

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. Автономні системи електроживлення широко використовуються у складі електротехнічних комплексів в різних секторах економіки та географічних регіонах України. У загальному випадку система автономного електроживлення містить вітроустановки, сонячні батареї, дизель-генератори, випрямно-зарядні пристрої, батареї акумуляторів, інвертори, запобіжно-розподільні та комутуючі пристрої. Характерною особливістю автономних систем електроживлення є значна частка роботи у перехідних процесах, обумовлених зміною швидкості вітру, потоку сонячного світла, ступенем заряду акумуляторних батарей тощо.

Одним із важливих питань при роботі автономної системи електроживлення є тарифікації електроенергії, яка повинна бути взаємовигідною для виробників, постачальників та споживачів електричної енергії. На теперішній час для автономних систем електроживлення прийнято механізм регулювання ціни на основі усталених режимів роботи та відповідних статичних моделей. Під час перехідних процесів змінюється рівень генерації електроенергії, що ускладнює тарифікацію електроенергії з використанням статичних моделей. Розроблено низку методів для динамічного визначення вартості електроенергії в умовах динамічної зміни рівня генерації електроенергії автономними та розосередженими системи електроживлення.

Питання підвищення точності визначення кількості генерованої електроенергії системою електроживлення потребує подальшого дослідження, оскільки відомий метод динамічного визначення вартості розроблено без врахування динамічної зміни параметрів енергогенеруючої системи під час перехідних процесів.

Виходячи з цього актуальність теми дисертаційної роботи Бойка І.Ю., яку присвячено підвищенню точності визначення кількості генерованої електроенергії автономною системою електроживлення шляхом розробки методу динамічної тарифікації що враховує зміну параметрів під час перехідних процесів не викликає сумніву.

Актуальність теми дисертації підтверджується тим, що результати дослідження динамічної тарифікації, викладені в дисертації, використовувались при виконанні робіт кафедри електронних пристроїв та систем факультету електроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР "Гетерогенна мережа збору, передачі та обробки інформації для системи розподіленої генерації MicroGrid" (№ ДР 0119U001184).

Зміст роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел 86 найменувань та восьми додатків. Загальний обсяг роботи складає 136 сторінок, в тому числі 111 сторінок основного змісту, 53 рисунки та 17 таблиць.

Обсяг та структура дисертації відповідають вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій.

У *вступі* проведено обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, задачі і наукова новизна дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, викладено практичне значення результатів досліджень, визначено особистий внесок здобувача, наведені дані про апробацію результатів роботи та публікації.

Перший розділ дисертаційної роботи присвячено загальному описі автономних електротехнічних систем, наводяться типи обладнання у складі таких систем. Приводиться класифікація систем електропостачання за рівнем відновлюваної енергії. Автором проведено огляд існуючих рішень щодо тарифікації електричної енергії, який свідчить о необхідності розробки способів динамічної тарифікації для локальних електротехнічних систем що забезпечить адекватну вартість електроенергії в різних режимах роботи. Розробка засобів тарифікації в ізолюваних електротехнічних системах з урахуванням перехідних

процесів електротехнічної частини дозволить здійснювати адекватну тарифікацію у динамічних режимах зміни електротехнічних параметрів.

Наводиться визначення розумного лічильника електроенергії, smart energy meter (SEM), принцип побудови та зв'язку між користувачем/домогосподарством та підстанцією.

У *другому розділі* обґрунтовується актуальність створення гнучкої динамічної тарифікації для локальних систем електроживлення, що дозволить забезпечити адекватну тарифну ціну електроенергії. Тривалість перехідних процесів генератора має безпосередній вплив на економічні параметри ізольованої системи, тобто на відхилення реальної тарифної ціни електроенергії від прийнятого статичного значення, встановленого у існуючій моделі щогодинної тарифікації.

Представивши систему «виробник – споживач електроенергії» як замкнену макроекономічну систему, яка поєднує динамічну та економічну частини ізольованої системи було виконано створення математичної електро-вартісної моделі для визначення вартості електроенергії при щосекундній тарифікації. Визначення вартості одиниці електроенергії було продемонстровано на прикладі розрахунку для малих відхилень від деякого статичного рівня генерованої електроенергії на виході конкретного автономного дизель – генератора.

Необхідність використання динамічної оцінки вартості електроенергії було продемонстровано на прикладі системи електроживлення локального об'єкту, енергоострову, генерація якого обмежена сотнею чи декількома сотень кВт. Автором наведено блок-схему алгоритму розрахунку вартості одиниці електроенергії для двох генераторів, кожен з яких постачає електроенергію своєму споживачу, а також сумарної вартості одиниці електроенергії. Даний алгоритм використано у авторському творі.

У *третьому розділі* автором створено математичну електро-вартісну модель ізольованої енергогенеруючої системи із дизель-генератором, що дозволяє розраховувати як динамічну зміну рівня генерованої електроенергії, так і динамічну зміну вартості одиниці електроенергії. Продемонстровано можливість

розрахування усталеного значення вартості одиниці електроенергії після завершення перехідних процесів. Виконано створення математичної моделі для дослідження прискореного виходу енергогенератора на заданий режим роботи.

Досліджено використання акумулятора при аварійному зменшенні рівня електроенергії дизель-генератора. Отримані результати у динаміці демонструють перехідні процеси вартості одиниці електроенергії при компенсації втрати рівня генерованої електроенергії за рахунок використання акумулятора.

