

## **Розробка імпульсної надширокопосмугової системи радіозв'язку терагерцового діапазону частот**

## **Разработка импульсной сверхширокополосной системы радиосвязи терагерцового диапазона частот**

## **Terahertz ultra wideband communication system development**

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0117U000442**
- 2. Науковий керівник - к.т.н., проф. Наритник Т.М., Нарытник Т.Н., Narytnyk T.M.**

### **3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

Вперше в Україні розроблено макетний зразок телекомунікаційної системи радіозв'язку терагерцового діапазону 130-132 ГГц типу «точка-точка» на основі використання імпульсних надширокопосмугових сигналів для локальних комп'ютерних мереж та сенсорних мереж передачі інформації, створений на запропонованому авторами неенергетичному методі приймання імпульсних надширокопосмугових радіосигналів.

Теоретично запропоновано і експериментально перевірено метод "прямої" генерації надширокопосмугового імпульсного сигналу для терагерцового діапазону. Спроектовано експериментальний макет для дослідження передавання та приймання методом гетеродинування імпульсного надширокопосмугового сигналу наносекундної тривалості через радіоканал терагерцового діапазону 130-132 ГГц.

Розроблено імітаційну модель та структурну схему передавача імпульсних надширокопосмугових сигналів для передавального тракту та приймача на основі метода «неенергетичного» прийому для приймального тракту радіоканалу терагерцового діапазону.

Спроектовано експериментальні макети елементів та вузлів передавального та приймального трактів терагерцового діапазону з використанням технологій фотоніки та мікрохвильової електроніки, запропоновано нові схемно-технологічні рішення створення в терагерцовому діапазоні гетеродина на основі квазіоптичних і просторових методів підсумовування потужності, більш високочутливих частотних перетворювачів з накачуванням на основній гармоніці і пристроїв з підвищеною частотною вибірковістю.

Розроблено рекомендації щодо побудови на основі технології використання імпульсних надширокопосмугових сигналів телекомунікаційної системи в терагерцовому діапазоні частот з оптимізованими характеристиками чутливості й вірогідності прийнятої інформації для локальних комп'ютерних мереж та сенсорних мереж передачі інформації, створення телекомунікаційної мережі безпроводового космічного радіозв'язку та радіозв'язку між аеростратосферними телекомунікаційними платформами.

**(рос.)**

Впервые в Украине разработан макетный образец телекоммуникационной системы радиосвязи терагерцового диапазона 130-132 ГГц типа «точка-точка» на основе использования импульсных сверхширокополосных сигналов для локальных компьютерных сетей и сенсорных сетей передачи информации, созданный на предложенном авторами неэнергетическом методе приема импульсных сверхширокополосных сигналов

Теоретически предложен и экспериментально проверен метод «прямой» генерации сверхширокополосного импульсного сигнала для терагерцового диапазона. Спроектирован экспериментальный макет для исследования передачи и приема методом гетеродинирования импульсного сверхширокополосного сигнала наносекундной длительности через радиоканал терагерцового диапазона 130-132 ГГц.

Разработана имитационная модель и структурная схема передатчика импульсных сверхширокополосных сигналов для передающего тракта и приемника на основе метода «неэнергетического» приема для приемного тракта радиоканала терагерцового диапазона.

Спроектированы экспериментальные макеты элементов и узлов передающего и приемного трактов терагерцового диапазона с использованием технологий фотоники и

микроволнової електроніки, пропонується нові схеми-технологічні рішення створення в терагерцовому діапазоні гетеродина на основі квазіоптичних і просторових методів суммування потужності, більш високочувствительних частотних перетворювачів з накачкою на основній гармоніці і пристроїв з підвищеною частотною вибірковістю.

Розроблені рекомендації по побудові на основі технології використання імпульсних сверхширокополосних сигналів телекомунікаційної системи в терагерцовому діапазоні частот з оптимізованими характеристиками чутливості і достовірності приймаємої інформації для локальних комп'ютерних мереж і сенсорних мереж передачі інформації, створенню телекомунікаційної мережі безпроводної космічної радіосвязи і радіосвязи між аеростратосферними телекомунікаційними платформами.

