

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Босака Андрія Васильовича
на тему «Оптимізація керування зарядними станціями електромобілів в
реальному часі на основі нечіткої логіки в умовах обмеженого
електропостачання»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 Електрична інженерія
за спеціальністю 141. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність теми дисертації.

У сучасних умовах зростаючого попиту на електромобілі та обмежень пропускної здатності електричних мереж, дефіциту генеруючих потужностей внаслідок руйнування енергетичної інфраструктури через військову агресію РФ виникає потреба у впровадженні інноваційних підходів до оптимізації на добовому розрізі енергоємних процесів, зокрема, заряджання тягових батарей електромобілів. Це викликано тим, що одинична потужність зарядних станцій суттєво зростає і може складати від десятків до кількох сотень кіловат на напрузі 0,4 кВ. Такі значення є співрозмірними з потужністю споживання, наприклад, багатоквартирного будинку та суттєво впливають на режим роботи локальних мереж й енергосистеми України в цілому. Звертаючи увагу на амбітні плани нашої країни щодо розвитку електромобільності та прийняті на законодавчому рівні ініціативи щодо підтримки відповідного напрямку, безперечно, процеси заряджання мають бути раціонально керованими та контрольованими, що дозволить уникнути необхідності збільшення генеруючих потужностей для задоволення попиту. У роботі здобувача запропоновано науково-технічні рішення щодо удосконалення процесу заряджання електромобілів, які полягають у застосуванні нечіткої логіки для автоматизованого керування зарядними станціями, що дозволить більш ефективно використовувати наявні ресурси та оптимізувати режими електроспоживання у часі. Зважаючи на наведену аргументацію, дисертаційне дослідження Босака А.В. є вкрай *актуальним* в умовах сьогодення.

У дисертаційному дослідженні побудована оптимізаційна модель процесу керування зарядними станціями електромобілів у реальному часі в умовах обмеженого електропостачання, що дозволить забезпечити ефективне та стійке заряджання електромобілів та уникнути перевантаження електромережі.

Автором чітко визначено проблему впровадження засобів управління процесом заряджання електромобілів при обмежених потужностях енергетичної інфраструктури та обмеженому електропостачанні електрзарядних станцій. Основні принципи підключення зарядних станцій до мережі та необхідність правильної черговості заряджання електромобілів підкреслюють важливість розробки методу управління електрзарядними станціями в реальному часі. У роботі здобувачем визначено вхідні дані для систем керування електрзарядними станціями, які включають криві змін потужності споживання на зарядку, напруги та струму, залежно від рівня зарядженості акумуляторної батареї і часу повного заряду. Оптимізаційна частина методу ґрунтується на гравітаційному методі. Запропонований алгоритм працює в реальному часі та враховує обмеження як мережі, так і інтереси власників транспортних засобів при обмеженій потужності електроспоживання.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розроблено нову оптимізаційну модель керування зарядними станціями в реальному часі, яка, на відміну від існуючих, дозволяє забезпечити раціональне електрозабезпечення (заряджання) батарей електромобілів за умови обмежень електроспоживання у місцях підключення зарядних станцій.

2. Розроблено методику функціонування експертної системи видачі пріоритетності заряджання та керування на основі нечіткої логіки та забезпечено її схемотехнічну реалізацію з використанням мікропроцесорних засобів.

3. Розроблено імітаційну модель та виконано моделювання процесу керованої зарядки із застосуванням розробленого методу для роботи в реальному часі в умовах обмеженого електропостачання засобами програмного середовища Matlab, що дозволило забезпечити раціональний розподіл потужності заряджання між електромобілями з урахуванням обмеженого електрозабезпечення.

Практичне значення роботи полягає у наступному: розроблено систему керування електрзарядними станціями в режимі реального часу на основі нечіткої логіки та оптимізації цільової функції в умовах обмеженого електропостачання; ефективність запропонованої системи досліджено в реальному часі, та визначено, що у порівнянні з іншими алгоритмами на основі планування та централізованого управління, запропонований метод забезпечує відповідність накладеним обмеженням та належне заряджання електромобілів;

практичну реалізацію запропонованого методу виконано на мікроконтролері на платі Arduino Mega 2560.

Достовірність наукових результатів підтверджується практичною реалізацією запропонованого методу, а також чотирма додатками, що містять в собі вихідні дані та неосновні результати дослідження.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Босака А.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Енергетика та енергоефективність.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Босака Андрія Васильовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Викладення матеріалу можливо охарактеризувати логічністю подання на змістовному та фактологічному рівнях. Доступність викладення забезпечується застосуванням пояснень у фрагментах роботи, які стосуються енергетики та енергоефективності, чіткого розмежування понять у науковій сфері, котрі мають певну специфіку загального сприйняття (як, наприклад, «обмежене енергоспоживання», «гарантоване заряджання» у розділі 2, п. 2.1), а також відсутністю чужих літературній мові елементів. Дисертація написана науковим стилем мовлення, в тексті застосовуються загальноприйнятні терміни і скорочення, усі скорочення наведені в переліку умовних позначень.

