

ВІДГУК

Офіційного опонента – доктора технічних наук

Розена Віктора Петровича

на дисертаційну роботу **ШЕРСТНЬОВА Юрія Володимировича** на тему:
«АДАПТИВНО-ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ КОМПЕНСАТОРАМИ
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГІРНИЧО-
ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ»

подану на здобуття ступеня доктора філософії з
галузі знань 14 – «Електрична інженерія»,
спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження, її зв'язок із науковими програмами і планами

Підприємства гірничо-збагачувального комплексу характеризуються складними потужними технологічними механізмами, які мають високий рівень енергоспоживання. Так, одиничні потужності можуть досягати 10-12 МВт. Рациональне регулювання технологічних режимів, яке включає досягнення відповідного балансу активної і спожитої реактивної потужності, дозволить підвищити загальний коефіцієнт потужності в роботі енергетичних установок, що дозволить знизити загальні втрати електроенергії, підвищити надійність роботи апаратури керування і загалом забезпечити стабільність в роботі електромережі. Одним з напрямків, яке пов'язане з вирішенням поставлених задач є оптимізація процесу компенсації реактивної потужності. Адаптивно-енергоефективне керування компенсаторами реактивної потужності – конденсаторними батареями та синхронними двигунами, яке базується на інтеграції традиційних відомих засобів із сучасними алгоритмами автоматизації, дозволить оперативно вирішувати поставлені завдання при зміні параметрів технологічного обладнання (наприклад, невизначеності збурення), тобто утримувати в заданих мережах відповідний коефіцієнт потужності мережі.

2. Структура дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 272 сторінки, з яких основний зміст викладений на 121 сторінках друкованого тексту, містить 58 рисунків, 12 таблиць. Список використаних джерел складається з 115 найменувань.

У розділі 1 на основі аналізу статистичних показників енергоспоживання підприємства гірничо-збагачувального комплексу підтверджено тенденцію до зростання питомої ваги реактивної складової та обґрунтовано актуальність розробки адаптивних рішень у розрізі існуючої динаміки тарифної політики. Шляхом критичного огляду фахової літератури встановлено обмеженість традиційних методів компенсації в умовах високої динаміки навантажень. За результатами проведеного дослідження сформовано мету дисертаційної роботи та завдання наукового пошуку.

У розділі 2 проведена оцінка споживання електричної енергії споживачами головних знижувальних підстанцій (ГЗП) типового підприємства – ПрАТ «ПівнГЗК» (м. Кривий Ріг) як стохастичного процесу. Ідентифіковано статистичні показники рівнів завантаженості АД та СД. Наведена комплексна характеристика структурної побудови схем та режимів електроспоживання споживачів розподільчих підстанцій гірничо-збагачувального комплексу

У розділі 3 запропонована нова методика вибору компенсаційних рівнів на основі розкладання статистичних даних за Гаусовим розподілом (визначаються характерні сезонні максимуми). Визначені основні особливості впровадження КП для регулювання перетоків реактивної потужності (як компенсатора основної частини реактивного навантаження). Сформовано критерій оптимізації у вигляді цільової функції. Розроблено алгоритм підпрограми функціонування пристрою регулювання струмів збудження синхронних машин (з контролем технологічних параметрів: температура охолоджуючого повітря, напруга, навантаження, струм статора, ротора,

оптимальний струм обмотки збудження, тощо), забезпечуючи рівномірне завантаження по повній потужності у відносних одиницях.

У розділі 4 з метою створення енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями були застосовані принципи побудови КФС до підстанції гірничо-збагачувального підприємства. Розроблено алгоритм енергоефективного адаптивного контролю компенсаційними пристроями, що враховує сумісне використання СД та КБ. На базі нечіткої логіки розроблена система правил керування компенсаційними пристроями, що дозволяє оптимізувати швидкодію процесу компенсації реактивної потужності. Виконано модельні дослідження адаптивно-енергоефективної системи керування компенсаційними пристроями.

Загальні висновки. У висновках підбито підсумки дисертаційного дослідження, узагальнено ключові науково-практичні здобутки та надано конкретні рекомендації щодо їх подальшого впровадження у виробництво.

Матеріал дисертації, включно з отриманими результатами та загальними висновками, викладено логічно, послідовно й аргументовано. Текст роботи витримано в науковому стилі, а її структура та оформлення повністю відповідають чинним нормативним вимогам.

Дисертація є самостійним науковим доробком здобувача: усі використані ідеї, твердження чи результати інших авторів супроводжуються коректними посиланнями на першоджерела. Дотримання принципів академічної доброчесності, а також відсутність плагіату, компіляції, фабрикації чи фальсифікації об'єктивно підтверджуються офіційним звітом.

3. Наукова та практична новизна отриманих результатів

В процесі виконання дисертаційної роботи, Шерстньовим Ю.В. отримано наступні результати наукового пошуку:

1. Набула подальшого розвитку концепція вибору потужностей компенсаційних пристроїв на основі інтеграції сучасних методів статистичного аналізу та прогнозування, яка враховує сезонні та стохастичні коливання енергоспоживання і диференціацію добових тарифів електроенергії, в

результаті чого забезпечується точність визначення характерних патернів споживання з суттєвими змінами навантаження для оптимального розподілу потужностей компенсаційних пристроїв, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат.

2. Вдосконалено процес керування функціонуванням пристроїв компенсації з адаптацією до змінного навантаження на основі методів нечіткої логіки для подальшого наближення до «нуль-перетікання» реактивної енергії на ввіді підстанції і зниження втрат повної потужності.

