

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора технічних наук, професора
СОЛОМЕНЦЕВА ОЛЕКСАНДРА ВАСИЛЬОВИЧА
на дисертацію ДУДНИКА ВЛАДИСЛАВА БАСІРОВИЧА
на тему: «СИНТЕЗ РОЗПОДІЛЕНИХ СТРУКТУР ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОТЕХНІЧНИХ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ
СИСТЕМ НА ОСНОВІ НЕОДНОРІДНИХ ЛІНІЙ»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Під час проектування нових та експлуатації існуючих радіоелектронних засобів різного призначення розробники намагаються одночасно оптимізувати широкий ряд параметрів, що в цілому визначають ефективність передавання інформації: швидкодія, зниження рівня помилок прийому, перешкодозахищеність тощо. Окремим фактором є те, що збільшення кількості, різноманіття, складності радіоелектронних засобів, розміщених у локальних територіальних районах, підвищення потужності передавальних та чутливості радіоприймальних пристроїв в умовах обмеженого частотного діапазону призводять до різкого погіршення електромагнітної обстановки у повітрі та на землі. У деяких випадках радіоелектронні засоби працюють на суміщених та суміжних частотах, що не забезпечує прийнятну якість їхнього функціонування. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають технічні заходи забезпечення умов електромагнітної сумісності за допомогою фільтруючих систем. Основним завданням фільтруючих систем є придушення позасмугових, побічних випромінювань та випромінювань на гармоніках. Це досягається шляхом забезпечення необхідної прямокутності амплітудно-частотної характеристики фільтра в районі основної смуги пропускання, заданої протяжності смуги загородження та рівня загасання в ній. До електричних, конструктивних, експлуатаційних, економічних та інших характеристик пред'являються жорсткі та суперечливі вимоги. Прагнення забезпечити виконання умов електромагнітної сумісності, як правило, супроводжується збільшенням втрат у смузі пропускання, масо-габаритних показників та вартості виробів. Для усунення перелічених вище протиріч триває інтенсивний пошук нових рішень. Тому можна стверджувати, що тема рецензованої дисертації є дійсно актуальною і відповідає науковому рівню дослідження та вказаному напрямку спеціальності, пропонує нові підходи вивчення, аналізу та удосконалення пристроїв та процесів в системах зв'язку.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків.

Метою дисертаційної роботи є розвиток методів синтезу розподілених фільтруючих структур для підвищення ефективності радіотехнічних та телекомунікаційних систем, шляхом визначення параметрів та розробки нових типів еквівалентних схем на основі неоднорідних ліній, що відповідає пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, наведеними в «Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок та середньострокових пріоритетних напрямків інноваційної діяльності загальнодержавного та галузевого рівнів», затвердженому Постановою Кабінету міністрів України № 942 від 7 вересня 2011 р., зі змінами згідно Постанови №782 від 12 липня 2022 р.

Детальний аналіз представленої на розгляд роботи, показує відповідність поставлених часткових задач, змісту дослідження і отриманих висновків вибраній темі дослідження, що стосується процесів у радіотехнічних пристроях частотної фільтрації. Робота базується на ретельному вивченні світового досвіду та стану розв'язання задач з даної проблематики, містить достатній огляд переваг та недоліків існуючих методів синтезу НВЧ пристроїв у телекомунікаційних системах, характеризується високим ступенем наукової обґрунтованості та рівнем використаного методологічного та математичного апарату для підтвердження висунутих теорій.

У процесі вирішення поставленої наукової проблеми основний акцент зосереджується на розробці універсальних методів для створення моделей та еквівалентних схем високовибіркових пристроїв, що дає можливість за допомогою застосування неоднорідних ліній шляхом вибору закону зміни хвильового опору по координаті отримати значний виграш у розрядці спектру резонансних частот, підвищити вибіркові властивості, придушити паразитні смуги пропускання, зробити технологічними вузли, реалізація яких на основі однорідних ліній була б неможливою.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю застосування методів теорії кіл та зокрема фільтрації (методи визначення параметрів хвильових матриць та методи теорії багатополісників), а також методів числового моделювання для прогнозування процесів в розроблених системах у реальних умовах експлуатації. Достовірність наукових висновків у дисертації також підтверджується використанням сучасного апробованого математичного апарату, математичною обґрунтованістю розрахункових перетворень при отриманні аналітичних залежностей. Дані, отримані в результаті синтезу смугопр пропускаючих фільтрів на відрізках неоднорідних ліній показують кращі характеристики в порівнянні з існуючими аналогами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

– вперше отримано аналітичні вирази для визначення характеристичних параметрів неоднорідної лінії (НЛ), за якими визначено чотириполісні параметри нових типів НЛ, що дозволить використовувати класичні методи теорії синтезу фільтрів не тільки на однорідних лініях, а й на основі НЛ;

