

# ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ В ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Лошаков В.А., Мартинчук О.О., Москалець М.В., Поповська К.О.,  
Дріф Абденур, Хвостик І.О.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії  
ім. В.В. Поповського», ХНУРЕ, Україна

E-mail: mykola.moskalets@nure.ua

## Abstract

In the work, modeling of spatial-polarization signal processing is carried out, which confirmed the high efficiency of its use in new generation mobile communication systems on the basis of adaptive antenna arrays with the pilot signal adaptation algorithm. The possibility of forming the maximum of the radiation pattern in the direction of the useful signal and adaptive noise interference has been confirmed. The adaptation coefficient was chosen sufficiently small to ensure the stable operation of the adaptation algorithm, which works best in severe interference when its level is close to that of the useful signal.

З розвитком мереж мобільного зв'язку все більше уваги приділяється питанням їх електромагнітної сумісності (ЕМС). Показники ЕМС погіршуються особливо через збільшення щільності розміщення систем зв'язку у містах та зростання кількості їх абонентів, а також більш інтенсивного використання радіочастотного ресурсу різними видами радіосистем. Зростання інтенсивності завад часто змушує збільшувати потужність передавачів, що, у свою чергу, погіршує ЕМС. Зростання кількості базових станцій (БС) та мобільних терміналів, а також кількості програмних додатків, які забезпечують послуги мобільного зв'язку призводить до збільшення часу використання радіомереж і додатково ускладнює завадове оточення.

Одним з важливих напрямків, які сприяють вирішенню проблеми електромагнітної сумісності, є використання адаптивних антенних решіток (ААР) у системах мобільного зв'язку. В основу більшості методів просторово-часової просторово-поляризаційної обробки сигналів покладена оцінка та зміна комплексного вектору вагових коефіцієнтів (ВВК) у каналах ААР (рис.4.1) у відповідності з тим чи іншим алгоритмом [1,2].

Важливою перевагою методів просторово-часової та просторово-поляризаційної обробки сигналів в системах з ААР є те, що вони природно поєднуються з іншими адаптивними частотно-часовими, кодовими, різними організаційними методами, вдало доповнюючи їх, розширюючи потенціал якості прийому/передачі сигналів за рахунок розширення простору прийняття рішень.

Просторові та поляризаційні параметри у багатьох випадках є такими, лише за допомогою яких вдається розрізнити корисні сигнали та завади. Для деяких же типів завад, наприклад імпульсних, ці параметри є єдино передбачуваними. При цьому завдання режекції завад зводиться до супроводу нулем поляризаційної діаграми (ПД) або діаграми спрямованості (ДН) діючої завади. Ряд відомих методів придушення активних завад, включаючи компенсаційні, засновані на виділенні опорного каналу, вільного від корисного сигналу. Такий канал може бути отриманий за допомогою супроводу корисного сигналу нулем поляризаційної та (або) просторової діаграм антени. Однак можливості застосування адаптивних механізмів в антенах бездротових систем мобільного зв'язку нових поколінь вивчені недостатньо.

Як зазначалося вище, в останні роки спостерігається погіршення електромагнітної обстановки через збільшення щільності розміщення систем зв'язку та зростання випромінювань різних поляризацій. Це зумовило підвищену увагу до питань використання адаптивної поляризаційної обробки сигналів у системах зв'язку [67...70].

## Результати моделювання

Порівняльна оцінка ефективності роботи алгоритмів вагової просторової, поляризаційно-просторової обробки із повним поляризаційним прийманням та поляризаційно-просторової обробки із використанням ортогональних сигналів ортогональної поляризації проводилась методом статистичних випробувань. При цьому для дослідження алгоритмів були використані поляризаційні вектори сигналів двоканального поляризаційно-ортогонального зв'язку та завпад які отримані в результаті математичного моделювання. Розрахунки ефективності проводились для лінійної еквідистантної решітки із кількістю антенних елементів  $M=20$ . При ваговій просторовій обробці кількість каналів обробки відповідає кількості антенних елементів заданої поляризації. Для алгоритмів поляризаційно-просторової обробки із повним поляризаційним прийманням кількість антенних елементів буде подвоєною. За використання ортогональних сигналів ортогональної поляризації маємо, що кількість антенних елементів збільшиться у чотири рази ( $M \times 4$ ).

З метою визначення ефективності роботи алгоритмів обробки сигналів та компенсації завпад алгоритмами просторової вагової, поляризаційно-просторової обробки та обробки з використанням сигналів ортогональної поляризації, використовувались SINR, коефіцієнт придушення завпади та робоча зона дії засобу зв'язку. При проведенні розрахунків враховано початкові умови, а саме: робота каналів зв'язку відбувається на горизонтальній та вертикальній поляризації; в робочій зоні діє одна, лінійно поляризована, горизонтально орієнтована завпада зі ступенем поляризації  $m_p=0,9$  та відношенням спектральної густини потужності по відношенню до спектральної густини потужності внутрішнього шуму приймального каналу  $40\text{дБ}$ . Результати моделювання в середовищі *MatLab* у вигляді кривих нормованої дальності дії при наявності та відсутності завпад показані на рис.1..

