

УДК 621.391

Л.Г. Корнієнко, А.Д. Фрунжієв

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОДАВЛЕННЯ ЧАСТКОВО ПОЛЯРИЗОВАНИХ ЗАВАД КОМПЕНСАТОРАМИ БІЧНИХ ПЕЛЮСТОК

Проаналізовані кореляційні властивості завадових коливань в одноканальному компенсаторі при дії частково поляризованих завад з врахуванням відмінностей в поляризаціях основної і допоміжної антен. Наведені результати розрахунків граничного коефіцієнта подавлення і визначені можливості компенсації завад з різним ступенем поляризації.

**Ключові слова:** компенсатор бічних пелюсток, частково поляризована завада, граничний коефіцієнт подавлення, ступінь поляризації, основна антена, допоміжна антена, коефіцієнт кореляції.

### Вступ

В радіотехнічних системах для захисту від активних шумових завад, що діють в напрямках бічних пелюсток діаграми спрямованості (ДС) антени, широке застосування знаходять компенсатори бічних пелюсток (КБП)[1]. Вони мають допоміжну антену (ДА) з ДС, що перекриває бічні пелюстки основної антени (ОА). КБП ефективно діють, коли основний і додатковий канали ідентичні. Практично ці канали відрізняються за своїми характеристиками. Дослідження впливу неідентичностей характеристик каналів на ефективність компенсації завад виконано в [1 – 3]. Ці дослідження проведені для повністю поляризованих завад, в них недостатньо приділяється уваги характеристикам антен.

Метою статті є дослідження потенційних можливостей компенсації частково поляризованих завад при наявності відмінностей в поляризаціях антен. На поляризацію антен, особливо в бічних пелюстках, впливають багато факторів, зокрема розсіяння і відбиття хвиль на зовнішніх об'єктах. Ці фактори викликають різниці в поляризаціях ОА в бічних пелюстках і ДА в головному пелюстку звідки діють на РТС завади.

### Основний матеріал

Потенційні можливості компенсації завад визначає граничний коефіцієнт подавлення, котрий для одноканального компенсатору  $K_{гр} = [1 - |\rho_{10}|^2]^{-1}$  (1) повністю визначається коефіцієнтом кореляції завадових коливань в основному і допоміжному каналах у відсутності внутрішніх шумів. Завадові коливання на виході n-ої антени [6]

$$v_n = \sqrt{A_{En}} F_n(\vec{U}_1) \vec{P}_{An}(\vec{U}_1) \vec{E}(\vec{U}_1, t) \exp(-j\omega\tau_n) \quad (2)$$

залежить від ефективною площі  $A_{En}$  антени, ДС  $F_n$  в напрямку приходу хвилі, що визначається ортом  $\vec{U}_1$ , вектора поляризації антени  $\vec{p}_{An}$ , вектора інтенсивно-

сті  $\vec{E}$  завадовою хвилі та часу її запізнювання  $\tau_n$  при поширенні від джерела завади до розкриття антени.

У відповідності з теоремою Стокса [4, 5] частково поляризовану хвилю можна представити у вигляді суми повністю поляризованої (ПП) з вектором поляризації  $\vec{p}_x$  і неполяризованої (НП) складових, при цьому остання уявляється як сума статистично незалежних і рівно інтенсивних компонентів, орієнтованих уздовж ортів  $\vec{i}_\theta, \vec{i}_\varphi$  сферичної системи координат. Враховуючи це, можна, використовуючи (2), спочатку знайти взаємну кореляційну функцію і дисперсію шумових коливань, а також їх коефіцієнт кореляції, модуль котрого визначається формулою

$$|\rho_{10}| = \frac{|m \xi_{A1} \xi_{A0}^* + 0,5(1-m) \vec{p}_{A1} \vec{p}_{A0}^*|}{\sqrt{m |\xi_{A1}|^2 + 0,5(1-m)} \sqrt{m |\xi_{A0}|^2 + 0,5(1-m)}}, \quad (3)$$

де  $\xi_{An} = \vec{p}_{An} \vec{p}_x$  – коефіцієнт узгодження поляризацій n-ої антени і ПП складової завадовою хвилі; m – ступінь поляризації завади, що дорівнює відношенню інтенсивності ПП складової завади до повної інтенсивності поля завади.

