

УДК 681.323

Котенко А.М., к.т.н.

Державний університет телекомунікацій

Підвищення інформативності повідомлень у телекомунікаційних мережах автоматизованих систем дистанційного спостереження та охорони військових об'єктів шляхом використання дискретних неортогональних широкосмугових сигналів

Повышение информативности сообщений в телекоммуникационных сетях автоматизированных систем дистанционного наблюдения и охраны военных объектов путем использования дискретных неортогональных широкополосных сигналов

Increasing of informatization content of messages in the telecommunication networks of automated systems for remote monitoring and protection of military objects by using discrete nonorthogonal wideband signals

Резюме. Досліджується використання дискретних неортогональних широкосмугових сигналів у телекомунікаційних мережах автоматизованих систем дистанційного спостереження та охорони військових об'єктів.

Резюме. Исследуется использование дискретных неортогональных широкополосных сигналов в телекоммуникационных сетях автоматизированных систем дистанционного наблюдения и охраны военных объектов.

Resume. In the article is considered the possibility of using non-orthogonal discrete wideband signals in telecommunications networks of automated systems for remote monitoring and protection of military objects.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, неортогональний широкосмуговий сигнал, потужність алфавіту сигналів, дискрета, кількість інформації.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, неортогональный широкополосный сигнал, мощность алфавита сигналов, дискрета, количество информации.

Keywords: Telecommunications network, the non-orthogonal broadband signal, power alphabet signals, discrete, amount of information.

Постановка проблеми. В умовах активізації діяльності кримінальних елементів, глобального поширення тероризму, підвищення ролі спеціальних операцій (у тому числі й розвідувально-диверсійних), особливого значення набувають завдання, які пов'язані з виявленням професійних, добре підготовлених порушників охоронного режиму. Одним із шляхів успішного вирішення завдання щодо ефективної протидії підготовленим порушникам є застосування автоматизованих систем дистанційного спостереження та охорони (АСДСО), що дозволяє раціонально використовувати обслуговуючий персонал і техніку, які залучаються для вирішення задач по

веденню розвідки, організації охорони об'єктів, територій. АСДСО складаються з системи спостереження (СС), системи управління (СУ), телекомунікаційної мережі (ТКМ) [1].

Система спостереження являє собою сукупність датчиків та призначена для формування сигналу тривоги при виявленні порушників охороняємих рубежів. Система управління призначена для обробки сигналів тривоги, які надходять від СС. ТКМ це сукупність апаратних засобів та ліній зв'язку для передачі сигналів тривоги від СС до СУ.

У ТКМ існуючих АСДСО інформація про стан охороняємих об'єктів від СС до СУ передається по дротовим лініям або з

використанням радіоканалу. Використання дротових ліній забезпечує потрібну завадостійкість та скритність передачі інформації у ТКМ, проте істотним недоліком такого способу є низька мобільність АСДСО (час розгортання складає 5-7 годин). Така обставина обмежує можливості АСДСО з охорони мобільних об'єктів. АСДСО які використовують радіоканал задовольняють вимозі забезпечення мобільності, однак характеризуються низькою завадостійкістю і скритністю передачі інформації через використання вузькосмугових сигналів (ВСС). Це знижує ефективність системи, оскільки такі сигнали легко виявити і придушити або зімітувати відповідний сигнал системи. Таким чином, сучасні АСДСО не дозволяють на потрібному рівні забезпечити безпеку воєнного об'єкта і тому питання пов'язані з підвищенням ефективності функціонування ТКМ АСДСО військових об'єктів є актуальними.

На підставі викладеного можна зробити висновок, що у якості ТКМ АСДСО доцільно використовувати радіоканал за умови забезпечення завадостійкості та скритності передачі інформації для ефективної роботи АСДСО.

Ступінь розробленості проблеми. Проблемам забезпечення завадостійкості та скритності передачі інформації присвячені праці [2, 3, 4]. У [5] обґрунтована доцільність використовувати у ТКМ АСДСО широкосмугових сигналів (ШСС) з застосуванням принципів цифрового зв'язку, що означає використання дискретних ШСС. При цьому з міркувань однозначного розрізнення ШСС при їх обробці, використовуються ортогональні ШСС, що достатньо досліджено [2, 4, 6].

У свою чергу використання неортогональних ШСС для передачі інформації має свої переваги перед використанням ортогональних ШСС. На даний час питання використання неортогональних ШСС для передачі інформації недостатньо досліджене.

Мета статті. Обґрунтувати доцільність використання у ТКМ АСДСО неортогональних ШСС.

Викладення основного матеріалу. Для наочності обґрунтування доцільності використання у ТКМ АСДСО неортогональних ШСС, приведені структурні схеми передавального пристрою для формування дискрет, з яких синтезуються ШСС (рис. 1), та прийомного пристрою який обробляє ШСС (рис. 2).

Оцінимо потрібну кількість пристроїв для формування дискрет, з яких синтезуються ШСС. Для цього необхідно розрахувати потужності алфавітів для формування ортогональних (α_o) і неортогональних (α_n) дискретних ШСС.

Для проведення коректної оцінки потрібних потужностей алфавітів сигналів приймаються наступні початкові умови:

- параметри каналу передачі сигналів для обох типів ШСС однакові;
- кількість ШСС (A) в ансамблі ортогональних і неортогональних сигналів однакова;
- кількість дискрет (n) у сигналах однакова;
- при синтезі ансамблів ортогональних і неортогональних ШСС використовується один і той же вид модуляції: частотна (ЧМ), фазо-кодова (ФКМ), або часо-кодова (ЧКМ). У даному прикладі використовується ЧМ.

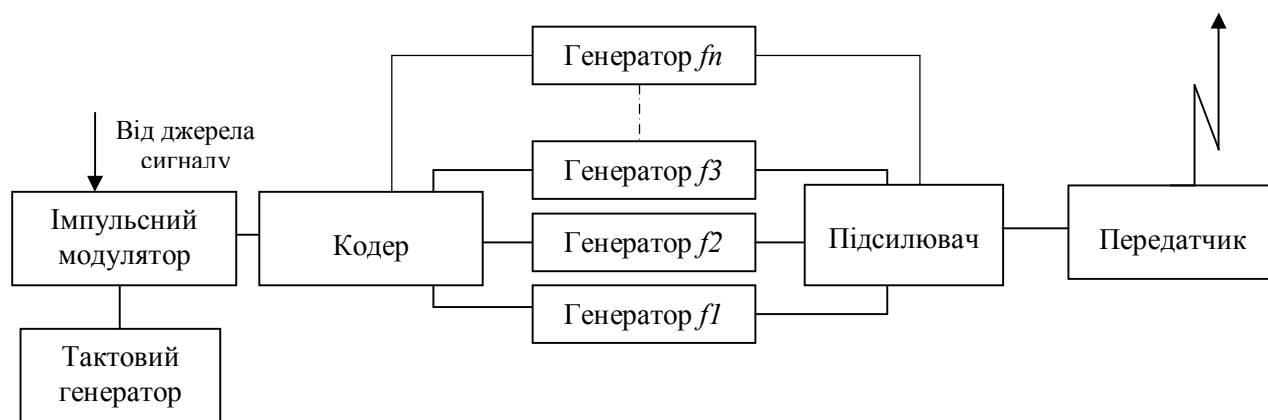


Рис. 1. Структурна схема передавального пристрою

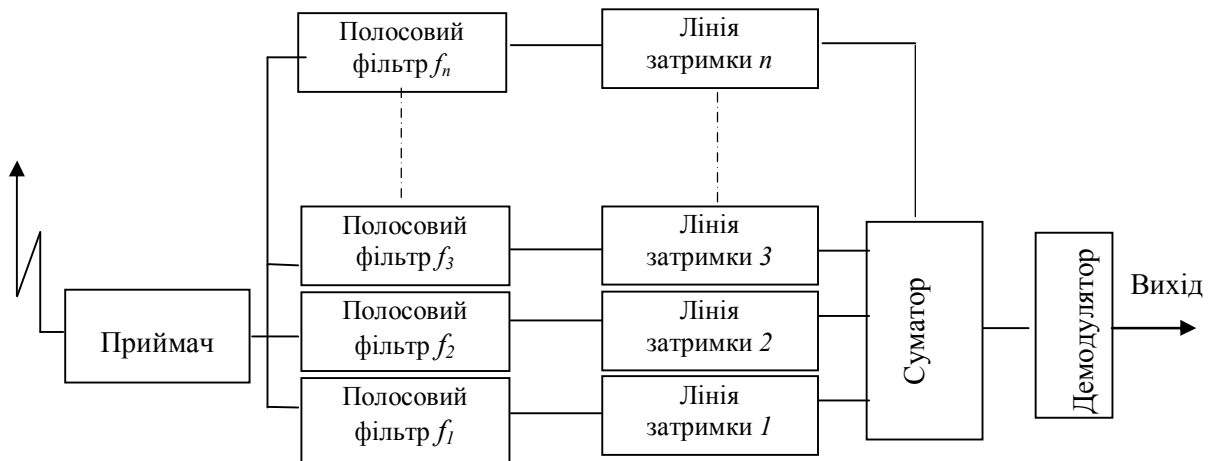


Рис. 2. Структурна схема прийомного пристрою

Відповідно до правил комбінаторики, дискретний ортогональний ШСС можна представити у вигляді числа сполучень з n елементарних сигналів алфавіту α_0 по одному елементу, причому кожен з n елементів алфавіту у дискретах з однаковими порядковими номерами повинен використовуватися не більше одного разу для всіх сигналів з множини A [7], тобто $\alpha_{ij} \neq \alpha_{ik} \quad \forall j = \overline{1, N} \quad k = \overline{1, n} \quad i = \overline{1, N} \quad j \neq k$.

Число ортогональних ШСС множини A можна розрахувати за виразом:

$$A = C_n^1 = \frac{n!}{(n-1)!} = n. \quad (1)$$

Тобто для формування множини A ортогональних ШСС, потрібен алфавіт α_0 , потужність якого дорівнює числу цих ортогональних ШСС:

$$n = A. \quad (2)$$

Максимальна кількість неортогональних ШСС, відповідно до правил комбінаторики, яку можна сформувати з деякої кількості елементарних сигналів (n), за тих же самих початкових умов що і для ортогональних сигналів, визначатиметься за виразом розрахунку кількості всіх можливих сполучень [7] з n елементів по n :

$$A_H = n^n. \quad (3)$$

Тобто, якщо кількість неортогональних ШСС для передачі повідомлень у ТКМ складає величину A , то потрібна потужність алфавіту (α_H) для їх формування, відповідно до виразу (3), визначатиметься як:

$$n_H = \lceil \sqrt[n]{A} \rceil. \quad (4)$$

де:

$\lceil a \rceil$ - оператор, що повертає найближче ціле до a число не менше ніж a .

З порівняння потрібних потужностей алфавітів (праві частини виразів 3 та 4) видно, що $A > \lceil \sqrt[n]{A} \rceil$, тобто завжди виконуватиметься нерівність $n > n_n$. Це означає, що при використанні неортогональних ШСС потрібний розмір алфавіту елементарних сигналів, за інших рівних умов, буде меншим ніж при використанні ортогональних ШСС. Це зумовлює зменшення потрібного числа генераторів формування елементарних сигналів у передавальному пристрої (рис. 1), і зменшення потрібного числа полосових фільтрів і ліній затримок у приймальному пристрої (рис. 2) порівняно з використанням ортогональних сигналів для тієї ж мети. У свою чергу, це означає, що знижуються апаратні витрати на побудову апаратури формування і обробки ШСС.

Другою позитивною властивістю передачі інформації неортогональними ШСС є те, що множиною неортогональних ШСС можна передати більшу кількість інформації, ніж множиною ортогональних ШСС за рівних умов передачі. Це підтверджується наступним порівняльним аналізом кількості інформації у повідомленнях з множини ортогональних і неортогональних дискретних ШСС.

Порівняльний аналіз кількості інформації у повідомленнях які використовують широкосмугові сигнали проводиться для випадку використання двох типів ШСС для передачі інформації: ортогональних і неортогональних.

Як відомо з теорії інформації, кількість інформації у повідомленні визначається виразом [8]:

$$I = \log_2 M \quad (5)$$

де:

M – число всіх можливих повідомлень.

З виразу (7) виходить, що кількість інформації у повідомленні, збільшується із збільшенням числа цих повідомлень.

Виходячи з такого визначення кількості інформації проведемо аналіз кількості інформації у повідомленнях з ансамблів ортогональних і неортогональних ШСС.

Для проведення коректного порівняння приймаються наступні початкові умови:

- параметри каналу передачі сигналів для обох типів ШСС будуть однаковими;
- формування ансамблів ортогональних (A_O), і неортогональних (A_H) сигналів здійснюється з використанням загальної для них множини елементарних сигналів (n) (далі по тексту “алфавіт α ”);
- кількість дискрет у сигналах однакова;
- для синтезу сигналів використовується один і той же вид модуляції (у даному прикладі порівняння проводиться для випадку ЧМ повідомлення).

Оцінимо кількість інформації у повідомленні з ансамблю ортогональних ШСС.

Як слідує з виразу (2), максимальна кількість ортогональних ШСС, яку можна сформувати з алфавіту α за заданих умов, дорівнюватиме числу елементів цього алфавіту, тобто $A_O = n$.

Підставляючи (2) у (5) можна переконатися, що кількість інформації яка міститься у будь-якому ШСС з ансамблю A_O буде:

$$I = \log_2 A = \log_2 n. \quad (6)$$

Максимальна кількість неортогональних ШСС, які можна сформувати з алфавіту α , за тих же самих умов, що і для ортогональних сигналів, визначається по виразу (3). Після підстановки виразу (3) у (5) отримаємо вираз для визначення кількості інформації яка міститься у будь-якому сигналі з ансамблю A_H :

$$I_1 = \log_2 A_H = n \log_2 n. \quad (7)$$

З порівняння виразів (6) і (7) можна дійти висновку, що права частина виразу (7) більше правої частини виразу (6) в n разів:

$$\psi = \frac{I_1}{I} = n. \quad (8)$$

Вираз (8) є результатом порівняння кількості інформації у повідомленні з ансамблю ортогональних і неортогональних ШСС. З нього слідує висновок, що кількість інформації яка міститься у повідомленні з множини неортогональних ШСС буде більшою у n разів ніж

кількість інформації яка міститься у повідомленні з множини ортогональних ШСС.

Таким чином, на підставі викладеного можна зробити наступні **висновки**:

1. Використання неортогональних ШСС для передачі повідомлень дозволить зменшити апаратні витрати передавально-приймної апаратури АСДСО.

2. Використання неортогональних ШСС дає змогу передати більшу кількість інформації у повідомленні з ансамблю неортогональних ШСС ніж у повідомленні з ансамблю ортогональних ШСС, при використанні одного і того ж алфавіту сигналів. Це дає змогу передавати більшу кількість інформації у ТКМ АСДСО про стан справ на охороняємих об'єктах.

Подальші дослідження. Відомо, що використання неортогональних ШСС призводить до виникнення у ТКМ перешкод у вигляді хибних ШСС, обумовлених перекриттям ШСС у частотно-часовій області. При обробці хибних ШСС система управління АСДСО може приймати невірні рішення про стан рубежів охороняємих об'єктів. Тому подальші дослідження використання дискретних неортогональних ШСС для передачі інформації доцільно спрямувати у напрямку обчислення ймовірності виникнення у ТКМ хибних сигналів та обґрунтування шляхів їх селекції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Максименков А.М. Система разведывательно-сигнализационных приборов “Рембасс” // Зарубежное военное обозрение. 2006. – Вып. 5 - С. 32-37.
2. Варакин Л. Е. Системы связи шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
3. Тузов Г.И. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. - 264 с.
4. Семенов А. М. Широкополосная радиосвязь. - М.: Воениздат, 1970. - 303 с.
5. Подобедов І.В., Котенко А.М. Підвищення завадостійкості та скритності інформаційного обміну у сучасних просторово-розподілених системах дистанційного спостереження і охорони за рахунок використання широкосмугових сигналів //Збірник наук. пр. ННДЦ ОТ і ВБ України. 2006. – Вип. 1(30). - С. 99-105.
6. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Высшая школа, 1988. - 448 с.
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1981. – 720 с.
8. Зюко А.Г. Элементы теории передачи информации. – К.: Техніка, 1969. – 300 с.