

В.В. Ципоренко, к.т.н., доц.

В.Г. Ципоренко, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

АНАЛІЗ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ БЕЗПОШУКОВОГО ЦИФРОВОГО МЕТОДУ СПЕКТРАЛЬНОГО КОРЕЛЯЦІЙНО-ІНТЕРФЕРОМЕТРИЧНОГО РАДІОПЕЛЕНГУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

Виконано дослідження завадостійкості безпошукового цифрового спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгатора з використанням лінійної антенної решітки (АР).

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. На сьогодні радіомоніторинг радіоелектронних засобів повинен здійснюватися в умовах складної електромагнітної обстановки (ЕМО), великої апріорної невизначеності щодо параметрів радіовипромінювань, а також в умовах реального масштабу часу. Перспективним напрямком реалізації радіомоніторингу для вказаних умов є використання цифрових кореляційно-інтерферометричних радіопеленгаторів [1, 2].

З урахуванням складної ЕМО актуальною задачею є аналіз завадостійкості апаратури радіомоніторингу і, в тому числі, радіопеленгування. Тому дослідження завадостійкості для ЕМО різної складності цифрових кореляційно-інтерферометричних радіопеленгаторів є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми. У роботі [3] розроблено безпошуковий кореляційно-інтерферометричний метод пеленгування, що здійснює максимально правдоподібну оцінку часу затримки прямим аналітичним методом за один цикл кореляційного оброблення. Це дозволяє здійснювати кореляційно-інтерферометричне пеленгування джерел широкосмугових радіовипромінювань в умовах реального масштабу часу. Дослідження можливості використання такого методу в умовах складної електромагнітної обстановки не проведено.

В працях [4–6] виконано дослідження спектрально-енергетичного методу розділення та виявлення спектрів сигналів для умов простої ЕМО, коли спектри сигналів різних джерел радіовипромінювань (ДРВ) в межах смуги прийому не перекриваються та не перемежуються, що використовує класичний критерій Релея або параметричні критерії. Однак дослідження завадостійкості безпошукового спектрального кореляційно-інтерферометричного методу пеленгування, що використовує багатоелементну антенну решітку (АР) для вказаних умов не проведено.

В [7–9] виконано дослідження енергетично-просторового методу розділення, виявлення та оцінки параметрів сигналів у прийнятій суміші для умов складної ЕМО, коли одночасно приймаються сигнали різних ДРВ, спектри яких перемежуються. Однак дослідження точності безпошукового спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгатора, що використовує АР для вказаних умов не проведено.

У [10] для умов складної ЕМО виконано дослідження завадостійкості відомих методів пеленгування з урахуванням впливу операцій детектування. Отримано аналітичні оцінки похибок пеленгування, їх максимальні значення та відповідне співвідношення фазових характеристик сигналу та завади. Але завадостійкість кореляційно-інтерферометричних методів пеленгування не досліджено.

В [11, 12] досліджено статистичні характеристики та завадостійкість класичного багатоітераційного кореляційно-інтерферометричного радіопеленгатора. Однак дослідження особливостей безпошукового спектрального кореляційно-інтерферометричного пеленгування не виконано.

У [13] запропоновано безпошуковий цифровий метод спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування з використанням АР, особливостями якого є використання додаткової просторової селекції шумів та завад в складній ЕМО. Але дослідження завадостійкості цього методу в роботі не виконано.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Таким чином, невирішеною раніше частиною загальної проблеми дослідження завадостійкості кореляційно-інтерферометричних радіопеленгаторів є дослідження завадостійкості безпошукового цифрового спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгатора з використанням АР.

Формулювання цілей статті. Відповідно до невирішених раніше частин загальної проблеми дослідження завадостійкості кореляційно-інтерферометричних радіопеленгаторів, цілями статті є: дослідження завадостійкості безпошукового цифрового спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгатора з використанням АР та проміжної просторової селекції.

