

В. В. Гордійчук

Інститут Військово-Морських Сил Національного університету
“Одеська морська академія”, Одеса, Україна

МЕТОДИКА АДАПТИВНОГО ВИБОРУ ТА СИНТЕЗУ РАЦІОНАЛЬНИХ СИГНАЛЬНО-КODOVIХ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОГРАМОВАНИХ РАДІОЗАСОБІВ В УМОВАХ СКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ОБСТАНОВКИ

Однією з важливих характеристик систем і засобів радіозв'язку, які функціонують в умовах радіоелектронного подавлення, є інформаційна стійкість, що є здатністю систем і засобів радіозв'язку протистояти дії засобам радіотехнічної боротьби. Одним з напрямків підвищення завадозахищеності та скритності засобів радіозв'язку (ЗРЗ) є зміна режимів роботи та параметрів сигналу в ході ведення сеансу радіозв'язку. Проведений автором статті аналіз відомих наукових джерел показав те, що вони орієнтовані на позиційні сигнально-кодові конструкції, які мають відому структуру та, відповідно, низьку розвідзахищеність. Тому пропонується використання непозиційних сигналів, зокрема таймерні сигнально-кодові конструкції. Автором статті проведено розробку методики вибору режимів роботи перспективних програмованих радіостанцій в умовах впливу навмисних завад на основі таймерних сигнальних конструкцій. В ході дослідження використані основні положення теорії зв'язку, теорії радіоелектронної боротьби, теорії сигналів та загальнонаукові методи аналізу та синтезу. Розроблено методику вибору режимів роботи перспективних програмованих радіостанцій в умовах впливу навмисних завад, сутність якої полягає у виборі виду технології формування сигнально-кодових конструкцій, режиму роботи та параметрів програмованих засобів радіозв'язку в залежності від сигнально-завадової обстановки. Основними режимами роботи є технології псевдовипадкової перестройки робочої частоти на основі таймерних сигнальних конструкцій та частотного мультиплексування з ортогональним кодовим розділенням на основі таймерних сигнальних конструкцій. Зазначена методика підвищує ефективність засобів радіозв'язку при дії навмисних завад та частотно-селективних завмирань за рахунок зміни режимів роботи засобів радіозв'язку із застосуванням адаптивних алгоритмів формування і обробки сигналів. В методиці, у порівнянні з запропонованими раніше, реалізовано декілька режимів роботи та здійснюється вибір раціональних значень параметрів сигналу для кожного з режимів роботи засобів радіозв'язку. Враховуючи зазначене, напрямком подальших досліджень слід вважати розробку науково-методичного апарату щодо використання таймерних сигнальних конструкцій в перспективних засобах зв'язку та підвищення їх завадозахищеності.

Ключові слова: система радіозв'язку, радіоресурс, інформаційна стійкість, завадозахищеність, радіоелектронне подавлення, радіоелектронна розвідка.

Вступ

Основними вимогами до сучасних військових систем і засобів радіозв'язку є [1]:

повна мобільність всіх абонентів і елементів системи радіозв'язку;

висока оперативність доставки повідомлень абонентам;

забезпечення заданої якості обслуговування користувачів на значних географічних територіях в умовах застосування як звичайної, так і ядерної, біологічної та хімічної зброї, а також засобів радіоелектронного подавлення;

забезпечення безперервності бойового управління для будь-яких умов рельєфу місцевості;

висока структурна стійкість системи (живучість і надійність);

висока пропускну здатність каналів зв'язку;

висока завадозахищеність окремих радіозасобів і системи радіозв'язку у цілому.

Однією з важливих характеристик систем і засобів радіозв'язку, які функціонують в умовах радіоелектронної боротьби є їх здатність протистояти

засобам радіоподавлення – завадозахищеність. Вона передбачає здатність отримувати та відтворювати інформацію на приймальній стороні після впливу навмисних завад різного типу.

Іншою, не менш важливою характеристикою засобів зв'язку в умовах радіоелектронної боротьби є їх розвідзахищеність.

