

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.359.74.

Дюжов
Геннадий Юрьевич

«ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬ СИСТЕМ СВЯЗИ С МНОГОЛУЧЕВЫМИ
АНТЕННАМИ»

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Научный руководитель

Корневский Святослав Александрович

кандидат технических наук, доцент

Минск 2015

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из наиболее значимых и интенсивно развивающихся технологий является цифровое диаграммообразование (ЦДО), которое стало основой создания перспективных системах связи, радиолокации, радиопеленгации, навигации и других радиоэлектронных систем.

В системах телекоммуникаций применение технологий ЦДО позволяет значительно повысить помехоустойчивость телекоммуникационных систем, путем практически полного устранения помех, вызванных многолучевым распространением и федингом радиоволн, обеспечить значительное увеличение отношения сигнал/помеха, используя ЦДО для обеспечения эффективной пространственной селекции принимаемого сигнала в условиях воздействия активных и пассивных помех.

Поэтому технологиям цифрового формирования луча отводится все более значимое место в современных системах связи, ими занимаются практически во всех технически развитых странах мира, без них не обходятся концепции создания мобильной связи 3-го и 4-го поколений и современных систем связи вооруженных сил.

Цифровая антенная решетка – это антенная, представляющая собой совокупность аналого-цифровых каналов с общим фазовым центром, в которой диаграмма направленности формируется в цифровом виде, без аналоговых фазовращателей. Это стало возможным благодаря развитию массовой интеграции процессоров цифровой обработки сигналов (в виде DSP или на ПЛИС) с аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями (АЦП/ЦАП) в рамках одного модуля или даже чипа. Построение каналов ЦАР на такой основе позволяет унифицировать процедуры и аппаратные узлы обработки сигналов и упрощает их адаптацию к тому или иному протоколу работы. Технология ЦДО обеспечивает максимальную простоту реконфигурации и модификации систем связи, которая зачастую сводится лишь к замене их программного обеспечения. При этом архитектура РЭА может оптимизироваться (по ресурсам и функциональности) под непосредственно выполняемые задачи. В задачах связи это позволяет динамически оптимизировать обслуживаемую зону покрытия, оперативно перенацеливая цифровые приемопередающие лучи в зависимости от территориального распределения абонентов, условий многолучевого распространения радиоволн, и расположения источников помех. Однако анализ применения ЦДО в системах телекоммуникаций показал, что в настоящее время отсутствуют работы по применению ЦДО в военных системах тропосферной связи, которые обеспечивают эффективное решения ряда задач при организации радиосвязи в вооруженных силах РБ и России. Анализ распространения радиоволн в тропосферных РРЛ показывает, что применение многолучевых антенн позволит значительно уменьшить вероятность возникновения интерференционных

минимумов, увеличить среднюю мощность принимаемого сигнала и улучшить помехозащищенность тропосферных РРЛ вооруженных сил РФ и России.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью диссертации является исследование алгоритмов диаграммообразования многолучевых антенн для улучшения энергетических характеристик и помехозащищенности тропосферных систем связи.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ схем построения и алгоритмов диаграммообразования многолучевых антенн;
- разработать алгоритм формирования диаграммы направленности многолучевой антенны, обеспечивающий подавление помех;
- исследовать применение сверхразрешения в многолучевых антеннах для улучшения характеристик помехоустойчивости антенн;
- разработать алгоритм диаграммообразования и схему построения многолучевой антенны для улучшения энергетических характеристик и помехозащищенности тропосферных РРЛ.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В 1 главе диссертационной работы рассмотрены проблемы цифровых систем радиосвязи, создаваемые межсимвольной интерференцией и многолучевым распространением радиоволн. Показана возможность эффективного использования адаптивных многолучевых антенных систем с цифровым диаграммообразованием. Использование многолучевой антенны позволяет применить технологию пространственно-временного кодирования (MIMO – Multi-Input-Multi-Output – много входов и много выходов), которая создает выигрыш за счет разделения потока данных, передаваемого через канал со многими входами и многими выходами через две или более антенны по разным пространственным направлениям.

Рассмотрена целесообразность перехода многолучевой антенны (МА) к так называемой кластерной технологии проектирования сети сотовой подвижной связи (ССПС) в условиях динамически меняющейся нагрузки. При кластерной технологии оптимизация площади покрытия может осуществляться за счет дистанционного изменения угла наклона и ширины диаграммы направленности (ДН) в горизонтальной плоскости.

