

В.Г. Ципоренко, к.т.н., доц.  
Житомирський державний технологічний університет

### ЕФЕКТИВНІСТЬ АНАЛІЗУ РАДІОСИГНАЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТНОЇ ОБЛАСТІ ВИЗНАЧЕННЯ В СКЛАДНІЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІЙ ОБСТАНОВЦІ

*Показано, що в умовах складної електромагнітної обстановки та великої апріорної невизначеності доцільно для аналізу радіосигналів використовувати частотну область визначення, тобто обробку комплексного частотного спектра суміші радіовипромінювань. Визначені кількісні характеристики ефективності аналізу радіосигналів на основі обробки їх комплексного частотного спектра, в тому числі для умови цифрової обробки. Проведено порівняльний аналіз ефективності частотної та часової, а також частотно-часової обробки радіосигналів. Показано, що в умовах складної електромагнітної обстановки та апріорної невизначеності ефективність частотної обробки суттєво краща у порівнянні з часовою, а також частотно-часовою обробками.*

**Вступ.** У складній електромагнітній обстановці (ЕМО) та умовах великої апріорної невизначеності сучасні радіоелектронні системи радіозв'язку, радіонавігації, радіолокації, контролю ефективності використання радіочастотного ресурсу та радіовипромінювань здійснюють операції пошуку радіовипромінювань, їх селекції та розділення, аналізу і детектування, розпізнавання та класифікації, статистичної обробки тощо [1]. Вказані операції реалізуються відомими оптимальними методами з використанням різних областей визначення радіосигналів, таких як часова, частотна, просторова або їх комбінації [2], [3], [4]. Застосування цих методів одночасно в сучасних системах вимагає проміжних перетворень радіосигналів, що в цілому значно знижує ефективність процесу обробки. Підвищити ефективність аналізу радіосигналів можна шляхом скорочення обчислювальних витрат при проміжних перетвореннях або повного виключення проміжних перетворень. Останній варіант передбачає використання спеціальних методів аналізу із застосуванням тільки однієї області визначення, тобто так званої монофазної обробки.

**Аналіз наукових досліджень.** У роботі [2] виконано порівняльний аналіз алгоритмів аналізу радіосигналів у багатофункціональній радіолокаційній станції із застосуванням часової (кореляційної) обробки, частотної (частотно-фільтрової) обробки та частотно-часової (кореляційно-фільтрової) обробки. Однак даний аналіз виконано для умов простої ЕМО та відносно невеликої кількості типів операцій обробки.

У роботах [4], [5] наведені результати аналізу ефективності часової монофазної обробки радіосигналів, але тільки для простої ЕМО.

У роботах [4], [6] також виконано порівняльний аналіз часової та частотної обробок радіосигналів для задач радіолокації, але для обмеженої кількості етапів обробки (для етапів виявлення та аналізу) і для умов простої ЕМО. Показано, що за певних умов ефективність обробки в цілому зростає при використанні проміжного спектрального аналізу, що здійснюється на основі алгоритму швидкого перетворення Фур'є.

Застосування частотних методів обробки радіосигналів тільки для окремих операцій розглянуто також у роботах [7], [8].

Таким чином, ефективність монофазного аналізу радіосигналів із застосуванням частотної області визначення для умов складної ЕМО та значної апріорної невизначеності досліджена на сьогодні недостатньо.

**Мета даної статті** – дослідження ефективності алгоритмів аналізу радіосигналів із використанням частотної області визначення для умов складної ЕМО та великої апріорної невизначеності.

**Викладення основного матеріалу.** Ефективність обробки радіосигналів радіоелектронним засобом (РЕЗ) будемо оцінювати через кількість необхідних арифметичних операцій, що припадає на один радіосигнал [2]:

$$\chi = \frac{M_0}{n_S}, \quad (1)$$

де  $M_0$  – кількість арифметичних операцій, що необхідна для обробки прийнятої суміші радіосигналів;  $n_S$  – кількість радіосигналів, що приймається та обробляється за певний інтервал часу.

