

Голові
разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
професору Олександрю ДУМІНУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, завідувача кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», доктора технічних наук зі спеціальності 05.12.17 – Радіотехнічні та телевізійні системи, доцента кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем Жили Семена Сергійовича на дисертаційну роботу Ло Іяна (Luo Yiyang) «Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали з галузі знань 10 – Природничі науки.

Актуальність теми дисертації

Використання в прикладних задачах фізики множини датчиків, що об'єднанні в решітку з відповідною когерентною обробкою, дозволяє підвищити точність, роздільну здатність, чутливість та інформативність методів вимірювання, пристроїв та систем обробки різноманітних полів та сигналів. Застосування решіток із датчиків стало буденним в радіолокації, акустиці, сейсмології, медичних дослідженнях, бездротових вимірюваннях, навігації. В залежності від галузі застосування датчиками можуть бути антени, мікрофони, гідрофони, геофони та інші пристрої. Особливу увагу за останнє десятиліття приділено розрідженим решіткам, що пов'язано зі значною економічною ефективністю їх використання. Зменшення кількості елементів решітки без втрати її просторових характеристик дозволяє зменшити витрати не лише на придбання датчиків, а і на реалізацію додаткового обладнання вхідних трактів вимірювальних систем, зокрема підсилювачів, перетворювачів, фільтрів, елементів живлення, ліній зв'язку. Таким чином, дослідження і експериментальні розробки з підвищення ефективності проектування розріджених решіток є актуальними задачами в прикладній фізиці.

Кваліфікаційна робота дисертанта Ло Іяна (Luo Yiyang) на здобуття наукового ступеня «доктор філософії» присвячена оптимізації методів побудови нееквідистантних розріджених решіток у радіодіапазоні електромагнітних хвиль з використанням датчиків у вигляді антен. Отримані результати мають практичне значення для багатьох інших задач прикладної фізики.

Дисертантом отримано вагомі наукові результати з вирішення актуальної задачі розробки новаторських методик конструювання розріджених планарних решіток (АР), придатних для різноманітних застосувань у радіодіапазоні, зокрема для радіотелескопів (8–80 МГц). Значні результати досягнуті при проектуванні нееквідистантних розріджених АР, що будуються на основі латинських квадратів та їх трикутних матриць. Новий метод побудови АР, який істотно відрізняється від відомих раніше підходів, вперше використовує латинські квадратні матриці. Досліджено комбінацію циклічних різницевих множин та латинських квадратних матриць для плоских розріджених АР. Запропоновано інтеграцію латинських квадратних матриць та їхніх нижніх трикутних матриць при побудові плоских розріджених АР. Розроблений матричний метод, на відміну від ітераційних та оптимізаційних підходів, пропонує ефективну, швидку та просту методику для проектування АР. Новий матричний підхід забезпечує повне охоплення просторових частот у розрідженій планарній антенній решітці. Наукова новизна та практична важливість отриманих результатів полягає в ефективності та значному потенціалі з вдосконалення антенних решіток, що використовуються в радіоастрономії та телекомунікаціях.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Розділи дисертації демонструють високий рівень послідовності та систематичності, відзначаючи чітко визначену дослідницьку мету та новаторські завдання. Автор систематично впроваджує читача у глибину області досліджень, розкриваючи нові методи побудови планарних розріджених антенних решіток (РАР) та їхнє потенційне використання в радіотелескопах.

У **вступі** чітко визначено область досліджень, яка спрямована на конструювання розріджених РАР з метою їхнього використання у

радіотелескопах у діапазоні 8–80 МГц. Виділено актуальність проблеми та обґрунтовано вибір методології для досягнення поставленої мети.

У **розділі 1** ретельно проаналізовано історію досліджень у сфері поширення радіохвиль та теорії антен, вводячи ключові параметри РАР, зокрема таких, як діаграма спрямованості, коефіцієнти заповнення та надмірності, ширина бічної пелюстки тощо. Також розглянуто традиційний матричний метод побудови РАР.

У **розділі 2** детально розглянуто методику побудови РАР, використовуючи латинські квадрати. Описано алгоритм, який використовує матриці для обчислення координат елементів РАР, та продемонстровано синтез великих РАР з використанням компонентних квадратів, зроблено порівняльний аналіз та визначено переваги нового підходу.

У **розділі 3** вивчено побудову РАР за участю латинських квадратів з елементами циклічно-різницевих множин (ЦРМ). Досліджено масиви з повним покриттям просторової частоти та мінімальною надмірністю.

У **розділі 4** представлено новий метод синтезу РАР, який використовує комбінацію латинських квадратів та їхніх трикутних матриць, забезпечуючи повне покриття просторової частоти та зменшуючи компактність масиву.

У **розділі 5** проведено порівняльний аналіз, використовуючи антену радіоастрономічного телескопа як елемент РАР. Виділені переваги нових підходів, їх потенціал та обґрунтовані перспективи.

У **висновках** підкреслено досягнення, визначено області для подальших досліджень та недоліки, що вказують напрямки подальшого вдосконалення. Список використаних джерел містить посилання на літературні та власні публікації за темою дисертації, що підкреслює науковий характер дослідження.

Наукова новизна

В результаті досліджень вперше запропоновано та розроблено нові методи побудови РАР на основі математичних конструкцій, таких як латинські квадрати та їх трикутні матриці. Отримані результати вказують на можливість створення антен з покращеними характеристиками, що знаходять застосування в радіокомунікаціях, радіолокації, медицині та інших технічних системах. Ці нові методи пропонують ефективні та прості шляхи оптимізації антенних

решіток, що робить їх привабливими для розвитку в різних галузях прикладної фізики.

