

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035399**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.06.08

(51) Int. Cl. **G01S 13/88** (2006.01)
G01S 15/88 (2006.01)

(21) Номер заявки
201800016

(22) Дата подачи заявки
2017.12.12

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА РАДИОЛОКАЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ - ВОЗДУШНОЙ, ВОДНОЙ, ЗЕМНОЙ**

(43) **2019.06.28**

(56) RU-C2-2436130
RU-C1-2432583
RU-C1-2081425
US-B1-9037414
WO-A2-2013112223

(96) **2017000140 (RU) 2017.12.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ПНЦ
ВЗОР" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Валюнин Сергей Николаевич,
Ким Дмитрий Алексеевич, Кренев
Александр Николаевич, Широков
Ростислав Алипиевич (RU)**

(74) Представитель:
Линник Л.Н. (RU)

(57) Изобретение относится к области радиотехники, в частности к системам радиолокационного наблюдения объектов, находящихся в воздушной, водной и земной средах. В первом объекте предложен способ формирования структуры электромагнитного поля с круговой поляризацией и обработки принимаемых сигналов, техническим результатом которого являются обеспечение возможности электронного управления направлением излучения и шириной формируемой диаграммы направленности, улучшение энергетических соотношений, повышение вероятности правильного обнаружения объектов и точности измерения их координат и параметров, а количество определяемых параметров обнаруживаемых объектов доведено до максимально возможного для методов радиолокационного зондирования. Во втором объекте предложено устройство, реализующее способ.

B1

035399

035399

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к области радиотехники, в частности к системам радиолокационного наблюдения (РЛН) объектов, находящихся в воздушной, водной и земной средах независимо от местонахождения системы РЛН, и может быть использовано при проектировании новых и усовершенствовании существующих способов и систем ведения радиолокационного наблюдения.

Уровень техники

Известно множество способов и устройств радиолокационного наблюдения (патент РФ № 2377595 (16.06.2008 г.), патент РФ № 2524401 (27.07.2014 г.), патент РФ № 2528391 (20.09.2014 г.), патент РФ № 2498339 (01.03.2012 г.) и другие). Однако все они реализуют свои возможности исключительно в воздушной среде, в которой потери энергии при распространении электромагнитных волн (ЭМВ) минимальны. Для реализации управления шириной диаграммы направленности и электронного сканирования в них используются фазированные антенные решетки, характеризующиеся высокой стоимостью и значительными массогабаритными характеристиками.

Какие-либо реальные способы и устройства ведения радиолокационного наблюдения в водной среде, характеризующейся высокими потерями энергии при распространении ЭМВ, отсутствуют. Для обнаружения объектов в водной среде в настоящее время используются гидроакустические способы.

Известен ряд способов и устройств осуществления радиолокационного зондирования (РЛЗ) земных недр. Так, известно устройство (авторское свидетельство СССР № 1728812, опубл. 19.08.1989 г.), реализующее способ, в соответствии с которым импульсные воздействия на грунт производят с интервалом, не меньшим длительности записи эхо-сигнала, а сигнал с момента первого воздействия дискретизируют, взвешивают, заносят в память по номерам адреса, соответствующим порядковым номерам интервалов дискретизации, считывают в том же порядке с момента второго воздействия и перемножают в реальном времени с эхо-сигналом от второго воздействия. Подавление несингенетичной помехи превышает 45 дБ.

К недостаткам способа следует отнести его малую глубину зондирования, невозможность получения трехмерных изображений, сложность его реализации в реальном времени, что требует усложнения аналогового тракта, снижая общую надежность полевой аппаратуры и точность вычислений. Кроме того, двукратное использование задержанного сигнала в перемножении с не задержанным сигналом увеличивает вклад помехи, которую несет задержанный сигнал.

Известен также способ радиолокационного зондирования подстилающей поверхности, включающий в себя формирование зондирующих импульсов с помощью газового разрядника, их излучение передающей антенной, регистрацию отраженных волн приемной антенной, предварительную обработку зарегистрированного сигнала в приемном блоке с помощью аттенюатора и усилителя-ограничителя, получение волновой формы сигнала методом сравнения с величиной порога, задаваемой по шкале квантования, вывод информации на экран жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) и запись ее в память (патент РФ № 2080622, опубл. 27.05.1997 г.).

Недостатками способа являются малая глубина зондирования, невозможность получения трехмерных изображений и определения физических характеристик исследуемых структур, а также то, что принятый за основной бинарный режим не позволяет в сложных ситуациях производить правильную интерпретацию полученных данных.

