

Сравнение кривых a и b как для движущейся, так и неподвижной антенн показывает несущественное влияние флюктуации расстояния между излучателями на амплитуду давления, что объясняется усредняющим действием элементов антенны.

Разработанная теоретическая модель излучения движущейся антенной, состоящей из статистически распределенных квадрупольей, может быть использована для объяснения акустических явлений в газовой струе.

Список литературы:

- [1] Бубнов Е.Я. Акустическое излучение дискретных источников в анизотропной среде // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Радиофизика. 2010. Вып. 9 (45). С. 23–26.
- [2] Бубнов Е.Я. Акустическое излучение движущихся синфазных и противофазных диполей // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, сер. Радиофизика. 2011. Вып. 6 (1). С. 99–103.
- [3] Бубнов Е.Я. Акустическое излучение движущейся линейной антенной продольных распределенных квадрупольей // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, сер. Радиофизика. 2012. Вып. 2 (1). С. 51–54.
- [4] Авиационная акустика. В 2-х ч. Ч. 1. /А.Г. Муни, Б.М. Ефимцев, Л.Я. Кудисова и др.// Под ред. А.Г. Мунина. М.: Машиностроение, 1986, 448 с.

В.С. Добровольский, Е.Н. Мясников

ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

А.В. Кузнецов

ОАО ФНПЦ «ННИИРТ»

С.П. Тараканков

ФБГНУ НИРФИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУХКАНАЛЬНОЙ СУДОВОЙ РЛС ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ЗНАКОВ

В условиях ограниченной видимости часто возникает необходимость определения места положения судна по береговым ориентирам и навигационным знакам (НЗ). Однако их обнаружение по сигналу радиолокационной станции (РЛС), затруднено при наличии засветок от водной поверхности, береговой линии и др. Опознавание НЗ затруднено при наличии большого количества посторонних объектов, имеющих сравнимые с ним поперечники рассеяния. Увеличение площади отражающей поверхности НЗ ограничено их габаритными размерами.

В настоящее время для решения задачи опознавания НЗ по отметкам на экране РЛС используются буи с активным ответом, образующие совместно с РЛС средства вторичной радиолокации (СВРЛ), которые после приема импульсов от судовой РЛС излучают ответные сигналы [1]. Активный ответ позволяет значительно увеличить дальность радиолокационного обнаружения объектов с малой отражающей поверхностью, так как мощность сигналов запроса и ответа убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до объекта, в то время как при приеме отраженных сигналов от пассивных отражателей она обратно пропорциональна четвертой степени расстояния.

СВРЛ, используемые в настоящее время, разделяются на судовые запросчики - ответчики (СЗО) и получившие широкое распространение радиолокационные маяк-ответчики (РМО), которые устанавливаются на НЗ, маяках или в условных точках, координаты которых точно известны. РМО представляет собой приемопередающее

устройство, излучающее ответные сигналы (кодированное сочетание) при поступлении на вход приемника зондирующих импульсов судовых РЛС. Они предназначены для улучшения радиолокационной наблюдаемости и опознавания объектов. В отличие от РМО СЗО излучает ответный сигнал лишь при приеме кодированного сигнала от специального запросчика. Помимо задач, решаемых РМО, СЗО позволяет осуществить обмен навигационной и другой информацией между судами или между судном и береговым центром управления.

Современные РЛС, применяемые на судах на внутренних водных путях, используют радиоволны СВЧ диапазона. Для целей радиолокации Регламентом радиосвязи выделен диапазон частот (9320–9500) МГц. Существующие в настоящее время РМО излучают ответные сигналы в том же диапазоне частот, которые принимаются высокочастотным трактом РЛС вместе с зондирующими сигналами. Для этого в используемых конструкциях РМО применяются генераторы СВЧ диапазона, обладающие высокой стабильностью рабочих частот.

Блок-схема РМО с качанием частоты представлена на рис. 1. Зондирующие импульсы судовой РЛС через ненаправленную антенну (А1) поступают на вход приёмника, состоящего из видеодетектора (ВД) и видеоусилителя (ВУ). Усиленные сигналы с выхода приемника подаются на пороговое устройство (ПУ). В случае превышения сигналом порогового уровня производится запуск кодирующего устройства (КУ). Иногда между пороговым и кодирующим устройствами ставится схема анализа регулярности следования импульсов запроса, которая повышает помехоустойчивость РМО. В кодирующем устройстве вырабатывается кодовая комбинация импульсов, соответствующая букве в кодах Морзе (здесь предусмотрена возможность смены кода).

