

АНОТАЦІЯ

Максимов М. М. Підвищення енергетичної ефективності біогазової технології за рахунок пошуку комп'ютерно-інтегрованою системою управління найкращої структури її енергоустановок. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Одеський національний політехнічний університет МОН України, Одеса, 2020.

Дисертаційна робота присвячена удосконаленню методів і моделей автоматизованого управління енергетичною установкою, яка використовує відновлювальні джерела енергії для підтримання балансу енергетичної системи. Це стає можливим завдяки пошуку найкращої структури складових частин установки із підвищенням їхньої енергетичної ефективності і переміщенням такої установки в клас регульованих.

У першому розділі «Дослідження питання про можливість регулювання єдиної енергетичної системи за допомогою поновлюваних джерел енергії»:

– проведено аналіз можливості регулювання енергосистеми установками будь-якого типу. Показано, що існує гранична кількість енергетичних установок, які не диспетчеризуються. Ці установки використовують поновлювані джерела енергії, тож перевищення їхньої кількості істотно зменшує властивості регулювання енергосистеми і, як наслідок, її ефективність. Процеси автоматизації установок, що не диспетчеризуються, не відповідають стандартним прийомам. А в разі експлуатації спільно з установкою, яка акумулює, виникає нерозв'язна пріоритетність вирішення таких завдань: або регулювати акумулятор, що заряджається, або підтримувати баланс споживання енергосистеми, беручи до уваги той факт, що керуюча система має лише прогнозу або статистичну інформацію про майбутні зовнішні збурення.

Гострота і важливість вирішення такого завдання визначається тим, що сьогодні відсутнє його розв'язання на науковому рівні, а на інженерному воно вирішується інтуїтивно. При цьому практично відсутні моделі та методи, які надають можливість пошуку комп'ютерно-інтегрованою системою управління найкращої структури енергоустановок для забезпечення балансу енергетичної системи;

– розроблено метод експрес-аналізу, що визначає придатність енергетичних установок різних видів для компенсації збурень в енергетичній системі, залежно від їхніх динамічних характеристик;

– показано перспективність використання біотенкових технологій як особливого класу енергетичних установок з поновлюваними джерелами енергії за модернізації КІСУ, яка дозволить використовувати не лише біометан, а й інші продукти біотехнологічного походження в енергетиці;

– обґрунтовано структуру і сформульовано завдання дисертаційного дослідження, яке полягає у розробці методів і моделей автоматизованого управління енергетичною установкою, що використовує відновлювальні джерела енергії, для підтримки балансу енергетичної системи. Цей баланс здійснюється за рахунок пошуку найкращої структури складових частин установки, що підвищує її енергетичну ефективність і допомагає набутти властивість керованості.

У другому розділі «Імітаційна модель біогазової установки як об'єкта керування» одержано такі результати:

– розроблено метод моделювання складу та перетворення речовин біогазової технології з поновлюваними джерелами енергії, а саме збродженого залишку та синтез-газу, модельним уявленням умовною формулою. Цей метод використовує закони хімічної кінетики, збереження речовини і балансу максимальних валентностей окислювальних і відновних елементів, що дало змогу розрахувати граничну теплотворну здатність сумішей органічних речовин;

– розроблено математичну модель для аналізу ефективності процесу піролізу збродженого залишку з біогазових установок у печі, що доповнило газову складову, а у схему біотехнологічної установки додано регульований об'єкт управління у вигляді печі піролізу;

– під час вирішення реальних технологічних задач додатково було знайдено можливість одержання деякої кількості вуглистого залишку та смоли за проведення піролізу збродженого залишку.

В третьому розділі «Автоматизована система регулювання процесом переробки органічної сировини на базі моделі ідентифікації складу продуктів повільного піролізу» виконано таке:

– під час досліджень знайдено можливість розробки імітаційної моделі процесу піролізу, що дає змогу отримати склад продукт-газу з максимальною теплотворною здатністю за мінімальної кількості вуглистого залишку залежно від складу вихідної сировини;

– знайдено вирішення проблеми компенсації збурення в автоматизованій системі управління за хімічним складом збродженого залишку на основі моделі визначення складу пального за рахунок використання надлишкових вимірювань витрати палива, повітря і температури полум'я в ізоентальпійному пристрої, що дає змогу знайти стійке рішення для співвідношення зброджений залишок – повітря для печі піролізу;

– запропоновано автоматизовану систему управління установкою повільного піролізу для одержання продукт-газу. Метод управління повільного піролізу збродженого залишку

забезпечує задані витрати продукт-газу в разі нанесення збурення складом вихідної сировини.