Показано, что использование МА позволяет применить технологию пространственно-временного кодирования (MIMO – Multi-Input-Multi-Output – много входов и много выходов), которая создает выигрыш за счет разделения потока данных, передаваемого через канал со многими входами и многими

выходами через две или более антенны по разным пространственным направлениям.

Для создания многолучевых антенн произведен анализ схем построения приемных и передающих модулей современных систем с цифровым диаграммообразованием.

Эффективное подавление помех многолучевые антенны требуют высокой точности определения угловых координат источников помех. Повышение точности измерения угловых координат обычно требует увеличение размеров антенны. Поэтому в первом разделе рассмотрен метод Кейпона, позволяющий обеспечить высокую разрешающую способность измерения угловых координат при малых габаритах антенн.

Во 2 главе диссертационной работы проведена разработка алгоритма диаграммообразования многолучевых антенн при различных расположения излучателей. Разработано программное обеспечение для формирования:

- диаграмм направленности суммарного и разностного каналов антенного устройства;
- диаграмм направленности сверхразрешающих антенн использующих метод Кейпона;
- исследованы диаграммы направленности антенн оптимизированных по методу Кейпона для различных значений отношения сигнал/шум, количества излучателей и расстояния между ними;
- исследованы алгоритмы формирования нулей диаграмм направленности многолучевой антенны в направлении помех.

В 3 главе произведена разработка структурной схемы приемо-передающего модуля, рисунок 1, и структурная схема приемного устройства многолучевой антенны, рисунок 2.

