

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U001121

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Романюк Роман Олександрович

2. Roman O. Romaniuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-3541-6531

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 172

Назва наукової спеціальності: Електронні комунікації та радіотехніка

Галузь / галузі знань: електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Телекомунікації та радіотехніка

Дата захисту: 04-05-2026

Спеціальність за освітою: Телекомунікації та радіотехніка

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, 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 12723

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, 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, 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: 45.03, 47.01.77, 47.03.01, 47.05, 47.05.05

Тема дисертації:

1. Удосконалення частотного символьного методу аналізу LPTV кіл у середовищі MATLAB
2. Advanced Frequency Symbolic Method for Analyzing LPTV Circuits in MATLAB

Реферат:

1. У дисертаційній роботі розв'язано актуальну задачу, яка усуває існуючий суттєвий недолік експоненціального зростання часу аналізу складних LPTV кіл, параметри яких періодично змінюються у часі, при зростанні їх складності та запропоновано шляхи вирішення виникаючих при цьому задач меншого порядку. Розроблені, в межах цієї дисертаційної роботи, методи забезпечують можливість математичного моделювання LPTV кіл із десятками, сотнями, а в деяких випадках, і тисячами вузлів та елементів (як змінних в часі, так і постійних). Одним із чинників експоненціального зростання складності аналізу LPTV кіл є перехід від символьної системи лінійних диференціальних рівнянь до її представлення у частотній області символьною системою лінійних алгебраїчних рівнянь. Вперше використано полігармонічні матричні моделі елементів LPTV кола, матриці яких описують кожен елемент у частотній області. Моделі називаємо полігармонічними, оскільки вони описують елементи з урахуванням необхідної кількості гармонічних складових сигналу. Ці математичні моделі програмно згенеровані одноразово, зберігаються у бібліотеці моделей, використовуються згідно із завданням на моделювання різних LPTV кіл і не вимагають їх

повторного генерування. Завдяки полігармонічним матричним моделям було розроблено метод формування системи лінійних алгебраїчних рівнянь одразу в частотній області. Удосконалено метод блочних матриць, який з полігармонічних матричних моделей елементів формує систему рівнянь, що описує LPTV коло в цілому, безпосередньо в частотній області. Такий підхід дозволив наблизити (практично зробити рівними) витрати комп'ютерного часу на формування системи рівнянь складного LPTV кола до витрат часу на формування системи рівнянь такого ж кола, вважаючи його параметри в часі постійними. Це дало змогу аналізувати більш складні LPTV кола, оскільки витрати часу на формування системи рівнянь тепер зростають не експоненціально, як у ЧС-методі, а лінійно. Іншим чинником експоненціального зростання витрат часу на аналіз складних LPTV кіл є матриці високих порядків, розмір яких залежить від кількості вузлів у колі. Для зниження складності аналізу LPTV кіл та зменшення витрат комп'ютерного часу на формування передавальної функції, застосовано метод підсхем, зокрема метод D-дерев. Оскільки метод D-дерев можна застосовувати лише до систем лінійних алгебраїчних рівнянь, складених методом вузлових напруг, то згідно методу вузлових напруг, матриці елементів є матрицями провідностей, які за наявності індуктивностей в колі утворюють системи лінійних інтегро-диференціальних рівнянь з наявними інтегральними виразами. Однак, перетворення Л.А. Заде можна застосовувати лише до системи лінійних диференціальних рівнянь. Тому, досліджено і реалізовано оригінальний підхід до усунення таких небажаних інтегральних виразів. Показано, що застосування, традиційного диференціювання системи рівнянь LPTV кола не є ефективним, тому що воно, зазвичай, підвищує порядок системи рівнянь та створює у цьому випадку додаткові труднощі, пов'язані з неможливістю усунення інтегралів. Тому в роботі розглядається застосування заміни змінних до символічної системи лінійних інтегро-диференціальних рівнянь, що дає змогу усунути небажані інтегральні члени без збільшення громіздкості системи рівнянь. Для апробації розроблено низку програмних модулів: п функцію формування полігармонічних матричних моделей для провідності, ємності та індуктивності з або без урахування методу заміни змінних; п функцію формування системи лінійних алгебраїчних рівнянь складного LPTV кола у частотній області за методом блочних матриць; п функцію перетворення тригонометричної апроксимації на експоненціальну та обчислення вихідної напруги за частковими розв'язками методу Крамера; п функцію застосування методу D-дерев до моделі довгої параметричної лінії; п утиліту для формування амплітудно-частотної характеристики LPTV кіл. Досліджено модель втратної лінії передачі з параметричними елементами. Досліджено вплив різної кількості ланок на гармонічний склад сигналу: при парній кількості ланок відбувається пригнічення певних гармонічних складових, а при непарній – їх підсилення. Також продемонстровано широкий спектр можливостей з використанням одної моделі для різних задач: змішувач частот, підсилювач. Виконано комп'ютерне дослідження моделі параметричної довгої лінії з кількістю ланок до 128, що перевищує можливості системи UDF MAOPCs 2018. Встановлено, що збільшення кількості гармонічних складових апроксимації передавальної функції зменшує відхилення результатів від програми числового моделювання Micro-Cap 12 (менше 0.02 % при трьох гармонічних складових). Параметрична модуляція індуктивностей забезпечує підсилення вихідного сигналу на 18 % порівняно з моделлю довгої лінії з постійними параметрами. Отримано амплітудно-частотну характеристику моделі параметричної довгої лінії, що дає змогу аналізувати вплив частоти вхідного сигналу впливає на передавальні властивості кола.