Під розвідзахищеністю розуміють здатність систем і засобів радіозв'язку протистояти дії радіотехнічної розвідки.

Радіотехнічна розвідка передбачає послідовне виконання трьох основних задач:

виявлення факту роботи системи (засобу) радіозв'язку (виявлення сигналу);

визначення структури виявленого сигналу і його основних параметрів;

розкриття інформації, яка міститься в сигналі.

Відповідно до цих задач можна визначити основні види скритності: енергетичну, структурну, інформаційну, просторову і часову.

Структурна скритність спрямована на виключення або суттєве ускладнення розкриття структури (виду) сигналів системи (засобу) радіозв'язку.

Метою статті є методика адаптивного вибору та синтезу раціональних сигнально-кодових конструкцій перспективних програмованих радіозасобів в умовах впливу навмисних завад.

Виклад основного матеріалу

У роботах [2, 3] досліджено основні властивості таймерних сигнальних конструкцій (ТСК), на основі чого здійснено аналіз основних можливостей таймерних сигнальних конструкцій щодо підвищення рівня захисту інформації, а саме: стійкості передаваного повідомлень до завад (завадостійкості), а також їх енергетичної, структурної та інформаційної скритності (розвідзахищеності).

Розглянемо інтервалі часу

$$T_c = nt_0,$$

де n – кількість найквістових елементів; t_0 – їх тривалість.

Встановлено, що значення моментів модуляції таймерного сигналу, сформованого на цьому інтервалі часу, на відміну від розрядно-цифрового сигналу кратні ні t_0 , а деякому базовому елементу Δ , де $\Delta = t_0/s$; $s = \overline{1, l}$ – цілі числа.

У канал передаються відрізки сигналу тривалістю

$$t_c = t_0 + k\Delta,$$

де $k = \overline{0, s \cdot (n-2)}$.

Енергетична відстань між сигнальними конструкціями визначається величиною $\Delta < t_0$, тому кількість їх реалізацій N_p на інтервалі T_c значно більше в порівнянні з позиційним кодом

$$N_p = \sum_{i=1}^n \frac{[(n \cdot s) - [(s-1) \cdot i]]!}{i! \cdot [(n \cdot s) - [(s-1) \cdot i]] - i!}, \quad (1)$$

а збільшення ансамблю реалізацій N_p таймерних сигналів і числа, спільно аналізованих конструкцій N_a , зменшує ймовірність їх розкриття рінф.

Зміна параметрів n , S і i дає можливість на виході кодера таймерних сигнальних конструкцій отримувати різні безлічі сигнальних конструкцій. Крім того, при посимвольному аналізі, ми бачимо, що значущі моменти модуляції в кодовому слові нееквідистантні, а реалізації процесу формування кодового слова з ростом m і S все більше розкидані і невідтворювані (рис. 1).

Частота зміни параметрів n , S , i та відповідних їм таблиць перекодування вибирається такою, щоб накопичені станцією радіотехнічної розвідки статистичні дані по числу перехоплених реалізацій таймерних сигнальних конструкцій не давали можливості досить швидко розпізнати інформаційний зміст передаваного повідомлення, зокрема шляхом відтворення з використанням детектору циклостаціонарності. завдяки їх нерегулярності, яка досягається за рахунок нееквідистантності символів в ко-

довому слові та кодових слів в повідомленні між собою.