Известное устройство, реализующее описанный выше способ, содержит автономный передатчик, включающий в себя последовательно соединенные таймер и преобразователь напряжения, подключенные к источнику питания, и формирователь зондирующих импульсов на газовом разряднике, и подсоединяемую через разъем передающую антенну, приемный блок, включающий в себя последовательно соединенные приемную антенну и конструктивно объединенные в отдельный блок антенного усилителя последовательно соединенные аттенюатор и усилитель-ограничитель, соединенный с первым выходом блока синхронизации, соединенный со вторым выходом усилителя-ограничителя основной усилитель, а также панель управления, блок памяти и ЖКИ.

Недостатками устройства являются перечисленные ранее для способа, а также недостаточный динамический диапазон, что приводит к ограничению амплитуды сигнала при получении волновой формы, а также к полной потере информации об амплитуде сигнала в режиме бинарных форм.

Известна система для комплексных геофизических исследований (патент США № 4899322, опубл. 06.02.1990 г.), содержащая радиолокационное устройство для обнаружения подповерхностных объектов, акустическое устройство обнаружения, сейсмограф, лазерное оборудование, устройство для определения удельного сопротивления земли и ряд других геофизических устройств. С каждой геофизической установкой соединен процессор, собирающий информацию и передающий ее в регистратор данных. К регистратору данных подключен компьютер, объединяющий информацию, поступающую от датчиков. Обработанная на компьютере информация воспроизводится на дисплее или распечатывается.

К недостатку данной известной системы можно отнести отсутствие единой измерительной процедуры, что значительно усложняет конструкцию. Используется несколько предварительных измерительных каналов (по числу датчиков), что приводит к накоплению различных систематических ошибок, а это снижает точность последующей комплексной обработки результатов исследований. Кроме того, мощности компьютера не используются при сборе и компоновке информации. Эти функции возложены

на процессоры - значительно менее мощные вычислительные структурные единицы, чем компьютер. Это лишает возможности оператора эффективно вмешиваться в процесс исследований, что снижает информативность и производительность процесса съемки.

Известен способ геофизической разведки и устройство для его осуществления, основанные на излучении радио- и сейсмоакустических сигналов (патент РФ № 2022301 С1, опубл. 12.11.1992 г.) Принятые радио-, эхо-сигналы преобразуют в частоту сейсмоакустических эхо-сигналов. Далее все эхо-сигналы усиливают, фильтруют, взвешивают и предварительно обрабатывают с использованием одних и тех же аппаратно-программных средств. При этом предварительная обработка включает в себя вычисление произведений эхо-сигналов от последовательных возбуждений и суммирование по 5-30 произведений в зависимости от скорости и целей исследований. Для увеличения глубины разведки вводят коррекцию рассогласования на стадии обработки сигналов с учетом различия сейсмоакустических сигналов и радиосигналов от опорного горизонта. Кроме того, временной сигнал между двумя импульсными воздействиями устанавливают равным 0,25-1 периода. Для реализации способа устройство снабжено стробоскопом, аналоговым трактом с процессором, а также отслеживающим преобразователем частоты.

Недостатками этого способа являются малая глубина зондирования, ограниченный набор определяемых геометрических параметров, невозможность прямого построения объемных (трехмерных) изображений и невозможность непосредственного определения физических характеристик выявленных структур.

Известен способ радиолокационного зондирования подстилающей поверхности и устройство для его осуществления для исследования подповерхностной структуры почвы и обнаружения объектов до глубины в несколько десятков и в несколько сотен метров (патент РФ № 2244322 С1, опубл. 02.04.2003 г.). Этот способ включает в себя формирование зондирующих импульсов с помощью газового разрядника, их излучение, регистрацию отраженных волн, предварительную обработку зарегистрированного сигнала, получение волновой формы сигнала методом сравнения с величиной порога, задаваемой по шкале квантования, вывод информации на экран жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) и запись ее в память. При предварительной обработке формируют квазилогарифмическую шкалу квантования амплитуды сигнала. Представляют логарифмическую полноволновую форму зарегистрированного сигнала в виде последовательного ряда волновых форм сигнала в трехмерной форме по координатам "амплитуда - время задержки - длина профиля" с цветной кодировкой амплитуды сигнала. Определяют значения диэлектрической постоянной и затухания сигнала в подстилающих слоях, по величине которых судят о наличии подповерхностных объектов. На экран ЖКИ одновременно с кадром полноволновой формы сигнала выводят бинарный кадр, составленный из последовательного ряда полноволновых форм, выделенных при заданной величине порога.

Устройство для реализации этого способа содержит передатчик, формирователь зондирующих импульсов на газовом разряднике, передающую антенну, приемный блок, включающий в себя последовательно соединенные приемную антенну и конструктивно объединенные в отдельный блок антенного усилителя, последовательно соединенные управляемый аттенуатор и усилитель-ограничитель, соединенный с первым выходом блока синхронизации, соединенный со вторым выходом усилителя-ограничителя основной усилитель. Устройство содержит также панель управления, блок памяти, ЖКИ, блок обработки. Запуск передатчика осуществляется путем разрыва оптоэлектронной пары, связанной с панелью управления основного блока и преобразователем напряжения передатчика и выполненной в виде инфракрасного светодиода и фотоприемника.

