

УДК 621.391

Л.Г. Корнієнко, Р.Б.Мохаммад

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## ПОЛЯРИЗАЦІЙНА КОМПЕНСАЦІЯ ЗАВАД ПРИ НЕІДЕНТИЧНИХ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТРАКТІВ

*Проаналізований сумісний вплив на граничний коефіцієнт подавлення шумових завад відмінностей в смугах пропускання і довжинах трактів основного і допоміжного каналів поляризаційного компенсатора.*

**Ключові слова:** поляризаційний компенсатор завад, коефіцієнт подавлення, смуга пропускання, коефіцієнт кореляції, антена, поляризація, діаграма спрямованості.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Поляризаційна селекція є одним із важливих методів поляризаційної обробки сигналів на фоні завад, що знаходить все більше використання у радіолокації. Для її здійснення потрібно керувати поляризаційним базисом антени. Поляризаційні компенсатори завад (ПКЗ) звичайно використовують в разі, коли об'єкт, що виявляється, є одночасно постановником завади. В умовах відсутності куткових різниць між сигналом та завадою використовуються поляризаційні відмінності між ними. На ефективність подавлення поляризованих завад суттєво впливають не ідентичності каналів поширення радіохвиль від об'єкту до основного і допоміжного входів компенсатора. Значна кількість джерел цих неідентичностей розглянуті в [1 – 3]. Дослідження виконуються окремо для кожного з них. Але ці джерела діють сумісно.

**Мета роботи** полягає в дослідженні впливу на коефіцієнт подавлення завад неідентичностей у фідерних трактах. Розглядається сумісна дія різниць в смугах пропускання та довжинах основного і допоміжного трактів.

### Основний матеріал

**Вихідні співвідношення.** Поляризаційний компенсатор (рис. 1) складається з основного некеруемого та допоміжного каналів з гостроспрямованими діаграмами спрямованості (ДС), адаптивного процесора (АП), що здійснює автоматичне керування вагомим комплексним коефіцієнтом  $W_1$ .

Поляризації антен основного та допоміжного каналів ортогональні. АП працює за критерієм мінімуму вихідної потужності заважаючих коливань (завада + шум).

В сталому режимі мінімальне значення дисперсії заважаючих коливань

$$\sigma_{\Sigma \min}^2 = \sigma_0^2(1 - |\Gamma_{10}|^2) \quad (1)$$

визначається дисперсією заважаючих коливань в основному каналі  $\sigma_0^2$  і взаємним коефіцієнтом кореляції заважаючих коливань в допоміжному та основному каналах  $\Gamma_{10}$ .

Ефективність АК характеризується коефіцієнтом подавлення, який дорівнює відношенню дисперсії заважаючих коливань в основному каналі і на виході АК:

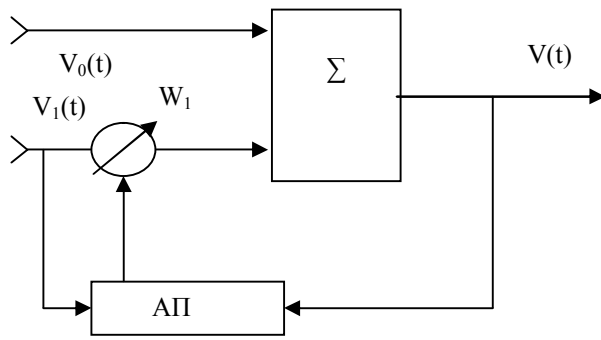


Рис. 1. Схема поляризаційного компенсатора завад

$$K_n = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{\Sigma \text{vin}}^2} = \left(1 - |\Gamma_{10}|^2\right)^{-1} = \left[1 - \frac{g_0 g_1}{(1 + g_0)(1 + g_1)} |\rho_{10}|^2\right]^{-1}, \quad (2)$$

де  $\rho_{10}$  – міжканальний коефіцієнт кореляції заводових коливань;  $g_0, g_1$  – відношення завади/шум по потужності в основному і допоміжному каналах.

Граничний коефіцієнт подавлення

$$K_{\text{гр}} = \left[1 - |\rho_{10}|^2\right]^{-1} \quad (3)$$

залежить тільки від ступеню ідентичності характеристик основного і допоміжного каналів і по суті визначає потенційні можливості компенсації завад. Наявність внутрішніх шумів, як витікає з виразу (2), еквівалентна зменшенню значення коефіцієнта кореляції завад в  $g_0 g_1 / ((1 + g_0)(1 + g_1))$  разів.

