

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Савченко Наталі Панасівни

### **«Регулювання графіка навантаження електричних мереж за допомогою споживача - регулятора з кінетичним енергонакопичувачем»**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

#### **Актуальність теми.**

Ефективність роботи електроенергетичної системи залежить від забезпечення балансу між спожитою й виробленою електричною енергією. Режимми роботи енергосистеми наочно представляються графіками електричного навантаження (ГЕН), які є інтегральними показниками ефективності використання енергії. Тому питання регулювання ГЕН є актуальними.

Покриття піків навантаження енергосистеми на сьогоднішній час загалом забезпечувалося здебільшого потужностями ГЕС, ТЕС та ТЕЦ. Використання ТЕС в якості регулюючих потужностей, обумовлює необхідність тримати їх в режимах холодного та гарячого резерву, що призводить до використання їх в режимах з великою витратою палива. Також, останнім часом маневреність енергоблоків ТЕС значно знижена внаслідок зносу і старіння обладнання та якості палива на якому працюють енергоблоки. Тому все більше уваги приділяється питанням регулювання ГЕН за рахунок споживачів-регуляторів.

Складовими ГЕН енергосистеми є ГЕН споживачів, які здебільшого є нерівномірними, та мають характерні пікові, напівпікові та базові зони споживання. Регулювання параметрів графіків навантаження споживачів дозволить використовувати їх в якості регуляторів навантаження (споживачів-регуляторів) електричних мереж, а це в свою чергу призведе до

зменшення використання блоків ТЕС в маневрених режимах, до економії паливних ресурсів на ТЕС і підвищенню стабільності та надійності в роботі електричних мереж.

Одним з перспективних методів регулювання ГЕН є перенос навантаження споживача з пікової зони у напівпікову та базову. Це стає можливим за рахунок впровадження систем зберігання енергії, які можуть бути встановлені як у електричних мережах високої напруги так і у мережах низької напруги.

На даний момент немає чіткого підходу до формування графіків навантаження з урахуванням застосування накопичувачів електроенергії і в зв'язку з цим не вирішені завдання, спрямовані на їх ефективне використання. Розробка підходу до раціонального використання накопичувачів енергії з урахуванням вихідного змінного графіка навантаження дозволить істотно знизити не тільки витрати на споживання електроенергії, але і знизити витрати при її виробництві.

Актуальність роботи підтверджується ще й тим, що вона пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи за темою «Розробка науково-методичних та практичних підходів до вдосконалення ресурсо- та енергозбереження на об'єктах будівництва і міського господарства» (№ ДР 0115U001697).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, їх достовірність і новизна.**

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, а також принципи і методи побудови математичних моделей мають наукову обґрунтованість та достовірність і базуються на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, використанні сучасних методів дослідження. Теоретичні дослідження виконано з

використанням сучасного математичного апарату, також використовувались фундаментальні положення теорії електротехніки, теорії розрахунку електричних мереж, теорії розрахунку механічних систем, теорії електроприводу, теорії стійкості розподілених систем, методи математичної статистики, метод ієрархій Т. Сааті, методи теорії математичного моделювання. Отримані результати перевірені експериментально та математично оброблені з використанням сучасного прикладного програмного забезпечення (MS Excel, PowerGraph3.38, Mathcad), що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених у дисертації.

Достовірність отриманих автором основних результатів досліджень підтверджується збігом результатів математичного моделювання та експериментів.

#### **До основних нових результатів дисертації слід віднести наступне:**

1. Метод вирівнювання ГЕН об'єкта з урахуванням компенсації ризиків, що відрізняється тим що в якості споживача - регулятора використовується система електропостачання адміністративної будівлі з КЕН, що дає можливість отримати необхідні параметри ГЕН.

2. Обґрунтування конструкції маховика для використання у складі КЕН, що відрізняється від існуючих тим що має змінний момент інерції та дисбалансні вантажі, що дозволило зменшити енерговитрати в початковий період обертання маховика і підвищити плавність обертання в робочому режимі.

3. Подальший розвиток метод симетрування навантаження в мережі 0,4 кВ, який відрізняється тим, що симетрування виконується за рахунок використання споживача-регулятора з КЕН, що дозволило підвищити якість електроенергії за рахунок відсутності комутацій в системі електропостачання.

4. Подальший розвиток математична модель обміну енергії системи електропостачання будівлі з кінетичним енергонакопичувачем, що відрізняється від існуючих врахуванням конструкції маховика КЕН, що дає можливість підвищити точність розрахунків енергії.

### **Практична цінність отриманих результатів.**

Для електроенергетичної галузі полягає в розробці методу регулювання ГЕН за допомогою споживачів - регуляторів, у якості яких запропоновано використовувати адміністративні будівлі при підключені у їх систему електропостачання системи зберігання енергії з кінетичним енергонакопичувачем.

Запропоновано спосіб симетрування навантаження у системі електропостачання споживача-регулятора з КЕН, що дозволяє підвищити якість електричної енергії .

Підтверджено доцільність використання у складі КЕН маховика з змінним моментом інерції та дисбалансними вантажами (Патент України на корисну модель №126345).

Результати даної роботи впроваджені в ПрАТ СКМЗ (м.Краматорськ), ТОВ «ЕВДА-ЕНЕРГО» (м.Одеса) та використовуються в навчальному процесі ДонНАБА в курсах лекцій та під час курсового проектування і підготовки студентів будівничих спеціальностей.

### **Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам.**

У вступі автор обґрунтовує актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету й задачі; визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, а також відомості про публікації, впровадження, апробацію і структуру роботи.

