



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016126491, 01.07.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.07.2016Дата регистрации:
07.06.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.07.2016

(45) Опубликовано: 07.06.2017 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

105005, Москва, 2-ая Бауманская, 5, стр. 1, МГТУ
им. Н.Э. Баумана, Центр защиты
интеллектуальной собственности, для
Халатовой Е.С.

(72) Автор(ы):

Ильин Евгений Михайлович (RU),
Самарин Олег Фёдорович (RU),
Савостьянов Владимир Юрьевич (RU),
Кудашев Владимир Сергеевич (RU),
Ровкин Михаил Евгеньевич (RU),
Алексеев Александр Станиславович (RU),
Руссков Дмитрий Анатольевич (RU),
Киселёв Сергей Васильевич (RU),
Борзов Андрей Борисович (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),
Акционерное общество
"НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
ФИРМА "МИКРАН" (АО "НПФ
"МИКРАН") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2496120 C2, 20.10.2013. RU
2232376 C1, 10.07.2004. RU 2574075 C1,
10.02.2016. US 20080084346 A1, 10.04.2008. US
4961074 A, 02.10.1990. JP 10170634 A,
26.06.1998. JP 4746418 B2, 10.08.2011.

(54) Многофункциональная интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система для летательных аппаратов

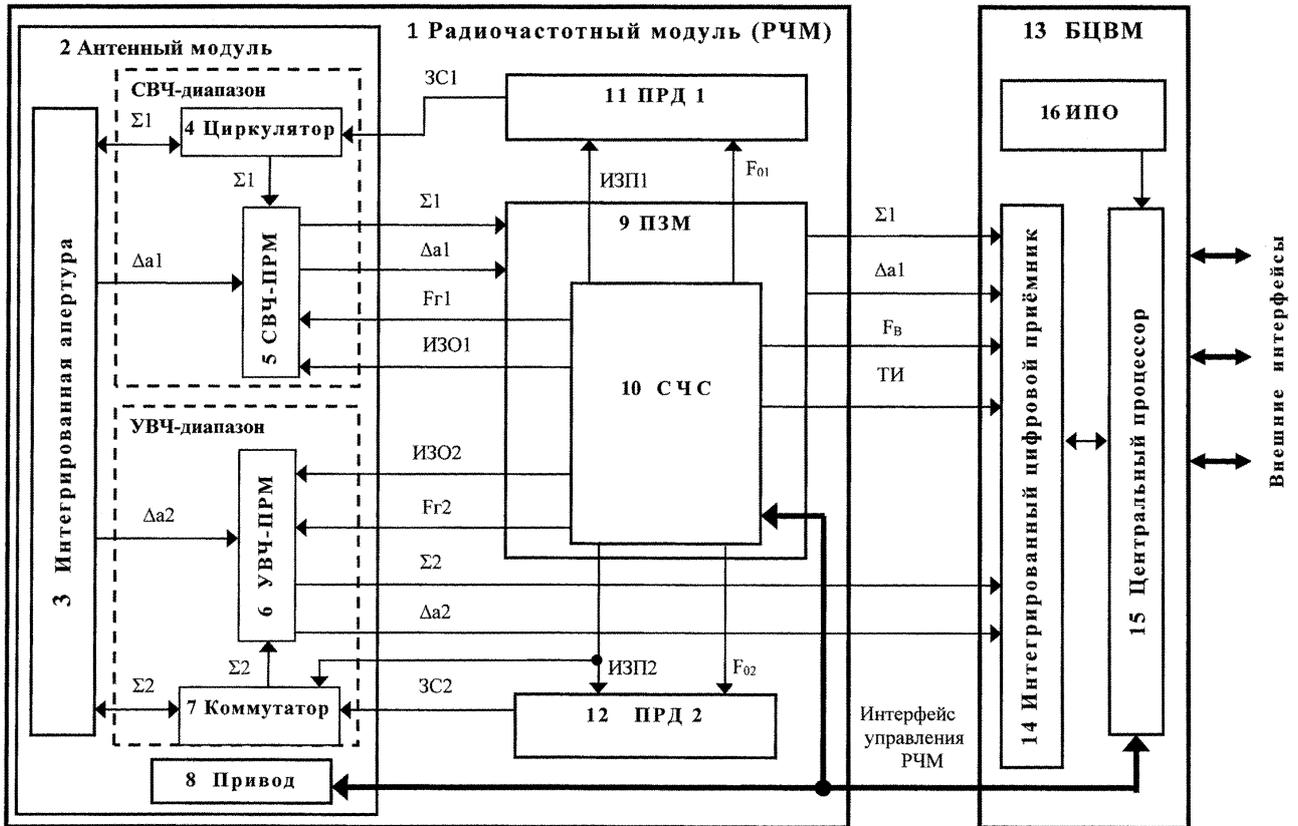
(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиолокации и предназначено для выполнения широкого круга задач при использовании на пилотируемых и беспилотных летательных аппаратах самолетного и вертолетного типа. Достижимый технический результат - создание интегрированных двухдиапазонных малогабаритных многофункциональных радиолокационных систем сантиметрового (Ку-или X-) и УНФ-диапазонов радиоволн. Указанный результат достигается за счет использования

единой архитектуры с высокой степенью интеграции программных и аппаратных средств, таких как интегрированное антенное устройство, интегрированный двухдиапазонный синтезатор частот и синхросигналов управления (СЧС), интегрированный цифровой приемник (ЦПРМ). Интегрированное программное обеспечение (ИПО) реализует управление СЧС, осуществляющим синхронизацию работы передатчиков и приемников двух частотных диапазонов и ЦПРМ, производящим

предварительную обработку радиолокационных сигналов. Основная функция ИПО, требующая высокой производительности центрального процессора, заключается в выполнении первичной и вторичной обработки сигналов, включая формирование радиолокационных изображений

(РЛИ) подстилающей поверхности и меток движущихся целей. В результате по выбору оператора могут быть сформированы отдельные РЛИ в каждом частотном диапазоне или одно интегральное РЛИ. 3 ил.



Интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система
Фиг. 1

RU 2621714 C1

RU 2621714 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2016126491, 01.07.2016**(24) Effective date for property rights:
01.07.2016Registration date:
07.06.2017

Priority:

(22) Date of filing: **01.07.2016**(45) Date of publication: **07.06.2017** Bull. № 16

Mail address:

105005, Moskva, 2-aya Baumanskaya, 5, str. 1,
MGТУ im. N.E. Baumana, Tsentr zashchity
intelektualnoj sobstvennosti, dlya Khalatovoj E.S.

(72) Inventor(s):

Ilin Evgenij Mikhajlovich (RU),
Samarin Oleg Fedorovich (RU),
Savostyanov Vladimir Yurevich (RU),
Kudashev Vladimir Sergeevich (RU),
Rovkin Mikhail Evgenevich (RU),
Alekshev Aleksandr Stanislavovich (RU),
Russkov Dmitrij Anatolevich (RU),
Kiselev Sergej Vasilevich (RU),
Borzov Andrej Borisovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj
tehnicheskij universitet imeni N.E. Baumana"
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)"
(MGТУ im. N.E. Baumana) (RU),
Aksionernoe obshchestvo
"NAUCHNO-PROIZVODSTVENNAYA
FIRMA "MIKRAN" (AO "NPF "MIKRAN")
(RU)

(54) **MULTIFUNCTIONAL INTEGRATED DUAL-BAND RADAR SYSTEM FOR AIRCRAFT**

(57) Abstract:

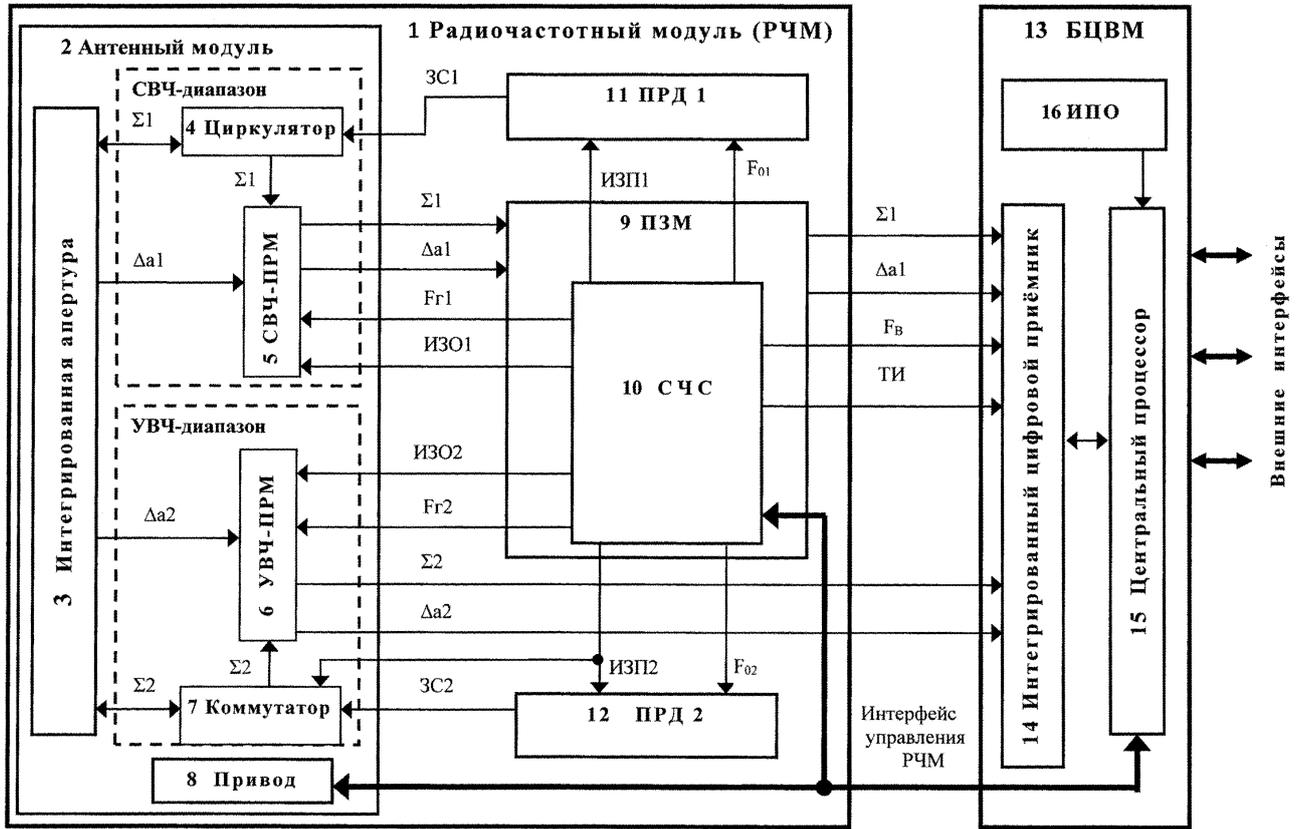
FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: method is implemented using a single architecture with a high degree of integration of software and hardware, such as an integrated antenna system, an integrated dual-band synthesizer of frequencies and control clock signals (CCS), and an integrated digital receiver (DR). The integrated software (IS) implements the control of the CCS, which synchronizes the operation of transmitters and receivers of two frequency bands and the DR preprocessing the radar signals. The main function of the IS, requiring

high performance of the central processing unit, is to perform primary and secondary signal processing, including the formation of radar images (RI) of the underlying terrain and moving target marks. As a result, at the option of the operator, separate RIs or one integrated RI can be generated in each frequency range.

EFFECT: creation of integrated dual-band small-sized multifunctional radar systems of centimeter and UHF-bands of radio waves.

3 dwg



Интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система
Фиг. 1

RU 2621714 C1

RU 2621714 C1

Изобретение относится к области радиолокации и предназначено для выполнения широкого круга задач в режимах «воздух - поверхность», «метео» и «маловысотный полет» как в сантиметровом, так и в двух (сантиметровом и дециметровом) диапазонах радиоволн с совмещением получаемых радиолокационных изображений при
5 использовании на летательных аппаратах самолетного и вертолетного типа.

Известны многофункциональные РЛС (см., например, патент РФ №2319173 от 17.08.2006 г. МПК G01S 13/90), для летательных аппаратов, предназначенные для обнаружения, сопровождения воздушных и наземных объектов, измерения их координат, обнаружения грозových фронтов, обнаружения и измерения высоты наземных
10 препятствий и других функций.

