Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002457

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-07-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лазорів Наталія Тарасівна
2. Nataliia Lazoriv

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3595-910X

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: 06-09-2024

Спеціальність за освітою: 151 Автоматизація та коп'ютерно-інтегровані технології

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 20.052.032 ID6242

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, буд. 15, Івано-Франківськ, 76019, 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: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, буд. 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 50.43

Тема дисертації:

1. Експериментальні дослідження та синтез системи автоматичного керування тепловим процесом у муфельній печі
2. Empirical modeling and synthesis of the automatic temperature control system for a muffle furnace

Реферат:

1. Муфельні печі невеликі за розміром теплові об’єкти, які використовують як для лабораторних досліджень, так і в промисловості для виготовлення невеликих деталей. Технологічний режим муфельної печі включає в себе три фази: нагрів печі до заданої температури, підтримання температури на заданому рівні і охолодження печі. Піч живиться від електричного джерела енергії, до якого підключені нагрівальні елементи (тени) з матеріалів з великим омічним опором. З точки зору моделювання, муфельна піч є об’єктом з розподіленими параметрами, що ускладнює отримання математичних моделей у термінах «вхід-вихід». Для спрощення процесу моделювання муфельну піч розбивають на зони, кожна з яких розглядається як об’єкт з зосередженими параметрами. У результаті такого підходу отримують систему нелінійних рівнянь, яка

включає ряд теплофізичних параметрів, для визначення яких необхідно провести додаткові експерименти. Після лінеаризації отриманої системи рівнянь і переходу в комплексну область отримують структурну схему об'єкта, на основі якої синтезують систему автоматичного керування температурним режимом муфельної печі. Задача синтезу системи автоматичного керування значно ускладнюється, якщо муфельна піч має два незалежних джерела електричної енергії, до яких під'єднані тени. У таких печах виникають перехресні зв'язки між входами і виходами, що значно ускладнює створення адекватної математичної моделі і погіршує якісні показники процесу керування. Актуальною науковою задачею є проведення експериментальних досліджень з метою побудови адекватних математичних моделей муфельної печі як об'єкта автоматичного керування і на цій основі створення автоматичної системи керування з покращеними динамічними властивостями, що дозволить покращити якість промислових виробів. Експериментальні дослідження мали на меті отримання розгінних характеристик за двома каналами передачі впливів з входу на вихід муфельної печі. Отримані експериментальні дані дали змогу побудувати перехідні характеристики муфельної печі по чотирьом каналам передачі сигналів «вхід-вихід». Їх аналіз показав, що вони мають аперіодичний характер і були апроксимовані передавальними функціями як відношення двох поліномів степенів m і n. За допомогою удосконаленого методу площ, розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення задачі синтезу емпіричних моделей муфельної печі з двома незалежними тенами. Критерієм відбору моделей була сума квадратів відхилення ординат емпіричної моделі від експериментальних даних у точках спостережень. У результаті отримано чотири передавальні функції по кожному каналу передачі сигналів з однаковими структурами, при цьому m=2 і n=3. Побудована структурна схема муфельної печі показала наявність перехресних зв'язків. Для їх компенсації, у контур керування включено компенсатор перехресних зв'язків. Виходячи із умов автономності, отримана передавальна функція компенсатора, і показано, що наявність компенсатора у прямому каналі керування приводить до появи двох одноконтурних систем керування. Кожен із двох незалежних контурів вміщує регулятор з ПІ- або ПІД-алгоритмом керування. Для ПІД- та ПІ-алгоритмів керування були розраховані параметри налаштування регуляторів за мінімальним значенням узагальненого квадратичного критерію. Параметри передавальних функцій муфельної печі мають похибки, зумовлені неточністю експериментальних даних та вибраним методом апроксимації. Для дослідження впливу неточностей параметрів моделей на стійкість систем керування, параметри моделей розглядались як нечіткі величини з трикутною функцією належності, що була апроксимована гаусовою функцією. Перехід від трикутної до гаусової функцій належності дав змогу застосувати до поліномів чисельника і знаменника передавальних функцій правила нечіткої арифметики, щоб отримати вирази передавальних функцій з врахуванням нечіткості їх параметрів. Показано, що при нечітких параметрах емпіричних моделей запаси стійкості за амплітудою залишились незмінними, а за фазою зменшились незначно, що не призводить до втрати стійкості систем автоматичного керування. Компенсатори перехресних зв'язків муфельної печі з реалізовані на цифрових обчислювальних пристроях. Перехід від неперервних до дискретних моделей реалізовано методом Ганкеля, що дало змогу спростити процес моделювання і розрахунку передавальних функцій дискретних компенсаторів. Результати імітаційного моделювання показали задовільну компенсацію дії перехресних каналів керування, а показники якості систем автоматичного керування задовольняють технічні вимоги до автоматичних систем керування муфельних печей. Запропонована структура системи автоматичного керування відповідає технічним вимогам, що висуваються до таких систем, і може бути рекомендована до практичного застосування у промисловості

