

## ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЙМАЧА ПРОТИУГІННОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ НА ШУМОВИХ СИГНАЛАХ

**В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., Г.С. Серіков, доцент, к.т.н., В.Я. Фролов, доцент, к.т.н.,  
ХНАДУ**

*Анотація.* Розглянута можливість реалізації протиугінної системи автомобіля на основі застосування каналу передачі інформації на широкосмугових шумових сигналах. Проведена оцінка основних показників приймального пристрою при застосуванні традиційної системи кодування команд управління, що передаються.

*Ключові слова:* шумоподібні сигнали, автокореляційні системи, радіометр, прихованість.

## ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЁМНИКА ПРОТИВОУГОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ НА ШУМОВИХ СИГНАЛАХ

**В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., Г.С. Сериков, доцент, к.т.н., В.Я. Фролов, доцент, к.т.н.,  
ХНАДУ**

*Аннотация.* Рассмотрена возможность реализации противоугонной системы автомобиля на основе применения канала передачи информации на широкополосных шумовых сигналах. Проведена оценка основных показателей приёмного устройства при использовании традиционной системы кодирования передаваемых команд управления.

*Ключевые слова:* шумоподобные сигналы, автокорреляционные системы, радиометр, скрытность.

## EVALUATION OF SPECIFICATIONS OF THE RECEIVING DEVICE OF THE ANTI-THEFT CAR SYSTEM BASED ON NOISE SIGNALS

**V. Kubata, assistant professor, cand. eng. sc.,  
H. Serikov, assistant professor, cand. eng. sc.,  
V. Frolov, assistant professor, cand. eng. sc., KhNAHU**

*Abstract.* Considered The possibility of implementing of the anti-theft car system based on the use of communication networks based on broadband noise signals. The estimation of the basic indicators of the receiving device when using the traditional coding of the transmitted control commands is carried out.

*Key words:* pseudonoise signals, autocorrelation system, radiometer, stealth.

### Вступ

Проблема прихованості роботи протиугінної системи автомобіля може бути вирішена шляхом застосування каналу зв'язку на широкосмугових шумових сигналах [1,2]. Найвища прихованість факту наявності

інформації в шумовому сигналі може бути досягнута в системах, де в якості переносника використовуються відрізки білого шуму. При цьому легко вирішується задача передачі дискретних повідомлень у вигляді імпульсно-кодової послідовності.

Здійснення передачі інформації реалізується обчисленням автокореляційної функції шумового сигналу в приймальному пристрої. Приймальний пристрій системи може бути реалізований за відомою схемою радіометра з внесеними додатковими елементами – подільника потужності сигналу на два і схеми затримки сигналу на час, більший інтервалу кореляції відрізка білого шуму.

В роботі розглядаються основні технічні характеристики радіометричного приймача при передачі традиційних кодових посилок команд управління протиугінної системи автомобіля.

### Аналіз публікацій

В роботах [1,2] розглянуті загальні принципи побудови систем передачі інформації на ширококутових шумоподібних сигналах (ШШС). В роботах [3,4], з метою підвищення прихованості і завадостійкості, пропонується використовувати системи зв'язку на ШШС в системах телеохорони. Але дані пропозиції не підтверджуються конкретними оцінками, зокрема для автомобільних протиугінних систем.

### Мета і постановка задачі

Мета роботи – розглянути можливість побудови приймального пристрою системи зв'язку на шумових сигналах в протиугінній системі автомобіля на основі радіометра. Оцінити характеристики радіометричного приймача при передачі традиційних кодових посилок команд управління протиугінної системи автомобіля.

### Оцінка характеристик приймача

Структурна схема принципової реалізації автокореляційної ширококутової системи зв'язку представлена на рис.1 і рис.2, що складається з передавальної (рис.1) і приймальної частини (рис.2).

Особливості формування ширококутових систем зв'язку на шумових сигналах зумовлюють використання НВЧ радіодіапазону. Найбільш прийнятним представляється міліметровий діапазон хвиль, який має вигідні габаритно-масові показники, а також достатньо розвинуту елементну базу. Як показує аналіз, у

теперішній час для потреб автомобільної техніки активно засвоюється радіочастотний діапазон від 30 до 80 ГГц.

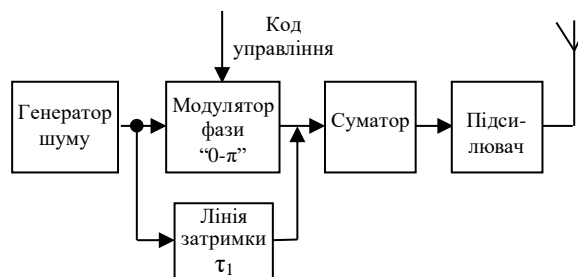


Рис.1. Передальна частина автокореляційної ширококутової системи

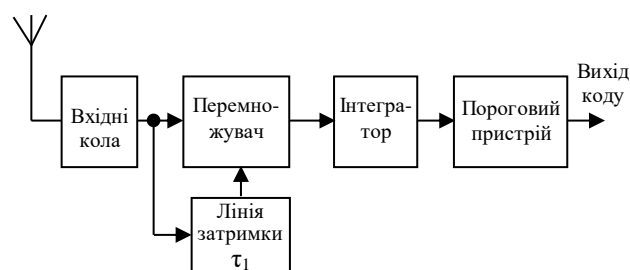


Рис.2. Приймальна частина автокореляційної ширококутової системи

Оцінимо характеристики приймача автокореляційної ширококутової системи.

За своєю структурою та принципом дії приймач являє собою схему кореляційного радіометра [5]. Радіометром називають приймальний пристрій, призначений для вимірювання потужності шумового радіовипромінювання в деякій заданій смузі частот  $\Delta f$ . Чутливість радіометрів прийнято виражати через шумову температуру, приведену до вхідного кола. При цьому потужність шумового сигналу  $P_{ш}$  в смузі частот  $\Delta f$  пов'язана з шумовою температурою співвідношенням

$$P_{ш} = kT_{ш}\Delta f,$$

де  $T_{ш}$  - шумова температура сигналу, [К];  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Вт · (Гц · град)<sup>-1</sup> - стала Больцмана.

Як показано в [5], чутливість кореляційного радіометра визначається співвідношенням

$$\Delta T = 2T_{\text{шпр}} \sqrt{\frac{\Delta F}{\Delta f}}, \quad (1)$$

де  $\Delta T$  – чутливість радіометра [К];  $T_{\text{шпр}}$  – шумова температура приймача, приведена до вхідного кола;  $F$  – ширина смуги пропускання низькочастотної частини приймача.

Виходячи з принципу побудови приймача, ширина смуги пропускання  $\Delta F$  жорстко пов'язана з часом інтегрування в інтеграторі. Особливість схем кодування і декодування в автокореляційних системах складається в тому, що формування сигналів, які передаються, і обробка сигналів, які приймаються, в них здійснюється не на протязі нескінченно великого часу, а за кінцевий інтервал тривалості елемента сигналу  $T$ , величина якого визначається швидкістю передачі дискретного повідомлення. Тому сигнал на виході корелятора буде визначатися короткочасною автокореляційною функцією

$$R(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t-\tau)dt, \quad (2)$$

де  $x(t)$  – шумовий сигнал, обмежений в смузі  $\Delta f$ .

Як проаналізовано в [6], структура коду звичайної електронної протиугінної системи автомобіля, що випромінюється з брелока, являє собою складну імпульсно-кодову комбінацію тривалістю 108 мс. При цьому найкоротшими є імпульси преамбули тривалістю  $\tau_i = 0,38$  мс кожний (рис. 3).

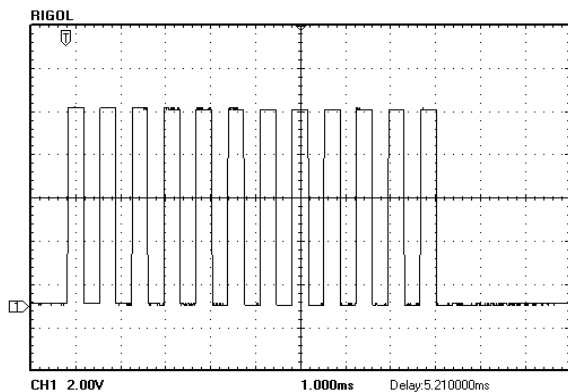


Рис. 3. Структура імпульсів преамбули

Виходячи з вказаного, необхідна ширина

смуги пропускання низькочастотної частини приймача  $\Delta F$  повинна узгоджуватись із найбільшою шириною спектра послідовності прямокутних імпульсів. Відомо [7], що в смузі частот від 0 до  $f = 1/\tau_i$  зосереджено близько 90% всієї енергії імпульсу. Зазвичай за ширину спектра послідовності прямокутних імпульсів і приймають значення

$$\Delta F = \frac{1}{\tau_i}, \quad (3)$$

відкля, для найкоротших імпульсів визначаємо, що  $\Delta F = 2632$  Гц. При цьому час інтегрування в радіометрі повинен дорівнювати  $T = \tau_i = 0,38$  мс.

Для подальшого розгляду роботи радіометра представимо більш детальну його структурну схему (рис. 4).

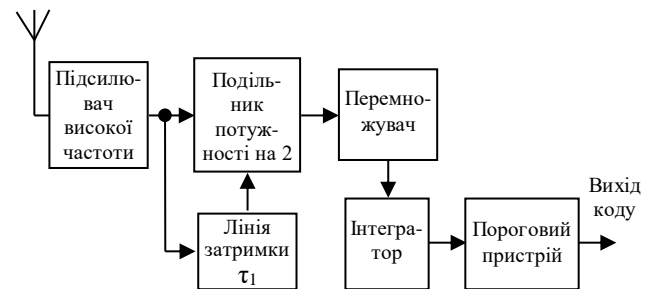


Рис. 4. Структурна схема радіометра

Представлений на схемі радіометра підсилювач високої частоти забезпечує попередню фільтрацію шумового сигналу, що передається, в смузі  $\Delta f$ , а також необхідне його підсилення за потужністю. Далі прийнятий сигнал поділяється за потужністю на дві рівні частини, одна з яких подається безпосередньо на перемножувач сигналів, а друга подається через лінію затримки  $\tau_1$ . Перемножувач сигналів разом із інтегратором виконують функцію корелятора сигналів. В даному випадку розраховується автокореляційна функція сигналу, що приймається. Максимальне значення автокореляційної функції буде отримано між складовими корисного шумового сигналу, що пройшли через однакові лінії затримки  $\tau_1$  на передавальній і приймальній сторонах [1]. Для того, щоб на виході корелятора сигналів не було суттєвого відгука від шумової завади, яка діє на вході радіометра, час

затримки  $\tau_1$  на передавальній і приймальній сторонах повинен вибиратись більшим у порівнянні з часом кореляції шумового сигналу  $\frac{1}{\Delta f}$ . Практично достатньо вибрати його рівним

$$\tau_1 = \frac{2...3}{\Delta f}. \quad (4)$$

В виразі для чутливості радіометра (1) величину  $\sqrt{\Delta f / \Delta F}$  називають радіометричним виграшем. Величина  $T_{шпр}$  визначається шумовими властивостями вхідних кіл радіометра і без застосування спеціальних заходів не може бути досягнута нижче 2500...3000 К.

Таким чином, при суттєвих обмеженнях параметрів, що входять до виразу (1), підвищення відношення сигнал / шум на виході радіометра можливо або за рахунок підвищення потужності сигналу, що випромінюється передавачем, або за рахунок зменшення вхідної смузи приймача  $\Delta f$ .

Збільшення потужності сигналу передавачем приведе до погіршення такого показника, як прихованість системи, і тому може бути небажаним.

Величина радіометричного виграшу в міліметровому діапазоні хвиль реально може сягати значень  $10^3 \dots 10^5$  [5].

Так, наприклад, при значеннях  $\Delta f = 500$  МГц,  $\Delta F = 2632$  Гц і  $T_{шпр} = 3000$  К чутливість радіометра  $\Delta T$  буде складати 13,8 К, а при смузі шумового сигналу  $\Delta f = 1000$  МГц всього 9,7 К. Такі показники значно менші ніж величини радіояскравісних температур різноманітних поверхонь Землі [8], що безумовно забезпечить високу прихованість роботи протиугінної системи.

### Висновки

Як показали отримані результати

досліджень, системи передачі сигналів команд управління на шумових сигналах можуть бути використані при побудові протиугінних систем автомобіля. Такі системи будуть володіти безперечними перевагами за прихованістю роботи у порівнянні з існуючими. При цьому не представляється будь-яких принципових перешкод в їх технічній реалізації.

### Література

1. Варакин Л.У. Системи святи с шумоподобними сигналами.–М.: Радио и связь, 1985.–384с.
2. Гантмахер В.Е. Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез, обработка / Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е., Чеботарёв Н.Е. – СПб.: Наука и Техника, 2005.– 400 с.
3. Фролов В.Я., Ковтунов Ю.А., Кубата В.Г. Методи забезпечення завадостійкості при керуванні автомобільною протиугінною системою// Автомобильный транспорт, Сб. науч. тр. Х.: ХНАДУ. – 2014, вып. 33, С. 105-109.
4. Петраков А.В. Телеохрана (монографія). 4-е изд. доп./А.В. Петраков, В.С. Лагутин.–М.:Academia, 2012.–504 с.
5. Есепкина Н.А. Радиотелескопы и радиометры / Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. – М.: Наука, 1973. – 416 с.
6. Кубата В.Г., Сериков Г.С., Фролов В.Я. Анализ структуры кода в электронных протиугінних системах автомобіля // Автомобильный транспорт, Сб. науч. тр. Х.: ХНАДУ. – 2015, вып. 35, С. 31- 34.
7. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов. Радио, 1977. – 608 с.
8. Башаринов А.Е. Радиоизлучение Земли как планеты / Башаринов А.Е., Гурвич А. С., Егоров С.Т. – М.: Наука, 1974. – 187 с.

Рецензент: **А.В. Гнатов**, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла в редакцію 03.11.2015