Обґрунтованість наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації

Основні положення роботи побудовані на визнаних методах і теоріях, а також інноваційних досягненнях. Використання широкого спектру радіотехнічних засобів та математичних алгоритмів, таких як матричне проектування, алгоритми локальної оптимізації, спектральний, статистичний та кореляційний аналіз, а також методи статистичної радіаційної фізики (наприклад, аналіз дальнього поля) та методи математичної статистики (наприклад, алгоритм Байєса) гарантує високу достовірність отриманих результатів. Дисертант успішно опублікував 5 наукових праць, дві з яких включені до міжнародної бази наукометричних даних, і представив доповіді на десятках конференцій, що ефективно підтверджує визнання та актуальність його досліджень в науковому середовищі.

Практична значущість результатів дисертаційного дослідження

Дослідження робить практичний внесок у сферу антенних технологій, надаючи інноваційні методи побудови РАР на основі математичних конструкцій, таких як магічні та латинські квадрати, трикутні матриці, а також ЦРМ. Практичне значення дослідження полягає в його потенційній спроможності вдосконалити антенні технології та забезпечити нові можливості для реалізації в сучасних технічних системах. Більш конкретне практичне значення полягає в наступному:

1. *Запропоновано новий підхід генерації РАР.* Робота пропонує низку нетрадиційних, прямих і простих методів генерації плоских РАР за допомогою спеціальних матриць, таких як магічні та латинські квадрати, а також трикутні матриці. Це відкриває нові можливості для конструювання антенних систем.

2. *Досягнуто оптимізацію наземних систем спостереження.* Дисертація пропонує можливі рішення для оптимізації існуючих наземних систем спостереження, що включають кілька обладнань та антен. Це спрямовано на підвищення продуктивності та зменшення споживання енергії, що є важливим в контексті сучасних вимог до сталого розвитку.

3. *Спроба вирішити завдання повного просторового охоплення РАР.* Розроблено методику та алгоритм для доповнення/ видалення/дизайну елементами РАР з метою забезпечення повного просторового покриття частот. Це важливий крок для забезпечення ефективності роботи антенних систем в різних умовах та частотних діапазонах.

4. *Досягається більша надмірність РАР.* Робота проводить оцінку характеристик РАР, побудованих на основі спеціальних матриць, та демонструє, що деякі з них мають суттєво кращі характеристики за кількістю елементів, коефіцієнтами надмірності та заповненням. Це вказує на великий потенціал запропонованих методів для практичних застосувань в антенній інженерії.

Недоліки та зауваження до структури, змісту дисертаційної роботи та оформлення

1. У різних розділах дисертації виявлено, що вибір параметрів для порівняння продуктивності різних РАР не завжди виявляється повністю послідовним. Для покращення чіткості та наукової обґрунтованості автору рекомендується надати більш детальні визначення причин вибору конкретних параметрів для порівняння. Бажано детально пояснити, чому обрані саме ці параметри, як вони відображають ключові характеристики РАР та як їх вибір впливає на об'єктивність та адекватність порівняльного аналізу. Ретельне обґрунтування вибору параметрів сприятиме кращому розумінню читачами наукової методології та зробить дослідження більш переконливим.

2. У розділі 2 автор викладає вичерпний опис методу конструювання РАР, використовуючи матриці латинських квадратів. Велика увага приділяється процесам додавання та видалення елементів РАР, а також застосуванню локальних алгоритмів оптимізації для досягнення максимальної продуктивності. Однак важливо відзначити, що введення обмежень проектування РАР на основі латинської квадратної решітки може виглядати дещо недостатнім. Необхідно детальніше розглянути ці обмеження, а також їх вплив на характеристики та ефективність отриманих антенних систем. В подальших розділах може бути корисно розглянути розширення та уточнення цих обмежень для більш глибокого розуміння параметрів конструкції та їх

впливу на результати досліджень. Такий підхід дозволить забезпечити більш повну та науково обґрунтовану основу для подальших розвитків у цій галузі.

3. У третьому розділі автор пропонує новаторське використання ЦРМ в якості елементів латинської квадратної матриці для побудови РАР. За допомогою такого підходу можливо розглядати й інші послідовності, такі як послідовність Фібоначчі, послідовність Падуа та інші, як потенційні елементи для конструювання латинських квадратних матриць у контексті побудови РАР. Такий розширений підхід до вибору елементів латинських квадратних матриць може сприяти подальшим дослідженням та розгляду різноманітних послідовностей для оптимізації результатів у побудові РАР.

4. У розділі 5 дослідження автора обмежено лише параметрами продуктивності РАР при робочій частоті 25 МГц. Включення одночасного аналізу та пояснення параметрів продуктивності при інших робочих частотах, таких як 10 МГц, 20 МГц, 40 МГц, 80 МГц, сприятиме більш глибокому та обґрунтованому розумінню результатів дослідження.

5. У розділі 5, при аналізі практичних застосувань, важливо провести докладну оцінку та порівняння енергоспоживання та потужності РАР. Це додатково підсилить достовірність отриманих результатів і може наочно вказати на переваги та актуальність проведених досліджень автора.

6. У заключній частині дисертації необхідно було б додати стислий огляд числових значень конкретних параметрів ефективності, що підкреслює науковий характер роботи для спеціалістів у даній галузі.

Загальний висновок

Вважаю, що дисертація Ло Іяна (Luo Yiyang) «*Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць*» – це повністю сформована наукова праця, яка відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня

2022 р., її автор, Ло Іян (Luo Yiyang) – спеціаліст, який здатний компетентно та всебічно проводити наукові дослідження та комплексно аналізувати поставлену задачу, а тому – заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний опонент,

завідувач кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем

Національного аерокосмічного університету

ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»,

доктор технічних наук, доцент кафедри

аерокосмічних радіоелектронних систем

Семен ЖИЛА

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 20:53:30 01.02.2024

Назва файлу з підписом: Відгук Жили Ло Іян.pdf.p7s
Розмір файлу з підписом: 334.6 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Відгук Жили Ло Іян.pdf
Розмір файлу без підпису: 317.4 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ЖИЛА СЕМЕН СЕРГІЙОВИЧ
П.І.Б.: ЖИЛА СЕМЕН СЕРГІЙОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 3271312817
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 20:53:29 01.02.2024
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000522143014E38C204
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)
Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2023.12.21 13:00

Голові
разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
науковому співробітнику
Олександрю ДУМІНУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, старшого викладача кафедри інформаційно-мережної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки, старшого наукового співробітника Калюжного Миколи Михайловича на дисертаційну роботу Ло Іяна «Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць» представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» з галузі знань 10 – «Природничі науки».

