

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Бойка Івана Юрійовича**

на тему «**Динамічна тарифікація у системі електроживлення**»,  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

### **Актуальність теми дисертації**

Система електроживлення споживачів є невід'ємною частиною об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України, яка забезпечує спільність процесу виробництва, передавання, розподілу та споживання електричної енергії. ОЕС України була сформована у 70-х роках минулого століття, проте, останні декілька років, у ній відбуваються динамічні процеси реорганізації її структури. Це викликано через низку факторів, основними із яких є:

- інтеграція потужних вітрових, фотоелектричних та біогазових електростанцій;
- прагнення об'єднатися із європейською мережею операторів системи передачі електроенергії ENTSO-E;
- запровадження ринку електричної енергії та «зелених тарифів» на електричну енергію, яка вироблена відновлювальними джерелами енергії (ВДЕ).

Останній фактор також призвів до того, що на рівні системи електропостачання споживачів також приєднуються малопотужні ВДЕ, які повністю змінюють не тільки процеси в системах електроживлення, але і взаємовідносини між споживачами та операторами систем розподілу і постачальниками електричної енергії. За подальшого розвитку систем електропостачання в даному напрямку можуть виникати такі режими роботи, за яких протягом деякого часу частина споживачів може отримувати електричну енергію від ізольованих енергоостровів, які будуть потребувати балансуєчих потужностей.

Із вищезазначеного випливає, що в умовах функціонування ринку електричної енергії потрібно мати не тільки адекватну систему обліку електричної енергії але і правильну систему тарифікації виробленої електричної енергії. Це пов'язано з тим, що у складних системах з різноманітними джерелами електричної енергії її вартість буде визначатися складом генеруючих потужностей та часом роботи кожного з них.

Також, достатній вплив на кінцеву вартість електричної енергії для споживачів буде мати балансуєче джерело, у якості якого у енергоострові можуть використовуватися дизельгенератори, вартість виробленої електричної енергії

якими залежить не тільки від величини генерованої потужності, але і від перехідних процесів під час їх запуску та зупинки.

Таким чином, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Бойка Івана Юрійовича «Динамічна тарифікація у системі електроживлення», яка спрямована на розробку та вдосконалення методів тарифікації електричної енергії у ізольованих системах електроживлення із урахуванням динамічних процесів є безумовно актуальною.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Актуальність обраної теми роботи підтверджується також тим, що дослідження проводились в рамках держбюджетної теми МОН України «Гетерогенна мережа збору, передачі та обробки інформації для системи розподіленої генерації MicroGrid» (номер державної реєстрації 0119U001184).

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі**

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, є достатньою та базується на аналізі літературних джерел за даною проблемою, грамотній постановці мети і задач дослідження, коректним застосуванням сучасних методів математичного та схемотехнічного моделювання, якісному формулюванні отриманих висновків.

### **Достовірність результатів досліджень**

Виконані у роботі дослідження базуються на коректному використанні:

- базових законів ринкової економіки щодо формування раціональної динамічної тарифікації електричної енергії;
- фундаментальних положень диференційного аналізу та методів математичного моделювання;
- прийнятих припущень та відповідністю змісту математичних моделей фізичній суті процесів, що відбуваються у ізольованих системах електроживлення.

### **Основні наукові результати та їх новизна**

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1. Вперше розроблено метод та аналітичні залежності динамічної тарифікації для автономної системи електроживлення шляхом врахування зміни виробленої електроенергії під час перехідних процесів, що дозволяє підвищити точність визначення кількості генерованої електроенергії.

2. Вперше отримано аналітичні залежності динамічної тарифікації для автономної системи електроживлення із дизель-генератором та накопичувачем

електроенергії, що дозволяє розраховувати динамічну зміну вартості електроенергії за умови підтримування її генерації на заданому рівні.

3. Отримав подальший розвиток метод динамічної тарифікації шляхом врахування вартісних коефіцієнтів, що дозволяє враховувати частку виробленої електроенергії кожним працюючим генератором у складі електротехнічного комплексу.

### **Практична значимість отриманих результатів роботи**

Значимість роботи полягає у тому, що розроблений автором метод динамічної тарифікації може бути використаний при формуванні цінової тарифної політики як у ізольованих системах електроживлення, так і централізованих системах електропостачання, у яких деякі частини протягом певних, достатньо протяжних, інтервалів часу можуть працювати відокремлено.

