

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01S 13/90 (2006.01); G01S 13/89 (2006.01); G01S 13/9005 (2006.01); G01S 13/5242 (2006.01); G01S 7/41 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017146789, 28.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2017

Дата регистрации:
26.10.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2017

(45) Опубликовано: 26.10.2018 Бюл. № 30

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для
Халатовой Е.С. (каф. СМ-5)

(72) Автор(ы):

Ильин Евгений Михайлович (RU),
Полубехин Александр Иванович (RU),
Кривов Юрий Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2621714 С1, 07.06.2017. RU
2488775 С1, 27.07.2013. RU 141506 U1,
10.06.2014. US 5430445 A, 04.07.1995. WO
2010056159 A1, 20.05.2010. JP 2015094657 A,
18.05.2015. US 7450054 B2, 11.11.2008.

(54) Многофункциональный бортовой радиолокационный комплекс

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиолокации и предназначено для решения широкого круга задач, используемых на пилотируемых и беспилотных летательных аппаратах (БЛА). Достигаемый технический результат - снижение массы и габаритов бортовой радиолокационной системы в целом, а также улучшение аэродинамических характеристик для возможности их использования в БЛА. Указанный результат достигается за счет того, что в многофункциональном бортовом радиолокационном комплексе, содержащем радиочастотный модуль, включающем двухдиапазонный антенный модуль, состоящий из двух антенных систем для двух диапазонов: СВЧ и УВЧ диапазонов длин волн, приемозадающий модуль, передатчики СВЧ и УВЧ диапазона волн, выходы приемозадающего модуля соединены с бортовой цифровой

вычислительной машиной (БЦВМ), антенные системы выполняют в виде конформных фазированных антенных решеток (ФАР) с синтезированной апертурой в печатном или волноводном исполнении из метаматериалов, излучающие элементы ФАР имеют диаграммы направленности кардиоидного типа, при этом в антенный модуль введен блок управления фазированными антенными решетками, соединенный с интерфейсом управления радиочастотного модуля, двухканальные антенные решетки СВЧ диапазона расположены на крыльях БЛА снизу по левому и/или правому борту, или вдоль борта, вписанными в корпус крыльев или борта, а двухканальные антенны УВЧ диапазона установлены в стабилизаторе БЛА, все антенные решетки закрыты радиопрозрачными обтекателями, конформно вписанными в корпус крыльев и стабилизатора

RU 2 670 980 С1

RU 2 670 980 С1

БЛА. 8 ил..

R U 2 6 7 0 9 8 0 C 1

R U 2 6 7 0 9 8 0 C 1

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

G01S 13/90 (2006.01); G01S 13/89 (2006.01); G01S 13/9005 (2006.01); G01S 13/5242 (2006.01); G01S 7/41 (2006.01)

(21)(22) Application: 2017146789, 28.12.2017

(24) Effective date for property rights:
28.12.2017Registration date:
26.10.2018

Priority:

(22) Date of filing: 28.12.2017

(45) Date of publication: 26.10.2018 Bull. № 30

Mail address:
105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MGTU im. N.E. Baumana, TSZIS, dlya Khalatovoj
E.S. (kaf. SM-5)

(72) Inventor(s):

Ilin Evgenij Mikhajlovich (RU),
Polubekhin Aleksandr Ivanovich (RU),
Krivov Jurij Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyj issledovatelskij universitet)"
(MGTU im. N.E. Baumana) (RU)C1
2 670 980 C1
RU

(54) MULTIFUNCTIONAL ON-BOARD RADAR COMPLEX

(57) Abstract:

FIELD: radar ranging and radio navigation.

SUBSTANCE: invention relates to radar and is intended for solving a wide range of tasks used on manned and unmanned aerial vehicles (UAVs). In a multifunctional on-board radar complex containing a radio frequency module including a dual-band antenna module consisting of two antenna systems for two bands: SHF and UHF wavelength bands, receiver module, SHF and UHF waveband transmitters, the outputs of the receiving module are connected to an on-board digital computer (OBDC), antenna systems are implemented in the form of conformal phased antenna arrays (PAA) with synthesized aperture in printed or waveguide version of metamaterials, the radiating elements of the phased array have directional diagrams

of cardioid type, the phased array antenna control unit connected to the radio frequency module control interface is introduced into the antenna module, two-channel SHF antenna arrays are located on the wings of the UAV from below on the left and/or right side or along the side inscribed in the body of the wings or sides, and dual-channel UHF antennas are installed in the UAV stabilizer, all antenna arrays are covered with radioparent radomes that are conformally inscribed into the hull of the wings and stabilizer of the UAV.

EFFECT: reduction of the mass and dimensions of the on-board radar system as a whole, and also improvement of aerodynamic characteristics for the possibility of their use in UAVs.

1 cl, 8 dwg

R U
2 6 7 0 9 8 0 C 1

Изобретение относится к области радиолокации и предназначено для выполнения широкого круга задач при использовании на пилотируемых и беспилотных летательных аппаратах самолетного типа.

Требование многодиапазонности многофункционального бортового

5 радиолокационного комплекса (МБРЛК) обусловлено тем, что в разных частотных диапазонах качество радиолокационных изображений (РЛИ) зависит от вида объектов, их маскировки, погодных условий и т.п. РЛИ в разных частотных диапазонах существенно дополняют друг друга, особенно при решении большого разнообразия военных и хозяйственных задач.

10 Известна многофункциональная многодиапазонная масштабируемая радиолокационная система для летательных аппаратов (патент RU №2496120 от 30.12.2011 г. МПК G01S 13/90). Структура известной радиолокационной системы является централизованной и представляет собой совокупность n радиочастотных модулей (РЧМ)(где n=от 1 до N) и единой многоцелевой бортовой ЦВМ (БЦВМ),
15 взаимодействующей с РЧМ по мультиплексному каналу информационного обмена (МКИО) и высокоскоростному последовательному интерфейсу (SRIO), причем РЧМ состоят из антенных модулей, содержащих волноводно-щелевые антенные решетки (ВЩАР), циркуляторы и приводы, и приемозадающих модулей (ПЗМ).

Однако данная РЛС имеет следующие недостатки:

20 - недостаточная степень интеграции многодиапазонной РЛС и ее составных частей, что предопределяет достаточно большие габариты и массу системы, а также высокую стоимость жизненного цикла многофункциональной РЛС;
- распределенная апертура многодиапазонной РЛС, образуемая антеннами РЧМ, не позволяет получить в реальном масштабе времени «интегральное» радиолокационное
25 изображение (РЛИ) поверхности земли, объединяющее РЛИ разных частотных диапазонов, что значительно снижает информационные возможности РЛС.

Учитывая современные требования к бортовым малогабаритным многофункциональным РЛС, актуальным является создание многофункциональной интегрированной двухдиапазонной малогабаритной РЛС сантиметрового (Ки- или Х-)
30 и дециметрового (УВЧ) диапазонов длин волн с элементами более высокой технологичности.

Наиболее близким известным техническим решением является многофункциональный бортовой радиолокационный комплекс (РЛК), (см. патент РФ №2621714 от 01.07.2016, МПК G01S 13/90), содержащий радиочастотный модуль (РЧМ), включающий антенный модуль, приемозадающий модуль, передатчики СВЧ и УВЧ диапазона волн, выходы приемозадающего модуля соединены с бортовой цифровой вычислительной машиной (БЦВМ), включающей интегрированный цифровой приемник соединенный с центральным процессором, при этом антенный модуль выполнен в виде интегрированной апертуры, включающей двухканальную волноводно-щелевую
35 антенненную решетку (ВЩАР) СВЧ-диапазона, с размещенными на ней вибраторами - двухканальной антенны УВЧ-диапазона, имеющими суммарные и разностные входы и выходы, многоканальный СВЧ-приемник, циркулятор, коммутатор и двухканальный УВЧ-приемник с суммарными и разностными входами и выходами, приемозадающий модуль содержит унифицированный приемник промежуточной частоты (ПЧ-ПРМ),
40 двухдиапазонный синтезатор частот и синхросигналов управления, первый и второй входы унифицированного ПЧ-РЧМ соединены с суммарным и разностным выходами СВЧ приемника, третий вход с выходом сигнала гетеродина СВЧ-диапазона синтезатора частот, выходы ПЧ-РЧМ соединены с входами интегрированного цифрового приемника,
45

