

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.062.19 в Національному авіаційному
університеті

03680, м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1.

ВІГУК

офіційного опонента

професора кафедри кібербезпеки та захисту інформації
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
доктора технічних наук, старшого наукового співробітника

Наконечного Володимира Сергійовича

на дисертаційну роботу Ліщиновської Наталії Олександрівни за темою
«Метод синтезу розподілених високочастотних резонаторів з розрідженим
діапазоном частот для радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій

Ступінь актуальності обраної теми. Частотно-селективні пристрої, надвисоких частот, що широко використовуються в системах зв'язку, в фазованих антенних решітках РЛС, різній вимірювальній та спеціальній радіоапаратурі є найважливішими елементами сучасних РТС. Серед великого різноманіття частотно-селективних пристроїв, застосовуваних в радіотехнічних комплексах і системах, найбільш затребуваними є розподілені фільтри. Найважливішими вимогами, що пред'являються до таких пристроїв, є їх мініатюрність, технологічність у виробництві, низька вартість і високі електричні характеристики. За сукупністю перелічених вимог оптимальними на сьогоднішній день є пристрої на основі полоскових та мікросмужкових ліній передачі, що створюються за планарною технологією. Відомо, що якість фільтрів характеризується, в першу чергу, їх селективністю, яка визначається низкою параметрів амплітудно-частотної характеристики. Перш за все, це крутизна схилів смуги пропускання, рівень загасання в смузі загородження та її довжина, а також величина втрат на частотах смуги пропускання.

До теперішнього часу запропоновано багато конструкцій (топологій провідників) полоскових та мікросмужкових частотно-селективних пристроїв на основі резонаторів, виконаних у вигляді ліній з постійним хвильовим опором (однорідних ліній). Разом з тим, в значній мірі практично

№ 012.03/2021
8/9 03.03.2021

невирішеною залишається найважливіше завдання створення резонаторів, що характеризуються високими частотно-селективними властивостями на частотах дециметрового і особливо метрового діапазонів довжин хвиль. Проте, в цих діапазонах розміри традиційних конструкцій полоскових резонаторів часто виявляються неприйнятно великими, а добротність - недостатньою.

Тому тема дисертаційної роботи, що присвячена синтезу резонаторів з заданими амплітудно-частотними характеристиками, як в області резонансної частоти, так і в області загородження є актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, обумовлена їх широкою апробацією на національному і міжнародному рівнях та підтверджується експериментальними дослідженнями й збігом теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень. Це забезпечено за рахунок використання відомих апробованих методів і фізичних припущень, відсутністю протиріч як з раніше відомими в цій області досліджень результатами, так із загально-фізичними уявленнями, узгодженою відповідністю між теоретичними (чисельними) даними та відповідними власними експериментальними результатами.

Аналіз структури та змісту роботи.

Дисертаційна робота Ліщиновської Н. О. є кваліфікаційною науковою працею, виконаною нею власноручно. Обсяг дисертаційної роботи, що містить вступ, три розділи, висновки і додатки, становить 146 сторінок.

У вступі наведені актуальність, мета та задачі дослідження, наукова новизна, практичне значення одержаних результатів, дані про впровадження, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Перший розділ присвячено аналізу перспективних та існуючих в даний час систем фільтрації, вибору методу дослідження, який полягає в підході до синтезу високодобротних резонансних систем з позицій спектральної теорії неоднорідних ліній в поєднанні з методами чисельного синтезу.

У другому розділі розглянуто питання синтезу високодобротних резонаторів на нерегулярних лініях передачі. Запропоновано метод розрахунку геометричних розмірів (топології) резонаторів по змінному хвильовому опору з урахуванням втрат і вищих типів хвиль. Розроблено методiku синтезу високодобротних резонаторів на відрізках неоднорідних ліній передачі, в якій завдання визначення максимальної добротності резонатора вирішується за допомогою чисельних методів оптимізації. Розроблено методiku синтезу коаксіальних короткозамкнених

високодобротних резонаторів з розрідженим спектром. Розглянуто різні варіанти зміни конструктивних параметрів для досягнення максимальної добротності при заданій розрядці резонансних частот.

