Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003083

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 09-09-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Петік Тая Володимирівна
2. Taia Petik

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 151

Назва наукової спеціальності: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Галузь / галузі знань: автоматизація та приладобудування

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Дата захисту: 27-08-2024

Спеціальність за освітою: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Місце роботи здобувача: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): 5756

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 50.47

Тема дисертації:

1. Удосконалення АСУ ТП за рахунок пошуку меж використання математичних моделей урахування внутрішніх збурень ЯЕУ

2. Improvement of automated process control systems by searching for the boundaries of using mathematical models accounting the internal disturbances of nuclear power plants

Реферат:

1. Дисертація присвячена розробці умов безпечної експлуатації та забезпечення керованості й сталості виробництва енергії в ЯЕУ при перехідних процесах в реакторі шляхом удосконалення математичних моделей і методів оптимізації АСУ потужністю ЯЕУ з ВВЕР-1000, використовуючи межі представлення внутрішніх збурень активної зони. У першому розділі «Моделювання АСУ ТП енергетичних об’єктів. Проблеми і тенденції галузі енергетики» проведено аналіз сучасного стану ядерної енергетики у світі, розглянуто проблеми систем управління АЕС, тенденції автоматизації для їх вирішення, технології безпечної експлуатації і ризики позаштатних ситуацій, варіанти автономного керування АЕС, зокрема нейронні мережі та глибоке навчання, алгоритми та інформаційні технології параметричної оптимізації, а також моделі і методи автоматизованого управління ЯЕУ. У другому розділі «Математичне моделювання енергоблоку з реактором з водою під тиском як об'єкта керування» представлено розвиток тривимірної математичної

моделі активної зони. Ця модель дозволяє автоматизоване управління в реальному часі, враховуючи характеристики гомогенного і гетерогенного поглиначів нейтронів, що сприяє підтримці сталості електричної потужності та аксіального офсету. Математична модель енергоблоку включає моделі реактора, парогенератора, турбогенератора та інших систем. Модель ЯЕУ розглядається як розподілена багатозонна модель, де керуючі впливи – концентрація борної кислоти та положення регулюючих стрижнів. Математична модель кінетики враховує реакції поділу ядер 235U і 239Pu, що забезпечує точне відтворення динаміки реактора. Модель енерговиділення враховує енергію поділу ядер, а модель теплопередачі деталізує теплові процеси. Моделі ефектів реактивності враховують вплив регулюючої групи, концентрації борної кислоти, зміни потужності та температури, дозволяючи аналізувати та контролювати збурення реактивності. Модель парогенератора описує теплообмін і утворення пари, зв'язки між параметрами, такими як об'єм живильної води, маса та об'єм пари, температурні та теплові впливи, тиск і витрата пари. Модель турбогенератора охоплює динаміку агрегату, враховуючи зміни в потужності генератора, тиску пари та частоті обертань ротора турбіни. Модель урахування запізнювання теплоносія враховує обмежену швидкість переміщення теплоносія та його вплив на теплові процеси. Представлені математичні моделі є важливим інструментом для досліджень та покращення систем управління ЯЕУ. У третьому розділі «Імітаційне моделювання керування енергоблоком з ВВЕР-1000 при внутрішніх та зовнішніх збуреннях» представлено спрощену структуру розподіленої моделі активної зони реактора. Модель поділена на зони за висотними шарами, секторами за сегментами 60° симетрії та ділянками групи ТВЗ всередині сектора за строком експлуатації. Комплексна комп’ютерна імітаційна модель енергоблоку як об'єкта керування включає моделі реактора, парогенератора, турбогенератора та запізнювання теплоносія в трубопроводах. Розглянуті статичні програми регулювання потужності енергоблоку, проведені їх систематизація та аналіз з представленням результатів у вигляді таблиці, що допомогло при виборі стратегії керування. Метод автоматизованого управління плановою зміною потужності ЯЕУ, що отримав подальший розвиток, складається з трьох контурів керування: один підтримує зміну потужності реактора за рахунок рівноважної моделі концентрації БК в теплоносії, другий підтримує необхідне значення аксіального офсету зміною положення регулюючих стрижнів ОР СУЗ, а третій температурний режим теплоносія за рахунок регулювання положення головних клапанів ТГ. У четвертому розділі «Вдосконалена автоматична система регулювання потужності енергоблоку АЕС з ВВЕР-1000» досягнуто мету дослідження. Розглянуто різні підходи до управління реактором у маневреному режимі, вказуючи на ефективність управління аксіальним офсетом, зниження ксенонових перехідних процесів та мінімізацію водообміну. Розроблено структурну схему АСУ для циклічного навантаження, що враховує фізико-математичну та апроксимаційну моделі об’єкта для трьох статичних програм регулювання. Це дозволило виявити ефективні стратегії управління, забезпечуючи стійкість активної зони та оптимальну структуру АСУ. Вдосконалена комп’ютерна система автоматизації ЯЕУ забезпечує стабільне і контрольоване енерговиділення по об’єму активної зони реактора, мінімізуючи зовнішні та внутрішні збурення. Виявлено межу використання фізико-математичної та апроксимаційної моделей для імітаційного моделювання АСУ зміни потужності. Збільшення допустимого відхилення від розрахункових значень реактивності сприяє вхідності значень реактивності, отриманих з апроксимаційною моделлю, до коридору відхилень, що є об'єктом дослідження меж використання внутрішніх збурень активної зони з метою забезпечення балансу між точністю модельованих значень та часом моделювання процесу. Отримані результати можуть бути використані у подальших дослідженнях та розробках для підвищення ефективності та надійності роботи ЯЕУ.

