

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента Тарахтій Ольги Сергіївни
на науковий рівень дисертації і наукових публікацій здобувача
Петік Таї Володимирівни

«Удосконалення АСУ ТП за рахунок пошуку меж використання математичних моделей урахування внутрішніх збурень ЯЕУ», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Новизни представлених теоретичних та експериментальних результатів дослідження

Наукова новизна теоретичних та експериментальних результатів дослідження представлено в опублікованих наукових періодичних виданнях.

Отримано подальший розвиток тривимірної математичної моделі активної зони ядерного реактора типу ВВЕР, яка на відміну від існуючих, реалізувала можливість розрахунку вектору керуючого впливу на основі характеристик гомогенного і гетерогенного поглиначів нейтронів, що дало змогу автоматизованого управління в реальному часі при компенсації зовнішніх збурень для підтримки сталості регулюючого параметру у вигляді електричної потужності та кількісної міри сталості реактора у вигляді аксіального офсету як міри безпеки експлуатації.

Отримав подальший розвиток метод автоматизованого управління плановою зміною потужності ЯЕУ з ВВЕР–1000, на базі математичної моделі реактивності активної зони, за допомогою якої можна розраховувати стани керування коли немає необхідності пригнічувати збурення викликані зміною концентрації ксенону для зменшення зміни концентрації борної кислоти і тим самим підтримувати кількісну міру стабільності реактора який складається з трьох контурів керування, один з яких підтримує зміну потужності реактора за рахунок регулювання концентрації БК в теплоносії, другий підтримує необхідне значення аксіального офсету шляхом зміни положення стрижнів СУЗ, а третій температурний режим теплоносія за рахунок регулювання положення головних клапанів ТГ, який відрізняється від відомих тим що для забезпечення стабільності енерговиділення в АКЗ при зміні її потужності за нормальних умов експлуатації реактора процес керування потужності: по-перше реалізується на малому проміжку часу як зміна завдання керування потужності при стабільній поточній потужності (принцип керування по відхиленню) і по друге використання внутрішньо притаманної властивості активної зони (отруєння-розотруєння реактора) при зміні потужності, що дозволило підтримувати сталість балансу виробництва та споживання енергії в ядерній установці.

Вдосконалено комп'ютерну систему автоматизації АЕС з ВВЕР при зміні навантаження ядерного реактора для забезпечення стабільного і контрольованого енерговиділення по об'єму активної зони реактора за прийнятих технологічних параметрів для підтримки сталості балансу в енергетичних контурах АЕС з ВВЕР за рахунок того, що в імітаційну структурну модель додатково інтегрується уявлення межі використання апроксимаційної або фізико-математичної

моделей, які в залежності від умов сталості розв’язують задачу керування, що дає можливість мінімізувати поточні зовнішні та внутрішні збурення.

Ці пункти наукової новини опубліковано в:

Петік, Т. В. & Лисюк, Г. П. «Автоматична система регулювання рівня води в парогенераторі енергоблоку 1000МВт атомної електричної станції». Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019; 30 (69) Ч. 2 № 3: 7–13. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/02>.

Петік, Т. В. & Давидов, В. О. «Розробка моделі процесу зміни рівня води в парогенераторі енергоблоку 1000 МВт атомної електричної станції». Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2020; 31 (70) Ч. 2 № 1: 40–45. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.1-2/08>.

Petik, T., Vataman, V. & Beglov, K. “Simulation of pressurized water reactor to find the best control solution”. *Energy Engineering and Control Systems*. 2021; 7 (2): 126–135. DOI: <https://doi.org/10.23939/jeecs2021.02.126>.

Vataman, V., Petik, T. & Beglov, K. “Mathematical model and method for automated power control of a nuclear power plant”. *Electronic Modeling*. 2022; 44 (4): 28–40. DOI: <https://doi.org/10.15407/emodel.44.04.028>.

Beglov, K. V., Odrekhovska, Y. O., Petik, T. V. & Vataman, V. V. “A method for searching the best static program for nuclear power unit control in the event of perturbations of different nature”. *Herald of Advanced Information Technology*. 2023; 6 (2): 139–151. DOI: <https://doi.org/10.15276/hait.06.2023.9>.

Beglov, K. V., Petik, T. V. & Vataman, V. V. “Analysis of models of an automatic power control system for a pressurized water reactor in dynamic mode with a change in the static control program”. *Proceedings of Odessa Polytechnic University*. 2023; 1 (67): 60–72. DOI: <https://doi.org/10.15276/opu.1.67.2023.08>.

Petik, T., Lobachev, M., Yavorskyi, O. & Holey, V. “Automatic Control System for Changing the Power of a Nuclear Power Unit”. *Electrotechnic and Computer Systems*. 2023; 38 (114): 40–45. DOI: <https://doi.org/10.15276/eltecs.38.114.2023.5>.

Петік, Т. В. & Лобачев, М. В. «Пошук меж представлення внутрішніх збурень активної зони ВВЕР-1000 у вигляді фізико-математичної та апроксимаційної моделей». *Електротехнічні та комп’ютерні системи*. 2024; 39 (115): 55–64. DOI: <https://doi.org/10.15276/eltecs.39.115.2024.6>.