Викладення основного матеріалу дослідження. Виконаємо аналіз завадостійкості безпошукового цифрового спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгатора з використанням АР та

проміжної просторової селекції. Нехай приймається суміш $U(t)$ корисного випадкового сигналу $S(t)$ з рівномірним енергетичним спектром та його R перевідбитих копій лінійною АР із Z ідентичними пеленгаційними радіоканалами. Радіоканали АР мають власні адитивні стаціонарні нормальні шуми $n_z(t)$ з нульовим математичним очікуванням та однаковою спектральною густиною потужності N , що постійна в межах смуги частот аналізу $[\omega_{S,I}; \omega_{S,A}]$. Будемо вважати, що власні шуми радіоканалів АР не мають міжканальної кореляції та кореляції з сигналом і завадами, що приймаються. Також будемо вважати, що фазові флуктуації на шляху поширення сигналу та завад відсутні. Таким чином, початкові умови досліджень можуть бути представлені таким виразом:

$$U_z(t) = S_z(t - \tau_z) + \sum_{r=1}^R a_r \cdot S_{z,r}(t - \tau_{z,r}) + n_z(t), \quad (1)$$

де $U_z(t)$ – суміш, що приймається z -им пеленгаційним каналом; $S_z(t - \tau_z)$ – корисний сигнал, що приймається z -им пеленгаційним каналом; τ_z – затримка корисного сигналу в z -му каналі відносно певного опорного каналу, що залежить від напрямку на ДРВ; $a_r \cdot S_{z,r}(t - \tau_{z,r})$ – перевідбита копія корисного сигналу в z -му каналі, що сформувалась при проходженні через r -ту трасу поширення; $a_r, \tau_{z,r}$ – випадкові коефіцієнти послаблення та час затримки сигналу відповідно на шляху r -ої траси поширення для z -го каналу; $R \gg 1$ – кількість променів поширення; $n_z(t)$ – адитивний гаусів шум з рівномірним розподілом густини потужності $N(\omega)$ в межах смуги одночасного аналізу z -го каналу.

Завадостійкість пеленгування доцільно оцінювати за величиною дисперсії σ_θ^2 похибки оцінки напрямку на джерело радіовипромінювання (ДРВ) [1, 3, 13, 14]. Аналіз роботи безпошукового цифрового спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгатора з використанням АР [13], що досліджується, показав, що алгоритм його роботи реалізується в п'яти основних етапах з використанням чотирьох різних областей визначення сигналів, що аналізуються і відповідних рівнів шумів та завад.

На першому етапі здійснюється паралельний прийом у заданому секторі пеленгування Z радіоканалами АР часової реалізації суміші $U(t)$ з подальшим її перетворенням на проміжній частоті в цифрову форму та визначенням Z часових комплексних спектрів $U_z(j\omega_k)$, прийнятих реалізацій.

На другому етапі здійснюється безпошуковий просторовий вибірковий прийом прийнятих випромінювань у заданому секторі пеленгування з використанням цифрового спектрального синтезу першої багатопелюсткової діаграми спрямованості (БПДС). У результаті формується перша спектрально-просторова двовимірна реалізація прийнятої суміші $U_z(j\omega_k, \Omega_z)$.

На третьому етапі реалізується проміжна просторова селекція завад та шумів і виділення підмасиву спектрально-просторових складових, що відповідають корисному сигналу $S(t)$. Селекція завад та шумів реалізується згідно з енергетичним критерієм із використанням максимально правдоподібних оцінок.

На четвертому етапі здійснюється відновлення просторової реалізації корисного сигналу з подальшим його безпошуковим вибірковим просторовим прийомом з використанням цифрового спектрального синтезу другої БПДС і формування другої просторово-частотної реалізації суміші $U(t)$.

На п'ятому етапі реалізується безпосередньо спектрально-кореляційне безпошукове оцінювання напрямку на ДРВ корисного сигналу $S(t)$.