*Показники ПК з неідентичними трактами.* Нехай функції  $X_0(f, u), X_1(f, u)$  визначають частотні характеристики (ЧХ) основного та компенсаційного каналів зі смугами пропускання  $\Pi_0$  і  $\Pi_1$ ,  $N(f)$  – енергетичний спектр завади. Тоді міжканальний коефіцієнт кореляції можна розрахувати за формулою [3]:

$$\rho_{10} = \frac{\int_{f_0 - 0,5\Pi_c}^{f_0 + 0,5\Pi_c} X_0(f, \bar{u}) X_1(f, \bar{u}) N(f) df}{\sqrt{\int_{f_0 - 0,5\Pi_c}^{f_0 + 0,5\Pi_c} |X_0(f, \bar{u})|^2 N(f) df} \sqrt{\int_{f_0 - 0,5\Pi_c}^{f_0 + 0,5\Pi_c} |X_1(f, \bar{u})|^2 N(f) df}} \quad (4)$$

де  $f_0$  – середня частота;  $\Pi_c$  – смуга частот, що є результатом перетинання смуг пропускання окремих каналів.

Для вузькосмугових сигналів можна діаграму спрямованості (ДС) антен основного та допоміжного каналів, їх поляризації а також поляризацію падаючої хвилі вважати незалежними від частоти в межах смуги пропускання. При цьому для завади

типу квазібілого шуму при співпадінні фазових центрів антен маємо

$$\rho_{10} = \frac{1}{\sqrt{\Pi_0 \Pi_1}} \cdot \int_{f_0 - 0,5\Pi_c}^{f_0 + 0,5\Pi_c} e^{f(\Phi_1(f) - \Phi_0(f))} df, \quad (5)$$

де  $\Phi_m(f)$  – фазо-частотні характеристики основного ( $m=0$ ) і допоміжного ( $m=1$ ) каналів, для котрих в ряді Тейлора біля середньої частоти  $f_0$  можна у вузькосмуговому наближенні обмежитися лише лінійним членом розкладання

$$\Phi_m(f) = \Phi_m(f_0) + \Phi'_m(f_0) (f - f_0). \quad (6)$$

Величини  $t_m = \Phi'_m / 2\pi$  мають розмірність часу і фізично визначають групові запізнювання коливань, що надійшли до входів компенсатора. З врахуванням (6) вираз (5) має вигляд

$$\rho_{10} = \frac{\Pi_c}{\sqrt{\Pi_0 \Pi_1}} \cdot \left| \frac{\sin(\pi(t_1 - t_0)\Pi_c)}{\pi(t_1 - t_0)\Pi_c} \right|. \quad (7)$$

Кореляція завад в трактах залежить від співвідношення їх смуг пропускання та групових запізнювань коливань.

Коли центральні частоти смуг пропускання однакові, а  $\Pi_1 > \Pi_0 = \Pi_c$ , то

$$\frac{\Pi_c}{\sqrt{\Pi_0 \Pi_1}} = \sqrt{1 - \frac{\delta\Pi}{\Pi_1}}, \quad (8)$$

де  $\delta\Pi = \Pi_1 - \Pi_0$

Звичайно в ПКЗ основний і допоміжний тракти однакові і виконуються на однорідних регулярних лініях передачі (ЛП).

Тому

$$\Phi_m(f) = (2\pi/\lambda) l_m \beta(f),$$

де  $\lambda = c/f$  – довжина хвилі,  $c$  – швидкість світла;  $l_m$  – довжина ЛП  $m$ -го тракту; -

$$\beta(f) = \sqrt{1 - (\lambda_0 / \lambda_{\text{кр}})^2} -$$

електричне уповільнення хвилі в ЛП;  $\lambda_{\text{кр}}$  – критична довжина хвилі в ЛП.

Групові запізнювання коливань в основному і допоміжному трактах з однаковими типами ЛП

$$t_m = \frac{\ell_m}{c} \cdot \left( \beta(f_0) + \frac{(\lambda_0 / \lambda_{\text{кр}})^2}{\beta(f_0)} \right) \quad (9)$$

можуть відрізнитися внаслідок неоднакових довжин ЛП.

Вираз для граничного коефіцієнта подавлення (3) з врахуванням (7), (8), (9) має наступний вигляд

$$K_{\text{зр}} = \left(1 - (1 - \Delta\Pi) \sin^2(\pi \Delta\ell \alpha \Pi_0 / f_0)\right)^{-1}, \quad (10)$$

де

$$\text{sinc}(\cdot) = \text{sin}(\cdot) / (\cdot), \Delta\Pi = \delta\Pi / \Pi_1, \Delta\ell = (l_1 - l_0) / \lambda_0,$$

$$a = \left[ \beta(f_0) + \frac{(\lambda_0 / \lambda_{\text{кр}})^2}{\beta(f_0)} \right].$$

Роздивимося два типа ЛП з основними типами хвиль: прямокутний ( $\lambda_{кр} = 2a$ ,  $a$  - розмір широкої стінки), коаксіальний ( $\lambda_{кр} = \infty$ ) хвилеводи.

