

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 831 661** (13) **C1**

(51) МПК

[H04B 7/005 \(2006.01\)](#)[H04B 7/26 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 20.12.2024)
 Пошлина: учтена за 5 год с 03.02.2028 по 02.02.2029. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 03.02.2028 по 02.02.2029. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 03.02.2029 по 02.08.2029 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

H04B 7/005 (2024.08); H04B 7/26 (2024.08)(21)(22) Заявка: [2024102646](#), 02.02.2024(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.02.2024Дата регистрации:
11.12.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.02.2024

(45) Опубликовано: [11.12.2024](#) Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2786043 C1, 16.12.2022. RU 2717967 C1, 27.03.2020. CN 101267233 A, 17.09.2008. WO 2012097733 A1, 26.07.2012. CN 101132204 A, 27.02.2008. RU 2765782 C1, 02.02.2022.

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

Лянгузов Данила Андреевич (RU),
Пшеничников Александр Викторович (RU),
Погорелов Андрей Анатольевич (RU),
Селиванов Сергей Владимирович (RU),
Дворников Сергей Сергеевич (RU),
Дворников Сергей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

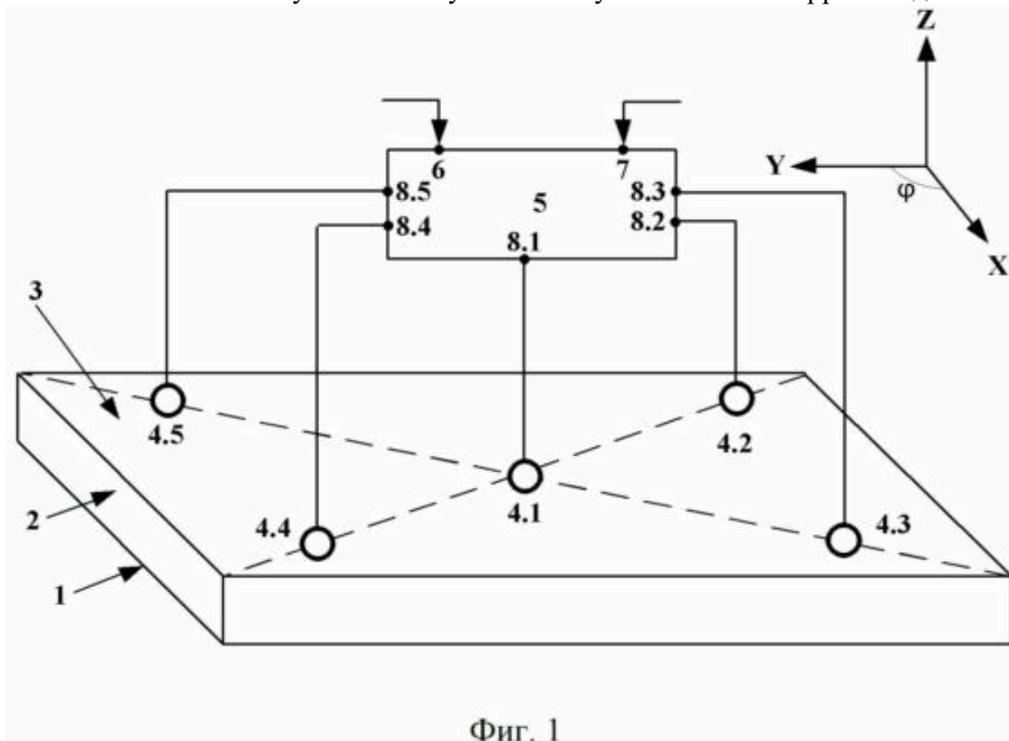
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ разнесенной передачи сигнала

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники. Техническим результатом изобретения является обеспечение максимального отношения уровня сигнала в направлении на легитимного корреспондента к уровню сигнала в направлении на совместно работающий приемопередатчик и повышение маневренности автономного летательного аппарата. Для реализации способа разнесенной передачи сигнала в качестве антенной системы используют микрополосковую антенну, на которой выбирают не менее пяти точек питания. Выбор положения точек питания на полотне антенны осуществляют в соответствии с заданной частотой и направлением на легитимного корреспондента, а подстройку антенной системы осуществляют путем соответствующей последовательности коммутаций токов, подаваемых на выбранные точки питания, в соответствии с таблицей коммутации, в которой каждой точке

питания соответствует совокупность углов на корреспондента. 8 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к области радиотехники и может найти применение на линиях радиосвязи ультравысокой частоты (УВЧ) и очень высокой частоты (ОВЧ) диапазонов для улучшения условий электромагнитной совместимости и снижения электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемопередатчика со стороны передающей части радиолинии.

Известен «Способ формирования и обработки сигнала, встроенного в маскирующую помеху» (Патент RU № 26025981 С1, H04K 1/02 (2006.01)). Опубликовано: 20.11.2016. Бюл. № 32).

В известном способе формируют полезный сигнал и маскирующую помеху на передающей стороне радиолинии, передают их по радиолинии, принимают и выделяют полезный сигнал путем компенсации маскирующей помехи в результате когерентной обработки на приемной стороне радиолинии, отличающийся тем, что формируют полезный сигнал и маскирующую помеху на передающей стороне в виде аддитивной смеси, причем несущую частоту полезного сигнала выбирают таким образом, чтобы занимаемый им частотный спектр находился в пределах полосы частот, занимаемой маскирующей помехой, при этом структуру маскирующей помехи выбирают такой, чтобы на частотных позициях, занимаемых полезным сигналом, спектральные компоненты маскирующей помехи отсутствовали или же значение модуля их амплитуд не превышало 5% от значений модуля амплитуд спектральных компонент полезного сигнала, а на остальных частотных позициях, не занятых полезным сигналом, амплитуда спектральных компонент маскирующей помехи по модулю была равной амплитуде спектральных компонент полезного сигнала.

Недостатком известного способа является ограниченность области применения, поскольку его реализация не обеспечивает улучшения условий электромагнитной совместимости и снижения электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемопередатчика.

Известен «Способ когерентной разнесенной передачи сигнала», (Патент № 2192094 С1 H04В 7/005 (2006.01)). Опубликовано: 27.10.2002. Бюл. № 30).

В известном способе на передающей стороне формируют N каналов разнесения, формируют N пилот-сигналов и назначают каждому каналу разнесения свой пилот-сигнал, передают информационный сигнал через все каналы разнесения, а пилот-сигналы по соответствующим каналам разнесения, на приемной стороне оценивают передаточные функции каналов разнесения с использованием переданных пилот-сигналов, передают результаты оценки передаточных функций каналов разнесения на передающую сторону, на передающей стороне в соответствии с полученными результатами оценок осуществляют пред искажение информационного сигнала, передаваемого через каждый канал разнесения таким образом, чтобы максимизировать качество приема информационного сигнала на приемной стороне.

Недостатком известного способа является невозможность улучшения условий электромагнитной совместимости и снижения электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемо-передатчика, а также техническая сложность реализации, предусматривающая реализацию процедур пред искажений информационного сигнала посредством фазовой или амплитудно-фазовой коррекции.

Наиболее близким по своей технической сущности к заявленному способу является «Способ разнесенной передачи», (Патент RU № 2786043 (С1, Н04К 3/00 (2006.01). Опубликовано: 16.12.2022. Бюл. № 35).

