

Голові спеціалізованої вченої ради
Д26.062.19 при Національному
авіаційному університеті МОН України
Козловському В.В.

ВІДГУК

на дисертаційну роботу Щербини Ольги Алімівни «Методологія побудови антенних систем радіомоніторингу з фільтрацією та придушенням завад»,

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

Актуальність теми дисертації, зв'язок з науковими програмами

Основною метою проведення регулярного радіоконтролю випромінювань є запобігання появі радіозавад. Серед завдань служби радіомоніторингу можна виділити наступні: забезпечення постійного або періодичного моніторингу завантаження спектра у певних смугах частот; виявлення та аналіз нових радіовипромінювань; оцінювання технічних параметрів і визначення характеристик випромінювання; пеленгування та визначення місцезнаходження джерел радіовипромінювання. Ці завдання можливо реалізувати завдяки використанню таких процедур як: пошук і виявлення радіовипромінювання в заданому діапазоні частот; спостереження за радіовипромінюваннями в певному діапазоні частот; селекція радіовипромінювань; інструментальне вимірювання та оцінка параметрів радіовипромінювання; пеленгування джерел радіовипромінювань; визначення місцезнаходження джерел радіовипромінювань; ідентифікація джерел радіовипромінювань тощо.

Так, як всі вищезгадані завдання радіомоніторингу на практиці вирішуються за умов складної електромагнітної обстановки, тому це вимагає застосування широкої номенклатури технічних засобів, в тому числі і велику кількість різноманітних антенних систем. Технічні характеристики і параметри пристрою радіомоніторингу в значній мірі залежать від параметрів використовуваних антен.

Для забезпечення виконання всіх задач радіомоніторингу, які було зазначено вище, необхідно використовувати декілька антен. Це створює не

тільки проблеми при розміщенні, але і обмежує функціональні можливості самого терміналу радіомоніторингу. Вирішенням даної проблеми може бути використання антенної системи, яка б поєднувала в собі функцію вимірювання необхідних параметрів досліджуваного випромінювання і функції пеленгаторів.

Таким чином, розв'язання науково-прикладної проблеми, що пов'язана з наявністю суперечності між необхідністю забезпечення станцій радіоконтролю відносно простими вимірювальними антенними системами з розширеними функціональними можливостями і наявністю подібних систем та методик їх розробки, є актуальним завданням.

Актуальність дисертаційної роботи та обраного **Щербиною О.А.** напрямку досліджень також підтверджується держбюджетними науково-дослідними роботами, які виконувалися у Національному авіаційному університеті: «Моделювання та дослідження проблем електромагнітної сумісності радіоелектронних систем розташованих на обмеженій території»; «Розробка та вдосконалення методів сертифікаційних випробувань електронної апаратури за параметрами ЕМС», «Комплекс апаратури передачі даних безпілотної авіаційної системи»; «Система зв'язку безпілотної літального апарата»; «Адаптивні антенні системи», у яких автор був виконавцем.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові результати досліджень, висновків і рекомендації є повністю обґрунтованими і достовірними, оскільки підтверджуються коректністю постановки мети та завдань досліджень, а також вдалим застосуванням математичного апарату, результати розрахунків збігаються з результатами моделювання.

Основні результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на наукових конференціях, що проводилися в Україні та зарубіжних країнах, а саме: XI міжнародній науково-технічній конференції "Авіа-2013" (Київ, 2013); IX International Conference "Antenna Theory and Techniques" (Одеса, 2013 р.); 3rd International Conference "Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments" (Київ, 2015 р.); 4th IEEE International Conference "Methods and Systems of Navigation and Motion Control" (Київ, 2016 р.); міжнародному симпозиумі "Signal Processing Symposium" (Польща, Яхранка, 2017 р.); 14th

International Conference "Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering" (Львів-Славське, 2018 р.); International Conference "Advances in Wireless and Optical Communications" (Латвія, Рига, 2018); 15th International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD Systems" (Свалява-Поляна, 2019 р.); IEEE 5th International Conference "Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments" (Київ, 2019 р.); міжнародному симпозиумі "Signal Processing Symposium 2019" (Краків, Польща, 2019 р.), 15th International Conference "Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering" (Львів-Славське, 2020 р.)

Окремі результати дисертаційного дослідження опубліковані у іноземних періодичних виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, зокрема:

Ilnitskiy, L.Ya., Shcherbina, O.A. Antenna system for measuring electromagnetic field parameters. *Radioelectronics and Communications Systems*. 2014. Vol. 57. № 1. P. 50-60.

