

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора

ЛИСЕЧКА ВОЛОДИМИРА ПЕТРОВИЧА

на дисертаційну роботу

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
Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Актуальність теми дисертаційної роботи. Робота практично всіх сфер промисловості, індустрії та життєзабезпечення людей залежить від ефективності і результативності систем передавання і обробки інформації. Швидке зростання ринку цифрових технологій обміну інформацією та поява технологій Інтернету речей призвело до експоненціального зростання швидкості передачі даних; зростання кількості абонентів телекомунікаційних мереж загостило проблему нестачі частотного ресурсу, що вимагає використання більш ефективних структур фільтрації для забезпечення надійного та швидкого обміну даними. Слід відмітити, що акцент на дослідженні і розробці удосконалених високовибіркових структур та кіл фільтрації для радіотехнічних систем може значно підвищити безпеку та стійкість систем зв'язку, що є критично важливим для національної безпеки та оборони. Для підвищення їх функціональних характеристик використовується реалізація на базі операційних інтегральних схем, що передбачає вимоги зменшення масогабаритних розмірів фільтруючих пристроїв.

На сьогодні використовується широкий ряд методів синтезу таких вибірових елементів НВЧ техніки, проте можливості удосконалення параметрів фільтруючих пристроїв на основі традиційних елементів однорідних ліній (ОЛ) вже досягли своєї межі. Залишаються нерозв'язаними проблеми присутності паразитних каналів прийому фільтрів НВЧ техніки, внаслідок чого відбувається зниження завадостійкості пристроїв, недостатності крутизни спадання АЧХ, що призводить до необхідності збільшення кількості ланок кіл фільтрації та збільшення рівня втрат резонаторів.

Дисертаційна робота Дудника В. Б., подана до розгляду, вирішує актуальну наукову задачу розробки 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. Запропонований підхід до синтезу кіл фільтрації та узгодження на основі неоднорідних ліній, що характеризуються змінним по довжині хвильовим опором показує набагато більші можливості

реалізації заданої АЧХ завдяки можливості підбору величини хвильового опору і структури з'єднання неоднорідних ліній. Робота базується на застосуванні сучасної теорії розподілених кіл до моделювання та проектування нових високовибіркових пристроїв у діапазоні НВЧ на основі нерегулярних планарних структур.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Предметом дослідження дисертаційної роботи є розподілені фільтри на неоднорідних лініях передачі, результати дослідження яких включають розробку нових моделей і методів синтезу фільтрів з покращеними характеристиками. Достовірність отриманих результатів підтверджується достатнім науковим обґрунтуванням що супроводжує розв'язання всіх поставлених часткових задач. Зокрема автором розглянуто основні методи синтезу фільтрів на основі зосереджених елементів, визначення характеристичних параметрів, чисельних методів проектування та оптимізації, аналіз яких показує обмеження і недоліки використання однорідних ліній для реалізації максимального потенціалу електричних характеристик фільтрів. Таким чином всі науково-практичні результати, отримані автором, спираються на сучасні наукові праці закордонних та вітчизняних дослідників в галузі побудови фільтруючих структур ОІС НВЧ прийомопередаючих трактів систем зв'язку.

Для досягнення мети в дисертаційній роботі послідовно вирішуються наступні задачі: аналітичний огляд методів побудови фільтруючих пристроїв та систем; аналіз характеристичних параметрів нових типів неоднорідних ліній (НЛ) та фільтруючих ланок на їх основі; визначення чотирьохполюсних параметрів структур на основі неоднорідних ліній; розробка методів синтезу фільтрів з урахуванням нових типів НЛ. Така структура роботи забезпечує чіткий і логічний виклад матеріалу, висвітлює основні етапи дослідження, що супроводжуються обґрунтованими висновками.

Викладена у вступі та основних частинах роботи аргументація, що стосується постановки завдання дослідження в цілому та окремих вибраних методів та способів розв'язання часткових завдань показує теоретичну та практичну цінність та важливість роботи як з наукової так і практичної точки зору.

