

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОШУКУ СИГНАЛЬНИХ ГРУП ВІДЛІКІВ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

Основним напрямом розвитку сучасних радіоелектронних систем телекомунікацій є багатоканальний принцип їх побудови. Використання багатоканальності забезпечує вирішення таких задач, як підвищення пропускної спроможності, забезпечення можливості ефективного функціонування в умовах завмирань та багатопробеневого поширення сигналу, забезпечення можливості ефективного функціонування в умовах нерівномірного частотного та просторового розподілу шумів та завад, забезпечення можливості адаптації до змін електромагнітної обстановки, зменшення часу реакції, підвищення ефективності функціонування в цілому.

В багатоканальних телекомунікаційних радіоелектронних системах зазвичай використовують такі основні типи каналів прийому як частотні, часові, просторові, поляризаційні, кодові. Прикладом таких систем є система космічного мобільного зв'язку Thuraya, що використовує на базовій космічній станції 128-елементну цифрову антенну решітку (ЦАР) з багатопелюстковою діаграмою спрямованості (БПДС), яка складається із 300 променів. Основною задачею, що вирішується сукупністю каналів системи є розділення сигналів та завад в прийнятій ними суміші з подальшим їх обробленням, селекцією та об'єднанням. Для розділення сигналів та завад заданий діапазон можливих значень параметрів селекції розділяють на сукупність ділянок – каналів прийому, в межах яких одночасно або по чергово здійснюється селективний прийом відповідними вибірконими пристроями – фільтрами. Принцип побудови вибіркового фільтрів визначається типом параметру селекції сигналів та завад. При частотній селекції використовують смугові частотні фільтри, при просторовій селекції використовують спрямовані антени, у тому числі з БПДС, при часовій селекції використовують кореляційні селектори.

Перспективним напрямом побудови сучасних телекомунікаційних систем та мереж є використання просторового багатоканального прийому та селекції на основі ЦАР з БПДС, що забезпечує ефективну реалізацію багато станційного доступу. Основною проблемою побудови ЦАР з БПДС є забезпечення сукупності вимог по роздільній здатності, селективності по бічним пелюсткам, динамічному діапазону та чутливості.

Для забезпечення сучасних вимог по даним напрямам використовуються ЦАР з БПДС, рис. 1а, в яких діаграми спрямованості головних парціальних пелюсток суттєво перекриваються. Це призводить до того, що сигнал певного джерела радіовипромінювання одночасно приймається групою просторово-вибіркового каналів, формуючи відповідну групу сигнальних відгуків в ЦАР на їх виходах, рис. 1б.

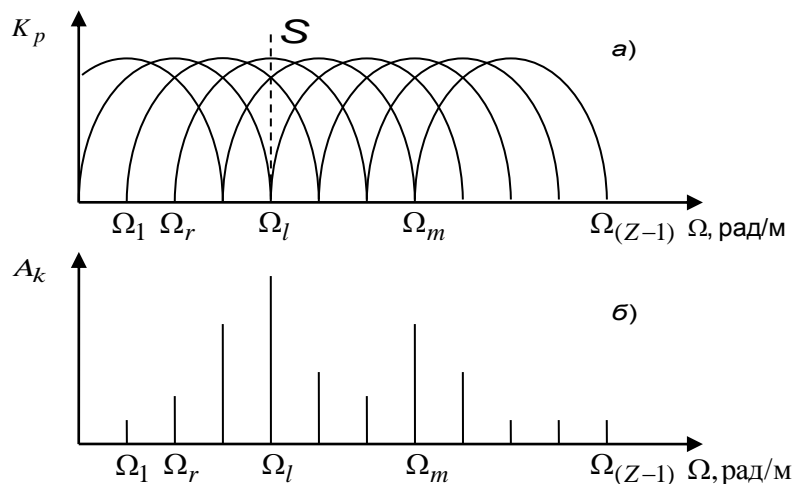


Рис.1. Формування сигнальної групи на виході ЦАР з БПДС

Аналіз рис. 1 показує, що БПДС формуються ідентичними за формою та параметрами, перекривають сектор пеленгування, що відповідає діапазону  $[0; 2\pi \cdot (Z - 1) / d \cdot Z]$  просторових частот і відрізняються тільки спрямованістю головної пелюстки, що відповідає просторовій частоті  $\Omega_p$ . Параметри БПДС  $K_p(j\Omega)$ , такі як її форма, ширина головної пелюстки, рівні головної та бічних

пелюсток визначаються видом вагової функції просторового діаграмо утворення та кількістю  $Z$  пеленгаційних каналів АР.