Обґрунтованість вибору теми дослідження. У сфері розробки антенних решіток ведуться наполегливі спроби розширити смуги ефективних робочих частот. Центральна точка цих зусиль лежить у дослідженні інноваційних конструкцій і матеріалів, які володіють здатністю пристосуватися до більш широкого діапазону частот. Зокрема, дослідники присвятили сотні робіт підвищенню продуктивності антенних решіток у діапазоні 8–80 МГц – критичному частотному спектрі, призначеному для радіотелескопів. Прагнення до розширення цих частотних діапазонів ґрунтується на обов'язковій необхідності розблокування більшої універсальності та адаптивності в антенних системах, що дозволяє їм плавно проходити різні частоти для багатогранних застосувань. У дисертації представлено серію прямих і простих методів проектування таких розріджених плоских антенних решіток. Відомо, що нееквідистантні розріджені антенні решітки, побудовані на основі структури

латинських квадратів та їх трикутних матриць, продемонстрували найбільш задовільні результати. Дане дослідження пропонує новий метод побудови масивів цієї структури, відмінний від попередніх підходів. Використаний унікальний матричний підхід забезпечує повне покриття просторових частот у розрідженій планарній антенній решітці, призначеній для радіоастрономії.

Оцінка змісту дисертації. Дисертаційна робота Ло Іян містить анотацію на двох мовах, Вступ, 5 розділів, Висновки, Перелік використаних джерел, який налічує 168 найменувань, і 2 Додатки. Дисертаційна робота має 49 рисунків і 17 таблиць та загалом 185 сторінок, з них основного тексту – 130 сторінок.

У **Вступі** наведено обґрунтування вибору теми, визначено мету й завдання дослідження, його об'єкт та предмет, методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувачки при виконанні дослідження, наведено перелік наукових публікацій за темою дисертації та інформацію стосовно апробації матеріалів дисертації, встановлено зв'язок роботи з науковими темами.

У **Розділі 1** дисертант заглиблюється в історію досліджень, що стосуються поширення радіохвиль, теорії антен, лінійних антенних решіток і планарних антенних решіток. У контексті даного дослідження були викладені параметри, важливі для дисертації, такі як діаграма спрямованості, ширина основного променя, середній рівень бічних пелюсток, коефіцієнт заповнення, надмірність і просторова частота. Крім того, розглянуто традиційну матричну методологію побудови антенних решіток.

У **Розділі 2** дисертантом досліджується доцільність побудови нерівномірних антенних решіток на основі латинських квадратів із застосуванням алгоритму дзеркального відображення. Алгоритм використовує значення елементів матриці як основу для інтерферометрів, створених сусідніми елементами. Оцінюються діаграми випромінювання та рівні бічних пелюсток цих масивів, показуючи, що пом'якшення надмірності в матрицях на основі латинського квадрата мінімально впливає на ширину основної пелюстки, але

значно зменшує коефіцієнти заповнення та надмірності і помітно збільшуючи середні рівні бічних пелюсток. Результати пропонують нові можливості для створення нерівномірних антенних сіток з покращеними характеристиками, що перевершують ті, що базуються на наборах циклічно-кінцевих різниць (ЦРМ).

Розділ 3 присвячений побудові нееквідистантних антенних решіток на основі латинських квадратів із ЦРМ як елементів, використовуючи традиційний алгоритм. Отримані решітки демонструють майже повне покриття просторової частоти з мінімальною надмірністю. Суттєво, що латинські квадрати з елементами ЦРМ перевершують інші конфігурації, пропонуючи нові можливості для антен зі зниженими коефіцієнтами заповнення та резервування. Доведено, що це сприятиме покращенню продуктивності та гнучкості корегування параметрів конструкції і має потенційне застосування при проектуванні низькочастотних радіотелескопів, радіолокаційних комплексів і систем моніторингу сейсмічної та атмосферної активності.

Розділ 4 представляє піонерський метод синтезу антенної решітки на основі латинського квадрата та його трикутної матриці. Продемонстрований як прямий і ефективний підхід для розріджених антенних решіток, цей метод забезпечує повне покриття просторової частоти, зменшуючи при цьому компактність решітки. Синтезований масив демонструє такі характеристики пелюстків, що робить його універсальним для різноманітних застосувань, включаючи радар, зв'язок, радіоастрономію тощо.

Розділ 5 присвячений порівняльному аналізу нових підходів до побудови нееквідистантних плоских розріджених антенних решіток. Використовуючи математичні конструкції, такі як магічні та латинські квадрати, включаючи елементи у формі ЦРМ, ця методологія демонструє простоту, ефективність, регулярність, масштабованість і багатовимірність. Багатовимірна природа методу дозволяє генерувати координатні матриці різного розміру, що робить його адаптованим до багатовимірних обмежень. Інноваційний підхід має значний майбутній потенціал, пропонуючи нову парадигму дизайну антенних

решіток, прокладаючи шлях для комплексних систем оптимізації та систематичних досліджень характеристик розріджених антенних решіток.

У **Висновках** стисло наведено основні результати, які повністю відповідають змісту роботи. Список використаних джерел містить посилання на відповідні літературні та власні публікації за темою дисертації. До кожного розділу також наведено висновки, що підсумовують основні положення. Усе це вказує на завершеність цієї роботи.

Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна. У цій дисертації, на відміну від відомих, представлені нові методи прямого проектування розріджених планарних антенних решіток на основі спеціальних матриць (магічних та латинських квадратів, трикутної матриці), які забезпечують такі переваги, як низька вартість, мінімальний рівень бічних пелюсток і низька надмірність. Виділено і обґрунтовано застосування запропонованих антенних решіток в радіоастрономії та атмосферному/геокоосмічному моніторингу. Проведене обговорення стосується критичних прогалин у дослідженнях, включаючи вимірювання в реальних умовах, розуміння сценаріїв застосування та можливих обмежень, уточнення математичних аспектів і аналіз інтеграції з системою обробки сигналів. Ці ідеї пропонують цінні напрямки для майбутніх досліджень, підвищуючи повноту розрідженого дизайну антенних решіток.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів і висновків дисертації. Основні результати роботи оприлюднені та обговорені на наступних конференціях: International Kharkiv Symposium on Physics and Engineering of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves (MSMW). – 2016; Vietnam Journal of Marine Science and Technology. – 2017; 2019 European Microwave Conference in Central Europe (EuMCE 2019); 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW-2020); 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW-2022). Оpubліковано три статті у наукових фахових виданнях України, а саме Radio Physics and

Electronics і Journal of Measurement Science & Instrumentation, та дві статті в журналі Telecommunications and Radio Engineering, що індексується міжнародною наукометричною базою SCOPUS Дисертант брав участь науково-дослідних роботах за номерами державної реєстрації 0111U010479, 0113U000048, 0118U003034. Дисертант приймав участь у проекті Національного фонду досліджень України 2020.02/0015 “Теоретичні та експериментальні дослідження глобальних збурень природного і техногенного походження в системі Земля – атмосфера –іоносфера” (2020–2022 рік), а також у НДР лабораторії «Моніторингу і спектроскопії» Інституту радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України «Розвиток методів та засобів оптики та квазіоптики для дослідження закономірностей та особливостей взаємодії терагерцевого випромінювання з фізичними та біологічними об’єктами» (шифр «ОРЕОЛ»).

Практична значущість результатів дисертаційного дослідження.

Зазначені нові підходи до конструювання нееквідистантних розріджених антенних решіток на основі матричних математичних конструкцій мають практичні переваги та унікальні властивості такі як простота та ефективність, регулярність та масштабованість, нелінійність та багатовимірність і перспективність. Результати отримані в роботі стануть у нагоді при створенні великих нееквідистантних антенних решіток в різних галузях науки і техніки зокрема низькочастотній декаметровій радіоастрономії, заобрійній короткохвильовій радіолокації, тощо.

Дотримання академічної доброчесності. За результатами розгляду дисертації та публікацій автора, аналізу повного звіту подібності, сформованого антиплагіатною системою Strikeplagiarism.com за результатами перевірки дисертаційної роботи, а також висновків протоколу контролю оригінальності тексту дисертаційної роботи, порушень академічної доброчесності не виявлено.

Елементи академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації у дисертації та наукових публікаціях здобувачки відсутні.

Зауваження до змісту дисертації є наступними:

1. На мою думку, в аналітичному огляді та вступі недостатньою мірою пояснено, чому для характеристик антенних решіток обрано саме магічні квадрати

2. Не наведено як впливають амплітудні коефіцієнти елементів антенних решіток, якщо антени не зовсім однакові і коефіцієнти підсилення різняться.

3. Для синтезу великих антенних решіток запропоновано використовувати вкладення одна в іншу антенну решітку побудованих на базі різних матриць. Однак не розглянута комбінація в якості елемента матриці субрешіток з еквідистантним розташуванням елементів, що може дати вигоду в рівнях бокових пелюсток та покритті просторових частот.

4. В якості одного з критеріїв оцінки якості антенних решіток використовується повне покриття області просторових частот. Однак це якісний критерій. Відсутній аналіз кількісних його характеристик.

5. В таблиці 2.1 вперше згадується величина V_s , але не пояснено, що вона позначає. Який її фізичний сенс?

6. На с. 120 вказано наступне: «АР, розроблені з використанням цього методу, мають нелінійний розподіл». Не наведено які параметри розглядаються і що мається на увазі під нелінійним розподілом.

7. У висновках на с. 157 сказано, що «За допомогою матриць нелінійні завдання виражаються в лінійній формі, яка є простою та ефективною й має сильну масштабованість». Не має пояснення, який параметр відповідає за нелінійність і як впливає його зміна на головні характеристики антени.

Загальні висновки. Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступний для сприйняття. Дисертація написана науковим стилем мовлення, структура дисертації відповідає алгоритму здійсненого

авторкою дослідження. Незважаючи на зауваження, наведені вище, вважаю, що дисертація Ло Іяна «Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць» – це закінчена наукова праця, яка відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор Ло Іян заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний опонент

Старший викладач кафедри
інформаційно-мережної
інженерії Харківського
національного університету
радіоелектроніки, старший
науковий співробітник,
кандидат технічних наук

Микола КАЛЮЖНИЙ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 14:08:49 02.02.2024

Назва файлу з підписом: Відгук на ДР Ло Іяна_Калюжний.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 201.2 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Відгук на ДР Ло Іяна_Калюжний.pdf
Розмір файлу без підпису: 223.2 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: КАЛЮЖНИЙ МИКОЛА МИХАЙЛОВИЧ

П.І.Б.: КАЛЮЖНИЙ МИКОЛА МИХАЙЛОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 1763412674

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 15:08:44
02.02.2024

Сертифікат виданий: АЦСК АТ КБ «ПРИВАТБАНК»

Серійний номер: 248197DDFAB977E504000000CC42200135496C04

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2023.12.21 13:00

Голові
разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
науковому співробітнику
Олександрю ДУМІНУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата фізико-математичних наук, доцента факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Легенького Максима Миколайовича, на дисертаційну роботу Ло Іяна (Luo Yiyang) **«Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць»**, представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» із галузі знань 10 – «Природничі науки».

