

ВІДГУК

**офіційного опонента на дисертацію Козлова Сергія Сергійовича
“Підвищення ефективності експлуатації об’єктів електричних мереж за
рахунок використання SMART GRID”, представлену на здобуття
вченого ступеня кандидата технічних наук за фахом
05.14.02 – електричні станції, мережі і системи**

Актуальність теми дисертації

Питання раціонального використання енергоресурсів та підвищення енергоефективності в об’єднаній енергосистемі (ОЕС) України відіграє важливу роль у відродженні економіки України. Сучасний стан енергетики країни, а саме виробництва та споживання електричної енергії потребує реконструкції та впровадження нових технологій. Ця проблема є актуальною особливо для України, де показники втрат значно перевищують аналогічні показники розвинутих європейських країн.

В системах електропостачання промислового та побутового сектору важливу роль відіграють питання управління графіком навантаження та покращення його параметрів. В енергосистемі України спостерігається постійне зменшення електроспоживання промисловістю та зростання електроспоживання населенням. Як наслідок, відбувається поступове і постійне розущільнення графіка електричного навантаження ОЕС України, тому енергосистема потребує все більшої кількості пікових і напівпікових потужностей.

Також актуальною задачею є вивчення режимів роботи електроустановок великої потужності з урахуванням вимог до якості електроенергії та надійності електропостачання. Одним з важливих завдань при веденні належного режиму електроспоживання промислових підприємств є споживання і регулювання активної потужності об’єктами та електроустановками великої потужності, раціональне регулювання добового графіка активного навантаження і обмеження споживаної потужності в аварійних умовах при зниженні якості електроенергії в енергосистемі.

Компенсація реактивної потужності в промислових електричних мережах, особливо з урахуванням забезпечення якості електроенергії, електромагнітної сумісності приймачів електричної енергії з мережею живлення є одним з пріоритетних завдань.

Комбіноване використання традиційних джерел енергії з різними екологічно чистими альтернативними джерелами енергії з об’єднанням їх у розумну енергосистему Smart Grid дозволяє покрити потреби в електроенергії та підвищити рівень надійності електропостачання, підвищити енергоефективність та знизити економічну вартість при проведенні наукових експериментів.

В умовах значного підвищення цін на енергоресурси особливої важливості набуває завдання ефективного використання електричної енергії об'єктами великої потужності.

Аналіз режимів роботи сучасних радіокомплексів показав їх низьку енергоефективність і негативний вплив на якість електроенергії, що в сучасних умовах робить наукові радіотехнічні комплекси, вкрай непривабливим споживачем для енергосистеми України. Має місце глибоке протиріччя між характеристиками ідеального споживача для енергосистеми і реальними характеристиками радіокомплексів. Оскільки в Україні є велика кількість радарів, радіолокаційних станцій, комплексів протиповітряної оборони з імпульсним радіовипромінюванням, проблема поліпшення споживчих характеристик такого класу апаратури є досить актуальною. Стоїть завдання розробки загальних підходів і методик модернізації діючих комплексів радіоелектронної апаратури та синтезу нових систем енергопостачання із застосуванням SMART GRID технологій.

Таким чином, тема дисертаційної роботи, яка присвячена підвищенню ефективності експлуатації об'єктів електричних мереж за рахунок використання Smart Grid, є актуальною і своєчасною.

Актуальність роботи підтверджується також з тим, що вона пов'язана з науково-дослідною роботою МОН України за темою «Розробка методів і алгоритмів багатоцільової оптимізації радіоелектронних та автоматичних систем» (ДР № 0118U002008).

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

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Козлова С.С. є високою й базується на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, і якісному формулюванні отриманих висновків. Результати експериментальних досліджень при визначенні величин гармонік струму та напруги трифазної мережі, проведених із використанням програмних і математичних пакетів Microsoft Excel та Matlab, співпали з знятими на об'єктах вольт-секундними та ампер-секундними характеристиками.

Достовірність результатів досліджень

Виконані у роботі дослідження базуються на коректному використанні:

- системного підходу при проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, що базується на використанні методів розрахунку електричних кіл змінного струму, техніки високих напруг та математичної статистики;
- методах експериментального дослідження для визначення величин гармонік

струму та напруги трифазної мережі;

- методах математичного моделювання і математичної статистики із використанням програмних і математичних пакетів Microsoft Excel та Matlab;
- методі порівняльного аналізу для опису об'єкта дослідження та його складових.