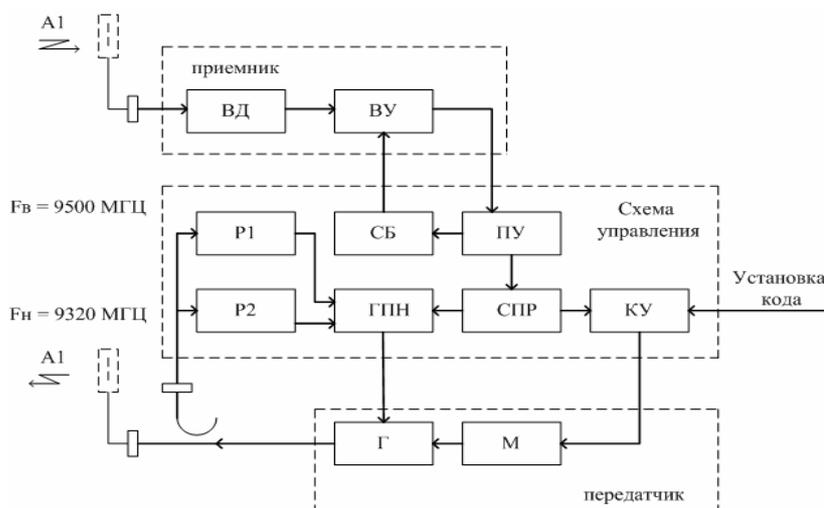


Рис. 1.

В соответствии с кодовой последовательностью запускается передатчик, состоящий из модулятора (М) и СВЧ-генератора (Г). Сигналы СВЧ через антенну А2 излучаются в пространство и достигают запрашивающей РЛС. Модулятор собран на мощных транзисторах, а в качестве СВЧ-генератора используются генераторы на диоде Ганна. Перестройка частоты генератора осуществляется с помощью варикапа (диод, имеющий переменную емкость, зависящую от уровня напряжения, подводимого к нему), включенного в цепь генератора. Режим качания частоты задается генератором пилообразного напряжения (ГПН), работающим в автоколебательном режиме. Управление его работой осуществляется схемой принятия решения (СПР), которая по заранее заданному алгоритму включает РМО в активный режим или переводит в режим

ожидания. Контроль полосы излучаемых колебаний производится двумя резонаторами высокой добротности P1 и P2. Резонаторы настроены на крайние частоты диапазона: P1 – на 9320 МГц, P2 – на 9500 МГц. Когда рабочая частота достигает частоты настройки одного из резонаторов, происходит изменение направления качания частоты сигнала. Схема блокировки (СБ) вырабатывает импульсы, запирающие приемник на время обработки запросного излучения и излучения ответного сигналов. Тем самым предотвращается самовозбуждение ответчика и искажение ответного сигнала запросными импульсами других РЛС.

Существующие в настоящее время СВРЛ являются дорогостоящими и не имеют широкого применения. Поэтому актуальной является задача разработки более простых СВРЛ, адаптируемых к реальной обстановке, сложившейся в настоящее время на внутренних водных путях. Для этого могут быть использованы маяки-ответчики, использующие нелинейные радиотехнические преобразователи частоты и излучающие сигналы на комбинационных частотах зондирующего сигнала РЛС [2, 3].

Метод нелинейной радиолокации основан на применении в качестве объектов, отражающих сигналы РЛС, как активных, так и пассивных нелинейных датчиков, преобразующих спектр зондирующего сигнала. Основным параметром нелинейного рассеятеля (НР) является коэффициент полезного действия (КПД) при преобразовании энергии падающего излучения в гармонику зондирующего сигнала. Исследования показали, что наибольшим КПД обладают субгармонические рассеиватели (СГР), понижающие частоту зондирующего сигнала (ЗС) в кратное число раз. На рис.2 показаны возможные варианты использования судовой РЛС с совмещенным с ней «нелинейным» маркером.

