

ВІДГУК

офіційного опонента

д-ра техн.наук, завідувача кафедри автоматизації виробничих процесів
Центральноукраїнського національного технічного університету,
професора Осадчого Сергія Івановича на дисертаційну роботу

МАКСИМОВА МАКСИМА МАКСИМОВИЧА

«Підвищення енергетичної ефективності біогазової технології за рахунок пошуку комп'ютерно-інтегрованою системою управління найкращої структури її енергоустановок», яку представлено на здобуття науково ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, галузь знань: 15 – автоматизація та приладобудування.

Актуальність обраної теми

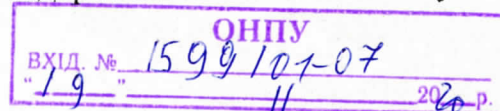
У сучасній енергетиці спостерігається постійна тенденція нарощування використання поновлюваних джерел енергії для забезпечення попиту на енергетичну продукцію. Внаслідок цього до класу електрогенеруючих установок потрапили енергетичні установки, які неможливо диспетчеризувати. Такі установки використовують поновлювані джерела енергії. Регулювати роботу таких енергоустановок у системі практично неможливо, без додаткового акумулюючого обладнання будь-якого виду.

Процеси автоматизації установок, які неможливо диспетчеризувати, вимагають застосування нестандартних підходів. Наприклад, у разі експлуатації зазначеної установки спільно з обладнанням, яке здійснює акумуляцію, виникає необхідність розв'язання задачі визначення пріоритету того, що потрібно регулювати: акумулятор, що заряджається, чи баланс споживання енергосистеми.

Серед поновлюваних енергетичних джерел значного розвитку набули технології анаеробного зброджування вирощеної біомаси з метою отримання в біореакторі горючого газу і зброженого залишку. Процеси автоматизації таких установок у промислових енергетичних масштабах можуть бути вирішені тільки організацією завдання керування в розподілених параметрах. При цьому отримуваний біогаз має теплотворну здатність, величина якої випадкова і непередбачувана.

Наведена складність завдань керування призводить до того, що сучасні комп'ютерно-інтегровані системи керування енергоустановками мають вигляд складних програмно-технічних комплексів. Від комп'ютерно-інтегрованих систем керування критично важливими технологіями потрібна постійна адаптація до змін середовища і зовнішніх збурень. Критична значущість таких систем часто вимагає постійної оптимізації структури обладнання енергоустановок і мінімізації втручання оператора установки.

Дисертація Максимова М.М. спрямована на розв'язання наступного науково-технічного протиріччя. З одного боку, інвестуються ресурси у створення енергетичних установок, які використовують поновлювані джерела, але ці енергоустановки неможливо диспетчеризувати. Такий стан речей призводить до розбалансування енергетичної системи або її підтримки в стані балансу за



рахунок залучення неінвестиційних ресурсів. З іншого боку, постійне балансування енергосистемою здійснюється за рахунок установок, які використовують видобувне паливо, а це у свою чергу веде до нестаціонарних режимів цих енергетичних установок і їх форсованого неефективного використання.

З огляду на це вважаю, що дисертація «Підвищення енергетичної ефективності біогазової технології за рахунок пошуку комп'ютерно-інтегрованою системою управління найкращої структури її енергоустановок» розв'язує актуальне складне науково-технічне завдання.

Робота виконана відповідно до планів, затверджених Міністерством освіти і науки України, і є частиною НДР «698-47» (№ ДР 0115U000411) за темою «Удосконалення теоретичних і експериментальних методів дослідження перехідних процесів в енергетичних установках за рахунок структурної оптимізації моделей і технічних систем».

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизна.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які представлені у дисертації, обґрунтовані завдяки коректному використанню сучасних загальновизнаних наукових підходів, методів та методик.