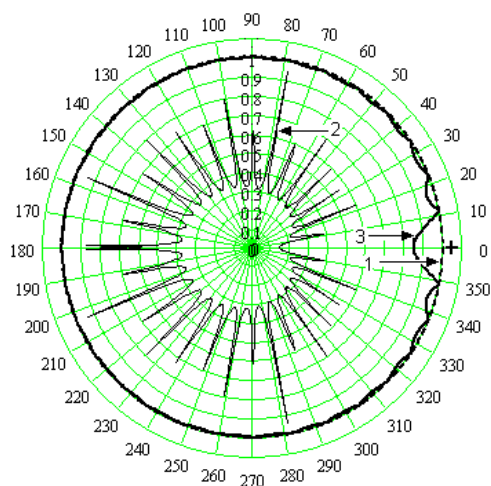


Рис. 1. Переріз нормованої дальності дії

На цих рисунках цифрою 1 позначено нормовану дальність дії при відсутності завпад (пунктирна лінія). Цифрою 2 (суцільна лінія) позначено межі дальності дії при наявності завпад та роботи алгоритму з повним поляризаційним прийманням. Суцільна лінія подвійної товщини (3) обмежує зону дії з заданими показниками ефективності при роботі алгоритму з використанням ортогональних сигналів ортогональної поляризації.

Отримані результати свідчать, що за вибраних початкових умов забезпечується досить глибока компенсація шумової завади, яка діє в напрямку бічних пелюсток, тобто високу ефективність використання поляризаційно-просторової обробки для покращення роботи каналу зв'язку в умовах інтенсивних завад. Використання сигналів ортогональної поляризації створюють передумови поліпшення якості зв'язку. Результати досліджень вказують також на доцільність подальшого удосконалення існуючих методів поляризаційно-просторової обробки сигналів при наявності інтенсивних активних шумових завад у реальних складних умовах багатопроменевого поширення радіохвиль.

## Conclusion

1. В даний час на ринку з'явилися спеціально розроблені для технології NGN активно-пасивні антенні системи. Пасивна частина заміняє наявні у операторів антени систем попередніх поколінь і дозволяє використовувати 2G і 3G інфраструктури, а активна дозволяє вирішувати завдання адаптивної просторово-часової обробки істотно поліпшуючи  $SINR$  та забезпечує вирішення завдань 4G систем. З використанням таких модулів можуть бути реалізовані трисекторні адаптивні антенні решітки для базових станцій.

2. Моделювання підтвердило високу ефективність використання в системах мобільного зв'язку нових поколінь адаптивних антенних решіток з алгоритмом адаптації по пілотному сигналу. Підтверджена можливість формування максимуму ДН у напрямку корисного сигналу та адаптивної режекції завади. Коефіцієнт адаптації слід вибирати досить малим для забезпечення стійкої роботи алгоритму адаптації. Найкраще працює цей алгоритм при сильній заваді, коли її рівень близький до рівня корисного сигналу.

3. Порівняльна оцінка роботи алгоритмів вагової просторової, поляризаційно-просторової обробки із повним поляризаційним прийманням та з використання ортогональних сигналів ортогональної поляризації проводилась методом статистичних випробувань. При ваговій просторовій обробці кількість каналів обробки відповідає кількості антенних елементів заданої поляризації. Для алгоритмів поляризаційно-просторової обробки із повним поляризаційним прийманням кількість антенних елементів подвоюється. При використанні ортогональних сигналів ортогональної поляризації кількість елементів каналів обробки збільшиться у чотири рази.

3. При роботі алгоритму поляризаційної обробки з використання сигналів ортогональної поляризації в умовах інтенсивних активних шумових завад потенційне скорочення зони дії системи зв'язку не перевищує 10 відсотків. Отримані результати свідчать про доцільність більш повного використання поляризаційного ресурсу при пошуку шляхів подальшого підвищення якості зв'язку систем нових поколінь.

## References

1. V. Popovskyy, V. Loshakov, A. Marchuk, "Analysis of possibilities for improving the characteristics of tropospheric communication station", in *Proceedings of International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PICS&T-2014)*, Kharkiv, 2016, pp. 195-198.
2. and classification of technical characteristics]". М.: Izdatelstvo standartov, 1979. 27 p. (In Russian)
3. E.M. Vinogradov, V.I. Vinokurov, I.P. Kharchenko, "Elektromagnitnaia sovместimost radioelektronnikh sredstv [Electromagnetic compatibility of electronic equipment]. L.: Sudostroenie, 1986. 264 p. (In Russian)
4. V.I. Petrovsky, D.E. Sedelnikov, "Elektromagnitnaia sovместimost radioelektronnikh sredstv [Electromagnetic compatibility of electronic equipment]. М.: Radio i sviaz 1986. 216 p.