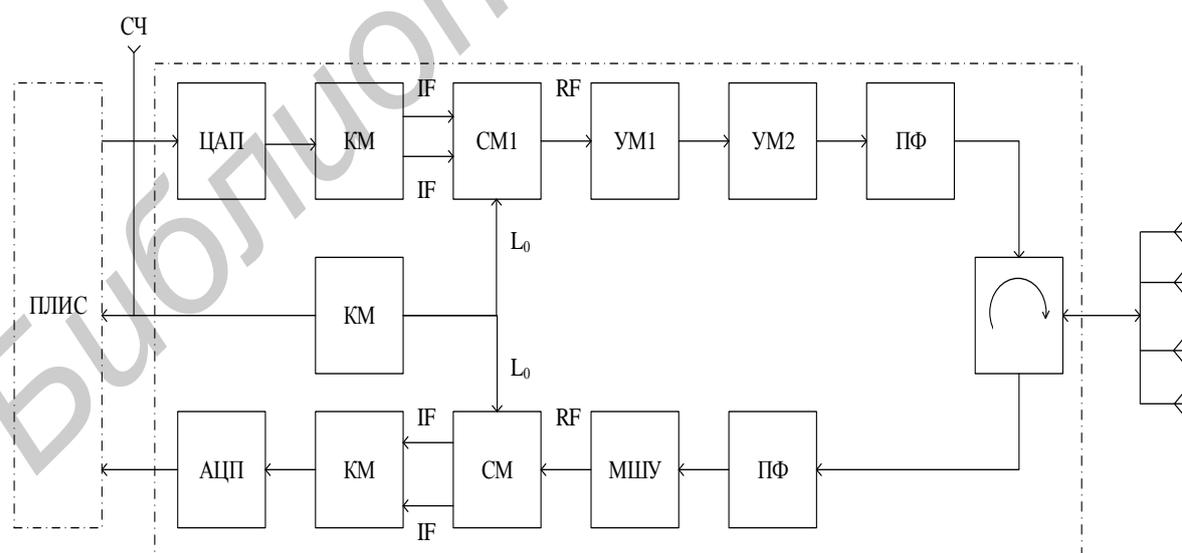


Рисунок 1 – Структурная схема приемо-передающего модуля

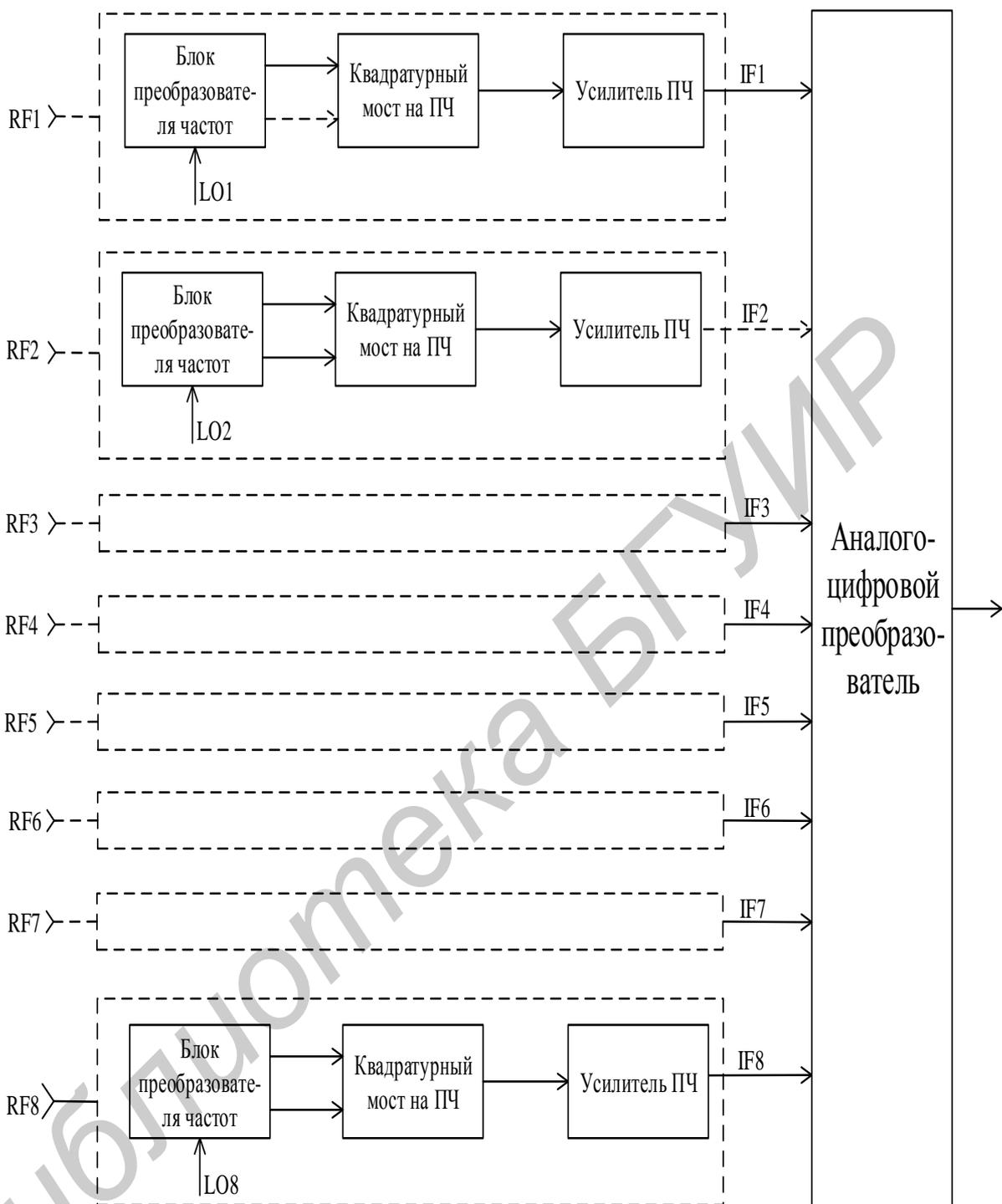


Рисунок 2 – Структурная схема приёмного устройства многолучевой антенны

Приведена принципиальная электрическая схема приемного устройства много лучевой антенной системы с фазовым подавлением зеркального канала приема, рисунок 3. Схема содержит восемь идентичных приемных модуля, на входы которых поступают выходные сигналы излучателей RF1 – RF8. Сигналы RF поступают на малошумящий усилитель (МШУ), микросхема HMC567LC5.

Приведена возможная топология излучателей многолучевой антенны тропосферной РРЛ, рисунок 4.