У **третьому розділі** наведені експериментальні результати досліджень і проведено їх аналіз. Показано, що при використанні розроблених резонаторів за рахунок збільшення добротності збільшується дальність розвідки. Розроблено пристрій для більш точного вимірювання діелектричного проникнення та пристрій для вимірювання інтенсивності позасмугових випромінювань, що дозволяє надати рекомендації для необхідної області загородження. На підставі результатів аналізу запропоновані рекомендації щодо реалізації розроблених резонаторів та їх застосування в фільтруючих системах радіотехніки та телекомунікацій. Результати експериментальних досліджень підтвердили правильність розробленого методу синтезу резонаторів з підвищеною добротністю.

У **висновках** автором представлені найбільш важливі наукові результати.

У **додатках** до дисертаційної роботи представлені акти впровадження результатів роботи, що використовувались в дослідженнях.

Наукова новизна та практична значимість одержаних результатів. Головним науковим і практичним результатом роботи, що визначає її новизну і відміну від інших робіт в даній предметній області, є розробка методів побудови нових резонаторів на неоднорідних лініях передачі, які перевершують за своїми характеристиками відомі аналоги.

Наукова новизна результатів дослідження, що виносяться на захист, полягає в наступному:

Вперше розроблений метод синтезу резонаторів на нерегулярних лініях передачі. На відміну від відомих способів побудови резонаторів запропонований метод дозволяє одночасно синтезувати розподілені коливальні системи за заданим розподілом резонансних частот в заданій частотній області і величиною добротності основного типу коливань. Запропонований метод розроблений на основі спектрального підходу для синтезу пристроїв на неоднорідних лініях.

Удосконалено теорію резонансних систем на лініях передачі. На відміну від існуючих методів побудови резонаторів, орієнтованих на однорідні лінії та в окремих випадках на неоднорідних лініях, отримані уточнюючі аналітичні вирази, які дозволяють визначати добротність при довільних залежностях хвильового опору і розподілених втрат від координати.

Набули подальшого розвитку:

- метод синтезу високодобротних резонаторів з розрідженим спектром, який на відміну від існуючого дозволяє синтезувати резонатори на відрізках

плавно-неоднорідних ліній передачі. При цьому задача визначення максимального значення добротності, вирішена за допомогою чисельних методів оптимізації;

- математична модель резонатора, відмінною рисою якої є мінімальне число змінних параметрів при використанні чисельних методів оптимізації. На основі цієї моделі здійснено синтез резонаторів по полюсах і лишках вхідного опору і побудована їх цільова функція. З використанням чисельних методів оптимізації знайдені оптимальні значення полюсів і лишків вхідного опору резонатора, які однозначно визначають хвильовий опір резонатора, що володіє максимальною добротністю при заданому розподілі резонансних частот;

- алгоритми синтезу нерегулярних високодобротних резонаторів, що орієнтовані на типи неоднорідних ліній, які найбільш часто використовуються на практиці (коаксіальні, мікрополоскові, симетричні смужкові). Розроблені алгоритми відрізняються від відомих використанням мінімальної кількості варійованих параметрів і дозволяють визначити хвильовий опір резонатора з максимальною можливою добротністю;

- методи оцінки допусків по контролю в процесі виробництва найбільш важливих параметрів конструкції і діелектричних матеріалів, які використовуються при виготовленні резонаторів.

Практична значимість роботи визначається розробкою нових типів резонаторів для фільтрів підвищеної частотної вибіркової для різних телекомунікаційних пристроїв і систем, що перевершують за своїми характеристиками існуючі аналоги.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконані в дисертації дослідження проводились в рамках НДР «Дослідження застосування міліметрового та мультиміліметрового діапазону в телекомунікаційних системах» (державний реєстраційний номер 0114U006294, ДУТ, м. Київ). Особисто автором в зазначеній НДР запропоновано математичну модель резонатора, відмінною рисою якої є мінімальне число змінних параметрів при використанні чисельних методів оптимізації.

