

## ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СУПУТНИКОВИХ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

Досліджено розширений клас сигналів, що застосовуються в СРНС та розглянуто можливості їх формування на основі багатопозиційних ПВП, що дозволяють використовувати і багатопозиційні підносійні ПВП. Досліджено характеристик нових модифікацій сигналів і механізми їх обробки. Розглянуті сигнали, що забезпечують підвищення електромагнітної сумісності СРНС, збільшення завадостійкості абонентських приймачів та підвищення точності позиціонування.

**Ключові слова:** супутникова радіонавігаційна система, псевдовипадкова послідовність, завадостійкість, спектр сигналу.

### *Abstract*

Investigational extended class of signals, which are used in SRNS and possibilities are considered their forming on the basis of multiposition PRS, which allow to use and multiposition підносійні of PRS. Investigational descriptions of new modifications of signals and mechanisms of their treatment. Considered signals, which provide the increase of electromagnetic compatibility of SRNS, increase of завадостійкості of subscriber transceivers and increase of exactness of positioning.

**Keywords:** satellite radio navigation system, pseudorandom sequence, noise immunity, signal spectrum.

### **Вступ**

В даний час в багатьох додатках необхідна точність позиціонування становить менше метра при реалізації єдиних принципів формування застосовуваних сигналів на всіх супутникових радіонавігаційних системах (СРНС). Це повинно привести до якісного стрибка в забезпеченні електромагнітної сумісності великої кількості військових і цивільних СРНС, що працюють в L-діапазоні, а також можливості використання малогабаритних абонентських терміналів для прийому сигналів від декількох супутникових систем одночасно.

Метою цієї роботи є розширення класу сигналів, що застосовуються в СРНС, тобто розгляд можливості їх формування на основі багатопозиційних псевдовипадкових послідовностей (ПВП), що дозволяють використовувати і багатопозиційні підносійні ПВП, а також дослідження характеристик цих нових модифікацій сигналів і розробка механізмів їх обробки.

### **Результати дослідження**

В сучасних СРНС застосовуються сигнали з маніпульованою носійною, основний кореляційний пік яких «розщеплюється» на кілька піків, що призводить до розщеплення і зміщення в область більш високих і нижчих частот щодо несучої частоти його енергетичного спектра.

При парному  $N_M$  спектр сигналу з маніпульованою носійною розщеплюється, і з'являються два його бічних пелюстки, зміщених щодо несучої частоти на  $\pm F_M$ , а ступінь «зміщення» пелюсток щодо несучої частоти визначається значенням  $N_M$ . Це призводить до можливості «м'якого» частотно-кодowego розділення сигналів різних СРНС, які працюють в загальному частотному діапазоні на одній і тій же частоті, коли їх спектри рознесені, але частково перекриваються, а додатковий поділ сигналів здійснюється за визначеною формою.

Таким чином, показано, що відношення сигнал/шум, що вимагається для вимірювання параметрів навігаційного сигналу з допустимою похибкою в системах з сигналами меандрового типу досягається

при частковому їх рознесенню по частоті. Але при кодовому поділі сигналів основним ресурсом, що дозволяє підвищити відношення сигнал/шум є значення бази вимірювального сигналу. Будь-яке необхідне значення останнього може бути забезпечено при збільшенні ширини загальної смуги частот  $\Delta F_s$ , в якій працюють всі користувачі, а також тривалості оброблюваного в приймачі сигналу  $T_s$ . Тобто при заданій  $\Delta F_s$  - тривалості оброблюваного сегмента застосовуваних ПВП  $N_s$  [43].

При збільшенні  $\Delta F_s$  традиційних шумоподібних сигналів зменшується тривалість основного піку їх АКФ, а також збільшується його «гострота», що додатково покращує точність вимірювання часу. У той же час АКФ сигналів з маніпульованою носійною мають значні бічні піки в області «високої кореляції».

Таким чином, бінарні меандрові сигнали дозволяють підвищити точність вимірювання часу і ефективність використання спектра одночасно декількома навігаційними системами, в порівнянні з традиційними шумоподібними сигналами, лише тоді, коли в приймачах користувачів застосовуються відносно прості алгоритми обробки при обчисленні АКФ ПВП.

В результаті огляду базових характеристик сучасних СРНС показано, що точність позиціонування становить приблизно 3-5 метрів. Для подальшого підвищення точності застосовуються диференціальні методи (DGPS) із залученням наземних систем і мереж, що призводить до територіальних обмежень можливості проведення високоточних навігаційних вимірювань. Показано, що на основі традиційних двійкових ФМн сигналів, що формуються з використанням М-подібних послідовностей, можна підвищити точність позиціонування при істотному збільшенні їх довжин, оброблюваних в приймачі користувача і розширення робочої смуги частот, що призводить до суттєвого ускладнення приймача користувача.

## Висновки

Встановлено, що альтернативою шумоподібним сигналам в даний час вважаються бінарні меандрові сигнали, що дозволяють забезпечити часткове рознесення спектрів сигналів, що мають одну і ту ж носійну частоту. Тобто, крім традиційного кодового поділу, вони забезпечують ще й часткове частотне розділення, що призводить до зменшення рівня взаємних завад, яке раніше досягалося шляхом збільшення довжини застосовуваних ПВП. Передбачається, що ці сигнали будуть мати покращені характеристики кореляційних функцій і енергетичних спектрів, в порівнянні з сигналами з маніпульованою носійною, що призведе до підвищення електромагнітної сумісності СРНС, збільшення завадостійкості абонентських приймачів і більш високої точності позиціонування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горгадзе С.Ф., Бойков В.В. Измерительные сигналы с многопозиционными поднесущими для спутниковых радионавигационных систем. - М.: Радиотехника и электроника, №2, 2014.
2. Болнокин В.Е., Малиничев Д.М., Бойков В.В. Анализ корреляционных свойств многозначных М-последовательностей. - М.: Динамика сложных систем – XXI век, №4, 2012.
3. Перов А.И., Захарова Е.В., Шатилов А.Ю. Анализ точности задержки навигационного сигнала с модуляцией ВОС(1,1) для различных типов дискриминаторов задержки. - М.: Радиотехника, 2011, №6.

**Васильківський Микола Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет

**Стальченко Олександр Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет

**Мельник Олексій Олександрович** — студент групи АРЗ-18м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Vasylykivskiy Mykola V.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Stalchenko Oleksandr V.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Melnyk Olexsiy O.** — Department of Infocommunications, radio electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia