

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Становського Євгена Юрійовича
на тему «Удосконалення гібридної фотоелектричної системи з
акумуляторною батареєю для потреб локального об'єкту»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 Електрична інженерія
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

Актуальність теми дисертації.

Розвиток енергетичного сектору України та загалом сучасний тренд у світовій енергетиці характеризуються широким впровадженням відновлюваних джерел енергії у всі сфери життєдіяльності. Це сприяє екологічній безпеці та створенню децентралізованих (локальних) систем електроживлення зі зменшенням залежності від загальних розподільчих мереж. В кінцевому результаті це підвищує енергетичну безпеку. Використання відновлювальних джерел електроенергії, зокрема фотоелектричних систем, стає розповсюдженим і для систем електроживлення локальних об'єктів приватного сектору. За цього споживач отримує підвищення рівня надійності електропостачання, для енергосистеми спрощується питання балансу потужності.

Проте, існує ряд проблем пов'язаних з нерівномірністю надходження енергії ВДЕ, сумісністю локальних систем з існуючими розподільчими електромережами. За цього сучасний напрям розвитку малої енергетики орієнтований на локалізацію використання електроенергії в місцях її генерації за мінімуму експорту в мережу. Підвищення ефективності використання підключених до мережі гібридних фотоелектричних систем з акумуляторами пов'язано з вирішенням питань електромагнітної сумісності, розвантаження мереж в години пікового попиту, максимального споживання фотоелектричної енергії з виключенням експорту енергії в мережу. Певні можливості дає управління енергоспоживанням за прогнозом генерації фотоелектричної батареї.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Становського Євгена Юрійовича, що присвячена вдосконаленню гібридної фотоелектричної системи з акумуляторною батареєю для потреб локального об'єкту, є актуальною науково-технічною задачею.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Отримав розвиток принцип управління фотоелектричною системою з завданням значення активної потужності, що споживається з мережі, за прогнозом фотоелектричної генерації з формуванням стану заряду акумуляторної батареї та зміною механізму перемикання регуляторів та введенням зворотного зв'язку за потужністю навантаження, що забезпечує

підвищення ступеню споживання фотоелектричної енергії та зменшення витрат на електроенергію.

2. Запропоновано використання в контурі регулювання струму інвертору зворотного зв'язку за струмом конденсатора вихідного фільтру з модифікацією структури фільтру за визначенням параметрів, що сприяє забезпеченню відповідності стандарту струму в точці підключення до мережі в разі несинусоїдальної напруги.

3. Удосконалено математичну модель акумуляторної батареї за рахунок врахування зміни режимів заряду та значень струму розряду, що підвищує точність відтворення характеристик, що надані виробником.

4. Розвинуто принципи реалізації модульної структури моделі системи з відокремленням незмінної частини та модуля формування завдання, що побудовані з врахуванням режимів функціонування. Ведення модуля формування завдання дозволяє в прискореному режимі до основного циклу моделювання визначити параметри управління та завдання потужності.

Дослідження базуються на використанні сучасних теоретичних методів гармонійного аналізу, теорії автоматичного керування з аналізом АЧХ і ФЧХ, апроксимації. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів підкріплені експериментальними дослідженнями щодо електромагнітних та енергетичних процесів в системі, проведеними в загально прийнятому для цього класу завдань середовищі Matlab Simulink, що забезпечує високу якість і надійність отриманих даних.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене науково-практичне завдання подальшого вдосконалення гібридної фотоелектричної системи із забезпеченням сумісності з енергосистемою за гармоніками, за обмеження пікового споживання та виключення експорту енергії в мережу, підвищення ступеню використання енергії фотоелектричної батареї на споживання зі зменшенням витрат на електроенергію 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 Становського Є. Ю. повністю відповідає освітньо-науковій програмі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (сертифікат про акредитацію освітньої програми № 4576 від 02.06.2023) галузі знань 14 Електрична інженерія.

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 співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Становського Є. Ю. 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 загальноприйнятою науковою мовою з використанням актуальної наукової термінології. Зміст роботи має чітку структуру та цілісність, і повністю відповідає обраній темі дослідження.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури із 109 найменувань та додатків. Загальний обсяг дисертації 149 сторінок.

У вступі дисертації обґрунтовано її актуальність, визначено мету та завдання дослідження, описано використані методи, а також представлено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Також висвітлено публікацію результатів у наукових виданнях і апробацію на конференціях, зазначено особистий вклад автора та використання роботи в навчальному процесі КНУТД.

В першому розділі роботи виконано аналіз існуючих рішень щодо гібридних фотоелектричних систем для потреб локальних об'єктів. Оцінено можливості використання багатофункціональних мережевих інверторів для забезпечення електромагнітної сумісності з мережею відповідно стандартам. Показано, що наявність конденсатору вихідного фільтра в умовах несинусоїдальності напруги, яка припускається стандартом, призводить до погіршення гармонійного складу струму в точці підключення до мережі.

Виконано аналіз реалізації систем регулювання фотоелектричних систем та алгоритмів управління розподілом енергії в системі електроживлення локального об'єкту. Проаналізовано стан щодо математичного моделювання електромагнітних та енергетичних процесів в фотоелектричних системах. На підставі виконаного аналізу сформульовано завдання для вирішення.