У результаті аналізу можливо зробити висновок, що даний метод еквівалентний дії паралельної роботи Z двоелементних оптимальних кореляційно-інтерферометричних пеленгаторів, що використовують вузькопроменеві антенні системи. За цих умов дисперсія σ_θ^2 похибки оцінки напрямку на ДРВ визначається дисперсією оцінки часу затримки σ_τ^2 прийому корисного сигналу $S(t)$ просторово-вбірковими радіоканалами [11, 12]:

$$\sigma_\theta^2 = \arcsin[\sigma_\tau^2 / (d/c)^2], \quad (2)$$

де d – крок лінійної АР; c – швидкість поширення електромагнітного випромінювання у вільному просторі.

В свою чергу дисперсія σ_τ^2 за відсутності фазових флуктуацій на шляху поширення випромінювання визначається згідно з рівнянням:

$$\sigma_\tau^2 = \frac{(2\pi)^3}{\omega_0^2 \cdot T_a \cdot \mu \cdot \Delta\omega_a}, \quad (3)$$

де $\omega_0 \in [\omega_{S,i}; \omega_{S,\bar{A}}]$ – середня частота смуги аналізу або частота несучої; T_a – тривалість процесу аналізу радіовипромінювання; $\mu = P_{S\mu} / P_{N\mu}$ – еквівалентне відношення сигнал-шум екстремальної спектральної складової випромінювання ДРВ з максимальною потужністю; $\Delta\omega_a = \omega_{S,\bar{A}} - \omega_{S,i}$ – ширина смуги аналізу, що співпадає з шириною спектра корисного сигналу $S(t)$; $P_{S\mu}$ – еквівалентна потужність корисного сигналу на вході корелятора; $P_{N\mu}$ – еквівалентна потужність шуму просторового аналізу на вході корелятора.

Аналіз рівняння (3) показує, що дисперсія оцінки часу затримки σ_τ^2 при інших незмінних умовах обернено пропорційна відношенню сигнал-шум μ і, відповідно, прямо пропорційна потужності шуму $P_{N\mu}$ на екстремальній спектральній складовій з максимальною потужністю.

З урахуванням кореляційного оброблення спектрально-просторових реалізацій прийнятої суміші $U(t)$ першою та другою БПДС еквівалентне відношення сигнал-шум μ визначається як добуток відношень сигнал-шум μ_1 та μ_2 на першому і другому входах корелятора, або на виходах першої та другої БПДС відповідно [11, 12, 14]:

$$\mu = \mu_1 \cdot \mu_2, \tag{4}$$

де $\mu_1 = P_{S1} / P_{N1}$ – відношення сигнал-шум на виході першої БПДС; $\mu_2 = P_{S2} / P_{N2}$ – відношення сигнал-шум на виході другої БПДС.

З урахуванням рівняння (4) еквівалентне відношення сигнал-шум μ після прийому сигналу двома БПДС буде визначатися згідно з рівнянням:

$$\mu = \frac{P_{S1} \cdot P_{S2}}{P_{N1} \cdot P_{N2}} = \frac{P_{S\mu}}{P_{N\mu}}, \tag{5}$$

де $P_{S1} = P_{S2}$ – вихідна потужність корисного сигналу для першої та другої БПДС відповідно; P_{N1}, P_{N2} – вихідна потужність шуму для першої та другої БПДС.

Еквівалентна вхідна потужність корисного сигналу $P_{S\mu}$ з урахуванням впливу дії першої та другої БПДС, а також часового спектрального аналізу дорівнює:

$$P_{S\mu} = \left(\frac{P_s \cdot K_{Wt}}{\Delta\omega_a \cdot T_a} \right)^2 \cdot K_{A1}^2 \cdot K_{A2}^2, \tag{6}$$

де K_{A1}, K_{A2} – коефіцієнти підсилення першої та другої БПДС відповідно до напрямку на ДРВ корисного сигналу $S(t)$; P_s – середня потужність корисного сигналу $S(t)$; K_{Wt} – коефіцієнт шумової смуги вагової функції вікна цифрового часового спектрального аналізу.

