

РОЗРОБКА ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ТА ПРИЙМАЛЬНОГО ТРАКТІВ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНУ

Ільченко М.Ю., Наритник Т. М., Радзіховський В.М.,

Кузьмін С.Є., Лутчак О.В.

НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ»

E-mail: director@mitris.com

Development of the transmitting and receiving channels relay systems terahertz range

The results of investigations of receiving and transmitting channels of the digital telecommunications system with Gigabit bandwidth in the frequency range 130-GHz created on the basis of the developed sites (lo, built on the basis of a circuit composed of a highly stable oscillator with panagoulia and amplification cascades, frequency converters, intermediate frequency amplifier, Smuga-pass filter, conical rупorno antenna).

Однією із перспективних сфер застосування терагерцових технологій є системи зв'язку і телекомунікацій [4, 9]. Зокрема передбачається створення принципово нових за габаритами, заводо захищеності та енергоефективності пристроїв суб- та терагерцового діапазону для високошвидкісної передачі відеосигналів, для радіорелейних систем прямої видимості, для транспортних мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G), для сенсорних мереж та високоточних радарів. Такі розробки ведуться в США під егідою DARPA, в Англії, Німеччині, Росії, Китаї для застосування у військових і цивільних цілях. Тому тема розробки передавального та приймального трактів радіорелейної системи терагерцового діапазону є надзвичайно важливою.

Передавальний та приймальний тракти складають аналогову (лінійну) частину радіорелейної системи. Ці тракти побудовані за гетеродинною схемою в терагерцовому діапазоні частот в межах 130...134 ГГц, діапазон проміжних частот складає 2...4 ГГц. В роботі на основі проведеного комп'ютерного та фізичного моделювання проведена розробка та експериментальне дослідження основних функціональних вузлів приймального та передавального трактів: частотні перетворювачі сигналу, високочастотні підсилювачі, гетеродин на основі використання високостабільного задаючого кварцового генератора з подальшим ланцюгом помножувальних і підсилювальних каскадів, підсилювач проміжної частоти, високочастотний смугопропускаючий фільтр конічна рупорна антена.

Одержано наступні результати: Вимірне значення втрат перетворення частотних перетворювачів сигналу складає - 11 дБ, що відповідає кращим досягненням зарубіжних аналогів; підсилювач на монолітній ріп мікросхемі забезпечував в частотному діапазоні 87...100 ГГц підсилення сигналу на 27дБ з коефіцієнтом шуму 5,5 дБ; виміряні значення вихідних потужностей гетеродина (рисунок 1) для трактів прийому і передачі перевищували 15 мВт, що цілком достатньо для нормальної роботи частотних перетворювачів приймального та передавального трактів; фільтр задовольняє

вимогам вибіркової, з метою забезпечення достатнього придушення дзеркального каналу та другої гармоніки гетеродина, а його втрати в терагерцовому частотному діапазоні передавача не перевищують 4 дБ; коефіцієнт підсилення антени в діапазоні робочих частот 130 – 134 ГГц не менше 47 дБ.

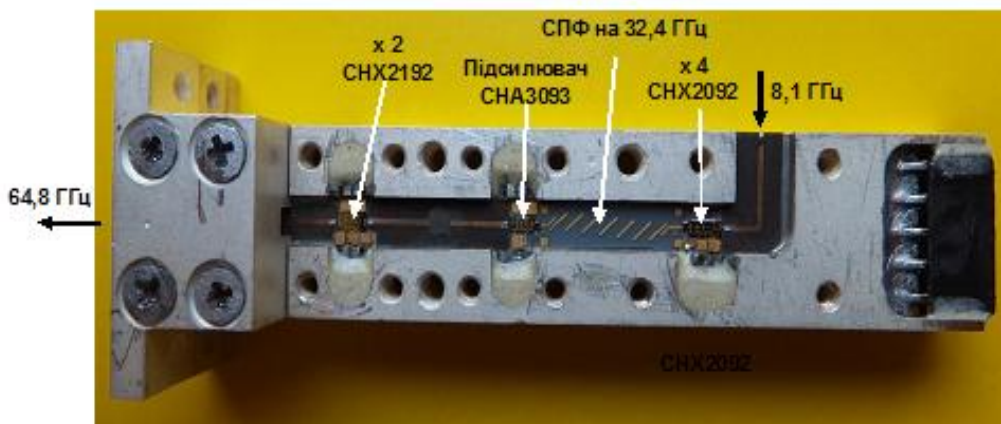


Рис.1 Конструкція високо стабільного гетеродина

На базі розроблених функціональних вузлів були побудовані приймальний та передавальний тракти радіорелейної системи. Приймач та передавач системи мають однакову конструктивну побудову. Модульне виконання окремих вузлів з максимальним використанням монолітних мікросхем забезпечує компактність конструкції, а також зручність її зборки і монтажу. Тракти мають коаксіальні вхід (вихід) з роз'ємами SMA на проміжних частотах, і хвилеводний вхід (вихід) в каналі 1,6 x 0,8 мм на терагерцових частотах. Для забезпечення якісної роботи приймача та передавача було розроблено вторинні джерела живлення, які формують необхідні високостабільні напруги для всіх вузлів трактів.