Наиболее близкой к заявляемой является многофункциональная многодиапазонная масштабируемая радиолокационная система для летательных аппаратов (патент RU №2496120 от 30.12.2011 г. МПК G01S 13/90), принятая за прототип. Структура прототипа является централизованной и представляет собой совокупность радиочастотных модулей
15 (РЧМ) 1...N и единой многоцелевой бортовой ЦВМ (БЦВМ), 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).

20 Данная РЛС обеспечивает:

одновременную или выборочную работу в разных частотных диапазонах, что позволяет, используя особенности распространения и отражения радиосигнала в разных средах, интегрально получить более высокие характеристики по дальности, точности, разрешающей способности в простых и сложных помеховых и метеоусловиях, а также
25 обеспечить обнаружение и наблюдение объектов, скрытых растительным или другим радиопрозрачным покровом для одного из используемых диапазонов частот;

картографирование с реальным лучом и синтезированием апертуры антенны; информационное обеспечение маловысотного полета с формированием профильных (по вертикали и горизонтали) и квазитрехмерных радиолокационных изображений
30 поверхности земли и объектов (включая обнаруженные провода ЛЭП);

селекцию движущихся, в том числе малоскоростных объектов;

оценку метеообстановки, определение зон турбулентности и низковысотных «сдвигов ветра»;

обзор, обнаружение и сопровождение на «проходе» воздушных целей.

35 Однако данная РЛС имеет следующие недостатки:

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
40 позволяет получить в реальном масштабе времени «интегральное» радиолокационное изображение (РЛИ) поверхности земли, объединяющее РЛИ разных частотных диапазонов, что значительно снижает информационные возможности РЛС.

Учитывая современные тактико-технические требования к разведывательным бортовым малогабаритным многофункциональным РЛС, задачей изобретения является
45 создание многофункциональной интегрированной двухдиапазонной малогабаритной РЛС сантиметрового (Ku- или X-) и дециметрового (УВЧ) диапазонов длин волн.

В основе принципов построения, описываемой многофункциональной двухдиапазонной малогабаритной интегрированной РЛС, лежит единая

программируемая архитектура с высокой степенью интеграции аппаратуры и программного обеспечения.

Решение поставленной задачи достигается тем, что многофункциональная интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система для летательных аппаратов содержит радиочастотный модуль (РЧМ), включающий антенный модуль с суммарными и разностными выходными каналами, многоканальный СВЧ-приемник, циркулятор, передатчик СВЧ-диапазона волн, приемозадающий модуль, содержащий приемник и синтезатор частот и синхросигналов управления, и бортовую цифровую вычислительную машину (БЦВМ), в РЧМ дополнительно вводят передатчик УВЧ-диапазона, а антенный модуль выполняют в виде интегрированной апертуры, содержащей двухканальную волноводно-щелевую антенную решетку (ВЩАР) СВЧ-диапазона с размещенными на ней вибраторами двухканальной антенны УВЧ-диапазона, имеющими суммарные и разностные входы и выходы, и включающей в себя дополнительно коммутатор и двухканальный УВЧ-приемник с суммарными и разностными входами и выходами, приемник приемозадающего модуля (ПЗМ) выполняют однодиапазонным в виде унифицированного двухканального приемника промежуточной частоты (ПЧ-приемника) сантиметрового диапазона, синтезатор частот и синхросигналов управления выполняют в виде интегрированного двухдиапазонного синтезатора частот и синхросигналов управления (СЧС), состоящего из модуля управления, модуля источника питания, опорного генератора, генератора опорных частот, генератора частоты подставки, модуля формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ и сигнала несущей частоты F_{02} УВЧ-диапазона и модуля формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ и сигнала несущей частоты F_{01} СВЧ-диапазона (Ку или X), причем модуль управления содержит программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), первый и второй цифровые квадратурно-амплитудные модуляторы, первый и второй коммутаторы сигнала гетеродина, первый и второй смесители, модуль формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ и сигнала несущей частоты F_{02} УВЧ-диапазона содержит генератор сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ (ГЕТ УВЧ) УВЧ-диапазона и предварительный усилитель мощности (ПУМ), а модуль формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ СВЧ-диапазона состоит из третьего смесителя и умножителя частоты, БЦВМ содержит интегрированный цифровой приемник, центральный процессор и интегрированное программное обеспечение, при этом суммарные каналы ВЩАР и вибраторной антенны соединены соответственно с «входами-выходами» циркулятора и коммутатора, а выходы циркулятора и коммутатора соединены с первыми входами СВЧ- и УВЧ-приемников соответственно, разностные выходы ВЩАР и вибраторов двухканальной антенны УВЧ-диапазона соединены соответственно со вторыми входами СВЧ- и УВЧ-приемников, выходы сигналов СВЧ-приемника подключены соответственно к первому и второму входам унифицированного двухканального ПЧ-приемника, соответствующие выходы которого соединены с первым и вторым входами интегрированного цифрового приемника, «вход-выход» последнего соединен с центральным процессором, выходы сигналов УВЧ-приемника соединены непосредственно с пятым и шестым входами цифрового приемника, входы циркулятора и коммутатора соединены соответственно с выходом передатчика СВЧ-диапазона (ПРД1) и выходом передатчика УВЧ-диапазона (ПРД2), в свою очередь, первый вход УВЧ-приемника соединен с первым выходом ПЛИС СЧС, обозначенным ИЗО2, второй выход ПЛИС СЧС, обозначенный ИЗП2, соединен с первым входом ПРД2 и вторым входом коммутатора, третий выход ПЛИС

