

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01S 19/14 (2023.08); G01W 1/08 (2023.08); G01S 13/95 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2022115164, 06.06.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.06.2022Дата регистрации:  
28.05.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.06.2022

(43) Дата публикации заявки: 06.12.2023 Бюл. № 34

(45) Опубликовано: 28.05.2024 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, ФГАОУ  
ВО "Уральский ФУ", интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Иванов Вячеслав Элизбарович (RU),  
Плохих Олег Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

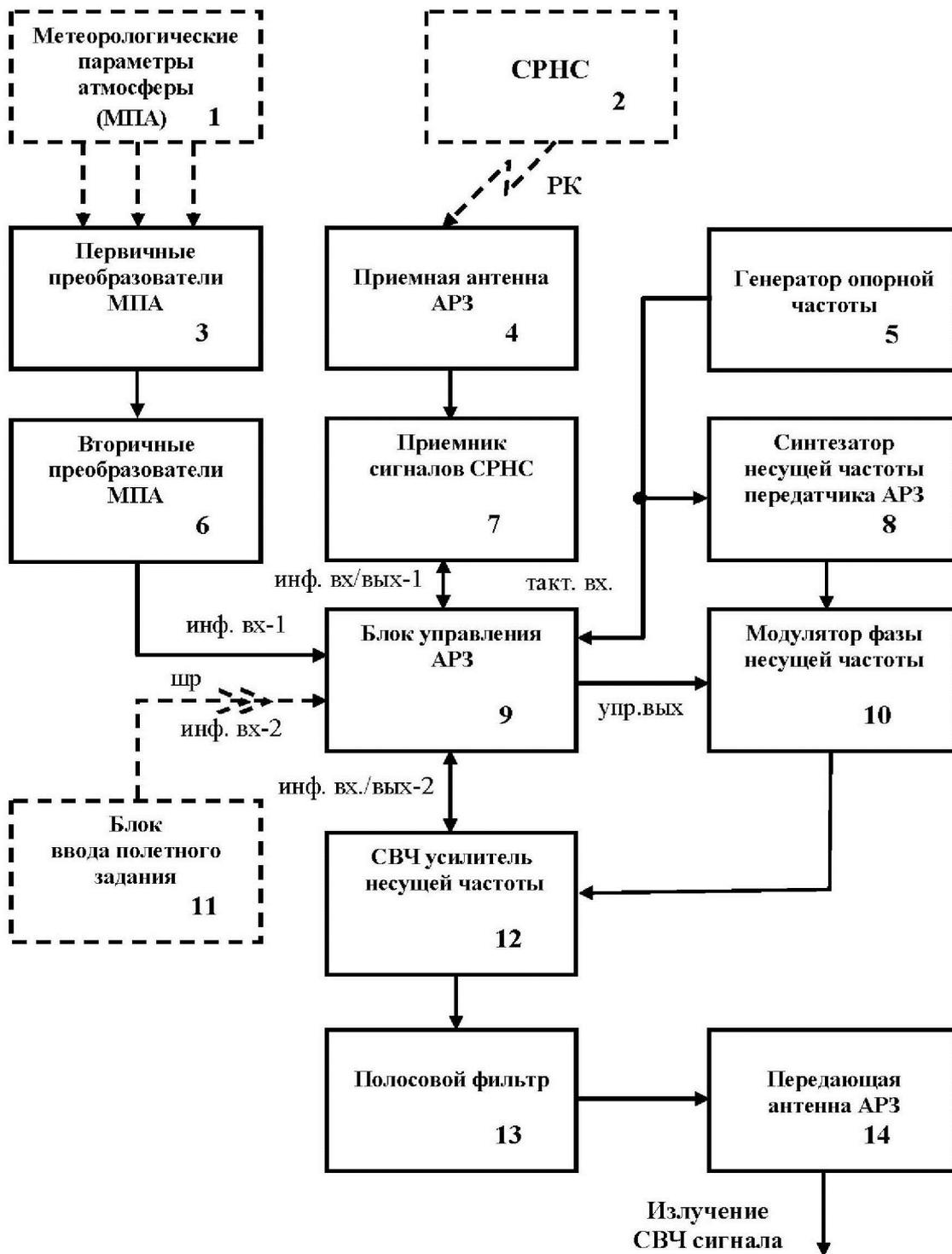
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2793597 C1, 04.04.2023. RU 156514  
U1, 10.11.2015. RU 125727 U1, 10.03.2013. AT  
361725 B, 25.03.1981. WO 2021099689 A1,  
27.05.2021. US 2013079957 A1, 28.03.2013. US  
4754283 A, 28.06.1988.