Проведено експериментальні дослідження коефіцієнту передачі приймально-передавального тракту радіорелейної системи в цілому. Експериментальні дослідження трактів радіорелейної системи цілому (рисунок 2) показали наступні значення головних характеристик в робочому діапазоні частот:

- шумова температура приймального тракту $T_{ш} = 5000 \text{ К};$
- вихідна потужність передавального тракту $P_{вих} = 40 \text{ мкВт.}$
- сумарний коефіцієнт передачі не менше 18 дБ.
- нерівномірність коефіцієнта передачі не перевищує 3 дБ.

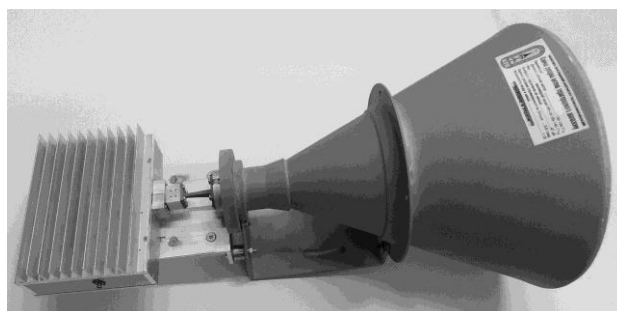


Рис. 2 Зовнішній вигляд приймального (передавального) тракту

На основі узагальнення результатів, аналізу наявної радіорелейної елементної бази та теоретичних досліджень і експериментальних робіт проведено проектування основних вузлів і всього приймально-передавального тракту телекомунікаційної системи із гігабітною пропускною здатністю в діапазоні частот 130-134 ГГц, розроблена структурна схема приймально-передавального тракту системи: частотні перетворювачі з субгармонійною накачкою, гетеродин, що використовує високостабільний задаючий кварцовий генератор з подальшим ланцюгом помножувальних і підсилювальних каскадів, смугопропускаючий фільтр з використанням тонкої металеві пластили в Е-площині хвилеводного каналу.

Вперше в практичному плані виготовлено та проведено експериментальні дослідження лабораторного зразка цифрової симплексної радіорелейної системи терагерцового діапазону у складі: приймальний та передавальний радіотракти в діапазоні частот 130-134 ГГц, цифровий модем з пропускною каналною здатністю до 1200 Мбіт/с.

Література

1. Transceiver for 130-134 GHz band and digital radiorelay system. M.Ye. Pchenko, T.N. Narytnik, S.Ye. Kuzmin, A.I. Fisun, O.I. Belous, V.N. Radzikhovskiy// Telecommunications and Radio Engineering.- Volume 72.- Number 17.- 2013.-P.1623-1638.
2. *Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Кузьмин С.Е., Радзиховский В.Н* Моделирование функциональных узлов радиорелейной системы терагерцового диапазона// Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций».- №2 (11) .-2013.-с. 95-113.
3. *Ильченко М.Е., Кузьмин С.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н.* Приемо-передатчик для цифровой радиорелейной системы терагерцового диапазона// TELECOMMUNICATION SCIENCES Volume 72, Number 18, 2013.-P.1651-1663.
4. *Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Кузьмин С.Е., Радзиховский В.Н* Моделирование функциональных узлов радиорелейной системы терагерцового диапазона// Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций».- №2 (11) .-2013.-с. 95-113.
5. *Ильченко М.Е., Кузьмин С.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н.* Приемо-передатчик для цифровой радиорелейной системы терагерцового диапазона //Матеріали 23-ої Міжнародної Кримської конференції (КриМіко-2013) «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». 2013. т.1,с.318-319.
6. *Нарытник Т.Н., Ильченко М.Е., Радзиховский В.Н* Исследование радиосигнала связи для перспективных телекоммуникационных систем терагерцового диапазона// Матеріали Восьмої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.- К.:НТУУ «КПІ», с.137-140.
7. Приемально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку із підвищеною спектральною ефективністю та пропускною здатністю/ Ильченко М.Ю., Нарытник Т.М., Казіміренко В.Я., Войтенко О.Г., Радзіховський В.В., Свириденко В.В. Патент України на корисну модель №849923, Бюл.№.21 з пріоритетом від 11.11.2013р.
8. Канал передачі даних в терагерцовому діапазоні з пропускною здатністю більше 1 Гбіт/с / Ильченко М.Ю., Нарытник Т.М., Казіміренко В.Я., Радзіховський В.В., Кузьмін С.С./ Патент України на корисну модель №849923, Бюл.№.21 з пріоритетом від 11.11.2013р.