

Подходы к моделированию системы радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов в условиях помех

Р. А. Баранов, email: rombank20@bk.ru

М. Ю. Пресняков, email: presnikov@mail.ru

А. В. Рябов, email: rbav@list.ru

Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия» им.
Профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

***Аннотация.** В данной статье рассмотрены подходы к применению математического моделирования в процессе построения ведомственных систем радиосвязи, с применением параллельной ретрансляции сигналов от источника информации к получателю, реализующие сложение в точке приема сигналов от ретрансляторов, которые параллельно излучают пакеты сообщений. Моделирование данной системы позволяет выбрать оптимальное количество ретрансляторов, в зависимости от требуемого уровня разведзащищенности и помехоустойчивости на данном информационном направлении.*

***Ключевые слова:** ведомственная система связи, радиосвязь, параллельная ретрансляция, помехи, виртуальная диаграмма направленности, синхронизация передатчиков, адаптивное управление мощностью, энергетическая доступность, разведзащищенность, помехоустойчивость.*

Введение

Подходы к моделированию системы радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов в условиях помех реализованы следующим образом. На местности необходимо создать антенную систему, состоящую из определенного количества ретрансляторов обеспечивающих в точке приема заданные характеристики мощности сигналов и диаграммы направленности (ДН) виртуальной фазированной антенной решетки (ФАР).

Для определения минимально достаточного набора ретрансляторов и параметров их работы необходимо производить постоянное моделирование всей ведомственной системы связи реализующей метод параллельной ретрансляции сигналов.

1. Стили оформления

Представим в рамках структурной адаптации виртуальной антенной решетки с распределенными на некоторой территории излучающими элементами (передатчиками) Поскольку антенной решеткой является совокупность излучающих элементов, расположенных в пространстве определенным образом и возбуждаемых одним или совокупностью когерентных источников [1], то расположенные определенным образом в пространстве отдельные передатчики со своими антенными системами также могут являться отдельными излучающими элементами антенной решетки при условии запитки их от одного источника сообщения [1].

Таким образом, адаптивное управление формой диаграммы направленности антенной системы, а, следовательно, ее коэффициентом усиления, может быть реализовано на основе пространственного сложения мощности нескольких передатчиков, объединяемых для параллельной ретрансляции сигналов между источником и получателем сообщений в АФАР с пространственно распределенными элементами.

Рассмотрим сеть радиосвязи, состоящую из узла отправителя сообщения, узла получателя сообщения и N-узлов-ретрансляторов (радиостанций). При этом отправитель сообщения и получатель сообщения так же могут выполнять функции ретрансляторов.

В общем случае узел отправителя сообщения передает свой сигнал, который принимается получателем сообщения, а также может быть принят другими N-узлами в непосредственной близости. Если эти узлы готовы поделиться своими ресурсами, они могут направить полученную информацию узла отправителя сообщения в качестве второй копии исходного сигнала, и действовать в качестве ретранслятора для узла отправителя сообщения. Отправителем сообщения может являться маломощная радиостанция или отдельное передающее устройство, находящееся в распоряжении абонента.

Таким образом, в общем случае такая система представляет собой своего рода виртуальную антенную решетку, состоящую из N-ретрансляторов (отдельных передатчиков со своими антенными системами), расположенных определенным образом в пространстве.

Принцип работы такой системы заключается в следующем. В общем случае отправитель сообщения является главной радиостанцией. Из совокупности элементов радиосети (Ретр. 1 – Ретр N), распределенных на определенной территории, выбирается некоторое количество радиостанций для ретрансляции сигналов главной станции. В процессе ретрансляции обеспечивается синхронизация передатчиков

выбранных ретрансляторов для синфазного сложения радиосигналов в точке приема.

Совокупность ретрансляторов (Ретр. 1 – Ретр N) фактически представляет собой АФАР с распределенными в пространстве и не связанными физическими линиями передачи излучателями.

Структура рассматриваемой АФАР является переменной (априорно неопределенной) и изменяется в зависимости от расстояния до получателя сообщения, состояния канала связи, оперативной обстановки и других условий связи.

В случае перемещения получателя сообщения могут быть задействованы другие доступные ретрансляторы.

Поскольку расстояния между отправителем сообщения (главной радиостанцией) и ретрансляторами (элементами АФАР) не являются одинаковыми и, в общем случае, изменяются при его перемещении, необходима синхронизация опорных генераторов (ОГ) передатчиков ретрансляторов для обеспечения синфазного сложения их мощности в требуемом пространственном направлении.

Синхронизация передатчиков опорным сигналом, формируемым отправителем сообщений (от общего высокостабильного опорного генератора), как это реализовано в активных ФАР [1], не позволит в полной мере решить поставленную задачу из-за стохастичности радиоканала.