3. Узагальнено принципи моніторингу та управління енергоспоживанням на підстанціях гірничозбагачувальних підприємств при розбудові кіберфізичної системи, з синхронізацією роботи підсистем окремих регуляторів пристроїв компенсації та застосуванням адаптивних алгоритмів, що підвищить енергоефективність роботи мережі.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає:

1. У удосконаленні способів застосування компенсаційних пристроїв в умовах змінних навантажень, мінімізуючи втрати на компенсацію реактивної потужності, що забезпечує більш ефективну компенсацію з підвищенням стабільності електроенергетичної системи.

2. В розробці адаптивного алгоритму керування компенсаційними пристроями (синхронними двигунами та конденсаторними батареями) з урахуванням змін їх технологічних параметрів;

3. За допомогою інтеграції в систему керування прямого контролю гранично можливих технологічних параметрів синхронних двигунів, визначені їх раціональні рівні компенсаційних можливостей, що продовжить їх експлуатаційний термін.

4. Розроблено цифровий регулятор реактивної потужності для автоматичної підтримки параметрів синхронного двигуна-компенсатора, що оптимізує його роботу.

Практична цінність роботи підтверджується успішним впровадженням одержаних результатів, що підтверджено відповідними актами. Розроблені науково-прикладні рекомендації передано до ПрАТ «Північний гірничо-

збагачувальний комбінат» для використання під час проєктування та модернізації внутрішніх систем електропостачання. Також здобутки дослідження передано у виробничу діяльність НВК «Криворіжелектромонтаж», а на підприємстві ТОВ «МОНТАЖУНІВЕРСАЛ» реалізується відповідний комплекс організаційно-технічних заходів з компенсації реактивної потужності. Окрім промислового застосування, результати дисертації інтегровано в навчальний процес кафедри електричної інженерії Криворізького національного університету. Вони безпосередньо використовуються під час фахової підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

4. Ступінь обґрунтованості наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі

Дисертаційне дослідження спрямоване на вдосконалення методів і розробку вдосконалених практичних заходів регулювання процесами перетікання реактивної потужності на базі розробленої на базі великої кількості експериментальних даних адаптивної системи керування компенсаційними пристроями. Хоча використання СД і КБ в процесі компенсації не є новим, в роботі запропоновані новітні підходи і шляхи їх вирішення по вдосконаленню і реалізації існуючих методів компенсації, які стосуються алгоритму вибору компенсаційних пристроїв для забезпечення режимів, близьких до нуля-перетікання реактивної потужності на живлячих підстанціях. Враховуючи різке зростання ціни на електроенергію, особливо на реактивну потужність (це стосується воєнного стану, в якому перебуває наша держава), може забезпечити значне зменшення загальної собівартості продукції підприємств гірничо-збагачувального комплексу.

Основні наукові положення та результати, які були отримані Шерстньовим Ю.В. при виконанні дисертаційного дослідження висвітлені в наукових працях, в тому числі 4-х в фахових виданнях категорії Б та 16-ти тезах міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях. Також за результатами дисертаційної роботи отримано 3 патенти України на корисну модель. Здобуті

результати впроваджено під час виконання на науковій базі кафедри електричної інженерії Криворізького національного університету науково-дослідної роботи «Автоматичні установки для регулювання та підтримки коефіцієнта потужності навантаження мережі шляхом компенсації реактивної потужності» (державний реєстраційний номер 125U003256), де здобувач виступав у ролі відповідального виконавця.

Публікації охоплюють всі розділи дисертації та повною мірою відображають зміст і результати досліджень, проведених в даній дисертаційній роботі.

5. Зауваження по дисертаційній роботі

1. На рисунках 4.6, 4.7, 4.8 та 4.11 (сторінки 129, 130, 131 та 134 відповідно) підписи осей містять термін «ступінь приналежності» замість більш доречного «ступінь належності» для нечіткої логіки.
2. У тексті наявні лексичні некоректності та стилістичні неточності, наприклад, використання словосполучень «послідуючого групування» (сторінка 122), «кидки» (сторінка 142) замість нормативних «подальшого групування» та «сплески (або стрибки)».
3. З тексту дисертації не зрозуміло, що автором пропонується компенсувати – реактивну потужність чи реактивну енергію.
4. Як стартова позиція, для вирішення задачі компенсації реактивної енергії потрібно було б виходити з позицій балансу активної та реактивної енергії, а точніше статичних характеристик системи електропостачання.
5. В роботі не зовсім чітко зазначено, для якого рівня пропонується і вирішується задача компенсації реактивної енергії.
6. З тексту дисертації не зрозуміло за якими критеріями було визначено, що варіативність змін реактивної електроенергії носить стохастичний характер.
7. Неповний облік зовнішніх факторів. При моделюванні режимів електроспоживання недостатньо враховані аварійні режими, сезонні коливання, зміни топології мережі та нестабільність генерації.

8. Недостатній аналіз сучасної наукової літератури. У роботі використано обмежену кількість сучасних міжнародних джерел, зокрема не враховано новітні стандарти та рекомендації IEC/IEEE у сфері керування реактивною потужністю.

Загалом зауваження не стосуються основних положень і результатів, не знижують її наукової і практичної цінності і не впливають на загальний позитивний висновок по роботі.

6. Висновок

Дисертаційна робота «Адаптивно-енергоефективне керування компенсаторами реактивної потужності систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів» 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 вимогам з присудження ступеня доктора філософії, а її автор Шерстньов Юрій Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 – «Електрична інженерія».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор
кафедри автоматизації
електротехнічних та мехатронних
комплексів

Національного технічного
університету України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