Ilnitskiy L.Y., Shcherbyna O.A., Mykhalchuk I.I. Metrological characteristics of antenna system for measuring electromagnetic field parameters. *Radioelectronics and Communications Systems*. 2016. Vol. 59. № 3. P. 141-149.

Shcherbyna O. A., Ilnitskiy L. Ya., Mykhalchuk I. I., Kozhokhina O. V. Accuracy characteristics of radiomonitoring antennas. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2020. Vol. 54. № 3. P. 42-55.

Shcherbyna O., Kozhokhina O. Construction principles of quadrifilar helical antenna. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2020. Vol. 79. № 16. P. 1441-1453.

Shcherbyna O.A., Yashchyshyn Y.M. Broadband V-band angular transition. *Radioelectronics and Communications Systems*. 2016. Vol. 59. № 4. P. 179-183.

Наукова новизна дисертаційної роботи Щербини О.А. полягає у наступному:

Вперше:

- Розроблено методологію побудови багатofункціональних малоелементних антенних решіток радіомоніторингу та радіоконтролю.

- Розроблено метод побудови антенної системи радіомоніторингу з активними лінійними елементами антенного блоку.
- Розроблено метод побудови малоелементної антенної решітки радіомоніторингу з пристроєм первинної обробки сигналів.
- Розроблено метод побудови антенних систем радіомоніторингу з кільцевими елементами антенних решіток.
- Розроблено метод розрахунку характеристик точності вимірювання параметрів електромагнітного поля системою радіомоніторингу, антена решітка якої складається з лінійних елементів.

Вдосконалено та набуло подальшого розвитку:

- Методи побудови структурних схем малоелементних антенних систем радіомоніторингу з придушенням впливу завад.
- Метод розрахунку конструкції друкованої логоперіодичної антени як елемента антенної решітки систем радіомоніторингу.
- Метод розрахунку конструкції резонансної квадрифілярної спіральної антени з різними типами живлення як елемента антенної решітки систем радіомоніторингу.

Наукове і практичне значення дисертаційної роботи

Практична цінність результатів роботи полягає у тому, що розроблена в роботі методологія дає змогу:

- завдяки використанню антенної системи, яка складається з п'яти активних несиметричних вібраторів однозначно пеленгувати місцеположення джерела випромінювання і вимірювати параметри електромагнітного поля без зміни положення антени у просторі;
- завдяки використанню розробленої чотирьохелементної антенної решітки виконувати важливі для радіомоніторингу функції: автоматизований огляд простору, виявлення джерела випромінювання, автоматичне визначення кутових координат джерел випромінювання, придушення завади на частотах близьких до частоти контрольованого радіовипромінювання, вимірювання напруженості електричного поля, вимірювання параметрів поляризації поля випромінювання;
- завдяки використанню кільцевих елементів антенної решітки створювати багатофункціональні системи радіомоніторингу при відносно

невеликих габаритах апертур антен і вимірювати параметри електромагнітного поля будь-якої поляризації шляхом розкладання хвилі на складові в коловому ортогональному поляризаційному базисі;

- завдяки розробленій математичній моделі антенної системи визначати інструментальні похибки за спрощеними аналітичними виразами.

Наведені результати мають практичне значення для проєктних установ та науково-дослідних організацій у сфері розробки та експлуатації засобів радіомоніторингу.

Результати досліджень упроваджені в Державному підприємстві «Український державний центр радіочастот», в Державному підприємстві «Антонов», в Дочірньому підприємстві «Захист та автоматизація об'єктів НДІРВ», в навчальному процесі Національного авіаційного університету, в навчальному процесі Відокремленого структурного підрозділу «Фаховий коледж інженерії та управління Національного авіаційного університету».

Повнота викладення основних результатів дисертації в наукових виданнях

За темою дисертаційного дослідження здобувачем опубліковано 38 наукових праць, з яких: 15 – у фахових періодичних наукових виданнях; 5 – у фахових періодичних виданнях, що індексуються наукометричними базами Scopus та Web of Science; 3 патенти на корисну модель, 4 патенти на винахід, 9 – матеріали міжнародних наукових конференцій (8 з яких індексуються наукометричною базою Scopus).

Особистий внесок здобувача в сумісних публікаціях є підтвердженим.