Актуальність теми дисертації

Дисертаційну роботу Ло Іяна (Luo Yiyang) присвячено вивченню особливостей дизайну та оптимізації розріджених антенних решіток, основною галуззю застосування яких є радіоастрономія. Проектування таких решіток стикається із необхідністю врахування великої кількості різноманітних параметрів, таких як співвідношення сигнал/шум, баланс чутливості, проблеми калібрування та корекції, важливо також враховувати обмеженість ресурсів та загальну складність отриманої системи. Для досягнення найкращих характеристик відповідної решітки важливо підібрати найкраще просторове розташування різних елементів, що формують зазначену решітку.

При цьому різні елементи антени (випромінювачі) можуть бути розташовані як на однакових відстанях один від одного (еквидистантна

решітка), так і на різних (нееквидистанта). Розташування елементів решітки на різних відстанях один від одного надає можливість для загальної антенної системи ефективно сприймати різноманітні сигнали та поліпшити кутову роздільну здатність та розширити поле огляду. При цьому важливо досягти необхідних параметрів системи, використовуючи мінімальну кількість елементів антенної решітки, тобто створюючи розріджені антенні решітки. Використання зазначених решіток спрощує алгоритми обробки даних, зменшує складність та вартість обробки сигналів, а також підвищує ефективність системи спостереження радіотелескопа.

В роботі запропоновано метод прямого проектування розріджених антенних решіток із використанням різноманітних математичних матриць та прийомів. Таким чином дисертаційну роботу присвячено розв'язанню актуальної та важливої задачі сучасної радіофізики.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Кваліфікаційну роботу виконано в Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та переліку використаної літератури. Як допоміжний матеріал наведено 49 рисунків і 17 таблиць. Робота відповідає всім вимогам, які висуваються до оформлення дисертацій на здобуття наукового ступеня «доктор філософії».

Розділ 1 містить огляд робіт у галузі дослідження поширення радіохвиль, теорії антен та методів побудови антенних решіток. Введено деякі параметри, які використовуються в дисертаційній роботі, представлено традиційний матричний метод побудови антенних решіток на основі квадратної матриці (на прикладі решітки магічного квадрата), а також наведено перелік завдань, які необхідно розв'язати в дисертаційній роботі.

У **розділі 2** обговорюється доцільність побудови розріджених антенних решіток на основі латинських квадратів. Використовуються традиційні матричні методи для обчислення координат елементів решітки на основі латинської квадратної матриці. Властивості, отримані шляхом вбудовування

магічного квадрата шляхом адитивного зміщення елементів у латинському квадраті, що приводить до отримання нового латинського квадрата, який має корисні властивості (низький коефіцієнт заповнення/коефіцієнт надмірності та прийнятні рівні бічних пелюсток), переважаючи властивості раніше використовуваних гетерогенних планарних розріджених антенних решіток на основі циклічних різницевих множин.

Розділ 3 є розширенням розділу 2. Автор далі розглядає використання латинських квадратів із циклічних різницевих множин як елемента для побудови плоскої розрідженої антенної решітки. Слід зазначити, що отримані решітки практично повністю покривають просторові частоти з мінімальною надмірністю. Крім того, латинський квадрат, заснований на використанні циклічних різницевих множин як елемента, має три додаткові параметри конфігурації порівняно з традиційним латинським квадратом із натуральними числами як елементами, що надає можливість для подальшого дослідження можливостей проектування розріджених антенних решіток.

У **Розділі 4** більш повно розроблено та пояснено метод проектування розріджених антенних решіток на основі спеціальних матриць. Запропоновано новий метод, заснований на синтезі решіток із використанням латинських квадратів та їх трикутних матриць. Розглянуто та оцінено можливість проектування великомасштабної решітки із використанням зазначеного методу, показано можливість керування бічними пелюстками.

У **Розділі 5** узагальнюються методи проектування решіток, запропоновані у Розділах 2-4. Результати порівнюються із реально існуючим радіоастрономічним телескопом. Проаналізовано властивості решіток, побудованих із використанням нового методу за допомогою математичних конструкцій, таких як магічні квадрати та латинські квадрати.

У **Висновку** узагальнено основні отримані в дисертаційній роботі результати та підкреслено їх важливість та можливість для практичного використання. **Список використаних джерел** містить посилання на 168

публікацій українських та зарубіжних вчених за темою статті, а також посилання на праці автора з тематики дисертаційної роботи.

Наукова новизна полягає у наступних основних результатах:

Вперше використано серію спеціальних матриць (зокрема латинські квадратні матриці, латинські квадратні матриці з використанням циклічних різницевих множин, нижні трикутні матриці латинських квадратних матриць) при побудові розріджених антенних решіток, включаючи. Розроблений метод забезпечує повне охоплення просторових частот, забезпечуючи ефективний, прямий та простий метод проектування антенних решіток для потреб радіоастрономії та інших галузей. Запропонований метод є масштабованим і може бути використаний для проектування великомасштабних решіток.

Обґрунтованість наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації

Висновки та наукові твердження, отримані в дисертаційній роботі є обґрунтованими, перевіреними (включаючи теоретичну оцінку та комп'ютерне моделювання), достовірність отриманих результатів підтверджується порівнянням з методами проектування Ліпера, Копиловича, Содіна та інших. Перелік публікацій, наведений у кінці роботи, та перелік статей і робіт здобувача повністю розкривають тему роботи, теоретичні положення, отримані в результаті аналізу даних моделювання, мають фізичне підґрунття та узгоджуються із загальновідомими фактами, раніше запропонованими проектними рішеннями та не суперечать загальноприйнятим нормам. Зокрема, наведено результати порівняння для радіоастрономічних телескопів з різними конструкціями розрідженої антенної решітки.