2. Muffle furnaces are small thermal objects that are used both for laboratory research and in industrial production of small parts. The technological mode of the muffle furnace includes three phases: heating a furnace to a given temperature, maintaining a temperature at a given level, and cooling a furnace. The furnace is powered by an electrical energy source to which heating elements made of materials with high ohmic resistance are connected. From a modeling perspective, a muffle furnace is an object with distributed parameters, which complicates obtaining mathematical models in "input□output" terms. To simplify modeling, a muffle furnace is divided into zones, each of which is considered as an object with concentrated parameters. As a result, a nonlinear equations system is obtained, including a number of thermophysical parameters, for the determination of which additional

experiments are required. After linearization of the obtained equations system and transition to the complex domain, an object's structural diagram is obtained, based on which an automatic control system of the muffle furnace temperature regime is synthesized. Synthesizing an automatic control system becomes more complicated if a muffle furnace has two independent sources of electrical energy. In such furnaces, there are cross-connections between inputs and outputs, that complicates the creation of an adequate mathematical model and worsens the quality indicators of the control process. An urgent scientific task is to conduct experimental research aiming to build adequate mathematical models of the muffle furnace as an automatic control object and, on this basis, creating an automatic control system with improved dynamic properties, which will allow improving the quality of industrial products. Experimental studies aimed at obtaining acceleration characteristics for two channels of influence transmission from the input to the output of the muffle furnace. Obtained experimental data enabled construction of transient characteristics of a muffle furnace on four "input-output" signal transmission channels. Analysis showed that they have an aperiodic character and were approximated by transfer functions as the ratio of two polynomials of m and n degrees. Using the improved method of areas, algorithmic and software support for the synthesis of empirical models of a muffle furnace with two independent furnaces was developed. The criterion for models selection was the sum of ordinates deviation squares of the empirical model from the experimental data at the observation points. As a result, four transfer functions for each signal transmission channel with the same structures are obtained, with m=2 and n=3. The constructed structural diagram of the muffle furnace showed the presence of cross connections. To compensate for them, a cross-connection compensator is included in the control circuit. Based on the autonomy conditions, the compensator's transfer function is obtained. The presence of the compensator in the direct control channel leads to the appearance of two single-loop control systems. Each of two independent circuits contains a controller with a PI or PID control algorithm. For PID and PI control algorithms, the settings parameters of the regulators were calculated based on the minimum value of the generalized quadratic criterion. The parameters of the muffle furnace transfer functions have errors caused by the inaccuracy of the experimental data and the chosen approximation method. To study the impact of inaccuracies of model parameters on the stability of control systems, model parameters were considered as fuzzy values with a triangular membership function, which was approximated by a Gaussian function. The transition from triangular to Gaussian membership functions made it possible to apply the rules of fuzzy arithmetic to the polynomials of the numerator and denominator of the transfer functions in order to obtain the expressions of the transfer functions taking into account the vagueness of their parameters. It is shown that with unclear parameters of empirical models, the amplitude stability margins remained unchanged, while the phase ones decreased slightly, which does not lead to a loss of stability of automatic control systems. Muffle furnace crosslink compensators with implemented on digital computing devices. The transition from continuous to discrete models was implemented by the Hankel method, which made it possible to simplify the process of modeling and calculating the transfer functions of discrete compensators. The results of simulation modeling showed a satisfactory compensation of the action of cross control channels, and the quality indicators of automatic control systems satisfy the technical requirements for automatic control systems of muffle furnaces

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Horbiychuk M., Lazoriv N., Kohutyk M., Manuliak I. Experimental research of muffle furnaces dynamic properties. «Naukovyi visnyk» Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. Dnipro №3 (195). 2023. С. 144¤150. http://nvngu.in.ua/index.php/uk/arkhiv-zhurnalu/za-vipuskami/1896-2023/zmist-3-2023/6630-144