У четвертому розділі автором було використано створений раніше алгоритм для динамічного визначення вартості одиниці електроенергії у ході розробки прототипу пристрою розрахунку динамічної вартості одиниці електроенергії. Прототип виконано на базі мікроконтролера Arduino Uno, який включає у собі мікропроцесор ATmega328P. Для передачі інформації про обсяг спожитої електроенергії від мікроконтролера пристрою розрахунку до мікроконтролера для прийому даних і визначення вартості електроенергії використано радіо-модуль, запрограмований на передачу необхідних даних. Для функціонування пристрою розрахунку генерованої електроенергії та радіо-модуля автором складено код на мові C++, завантажений до вбудованого мікропроцесора ATmega328P.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що наведені в дисертаційній роботі Бойка І.Ю., достатньо обґрунтовані та базуються на використанні методів обчислення за допомогою систем диференційних рівнянь та методів інтегрування. В якості інструментарію досліджень використано математичне моделювання та відповідні методи і засоби аналізу стану перехідних процесів у нелінійній системі. Проведені моделювання перехідних процесів а також прототипу роботи пристрою розрахунку одиниці електроенергії підтвердили обґрунтованість запропонованих автором підходів для динамічної тарифікації у системі електроживлення.

Наукова новизна результатів дослідження.

1. Вперше розроблено метод 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.

4. Вперше отримано аналітичні залежності динамічної тарифікації для електротехнічного комплексу енергоострову, що дозволяє проводити динамічну тарифікацію окремих ізольованих систем електроживлення.

Практичне значення результатів дослідження.

1. Розроблено алгоритм розрахунку вартості одиниці електроенергії двох генераторів з реалізацією на мікропроцесорі ATmega328p, що дозволяє отримувати значення динамічної тарифікації окремо по кожному споживачу.

2. Запропоновано технічну реалізацію прототипу пристрою розрахунку динамічної вартості одиниці електроенергії на базі мікропроцесора ATmega328p для щосекундного розрахунку вартості.

3. Розроблена методика динамічної тарифікації впроваджена в дисципліни: “Маркетинг в енергетиці”, “Інтелектуальні електроенергетичні мережі та системи”, освітня програма другого (магістерського) рівня вищої освіти “Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології” КПІ ім. Ігоря Сікорського.

4. Оригінальність практичних результатів підтверджена авторським свідоцтвом на науковий твір «Застосування просюмерів на локальному рівні Smart

Grid та врахування алгоритму динамічної тарифікації» № 101337 від 21 грудня 2020 р.

Рекомендації щодо використання результатів дослідження. Дослідження, виконані дисертантом, доцільно продовжити у майбутньому у напрямку охоплення більшої кількості різних систем електроживлення та навантажень, уточнення їх характерних особливостей, та врахування сумісної роботи з існуючою енергосистемою країни. Результати дослідження можуть бути використані в навчальному процесі для підготовки фахівців у галузях “Маркетинг в енергетиці”, “Інтелектуальні електроенергетичні мережі та системи”.

Достовірність теоретичних положень, висновків і рекомендацій обумовлена коректністю вихідних допущень, перевіркою їх комп’ютерним моделюванням, а також підтверджується зіставленням із опублікованими у науковій літературі графічними даними для конкретного дизель-генератора.

Повнота викладу основних положень дисертації в наукових працях. Результати дисертації знайшли повне відображення у 10 наукових працях, з них 8 статей – у наукових фахових виданнях, з яких 6 публікацій – у наукових фахових виданнях України, 2 публікації – у виданнях країн ЄС, 1 – теза доповіді в збірнику матеріалів конференції, 1 – свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір.

Автореферат повною мірою відображає основні положення дисертації. Зміст дисертації відповідає спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. Якість оформлення автореферату та дисертації висока.

Зауваження по дисертації.

1) В роботі не дуже чітко показано, що є тим електротехнічним комплексом, котрий розглядається, для якого недостатньо існуючого наразі механізму тарифоутворення на ринку електроенергії.

2) Недостатньо переконливо наведено актуальність створення саме щосекундної динамічної тарифікації.

3) У вступі в огляді не наведено існуючого на сьогодні переліку концепцій розумних лічильників електроенергії.

4) В роботі не проведене порівняння запропонованого автором пристрою розрахунку електроенергії (ст.101 - 106) з існуючими розумними лічильниками.

5) В роботі не представлені кількісні показники ефективності застосування запропонованої автором динамічної тарифікації.

6) В тексті дисертації присутні граматичні, орфографічні та стилістичні помилки, деякі формулювання є нечіткими та не завершеними.

Вказані зауваження та недоліки не впливають на загальну високу оцінку наданої дисертації.

Висновок. На основі аналізу дисертаційної роботи «Динамічна тарифікація у системі електроживлення» та опублікованих робіт автора вважаю, що Бойко Іван Юрійович є фаховим науковим співробітником, який здатний по об'єму та глибині професійних знань, якості наукових досягнень самостійно ставити та розв'язувати важливі науково-технічні задачі в галузі теоретичної та прикладної електроніки.

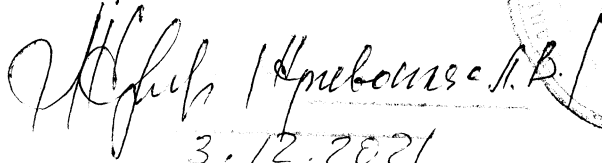
Дисертація Бойка І.Ю. на тему «Динамічна тарифікація у системі електроживлення» є кваліфікаційною науковою роботою. Вона відповідає вимогам - п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України № 659, від 19 серпня 2015р., а її автор – **Бойко Іван Юрійович** заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор
завідувач відділу транзисторних перетворювачів
Інститут електродинаміки НАН України

 Юрченко О.М.




3.12.2021

