

ВІДГУК

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

Актуальність теми. Спроможність оплати споживаної енергії в умовах постійного підвищення тарифів та зростання цін на енергоносії є одним з критичних питань функціонування сучасного ЗВО. Стан розроблення і впровадження нових систем управління електроспоживанням здатний забезпечити вирішення питань енергозбереження, і підвищення енергоефективності та ощадного споживання енергоносіїв. Однак, слід зазначити, що відсутність системного підходу до управління енергоефективністю призводить до того, кожен ЗВО самостійно шукає шляхи підвищення енергоефективності. Причиною тому відсутність структурованих та чітко визначених науково обґрунтованих управлінських методів, недостатня інформація про енергетичні та експлуатаційні показники будівель, тощо. Це вимагає проведення енергетичного моніторингу у ЗВО, аналізу використання електроенергії і на їх основі розроблення моделей прогнозування й планування витрат електроенергії.

Саме такому вирішенню наукового завдання підвищення енергоефективності та ощадного споживання енергоносіїв для ЗВО у сучасних економічних умовах присвячена дисертаційна робота Бобровника Володимира Миколайовича.

Наукова новизна полягає у підвищення енергоефективності електротехнічних комплексів інфраструктури закладів вищої освіти шляхом вдосконалення існуючих, розвитку та обґрунтуванні нових підходів управління режимами споживання електричної енергії в електротехнічних комплексах інфраструктури ЗВО.

До основних наукових результатів слід віднести:

1. 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.

2. 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.

3. 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 зміни графіку активної потужності навантаження.

Практична цінність результатів роботи полягає у розвитку теоретичної бази для підвищення енергоефективності та ощадного споживання енергоносіїв у ЗВО розробки моделей прогнозного оцінювання рівнів електроспоживання, а також методичних рекомендацій щодо впровадження комплексу енергоощадних заходів в освітньому закладі та методики розрахунку енергозберігаючого ефекту від застосування паралельного активного фільтра.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації, їх достовірність. Ступінь обґрунтованості отриманих у дисертації наукових положень і висновків є достатнім та підтверджується проведенням досліджень із застосуванням відомих теоретичних аналітичних та чисельних методів, збігом теоретичних розробок з результатами комп'ютерного моделювання. Основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи базуються на множинному регресійному аналізі з

комп'ютерними реалізаціями статистичного аналізу електроспоживання, теорії електричних кіл методах математичного та фізичного моделювання.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності. Дисертаційна робота є завершеною працею. Повний обсяг дисертації складає 197 сторінку друкованого тексту та містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел з 104 найменувань і трьох додатків. Основний зміст викладений на 153 сторінках друкованого тексту.

У **вступі** обґрунтовано доцільність та актуальність роботи, відзначено зв'язок роботи з науковими програмами та планами, сформульовано мету та задачі дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення результатів роботи, а також подані відомості про апробацію дисертаційної роботи.

У **першому розділі** «Теоретико-методичні засади побудови систем управління електроспоживанням закладів вищої освіти» приведено аналіз вітчизняного та закордонного досвіду з питань управління електроспоживанням закладів вищої освіти.

У **другому розділі** «Розроблення математичних моделей електроспоживання у будівлях закладів вищої освіти» проведено структурний аналіз електроспоживання з використанням добових статистичних даних про графіки електроспоживання з півгодинною дискретністю, одержаних з локальних пристроїв збору і обробки даних з урахуванням впливу особливостей організації освітнього процесу, сезону та експлуатаційних чинників. Обґрунтовані умови та визначені показники, які впливають на рівні електроспоживання закладів вищої освіти.

У **третьому розділі** «Оцінювання ефективності управління електроспоживанням закладів вищої освіти» розроблено метод визначення неактивних складових повної потужності за значеннями активних та реактивних потужностей окремих фаз. Обґрунтовано концепцію перерозподілу добового графіку енергоспоживання на інтервал дії пільгового тарифу з використанням накопичувачів енергії.

У четвертому розділі «Підвищення енергоефективності систем електроспоживання з використанням активних силових фільтрів» досліджується застосування ПАФ для одного із перспективних технічних напрямів енергозбереження в ЗВО шляхом зниження теплових втрат в лінії передачі.

Повнота викладу в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 12 наукових працях, серед яких 8 – статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому фаховому виданні України, що занесене до наукометричної бази Scopus, 2 матеріалів міжнародних конференцій, 2 патентів України на винахід.