У другому розділі розглянуто структури перетворювального агрегату фотоелектричної системи з багатофункціональним мережевим інвертором за мостовою та каскадною схемами. Обґрунтовано визначення параметрів силових кіл та напруги на вході мережевого інвертора з урахуванням припустимих за стандартом значень вищих гармонік напруги мережі. Розглянуто можливість компенсації вищих гармонік струму, обумовлених відповідними гармоніками напруги мережі. Обґрунтовано модифікацію вихідного фільтра мережевого інвертора та визначення параметрів його елементів зі зменшенням фазового зсуву фільтра до 90° . Показано, що це в разі введення компенсуючого зв'язку за струмом фільтра в контурі регулювання струму сприяє компенсації гармонік струму більш високого порядку.

З урахуванням отриманих рішень розроблені математичні моделі в Matlab для досліджень електромагнітних процесів в системі з урахуванням несинусоїдальної напруги для схеми багатофункціонального мостового інвертора, а також в разі використання послідовного з'єднання інверторів. За результатами моделювання підтверджено можливість підтримання якості струму мережі за значення $\text{THDig} \leq 5\%$ практично у всьому діапазоні його змінювання.

Третій розділ присвячено присвячений розробці рішень щодо реалізації управління з завданням потужності, що споживається з мережі. Обґрунтовано

доцільність управління за прогнозом генерації фотоелектричної батареї з завданням потужності, що споживається з мережі. В якості цільової функції управління обрано графік стану заряду акумуляторної батареї з завданням контрольних точок та обмеженням глибини розряду.

Розглянуто структуру системи регулювання із змінною структурою регуляторів за прив'язки режимів роботи та перемикаць регуляторів до формування стану заряду акумуляторної батареї. Запропоновано в режимі заряду з постійною напругою в разі близьких значень потужності, що споживається з мережі, і потужності навантаження здійснювати додаткове перемикання каналів керування. За використанням виміряного значення потужності навантаження з введенням обмеження щодо потужності мережі, це підвищує ступінь використання фотоелектричної енергії на споживання із зменшенням споживання енергії з мережі.

Показано, що реалізація управління передбачає використання трьох каналів регулювання в разі роботи паралельно з мережею і четвертий канал з регулятором напруги навантаження в автономному режимі зі зміною налаштування контуру регулювання струму. Показано доцільність в автономному режимі регулювання потужності навантаження (зниженням напруги до 10%) в разі заряду акумулятору за постійної напруги, коли потужність фотоелектричної батареї є близькою до максимально можливого значення. Це дозволяє підтримувати заряд акумулятора певний час за наявності фотоелектричної генерації.

Запропоновані сценарії управління та обґрунтована методика визначення завдання активної потужності, що споживається з мережі, згідно прийнятої тарифікації оплати за електроенергію. Встановлено, умови коли за середньомісячної генерації на рівні літа перехід з сценарію за одним тарифом на тризонний забезпечує більше зниження витрат на електроенергію.

Четвертий розділ присвячений математичному моделюванню енергетичних процесів фотоелектричної системи та комп'ютерному моделюванню для добового циклу роботи. Виконано уточнення опису моделі енергетичних процесів.

Виконано вдосконалення математичної моделі акумулятору за підвищенням точності відтворення характеристик заряду і розряду до 3% відносно характеристик виробника, що надаються в графічній формі.

Обґрунтовано компонування структури моделі енергетичних процесів з відокремленням модулю формування завдання, який здійснює розрахунок параметрів управління в прискореному масштабі часу до початку основного циклу моделювання. Розрахунок здійснюється для визначеного набору сценаріїв.

Наведено основні результати комп'ютерного моделювання у середовищі Matlab Simulink. Наведено порівняльний аналіз показників в разі змінювання роботи регуляторів та при переході з сценарію для одного тарифу на тризонну тарифікацію.

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 14 наукових публікаціях здобувача, серед яких враховуються: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, з них 1 стаття входить до наукометричної бази SCOPUS Q2; 4 тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Проведений аналіз наукових праць здобувача показав, що результати дисертаційної роботи достатньо повно відображені автором у його наукових публікаціях. Вказаний особистий внесок здобувача в сумісних публікаціях свідчить, що він є автором вище перелічених отриманих наукових результатів. Порушень правил академічної доброчесності не виявлено.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

До недоліків, які не знижують загальної високої оцінки роботи, слід віднести:

1. Дуже довге, формулювання першого положення наукової новизни отриманих результатів «Отримав розвиток принцип...»

2. Стор. 47. Визиває певний сумнів твердження: «Загальні принципи реалізації однофазних і трифазних ПА в гібридних ФЕС з підключенням до РМ в цілому подібні». Мабуть це стосується лише підключення до мережі через вихідний фільтр?

3. Стор. 66. За текстом: «За цього ККД не гірше 0.976 ...». Але не зрозуміло, як визначалося значення ККД? В моделі про це не згадується.

4. Стор. 67 «Проте існують певні обмеження для використання ПА з послідовним з'єднанням інверторів. Для забезпечення відбору максимальної потужності ФБ, що використовуються в схемі, вони повинні мати близькі значення освітленості [36]» Посилання зроблено на власну роботу. Краще було б це привести в дисертації.

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 Становського Євгена Юрійовича на тему «Удосконалення гібридної фотоелектричної системи з акумуляторною батареєю для потреб локального об'єкту» 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. 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 Становський Євген Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент:

Декан факультету електроніки
Національного технічного університету
України "Київський політехнічний
університет імені
Ігоря Сікорського"
д.т.н., проф.



«22» 07 2024 року

