

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Радіотехнічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра теоретичних основ радіотехніки
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ **Ф.Ф. Дубровка**
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2015 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 8.05090103 Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси
(код і назва)

на тему: Розробка алгоритмів формування діаграми спрямованості адаптивної антенної решітки багатофункціональної РЛС

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи РС-31М
(шифр групи)

_____ **Неуймін Сергій Станіславович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник професор, д.т.н., Жук С.Я. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант охорона праці к.т.н., доцент Каштанов С.Ф. _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент професор, к.т.н., Лисенко О.І. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2015 року

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Інститут (факультет) _____ Радіотехнічний факультет _____
(повна назва)

Кафедра теоретичних основ радіотехніки _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 8.05090103 Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ф.Ф. Дубровка _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

«23» _____ лютого _____ 2015 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Неуйміну Сергію Станіславовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Розробка алгоритмів формування діаграми спрямованості адаптивної антенної решітки багатофункціональної РЛС.

_____ ,
науковий керівник дисертації Жук Сергій Яковлевич. д.т.н., професор. _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «11» березня 2015 р. № 298/2-с

2. Термін подання студентом дисертації _____ 17 червня 2015 _____

3. Об'єкт дослідження - процес просторово-часової обробки сигналів ЦАР БФРЛС. _____

4. Предмет дослідження – методи та алгоритми просторової фільтрації сигналів активних шумових завад плоских ЦАР з довільною формою. _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити - є покращення характеристик прийому корисних сигналів БФРЛС при наявності активних шумових завад, шляхом розробки алгоритмів просторової фільтрації в плоских ЦАР з довільною формою. _____

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу електронна презентація, яка пояснює результати проведеної роботи

7. Орієнтовний перелік публікацій не менше двох опублікованих матеріалів

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н., доцент Каштанов С.Ф.		

9. Дата видачі завдання 23.02.2015 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Розробка моделі ЦаР з довільною формою	26.03.2015	
2	Розробка алгоритмів просторової фільтрації в плоскій ЦАР	21.04.2015	
3	Аналіз розроблених алгоритмів просторової фільтрації в плоскій	26.05.2015	
4	Аналіз можливостей практичної реалізації розроблених алгоритмів	1.06.2015	
5	Оформлення магістерської дисертації	17.06.2015	
6			
7			
8			

Студент

(підпис)

С. С. Неуймін

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

С. Я. Жук

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему «Розробка алгоритмів формування діаграми спрямованості адаптивної антенної решітки багатофункціональної РЛС» складається з розділів на 125 сторінках, 2 додатків, 67 ілюстрацій по тексту роботи та 6 таблиць.

Одним з найперспективніших шляхів розвитку радіолокаційної техніки є створення багатофункціональних радіолокаційних систем (БФРЛС). Такі РЛС мають можливості одночасно проводити пошук нових цілей і супроводження великої кількості виявлених цілей. Розширення областей використання і ускладнення задач, які вирішують БФРЛС, потреб їх мобільності і швидкодії, обумовило потребу БФРЛС з цифровими антенними решітками (ЦАР). Використання ЦАР дало характерну нову якість - комплексне рішення задач просторово-часової обробки і широкі можливості ефективного функціонування в різних режимах.

Однією з найбільш істотних проблем, що виникають при функціонуванні БФРЛС, є зниження рівня активних завад. Для її вирішення широке застосування знаходить просторова фільтрація сигналів, яка найбільш ефективно реалізується методами цифрової обробки сигналів на базі цифрових антенних решіток (ЦАР). Для вирішення завдання просторової фільтрації необхідно вибрати найкращий метод визначення вагових коефіцієнтів при наявності практичних обмежень. Однак питання практичної реалізації даних методів в реальних системах недостатньо широко вивчені.

В роботі описується синтез та оцінка ефективності алгоритмів просторової фільтрації в ЦАР. Алгоритми дозволяють отримати близькі до потенційно можливих характеристики подавлення завад.