В прототипе на передающей стороне задают частоту для работы радиолинии, формируют N каналов разнесения, формируют пилот-сигнал в соответствии с выбранной частотой, назначают каждому каналу разнесения свою антенну, при этом канал разнесения представляет собой тракт от разветвителя сигнала на выходе передатчика до антенны, формируют систему из N антенн, расположенных на одной линии таким образом, чтобы расстояние между ними было равно половине длины волны, определяемой заданной частотой, ориентируют на местности сформированную антенную систему, оценивают качество приема пилот-сигнала, в соответствии с полученными результатами производят подстройку антенн в сформированной антенной системе и передают информационный сигнал через каналы разнесения, при этом антенную систему из N антенн, расположенных на одной линии, размещают на металлизированной платформе, которую устанавливают на автономный летательный аппарат, а для оценки качества приема пилот-сигнала дополнительно используют два автономных летательных аппарата, на которых размещают аппаратуру приема, причем один автономный летательный аппарат размещают в направлении на легитимного корреспондента, а второй на совместно работающий приемо-передатчик, и подстраивают одновременно всю сформированную антенную систему, размещенную на автономном летательном аппарате, путем дистанционного управления положением в пространстве автономного летательного аппарата, причем ориентируют сформированную антенную систему таким образом, чтобы при общем снижении электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемо-передатчика обеспечить максимальное отношение уровня сигнала в аппаратуре приема, размещенной на автономном летательном аппарате в направлении на легитимного корреспондента, по отношению к уровню сигнала в аппаратуре приема, размещенной на автономном летательном аппарате в направлении на совместно работающий приемо-передатчик.

Недостатки прототипа заключаются в том, что используемая антенная система имеет сложную конструкцию, состоящую из нескольких антенн. Поэтому ориентация такой антенной системы на корреспондента предполагает изменение положения всех антенных элементов. Кроме того, взаимное положение антенных элементов зависит от частоты работы радиолинии.

Задачей изобретения является создание способа, в котором улучшение условий электромагнитной совместимости и снижение электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемо-передатчика, осуществляется с учетом качества приема для легитимного корреспондента осуществлялось без изменения положения антенной системы.

Техническим результатом является обеспечение максимального отношения уровня сигнала в направлении на легитимного корреспондента, по отношению к уровню сигнала в направлении на совместно работающий приемо-передатчик и повышение маневренности АЛА за счет снижения габаритов антенного устройства (применения низкопрофильной антенны).

Технический результат достигается тем, что в способе разнесенной передачи сигнала заключающимся в том, что на передающей стороне задают частоту для работы радиолинии, формируют пилот-сигнал, в соответствии с выбранной частотой задают антенную систему, антенную систему размещают на металлизированной платформе, передают информационный сигнал, а для оценки качества приема пилот-сигнала дополнительно используют два автономных летательных аппарата, на которых размещают аппаратуру приема, причем один автономный летательный аппарат размещают в направлении на легитимного корреспондента, а второй на совместно работающий приемо-передатчик, оценивают качество приема пилот-сигнала, и в соответствии с полученными результатами оценки качества приема производят подстройку антенной системы, ориентируя ее таким образом, чтобы при общем снижении электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемопередатчика, обеспечить максимальное отношение уровня сигнала в аппаратуре приема, размещенной на автономном летательном аппарате в направлении на легитимного корреспондента, при этом в качестве антенной системы используют

микрополосковую антенну, на которой выбирают не менее пяти точек питания, при этом выбор положения точек питания на полотне антенны осуществляют в соответствии с заданной частотой и направлением на легитимного корреспондента, а подстройку антенной системы осуществляют путем соответствующей последовательности коммутаций токов, подаваемых на выбранные точки питания, в соответствии с таблицей коммутации, в которой каждой точке питания соответствует совокупность углов на корреспондента.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в заявленном способе за счет выбора в качестве антенной системы микрополосковой антенны, на которой выбирают не менее пяти точек питания, при этом выбор положения точек питания на полотне антенны осуществляют в соответствии с заданной частотой и направлением на легитимного корреспондента, а подстройку антенной системы осуществляют путем соответствующей последовательности коммутаций токов, подаваемых на выбранные точки питания, в соответствии с таблицей коммутации, обеспечивается максимальное отношение уровня сигнала в направлении на легитимного корреспондента, по отношению к уровню сигнала в направлении на совместно работающий передатчик, без пространственного изменения положения антенной системы.

Заявленный способ поясняется следующими чертежами:

Фиг. 1 - микрополосковая антенна с изменяемой диаграммой направленности. На фиг. показаны: оси X, Y, Z; направление на корреспондента в горизонтальной плоскости, низкопрофильная микрополосковая антенна с изменяемой диаграммой направленности, состоящая из металлического плоского основания (1), диэлектрической подложки (2) и верхней металлической пластины (3). На фиг. 1 показаны места расположения точек питания антенны (4), коммутационное устройство (5), с информационным (6) и управляющим (7) входами, коммутационными выходами (8), каждый из которых соответствует определенной в таблице коммутации (фиг. 2) точке питания антенны, оси X, Y, Z; направление на корреспондента в горизонтальной плоскости - угол φ ;

Фиг. 2 - Матрица коммутации, в которой каждой точке питания соответствует совокупность углов на корреспондента. Наличие коммутации отмечено цифрой "1";

Фиг. 3 - вариант формирования диаграммы направленности в горизонтальной плоскости антенной прототипа. На диаграммах показаны: оси [-Y; Y] и [-X; X], соответствующие направлениям осей [-Y; Y] и [-X; X] на фиг. 1; уровни затухания в дБ в диапазоне [0; 10]; азимутальные направления в градусах; положение легитимного корреспондента (точка B); положение совместно работающего передатчика (точка A).

Фиг. 4 - круговая диаграмма направленности (слева) сформированной антенной системы в горизонтальной плоскости (справа);

Фиг. 5 - 8 - направленная диаграмма направленности сформированной антенной системы в горизонтальной плоскости (слева - диаграммы направленности; справа - положение точки питания на полотне антенны).

Реализация заявленного способа объясняется следующим образом:

П. 1. Предварительно задают частоту для работы радиолинии. Процедуры выбора и задания частоты известны, например, см. «Способ активного контроля рабочих частот» (патент РФ № 2710027, Н04В 1/713 (2011.01), опубликован 24.12.2019. Бюл. № 36).

П. 2. На передающей стороне формируют N каналов разнесения в соответствии с выбранной частотой используют одну антенну, причем изменение ее направленности для каждого канала разнесения осуществляется совместно с изменением точек питания антенны.

Реализация указанных процедур аналогична процедурам, представленным в способе-прототипе.

П. 3. Антенну размещают на металлизированной платформе, которую устанавливают на автономный летательный аппарат (АЛА).

Технические вопросы, связанные с размещением антенных систем на АЛА известны, например см. «Ударный ракетный комплекс авиационный» (патент РФ № 2743262, В64С 39/02 (2006.01), В64D 7/08 (2006.01), В63G 11/00 (2006.01), В63В35/08 (2006.01), В64С 29/00 (2006.01), В64С 3/32 (2006.01), В64D 35/00 (2006.01), опубликовано: 16.02.2021. Бюл. № 5).

П. 4. Ориентируют АЛА на местности. Реализация указанных процедур аналогична процедурам, представленным в способе-прототипе (ближайшем аналоге).

П. 5. Для оценки качества приема пилот-сигнала дополнительно используют два автономных летательных аппарата, на которых размещают аппаратуру приема,

причем один автономный летательный аппарат размещают в направлении на легитимного корреспондента, а второй на совместно работающий приемо-передатчик.

Дополнительные АЛА размещают за пределами ближней зоны (антенной системы).

Порядок определения ближней зоны известен, например, см. (Долуханов М.П. Распространение радиоволн. - М.: «Связь», 1972. - 336 с). Дополнительные АЛА размещают в направлении на легитимного корреспондента и на совместно работающий приемо-передатчик, считая начальной точкой отсчета место размещения оператора, управляющего как дополнительными АЛА, так и АЛА с размещенной на нем сформированной антенной системой. При этом АЛА с размещенной антенной системой в полетном режиме должен находиться строго над местом размещения оператора.

Способы дистанционного управления группой АЛА известны, см. («Способ развертывания фазированной антенной решетки» (патент РФ № 2656285, H01Q 1/36 (2006.01), опубликовано: 04.06.2018. Бюл. № 16).

П. 6. Оценивают качество приема пилот-сигнала, в соответствии с полученными результатами производят подстройку антенны с помощью коммутации точек питания и передают информационный сигнал через каналы разнесения.

Реализация процедур оценки качества пилот-сигнала и передачи информационного сигнала аналогична процедурам, представленным в способе-прототипе (ближайшем аналоге). Коммутация точек питания антенны осуществляется с помощью коммутационного устройства, на информационный вход которого поступает информационный сигнал, а на управляющий вход - управляющий сигнал в соответствии таблицей коммутации на соответствующий канал разнесения. В результате изменяется пространственная ориентация максимума диаграммы направленности антенны, размещенной на металлизированной платформе, установленной на АЛА.

П. 7. Причем формируют диаграмму направленности таким образом, чтобы при общем снижении электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемопередатчика, обеспечить максимальное отношение уровня сигнала в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на легитимного корреспондента, по отношению к уровню сигнала в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на совместно работающий приемо-передатчик.

Принцип действия антенны, используемой в заявляемом способе, основан на суперпозиции излучения нескольких щелевых антенн, образованных, с определенными допущениями, в слое диэлектрика между кромкой плоского проводника и металлической подстилающей поверхностью, суммарное излучение которых вкуче с разностью фаз возбуждающих токов формирует результирующую характеристику направленности. Причем электрический ток поступает из коаксиального фидера, соединенного с металлизированной платформой. Заряды распределяются по плоскому проводнику, концентрируясь на краях листа.

Поясним особенности реализации заявляемого способа.

Первоначально ориентируют в пространстве АЛА, с размещенной на нем антенной, таким образом, чтобы форма диаграммы направленности (ДН) антенны расположенной на АЛА была ненаправленной. То есть имела круговую ДН, обеспечивающую равномерное излучение во все стороны.

Данному случаю соответствует точка питания антенны, расположенная в ее геометрическом центре, см. фиг. 3.

При этом производится измерение уровня сигнала в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на легитимного корреспондента и в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на совместно работающий приемо-передатчик. После этого сравнивают рассчитанные отношения и запоминают их.

Затем последовательно осуществляют коммутацию токов на соответствующую каналу разнесения точку питания (в соответствии с таблицей коммутации, см. фиг. 2) без поворота в пространстве АЛА, с размещенной на нем антенной, и снова производят, аналогичным образом, сравнение отношений уровня сигнала в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на легитимного корреспондента и в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на совместно работающий приемопередатчик (точки питания 4, 4.1 показаны на фиг. 1 и фиг 2).

Указанные процедуры коммутации токов антенны, измерения и сравнения отношений уровня сигнала производят до тех пор, пока АЛА не займет первоначальное положение.

Затем из всей совокупности полученных соотношений уровней сигнала и точек коммутации выбирают такую пару данных значений, которая соответствует условию:

при общем снижении электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемо-передатчика, обеспечивается максимальное отношение уровня сигнала в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на легитимного корреспондента, по отношению к уровню сигнала в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на совместно работающий приемо-передатчик.

В качестве примера на фиг. 1 показана низкопрофильная микрополосковая антенна, состоящая из металлического плоского основания (1), диэлектрической подложки (2) и верхней металлической пластины (3). Места расположения точек питания антенны (4), коммутационное устройство (5), с информационным (6) и управляющим (7) входами, коммутационными выходами (8), каждый из которых соответствует определенной в таблице коммутации (фиг. 2) точке питания антенны.

Заявляемая антенная система обеспечивает формирование ДН, у которой различия между максимумами и минимумами излучения достигают 10 дБ, (см. фиг. 5), что позволяет обеспечить условие снижения электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемопередатчика. В то время как способ-прототип этого не обеспечивает.

Использование антенны в соответствии с заявляемым способом позволяет повысить дальность связи за счет большего коэффициента усиления антенны по сравнению с прототипом. В качестве примера на фиг. 3 показана ситуация, когда осуществлен поворот антенной системы, размещенной на АЛА, на угол 90 градусов по часовой стрелке. При этом, в направлении на совместно работающий приемо-передатчик (на фиг. 3 обозначен как объект А, на месте которого размещен один из дополнительных АЛА) затухание достигнет минус 3 дБ, а в направлении на легитимного корреспондента (на фиг. 3 обозначен как объект В, на месте которого размещен один из дополнительных АЛА) затухание достигнет также минус 3 дБ.