Различные условия распространения радиоволн, излучаемых отдельными ретрансляторами, приведут к нарушению их синфазности в точке приема. Следовательно, синхронизация передатчиков ретрансляторов должна осуществляться с учетом изменения фазы сигналов в радиоканале, а формирование синхросигналов – станцией получателя сообщений [82].

Реализация данного способа синхронизации возможна при наличии обратной связи между передатчиками и приемниками, которая обеспечивается аппаратурой автоматизации вхождения в радиосвязь и ее ведения [2].

Каждый элемент радиосети при использовании метода параллельной ретрансляции может быть отправителем, ретранслятором или получателем сообщений. Следовательно, данными средствами должны осуществляться дополнительные функции:

- формирование признака главной станции;
- поиск свободных ретрансляторов и выбор оптимальной структуры АФАР;
- формирование адресов ретрансляторов, отправителя и получателя сообщений;

- формирование синхросигналов;
- обработка принятых синхросигналов и формирование управляющих сигналов для автоматической подстройки фазы излучаемых радиосигналов.

Указанные функции могут быть реализованы программно в аппаратуре адаптации перспективных средств радиосвязи 6-го поколения на SDR платформе [3].

Виртуальная АФАР с рассмотренной структурой обеспечит синфазное сложение сигналов ретрансляторов в месте нахождения получателя сообщений и ослабление результирующего сигнала в других направлениях.

Это эквивалентно формированию ДН виртуальной АФАР.

Моделирование направленных свойства виртуальной АФАР с пространственно распределенными элементами позволяют определять ДН виртуальной АФАР и анализировать ее направленные свойства в зависимости от типа антенны ее отдельного элемента (ретранслятора).

Направленные свойства АФАР определяются количеством ее излучателей и слабо зависят от их направленных свойств.

Следовательно, в качестве ретрансляторов могут использоваться передатчики работающие на ненаправленную или слабонаправленную антенну, что позволяет решить задачу направленной передачи ЭМВ в ДКМ диапазоне.

Установлено, что равноамплитудное распределение токов вдоль облучателей ФАР, позволяет получить ДН с более узким главным лепестком, а неравноамплитудное – более низкий уровень боковых лепестков. Неравноамплитудное распределение может быть получено регулированием уровня мощности на выходе передатчиков, входящих в состав АФАР.

Результаты интегрирования для антенн 2ВНС 40/12 и ШТ-4 при различных значениях $N = 0 \dots 10$ и фиксированных значениях $f=3\text{МГц}$, $d = 100\text{ м}$ и $\alpha = 0$ показал, что при объединении мощности двух передатчиков диапазона ДКМВ КНД увеличивается в 2,1 раза, четырех – в 4,5 раза, шести – в 6,8 раз, восьми – в 10 раз. Таким образом, мощность, излучаемая отдельными ретрансляторами, будет концентрироваться строго в направлении получателя сообщений, а значит, повысится уровень сигнала в точке приема.

Для диапазонов волн МВ-ДМВ результаты расчета направленных свойств виртуальной АФАР будут отличаться незначительно с учетом КНД конкретных антенн передатчиков, объединяемых в АФАР для ретрансляции.

Следовательно предложенный метод позволяет повысить достоверность связи в условиях действия всех видов помех.

Основным отличием предлагаемой АФАР является возможность управлять положением главного лепестка ДН в пространстве электрическим методом по каналу обратной связи – по опорным сигналам, приходящим из точки приема.

Для ориентирования максимума главного лепестка ДН ФАР (для фокусировки антенны) необходимо изменять разность фаз токов запитки соседних излучателей. При этом будет изменяться наклон фазового распределения токов вдоль АР. Процесс управления положением ДН должен продолжаться до тех пор, пока фазовое распределение не станет ортогональным направлению прихода опорного сигнала из точки приема.

Для обеспечения алгоритма функционирования виртуальной АФАР, а также ее адаптации по направлению прихода волны, необходима синхронизация ОГ составляющих ее передатчиков. Она может быть обеспечена построением системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) при синхронизации всех элементов АР по каналу обратной связи от генератора, находящегося в точке приема. При этом в процессе синхронизации будут также учитываться и условия распространения радиоволн в радиоканале.

Заключение

Таким образом, применение метода параллельной ретрансляции позволяет при увеличении коэффициента направленного действия формируемой АФАР, повысить достоверность передачи информации в сложной сигнально-помеховой обстановке. Практическая реализация рассмотренных подходов к моделированию позволит повысить помехоустойчивость сетей радиосвязи.

Список литературы

1. Зырянов Ю.Т. Антенны: Учебное пособие. – 3-е изд. стер., – СПб.: Издательство «Лань», 2018 г. – 412 с.
2. Семисошенко М.А. Управление автоматизированными системами дециметрового диапазона в условиях сложной радиоэлектронной обстановки. – С.Пб.: ВАС, 1997. – 364 с.
3. Галкин В.А. Основы программно-конфигурируемого радио. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 375 с.