В свою чергу, еквівалентна потужність шуму $P_{N\mu}$ визначається власними шумами радіоканалів АР P_{Nk} та зовнішніми завадами, які доцільно представити просторовим зовнішнім шумом із потужністю $P_{N\theta}$:

$$P_{N\mu} = P_{N1} \cdot P_{N2} = (P_{Nk1} + P_{N\theta1}) \cdot (P_{Nk2} + P_{N\theta2}), \tag{7}$$

де P_{Nk1}, P_{Nk2} – потужність власних шумів пеленгатора на виході першої та другої БПДС відповідно; $P_{N\theta1}, P_{N\theta2}$ – потужність просторових зовнішніх шумів завад на виході першої та другої БПДС.

Рівень власних шумів P_{Nk1} та P_{Nk2} визначається особливістю реалізації етапів часового та просторового спектрального аналізу, а також проміжної просторової селекції [15]:

$$P_{Nk1} = P_{Nk2} = \frac{N \cdot K_{Wt}}{T_a} \cdot \frac{K_{W\theta1}}{Z}, \tag{8}$$

де $K_{W\theta1}$ – коефіцієнт шумової смуги вагової функції вікна цифрового просторового спектрального аналізу при синтезі першої БПДС.

Аналіз рівняння (8) показує, що при різних значеннях коефіцієнтів шумової смуги функції вікна $K_{W\theta2} > K_{W\theta1}$ при синтезі першої та другої БПДС за рахунок проміжної просторової селекції потужності вихідних шумів P_{Nk1} та P_{Nk2} рівні.

Потужність просторових шумів, що зумовлені дією завад, визначається особливостями синтезу першої та другої БПДС, а також проміжної просторової селекції:

$$P_{N\theta 1} = P_{N\theta 2} = \frac{2 \left(\sum_{r=1}^R a_r^2 \cdot S_r^2(t - \tau_r) \right) \cdot K_{W\theta 1} \cdot K_{W\theta 2}}{\Delta \omega_a \cdot T_a \cdot Z} \quad (9)$$

Аналіз рівняння (9) показує, що за рахунок просторової селекції власних та просторових зовнішніх шумів та обмеження їх смуги просторових частот $\Delta \Omega_N$ до рівня смуги просторових частот $\Delta \Omega_S$ корисного сигналу $S(t)$ потужність сумарного шуму на виходах першої та другої БПДС однакова.

В результаті рівняння (5) матиме вигляд:

$$\mu = \frac{\left(\frac{P_S \cdot K_{W\theta}}{\Delta \omega_a \cdot T_a} \right)^2 \cdot K_{A1}^2 \cdot K_{A2}^2}{(P_{Nk1} + P_{N\theta 1})^2} \quad (10)$$

За умови дії потужних завад, локалізованих у просторі одиничних ДРВ, потужність просторових шумів $P_{N\theta 1}$ та $P_{N\theta 2}$ будуть дорівнювати: $P_{N\theta 1} = P_{N\theta 2} = P_C \cdot K_{A1}^2$, де P_C – потужність зовнішньої завади локалізованого ДРВ, K_{A1} – рівень бічної пелюстки першої БПДС, що відповідає напрямку на ДРВ завади.

Виконаємо порівняльний аналіз завадостійкості розглянутого безошукового цифрового методу спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування з використанням АР та відомого цифрового методу комплексного спектрально-кореляційного пеленгування з використанням АР [16]. З урахуванням відсутності у відомого методу комплексного пеленгування проміжної просторової селекції шумів та завад еквівалентне відношення сигнал-шум при його реалізації за умови дії розподілених у просторі завад дорівнює:

$$\mu = \frac{P_S^2 \cdot K_{A1}^2 \cdot K_{A2}^2}{(P_{Nk1} + P_{N\theta 1}) \cdot (P_{Nk2} + P_{N\theta 2})} \quad (11)$$

$$\text{де } P_{Nk1} = \frac{N \cdot K_{W\theta}}{T_a} \cdot \frac{K_{W\theta 1}}{Z}; \quad P_{Nk2} = \frac{N \cdot K_{W\theta}}{T_a} \cdot \frac{K_{W\theta 2}}{Z}; \quad P_{N\theta 1} = \frac{2 \left(\sum_{r=1}^R a_r^2 \cdot S_r^2(t - \tau_r) \right) \cdot K_{W\theta 1} \cdot K_{W\theta 2}}{\Delta \omega_a \cdot T_a \cdot Z};$$

$$P_{N\theta 2} = \frac{2 \left(\sum_{r=1}^R a_r^2 \cdot S_r^2(t - \tau_r) \right) \cdot K_{W\theta 2} \cdot K_{W\theta 1}}{\Delta \omega_a \cdot T_a \cdot Z}.$$