Розглянемо випадок функціонування РЕЗ у складній ЕМО, коли РЕЗ повинен здійснювати прийом та обробку адитивної суміші  $U(t)$  сукупності незалежних радіовипромінювань радіоелектронних засобів і статистично незалежного нормального рівномірно розподіленого шуму  $n(t)$ :

$$U(t) = \sum_{p=1}^{m_s} S_p(t) + n(t), \quad (2)$$

де  $S_p(t)$  – радіосигнал  $p$ -го РЕЗ;  $m_s$  – кількість радіосигналів у суміші.

Нехай кількість  $m_s$  і значення параметрів радіосигналів є величинами випадковими, у яких відомі діапазони зміни та закони розподілу ймовірностей їх можливих значень. Будемо вважати, що частотні спектри радіосигналів в суміші  $U(t)$  визначаються через перетворення Фур'є [1] і не перекриваються по частоті та розділені певним захисним інтервалом  $\Delta f_s$ .

Для цих умов необхідно оптимальним чином здійснити пошук по частоті радіосигналів  $S_p(t)$ , їх розділення, виявлення та аналіз. Нехай вказана обробка суміші  $U(t)$  реалізується паралельно в межах смуги робочих частот та в цифровій формі.

Для вирішення поставленої задачі вхідна суміш  $U(t)$  перетворюється спочатку в цифрову послідовність  $U(n)$  шляхом аналого-цифрового перетворення [6], [9] з періодом дискретизації  $T_d$ :

$$U(n) = U(n \cdot T_d), \quad (3)$$

де  $n = 0, 1, \dots (N_s - 1)$ .

Прийом суміші  $U(t)$  здійснюється впродовж певного часового інтервалу  $T_a$  аналізу. У результаті формується реалізація суміші, як масив із  $N_s$  відліків  $\{U(n)\}_{N_s}$ :

$$N_s = T_a / T_d = T_a \cdot F_d, \quad (4)$$

де  $F_d = 1/T_d$  – частота дискретизації.

При використанні частотної області визначення для часової реалізації  $\{U(n)\}_{N_s}$  визначається її комплексний частотний спектр  $\{U(jf\kappa)\}_{N_s}$  на основі дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) з певним типом «вікна» [9]:

$$U(jf\kappa) = \sum_{p=1}^{m_s} S_p(jf\kappa) + n(jf\kappa), \quad (5)$$

де  $S_p(jf\kappa)$ ,  $n(jf\kappa)$  – відповідно комплексні дискретні спектри  $p$ -го радіосигналу та шуму;  $\kappa = 0, 1, \dots (N_s - 1)$ .

У цьому випадку оптимальна обробка спектра суміші  $\{U(jf\kappa)\}_{N_s}$  реалізується на основі узгодженої фільтрації або кореляційного частотного аналізу [10], [11], [12]. Кореляційний частотний аналіз здійснюється згідно з рівнянням [10]:

$$K_l(f) = \text{Re} \left\{ \sum_{\kappa=0}^{N_s/2-1} U(jf\kappa) \cdot S_l^*(jf\kappa) \right\} \geq H_\Pi, \quad (6)$$

де  $K_l(f)$  – значення частотної кореляційної функції для  $l$ -го варіанта еталонного радіосигналу;  $S_l^*(jf\kappa)$  – комплексно-спряжений спектр  $l$ -го еталонного радіосигналу;  $\text{Re}\{\cdot\}$  – операція визначення дійсної частини комплексного числа;  $H_\Pi$  – порогове значення кореляційної функції.

Загальну кількість арифметичних операцій  $M_{of}$ , яку необхідно виконати для обробки суміші  $U(jf\kappa)$ , оцінимо виразом:

$$M_{of} = \left( \sum_{l=1}^m N_l \cdot n_{lf} \right) + N_{CA}, \quad (7)$$

де  $N_l$  – кількість можливих варіантів значень  $l$ -го параметра радіосигналу;  $m$  – кількість параметрів радіосигналів, що визначаються при їх обробці;  $n_{lf}$  – кількість операцій, що необхідна для визначення  $l$ -ї частотної кореляційної функції;  $N_{CA}$  – кількість операцій, що реалізують спектральний аналіз суміші  $U(t)$ .