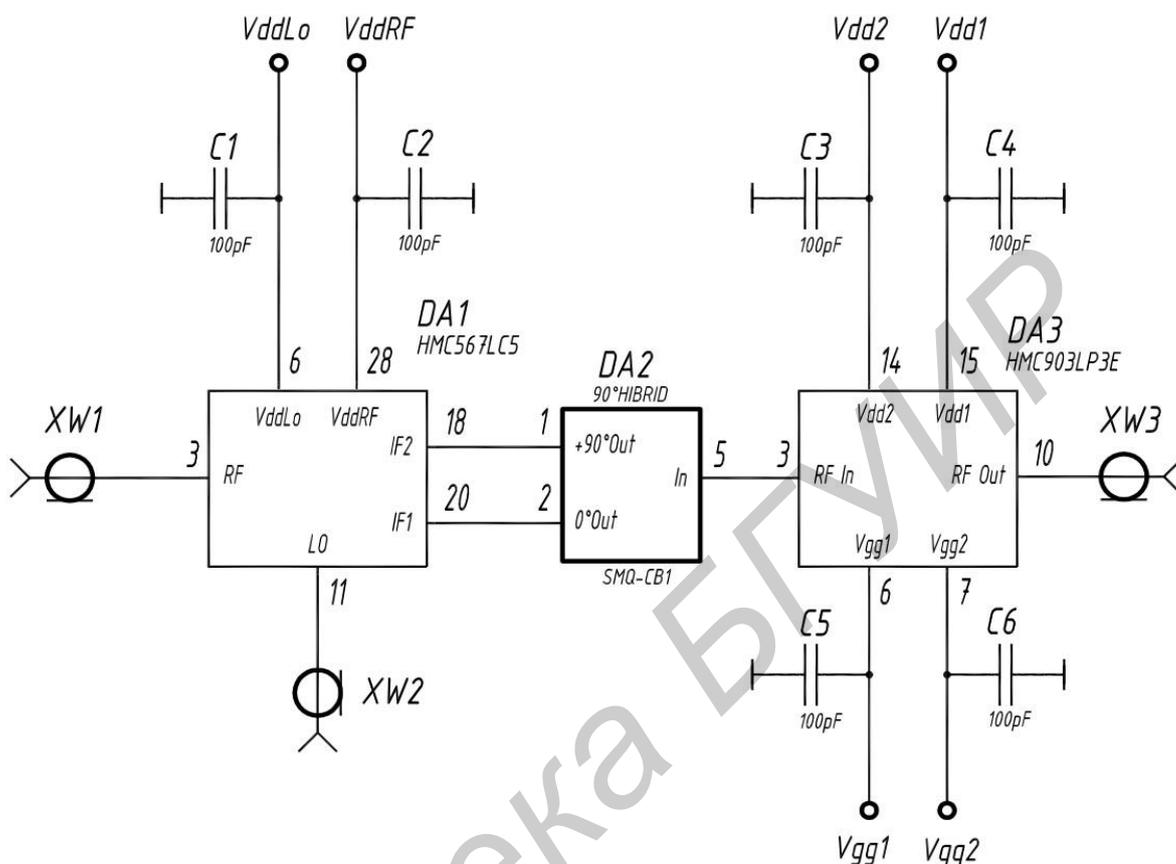


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема приемного устройства многолучевой антенны фазовым подавлением зеркального канала

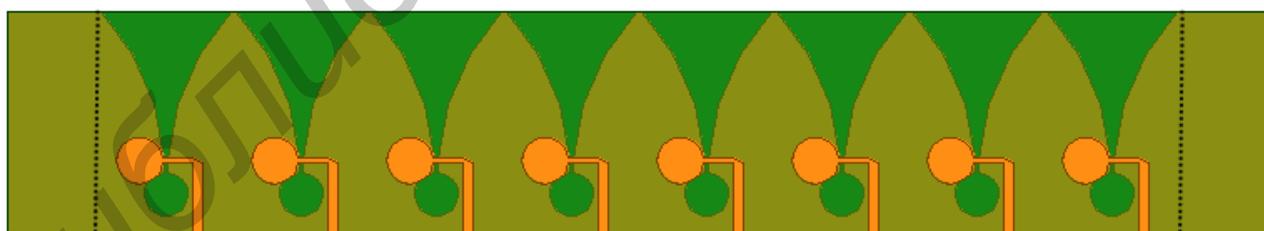


Рисунок 4 – Топология излучателей многолучевой антенны тропосферной РРЛ,

В 4 главе показана целесообразность использования многолучевых антенн в тропосферных линиях связи. На рисунке 5 показана принципиальная схема передающего устройства многолучевой антенны.

Для уменьшения вероятности возникновения интерференционных минимумов и увеличения средней мощности принимаемого сигнала в тропосферных РРЛ используется метод адаптивного приёма, при котором производится непрерывное или периодическое измерение характеристик среды распространения. Применение многолучевых антенн позволяет эффективно использовать этот метод.