За умови дії локалізованих у просторі завад рівняння (11) матиме вигляд:

$$\mu = \frac{P_{Su}^2 \cdot K_{A1}^2 \cdot K_{A2}^2}{(P_{Nk1} + P_C \cdot K_{A1}^2) \cdot (P_{Nk2} + P_C \cdot K_{A2}^2)} \quad (12)$$

Порівняльний аналіз рівнянь (10), (11) та (12) показує, що потужність власних шумів P_{Nk2} і просторових зовнішніх завад $P_{N\theta 2}$ на виході другої БПДС за рахунок попередньої проміжної просторової селекції після синтезу першої БПДС значно зменшується і зумовлює підвищення завадостійкості пеленгування досліджуваного безошукового цифрового методу спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування з використанням лінійної АР порівняно з відомим методом. Наприклад, за умови врахування тільки дії власних шумів і співвідношенні $K_{W\theta 2} / K_{W\theta 1} = 3$ вигравш за завадостійкістю буде становити відповідно три рази. За умови врахування тільки дії зовнішніх просторово локалізованих завад завадостійкість досліджуваного методу пеленгування порівняно з відомим методом може сягати 30 дБ, тому що рівень головної пелюстки значно перевищує рівень бічних пелюсток БПДС, що синтезуються цифровим методом, наприклад, для вікна Блекмана $K_{A2} \geq |-90|$ дБ, $K_{A1} \geq |-50 \div 60|$ дБ [7, 15].

Таким чином, виконані дослідження показали, що використання додаткової просторової проміжної селекції власних шумів і зовнішніх завад після оброблення суміші $U(t)$ першою БПДС забезпечує суттєве підвищення завадостійкості кореляційно-інтерферометричного пеленгування. У досліджуваному методі пеленгування на відміну від відомих, безошуковий просторово-вибірковий прийом випромінювань реалізується послідовно, тобто спочатку з використанням першої БПДС, а потім – другої БПДС. Тому вказаний порядок оброблення доцільно розглядати як еквівалентне просторове каскадне поєднання першої та другої БПДС з проміжною адаптацією параметрів першої БПДС.

Висновки. Проведені дослідження завадостійкості безпошукового цифрового методу спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування з використанням лінійної АР показали, що за рахунок застосування додаткової просторової проміжної селекції власних шумів і зовнішніх завад перед синтезом другої БПДС забезпечується суттєве зменшення підсумкової дисперсії похибки оцінки напрямку на ДРВ.

