

ВИМОГИ ДО ТОЧНОСТІ ПІДСТРОЮВАННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙ АНТЕН ОДНОКАНАЛЬНОГО КОМПЕНСАТОРА ЧАСТКОВО ПОЛЯРИЗОВАНИХ ЗАВАД

Л.Г. Корнієнко, докт. техн. наук, Ф.Ф Мусик, канд. техн. наук, О.А. Гаркуша, канд. військ. наук

Харківський інститут Військово-Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

Проаналізовано вимоги до точності підстроювання антен по поляризації для досягнення необхідних значень коефіцієнта придушення адаптивного компенсатора при впливі частково поляризованих завад по бічних пелюстках діаграми спрямованості антени основного каналу прийому.

Проанализированы требования к точности подстройки антенн по поляризации для достижения необходимых значений коэффициента подавления адаптивного компенсатора при воздействии частично поляризованных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны основного канала приема.

Requirements to the precision of antenna tuning on polarization for achieving of necessary numbers of adaptive compensator suppression coefficient under the influence of partially polarized interferences on the side lobes of direction diagram of main receiving channel antenna.

Вступ

Постановка проблеми. У рішенні задачі підвищення завадозахищеності радіотехнічних систем широке застосування знаходять методи адаптивної просторової режекції завад, що впливають по бічних пелюстках діаграми спрямованості (ДС) основної антени [1]. Завади, у силу тих чи інших причин, бувають частково поляризованими (ЧП) [2].

Флуктуації поляризації завадових хвиль впливають на ефективність просторової режекції при наявності розходжень у поляризаційних характеристиках антен основного і допоміжного каналів адаптивних компенсаторів завад [3].

Аналіз відомих досягнень. Вплив ступеня поляризації завад на показники ефективності компенсаторів при наявності поляризаційних розходжень антен досліджувався в роботах [3, 4]. У цих роботах отримані вирази для коефіцієнта придушення завад і коефіцієнта використання енергії сигналу, що встановили зв'язок цих показників з частотними характеристиками каналів проходження завадових коливань, просторовими і поляризаційними

характеристиками антен, а також з параметрами завадових радіохвиль (інтенсивністю, ступенем поляризації, видом поляризації цілком поляризованого компонента).

Ціль даної роботи – вивчити вимоги до точності настроювання антен одноканального компенсатора на ідентичність їхніх поляризацій при заданій ширині смуги пропускання приймальних каналів і величині просторового розносу фазових центрів основної і допоміжної антен.

Вихідні співвідношення

Граничний коефіцієнт придушення $K_{Гр} = [1 - |\rho_{01}|^2]^{-1}$ цілком визначається коефіцієнтом кореляції ρ_{01} завадових коливань в основному і допоміжному каналах прийому.

Для підвищення ефективності компенсації ЧП завад потрібно усувати причини, що приводять до декореляції завадових коливань у приймальних каналах. Виходячи з техніко-економічних розумінь, ставити задачу повного усунення розходжень у характеристиках приймальних каналів недоцільно. Розумніше вибрати інший шлях - висунути вимоги до точності настроювання характеристик приймальних каналів на їхню ідентичність. При цьому, мабуть,

потрібно виходити з найгіршого варіанта заводої обстановки, що приводить до найбільших втрат у показниках ефективності. Цей випадок відповідає роботі компенсатора в полі неполяризованих завод. У цьому випадку вектор \vec{E} займає рівновірогідне положення в площині, перпендикулярній напрямку поширення хвилі.

При використанні вузькополосних сигналів ширина смуги пропускання приймальних каналів невелика, що дозволяє припустити незмінність поляризацій антен від частоти f у межах смуги частот. У цьому випадку при неідентичних поляризаціях антен з рознесеними в просторі фазовими центрами міжканальний коефіцієнт кореляції визначається наступним виразом [4]:

$$|\rho_{01}| = \left| \left(\vec{P}_0 \vec{P}_1^* \right) \text{sinc} \pi \Pi_0 \tau_{10} \right|, \quad (1)$$

де $\vec{P}_{0,1}$ - вектора поляризації основної і допоміжної антен;

τ_{10} - різниця часів запізнювання заводої хвилі від джерела до фазових центрів антен;

$$\text{sinc}(\cdot) = \frac{\sin(\cdot)}{(\cdot)};$$

Π_0 - ширина смуги пропускання приймальних каналів з АЧХ прямокутної форми (вважаємо, що середні частоти і смуги пропускання каналів однакові).

Згідно (1), коефіцієнт кореляції визначається скалярним добутком векторів поляризації антен і залежить від ширини смуги пропускання і часу запізнювання хвилі на апертурі антенного розкриву. Вираз (1) справедливий і для слабкополяризованих завод зі ступенем поляризації $m \leq 0,5$. У цьому випадку вираз для граничного коефіцієнта придушення приймає вигляд:

$$K_{\text{ГР}} = \left[1 - \left(\cos^2 \frac{\delta}{2} \right) \text{sinc}^2 \pi \Pi_0 \tau_{10} \right]^{-1}, \quad (2)$$

де δ - центральний кут на сфері Пуанкаре між

крапками, що визначають поляризації антен [2].