Недостатками данного известного решения являются малая глубина зондирования, ограниченный набор определяемых геометрических параметров, невозможность определения физических характеристик исследуемых структур, невозможность прямого построения объемных (трехмерных) изображений.

Известен способ и устройство для радиолокационного зондирования земных недр (евразийский патент № 009971, опубл. 28.04.2008 г.). Данный способ включает в себя формирование пачки зондирующих импульсов, их излучение, прием отраженных волн, обработку принимаемых сигналов с использованием аппаратно-программных средств. При этом для увеличения глубины разведки используют принудительно вызываемый структурно-параметрический поляризационный резонанс на разведываемых структурах, для чего частоту вращения вектора поляризации излучаемого сигнала перестраивают по определенному закону в диапазоне до нескольких октав. При приеме отраженных сигналов используют накопление сигналов, а сам прием ведут в режимах совмещенного и разнесенного приема. При обработке принятых сигналов определяют частоты поляризационных резонансов для каждой выявленной структуры и соответствующие времена запаздывания отраженных сигналов, что обеспечивает определение глубин залегания разведываемых структур с одновременной оценкой их геометрических и физических характеристик.

Устройство для радиолокационного зондирования земных недр содержит N радиоприемных устройств, разнесенных на местности и объединенных в единую систему с помощью систем передачи данных и позиционирования, и радиопередающее устройство, совмещенное с одним из радиоприемных устройств и перемещаемое при проведении исследований относительно остальных зафиксированных N-1 приемных устройств, чем обеспечивается существенное улучшение точностных характеристик и разрешающей способности, а также прямое формирование двумерных и трехмерных изображений исследуе-

мых структур за счет синтезирования эквивалентной апертуры антенн до размеров пути перемещения радиопередающего устройства.

Недостатками данного известного решения являются ограниченность диапазона различаемых по геометрическим и физическим характеристикам структур, отсутствие управления параметрами зондирующего сигнала и структурой электромагнитного поля в зависимости от текущих результатов зондирования, высокие вероятности наличия в данных интерпретации интерференционных (ложных) структур (слоев) и пропуска реально присутствующих, ограниченные возможности в интерпретации результатов зондирования вследствие ограниченности набора рассчитываемых физических характеристик сред пространства, ограниченные возможности применения на сильнопересеченной местности и в горных условиях.

Известен способ и система радиолокационного исследования земных недр (патент РФ № 2436130, 06.11.2009 г.). Способ включает формирование электромагнитного поля с круговой поляризацией и изменяющейся в течение длительности излучаемых сигналов в заданных пределах частотой вращения вектора поляризации, излучение пилот-сигнала в виде пачки радиоимпульсов с изменяющимися от импульса к импульсу параметрами, прием и экспресс-анализ отраженного сигнала, оптимизацию значений параметров сигнала для проведения непосредственно радиолокационного зондирования земных недр, в процессе зондирования излучают несколько пачек радиоимпульсов с различными длительностями сигналов и диапазонами перестройки частоты вращения вектора поляризации от пачки к пачке, осуществляют прием и последующую обработку отраженных сигналов, после чего производят идентификацию и интерпретацию выявленных структур.

Устройство радиолокационного зондирования земных недр и поиска полезных ископаемых дополнительно содержит систему адаптации параметров сигнала, обеспечивающую оптимизацию значений параметров зондирующего сигнала по результатам экспресс-анализа, система управления содержит средство формирования пилот-сигнала, средство формирования адаптированного зондирующего сигнала и средство управления механизмами ориентации оптических осей антенных систем, система обработки данных дополнительно содержит средство экспресс-анализа пилот-сигнала, средство идентификации интерференционных резонансов и средство определения коэффициента поглощения для выявленных структур, передающая и приемные антенные системы оборудованы механизмами ориентации их оптических осей, а радиоприемные устройства выполнены по схеме синхродинамного типа.