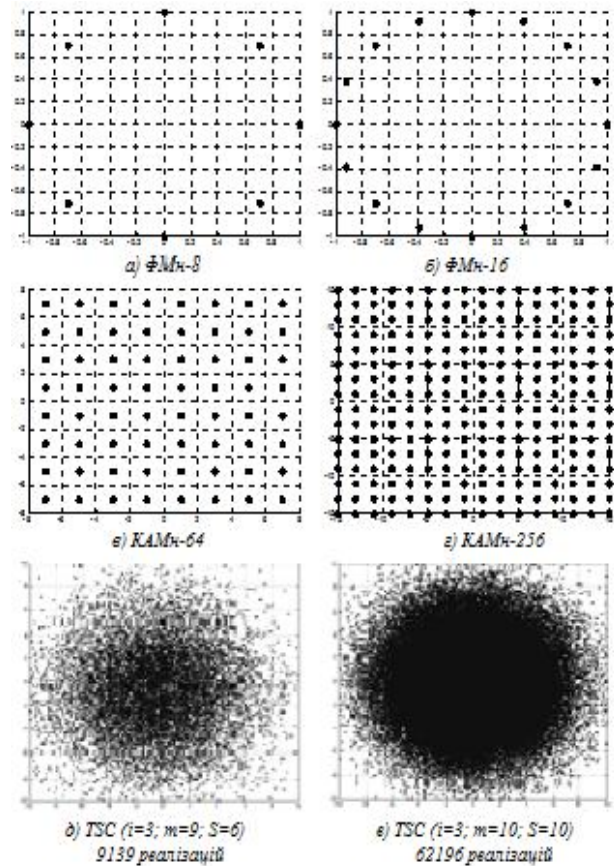


Рис. 1. Векторні діаграми сигнальних сузір'я цифрових сигналів з лінійною модуляцією та таймерних сигнальних конструкцій

Висновок – доцільність побудови перспективних радіозасобів на основі ТСК, як таких, що забезпечують високу розвідзахищеність.

Постановка завдання.

Задано: $\Psi = \{\psi_i\}$, $i = \overline{1, n}$, де $\Psi_1 \dots \Psi_n$ – кількість (сукупність) піднесучих, кількість робочих частот для перестройки, коефіцієнт розширення спектру, потужність передавача, відношення сигнал/шум в каналі (задається для кожного підканалу окремо), діапазон робочих частот, види модуляції, мінімально необхідна швидкість передачі інформації (необхідна пропускна спроможність), смуга пропускання каналу зв'язку, набір коригувальних кодів з відповідними параметрами:

швидкість коригувального коду,

граничне значення відношення сигнал/шум в каналі, при якому коригувальний код починає давати вигоду порівняно з модуляцією без кодування.

Початковий режим роботи, який забезпечує мінімально необхідну швидкість передачі інформації $V_{i\text{дон}}$, передбачає використання усіх піднесучих та

робочих частот, багатопозиційної квадратурної амплітудної маніпуляції (КАМ-М) та багатопозиційної фазової маніпуляції (ФМ-М).

Необхідно: визначити режим роботи засобів радіозв'язку, при якому забезпечується мінімальна ймовірність біткової помилки при виконанні обмежень на швидкість передачі в каналі $v_i \geq v_{i \text{ доп}}$.

Обмеження:

режими роботи – FHSS та MC-OCDM,
параметри сигнально-кодових конструкцій (СКК) в залежності від обмежень, закладених в методах для режимів роботи;

кількість піднесучих OFDM-сигналу $4 \leq N \leq 128$
та кількість робочих частот для формування частотно-часової матриці FHSS $4 \leq N \leq 128$;

тип модемів – когерентні;
тип завад – адитивні.

Завдання визначення раціонального режиму роботи засобів радіозв'язку з мінімальною ймовірністю біткової помилки зводяться до типової оптимізаційної задачі.

Система рівнянь для розв'язання оптимізаційної задачі має вигляд [4–7]:

$$\begin{cases} P_6 = F_1(v_i, \Delta F, M, n, R, d, P_c, N_A, \sigma) \rightarrow \min; \\ v_i = F_2(M, R, N_A, \Delta F, v_{\text{пер}}, d, \sigma) \geq v_{i \text{ доп}}. \end{cases} \quad (2)$$

Методика вибору режимів роботи перспективних програмованих радіостанцій, алгоритм реалізації якої подано на рис. 2, складається з таких етапів.

Дія 1. Введення вихідних даних.