## (54) НАВИГАЦИОННЫЙ АЭРОЛОГИЧЕСКИЙ РАДИОЗОНД

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике, точнее к радиолокации, и может быть использовано при разработке систем радиозондирования атмосферы, построенных на основе использования сигналов спутниковых радиоэлектронных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и других для определения пространственных координат аэрологических радиозондов (АРЗ), передачи координатной и телеметрической информации на наземную базовую станцию. Техническим результатом изобретения является повышение потенциала канала связи, эксплуатационной надежности

получения метеорологической информации, расширение функциональных возможностей средств радиозондирования атмосферы. В навигационном аэрологическом радиозонде модулятор фазы несущей частоты выполнен с возможностью обеспечения модуляции фазы несущей частоты информационными сигналами с выхода блока управления в цифровом пакетном формате, а СВЧ усилитель несущей частоты выполнен с возможностью усиления мощности сигнала синтезатора несущей частоты передатчика АРЗ, модулированного цифровым пакетом в модуляторе фазы. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01S 19/14* (2010.01)  
*G01W 1/08* (2006.01)  
*G01S 13/95* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01S 19/14 (2023.08); G01W 1/08 (2023.08); G01S 13/95 (2023.08)*

(21)(22) Application: **2022115164, 06.06.2022**

(24) Effective date for property rights:  
**06.06.2022**

Registration date:  
**28.05.2024**

Priority:  
(22) Date of filing: **06.06.2022**

(43) Application published: **06.12.2023 Bull. № 34**

(45) Date of publication: **28.05.2024 Bull. № 16**

Mail address:  
**620002, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, FGAOU VO  
"Uralskij FU", intellektualnoj sobstvennosti, Marks  
T.V.**

(72) Inventor(s):

**Ivanov Viacheslav Elizbarovich (RU),  
Plokhikh Oleg Vasilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal State Autonomous Educational  
Institution of Higher Education Ural Federal  
University named after the first President of  
Russia B.N.Yeltsin (RU)**

(54) **NAVIGATION AEROLOGICAL RADIOSONDE**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to radio engineering, more precisely to radar, and can be used in the development of radio sounding systems based on the use of signals from satellite radio-electronic navigation systems GLONASS/GPS and others for determining spatial coordinates of aerological radiosondes (ARS), transmitting coordinate and telemetric information to a ground base station. In the navigation aerological radio probe, the carrier frequency phase modulator is configured to provide the carrier

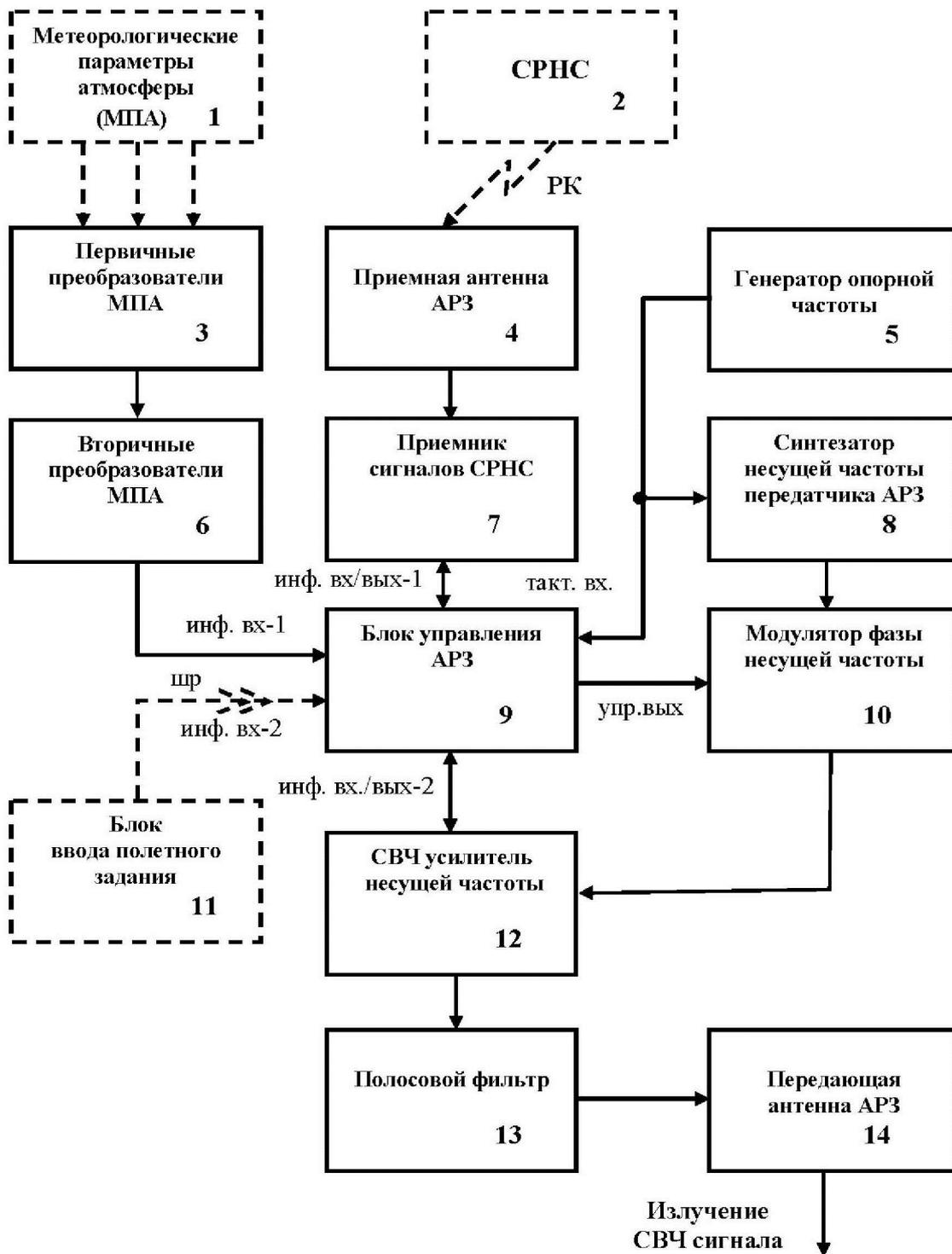
frequency phase modulation with information signals from the output of the control unit in a digital packet format, and the carrier frequency microwave amplifier is configured to amplify the signal power of the carrier frequency synthesizer of the ARS transmitter, which is modulated by a digital packet in the phase modulator.

EFFECT: high potential of a communication channel, operational reliability of obtaining meteorological information, broader functional capabilities of radio sounding means.

1 cl, 2 dwg

RU 2 820 052 C2

RU 2 820 052 C2



Фиг. 1

RU 2820052 C2

RU 2820052 C2

Изобретение относится к радиотехнике, точнее к радиолокации, и может быть использовано при разработке систем радиозондирования атмосферы (СР), построенных на основе использования сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) ГЛОНАСС, GPS и других для определения пространственных координат аэрологических радиозондов (АРЗ), передачи координатной и телеметрической информации на наземную базовую станцию (БС).