Апробація дисертації та публікації

Основні результати роботи були опубліковані та обговорені на наступних конференціях: European Microwave Conference in Central Europe 2019 (EuMCE 2019), IEEE Ukrainian Microwave Week 2020 (UkrMW-2020), та

IEEE Ukrainian Microwave Week 2022 (UkrMW-2022). П'ять статей опубліковано в закордонних виданнях, з яких дві індексуються міжнародними науково-метричними базами Web of Science/SCOPUS, і три статті у фахових українських виданнях. Здобувач брав участь у чотирьох науково-дослідних проектах та у проекті Національного фонду досліджень України (проект № 2020.02/0015). Як дослідник-волонтер (стажер), Ло Іян (Luo Yiyang) також брав участь у проектах лабораторії екологічного моніторингу та спектроскопії Інституту радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України (0111U010479, 0113U000048, 0118U003034).

Практична значущість результатів дисертаційного дослідження

Дослідження виконані в дисертаційній роботі мають важливе практичне значення, зокрема: 1) Розроблена розріджена антенна решітка може бути використана в галузі радіоастрономії та значно покращити роботу сучасних радіоастрономічних телескопів. 2) Запропонований матричний метод є більш прямим та ефективним ніж відомі методи побудови решіток. 3) Коли порядок матриці досить високий, розподіл елементів решітки, спроектованої на основі матричного методу, демонструє стабільний геометричний розподіл, що означає, що він може застосовуватися для керування бічним пелюстком. 4) Цей метод може бути застосований для інтеграції даних глобальних наземних станцій (включаючи сейсмічні станції, іоносферні зонди, інфразвукові станції, поплавки тощо), щоб сприяти покращенню глобального моніторингу стихійних лих та можливостей раннього попередження, а також для інших широкомасштабних застосувань у математичній фізиці, телекомунікаціях та радіофізиці.

Зауваження до структури, змісту роботи та оформлення

Дисертація є завершеною науковою працею, здебільшого використано загальноприйняті та зрозумілі позначення фізичних величин, основні наукові положення роботи сформульовано повно та зрозуміло, але слід звернути увагу на наявність деяких граматичних, стилістичних, термінологічних та інших недоліків.

1. Зокрема, стилістично неузгоджено 3-є речення в останньому абзаці на ст. 31 , пункт б) на ст. 42, 2-є речення в 2-ому абзаці на ст. 52, передостаннє речення на ст. 52, перше речення в другому абзаці на ст. 59, перше речення в останньому абзаці на ст. 87, передостаннє речення на ст. 100, останнє речення в першому абзаці на ст. 103, останнє речення в першому абзаці на ст. 110; на рис. 2.2, 2.4 та багатьох інших замість позначення кута θ використано t . Інколи (наприклад, на ст. 81 та 124) замість терміну “решітка” використовується слово “грати”.
2. Формулу (1.1) на ст. 39 доречно було б записати у векторному вигляді.
3. Не зрозуміло, як узгоджується з контекстом та тематикою роботи останній абзац на ст. 43.
4. На ст. 54 йде мова про стовпці виділені заливкою зеленим та жовтим кольором в таблиці 2.1 нижче, але жодної кольорової заливки у вказаній таблиці немає.
5. Дивно виглядають діаграми спрямованості представлені на рис. 2.14 а) рис. 3.3 г), 3.5 г) та 3.6. Значення діаграм для кута $\theta=0$ при різних значеннях кута Ψ відрізняються один від одного.
6. Не розшифровано позначення матриць використані, зокрема, в формулах (4.6) та (4.9) на ст. 104.
7. На ст. 154 та 155 використовується нерозшифрований термін “коефіцієнт резервування”.
8. В роботі доречно було б навести порівняння характеристик антенних решіток, що складаються із еквидистантних та нееквидистантних елементів.
9. В роботі не обґрунтовано вимоги до значень, які повинна приймати просторова частота, для отримання решітки із необхідними характеристиками.

10. В розділі 2 не приділено уваги алгоритму, який застосовується для видалення елементів антенної решітки задля зменшення коефіцієнту заповнення.
11. За результатами роботи здобувач робить висновки наприкінці кожного розділу, але не надається докладних тверджень із конкретними значеннями параметрів.
12. 4. У розділі 5 представлені лише результати моделювання для робочої частоти 25 МГц, хоча в попередніх публікаціях автора зазначалося, що моделювання також проводилося для робочих частот 10 МГц, 20 МГц, 40 МГц і 80 МГц на радіоастрономічних телескопах, що приводило до значних результатів. Можливо, слід ретельно пояснити причини обрання робочої частоти 25 МГц і вказати, чому саме цей діапазон був обраний для аналізу в розділі 5.
13. В розділі 4 для генерації масиву координат запропоновано лаконічні матричні формули. Однак, чомусь в інших розділах, зокрема в розділі 1 при поясненні традиційного базового методу проектування розрідженої плоскої антенної решітки за допомогою матриці, така форма запису не використовується.
14. З метою вдосконалення наукового дослідження корисно було б розглянути більш детальні теоретичні розрахунки та отримати формули, що пов'язують параметри використаних спеціальних матриць та значення випроміненого дальнього поля антенної решітки. Це могло б привести до роз'яснення доцільності використання різних математичних об'єктів для подібних досліджень.
15. Корисно було б провести тестування моделювання різних типів антен в якості елементів антенної решітки при різних робочих частотах. Це допомогло б глибше визначити практичну цінність виконаної роботи та критично розглянути та обговорити висновки, які були зроблені в даній дисертаційній роботі.