Математичний аналіз використано для визначення властивостей аналізованих функцій; імітаційне моделювання підтвердило одержані теоретичні результати; методи системного аналізу дозволили здійснити декомпозицію технологічного процесу; моделювання зміни теплотворної здатності та густини вуглеводневого кисневмісного газу залежно від якісного складу збродженого залишку дозволило обґрунтувати застосування цього газу; моделювання нестаціонарних процесів піролізу, засноване на законах збереження речовини, Дальтона, хімічної рівноваги за парціальними тисками, яке здійснене шляхом розв'язання системи нелінійних алгебраїчних рівнянь, дало змогу врахувати вплив збурення за складом збродженого залишку продукт-газу і вуглистого залишку; теорію оптимального керування використано для пошуку потрібної структури об'єкта керування; методи чисельного моделювання зміни властивостей об'єкта керування дозволили визначити вид критерію оптимальності; комп'ютерні інформаційні та програмні технології забезпечили можливість реалізувати розроблений алгоритм оптимального керування.

Модернізація біогазової установки з можливістю включення в неї додатково піролізної і паротурбінної установок дала можливість одночасного збільшення загальної ефективності та додаткової переробки збродженого залишку на продукт-газ і вуглистый залишок, який може бути утилізований у паротурбінній установці. Застосування запропонованої технології глибокої переробки збродженого залишку дасть змогу підвищити вихід корисної енергії на 62%. При цьому відпаде необхідність у зберіганні і складуванні збродженого залишку.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджена на практиці, про що свідчать результати їх впровадження в ТОВ «Аграрний інститут» і у навчальний процес ОНПУ в дисциплінах «Моделювання теплоенергетичного обладнання в АСУ», «Динаміка теплових процесів», «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів», «Структурна та

параметрична оптимізація». Отже, наукові положення, висновки і рекомендації дисертації досить добре **обґрунтовані і є достовірними**.

Наукова новизна сформульована у дисертації вирішує **нове** наукове завдання, важливе для галузі знань, з якої вона захищається, а саме: автоматизація та приладобудування, галузь знань — 15. Можна погодитися, що вона містить раніше незахищені наукові положення та отримані автором нові науково обґрунтовані результати. А саме:

— знайшов подальший розвиток метод експрес-аналізу, який визначає можливість установки підтримувати баланс потужності в енергосистемі за її динамічною характеристикою, і який передбачає моделювання нанесення збурень на заданий інтервал часу і з невизначеністю завершення збурення;

— знайшов подальший розвиток метод моделювання складу суміші органічних речовини в біогазовій технології з поновлюваними джерелами енергії, в модельному уявленні їх умовною формулою збродженого залишку і продукт-газу, який заснований на використанні законів хімічної кінетики, збереження речовини і балансу максимальних валентностей окислювальних та відновних елементів, що дало змогу розрахувати граничну теплотворну здатність сумішей органічних речовин;

— вперше розроблено метод компенсації збурення в автоматизованій системі керування за хімічним складом збродженого залишку під час його піролізу на продукт-газ і вуглистий залишок на основі моделі визначення складу пального за рахунок використання надлишкових вимірювань витрат палива, повітря і температури полум'я в ізентальпійному пристрої, що уможливило знайти стійке рішення для співвідношення «зброджений залишок □ повітря» для піролізної установки;

— був обґрунтований новий критерій оптимізації для пошуку найкращої конфігурації енергетичних установок або їхніх складових, які мають властивість регулювання для забезпечення балансу між виробництвом і споживанням електричної енергії, який об'єднує в собі ефективність кожної установки або її складових і загальну системну потребу або завдання на виробництво. Новий критерій відрізняється від відомих тим, що для приведення різних варіантів до рівного ефекту використовується критерій замикаючих витрат енергії, а це у свою чергу дозволило звести задачу оптимізації до одного аргументу (часу) та знаходити значення функції за будь-яких зовнішніх збурень.

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутність порушення академічної доброчесності.

Результати наукових досягнень викладені в 11 друкованих працях, з них з 7 — у спеціалізованих наукових виданнях, 1 публікація — у міжнародному науковому виданні, яке індексується науково-метричною базою SCOPUS, 4 — доповіді і тези доповідей на міжнародних конференціях.

Кількість публікацій за темою дисертаційної роботи та часовий інтервал, на якому вони публікувалися, достатньо великі. В них повно відображені наукові положення дисертації. Вимоги Постанови КМУ від 6.03.2019 р. № 167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» із змінами, згідно з Постановою КМУ № 979 від 21.10.2020 до кількості публікацій у спеціалізованих виданнях виконано.