Вместе с тем применение заявляемого технического решения исключает возникновения таких ситуаций. Пояснения представлены на фиг. 4-8. При коммутации сигнала на соответствующую каналу разнесения точку питания направленность антенны изменяется. В результате снижается электромагнитная доступность совместно работающего приемопередатчика, а усиление сигнала происходит только в направлении на легитимного корреспондента.

Ситуации, представленные на фиг. 4-8 будут обеспечены в результате коммутации информационного сигнала на различные точки питания антенны без изменения положения АЛА в пространстве.

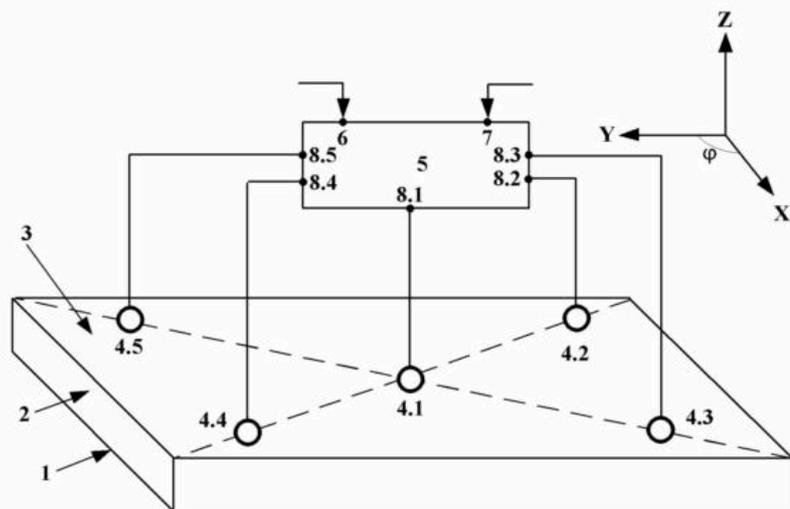
При этом, в отличие от ближайшего аналога, излучение в обратном направлении (относительно точки В, см. фиг. 3) практически отсутствует, что позволяет достигнуть соотношения уровней сигналов в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на легитимного корреспондента, по отношению к уровню сигнала в аппаратуре приема, размещенной на АЛА в направлении на совместно работающий приемо-передатчик, в 3,5 дБ, с повышением коэффициента усиления антенны относительно ближайшего аналога.

Таким образом, благодаря новой совокупности существенных признаков в заявленном способе обеспечивается достижение максимального отношения уровня сигнала в направлении на легитимного корреспондента, по отношению к уровню сигнала в направлении на совместно работающий приемо-передатчик, при условии общего снижения электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемо-передатчика со стороны передающей части радиолинии.

Формула изобретения

Способ разнесенной передачи сигнала, заключающийся в том, что на передающей стороне задают частоту для работы радиолинии, формируют пилот-сигнал, в соответствии с выбранной частотой задают антенную систему, антенную систему размещают на металлизированной платформе, передают информационный сигнал, а для оценки качества приема пилот-сигнала дополнительно используют два автономных летательных аппарата, на которых размещают аппаратуру приема, причем один автономный летательный аппарат размещают в направлении на легитимного корреспондента, а второй на совместно работающий приемопередатчик, оценивают качество приема пилот-сигнала и в соответствии с полученными результатами оценки качества приема производят подстройку антенной системы, ориентируя ее таким образом, чтобы при общем снижении электромагнитной доступности приема для совместно работающего приемопередатчика обеспечить максимальное отношение уровня сигнала в аппаратуре приема, размещенной на автономном летательном аппарате в направлении на легитимного корреспондента, отличающийся тем, что в качестве антенной системы используют микрополосковую

