

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Дяговченка Іллі Миколайовича** «Удосконалення систем обліку електроенергії шляхом врахування **низької якості та зовнішніх факторів**», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Актуальність теми дисертації.

Для отримання інформації про ефективність електроспоживання необхідне використання новітніх технологій в автоматизації обліку електричної енергії з контролем її якості. Низька якість електроенергії зумовлена використанням споживачами перетворювачів напруги, дугових сталеплавильних печей, імпульсних блоків живлення, а також установок з несиметричними і ударними навантаженнями, які вносять додаткові похибки в системі обліку електроенергії. Це призводить до значних економічних збитків.

Системи реєстрації переданої та спожитої електроенергії постійно знаходяться під дією зовнішніх і внутрішніх факторів, серед яких можна виділити: впливи, пов'язані з якістю електроенергії; впливи, пов'язані з електромагнітною сумісністю (дія електричного та магнітного полів різної частоти) та ін. В даний час з усіх показників якості електричної енергії істотний вплив на систему обліку електроспоживання мають вищі гармоніки, які створюють додаткові похибки в кожній точці обліку електроспоживання в електричних мережах. Питання впливу вищих гармонік на процеси електроспоживання в електричних мережах представляють з себе складну задачу та потребують додаткового вивчення.

Таким чином, дослідження та врахування впливу низької якості електроенергії та зовнішніх факторів на системи реєстрації є актуальною науково-технічною задачею, оскільки подібні явища можуть призводити до суттєвих похибок обліку електричної енергії та збільшення комерційних втрат. Метою дисертаційної роботи є удосконалення систем обліку електроенергії шляхом врахування низької якості електроенергії та зовнішніх факторів, зокрема сильних магнітних полів, що визначає її актуальність.

Дисертаційна робота пов'язана з тематичним планом кафедри електроенергетики Сумського державного університету та виконувалася у рамках програми академічної мобільності National Scholarship Programme of the Slovak Republic у Технічному університеті в м. Кошиці (Technical University in Košice), Словаччина.

Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам.

Дисертаційна робота Дяговченка І.М. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. У вступі міститься характеристика досліджуваної проблеми та розглянуто поточний стан питання. На основі аналізу результатів і висновків наявних в даній області досліджень обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовані основні цілі і завдання даної роботи, а також дана її загальна характеристика.

В *першому розділі* проаналізовано сучасний стан системи обліку електроенергії в Україні, проаналізовані основні нормативні документи, норми, та правила, причини порушення балансу виробленої/відпущеної електроенергії та виникнення комерційних втрат. Виявлено основні причини комерційних втрат, виділено можливі напрямки вдосконалення датчиків струму та напруги, що використовуються у сучасних приладах обліку електричної енергії. Показано, що впровадження інтелектуальних мереж дозволить підвищити точність та мінімізувати втрати електричної енергії на кожному рівні обліку.

Другий розділ присвячений розробці принципу та алгоритму роботи ЛЕ, які дозволяють зменшити недооблік електричної енергії в мережах з вищими гармоніками, інтергармоніками та відхиленнями інших ПЯЕ від нормованих значень, порівняно з найбільш розповсюдженими ЛЕ, які входять до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України. Алгоритм пропонується реалізувати на мікросхемі фірми ANALOG DEVICES та 8-розрядному мікроконтролері MC68HC05KJ1 фірми Motorola. У представленому рішенні реалізовані всі мінімально необхідні функції. Теоретично обґрунтовано та практично підтверджено, що ЛЕ різних типів однієї номінальної потужності (справні і повірені) можуть показувати істотно різні результати обліку при однаковому навантаженні. Різниця показів може перевищувати суму меж припустимих похибок лічильників.

В *третьому розділі* теоретично обґрунтовано та доведено шляхом моделювання, що трансформаторні датчики струму, що використовуються в сучасних лічильниках електроенергії, чутливі до впливів сильних магнітних полів. Підібрано матеріал, що здатен забезпечити найкращі результати екранування – мю-метал з магнітною проникністю 80000. Промодельовані декілька форм екранів та розроблена оптимальна форма екрану. Результати дозволяють вважати трансформатори струму захищеними від впливу сильних постійних магнітних полів.

В *четвертому розділі* запропоновані методи компенсації впливу негативних факторів, які погіршують точність вимірювальних комплексів (Smart Grids і звичайні систем обліку електроенергії). Приведені методики стосуються як сучасних цифрових лічильників, так і індукційних приладів обліку. Для підвищення точності лічильників електроенергії та зменшення комерційних втрат в електромережах запропоновано застосовувати такі наноматеріали: для трансформаторних датчиків – нанокристалічні аморфні сплави; для датчиків Холла – структури КНІ, гетероструктури $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$, графену.

Таким чином, Дяговченко І.М., провівши сукупність наукових досліджень, спираючись на сучасні методи досліджень і технічні засоби, розв'язав поставлені ним задачі і досяг поставлену в роботі мету – розробити методи та моделі для удосконалення систем обліку електроенергії шляхом врахування низької якості електроенергії та зовнішніх факторів, зокрема сильних магнітних полів.

