

УДК 621.396.62-047.36

СВЕРХШИРОКОДИАПАЗОННОЕ РАДИОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОМПЛЕКСОВ РАДИОМОНИТОРИНГА

АРХИПЕНКОВ Д. В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

E-mail: remolt94@gmail.com

Аннотация. Целью статьи является обоснование способов и схемотехнических вариантов реализации приемного устройства сверхширокодиапазонной системы радиомониторинга. Одной из проблем, возникающих при создании такого типа приемников является одновременное обеспечение большого динамического диапазона и низкого коэффициента шума. В статье представлена структура радиоприемного устройства для диапазона рабочих частот 0.5 – 18 ГГц. Структура содержит два разных преселекторов: первый начинается с малошумящего усилителя, что снижает коэффициент шума тракта, который по расчётам может достигать 2 дБ; второй – реализован по классическому принципу.

Abstract. The purpose of the article is to substantiate the methods and circuit design options for implementing the receiver device of an ultra-wide-band radio monitoring system. One of the problems that arise when creating this type of receiver is the simultaneous provision of a large dynamic range and a low noise coefficient. The article presents the structure of a radio receiver for the range of operating frequencies 0.5 – 18 GHz. The structure contains two different preselectors: the first one starts with a low-noise amplifier, which reduces the noise coefficient of the path, which is calculated to reach 2 dB; the second one is implemented according to the classical principle.

В настоящее время происходит активное совершенствование систем радиомониторинга в направлении расширения диапазона рабочих частот и ширины спектра обрабатываемых сигналов. Это требует изменения подходов к проектированию приемных устройств средств радиомониторинга. Нижняя частотная граница диапазона в используемых при радиомониторинге отечественных и зарубежных средствах обычно равна 9 кГц. Верхняя граница диапазона для базового состава радиоприёмных устройств составляет 3 ГГц, а с дополнительным оборудованием может составлять 6, 8 или 18 ГГц, причем тенденция повышения верхней граничной частоты остаётся [1]. В данной статье остановимся на частотном диапазоне 0.5 – 18 ГГц.

Согласно классификации радиоприемных трактов по структурной схеме можно выделить следующие виды радиоприемных устройств для данного диапазона: супергетеродинные, инфрадинные, прямого усиления, комбинации супергетеродинной и инфрадинной схемы.

По способу обзора в широкой полосе можно выделить следующие радиоприемные устройства: сканирующие, многоканальные, матричные.

В статье за основу выбран сканирующий инфрадинный способ построения структуры радиоприемного устройства. Данный выбор характеризуется тем, что в качестве входной избирательной системы можно использовать фильтр нижних частот за счет выбора высокой первой промежуточной частоты. Инфрадинный принцип построения приемных трактов требует выбора величины первой промежуточной частоты больше верхней частоты приемного радиоканала, а частоты гетеродина еще выше. Это усложняет структуру тракта гетеродина, т.к. к нему должны быть предъявлены повышенные требования к стабильности частоты [2]. В отличие от инфрадинного способа построения радиотракта, в супергетеродинном необходимо использовать матрицу фильтров, коммутируемых ключами на входе и выходе, что приводит к увеличению коэффициента шума.

Матричный способ организации приема радиосигналов в широком диапазоне частот практически не работоспособен при расширении полосы свыше 1 – 2 ГГц [3]. Из-за множества одновременно работающих источника радиоизлучения повышается вероятность совмещения сигналов во времени, что при широкой полосе пропускания на промежуточной частоте (ПЧ) приводит к неоднозначному определению частоты принимаемого сигнала.

При использовании сканирующего приемника возможен пропуск цели. Вероятность пропуска уменьшается с увеличением скорости перестройки частоты сканирования, однако при этом ухудшается разрешающая способность по частоте и снижается чувствительность. Многоканальный приемник позволяет уменьшить время анализа за счет разбиения диапазона ПЧ. Недостатком данного

приемника являются необходимость обеспечения высокой избирательности канальных фильтров, уменьшающей неоднозначность измерений при попадании в тракт мощных сигналов, а также необходимое для обеспечения хорошей точности усложнение аппаратуры, влекущее за собой увеличение массогабаритных показателей [4].

Эффективность работы радиоприемных устройств современных комплексов радиомониторинга определяют в основном следующими техническими характеристиками:

- чувствительность и динамический диапазон (ДД) по интермодуляционным искажениям;
- широкополосность;
- скорость обзора по частоте;
- коэффициент подавления побочных каналов приема и уровень паразитного излучения собственных гетеродинов.

При увеличении широкополосности возникает необходимость сохранении ДД. Для этого существует несколько способов [5]:

1 Установка на входе приемника ограничителя сигналов, который будет нормировать мощность больше определенного уровня к некоторому безопасному уровню для входных каскадов.

2 Использование системы автоматической регулировки усиления (АРУ) в тракте радиоприемного устройства.

3 Применение входных малошумящих высокочастотных усилителей с большим ДД.

4 Двойное, тройное преобразование частоты с помощью балансных смесителей с повышенным ДД.

5 Оптимальное распределение усиления по тракту для расширения ДД при заданных коэффициентах шума.

6 Отключение первого усилителя при наличии большого уровня сигнала на входе.