У подальшому доцільно виконати дослідження методів просторової селекції корисних сигналів за наявності шумів та завад, а також оптимізувати процедуру синтезу першої та другої БПДС.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Слободянюк П.В. Довідник з радіомоніторингу / П.В. Слободянюк, В.Г. Благодарний, В.С. Ступак ; за заг. ред. П.В. Слободянюка. – Ніжин : Видавництво «Аспект-Поліграф», 2008. – 588 с.
2. Современные корреляционно-интерференционные измерители пеленга и напряженности электромагнитного поля / А.В. Ашихмин, А.Д. Виноградов, В.Н. Кондращенко и др. // Специальная техника. – 2002. – С. 7–19.
3. Ципоренко В.В. Метод кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування з дисперсійною обробкою комплексних взаємних спектрів сигналів / В.В. Ципоренко // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратуробудування. – 2010. – № 42. – С. 26–37.
4. Информационные технологии в радиотехнических системах : учеб. пособие / В.А. Васин, И.Б. Власов, Ю.М. Егоров и др. ; под ред. И.Б. Фёдорова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 768 с.
5. Феоктистов Ю.А. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Ю.А. Феоктистов, В.В. Матасов, Л.И. Башуурин, В.И. Селезнев ; под ред. Ю.А. Феоктистова. – М. : Радио и связь, 1988. – 216 с.
6. Смирнов Ю.А. Радиотехническая разведка / Ю.А. Смирнов. – М. : Воениздат, 2001. – 456 с.
7. Комиссаров Ю.А. Помехоустойчивость и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Ю.А. Комиссаров, С.С. Родионов. – К. : Техника, 1978. – 208 с.
8. Обнаружение радиосигналов / П.С. Акимов, Ф.Ф. Евстратов, С.И. Захаров и др. ; под ред. А.А. Колосова. – М. : Радио и связь, 1989. – 288 с.
9. Трифонов А.П. Совместное различение сигналов и оценка их параметров на фоне помех / А.П. Трифонов, Ю.С. Шинаков. – М. : Радио и связь, 1985. – 263 с.
10. Кукес И.С. Основы радиопеленгации / И.С. Кукес, М.Е. Старик. – М. : Сов. радио, 1964. – 640 с.
11. Караваев В.В. Статистическая теория пассивной локации / В.В. Караваев, В.В. Сазонов. – М. : Радио и связь, 1987. – 240 с. – (Статистическая теория святи ; вып. 27).
12. Караваев В.В. К теории интерферометра / В.В. Караваев, В.В. Сазонов // Радиотехника и электроника. – 1971. – Т. 16, № 12. – С. 2303–2308.
13. Ципоренко В.В. Безпошуковий цифровий метод спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування з використанням антенної решітки / В.В. Ципоренко, В.Г. Ципоренко // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2011. – № 3 (57). – С. 186–190.
14. Белавин О.В. Основы радионавигации : учеб. пособие для вузов / О.В. Белавин. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М. : Сов. радио, 1977. – 320 с.
15. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения : пер. с англ. / С.Л. Марпл-мл. – М. : Мир, 1990.
16. Ципоренко В.В. Цифровий метод широкосмугового комплексного спектрально-кореляційного пеленгування радіовипромінювань з використанням антенної решітки / В.В. Ципоренко // Вісник Хмельницького національного університету / Технічні науки. – 2010. – № 2. – С. 106–111.

ЦИПОРЕНКО Віталій Валентинович – кандидат технічних наук, доцент кафедри радіотехніки та телекомунікацій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– безпошукові цифрові методи кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування.

Тел.: (0412)46–60–65.

E-mail: tsiporenko.1985@mail.ru

ЦИПОРЕНКО Валентин Григорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри радіотехніки та телекомунікацій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– спектрально-просторові методи виявлення, оцінки параметрів та пеленгування радіовипромінювань.

Подано 06.12.2011

В.В. Ципоренко, В.Г. Ципоренко. Аналіз завадостійкості безпошукового цифрового методу спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування з використанням антенної решітки
В.В. Ципоренко, В.Г. Ципоренко. Анализ помехоустойчивости безпоискового цифрового метода спектрального корреляционно-интерферометрического радиопеленгования с использованием антенной решетки

V.V. Tsyorenko, V.G. Tsyorenko. Analzsis of Noiseproof of Direct Digital Method of the Spectral Correlation-interferometric Radio Direction-finding with using of antenna lattice

УДК 621.37:621.391

Анализ помехоустойчивости безпоискового цифрового метода спектрального корреляционно-интерферометрического радиопеленгования с использованием антенной решетки / В.В. Ципоренко, В.Г. Ципоренко.

Выполнено исследование помехоустойчивости безпоискового цифрового метода спектрального корреляционно-интерферометрического радиопеленгования с использованием антенной решетки.

УДК 621.37:621.391

Analzsis of Noiseproof of Direct Digital Method of the Spectral Correlation-interferometric Radio Direction-finding with using of antenna lattice / V.V. Tsyorenko, V.G. Tsyorenko.

In this paper, an analzsis of Noiseproof of Direct Digital Method of the Spectral Correlation-interferometric Radio Direction-finding with using of antenna lattice is executed.