Вводяться параметри передавального пристрою і каналу зв'язку $\Psi = \{\psi_i\}$, максимальна ентропія та тривалість повідомлення для передачі коротких особливо важливих повідомлень;

також вводяться значення мінімально необхідної швидкості передачі $v_{i \text{ доп}}$ та ймовірності біткової помилки P_6 .

Дія 2. Оцінка стану каналу зв'язку.

Оцінка відбувається методами [8], основні етапи:

визначається модель каналу;
визначається алгоритм прийняття рішень на приймальній стороні (оптимальний, підоптимальний);
визначення типу завад та завмирань сигналу.

Дія 3. Здійснення вибору режиму роботи засобу радіозв'язку для передачі "звичайної інформації".

Під час виконання зазначеної дії здійснюється вибір режиму роботи програмованих засобів радіозв'язку.

Детально розглянемо та обґрунтуємо правило вибору режиму роботи для засобів спеціального радіозв'язку.

Для каналів з адитивним білим гаусівським шумом ймовірність біткової помилки P_6 залежить від відношення сигнал-шум Q_0^2 на прийомі.

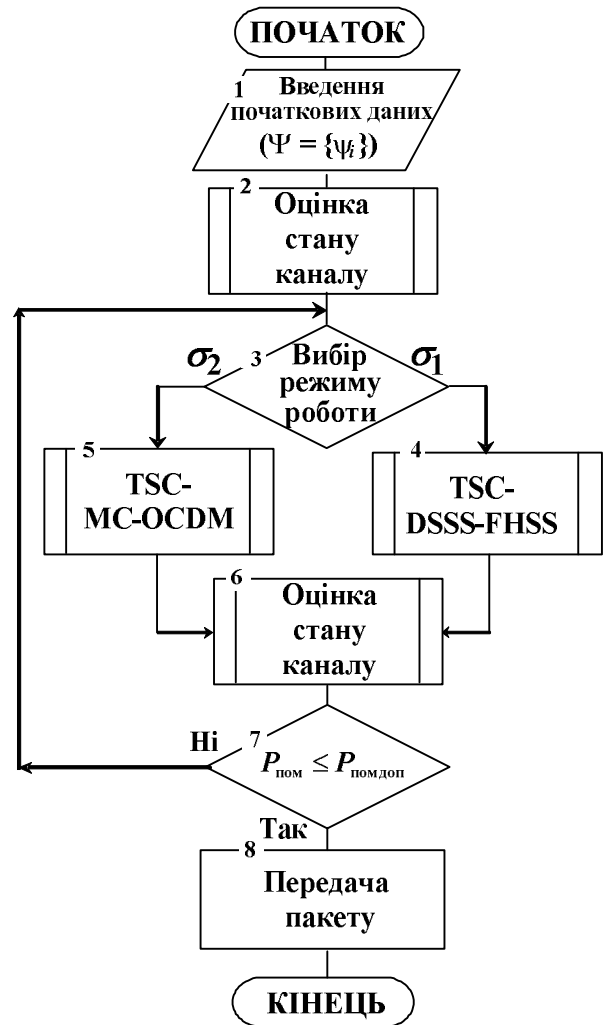


Рис. 2. Схема алгоритму реалізації комбінованої методики адаптивного вибору режимів роботи перспективних програмованих радіозасобів

В середовищі поширення потужність сигналу змінюється з відстанню або з часом випадковим чином – в результаті екранування та/або багатопроменевого поширення. Тому в каналі з завмираннями відношення сигнал/шум Q_0^2 є випадковою величиною.

Ймовірність біткової помилки P_6 можна охарактеризувати за допомогою 3-х показників:

– ймовірність переривання зв'язку $P_{\text{пер}}$, що визначається як ймовірність того, що відношення сигнал/шум Q_0^2 стане менше заданого значення, що відповідає мінімальній допустимій ймовірності біткової помилки;

– середня ймовірність біткової помилки $P_{6 \text{ сер}}$, що усереднена по розподіленню від відношення сигнал/шум Q_0^2 ;

– комбінація середньої ймовірності біткової помилки $P_{6 \text{ сер}}$ та ймовірності перерви радіозв'язку, що визначається як середня ймовірність біткової помилки, яка може бути досягнута на протязі деякого часу, або в деякому просторі.