Якщо поляризації антен співпадають в напрямку поширення завадовою хвилі, то вона незалежно від ступеня поляризації може бути повністю компенсована, бо  $|\rho_{10}|=1$ . Теж саме досягається для повністю поляризованої завади при будь-яких відмінностях в поляризаціях антен, за винятком випадку, коли поляризація завади ортогональна до поляризації однієї з антен. Для НП завади  $|\rho_{10}| = |\vec{p}_{A1} \vec{p}_{A0}^*|$  і можлива повна компенсація тільки при співпадінні поляризацій антен компенсатору. Незначна різниця в поляризаціях антен знижує кореляційні властивості коливань в основному і допоміжному каналах і з ними ступінь подавлення завад.

Для лінійно поляризованих антен:

$$\vec{p}_{An} = \vec{i}_\theta \cos \gamma_n + \vec{i}_\varphi \sin \gamma_n, \quad (4)$$

де  $\gamma_n$  – кут нахилу вектору  $\vec{E}$  відносно орту  $\vec{i}_0$ . Якщо повністю поляризована складова завадової хвилі також лінійно поляризована, то

$$\vec{p}_X = \vec{i}_0 \cos \alpha + \vec{i}_\varphi \sin \alpha. \quad (5)$$

Тому

$$\rho_{10} = \frac{\left( m \cos(\gamma_1 - \alpha) \cos(\gamma_0 - \alpha) + 0,5(1-m) \cos(\gamma_1 - \gamma_0) \right)}{\sqrt{m \cos^2(\gamma_1 - \alpha) + 0,5(1-m)}} \Bigg/ \frac{\sqrt{m \cos^2(\gamma_0 - \alpha) + 0,5(1-m)}}{\sqrt{m \cos^2(\gamma_1 - \alpha) + 0,5(1-m)}}. \quad (6)$$

Коефіцієнт кореляції залежить як від різниць в поляризації основної і допоміжної антени, так і від співвідношення поляризації хвилі з поляризація ми кожної антени.

На рис. 1 наведені залежності граничного коефіцієнта подавлення  $K_{ГР} = 10 \lg (1 - |\rho_{10}|^2)^{-1}$  від кута  $\gamma_0$  нахилу вектору  $\vec{E}$  поля ОА в бічних пелюстках ДС при вертикальній поляризації ( $\gamma_1=0$ ) поля ДА КБП для слабо поляризованої ( $m=0,1$ ), кр. 1,3, і сильно поляризованої ( $m=0,99$ ), кр. 2,4, завади з поляризаціями, що співпадають з поляризацією ДА ( $\alpha = 0$ ), кр. 1,2, та суттєво відрізняється від неї ( $\alpha = \pi/6$ ), кр. 3,4. Бачимо, що у відсутності різниць у поляризації антен ( $\gamma_1=\gamma_0$ ) немає обмежень на подавлення ЧП завад для будь-якого ступеня поляризації. З появою різниць в поляризації антен ефективність КБЛ знижується, особливо суттєво для слабополяризованих завад. Незначні різниці в поляризаціях приводять до значного зменшення  $K_{ГР}$ .

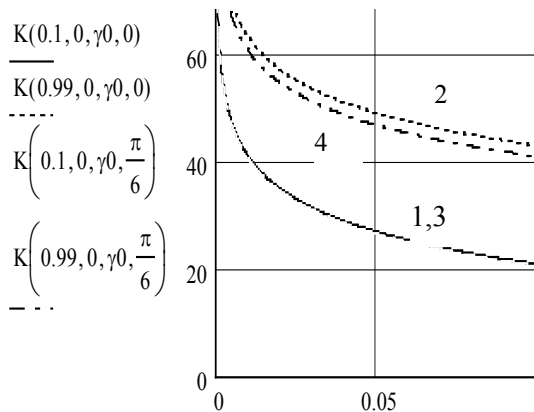


Рис. 1. Вплив на  $K_{ГР}$  різниць в поляризаціях антен

Так, при  $\gamma_0 - \gamma_1 = 0,01$ рад (тобто нахил векторів  $E$  відрізняється приблизно на  $0,6^\circ$ )  $K_{ГР} = 63$  і  $41$ дБ відповідно для  $m=0,99$  і  $0,1$ . При подальшому збільшенні  $\gamma_0$  значення  $K_{ГР}$  знижується не так стрімко. Для  $m=1$ , як і для  $\gamma_0=0$ , значення  $K_{ГР}$  необмежено. Поляризація ПП складової завади звичайно відрізняється від поляризації антен. Цей факт практично не впливає на потенційні можливості КБП при дії слабо поляризованої завади (кр. 3), але призводить до деякого погіршення

граничного коефіцієнта придушення сильно поляризованої завади (порів. кр. 2 і 4). Це підтверджується рис. 2, де наведені графіки  $K_{ГР}$  у функції кута  $\alpha$  орієнтації вектора  $\vec{E}$  поля завади для  $\gamma_0 - \gamma_1 = 0,01$ рад і різних  $m$ . Видно, що при збільшенні відмінності поляризацій хвилі і антен  $K_{ГР}$  зменшується більш стрімко з підвищенням ступеня поляризації хвилі.