Тези доповідей конференцій та інші публікації збільшують повноту подання наукових положень і відображують пріоритети автора у розв'язанні наукових і прикладних завдань обраного ним наукового напрямку.

Дисертаційна робота включає всю необхідну для її оцінки інформацію, містить основні положення, висновки та рекомендації. Оформлення дисертаційної роботи та її обсяг відповідають вимогам МОН України.

Наукові результати, викладені в дисертації, одержані автором самостійно. Автору належать основні ідеї у розробці методів і моделей автоматизованого керування енергетичною установкою, що використовує відновлювальні джерела енергії для підтримки балансу енергетичної системи за рахунок пошуку найкращої структури її складових частин і переходу таких установок в клас регульованих із підвищенням її енергетичної ефективності. Одним з об'єктивних елементів доказу відсутності порушення академічної доброчесності автором є публікації автора в рецензованих журналах, які перевіряють подані публікації на відсутність запозичень при друкуванні статей автора.

В цілому в тексті дисертації не було знайдено **порушення академічної доброчесності**.

Зауваження по дисертації

1. У першому розділі дисертації розроблено метод експрес-аналізу придатності енергетичних установок з різними динамічними характеристиками компенсувати збурення в енергетичній системі. Але залишилось незрозумілим, як розроблений метод визначає придатність енергетичних установок біотенкової технології компенсувати збурення в енергетичній системі?

2. В другому розділі було розроблено імітаційну модель біогазової технології як об'єкта керування для підвищення її ефективності, що дозволило одержати додатковий енергетичний ресурс. Але незрозуміло які її складові крім модельного уявлення збродженого залишку і продукт-газу умовною формулою та моделі енергетичного потенціалу необхідні для розв'язання задачі керування під час спалювання збродженого залишку в піролізній печі з метою максимізації виходу продукт-газу?

3. В третьому розділі було запропоновано розробити модель автоматизованої системи керування і метод проведення керованого піролізу для утилізації збродженого залишку змінного складу, який одержують у біогазовій технології з метою отримання додатково синтез-газу із максимальною теплотворною здатністю, але розглядається піроліз соснової деревини, така заміна сировини потребує уточнення і пояснення.

4. Наведений матеріал четвертого розділу переконливо показав, що розроблений метод знаходження найкращих структур енергетичних установок за визначеною цільовою функцією пошуку цих структур в біогазовій технології, дозволяє здійснювати регулювання, залежно від зовнішніх збурень. Але незрозуміло яким чином пошук найкращих структур в енергосистемі серед потужних електростанцій АЕС, ТЕС, ГЕС може бути корисним для пошуку найкращої структури установок коли їх сумарна потужність не перевищує 10 МВт?

Оцінка дисертації в цілому

Одержані автором нові теоретично та експериментально обґрунтовані результати у сукупності розв'язують актуальне складне науково-прикладне завдання удосконалення методів і моделей комп'ютерно-інтегрованої системи керування енергетичною біотенковою установкою, що використовує відновлювальні джерела енергії, з метою підвищення її енергетичної ефективності. Комп'ютерно-інтегрована система управління веде пошук найкращої структури складових такої установки для підтримки балансу енергетичної системи. Це робить можливим переміщення біотенкових установок до класу регульованих.

Вважаю, що дисертаційна робота Максимова Максима Максимовича «Підвищення енергетичної ефективності біогазової технології за рахунок пошуку комп'ютерно-інтегрованою системою управління найкращої структури її енергоустановок» за своїм змістом та оформленням задовольняє вимогам Постанови КМУ від 6.03.2019 р. № 167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» із змінами, згідно з Постановою КМУ № 979 від 21.10.2020. та чинним вимогам МОН України, а її автор заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, галузі знань: 15 – автоматизація та приладобудування.

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, завідувач кафедри
автоматизації виробничих процесів
Центральноукраїнського національного
технічного університету (м. Кропивницький),
проф.



Сергій Осадчий

Підпис Осадчого С.І. засвідчую: секретар Вченої ради Центральноукраїнського національного технічного університету (м. Кропивницький), професор



Віктор Каліч