На рис. 1. представлен вариант схемотехнической реализации радиоприемного тракта, который состоит преселектора, смесителя с преобразованием частоты «вверх», тракта первой ПЧ, состоящего из полосовых фильтров и усилителей, второго смесителя с переносом частоты вниз и тракта второй ПЧ. Тракт обеспечивает полосу пропускания первой ПЧ 1 ГГц, имеет относительно низкую стоимость и может быть использован в средствах радиомониторинга с панорамным обзором.

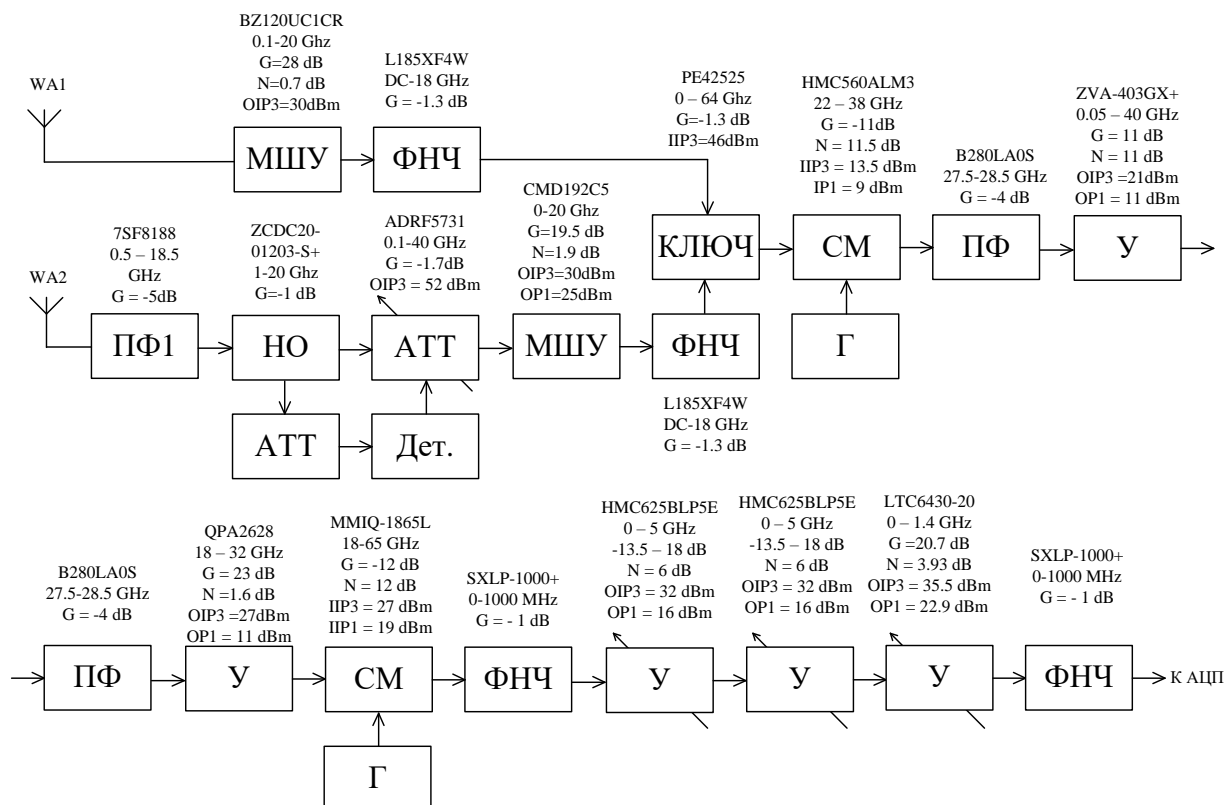


Рис.1. Структурная схема сверхширокодиапазонного радиоприемного устройства для систем радиомониторинга

Так как одной из основных проблем, возникающих при создании такого типа приемников является одновременное обеспечение большого ДД и низкого коэффициента шума, при сохранении высокой избирательности был предложен комбинированный преселектор с коммутацией. Первый преселектор обеспечивает низкий коэффициент шума, а второй высокую избирательность.

Результаты расчетов параметров для указанного тракта представлен в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчетов

Номер преселектора	Кш, дБ	ПРЗ, дБм	Сквозной коэффициент усиления, дБ	ДД по ПРЗ, дБ
Первый	2,01	-19.3	35,1	55
Второй	11.8	-4.9	35.1	58

В статье представлен вариант схемотехнической реализации приемного тракта, который может быть полезен разработчикам сверхширокодиапазонных систем радиомониторинга, а также других радиотехнических систем, использующих сигналы с большой шириной спектра.

Список использованных источников

1. Рембовский А. М., Ашихмин А. В., Козьмин В. А. Радиомониторинг задачи, методы, средства. М.: Горячая линия – Телеком; 2006.
2. Богданович Б. М., Воронов А. И., Забеньков И. И., Позняк С. С. Инфрадинный прием. Радиотехника.1982;37(9):3-13.
3. Карманов Ю.Т., Николаев А. Н., Зеленцова Я. Г., Поваляев С. В., Заляцкая И. И. Применение монобитной цифровой технологии обработки радиосигналов в широкодиапазонных радиоэлектронных системах. Вестник ЮУрГУ. 2014;14(3):11-18
4. Куприянов А. И. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы: учебное пособие. М.: Вузовская книга; 2007.
5. Цыпленков Ю. А., Овчинников В. Д., Баранов В. Г. Методология разработки радиолокационного приемника с большим динамическим диапазоном и низким коэффициентом шума. Современная электроника. 2019;3:44-51.