Об'єкт дослідження – процес просторово-часової обробки сигналів ЦАР БФРЛС.

Предмет дослідження – методи та алгоритми просторової фільтрації сигналів від активних шумових завад в плоских ЦАР з довільною формою.

Метою дослідження є покращення характеристик прийому корисних сигналів БФРЛС при наявності активних шумових завад, шляхом розробки алгоритмів просторової фільтрації в плоских ЦАР з довільною формою.

Для досягнення поставленої мети були розв'язані такі часткові завдання:

- розробка моделі плоскої ЦАР з довільною формою;
- розробка алгоритмів просторової фільтрації в плоскій ЦАР з довільною формою;
- аналіз розроблених алгоритмів просторової фільтрації в плоскій ЦАР з довільною формою за допомогою моделювання їх роботи на ЕОМ;
- аналіз можливостей практичної реалізації розроблених алгоритмів.

Дослідження отриманих алгоритмів було проведене в середовищі *RAD Studio*.

Ключові слова: цифрова антенна решітка, просторова фільтрація, амплітудно-фазовий розподіл, вагові коефіцієнти, програмний комплекс.

ABSTRACT

The dissertation on a theme "Development of algorithms of formation radiation pattern of the adaptive antenna array multifunction radar" consists of 8 sections on 125 pages, 2 applications, 67 illustrations and 6 tables.

One of the most perspective ways to develop radar technology is to create a multifunctional radar systems. These radars have the ability to simultaneously conduct the search for new purposes and support large numbers of targets. Expansion of the use and complexity of problems that solve multifunctional radar systems, the needs of their mobility and speed, led to the need multifunctional radar systems with digital antenna arrays. Using digital antenna arrays is the given new quality - a comprehensive solution of problems of space-time processing and effective functioning of opportunities in different modes.

One of the most significant problems in the functioning multifunctional radar systems is active noise reduction. To solve widely used spatial filtering of signals, which is most effectively implemented digital signal processing techniques based on digital antenna arrays. To solve the problem of spatial filtering is necessary to select the best method for determining the weighting coefficients in the presence of practical constraints. However, practical implementation of these methods in real systems is not widely understood.

This thesis describes the synthesis and evaluation of algorithms for spatial filtering in the digital antenna arrays. Algorithms can get close to the potential noise suppression characteristics.

Research object is the process of space-time signal processing multifunctional radar systems digital antenna arrays.

The subject of research is the methods and algorithms of spatial filtering of noise signals from active interference in the digital antenna arrays flat with arbitrary shape.

The aim of the study is the reception characteristics of useful signals multifunctional radar systems the presence of active noise disturbances by developing algorithms for spatial filtering in flat digital antenna arrays with arbitrary shape.

To achieve this goal have been resolved following partial tasks:

- development of a model plane with digital antenna array any form;
- development of algorithms for space filtering in flat digital antenna arrays with any form;
- analysis of space filtering algorithms developed in the flat digital antenna array with arbitrary shape by modeling their work on a computer;
- analysis capabilities practical implementation of the developed algorithms.

Research of the got optimum algorithm was conducted among RAD Studio.

Key words: digital antenna array, space filtering, amplitude-phase distribution weights coefficient, software package.

ВИСНОВОК

В результаті дисертаційних досліджень, вирішена актуальна наукова задача покращення характеристик прийому корисних сигналів БФРЛС при наявності активних шумових завад, шляхом розробки алгоритмів просторової фільтрації в плоских ЦАР з довільною формою.

Основні наукові та практичні результати роботи:

1. Важливим напрямком розвитку радіолокаційної техніки є створення БФРЛС. Такі РЛС мають можливості одночасно проводити пошук нових цілей і супроводження великої кількості виявлених цілей. Розширення областей використання і ускладнення задач, які вирішують БФРЛС, потреб їх мобільності і швидкодії, обумовлює необхідність використання в БФРЛС ЦАР.