**(англ.)**

For the first time in Ukraine a prototype of the "point-to-point" wireless communication system in terahertz frequency band of 130-132 GHz was developed with usage of impulse ultra wideband signals for local computer networks and sensors data transmission networks which based on the proposed "non-energy" reception method of impulse ultra wideband signals.

The method of "direct" generation of impulse ultra wideband signal for the terahertz band is theoretically proposed and experimentally tested. The experimental layout was designed for the study of impulse ultra wideband signal of nanosecond duration transmission and reception by the method of heterodyne conversion through the wireless channel of the terahertz frequency band of 130-132 GHz.

The simulation model and the structural scheme of the impulse ultra wideband signals transmitter for the transmission path and the receiver based on the method of "non-energy" reception for the reception path of the terahertz frequency band wireless channel are developed.

The experimental layouts of the elements and nodes of the transmission and reception paths of the terahertz frequency band using photonics and microwave electronics technologies were designed. New circuit-technological solutions for heterodyne development in the terahertz frequency band on the basis of quasi-optical and spatial power summation methods, higher-frequency frequency converters with pumping on the main harmonic and devices with increased frequency selectivity were proposed.

The recommendations for development telecommunication system with optimized sensitivity characteristics and reliability of the information reception for the local computer networks and sensor networks, development of the wireless space communication and radio communication networks between aerostatospheric telecommunication platforms based on the technology of impulse ultra-broadband signals in the terahertz frequency band usage the are proposed.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Патент на корисну модель №116014. Мікрохвильова система широкодіапазонного бездротового доступу UMDS-sapGM / Наритник Т.Н., Казіміренко В.Я., Лутчак О.В., Єрмаков А.В. – опубл. 10.05.2017р. Бюл.№9;
- Патент на корисну модель №116168. Лінія зв'язку терагерцового діапазону / Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Лутчак О.В., Денбновецький С.В., Май О.В. –опубл. 10.05.2017р.. Бюл.№9;
- Патент на корисну модель №119706. Мікрохвильова система широкодіапазонного безпроводного доступу UMDS-ACE /Казіміренко В.Я., Лутчак О.В., Єрмаков А.В., Новогрудська Р.Л. – опубл. 10.10.2017, Бюл.№19.

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Розробка відповідає світовому рівню. Виконана робота є оригінальною і базується на використанні запропонованих авторами нових апаратно-програмних рішень і неенергетичного методу прийому, що не відноситься до класичного методу. Соціальний ефект від впровадження проекту полягає в забезпеченні надвисокошвидкісної комунікації людини із людиною та із зовнішнім світом як необхідного елемента забезпечення базових потреб суспільства щодо охорони здоров'я, безпеки, добробуту населення для сталого зростання економіки держави. Робота не має прямих аналогів у світовій науці і техніці.

## **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Укладено ліцензійний договір Л/18-1 від 04.01.2018р. на використання запатентованої корисної моделі, яка охороняється патентом України №108632 від 15.07.2016 р., виданим Державною службою інтелектуальної власності України (Бюл.№14 з пріоритетом від 29.01.2016). Виконано в інтересах НАТО загальноуніверситетський грант «ON PROJECT SPS 985217 - "DEVELOPMENT OF MINE AND IED RECOGNITION SYSTEM BASED ON ULTRAWIDEBAND TECHNOLOGY"».

## **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).**

Концерн РРТ та оператори стільникового мобільного зв'язку «Київстар», «Лайфсел», «Водафон» – при модернізації діючих мереж радіорелейного зв'язку. Науково-дослідні та проектно-конструкторські організації (Український науково-дослідний інститут зв'язку, ПАТ «ЕЛМІЗ», ОАО «Сатурн», ООО «Телекарт-Прибор») – при створенні нових систем радіозв'язку.

## **8. Стан готовності розробки.**

Макетні зразки окремих вузлів імпульсної надширокосмугової системи радіозв'язку: генератор імпульсних надширокосмугових сигналів, прийомопередавач терагерцового діапазону, загострювач фронтів імпульсів запуску на основі оптичного трансивера.