Публікації за тематикою дисертації підтверджують оприлюднення всіх отриманих результатів.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

Важливість одержаних в дисертаційній роботі результатів для науки і промисловості полягає у вирішенні актуального наукового завдання подальшого розвитку теоретико-методичних положень і практичних рекомендацій щодо підвищення енергоефективності систем електрозабезпечення закладів вищої освіти, яке ґрунтується на удосконаленні наявних і розробці нових управлінських моделей та технічних рішень шляхом оцінювання рівнів електроспоживання і зменшення втрат електроенергії у внутрішніх мережах на основі моніторингу..

Недоліками дисертаційної роботи вважаю наступне.

1. Перший розділ роботи переобтяжений матеріалами що до моніторингу та менеджменту системами постачання різних енергоносіїв. Підпункт 1.3. починається з аналізу проблем викликаних гармоніками кратними трьом. При цьому пункт ставить на меті, за назвою, аналіз множини силових перетворювачів, а в дійсності має лише одне схемне рішення.
2. Під час вибору теоретичних засад для компенсації несиметрії та несинусоїдальності необхідно було більш детально виконати аналіз, автор, наприклад, залишив поза увагою $p-q$, $p-q-r$ теорії потужності.

3. Автор при побудові регресійних моделей (2.3) і (2.7) проводить ґрунтовний аналіз оцінок параметрів моделі, зокрема прогностичну силу, однак не проводиться перевірка на нормальність як самих вхідних змінних, так і залишків моделі. Адже передумовою коректного застосування критерію Стюдента для перевірки значимості оцінок коефіцієнтів регресії саме нормальність досліджуваних змінних. З другого боку, автор пише, що «Принаймні у першому наближенні розподіл множини залишків можна вважати нормальним $N(\mu, \sigma)$ », однак не зрозуміло, чому автор застосовує суто «органолептичну» оцінку і не застосовує хоча б один з відомих статистичних критеріїв для перевірки залишків на нормальність.
4. Також бажано б було навести гістограми початкових змінних, як альтернативу боксплотам, і кореляційні поля, які б суттєво спростили сприйняття якості даних і їх характер – пакет STATISTICA надає широкий арсенал загальноприйнятих і зрозумілих візуалізаторів.
5. Враховуючи наявність викидів і відносно невеликий об'єм вибірових даних бажано б було провести перевірку на стійкість оцінки регресійних моделей, що безпосередньо впливає на точність прогнозу, наприклад, за допомогою десятикратної перехресної перевірки.
6. Висновки за третім розділом складаються з трьох пунктів, два з яких стосуються використання накопичувача енергії (НЕ) при цьому в розділі 3 окрім рисунку 3.7. відсутні матеріали, які на достатньому рівні пояснюють порядок розрахунку та вибору НЕ.
7. Розділ 4 «Підвищення енергоефективності систем електроспоживання з використанням активних силових фільтрів» містить загально-теоретичні положення до застосування ПАФ у чотирипроводних системах і лише у п.4.4 є деякі посилання на матеріал, що викладений у розділі 3. Також не зрозуміло на основі яких даних отримані залежності, що відображені на рис. 4.4-4.5.
8. Автор повсякчас стверджує і доводить підвищення енергоефективності управління електроспоживанням, але в роботі відсутні будь які вартісні оцінки

економічної ефективності або економічного ефекту від впровадження розроблених методів та методик.

9. В роботі є помилки, неточності, що виникли при оформленні: рівняння 2.20-2.21 та відповідні описи до них повністю повторюють рівняння 2.12 та відповідні описи до них, які згадувались і раніше; на сторінці 139 виконано посилання «у європейському стандарті [84]» при цьому в переліку посилань автором чітко зазначено країну походження – USA, та інші.

Висновок. Аналізуючи виконані в дисертаційній роботі дослідження та отримані в ній висновки і результати з урахуванням повноти публікацій, можна відзначити, що наведені вище зауваження не знижують цінності роботи.

Дисертаційна робота «Управління електроспоживанням закладів вищої освіти для підвищення їх енергоефективності» є завершеною науковою працею, яка за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків, а також за змістом поданого в ній матеріалу, відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи та вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого КМУ від 24.07.2013р №567, а її автор Бобровник Володимир Миколайович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Директор Інституту електромеханіки,
енергозбереження і систем управління
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського,
професор кафедри систем автоматичного управління
та електропривода,
професор, доктор технічних наук

О.П. Чорний

Підпис О.П. Чорного засвідчую

Проректор КрНУ



С.А. Сергієнко