Наукова новизна

Для досягнення поставленої мети, що полягає у використанні Smart Grid енергосистеми для підвищення ефективності експлуатації об'єктів електричних мереж, автором роботи був успішно вирішений комплекс взаємозв'язаних задач. До науково-технічних положень в дисертації слід віднести:

- набув подальшого розвитку метод підвищення енергоефективності системи електропостачання науково-дослідних комплексів, режим електроспоживання яких характеризується значною скважністю, який відрізняється від відомих врахуванням характеристик відновлювальних джерел енергії та фільтрокомпенсуючих пристроїв, що дозволило значно знизити енергетичні витрати та собівартість проведення досліджень;
- отримав подальший розвиток метод визначення складу та типу обладнання гібридних енергосистем, який відрізняється від відомих аналізом складу споживачів системи та використанням інформаційних технологій, що дозволяє зменшити електроспоживання науково-дослідних радіокомплексів великої потужності;
- вперше запропоновано метод моделювання локальних систем електропостачання з відновлювальними джерелами електроенергії та автоматизацією керування, який враховує коефіцієнти потужності й коефіцієнти гармонійних складових по кожному споживачу та їх розподілення по окремим групам, що дозволяє підвищити ефективність експлуатації об'єктів електричних мереж.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Дисертаційні дослідження включають сукупність наукових і практичних результатів, які полягають у створенні методики модернізації системи енергопостачання з використанням принципів Smart Grid, що дозволило підвищити ефективність експлуатації об'єктів електричних мереж з високим ступенем скважності споживання електричної енергії. Розроблено методику модернізації системи енергопостачання з використанням принципів Smart Grid, що дозволило забезпечити підвищення ефективності експлуатації об'єктів електричних мереж з високим ступенем шпаруватості споживання електричної енергії. Розроблено також рекомендації з використання

акумуляторних батарей у Smart Grid системі, що дозволило збільшити їх строк експлуатації.

Отримані в дисертаційній роботі результати впроваджені у Інститут іоносфери НАН та МОН України і активно використовуються в роботі організації. Крім того, отримані результати використовуються в навчальному процесі кафедри радіоелектроніки НТУ «ХП».

Відповідність змісту автореферату та основних положень дисертації

Автореферат є ідентичним за змістом з основними положеннями дисертації та достатньо повно відображає її наукові результати, отримані здобувачем особисто. Структура автореферату, об'єм і зміст відповідає існуючим вимогам.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані. Основні наукові результати і висновки дисертаційного дослідження відображені у 9 публікаціях, серед них: 4 – в наукових фахових виданнях України (1 – у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus), 5 – в матеріалах конференцій.

У цілому рівень та кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях відповідають вимогам МОН України.

Оцінка змісту дисертації

Дисертаційна робота складається з анотації двома мовами, змісту, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 195 сторінок, серед них 78 рисунків по тексту; 22 таблиці по тексту; список із 195 найменувань використаних джерел на 20 сторінках, 4 додатків на 33 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, його актуальність, сформульовано мету та задачі, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, розкрито наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, наведено дані про їх апробацію та публікації автора.

У **першому** розділі проведений аналіз літератури з питань побудови гібридних енергосистем. Показано актуальність та перспективи застосування Smart Grid для гібридних енергосистем (ГЕ). Зроблено аналіз конфігурацій різних архітектур ГЕ, які можна вибрати, залежно від потреб споживача.

У **другому** розділі дисертації розглядаються найбільш актуальні та перспективні методи підвищення ефективності електропостачання промислових підприємств.

Показана актуальність включення до Smart Grid системи енергопостачання об'єктів з високим ступенем шпаруватості споживання фільтрокомпенсуючих пристроїв з розподілом функцій контролю за величинами окремих параметрів мережі живлення та їх корекції по окремих каналах.

Третій розділ дисертації присвячений аналізу ефективності системи енергопостачання радіотехнічного науково-дослідного комплексу Інституту Іоносфери (РНДК).

Представлені експериментальні дані, а саме загальне споживання активної та реактивної складової повної потужності комплексом Інститутом іоносфери.

Проведено дослідження енергетичних характеристик найпотужнішого споживача електроенергії комплексу - формувача потужних зондуючих імпульсів у пакеті Matlab Simulink.