В четвертому розділі «Метод пошуку найкращого рішення для керування структурою біоенергетичної установки» досягнута мета дисертаційної роботи, а саме:

– запропоновано цільову функцію, яка враховує ефективність експлуатації різних структурних комбінацій енергетичними установками, що працюють у системі, з метою створення структури технічних засобів, яким притаманна властивість регулювання;

– розроблено метод пошуку найкращої структури енергетичних установок, що визначає придатність енергетичних установок різних видів, залежно від їхніх динамічних характеристик, для можливості компенсації збурень;

– пошук максимуму цільової функції наведено в режимі реального часу роботи КІСУ під час перехідних процесів. Після нанесення збурень розраховуються можливі конфігурації енергетичної установки або її складових, яким притаманна властивість регулювання для забезпечення балансу між виробництвом і споживанням електричної енергії. КІСК об'єднує в собі розрахунки ефективності кожної установки або її складових і загальну системну потребу або завдання на виробництво. Для приведення різних варіантів розрахунків до рівного ефекту використовується критерій замикаючих витрат енергії, що дозволяє звести задачу до одного аргументу (часу), і знаходити максимальне значення функції за будь-яких зовнішніх збурень;

– показано перевагу розробленого методу пошуку найкращого рішення порівняно з відомими.

Ключові слова: АСУ, джерела відновлювальної енергії; ідентифікація збродженого залишку, продукт-газ, баланс енергосистеми, КІСК, керування зміною структури, цільова функція, піроліз, біотенкова технологія, замикаючі витрати енергії.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Лысюк А. В. Модель и метод сжигания в теплоэнергетической установке углеводородного газа переменного состава / А. В. Лысюк, А. В. Бондаренко, **М. М. Максимов**, А. И. Брунеткин // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. 2017. Т. 9, No 2 С. 21–27.

2. Maksymova O. Development of the method of determining the target function of optimization of power plant / O. Maksymova, **M. Maksymov**, V. Silina, A. Orischenko // Автоматизация технологических и бизнес-процесів. 2017. Volume 9, Issue 2. P. 28–35.

3. Maksymova O. Analysis of the energy system balance efficiency provided with the different groups of generating plants / O. Maksymova, **M. Maksymov**, V. Silina, A. Orischenko // Автоматизация технологических и бизнес-процесів. 2017. Volume 9, Issue 4. P. 5–17.

4. **Maksimov M.** Increasing of process efficiency of biogas plants production processing / **M. Maksimov**, V. Davydov, G. Krusir, O. Maksimova // *Праці Одеського політехнічного університету*. 2017. Iss. 3. P. 43–53.

5. Brunetkin O. Development of a model of processes for the thermal processing of organic matters of variable composition / **M. Maksymov**, O. Brunetkin // *Праці Одеського політехнічного університету*. 2019. Iss. 2. P. 21–32.

6. **Максимов М. М.** Моделирование балансировки энергосистемы при условии содержания в ней значительной доли недиспетчеризуемых источников энергии / **М. М. Максимов**, В. О. Давидов // *Автоматизация технологических и бизнес-процессов*. 2019. Volume 11, Issue 4. P. 27–34.

7. Brunetkin O. Development of the unified model for identification of composition of products from incineration, gasification, and slow pyrolysis / O. Brunetkin, M. V. Maksymov, A. Maksymenko, **M. M. Maksymov** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. 4/6 (100). P. 25–31.

8. **Maksymov M. M.** The method of finding the most natural structure of a biotank power plant / **M. M. Maksymov**, K. V. Beglov, O. B. Maksymova, O. M. Maksymov // *Праці Одеського політехнічного університету*. 2020. Iss. 1(60). – P. 82–95.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

9. **Максимов М. М.** Повышение эффективности утилизации продуктов биогазовых установок / **М. М. Максимов**, В. О. Давыдов // «Автоматика 2018» : XXV Міжнар. конф. по автоматичн. управл., 18–19 вересня 2018 р., м. Львів. – С. 41–42.

10. **Максимов М. М.** Решение проблемы утилизации сброженного остатка биогазовых установок / **М. М. Максимов**, В. О. Давыдов // «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» : IX Міжнар. наук.-практ. конф., 14–16 травня 2019 р., м. Чернігів. Т. 2. С. 161.

11. Бутенко А. В. Разработка метода определения целевой функции оптимизации энергетической установки / А. В. Бутенко, В. Е. Демиденко, **М. М. Максимов**, О. Б. Максимова // *Modern scientific challenges and trends: IX International Scientific Conference, 20th October, 2018, Warsaw, Poland*. Issue 9. P. 152–156

12. Бутенко А. В. Анализ эффективности энергетической системы, обеспечиваемый различными видами энергогенерирующих установок / А. В. Бутенко, В. Е. Демиденко, **М. М. Максимов**, О. Б. Максимова // *Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland: International Multidisciplinary Conference, 19–20 October, 2018, Wolomin, Republic of Poland, Volume 4*. P. 90–93.