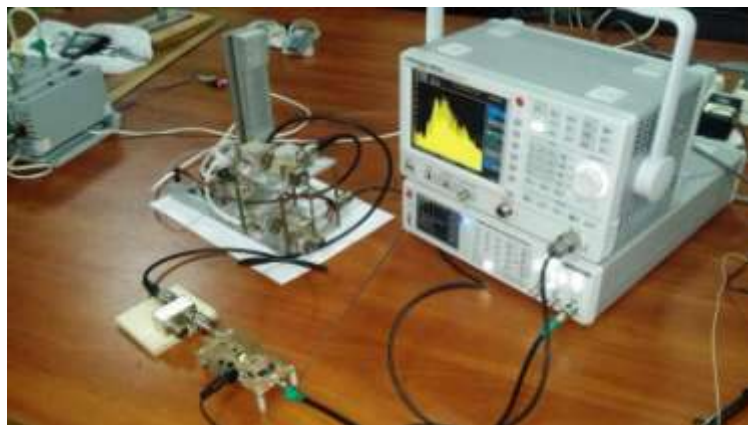
## **9. Існуючі результати впровадження.**

Результати роботи використовуються спільно з ВАТ «Меридіан» ім. С.П. Корольова (м. Київ) у рамках виконання робіт з проектування контрольно-вимірювальної апаратури субтерагерцового діапазону та Одеським обласним радіотелевізійним передавальним центром (м. Одеса) для створення засобів передачі для побудови надвисокошвидкісних (понад 1 Гбіт/с) транспортних розподільчих мереж.

## **10. Назва організації, телефон, E-mail**

НДІ телекомунікацій КПІ ім. Ігоря Сікорського, (067) 444-07-47. [director@mitris.com](mailto:director@mitris.com)

## **11. Фото розробки**



Макет для експериментального дослідження передавання імпульсних надширокосмугових сигналів через прийомопередавач терагерцового діапазону



Макетний зразок генератора імпульсних надширокопasmових сигналів



Балансний змішувач прийомопередавача терагерцового діапазону

## 12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Єрмаков А.В., Лутчак О.В. Перетворювач частоти для прийомопередавача безпроводової телекомунікаційної системи фіксованого зв'язку терагерцового діапазону // Електронне наукове фахове видання Журнал «Проблеми телекомунікацій».-Харків.-2017.-№1(20).-С.38-49.
2. Ильченко М.Е., Денбновецкий С.В., Нарытник Т.Н.,Лутчак А.В., Май А.В. Проектирование интегрального приемника терагерцового диапазона частот. Електронне наукове фахове видання – Журнал «Проблеми телекомунікацій».-Харків.-2017.-№1(20).-С.57-63.
3. Наритник Т.М., Авдєєнко Г.Л., Бунін С.Г., Єрмаков А.В., Лутчак О.В., Волков В.В. Обґрунтування частотних діапазонів для високошвидкісних безпроводових телекомунікаційних систем терагерцового діапазону// Електронне наукове фахове видання «Проблеми телекомунікацій».-№1 (20).-2017.-Харків.-С.103-112.
4. Наритник Т.М., Авдєєнко Г.Л., Бунін С.Г. Дослідження поширення терагерцових хвиль в атмосфері для проектування телекомунікаційних систем терагерцового діапазону.// Цифрові технології. - 2017. - №21.-С.17-24.
5. Ильченко М.Е. Система параметров интегрального приемника субмиллиметрового диапазона/ М.Е.Ильченко, С.В.Денбновецкий, Т.Н.Нарытник, А.В.Лутчак, А.В.Май//Цифрові технології. - 2017. - №21.-С. 59-63.
6. М. Pchenko, S. Denbnovetsky, T. Narytnik, O. Lutchak, O. May, A. Fisun, O. Bilous. Design of the 290...310 GHz frequency range integral receiver Telecommunications and Radio Engineering.-Vol.76.- 2017.- Number 15.- pp.1379-1390.
7. Авдєєнко Г.Л., Бунін С.Г., Наритник Т.Н. Терагерцові технології в телекомунікаційних системах. Частина 1. Обґрунтування частотного діапазону, проектування функціональних вузлів телекомунікаційних систем терагерцового діапазону// Научно-технический журнал «Авиационно-космическая техника и технология» .Харьков.-ХАИ.-2018.-№4 (148).-С.72-89.