Достовірність отриманих в дисертації наукових результатів підтверджується: коректним формулюванням завдання і відповідністю вихідних даних реальним умовам, достатньою кількістю експериментальних даних, отриманих шляхом комп'ютерного моделювання та порівняльного аналізу з результатами дослідження параметрів і характеристик розроблених частотно-селективних пристроїв, апробацією результатів дисертаційного дослідження в публікаціях автора та участю в наукових конференціях міжнародного рівня та застосуванням результатів досліджень, що підтверджено актами про впровадження, наведеними у додатках дисертаційної роботи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

- вперше отримано аналітичні вирази для визначення характеристичних параметрів НЛ, за якими визначено чотириполюсні 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 неоднорідної лінії при зміщенні дійсного нуля або полюса вхідного опору навантаженої однорідної лінії, 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 широкосмугової імітації характеристик зосереджених елементів двоступінчастими однорідними лініями з урахуванням впливу стрибків хвильового опору.

Всі отримані наукові результати мають безпосереднє відношення до спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка, є оригінальними, показують розвиток та вдосконалення теорії кіл фільтрації, що є актуальним на сучасному етапі розвитку технологій проектування засобів і пристроїв телекомунікаційних мереж.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях. Основні наукові положення та результати дисертаційного дослідження достатньою мірою викладено в працях автора, що включають публікації у фахових виданнях України, матеріали доповідей на конференціях та у виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus. У вступі наведено особистий вклад автора в публікаціях, зміст яких розкриває основні етапи і положення роботи.

Анотація за змістом ідентична матеріалу дисертаційної роботи, повністю відображає структуру дисертаційної роботи, мету, процес і отримані наукові результати дослідження та дає загальне уявлення про якість і цінність дисертаційного дослідження, кваліфікацію і високий науковий рівень підготовки автора.

Практичне значення результатів дослідження.

Метою дисертаційного дослідження є розвиток методів синтезу розподілених фільтруючих структур на основі неоднорідних ліній, що має незаперечну практичну цінність в області підвищення ефективності радіотехнічних та телекомунікаційних систем. Зокрема внаслідок проведення теоретичних досліджень було отримано наступні практичні результати:

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% .

Розроблені методи та науково-технічні рішення показують якісні і кількісні переваги при застосуванні для розробки пристроїв фільтрації радіотехнічних пристроїв у високошвидкісних засобах телекомунікацій та дозволяють проектувати радіотехнічні пристрої, що перевершують за своїми характеристиками відомі аналоги. Практичне впровадження отриманих результатів підтверджується відповідними актами, що містяться в додатках роботи.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та відповідності встановленим вимогам. Дисертаційне дослідження автора представляє собою самостійну, унікальну, завершену наукову роботу, в якій розв'язане актуальне наукове завдання. Дисертація має структуру, що відповідає вимогам до наукових робіт такого рівня, складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 143 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено основну мету, наукові і практичні завдання дослідження, вказано зв'язок між роботою та існуючими науковими планами та програмами, обґрунтовано наукову оригінальність та практичну важливість отриманих результатів, відзначено особистий авторський внесок, описано процес практичної апробації та можливості впровадження отриманих результатів, наведено інформацію про публікації і структуру роботи.

Перший розділ присвячено аналізу особливостей сучасних методів розробки фільтруючих пристроїв. Показано, що при проектуванні пасивних фільтруючих пристроїв переважно використовуються однорідні відрізки ліній передачі, що не дозволяє покращити їх електричні характеристики. Доведено, що доцільно використовувати неоднорідні лінії (НЛ) як базовий елемент пристроїв НВЧ. Сформульовано проблему і часткові задачі дослідження.

У другому розділі розглянуто актуальне питання визначення характеристичних параметрів неоднорідної лінії. Визначено процедуру знаходження вхідного опору НЛ за частковим розв'язанням рівнянь НЛ для струму та напруги з урахуванням навантаження. Описано процес отримання аналітичний виразів для визначення характеристичних параметрів НЛ, за якими визначаються чотириполосні параметри нових типів НЛ, 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 оцінку фільтруючих властивостей нових типів ланок на основі НЛ з використанням методів комп'ютерного моделювання. Здійснено розрахунок частотних залежностей для характеристичних опорів різного виду неоднорідних ланок. Проаналізовано залежність загасання смуги пропускання отриманих фільтруючих структур у широкій області частот.