В роботі розглядаються найбільш складні за-
вмирання, що описуються законом Релея (у яких
відсутня регулярна складова сигналу (з постійними
параметрами)).

Фаза завмиряючого сигналу Θ_{zv} розподілена
за рівномірним законом в інтервалі $[0, 2\pi]$ [5].

Розрахуємо ймовірність перерви зв'язку для
релеєвських завмирань [5]:

$$P_{пер} = \int_0^{Q_{\min}^2} \frac{1}{Q_{\text{сеп}}^2} e^{-Q_{\min}^2 / Q_{\text{сеп}}^2} dQ_{\text{сеп}}^2 = \quad (3)$$

$$= \left(1 - e^{-Q_{\min}^2}\right) / Q_{\min}^2.$$

Звідси отримуємо, що необхідне середнє зна-
чення відношення сигнал/шум $Q_{\text{сеп}}^2$, що забезпечує
задану ймовірність перерви зв'язку, описується та-
ким виразом:

$$Q_{\text{сеп}}^2 = -Q_{\min}^2 / \ln(1 - P_{пер}). \quad (4)$$

В децибелах це означає, що значення
 $10 \log Q_{\text{сеп}}^2$ повинно перевищувати задане мінімаль-
не значення $10 \log Q_{\text{сеп}}^2$ на величину

$$F_d = -10 \log \left[-\ln(1 - P_{пер}) \right], \quad (5)$$

щоб підтримати прийнятні якісні показники на про-
тязі більш ніж $100 \cdot (1 - P_{пер})$ відсотків часу. Вели-
чину F_d , як правило, називають запасом на зав-
мирання [5].

Отже, на підставі виразів (3)-(5) в якості першої
умови зміни режиму роботи візьмемо ймовірність
перерви зв'язку $P_{пер}$. Розрахуємо енергетичний
запас на завмирання F_d для сигналів типу ФМ-2,
ФМ-4, ФМ-8 та КАМ-16 на підставі виразу (5).

У табл. 1 наведений енергетичний запас на зав-
мирання F_d для сигналів типу ФМ-2, ФМ-4, ФМ-8
та КАМ-16 для підтримання ймовірності бітової
помилки 10^{-4} .

Таблиця 1 – Енергетичний запас на завмирання
 F_d для сигналів типу ФМ-2,
ФМ-4, ФМ-8 та КАМ-16

| Модуляція | P_6 | F_d |
|-----------|-----------|---------|
| ФМ-2 | 10^{-4} | 21,4 дБ |
| ФМ-4 | 10^{-4} | 21,8 дБ |
| ФМ-8 | 10^{-4} | 26,6 дБ |
| КАМ-16 | 10^{-4} | 29,3 дБ |

У табл. 2 наведені вимоги, що висуваються до
передачі інформації у перспективних системах пе-
редачі інформації.

Правило вибору ґрунтується на вимогах, що
висуваються до різних видів інформації у перспек-
тивних системах передачі інформації та наведені у
табл. 2 [8–10]:

$$\sigma = \begin{cases} \sigma_1 \text{ при } 10^{-1} \leq P_{\sigma 1} \leq 10^{-3}, \\ \quad v_i \text{ пот} \geq v_i \text{ доп} \leq v_1, \\ \quad t_3 < t_3 \text{ доп ППРЧ} < t_3 \text{ доп OFDM}; \\ \sigma_2 \text{ при } 10^{-4} \leq P_{\sigma 2} \leq 10^{-6}, \\ \quad v_i \text{ пот} \geq v_i \text{ доп} \leq v_2, \\ \quad t_3 < t_3 \text{ доп OFDM} > t_3 \text{ доп ППРЧ}. \end{cases} \quad (6)$$

Проводиться обґрунтування обмеження для
кожного з основних режимів роботи засобів радіо-
зв'язку.

