

УДК 621.396.677.55

## ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ ФАЗОВИМИ ЗСУВАМИ ФАЗОВАНОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

О.Ю. Бондаренко, студент

*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

В.Б. Швайченко, к.т.н., доцент

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Ключові слова: адаптивна антена, діаграма спрямованості, фазована антенна решітка, зона покриття, керування фазовими зсувами, кільцеподібне розташування, фазообертач.

Впровадження мобільних технологій потребує постійного покращення сучасних безпроводових систем зв'язку. Це зумовило проблеми збільшення пропускної здатності каналу і безпроводового трафіку, більшої зони покриття. Одним з рішень цих проблем є впровадження інтелектуальних або адаптивних антен. Адаптивна антена являє собою антену, яка має властивість модифікації характеристик передачі і прийому для підвищення загальної продуктивності. В адаптивних антенних системах не дипольний елемент є інтелектуальним, а система керування параметрами такої антени [1]. Інтелектуальні або адаптивні антени не нова технологія, фундаментальна теорія достатньо повно їх описує [1, 2]. Ці антени були застосовані ще в системах, пов'язаних з оборонною під час Другої світової війни. В сучасних безпроводових системах адаптивні антени дозволяють ефективно використати потужність, оптимізувати площу покриття і збільшити швидкість передачі даних. Адаптивні антенні системи є продовженням мережі, в якій розмітка покриття сектору складається з множини променів [4]. Це можливо в разі застосування фазованих антенних решіток (ФАР) і відповідних променів в кожному секторі [5]. Збільшення променів спрямованості забезпечує велику зону покриття. Адаптивні антени забезпечує максимальну діаграму спрямованості в бік передбачуваного користувача і обмеження чутливості до завад з інших напрямів. Адаптивні антени характеризують вищим відторгненням завад та низьким коефіцієнтом бітових помилок (BER), що забезпечує значне поліпшення пропускної здатності каналу [7]. Інтелектуальні антени широко використовують в таких галузях, як аерокосмічна та в мобільних безпроводових системах.

Фазована антенна решітка — тип антен, у вигляді групи антенних випромінювачів, в яких відносні фази сигналів змінюються комплексно, так, що ефективно випромінювання антени посилюється в якомусь одному, бажаному напрямку і обмежене у всіх інших напрямках [5].

У колі керування кожного випромінювача ФАР необхідно застосовувати пристрій, що забезпечує необхідний фазовий зсув, - фазообертач. Фазообертачі для ФАР можна розподілити на дві великі групи:

1) аналогові фазообертачі, фазовий зсув в яких є безперервною функцією керуючого впливу (напруги або струму);

2) цифрові (дискретні) фазообертачі, фазовий зсув в яких задається двійковим кодом. За допомогою відповідних співвідношень може бути поставлене такий набір фазових поворотів:  $[0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ]$ , кожен з яких відповідає своєму номеру [6].

Змінюючи розподіл фаз на елементах антени, можна управляти напрямком нульового прийому (мінімум чутливості). Таким чином, ФАР може бути налаштована на максимум посилення у бажаному напрямку і на нульове посилення в небажаному напрямку. Саме така антена є адаптивною. Використання адаптивної антени істотно підвищує надійність функціонування будь-якої радіотехнічної системи, будь то радіолокатор, радіонавігаційна станція або просто система зв'язку. Тобто, ФАР не просто здійснює прийом або передачу сигналів. Вона здійснює первинну обробку інформації на вході радіотехнічної системи [7].

Таким чином, дослідження просторових характеристик елементарних випромінювачів ФАР в залежності від алгоритмів керування є важливою науково-практичною задачею, а розробка для цього відповідного програмного забезпечення є підґрунтям створення інтелектуальної антени, здатної змінювати чутливість в залежності від поточної електромагнітної обстановки.

На основі розробленої імітаційної моделі було визначено зв'язок кількості і розташування елементів ФАР від співвідношення максимального та нульового прийому та швидкості зміни зон покриття.

Зроблено висновок щодо ефективності інтелектуальних алгоритмів керування адаптивною антеною та розроблені вимоги до програмного забезпечення.

#### Список використаних джерел

1. Драбкин А.Л. Антенно-фидерные устройства / А.Л. Драбкин. – М.: Сов. радио, 1974. – 426 с.
2. Хижа Г.С., Вендик И.Б., Серебрякова Е.А. СВЧ-фазовращатели и переключатели: Особенности создания на  $p-i-n$  диодах в интегральном исполнении. - М.: Радио и связь, 1984. - 184 с.
3. Пистолькорс А.А. Введение в теорию адаптивных антенн./А.А. Пистолькорс, О.С. Литвинов М.: Наука, 1991. - 200 с.
4. Constantine A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. New Jersey: Wiley-Interscience, Третє видання, 2005.
5. S. Applebaum and D. Chapman, "Adaptive arrays with main beam constraints," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 24, No. 5, с. 650-662, .1976
6. Susmita Das, "Smart Antenna Design for Wireless Communication using Adaptive Beam-forming Approach," TENCON - IEEE Region 10 Conference, с. 1-5, 2008.
7. B.Pattan, *Robust Modulation Methods & Smart Antennas in Wireless Communications*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.