Загальний обсяг дисертації 149 сторінок.

У вступі наведено актуальність теми дисертаційної роботи, поставлено мету та задачі дослідження, наведено практичну та наукову новизну отриманих результатів. Також наведено основну інформацію про публікації та апробацію результатів дисертаційної роботи.

У першому розділі роботи проведено аналіз існуючих рішень гібридних фотоелектричних систем та досліджено стан розробок щодо сучасних гібридних інверторів. Виконано порівняльний аналіз інверторів різної вартості та функціоналу. Також розглянуто багатофункціональні мережеві інвертори. Показано, що конденсатор вихідного фільтру призводить до погіршення гармонійного складу струму в точці підключення до мережі. Як ефективний інструмент розробки та дослідження фотоелектричних систем розглянуто математичне моделювання, проведено аналіз існуючих моделей для електромагнітних та енергетичних процесів.

У другому розділі розглянуто мостову та каскадну схему багатофункціонального мережевого інвертора. Введено зворотній зв'язок за потужністю навантаження зі зміною структури регуляторів для підвищення ступеню споживання фотоелектричної енергії. Запропоновано використання в контурі регулювання струму мережевого інвертора зворотного зв'язку за струмом конденсатора вихідного фільтру. Модифіковано структуру вихідного фільтру мережевого інвертора. Виконано аналіз амплітудно-частотної та фазочастотної характеристик. Розроблено математичні моделі в Matlab та наведено результати моделювання.

Третій розділ присвячений реалізації управління з завданням потужності, що споживається з мережі. За цього встановлено ряд обмежень, що стосуються фотоелектричної батареї, акумуляторної батареї та розподільчої мережі. При реалізації враховано, що в автономному режимі роботи фотоелектрична батарея працює в режимі максимальної потужності. Тому в структуру перетворювального агрегату введено ключ зі струмообмежуючим резистором. В структуру системи регулювання перетворювальним агрегатом введено додатковий регулятор для роботи в автономному режимі. Запропоновано сценарії управління з врахуванням тарифікації оплати за електроенергію.

У четвертому розділі проведено математичне моделювання енергетичних процесів фотоелектричної системи в добовому циклі функціонування. Уточнено модель акумуляторної батареї, що зменшує похибку відносно характеристик виробника. Обґрунтовано компонування структури моделі з наступних модулів: генерації, навантаження, акумуляторної батареї, управління і розрахунку, оцінки. Відокремлено модуль формування завдання, який здійснює розрахунок параметрів управління в прискореному масштабі часу до початку основного циклу моделювання. Розрахунок здійснюється для визначеного набору сценаріїв. Наведено результати моделювання за різних сценаріїв.

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

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 8 статей у наукових фахових виданнях, 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі Scopus та віднесеному до другого квартилю Q2 відповідно до класифікації SCImago Journal, 1 стаття у закордонному виданні.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

У наукових публікаціях здобувача якісно та на високому науковому рівні висвітлені результати його дисертаційного дослідження. Поршень правил академічної доброчесності та наявності запозичень в даних публікаціях не виявлено.

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

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

Є ряд зауважень щодо подання результатів в роботі:

1. Присутня деяка плутанина з індексами. В основному використовуються індекси латиницею  $u_g, i_g$ , але зустрічається  $u_l, i_l$ , зокрема на стор. 66 і стор. 75.

2. В рівняннях (4.2) - (4.3) задіяні арифметичні та логічні операції, доречно було б їх відокремити.

3. В п.4.2 при розгляді математичної моделі АКБ (стор.89) відзначено: «... характеристиками, що задані графічно [104]». Тобто слід знайти це джерело, щоб зрозуміти, про що йде мова. Краще було б ці характеристики навести за текстом.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Становського Євгена Юрійовича на тему «Удосконалення гібридної фотоелектричної системи з акумуляторною батареєю для потреб локального об'єкту» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі 14 Електрична інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю 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.

Здобувач Становський Євген Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

### **Рецензент:**

Доцент кафедри

комп'ютерної інженерії та електромеханіки

Київського національного університету технологій та дизайну,

к.т.н., доц.

Світлана Демішонкова

Світлана ДЕМІШОНКОВА

М.П.

« 26 » 07 2024 року

Підпис Світлана Демішонкова  
засвідчую  
Зав. КАНЦ