Рівень та кількість публікацій, рівень апробації відповідають вимогам, що висуваються МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Використання чужих результатів та ідей без посилань, а також невідповідності змісту дисертації та автореферату Паспорту спеціальності 05.12.13 у тексті дисертації та автореферату не виявлено.

Результати наукових досліджень, за якими здобувач захистив кандидатську дисертацію до результатів докторської дисертації не включені.

Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, основного змісту (який містить шість розділів), списку використаних джерел, висновків та п'яти

додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи без додатків складає 322 сторінки.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження та її зв'язок з науково-дослідними програмами, визначено мету і завдання досліджень, наведено методи досліджень, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, визначений особистий внесок здобувача у працях зі співавторами, охарактеризовано апробацію результатів, а також структуру та обсяг дисертації.

Перший розділ дисертаційної роботи містить аналіз предметної області в частині дослідження типових антен, антенних систем та принципів побудови антенних систем, які можуть бути використані у системах радіомоніторингу для вимірювання і контролю за параметрами випромінювання. На основі проведеного аналізу автор окреслює коло завдань, що потребують розв'язання, та формулює узагальнену постановку задачі дослідження.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню структури методології побудови антенних систем радіомоніторингу з фільтрацією та придушенням завад, яка ґрунтується на використанні таких методів, як метод побудови лінійної антенної решітки, метод побудови антенної системи з просторовою фільтрацією сигналу, метод побудови антенної системи з компенсацією напруги завади, метод побудови адаптивних антенних систем, метод вимірювання кутового положення джерела випромінювання, метод розрізнення сигналу і завади за рахунок їх некогерентності. Дані методи було удосконалено або розроблено автором дисертаційної роботи.

У третьому розділі наведено п'ять структурних схем антенних систем, які було розроблено за допомогою використання елементів розробленої методології. Було синтезовано та проведено порівняння антенних систем з амплітудною та фазовою компенсацією завади. Було запропоновано реалізацію схеми двоелементної адаптивної антени. В даному розділі була синтезована та аналітично досліджена п'ятиелементна антенна система, яка складається з активних несиметричних вібраторів. Розташування антенних елементів в такій антенній системі дає можливість не змінювати положення антенного блоку при знаходженні джерела досліджуваного сигналу. На відміну від п'ятиелементної вимірювальної антени, чотирьохелементна антенна решітка, яка також

розроблена в даному розділі, в якості антенного блоку використовує плоску антенну решітку, яка потребує зміни орієнтації у просторі для настроювання на напрямок приходу досліджуваної хвилі.

У четвертому розділі дисертаційної роботи було проведено дослідження принципів вимірювання параметрів електромагнітної хвилі за допомогою кільцевих антен, які дають можливість розкласти прийняті електромагнітні хвилі з будь-якою поляризацією на складові в коловому ортогональному поляризаційному базисі. Було синтезовано схему виокремлення наведених в антені струмів правого та лівого напрямку обертання вектора напруженості електричного поля. Схема створена на пасивних лінійних елементах надвисоких частот, що забезпечує стабільність параметрів і надійність функціонування.

П'ятий розділ присвячено дослідженню характеристик точності розроблених в попередніх розділах антенних систем радіомоніторингу, а саме: двоелементної адаптивної антени, п'ятиелементної вимірювальної антенної системи і антенної системи з чотирьохелементною плоскою антенною решіткою. Розроблені аналітичних співвідношень, які розкривають вплив різних структурних елементів та кіл антенних систем на точність вимірювань параметрів полів випромінювання. Це дозволяє за рахунок вибору певних конструктивних елементів приводити похибки вимірювань до необхідних рівнів.

У шостому розділі було проведено розробку конструкцій елементів антенних решіток вимірювальних систем для радіомоніторингу:

- мікросмужкової кільцевої антени з навантаженням у вигляді спрямованого відгалужувача для розділення наведених у кільці напруг від хвиль правого та лівого обертання;
- мікросмужкової логіперіодичної антени, використання якої у якості елемента антенної решітки вимірювальної системи дозволить суттєво збільшити смугу робочих частот;
- квадрифілярної спіральної антени, яка може бути використана у якості елемента антенної решітки для вимірювання параметрів поля з обертовою поляризацією;

- прямокутного RWG-SIW переходу, який може бути використаний для побудови елементів антенної системи і для подальших досліджень в цій області.