Общей проблемой производства и эксплуатации СР атмосферы является создание высокоточных систем определения координат АРЗ, запускаемых в свободную атмосферу с помощью наполненных легким газом шаров-пилотов, и надежная передача телеметрической информации на наземную станцию в оперативном радиусе действия СР [1-3].

Известен GPS-зонд не обрабатывающий кодовый сигнал, а ретранслирующий его на наземный приемник (патент США №4754283).

Это прибор для измерения скорости ветра, приемник которого обрабатывает сигналы спутниковой навигационной системы GPS без использования широкополосных кодов. Этот прибор генерирует двухфазный код и выделяет только несущие частоты сигналов всех «видимых» приемной антенной спутников. Используются два таких приемника. Один приемник располагается на земле, в месте, с известными координатами (широта и долгота). Другой приемник размещается на АРЗ и запускается на газонаполненной оболочке в атмосферу. Передатчик телеметрии на борту зонда, связанный с GPS-системой, передает сигнал, содержащий информацию о несущих частотах спутников GPS, расположенному на земле приёмнику сигналов телеметрии. Сигналы с выхода приёмника телеметрии и локального, не обрабатывающего кодовый сигнал GPS-приёмника поступают на группу следящих фильтров. Отфильтрованные сигналы оцениваются для измерения разницы между несущими частотами локального GPS-приёмников и частотами GPS-приёмника зонда, вызванной скоростью перемещения зонда относительно базового приёмника, то есть здесь наблюдается доплеровский эффект. Скорость ветра вычисляется исходя из измеренных доплеровских смещений GPS-приёмника зонда и известных координат спутников GPS. Скорость зонда вычисляется в виде трехкоординатного пространственного вектора. Этот вектор может быть интегрирован, для получения координат X, Y и высоты Z от точки запуска зонда.

Недостатки известного решения: сложный способ определения координат и скорости движения радиозонда.

Известен «Цифровой радиозонд с использованием сигналов GPS/ГОНАСС, см. патент на ПМ РФ № 125727, который содержит три канала измерения метеовеличин: температуры, влажности и давления, выходы которых соединены с микроконтроллером, который преобразует их в цифровой телеметрический сигнал и с помощью СВЧ передатчика, несущая частота которого модулируется телеметрическим сигналом, передает эти данные на приемник базовой наземной станции, который принимает телеинформацию с АРЗ.

При всех своих достоинствах этот радиозонд обладает следующими недостатками: частотная манипуляция несущей частоты телеметрическим сигналом создает довольно широкий спектр излучения передатчика АРЗ, что снижает потенциал канала связи и создает повышенные помехи другим РЭС.

Известен «Навигационный цифровой аэрологический радиозонд», см. патент на изобретение РФ № 156514, который содержит три канала измерения метеовеличин: температуры, влажности и давления, выходы которых соединены с микроконтроллером, который преобразует их в цифровой пакетный телеметрический сигнал и с помощью

СВЧ передатчика, несущая частота которого модулируется телеметрическим сигналом, передает эти данные на приемник базовой наземной станции, который принимает телеинформацию с АРЗ. В радиозонд дополнительно введен блок датчиков положения АРЗ в пространстве. Он выбран в качестве аналога.

5 Недостатки АРЗ: недостаточная помехоустойчивость и надежность передачи телеметрического сигнала на наземную базовую станцию.

Технической задачей изобретения является повышения потенциала канала связи, эксплуатационной надежности получения метеорологической информации, расширение функциональных возможностей СР.

10 Технический результат достигается за счет развития структуры построения АРЗ, а именно за счет применения фазовой модуляции в функциональной схеме АРЗ.

Для решения технической задачи предложен навигационный аэрологический радиозонд - АРЗ характеризующийся тем, что содержит первичные преобразователи метеорологических параметров атмосферы, приемную антенну АРЗ, приемник сигналов СРНС, генератор опорной частоты, вторичные преобразователи метеорологических параметров атмосферы, блок управления АРЗ, синтезатор несущей частоты передатчика АРЗ, блок ввода полетного задания, модулятор фазы несущей частоты, СВЧ усилитель несущей частоты, полосовой фильтр несущей частоты, передающую антенну АРЗ, при этом приемная антенна АРЗ через приемник сигналов СРНС соединена двунаправленной шиной с первым информационным входом/выходом блока управления АРЗ, с первым информационным входом которого соединены выходы вторичных преобразователей метеорологических параметров атмосферы, а со вторым информационным входом соединен блок ввода полетного задания, выход генератора опорной частоты соединен с тактовым входом блок управления АРЗ, также через синтезатор несущей частоты передатчика АРЗ соединен с первым входом модулятора фазы несущей частоты, первый управляющий выход блок управления АРЗ соединен с вторым входом модулятора фазы несущей частоты, а выход модулятора фазы несущей частоты соединен с СВЧ усилителем несущей частоты, который двунаправленной шиной соединен с вторым входом-выходом блока управления АРЗ, а однонаправленной шиной через полосовой фильтр соединен с передающей антенной АРЗ.

Блок ввода полетного задания не входит в штатный состав полетного АРЗ, а входит в этот состав только в наземном режиме при подготовке АРЗ к полету.

На Фиг. 1 приведена структурная схема АРЗ со следующими обозначениями:

1. Метеорологические параметры атмосферы - МПА;
  - 35 2. Спутниковая радионавигационная система - СРНС;
  3. Первичные преобразователи МПА;
  4. Приемная антенна АРЗ;
  5. Генератор опорной частоты;
  6. Вторичные преобразователи МПА;
  - 40 7. Приемник сигналов СРНС;
  8. Синтезатор несущей частоты передатчика АРЗ;
  9. Блок управления АРЗ;
  10. Модулятор фазы несущей частоты;
  11. Блок ввода полетного задания;
  - 45 12. СВЧ усилитель несущей частоты;
  13. Полосовой фильтр;
  14. Передающая антенна АРЗ.
- ШР - штепсельный разъем.

РК - радиоканал.

Блок питания и шины питания условно не показаны.

5 Схема имеет следующие соединения: сигналы СРНС 2 радиоканалом РК через приемную антенну АРЗ 4, затем через приемник сигналов СРНС 7 соединены  
 10 двуправленной шиной с первым информационным входом/выходом блока управления АРЗ 9, с первым информационным входом которого соединены выходы вторичных преобразователей МПА 6, а со вторым информационным входом соединен блок ввода полетного задания 11, выход генератора опорной частоты 5 соединен с тактовым входом блока управления АРЗ 9, также через синтезатор несущей частоты передатчика  
 15 АРЗ 5 соединен с первым входом модулятора фазы несущей частоты 10, первый управляющий выход блока управления АРЗ 9 соединен с вторым входом модулятора фазы несущей частоты 10, а выход модулятора фазы несущей частоты 10 соединен с СВЧ усилителем несущей частоты 12, который второй двуправленной шиной соединен с вторым входом-выходом блока управления АРЗ 9, а однонаправленной шиной через  
 20 полосовой фильтр 13 соединен с передающей антенной АРЗ 14.

Блок ввода полетного задания 11 не входит в штатный состав полетного АРЗ, а входит в этот состав только в наземном режиме при подготовке к полету.

Необходимо пояснить принцип работы навигационного АРЗ [1-3].

20 Структурная электрическая схема АРЗ приведена на Фиг.1 на которой изображены: датчики метеорологических параметров атмосферы - МПА 3, приемная антенна АРЗ 4, генератор опорной частоты 5, вторичные преобразователи МПА 6, приемник сигналов СРНС 7, синтезатор несущей частоты передатчика АРЗ 8, блок управления АРЗ 9, модулятор фазы несущей частоты 10, блок ввода полетного задания 11, СВЧ усилитель несущей частоты 12, полосовой фильтр 13, передающая антенна АРЗ 14.

25 На Фиг.1 также изображены метеорологические параметры атмосферы МПА 1 и спутниковые радионавигационные системы СРНС 2.

Назначения узлов и блоков навигационного АРЗ:

- 30 - Первичные преобразователи МПА 3 обеспечивают преобразование измеряемых метеорологических параметров атмосферы (температуру, влажность, давление, радиацию и т.п.) в электрические сигналы;
- вторичные преобразователи МПА 6 осуществляют преобразование электрических сигналов первичных преобразователей МПА 3 в форму удобную для цифровой обработки в блоке управления АРЗ 9;
- 35 - приемная антенна АРЗ 4 обеспечивает преобразование электромагнитных полей (ЭМП), излучаемых спутниками СРНС в электрические СВЧ сигналы;
- генератор опорной частоты 5 вырабатывает стабильный по частоте сигнал для работы блока управления 9 и формирования несущей частоты передатчика АРЗ;
- приемник сигналов СРНС 7 преобразует принятые сигналы в координатную информацию;
- 40 - синтезатор несущей частоты передатчика АРЗ 8 вырабатывает стабильный гармонический сигнал на несущей частоте АРЗ;
- блок управления АРЗ 9 осуществляет управление работой всех узлов АРЗ, выполняет обработку информации вторичных преобразователей МПА 6, координатной информации приемника сигналов СРНС 7, преобразует в цифровой пакетный  
 45 координатно-телеметрический сигнал;
- модулятор фазы несущей частоты 10 обеспечивает модуляцию фазы несущей частоты информационными сигналами с выхода блока управления 9 в цифровом пакетном формате;

- блок ввода полетного задания 11 обеспечивает перед пуском АРЗ в атмосферу запись в память микропроцессора блока управления АРЗ 9 параметры несущей частоты передатчика АРЗ, корректировки измерительного тракта и режима работы АРЗ;

5 - СВЧ усилитель несущей частоты 12 обеспечивает усиление мощности сигнала синтезатора несущей частоты передатчика АРЗ 8 модулированного цифровым пакетом в модуляторе фазы 10;

- полосовой фильтр 13 осуществляет фильтрацию внеполосного излучения СВЧ усилителя несущей частоты 12 для исключения влияния на работу приемника сигналов СРНС и других радиосистем;

10 - передающая антенна АРЗ 14 обеспечивает излучение СВЧ сигнала в направлении наземной базовой станции за счет круговой диаграммы направленности.

Кроме того, поскольку за время наблюдения одного информационного цикла ( $T_{ц} = 1-2$  сек) передаётся 20-40 пакетов, то корреляционная обработка всех пакетов при когерентном накоплении энергии сигнала теоретически приводит к повышению соотношения сигнал/шум  $q$  в канале телеметрии примерно в 20-40 раз, что соответствует увеличению  $q$  на 13-15 дБ. При использовании метода некогерентного накопления увеличение соотношения сигнал/шум  $q$  происходит на 6,5 дБ.

Предложенное построение АРЗ необходимо для того, чтобы повысить надежность передачи телеметрической информации, максимально точно определить: скорость ветра, его градиент и направление в диапазоне высот. Необходимо подчеркнуть, что прием навигационных сигналов позволяет с темпом 1-2 раза в секунду определять пространственные координаты в течение полета АРЗ с погрешностью  $\pm 15$  м.

25 Таким образом, в целом, предлагаемое техническое решение позволяет существенно повысить тактико-технические и эксплуатационные характеристики отечественных навигационных СР:

- определение координат АРЗ осуществляется в радионавигационном режиме по сигналам СРНС. При этом обеспечивается высокая точность определения текущих координат АРЗ ( $\pm 15$  м), направления и скорости ветра во всем оперативном радиусе действия СР, не менее 250 км;

30 - для повышения ЭМС СР, мощность излучения передатчика навигационного АРЗ может быть снижена на 5-6 дБ (вплоть до 10 мВт) за счет применения фазовой модуляции и уменьшения полосы пропускания приемного устройства базовой станции СР.

