

В. А. Швець, к.т.н. (Національний авіаційний університет, Україна, Київ)

ОПТИМІЗАЦІЯ АНТЕННИХ РЕШТОК ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ

В роботі доведено можливість оптимізації антенної решітки при застосуванні трикутної схеми розташування випромінювачів. Використовуючи вагові коефіцієнти можливо керувати діаграмою спрямованості антенної решітки. Використання трикутної сітки дозволяє зменшити число випромінювачів від 30% до 50%, а відповідно і апаратні витрати на створення антенної решітки.

Актуальність питань дослідження впливу завад та підвищення завадостійкості апаратури супутникової навігації стає все більш значною по мірі розширення сфери застосування супутникових технологій. Особлива увага їй приділяється при використанні систем GNSS в авіації.

Найбільш дієвим способом усунення завад на сьогоднішній день визнано застосування адаптивних антенних систем (ААС), де одним з головних елементів є антенна решітка (АР). Але ж АР конструюються за прямокутною схемою розташування випромінювачів.

Метою даної роботи є проведення досліджень з оптимізації АР, для зменшення апаратних витрат без втрати точності проведених вимірювань кутових координат джерела завади.

З аналізу конструкції АР з прямокутною схемою розташування, видно, що кількість випромінювачів зростає з квадратичною залежністю і це тягне за собою зростання каналів управління з тієї ж залежністю. Але дані кажуть, що при кількості джерел перешкод більше 10 застосування адаптивних АР (ААР) стає не ефективним, тоді АР з кількістю елементів 4×4 і вище несуть в собі апаратну надмірність, від якої необхідно позбавлятися, тобто АР необхідно оптимізувати за конструктивними параметрами.

В якості параметра оптимізації візьмемо кількість випромінювачів АР, від їх кількості безпосередньо залежить кількість каналів керування в ААР.

Розташуємо випромінювачі в вузлах рівнобічної трикутної сітки (рис. 1.).

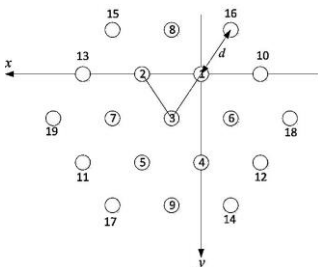


Рис. 1. Трикутна схема розташування випромінювачів

Тоді для трикутної сітки умова розташування випромінювачів має вигляд [1]

$$\frac{d}{\lambda} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{1}{1 + \sin \theta_{max}}$$

де θ_{max} – максимальний кут відхилення променя від нормалі до решітки.

В якості базової осередку візьмемо один трикутник випромінювачів (3 випромінювача), а для прямокутної сітки базової

осередком буде система 2×2 (4 випромінювача).

Змоделюємо конструктивно обидва базові осередки (рис. 2. а, б).

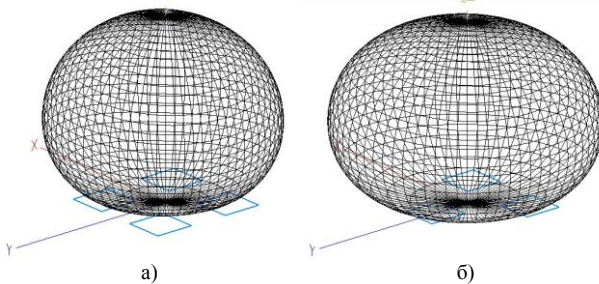


Рис. 2. Діаграма спрямованості а) осередку 2×2 випромінювачів, б) осередку з 3 випромінювачів.

З рисунків видно, що використовуючи трикутну сітку розташування випромінювачів можна отримати ДС, яка задовольняє вимогам до антен супутникових аеронавігаційних систем [2].

Перевіримо можливість керування трикутним осередком АР, для цього в середовищі "EMCoS Antena VirtualLab" підставимо розраховані коефіцієнти в вікно параметрів збудників випромінювачів.

Результат конструктивного моделювання наведено на рис. 3.

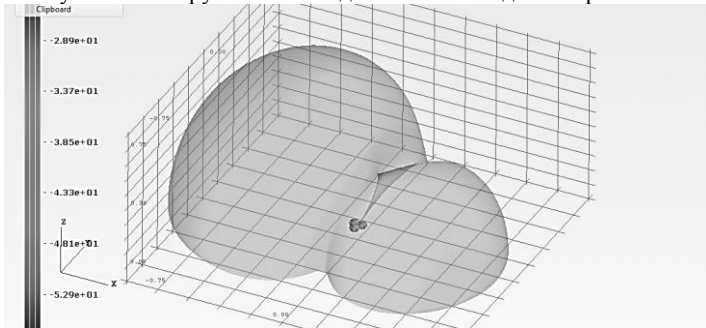


Рис. 3. Формування "нуля" в діаграмі спрямованості трикутного осередку

Як видно з рис. 3. – формується "нуль" в ДС АР з трьох випромінювачів, тобто є можливість керувати ДС АР.

Наведемо ще приклад керування ДС АР (рис. 4. – 5.). На рис. 4. (а) ДС розраховувалась в програмній середовищі MatLab, а на рис. 4 (б) в середовищі "EMCoS Antena VirtualLab", із рисунків видно, що результати моделювання в обох середовищах співпадають, тобто в подальшому можна використовувати середовище "EMCoS Antena VirtualLab".