2. Однією з найбільш істотних проблем, що виникають при функціонуванні БФРЛС, є зниження рівня активних завад. Для її вирішення широке застосування знаходить просторова фільтрація сигналів, яка найбільш ефективно реалізується методами цифрової обробки сигналів на базі ЦАР. Для вирішення завдання просторової фільтрації необхідно вибрати найкращий метод визначення вагових коефіцієнтів при наявності практичних обмежень. Однак питання практичної реалізації даних методів в реальних системах недостатньо широко вивчені. Тому розробка алгоритмів формування ДС адаптивної антенної решітки БФРЛС є актуальною.

3. Розроблені математичні моделі елементів та основних вузлів плоскої ЦАР довільної форми, на основі якого створене програмне забезпечення для дослідження характеристик спрямованості ЦАР. Основні переваги косокутного перед прямокутним розподілом елементів випромінювання полягає у зменшенні кількості елементів майже в 2 рази та збільшенні сектору електронного сканування головним пелюстком. Спрямовані елементи випромінювання обмежують сектори електронного сканування головним пелюстком порівняно з малоспрямованими (хвилеводом). Косинусий амплітудний розподіл подавлює рівень бічних пелюсток на 10дБ більше

порівняно з рівномірним розподілом, проте недоліком являється збільшення ширини головного пелюстка.

4. В розробленій математичній моделі задачі просторової фільтрації в плоскій ЦАР в якості корисного сигналу використовується комплексна огибаюча вузькосмугового сигналу. АШЗ представлені некорельованими гаусівськими випадковими процесами із заданими просторовими характеристиками, а їх вплив описується комплексними огибаючими на елементах решітки. Також в моделі враховані внутрішні шуми приймальних каналів ЦАР.

5. Розроблений алгоритм оптимальної вінеровської просторової фільтрації забезпечує потенціальні характеристики, але потребує знання кореляційної матриці завад.

6. Розроблений градієнтний алгоритм адаптивної просторової фільтрації в плоскій ЦАР не потребує знання кореляційної матриці завад. Налаштування коефіцієнтів фільтру відбувається в перехідному режимі. Але ж в стаціонарному режимі він може поступатися за точносними характеристиками оптимальному алгоритму при поганій обумовленості кореляційної матриці завад.

7. В середовищі швидкої розробки прикладних програм Embarcadero RAD Studio створений програмний комплекс, який дозволяє дослідити ДС плоских ЦАР довільної форми із заданим амплітудно-фазовим розподілом або ваговими коефіцієнтами, а також ефективність подавлення активних шумових завад розробленими алгоритмами просторової фільтрації.

8. При наявності однієї АШЗ розроблені алгоритми забезпечують подавлення на 63-100дБ. При наявності трьох АШЗ величина подавлення величина залежить від потужності завад і знаходиться в діапазоні 50-72дБ. Початковий косинусний розподіл амплітуди забезпечує більшу швидкість збігання градієнтного адаптивного алгоритму просторової фільтрації в порівнянні з рівномірним розподілом.

9. Для реалізації алгоритму оптимальної просторової фільтрації необхідно виконати 151900 операцій множення і 72700 операцій складання, а для градієнтного алгоритму просторової фільтрації необхідно виконати 13020 операцій множення і 8680 операцій складання за один крок і вони можуть бути реалізовані на базі існуючих цифрових сигнальних процесорів серії «Мультикор», наприклад, NVCom-01.

Сукупність отриманих в дисертації нових наукових результатів, отриманих в дисертації, позитивна оцінка їх достовірності, теоретичної та практичної значимості дозволяють вважати сформульовану наукову задачу – покращення характеристик прийому корисних сигналів БФРЛС при наявності активних шумових завад, шляхом розробки алгоритмів просторової фільтрації в плоских ЦАР з довільною формою – досягнутою.