Для процедур пошуку, виявлення та аналізу параметрів радіосигналів кількість операцій  $n_{ef}$  оцінимо через кількість операцій множення, що є найбільш трудомісткими [6], [10]:

$$n_{ff} = 2 \cdot \Delta f_s \cdot N_s \cdot T_D = N_s \cdot \Delta f_s / D_f, \quad (8)$$

де  $D_f$  – діапазон частот одночасного аналізу;  $\Delta f_s$  – ширина спектра  $l$ -го радіосигналу.

При обробці спектра суміші  $U(jf\kappa)$ , або частотній обробці, кількість радіосигналів  $m_s$ , яка може бути одночасно прийнята, визначається співвідношенням ширини  $D_f$  діапазону частот одночасного аналізу та ширини спектра  $\Delta f_s$  радіосигналів:

$$D_f / (\Delta f_{s \max} + \Delta f_\delta) \leq m_s \leq D_f / (\Delta f_{s \min} + \Delta f_\delta), \quad (9)$$

де  $\Delta f_{s \max}$ ,  $\Delta f_{s \min}$  – відповідно максимальне і мінімальне значення ширини спектра радіосигналу.

У середньому кількість  $m_s$  дорівнює:

$$\bar{m}_s = D_f / (\bar{\Delta f}_s + \Delta f_\delta), \quad (10)$$

де  $\bar{\Delta f}_s$  – середнє значення ширини спектра радіосигналів.

У результаті визначимо ефективність обробки спектра суміші  $U(jf\kappa)$  із урахуванням (1), (7), (8), (10):

$$\chi_f = \frac{M_{of}}{\bar{m}_s} = \frac{2\bar{\Delta f}_s \cdot (\bar{\Delta f}_s + \Delta f_\delta)}{D_f^2} \cdot \left( \sum_{l=1}^m N_l \right) + \frac{N_s (\log_2 N_s) \cdot (\bar{\Delta f}_s + \Delta f_\delta)}{D_f}. \quad (11)$$

Аналіз рівняння (11) показує, що ефективність  $\chi_f$  частотної обробки радіосигналів покращується при збільшенні величини діапазону частот  $D_f$  одночасного аналізу, а також при зменшенні ширини спектра радіосигналів і захисного інтервалу  $\Delta f_\delta$ . Також із рівняння (11) видно, що граничне, найгірше, значення ефективності  $\chi_{fm}$  відповідає випадку, коли  $m_s = 1$  і  $D_f = (\Delta f_{s \min} + \Delta f_{\delta \min})$  при  $\Delta f_{s \min} \gg \Delta f_{\delta \min}$ :

$$\chi_{fm} = 2 \left( \sum_{l=1}^m N_l \right) + N_s \log_2 N_s. \quad (12)$$

Для порівняння виконаємо аналіз ефективності прийому та оптимальної обробки суміші  $U(t)$  при використанні часової області визначення, тобто на основі класичного кореляційного аналізу або узгодженої фільтрації без зміни вихідних умов задачі [4], [6]. При оптимальній цифровій обробці суміші  $U(t)$  маємо:

$$K_l(t) = \sum_{n=0}^{N_s-1} U(n) \cdot S_l(n) \geq H_\pi, \quad (13)$$

де  $S_l(n)$  –  $l$ -й варіант реалізації еталонного (опорного) сигналу;  $K_l(t)$  – часова кореляційна функція для  $l$ -го варіанта еталонного радіосигналу.

Загальна кількість  $M_\alpha$  арифметичних операцій, що необхідна для часової оптимальної обробки суміші  $U(t)$  у рівнянні (13), дорівнює:

$$M_\alpha = \sum_{l=1}^m N_l \cdot n_{lt}, \quad (14)$$

де  $n_{lt}$  – кількість операцій, що необхідна для визначення  $l$ -ї часової кореляційної функції  $K_l(t)$ .

