

27.08.2018  
64-42-84/2

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента  
РОЖНОВСЬКОГО МИХАЙЛА ВАСИЛЬОВИЧА  
на дисертаційну роботу Ліске Олексія Миколайовича  
„ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИПРОМІНЮЮЧИХ  
КОМПОНЕНТІВ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ  
ЩІЛИННИХ ЛІНІЙ ПЕРЕДАЧІ”,  
представлену до розгляду у спеціалізованій вченій раді Д 35.052.10  
до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.12.13 - радіотехнічні пристрої та засоби  
телекомунікацій**

### **Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами**

Теоретичне дослідження щілинних випромінюючих структур, які використовуються у радіотехнічних системах дециметрового та сантиметрового діапазонів довжин хвиль, має велике значення. При цьому актуальними є наступні проблеми: підвищення точності розрахунків, що дає змогу зменшити долю трудомісткого та дорогого експериментального налаштування в об'ємі робіт по створенню надвисокочастотних пристроїв, підвищення ефективності алгоритмізації для розв'язання завдань дослідження електромагнітних властивостей щілинних випромінювачів, а також скорочення машинного часу, необхідного для розрахунків, що особливо суттєво при розробленні систем автоматизованого проектування та при виконанні чисельного експерименту з метою виявлення принципової можливості застосування щілинних випромінювачів для отримання специфічних електродинамічних характеристик радіотехнічних пристроїв. Дисертаційна робота Ліске О.М. полягає у розробленні методів підвищення ефективності випромінюючих компонентів на основі щілинних ліній передачі для використання в інфокомунікаційних системах.

### **Ступінь обґрунтованості і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Для реалізації поставлених завдань використано методи математичного аналізу, методи математичної фізики, засоби комп'ютерної алгебри (пакет програм Matlab). Експериментальна перевірка результатів моделювання з метою верифікації розробленої моделі була виконана методом вимірювання поля випромінювання щільного випромінювача в дальній зоні. Обґрунтовано доцільність використання методу наведених електрорушійних сил для знаходження струмів на провідній поверхні випромінювача.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Ліске О.М., впливають з того, що вони не протирічать відомим теоретичним положенням та отримані з використанням класичних методів математичного моделювання, їх достовірність додатково засвідчено актами впровадження, матеріали дисертації обговорювались на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях.

### **Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях**

Основні результати дисертаційної роботи та висновки викладені в 30 друкованих наукових працях. З них 7 статей (5 статей у наукових фахових виданнях України, зокрема 3 статті у наукових періодичних виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus), праць у збірниках матеріалів і тез доповідей конференцій – 21 (з них 9 входять до наукометричної бази Scopus). Отримано 1 патент на винахід та 1 патент на корисну модель.

Вважаю, що такий рівень опублікування дисертації є достатнім.

### **Відповідність дисертації встановленим вимогам**

Оформлення дисертації відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата наук. Автореферат дисертації висвітлює всі отримані результати, сформульовані висновки та запропоновані рекомендації. Стиль викладення матеріалів досліджень є

науковим, логічним та послідовним, що забезпечує доступність їх сприйняття.

### **Наукова новизна результатів дисертаційних досліджень**

У дисертаційній роботі Ліске О.М. вперше розроблено:

- математичну модель процесу збудження електричних струмів у металевому екрані скінченних розмірів біжучою хвилею щілинної лінії передачі; у якій, на відміну від відомих моделей, екран заміщено решіткою ортогональних диполів, що дало змогу застосувати для побудови математичної моделі метод наведених ЕРС для знаходження взаємних опорів таких диполів і дослідити вплив геометричних розмірів екрану на електродинамічні властивості щілинних випромінювачів у заданій смузі частот та збільшити потенційні можливості методу для розроблення щілинних антен з покращеними електродинамічними та функціональними властивостями;

- новий підхід до пошуку конструктивних рішень щілинних ромбічних випромінювачів, який, на відміну від відомих, передбачає використання спеціалізованої математичної моделі, яка описує взаємозв'язок геометричних розмірів щілини та довжини хвилі у щілинній лінії передачі  $\lambda_{щ}$ , що дало змогу, шляхом застосування схемотехнічного моделювання, встановити ефективні геометричні розміри щілинних ромбічних випромінювачів для отримання поперечного випромінювання, зокрема висловлено рекомендацію, що периметр ромбу повинен становити  $2\lambda_{щ}$ .