Публікації та апробація роботи. Основні наукові положення дисертаційної роботи досить повно викладено у 10 статтях, серед яких статті у виданнях, що входять до переліку фахових видань України, стаття у виданні країни, що входить до Євросоюзу, статтях у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus. Матеріали дисертації пройшли апробацію на вітчизняних та міжнародних наукових конференціях.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації.

Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертаційної роботи та відображає основні положення, що виносяться на захист.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності. Дисертаційна робота Ліщиновської Н.О. за змістом, обсягом та оформленням повністю відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій, за якою вона представлена до захисту.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам до оформлення дисертації. Дисертація і автореферат написані українською мовою. Стиль викладення матеріалів відповідає загальноприйнятому для наукових видань. Дисертаційна робота є завершеним дослідженням, яке містить вступ, три розділи, висновки, перелік використаної літератури та додатки. В роботі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, задачі та наукова новизна досліджень, показані їх зв'язки з науковими програмами та планами, особистий внесок здобувача. Хотілося б відзначити структурованість роботи, чітке розділення досліджень на етапи, логічний зв'язок між ними, достатньо повне викладення суті та змісту проблемно-орієнтованих досліджень, що мають значущу наукову та прикладну цінність.

В цілому текст роботи викладений на високому науково-професійному й технічному рівнях. Наукові положення, висновки та рекомендації викладено чітко й однозначно сприймаються читачем. Оформлення дисертації та автореферату відповідає вимогам п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Разом з тим, слід зазначити, що робота не позбавлена деяких недоліків, які, на мій погляд, полягають у наступному:

1. При визначенні добротності резонаторів автор не враховував випромінювання через кромки мікросмушкових структур, що знижує точність отриманих виразів.

2. Не розглянуто питання чутливості електричних характеристик резонаторів до зміни конструктивних параметрів планарних ліній (товщина підкладки, значення діелектричної проникності, геометрія планарної структури).

3. Не розглянуто питання впливу геометричних параметрів планарних структур на існування вищих типів хвиль, тобто неясно, коли треба враховувати вищі типи хвиль, а коли не слід.

4. При дослідженнях автор необґрунтовано обмежився розглядом тільки амплітудно-частотних характеристик резонаторів. З незрозумілої причини фазові характеристики в дисертації взагалі не розглядалися.

5. Деякий графічний матеріал в дисертації (наприклад, рис. 2.4 та 2.14) краще було б винести в додатки.

6. На стор.57 та стор.91 використовується скорочення ТЕМ, пояснення якому не дається.

Проте, вказані зауваження не зменшують загальної позитивної оцінки роботи, не впливають на достовірність, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

Оцінка дисертації в цілому і висновки. Дисертаційна робота Ліщиновської Н. О. є завершеним науковим дослідженням, виконаним на високому науковому рівні. В дисертації представлено нове розв'язання актуального науково-технічного завдання, пов'язаного з розвитком теорії та практики побудови нових високовибіркових резонаторів в діапазоні НВЧ за рахунок використання неоднорідних ліній передачі.

Вважаю, що дисертаційна робота Ліщиновської Н.О. «Метод синтезу розподілених високодобротних резонаторів з розрідженим діапазоном частот для радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій» має важливе наукове та прикладне значення. За актуальністю розглянутих питань, обсягом виконаних досліджень, теоретичною і практичною цінністю одержаних результатів, ступенем апробації та впровадженням дисертація відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12.2 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 (зі змінами, внесеними згідно з постановами КМ № 656 від 19.08.2015 року, № 1159 від 30.12.2015 року, № 567 від 27.07.2016 року) та вимогам МОН України до кандидатських дисертацій і авторефератів, а її автор Ліщиновська Наталія Олександрівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент,
професор кафедри кібербезпеки та захисту інформації
факультету інформаційних технологій
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

01 березня 2021 року

Наконечний В. С.