Дисертація складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, основної частини, що містить 4 розділи та висновки, списку літератури та 4 додатків. Загальний обсяг дисертації – 145 сторінок.

В анотації наведено структуру дисертації, основні висновки, мету та завдання дослідження та науковий доробок здобувача.

У першому розділі досліджено ринок електромобілів в Україні, виявлено потребу у розробці методу управління електрозарядними станціями за умов обмеженого електропостачання, що підкреслює важливість використання нечіткої логіки для цієї мети, сформовані мета та завдання дослідження.

У другому розділі встановлено вхідні показники для систем керування електрозарядними станціями, які включають дані про енергоспоживання під час зарядки, напругу, струм і їх залежність від рівня заряду акумулятора та часу зарядки, де експериментальні дослідження процесу зарядки використовуються для розширення параметрів, які формують базу для функцій належності методу керування і створення зарядного профілю електромобіля в середовищі Matlab Simulink.

У третьому розділі підкреслено, що методи та принципи нечіткої логіки є найбільш відповідними математичними інструментами, які базуються на використанні вагового коефіцієнта для визначення пріоритетів заряджання, відповідно функціям належності, та мають оптимізаційну складову на основі гравітаційного методу, що дозволяє алгоритму працювати в реальному часі та враховувати як мережеві обмеження, так і інтереси власників транспортних засобів у разі обмеженої потужності електроспоживання.

У четвертому розділі експериментально підтверджено переваги запропонованого алгоритму контролю зарядки в реальному часі у порівняно з традиційним методом, реалізовано запропонований нечіткий контролер на платі Arduino Mega 2560 та впроваджено розроблений методу через схему з'єднання з контролером нечіткої логіки в існуючих системах управління електрозарядними станціями.

Детальні висновки наведені після кожного розділу, а загальні висновки – після четвертого розділу.

У додатках наведені набір фазі-правил запропонованого нечіткого регулятора, скріпти, створені в Matlab для управління та контролю над процесами заряджання на ЕЗС, код нечіткої логіки на C++, що був завантажений на плату Arduino, а також акт впровадження.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 6 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату

опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, та віднесеного до третього квартилю Q1 (за класифікацією SCImago Journal and Country Rank).

Апробація дисертації підтверджується 3 науковими фаховими конференціями.

Публікації здобувача виконані на високому науковому рівні, фактів порушення принципів академічної доброчесності не виявлено. Основні результати дослідження, що відображають особистий внесок здобувача, повністю відображені в наступних 4 розділах дисертації, а неосновні результати – достатньо прозоро описані у 4 додатках.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Алгоритм управління зарядкою електромобілів передбачає урахування низки обмежень з точки зору ефективності роботи як електричної мережі, так і парку електромобілів, які в запропонованій роботі чітко не прописані.
2. Основою роботи запропонованого алгоритму управління зарядкою електромобілів з урахуванням оптимізації енергоспоживання є прийняття рішення «дозволити зарядку/очікувати зарядку». Проте механізм роботи експертної системи для прийняття такого рішення не описано.
3. З урахуванням суттєвого руйнування генеруючих потужностей в енергосистемі України та подальшим безальтернативним зростанням обсягів відновлюваних джерел енергії (фотоелектричні та вітрові електростанції) доцільно було б виконати аналіз і моделювання енергоефективних процесів заряджання електромобілів в гібридних системах з розподіленою генерацією.
4. Значна кількість електромобілів сьогодні має технічну можливість їх інтеграції в електричну мережу не тільки у якості споживача-регулятора, а і з використанням технології V2G. З тексту роботи незрозуміло, чи є можливість врахування додатково зазначеного фактору з метою «допомоги» енергосистемі в періоди гострого дефіциту потужності протягом ранкового і вечірнього піків навантаження.
5. У тексті роботи міститься низка стилістичних та технічних помилок, які не впливають на науковий рівень та зміст дисертації в цілому.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Босака Андрія Васильовича на тему «Оптимізація керування зарядними станціями електромобілів в реальному часі на основі нечіткої логіки в умовах обмеженого електропостачання» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі 14 Електрична інженерія.

У дисертаційній роботі вирішена наукова задача, яка полягає у встановленні закономірностей впливу параметрів процесу заряджання електромобіля на режим роботи електричної мережі в умовах обмеженого електропостачання шляхом розробки нового методу оперативного керування заряджанням батарей, що дозволяє оптимізувати відповідний процес та підвищити його енергоефективність.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Босак Андрій Васильович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент:

К.т.н., доцент,

професор кафедри електроенергетики,

НТУ «Дніпровська політехніка»

Іван ЛУЦЕНКО

М.П.

«09» травня 2024 року



Підпис Ларенко
Засвідчується

Каленіков
Членити секретар
НТУ ДП