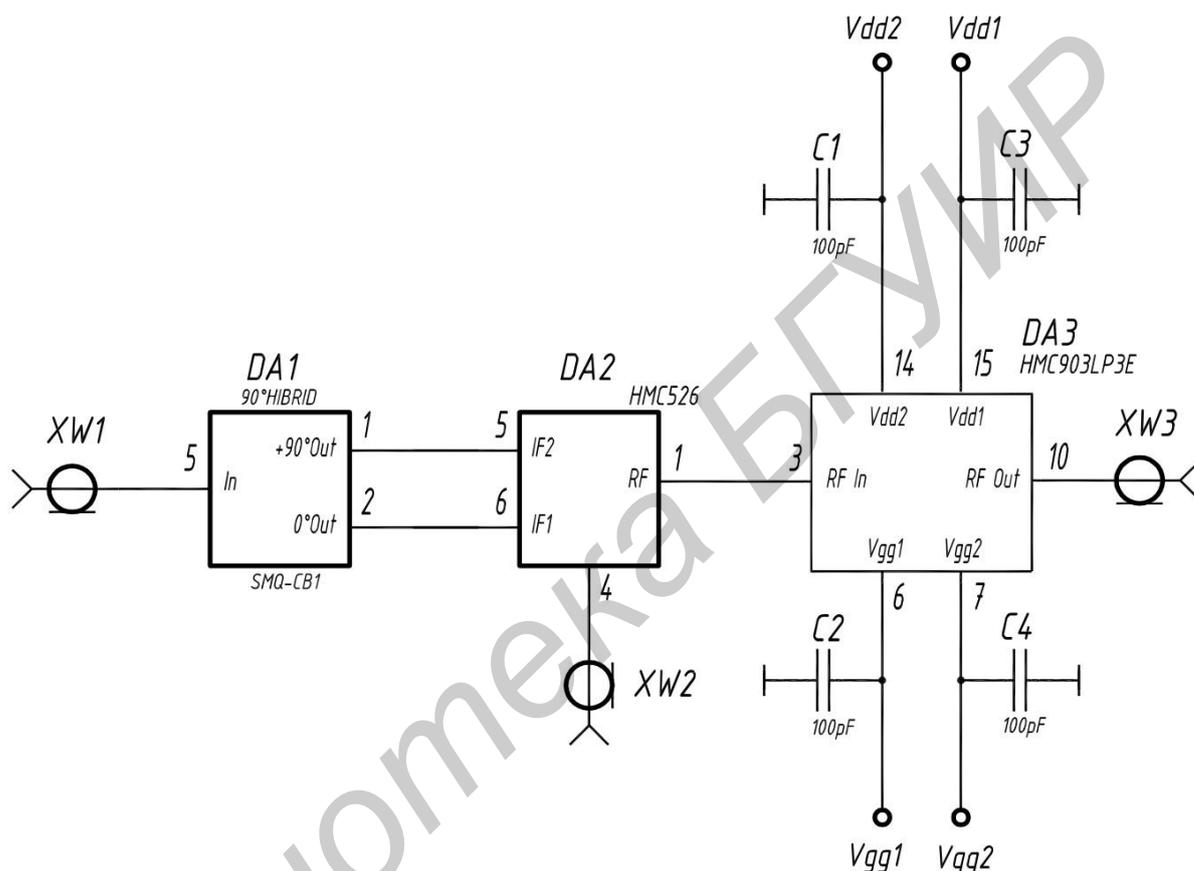


Рисунок 5 – Принципиальная электрическая схема передающего устройства многолучевой антенны

Многолучевые антенны позволяют осуществлять постоянный поиск тропосферных неоднородностей и обеспечивать перестройку ДН антенны с одной неоднородности на другую. Разработано программное обеспечение, позволяющее формировать сигнал ошибки для сопровождения по которой проводится работа в данный момент времени и поиск неоднородностей с максимальным значением мощности переотраженного сигнала на входе приемного устройства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работы проведен анализ построения многолучевых антенн современных систем радиосвязи.

Проведена разработка:

- алгоритма формирования диаграмм направленности многолучевых антенн при различном расположении излучателей;
- алгоритма формирования диаграмм направленности многолучевых антенн при сверхрелеевском разрешении сигналов по направлению прихода;
- алгоритма формирования диаграммы направленности многолучевого антенного устройства, обеспечивающего подавление сигналов помех по нулям диаграммы направленности антенны в направлении прихода помех;
- приемопередающего модуля для многолучевых антенн в ТРС позволяющего обеспечить поиск тропосферной неоднородности обеспечивающее максимальное значение мощности сигнала на входе приемного устройства

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ.

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликована 1 статья «Фазированные антенные решетки с цифровым диаграммообразованием» в сборнике материалов 3-й молодежной межвузовской научно-технической конференции факультета связи и автоматизированных систем управления учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь (Минск, 2014).

Материалы использованы при выполнении НИР «Разработка коммутационной системы микроволновой распределительной системы для широкополосного доступа» (в 2014 г., заказчик ГПНИ «Электроника и фотоника» 1.3.08), выполненной в лаборатории 1.6. НИЧ БГУИР «Радиотехнические устройства СВЧ и КВЧ диапазона». Имеется акт использования результатов работы в указанной НИР.

Библиотека БГУИР