Крім того додатково наукові результати опубліковані в матеріалах міжнародних конференцій.

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

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Петік Т. В. є достатньо високим і базується на детальному аналізі літературних джерел за обраною проблемою, пов’язаною з роботою системи автоматизованого керування АЕС з ВВЕР, гармонійному поєднанні мети та задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставлених та проаналізованих отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, якісному формулюванні отриманих висновків.

Крім того, ступінь обґрунтованості наукових положень доведено по сформульованим завданням дисертаційного дослідження завдяки яким необхідно було:

- удосконалити тривимірну математичну модель активної зони ядерного реактора типу ВВЕР, для можливості розрахунку вектору керуючого впливу на основі характеристики гомогенного і гетерогенного поглиначів нейтронів;
- удосконалити метод автоматизованого управління плановою зміною потужності ЯЕУ з ВВЕР–1000, на базі математичної моделі реактивності активної зони;
- розробити схему автоматизованої системи управління для циклічного навантаження при змінні температурного поля ядерного реактора на базі різних моделей математичного уявлення, для відомих статичних програм регулювання;
- знайти межу використання представлення існуючих внутрішніх збурень активної зони у вигляді фізико-математичної або апроксимаційної моделей для використання в імітаційному моделюванні для аналізу структур керування.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій доведено застосованими методами дослідження. Для проведення і обґрунтування дисертаційного дослідження були використані: теоретичні засади формування рівнянь матеріального балансу та чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь при розробці математичної моделі реактора; методи імітаційного моделювання та теорії автоматичного керування при розробці математичної моделі реактора; числові методи аналізу та узагальнення результатів для пошуку меж використання математичних моделей урахування внутрішніх збурень ЯЕУ; апроксимація експериментальних даних для побудови спрощених моделей.

Також доведено, що ступінь обґрунтованості наукових положень відповідністю роботи ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тема та мета дисертаційної роботи узгоджуються з ціллю освітньо-наукової програми ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». А саме, забезпечення розвитку науково-педагогічних компетентностей майбутніх докторів філософії для проведення власного наукового дослідження та захисту дисертації за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Наукові результати дисертаційної роботи відповідають програмним предметним, фаховим і інноваційним компетентностям ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»:

СК1. Здатність проводити моделювання об'єктів та систем керування.

СК2. Здатність проводити оцінку якості функціонування автоматизованих систем керування.

СК3. Знання та глибоке розуміння предметної області, розуміння професійної та наукової діяльності.

СК4. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з автоматизації, комп'ютерних технологій, приладобудування та суміжних галузей.

СК5. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англомовних наукових текстів за напрямом досліджень.

СК6. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, синтезу, проектування систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК7. Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті, дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК8. Здатність розробляти, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи проектування, виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання.

СК9. Володіти знаннями щодо принципів, методів та способів зі створення алгоритмів та програмного забезпечення для приладів автоматизованих систем.

СК10. Володіння методами та підходами до параметричного та структурного управління обладнанням в теплоенергетичних установках.

СК11. Здатність проводити ідентифікацію та контроль параметрів об'єктів керування.

СК12. Здатність розробляти регулятори і алгоритми програмного та слідкуючого керування рухом для електромеханічних систем автоматизації.

СК13. Здатність моделювати та досліджувати за допомогою сучасних програмних та апаратних засобів процеси в електромеханічних системах автоматизації.

СК14. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електромеханічних об'єктів та систем керування.

СК15. Володіння методами розробки, діагностування та забезпечення надійності електромеханічних систем автоматизації.

СК16. Здатність проектувати різноманітні вироби, автоматизовані системи та технологічні процеси з використанням засобів автоматизації проектування та досвіду розробки конкурентоспроможних виробів

СК17. Здатність розробляти, застосовувати та удосконалювати математичні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань проектування.

СК18. Здатність застосовувати, інтегрувати та аналізувати знання і розуміння з інших інженерних дисциплін.

СК19. Здатність проводити алгоритмізацію завдань проектування та розробляти програми та програмні додатки для виконання завдань автоматизованого проектування з застосуванням сучасних мов програмування.

СК20. Здатність розробляти інформаційне та програмне забезпечення автоматизованих систем керування та проектування.

СК21. Розуміння теоретичних засад, які лежать в основі методів досліджень комп'ютерних технологій та інформаційних систем.

СК22. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

СК23. Системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір.

По дисертаційній роботі є наступні зауваження:

1. Незрозуміло чому параметри, що зустрічаються в тексті та формулах дисертації починаючи зі сторінки 73 розшифровуються лише на сторінці 87.

2. На сторінці 87 сказано, що запропонований поділ активної зони дозволяє розраховувати зміну таких технологічних параметрів об'єкта керування як аксіальний офсет, температура теплоносія першого контуру на виході з реактора, середня температура теплоносія першого контуру, тиск насиченої пари на вході в парову турбіну в різних секторах симетрії та висотних шарах активної зони, а також в теплових збірках. Не зрозуміло, що хотів сказати автор, бо ці параметри не можуть бути характеристикою окремих зон активної зони реактора.

