

**БЕСПРОВОДНАЯ ЛИНИЯ СВЯЗИ
ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ
МИКРОВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

СП «Институт электроники и связи УАННП», director@mitris.com

Аннотация: Приведены результаты экспериментальных исследований цифровой симплексной радиолинии терагерцового диапазона 130 -134 ТГц в составе приемного и передающего радиотрактов и цифрового модема с пропускной канальной способностью до 1200 Мбит/с, построенной на базе технологий микроволновой электроники. Показана возможность ее использования для построения транспортных распределительных сетей мобильной связи следующего поколения.

Ключевые слова: радиолиния, технологии микроволновой электроники, терагерцовый диапазон, передающий и приемный радиотракты, цифровой модем, пропускная способность.

NARYTNIK TN

**WIRELESS LINK
TERAHERTZ TECHNOLOGY-BASED MICROWAVE ELECTRONICS**

JV "Institute of Electronics and Communication UANNP», director@mitris.com

Abstract: The results of experimental studies of digital simplex radio terahertz THz - 134 130 as part of receiving and transmitting radiopathes and digital modem channel bandwidth of up to 1200 Mbit / s, built on technology-based microwave electronics. The possibility of its use for the construction of transport distribution networks next generation mobile communication.

Keywords: radio link, microwave electronics technology, terahertz range of the radio transmitting and receiving digital modem bandwidth.

Введение

В последние годы тенденция использования диапазона терагерцового радиоволн приобрела в отличие от прошлых лет устойчивый характер. Это объясняется успехами в разработке технически совершенных устройств и систем на базе технологий микроволновой электроники [1-8]. Имеется большая потребность в организации высоконадежных однопролетных линий связи, предназначенных для обмена данными между ЭВМ и периферийными устройствами [10]. В связи с этим задача разработки беспроводной линии связи терагерцового диапазона на базе технологий микроволновой электроники является чрезвычайно актуальной.

1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ключевыми элементами радиорелейной системы связи терагерцового диапазона являются радиоэлектронные приемо-передающие устройства, способные формировать и передавать необходимой мощности для этого частотного диапазона модулированные сигналы со скоростью от 1 Гбит/с и принимать сигналы с приемлемой высокой чувствительностью[9].

Передающий и приемный тракты составляют аналоговую (линейную) часть радиорелейной системы. Эти тракты построены по гетеродинной схеме и обеспечивают передачу сигналов на трассе в терагерцевом диапазоне частот в пределах 130...134 ГГц. Диапазон промежуточных частот составляет 2...4 ГГц. Структурная схема передающего тракта показана на рисунке 1 и содержит в своем составе следующие функциональные узлы: усилитель промежуточной частоты (УПЧ) (при необходимости);

частотный преобразователь вверх; гетеродин; полосно-пропускающий фильтр (ППФ); выходной усилитель мощности (УМ) (при возможности приобретения компонентов); передающая антенна.

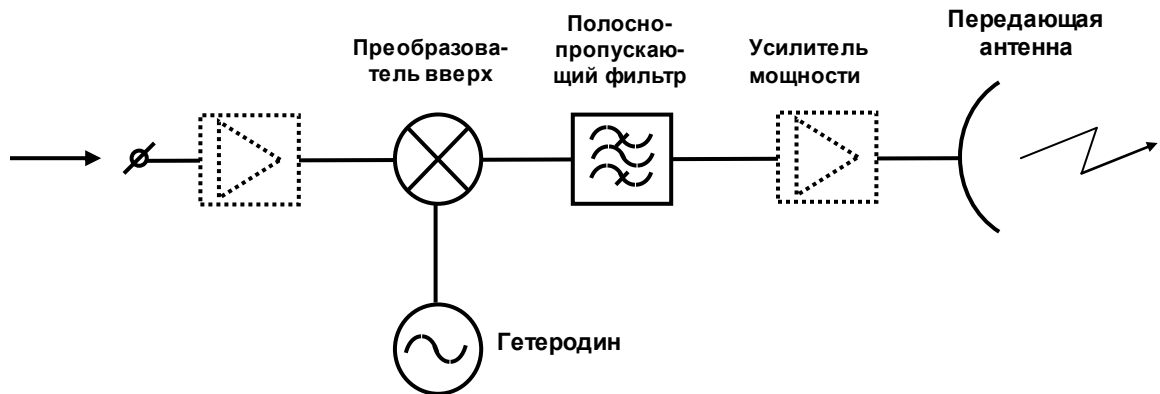


Рисунок 1 - Структурная схема передающего тракта

Структурная схема приемного тракта приведена на рисунке 2 и состоит из следующих узлов: приемная антенна; входной малошумящий усилитель (МШУ) (при возможности приобретения компонентов); полосно-пропускной фильтр; смеситель; гетеродин; усилитель промежуточной частоты.

