

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2018 Д. М. Жуманиязов, О. Н. Чопоров, А. В. Паневин

*Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)*

*В работе рассматриваются возможности передачи информации на основе радиоволн. Проведен анализ основных особенностей радиочастотных измерений.*

*Ключевые слова: радиочастотные технологии, передача информации, сигнал, помеха.*

Использование радиочастотных (РЧ) технологий инженерами и учеными при реализации инновационных путей развития возникло в 1860-х годах. Существование электромагнитных волн было предсказано Джеймсом Клерком Максвеллом на основе математических соотношений. Этим подтвердили возможности передачи энергии через свободное пространство.

Опыты, связанные с передачей радиоволн, были показаны в 1886 году Герцем.

Затем, многими учеными начались активные разработки принципов формирования систем дальней связи с применением теории радиоволн. В этом принимали участие Никола Тесла, Гульельмо Маркони и другие исследователи.

Сигналы впервые на рубеже XIX и XX веков РЧ стали использовать с точки зрения практической направленности [1].

Три последующих десятилетия характерны тем, что были созданы определенные научно-исследовательские проекты. В них основные задачи были направлены на создание на практике устройства передачи и приема сигналов, которые позволяли бы обнаруживать и определять местоположение объектов при больших расстояниях [2].

К началу Второй мировой войны в качестве базового направления развития РЧ технологий можно считать разработку систем, относящихся к радиообнаружению и дальности.

Вследствие того, что оборонные и телекоммуникационные отрасли непрерывным образом развивались, инновационные РЧ

технологии, которые начали внедряться еще в XX веке, активным образом применяются и сейчас.

Улучшение в характеристиках современных РЛС, противодействие для помех, предотвращение возможностей по радиообнаружению могут быть достигнуты вследствие значительного усложнения методов и устройств.

Сочетания различных передовых технологий применяются на практике: адаптивная модуляция, пакетная передача и скачкообразная перестройка частоты.

Весьма сложной задачей является проведение разработок таких элементов высокотехнологичного РЧ оборудования и проведение успешной интеграции его в существующие системы [3].

Сети сотовой связи характеризуются все более широким распространением. Некоторые достижения, относящиеся к полупроводниковым технологиям и корпусированию ИС обуславливают то, идет непрерывное уменьшение стоимостей элементной базы для РЧ систем.

Тогда те производители, которые не относятся к оборонной и коммуникационной сферам, могут применять достаточно простые РЧ устройства, с точки зрения реализации товаров широкого потребления.

Сейчас наблюдается широкое применение РЧ передатчиков для бытовой электроники, в элементах медицинского оборудования. Развиваются системы, относящиеся к управлению производственными процессами и даже в устройствах слежения, которые размещаются под кожей животных и людей.

Возникают при этом проблемы, связанные с активным применением РЧ сигналов. Они обусловлены тем, что есть помехи среди устройств, которые генерируют подобные сигналы [4].

Устройствами, например, мобильными телефонами, которые функционируют внут-

---

Жуманиязов Дмитрий Маратович – Воронежский институт высоких технологий, магистрант, yZhumman4RTOTE@yandex.ru.

Чопоров Олег Николаевич – Воронежский государственный технический университет, д. т. н., профессор, choporov\_oleg@mail.ru.

Паневин Андрей Викторович – Воронежский институт высоких технологий, аспирант.

ри лицензированного участка спектра, не должна осуществляться передача РЧ мощности по соседним частотным каналам и создавать помехи.

Это очень важно для комплексированных многофункциональных устройств. В них идет переключение между многими режимами передачи. При этом одновременным образом поддерживается связь с соответствующими сетевыми компонентами.

Необходимо обеспечивать при разработке устройств, относящихся к нелицензируемым диапазонам частот, возможности устойчивой работы, когда есть помехи при процессах передачи информации в случае коротких пакетов при низких уровнях мощностей.

Базирующиеся на применении компьютеров современные цифровые РЧ технологии, используют и аналоговые РЧ схемы. Можно формировать беспроводные локальные сети, системы сотовой связи, системы, относящиеся к цифровому телевидению, средства радиочастотной идентификации (RFID) и многие другие устройства.

Такие технологии могут объединяться с передовыми разработками в области радиосвязи с программируемыми параметрами (SDR) и когнитивной радиосвязи (CR) предоставляет новые пути развития, а также существенно изменяет методы распределения спектра, что способствует повышению эффективности использования частотного ресурса.

Непрерывно появляющиеся проблемы могут быть решены с привлечением некоторых приборов. На их основе есть возможности надежного обнаружения РЧ сигналов и измерения их свойств в зависимости от времени. Такие функции не характерны для обычных контрольно-измерительных приборов.

На базе обычных приборов, таких как свипирующие анализаторы спектра и векторные анализаторы сигналов (VSA), можно осуществлять регистрацию мгновенных статических характеристик сигналов для частотных и модуляционных областей.