На Фиг. 2 показаны графики ошибок от  $q^2$ : 15 - модуляция АИМ; 16 - модуляция ЧИМ; 17 - модуляция ФИМ. Можно показать, что для  $q=10$  дБ вероятность ошибки приёма элементарного информационного символа составляет для АИМ  $P_{ош} = 10^{-2}$ , для ЧИМ  $P_{ош} = 10^{-3}$ , для ФИМ  $P_{ош} = 10^{-5}$ . Следует подчеркнуть, что применение ФИМ позволяет существенно снизить вероятность ошибки приема битового символа (менее  $P_{ош} = 10^{-5}$ ). Однако для достижения этого результата требуется соответствующая доработка аппаратуры радиозонда и приемного устройства базовой станции. Следует отметить, что режим ФИМ обеспечивается за счет высокой стабильности частоты синтезатора несущей частоты передатчика АРЗ и сигналов СРНС при соответствующей доработке аппаратуры базовой станции СР. Несущая частота передатчика АРЗ задается синтезатором несущей частоты передатчика АР с относительной погрешностью не более  $\pm 10^{-5}$ . При этом осуществляется узкополосная фазовая модуляция несущей частоты телеметрическим сигналом с малым уровнем внеполосных излучений.

## (57) Формула изобретения

Навигационный аэрологический радиозонд (АРЗ), характеризующийся тем, что содержит первичные преобразователи метеорологических параметров атмосферы, приемную антенну АРЗ, приемник сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС), генератор опорной частоты, вторичные преобразователи метеорологических параметров атмосферы, блок управления АРЗ, синтезатор несущей частоты передатчика АРЗ, блок ввода полетного задания, модулятор фазы несущей частоты, СВЧ усилитель несущей частоты, полосовой фильтр несущей частоты, передающую антенну АРЗ, при этом приемная антенна АРЗ через приемник сигналов СРНС соединена двунаправленной шиной с первым информационным входом/выходом блока управления АРЗ, с первым информационным входом которого соединены выходы вторичных преобразователей метеорологических параметров атмосферы, а со вторым информационным входом соединен блок ввода полетного задания, выход генератора опорной частоты соединен с тактовым входом блока управления АРЗ, также через синтезатор несущей частоты передатчика АРЗ соединен с первым входом модулятора фазы несущей частоты, первый управляющий выход блока управления АРЗ соединен с вторым входом модулятора фазы несущей частоты, а выход модулятора фазы несущей частоты соединен с СВЧ усилителем несущей частоты, который двунаправленной шиной соединен с вторым входом-выходом блока управления АРЗ, а однонаправленной шиной через полосовой фильтр соединен с передающей антенной АРЗ, отличающийся тем, что модулятор фазы несущей частоты выполнен с возможностью обеспечения модуляции фазы несущей частоты информационными сигналами с выхода блока управления в цифровом пакетном формате, а СВЧ усилитель несущей частоты выполнен с возможностью усиления мощности сигнала синтезатора несущей частоты передатчика АРЗ, модулированного цифровым пакетом в модуляторе фазы.