– вперше визначено хвильовий опір та характеристичні параметри НЛ при зміщенні дійсного нуля або полюса вхідного опору навантаженої однорідної лінії (ОЛ), що дозволяє реалізувати різні залежності характеристичного опору від частоти, таким чином розширюючи клас навантажень, які можуть використовуватися;

– удосконалено метод синтезу фільтрів на відрізках ОЛ з використанням характеристичних параметрів для його застосування до синтезу фільтрів на основі НЛ, в наслідок чого чутливість електричних параметрів фільтра до розкиду конструктивних параметрів фільтрових ланок зменшується порівняно з конструкціями фільтра, синтезованого іншими методами;

– вперше розроблено метод синтезу фільтрів на основі широкопasmової імітації характеристик зосереджених елементів двоступінчастими однорідними лініями з урахуванням впливу стрибків хвильового опору.

Якість і кількість отриманих нових положень відповідає рівню наукових досліджень, що висуваються до здобувачів звання доктора філософії в галузі 17 «Електроніка та телекомунікації».

Практичне значення результатів дослідження.

Практичне значення запропонованих результатів дослідження полягає в тому, що розроблені методи, методики та науково-технічні рішення дозволяють проектувати радіотехнічні пристрої, що перевершують за своїми характеристиками відомі аналоги, та дозволяють ефективно інтегрувати їх у сучасні телекомунікаційні системи. Серед цих результатів слід відзначити:

1. Вирішене завдання розширення класу НЛ, для яких отримані точні рішення для елементів матриці опорів (провідностей). На основі отриманих результатів синтезовані розподілені фільтри на неоднорідних лініях з характеристиками, що перевершують існуючі аналоги.

2. На основі запропонованого методу синтезу фільтрів на основі НЛ розроблені варіанти топології реалізації ФНЧ та ФВЧ. У синтезованому СПФ при використанні шлейфів на НЛ смуга загородження більш ніж у два рази перевищує смугу загородження аналога на ОЛ. Практичне використання таких фільтрів підвищує завадостійкість та перешкодозахищеність телекомунікаційних систем

3. Показано, що розрахунок величини ємності та індуктивності стиків ліній у місцях стрибків хвильового опору дає можливість підвищити точність розрахунків та скоригувати хвильові опори та час затримки відрізків однорідних ліній. Використання стрибка в смужці двоступінчастої лінії дозволило збільшити діапазон реалізації індуктивності в 1,33 рази.

4. У порівнянні з існуючими методами реалізації індуктивності використання двоступінчастої розімкненої лінії на НЛ дозволяє збільшити робочий діапазон відтворення АЧХ зосередженого ФВЧ на 20% .

У додатку до дисертаційної роботи включені документи, які підтверджують фактичне використання науково-практичних результатів дослідження.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 9 наукових працях, серед яких 4 статті у фахових виданнях, 1 у виданні наукометричної бази SCOPUS, 4 доповіді на міжнародних наукових конференціях. Зміст публікацій відповідає темі та етапам проведеного дослідження, в повній мірі дозволяє ознайомитись з отриманими науковими результатами. Вказаний особистий внесок автора в кожній з публікацій. Рівень апробації відповідає вимогам, що висуваються МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності і відповідності встановленим вимогам.

Дисертація має загальноприйнятну структуру, складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і містить 118 сторінок тексту, 70 рисунків, 1 таблицю, 4 сторінки додатків. Список використаних джерел містить 108 найменувань і займає 10 сторінок. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 143 сторінки.

У вступі обґрунтовується вибір теми дослідження, актуальність і стан наукової проблеми. Зокрема окреслена актуальна наукова проблема, визначено основну мету і завдання дослідження. Чітко сформовано новизна і практична цінність отриманих результатів, що відповідають поставленим задачам. Відображено відомості про апробацію та впровадження результатів дослідження, конкретизовано особистий внесок автора у працях, написаних у співавторстві.

У першому розділі проведено загальний аналіз стану і перспектив розробки розподілених фільтруючих пристроїв. Виявлено проблему та часткові задачі дослідження. Вибрано і обґрунтовано методи дослідження.

У другому розділі здійснено визначення характеристичних параметрів неоднорідної лінії як базового елемента, що дозволить використовувати класичні методи теорії синтезу фільтрів не тільки на однорідних лініях, а й на основі НЛ.

Третій розділ присвячено розрахунку параметрів фільтрових ланок на основі неоднорідних ліній зі зміщеним дійсним нулем вхідного опору. Здійснено аналіз і оцінка фільтруючих властивостей нових типів ланок на основі НЛ. Наведено приклади реалізації залежностей характеристичного опору від частоти для різних типів ланок на неоднорідних лініях, що розширює клас використовуваних навантажень при фільтрації та узгодженні у ширшій області частот порівняно з колами, побудованими на ОЛ.