Недостатками данного известного решения являются

невозможность гарантированного получения резонансов и потенциально достижимой энергии резонансных сигналов на объектах или их элементах, электрические размеры вдоль направления распространения кратны половине длины волны вектора поляризации, вследствие отсутствия синхронизации между значениями несущей частоты и частоты вращения вектора поляризации;

снижение вероятности правильного обнаружения и возрастание ошибок измерения, по сравнению с потенциально достижимыми характеристиками, вследствие существенных потерь энергии принимаемого сигнала из-за отсутствия приема продольной составляющей электрического поля;

наличие повышенных значений ошибок измерения параметров объектов (структур в среде распространения) вследствие отсутствия возможности ориентации направления излучения (приема) по нормали к границе их раздела, что особенно существенно проявляется при проведении зондирования с борта летательных аппаратов и надводных судов;

ограниченные возможности по обзору пространства наблюдения вследствие отсутствия электронного управления направлением излучения (приема) и шириной диаграммы направленности;

точность определения угловых координат ограничивается шириной диаграммы направленности, что ведет к противоречию между точностью измерения угловых координат и временем обзора пространства;

ограниченные возможности в интерпретации результатов зондирования вследствие ограниченности набора измеряемых физических параметров объектов (присутствующих в среде распространения структур).

Раскрытие изобретения

Задачей изобретения является разработка способа и системы радиолокационного наблюдения объектов, находящихся в воздушной, водной или земной средах, обеспечивающих высокую вероятность обнаружения объектов и точность измерения их координат независимо от среды нахождения как системы наблюдения, так и объекта. При этом реализуется электронное управление направлением излучения и шириной диаграммы направленности, а также расширение перечня и точности определения физических и геометрических характеристик обнаруживаемых объектов (структур).

Указанный технический результат достигается за счет того, что в первом объекте по настоящему изобретению предложен способ формирования структуры электромагнитного поля с круговой поляризацией с перестраиваемыми синхронно по заданным законам частотой вращения вектора поляризации в трех взаимно ортогональных плоскостях и частотой несущего колебания.

Указанный результат достигается за счет того, что изменение направления излучения осуществляется посредством управления параметрами поляризационных эллипсов и направлениями вращения векто-

ра поляризации в каждой из плоскостей, а управление шириной формируемой диаграммы направленности производят посредством изменения скорости перестройки частоты вращения вектора поляризации.

Указанный результат также достигается тем, что прием отраженных от объектов сигналов осуществляют в трех взаимно ортогональных плоскостях.

Указанный результат также достигается тем, что для повышения точности определения угловых координат обнаруженных объектов при обработке сигналов дополнительно используют метод фазового мгновенного сравнения.

Указанный результат также достигается тем, что дополнительно определяют эффективное (среднее по объему разрешения) сопротивление объекта или его части.

Указанный результат также достигается за счет того, что во втором объекте по настоящему изобретению предложена система радиолокационного наблюдения объектов, содержащая устройство формирования структуры электромагнитного поля; передающую антенную систему, представляющую собой три взаимно ортогональных полуволновых вибратора с совмещенными фазовыми центрами, размещенных в центре сферы с вырезкой в виде сегмента с угловым размером 120-160°, при этом ось симметрии вибраторов проходит через центр сегмента и определяет направление ориентации оптической оси антенн, а каждый из вибраторов соединен с соответствующим выходом устройства формирования структуры электромагнитного поля; приемную антенную систему, состоящую из трех разнесенных симметрично относительно передающей антенной системы и одинаково ориентированных в пространстве антенн, каждая из которых так же, как и передающая антенна, представляет собой сферу с тремя расположенными в ее центре взаимно ортогональными полуволновыми вибраторами с совмещенными фазовыми центрами; три радиоприемных устройства, каждое из которых состоит из трех идентичных каналов приема, входы которых через согласующие устройства подключены к вибраторам каждой из трех приемных антенн; устройство обработки сигналов, входы которого подключены к выходам каналов радиоприемных устройств и одному из выходов устройства формирования структуры электромагнитного поля; устройство адаптации параметров сигналов, вход которого подключен к одному из выходов устройства обработки сигналов, а выход к одному из входов устройства формирования структуры электромагнитного поля; устройство формирования банка данных и отображения результатов зондирования, входы которого подключены к выходам устройства обработки сигналов, устройства формирования структуры электромагнитного поля и устройства определения текущих координат системы; устройство определения текущих координат системы, вход которого подключен к выходу устройства формирования структуры электромагнитного поля; устройство определения пространственной ориентации оптических осей антенн, выходы которого подключены к входу устройства формирования структуры электромагнитного поля.

Указанный результат также достигается за счет того, что устройство обработки сигналов содержит средство, реализующее метод фазового мгновенного сравнения для повышения точности определения угловых координат.