Отметим ключевые задачи, связанные с измерениями:

- Обнаружение редких непериодических событий, характеризующихся небольшой длительностью;
- В сильных сигналах обнаружение замаскированных слабых сигналов;
- Процессы исследования сигналов, замаскированных шумами;

- Анализ переходных процессов в системах;

- Расчет времен захвата ФАПЧ, параметров ухода частот и помех, которые обусловлены микрофонным эффектом;

- Процессы захвата сигналов, имеющих распределенный спектр и сигналов, в которых есть скачкообразная перестройка частоты;

- Мониторинг того, как используется спектр;

- Процессы измерения и диагностики влияния электромагнитных помех;

- Измерение факторов модуляции, которые зависят от времени;

- Локализация программных и аппаратных неисправностей РЧ.

Характеристики различных сигналов могут эффективным образом определены, лишь на основе приборов, которые дают возможности для обнаружения трудноуловимых событий. Подобные события должны быть зафиксированы и сохранены в памяти. Потом на их основе можно проводить анализ поведения сигналов относительно частотных, временных, модуляционных, статистических и кодовых областей.

При изучении принципов работы анализатора спектра реального времени (RSA), рассмотрим особенности анализаторов: свипирующий и векторный [5].

Свипирующий супергетеродинный анализатор спектра, характеризуется традиционной архитектурой, уже применяется в течение нескольких десятилетий.

Сначала анализаторы строили при помощи лишь аналоговых компонентов. Сейчас свипирующие анализаторы спектра базируются на цифровых компонентах, например, АЦП, цифровых сигнальных процессорах (DSP) и микропроцессорах.

В подобных анализаторах принцип свипирования очень хорошо подходит для того, чтобы проводить наблюдение лишь за сигналами, имеющих предсказуемое поведение.

В свипирующих анализаторах зависимость мощности от частоты определяется посредством преобразования исследуемого сигнала с понижением частоты и его свипирования в пределах полосы пропускания фильтра промежуточной частоты (ПЧ), называемой полосой разрешения (RBW).

Достоверные измерения можно получить лишь по таким входным сигналам, которые относительно стабильны.

Свипирующие анализаторы спектра не могут надежно регистрировать подобные

явления, поэтому при их использовании для исследования РЧ сигналов большинства современных средств связи нельзя рассчитывать на высокую производительность.

Помимо пропусков кратковременных сигналов, существует вероятность неправильного представления спектра импульсных сигналов, применяемых в действующих системах радиосвязи и РЛС [6].

Свицирующие анализаторы позволяют получать спектр импульсного сигнала только при многократном свипировании.

При этом большое внимание уделяют выбору скоростей свипирования и полосам разрешения.

Векторный анализатор преобразует входной РЧ сигнал в цифровую форму в пределах полосы пропускания прибора и записывает в память информацию об амплитуде и фазе преобразованных сигналов, которая используется цифровым сигнальным процессором для демодуляции, обработки и отображения результатов измерений АЦП, входящий как компонента в векторные анализаторы сигналов, оцифровывает широкополосный сигнал ПЧ, после чего преобразование с понижением частоты, фильтрация и детектирование выполняются цифровым способом.

Алгоритмы быстрого преобразования Фурье (БПФ) применяют при преобразовании из временной области в частотную.

Это затрудняет и даже делает невозможным обнаружение одиночных или редких реализаций сигналов.

Для выделения таких реализаций можно применять анализ по таким непериодическим реализациям. Однако векторные анализаторы сигналов имеют ограниченные возможности анализа.

Внешний анализ возможен только если есть предварительная информация по рассматриваемому событию, получение ее практически нереально.

При анализе по уровню ПЧ, выполняемом на основе измеренного изменения общей мощности сигнала ПЧ, трудно осуществить выделение слабых сигналов, когда есть сильные сигналы, а также когда идет изменение не амплитуды, а частоты сигналов.

Оба указанных случая являются характерными для действующего динамического радиочастотного спектра.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Болучевская, О. А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О. А. Болучевская, О. Н. Горбенко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 3 (3). – С. 4.
2. Завьялов, Д. В. О применении информационных технологий / Д. В. Завьялов // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-1. – С. 71-72.
3. Казаков, Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети Wi-Fi / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.
4. Львович, И. Я. Основы информатики / И. Я. Львович, Ю. П. Преображенский, В. В. Ермолова // Воронеж, Издательство: Воронежский институт высоких технологий (Воронеж). – 2014. – 339 с.
5. Алимбеков, А. Р. Интеграция ГИС и САПР в беспроводных системах связи / А. Р. Алимбеков, Е. А. Авдеенко, В. В. Шевелев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2017. – № 1 (16). – С. 12.
6. Вилюга, Н. Н. О моделировании рассеяния многочастотных сигналов на объектах / Н. Н. Вилюга // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-3. – С. 392-394.

## THE TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF RADIO FREQUENCY TECHNOLOGIES

© 2018 D. M. Zhumaniyazov, O. N. Choporov, A. V. Panevin

Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)  
Voronezh state technical university (Voronezh, Russia)

*The paper considers the possibility of transmitting information based on radio waves. The analysis of the main features of radio frequency measurements is given.*

*Key words: radio frequency technologies, information transmission, signal, interference.*