

ОТЗЫВ

Официального оппонента доктора физико-математических наук, Шипилова Сергея Эдуардовича на диссертационную работу Сабитова Т. И. «Матричные имитаторы эхосигналов многоантенных радиолокационных систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация»

Актуальность исследования

На различных этапах разработки сложных радиолокационных систем широко применяется полунатурное моделирование с использованием матричных имитаторов.

Диссертационная работа Сабитова Т. И. посвящена обоснованию методов построения когерентных матричных имитаторов для имитации эхосигналов многоантенных радиолокационных систем.

Известные методы синтеза матричных имитаторов не позволяют получить матрицу излучателей имитатора для моделирования радиолокационных отражений одновременно для нескольких антенн. При этом известен целый ряд систем, использующих в своей работе несколько приемных антенн с разнесенными фазовыми центрами. Результаты работы Сабитова Т. И. развивают теорию синтеза матричных имитаторов и расширяют область их применения.

Тема исследования является актуальной.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во введении сформулированы цель и основные задачи работы, обозначены её актуальность, научная новизна и практическая значимость.

Первый раздел посвящен обзору матричных имитаторов. Отмечено, что наибольшими возможностями по имитации отражений от радиолокационных объектов обладают когерентные матричные имитаторы. Показано, что известные методы синтеза когерентных матричных имитаторов ограничены

одноантенными радиолокационными системами. Предложены подходы к синтезу матриц излучателей, обеспечивающих имитацию целей в требуемых положениях для всех приемных антенн.

Второй раздел посвящен вопросам синтеза матричных имитаторов, обеспечивающих имитацию цели, имеющей общее положение для двух приемных антенн. Предложено решение, заключающееся в достижении синфазности сигналов имитатора в точках приема. Сформулированы условия к взаимному расположению излучателей. Рассмотрены две группы одномерных матриц: излучатели которых лежат на одной прямой и для которых положение одного из излучателей задано. Установлено, что для матриц первой группы число излучателей ограничено. Установлено, что матрицы второй группы могут иметь неограниченный размер из-за возможности циклического увеличения количества излучателей. Предложен способ синтеза двумерных матриц излучателей на основе одномерных.

Третий раздел посвящен вопросам синтеза матричных имитаторов, обеспечивающих имитацию цели, имеющей общее положение для трех приемных антенн. Предложены решения, основанные на результатах второго раздела. Получены соотношения для синтеза одномерных и двумерных матриц излучателей имитатора.

Четвертый раздел направлен на решение задачи синтеза матричных имитаторов, обеспечивающих имитацию целей независимо для двух антенн. Сформулированы условия, которым должна удовлетворять конфигурация излучателей и параметры излучаемых сигналов. Получены соотношения, позволяющие синтезировать одномерную и двумерную матрицы, удовлетворяющих этим условиям.

Пятый раздел посвящен вопросам практического применения полученных результатов. Исследованы ошибки моделирования, обусловленные нарушением амплитудно-фазовых соотношений сигналов имитатора в точках приема. Разработана матрица из 6 излучателей для имитации эхосигналов корреляционного измерителя скорости и угла сноса, использующего в своей работе три приемные антенны. Осуществлена апробация разработанной матрицы с помощью численного эксперимента.

В заключении перечислены основные результаты работы.

В приложении А вынесены результаты по развитию подхода к синтезу матрицы, обеспечивающей имитацию общей цели для нескольких антенн. Показано, что за счет управления начальными фазами излучаемых сигналов появляется дополнительная степень свободы при размещении излучателей.

В приложении Б представлен акт о внедрении результатов диссертационной работы.

Теоретическая ценность диссертационной работы заключается в том, что автором получены условия к конфигурации излучателей и параметрам излучаемых сигналов, при выполнении которых обеспечивается имитация целей в требуемых угловых положениях одновременно для нескольких приемных антенн.

Практическая ценность заключается в том, что полученные результаты позволяют синтезировать матричные имитаторы для решения задачи имитации целей, наблюдаемых в одном и том же положении всеми приемными антеннами, и задачи имитации целей независимо для каждой антенны многоантенной системы.

Апробация

Результаты диссертации в полной мере отражены в публикациях автора и прошли апробацию на конференциях международного и всероссийского уровней. Основные результаты работы опубликованы в 24 научных работах, из них: 9 в ведущих научных изданиях, рекомендованных ВАК, 6 публикаций, входящих в международные библиографические системы Scopus и Web of Science, 9 публикаций в других изданиях.

Достоверность полученных результатов

Обеспечивается корректным применением математического аппарата и подтверждением теоретических выводов положительными результатами апробации и внедрения.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание работы, позволяет оценить результаты работы, их новизну и практическую значимость.

Замечания по работе

1. В диссертационной работе показано, что известные когерентные и частично-когерентные матричные имитаторы не могут быть использованы для апробации систем с несколькими приемными антеннами. При этом отсутствует анализ применимости некогерентных матричных имитаторов.

2. Формулировка 2 и 3 защищаемых положений не дает понимания о необходимом и достаточном количестве матричных имитаторов в задачах формирования одномерных и двумерных моделей. 5, 10 и 6 излучающих точек – это минимум или, оптимум? К чему приведет дальнейшее увеличение количества излучающих точек? Имеется ли решение для произвольного числа и расположения приемных антенн?

3. Достоверность и обоснованность теоретических результатов сформулированы в общем виде, а не для каждого конкретного защищаемого положения. Можно ли считать, что они одинаковы для всех защищаемых положений? Является ли достаточным подтверждением достоверности наличие в диссертационной работе только численного моделирования?

4. В разделе 2.1.2 автор с использованием аппарата дифференциального исчисления решает задачу поиска экстремума относительно набега фаз сигналов. При этом автор не оговаривает экстремум является единственным, или есть еще и локальные.

5. В разделе 5.2 автор пишет, что уровень ошибок 5-точечной модели «...незначительно превосходит те, что соответствуют эквивалентной синфазной 2-точечной модели». При этом не дано никаких количественных оценок для данного сравнения.

Заключение

Указанные недостатки не снижают значимость диссертационной работы Сабитова Т. И. на тему «Матричные имитаторы эхосигналов многоантенных радиолокационных систем». Данная диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научно-технической задачи в области полунатурного моделирования, разработки и испытаний радиолокационных систем.

Считаю, что работа Сабитова Т. И. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным положением ВАК РФ, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности «Радиолокация и радионавигация» (2.2.16).

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

«29» ноября 2021

 С. Э. Шипилов

Личную подпись оппонента д.ф.-м.н. заверяю _____

Сведения об организации:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36,

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

8 (3822) 529852, 8 (3822) 529558

<http://www.tsu.ru>

s.shipilov@gmail.com



Подпись

Достоверяю
Ученый секретарь ТГУ

Н. А. Сазонова