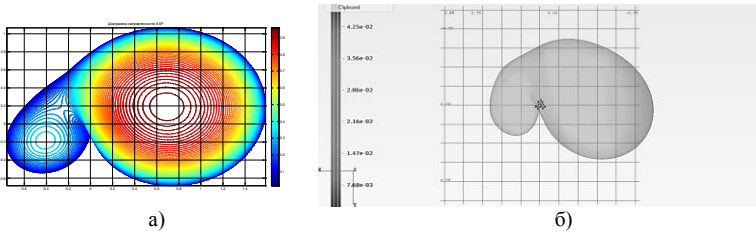


Рис. 4. Результат моделювання ДС в середовищі MatLab (а) і в середовищі "EMCoS Antena VirtualLab" (б)

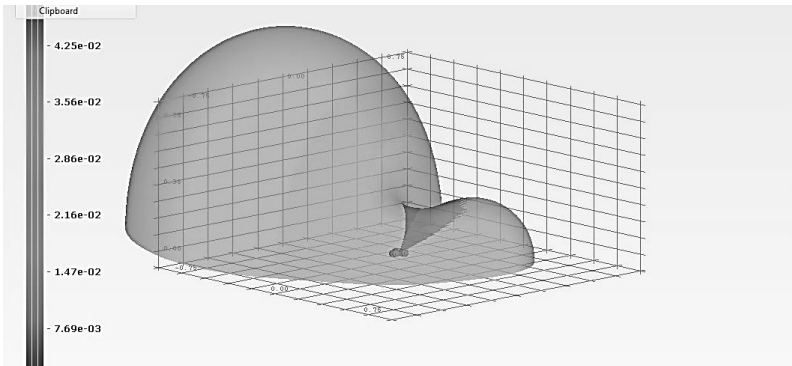


Рис. 5. Результат моделювання ДС в середовищі "EMCoS Antena VirtualLab"

Перевіримо точність вимірювання напряму на джерело завади, тобто формування "нуля" діаграмою спрямованості АР на джерело завади (за трикутною і прямокутною схемою розташування випромінювачів). Для цього підставимо розраховані коефіцієнти (амплітуду і фазу) в вікно параметрів збудження випромінювачів АР, коефіцієнти розраховані для однакових кутів місця і азимуту $\theta=28^\circ$, $\varphi=241^\circ$. Результати обчислень наведені на рис. 6 – 8, з яких видно повний збіг результатів вимірювання.

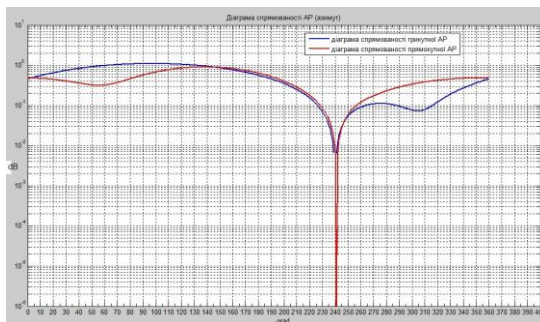


Рис. 6. Діаграма спрямованості АР для вимірювання азимуту завади

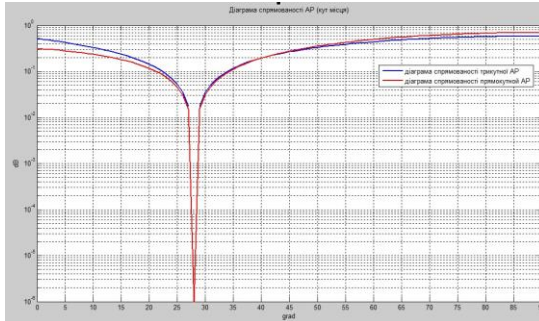


Рис. 7. Діаграма спрямованості АР для вимірювання кута місця завади

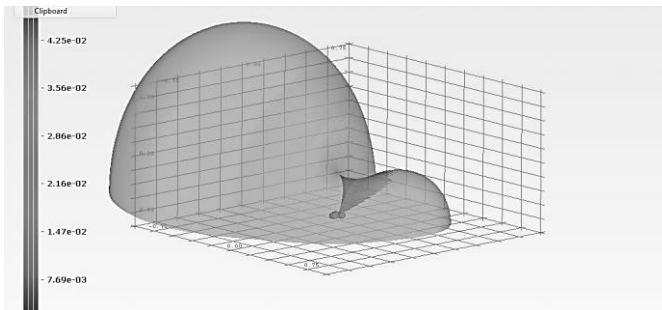


Рис. 8. Формування "нуля" ДС за трикутною схемою, $\theta=28^\circ$, $\varphi=241^\circ$

Висновки

Доведено можливість створення АР за трикутною схемою розташування випромінювачів. Використовуючи вагові коефіцієнти можливо керувати ДС АР.

З отриманих даних видно що результати вимірювання кутових координат джерела завади, тобто формування "нуля" ДС для трикутної схеми повністю співпадають з прямокутною схемою, тобто доведено можливість використання трикутної схеми розташування випромінювачів в АР САНС без втрати якісних параметрів. Використання трикутної сітки дозволяє зменшити число випромінювачів від 30% до 50%, а відповідно і апаратні витрати в порівнянні з числом елементів і апаратних витрат з прямокутною сіткою.

Література

1. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток / В. С. Филиппов, Л. И. Пономарев, А. Ю. Гринев и др.; Под ред. Д. И. Вознесенского. – М.: Радио и связь, 994. – 592 с.
2. Авиационная электросвязь. Том 1 Радионавигационные средства. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. – М.: Международная организация гражданской авиации – 2006. с. – 598.