У цьому співвідношенні враховано два декорелюючих фактори: неідентичності поляризацій антен, які характеризуються величиною центрального кута δ на сфері Пуанкаре, і розходжень в положенні фазових центрів антен, які характеризуються величиною міжканального запізнювання τ_{10} заводових коливань через похиле падіння плоскої хвилі на сукупний антенний розкриття.

Вимоги до точності поляризаційних характеристик антен

На рис. 1 представлені результати розрахунку $K_{\text{ГР}}$ як функції кута δ для різних значень $\Pi_0 \tau_{10} = \tau_{10} / \tau_{\text{п}}$, де $\tau_{\text{п}} = 1/\Pi_0$ - інтервал кореляції заводових коливань.

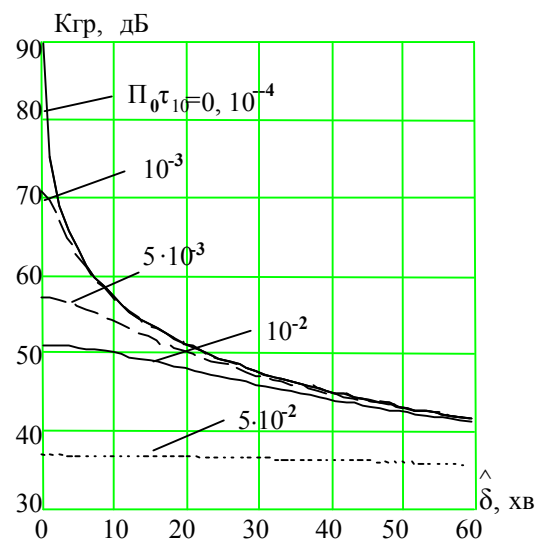


Рис. 1. Результати розрахунку $K_{\text{ГР}}$

Величина $\Pi_0 \tau_{10}$ визначає таким чином співвідношення між часом міжканального запізнювання хвилі й інтервалом кореляції заводових коливань. При $\tau_{10} = \tau_{\text{п}}$ величина $\rho_{01} = 0$ і $K_{\text{ГР}} = 1$. На рис. 2, 3 наведені результати розрахунків $K_{\text{ГР}}$ для конкретизованих значень ширин смуг пропускання ($\Pi_0/f_0 = 10^{-3}$ - на рис. 2, $\Pi_0/f_0 = 10^{-2}$ - на рис. 3) при впливі завади в напрямку максимумів першого і

другого бічних пелюстків ДС основної антени розміром $40\lambda_0$, (де λ_0 - довжина хвилі на середній частоті f_0) з косинусоїдальним амплітудним розподілом.

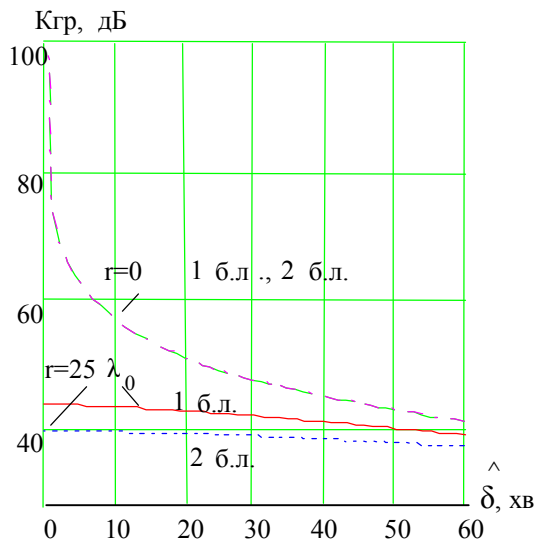


Рис. 2. Результати розрахунків $K_{гр}$ для ширини смуги пропускання $\Pi_0/f_0 = 10^{-2}$

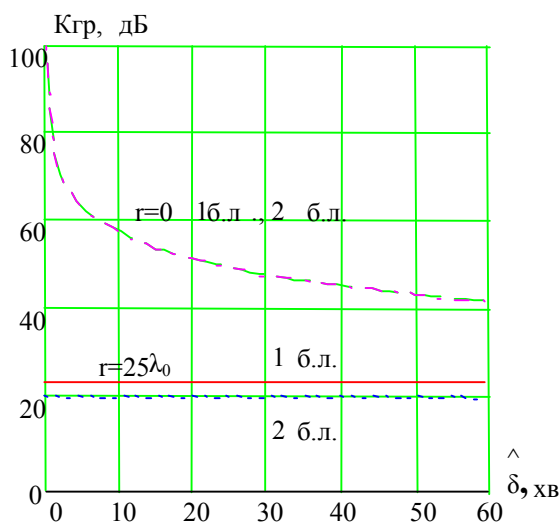


Рис. 3. Результати розрахунків $K_{гр}$ для ширини смуги пропускання $\Pi_0/f_0 = 10^{-2}$

Розглянуто випадки сполучених фазових центрів антен ($r=0$) і рознесених на величину $r=25\lambda_0$.