8. T.M. Narytnyk. Telecommunications Principles of development of the terahertz band telecommunication system based on the technology of harmonic signal as the information carrier. *Telecommunications and Radio Engineering*, 77(16):1423-1440 (2018).
9. G. L. Avdeyenko, T.M. Narytnyk. Investigation and modeling of transmission of the DVB-C standard television signals and the pulse ultra-wideband signal via the terahertz band radio link *Telecommunications and Radio Engineering*, 77(17):1517-1533 (2018).
10. Сайко В., Наритник Т., Баховський П. Надвисокошвидкісний канал радіодоступу терагерцового діапазону для мобільних мереж 4-го та 5-го покоління *Технічні вісті*.-2018 /1 (47), 2(148)ISSN 1991-8149 (Print).-2412-5709 (On-line).
11. Авдєєнко Г.Л., Наритник Т. М., Бунін С. Г. «Терагерцові технології в телекомунікаційних системах. Частина 2. Дослідження та моделювання передавання телевізійних сигналів стандарту DVB-C імпульсного надширокосмугового сигналу радіолінією терагерцового діапазону» у фаховому журналі «Радіоелектронні і комп'ютерні системи» – ISSN 1814-4225. (2018, №3(87), стор.60-97).
12. Ільченко М.Ю., Наритник Т.Н., Капштик С.В. Мельник А.М. Стан і перспективи використання та розвитку супутникових телекомунікацій у світі та Україні (Частина 1) *Цифрові технології*. – №20-2016.-С.46-71
13. Ільченко М.Ю., Наритник Т.Н., Капштик С.В., Мельник А.М. Стан і перспективи використання та розвитку супутникових телекомунікацій у світі та Україні (Частина 2) *Цифрові технології*. – №20-2017.-С.25-55
14. Ільченко М.Ю., Наритник Т.Н., Капштик С.В. Мельник А.М. Стан і перспективи використання та розвитку супутникових телекомунікацій у світі та Україні (Частина 3) *Цифрові технології*. – №22-2017.-С.14-27
15. Ільченко М.Е., Денбновецький С.В., Нарытник Т.Н., Май А.В., Кузьмичев И.К. Высокостабильный генератор терагерцового диапазона с квазиоптическим открытым резонатором для суммирования мощностей. *Цифрові технології*. – №22-2017.-С.42-51
16. Наритник Т.М., Бунін С.Г., Авдєєнко Г.Л. Імітаційне моделювання передавання імпульсного надширокосмугового сигналу радіолінією терагерцового діапазону *Цифрові технології*. – №22-2017.-С.28-41
17. Ільченко М.Е., Нарытник Т.Н., Рассомакин Б.М., Присяжный В.И., Капштык С.В. Создание архитектуры «распределенного спутника» для низкоорбитальных информационно-телекоммуникационных систем на основе группировки микро и нано спутников *Научно-технический журнал «Авиационно-космическая техника и технология»*. Харьков.-ХАИ.--№2 (146).-2018г.-С.33-43
18. Ільченко М.Е., Нарытник Т.Н., Присяжный В.И., Капштык С.В., Матвиенко С.А. Применение стандарта широкополосного доступа IEEE 802.16 для определения взаимного положения куб-сатов «распределенного спутника» *Научно-технический журнал «Авиационно-космическая техника и технология»*. Харьков.-ХАИ.-2018.-№4 (148).-С.98-105

**13. Надати ключові слова до розробки:**Терагерцовий діапазон, імпульсний надширокосмуговий сигнал, розподільча мережа доступу, цифрова радіорелейна лінія, приймач, передавач, пропускна здатність, телекомунікаційна система, приймальнопередавальний тракт, модем, мультиплексування, моделювання.