Як перший режим роботи σ_1 обрано TSC-
DSSS-FHSS, а як *другий* σ_2 – TSC-MC-OCDFM.

На підставі інформації, що наведена в табл. 2,
умовно здійснено поділ:

– на групи вимоги до ймовірності бітової по-
милки:

$$10^{-1} \leq P_{\sigma 1} \leq 10^{-3} \text{ та } 10^{-4} \leq P_{\sigma 2} \leq 10^{-6};$$

– на групи вимоги до швидкості передачі =
8-32 кбіт/с та більше 384 кбіт/с.

Таблиця 2 – Вимоги, що висуваються до передачі інформації у перспективних системах передачі інформації

| Тип інформації | Пропускна спроможність | P_6 | Затримка при передачі інформації |
|--|------------------------|-----------|----------------------------------|
| Низькошвидкісний голосовий потік | 8-32 кбіт/с | 10^{-2} | < 250 мс |
| Аварійний виклик | 8-32 кбіт/с | 10^{-4} | 250 мс -5 сек |
| Короткі текстові повідомлення | 10 кБ | 10^{-3} | > 10 сек |
| Тактичний чат | 100 кБ | 10^{-3} | 5 мс -10 сек |
| Критичні повідомлення команд та управління | 10 кБ | 10^{-3} | 250 мс -5 сек |
| Передача файлів | 10 МБ | 10^{-6} | >1 хв. |
| Відео в режимі реального часу | >384кбіт/с | 10^{-6} | (< 250 мс) |

Вибір режимів роботи та параметрів режимів проводиться на основі аналізу стану каналу зв'язку з метою уточнення наявності в ньому навмисних завад та частотно-селективних завмирань, аналізу інформації, що передається, та порівняння з вимогами, що висуваються до передачі відповідного виду повідомлення.

Дія 4. Синтез СКК з допомогою технології TSC-FHSS.

Обрання параметрів TSC здійснюється відповідно до стану каналу на основі принципів, описаних в [2, 3], псевдовипадкова перебудова робочої частоти TSC здійснюється за методом, описаним в [7].

Дія 5. Синтез сигнально-кодових конструкцій з допомогою технології TSC-MC-OCDM.

Обрання параметрів TSC здійснюється відповідно до стану каналу на основі принципів, описаних в [2, 3], частотне мультиплексування та ортогональне кодове розділення каналів TSC здійснюється за методами, описаними в [10–13].

Дії 6, 7, 8. Оцінка стану каналу зв'язку. Перевірка виконання вимог з завадозахищеності для кожного з режимів.

За допомогою запропонованих в [14] методів аналізу стану каналів зв'язку, здійснюється оцінювання стану каналу зв'язку.

У разі відповідності параметрам, що задовольняють типу інформації, яка передається каналом зв'язку, здійснюється передача пакету якщо ні, здійснюється передача пакету з інформацією про теперішній стан каналу зв'язку для коригування вибору режиму роботи.

Висновки

Розроблено комбіновану методику адаптивного вибору режимів синтезу раціональних сигнально-кодових конструкцій на основі таймерних сигнальних конструкцій перспективних радіостанцій в умовах впливу навмисних завад, сутність якої полягає у виборі виду технології формування сигнально-кодових конструкцій, режиму роботи та параметрів програмованих засобів радіозв'язку в залежності від сигнально-завадової обстановки за критерієм мінімуму ймовірності бітової помилки при виконанні обмежень на швидкість передачі інформації. Основними режимами роботи є технології псевдовипадкової перестройки робочої частоти на основі таймерних сигнальних конструкцій та ортогональним частотно-кодовим розділенням на основі таймерних сигнальних конструкцій.

Зазначена методика передбачає підвищення ефективності засобів радіозв'язку при дії навмисних завад та частотно-селективних завмирань за рахунок зміни режимів роботи засобів радіозв'язку із застосуванням адаптивних алгоритмів формування і обробки сигналів, зокрема зміцнення інформаційної стійкості шляхом підвищення завадозахищеності та структурної скритності (розвідзахищеності) передаваних повідомлень.

В методиці, у порівнянні з запропонованими раніше, реалізовано декілька режимів роботи та здійснюється вибір раціональних значень параметрів сигналу для кожного з режимів роботи засобів радіозв'язку на основі інтегрованих технологій з використанням таймерних сигнальних конструкцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гордійчук В, Сергієнко В., Міщенко А., Шишацький А., Поздняков П. Аналіз технічних характеристик засобів радіоелектронної розвідки Російської Федерації // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. №1 (53) – Полтава: ПолНТУ, 2019 – С. 142-146.
2. Захарченко М.В. Сравнение позиционного и таймерного кодирования / М.В. Захарченко, В.В. Гордійчук, С.М. Горохов, А.В. Кочетков // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – К.: ВПІ. – № 1. – 2016. – С. 59-63.
3. Захарченко М.В., Гордійчук В.В., Горохов С.М., Седов К.С. (2016). "Position and timer coding comparison for code word duration $T_{ck} = mt_0$ " // British journal of innovation in science and technology vol 3, issue 2, P: 5-9.
4. Гордійчук В.В. Методика підвищення завадозахищеності систем радіозв'язку з ортогональним частотним мультиплексуванням на основі використання таймерних сигнальних конструкцій / В.В. Гордійчук // Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Том 2, № 4. – С. 108-113. – DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.4.18>
5. Шишацький А.В. Методика управління режимами роботи програмованих засобів радіозв'язку / А.В. Шишацький, О.Г. Жук, Р.М. Животовський // Збірник наукових праць "Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України". – Харків: ХУПС, 2016. – № 2(23). – С. 135-137.
6. Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – No 1 (1) – P. 75-81. – DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075>
7. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44–48.
8. Зінченко А. О. Вдосконалений метод контролю стану каналу зв'язку із селективними завмираннями та навмисними завадами / А. О. Зінченко Р. М. Возняк // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – № 3 (15). – 2012. – С. 19-22.
9. Корчинский В. В. Повышение скрытности передачи на основе псевдослучайной перестройки рабочей частоты и таймерных сигналов / В. В. Корчинский // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2012. – № 66 (972). – С. 63-67.
10. Корчинський В. В. Підвищення захищеності передавання на основі мультиплексування таймерних сигнальних конструкцій / В. В. Корчинський, В.Й. Кільдшєв, К.О. Осадчук // Научные труды ОНАС им. А.С. Попова – 2018. – №1 (2018). – С. 94-97.
11. Кучук Г.А. Распределение каналов по трактам узла коммутации при адаптивной маршрутизации / Г.А. Кучук // Вестник НТУ «ХПИ». – Х.: НТУ «ХПИ», 2003. – № 26. – С. 167 – 172.

12. Горохов Ю.С. Метод кодового розділення каналів на основі таймерних сигнальних конструкцій / Ю.С. Горохов, В.В. Корчинский, Е.М. Рудий // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – №1. – С. 208-211.
13. Кучук Г.А. Минимизация загрузки каналов святой вычислительной сети / Г.А. Кучук // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 1998. – Вип. 1(5). – С. 149-154.
14. Кувшинов О. В. Синтез алгоритмів контролю якості каналу зв'язку при впливі навмисних завад / О. В. Кувшинов, О. В. Жук // Збірник наукових праць ВПІ НТУУ „КПІ”. – № 1. – 2011. – С. 100-105.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. Г. Семенов,
Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків
Надійшла (received) 02.04.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 15.05.2019

Методика адаптивного вибору та синтезу раціональних сигнально-кодових конструкцій перспективних програмованих радіозасобів в умовах складної радіоелектронної обстановки

