

УДК 621.391

СЕРГІЙ ВАСИЛЕНКО

**АНАЛІЗ СИСТЕМИ СИНХРОНІЗАЦІЇ РАДІОЛІНІЇ З ПСЕВДОВИПАДКОВИМ ПЕРЕНАЛАШТУВАННЯМ РОБОЧОЇ ЧАСТОТИ**

Моральна застарілість і невідповідність сучасним вимогам заводо захищеності та заводостійкості засобів радіозв'язку в умовах впливу навмисних заводо вимагає розробки та введення в експлуатацію заводо захищених засобів радіозв'язку нового покоління. Одним з ефективних методів підвищення заводо захищеності таких радіоліній є використання широкосмугових систем радіозв'язку (СРЗ) з псевдовипадковим переналаштуванням робочої частоти (ППРЧ). Необхідною умовою якісного прийому і обробки сигналів з ППРЧ, є точна синхронізація псевдовипадкових послідовностей (ПВП) приймача та передавача. Дана синхронізація досягається шляхом узгодження ПВП на приймальній стороні та підтриманні даного стану у процесі роботи. Узгодження ПВП передавача та приймача, а також задача пошуку сигналу в області частотно-часової невизначеності покладаються на систему синхронізації. У статті проводиться аналіз системи синхронізації радіолінії з ППРЧ.

**Ключові слова:** система радіозв'язку, широкосмугові сигнали, псевдовипадкове переналаштування робочої частоти, система синхронізації.

**Постановка проблеми.** Прийом та обробка будь-яких широкосмугових сигналів, включаючи сигнали, спектр яких розширюється методом ППРЧ, вимагають точної синхронізації між опорною ПВП приймача та прийнятою ПВП. У реальних умовах по цілому ряду причин (нестабільність генераторів ПВП, затримка сигналу при поширенні і т.д.) точний момент приходу сигналу на вхід приймача невідомий. Невідома (зміщена) у точці прийому може бути й частота прийнятого сигналу, у результаті доплерівського зсуву за рахунок відносного переміщення приймача й передавача. У статті частотний зсув сигналу не враховується і розглядається тільки синхронізація за часом (часова синхронізація). У цьому випадку на приймальній стороні повинні бути вжиті заходи по співпаданні у часі опорної та прийнятої ПВП і підтримці цього стану під час передачі повідомлення. Необхідні міри покладаються на систему синхронізації СРЗ [1, 2].

**Аналіз публікацій показав,** що ефективна робота СРЗ з ППРЧ може бути досягнута тільки у випадку, коли параметри прийнятого сигналу, у тому числі і його затримка в часі, відомі в точці прийому [3].

**Метою статті** є проведення аналізу роботи системи синхронізації СРЗ з ППРЧ.

**Виклад основного матеріалу.** Алгоритм роботи системи синхронізації СРЗ з ППРЧ визначається методами синхронізації, що застосовуються у даній системі, та принципами їх реалізації. У роботі розглядається типовий алгоритм системи синхронізації радіолінії з ППРЧ, який представляється у вигляді стратегії “пошук-захоплення-стеження” (див. рис. 1).

Відповідно до типового алгоритму на рис. 2 представлена узагальнена структурна схема системи синхронізації [4]. Сигнал, що приходить на вхід приймача, у зв'язку з неузгодженістю частотно-часових параметрів (затримки часу, фази) з параметрами сигналу опорного генератора ПВП, виходить за межі зони чутливості характеристики дискримінаторів ланцюга стеження, який при цьому виявляється розімкнений, і в режим стеження не переходить. Рішення про співпаданні прийнятого та опорного сигналів приймається за допомогою індикаторів захоплення, що містять порогові пристрої. У випадку не виявлення сигналу (поріг виявлення не перевищений) пристрій управління видає сигнал про перехід у режим пошуку, в процесі якого наближено оцінюються значення параметрів програми ППРЧ і у відповідності з

ними змінюються значення параметрів опорної програми. Після закінчення пошуку неузгодженість ПВП приймача та передавача зменшується настільки, що в індикаторі захоплення приймається рішення про виявлення сигналу і відбувається груба синхронізація. У цей же час з пристрою управління подається команда переходу до ланцюга стеження (режим точної синхронізації). На даному етапі індикатор захоплення не відключається, оскільки в системі синхронізації під дією завад можливе помилкове захоплення, а здійснює контроль стану захоплення під час обміну даними.