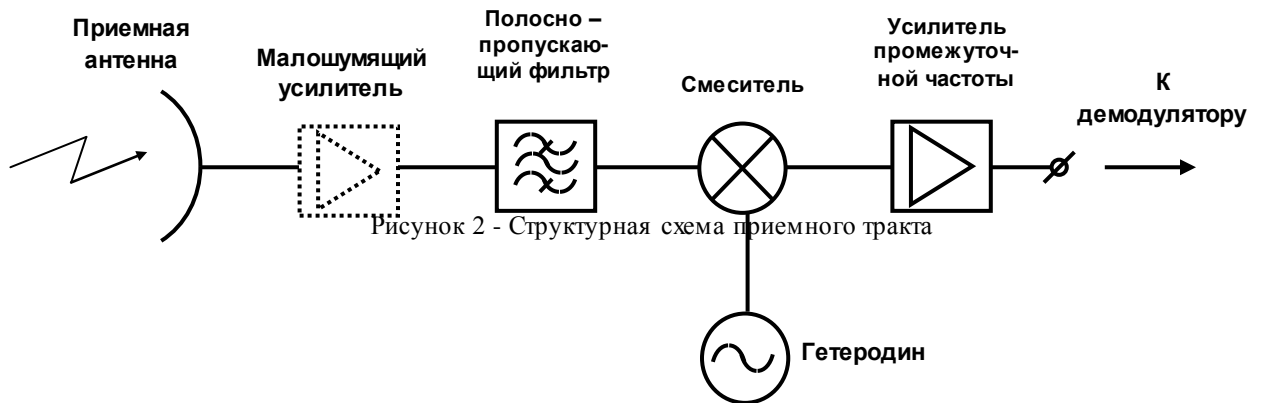


Рисунок 2 - Структурная схема приемного тракта

Реализация малошумящего усилителя на входе приемного тракта составляет такую же проблему, как и с усилителем мощности на выходе передатчика.

Приемник и передатчик системы имеют одинаковую конструктивную построение. Модульное исполнение отдельных узлов с максимальным использованием монолитных микросхем обеспечивает компактность конструкции, а также удобство ее сборки и монтажа, как показано на рисунке 3.

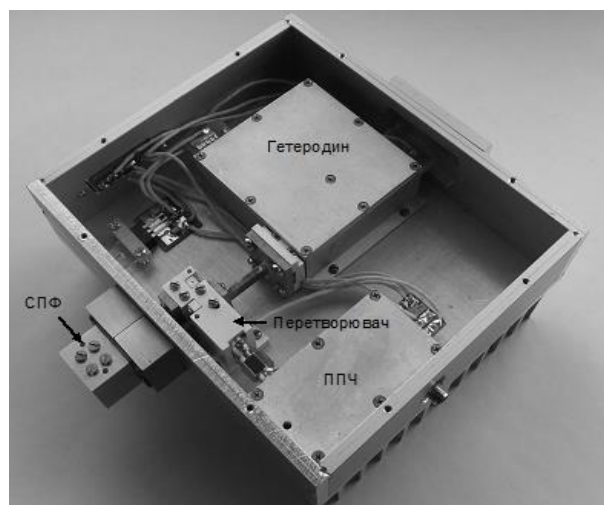


Рисунок 3 - Расположение узлов в составе приемного (передающего) тракт

Измеренная сквозная частотная характеристика коэффициента передачи $K(f)$ показана на рисунке 4.

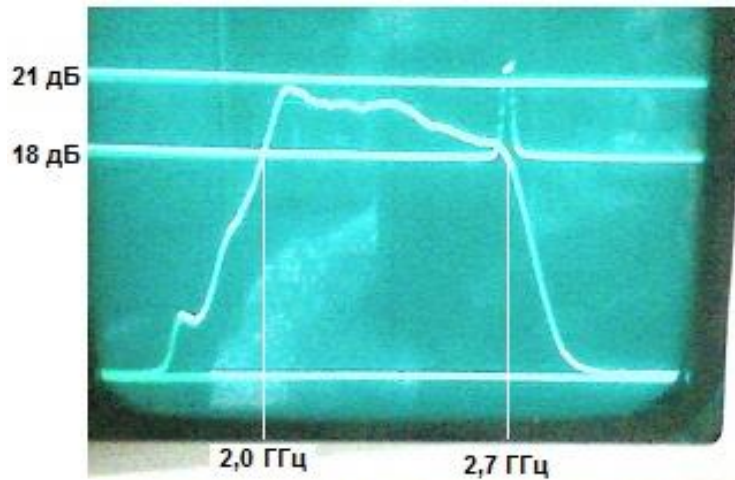


Рисунок 4 - Сквозная частотная характеристика коэффициента передачи приемо-передающего тракта

Экспериментальные исследования трактов радиорелейной системы показали следующие значения основных показателей в рабочем диапазоне частот: Шумовая температура приемного тракта $T_{ш} = 5000$ К; Выходная мощность передающего тракта $P_{вых} = 40$ мкВт.

Проведены экспериментальные исследования лабораторного образца цифровой симплексной радиорелейной системы терагерцового диапазона (рисунок 5) в составе: приемный и передающий радиотракта в диапазоне частот 130-134 ГГц, цифровые модемы.



Рисунок 5 - Внешний вид лабораторного образца цифровой симплексной радиорелейной системы терагерцового диапазона

Испытания системы было проведено согласно схеме, показанной на рис. 6.

