

УДК 629.072.1

МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ПРИ КЕРУВАННІ АВТОМОБІЛЬНОЮ ПРОТИУГІННОЮ СИСТЕМОЮ

**В.Я. Фролов, доцент, к.т.н., Ю.А. Ковтунов, доцент, к.т.н.,
В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., ХНАДУ**

***Анотація.** У сучасних протиугінних системах застосовується частотна модуляція і фазова модуляція. Оскільки ширина спектру сигналу є обмеженою, то з'являється можливість перехоплювати сигнал з подальшим відключенням сигналізації в потрібний момент. Суттєве підвищення завадостійкості в сучасних протиугінних системах можливе при використанні широкополосних сигналів.*

***Ключові слова:** модуляція, радіоканал, кодування, завадостійкість, таємність, широкополосний сигнал, база сигналів, спектр частот.*

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОТИВОУГОННОЙ СИСТЕМОЙ

**В.Я. Фролов, доцент, к.т.н., Ю.А. Ковтунов, доцент, к.т.н.,
В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., ХНАДУ**

***Аннотация.** В современных противоугонных системах применяется частотная модуляция и фазовая модуляция. Так как ширина спектра сигнала ограничена, то появляется возможность перехватывать сигнал с последующим отключением сигнализации в нужный момент. Существенное повышение помехоустойчивости в современных противоугонных системах возможно при использовании широкополосных сигналов.*

***Ключевые слова:** модуляция, радиоканал, кодирование, помехоустойчивость, секретность, широкополосный сигнал, база сигналов, спектр частот.*

METHODS OF PROVIDING NOISE IMMUNITY IN AUTOMOBILE ANTI-THEFT SYSTEM CONTROL

**V. Frolov, Associate Professor, Candidate of Technical Science
J. Kovtunov, Associate Professor, Candidate of Technical Science
V. Kubata, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU**

***Abstract.** In modern anti-theft systems they use frequency and phase modulation. Since the width of the signal is limited, it is possible to intercept the signal and then switch off the alarm at the right time. To ensure the noise immunity and secrecy manufacturers use more sophisticated codes using the methods of cryptography. Significant increase in noise immunity in modern anti-theft systems is possible using broadband signals.*

***Key words:** modulation, channel, coding, robustness, secrecy, broadband signal, base signal, frequency spectrum.*

Вступ

Ранні системи дистанційного керування передавали фіксований код або змінний код з невеликого фіксованого набору, який можна

сканувати і відтворювати в необхідний момент. Такі сигнали займають фіксовану смугу частот і можуть прийматися не тільки центральним блоком протиугінної системи, але і приймачем, спеціально налаштованим

перехоплювати код, і криптоаналітик за записами декількох реалізацій динамічного коду, одержаних граббером, може визначити алгоритм роботи генератора і таємний ключ.

Застосування широкосмугового сигналу зробить неможливим перехоплення сигналу керування, а отже, немає потреби застосовувати складні коди. Широкосмугові сигнали також забезпечують завадостійкість, таємність і багатоканальність передачі радіоконанд керування.

Аналіз публікацій

У роботі [1] представлено різні механічні та електронні схеми протиугінних пристроїв, розкрито принципи формування фазоманіпульованого сигналу.

У роботі [2] проаналізовано різні типи електронних пристроїв, які використовуються в сучасних автомобілях, включаючи електронні протиугінні пристрої. Показаний принцип формування фазоманіпульованого сигналу, включаючи М-послідовності, які забезпечують формування псевдовипадкових послідовностей.

У роботі [3] показано застосування широкосмугових сигналів у радіомережах.

У роботі [4] розглянуто різні методи формування широкосмугових сигналів.

Сучасні електронні протиугінні системи працюють у певному діапазоні частот з несучою частотою 433,92 МГц. У системах з фазовою модуляцією багатоканальність забезпечується кодуванням команд керування. Підвищення розрядності коду до 62 і застосування динамічного коду, коли код змінювався з кожною послідкою, підвищило захищеність каналу передачі команд. Недоліки традиційних систем модуляції – амплітудної, частотної і фазової – найбільше проявляються у місцях скупчення автомобілів на парковках, стоянках і в гаражах. Сигнали керування можна не тільки перехоплювати, а і заглушувати за допомогою передавача завад, тоді команда, наприклад, постановки на охорону, може не потрапити на приймальну антену центрального блока електронної протиугінної системи і автомобіль залишиться без охорони. Таким чином традиційні системи модулювання команд керування не забезпечують високих показників багатоканально-

ті, таємності, завадозахищеності. Цим вимогам більше відповідають широкосмугові системи передачі команд керування.

Мета і постановка задачі

Метою статті є аналіз сигналів, які використовуються в електронних протиугінних пристроях автомобіля. Показати, що застосування широкосмугових сигналів забезпечить більшу завадостійкість та прихованість роботи радіоканалу. Проаналізувати методи формування ШСС і обрати найбільш прийнятний для застосування в електронних протиугінних системах.

Показники широкосмугового сигналу

Широкосмуговими називаються такі сигнали, в яких база сигналів, тобто відношення ширини спектру сигналу Δf_c до ширини спектру повідомлення ΔF більше одиниці

$$B = \frac{\Delta f_c}{\Delta F} . \quad (1)$$

Значення бази сигналу кількісно характеризує частотну надмірність сигналу. У сигналах зі звичайними видами модуляції і маніпуляції база сигналу дорівнює 1 ($B \approx 1$).

Наприклад, для фазоманіпульованого сигналу ширина спектру

$$\Delta f \approx \frac{1}{T} , \quad (2)$$

де T – період слідування імпульсів.

Через те, що в фазоманіпульованих сигналах $T = T_0$, а отже $\Delta f_c = \Delta F$, то база фазоманіпульованого сигналу дорівнює

$$B = \frac{\Delta f_c}{\Delta F} = \Delta f_c \cdot T_0 = 1 , \quad (3)$$

де T_0 – час, необхідний для передачі одного біта інформації.

Завадостійкість приймання сигналів на фоні широкосмугової завади q визначається відношенням енергії сигналу E_c до енергії завад E_3

$$q = \frac{E_c}{E_3} \quad (4)$$

і не залежить від виду сигналу. Нехай ширина спектру організованої завади дорівнює $\Delta f_c = \Delta f_3$, а ширина спектру сигналу на виході кореляційного приймача – ширині спектру інформаційного повідомлення. При цьому спектральна щільність потужності завади

$$N = \frac{P_3}{\Delta f_3} = \frac{P_3}{\Delta f_c}, \quad (5)$$

і отже відношення сигнал/завада на виході кореляційного приймача або узгодженого фільтра дорівнює

$$q = \frac{P_c \cdot T}{P_3 / \Delta f_c} = \frac{P_c \cdot \Delta f_c}{P_3 \cdot \Delta F} = \frac{P_c}{P_3} \cdot B. \quad (6)$$

Як виходить з формули (6), відношення сигнал/завада у ширококугових системах передачі інформації збільшується у B разів, тобто пропорційно базі сигналу. Як завада може розглядатися будь-яке випромінювання, яке діє у робочій смузі.

Прихованість передачі сигналу каналами зв'язку пов'язана зі зменшенням спектральної щільності потужності сигналу у результаті збільшення його бази. Дійсно, спектральна щільність потужності ширококугового сигналу (енергія) дорівнює

$$N_c = \frac{P_c}{\Delta f_c} = \frac{P_c}{B \cdot \Delta F}, \quad (7)$$

тобто в B разів є меншою, ніж у вузькокугового сигналу.

Відношення сигнал/завада на вході приймача дорівнює

$$\frac{N_c}{N} = \frac{P_c \cdot T}{N \cdot B}, \quad (8)$$

тобто в B разів менше, ніж у вузькокугового сигналу за рівних енергій і швидкості передачі інформації. Тому в точці приймання при неоптимальній обробці сигналу імовірність його виявлення є малою. Застосування ширококугового сигналу забезпечує електромагнітну сумісність радіосистем, що особливо важливо для автомобілів, які знаходяться на стоянці.

Сигнали з розширеним спектром володіють двома характерними ознаками (рис. 1).

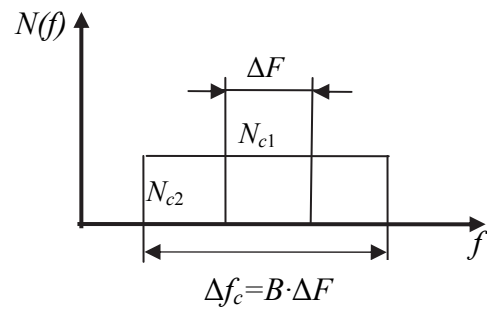


Рис. 1. Спектральна щільність вузькосмугового сигналу N_{c1} і ширококугового сигналу N_{c2}

1. Смуга частот переданого сигналу Δf_c істотно більше, ніж смуга частот модулюючого цифрового сигналу ΔF .
2. Розширення смуги частот переданого сигналу проводиться незалежним від переданої інформації сигналом (цифрова послідовність), персонально призначеним кожному користувачеві і заздалегідь відомому як у приймачі, так і в передавачі.

Поняття «ширококугові системи радіозв'язку» на сьогодні включає в себе велику кількість варіантів таких систем, що відрізняються одна від одної за формою використовуваних сигналів, методом їх формування, методом прийому і рядом інших ознак. Відповідно й області застосування ширококугових систем зв'язку також є дуже різноманітними [4].

Велику групу ширококугових систем утворюють так звані взаємно-кореляційні активні і пасивні системи. У взаємно-кореляційних активних системах сигнал реєструється у приймальному пристрої шляхом порівняння з еталонами, сформованими за тим же принципом, що і на передавальному кінці. Системи такого типу дозволяють найбільш повно реалізувати потенційну завадостійкість. Найбільші труднощі викликаються необхідністю точної синхронізації опорних сигналів, які виробляються у приймальному пристрої, з прийнятими. Для цих систем є характерним також відносно великий, порівняно з іншими системами, час входження у зв'язок, що знижує захваність роботи і ускладнює роботу короткими сеансами.

Під взаємно-кореляційними пасивними системами розуміють такі, у яких відомості про

прийнятні сигнали закладені в характеристиках узгоджених фільтрів приймального пристрою. Такі системи також дозволяють реалізувати потенційну завадостійкість. У цих системах, допустивши невеликий енергетичний програш, можна відмовитися від синхронізації взагалі або значно знизити вимогу до її точності. Реалізація таких систем призводить також до досить громіздких пристроїв і пов'язана з певними технічними труднощами.

Іншу групу широкосмугових систем утворюють автокореляційні системи, завадостійкість яких гірше завадостійкості взаємнокореляційних. Однак вони вигідно відрізняються від останніх значно більшою простотою реалізації і відповідно більш високою надійністю і компактністю апаратури. Досить істотним є також і те, що автокореляційні системи мало схильні до шкідливого впливу багатопроменевості і дисперсності каналу зв'язку і, як правило, не вимагають високої стабільності частоти радіолінії.

Автокореляційні системи разом з тим мають і ту перевагу, що в них як переносник зручно використовувати відрізки білого шуму, тобто використовувати в повному розумінні слова «шумоподібні» сигнали. Зауважимо, що у всіх взаємно-кореляційних системах використовуються сигнали, які скоріше варто назвати шумоподібними, оскільки насправді вони є цілком регулярними, і саме точне знання їх структури дозволяє успішно виділяти їх з шумів у приймальному пристрої. Порівняння завадостійкості систем автокореляційного прийому із системами некогерентного прийому показує, що їх енергетичний програш виявляється рівним приблизно $\sqrt{F \cdot T}$, тобто досить значним. Їх використання тому виявляється доцільним тільки тоді, коли переваги, зазначені вище, мають більш важливе значення.

У дискретно-адресних системах у передавальному пристрої кожний інформаційний елемент кодується набором сигналів, призначеним тільки для зв'язку з певним абонентом. Приймальний пристрій виділяє тільки сигнали, призначені даному кореспонденту, і не приймає інші, хоча вони випромінюються в тій же смузі частот. В якості сигналів тут звичайно використовується набір коротких радіоімпульсів. При цьому принципово може бути використаний

будь-який вид імпульсної модуляції: амплітудно-імпульсна модуляція (АІМ), фазо-імпульсна модуляція (ФІМ), частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ) та ін.

Існують різні способи розширення смуги частот переданого сигналу залежно від способу модуляції вихідного інформаційного сигналу, наприклад, розширення спектру безпосередньою модуляцією (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum) та розширення спектру стрибками частоти (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum).

Загальна вимога захованості радіозв'язку розпадається на три самостійних вимоги: по-перше, забезпечення захованості самого факту роботи радіолінії (передавача); по-друге, забезпечення захованості факту наявності в даному сигналі інформації; по-третє, забезпечення захованості самої інформації.

Усім цим трьом вимогам широкосмугові системи радіозв'язку задовольняють, як правило, дещо більшою мірою, ніж звичайні, вузькосмугові. У широкосмугових системах застосовуються складні сигнали з базою $B \gg 1$. Практично значення коефіцієнта B досягає від 100 до 1000 і більше. Виявляється, що при використанні таких сигналів приймання сигналів дискретної інформації може здійснюватися за потужності сигналу, що припадає на одиницю смуги частот, меншу за спектральну потужність флюктуаційних завад у смузі частот, тобто мовби знаходяться під шумом. Іншими словами, виявляється можливим вести прийом, коли сигнал на звичайний вузькосмуговий приймач просто не буде виявлений.

Захованість наявності в сигналі інформації для широкосмугових систем зв'язку забезпечується насамперед шумоподібністю сигналу. При прийомі на звичайний вузькосмуговий приймач і на широкосмуговий приймач, у якому не використовується інформація про спосіб формування сигналу даного широкосмугового передавача, його сигнал буде сприйматися як звичайний шум. Найбільша захованість факту наявності інформації в шумовому сигналі мабуть може бути досягнута в системах, де як переносник використовуються відрізки білого шуму.

Захованості самої інформації в широкосмугових системах можна досягти достатньою

складністю кодування сигналу та порівняльною простотою зміни кодування. Для виділення інформації необхідно цілком певне когерентне перетворення сигналу, невідоме в пункті перехоплення, а параметри цього перетворення можуть змінюватися прихованою від противника програмою з достатньою швидкістю і складністю. Природно, що вилучення інформації навіть із зафіксованого сигналу в таких випадках вимагає мати досить складну апаратуру, особливо якщо врахувати, що за великих значень бази B число можливих для використання форм сигналів виявляється дуже великим.

Враховуючи вимоги щодо захищеності, що висувуються до каналів дистанційного керування протиугінними системами, за простотою, малою вартістю і надійністю, а також умови їх функціонування, такі як малі відстані (до 100 м), відсутність будь-яких перешкод поширенню радіохвиль, можна зробити висновок, що найкращим чином зазначеним вимогам відповідатимуть широкопasmові автокореляційні лінії зв'язку.

Принципова реалізація автокореляційної широкопasmової системи зв'язку представлена на рис. 2 і 3, що складається з передавальної (рис. 2) і приймальної частин (рис. 3).

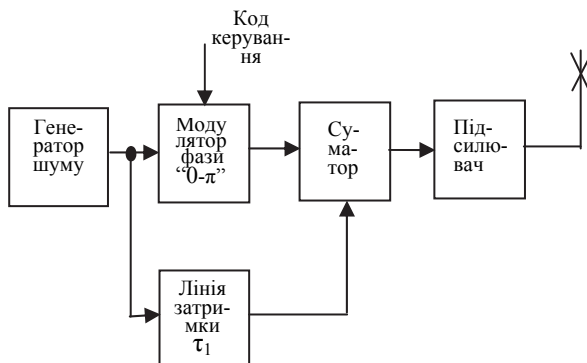


Рис. 2. Передавальна частина автокореляційної широкопasmової системи

Здійснення передачі інформації реалізується обчисленням автокореляційної функції шумового сигналу, максимум якої досягається між складовими сигналу, що пройшли через однакові лінії затримки τ_1 на передавальній та приймальній сторонах.

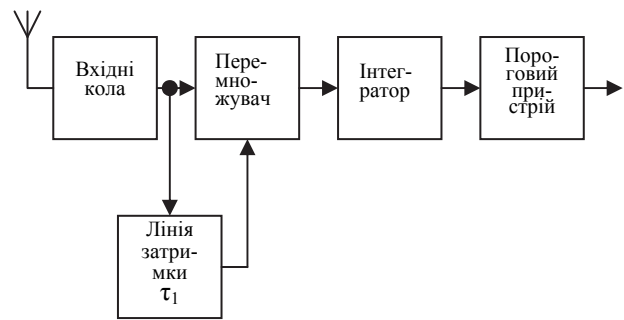


Рис. 3. Приймальна частина автокореляційної широкопasmової системи

Переворот фази сигналу на передавачі приводить до зміни знаку автокореляційної функції у приймачі, що дозволяє формувати передачу бінарного коду.

Висновки

Широкопasmовий сигнал забезпечує високі показники систем передачі команд керування, такі як завадостійкість, прихованість, багатоканальність та розрізнявальні властивості. Побудова каналів керування електронною протиугінною системою автомобіля на основі широкопasmових сигналів дозволить уникнути недоліків, притаманних класичним способам модуляції сигналів.

Література

1. Дикарев В.И. Защита транспортных средств от угона и краж / В.И. Дикарев, Б.В. Койнаш, В.М. Медведев. – С.Пб.: Лань, 2000. – 320 с.
2. Кубата В.Г. Спеціалізовані електронні системи АТЗ / В.Г. Кубата, С.В. Лубенец, В.Я. Фролов. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 272 с.
3. Бунин С.П. Вычислительные сети с пакетной радиосвязью / С.П. Бунин, А.П. Войтер. – К.: Техника, 1989. – 223 с.
4. Варакин Л.У. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.У. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.

Рецензент: О.В. Бажинов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 15 листопада 2013 р.