Указанный результат также достигается за счет того, что устройство формирования структуры электромагнитного поля, состоящее из разветвителя, соединенного со входами трех идентичных каналов формирования радиосигналов, содержащих балансный модулятор, первый вход которого является входом канала формирования сигналов, выход балансного модулятора соединен с фильтром, фильтр соединен с усилителем, выход усилителя является выходом канала формирования радиосигналов; выход каждого канала формирования радиосигналов соединен с входом одного из трех согласующих устройств, первые выходы которых соединены с передающей антенной системой, при этом согласно изобретению устройство дополнительно содержит формирователь сигналов управления, имеющий три выхода, каждый из выходов соединен со вторым входом одного из балансных модуляторов, вторые выходы согласующих устройств соединены с устройством контроля; также устройство дополнительно содержит схему управления, соединенную с формирователем сигналов управления и устройством контроля; схема управления снабжена входами для сигналов управления, поступающих, в том числе, от системы адаптации параметров сигналов и системы определения пространственной ориентации оптических осей антенн, и синхронизации.

Указанный результат также достигается тем, что устройство обработки сигналов дополнительно содержит средство определения эффективного сопротивления объекта или его части.

Заявляемое изобретение поясняется чертежами:

фиг. 1 - система радиолокационного наблюдения объектов;

фиг. 2 - устройство формирования структуры электромагнитного поля зондирующего сигнала;

фиг. 3 - пространственное расположение векторов напряженности электрического поля сигналов, формируемых ортогональными вибраторами, и результирующего сигнала;

фиг. 4 - взаимное расположение формируемых балансно-амплитудно-модулированных сигналов в ортогональных плоскостях и поляризационный эллипс результирующего сигнала (штрих-пунктир);

фиг. 5 - взаимное расположение передающей и приемной антенных систем;

фиг. 6 - внешний вид передающей и приемной антенн.

На фиг. 1 обозначены: 1 - устройство формирования структуры электромагнитного поля зондирующего сигнала, 2 - передающая антенная система, 3 - приемная антенная система, 4 - радиоприемное

устройство, 5 - устройство обработки сигналов, 6 - устройство адаптации параметров сигналов, 7 - устройство формирования банка данных и отображения результатов зондирования, 8 - устройство определения текущих координат системы, 9 - устройство определения пространственной ориентации оптических осей антенн.

На фиг. 2 обозначены: 1.1 - схема управления, 1.2 - формирователь сигналов управления (ФСУ); 1.3 - управляемый генератор сигнала несущей частоты; 1.4 - разветвитель (делитель мощности) (P); 1.5.1, 1.5.2, 1.5.3 - первый, второй, третий балансные модуляторы (БАМ) соответственно; 1.6.1, 1.6.2, 1.6.3 - первый, второй, третий усилители мощности (УМ) соответственно; 1.7.1, 1.7.2, 1.7.3 - первое, второе, третье согласующие устройства (СУ) соответственно; 1.8 - устройство контроля.

Система работает следующим образом. Через вход управления схемы управления 1.1 вводятся параметры, необходимые для организации работы формирователя сигналов управления (1.2) и управляемого генератора сигнала несущей частоты 1.3, а также сигналы синхронизации, поступающие на устройство обработки сигналов 5, устройство адаптации параметров сигналов 6, устройство формирования банка данных и отображения результатов зондирования 7 и устройство определения текущих координат системы 8. К вводимым параметрам относятся длительность импульсов, их количество и период повторения в пачке; диапазон и закон изменения частоты вращения вектора поляризации; длительность интервала записи принимаемого сигнала; закон изменения пространственной ориентации оптической оси антенных устройств.

Радиосигнал на несущей частоте подается на разветвитель (делитель мощности) 1.4, с выхода которого он поступает на первые входы балансных амплитудных модуляторов 1.5.1, 1.5.2 и 1.5.3. При этом значение несущей частоты перестраивается таким образом, чтобы в пределах длительности зондирующего сигнала оно было кратно частоте управляющих сигналов. ФСУ 1.2 формирует на заданном интервале времени управляющие сигналы вида

$$\begin{aligned} u_1(t) &= U_{m1}(t) \cdot \cos \left[\left(\Omega_i + \frac{\partial \Omega}{\partial t} \right) t \right] \cdot \cos \gamma(t); \\ u_2(t) &= U_{m2}(t) \cdot \sin \left[\left(\Omega_i + \frac{\partial \Omega}{\partial t} \right) t \right] \cdot \cos \xi(t); \\ u_3(t) &= U_{m3}(t) \cdot \sin \left[\left(\Omega_i + \frac{\partial \Omega}{\partial t} \right) t \right] \cdot \sin \gamma(t) \cdot \sin \xi(t), \end{aligned}$$

где $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$ - сигналы на входах соответствующих БАМ;
 $U_{m1}(t)$, $U_{m2}(t)$, $U_{m3}(t)$ - амплитудные значения соответствующих сигналов;
 Ω_i - начальное значение частоты модулирующего сигнала;
 $\frac{\partial \Omega}{\partial t}$ - скорость изменения частоты модулирующего колебания;
 γ - угол места;
 ξ - азимут текущего направления излучения.