При цьому величину  $n_{lt}$  оцінимо також тільки з урахуванням операцій множення [9], [13]:

$$n_{lt} = N_s. \quad (15)$$

У результаті маємо оцінку ефективності  $\chi_t$  часової обробки суміші радіосигналів за умови середньої завантаженості діапазону частот  $D_f$ :

$$\chi_t = \frac{M_\alpha}{\bar{n}_s} = \frac{N_s \left( \sum_{l=1}^m N_l \right) (\bar{\Delta f}_s + \Delta f_\delta)}{D_f}. \quad (16)$$

Аналіз рівняння (16) показує, що граничне, найкраще, значення ефективності  $\chi_t$  відповідає випадку, коли кількість радіосигналів у суміші дорівнює  $m_s = 1$  і  $D_f = (\Delta f_{s \min} + \Delta f_\delta)$ :

$$\chi_{tm} = N_s \left( \sum_{l=1}^m N_l \right). \quad (17)$$

Порівняння значень ефективностей частотної та часової обробок  $\chi_t$  і  $\chi_f$  згідно з рівняннями (11) та (16) показує, що обробка спектра суміші  $U(jf\kappa)$  ефективніша в  $Q_1$  разів, ніж обробка її часової реалізації  $U(t)$ :

$$Q_1 = \frac{\chi_t}{\chi_f} = \left( \frac{\Delta \bar{f}_s / D_f + \sum_{l=1}^m N_l / \log_2 N_s}{\Delta \bar{f}_s} \right)^{-1} \approx D_f / \Delta \bar{f}_s. \quad (18)$$

Аналіз рівняння (18) показує, що вигаш по ефективності частотної обробки збільшується при збільшенні завантаженості діапазону  $D_f$  і апіорної невизначеності щодо параметрів радіосигналів.

Для прикладу оцінимо вигаш  $Q_1$  для сучасних умов проведення радіоконтролю у декаметровому діапазоні радіохвиль, коли  $\Delta \bar{f}_s = 4$  кГц,  $D_f = 200$  кГц і  $N_s = 8$  К. У цьому випадку вигаш  $Q_1$  перевищує порядок.

Враховуючи тенденції розвитку радіоелектронних засобів та використання радіочастотного ресурсу, що зумовлюють значне збільшення завантаженості робочих частот [14], доцільно очікувати значного перевищення ефективності частотної обробки радіосигналів у порівнянні з часовою на сьогодні та у майбутньому.

Із зменшенням апіорної невизначеності вигаш  $Q_1$  буде зменшуватися і в граничному випадку простої ЕМО, коли оброблюється одночасно тільки один радіосигнал і приймальний тракт узгоджений із ним, тобто  $D_f \approx \Delta f_s$ , значення  $Q_1$  може сягати свого мінімального значення та бути меншим одиниці:

$$Q_{ep} = \frac{\chi_{tm}}{\chi_{fm}} = \frac{\sum_{l=1}^m N_l}{\sum_{l=1}^m N_l + \log_2 N_s} < 1. \quad (19)$$

Це зумовлено додатковими обчислювальними витратами частотної обробки на попередній цифровий спектральний аналіз на основі швидкого перетворення Фур'є ( $N_s \log_2 N_s$ ).

Проміжним варіантом обробки суміші  $U(t)$  радіосигналів є часово-частотна обробка, коли узгоджена фільтрація реалізується у частотній і часовій областях визначення з подвійним використанням процедури швидкого перетворення Фур'є та подальшого часового аналізу відгуку узгодженого фільтра [2], [6], [9]. Відомі дослідження показують, що частотно-часовий аналіз може бути більш ефективним, ніж часовий за певних умов [2], [6]. Тому порівняємо його ефективність  $\chi_{tf}$  із ефективністю  $\chi_f$  монофазної частотної обробки для вихідних умов статті:

$$\chi_{tf} = \frac{(\Delta \bar{f}_s + \Delta f_\delta) N_s}{D_f} \left( \sum_{l=1}^{m_1} N_l + 2m_2 \log_2 N_s \right), \quad (20)$$

де  $m_1$ ,  $m_2$  – відповідно кількість параметрів радіосигналу, які визначаються у частотній та часовій областях визначення.

$$Q_2 = \frac{\chi_{tf}}{\chi_f} = \frac{\sum_{l=1}^{m_1} N_l + 2(\log_2 N_s) m_2}{(\Delta \bar{f}_s / D_f) \sum_{l=1}^m N_l + \log_2 N_s}. \quad (21)$$

Аналіз рівняння (18) і (21) показує, що вигаш  $Q_2$  частотної обробки відносно часово-частотної дещо менший, ніж вигаш  $Q_1$  відносно часової обробки та суттєво визначається співвідношенням між  $m_1$  та  $m_2$ , а також апіорною невизначеністю параметрів, показником якої є  $N_l$ .

