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

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Бойка Юлія Миколайовича
на дисертаційну роботу Щербини Ольги Алімівни
«Методологія побудови антенних систем радіомоніторингу з фільтрацією та придушенням завад», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій

Актуальність теми дисертації. В умовах нестримного зростання систем радіозв'язку у всіх сферах діяльності людини виникає велика кількість нових задач, від ефективного розв'язання яких залежить можливість побудови цілісного інформаційного простору. Однією із таких задач є задача, пов'язана з електромагнітною сумісністю систем і засобів радіозв'язку. Значна роль у вирішенні цієї задачі відводиться ефірному радіочастотному контролю, який служить важливим інструментом для прийняття рішень про виділення діапазону радіочастот для нових радіозасобів, підвищення ефективності використання радіочастотного ресурсу та забезпечення умов для нормальної роботи ліцензійних засобів.

Важливим компонентом засобів радіомоніторингу є антенна система. У разі складної електромагнітної обстановки антенні системи радіомоніторингу повинні не тільки давати можливість вимірювати параметри досліджуваного електромагнітного поля з високою точністю, але й адаптуватись до електромагнітного оточення, виділяючи досліджуваний сигнал і придушуючи заваду.

Аналіз наукових результатів показує, що антенні системи засобів радіомоніторингу можуть бути об'єктами проектування та вдосконалення. Однак, поєднанню в одній антенній системі функцій вимірювання параметрів досліджуваного поля і адаптації до електромагнітного оточення приділяється недостатня увага. Тому в цьому напрямі наукових досліджень відкривається широке поле для виявлення нових можливостей побудови багатофункціональних антен радіомоніторингових систем та створення додаткових стимулів для їх впровадження в практику.

Автор науково обґрунтовано сформулював протиріччя між необхідністю забезпечення станцій радіоконтролю відносно простими вимірювальними антенними системами з розширеними функціональними можливостями і наявністю подібних систем, методик їх розробки та принципів побудови структурних систем, які забезпечують реалізацію всього спектру необхідних функцій.

Вирішення цього протиріччя шляхом розроблення методології побудови антенних систем для станцій радіомоніторингу, які б не тільки адаптувались до складного електромагнітного оточення, але і з достатньою точністю настроювались на напрямок досліджуваного випромінювання та забезпечували вимірювання його характеристик, є актуальною науково-технічною проблемою.

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

Дисертаційна робота пов'язана зі Стратегією розвитку інформаційного суспільства в Україні, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 травня 2013 р. № 386-р. Результати дисертаційної роботи використані під час проведення науково-дослідних робіт у Національному авіаційному університеті в частині синтезу структурних схем антенних систем для засобів радіомоніторингу.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Дисертаційна робота Щербини О.А. є закінченим науковим дослідженням.

Обсяг дисертаційної роботи 358 сторінок, що містять вступ, шість розділів, висновки і додатки.

У вступі наведено обґрунтування вибору теми дослідження, мету та завдання дослідження, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, дані про впровадження, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У першому розділі для визначення задач, які необхідно вирішити, автор послідовно, системно надав узагальнену характеристику служби радіомоніторингу України, виконав аналіз існуючих антенних систем станцій радіоконтролю, дослідив наукові результати у напрямку вирішення проблеми завадозахищеності радіоелектронних пристроїв за допомогою антенних систем з первинною обробкою сигналів.

У другому розділі увага приділяється елементам запропонованої методології побудови антенних систем станцій радіочастотного моніторингу.

При цьому автор детально описує складові методологічного підходу, які вирішують задачі просторової фільтрації сигналу, компенсації завади та настроювання апертури антени на напрямок приходу досліджуваного сигналу тощо. Вирішення цих задач дозволяє у подальшому провести вимірювання необхідних параметрів електромагнітного поля з достатньою точністю.

Приведено загальну структуру розробленої методології, яка дозволяє зрозуміти порядок виділення корисного сигналу за наявності завади та вимірювання параметрів досліджуваного сигналу за допомогою однієї антенної системи радіомоніторингу, а також місце кожного з елементів методології в цьому процесі.

У третьому розділі розглядаються приклади побудови структурних схем антенних систем з використанням розробленої методології. Елементами антенного блоку цих систем є лінійні елементи, які дозволяють розкладати

прийняту електромагнітну хвилю у лінійному ортогональному поляризаційному базисі. Було синтезовано п'ять структурних схем:

- антенна система з амплітудною компенсацією завади;
- антенна система з фазовою компенсацією завади;
- двоелементна адаптивна антенна система;
- п'ятиелементна вимірювальна антенна система, елементами якої є активні несиметричні вібратори, що розташовані на перпендикулярних одна до одної осях;
- антенна система для радіомоніторингу, антенний блок якої побудовано у вигляді плоскої чотирьохелементної антенної решітки, елементами якої є пасивні симетричні вібратори.