В умовах апріорної невизначеності щодо просторового розміщення джерел сигналів абонентів актуальною задачею ефективного їх прийому є пошук та виявлення відповідних їм сигнальних груп в межах контрольованого просторового сектору і відповідної апертури в ЦАР з БПДС. На відміну від відомих енергетичних методів в роботі виконано дослідження методів пошуку, виявлення, та аналізу сигнальних груп з урахуванням комплексної діаграми спрямованості ЦАР з БПДС для умов інтенсивних просторових шумів та завад.

Показано, що БПДС ЦАР доцільно синтезувати з використанням алгоритму швидкого перетворення Фур'є в часові або частотній області визначення згідно рівняння:

$$X_k(j\Omega_p) = \sum_{n=0}^{Z-1} \text{Re}[U(jn)] \cdot \exp(-j2\pi\Omega_p \cdot n) \cdot W(n), \quad (1)$$

де  $X_k(j\Omega_p)$  –  $k$ -та комплексна парціальна діаграма спрямованості БПДС;

$U(jn)$  – відлік суміші випромінювань, що прийнятий  $n$ -м елементом ЦАР;

$p = 0, 1, \dots, (Z-1)$  – індекс значення просторової частоти;

$\Omega_p$  –  $p$ -та просторова частота;

$W(n)$  – вагова функція;

$Z$  – кількість елементів ЦАР.

Парціальні діаграми спрямованості БПДС в лінійних ЦАР рівномірно розподілені в діапазоні  $[0; 1/d]$  з кроком  $h_{\Omega} = 1/d \cdot Z$ , де  $d$  – крок розподілення елементів в ЦАР в межах її апертури. Для вказаних умов запропонована модель формування сигнальної групи  $S_m(j\Omega_p)$  шляхом формування дискретної вибірки екстремальної  $m$ -ї парціальної діаграми спрямованості  $\{X_m(j\Omega_p)\}$ , при  $p = 0, (Z-1)$ , головна пелюстка якої максимально узгоджена з напрямком на джерело сигналу:

$$S_m(j\Omega_p) = E_S \cdot X_m(j\Omega_p), \quad (2)$$

де  $E_S$  — енергія реалізації сигналу, що прийнята елементами ЦАР;

$\Omega_p = (2\pi p/dZ)$  –  $p$ -й відлік аргументу парціальної діаграми спрямованості БПДС.

Також обґрунтовані принципи та методи реалізації пошуку, виявлення та аналізу сигнальних груп ЦАР. Показано, що інформаційним параметром, що відповідає положенню сигнальної групи, доцільно використовувати зсув  $\Delta\Omega$  головної пелюстки екстремальної діаграми спрямованості відносно нульового напрямку  $X_0(j\Omega_p)$  ЦАР.

Запропоновані два основних варіанти алгоритмів визначення зсуву  $\Delta\Omega$ , що використовують комплексне кореляційне оброблення та цифрову фільтрацію відповідно. В результаті досліджень показано, що задачу пошуку, виявлення та аналізу сигнальних груп доцільно розв'язувати як задачу пошуку та виявлення екстремальних парціальних діаграм спрямованості БПДС в межах апертури ЦАР.

Отримані для запропонованих алгоритмів відповідні статистичні характеристики в залежності від відношення сигнал/шум та сигнал/завада, від коефіцієнта перекриття парціальних діаграм та необхідної точності відтворення корисного сигналу.

ЦИПОРЕНКО Валентин Григорович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри радіотехніки, радіоелектронних апаратів та телекомунікацій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси: Цифрові методи спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування.

Тел.: 0964973967.

E-mail: [tsyorenko-vg@mail.ru](mailto:tsyorenko-vg@mail.ru)