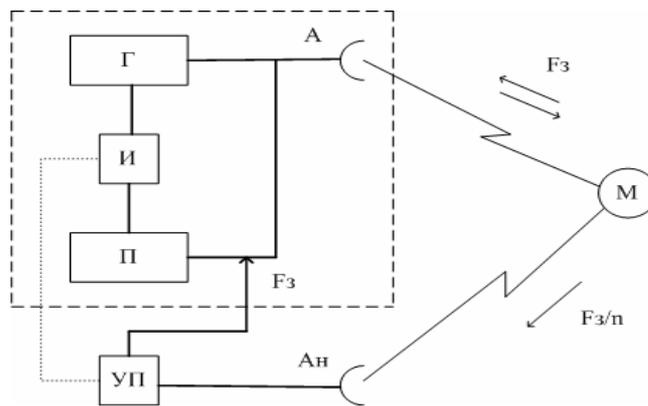


Рис. 2.

Пунктиром обозначены основные элементы существующей станции: Г – генератор зондирующих импульсов, П – приемник отраженных сигналов, А – антенна, И – индикатор обзора. Дополнительный тракт представлен антенной A_n для приема рассеянных маркером М импульсов, УП – усилителем-преобразователем для транспонирования частоты их несущей F_p на частоту приемника РЛС (здесь $n = F_z/F_p$). На судне устанавливается всенаправленная антенна, принимающая сигнал, преобразованный маркером и приемник, настроенный на частоту маркера. При этом полностью сохраняется функция судовой РЛС. Дальность обнаружения СГР зависит от его КПД и динамического диапазона.

В основе принципа работы СГР лежит параметрическое преобразование ЗС. Данный механизм преобразования частоты обеспечивает ему более высокий КПД при малых уровнях ЗС. СГР содержит два основных элемента: линейную (антенную) часть и нелинейный элемент. Линейная часть представлена полуволновым вибратором. Ее назначение – прием энергии зондирующего сигнала и обратное рассеяние по-

лезного сигнала P_c . Назначение нелинейного элемента – преобразование спектра падающего на НР потока ЗС. При преобразовании ЗС в гармонику в качестве такого преобразователя может выступать полупроводниковый диод. Вибратор СГР нагружен на параметрически возбуждаемый контур. Вместе с тем, процесс его возбуждения носит пороговый характер. Уровень порогового значения P_v потока ЗС, при котором начинается возбуждение, при заданной добротности резонатора определяется уровнем ЗС и свойствами используемого диода.

СГР способен работать в релаксационном режиме. Для этого в контур вводится цепь РС. При достаточном уровне нарастающего ЗС СГР переходит в прерывистый режим генерации субгармоники, что открывает определенные возможности для обозначения индивидуальных признаков объектов, на которых расположены рассеиватели. Однако реализация возможных процедур распознавания объектов при использовании нелинейного маркера существенно ограничена, что снижает возможность получения дополнительной информации.

К настоящему времени разработаны СГР, эффективно работающие в диапазоне дециметровых длин волн, их порог возбуждения составляет $P_v = 10^{-4} \div 10^{-5}$ В/м² и КПД = $10^{-3} \div 10^{-4}$ (при малой мощности ЗС). Такие рассеиватели обнаруживаются на расстоянии до 1 км при времени их наблюдения $T = 0,1$ с, импульсной мощности ЗС

$P_z = 2$ кВт и чувствительности приемника – 140 дБ. В настоящее время пока не удается сконструировать пассивные нелинейные датчики, работающие в диапазоне работы современных РЛС.

Для решения более широкого класса задач, связанных с получением информации от специализированных датчиков, установленных на НЗ, может быть предложена схема работы двухканальной судовой РЛС, представленная на рис. 3.

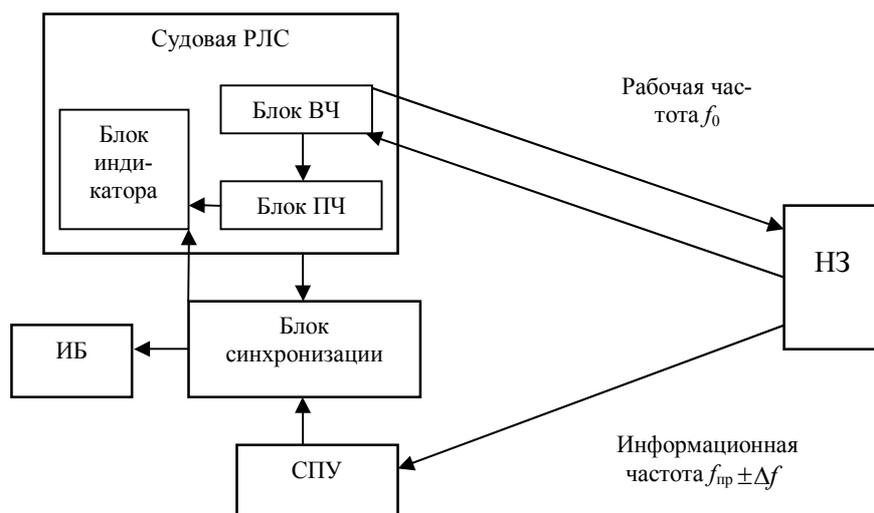


Рис. 3.