2. In this dissertation, a relevant problem is solved, namely the elimination of the significant drawback of exponential growth in analysis time for complex LPTV circuits with periodically time-varying parameters as their complexity increases. Approaches for solving the resulting lower-order subproblems are proposed. The methods developed within this dissertation provide the possibility of mathematical modeling of LPTV circuits with tens, hundreds, and, in some cases, thousands of nodes. One of the factors contributing to the exponential increase in the complexity of analyzing LPTV circuits is the transition from a symbolic system of linear differential equations to its representation in the frequency domain as a symbolic system of linear algebraic equations. For the first time, polyharmonic matrix models of LPTV circuit elements are employed, where each matrix describes an individual element in the frequency domain. These mathematical models are generated programmatically only once, stored in a model library, and reused according to the modeling task for various LPTV circuits without requiring

regeneration. Owing to the use of polyharmonic matrix models, a method for forming a system of linear algebraic equations directly in the frequency domain has been developed. The block matrix method has been improved to form the system of equations describing the entire LPTV circuit directly in the frequency domain using the polyharmonic matrix models of the elements. This approach makes it possible to reduce (practically equalize) the computational time required to form the system of equations of a complex LPTV circuit to that required for forming the equation system of the same circuit assuming time-invariant parameters. Another factor contributing to the exponential growth of computation time in the analysis of complex LPTV circuits is the presence of high-order matrices whose dimensions depend on the number of circuit nodes. To reduce the analysis complexity of LPTV circuits and the computational time required to form the transfer function, the subcircuit method was applied, in particular the D-Trees method. Since the D-Trees method can only be applied to systems of linear algebraic equations formulated using the nodal voltage method, the element matrices in such systems are conductance matrices. In circuits containing inductances, this formulation leads to systems of linear integrodifferential equations with integral terms. However, Zadeh's transformation can be applied only to systems of linear differential equations. It is shown that the traditional differentiation of the LPTV circuit equation system is ineffective, as it usually increases the system order and introduces additional difficulties associated with the impossibility of eliminating the integrals. Instead, the dissertation considers the application of a variable substitution to the symbolic system of linear integrodifferential equations, which makes it possible to eliminate undesirable integral terms without increasing the complexity of the equation system. For validation purposes, several software modules have been developed: • a function for generating polyharmonic matrix models for conductance, capacitance, and inductance, with or without applying the variable substitution method; • a function for forming the system of linear algebraic equations of a complex LPTV circuit in the frequency domain using the block matrix method; • a function for converting trigonometric approximations into exponential form and computing the output voltage using partial solutions of Cramer's method; • a function for applying the D-Trees method to a model of a long parametric transmission line; A model of a lossy transmission line with parametric elements has been investigated. The influence of different numbers of sections on the harmonic content of the signal has been analyzed: an even number of sections leads to the suppression of certain harmonic components, whereas an odd number results in their amplification. A wide range of applications using a single model has also been demonstrated, including frequency mixing and amplification. A computational study of a parametric long transmission line model with up to 128 sections was performed, exceeding the capabilities of the UDF MAOPCs 2018 system. It was found that increasing the number of harmonic components in the transfer function approximation reduces the deviation of the results from those obtained using the numerical simulation program Micro-Cap 12 (to less than 0.02% with three harmonic components). Parametric modulation of inductances provides an 18% increase in the output signal compared to a constant-parameter long-line model. The amplitude-frequency characteristic of the parametric long-line model was obtained, enabling analysis of the influence of the input signal frequency on the transfer properties of the circuit.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Romaniuk R. The implementation of the method of reduced matrix D-trees in the UDF MAOPCs environment // Computational Problems of Electrical Engineering (JCPPE). – 2023. – Vol. 13, No. 2. – P. 33–36. DOI:

<https://doi.org/10.23939/jcpee2023.02.033>.