Також набув подальшого розвитку метод визначення параметрів щілинної лінії передачі, який, на відміну від відомих, дозволяє отримати більш точні значення коефіцієнту сповільнення та коефіцієнту загасання хвилі у щілинній лінії передачі, що дає змогу підвищити ефективність щілинного випромінювача складної геометричної конфігурації та антенних решіток, що складаються з кількох щілинних випромінювачів.

### **Практичне значення одержаних результатів**

У роботі розроблено спосіб визначення параметрів щілинної лінії передачі, який було реалізовано за допомогою фізичної моделі. Це дало змогу більш ефективно використовувати розроблені методи для моделювання щілинних випромінювачів довільної геометричної форми у екрані скінчених розмірів. Створено щілинні випромінювачі нової запатентованої конструкції із підвищеною ефективністю використання поверхні за рахунок використання явища випромінювання біжучих у щілинних лініях передачі хвиль.

Також вперше запропоновано і реалізовано антенну решітку з чотирьох щілинних ромбічних випромінювачів. Розроблено компланарну схему живлення, яка дала змогу забезпечити синфазне живлення усіх елементів антенної решітки в широкій смузі частот. Діапазон робочих частот становить 2,32..2,75 ГГц, а коефіцієнт підсилення становить 12,2 дБ. При цьому компланарне з'єднання полегшує інтеграцію щілинного випромінювача з твердотільними активними пристроями.

Наукові та практичні результати виконаних досліджень використано в навчальному процесі Національного університету "Львівська політехніка".

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і шести додатків. Загальний обсяг роботи 208 сторінок, з них 123 сторінки – основного тексту. Дисертація містить 119 рисунків і 8 таблиць. Список використаних джерел нараховує 112 найменувань.

У вступі, відповідно до вимог, обґрунтовано актуальність теми дисертації, розкрита сутність та стан наукової проблеми, її значущість, викладено зв'язок роботи з науковими програмами, встановлено об'єкт та предмет дослідження, відображено методи дослідження, сформульовані мета й основні завдання дослідження, визначено наукову і практичну цінність одержаних результатів.

У першому розділі за результатами аналізу літературних джерел дисертант доводить необхідність розроблення та дослідження випромінюючих компонентів на основі щілинних ліній передачі. Підвищення їх ефективності можливе за рахунок збільшення коефіцієнту підсилення, розширення смуги робочих частот, а також за рахунок зниження рівня бічних пелюсток. На основі аналізу літературних джерел за тематикою роботи сформульовано завдання дисертаційних досліджень.

У другому розділі розроблено за допомогою засобів комп'ютерного моделювання модель щілинного випромінювача ромбічної форми, за допомогою якої досліджено вплив форми та розмірів випромінювача на його випромінюючі характеристики. Встановлено ефективні геометричні розміри щілинного ромбічного випромінювача для отримання поперечного випромінювання. Розроблено конструкцію решітки з чотирьох щілинних ромбічних випромінювачів, у якій застосування компланарної схеми живлення дало змогу забезпечити синфазність живлення окремих елементів.

У третьому розділі запропоновано удосконалену модель для дослідження процесу випромінювання електромагнітних хвиль щілинним ромбічним випромінювачем скінченних розмірів. Удосконалена модель полягає у представленні металевої поверхні, у якій прорізана криволінійна щілина, у вигляді антени біжучої хвилі вібраторного типу із заданим розподілом напруг. Для знаходження взаємних опорів диполів застосовано метод наведених ЕРС. Дана модель враховує вплив країв металевого екрану на випромінювання щілинної лінії передачі, а також вплив діелектрика на сповільнення хвилі при поширенні хвилі у щілинній лінії.

За допомогою розробленої моделі виконано аналіз умов збудження на поверхні металевого екрану поверхневих струмів та впливу форми та розмірів метало-діелектричної структури на її випромінюючі властивості. Встановлено, що кросполяризоване випромінювання в напрямку нормалі для випромінювачів симетричної геометричної форми відсутнє.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень параметрів щілинної лінії передачі. Отримано більш точні значення коефіцієнту сповільнення та коефіцієнту загасання хвилі у щілинній лінії передачі, що дає змогу підвищити ефективність щілинного випромінювача складної геометричної конфігурації та антенних решіток, що складаються з кількох щілинних випромінювачів. Досліджено діаграми спрямованості, отримані за допомогою математичного моделювання та експериментально. Відповідність між теоретичними та вимірними результатами є достатньо добра, що підтверджує адекватність запропонованого методу для аналізу щілинних випромінювачів.