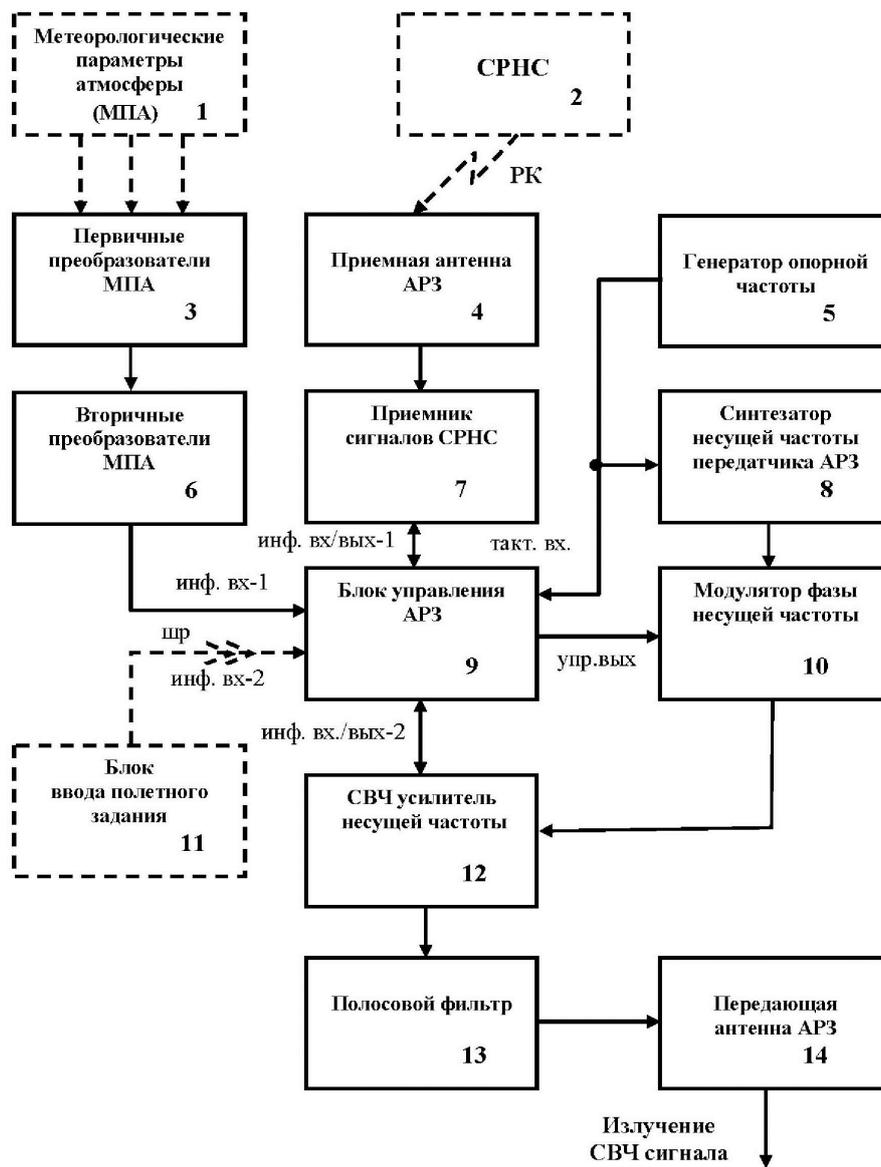
30

35

40

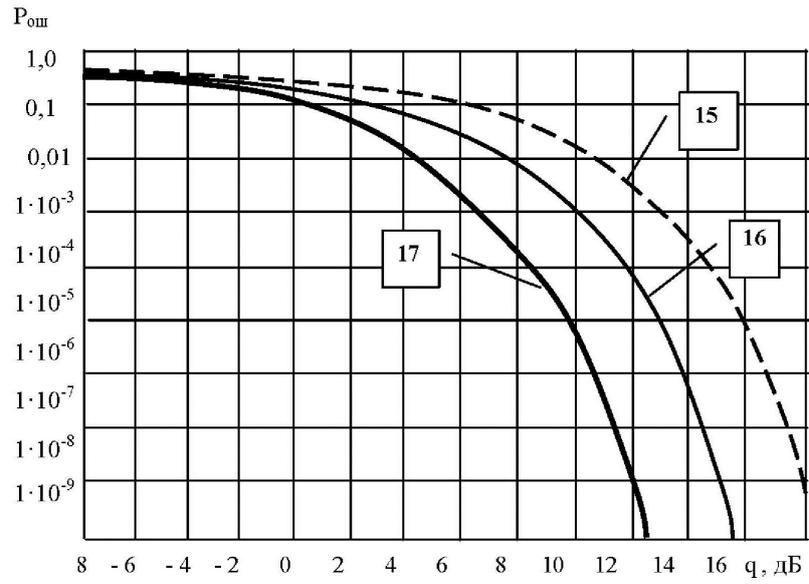
45

1



Фиг. 1

2



Фиг.2