

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПРИЙМАЧА ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНУ ЧАСТОТ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Здійснено обґрунтований аналіз частотного ресурсу в терагерцовому діапазоні. Досліджено, що вище частот 100 ГГц, є три вікна прозорості 110-150 ГГц, 220-310 ГГц і 370-400 ГГц. Виконаний моделювання функціональних вузлів інтегрованого приймача який включає в себе наступні основні функціональні елементи: збалансований змішувач, локальний генератор і підсилювач проміжної частоти.

Ключові слова: інтегральний приймач, перетворювач часто, смуга частот, збалансований мікшер, квазіоптичний відкритий резонатор.

Abstract

A substantiated analysis of the frequency resource in the terahertz range is carried out. It is investigated that the above frequencies are 100 GHz, there are three windows of transparency 110-150GHz, 220-310 GHz and 370-400 GHz. Completed simulation of functional nodes of the integrated receiver which includes the following basic functional elements: balanced mixer, local generator and amplifier of intermediate frequency.

Keywords: integral receiver, frequency converter, frequency band, balanced mixer, quasioptic open resonator.

Вступ

Терагерцовий діапазон частот електромагнітного спектра (ТГЧ-діапазон) лежить між областю міліметрових довжин хвиль і інфрачервоним діапазоном. Граничні частоти ТГЧ-діапазону в даний час точно не визначені і в різних джерелах визначаються по-різному. У найбільш широкій інтерпретації ТГЧ-діапазон займає область частот від 100 ГГц до 10 ТГц (діапазон довжин хвиль від 3 мм до 30 мкм). З іншого боку, відповідно до рекомендацій Міжнародного союзу електрозв'язку ТГЧ-діапазон можна визначити як діапазон частот від 300 ГГц до 3 ТГц (діапазон довжин хвиль від 1 до 0,1 мм). Разом з тим, згідно стандартів Міжнародної організації зі стандартизації (ISO), ТГЧ-діапазон лежить в області далекого інфрачервоного спектра, межі якого лежать в інтервалі 300 ГГц і 6 ТГц. Таким чином, є неоднозначність у визначенні границь ТГЧ-діапазону як з боку нижніх, так і з боку верхніх частот, а також границь сусіднього далекого інфрачервоного діапазону.

Основна частина

Однією з найважливіших проблем освоєння діапазону 0,1-3,0 ТГц все ще залишається недостатня наявність елементної бази твердотільних пристроїв, здатних генерувати необхідні рівні потужності (одиниці мілліватт і більше). Перспективним напрямком розвитку систем терагерцового діапазону є розробка і впровадження нових схемотехнічних рішень при побудові приймально-передавального і антенного обладнання, що дозволить, перш за все, знизити вартість обладнання та забезпечити необхідні електричні та енергетичні характеристики.

Сучасні дослідження не базуються на використанні надширокопasmових імпульсних сигналів IR-UWB в системах радіозв'язку і радіолокації, в тому числі і нового способу прийому, що

умовно названий «неенергетичним». Мета даної роботи полягає у вирішенні проблеми підвищення робочого діапазону засобів телекомунікацій, шляхом використання запропонованих конкретних методів і технічних рішень проектування інтегрального приймача терагерцового діапазону 280-300 ГГц для подальшого дослідження IR-UWB і інших радіосистем в терагерцовому діапазоні [1].

Вибір робочої частоти необхідно проводити в діапазоні 100 ГГц і вище, яка б забезпечувала максимально можливу дальність дії радіосистеми. Згідно проведеного в роботі аналізу частотного ресурсу до частоти 1 ТГц (рис. 2), частоти до 20 ГГц мало загасають в навколишньому просторі, тому їх можна використовувати в радіосистемах великого радіусу дії. Що стосується частот близьких до 100 ГГц і вище, то їх можна використовувати для радіосистем ближнього радіусу дії. З іншого боку, такі системи фізично здатні передавати значні цифрові потоки, що дозволяє використовувати їх в радіосистемах нового покоління.

При аналізі частот понад 100 ГГц з рис. 2 видно, що мають місце три локальних мінімуму в діапазоні 110-150 ГГц, 220-310 ГГц і 370-400 ГГц. Останні два характеризуються більшою величиною погонного загасання в вільному просторі - близько 10 дБ / км, тому використання цього ресурсу можливо тільки в системах персонального зв'язку (наприклад, системи Bluetooth).

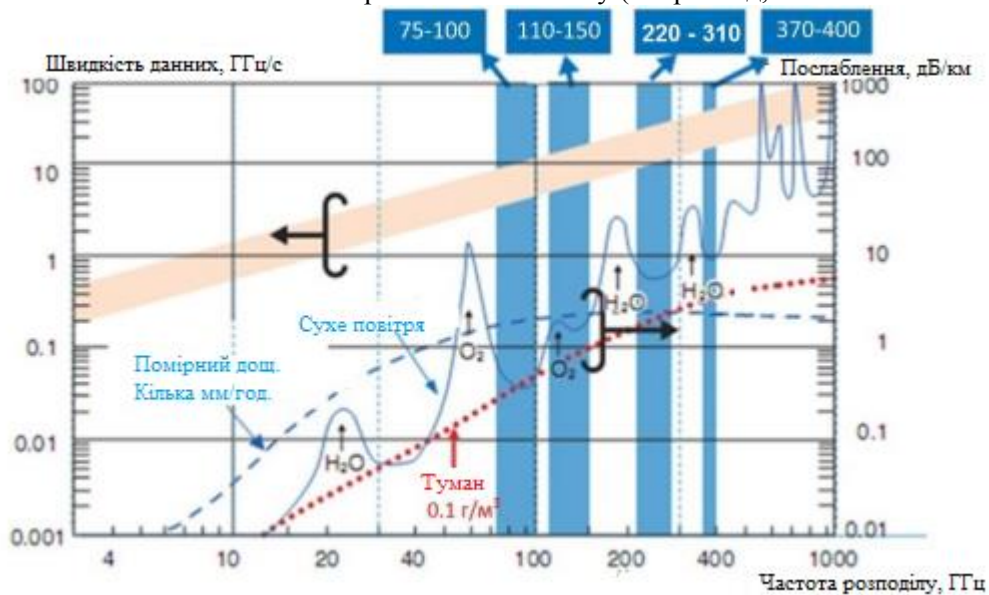


Рисунок 2 – Залежність атмосферного загасання (права шкала) і теоретично можливої пропускної здатності каналу (ліва шкала) від робочої частоти