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

В дисертації Дяговченко І.М. отримав такі результати, які мають суттєву наукову новизну:

- вдосконалено метод реєстрації електричної енергії засобами вимірювальної техніки, які відрізняються врахуванням спотворень синусоїди живлячої напруги, що дозволить зменшити недооблік в мережах з вищими гармоніками;

- обґрунтовано та підтверджено доцільність впровадження наноматеріалів для давачів струму та напруги сучасних лічильників електроенергії;

- розвинуто математичну модель роботи лічильників електроенергії, яка відрізняється врахуванням впливу показників якості електроенергії на точність визначення кількості спожитої електроенергії;

- удосконалено метод екранування лічильників електроенергії від електромагнітних полів для визначення оптимальної форми екрану.

Положення і висновки відносно суті проблеми, принципів і методів побудови математичних моделей в роботі обґрунтовані і базуються на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні і критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату. Отримані результати перевірені експериментально, що підтверджує обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі. Висновки по розділах і по роботі в цілому відповідають змісту дисертації і є об'єктивними. Можна стверджувати, що приведені в дисертаційній роботі Дяговченка І. М. висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані і відповідають дійсності. Достовірність їх забезпечена коректністю використання математичного апарату та наукових положень.

Основні результати дослідження **достатньо апробовані**. Вони доповідались на науково-технічних конференціях. Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у 21 науковій праці, з них: 2 статті – у наукових фахових виданнях України, 7 статей у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних, 4 статті у збірниках матеріалів конференцій, 8 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій. Автореферат дисертації відображає її зміст, ідеї і висновки. У авторефераті розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрям, розкриті новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень.

Практична цінність отриманих результатів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці принципу та алгоритму роботи цифрового лічильника електроенергії, який дозволяє більш точно враховувати електроенергію при відхиленнях показників якості електроенергії від нормованих значень. Запропоновані зовнішні та внутрішні

методи зменшення впливів на лічильники електроенергії. Запропоновано оптимальний екран для захисту від впливу магнітних полів. Рекомендовано перспективні наноматеріали для трансформаторних давачів струму та давачів струму та напруги, побудованих на основі ефекту Холла.

Результати даної роботи впроваджені в Сумському РЕЦ Північної ЕС ДП «Національна енергетична компанія «Укренерго» та використовуються в навчальному процесі кафедри електроенергетики СумДУ для підготовки студентів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» при викладенні навчального курсу «Електричні системи та мережі».

Зауваження по роботі.

1. У першому розділі дисертаційної роботи здобувач стверджує, що з усіх показників якості електричної енергії найбільш істотний вплив на систему обліку електроспоживання мають вищі гармоніки, які створюють додаткові похибки в кожній точці обліку електроспоживання в електричних мережах. При цьому доцільно було б приділити більше уваги зовнішнім факторам, які впливають на систему обліку електроенергії, зокрема сильним магнітним полям, впливу робочого положення та факторів зовнішнього середовища, які розглядаються у роботі.

2. Відсутність згрупованого аналізу результатів автора і відомих вчених, які опубліковані в останні роки – Лабай П.В., Морва Г., Енслін Й., Фолланд Г.Б., Жежеленко І.В., Гриб О.Г. та ін. – ускладнює аналіз даної дисертаційної роботи.

3. У другому розділі сказано, що в результаті статистичної обробки результатів вимірювання, проведених за конкретних умов, був зроблений висновок про те, що при заданому навантаженні зміна напруги на розглянутій підстанції відповідає Гаусівському закону розподілу. При цьому стаціонарність і ергодичність процесів хоча б на двох різних підстанціях не була досліджена. Отже, не можна стверджувати, що за будь-яких інших умов зміни напруги будуть відповідати Гаусівському закону розподілу.

4. У другому пункті наукової новизни говориться про доцільність впровадження наноматеріалів для датчиків струму та напруги сучасних лічильників електроенергії. При цьому глибокого та ґрунтовного аналізу, що підтверджував би економічну вигідність виробництва датчиків з наноматеріалів в дисертаційній роботі не проведено.

5. У третьому пункті наукової новизни говориться про створення математичної моделі, яка відрізняється врахуванням впливу показників якості електроенергії на кількість спожитої електроенергії. Така модель є обмеженою і не може застосовуватися в діючих електричних мережах, адже вона враховує лише вплив відхилень напруги та частоти.

6. У третьому розділі слід було б більш детально зупинитися на моделюванні екранів з плавно загнутими кутами та багатошарових екранів із зазорами між шарами.

7. В четвертому розділі здобувач стверджує, що отримані в роботі теоретичні результати підтверджуються експериментальними даними інших

авторів. Проте стислої порівняльної інформації теоретичних (розрахункових) та емпіричних результатів інших авторів не наведено. Є лише посилання на літературу.

8. У тексті дисертації мають місце деякі неточності та помилки, але кількість їх допустима.

Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Дяговченка І.М.

Висновки.

Зміст дисертації Дяговченко Іллі Миколайовича відповідає спеціальності 05.14.02, за якою вона представлена до захисту. Дисертаційна робота має значну наукову цінність, є закінченою науково-дослідною роботою, яка присвячена вирішенню важливої і складної проблеми для електроенергетики – удосконалення систем обліку електроенергії шляхом урахування низької якості електроенергії та зовнішніх факторів. Дисертаційна робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р., №656). Її автор, Дяговченко Ілля Миколайович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі та системи.

Завідувач кафедри електричних станцій та систем
Вінницького національного технічного університету,
доктор технічних наук, професор

П. Д. Лежнюк