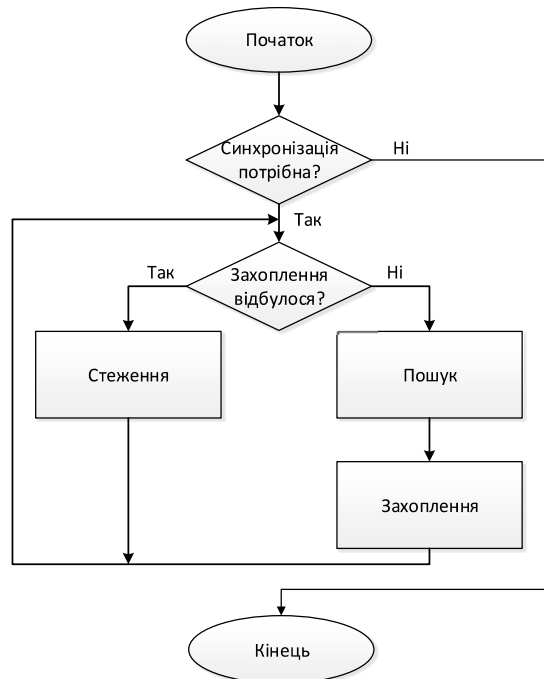


Рисунок 1 – Типовий алгоритм роботи системи синхронізації приймача з ППРЧ

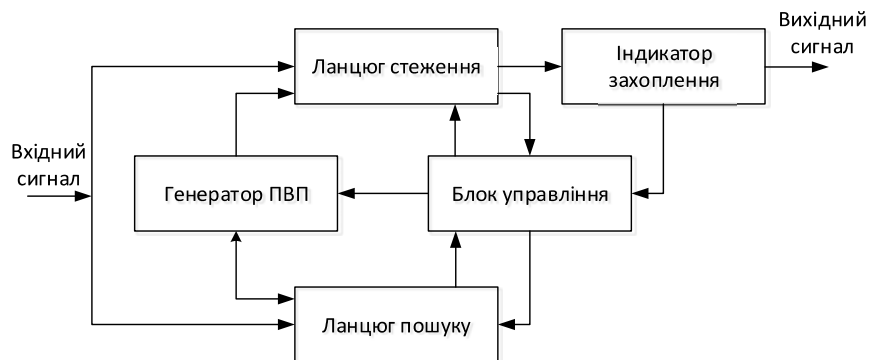


Рисунок 2 – Узагальнена структурна схема системи синхронізації

На ланцюг стеження покладаються функції забезпечення тактової і циклової синхронізації. Тактова синхронізація забезпечує синхронізацію радіостанцій за елементами сигналу, циклова – за циклами (блоками, кадрами) цих елементів [4].

Відомо, що при дії навмисних завад на систему тактової синхронізації якість зв'язку знижується, діючи ж на систему циклової синхронізації зв'язок може бути зірваний взагалі. Порушення тактової синхронізації більше ніж на півтакта внаслідок зсуву фаз кодових слів повідомлення на один такт (біт) вправо чи вліво може призвести до зриву циклової синхронізації. При періодичній циклової синхронізації цього зриву може не статись взагалі, або зв'язок буде відновлений тільки при наступному прийомі синхропослідовності (синхрокадру) [2].

Для подальших пояснень розглянемо типовий алгоритм входження в синхронізм радіостанцій з ППРЧ (див. рис. 3).



**Висновки.** Аналіз системи синхронізації СРЗ з ППРЧ показав, що нестабільність внутрішніх годинників радіостанцій породжує неспівпадання в часі частотних позицій передавача та приймача, що призводить до втрати частот входження.

Даний недолік може бути усунений шляхом зменшення кількості частот входження в циклі приймача. У цьому випадку зі списку частот входження приймача (яких рівно стільки ж, скільки і у передавача) викреслюється деяка тотожна кількість перших і останніх частот.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В.В. Лосев, Е.Б. Бродская, и В.И. Коржик. *Поиск и декодирование сложных дискретных сигналов*. Москва, Россия: Радио и связь, 1988.
- [2] С.С. Свириденко. *Основы синхронизации при приеме дискретных сигналов*. Москва, Россия: Связь, 1974.
- [3] В.И. Журавлёв. *Поиск и синхронизация в широкополосных системах*. Москва, Россия: Радио и связь, 1986.
- [4] В.И. Борисов, В.М. Зинчук, А.Е. Лимарев, Н.П. Мухин, и В.И. Шестопалов. *Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью*. Москва, Россия: Радио и связь, 2003.

Стаття надійшла до редакції 30.03.2016.