В четвертому розділі на основі запропонованого методу синтезу фільтрів з використанням НЛ розроблені варіанти топології реалізації ФНЧ та ФВЧ з характеристиками, що перевершують існуючі аналоги. Визначено матриці провідностей та опорів нових типів НЛ, 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. 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. Доведено, що при синтезі СПФ на нових типах НЛ можна використовувати наближений метод Кона та інші методи синтезу фільтрів.

Висновки до розділів і загальні висновки дисертації є обґрунтованими, логічно зв'язаними із процесом поетапного виконання завдань і реалізації мети дослідження.

Загалом послідовність викладу матеріалу має чітку і логічну форму, супроводжується математичними викладками для обґрунтування теоретичних положень та результатами комп'ютерного моделювання характеристик отриманих фільтруючих ланок. В роботі широко використовується графічний та ілюстративний матеріал, що наочно демонструє процес та результати дослідження. Виклад матеріалів, наукових положень і висновків подано доступним і зрозумілим стилем з посиланнями на використані джерела. Порухень академічної доброчесності не виявлено.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

Позитивно оцінюючи рівень розробки наукових і методичних положень, обґрунтованість наукових висновків та пропозицій, необхідно відмітити присутні недоліки:

1. В першому розділі при виконанні аналізу стану і перспектив розробки розподілених фільтруючих структур варто окремо оцінити і вказати вимоги до параметрів сигналів прийомо-передаючих трактів, що відповідають передовим досягненням в галузі телекомунікацій, як вихідних умов для синтезу фільтрів з заданими характеристиками.

2. В пункті 1.5 при аналізі недоліків класичних методів побудови фільтрів на ОЛ, вказано, що використовуючи однорідні лінії важко чи неможливо здійснити широкосмугове узгодження комплексних навантажень. В роботі сформовано принцип і послідовність підбору схеми і хвильового опору НЛ за якої реалізується максимальна смуга узгодження. Доцільно було б проаналізувати та вказати особливості і обмеження використання запропонованих процедур разом з сучасними системами САПР.

3. В пункті 3.1 для визначення характеристичних параметрів НЛ було здійснено моделювання НЛ багатоступінчастою лінією, що складається з 20 однорідних ступенів з однаковим часом затримки. Проте не обґрунтовано вибір числа ступенів і вплив цієї величини на якість отриманої моделі.

4. При постановці завдання розробки методу синтезу фільтрів на НЛ не висвітлюється питання встановлення обмежень, що накладаються на параметри одиночних ліній, необхідні для отримання фізично реалізованих зв'язаних нерегулярних ліній.

5. З метою практичного застосування теоретичних положень варто було б розглянути питання впливу неточності виготовлення та взаємного позиціонування елементів фільтра на його радіотехнічні параметри.

При цьому, зазначені зауваження не мають принципового характеру і не можуть негативно вплинути на загальну позитивну оцінку теоретичного рівня та практичної значущості результатів дисертаційної роботи Дудника В. Б.

Висновок.

Дисертаційна робота Дудника Владислава Басіровича на тему «Синтез розподілених структур фільтрації для підвищення ефективності радіотехнічних та телекомунікаційних систем на основі неоднорідних ліній» є завершеною науковою працею на актуальну тему, містить інноваційні, самостійні авторські, науково обґрунтовані і практично адаптовані результати в галузі телекомунікацій.

Визначальним результатом теоретичних та експериментальних досліджень є розробка нових методологічних основ для використання наближеного методу Кона та інших методів синтезу фільтрів СПФ на нових типах неоднорідних ліній, що розширює клас використовуваних навантажень при фільтрації та узгодженні кіл та дозволяє реалізовувати характеристики радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій, які значно перевершують за своїми параметрами існуючі аналоги.

Дисертаційна робота Дудника В. Б. на тему «Синтез розподілених структур фільтрації для підвищення ефективності радіотехнічних та телекомунікаційних систем на основі неоднорідних ліній» відповідає 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 21.03.2022р.). Автор роботи, Дудник Владислав Басірович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за науковою спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Офіційний опонент

провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу (бойового застосування та експлуатації АСУ авіацією та ППО Повітряних Сил) науково-дослідного управління (розвитку і застосування Повітряних Сил) наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

доктор технічних наук, професор

 Володимир ЛИСЕЧКО

« 11 » 08 2024 року

Підпис Лисечка В.П. засвідчую:

Вчений секретар

Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба

 кандидат філософських наук, доцент

 Людмила ПЕТРОВА