Управляющие сигналы с выходов ФСУ (1.2) подаются на вторые входы БАМ (1.5.1, 1.5.2, 1.5.3). На выходах БАМ формируются радиосигналы, которые после усиления в УМ (1.6.1, 1.6.2, 1.6.3) через согласующие устройства (1.7.1, 1.7.2, 1.7.3) подаются на соответствующие ортогональные диполи передающей антенной системы 2. Данные радиосигналы описываются выражениями

$$\begin{aligned} u_x(t) &= u_1(t) \cdot \sin(\omega(t) + \varphi_{0x}) \\ u_y(t) &= u_2(t) \cdot \sin(\omega(t) + \varphi_{0y}) \\ u_z(t) &= u_3(t) \cdot \sin(\omega(t) + \varphi_{0z}) \end{aligned}$$

где $\omega(t)$ - текущее значение несущей частоты;

$$\begin{cases} \varphi_{0x} = \begin{cases} 0, & \cos[\Omega_p(t)] \geq 0 \\ \pi, & \cos[\Omega_p(t)] < 0 \end{cases} \\ \varphi_{0y} = \begin{cases} 0, & \sin[\Omega_p(t)] \geq 0 \\ \pi, & \sin[\Omega_p(t)] < 0 \end{cases} \\ \varphi_{0z} = \begin{cases} 0, & \sin[\Omega_p(t)] \geq 0 \\ \pi, & \sin[\Omega_p(t)] < 0 \end{cases} \end{cases}$$

$$\Omega_p(t) = \Omega_i + \frac{\partial \Omega}{\partial t} t.$$

причем $\omega(t) = N_i \cdot \Omega_p(t)$, где N_i - натуральный ряд целых чисел.

Пространственное расположение векторов напряженности электрического поля сигналов, формируемых ортогональными вибраторами, и результирующего сигнала представлено на фиг. 3.

Направление излучения определяется заданными значениями углов: γ - угол места, ξ - азимут. Расположение векторов поясняется на фиг. 4. Вектор результирующего сигнала обозначен штрихпунктиром.

При подаче этих сигналов на передающую антенную систему 2, представляющую собой три взаимно ортогональных диполя с совмещенными фазовыми центрами, в трех взаимно ортогональных плоскостях формируют сигналы с эллиптической поляризацией. Результирующее поле имеет круговую поляризацию. Изменяя параметры сигналов $E_x(t)$, $E_y(t)$ и $E_z(t)$ посредством изменения значений углов (γ и ω) добиваются изменения направления излучения.

При необходимости изменить ширину диаграммы направленности управляют скоростью изменения частоты модулирующего колебания, причем, при уменьшении скорости перестройки частоты происходит уширение формируемой диаграммы направленности, а при увеличении - сужение.

Отраженные от элементов объекта сигналы поступают на приемную антенную систему 3. При этом на элементах, электрический размер которых по направлению излучения будет кратен длине волны вектора поляризации, будет иметь место структурно-поляризационный резонанс. В этом случае амплитуда сигнала на входе приемной антенной системы 3 возрастает в десятки раз при одновременном существенном увеличении его информативности по сравнению с непосредственно отраженными сигналами. Причем в силу кратности значений несущей частоты и частоты вращения вектора поляризации, амплитуда принимаемого сигнала будет иметь максимальное потенциально достижимое значение. Получение же структурно-поляризационных резонансов на элементах объектов обеспечивается выбором диапазона перестройки частоты вращения вектора поляризации, который может составлять до сотен мегагерц. Наличие же трех ортогональных каналов приема (трех ортогональных вибраторов) обеспечивает получение максимально достижимого значения энергии на входе радиоприемного устройства 4 вне зависимости от пространственной ориентации вектора поляризации на антенне.

С выходов приемной антенной системы (3.1, 3.2, 3.3) сигналы (три ортогональных составляющих) поступают на входы трех идентичных каналов усиления каждого из радиоприемных устройств (4.1, 4.2, 4.3). Для исключения потери информации, содержащейся в принятых сигналах, радиоприемные устройства 4 построены по схеме синхродинамного типа.

С выходов трех каналов каждого радиоприемного устройства сигналы поступают на входы устройства обработки 5. В результате совместной обработки сигналов решаются задачи обнаружения объектов и измерения их координат (дальность, азимут, угол места), определяются линейные размеры и электродинамические параметры (диэлектрическая и магнитная проницаемости (показатель преломления) и эффективное сопротивление) резонансных элементов и объекта в целом. При этом, для более точного измерения угловых координат устройство обработки 5 содержит средство, реализующее для этих целей метод фазового мгновенного сравнения последовательно как для составляющей на частоте вращения вектора поляризации, так и составляющей на несущей частоте, что позволяет исключить неоднозначность в определении угловых координат.