На рис. 2 наведені залежності граничного коефіцієнта подавлення від різниці довжин трактів  $\Delta l$  для різних значень відносного перевищення смуг пропускання  $\Delta P = 0$  (кр.1,2); 0,01% (кр.3,4) каналів, виконаних на прямокутному хвилеводі з значенням широкої стінки  $a = 0,7\lambda_0$  (кр.1,3) та коаксіальній лінії (кр.2,4).

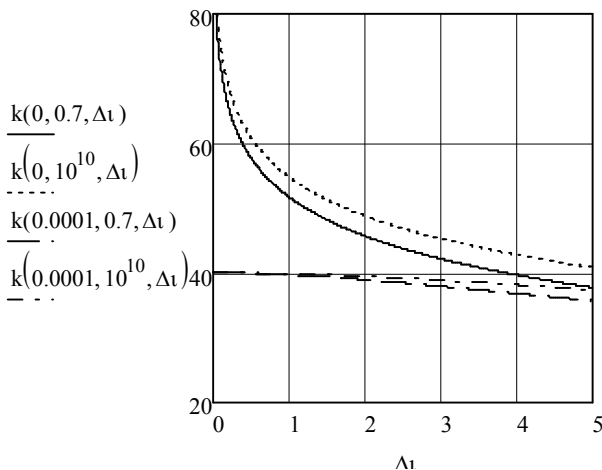


Рис. 2. Графіки для граничного коефіцієнта подавлення  $K(\Delta P, a, \Delta l)$  при  $P_0/f_0 = 10^{-3}$

При відносному перевищенні смуг пропускання в 0,01% значення  $K_{гр}$  не перевищує 40дБ. Розбіжність смуг на 0,1% призводить до зменшення  $K_{гр}$  до 20дБ.

Суттєве обмеження  $K_{гр}$  відбувається тому, що спектральні складові завади, які знаходяться поза смуги  $P_0$ , не компенсуються і вільно проходять до приймача.

При співпадинні смуг пропускання (кр.1,2) поява різниць в відносних довжинах трактів  $\Delta l$  спочатку веде до різкого падіння  $K_{гр}$ . Так збільшення  $\Delta l$  з 0,1 до 0,5 зменшує  $K_{гр}$  з 72дБ до 58дБ (кр.1). Надалі падіння  $K_{гр}$  уповільнюється.

При сумісній дії вказаних факторів (кр.3,4) значніший вплив при  $P_0/f_0 = 10^{-3}$  на  $K_{гр}$  має перший фактор.

Збільшення  $\Delta l$  слабо впливає на  $K_{гр}$ . Застосування коаксіальної лінії, що є не дисперсійною, дає деякий виграв в  $K_{гр}$ , котрий збільшується при зростанні різниць в довжинах трактів.

## Висновки

Проведені дослідження впливу неідентичностей ЧХ трактів та типу лінії передачі на потенційні можливості поляризаційного компенсатора завад дозволяють визначити для заданого значення граничного коефіцієнта подавлення допустимі різниці в смугах пропускання, електричних довжинах трактів, та оцінити можливості використання тих чи інших типів хвилеводів.

## Список літератури

1. Монзинго Р.А. Адаптивные антенные решетки / Р.А. Монзинго, Т.У. Миллер. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
2. Лосев Ю.И. 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. Абрамович Ю.И. Эффективность пространственной компенсации помех в системах с неидентичными каналами приема / Ю.И. Абрамович, В.Г. Качур, В.Н. Михайлюков // Радиотехника и электроника. – 1989. – Т. 34, № 6. – С.1196-1205.

Надійшла до редколегії 10.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ПОМЕХ ПРИ НЕИДЕНТИЧНЫХ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТРАКТОВ

Л.Г. Корниенко, Р.Б. Мохаммад

*Проанализированное совместное влияние на предельный коэффициент подавления шумовых помех отличий в полосах пропускания и длинах трактов основного и вспомогательного каналов поляризационного компенсатора.*

**Ключевые слова:** поляризационный компенсатор помех, коэффициент подавления, полоса пропускания, коэффициент корреляции, антенна, поляризация, диаграмма направленности.

## POLARIZATION INDEMNIFICATION OF HINDRANCES AT EVIDENTIAL FREQUENCY DESCRIPTIONS OF HIGHWAYS

L.G. Kornienko, R.B. Muhammad

*Analyses compatible influence on the maximum coefficient of suppressions of noise hindrances of differences in the bars of admission and lengths of highways of basic and auxiliary channels of the polarization compensating*

**Keywords:** polarization compensates of hindrances, coefficient of suppressions, bar of admission, coefficient of correlation, aerial, polarization, diagram of orientation.