СЧС с обозначением ИЗП1 соединен с первым входом ПРД1, четвертый выход ПЛИС СЧС с обозначением ИЗО1 соединен с четвертым входом СВЧ-приемника, при этом выходы опорного генератора СЧС подключены к входам генератора опорных частот, генератора частоты подставки и генератора сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ УВЧ-диапазона, в свою очередь, первый выход генератора опорных частот F_B соединен с третьим входом интегрированного цифрового приемника, второй выход $F_{ПЛИС}$ соединен с первым входом ПЛИС, третий выход $F_{ТС}$ соединен с первыми входами первого и второго цифровых квадратурно-амплитудных модуляторов, выходы которых соединены с первыми входами первого и второго смесителей соответственно, четвертый выход генератора опорных частот $F_{Г3}$ подключен к первому входу первого коммутатора сигнала гетеродина и третьему входу унифицированного приемника промежуточной частоты, выход генератора частоты подставки $F_{ПС}$ подключен ко второму входу второго смесителя, выход последнего через множитель частоты соединен с первым входом третьего смесителя модуля формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ сантиметрового диапазона и третьим входом СВЧ-приемника антенного модуля, выход первого коммутатора сигнала гетеродина соединен со вторым входом первого смесителя, вторые входы коммутаторов сигнала гетеродина соединены с пятым выходом ПЛИС, обозначенным ДПЗ, выход ГЕТ УВЧ-диапазона $F_{Г2}$ модуля формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ и сигнала несущей частоты F_{02} УВЧ-диапазона подключен к третьему входу первого коммутатора сигнала гетеродина и третьему входу приемника УВЧ-диапазона, первый выход второго коммутатора сигнала гетеродина $F_{ГЧ2}$ соединен со вторым входом третьего смесителя модуля формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ СВЧ-диапазона, а второй выход коммутатора КОММ2 F_{02} соединен с входом ПУМ модуля формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ и сигнала несущей частоты F_{02} УВЧ-диапазона, а выход ПУМ подключен ко второму входу ПРД2, выход третьего смесителя F_{01} модуля формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ подключен ко второму входу ПРД1, шестой и седьмой выходы ПЛИС подключены ко вторым входам первого и второго цифровых квадратурно-амплитудных модуляторов, восьмой выход ПЛИС, обозначенный как сигнал тактового интервала ТИ, соединен с четвертым входом интегрированного цифрового приемника, девятый «вход-выход» ПЛИС СЧС подключен к интерфейсу управления радиочастотным модулем, соединенному с «входом-выходом» центрального процессора, исполняющего программные модули ИПО, и с приводом антенного модуля, при этом ЦПРМ соединен с центральным процессором по внутреннему интерфейсу БЦВМ.

Изобретение поясняется чертежом, где

- на фиг. 1 изображена интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система
- на фиг. 2 показано выполнение приемозадающего модуля,
- на фиг. 3 показана схема выполнения интегрированного двухдиапазонного синтезатора частот и синхросигналов управления.

На фиг. 1-3 обозначено:

- 1 - Радиочастотный модуль;
- 2 - Антенный модуль;
- 3 - Интегрированная апертура;
- 4 - Циркулятор;

- 5 - Сверхвысокочастотный приемник (СВЧ-ПРМ);
 6 - Ультравысокочастотный приемник (УВЧ-ПРМ);
 7 - Коммутатор (КМТ);
 8 - Привод;
- 5 9 - Приемозадающий модуль (ПЗМ);
 10 - Интегрированный двухдиапазонный синтезатор частот и синхросигналов управления (СЧС);
 11 - Передатчик СВЧ (сантиметрового) диапазона радиоволн (ПРД1);
 12 - Передатчик УВЧ (дециметрового) диапазона радиоволн (ПРД2);
- 10 13 - Бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ);
 14 - Интегрированный цифровой приемник (ЦПРМ);
 15 - Центральный процессор;
 16 - Интегрированное программное обеспечение (ИПО);
 17 - Унифицированный приемник промежуточной частоты (ПЧ-ПРМ) для Ku- и X-
- 15 диапазонов;
 18 - Модуль управления;
 19 - Модуль источника питания (Модуль ИП);
 20 - Опорный генератор (ОГ);
 21 - Генератор опорных частот;
- 20 22 - Генератор частоты подставки;
 23 - Модуль формирования сигнала несущей частоты F_{02} и сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ УВЧ-диапазона;
 24 - Модуль формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ СВЧ-диапазона;
- 25 25 - Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС);
 26 - Первый цифровой квадратурно-амплитудный модулятор (ЦКАМОД1);
 27 - Первый смеситель (СМ1);
 28 - Первый коммутатор сигнала гетеродина (КОММ1);
- 30 29 - Второй коммутатор (КОММ2);
 30 - Второй цифровой квадратурно-амплитудный модулятор (ЦКАМОД2);
 31 - Второй смеситель (СМ2);
 32 - Генератор сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ (ГЕТ УВЧ) УВЧ-диапазона;
 33 - Предварительный усилитель мощности (ПУМ);
- 35 34 - Третий смеситель (СМ3);
 35 - Умножитель частоты (УМНЧ);
 ЗС1 и ЗС2 - зондирующие сигналы сантиметрового и дециметрового диапазонов;
 Σ1 и Σ2 - суммарные каналы сантиметрового и дециметрового диапазонов;
 Δa1 и Δa2 - разностные каналы по азимуту сантиметрового и дециметрового
- 40 диапазонов;
 ИЗП1 и ИЗП2 - импульсы запуска ПРД1 и ПРД2;
 ИЗО1 и ИЗО2 - импульсы зоны отпирания СВЧ-приемника и УВЧ-приемника;
 F₀₁ и F₀₂ - сигналы несущих частот СВЧ- и УВЧ-диапазонов;
 F_{Г1} и F_{Г2} - сигналы первых гетеродинов СВЧ- и УВЧ-диапазонов;
- 45 F_{Г3} - сигнал второго гетеродина СВЧ-диапазона;
 F_В - сигнал дискретизации;
 ТИ - сигнал тактового интервала;

$F_{\text{ОП}}$ - стабильный опорный сигнал;

$F_{\text{ПЛИС}}$ - сигнал частоты тактирования ПЛИС;

ДПЗ - управляющий сигнал выбора диапазона (СВЧ или УВЧ);

ЦКС1 и ЦКС2 - цифровые квадратурные сигналы;

$F_{\text{ТС}}$ - сигнал частоты тактирования ЦКАМОД1 и ЦКАМОД2;

$F_{\text{ПС}}$ - сигнал частоты подставки;

$F_{\text{ПЧ1}}$ - сигнал низкой промежуточной частоты;

$F_{\text{СГ1}}$ - сигнал субгармоники литерного гетеродина на низкой промежуточной частоте;

$F_{\text{ПЧ2}}$ - сигнал высокой промежуточной частоты;

$F_{\text{СГ2}}$ - сигнал субгармоники литерного гетеродина на высокой промежуточной частоте.

В основе организации описываемой интегрированной двухдиапазонной РЛС лежит программный способ управления режимами и параметрами системы, реализуемый интегрированным программным обеспечением 16 БЦВМ 13, обеспечивающей работу составных частей РЛС с разделением во времени в каждом такте. При этом все внутренние и внешние сигналы СЧС (см. фиг. 3) синхронизированы единым сигналом $F_{\text{ОП}}$, формируемым опорным генератором ОГ 20, для чего выход ОГ соединен с входом генератора опорных частот 21 и входами генератора частоты подставки 22 и гетеродина УВЧ (ГЕТ УВЧ) 32. В свою очередь, генератор опорных частот 21 формирует сигналы тактирования для: ПЛИС 25 - обозначенный $F_{\text{ПЛИС}}$; цифрового приемника 14 (см. фиг. 1) - обозначенный $F_{\text{В}}$; цифровых квадратурно-амплитудных модуляторов (ЦКАМОД1 и ЦКАМОД2) 26 и 30 - обозначенный $F_{\text{ТС}}$. Кроме того, генератор опорных частот 21 формирует сигнал третьего гетеродина, обозначенный - $F_{\text{Г3}}$, который поступает на третий вход унифицированного ПЧ-приемника 17 (см. фиг. 2) и на первый вход первого коммутатора сигнала гетеродина (КОММ1) 28 (см. фиг. 3). Генератор частоты подставки 22 формирует сигнал частоты подставки $F_{\text{ПС}}$, который поступает на гетеродинный вход смесителя СМ2 31 для переноса сигнала $F_{\text{СГ1}}$ с низкой промежуточной частоты на высокую и формирования сигнала $F_{\text{СГ2}}$.

ПЛИС 25, запрограммированная на исполнение функций цифрового автомата, управляемого от БЦВМ 13, формирует в режиме реального времени цифровые квадратурные сигналы, обозначенные ЦКС1 и ЦКС2, которые поступают соответственно на модулирующие входы цифровых квадратурно-амплитудных модуляторов (ЦКАМОД1) 26 и (ЦКАМОД2) 30, тактируемых сигналом $F_{\text{ТС}}$. Кроме того, ПЛИС 25 осуществляет взаимную синхронизацию работы СВЧ и УВЧ с первым входом ПРД приемников, передатчиков и цифрового приемника (см. фиг. 3 и фиг. 1), для чего первый выход ПЛИС с обозначением ИЗО2 соединен с первым входом приемника УВЧ (УВЧ-ПРМ) 6, второй выход ПЛИС с обозначением ИЗП2 соединен с первым входом передатчика УВЧ (ПРД2) 12 и вторым входом коммутатора (КТМ) 7, третий выход ПЛИС с обозначением ИЗП1 соединен с первым входом передатчика СВЧ (ПРД1) 11, четвертый выход ПЛИС с обозначением ИЗО1 соединен с четвертым входом СВЧ-ПРМ 5, пятый выход ПЛИС с обозначением ДПЗ соединен с третьим входом первого коммутатора сигнала гетеродина 28 и со вторым входом второго коммутатора 29, шестой и седьмой выходы ПЛИС подключены к первым входам первого и второго цифровых квадратурно-амплитудных модуляторов 26 и 30, восьмой

выход ПЛИС с обозначением ТИ соединен с четвертым входом ЦПРМ 14, девятый «вход-выход» ПЛИС подключен к интерфейсу управления радиочастотным модулем.

При работе СЧС 10 в режиме формирования сигналов СВЧ-диапазона радиочастотный сигнал $F_{ПЧ1}$ на низкой промежуточной частоте с выхода ЦКАМОД1 26 поступает на модулирующий вход первого смесителя СМ1 27, на гетеродинный вход которого под управлением сигнала ДПЗ через коммутатор сигнала гетеродина КОММ1 28 с генератора опорных частот 21 поступает сигнал третьего гетеродина $F_{Г3}$, в результате на выходе смесителя СМ1 27 формируется сигнал $F_{ПЧ2}$ на высокой промежуточной частоте, который через второй коммутатор КОММ2 29 поступает на вход модуляции третьего смесителя СМ3 34, на гетеродинный вход которого поступает сигнал литерного гетеродина $F_{Г1}$, в результате чего формируется сигнал излучения F_{01} .

При работе СЧС 10 в режиме формирования сигналов УВЧ-диапазона сигнал $F_{ПЧ1}$ с выхода ЦКАМОД1 26 также поступает на модулирующий вход смесителя СМ1 27, на гетеродинный вход которого под управлением сигнала ДПЗ через коммутатор сигнала гетеродина КОММ1 28 с генератора сигнала первого гетеродина (ГЕТ УВЧ) 32 поступает сигнал первого гетеродина $F_{Г2}$, в результате на выходе смесителя СМ1 27 формируется сигнал несущей F_{02} УВЧ-диапазона, который через второй коммутатор КОММ2 29 поступает на вход предварительного усилителя мощности (ПУМ) 33 модуля формирования сигналов несущей частоты F_{02} и сигнала гетеродина $F_{Г2}$ УВЧ-диапазона 24.

В свою очередь, ЦКАМОД2 30 формирует сигнал субгармоники литерного гетеродина $F_{СГ1}$ на низкой промежуточной частоте, который поступает на вход модуляции второго смесителя СМ2 31, на гетеродинный вход которого подается сигнал частоты подставки $F_{ПС}$, формируемый генератором частоты подставки 22. Смеситель СМ2 31 переносит сигнал $F_{СГ1}$ с низкой промежуточной частоты на высокую, формируя сигнал $F_{СГ2}$, который поступает на вход умножителя частоты (УМНЧ) 35, формирующего сигнал $F_{Г1}$, который поступает на гетеродинный вход смесителя СМ3 34 и на третий вход СВЧ-приемника 5 (см. фиг. 1, 2).