- 2 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т. Дискредитація математичних моделей лінійних об'єктів керування. Journal Věda a perspektivy. Чехія № 1(8) (2022). Pp 241□254. https://doi.org/10.52058/ 2695-1584-2022-1(8)-241-254.
- 3 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т., Когутяк М.І. Синтез автономної системи автоматичного керування температурним режимом муфельної печі. Journal Věda a perspektivy. Чехія № 2(21) (2023). Pp 387□407. https://doi.org/10.52058/ 2695-1592-2023-2(21).
- 4 Gorbiychuk M., Lazoriv N., Chyhur L., Chyhur I. Determining configuration parameters for proportion-ally integrated differentiating controllers by arranging the poles of the transfer function on the complex plane. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Kharkiv, Vol. 5 No. 2(113) (2021): Information technology. Industry control systems. P.80□93. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242869.
- 5 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т., Когутяк М.І. Лазорів А.М. Дослідження динамічних властивостей компенсатора перехресних зв'язків автономної системи керування. Методи та прилади контролю якості. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2022. №2(49). С. 74□88. https://mpky.nung.edu.ua/ index.php/mpky/issue/view/34/2.
- 6 Horbiychuk Mykhailo, Lazoriv Nataliia, Feshanych Lidiia. Determining the effect of fuzziness in the parameters of a linear dynamic system on its stability. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Kharkiv, Vol. 2 No. 4 (110) (2021): Mathematic and cybernetics –applied aspects. P. 15 – 21. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229791.
- 7 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т., Когутяк М.І., Лазорів А.М. Синтез оптимального за параметрами компенсатора перехресних зв'язків автономної системи керування. Вчені записки таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 34 (73) № 3 2023. Частина 1. С.106 – 114. http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/archive?id=125
- 8 Gorbiychuk M.I., Povarchuk D.D., Humeniuk T.V., Lazoriv N.T. Development of the imitation model of the two-stage separation process of oil. Earsten-European Journal of Enterprise Technologies. Kharkiv, 2018. № ½ (92). P. 20 – 27. http://www.irbis-nbuv.gov.ua› irbis_nbuv › cgiirbis_64
- 9 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т., Фешанич Л.І. Дослідження стійкості динамічної системи при врахуванні нечіткості параметрів передавальної функції. "Globalization of scientific knowledge: international cooperation and integration of sciences», 7 травня 2021 року, ГО «Європейська наукова платформа» (Вінниця, Україна) та ТОВ «International Centre Corporative Management» (Відень, Австрія): тези доп. міжн. наук.-практ. конф. с.229-231. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.07.05.2021.045
- 10 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т., Лазорів А.М. Study of stability of linear systems under uncertainty. «Актуальні проблеми автоматизації та управління»: тези доп. міжн. наук.-практ. конф молодих учених і студентів, Луцьк, 30 листопада 2021р.с.6-8.
- 11 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т., Лазорів А.М. Автономна система автоматичного керування температурним режимом муфельної печі. «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості»: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф молодих учених і студентів Івано-Франківськ, 13 жовтня 2022р.
- 12 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т. Емпіричні моделі муфельних печей. «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості»: тези доп. всеукр. наук.-практ. конф молодих учених і студентів Івано-Франківськ, 13 жовтня 2022р.
- 13 Горбійчук М.І., Лазорів Н.Т., Лазорів А.М. Зменшення порядку моделей компенсатора перехресних зв'язків автономної системи керування. «Інформаційні технолгії і автоматизація-2022»: тези доп. міжн. наук.-практ. конф, Одеса, 20-21 жовтня 2022р.с.68-71. https://ontu.edu.ua/download/konfi/2022/Collection-of-abstracts-of-the-conference-ITIA-2022.pdf

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горбійчук Михайло Іванович
2. Mikhailo Horbiychuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8586-1883

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, буд. 15, Івано-Франківськ, 76019, 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. Мещеряков Леонід Іванович
2. Leonid Meshcheriakov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9579-1970

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02070743

Місцезнаходження: проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Демків Любомир Ігорович

2. Lyubomyr Demkiv

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2802-3461

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Борин Василь Степанович
2. Boryn Vasyl S

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, буд. 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Заячук Ярослав Іванович
2. Zaiachuk Yaroslav I.

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, буд. 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Шекета Василь Іванович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Шекета Василь Іванович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Лазорів Наталія Тарасівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна