

І. І. ОБОД, д-р техн. наук, професор, НТУ «ХПИ»;

І. В. СВИД, ст. викл., Харківський національний університет радіоелектроніки;

В. В. ШЕВЦОВА, ст. викл., НТУ «ХПИ»

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ЗАПИТАЛЬНИМИ КАНАЛАМИ ПЕРЕДАЧІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МОДУЛЯЦІЇ

У статті досліджується якість передачі інформації запитальними каналами передачі при використанні сигналів з фазовою та квадратурно-амплітудною модуляцією. Показано, що перехід від позиційного кодування передаваної інформації до сучасних методів модуляції сигналів, що передаються, дозволяє суттєво зменшити часову базу сигналів, що призводить до збільшення завадозахисту запитальних каналів передачі інформації.

Ключові слова: запитальні канали передачі, позиційне кодування, завадозахист.

Постановка проблеми й аналіз літератури. Відомо [1], що запитальні канали передачі інформації (КПІ) запитальних систем спостереження (СС) використовується для передачі польотної інформації (ПІ) з борту повітряного об'єкта (ПО) на наземні пункти обробки інформації. При цьому відомо, що в цей час використовуються два стандарти передачі ПІ: режим RBS і режим УПР. Вони відрізняються друг від друга, як принципом кодування, так і часовою базою для передачі повідомлень. Режим УПР, на відміну від режиму RBS, більш інформативний, але й має значну часову базу, що затрудняє отримання ПІ з даного каналу при наявності ПО на однакових азимутах, щодо запитувача. Однак побудова запитальних СС та запитальних КПІ на принципах відкритих систем масового обслуговування з відмовами не дозволяє реалізацію завадостійких каналів передачі [2-4]. Перехід запитальних СС до режиму S не створив умов для переходу до завадостійких КПІ, тому що не змінив принципи побудови останніх. Використання ж позиційного кодування передаваної інформації не дозволяє ні збільшити кількість розрядів передаваної інформації, оскільки зменшиться завадостійкість, ні енергетично приховати ці сигнали, що вказує на низку скритності запитальних КПІ. Таким чином, існуючі запитальні КПІ не є завадозахищеними, і як наслідок, не можуть реалізувати потенційну пропускну спроможність.

Мета роботи. Підвищення якості передачі інформації запитальними каналами передачі.

Основна частина. Для кодування інформації у запитальних КПІ використовується позиційний код, виявлення якого здійснюється по часовому збігу окремих позицій. Ця обставина призводить до неможливості збільшення

кількості передаваних розрядів інформації без зменшення завадостійкості і потребує збільшення енергетичних характеристик цих сигналів, що зменшує їх прихованість.

Розглянемо можливість використання сучасних методів модуляції у запитальних каналах передачі як польотної інформації, так і інформації яку регламентує залежне автоматичне спостереження [1]. Тобто будемо вважати, що об'єм передаваної інформації дорівнює об'єму, що відповідає автоматичному залежному спостереженню, у склад якого входить координатна інформація повітряного об'єкту. Це дозволяє реалізувати завадостійкі запитальні канали передачі інформації, запропоновані у [5,6].

Будемо вважати, що у запитальному КПІ реалізується цифрова передача інформації та сучасні методи модуляції сигналів. Для передачі інформації у цифровому вигляді використовуються системи сигналів $\vec{X} = \|X_{si}(t)\|$, де $i = \overline{1, N}$, N – кількість сигналів.

Найбільш перспективними сигналами для використання у запитальних каналах передачі можуть бути:

- сигнали з фазовою модуляцією (ФМ);
- сигнали з квадратурно-амплітудною модуляцією (КАМ).

Наведемо порівняльну характеристику цих систем сигналів при використанні їх у запитальних каналах передачі інформації. Показником якості запитального каналу передачі оберемо імовірність помилки на біт інформації, яка визначається, наприклад, для гавсівського каналу та двійкової модуляції як

$$P_g = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{D_{1,2}}{2N_0}} \right) \right],$$

де $N_0 = kT_{ch} \Delta F$ – спектральна щільність білого шуму; k – постійна Больцмана; T_{ch} – шумова температура, ΔF – смуга частот прийому;

$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt$ – функція Лапласа, $D_{1,2}$ – енергетична відстань між сигналами.

Відстань між сусідніми сигналами з $M = 2^k$ фазами в загальному випадку визначається наступним чином:

$$D_{i,i+1} = 2\sqrt{E} \sin(\pi/M). \quad (1)$$

Відстань між сусідніми сигналами для СС з КАМ модуляцією визначається як

$$D_{i,i+1} = \sqrt{2E} (\sqrt{M} - 1)^{-1}. \quad (2)$$

Будемо вважати, що відстань між ПО та запитувачем складає r . Тоді щільність потоку енергії, котра утворюється випроміненим сигналом у місці

розміщення приймальної антени, яка знаходиться на відстані r від антени, що випромінює, складе $S_{pr} = PG/4\pi r^2$, де P – потужність передавача, G – коефіцієнт підсилення антени передавача. Потужність сигналу на вході приймача, у цьому разі, можливо записати як

$$P_p = S_p A = \frac{PGA}{4\pi r^2}, \quad (3)$$

де A – ефективна площа антени приймача.

Для виявлення сигналів необхідно, щоб відношення сигнал/шум було більше порогового. Відношення сигнал/шум можна оцінити на основі наступного виразу $q = \sqrt{P_p/N_0}$. Враховуючи (1) та швидкість кодування $V_k = k/n$ отримуємо імовірність P_e при передачі рівномірних сигналів фазової модуляції:

$$P_e = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{2PGAn}{4\pi r^2 N_0 k}} \sin \frac{\pi}{M} \right) \right]. \quad (4)$$

Використав (2), можливо отримати вираз імовірності помилки на біт інформації при використанні у запитальному каналі КАМ сигналів. Розрахунки імовірності помилки на біт інформації при використанні фазової модуляції сигналів у каналі передачі польотної інформації запитальних систем спостереження наведено на рис. 1-2.

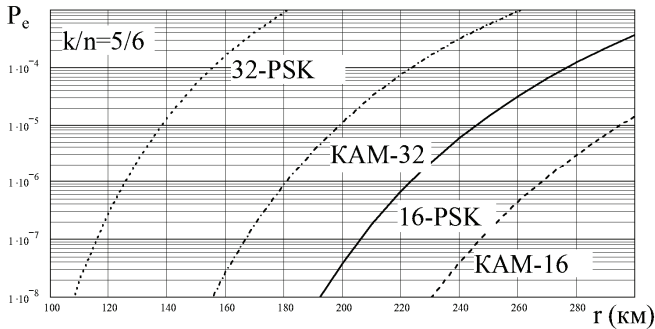


Рисунок 1 – Імовірність помилки від відстані

Наведені розрахунки показують задовільні імовірності помилки на біт інформації при використанні у запитальному каналі передачі інформації сигналів 16- та 32-PSK. При використанні КАМ сигналів ці імовірності ще значно покращуються.

Таким чином можливо стверджувати, що при використанні існуючих відповідачів ПО вдасться забезпечити достатньо добрі показники імовірності помилки на біт інформації при передачі польотної інформації у всій зоні обслуговування. При цій імовірності помилки на біт інформації можливо забез-

печити передачу не тільки ПІ, а й координатної та службової інформації згідно з рекомендаціями ІСАО.

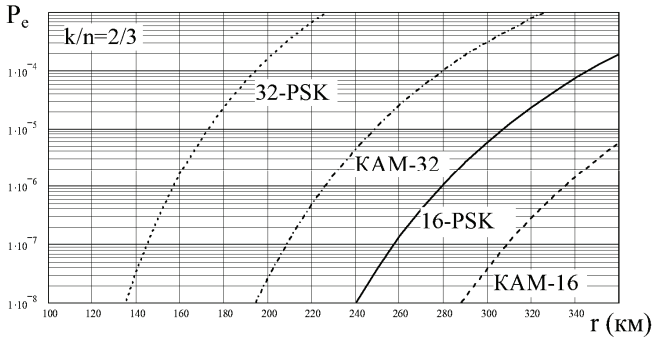


Рисунок 2 – Ймовірність помилки від відстані

Проведемо порівняльний аналіз часової бази сигналів відповіді при використанні позиційного коду та сучасних видів модуляції, котрі розглянуті у роботі, при передачі 12-розрядного коду (існуюча ситуація) та при збільшенні числа розрядів до 50 та 100. Відомо, що для передачі 12-розрядного коду відповіді у існуючому стандарті використовується часова база 20,3 мкс, тобто кожний розряд інформації займає 1,45 мкс. Це дозволяє записати вираз для розрахунку часової бази коду відповіді при використанні позиційного коду як

$$T_{pk} = 20,3 + 1,45 \cdot (N - 12).$$

При використанні ФМ та КАМ сигналів їх тривалість дорівнює $\tau_i = 1/P$, де P – ширина смуги пропуску приймача існуючих запитальних каналів передачі інформації (як правило $P = 5\text{МГц}$). З урахуванням швидкості кодування часову базу коду відповіді можливо записати як

$$T_{pk} = \left\lceil \frac{\tau_i \cdot N \cdot k}{K \cdot n} \right\rceil,$$

де K – значність модуляції.

Розрахунки часової бази за наведеними виразами дано в таблиці.

Таблиця – Розрахунки часової бази

Кількість розрядів коду	Часова база для ПК, мкс	Часова база для $K = 16$, мкс		Часова база для $K = 32$, мкс	
		$V_k = 2/3$	$V_k = 5/6$	$V_k = 2/3$	$V_k = 5/6$
12	20,3	0,4	0,4	0,2	0,2
50	75,4	1,0	0,8	0,6	0,4
100	147,9	2,0	1,6	1,0	0,8

Наведені розрахунки показують суттєве зменшення часової бази сигнала

лу відповіді при використанні сучасних методів модуляції у порівнянні з існуючим позиційним кодом.

Висновки. Показано, що перехід від використання позиційного коду до сучасних методів модуляції дозволяє зменшити часову базу сигналів при передачі інформації від ПО до наземних пунктів управління, що забезпечує підвищення завадостійкості і скритності запитальних каналів передачі даних.

Список літератури: 1. Агаджанов П. А. Автоматизация самолетовождения и управления воздушным движением / П. А. Агаджанов, В. Г. Воробьев, А. А. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1980. – 342 с. 2. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / В. В. Ткачев, Ю. Г. Даник, С. А. Жуков та ін. – К.: МОУ, 2004. – 342 с. 3. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / В. В. Ткачев, Ю. Г. Даник, С. А. Жуков, І. І. Обод, І. О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 271 с. 4. Обод И. И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации / И. И. Обод. – М.: ЦИИТ, 1998. – 118 с. 5. Пат. на корисну модель № 58523, Україна. Запитальний спосіб передачі інформації / Обод І. І., Свид І. В.

Надійшла до редколегії 19.10.2012

УДК 621.396.96

Оцінка якості передачі інформації запитальними каналами передачі при використанні сучасних методів модуляції / І. І. Обод, І. В. Свид, В. В. Шевцова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – № 52 (958). – С. 133-137. – Бібліогр.: 5 назв.

У статті досліджується якість передачі інформації запитальними каналами передачі при використанні сигналів з фазовою та квадратурно-амплітудною модуляцією. Показано, що перехід від позиційного кодування передаваної інформації до сучасних методів модуляції сигналів, що передаються, дозволяє суттєво зменшити часову базу сигналів, що призводить до збільшення завадозахисту запитальних каналів передачі інформації.

Ключові слова: запитальні канали передачі, позиційне кодування, завадозахист.

The article examines the quality of transmission requesting transmission channels using signals with phase and quadrature-amplitude modulation. It is shown, that the transition from positional encoding information transmitted to the modern modulation signals transmitted allows significantly reduce the time base signals, leading to increased noise immunity requesting information channels.

Keywords: requesting transmission channels, position encoding, noise immunity.