У висновках наведено основні результати, отримані автором. Список використаних джерел містить 163 найменування. У п'ятьох додатках подано принцип визначення похибки вимірювання параметрів хвилі при використанні методу стандартного поля, порівняльна характеристика параметрів симетричного прямолінійного вібратора і симетричного вібратора зі спіральними плечима, моделювання кільцевої мікросмушкової антени з лінійною поляризацією поля випромінювання, копії актів впровадження результатів дисертаційної роботи та патентів.

Відповідність автореферату основним положення дисертації

Автореферат обсягом 44 друкованих сторінок якісно оформлений. Зміст автореферату повністю розкриває зміст основних наукових положень представленої дисертаційної роботи.

Дисертація і автореферат викладені логічно, послідовно, грамотно, методично коректно та оформлені згідно з вимогами МОН України.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності

Дисертаційна робота Щербини О.А. відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій» за пунктами 1, 2.

Зауваження щодо дисертації

1. У п. 1.1 на рис. 1.5-1.8 (стор. 40) представлені приклади антен стаціонарних систем радіомоніторингу. Доречно було б привести також приклади антен, які використовуються на мобільних станціях радіоконтролю.

2. П. 1.2 містить опис відомих методів компенсації і адаптації до заводового випромінювання. Було б більш раціональним скоротити цей опис і розширити п. 1.3, який присвячено опису адаптивних антенних систем, що використовуються в телекомунікаційних системах.

3. У п. 1.3 на рис. 1.21 (стор. 69) представлені основні групи задач для вирішення поставленої у дослідженні мети. Доцільним було б додати до переліку групу, яка пов'язана з розробленням і дослідженням конструктивних елементів антенної решітки розроблених систем.

4. Формула (2.2) на стор. 83, яка визначає електрорушійні сили на затискачах елементів антенної решітки, виведена лише для трьох елементів антенної решітки і не узагальнена для випадку зміни кількості антенних елементів.

5. На рис. 2.7 показана узагальнена структурна схема адаптивної антени, але при описі методу побудови адаптивних антенних систем не уточнюється як і за якими критеріями формується опорний сигнал.

6. У п. 2.7 на рис. 2.7 (стор. 104) на наведеній структурній схемі не вказані зв'язки між елементами запропонованої методології.

7. На рис. 3.7 (стор. 123) у п. 3.1.2 показана структурна схема антени з фазовою компенсацією завади. На цьому рисунку не вказане місце підключення схеми додаткової обробки сигналів, яка зображена на рис. 3.8 (стор. 126).

8. При розробці математичної моделі чотирьохелементної вимірювальної антенної решітки для станції радіомоніторингу, яку було описано в п. 5.3 дисертаційної роботи, доцільним було б представити функціонування антенної системи у схематичному вигляді або у вигляді алгоритму, що спрощує розуміння складної роботи схеми.

9. На рис. 5.5 (стор. 238) показана узагальнена блок-схема п'ятиелементної вимірювальної антени, повна схема якої зображена на рис. 3.18. Необхідно інформативно виділити узагальнені блоки і на рис. 3.18, для того щоб показати, які елементи вони поєднують.

10. У п. 6.1 описано конструкцію мікросмужкового кільцевого елемента антенної решітки з навантаженням у вигляді спрямованого відгалужувача на зв'язаних лініях. Для практичного використання вважаю доречним додаткове проведення порівняння запропонованої конструкції з конструкцією спрямованого відгалужувача шлейфового типу, який має більший коефіцієнт зв'язку.

Загальні висновки

Представлена дисертаційна робота Щербини Ольги Алімівни на тему «Методологія побудови антенних систем радіомоніторингу з фільтрацією та придушенням завад» є цілісним та завершеним науковим дослідженням, що присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми – підвищенню ефективності вимірювання та контролю параметрів

електромагнітного поля за рахунок використання методів фільтрації і придушення завади.

Дослідження містить нові науково-обґрунтовані результати, не захищені раніше наукові положення і висновки.

Дисертація виконана на достатньо високому рівні. Її результати не співпадають з результатами кандидатської дисертації автора, що була виконана за темою «Автоматизація вимірювання напруженості поля» та захищена у 2007 р.

Основні результати дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій».

Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.13 р. № 567 зі змінами) та іншим чинним вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор, **Щербина Ольга Алімівна**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри телекомунікацій
Національного університету
«Львівська політехніка» МОН України

М.М. Климаш

Підпис офіційного опонента
Климаша М.М засвідчую
Вчений секретар НУ «Львівська Політехніка»

Р.Б.Брилинський