Розроблена автором методика динамічної тарифікації знайшла застосування у навчальному процесі НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», а саме впроваджена в навчальні дисципліни другого (магістерського) рівня підготовки: «Маркетинг в енергетиці», «Інтелектуальні електроенергетичні мережі та системи».

### **Оцінка змісту дисертації і її завершеність**

Дисертаційна робота Бойка І.Ю. містить анотацію, вступ, чотири розділи основної частини, висновки, список використаних джерел та додатки.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми, її зв'язок з державними програмами та планами, сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет досліджень, представлено наукову новизну та практичне значення одержаних в дисертації результатів.

У **першому** розділі розглянуто існуючі автономні системи електропостачання та загальноприйнятту систему тарифікації електричної енергії у таких системах. Проведено аналіз наукових публікацій, що пов'язані з вирішенням проблеми раціональної тарифікації у таких системах та встановлено, що вони не враховують динамічних перехідних процесів, які можуть протікати у автономних системах з декількома джерелами живлення.

У **другому** розділі описується математична «електро-вартісна» модель ізольованої електротехнічної системи, яка запропонована автором дисертації та показується її застосування на практиці для автономних систем з дизель-генераторами, та систем, які працюють в режимі енергоострову. Показано, що визначення вартості електричної енергії потребує коригування у часі – тобто вартість електричної енергії повинна бути динамічною, що дозволить уникнути збитків у системі генерації.

У **третьому** розділі розглядається динамічна «електро-вартісна» модель електротехнічної системи із дизель-генератором та акумуляторною батареєю, що

дозволяє розраховувати як динамічну зміну рівня генерованої електроенергії, так і динамічну зміну вартості одиниці електроенергії. Досліджено вплив техніко-економічних параметрів на тривалість перехідних процесів зміни вартості у автономній системі електроживлення.

У четвертому розділі розглянуто практичну реалізацію алгоритму динамічного визначення вартості електроенергії на базі відлагоджувальної плати Arduino Uno з мікроконтролером ATmega328P та радіо-модулем NRF24L01+. Запропоновано схеми пристроїв динамічного визначення спожитої електроенергії та пристрою, який виконує динамічний розрахунок вартості електроенергії.

Висновки до розділів та загальні висновки по роботі сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Перелік посилань достатньо охоплює сучасні вітчизняні та закордонні публікації з обраної проблематики та налічує 86 джерел.

### **Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях**

Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлено у 10 наукових працях, з них 8 статей у наукових фахових виданнях (6 публікацій у наукових фахових виданнях України, 2 публікації – у виданнях країн ЄС), 1 теза доповіді в збірнику матеріалів конференції та 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір.

### **Відповідність змісту автореферату і основних положень дисертації**

Автореферат є ідентичним за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем особисто.

**По змісту та оформленню дисертаційної роботи та автореферату можна зробити наступні зауваження:**

1. По тексту дисертації дуже часто зустрічається аббревіатура «СЕС», під якою автор роботи має на увазі фотоелектричні станції для перетворення сонячного випромінювання у електричну енергію. Тому було б доцільним застосування іншої аббревіатури – «ФЕС».

2. На стор.40 дисертації (останній абзац на стор.41 (1-й абзац) автореферату описується формування базової «електро-вартісної моделі» ізольованої електротехнічної системи. Викликає сумніви твердження автора про те, що у «супутніх витратах» необхідно враховувати амортизаційні відрахування тільки у разі застосування «... сонячної панелі, вітрогенератора, МГЕС ...», а під час застосування двигуна внутрішнього згорання – тільки об'єм витраченого палива.

Також у абзаці 2 п.2.2 дисертації прийнято аналогічне припущення під час формування математичної моделі визначення вартості електроенергії системи з дизель-генератором.

3. Незрозуміло, що мається на увазі під «точкою спокою», у якій визначається «значення рівня генерованої електроенергії»  $W_0$  у системі з дизель-генератором (останній абзац на стор.43 дисертації). Це якийсь усталений режим? Якщо так, то у ізольованій системі з багатьма джерелами енергії таких режимів може бути багато, що у такому разі слід розуміти під «точкою спокою»?