В. В. Гордейчук

Одной из важных характеристик систем и средств радиосвязи, функционирующих в условиях радиоэлектронного подавления, является информационная стойкость, которая является способностью систем и средств радиосвязи противостоять действию средствам радиотехнической борьбы. Одним из направлений повышения помехозащищенности и скрытности средств радиосвязи является изменение режимов работы и параметров сигнала в ходе ведения сеанса радиосвязи. Проведенный автором статьи анализ известных научных источников показал, что они ориентированы на позиционные сигнально-кодовые конструкции, которые имеют известную структуру и, соответственно, низкую разведзащищенность. Посему предлагается использование непозиционных сигналов, в частности таймерных сигнально-кодовых конструкций. Автором статьи проведена разработка методики выбора режимов работы перспективных программируемых радиостанций в условиях воздействия преднамеренных помех на основе таймерных сигнальных конструкций. В ходе исследования использованы основные положения теории связи, теории радиоэлектронной борьбы, теории сигналов и общенаучные методы анализа и синтеза. Разработана методика выбора режимов работы перспективных программируемых радиостанций в условиях воздействия преднамеренных помех, суть которой заключается в выборе вида технологии формирования сигнально-кодовых конструкций, режима работы и параметров программируемых средств радиосвязи в зависимости от сигнально-помеховой обстановки. Основными режимами работы являются технологии псевдослучайной перестройки рабочей частоты на основе таймерных сигнальных конструкций и частотного мультиплексирования с ортогональным кодовым разделением на основе таймерных сигнальных конструкций. Указанная методика повышает эффективность средств радиосвязи при действии преднамеренных помех и частотно-селективных замираний за счет изменения режимов работы средств радиосвязи с применением адаптивных алгоритмов формирования и обработки сигналов. В методике, по сравнению с предложенными ранее, реализовано несколько режимов работы и осуществляется выбор рациональных значений параметров сигнала для каждого из режимов работы средств радиосвязи. Учитывая указанное, направлением дальнейших исследований следует считать разработку научно-методического аппарата по использованию таймерных сигнальных конструкций в перспективных средствах связи и повышение их помехозащищенности.

Ключевые слова: система радиосвязи, радиоресурс, информационная стойкость, помехозащищенность, радиоэлектронное подавление, радиоэлектронная разведка.

Method of selection of modes of the powered programmable radio work in the conditions of influence of capabilities in the basis of timer signal constructions

V. Hordiichuk

One of the important characteristics of radiocommunication systems and facilities that operate under conditions of electronic suppressing is the information stability that is the ability of systems and radio communication equipment to withstand the actions of the means of radio control. One of the directions of increase of noise immunity and stealth of radio communication is the change of operating modes and parameters of the signal during the conduct of the radiocommunication session. The analysis of well-known scientific sources by the author of the article showed that they are oriented on positional signal-code structures, which have a known structure and, accordingly, a low resolution protection. Therefore, the use of non-positional signals, in particular timer signal-code designs, is proposed. The author of the article conducted the development of a method for selecting the modes of operation of promising programmable radio stations under conditions of deliberate interference on the basis of timer signals. In the course of the study, we used the basic provisions of the theory of communication, the theory of electronic warfare, the theory of signals, and general scientific methods of analysis and synthesis. The method of selecting the modes of operation of promising programmable radio stations in the conditions of the influence of deliberate interferences, the essence of which is to choose a type of technology for the formation of signal-code structures, mode of operation and parameters of programmable radio communication equipment, depending on the signal-interference situation. The main modes of operation are pseudorandom-frequency resettlement of the operating frequency based on timer signal structures and frequency multiplexing with orthogonal code division based on timer signal constructions. The said methodology increases the efficiency of radio communication facilities in the course of deliberate interference and frequency-selective fading due to changes in the modes of operation of radio communication equipment with the use of adaptive algorithms for the formation and processing of signals. In the method, in comparison with the ones proposed earlier, several modes of operation are realized and the choice of rational values of the signal parameters for each of the operating modes of radio communication is carried out. Taking into account the above, the direction of further research should be considered the development of scientific and methodical apparatus on the use of timer signal structures in perspective communication tools and increase their noise immunity.

Keywords: radio communication system, radio resource, noise immunity, radio electron suppression, radioelectronic intelligence, stealth.