В умовах складної електромагнітної обстановки  $m_s \gg 1$  та великої апіорної невизначеності  $N_l \gg 1$  маємо:

$$Q_2 = \left( \frac{D_f}{\Delta f_s} \right) \cdot \left( \frac{\sum_{l=1}^{m-1} N_l}{\sum_{l=1}^m N_l} \right) \approx \frac{D_f}{\Delta f_s} \quad (22)$$

при  $\Delta f_s / D_f \ll 1$ ;  $m_1 \gg m_2$ ;  $N_l \gg 1$ .

Із рівняння (22) випливає, що в складній ЕМО  $Q_2 \approx Q_1$ , і частотна обробка дає суттєвий вииграш по ефективності в порівнянні із часово-частотною обробкою.

Наприклад, для умов  $m_1=10$ ,  $m_2=1$ ,  $N_s=10^3$  і  $N_l=10^3$ ,  $m_s=20$  ефективність частотної обробки буде суттєво кращою відповідно в  $Q_1=20$  разів відносно часової обробки та в  $Q_2=18$  разів відносно часово-частотної обробки.

Основним фактором, що зумовлює ефективність частотної обробки в порівнянні із часовою обробкою суміші радіосигналів, є необхідність розділення суміші  $U(t)$  на окремі складові сигнали  $S_p(t)$  та здійснення їх селекції з подальшим автономним аналізом. Розділення  $U(t)$  та селекція кожного радіосигналу  $S_p(t)$  при часовій обробці здійснюються в кожному циклі аналізу, і кількість таких циклів дорівнює:  $N_{\text{цт}} = m_s \cdot \sum_{l=1}^m N_l$ . При цьому кожен цикл аналізу вимагає обробки усїєї часової реалізації суміші  $U(t)$  із кількістю відліків  $N_s = T_a / T_d$ . На противагу цьому при частотній обробці селекція та розділення радіосигналів  $S_p(t)$  у суміші  $U(t)$  здійснюється один раз шляхом паралельного спектрального аналізу з обробкою усїєї реалізації суміші  $U(f)$  об'ємом  $N_s = T_a / T_d$  відліків. Після цього усї подальші цикли аналізу кожного сигналу здійснюються шляхом автономної обробки їх спектра із обробкою частотної реалізації об'ємом  $N_f = \Delta f_s \cdot N_s / F_d$ . Об'єм частотної реалізації  $N_f$  кожного радіосигналу в цьому випадку суттєво менший, ніж об'єм  $N_s$  реалізації усїєї суміші  $U(t)$ . Тому при незмінній кількості циклів аналізу  $N_{\text{цт}} = N_{\text{цф}}$  загальні обчислювальні витрати частотної обробки будуть суттєво меншими у порівнянні із витратами часової обробки в  $Q_1 = D_f / \Delta f_s$  разів.

**Висновки.** Таким чином, результати проведеного аналізу показали, що за умов складної ЕМО з великою апріорною невизначеністю у першу чергу по несучій частоті та ширині спектра радіовипромінювань РЕЗ доцільним є використання частотної обробки суміші випромінювань шляхом обробки її комплексного частотного спектра  $U(jf)$ . У порівнянні із відомими часовими та часово-частотними методами обробки саме частотний метод при однаковій якості аналізу забезпечує суттєве скорочення часових і відповідних апаратурних витрат.

Отримані результати можуть бути використані у синтезі та аналізі сучасної апаратури радіомоніторингу, радіопеленгації та радіозв'язку на основі цифрових сигнальних процесорів [2], [5], [12], техніки та приладів акусто-оптичного аналізу або аналізаторів на основі дисперсійних ліній затримок. Застосування результатів досліджень забезпечить суттєве підвищення перепускної спроможності радіоелектронних систем при незмінній якості обробки та апаратурних витратах.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Радиотехнические системы / Под ред. Ю.И. Казаринова. – М.: Высш. шк., 1990. – 486 с.
2. Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цытин И.Б. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС // Цифровая обработка сигналов, 2002. – № 2.
3. Комиссаров Ю.А., Родионов С.С. Помехоустойчивость и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. – К.: Техника, 1978. – 208 с.
4. Васин В.А., Власов И.Б., Егоров Ю.М. и др. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учеб. пособие // Под ред. И.Б. Фёдорова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 768 с.
5. Цифровая обработка сигналов: Опыт использования персональных ЭВМ / А.А. Иванько, В.И. Гордиенко, В.М. Соловьев, Я.А. Иванько. – К.: Техника, 1991. – 160 с.

6. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.: ил.
7. Мартынов В.А., Селихов Ю.И. Панорамные приемники и анализаторы спектра. – М.: Советское радио, 1980. – 352 с.
8. Солодовников А.И., Стиваковский А.М. Основы теории и методы спектральной обработки информации: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. – 272 с.
9. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М.: Мир, 1978. – 848 с.
10. Ципоренко В.Г. Визначення апостеріорної ймовірності радіосигналу в частотній області // Вісник ЖІТІ / Технічні науки, 2000. – № 13. – С. 87–91.
11. Акимов П.С., Евстратов Ф.Ф., Захаров С.И. и др. Обнаружение радиосигналов / Под ред. А.А. Колосова. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
12. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб: Питер, 2003. – 608 с.
13. Бабак В.П. Обробка сигналів: Підручник.
14. Жодзишский М.И., Мазепа Р.Б., Овсянников Е.П. и др. Цифровые радиоприемные системы: Справочник / Под ред. М.И. Жодзишского. – М.: Радио и связь, 1990. – 208 с.

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

Наукові інтереси:

– радіоелектроніка з використанням цифрової обробки сигналів.

Подано 18.01.2006

**Ципоренко В.Г.** Ефективність аналізу радіосигналів із використанням частотної області визначення в складній електромагнітній обстановці

**Ципоренко В.Г.** Эффективность анализа радиосигналов с использованием частотной области определения в сложной электромагнитной обстановке

**Tsiporenko V.G.** Efficiency of the analysis of radio signals with use of a frequency range of definition in complex(difficult) electromagnetic conditions

УДК 621.37:621.391

**Ефективність аналізу радіосигналів з використанням частотної області визначення в складній електромагнітній обстановці / В.Г. Ципоренко**

Показано, що в умовах складної електромагнітної обстановки та великої апріорної невизначеності доцільно для аналізу радіосигналів використовувати частотну область визначення, тобто обробку комплексного частотного спектра суміші радіовипромінювань. Визначені кількісні характеристики ефективності аналізу радіосигналів на основі обробки їх комплексного частотного спектра, в тому числі для умови цифрової обробки. Проведено порівняльний аналіз ефективності частотної та часової, а також частотно-часової обробок радіосигналів. Показано, що в умовах складної електромагнітної обстановки та апріорної невизначеності ефективність частотної обробки суттєво краща у порівнянні з часовою, а також частотно-часовою обробками.

УДК 621.37:621.391

**Эффективность анализа радиосигналов с использованием частотной области определения в сложной электромагнитной обстановке / В.Г. Ципоренко**

Показано, что при условиях сложной электромагнитной обстановке и большой априорной неопределенности эффективно использовать для анализа радиосигналов частотную область определения, то есть обработку комплексно-частотного спектра состава радиоизлучений. Определены количественные характеристики эффективности анализа радиосигналов на основе обработки их комплексно-частотного спектра, в том числе для условий цифровой обработки. Проведено сравнительный анализ эффективности частотной и временной, а также частотно-временной обработок радиосигналов. Показано, что при условиях сложной электромагнитной обстановке и априорной неопределенности эффективность частотной обработки существенно лучше в сравнении с временной, а также частотно-временной обработками.

УДК 621.37:621.391

**Efficiency of the analysis of radio signals with use of a frequency range of definition in complex electromagnetic conditions / V.G.Tsiporenko**

It is shown, that under conditions to complex electromagnetic conditions and the big aprioristic uncertainty effectively to use for the analysis of radio signals a frequency range of definition, that is processing a complex - frequency spectrum of structure of radio emissions. Quantitative characteristics of efficiency of the analysis of radio signals on a basis processing their complex - frequency spectrum, including for conditions digital processing are determined. It is carried out the comparative analysis of efficiency frequency and time, and also time-and-frequency processing radio signals. It is shown, that under conditions to complex electromagnetic conditions and aprioristic uncertainty efficiency frequency processing is essentially better in comparison with time, and also time-and-frequency processing.