У **четвертому** розділі наведено загальну функціонально-технологічну ідеологію концепції модернізації системи енергопостачання РНДК. У розділі наведена методика модернізації системи енергопостачання РНДК, та аналогічних енергетичних комплексів, яка містить послідовність та зміст окремих етапів модернізації, та синтезу нових систем. У розділі наведені подальші кроки та методики розрахунку потужностей накопичувача енергії, сонячної та вітрової електростанції. Виконана оцінка необхідної ємності накопичувача енергії.

Проведено оцінку настановної потужності сонячних батарей. Розділ також містить рекомендації по побудові системи компенсації реактивної складової повної потужності.

П'ятий розділ присвячено комп'ютерному моделюванню Smart Grid системи електропостачання Інституту іоносфери, а також схемам на фотоелектричних елементах інвертора, режимам накопичення енергії в акумуляторній батареї для проведення експерименту, режиму роботи системи при розрядженні акумуляторної батареї нижче заданого значення, режиму накопичення енергії в акумуляторній батареї для подальшого повернення її постачальнику в ПМ.

Надано в розділі методику розрахунку кількості сонячних панелей та ємності акумулятора, яка допомогла створити комп'ютерні моделі та виконати моделювання заданих режимів роботи.

Висновки до розділів та загальні висновки по роботі сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

У додатках наведені програми керування, акт використання результатів дисертаційної роботи в навчальному процесі кафедри радіоелектроніки НТУ «ХП», акт використання результатів досліджень у роботі Інституту іоносфери НАН та МОН України, список публікацій здобувача за темою дисертаційної роботи.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У «Меті і задачі дослідження» не вказано, яка саме технологія (складова частина) Smart Grid буде покращуватися.
2. У першому розділі відсутній аналіз сучасних пристроїв, які використовуються для компенсації реактивної потужності.
3. Не приведена в дисертаційній роботі кількісна оцінка підвищення ефективності експлуатації об'єктів електричних мереж, від застосування запропонованих рішень.
4. Відсутні докладні обґрунтування різних приведених в роботі математичних моделей, розроблених в програмному комплексі Matlab.
5. Недостатньо уваги в четвертому розділі дисертації приділено питанню розрахунку економічного ефекту від впровадження запропонованих рішень.
6. З п'ятого розділу дисертаційної роботи не зрозуміло, яким чином можливо використати енергію, котра накопичилась під час проведення експерименту в Інституті іоносфери.
7. В роботі присутні описки та помилки, наприклад:
 - стор. 2 п. 2.3 «Змісту» носить назву: «Застосування багатофункціональних пристроїв компенсації неактивних складових повної потужності». Краще «Застосування багатофункціональних пристроїв компенсації реактивної потужності».
 - стор. 6. В «Переліку умовних скорочень» наведений термін «ЛЕП – лігія електропередач». Правильніше «ЛЕП – лінія електропередач»;
 - стор. 10 в четвертому абзаці зверху та далі в тексті дисертації вжито слово «шпаруватість», краще використати «скважність»;
 - стор. 29 в першому абзаці знизу приведене слово «несинусоїдальность». Правильніше «несинусоїдальність»;
 - стор. 87 в першому абзаці зверху наведено словосполучення «створено математичну модель системи живлення вимірювального комплексу Інституту іоносфери...». Краще «створено математичну модель системи електропостачання вимірювального комплексу Інституту іоносфери...»;
 - стор. 86 в другому абзаці знизу вжито словосполучення «амплітуди гармонічних складових струму». Необхідно «амплітуди гармонійних складових струму»;

- стор. 92 в другому абзаці знизу вказана ємність акумулятора в кВтгодинах. Треба в ампергодинах.

Зауваження, які висловлені, стосуються окремих елементів дисертаційної роботи та не знижують її загальної високої оцінки.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Козлова С.С. є закінченою науковою працею, що містить раніше не захищені наукові положення та нові науково обґрунтовані результати, що на високому рівні вирішують актуальну та важливу наукову проблему оптимізації режимів роботи електроенергетичних систем, систем електропостачання та їх елементів за рахунок вдосконалення методів та засобів управління режимами споживання електричної енергії.

Тема дисертації відповідає спеціальності – 05.14.02 електричні станції, мережі і системи.

Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а її автор – Козлов Сергій Сергійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук,
начальник лабораторії цеху електропостачання
Приватного акціонерного товариства «АЗОТ»
м. Черкаси

с.Бедер

Бедерак Я.С.

13.04.2021

Підпис Бедерака Я.С. засвідчую.
Начальник відділу кадрів ПрАТ «АЗОТ»



Л.М.Овчаренко

Овчаренко Л.М.