- Шаповалов Ю., Романюк Р., Мінзюк В. Частотний символічний аналіз LPTV кіл високої складності // Вісті вищих учбових закладів. Радіоелектроніка. – 2024. – Т. 67, № 10. – С. 617–625. DOI: <https://doi.org/10.20535/S0021347024120033>.
- Shapovalov Y., Bachyk D., Detsyk K., Romaniuk R., Shapovalov I. Analysis of complex linear periodically time-varying circuits by method of reduced matrix D-trees // Radioelectronics and Communications Systems. – 2023. – Vol. 66. – P. 190–203. (SciVerse SCOPUS). DOI: <https://doi.org/10.3103/S0735272723060018>.
- Шаповалов Ю. І., Бачик Д. Р., Децик К. О., Романюк Р. О., Шаповалов І. Аналіз складних лінійних параметричних кіл методом приведених матричних D-дерев // Вісті вищих учбових закладів. Радіоелектроніка. – 2023. – Т. 66, № 4. – С. 223–235. DOI: <https://doi.org/10.20535/S0021347023060018>.
- Shapovalov Y., Bachyk D., Detsyk K., Romaniuk R., Shapovalov I. Matrix D-Tree method and its application for symbolic analysis of linear periodically time-variable circuits in frequency domain // Radioelectronics and Communications Systems. – 2022. – Vol. 65. – P. 485–496. (SciVerse SCOPUS). DOI: <https://doi.org/10.3103/S0735272722100041>.
- Шаповалов Ю. І., Бачик Д. Р., Децик К. О., Романюк Р. О., Шаповалов І. Ю. Метод матричних D-дерев і його застосування до символічного аналізу лінійних параметричних кіл у частотній області // Вісті вищих учбових закладів. Радіоелектроніка. – 2022. – Т. 65, № 9. – С. 570–581. DOI: <https://doi.org/10.20535/S0021347022100041>.
- Shapovalov Y., Bachyk D., Romaniuk R., Shapovalov I. Parametric matrix models of parametric circuits and their elements in frequency domain // Radioelectronics and Communications Systems. – 2021. – Vol. 64. – P. 413–425. (SciVerse SCOPUS). DOI: <https://doi.org/10.3103/S0735272721080021>.
- Шаповалов Ю. І., Бачик Д. Р., Романюк Р., Шаповалов І. Параметричні матричні моделі лінійних параметричних кіл і їх елементів у частотній області // Вісті вищих учбових закладів. Радіоелектроніка. – 2021. – Т. 64, № 8. – С. 476–488. DOI: <https://doi.org/10.20535/S0021347021080021>.
- Shapovalov Y., Bachyk D., Detsyk K., Romaniuk R. Application of the frequency symbolic method for the analysis of linear periodically time-varying circuits // Przegląd Elektrotechniczny. – 2020. – Vol. 96, No. 3. – P. 93–97. (SciVerse SCOPUS). DOI: <https://doi.org/10.15199/48.2020.03.22>.
- Shapovalov, Y., Bachyk, D., Detsyk, K., & Romaniuk, R. (2020). Definition of models of elements in linear periodically time-varying circuits in frequency domain. 2020 IEEE 21st International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 1–4. <https://doi.org/10.1109/CPEE50798.2020.9238714>
- Шаповалов, Ю. І., Бачик, Д. Р., Романюк, Р. О. (2024). Метод блочних матриць та матричні моделі лінійних параметричних елементів у частотній області. Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми в радіоелектроніці, телекомунікаціях», 133-137. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2024/apr/34397/atrt-2024conferenceproceedings.pdf>
- Shapovalov, Y., Bachyk, D., Detsyk, K., Romaniuk, R., & Shapovalov, I. (2022a). Frequency symbolic analysis of linear periodically time-variable circuits by sub-circuits method. 2022 23rd International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE). <https://doi.org/10.1109/cpee56060.2022.9919673>
- Shapovalov, Y., Bachyk, D., Storozh, V., Detsyk, K., & Romaniuk, R. (2021). Research of long lines with constant and variable parameters using a symbolic method. 2021 IEEE 16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), 50–53. <https://doi.org/10.1109/CADSM52681.2021.9385219>
- Шаповалов, Ю., Бачик, Д., Романюк, Р. (2024). Про адекватність частотного символічного методу аналізу лінійних параметричних кіл. Тези доповідей науково-практичної конференції «Комп'ютерне моделювання та програмне забезпечення інформаційних систем і технологій – 2024», 172-176. https://bukuniver.edu.ua/wp-content/themes/bukuniver/docs/tezy_kmpz_2024.pdf

- Shapovalov, Y., Bachyk, D., Detsyk, K., & Romaniuk, R. (2023). On the adequacy of analysis of linear periodically time-variable circuits by the frequency symbolic method using matrix D-trees. 2023 24th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE), 1–5.
<https://doi.org/10.1109/cpee59623.2023.10285146>
- Shapovalov, Y., Bachyk, D., Romaniuk, R., & Chaban, K. (2019). Modeling linear electrical circuits with time-variable inductances by the frequency symbolic method. 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM).
<https://doi.org/10.1109/cadsm.2019.8779349>

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: підвищення продуктивності праці

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. Шаповалов Юрій Іванович
2. Shapovalov Yuriy

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.09.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0005-4971-3022

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, 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, 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. Рендзіняк Сергій Йосипович

2. Serhii Y. Rendzinyak

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.09.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4544-4871

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Гамола Орест Євгенович

2. Orest Y. Hamola

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.09.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8402-2551

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

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

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Маньковський Спартак Вікторович
2. Spartak V. Mankovskyi

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.12.17**Ідентифікатор ORCID ID:** 0009-0008-5217-6290**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"**Код за ЄДРПОУ:** 02071010**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****VIII. Заключні відомості****Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Гоголюк Оксана Петрівна

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Бешлей Микола Іванович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Бешлей М.І.

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**

Юрченко Тетяна Анатоліївна