Результаты обработки поступают в устройство адаптации параметров сигналов 6 и устройство формирования банка данных и отображения результатов зондирования 7. Устройство адаптации параметров сигналов 6 посредством выдачи управляющих сигналов на устройство формирования структуры электромагнитного поля 1 обеспечивает возможность перестройки текущих значений исходных данных о параметрах сигналов в зависимости от стоящих перед системой задач и выбранных критериев. В устройстве формирования банка данных и отображения результатов зондирования 7 дополнительно к данным об объекте, получаемым на выходе устройства обработки сигналов 5, добавляется информация об его угловых координатах и текущем (на момент зондирования) местоположении системы. Она формируется на основании данных, поступающих с устройств формирования структуры электромагнитного поля 1, определения текущих координат системы 8 и определения пространственной ориентации оптических осей антенн 9.

Таким образом, заявленное изобретение обеспечивает возможность реализации электронного сканирования (управления направлением излучения) и управления параметрами диаграммы направленности при использовании элементарного объемного излучателя в виде системы из трех взаимно ортогональных диполей с единым фазовым центром, помещенных в центр сферы с вырезкой в виде сегмента с угловым размером $120-160^\circ$. При этом достигается максимально возможное значение амплитуды сигнала при резонансе и полностью используется энергия поступающего на вход приемной антенной системы сигнала. Это обеспечивает повышение вероятности правильного обнаружения объектов и точности измерения их координат и параметров, а количество определяемых параметров обнаруживаемых объектов доведено до максимально возможного для методов радиолокационного зондирования. Одновременно существенно улучшаются стоимостные и массогабаритные характеристики радиолокационных систем.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система радиолокационного наблюдения объектов в различных средах распространения объектов, содержащая устройство формирования структуры электромагнитного поля; передающую антенную систему, представляющую собой три взаимно ортогональных полуволновых вибратора с совмещенными фазовыми центрами, размещенных в центре сферы с вырезкой в виде сегмента с угловым размером $120-160^\circ$, при этом ось симметрии вибраторов проходит через центр сегмента и определяет направление ори-

ентации оптической оси антенн, а каждый из вибраторов соединен с соответствующим выходом устройства формирования структуры электромагнитного поля; приемную антенную систему, представляющую собой три идентичные симметрично размещенные антенны, каждая из которых так же, как и передающая антенна, представляет собой сферу с тремя расположенными в ее центре взаимно ортогональными полуволновыми вибраторами с совмещенными фазовыми; три идентичных радиоприемных устройства, каждое из которых содержит три идентичных канала приема, входы которых через согласующие устройства подключены к вибраторам приемных антенн системы; устройство обработки сигналов, входы которого подключены к выходам каналов трех радиоприемных устройств и одному из выходов устройства формирования структуры электромагнитного поля; устройство адаптации параметров сигналов, вход которого подключен к одному из выходов устройства обработки сигналов, а выход - к одному из входов устройства формирования структуры электромагнитного поля; устройство формирования банка данных и отображения результатов зондирования, входы которого подключены к выходам устройства обработки сигналов, устройства формирования структуры электромагнитного поля и устройства определения текущих координат системы; устройство определения текущих координат системы, вход которого подключен к выходу устройства формирования структуры электромагнитного поля; устройство определения пространственной ориентации оптических осей антенн, выходы которого подключены к входу устройства формирования структуры электромагнитного поля.

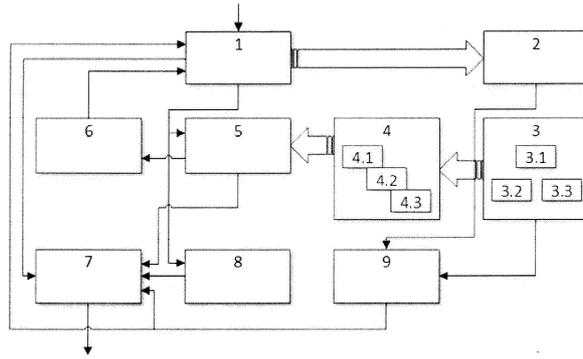
2. Система по п.1, в которой устройство формирования структуры электромагнитного поля состоит из схемы управления, имеющей четыре входа и пять выходов формирователя сигналов управления, вход которого соединен с одним из выходов схемы управления, управляемого генератора сигнала несущей частоты, вход которого соединен с одним из выходов схемы управления; разветвителя, вход которого соединен с выходом управляемого генератора сигнала несущей частоты, трех идентичных балансных модуляторов, первые входы которых соединены с тремя выходами разветвителя, а вторые входы соединены с соответствующими выходами формирователя управляющих сигналов, выходы балансных модуляторов соединены с входами трех идентичных усилителей мощности, выходы которых соединены с входами трех согласующих устройств, первые выходы которых соединены с соответствующими вибраторами передающей антенной системы, а вторые выходы соединены с входами устройства контроля, выход которого соединен с одним из входов схемы управления; также на один из входов схемы управления поступают исходные данные для реализации процесса наблюдения пространства, еще один вход соединен с выходом устройства адаптации параметров сигналов, остальные выходы соединены с соответствующими входами устройства обработки сигналов, устройства формирования банка данных и отображения результатов зондирования и устройства определения текущих координат системы.

