

РАДІОТЕХНІКА І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 621.396.96

А.І. Білоцький, асист.
М.В. Коваленко, д.т.н., проф.
Житомирський інженерно-технологічний інститут

ВЛАСНІ ШУМИ ІНВАРІАНТНИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК

В статті розглядається вплив власних (внутрішніх) шумів інваріантних антенних решіток на їх характеристики спрямованості, зокрема на положення та рівень формуємих нулів діаграми спрямованості. Наводяться результати математичного моделювання цього впливу.

При практичному застосуванні інваріантних антенних решіток (ІАР) [1–2] велике значення має вплив на її вихідні параметри (а в першу чергу це положення сформованих нулів діаграми спрямованості та їх рівень) як власних, так і зовнішніх шумів.

Зовнішніми шумами можна вважати шуми атмосфери (шум „чистого неба”, шум Сонця), шуми індустриального походження, спеціально створені з метою радіопротидії шуми та ін. Ці шуми приймаються ІАР разом з корисним сигналом. Задача їх фільтрації є окремою задачею теорії обробки сигналів.

Власні шуми створюються самими елементами ІАР: випромінювачами, розгалужувачами, лініями затримки, базовими фільтрами, вентилями, фазообертачами, підсилювальними модулями тощо. Особливо великого значення вони набувають при застосуванні у ІАР підсилювальних модулів з активними елементами, рівень шумів яких зазвичай значно більший за рівень шумів пасивних елементів. За умов цифрової обробки сигналів у ІАР, тобто за умови цифрової реалізації ІАР, до цього спектра шумів додаються шуми притаманні цифровим системам, – шуми квантування при аналого-цифровому перетворенні вхідних сигналів та шуми округлення при виконанні математичних операцій над сигналами. У даній статті ці специфічні види шумів цифрових ІАР не розглядаються.

Звичайно власні шуми активних та пасивних елементів описують білим гаусівським шумом. Практично можна вважати, що цей шум утворюється на виході випромінювачів ІАР (шум, який виникає у наступних елементах, можна привести до виходів випромінювачів), а також у базових фільтрах ІАР, при чому шум у сусідніх каналах ІАР можна вважати незалежним. З іншого боку, основний внесок у власні шуми ІАР будуть давати саме випромінювачі за умови, що вони є активними (тобто містять у своєму складі активні елементи). Шумами пасивних та активних елементів, що розташовуються за активними випромінювачами, у цьому випадку можна знехтувати. Тоді власні шуми ІАР можна представити як відхилення амплітудно-фазового розподілу на елементах ІАР від встановленого:

$$\dot{A}_n(t) = [A_n + a_n(t)]e^{j[\varphi_n + \varphi_n(t)]}, \quad (1)$$

де A_n , φ_n – встановлені значення амплітудного та фазового розподілів на n -му елементі решітки; $A_n(t)$, $\varphi_n(t)$ – шуми амплітудного та фазового розподілів на n -му елементі решітки, які, як зазначалося вище, можна вважати білим гаусівським шумом; $\dot{A}_n(t)$ – реальний амплітудно-фазовий розподіл на n -му елементі решітки (з урахуванням шуму), який є випадковою величиною.

З урахуванням цього було проведено комп'ютерне моделювання діаграми спрямованості ІАР за наявності власних шумів і визначено вплив дисперсії шумів на параметри ІАР. Амплітудно-фазовий розподіл (1) вважався нормованим. Аналізувалася ІАР, утворена методом променевого синтезу з двох 10-елементних підрешіток з рівномірним амплітудно-фазовим розподілом при відстані між елементами в підрешітці $d = 0,5\lambda$ та напрямом синтезованого нуля діаграми спрямованості $\theta_0 = 60^\circ$. Результуюча амплітудна діаграма спрямованості такої решітки з урахуванням дії шумів $|\bar{F}(\theta)|$ наведена на рис. 1. Тут σ_n – середньоквадратичне значення шуму. Значення $\sigma_n = 0$ відповідає відсутності власних шумів в решітці. Оскільки ми вважаємо амплітудно-фазовий розподіл нормованим, максимальне значення сигналу становить $A_{\max} = 1$, тому відношення сигнал/шум:

$$q = 10 \lg \frac{A_{\max}^2}{\sigma_n^2} = -20 \lg \sigma_n. \tag{2}$$

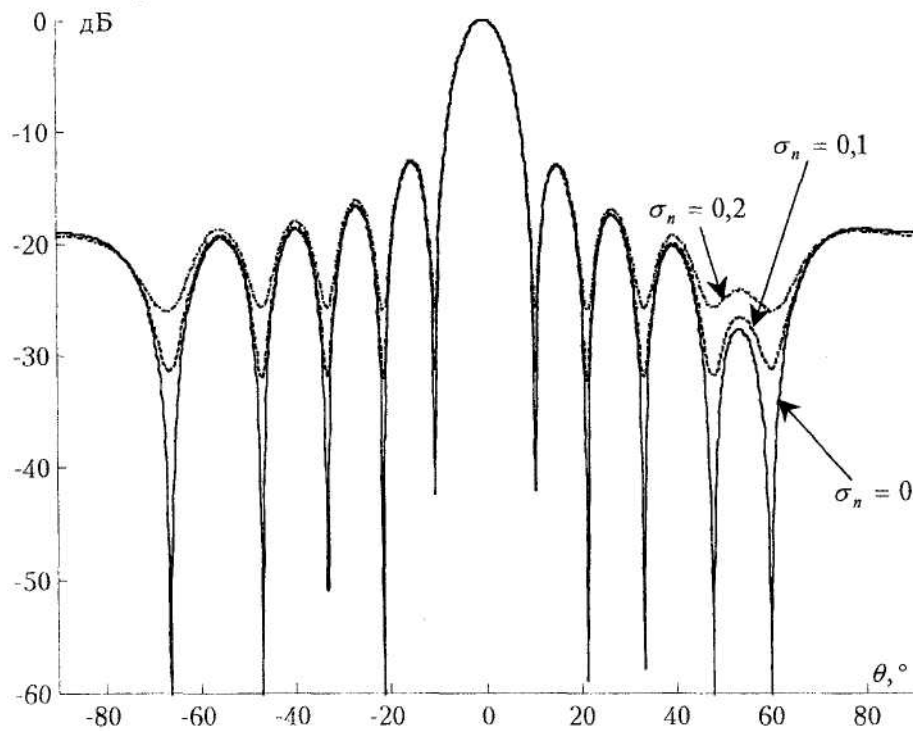


Рис. 1

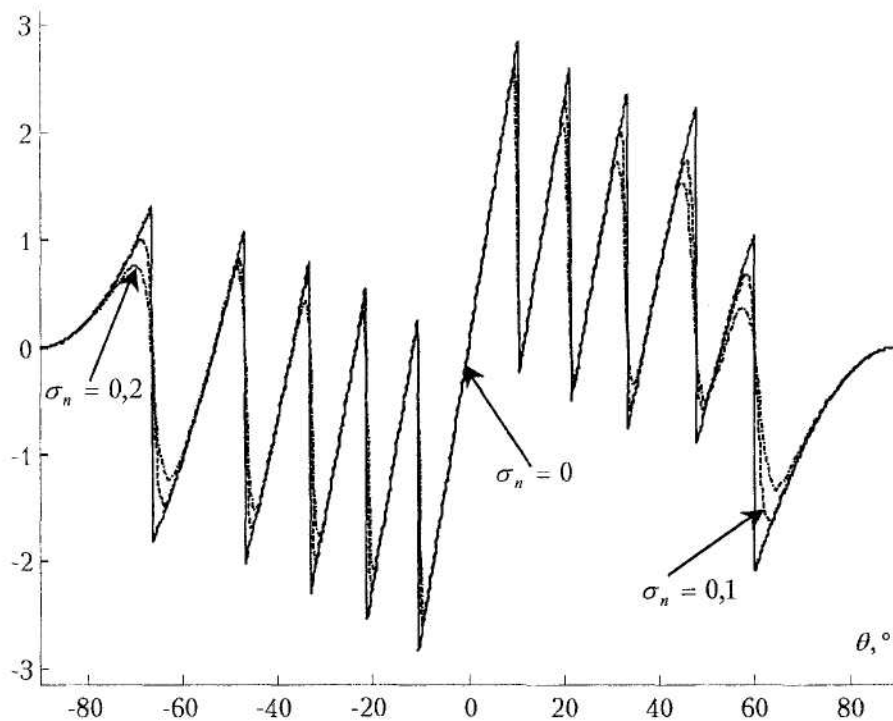


Рис. 2

Отже, значенню $\sigma_n = 0,1$ відповідає відношення сигнал/шум $q = 20$ дБ, а значенню $\sigma_n = 0,2$ – відношення сигнал/шум $q = 14$ дБ. З графіків бачимо, що рівень власних шумів не впливає на положення формуемого нуля діаграми спрямованості, але значно впливає на його рівень. З підвищенням рівня власних шумів рівень нуля значно збільшується.