**У першому розділі** проаналізовані методи і засоби регулювання графіка електричного навантаження енергосистеми та показники, які визначають рівномірність графіків електричного навантаження. Обґрунтовано використання споживачів-регуляторів з акумулюючими пристроями як ефективний метод регулювання навантаження

**Другий розділ** присвячений аналізу характеристик споживача-регулятора та обґрунтуванню конструкції кінетичного енергонакопичувача для регулювання графіків навантаження з урахуванням виникаючих ризиків.

**Третій розділ** присвячений повному аналізу показників та характеристик графіків електронавантаження споживача-регулятора та теоретичному дослідженню процесів регулювання нерівномірності графіків навантаження при підключенні кінетичного енергонакопичувача та процесів симетрування навантаження з метою поліпшення якості електричної енергії

**Четвертий розділ** присвячений експериментальному дослідженню різних конструкцій кінетичного енергонакопичувача та їх вплив на процеси накопичення енергії з метою підтвердження достовірності теоретичних досліджень.

### **Оцінка змісту дисертації та її завершеності.**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Отримані автором результати корелюють з завданням дослідження, тексти автореферату та дисертації написані логічно та в цілому відповідають встановленим вимогам до написання науково-дослідних робіт. Тема дисертації повністю відповідає її змісту. Зміст автореферату ідентичний основному змісту дисертації та достатньо повно відображає основні наукові результати, що отримані здобувачем.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею.

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані у 10 наукових працях, з яких: 5 статей – у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у виданні, яке включене до міжнародних наукометричних баз даних (Web of Science), 1 стаття у збірниках матеріалів конференцій, 1 стаття у інших виданнях, 2 патенти на корисну модель України.

**По змісту та оформленню дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:**

1. Дисертація дещо перевантажена матеріалами, які мають віддалене відношення до спеціальності 05.14.02 – Електричні станції, мережі та системи (розділ 4 дисертації, п.7, Висновків тощо). У той же час матеріалу щодо процесів в електричних мережах явно недостатньо. Дослідження електричних мереж зведено до розробки структурної схеми системи електропостачання. Рівень впливу кінетичного накопичувача в мережах не визначено, як не визначений і вплив інших споживачів у разі встановлення в них накопичувачів.

2. В роботі не в повній мірі обґрунтовано та не зовсім коректно представлено врахування ризиків застосування акумулюючих пристроїв, а походження рис. 3.25 та рис. 3.26 взагалі невідоме. Крім того, автором не визначено часовий діапазон покриття навантажень споживачів, що здійснюється накопичувачем енергії.

3. Підрозділ 1.5 дисертаційної роботи потребує більш розширеного аналізу та деталізації відомих методів симетрування навантаження. Я вважаю, що не було потреби наводити зміст ГОСТ 13109-97, а навести шляхи вирішення проблеми.

4. У другому розділі розроблена структурна схема підключення КЕН у систему електропостачання адміністративної будівлі, яка використовується для регулювання ГЕН, а у подальшому і симетрування навантаження потребує більш детального аналізу зовнішніх факторів впливу на процеси, що протікають у самій електричній мережі.

5. У підрозділі 3.5 роботи при розробці способу симетрування навантаження споживача-регулятора, на мій погляд, необхідно б було обрати та навести параметри обладнання розробленого пристрою симетрування.

6. З роботи не зрозуміло, яким чином задається алгоритм режиму роботи енергонакопичувачів задля забезпечення безперебійності регулювання ГЕН у пікові години.

7. При обранні методу аналізу ризиків, які виникають при застосуванні кінетичних енергонакопичувачів для вирівнювання графіка електричного навантаження, бажано б було обґрунтувати вибір методу ієрархій Т.Сааті для оцінки ризиків та їх компенсації.

8. В роботі доцільно було б навести розрахунки економічних критеріїв обґрунтування використання накопичувачів енергії у системі електропостачання адміністративної будівлі.

9. У роботі присутні окремі описки і неточності: на с.17 рис.1.5 замість  $P_{\min}$  і  $P_{\text{ПП}}$  має бути  $P_{\text{мін}}$  і  $P_{\text{НП}}$ , а на с.122 рис. 4.4 і на с.129 рис.4.10 замість ДПТ має бути ДПС, на рис. 3.24 ВРУ замість ВРП тощо.

Зазначені зауваження не є принциповими і не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи Савченко Н.П.

## **Висновок**

Дисертаційна робота Савченко Наталі Панасівни “Регулювання графіка навантаження електричних мереж за допомогою споживача-регулятора з кінетичним енергонакопичувачем” за своїм змістом відповідає паспорту

спеціальності 05.14.02– електричні станції, мережі і системи. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішене актуальне науково-технічне завдання розробки нових і вдосконалення відомих методів регулювання графіків навантаження за допомогою споживачів-регуляторів шляхом обґрунтування режимів роботи і параметрів механічних накопичувачів енергії з урахуванням компенсації ризиків, що виникають при їх використанні.

Дисертаційна робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів цілком відповідає вимогам п.п. 9, 11 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Савченко Наталя Панасівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент,  
Доктор технічних наук, професор  
Академік-секретар відділення  
«Енергетика та ресурсозбереження»  
Академії наук і вищої освіти України,  
Професор кафедри світлотехніки і джерел світла  
Харківського національного університету  
міського господарства імені О.М.Бекетова



П.П.Говоров

Підпис	<i>Говоров П.П.</i>	
Засвідчую:	<i>Нат.</i>	
відд. кадрів	<i>С.Б.</i>	
"	"	20



*Савченко Наталя Панасівна*