



МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ  
УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНИЙ  
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ  
ТЕХНІКИ  
ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ  
Код 24292711

«05» 06 2023р.

№ 189/2012

03048, м. Київ

Національний технічний  
університет України «Київський  
політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»

Голові спеціалізованої вченої  
ради Д 26.002.14

Пр -т. Перемоги, 37, корп. 1, ауд.  
05, м. Київ, 03056

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Літвінцева Сергія Миколайовича**

на тему «Методи побудови та схемотехнічні рішення мікросмужкових  
смуго-пропускних фільтрів»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.12.13 — Радіотехнічні пристрої та засоби  
телекомунікацій

### Актуальність теми дисертаційної роботи

В сучасному світі бездротові комунікаційні системи стали не лише невід'ємною частиною суспільства, а й важливим інструментом у розробці та реалізації різноманітних технологічних рішень. Незалежно від конкретного стандарту передачі даних, важливим етапом в таких системах є ефективне виділення корисного сигналу з отриманої сигнальної суміші. Це досягається шляхом використання спеціалізованих фільтруючих елементів, що вибирають потрібний діапазон зі спектру сигналів. Серцевиною такого фільтруючого елемента є смуго-пропускний фільтр (СПФ), який інколи являє собою впорядковану комбінацію резонаторів і відрізків ліній передачі, що з'єднані між собою через електромагнітний зв'язок. Ці фільтри повинні працювати на різних частотах і мати певні частотні характеристики, що відрізняються в залежності від потреб конкретної системи. До зазначених фільтрів також можуть виникати специфічні вимоги, такі як висока селективність, постійний час затримки сигналів у смузі пропускання та інше.

Для вдосконалення СПФ і відповідної радіотехнічної системи в цілому необхідно розробляти і впроваджувати нові методи, які беруть до уваги особливості електромагнітної взаємодії резонаторів та використовують сучасні математичні методи для їх опису та аналізу. Все це підкреслює актуальність теми дисертаційної роботи, оскільки вона спрямована на вивчення та покращення СПФ, які використовуються в системах бездротового зв'язку. Можливість же вдосконалення характеристик СПФ відкриває нові горизонти для розвитку технологій бездротового зв'язку, у тому числі покоління 6G.

Підтвердженням актуальності дисертаційних досліджень є їхній зв'язок з виконаною в Науково-дослідному інституті телекомунікацій КПІ ім. Ігоря Сікорського науково-дослідною роботою № 2213-ф (номер держреєстрації 0119U100622) «Створення теорії та схемотехнічних рішень немінімально-фазових планарних фільтрів зі змішаними зв'язками для засобів телекомунікацій».

#### **Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків**

Наукові положення та висновки, представлені в дисертаційній роботі, базуються на ретельному аналізі й вивченні наукової літератури, а також на дослідженнях, проведених автором особисто. Цей процес включав в себе застосування низки методів теоретичного аналізу, математичного і комп'ютерного моделювання, а також практичні експерименти.

Обґрунтованість наукових положень підтверджується широким застосуванням теоретичних принципів і практичних методів, які є визнаними та прийнятими у науковій спільноті. При цьому було використано найсучасніші наукові методи та інструменти, що дозволяють точно визначити характеристики смуго-пропускних фільтрів, а також розробити методи їх покращення.

Достовірність висновків підтверджується даними, отриманими в ході експериментальних досліджень, результати яких корелюють з теоретичними прогнозами. Це підтверджує правильність використаних наукових методів і обґрунтованість зроблених висновків.

Нарешті, варто зазначити, що всі методи, які були використані в даному дослідженні, придатні для перевірки та повторення іншими науковцями, що є ключовим принципом наукової достовірності.

#### **Наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

Найбільш суттєвими результатами проведених досліджень, які мають наукову новизну та виносяться на захист, є наступні:

1. Удосконалено метод розрахунку мікросмужкових смуго-пропускних фільтрів на основі матриці зв'язків шляхом встановлення закономірності зміни знаків коефіцієнтів зв'язку, що дозволяє використовувати змінену матрицю зв'язку для обчислення частотних характеристик СПФ без будь-яких обмежень.

2. Вперше запропоновано метод аналітичного синтезу СПФ зі змішаними зв'язками між суміжними резонаторами, заснований на використанні інверторів провідностей, що дозволяє спростити конструкцію фільтрів із заданим рівнем селективності.

3. Вперше запропоновано метод розширення смуги загородження в мікросмужкових фільтрах, побудованих на чвертьхвильових та напівхвильових резонаторах, який базується на аналізі траєкторій зміщення антирезонансних частот вказаних резонаторів, який дозволяє досягти придушення окремих паразитних смуг пропускання без використання додаткових фільтруючих елементів.

4. Запропоновано новий метод синтезу двомодових фільтрів зі ступінчастими резонаторами, який дозволяє отримати додаткові можливості вказаних резонаторів, а також побудувати двосмугові фільтри зі змінними параметрами.