Сигнал судовой РЛС на рабочей частоте $f_0 = (9329 - 9500)$ МГц принимается приемным устройством, установленном на навигационном знаке (НЗ) и преобразуется в диапазон промежуточной частоты РЛС $f_{пр} = 60$ МГц, либо в одну из разрешенных частот дециметрового диапазона $f_{пр} = (0,3 - 3)$ ГГц. В приемном устройстве в диапазоне частот $\pm \Delta f$ формируется сигнал, содержащий информацию, поступающую от датчиков, установленных на НЗ. В качестве таких датчиков могут быть использованы навигационные модули системы ГЛОНАСС (или GPS). Данный сигнал смешивается с сигналом промежуточной частоты $f_{пр} \pm \Delta f$, усиливается до необходимого уровня,

обеспечивающего заданную дальность его приема, и излучается ненаправленной антенной, установленной на НЗ. Информационный сигнал принимается на судне специализированным приемным устройством (СПУ) и поступает на блок синхронизации, где он сравнивается с зондирующим сигналом промежуточной частоты $f_{\text{пр}}$ РЛС. Блок синхронизации формирует метку, позволяющую обозначить принятый от НЗ сигнал на индикаторе РЛС. Далее информационный сигнал поступает в информационный блок (ИБ), где детектируется и из него выделяются заложенные в нем данные о позиции НЗ. Сведения о позиции НЗ, получаемые от судов, проходящих по маршруту, поступают через систему АИС или Интернет в диспетчерские пункты, где формируются соответствующие базы данных, содержащие информацию о пространственном положении каждого НЗ, установленного на маршруте судового хода. Предлагаемый радиолокационный комплекс на основе двухканальной судовой РЛС, позволяет проводить позиционирование навигационных знаков в реальном времени, а также получать дополнительную информацию о навигационной обстановке, необходимую для обеспечения безопасности судоходства на внутренних водных путях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-02-97035 а).

Список литературы:

- [1] Лобанов В.А. Системы радионавигации. Н.Новгород, ВГАВТ, 2008, 124 с.
- [2] Добровольский В.С., Букварев Е.А., Мясников Е.Н., Тараканков С.П., Заборонкова Т.М. Проведение исследований по практическому применению нелинейных рассеивателей электромагнитных волн для определения положения и границ судового хода на внутренних водных путях // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2011. №29. С. 62–66.
- [3] Заборонкова Т.М., Мясников Е.Н., Тараканков С.П., Чугурин В.В. Применение нелинейных рассеивателей для обнаружения объектов в сложных радиолокационных условиях // Вопросы радиоэлектроники серия РЛТ. 2013. вып.1. С. 74–79.

Н.А. Дугин, Т.М. Заборонкова, В.В. Чугурин
ФГБНУ «НИРФИ»
Е.Н. Мясников
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

РАЗРАБОТКА АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ УГЛЕКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Углекомпозитные материалы являются научно-технологической основой для создания широкого спектра различных радиотехнических приборов и покрытий, обладающих заданными электромагнитными свойствами. Прежде всего, речь идет о таких параметрах как проводимость, диэлектрическая проницаемость, а также их анизотропных и дисперсионных характеристиках, зависящих от используемого диапазона частот. Введение мультиграфеновых структур в связующий полимер позволяет существенно менять электромагнитные параметры композита. При этом анизотропные свойства материалов на мезо и макро масштабах, начиная с миллиметрового диапазона длин радиоволн до метрового, обусловлены пространственной ориентацией углеродных нитей в углекомпозите. На мезо и микро масштабах дисперсионные свойства композитов обусловлены существованием фрактальных кластеров, образованных графеноподобными углеродными структурами.

Один из основных методов синтеза графеноподобных материалов базируется на процессе интеркалирования природного графита с последующим термическим рас-