выходы синтезатора частот соединены с входами СВЧ- и УВЧ приемников, и входами передатчиков СВЧ и УВЧ диапазона соответственно, выход передатчика СВЧ диапазона соединен через циркулятор антенного блока с волноводно-щелевой решеткой СВЧ диапазона, а выход передатчика УВЧ диапазона - через коммутатор с двухканальной 5 антенной УВЧ диапазона, выходы синтезатора частот и суммарный и разностный выходы УВЧ подключены к входам интегрированного цифрового приемника, причем «вход-выход» БЦВМ соединен по интерфейсу управления РЧМ с синтезатором частот и приводом. За счет использования программируемой архитектуры с высокой степенью интеграции программных и аппаратных средств решается задача предварительной, 10 первичной и вторичной обработки сигналов, включая формирование радиолокационных изображений (РЛИ) поверхности земли и меток движущихся целей. При этом по выбору оператора могут быть сформированы раздельные РЛИ в каждом частотном диапазоне или интегральные РЛИ в двух диапазонах.

Данный МБРЛК может решать целый ряд задач:

- 15 картографирование земной (водной) поверхности,
- обнаружение и измерение координат неподвижных радиоконтрастных и движущихся наземных (надводных) объектов,
- обнаружение и измерение координат неподвижных и движущихся воздушных объектов,
- 20 оценка метеообстановки,
- информационное обеспечение маловысотного полета,
- информационное обеспечение распознавания объектов,
- выдача целеуказаний оптико-электронным средствам (ОЭС), бортовому радиоэлектронному оборудованию (БРЭО) и другим потребителям,
- 25 обнаружение внешних излучений в диапазоне рабочих частот и определение координат их источников.

Ки или Х-диапазон наиболее удобен для обнаружения и наблюдения за малоразмерными объектами (в том числе, в прибрежной акватории) при разрешении от 0.25 м при наличии дождя с интенсивностью до 0.5...1 мм/ч.

30 UHF-диапазон может быть использован для обнаружения и наблюдения за крупными наземными и надводными объектами при разрешении от 4 м в том числе при наличии дождя интенсивностью до 10 мм/ч. Важным достоинством этого диапазона является возможность обнаруживать и наблюдать укрытые объекты. При этом под укрытием понимают лесную растительность, слой земли или искусственное сооружение, а так же 35 пресную воду.

Использование различных диапазонов длин волн позволит значительно повысить информативность МБРЛК.

Недостатком прототипа является то, что радиопрозрачный обтекатель, закрывающий 40 антенну МБРЛК, имеет существенную фронтальную площадь ($0,12 \text{ м}^2$). Это приводит к ухудшению аэродинамического качества для беспилотного летательного аппарата (БЛА) на 1,4 единицы, что в свою очередь сокращает максимальное время полета на 10% по сравнению с гладким самолетом.

В современных бортовых РЛС антенные системы по габаритам составляют примерно 45 20-40%, а по массе - 15-30% от массогабаритных параметров бортовой РЛС в целом.

Технической задачей, решаемой в описываемом изобретении является снижение массы и габаритов РЛК в целом, а также улучшение аэродинамических характеристик для возможности их использования в БЛА.

Для реализации данной задачи необходима разработка и внедрение фазированных

антенных решеток (ФАР) и их конформное их размещение на БЛА малой дальности.

Достигается поставленная задача тем, что в многофункциональном бортовом РЛК, содержащем радиочастотный модуль (РЧМ), включающем двухдиапазонный антенный модуль, приемозадающий модуль, передатчики СВЧ и УВЧ диапазона волн, выходы

- 5 приемозадающего модуля соединены с бортовой цифровой вычислительной машиной (БЦВМ), включающей интегрированный цифровой приемник соединенный с центральным процессором, при этом двухдиапазонный антенный модуль содержит антеннную решетку СВЧ диапазона и - двухканальную антенну УВЧ-диапазона, имеющие суммарные и разностные входы и выходы, многоканальный СВЧ-приемник, циркулятор,
- 10 коммутатор и двухканальный УВЧ-приемник с суммарными и разностными входами и выходами, приемозадающий модуль содержит унифицированный приемник промежуточной частоты (ПЧ-ПРМ), двухдиапазонный синтезатор частот и синхросигналов управления, первый и второй входы унифицированного ПЧ-РЧМ соединены с суммарным и разностным выходами СВЧ приемника, третий вход с
- 15 выходом сигнала гетеродина СВЧ-диапазона синтезатора частот, выходы ПЧ-РЧМ соединены с входами интегрированного цифрового приемника, выходы синтезатора частот соединены с входами СВЧ - и УВЧ приемников, и входами передатчиков СВЧ и УВЧ диапазона соответственно, выход передатчика СВЧ диапазона соединен через циркулятор с антенной решеткой СВЧ диапазона, а выход передатчика УВЧ диапазона
- 20 - через коммутатор с двухканальной антенной УВЧ диапазона, выходы синтезатора частот и суммарный и разностный выходы УВЧ приемника подключены к входам интегрированного цифрового приемника, причем «вход-выход» БЦВМ соединен по интерфейсу управления РЧМ с двухдиапазонным синтезатором частот и синхросигналов управления, антенные решетки выполняют в виде конформных фазированных антенных
- 25 решеток с синтезированной апертурой в печатном или волноводном исполнении из метаматериалов, излучающие элементы которых имеют диаграмму направленности кардиоидного типа, при этом «вход-выход» БЦВМ соединен также по интерфейсу радиочастотного модуля с дополнительно введенным блоком управления фазированными антенными решетками, двухканальные антенные решетки СВЧ
- 30 диапазона расположены на крыльях беспилотного летательного аппарата снизу по левому и/или правому борту, или вдоль борта, вписанными в корпус крыльев или борта, а двухканальные антенны УВЧ диапазона установлены в стабилизаторе БЛА, все антенные решетки закрыты радиопрозрачными обтекателями, конформно вписаными в корпус крыльев и стабилизатора БЛА.

35 Изобретение поясняется чертежами, где

- на фиг. 1 показано конструктивное выполнение многофункционального бортового радиолокационного комплекса, функционирующего в Ku и UHF-диапазонах,

- на фиг. 2 - выполнение приемозадающего модуля,

- на фиг 3 и 4 - потенциально возможные области установки конформных антенных

40 систем (КАС) на крыльях БЛА

- на фиг. 5 и 6 - приведены схематично диаграммы направленности (ДН) (КАС) Ku (СВЧ)- и UHF (УВЧ)-диапазонов длин волн.

- на фиг. 7 и 8 показаны внешний вид расположения МБРЛК на БЛА в прототипе и в БЛА с МБРЛК с КАС Ku- и UHF- диапазонов длин волн(вид снизу). Радиочастотный

45 модуль 1, антенный модуль 2, конформные антенные системы 3 на основе конформных фазированных антенных решеток (ФАР), циркулятор 4, сверхвысокочастотный приемник (СВЧ-ПРМ) 5 для Ku- и X-диапазонов, ультравысокочастотный приемник(УВЧ-ПРМ)6 (UHF диапазонов длин волн), коммутатор (КМТ) 7, блок управления 8 ФАР,

приемозадающий модуль (ПЗМ) 9, интегрированный двухдиапазонный синтезатор частот и синхросигналов управления (СЧС) 10, передатчик СВЧ (сантиметрового) диапазона радиоволн (ПРД1) 11, передатчик УВЧ (десиметрового) диапазона радиоволн (ПРД2) 12, бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ) 13, интегрированный цифровой приемник (ЦПРМ) 14, центральный процессор 15, интегрированное программное обеспечение (ИПО) 16, унифицированный приемник промежуточной частоты (ПЧ-ПРМ) для Ku- и X-диапазонов 17.

Антенный модуль синтезированной апертурой включает КАС на основе фазированных антенных решеток Ku и UHF диапазонов длин волн, имеющих суммарные и разностные диаграммы направленности.

Форма полотна антенны выполнена конформной, поверхность ее, способ ее «запитки» определяется и рассчитывается в каждом конкретном случае применительно к реальной поверхности носителя в зависимости от задач МБРЛК.

С помощью бортовой вычислительной машины (БЦВМ) определяются требуемые сдвиги фазы излучаемых элементами антенны сигналов, с целью формирования требуемых диаграмм направленности. Изменения формы БЛА во время полета, «болтанка» в воздухе БЛА и т.п. могут быть «нейтрализованы» с помощью системы микронавигации, комплексированной с БЦВМ.

Функционирование двухдиапазонной РЛК выполняется следующим образом (см. фиг. 1). В каждом тактовом интервале (ТИ) работы РЛК в центральном процессоре 15БЦВМ 13 под управлением интегрированного программного обеспечения (ИПО) 16 вычисляются параметры, используемые для управления в последующем такте модулями интегрированного двухдиапазонного синтезатора частот и синхросигналов управления (СЧС) 10, формирующий сетку частот в двух диапазонах и синхросигналы управления, интегрированным цифровым приемником ГДТРМ 14 и блоком управления 8 ФАР, для чего «вход-выход» БЦВМ 13 соединен по интерфейсу управления радиочастотного модуля (РЧМ) с СЧС 10 и блоком управления 8 ФАР, а «вход-выход» центрального процессора 15 соединен с ЦПРМ 14. В соответствии с заданными параметрами управления интегрированный СЧС 10 формирует сигналы несущих частот F₀₁ и F₀₂, сигналы первых гетеродинов F_{G1} и F_{G2} и сигналы синхронизации работы передатчиков ИЗП1 и ИЗП2, приемников ИЗО1 и ИЗО2 и ЦПРМ ТИ и FB. При этом выход СЧС 10, обозначенный F₀₁, соединен со вторым входом ПРД1 11, выход СЧС, обозначенный F₀₂, соединен со вторым входом ПРД2 12, выход СЧС, обозначенный F_{G1}, соединен с третьим входом СВЧ-ПРМ 5, выход, обозначенный F_{G2}, соединен с третьим входом УВЧ-ПРМ 6, выход, обозначенный ИЗП1, соединен с первым входом ПРД1 11, выход, обозначенный ИЗП2, соединен с первым входом ПРД2 12, выход, обозначенный ИЗО1, соединен с четвертым входом СВЧ-ПРМ 5, выход, обозначенный ИЗО2, соединен с четвертым входом УВЧ-ПРМ 6, а выходы СЧС, обозначенные F_B и ТИ, соединены с третьим и четвертым входами ЦПРМ 14.

Излучение зондирующих сигналов ЗС1 и ЗС2 (см. фиг. 2) производится в соответствии с временной диаграммой по суммарным Σ1 и Σ2 каналам интегрированной апертуры 3, для чего выход передатчика (ПРД1) 11 соединен с входом циркулятора 4, «вход-выход» которого соединен с суммарным каналом СВЧ антенны, а выход передатчика (ПРД2) 12 соединен с коммутатором 7, управление которым производится от СЧС 10 сигналом ИЗП2, а «вход-выход» которого соединен с суммарным каналом УВЧ-антенны.

Прием отраженных зондирующих сигналов сантиметрового диапазона

осуществляется с помощью КАС на основе ФАР по суммарному ($\Sigma 1$) и разностному по азимуту ($\Delta a1$) каналам. Для передачи принимаемого сигнала СВЧ антенны по суммарному каналу ($\Sigma 1$) выход циркулятора 4 соединен с первым входом СВЧ-ПРМ 5. Для передачи принимаемого сигнала по каналу, разностному по азимуту ($\Delta a1$), второй

5 выход СВЧ антенны соединен со вторым входом СВЧ-ПРМ 5.

Прием отраженных зондирующих сигналов УВЧ-диапазона осуществляется с помощью антенного устройства УВЧ-диапазона по суммарному ($\Sigma 2$) и разностному по азимуту ($\Delta a2$) каналам. Для передачи принимаемого антенным устройством сигнала

по суммарному каналу ($\Sigma 2$) выход коммутатора 7 соединен с первым входом УВЧ-

10 ПРМ 6. Для передачи принимаемого сигнала по каналу, разностному по азимуту ($\Delta a2$), второй выход антенного устройства УВЧ-диапазона соединен со вторым входом УВЧ- приемника 6.

Выходы сигналов приемника СВЧ 5 на первой промежуточной частоте подключены соответственно к первому и второму входам унифицированного двухканального ПЧ-

15 приемника 17 (см. фиг. 2), соответствующие выходы которого соединены с первым и вторым входами интегрированного цифрового приемника 14, где производится оцифровка и предварительная обработка радиолокационных сигналов, цифровые массивы которых пересыпаются по внутренней магистрали БЦВМ 13 в центральный процессор 15, в котором выполняется первичная и вторичная обработка информации

20 соответствующими программными модулями ИПО 16.

Выходы сигналов УВЧ-ПРМ 6 на первой промежуточной частоте подключены непосредственно к пятому и шестому входам интегрированного цифрового приемника 14 (см. фиг. 2), где производится оцифровка и предварительная обработка радиолокационных сигналов. Цифровые массивы обработанных в ЦПРМ данных

25 пересыпаются по внутренней магистрали БЦВМ в центральный процессор, в котором выполняется первичная, вторичная и интегральная обработка информации соответствующими программными модулями ИПО, при этом сформированное радиолокационное изображение передается потребителю по внешнему интерфейсу. Конформные антенны СВЧ и УВЧ диапазонов является фазированными антенными

30 решетками с синтезированной апертурой на которой размещены управляемые излучающие элементы, Излучатели выполняют в печатном или волноводном исполнении, которые размещают в обводы БЛА.

Антенны размещают по левому и правому борту и в стабилизаторе БЛА (см. фиг.

3, 4) Такое размещение позволяет конформно вписать излучатели в обводы БЛА. Для

35 обеспечения максимального сектора сканирования (180°) необходимо, чтобы каждый излучатель формировал в пространстве собственную диаграмму направленности (ДН) кардиоидного типа. Применение таких излучателей, размещенных по внутренней поверхности БЛА, приводит к сужению собственных ДН. При формировании луча в направлении, близком к плоскости решетки, происходит расширение ДН, увеличение

40 уровня бокового излучения и, соответственно, уменьшение коэффициента усиления (КУ) антенной решетки. Таким образом, создаваемое амплитудно-фазовое распределение мощности в антенной решетке обеспечивает формирование максимально узкого луча в перпендикулярном направлении относительно плоскости решетки (см. фиг 5, фиг. 6). При максимальном отклонении от вертикали при сканировании

45 происходит уменьшение КУ приблизительно на 3 дБ и расширение ДН.

Значительно уменьшить размеры UHF антенн позволяет использование необычных свойств метаматериалов. Применение метаматериалов - это новое и чрезвычайно перспективное направление развития антенных систем. Согласно установившейся

терминологии под метаматериалами понимают «искусственно сформированные и особым образом структурированные среды, обладающие электромагнитными свойствами, сложно достижимыми технологически, либо не встречающимися в природе».

Применительно к устройствам радиочастотных диапазонов понятие «метаматериал» относят, как правило, к периодической системе проводящих элементов, выполненных из материала с высокой проводимостью и размещаемых в диэлектрике, роль которого ограничивается обеспечением механической целостности конструкции. Форма, геометрические размеры указанных элементов и расстояния между ними определяют значения диэлектрической и магнитной проводимости материала, которым представляют указанную совокупность элементов.