3. На сторінці 129 є посилання на таблицю 1, що необхідно виправити на таблицю 3.1.

4. Зі структурної схеми комп'ютерної системи автоматизації не зовсім зрозуміло чи приймає участь у процесі управління фізико-математична модель, тож варто деталізувати рисунок 4.3.

Наведені зауваження не знижують високий науковий рівень роботи та її наукову і практичну цінність, а скоріш носять характер рекомендації.

Рівень виконання поставленого наукового завдання обумовлюється

Високий рівень поставленого наукового завдання, який полягає у створенні безпечних умов експлуатації ядерної енергетичної установки в динамічних режимах за рахунок розробки схеми автоматизованої системи управління для циклічного навантаження на базі різних моделей математичного уявлення, які застосовуються для пошуку меж використання представлення існуючих внутрішніх збурень активної зони у вигляді фізико-математичної або апроксимаційної моделей для пошуку можливих структур технічних засобів для керування.

Повнотою викладення результатів досліджень в наукових публікаціях за темою дисертації.

Кількість публікацій за темою дисертаційної роботи та часовий інтервал, на якому вони публікувалися, достатньо великі. При оприлюдненні наукових результатів було дотримано вимоги «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно Постанови КМУ №44 від 12.01.2022, із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України № 341 від 21.03.2022, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024.

Наукові результати дисертації, викладені у публікаціях у повній мірі відображають основні результати дослідження. Результати наукових досліджень представлено в 8 друкованих працях у спеціалізованих наукових виданнях, рекомендованих МОН України, а також 5 тезах міжнародних конференцій.

Відсутністю порушення академічної доброчесності.

Петік Т. В. дотримано вимоги академічної доброчесності, що підтверджується протоколом програми StrikePlagiarism від 21.04.2024 року, який опрацьовано фахівцями кафедри Програмних і комп'ютерно інтегрованих технологій та членами групи забезпечення підготовки докторів філософії по ОНП за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», які зробили висновок, що дисертаційна робота відповідає нормам академічної доброчесності. В цілому при підготовці рецензії в тексті дисертації не було знайдено порушення академічної доброчесності.

Значимістю отриманих результатів для практичного використання.

На підставі дисертаційного дослідження можливе вдосконалення комп'ютерної системи автоматизації АЕС з ВВЕР при зміні навантаження ядерного реактора за рахунок інтеграції в імітаційну структурну модель уявлення меж використання апроксимаційної або фізико-математичної моделей, які в залежності від умов сталості розв'язують задачу керування, що дає можливість мінімізувати поточні зовнішні та внутрішні збурення.

Практичні положення дисертаційного дослідження впроваджено в Національному університеті «Одеська політехніка» при підготовці бакалаврів та магістрів за напрямом «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» в Інституті штучного інтелекту та робототехніки (ІШІР) на кафедрі «Програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій» при викладанні наступних дисциплін: Автоматизація виробничих процесів; Моделювання процесів і систем; Сучасні системи керування; Оптимальні та адаптивні системи управління.

Тісним зв'язком проведених здобувачем досліджень з:

– планами, затверджених Міністерством освіти і науки України, які виконано в Національному університеті «Одеська політехніка» і є складовою частиною держбюджетних НДР за темами: «Підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ) за рахунок моделювання нелінійних високоенергетичних динамічних процесів», НДР № 235-47 (№0123U102484) і «Розробка моделі і методу ефективного керування експлуатацією енергоустановок від поновлюваних джерел енергії для забезпечення балансу енергосистеми», НДР № 205-55 (№0122U000565).

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Авторка дисертаційної роботи, Петік Тая Володимирівна у повній мірі оволоділа методологією наукової діяльності, яка відповідає вимогам ОНП 3-го рівня за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», що доводять отримані наукові результатами, які викладено в науковій новизні. Методологія наукового дослідження, яку застосовано для досягнення мети роботи добре узгоджується з ціллю освітньо-наукової програми. В цілому отримані наукові результати дисертаційної роботи відповідають програмним предметним, фаховим і інноваційним компетентностям ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Висновок

Науковий рівень та повнота дисертаційної роботи відповідають вимогам п.п. 7, 8 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» щодо дисертацій, поданих на здобуття наукового ступеня доктора філософії затверджених Постановою КМ України № 44 від 12.01.2022 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» зі змінами внесеними згідно з Постановою КМ України № 341 від 21.03.2022, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024, оскільки наведені в ній науково обґрунтовані результати у сукупності вирішують актуальну наукову задачу, що покращує умови безпечної експлуатації та стабільного виробництва енергії в ядерній енергетичній установці з ВВЕР-1000 шляхом вдосконалення автоматизованої системи управління потужністю, яка враховує межі застосування математичних моделей, що враховують внутрішні збурення активної зони реактора.

Вважаю, що автор дисертації «Удосконалення АСУ ТП за рахунок пошуку меж використання математичних моделей урахування внутрішніх збурень ЯЕУ» Петік Тая Володимирівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування».

Офіційний рецензент

Кандидат технічних наук, доцент кафедри
програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій
Національний університет «Одеська політехніка»

Ольга ТАРАХТІЙ