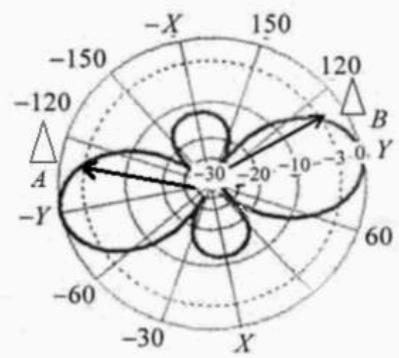
антенну, на которой выбирают не менее пяти точек питания, при этом выбор положения точек питания на полотне антенны осуществляют в соответствии с заданной частотой и направлением на легитимного корреспондента, а подстройку антенной системы осуществляют путем соответствующей последовательности коммутаций токов, подаваемых на выбранные точки питания, в соответствии с таблицей коммутации, в которой каждой точке питания соответствует совокупность углов на корреспондента.



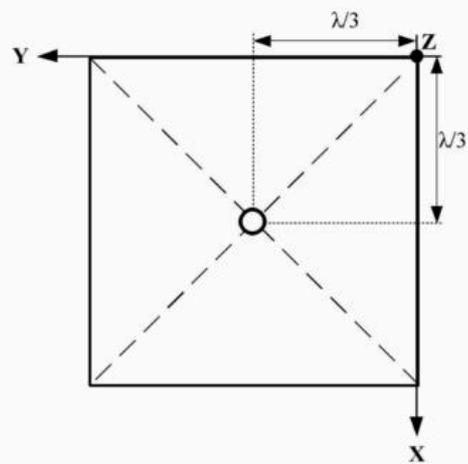
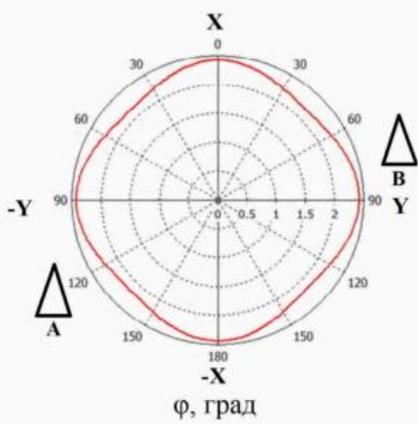
Фиг. 1

	Круговая ДН $\varphi \in$ [0;360]	Канал разнесения №1 $\varphi \in [0; 90]$	Канал разнесения №2 $\varphi \in [90;180]$	Канал разнесения №3 $\varphi \in [-180;-90]$	Канал разнесения №4 $\varphi \in [-90;-0]$
1 точка питания (4.1)	1	1	0	0	0
2 точка питания(4.2)	0	0	1	0	0
3 точка питания (4.3)	0	0	0	1	0
3 точка питания (4.4)	0	0	0	0	1

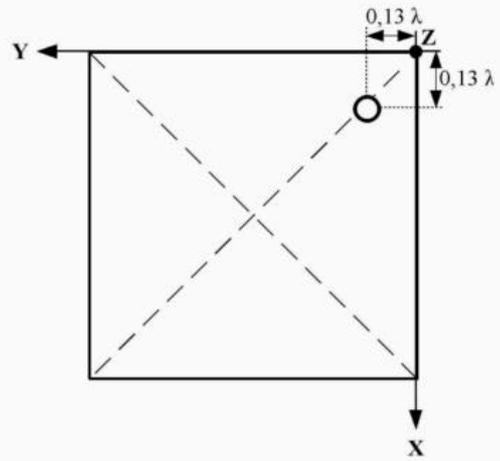
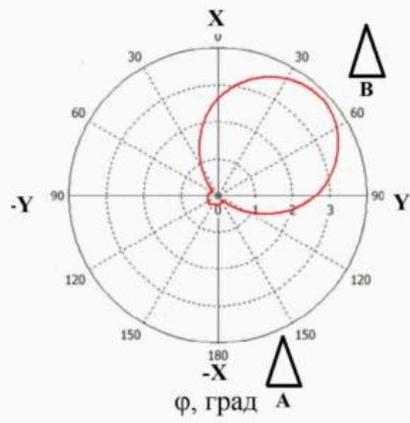
Фиг. 2