2. The dissertation is devoted to developing safe operation conditions and ensuring energy production controllability and stability in nuclear power units (NPU) during transient processes in the reactor by improving mathematical models and methods for optimizing automated control systems of NPU with VVER-1000, using boundaries of representation of internal disturbances of the core. The first section, “Modeling of automated process control systems for energy facilities: Energy Challenges and Trends”, analyzes the state of nuclear energy globally, examines NPP control system problems, automation trends, safe operation technologies, risks of emergencies, and options for autonomous NPP control, particularly neural networks and deep learning, algorithms

and IT for parametric optimization, and models and methods for automated NPU control. The second section, “Mathematical modeling of NPU with a pressurized water reactor as a control object”, presents the development of a three-dimensional mathematical model of the core. This model enables automated control in real time, considering homogeneous and heterogeneous neutron absorber characteristics, which helps maintain electrical power and axial offset. The NPU mathematical model includes models of the reactor, steam generator, turbogenerator, and other systems. The reactor model is considered as a distributed multi-zone model, where the control actions are boric acid concentration and control rods position. The kinetics mathematical model considers the fission reactions of 235U and 239Pu nuclei, providing an accurate reproduction of reactor dynamics. The energy release model considers nuclear fission energy, and the heat transfer model details thermal processes. Reactivity effects models consider the control group influence, boric acid concentration, power, and temperature changes, allowing reactivity disturbances to be analyzed and controlled. The steam generator model describes heat, steam formation, and relationships between parameters such as feedwater volume, steam mass and volume, temperature, thermal effects, steam pressure, and flow rate. The turbogenerator model covers unit dynamics, considering changes in generator power, steam pressure, and turbine rotor speed. The coolant lag model considers coolant movement speed and its impact on thermal processes. The presented models are essential tools for research and NPU control system improvement. The third section, “Simulation modeling of NPU control with VVER-1000 under internal and external disturbances”, presents a simplified reactor core model, divided into zones by altitude layers, sectors by 60° symmetry segments, and fuel assembly sections within the sector by operation term. A complex simulation model of NPU as a control object includes models of the reactor, steam generator, turbogenerator, and coolant lag in pipelines. Static programs for NPU power control were considered, systematized, and analyzed, with results presented in tables, aiding in choosing a control strategy. The automated control method of planned NPU power changes, which has been further developed, consists of three control loops: one maintains reactor power change through the equilibrium model of boric acid concentration in the coolant, the second maintains axial offset by adjusting control rods, and the third controls coolant temperature by adjusting turbogenerator valves. In the fourth section, “Improved automatic power control system of NPU with VVER-1000”, the research goal was achieved. Different approaches to reactor control in maneuvering mode are considered, indicating the effectiveness of axial offset control, xenon transient reduction, and water exchange minimization. An automated control system structural diagram for cyclic loading has been developed, considering the physical-mathematical and approximation models of the object for three static control programs. This made it possible to identify effective control strategies, ensuring core stability and an optimal control system structure. The improved computer system for NPU automation ensures stable and controlled energy release by reactor core volume, minimizing external and internal disturbances. The boundaries of using physical-mathematical and approximation models for simulation modeling of the automated control system for changing power were identified. Increasing permissible deviation from calculated reactivity values contributes to the entry of reactivity values obtained with the approximation model into the deviation corridor, which is the object of studying boundaries of using core internal disturbances to ensure balance between accuracy of the simulated values and time of process modeling. These results can be used in future research and development to enhance NPU efficiency and reliability.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0123U102484 0122U000565

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 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”. Èlektronnoe Modelirovanie. 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”. Odes’kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi. 2023; 1 (67): 60–72. DOI: https://doi.org/10.15276/opu.1.67.2023.08.
- Петік, Т. В., Лобачев, М. В., Яворський, О. В. & Голев, В. А. «Автоматична система керування зміни потужності ядерної енергетичної установки». Електротехнічні та комп’ютерні системи. 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.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лобачев Михайло Вікторович

2. Mykhailo V. Lobachev

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4859-304X

Додаткова інформація: Web of Science ResearcherID: 36845971100;
https://publons.com/researcher/36845971100;
https://scholar.google.com.ua/citations?user=nWMxs3QAAAAJ&hl=ua;
https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36845971100

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Козлов Олексій Валерійович
2. Oleksiy Kozlov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2069-5578

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Код за ЄДРПОУ: 23623471

Місцезнаходження: вул. 68 Десантників, буд. 10, Миколаїв, Миколаївський р-н., 54003, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ромашов Юрій Володимирович
2. Yurii Romashov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.14.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8376-3510

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тарахтій Ольга Сергіївна

2. Olga S. Tarakhtij

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4266-3481

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Брунеткін Олександр Іванович

2. Olexander Brunetkin

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6701-8737

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, буд. 1, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Тонконогий Володимир Михайлович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Тонконогий Володимир Михайлович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Петік Тая Володимирівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна