

УДК 621.391

С.Г. Рассомахін, М.Ф. Линник

Об'єднаний науково-дослідний інститут Збройних Сил, Харків

## ЯКІСТЬ ПЕРЕДАЧІ ПОСЛІДОВНОСТІ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ ПРИ ОБМЕЖЕННІ СМУГИ ПРОПУСКАННЯ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

*Проведено дослідження якості передачі послідовності паралельних фазово-частотно-модульованих сигналів при обмеженні смуги пропускання каналу передачі даних. Обґрунтовано, що при передачі послідовності сигналів в умовах обмеження, завадостійкість кожного сигналу залежить від попередніх сигналів. Смуга пропускання каналу передачі даних повинна бути не менше ефективної ширини спектра будь-якого із сигналів, утворюючих ансамбль, що застосовується для передачі інформації.*

*складний сигнал, смуга пропускання сигналу передачі даних*

### Вягуп

У даний час стрімкі процеси глобальної інформатизації змушують впроваджувати системи передачі даних (СПД), в яких досягаються швидкість і вірність інформаційного обміну, близькі до граничних. Незважаючи на це, канали передачі даних, як і раніше, залишаються найкритичнішим і «вузьким» руслом для зростаючих інформаційних потоків. З об'єктивних причин фізичних обмежень і взаємних завад швидкодія каналів передачі даних все більш відстає від потреб абонентів систем передачі даних. Розробка і виробництво високоефективних СПД

нерозривно пов'язані з оптимізацією процесів передачі й обробки інформації [1].

Спроможності підвищення ефективності СПД за рахунок вдосконалення методів модуляції і кодування значною мірою вичерпані. Нині для знаходження нових шляхів високошвидкісної передачі даних все частіше як носії інформації застосовують складні сигнали [2]. Однак у багатьох випадках фактичні показники якості передачі інформації виявляються гірші за очікувані розрахункові значення, що є результатом некоректного визначення необхідної смуги частот для передачі послідовності складних сигналів із певними вимогами якості.

**Аналіз літератури.** У [3] для підвищення частотної ефективності використання радіочастотного діапазону і швидкості передачі інформації запропоновано застосовувати в системах передачі даних паралельні фазово-частотно-модульовані (ПФЧМ) сигнали виду  $Lf-M\phi$ , де  $L$  – кількість піднесучих частот  $f$ , кожна з яких має  $M$  варіантів модуляції за фазою  $\phi$ .

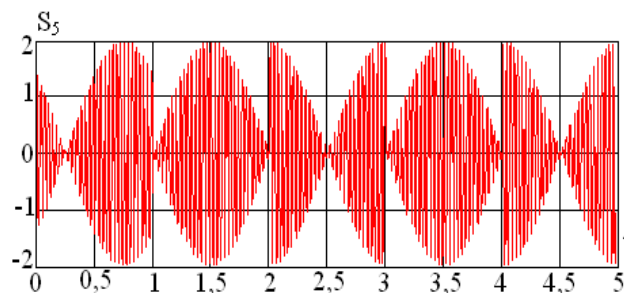
У [4] розроблена методика опису спектральних характеристик даних сигналів, основною відмінністю якої є те, що визначення ефективної ширини енергетичного спектра повинне здійснюватися не «в середньому», як прийнято в роботах [5, 6], а для кожної конкретної реалізації ПФЧМ сигналу з урахуванням значень модуляційних параметрів: частоти і фази, як на поточному, так і на сусідніх інтервалах модуляції.

У [7] проведені дослідження впливу обмеження смуги пропускання каналу на якість передачі одиночного паралельного фазово-частотно-модульованого сигналу. Але при цьому не враховували вплив на якість передачі сигналу попередніх сигналів, які передавалися, та наступних сигналів.

**Метою статті** є представлення результатів досліджень якості передачі послідовності паралельних фазово-частотно-модульованих сигналів при обмеженні смуги пропускання каналу передачі даних.

## ОЯВНИЙ МАТЕРІАЛ

Послідовність  $N$  сигналів може бути представлена таким виразом:



$$S_N(t) = \sum_{i=1}^N s_i(t) [\Phi(t - (i-1)) - \Phi(t - (i-1) - T)], \quad (1)$$

де  $\Phi(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x \geq 0; \\ 0 & \text{при } x < 0 \end{cases}$  – функція Хевісайда;  $T$  – тривалість сигналу.

Розглянемо серію із п'яти підряд слідуючих довільних ПФЧМ сигналів ансамблю вигляду  $2f-4\phi$ :

$$S_5(t) = \Phi_1 \cdot \left\{ \sin \left[ \left( f_0 - \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] + \cos \left[ \left( f_0 + \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] \right\} + \\ + \Phi_2 \cdot \left\{ \sin \left[ \left( f_0 - \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] - \sin \left[ \left( f_0 + \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] \right\} + \\ + \Phi_3 \cdot \left\{ \sin \left[ \left( f_0 - \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] + \sin \left[ \left( f_0 + \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] \right\} + \\ + \Phi_4 \cdot \left\{ \sin \left[ \left( f_0 - \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] + \sin \left[ \left( f_0 + \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] \right\} + \\ + \Phi_5 \cdot \left\{ \cos \left[ \left( f_0 - \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] + \cos \left[ \left( f_0 + \frac{1}{2T} \right) 2\pi t \right] \right\}. \quad (2)$$

Здійснимо моделювання процесу обмеження спектра даної серії, аналогічно дослідженням у [7] для одиночного сигналу, з подальшим прийняттям рішення про переданий сигнал із номером  $i=3$  (сигнал, розташований у середині групи, відчуває дію двох попередніх і двох наступних сигналів). На рис. 1 показана реалізація послідовності із п'яти сигналів та її енергетичний спектр, обчислений за методом БПФ (при  $T=1$  з  $f_0=30$  Гц).

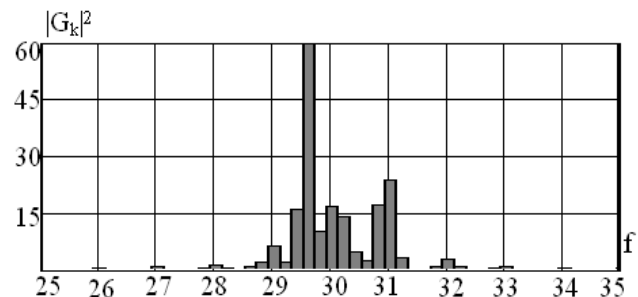


Рис. 1. Характеристики серії підряд слідуючих сигналів

У [4] обґрунтовано, що ансамбль сигналів вигляду  $2f-4\phi$  має три групи сигналів із різною ефективною шириною спектра  $\Delta F$ .

На рис. 2 представлені результати моделювання обмеження спектра послідовності сигналів  $|G_k|^2$ :

а) за рівнем 90% енергії сигналів першої групи  $\Delta F = 4,13/T$ ;

б) за рівнем 90% енергії сигналів другої групи  $\Delta F = 2,28/T$ ;

в) за рівнем 90% енергії сигналів третьої групи  $\Delta F = 1,56/T$ . При максимальному обмеженні спектра

послідовність практично втрачає свої видимі інформативні властивості.

## ВИЯВОВОК

При передачі послідовності паралельних фазово-частотно-модульованих сигналів в умовах обмеження смуги пропускання каналу передачі даних завадостійкість кожного сигналу залежить не тільки від власних втрат, але і від дії сигналів, які передавалися раніше та в подальшому.

Смуга пропускання каналу передачі даних повинна бути не менше ефективної ширини спектра

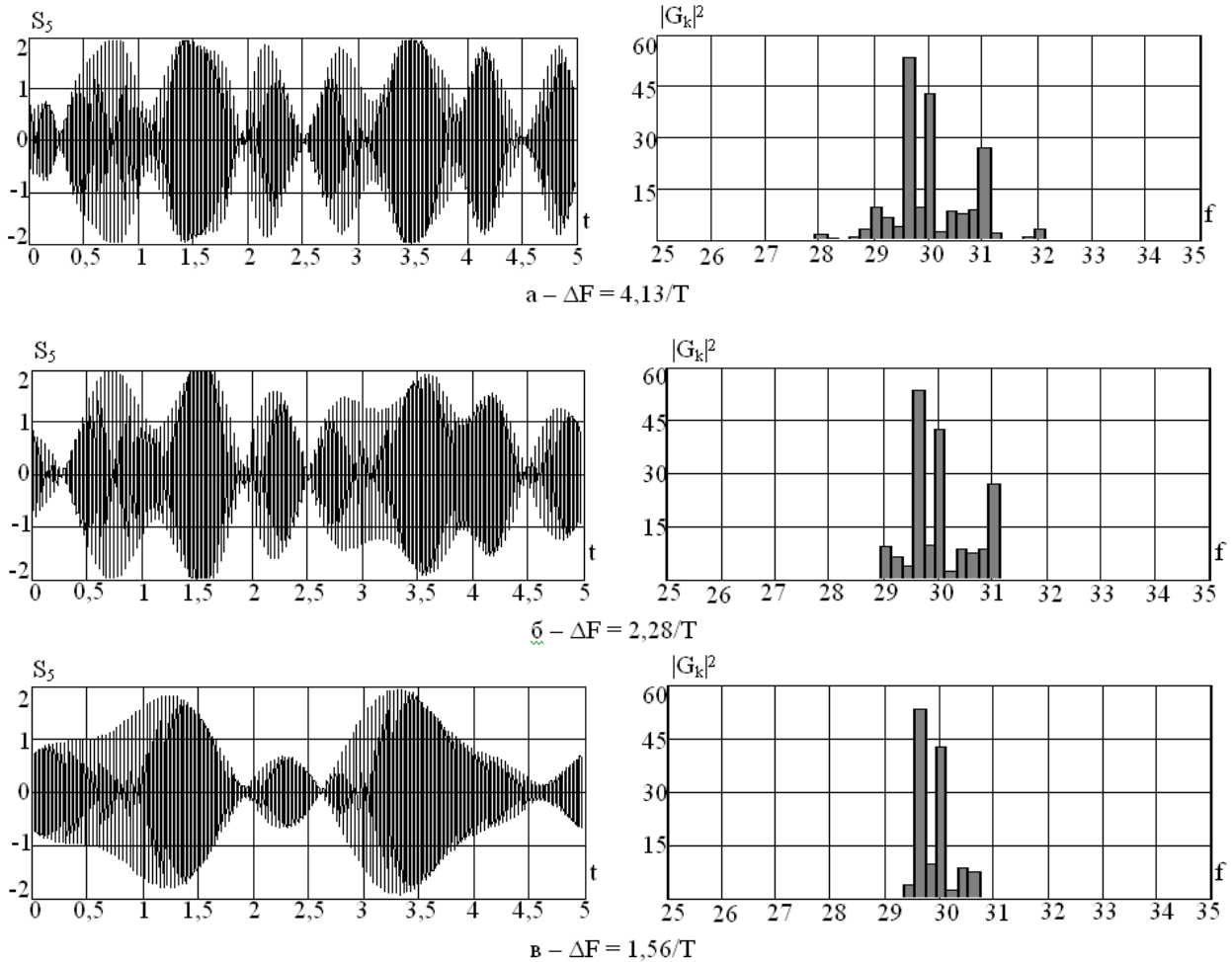


Рис. 2. Вплив обмеження спектра на характеристики послідовності сигналів ансамблю  $2f-4\phi$

будь-якого із сигналів, що утворюють ансамбль, які застосовується для передачі інформації.

Визначення смуги пропускання "в середньому" погіршує якість передачі послідовності ПФЧМ сигналів.

### Список літератури

1. Сорока Л.С. Основы теории минимально-избыточных сигналов. Математические методы и средства обработки: Монография. – Х.: МОУ, ОНИИ ВС, 2005. – 280 с.
2. Денисенко А.Н. Сигналы. Теоретическая радиотехника. Справочное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 704 с.
3. Линник М.Ф., Рассомахин С.Г., Малахов С.В. Метод формирования оптимальных частотно-эффективных ансамблей параллельных многофазных многочастотных сигналов для передачи информации // Системы управления, навигации та зв'язку. – К.: ЦНДІ навігації і управління. – 2007. – Вип. 2. – С. 65-67.

4. Рассомахин С.Г., Линник Н.Ф., Авиллов В.А. Исследование явления интерференции параллельных фазо-частотно-модулированных сигналов с двукратной фазовой манипуляцией // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 5 (21). – С. 224-226.

5. Ирвин Дж., Харль Д. Передача данных в сетях: инженерный подход. – С.-Пб.: «БХВ-Петербург», 2003. – 405 с.

6. Макаров С.Б., Цикин И.А. Передача дискретных сообщений по радиоканалам с ограниченной полосой пропускания. – М.: Радио и связь, 1988. – 304 с.

7. Линник Н.Ф. Влияние ограничения полосы пропускания канала связи на качество передачи сложного сигнала // Системы обработки информации – Х.: МОУ. – 2007. – Вип. 3 (61). – С. 46-48.

Надійшла до редколегії 4.04.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. Л.С. Сорока, Об'єднаний науково-дослідний інститут Збройних Сил, Харків.