Верхня крива на рис. 1 відповідає випадку сполучених фазових центрів антен ($\Pi_0\tau_{10} = 0$). Для досягнення $K_{гр} \geq 50$ дБ точність настроювання антен на ідентичність поляризацій

не повинна перевищувати значень $\delta \approx 22^\circ$. По осі ординат на рис.1 при $\delta=0$ можна знайти граничні значення коефіцієнта придушення при визначених співвідношеннях міжканального запізнювання хвилі й інтервалу кореляції коливань. Так для досягнення $K_{гр} > 50$ необхідно при точному настроюванні антен по поляризації забезпечити значення $\Pi_0\tau_{10} \leq 10^{-2}$. Однак практично не завжди вдається сполучити фазові центри антен, неможливо в процесі експлуатації антен забезпечити ідентичність їхніх поляризацій. Тому важливо з практичної точки зору знайти компромісні вимоги до величин δ і $\Pi_0\tau_{10}$ для забезпечення необхідного значення $K_{гр}$. Так при $\Pi_0\tau_{10} \approx 10^{-2}$ величина $K_{гр}=50$ дБ коли $\delta \approx 8^\circ$. Можна послабити вимоги до точності настроювання поляризацій зменшуючи значення $\Pi_0\tau_{10}$. Так при $\Pi_0\tau_{10} = 5 \cdot 10^{-3}$ для забезпечення $K_{гр}=50$ дБ досить послабити вимоги до точності підстроювання поляризацій до $\delta \approx 20^\circ$.

З приведених рисунків видно, що при фіксованому δ значення $K_{гр}$ убувають зі збільшенням добутку $\Pi_0\tau_{10}$, причому чим більше δ , тим менше розкид значень $K_{гр}$. Зі збільшенням $\Pi_0\tau_{10}$ швидкість убування значень $K_{гр}$ у залежності від δ зменшується і при $\Pi_0\tau_{10} \sim 5 \cdot 10^{-2}$ зміна $K_{гр}$ зі збільшенням кута δ незначна. Як показують розрахунки, при зміні δ від 1° до 10° криві для $K_{гр}$ плавно убувають, слабо залежать від значень $\Pi_0\tau_{10}$, при цьому значення $K_{гр}$ змінюються на 20дБ. Таким чином, при поляризаційних розходженнях антен, які характеризуються $\delta \geq 1^\circ$ одержати $K_{гр} > (30-40)$ дБ при впливі слабкополяризованих завод не вдається, тому що сполучення фазових центрів антен або зменшення

відносної ширини смуги пропускання слабо впливають на величину $K_{гр}$.

Проведений аналіз показує, що існує область значень $P_0 \tau_{10}$, для якої при перевищенні δ визначеного значення домогтися поліпшення $K_{гр}$ не вдається шляхом зміни ширини смуги пропускання чи відстані між фазовими центрами антен у межах цієї області.

З рис. 2, 3 випливає також, що значення $K_{гр}$ при фіксованому $\delta < 1^0$ помітно залежать від відстані між фазовими центрами антен при впливі завад по перших бічних пелюстках ДС антен. При $r > 25 \lambda_0$ одержати $K_{гр}$ більше 42дБ шляхом підвищення вимог до δ не вдається.

Приведені дані справедливі, якщо цілком усунуті інші декорелюючі фактори, наприклад, розходження в смугах пропускання приймальних каналів. Облік їх підвищує вимоги до точносних характеристик.

Висновки

Приведені в роботі результати свідчать про те, що вимоги до точності настроювання антен по поляризації є досить жорсткими. Це приводить до необхідності розробки адаптивних методів усунення поляризаційних розходжень. Застосування адаптивних методів підстроювання поляризації допоміжних антен до поляризації основної антени дозволяє також усунути неконтрольовані зміни поляризації поля основної

антени в області бічних пелюстків, що обумовлені наявністю розсіювання хвиль на елементах кріплення антени, близькорозташованих об'єктах і т.д.

Література

1. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки. Введение в теорию. Пер. с англ.- М: Радио и связь, 1986.- 448с.

2. Корниенко Л.Г., Мысик Ф.Ф. Поляризационные характеристики помехи, создаваемой парой неразрешаемых по углам постановщиков активных помех. *Авиационно-космична техніка і технологія*. Вип.22. – Харків: Нац. Аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т». – 2001. - С.268-272.

3. Корниенко Л.Г., Колос Ю.А, Мальцев С.А. Эффективность подавления автокомпенсатором частично поляризованных помех при наличии поляризационных различий антенн основного и вспомогательных каналов. *Радиотехника и электроника*, т. XXXIV, № 2, 1989. с.321-326.

4. Корниенко Л.Г., Мысик Ф.Ф. Особенности и потенциальные возможности когерентной компенсации частично поляризованных помех. *Антенны*. – М.: ИПРЖР, 2001. - № 1 (47). – С.55-63.

Надійшла до редакції 10.09.03

Рецензент: д-р техн. наук, професор Поповський В.В., Харківський Національний університет радіоелектроніки, м. Харків