Четвертий розділ присвячений розробленню принципів побудови антенних систем радіомоніторингу з кільцевими елементами антенної решітки. Така структура дає можливість розкладати прийняті електромагнітних хвиль з будь-якою поляризацією на складові в коловому ортогональному поляризаційному базисі і створювати багатофункціональні системи моніторингу при відносно невеликих габаритах апертур.

У даному розділі було послідовно розроблено та досліджено процеси вимірювання параметрів досліджуваного поля за допомогою кільцевих антенних елементів та визначення напрямку надходження досліджуваного сигналу, поступово збільшуючи кількість кільцевих елементів антенного блоку з одного до чотирьох. Чотирьохелементна антенна система, антенна панель якої складається з кільцевих елементів, може забезпечити функції пеленгації джерела випромінювання, придушення завади на тієї ж довжині хвилі, що і поле сигналу, за яким ведеться спостереження, вимірювання основних переметрів поля випромінювання і поляризаційних параметрів.

У цілому третій та четвертий розділи мають вагому наукову та практичну цінність для вирішення прикладних задач в області вимірювання параметрів електромагнітного поля з функцією просторової фільтрації корисного сигналу і придушенням завади.

П'ятий розділ присвячено дослідженню похибок вимірювання параметрів електромагнітного поля розробленими антенними системами з фільтрацією та придушенням завади. Була побудована узагальнена математична модель вимірювальної антенної системи, у якій обмежено кількість змінних інформативних напруг. Це забезпечує чіткі функціональні зв'язки між структурними елементами і спрощує визначення інструментальних похибок та аналітичних виразів для оцінки впливу конструктивних елементів на точність процесу вимірювання.

У шостому розділі проведено розрахунок, моделювання та експериментальне дослідження антен, які можуть бути використані у якості елементів антенної решітки вимірювальної системи. Було досліджено три типи антен: кільцева, логоперіодична та квадрифілярна спіральна.

Для розділення напруг, що наводяться в кільці електромагнітними хвилями з правою або лівою обертовою поляризацією, кільцева антена має

навантаження у вигляді спрямованого відгалужувача на зв'язаних лініях. Другим типом антен з обертовою поляризацією, який було досліджено в даному розділі є квадрифілярна спіральні антена.

У якості елементу антенної решітки з лінійною поляризацією з ціллю суттєвого розширення робочого діапазону частот автором було розроблено алгоритм конструювання мікросмужкової логоперіодичної антени.

Достовірність і новизна отриманих результатів, наукових положень, висновків та рекомендацій. Результати дисертаційної роботи викладені послідовно, систематично, а також відповідають поставленим задачам. Достовірність отриманих результатів підтверджується збігом теоретичних засад з результатами моделювання, а також коректним застосуванням математичного апарату теорії антен, теорії функцій комплексної змінної та математичного аналізу, радіотехнічних вимірювань, теорії похибок та теорії чутливості.

Наукова новизна дисертаційної роботи Щербини Ольги Алімівни наступна:

1. Вперше розроблено методологію побудови багатофункціональних малоелементних АР радіомоніторингу та радіоконтролю за рахунок поєднання адаптивних та компенсаційних методів фільтрації та придушення завади, що створює можливість виявити і провести вимірювання параметрів випромінювання корисного сигналу на фоні завад.

2. Удосконалено методи побудови структурних схем малоелементних антенних систем радіомоніторингу з придушенням впливу завад, які на відміну від існуючих використовують принципи амплітудної та фазової компенсації, а також принципи адаптації, що надало можливість одночасного вимірювання необхідних параметрів досліджуваного сигналу і адаптації до електромагнітного оточення.

3. Вперше розроблено метод побудови антенної системи радіомоніторингу з активними лінійними елементами антенного блоку для вимірювання параметрів електромагнітного поля, що полягає в створенні аналітичного апарату, який забезпечує обчислення необхідних параметрів досліджуваного поля без спеціальної орієнтації антенної системи у просторі до напряму падіння електромагнітної хвилі.

4. Вперше розроблено метод побудови малоелементної АР радіомоніторингу з пристроєм первинної обробки сигналів, яка дозволяє виконувати низку важливих функцій: автоматизований огляд простору та 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.

5. Вперше розроблено метод побудови антенних систем радіомоніторингу з кільцевими елементами АР, які дають можливість розкласти електромагнітні хвилі з будь-якою поляризацією на складові в коловому

ортогональному поляризаційному базисі і створити багатофункціональні системи моніторингу при відносно невеликих габаритах апертур.

6. Вперше розроблено метод розрахунку характеристик точності вимірювання параметрів електромагнітного поля системою радіомоніторингу, АР якої складається з лінійних елементів, на основі побудованої математичної моделі антенної системи, що дозволяє забезпечити прозорі функціональні зв'язки між структурними елементами при обмеженій кількості змінних інформативних напруг.

7. Удосконалено метод розрахунку конструкції друкованої логоперіодичної антени як елементу АР систем радіомоніторингу, який на відміну від існуючих засновано на використанні спрощених математичних співвідношень, що надає можливість використовувати його в процесі проектування антенних решіток радіомоніторингу.

