

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000611

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 19-02-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кузик Ростислав-Іван Валерійович

2. Rostyslav-Ivan V. Kuzyk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6483-2223

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 141

Назва наукової спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Місце роботи здобувача: 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:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 7741

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:

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

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 45.41.33, 50.43, 50.03.03

Тема дисертації:

1. Синтез енергоформуєчого керування електротехнічними комплексами із застосуванням декомпозиції
2. Synthesis of energy-shaping control of electrical complexes with the use of decomposition

Реферат:

1. Дисертація присвячена вирішенню науково-технічного завдання розвитку систем керування на енергетичній основі складними електротехнічними комплексами в напрямку декомпозиції порт-гамільтонових систем, що описують роботу цих комплексів. Зростаюче ускладнення електротехнічних комплексів ускладнює математичний опис таких систем, а нелінійність таких систем зумовлює складне завдання з синтезу стійких систем керування такими об'єктами. Тому, з огляду задач електротехніки та електромеханіки, актуальним є вивчення можливості застосування декомпозиції до порт-гамільтонових систем, які описують процеси в складних електротехнічних комплексах, з метою спрощення подальшого синтезу систем енергоформуєчого керування. Проведено аналіз літературних джерел за тематикою роботи. Здійснено огляд складних електротехнічних комплексів та їхніх складових. Розглянуто теоретичні засади щодо систем керування, що базуються на енергетичних підходах, їх методику та проблематику щодо синтезу систем керування складними електротехнічними комплексами. Здійснено аналіз існуючих методів декомпозиції складних нелінійних систем та можливості їхнього застосування до порт-гамільтонових

систем (ПГС). Сформовано основі задачі дисертаційного дослідження. Здійснено класифікацію перспективних способів декомпозиції ПГС, що описують на енергетичній основі роботу складних електротехнічних комплексів, на дві групи – структурна декомпозиція та режимна декомпозиція. У свою чергу, структурну декомпозицію розділено на каскадну, паралельну та комбіновану. Здійснено аналіз наведених способів декомпозиції, розглянуто особливості їх реалізації та обґрунтовано переваги і недоліки кожного з підходів. Для кожного із запропонованих способів наведено приклад його застосування до електротехнічного комплексу та визначено специфіку подальшого синтезу системи енергоформуючого керування (СЕФК). Здійснено застосування структурної декомпозиції до ПГС складного автономного електротехнічного комплексу, який генерує електроенергію з відновлюваних джерел вітру і сонця та нагромаджує її в гібридній акумуляторно-суперконденсаторній системі зберігання енергії. Отримано математичну модель сьомого порядку для загальної ПГС комплексу та системи п'ятого та другого порядків для трьох порт-гамільтонових підсистем, на які декомпоновано загальну систему. Здійснено структурні синтези СЕФК загальною та декомпонованою системами, в результаті чого було отримано множини формувачів керуючих впливів (ФКВ). В середовищі Matlab/Simulink здійснено комп'ютерне моделювання досліджуваних комплексів із синтезованими СЕФК, знайдено кращі структури ФКВ та проведено їхній адаптивний параметричний синтез. Здійснено порівняльний аналіз роботи СЕФК загальної та декомпонованої систем, який показав практично однакову їх якість керування. Так, у розглянутій в розділі задачі структурна декомпозиція електрогенеруючого та енергонагромаджуючого комплексу з отриманням трьох СЕФК дала змогу зменшити кількість незалежних взаємозв'язків та демпфувачів з 28 у СЕФК всім комплексом до 15 у найбільшій із СЕФК підсистем, на які декомпоновано загальну ПГС, що на 46% менше. Здійснено застосування режимної декомпозиції ПГС електропривода транспортного засобу на базі двигуна постійного струму на основі двонапрявленого Zeta-SEPIC DC-DC перетворювача. Zeta DC-DC перетворювач забезпечував керування приводом в тяговому режимі роботи, а SEPIC DC-DC перетворювач – в гальмівному. В результаті застосування режимної декомпозиції було отримано ПГС двох підсистем, які працюють у вказаних режимах, для яких було реалізовано структурний синтез СЕФК. При цьому було розглянуто три ступені енергоформування – напруги якоря, струму якоря двигуна та його кутової швидкості. Для кожного з цих випадків здійснено параметричний синтез кращих ФКВ та адаптацію їх параметрів для забезпечення однакового рівня швидкодії системи за різних її станів. Проведене комп'ютерне моделювання та симулювання роботи досліджуваної системи електропривода в різних режимах роботи та показало ефективність застосування режимної декомпозиції. Здійснено верифікацію теоретичних досліджень. Сконструйовано макетний взірець привода та розглянуто його складові: модуль акумуляторної батареї, DC-DC перетворювач та електромашинний комплекс. Здійснено реалізацію СЕФК з енергоформуванням струму якоря двигуна на базі мікроконтролера з застосуванням режимної декомпозиції.