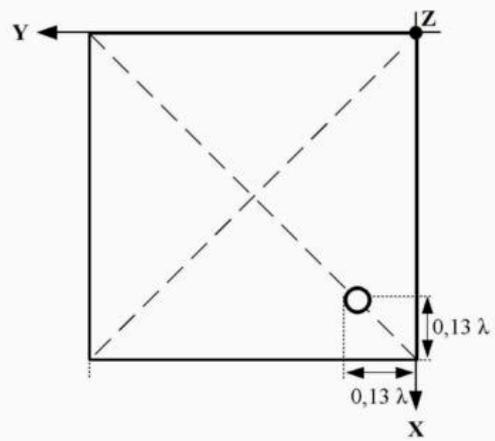
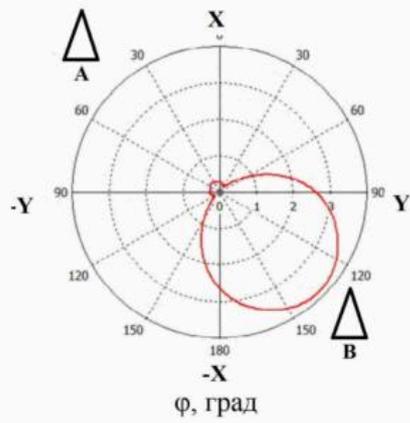
Фиг. 3



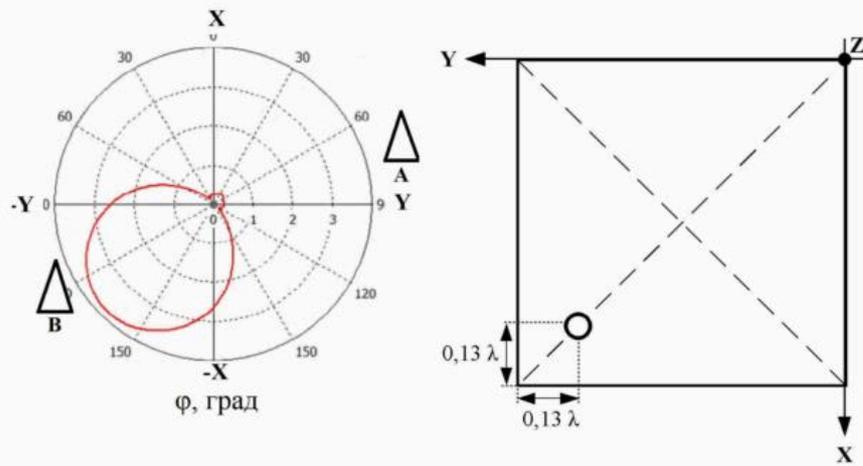
Фиг. 4



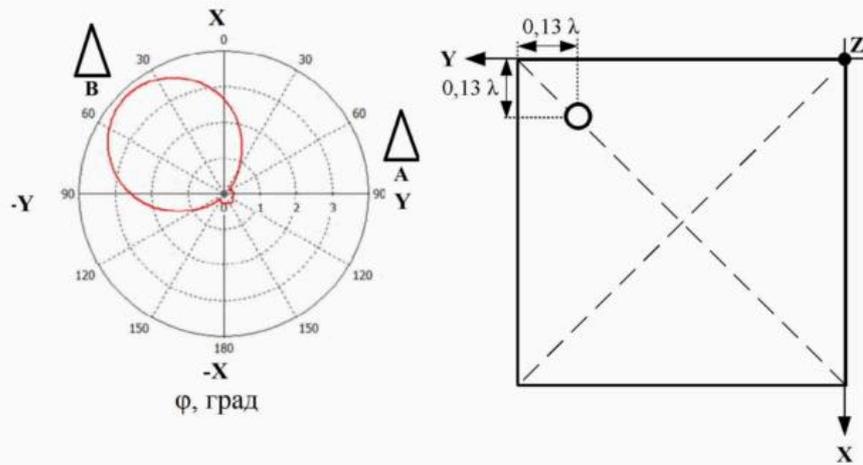
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8