3. Система по п.2, в которой передающая и приемная антенные системы выполнены в виде сфер с вырезкой сегмента с угловым размером $120-160^\circ$, в центре которых размещены три взаимно ортогональных полуволновых вибратора, при этом ось симметрии вибраторов проходит через центр сегмента и определяет направление ориентации оптической оси антенн.

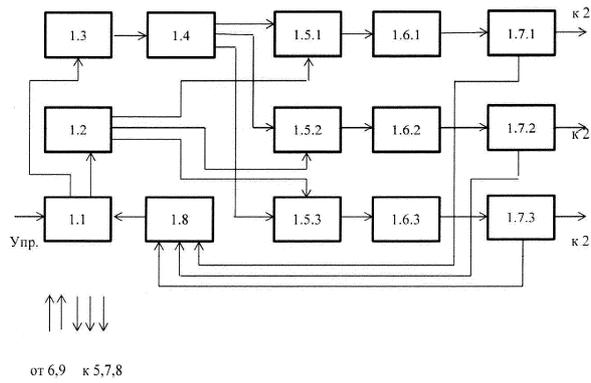
4. Система по п.2, в которой устройство обработки сигналов дополнительно содержит средство измерения угловых координат обнаруженных объектов и средство определения эффективного сопротивления объекта или его частей.

5. Способ радиолокационного наблюдения объектов в различных средах распространения объектов с помощью системы по п.1, заключающий в том, что формируют структуру электромагнитного поля с круговой поляризацией и перестраивают синхронно по заданным законам частоту вращения вектора поляризации в трех взаимно ортогональных плоскостях и частоту несущего колебания, при этом изменением параметров формируемых сигналов управляют направлением излучения и шириной диаграммы направленности, а прием отраженных объектами сигналов осуществляют в трех взаимно ортогональных плоскостях системой из трех размещенных антенных устройств и для повышения точности измерения угловых координат реализуют метод фазового мгновенного сравнения, используя для устранения неоднозначности их последовательно составляющие как на частоте вращения вектора поляризации, так и на несущей частоте.

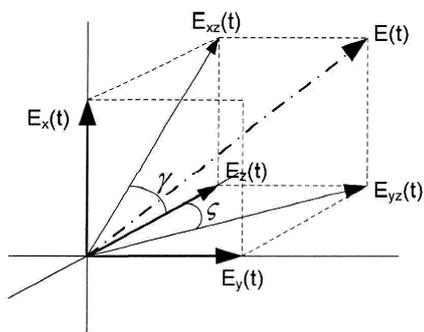
6. Способ по п.5, в котором дополнительно определяют эффективное (среднее по объему разрешения) сопротивление объекта или его части.



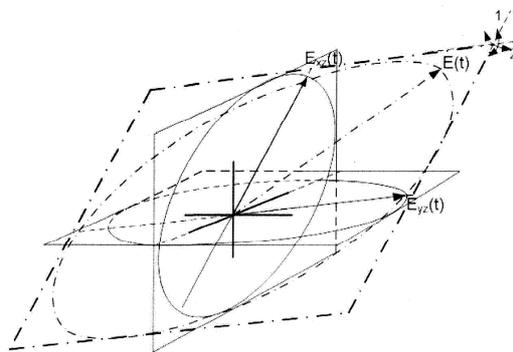
Фиг. 1



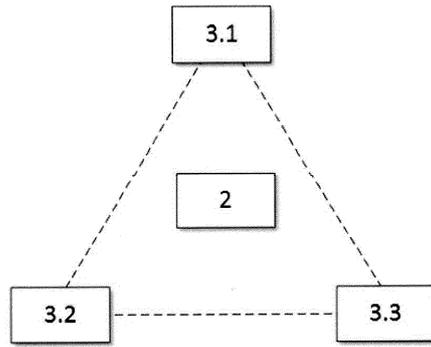
Фиг. 2



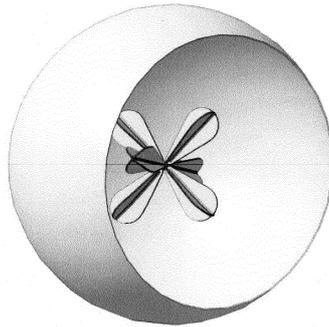
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6