Функционирование двухдиапазонной РЛС выполняется следующим образом (см. фиг. 1). В каждом тактовом интервале (ТИ) работы РЛС в центральном процессоре 15 БЦВМ 13 под управлением ИПО 16 вычисляются параметры, используемые для управления в последующем такте модулями СЧС 10, ГДТРМ 14 и приводом 8, для чего «вход-выход» БЦВМ 13 соединен по интерфейсу управления РЧМ с СЧС 10 и приводом 8, а «вход-выход» центрального процессора 15 соединен с ЦГТРМ 14. В соответствии с заданными параметрами управления интегрированный СЧС 10 формирует сигналы несущих частот F_{01} и F_{02} , сигналы первых гетеродинов $F_{Г1}$ и $F_{Г2}$ и сигналы синхронизации работы передатчиков ИЗП1 и ИЗП2, приемников ИЗО1 и ИЗО2 и ЦПРМ ТИ и $F_{В}$. При этом выход СЧС 10, обозначенный F_{01} , соединен со вторым входом ПРД1 11, выход СЧС, обозначенный F_{02} , соединен со вторым входом ПРД2 12, выход СЧС, обозначенный $F_{Г1}$, соединен с третьим входом СВЧ-ПРМ 5, выход, обозначенный $F_{Г2}$, 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 $\Sigma 1$ и $\Sigma 2$ каналам интегрированной апертуры 3, для чего выход передатчика (ПРД1) 11 соединен с входом циркулятора 4, «вход-выход» которого соединен с суммарным каналом ВЩАР, 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 ВЩАР по суммарному ($\Sigma 1$) и разностному по азимуту ($\Delta a 1$) каналам. Для передачи принимаемого ВЩАР сигнала по суммарному каналу ($\Sigma 1$) выход циркулятора 4 соединен с первым входом СВЧ-ПРМ 5. Для передачи принимаемого сигнала по каналу, разностному по азимуту ($\Delta a 1$), второй выход ВЩАР 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 ($\Delta a 2$) каналам. Для передачи принимаемого антенным устройством сигнала по суммарному каналу ($\Sigma 2$) выход коммутатора 7 соединен с первым входом УВЧ-ПРМ 6. Для передачи принимаемого сигнала по каналу, разностному по азимуту ($\Delta a 2$), 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-приемника 17 (см. фиг. 3), соответствующие выходы которого соединены с первым и вторым входами интегрированного цифрового приемника 14 (см. фиг. 2), где производится оцифровка и предварительная обработка радиолокационных сигналов, цифровые массивы которых пересылаются по внутренней магистрали БЦВМ 13 в центральный процессор 15, в котором выполняется первичная и вторичная обработка информации 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 пересылаются 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.

Таким образом за счет использования программируемой архитектуры с высокой степенью интеграции программных и аппаратных средств решается задача предварительной, первичной и вторичной обработки сигналов, включая формирование радиолокационных изображений (РЛИ) поверхности земли и меток движущихся целей. При этом по выбору оператора могут быть сформированы отдельные РЛИ в каждом частотном диапазоне или интегральные РЛИ в двух диапазонах.

(57) Формула изобретения

Многофункциональная интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система для летательных аппаратов, содержащая радиочастотный модуль (РЧМ), включающий антенный модуль с суммарными и разностными выходными каналами, многоканальный СВЧ-приемник, циркулятор, передатчик СВЧ-диапазона волн, приемозадающий модуль,

содержащий приемник и синтезатор частот и синхросигналов управления, и бортовую цифровую вычислительную машину (БЦВМ), отличающаяся тем, что в РЧМ дополнительно введен передатчик УВЧ-диапазона, а антенный модуль выполнен в виде интегрированной апертуры, содержащей двухканальную волноводно-щелевую антенную решетку (ВЩАР) СВЧ-диапазона с размещенными на ней вибраторами двухканальной антенны УВЧ-диапазона, имеющими суммарные и разностные входы и выходы, и включает в себя дополнительно коммутатор и двухканальный УВЧ-приемник с суммарными и разностными входами и выходами, приемник приемозадающего модуля (ПЗМ) выполнен однодиапазонным в виде унифицированного двухканального приемника промежуточной частоты (ПЧ-приемника) сантиметрового диапазона, синтезатор частот и синхросигналов управления выполнен в виде интегрированного двухдиапазонного синтезатора частот и синхросигналов управления (СЧС), состоящего из модуля управления, модуля источника питания, опорного генератора, генератора опорных частот, генератора частоты подставки, модуля формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ и сигнала несущей частоты F_{02} УВЧ-диапазона и модуля формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ и сигнала несущей частоты F_{01} СВЧ-диапазона (Ku или X), причем модуль управления содержит программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), первый и второй цифровые квадратурно-амплитудные модуляторы, первый и второй коммутаторы сигнала гетеродина, первый и второй смесители, модуль формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ и сигнала несущей частоты F_{02} УВЧ-диапазона содержит генератор сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ (ГЕТ УВЧ) УВЧ-диапазона и предварительный усилитель мощности (ПУМ), а модуль формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ СВЧ-диапазона состоит из третьего смесителя и множителя частоты, БЦВМ содержит интегрированный цифровой приемник, центральный процессор и интегрированное программное обеспечение, при этом суммарные каналы ВЩАР и вибраторной антенны соединены соответственно с «входами-выходами» циркулятора и коммутатора, а выходы циркулятора и коммутатора соединены с первыми входами СВЧ- и УВЧ-приемников соответственно, разностные выходы ВЩАР и вибраторов двухканальной антенны УВЧ-диапазона соединены соответственно со вторыми входами СВЧ- и УВЧ-приемников, выходы сигналов СВЧ-приемника подключены соответственно к первому и второму входам унифицированного двухканального ПЧ-приемника, соответствующие выходы которого соединены с первым и вторым входами интегрированного цифрового приемника, «вход-выход» последнего соединен с центральным процессором, выходы сигналов УВЧ-приемника соединены непосредственно с пятым и шестым входами цифрового приемника, выходы циркулятора и коммутатора соединены соответственно с выходом передатчика СВЧ-диапазона (ПРД1) и выходом передатчика УВЧ-диапазона (ПРД2), в свою очередь, первый вход УВЧ-приемника соединен с первым выходом ПЛИС СЧС, обозначенным ИЗО2, второй выход ПЛИС СЧС, обозначенный ИЗП2, соединен с первым входом ПРД2 и вторым входом коммутатора, третий выход ПЛИС СЧС с обозначением ИЗП1 соединен с первым входом ПРД1, четвертый выход ПЛИС СЧС с обозначением ИЗО1 соединен с четвертым входом СВЧ-приемника, при этом выходы опорного генератора СЧС подключены к входам генератора опорных частот, генератора частоты подставки и генератора сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ УВЧ-диапазона, в свою очередь, первый выход генератора опорных частот $F_{В}$ соединен с третьим входом интегрированного

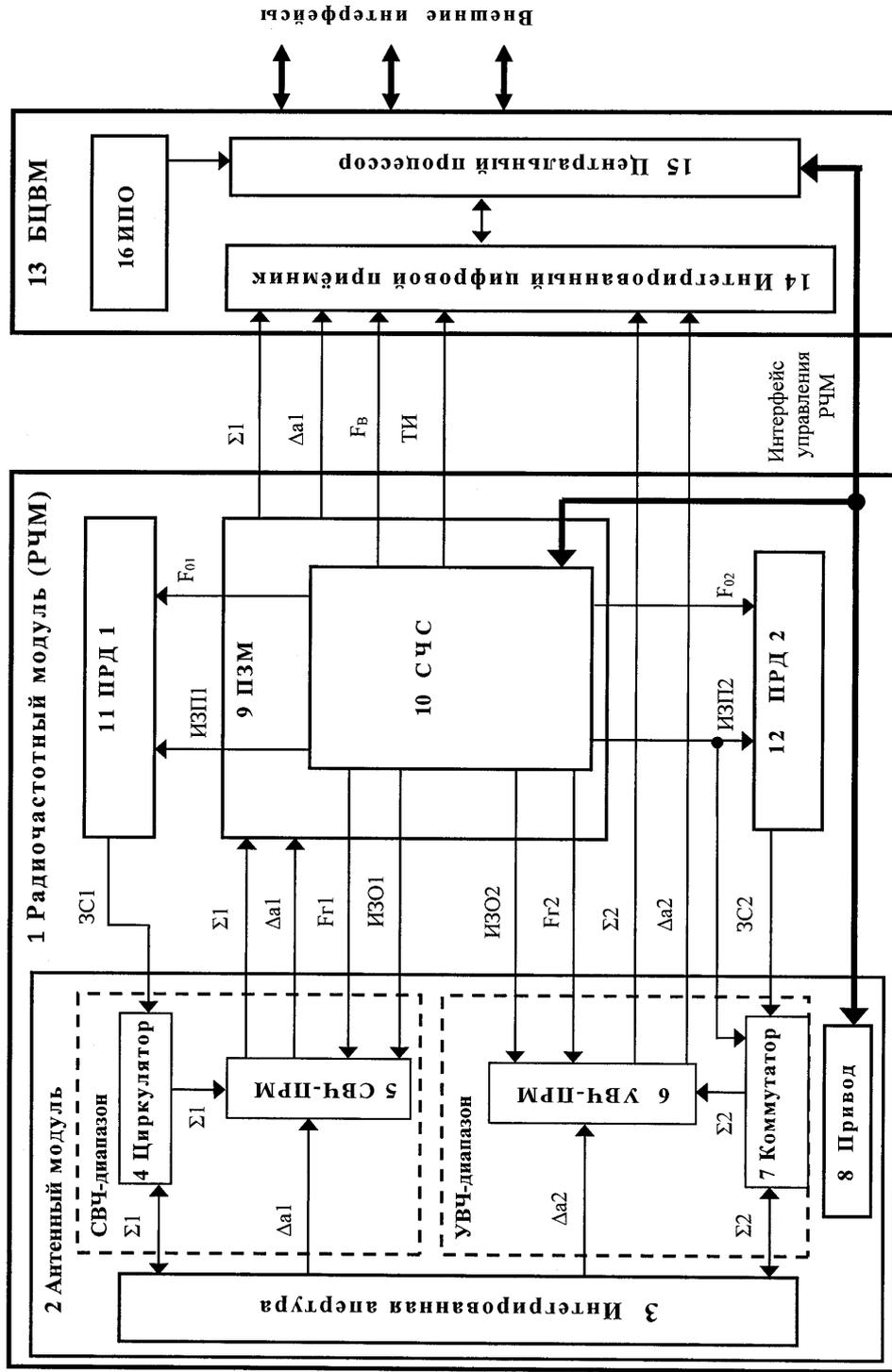
цифрового приемника, второй выход $F_{ПЛИС}$ соединен с первым входом ПЛИС, третий выход $F_{ТС}$ соединен с первыми входами первого и второго цифровых квадратурно-амплитудных модуляторов, выходы которых соединены с первыми входами первого и второго смесителей соответственно, четвертый выход генератора опорных частот $F_{Г3}$ подключен к первому входу первого коммутатора сигнала гетеродина и третьему входу унифицированного приемника промежуточной частоты, выход генератора частоты подставки $F_{ПС}$ подключен ко второму входу второго смесителя, выход последнего через умножитель частоты соединен с первым входом третьего смесителя модуля формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ сантиметрового диапазона и третьим входом СВЧ-приемника антенного модуля, выход первого коммутатора сигнала гетеродина соединен со вторым входом первого смесителя, вторые входы коммутаторов сигнала гетеродина соединены с пятым выходом ПЛИС, обозначенным ДПЗ, выход ГЕТ УВЧ-диапазона $F_{Г2}$ модуля формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ и сигнала несущей частоты F_{02} УВЧ-диапазона подключен к третьему входу первого коммутатора сигнала гетеродина и третьему входу приемника УВЧ-диапазона, первый выход второго коммутатора сигнала гетеродина $F_{ГЧ2}$ соединен со вторым входом третьего смесителя модуля формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ СВЧ-диапазона, а второй выход коммутатора КОММ2 F_{02} соединен с входом ПУМ модуля формирования сигнала первого гетеродина $F_{Г2}$ и сигнала несущей частоты F_{02} УВЧ-диапазона, а выход ПУМ подключен ко второму входу ПРД2, выход третьего смесителя F_{01} модуля формирования сигнала несущей частоты F_{01} и сигнала первого гетеродина $F_{Г1}$ подключен ко второму входу ПРД1, шестой и седьмой выходы ПЛИС подключены ко вторым входам первого и второго цифровых квадратурно-амплитудных модуляторов, восьмой выход ПЛИС, обозначенный как сигнал тактового интервала ТИ, соединен с четвертым входом интегрированного цифрового приемника, девятый «вход-выход» ПЛИС СЧС подключен к интерфейсу управления радиочастотным модулем, соединенному с «входом-выходом» центрального процессора, исполняющего программные модули ИПО, и с приводом антенного модуля, при этом ЦПРМ соединен с центральным процессором по внутреннему интерфейсу БЦВМ.