### REFERENCE

- [1] V.V. Losev, E.B. Brodskaja, and V.I. Korzhik. *Search and decoding of complex discrete signals*. Moscow, Russia: Radio i sviaz, 1988.
- [2] S.S. Sviridenko. *Fundamentals of synchronization when receiving digital signals*. Moscow, Russia: Sviaz, 1974.
- [3] V.I. Zhuravlev. *Search & sync in broadband systems*. Moscow, Russia: Radio i sviaz, 1986.
- [4] V.I. Borisov, V.M. Zinchuk, A.E. Limarev, N.P. Mukhin, and V.I. Shestopalov. *Immunity systems radio by spreaded spectrum signal with modulation carrier by pseudo-random sequence*. Moscow, Russia: Radio i sviaz, 2003.

СЕРГЕЙ ВАСИЛЕНКО

### АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ РАДИОЛИНИИ С ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ

Моральная устарелость и несоответствие современным требованиям помехозащищенности и помехоустойчивости средств радиосвязи в условиях воздействия преднамеренных помех требует разработки и введения в эксплуатацию помехозащищенных средств радиосвязи нового поколения. Одним из эффективных методов повышения помехозащищенности таких радиолиний является использование широкополосных систем радиосвязи (СРС) с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). Необходимым условием качественного приема и обработки сигналов с ППРЧ, является точная синхронизация псевдослучайных последовательностей (ПСП) приемника и передатчика. Данная синхронизация достигается путем согласования ПСП на приемной стороне и поддержания данного состояния в процессе работы. Согласование ПСП передатчика и приемника, а также задача поиска сигнала в области частотно-временной неопределенности возлагаются на систему синхронизации. В статье проводится анализ системы синхронизации радиолинии с ППРЧ.

**Ключевые слова:** система радиосвязи, широкополосные сигналы, псевдослучайная перестройка рабочей частоты, система синхронизации.

SERHII VASYLENKO

## **ANALYSIS SYSTEM CLOCK RADIO RESET WITH A FREQUENCY HOPPING SPREAD SPECTRUM**

Obsolete and outdated noise immunity and immunity of radio communication equipment in conditions of jamming requires the development and introduction of the anti-interference means a new generation of radio. One of the most effective methods to increase the noise immunity of radio links is the use of broadband radio systems with a frequency hopping spread spectrum (FHSS). A necessary condition for good reception and processing of signals with FHSS, there is a precise synchronization pseudo-random sequence (PRS) receiver and transmitter. This synchronization is achieved by aligning the PRS at the receiving side, and keeping this state during operation. Matching PRS transmitter and receiver, as well as the task of finding a signal in the time-frequency uncertainty assigned to the synchronization system. The algorithm of the synchronization of the system is determined by the synchronization methods used in this system, and the rules for their implementation. The paper deals with a typical algorithm of the receiver synchronization system with FHSS, which is presented in the form of “search-seizure-track” strategy. In accordance with the synchronization algorithm is presented a generalized block diagram of the synchronization subsystem RCS with FHSS. Considered as an example of a typical timing diagram of the algorithm acquisition synchronization radiostation with FHSS, in which two options are detailed variances starting time of the receiver relative to the transmitter.

**Keywords:** radio communication system, wideband signals, frequency hopping spread spectrum, synchronization system.

**Сергій Вікторович Василенко**, аспірант, Державний заклад ”Інститут спеціального зв’язку та захисту інформації Національного технічного університету України ”Київський політехнічний інститут”, Київ, Україна.

E-mail: [sirx0308@gmail.com](mailto:sirx0308@gmail.com).

**Сергей Викторович Василенко**, аспирант, Государственное учреждение ”Институт специальной связи и защиты информации Национального технического университета Украины ”Киевский политехнический институт”, Киев, Украина.

**Serhii Vasylenko**, postgraduate student, State institution ”Institute of special communication and information protection of National technical university of Ukraine “Kyiv polytechnic institute”, Kyiv, Ukraine.

УДК 631.937.33

ДЕНИС БАХТІЯРОВ

## **ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДОСТУПНОСТІ ЗАСОБІВ ЗВ’ЯЗКУ З БПЛА В УМОВАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПРОТИДІЇ З БОКУ ПРОТИВНИКА**

В даній статті проводилась порівняльна оцінка енергетичної доступності засобів радіозв’язку з безпілотними літальними апаратами, що показала можливість виконання просторової умови радіозаглушення засобами радіоелектронної боротьби для всіх розглянутих ліній радіозв’язку. Енергетична умова радіозаглушення виконується гарантовано тільки для ліній радіозв’язку, організованих на основі дискретних та широкосмугових систем модуляції без застосування завадостійкого кодування. Для дискретних систем модуляції і

© Д. Бахтіяров