Зазначені недоліки та зауваження не впливають на якість отриманих результатів, обґрунтованість зроблених здобувачем висновків та загальне позитивне враження від дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Вважаю, що робота Ло Іяна (Luo Yiyang) «Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць» є показником успішного засвоєння дисертантом освітньо-наукової програми на здобуття наукового ступеня «доктор філософії». Вона відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор, Ло Іян (Luo Yiyang), є кваліфікованим спеціалістом, який заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Рецензент

доцент кафедри теоретичної радіофізики
факультету радіофізики, біомедичної електроніки
та комп'ютерних систем

Харківського національного університету

імені В. Н. Каразіна

Максим ЛЕГЕНЬКИЙ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ

створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 09:16:42 03.02.2024

Назва файлу з підписом: Рецензия Ло.pdf.p7s

Розмір файлу з підписом: 82.4 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Рецензия Ло.pdf

Розмір файлу без підпису: 64.3 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Легенький Максим Миколайович

П.І.Б.: Легенький Максим Миколайович

Країна: Україна

РНОКПП: 3136904799

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 09:16:40 03.02.2024

Сертифікат виданий: "Дія". Кваліфікований надавач електронних довірчих послуг

Серійний номер: 382367105294AF97040000007CC45200305BEF01

Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Кваліфікований

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2023.12.21 13:00

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В.Н.Каразіна
доценту Олександрю ДУМІНУ
майдан Свободи 4, м.Харків, 61022

Рецензія

офіційного рецензента, професора кафедри фізики надвисоких частот факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, доктора фізико-математичних наук, професора Погарського Сергія Олександровича на дисертаційну роботу Ло Іяна «Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»

1. Обґрунтування теми дослідження.

Антенні решітки (АР) є невід'ємною частиною багатьох радіотехнічних систем. Класичні АР являють собою електродинамічні системи з еквідистантним розташуванням випромінюючих елементів. Електродинамічні характеристики таких об'єктів доволі добре вивчені, а аналіз і оптимізацію параметрів проводять із використанням добре апробованих методів. Розріджені АР почали використовуватися при створенні різних антенних систем порівняно недавно. Їхнє використання викликане як економічним чинником (здешевленням побудови антенних систем), так і тією обставиною, що такі системи мають низку властивостей, які недоступні для класичних АР.

Водночас процедури аналізу, синтезу й оптимізації параметрів неоднорідних (з погляду математичного ансамблю елементів) АР досить складні. Якщо судити за відомими науковими джерелами, на сьогоднішній день не існує універсального, коректного з математичної точки зору методу для вирішення питання створення розріджених АР. З цієї причини ведеться активний пошук, розробка методів, методик, підходів для реалізації процедур аналізу, синтезу та оптимізації параметрів розріджених АР, які є підмножиною неоднорідних АР.

Коректний опис властивостей і характеристик, а тим паче, синтез й оптимізація цих параметрів можливі на основі максимально узагальнених моделей, з використанням максимально універсальних чисельних алгоритмів.

У зв'язку з цим тема досліджень, здійснених під час роботи над дисертацією, є актуальною як із загальнонаукового погляду, так і з погляду конкретних практичних застосувань.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому й оформлення.

Дисертація складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 179 сторінок друкованого тексту: 142 сторінки основного тексту, 49 рисунків, 17 таблиць, списку використаних джерел із 154 найменувань.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету й основні задачі, об'єкт та предмет дисертаційного дослідження, визначено наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результатів, описано математичний апарат, який був використаний у дослідженні, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами, особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан проблем щодо проектування та оптимізації розріджених планарних антенних решіток, визначено перелік основних задач дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** розглянуті основні питання щодо розробки та оптимізації параметрів розрідженої плоскої антенної решітки на основі латинських квадратів, показано можливість синтезу великих антенних решіток, представлені результати досліджень характеристик решіток при використанні параметрів адитивного та мультиплікативного типів зрушень.

У **третьому розділі** розглянуто можливість побудови нееквідистантних антенних решіток на основі латинських квадратів, що приймають циклічні різниці множин як елементи. Встановлено, що антенні решітки, отримані на основі латинських квадратів, які використовують циклічні різниці множин як елементи, мають кращі характеристики порівняно з антенними решітками на основі латинського квадрата, що використовує магічні квадрати як елементи.

У **четвертому розділі** запропоновано оригінальний метод побудови антенної решітки, що використовує латинський квадрат за допомогою трикутної матриці для генерації матриці координат елементів масиву. Синтезований масив з використанням цього методу дозволив отримати антенну решітку із достатньо вузькою головною пелюсткою та низьким рівнем бічної пелюстки.

У п'ятому розділі розглянуті нові підходи до конструювання нееквідистантних розріджених антенних решіток з використанням деяких математичних моделей, а саме: магічні квадрати, латинські квадрати, в тому числі з елементами у вигляді циклічної різниці множин, трикутні матриці та інші.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано результати сучасних наукових досліджень.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р., №44), та Наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р., № 44 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Тематика дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри теоретичної радіофізики Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна та виконувалася в рамках держбюджетних науково-дослідних тем: Проєкт Національного фонду досліджень України 2020.02/0015 “Теоретичні та експериментальні дослідження глобальних збурень природного і техногенного походження в системі Земля – атмосфера – іоносфера” (2020–2022 рік), а також лабораторії «Моніторингу та спектроскопії середовищ» Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова: НДР «Розвиток методів та засобів оптики та квазіоптики для дослідження закономірностей та особливостей взаємодії терагерцевого випромінювання з фізичними та біологічними об'єктами» (шифр «ОРЕОЛ») у 4-х кн., № держреєстрації 0111U010479. - 2016. – Книга 2 «Методи формування та обробки зображень у терагерцевій ділянці електромагнітного спектру» (виконавець); НДР «Просторово-часові нестационарні електромагнітні та акустичні взаємодії в системі

атмосфера - море - речовина; вплив стану середовища та складних відбивачів на дистанційну діагностику при локаційному і ретрансляційному зондуванні та на метеорний радіозв'язок (шифр «Обрій»), яка виконувалася в період із 01.01. 2013 р. по 31.12. 2017 р. на підставі Постанови Бюро ВФА НАН України від 23.05.2012 р., протокол № 5, № державної реєстрації 0113U000048 (виконавець); НДР «Взаємодії електромагнітних і акустичних хвиль в системі довкілля-речовина та їх використання для вирішення проблем радіолокації, енергетики, екології, медицини та зв'язку» (шифр "Обрій-2"), яка виконувалась в період із 01.01.2018 р. по 31.12.2022 р. на підставі Постанови Бюро ВФА НАНУ від 06.06.2017р., протокол № 4, № державної реєстрації 0118U003034 (виконавець).

