

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Бобровника Володимира Миколайовича
“Управління електроспоживанням закладів вищої освіти для підвищення їх
енергоефективності”,
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

1. Актуальність теми

Актуальність теми дисертаційного дослідження полягає у створенні нових та вдосконаленні існуючих методів оцінювання енергоефективності електротехнічних комплексів в інфраструктурі закладів вищої освіти (ЗВО), побудови і впровадження нових математичних моделей і засобів регулювання електроспоживання для зменшення втрат електроенергії у внутрішніх мережах та розробки технічних засобів підвищення енергоефективності електропостачання ЗВО загалом.

Основний зміст роботи складають результати досліджень які проводились відповідно до наукового напрямку кафедри комп’ютерної інженерії та електромеханіки Київського національного університету технологій та дизайну (КНУТД) у відповідності до напряму «Енергетика та енергоефективність», Закону України № 2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» у рамках виконання НДР «Структурно-параметричний синтез комбінованих систем електроживлення енергоефективних будівель (пасивних будинків) на основі smart-технологій» (номер держреєстрації 0115U002487), «Підвищення енергоефективності системи електроспоживання з використанням активних силових фільтрів» (номер державної реєстрації 0117U000999), «Нормування витрат енергоносіїв як чинник сталого розвитку ВНЗ» (номер держреєстрації 0115U002487). Автор брав участь у виконанні науково-дослідних робіт як виконавець.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, їх достовірність

Наукові положення, результати і висновки досліджень, що отримані в дисертаційній роботі, є науково обґрунтованими та достовірними.

В дисертації для аналізу і вирішення поставлених наукових завдань використані загальнонаукові та спеціальні методи дослідження, зокрема множинний регресійний аналіз з комп’ютерними реалізаціями статистичного аналізу електроспоживання, теорію електричних кіл для моделювання та аналізу силових активних фільтрів та оцінювання їх енергоефективності.

Отримані результати не суперечать вищезгаданим теоріям та методам, що не викликає сумніву у достовірності отриманих результатів.

3. Важливість результатів, що отримані в роботі для науки та практичного використання

Наукова новизна отриманих результатів і положень, що виносяться на захист, полягає у поглибленні існуючих, розвитку та обґрунтуванні нових підходів управління електроспоживанням та зменшенням втрат електроенергії в електротехнічних комплексах інфраструктури ЗВО для підвищення їх енергоефективності.

В роботі отримано такі наукові результати:

1. Вперше запропоновано метод аналізу рівнів електроспоживання з урахуванням особливих періодів освітнього процесу, сезонності та підвищення ефективності використання аудиторного фонду, що дозволило отримати математичний апарат для планування витрат на електrozабезпечення ЗВО;

2. Дістали подальшого розвитку математичні моделі прогнозування питомого споживання електроенергії об'єктами інфраструктури ЗВО з урахуванням класу енергоефективності будівель, що дозволило достовірно оцінювати рівні електроспоживання та здійснювати техніко-економічне обґрунтування впровадження паралельних активних фільтрів для зменшення втрат у електротехнічних комплексах інфраструктури ЗВО;

3. Отримані нові аналітичні вирази для складової повної потужності трифазної чотирипровідної системи електроживлення, яка зумовлена основною гармонікою струму нейтралі та потужністю спотворення за відомими значеннями активних та реактивних потужностей окремих фаз, які використані для розрахунку додаткових витрат електричної енергії в електротехнічних комплексах інфраструктур ЗВО без зміни метрологічної бази;

4. Удосконалено спосіб керування паралельним активним фільтром трифазної чотирипровідної системи електропостачання, який відрізняється збільшенням інтервалу осереднення потужності навантаження та напруг живлення до тривалості періоду зміни навантаження, що дозволяє майже вдвічі зменшити втрати в залежності від форми графіка активної потужності навантаження.

Практичне значення отриманих результатів

Результати, отримані в дисертаційній роботі, впроваджено в ТОВ НВП «Техносервіспривод» з метою підвищення енергетичної ефективності системи електроживлення та забезпечення задовільних показників розроблено систему керування паралельними активними фільтрами трифазної чотирипровідної системи живлення встановленою потужністю 100 кВ·А, що підтверджено довідкою від 17 серпня 2020 р.

Також результати, отримані в дисертаційній роботі, використані Центром енергоменеджменту Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження при розробленні Методики визначення складових додаткових витрат електричної енергії в електротехнічних комплексах університету та впроваджені у базові дисципліни підготовки студентів за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», що підтверджено довідкою від 20 листопада 2020 р. Крім того, результати досліджень впроваджено у навчальному процесі Київського національного університету технологій та дизайну.

4. Повнота висвітлення результатів в опублікованих працях, апробація роботи

Наукові положення та отримані результати достатньо повно представлені в опублікованих автором наукових працях та апробовані на науково-технічних конференціях.

Результати дисертації опубліковано у 12 публікаціях, у тому числі: 8 статей у наукових фахових виданнях України (з них одна – у SCOPUS), 2 – у збірниках наукових праць та тезах доповідей, 2 – патенти України на корисну модель.

5. Оцінка змісту дисертації

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мета та задачі, визначені предмет та об'єкт дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, визначений особистий внесок здобувача, наведені дані про апробацію результатів роботи та публікації за темою дослідження.

У першому розділі автором виконаний огляд досвіду побудови та використання систем управління електроспоживанням, розглянуто існуючі методи управління електроспоживанням для підвищення енергоефективності будівель, силові перетворювачі у системах електроспоживання для підвищення їх енергоефективності та окреслено коло невирішених завдань, що потребують подальших наукових досліджень для їх практичного використання.