### **Практичне значення результатів дисертаційної роботи**

Практична цінність результатів дисертації полягає в наступному:

1. Знято обмеження на використання матриці зв'язків в існуючій процедурі оптимізації СПФ. Це дає можливість аналізувати та отримувати нові схемотехнічні рішення при побудові фільтрів.

2. Запропонована методика розрахунку фільтрів зі змішаними зв'язками між суміжними резонаторами дозволяє реалізовувати у фільтрах полюси згасання без використання перехресних зв'язків.

3. Запропонована методика синтезу фільтру з зосереджено-розподіленими змішаними зв'язками між суміжними резонаторами із широкою смугою загородження, яка перевірена експериментально на фільтрі з половою

загородження до 7,5 ГГц та підвищеною односторонньою вибірковістю. Такий фільтр може бути використаний у дуплексерах.

4. Покращено параметри двомодових резонаторів шляхом заміни однорідної лінії передачі на ступінчасту. Результати перевірено на двох дослідних зразках двомодових мікросмужкових фільтрів із покращеними характеристиками, які можуть знайти практичне застосування.

#### **Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях**

Результати дисертаційних досліджень опубліковано у 29 наукових працях, у тому числі у 16 статтях, які проіндексовані в міжнародних наукометричних базах SCOPUS та Web of Science (із них 7 статей опубліковано в журналах першого квартилю Q1), 3 патенти України на корисну модель, і у 10 тезах доповідей у збірниках матеріалів конференцій IEEE.

Результати досліджень, які викладено в дисертації, доповідались на міжнародних конференціях "2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics" (UkrMiCo, Одеса, 2019), "2020 IEEE Ukrainian Microwave Week" (UkrMW, 2020, Харків), "2021 IEEE 26th International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory" (DIPED, Тбілісі, 2021), "2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering" (UKRCON, Львів, 2021), "2021 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics" (UkrMiCo, Одеса, 2021), "2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering" (TCSET, Львів–Славське, 2022).

Зміст статей і доповідей спрямовано на вирішення задач дисертації.

#### **Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації**

Зміст автореферату в повній мірі розкриває основні положення, наукові результати та висновки дисертаційної роботи і написаний на державній мові. Він характеризує сутність новизни та практичної цінності досліджень, і засвідчує особистий внесок автора у вирішенні поставлених задач.

#### **Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 103 посилання, та трьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 131 сторінку.

Дисертаційну роботу написано грамотно, на високому стилістичному рівні. Застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. Здобувач володіє сучасними математичними методами та термінологією.

В цілому робота є цілком завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують поставлену наукову задачу.

### **Відповідність оформлення встановленим вимогам**

Дисертація та автореферат відповідають вимогам до науково-технічних текстів і паспорту спеціальності 05.12.13 — Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій. Автореферат містить основні положення, результати та висновки здійсненого дослідження. Матеріали дослідження викладено грамотно, діловою мовою, логічно і послідовно. Робота добре оформлена і є завершеним науковим дослідженням. Висновки дисертаційної роботи відповідають змісту.

### **Зауваження до дисертаційної роботи**

Деякі положення дисертаційної роботи мають дискусійний характер, містять недоліки чи потребують додаткового обґрунтування:

1. При описі синтезу зосереджено-розподілених фільтрів не вказано, як впливає неточність виготовлення та взаємного позиціювання зосереджених елементів фільтра на його радіотехнічні параметри.
2. В дисертації зустрічаються невдало обрані позначення символів, зокрема позначення найближчої до центральної частоти фільтра паразитної резонансної частоти використовує верхній штрих, тоді як у такий спосіб традиційно позначають похідну.
3. На рис. 15 автореферату не зрозуміло, як узгоджено точку підключення живлення з лінією, оскільки на ньому відсутній узгоджувальний елемент.
4. Автору доцільно було б розширити коло електромагнітних симуляторів, які використовувалися для моделювання конструкцій пропонуваніх фільтрів. Це, можливо, дозволило б досягти більшого узгодження

результатів моделювання з експериментальними значеннями АЧХ у широкій смузі частот.

Вказані недоліки не впливають на загальний науковий рівень дисертації та не знижують наукову і практичну цінність результатів роботи.

### Загальні висновки

Дисертація Літвінцева Сергія Миколайовича на тему «Методи побудови та схемотехнічні рішення мікросмужкових смуго-пропускних фільтрів» є оригінальною та завершеною кваліфікаційною науковою працею, що має свою актуальність, наукову новизну, теоретичне і практичне значення. Здобувачем вирішено важливу науково-технічну задачу створення нових методів побудови смуго-пропускних фільтрів.

Вважаю, що дисертаційна робота «Методи побудови та схемотехнічні рішення мікросмужкових смуго-пропускних фільтрів» відповідає всім вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами), що висуваються до кандидатських дисертацій, а здобувач Літвінцев Сергій Миколайович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 — Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

### Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, головний науковий співробітник — начальник групи головних наукових співробітників з наукового керівництва досліджень Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України

В.І. СЛЮСАР

Підпис Слюсаря В.І. засвідчую

Вчений секретар Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник



М. С. ЯЙЧУК