На даному етапі розвитку систем зв'язку (в умовах обмеженої потужності передавача) можуть бути використані частоти до 400 ГГц. Однак це не означає, що інші частоти не будуть використовуватися. При збільшенні потужності передавача вже не буде проблемою використання інших частот. Отже, вибір частоти фактично обмежується смугою 370-400 ГГц. Для проектування і дослідження інтегрального приймача в терагерцовому діапазоні оберемо смугу частот 280-300 ГГц.

Структурна схема інтегрального приймача (рис. 3) складається з смуговою фільтра (СФ), першого балансного змішувача, гетеродина і першого підсилювача проміжної частоти (ППЧ), другого балансного змішувача і гетеродина. Смуга пропускання по ПЧ першого змішувача становить 25,0 ... 45,0 ГГц, другого - 3,1 ... 10,6 ГГц. Таким чином, досягнута «наскрізна» смуга пропускання $\Delta f = 7,5$ ГГц, що дозволяє використовувати існуюче телекомунікаційне обладнання [2].

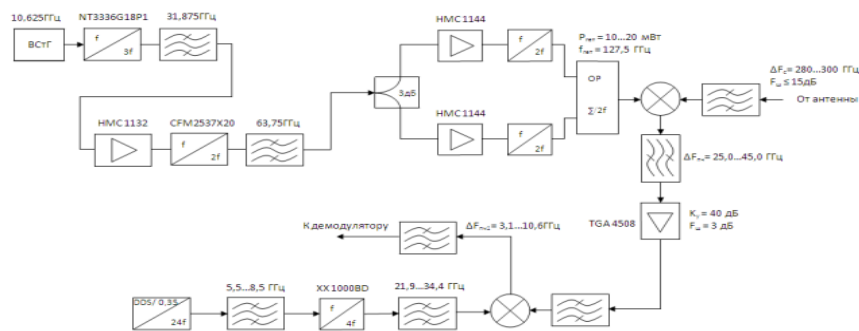


Рисунок 3 – Узагальнена структурна схема інтегрального приймача терагерцового діапазону

Гнучкість схеми приймача полягає в тому, що є можливість використовувати вже готові технологічні рішення (наприклад, в технології стандарту 802.11a швидкість передачі даних становить до 54 Мбіт / с, діапазон частот 5 ГГц або UWB, USB 2.0, діапазон частот 10 ГГц) і можливо вести обробку сигналу на другій проміжній частоті

Таблиця 1. Порівняльні характеристики надширокосмугових та інших телекомунікаційних систем передачі[3]

Швидкість передачі даних, Мбіт/с	Стандарт	Тип модуляції
480	UWB, USB 2.0	PPM/ інший тип
90	Fast Ethernet	-
54	802.11a	60-QAM, 16-QAM, BPSK, OFDM
20	802.11g	60-QAM, 16-QAM, BPSK, OFDM
11	802.11b	CCK
1	Bluetooth	GMSK

Висновки

Розглянуто методи побудови інтерфейсних підсилювачів на базі схеми СКВІДів, що знаходиться в надпровідному або резистивному режимі, і використовує постійний струм живлення. Показано, що для відносно низькочастотного функціонування (частота проходження одноквантових імпульсів, $f \cong 1$ ГГц) переважне використання надпровідного режиму. Виграшною стороною такого підсилювача є його компактність, для реалізації якої в схемах СКВІДов можна використовувати нешунтований тунельний джозефсонівський контакт, забезпечуючий багатоквантовий відгук інтерферометра на вхідний одноквантовий сигнал. З урахуванням високочастотного узгодження з 50-омним навантаженням СКВІДівської схеми підсилення, що складається з 8 СКВІДів і сформованої у вигляді 50-омної компланарної лінії, амплітуда вихідного сигналу моделі прототипу підсилювача на частоті 1 ГГц в розрахунку складала близько 2 мВ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильківський М.В., Мельничук О. І., Полуденко О. С.. Технології цифрової обробки сигналів в багатофункціональних радіолокаторах: тези Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи 2019» (м. Вінниця, 21.05.2018 – 30.05.2019) Вінниця, 2019.
2. Л.А. Недоступ, М.Д. Кіселичник, Ю.Я. Бобало. Основи надійності радіоелектронних пристроїв. Львів: Видавництво держ. у-ту "Львівська політехніка". - 1998. – 219 с
3. Васильківський М.В., Мельничук О. І., Жеронімо Іюмбо. Гібридна телекомунікаційна система супутникового зв'язку: тези Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції

студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи 2019» (м. Вінниця, 21.05.2018 – 30.05.2019) Вінниця, 2019.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Мельничук Ольга Іванівна – студент групи ТКС-18м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp14b.melnychuk@gmail.com

Vasykivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Melnychuk Olga I. – student group TKS-18m, Faculty of Informatics, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp14b.melnychuk@gmail.com