8. Удосконалено метод розрахунку конструкції резонансної квадрифілярної спіральної антени з різними типами живлення як елементу АР систем радіомоніторингу, який на відміну від існуючих засновано на використанні спрощених математичних співвідношень, що надає можливість використовувати його в процесі проектування антенних решіток радіомоніторингу.

Практична цінність роботи. Практична цінність роботи полягає в тому, що її результати можуть бути корисними фахівцям проектних та науково-дослідних установ, що спеціалізуються в області проектування та удосконалення систем радіомоніторингу та радіоконтролю. Отримані результати можуть бути використані в органах контролю за використанням радіочастотного ресурсу. Основні положення дисертаційної роботи доцільно застосовувати під час підготовки фахівців у сфері радіомоніторингу та радіоконтролю.

Результати досліджень упроваджені в Державному підприємстві «Український державний центр радіочастот», в Державному підприємстві «Антонов», в Дочірньому підприємстві «Захист та автоматизація обєктів НДІРВ», в навчальному процесі Національного авіаційного університету, в навчальному процесі Відокремленого структурного підрозділу «Фаховий коледж інженерії та управління Національного авіаційного університету», що підтверджено відповідними актами впровадження, які наведені у Додатку до дисертаційної роботи.

Повнота викладу основних результатів та висновків в опублікованих працях. Основний зміст дисертації опубліковано в 38 друкованих роботах: з них 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 та 9 матеріалів міжнародних наукових конференцій. Три роботи написані здобувачем самостійно.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації. Розбіжності між змістом автореферату та змістом представленої дисертаційної роботи відсутні.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності. Дисертаційна робота Щербини О.А. відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Зауваження до роботи.

1. У п. 1.1 не наведено ґрунтовний опис узагальнених блок-схем станцій радіомоніторингу які представлено на рис. 1.1-1.3 (стор. 37-38).
2. На рис. 1.11 (стор. 44) у п. 1.2 показані діаграми спрямованості у разі використання амплітудного та фазового методів компенсації завадового випромінювання. Але в тексті цей рисунок описаний стисло і вимагає більш детального пояснення.
3. У другому розділі представлено метод розрізнення сигналу і завади за рахунок їх некогерентності з використанням чотирьох різних процедур. Проте порівняльний аналіз та вибір найкращої процедури не виконано.
4. У п. 3.1.3 не наведені графічні залежності, які наочно пояснюють яким чином зсув фаз, обумовлений різницею ходу променів, впливає на значення керуючої напруги.
5. У Розділі 4 бажано було б навести порівняльний аналіз графічних залежностей характеристик спрямованостей антенних решіток при різній кількості кільцевих елементів.
6. У п. 5.2 було проведене дослідження метрологічних характеристик п'ятиелементної вимірювальної антенної системи. Але графічне представлення результатів моделювання залежностей похибок вимірювання від параметрів антенної системи показане не для всіх випадків. При цьому відсутні графіки залежностей похибок вимірювання меридіонального кута, азимутальної складової вектора напруженості електричного поля та азимутального кута, що було б практично доцільним.
7. У п. 5.3.1 на графіках, які відображають результати моделювання роботи вимірювальної антенної системи (рис. 5.10-5.14), меридіональні та азимутальні кути представлені одночасно і в градусах і в радіанах, що ускладнює сприйняття інформації.
8. П. 6.3 присвячено проектуванню і дослідженню двох типів квадрифілярних спіральних антен. Плечі першого типу виготовлено у вигляді металевих дротів, а другого – у вигляді мікросмужкових ліній. У розділі відсутній порівняльний аналіз зазначених конструкцій антен.
9. У п. 6.2, де проводиться дослідження зразків логоперіодичної антени, які виконано за допомогою друкованої технології, немає пояснення коливального характеру залежностей основних параметрів антен (рис. 6.11 та 6.12 на стор. 291).

10. Доцільно було б вказати смугу робочих частот, а також значення коефіцієнту перекриття діапазону частот, для запропонованих в третьому та четвертому розділі дисертації структурних схем антенних систем.

Проте наведені недоліки не впливають на наукову значимість цієї дисертаційної роботи.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Щербини Ольги Алімівни на тему "Методологія побудови антенних систем радіомоніторингу з фільтрацією та придушенням завад" є завершеним науковим дослідженням, що містить нові науково обґрунтовані та практично важливі результати, які у своїй сукупності забезпечують вирішення актуальної науково-прикладної проблеми розробки методології побудови антенних систем радіомоніторингу.

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

Автореферат повністю відображає зміст та основні положення дисертації.

За науковим рівнем, практичною цінністю, публікаціями та апробацією результатів дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а здобувач Щербина Ольна Алімівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри телекомунікацій та
радіотехніки Хмельницького
національного університету Ю.М. Бойко

«__» _____ 2021 р.

Підпис офіційного опонента
Бойка Ю.М. засвідчую

Проректор з науково-педагогічної роботи
Хмельницького національного В.Г. Лопатовський
університету, к.е.н., доцент

«__» _____ 2021 р.