В четвертому розділі на основі попередніх теоретичних положень запропонованого методу синтезу фільтрів з використанням неоднорідних ліній, розроблені варіанти топології реалізації ФНЧ та ФВЧ з характеристиками, що перевершують існуючі аналоги. Визначено матриці провідностей та опорів нових типів неоднорідних ліній, які збільшують елементну базу проектування фільтруючих та узгоджувальних пристроїв. Вперше розроблено метод синтезу фільтрів на основі широкосмугової імітації характеристик зосереджених елементів двоступінчастими однорідними лініями з урахуванням впливу стрибків хвильового опору. Підсумковий розділ включає найбільш вагомі наукові та практичні напрацювання дослідження й конкретизує проблеми, вирішення яких можливе з допомогою наведених у дисертації результатів.

Висновки до роботи містять узагальнену інформацію щодо ключових отриманих результатів, оцінку отриманих переваг і недоліків у порівнянні з існуючими аналогами. Зміст та висновки роботи свідчать про те, що поставлене завдання є виконаним в повній мірі.

Послідовність та оформлення викладу матеріалів, наукових положень й висновків відповідає вимогам до дисертаційного дослідження та забезпечує їхнє сприйняття й розуміння фахівцями галузі. У дисертації достатньою мірою наведено графічний та табличний матеріали результатів дослідження. Запропоновано також ряд нових еквівалентних схем частотно селективних пристроїв, придатних для впровадження в високошвидкісних радіосистемах зв'язку. У результаті цього отримано важливі практичні результати, що полягають у створенні пристроїв з якісно новими функціональними можливостями і з покращеними характеристиками, які представляють практичний інтерес для широкого застосування.

Використання чужих ідей та результатів без посилань, а також невідповідність змісту дисертації освітньо-науковій програмі підготовки докторів філософії не виявлено.

Зауваження до дисертації.

1. Одним з вагомих результатів другого розділу є отримання аналітичних виразів для визначення характеристичних параметрів неоднорідних ліній, проте остаточні формули моделі, що містяться на стор. 61–66, варто винести в додатки роботи для полегшення структури роботи.

2. Частина підпису під рисунком 3.4 на стор. 71 відірвана від рисунка і розміщена на наступній сторінці.

3. Для рисунків 4.11 на стор. 98 та 4.16 на стор.102 відсутні пояснення графіка по осі ординат.

4. Дослідження топологій фільтрів ФНЧ та ФВЧ (пункт 4.1.1) стосується кіл зі ступінчастими нерегулярностями. Не приділена увага особливостям застосування НЛ з плавною зміною характеристичного опору.

5. У висновках до пункту 1.4, що присвячений огляду особливостей застосування числових методів синтезу фільтруючих пристроїв НВЧ вказано обмеження можливостей розробників з огляду на те, що при використанні машинних методів проектування використовується база даних, складена на основі однорідних ліній (ліній із постійним хвильовим опором). У роботі не досліджується питання можливості і складності впровадження і розширення існуючих баз даних для проектування елементами НЛ.

6. При викладенні методів і процедур синтезу фільтрів відсутній огляд питання впливу неточності виготовлення та взаємного позиціювання елементів фільтру на його радіотехнічні параметри.

Усі зазначені зауваження суттєво не знижують оцінку виконаних досліджень загалом і не впливають на якість і цінність роботи В. Б. Дудника.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Дудника Владислава Басіровича на тему: «Синтез розподілених структур фільтрації для підвищення ефективності радіотехнічних та телекомунікаційних систем на основі неоднорідних ліній» є унікальною, оригінальною та закінченою науковою працею, яка успішно вирішує актуальну наукову проблему, містить поєднання розвитку теорії кіл щодо фільтрації з авторськими висновками та практичними рекомендаціями.

Робота пропонує нові, науково обґрунтовані теоретичні та практичні відкриття і концепції, що відображають особистий науковий внесок автора в цю галузь та є оприлюднені у відповідних публікаціях.

Дисертаційна робота відповідає освітньо-науковій програмі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» та вимогам постанови № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженої Кабінетом Міністрів України від 12 січня 2022 р. (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 341 від 21.03.2022 р.) та рекомендується до захисту, а її автор, Дудник Владислав Басірович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Офіційний рецензент
Доктор технічних наук, професор,
професор кафедри телекомунікаційних
та радіоелектронних систем
Національного авіаційного університету



Олександр СОЛОМЕНЦЕВ

«8» серпня 2024 року