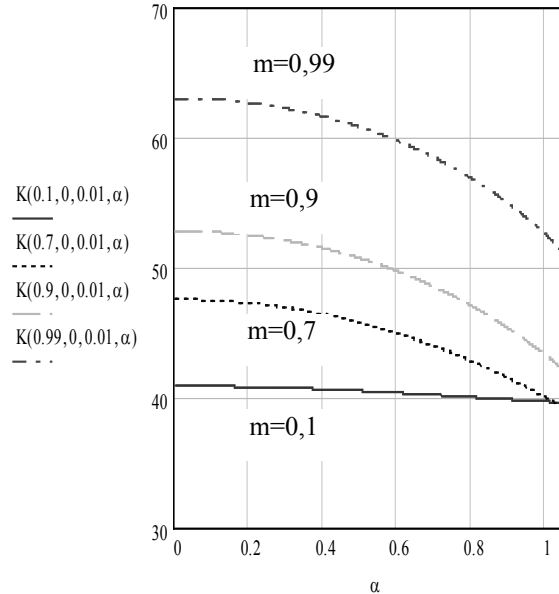


Рис. 2. Залежність  $K_{ГР}$  від поляризаційного стану завади

## Висновки

Визначені особливості компенсації ЧП завад. Показано, що на ефективність подавлення завад суттєво впливають неідентичності поляризацій антен основного і допоміжного каналів. Граничний коефіцієнт подавлення зменшується із збільшенням різниць в поляризаціях антен та при зменшенні ступеня поляризації завад. Наведені формули і графіки дозволяють визначити вимоги на допустиму розбіжність поляризацій антен для досягнення потрібної ефективності компенсації завад.

## Список літератури

1. Монзинго Р.А. Адаптивные антенные решетки / Р.А. Монзинго, Т.У. Миллер. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
2. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / Ю.И. Лосев, А.Г. Бердников, Э.Ш. Гойхман, Б.Д. Сизов. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.
3. Южаков В.В. Принципы построения автокомпенсаторов сигналов активных помех / В.В. Южаков // Зарубежная радиоэлектроника. – 1986. – № 2. – С. 47-61.
4. Борн М. Основы оптики / М. Борн, Э. Вольф. – М.: Наука, 1970. – 856 с.
5. Канарейкин Д.Б. Поляризация радиолокационных сигналов / Д.Б. Канарейкин, Н.Ф. Павлов, В.А. Потехин. – М.: Сов. Радио, 1966. – 440 с.
6. Марков Г.Т. Антенны / Г.Т. Марков, Д.М. Сазонов. – М.: Энергия, 1975. – 528 с.

Надійшла до редколегії 10.09.2010

---

кий університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харківсь-

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДАВЛЕНИЯ ЧАСТИЧНО ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПОМЕХ  
КОМПЕНСАТОРАМИ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ**

Л.Г. Корниенко, А.Д. Фрунжиев

*Проанализированные корреляционные свойства помеховых колебаний в одноканальном компенсаторе при действии частично поляризуемых помех с учетом отличий в поляризациях основной и вспомогательной антенн. Приведенные результаты расчетов предельного коэффициента подавления и определенные возможности компенсации помех с разной степенью поляризации.*

**Ключевые слова:** компенсатор боковых лепестков, частично поляризованная помеха, предельный коэффициент подавления, степень поляризации, основная антенна, вспомогательная антенна, коэффициент корреляции.

**EFFICIENCY OF SUPPRESSION OF THE PARTLY POLARIZED HINDRANCES BY COMPENSATES  
OF LATERAL PETALS**

L.G. Kornienko, A.D. Frunzhiev

*Summary: Analyzed correlation properties of impedimental vibrations in the one-channel compensating at action of the partly polarized hindrances taking into account differences in polarizations of basic and auxiliary aerials. Resulted results of calculations of maximum coefficient of suppression and certain possibilities of indemnification of hindrances with a different degree of polarization.*

**Keywords:** compensates of lateral petals, partly polarized hindrance, maximum coefficient of suppression, degree of polarization, basic aerial, auxiliary aerial, coefficient of correlation.