35

40

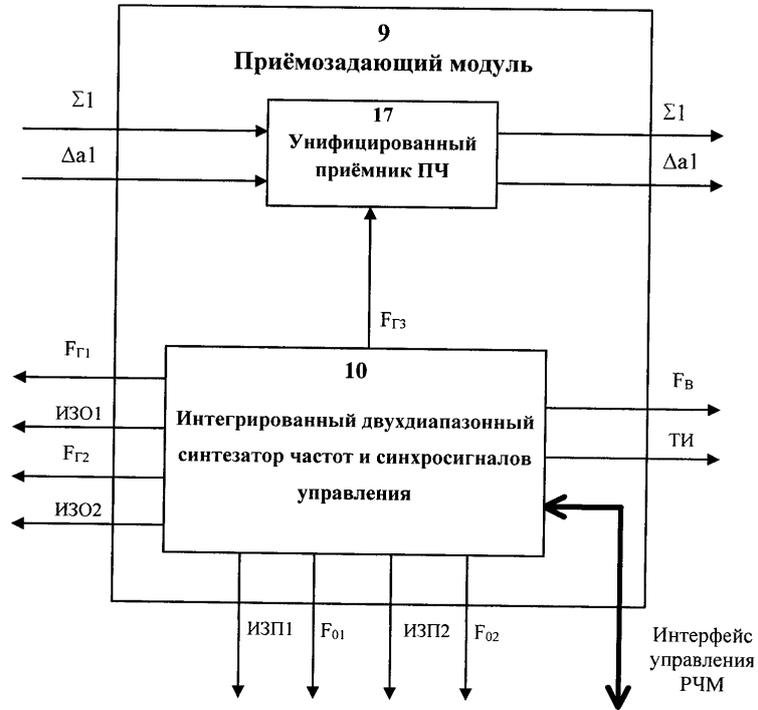
45

Многофункциональная интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система для летательных аппаратов



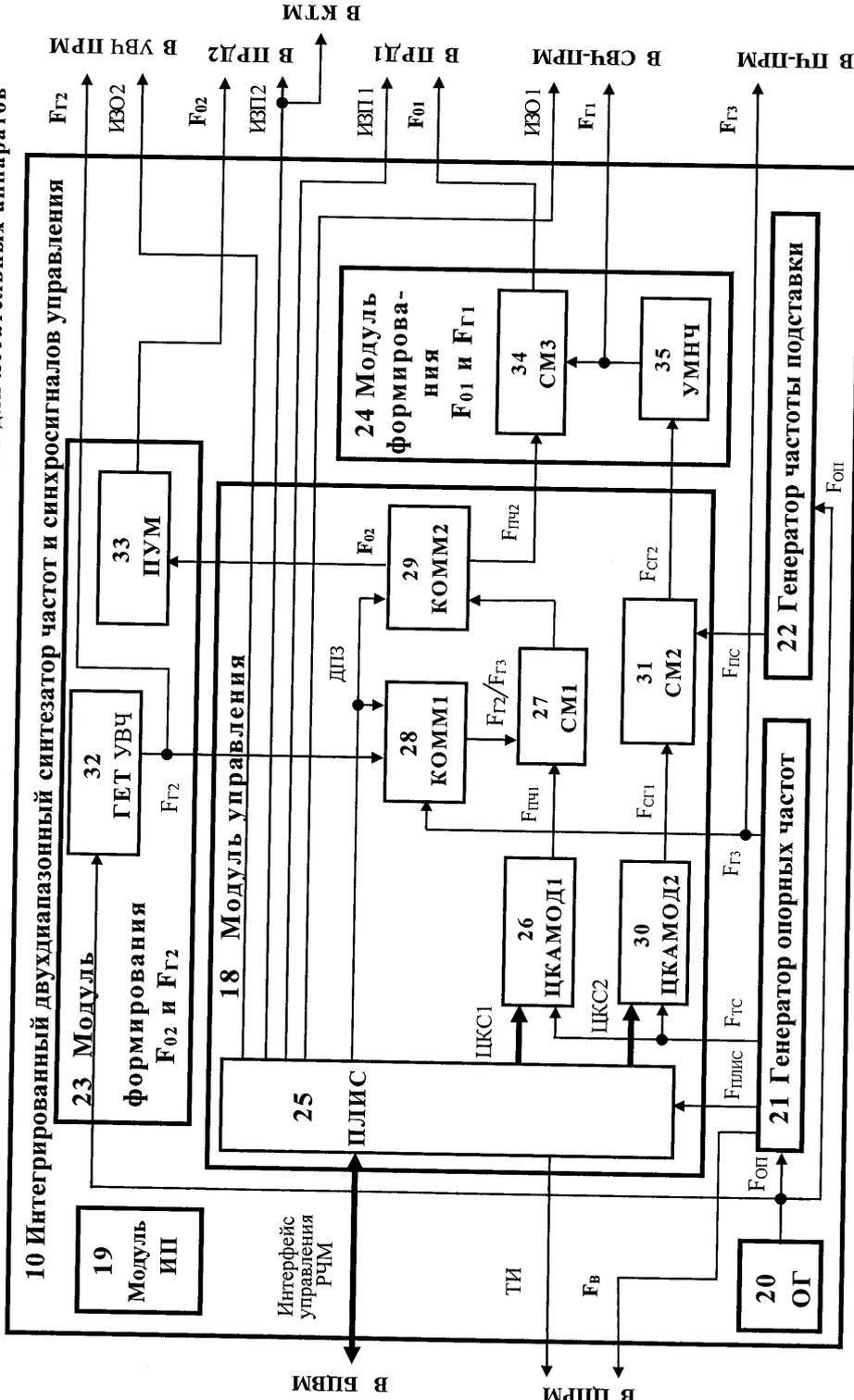
Фиг. 1 - Интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система

Многофункциональная интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система для летательных аппаратов



Фиг. 2 – Приёмозадающий модуль

Многофункциональная интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система для летательных аппаратов



Фиг. 3 Интегрированный двухдиапазонный синтезатор частот и синхросигналов управления