4. Ступень обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено коректним використанням фундаментальних підходів і методів математичної фізики, методів чисельного аналізу та оптимізації, теорії матриць.

Достовірність й обґрунтованість отриманих результатів забезпечується:

- використанням відомих та апробованих підходів для аналізу характеристик двовимірних нееквідистантних АР;
- використанням матричних операцій (перетворення, обертання, розширення, вкладення) (використання спеціальної матриці для генерації координатної АР);
- використанням методика аналізу розподілу згортки та гістограми (для визначення та аналізу розподілу просторової частоти АР).
- апробацією отриманих наукових результатів на 5 міжнародних наукових конференціях.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових та міжнародних наукових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць, серед яких: 2 публікації у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science; 1 публікація у науковому виданні, включеному на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 7 праць у матеріалах та тезах конференцій.

Дисертант отримав наступні наукові результати:

1. Вперше запропоновано та використано латинської квадратної матриці при побудові AP;
2. Запропоновано оригінальну комбінацію циклічних різницевих множин і латинських квадратних матриць для плоских розріджених AP;
3. Реалізований матричний підхід, на відміну від ітераційних схем і підходів щодо оптимізації на основі видалення, продемонстрував ефективність при проектуванні AP;
4. Розвинений матричний підхід забезпечив повне охоплення просторових частот у розрідженій планарній антенній решітці, призначеній для радіоастрономії.

6. Практичне значення одержаних результатів.

Цінність наукових результатів дисертаційної роботи полягає у тому, що в ній запропоновано цілісний, комплексний підхід щодо розв'язання важливої наукової та в водночас практичної задачі – проектування та створення високоефективних антенних систем на основі нееквідистантних розріджених решіток. Основу таких решіток складають набори випромінювачів, взаємне розташування яких описується за допомогою

специфічних математичних об'єктів, таких як магічні квадрати, латинські квадрати і циклічні різницеві множини.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи визначається достатньо широким колом прикладних задач, які можуть знайти своє рішення. Коло цих задач може бути суттєво розширено завдяки характерним ознакам побудованих моделей. По-перше, це їх простота та достатня ефективність, оскільки вони базуються на простих математичних концепціях, при цьому виключаються складні нелінійні оптимізаційні процедури. По-друге, використання таких математичних об'єктів як магічні квадрати та латинські квадрати дозволяє достатньо легко масштабувати розміри антенної решітки. І, по-третє, незважаючи на те, що задачі синтезу антенних решіток є нелінійними задачами, але використання спеціальних математичних об'єктів для генерації координатних матриць різного розміру дозволяють знаходити розв'язки багатовимірних задач.

7. Дотримання академічної доброчесності.

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації або фабрикації тексту в роботі відсутні.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

На власний погляд рецензента, є певні важливі аспекти, які в роботі здобувача залишилися або за межами уваги, або поза межами тексту дисертаційної роботи. До таких питань належать наступні.

1. Оскільки тематика дисертаційної роботи безпосередньо пов'язана з антенною технікою, вважаю, що в роботі мали б бути присутніми дані щодо енергетичної ефективності (тобто ккд) антен, що розробляються, та їхніх поляризаційних характеристик.

2. Не розглянуті важливі питання про взаємний вплив елементів антен за вільним простором та можливі обмеження на геометричні параметри.

3. Залишилося поза увагою питання про збудження елементів решіток, тобто питання про амплітудно-фазові розподіли, які забезпечували б ефективну роботу антенних решіток, які розробляються.

4. 3D форма представлення діаграм спрямованості, безумовно, є презентабельною, проте дає дуже туманне уявлення про бічні пелюстки. Відсилання до таблиць, де ці дані наводяться, дуже сильно ускладнює сприйняття тексту. Подання в декартовій або полярній системах координат у цьому сенсі більш інформативні.

5. Зауваження термінологічного плану. У тексті дисертації присутня постійна плутанина в термінах: решітка – ґратка.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи й обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Ло Іяна «Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічне та доступно викладеним матеріалом.

В роботі поставлені та вирішені загальні питання синтезу нееквідистантних решіток, запропоновано алгоритм розрахунку координат елементів низки розріджених плоских нееквідистантних АР з використанням спеціальних матричних квадратів, таких як латинський квадрат, магічний квадрат трикутний квадрат, квадрат одиниць і т. д.

Здобувач Ло Іян заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний рецензент,
доктор фізико-математичних наук,
професор, професор кафедри фізики
надвисоких частот факультету радіофізики
біомедичної електроніки та комп'ютерних
систем Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна

Сергій ПОГАРСЬКИЙ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 08:30:14 05.02.2024

Назва файлу з підписом: Рецензия_Погарский_1.docx.asice
Розмір файлу з підписом: 41.6 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензия_Погарский_1.docx
Розмір файлу без підпису: 37.6 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ПОГАРСЬКИЙ СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ
П.І.Б.: ПОГАРСЬКИЙ СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2011401094
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 08:30:08
05.02.2024
Сертифікат виданий: АЦСК АТ КБ «ПРИВАТБАНК»
Серійний номер: 248197DDFAB977E504000000F0DFC700E3904204
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2023.12.21 13:00