Метаматериалы в качестве подложек для печатных миниатюризованных антенн позволяют снижать размеры традиционных излучателей, увеличивать их полосы пропускания и эффективность излучения. Применение разработанной композитной подложки позволило создать печатную антенну UHF диапазона с размерами излучателя

¹⁵ $30 \times 30 \text{ mm}^2$. Такие размеры излучающего элемента позволяют в нашем случае уже разместить в стабилизаторе БЛА четыре решетки из $8 \times 8 = 64$ элементов с апертурой $240 \times 240 \text{ mm}^2$.

Структура метаматериала, формирующего подложку, может быть однородной либо композитной, образованной из нескольких типов сред.

Таким образом, конструктивное исполнение МБРЛК с КАС позволит обеспечить требуемые массогабаритные показатели целевых нагрузок БЛА, не нарушая аэродинамических характеристик БЛА, расширить функциональные возможности МБРЛК.

²⁵ На фиг. 7, 8 приведены БЛА с МБРЛК на борту с антенной в прототипе и описываемой в изобретении БЛА с МБРЛК с КАС Ки- и UHF-диапазонов длин волн (вид снизу). Такое конструктивное исполнение МБРЛК с КАС позволит обеспечить требуемые массогабаритные показатели целевых нагрузок БЛА, не нарушая аэродинамических характеристик БЛА, расширить функциональные возможности МБРЛК и решить поставленные оборонные и народнохозяйственные задачи.

(57) Формула изобретения

Многофункциональный бортовой радиолокационный комплекс, содержащий радиочастотный модуль (РЧМ), включающий двухдиапазонный антенный модуль, состоящий из двух антенных систем - антенной решетки СВЧ-диапазона и двухканальной

³⁵ антенны УВЧ-диапазона, имеющих суммарные и разностные входы и выходы, многоканальный СВЧ-приемник, циркулятор, коммутатор и двухканальный УВЧ-приемник с суммарными и разностными входами и выходами, приемозадающий модуль, передатчики СВЧ- и УВЧ-диапазона волн, выходы приемозадающего модуля соединены с бортовой цифровой вычислительной машиной (БЦВМ), включающей интегрированный

⁴⁰ цифровой приемник, соединенный с центральным процессором, при этом приемозадающий модуль содержит унифицированный приемник промежуточной частоты, двухдиапазонный синтезатор частот и синхросигналов управления, первый и второй входы унифицированного приемника промежуточной частоты соединены с

⁴⁵ суммарным и разностным выходами СВЧ-приемника, третий вход с выходом сигнала гетеродина СВЧ-диапазона синтезатора частот, выходы приемника промежуточной частоты соединены с входами интегрированного цифрового приемника, выходы синтезатора частот соединены с входами СВЧ- и УВЧ-приемников, и входами передатчиков СВЧ- и УВЧ-диапазона соответственно, выход передатчика СВЧ-

диапазона соединен через циркулятор с антенной решеткой СВЧ-диапазона, а выход передатчика УВЧ-диапазона - через коммутатор с двухканальной антенной УВЧ-диапазона, выходы синтезатора частот и суммарный и разностный выходы УВЧ-приемника подключены к входам интегрированного цифрового приемника, причем

- 5 «вход-выход» БЦВМ соединен по интерфейсу управления РЧМ с двухдиапазонным синтезатором частот и синхросигналов управления, отличающийся тем, что антенные системы выполнены в виде конформных фазированных антенных решеток с синтезированной апертурой в печатном или волноводном исполнении из метаматериалов, излучающие элементы которых имеют диаграмму направленности
- 10 кардиоидного типа, при этом «вход-выход» БЦВМ соединен по интерфейсу радиочастотного модуля также с дополнительно введенным блоком управления фазированными антенными решетками, выход которого соединен с входами фазированных антенных решеток, двухканальные антенные решетки СВЧ-диапазона расположены на крыльях беспилотного летательного аппарата (БЛА) снизу по левому
- 15 и/или правому борту, или вдоль борта, вписанными в корпус крыльев или борта, а двухканальные антенны УВЧ-диапазона установлены в стабилизаторе беспилотного летательного аппарата, все антенные решетки закрыты радиопрозрачными обтекателями, конформно вписанными в корпус крыльев и стабилизатора БЛА.

20

25

30

35

40

45