4. У п.3.1 дисертації запропонована структурна схема (рис.3.1) та описана отримана автором математична модель передбачає повний обіг отриманих коштів у циклі. Така математична модель може бути застосована тільки для існуючої системи, яка вже побудована і функціонує. Проте, на мій погляд, така модель не враховує амортизаційні витрати, які є невід'ємною частиною будь-якої системи, а також інвестиції, тому вона не може бути застосована в умовах розширення енергоострову за рахунок спорудження нових генеруючих потужностей.

5. У третьому розділі для перевірки адекватності отриманої автором «електро-вартісної моделі» використані занадто великі значення параметрів вартості електричної енергії  $C_w$  та кількості електричної енергії  $W$  (табл.3.1). Так, значення кількості електричної енергії 10000 Вт·с може спостерігатися тільки у централізованих системах електропостачання, а вартість у 0,5 грн/(Вт·с) є занадто великою за мізерний обсяг електричної енергії.

6. На рис.3.38 дисертації та рис.10 автореферату зображено не «зміну рівня генерованої електроенергії», як це стверджує автор, а зміну рівня генерованої потужності.

7. Під час створення фізичної моделі розрахунку електроенергії для системи з двома генераторами використано радіо-модуль NRF24L01+ (п.4.1 дисертації), який має невеликий радіус дії (у межах квартири). Для реальних автономних систем, а також тих, які згадуються у дисертаційній роботі його дальності буде недостатньо.

8. При роботі системи обліку електричної енергії у автономній системі з акумуляторними батареями та інверторами можуть виникати вищі гармоніки, які будуть впливати на систему обліку електричної енергії. Тому пропоную в подальшому розглянути врахування даної проблеми у «електро-вартісній моделі».

9. На стор.102 дисертації сказано, що вхідний трансформатор струму працює з номінальним струмом 30А і максимальним – 75А. Проте на рис.4.4, у моделі роботи пристрою, струм складає 723,26А, що перевищує максимально допустимий для вибраного трансформатора струму Talema AC1030. За такого струму трансформатор струму ввійде в насичення, а напруга на вході АЦП мікроконтролера може перевищити максимально допустиму.

10. Перший розділ автореферату є оглядовим і, на мою думку, достатньо завеликим для автореферату. Можна було б дещо його скоротити за рахунок виключення загальновідомих «структур» та «схем з'єднання» автономних електроенергетичних систем та, натомість, розширити 2-4 розділи, які описують розробки здобувача.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не ставлять під сумнів наукову новизну роботи. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Бойка І.Ю., її наукову новизну і практичну цінність.

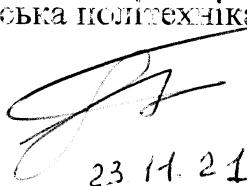
### **Загальний висновок.**

Дисертаційна робота **Бойка Івана Юрійовича** «Динамічна тарифікація у системі електроживлення» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи. Дисертація є завершеною науково-дослідницькою роботою, в якій вирішена актуальна науково-технічна задача щодо створення адекватного методу динамічної тарифікації для автономних систем електроживлення.

Виходячи з актуальності теми, достатніх рівнів достовірності та наукової новизни результатів, теоретичного та практичного значень, повноти викладу в опублікованих працях, апробації основних положень, вважаю, що дисертаційна робота цілком відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, а її автор, **Бойко Іван Юрійович**, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи.

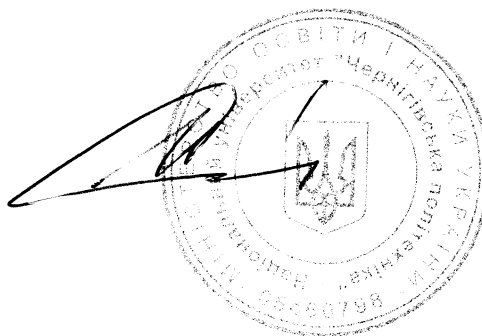
Офіційний опонент,

доцент кафедри електричної інженерії  
та інформаційно-вимірювальних технологій  
Національного університету «Чернігівська політехніка»  
МОН України,  
кандидат технічних наук, доцент

  
23.11.21

Буйний Р.О.

Підпис Буйного Р.О. завіряю  
Вчений секретар Вченої ради  
НУ «Чернігівська політехніка»  
д-р. держ. упр., професор



Олійченко І.М.