На рис. 2 представлена результуюча фазова діаграма спрямованості ІАР $\arg \bar{F}(\theta)$. З графіків видно, що на відміну від амплітудної фазова діаграма спрямованості ІАР слабо залежить від рівня власних шумів решітки. Тобто на фазову діаграму спрямованості ІАР власні шуми впливають мало.

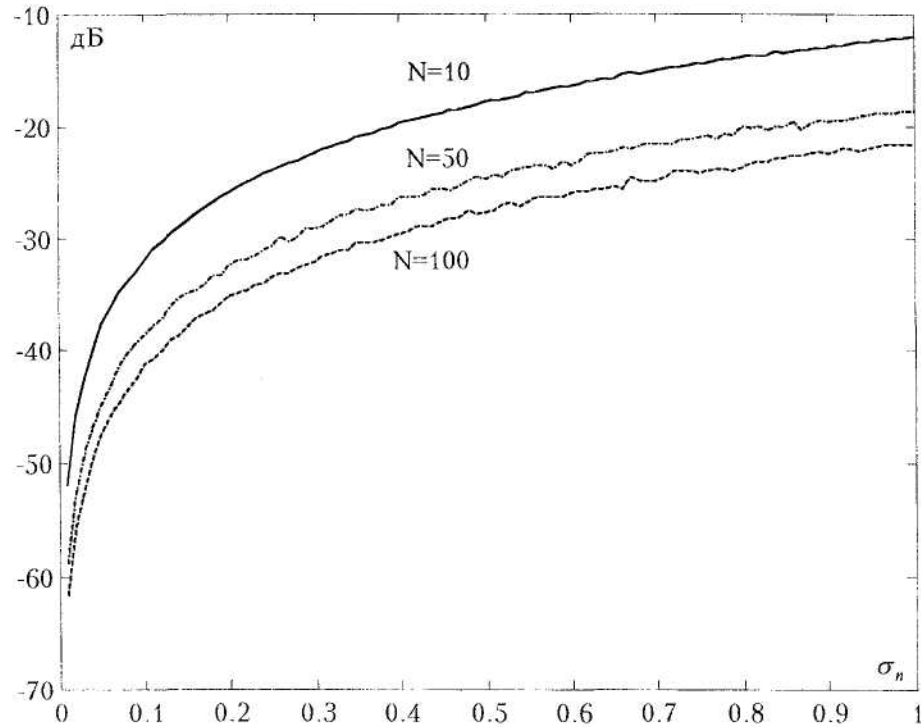


Рис. 3

На рис. 3 наведена залежність рівня формуемого нуля діаграми спрямованості $|\bar{F}(\theta_0)|$ від рівня власних шумів ІАР. З графіка видно, що рівень нуля досить чутливий до рівня власних шумів ІАР. У той же час збільшення кількості елементів у ІАР деякою мірою зменшує вплив шумів на рівень формуемого нуля діаграми спрямованості.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Коваленко М.В. Синтез інваріантних антенних решіток // Вісник ЖІТІ, 1998. – № 9 / Технічні науки.
2. Вороніков В.В, Зелінський О.В., Коваленко М.В., Коваленко О.М., Колос Ю.О., Чухов В.В. Поелементний та змішаний синтез інваріантних антенних решіток // Вісник ЖІТІ, 1999. – № 11 / Технічні науки.

БІЛОЦЬКИЙ Андрій Іванович – асистент кафедри радіотехніки Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– пристрої НВЧ та антени;

– радіотехнічні системи.

E-mail: belotsky@ziet.zhitomir.ua

КОВАЛЕНКО Микола Вікторович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– пристрої НВЧ та антени;

– радіотехнічні системи.