#### **Загальні зауваження до дисертації та автореферату:**

1. В тексті автореферату чітко не вказано критерії, за якими автор оцінює ефективність щілинних випромінювачів.
2. У висновках автореферату автор заявляє, що «... розроблено нові методи підвищення коефіцієнту підсилення та розширення смуги робочих частот щілинних випромінювачів», але в тексті автореферату чітко не обґрунтовано, в чому полягають вказані методи і чим вони відрізняються від існуючих.
3. В тексті автореферату варто було навести порівняльну характеристику основних параметрів щілинного випромінювача, які отримані в результаті моделювання в відомих програмних середовищах, в результаті моделювання на основі математичного апарату, запропонованого автором, та в результаті натурного експерименту.
4. В авторефераті та дисертації автор заявляє, що «Вперше розроблено новий підхід до пошуку оптимальних конструктивних рішень щілинних ромбічних випромінювачів...», але з тексту роботи не зрозуміло, за яким критерієм визначається «оптимальність конструктивних рішень».

5. В дисертаційній роботі розглянуто не всі засоби електромагнітного моделювання антен, наприклад, варто було б звернути увагу на середовище «FEKO».
6. У підрозділі 2.4, стор. 76 автор приводить порівняльну характеристику затрачених ресурсів електронної обчислювальної машини при моделюванні щілинних ромбічних випромінювачів, що є не зовсім актуальним за умови сучасного розвитку ЕОМ та за умови необхідності отримання результатів моделювання, максимально наближених до натурального експерименту.
7. В другому розділі дисертації варто було навести порівняльну характеристику результатів моделювання щілинних ромбічних випромінювачів в різних програмних середовищах.
8. В третьому розділі дисертації розглянуто тільки плоску прямокутну або квадратну форму екрану. Таким чином, не зрозуміло, чи можна застосовувати математичну модель, запропоновану автором, за умови аналізу щілинних випромінювачів, реалізованих з використанням екранів іншої форми.
9. В основі моделювання щілинного ромбічного випромінювача, яке здійснює автор в третьому розділі дисертації, лежить метод декомпозиції. Аналогічний метод використовують сучасні програмні середовища, наприклад, «FEKO». Тому варто більш детально уточнити, чим метод, запропонований автором, кращий від тих, що використовують сучасні середовища моделювання антен.

Вказані недоліки суттєво не впливають на наукову та практичну цінність роботи.

### **Висновки**

1. Дисертаційна робота Ліске Олексія Миколайовича є завершеною науковою працею, що містить нові науково обґрунтовані результати, важливі для подальшого розвитку галузі телекомунікацій.

2. В дисертаційній роботі представлено розв'язок актуального

наукового завдання підвищення ефективності метал-діелектричних структур, що збуджуються полем біжучої хвилі у щілинній лінії передачі.

3. Дисертаційна робота за змістом відповідає спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

4. Матеріали дисертації достатньо апробовані, доповідались на міжнародних і всеукраїнських конференціях, а також опубліковані у періодичних наукових виданнях.

5. Автореферат ідентично та з необхідною повнотою відображає зміст і основні положення дисертації. Структура дисертаційної роботи є обґрунтованою. Викладення матеріалу здійснено якісно, логічно та доступно.

6. Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

7. За обсягом, науковим рівнем, практичною значимістю, рівнем апробації та публікаціями дисертаційна робота «Підвищення ефективності випромінюючих компонентів інфокомунікаційних систем на основі щілинних ліній передачі» відповідає вимогам МОН України, зокрема пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567, і паспорту спеціальності, а її автор Ліске Олексій Миколайович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент,  
кандидат технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри технічної  
електродинаміки та систем радіозв'язку  
Одеської національної академії  
зв'язку ім. О.С. Попова

М.В. Рожновський

Підпис доцента М.В. Рожновського засвідчую,

Вчений секретар Ученої ради Одеської  
національної академії зв'язку ім. О.С. Попова