2. The dissertation is devoted to solving the scientific and technical problem of developing energy-based control systems for complex electrotechnical complexes in the direction of decomposing port-Hamiltonian (pH) systems that describe the operation of these complexes. The increasing complexity of electrotechnical complexes complicates the mathematical description of such systems, and the nonlinearity of such systems causes a challenging task of synthesizing stable control systems for such objects. Therefore, from the perspective of electrical engineering and electromechanics tasks, it is relevant to study the possibility of applying decomposition to port-Hamiltonian (pH) systems that describe processes in electrotechnical complexes to simplify the subsequent synthesis of energy-shaping control systems (ESCS). An analysis of literature sources on the topic of the work was carried out. A review of electrotechnical complexes and their components was made. The theoretical foundations of control systems based on energy approaches, their methodology, and the challenges related to synthesizing control systems for electrotechnical complexes were considered. An analysis of existing methods for decomposing complex nonlinear systems and their applicability to pH systems was carried out. The main objectives of the dissertation research were formulated. A classification of prospective methods for decomposing pH systems describing the operation of electrotechnical complexes based on energy principles was conducted. These methods were divided into two groups: structural decomposition and mode decomposition. In turn,

structural decomposition was divided into cascade, parallel, and combined types. The presented decomposition methods were analyzed, their implementation features were considered, and the advantages and disadvantages of each approach were substantiated. For each proposed method, an example of its application to an electrotechnical complex was provided, and the specifics of the subsequent synthesis of the ESCS was determined. A structural decomposition was applied to the pH system of a complex autonomous electrotechnical complex that generates electricity from the renewable wind and solar sources and stores it in a hybrid battery-supercapacitor energy storage system. A seventh-order mathematical model was obtained for the general pH system of the complex and fifth- and second-order systems were obtained for three pH subsystems, into which the general system was decomposed. Structural syntheses of the ESCSs for the general and decomposed systems were carried out resulting in sets of control influence formers (CIF). In the MATLAB/Simulink environment, a computer modeling of the investigated complexes with synthesized ESCSs was performed, the best CIF structures were found, and their adaptive parametric syntheses were conducted. A comparative analysis of the operation of the ESCSs of the general and decomposed systems showed almost identical control quality, with a significant simplification of the synthesis process by approximately 46% due to the application of decomposition. A comparative analysis of the operation of the general and decomposed ESCSs systems was carried out, which showed almost the same quality of their control. Thus, in relation to the problem, the structural decomposition of the electric generator and the energy storage complex for the production of three ESCSs will allow reducing the number of independent interconnections and damping from 28 in the ESCSs in the entire complex to 15 in the largest of the ESCSs subsystems, into which the general pH is decomposed, which is 46% less. A mode decomposition of the pH system of a vehicle electric drive based on a DC motor with a bidirectional Zeta-SEPIC DC-DC converter was applied. The Zeta DC-DC converter provided drive control in the traction mode, while the SEPIC DC-DC converter handled the braking mode. As a result of the mode decomposition, the pH subsystems were obtained for the respective modes, for which structural synthesis of the ESCS was implemented. At the same time, three levels of energy shaping were considered: the armature voltage, the armature current, and the angular velocity of the motor. For each of these cases, the parametric synthesis of the best CIFs was carried out, and their parameters were adapted to ensure the same level of system speed under different states. Computer modeling and simulation of the electric drive system in various operating modes were conducted, demonstrating the effectiveness of modal decomposition. The verification of theoretical studies was conducted. A mock-up model of the drive system was constructed, and its components were examined: the battery module, DC-DC converter, and electromechanical complex. The ESCS for armature current of the motor was implemented based on a microcontroller using mode decomposition.

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:

- Shchur I., Lis M., Kuzyk R.-I. Structural decomposition of the passivity-based control system of wind-solar power generating and hybrid battery-supercapacitor energy storage complex // Dynamics. 2024. Вип. 4. С. 830–844.
- Білецький Ю., Кузик Р.-І., Ломпарт Ю. Синтез та аналіз системи енергоформуючого керування вітросонячною енергоустановкою з гібридною системою накопичення енергії // Електроенергетичні та електромеханічні системи. 2020. Вип. 1. С. 8–17.
- Biletskyi Y., Shchur I., Kuzyk R.-I. Passivity-based control system for stand-alone hybrid electrogenerating complex // Applied Aspects of Information Technology. 2021. Вип. 2. С. 140–152.
- Kuzyk R.-I., Shchur I. Mode decomposed passivity-based speed control of DC drive with bidirectional Zeta-SEPIC DC-DC converter for light electric vehicles // Herald of Advanced Information Technology. 2024. Вип.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Щур Ігор Зенонович

2. Igor Z. Shchur

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7346-1463

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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Левонюк Віталій Романович

2. Vitaliy R. Levoniuk

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.14.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2113-107X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет природокористування

Код за ЄДРПОУ: 00493735

Місцезнаходження: вул. Володимира Великого, буд. 1, Дубляни, Львівський р-н., 80381, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Островерхов Микола Якович
2. Mykola Y. Ostroverkhov

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7322-8052

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кузнецов Олексій Олександрович
2. Oleksiy O. Kuznyetsov

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0516-5109

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Паранчук Ярослав Степанович
2. Yaroslav S. Paranchuk

Кваліфікація: д.т.н., проф., 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0008-7848-1218