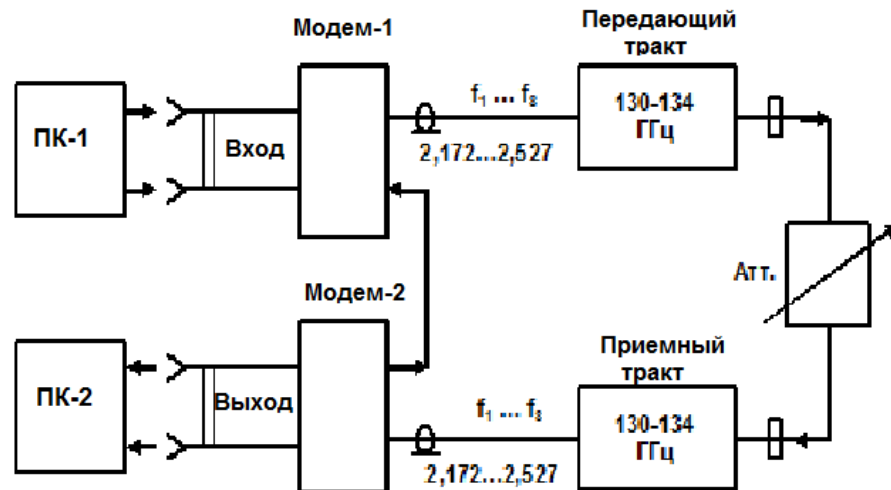


Рисунок 6 - Схема испытаний телекоммуникационной системы

Получены следующие результаты:

- Пропускная канальная способностью до 1200 Мбит / с.
- Значение вероятных битовых ошибок BER не более 10^{-6} .
- Дальность связи в нормальных условиях в пределах 1 км.
- Коэффициент усиления системы на уровне 50 дБ.
- Вид модуляции - КАМ-64.

ВЫВОДЫ

Впервые в практическом плане проведены экспериментальные исследования лабораторного образца цифровой симплексной радиорелейной линии терагерцового диапазона в составе приемного и передающего радиотрактов в диапазоне частот 130-134 ГГц и цифрового модема с пропускной канальной способностью до 1200 Мбит/с.

Созданные передающие и приемные радиотракты терагерцового диапазона на базе технологий микроволновой электроники могут быть использованы для построения телекоммуникационных систем и сетей, в том числе радиорелейных систем прямой видимости для транспортных распределительных сетей мобильной связи следующего поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи терагерцового діапазону. Монографія.//Житомир.: ФОП «Свенюк О.О.».-2014.-394с. Кравчук С.О., Наритник Т.М.
2. М.Ye. Ilchenko Transceiver for 130-134 GHz band and digital radiorelay system. M.Ye. Ilchenko, T.N. Narytnik, S.Ye. Kuzmin, A.I. Fisun, O.I. Belous, V.N. Radzikhovsky// Telecommunications and Radio Engineering.- Volume 72.- Number 17.- 2013.-P.1623-1638.
3. Ильченко М.Е. Моделирование функциональных узлов радиорелейной системы терагерцового диапазона. Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Кузьмин С.Е., Радзиховский В.Н. // Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций».- №2 (11) .- 2013.-с. 95-113.
4. Ильченко М.Е. Приемо-передатчик для цифровой радиорелейной системы терагерцового диапазона. Ильченко М.Е., Кузьмин С.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н.//Telecommunication sciencest .- Volume 72, Number 18, 2013.-P.1651-1663
5. Ильченко М.Е. Моделирование функциональных узлов радиорелейной системы терагерцового диапазона/ Ильченко М.Е., Кузьмин С.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н.// Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций».- №2 (11) .- 2013.-с. 95-113.
6. Ильченко М.Е/ Приемо-передатчик для цифровой радиорелейной системы терагерцового диапазона/ Ильченко М.Е., Кузьмин С.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н. //Матеріали 23-ої Міжнародної Кримської конференції (КриМіко-2013) «СВЧ-техніка і телекомунікаційні технології». 2013. т.1,с.318-319.
7. Пат. 84923 Україна, МПК Н04В 7/165 (2006/0). Приймально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку із підвищеною спектральною ефективністю та пропускною здатністю. Ильченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Войтенко О.Г., Радзіховський В.В., Свириденко В.В. Заявник і патентовласник Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут».-№и2013 03679, заявл. 26.03.2013; опубл.11.11.2013, Бюл№21.- 4с: іл

8. Пат. 93139 Україна, МПК H04B 7/165 (2006.01). Канал передачі даних в терагерцовому діапазоні з пропускною здатністю більше 1 Гбіт/с / Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Радзіховський В.В, Кузьмін С.С.-Заявник і патентовласник Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут».-№u20140189, заявл 25.02.2014; опубл 25.09.2014, Бюл№8.-5с: іл

9. Narytnik T.N. Possibilities of Using THz-Band Radio Communication Channels for Super High-Rate Backhaul// Telecommunications and Radio Engineering, 73 (15):1361-1371 (2014).