У другому розділі виконано математичне моделювання з метою прогнозного оцінювання рівнів електроспоживання. В якості залежності змінної обрано середньомісячні значення активної електроенергії, а незалежними змінними обрано середню кількість проживаючих у гуртожитках за місяцями року або завантаженість аудиторного фонду (z) та середньомісячну температуру зовнішнього середовища (t). Вводиться також фіктивна логічна змінна ϕ_3 , яка визначається додатковими факторами (наприклад, канікулами).

Розроблені моделі перевірені на адекватність з використанням методів дослідження залишків, а також виконане порівняння розрахункових даних з даними спостережень за 2016 – 2018 рр.

Одержані результати дозволили на прикладі Київського національного університету технологій та дизайну виконати прогнозне оцінювання рівнів електроспоживання та підтвердити їх достовірність на основі даних служби енергоменеджменту університету.

У третьому розділі розроблено метод визначення неактивних складових повної потужності за значеннями активних та реактивних потужностей окремих фаз. Для розрахунку втрат електроенергії враховуються лише показники засобів обліку спожитої активної та реактивної енергії. В запропонованій методиці знайдені аналітичні вирази потужностей несиметрії (небалансу) та спотворення через активні та реактивні

потужності фаз, які можуть бути використані для розрахунку додаткових втрат електричної енергії в системах електропостачання.

У четвертому розділі розроблено методику оцінювання енергозберігаючого ефекту від застосування паралельного активного фільтра в трифазній чотиривідній системі електротрансформатора. Вводиться коефіцієнт виграшу, який є квадратом відношення коефіцієнта форми графіка навантаження і коефіцієнта потужності, і який характеризує частку втрат електричної енергії, яку можна зекономити встановленням активного фільтра. Розроблено активні фільтри та системи керування ними, які забезпечують мінімальне значення втрат енергії.

6. Зауваження щодо змісту і результатів роботи

1. Висновки розділу 1 не відображають повністю матеріал, викладений в цьому розділі. Тут розглянуто управління електроспоживанням і тільки в підрозділі 1.3 увагу зосереджено на застосуванні силових перетворювачів для підвищення енергоефективності, про які мова йде у висновках.

2. Не розкрито яким чином побудована модель електроспоживання $e(N)$, де N – поточний місяць.

3. Введений автором «коєфіцієнт нерівномірності» графіка навантаження насправді є квадратом коефіцієнта форми, який широко використовується в теорії електропостачання і, дійсно, характеризує нерівномірність графіка навантаження і втрати, що зумовлені нерівномірністю електроспоживання.

4. Введений автором «коєфіцієнт виграшу», який характеризує потенціал енергозбереження, адекватно відображає частку втрат, яку можна зменшити, лише за однакових коефіцієнтів форми графіків активного та реактивного навантаження. Оскільки нерівномірність реактивного графіка, як правило, менша, то потрібно вводити поправний коефіцієнт. Наприклад, якщо коефіцієнти форми графіків активного та реактивного навантаження відповідно дорівнюють 1,4 та 1,1, а коефіцієнт потужності дорівнює 0,8, то поправний коефіцієнт дорівнює 0,825.

5. Формули, що отримані для коефіцієнта нерівномірності прямокутних графіків, не відповідають дійсності. Не пояснено сутність коефіцієнта заповнення графіків навантаження у на стор. 153.

6. Рисунки 4.7 та 4.8, до яких автор немає прямого відношення, правильно було б перенести в підрозділ 1.3.

7. Розрахунок ємності суперконденсатора за формулою (4.34) на стор. 166 виконано для напруги 800 В, що не відповідає номінальній напрузі суперконденсаторів. Використання накопичувача енергії на основі суперконденсаторів в даний час є економічно невигідним.

8. Не розкрито тип і характеристики накопичувача електроенергії на схемі, що зображена на рис. 4.10 (в авторефераті рис. 9).

9. Зустрічаються граматичні помилки та неточності. Наприклад, схему, що зображена на рис. 4.9 (в авторефераті рис. 8), краще назвати не «Функціональна схема паралельного активного фільтра...», а – «Функціональна

схема системи керування...», оскільки тут відсутні кола постійного струму: конденсатори та накопичувач енергії, зсунута нумерація літератури [101], [102].

7. Висновки про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною, практичним значенням, особистим внеском автора, обсягом і рівнем публікацій, достовірністю відповідає встановленим вимогам до дисертацій та авторефератів.

Результати роботи викладено чітко, послідовно та логічно, висновки за розділами та загальні висновки дисертації містять якісні і кількісні наукові та практичні результати.

За поставленою метою та вирішеними задачами, об'єктом та предметом досліджень, отриманими результатами робота Бобровника Володимира Миколайовича відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. Автореферат достатньо повно відображає основний зміст дисертації і відповідає вимогам щодо його обсягу й оформлення.

Основні результати дисертації мають практичне впровадження.

8. Висновки щодо дисертації в цілому

За результатами аналізу змісту дисертації та її автореферату вважаю, що дисертація Бобровника Володимира Миколайовича є завершеним науковим дослідженням, у якому виріщена важлива науково-технічна задача вдосконалення методів та засобів управління режимами споживання електричної енергії для підвищення енергоефективності електротехнічних комплексів інфраструктури закладів вищої освіти, отримані нові науково обґрунтовані результати.

Враховуючи актуальність, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, вважаю, що дисертаційна робота «Управління електроспоживанням закладів вищої освіти для підвищення їх енергоефективності», відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, Бобровник Володимир Миколайович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент,

завідувач кафедри «Електротехнічні системи
електроспоживання та енергетичний менеджмент»
Вінницького національного технічного університету
доктор технічних наук, професор

М. Й. Бурбело

«19» 04 2021 р.

