



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01C 21/00 (2019.08); G01W 1/02 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019118920, 17.06.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
17.06.2019

Дата регистрации:  
03.03.2020

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 17.06.2019

(45) Опубликовано: 03.03.2020 Бюл. № 7

Адрес для переписки:  
195271, Санкт-Петербург, Кондратьевский пр-кт, 72, Открытое акционерное общество "Авангард", отдел патентования и сертификации продукции

(72) Автор(ы):

Дикарев Виктор Иванович (RU),  
Гурьянов Андрей Владимирович (RU),  
Куркова Ольга Петровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Дикарев Виктор Иванович (RU),  
Гурьянов Андрей Владимирович (RU),  
Куркова Ольга Петровна (RU)

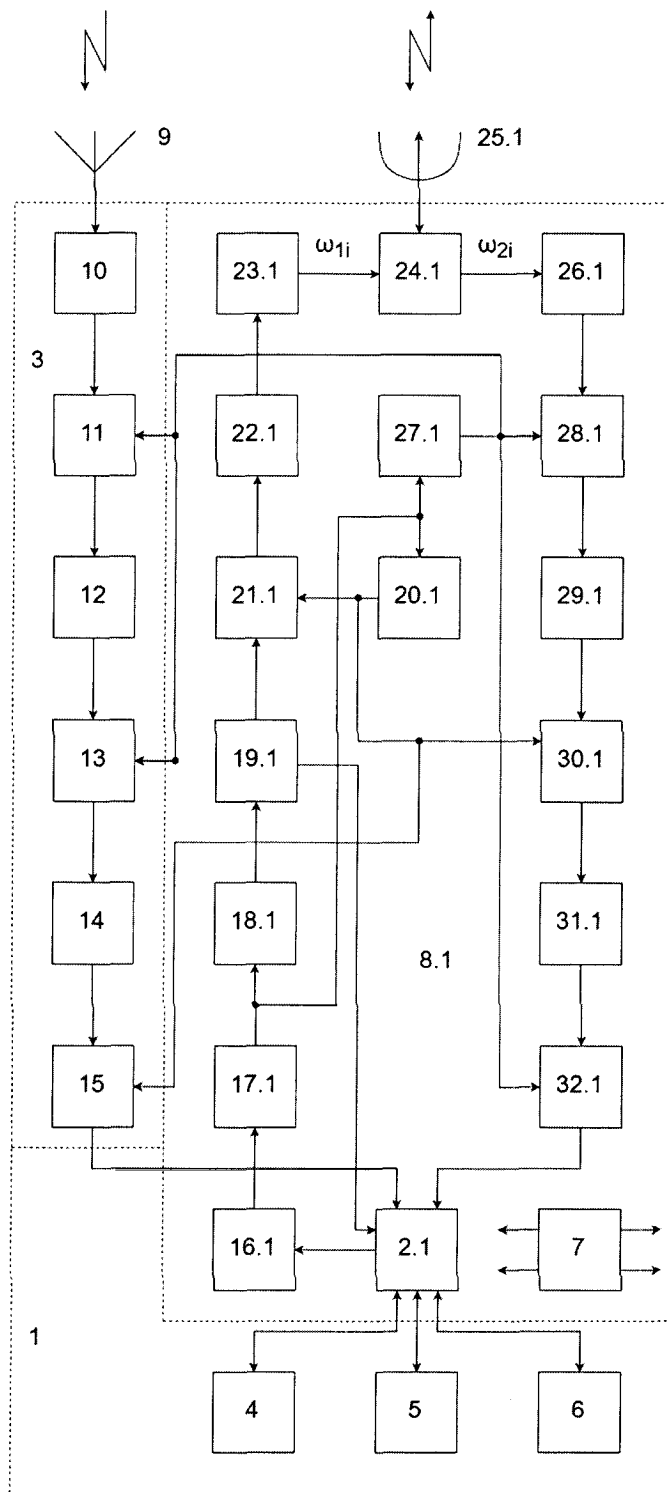
(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2486471 C1, 27.06.2013. Экспедиционная деятельность в рамках международного полярного года 2007/08. Том 1. Экспедиции 2007 года. ААНИИ. - СПб., 2008, с.1-234. US 2009141591 A1, 04.06.2009. RU 2251128 C1, 27.04.2005. RU 86321 U1, 27.08.2009.

(54) Система мониторинга состояния льда и окружающей среды

(57) Реферат:

Изобретение относится к области автоматизированного мониторинга состояния льда и окружающей среды с одновременным определением координат собственного местонахождения комплекса и передач полученной информации по радиоканалу. Измерительно-навигационный комплекс содержит корпус 1, приемник 3 GPS-сигналов, блок 2.1 управления, блок 4 определения состояния атмосферы, блок 5 определения толщины ледового покрова, блок 6 определения состояния аккумуляторной батареи, блок 7 электропитания и приемопередающее устройство, которое выполнено в виде первой радиостанции 8.1. Стационарный пост мониторинга (СПМ) выполнен в виде второй радиостанции 8.2. Каждая радиостанция 8.1 (8.2) содержит блок 2.1 (2.2) управления, синхронизатор 16.1 (16.2), генератор 17.1 (17.2) ПСП, синтезатор 18.1 (18.2) несущих частот, фазовый манипулятор 19.1 (19.2), синтезатор 20.1 (20.2) частот первого гетеродина, первый смеситель 21.1 (21.2), усилитель 22.1 (22.2)

первой промежуточной частоты, первый усилитель 23.1 (23.2) мощности, дуплексер 24.1 (24.2), приемопередающую антенну 25.1 (25.2), второй усилитель 26.1 (26.2) мощности, синтезатор 27.1 (27.2) частот второго гетеродина, второй смеситель 28.1 (28.2), усилитель 29.1 (29.2) второй промежуточной частоты, перемножитель 30.1 (30.2), полосовой фильтр 31.1 (31.2), фазовый детектор 32.1 (32.2). Приемник 3 GPS-сигналов содержит приемную антенну 9, усилитель 10 мощности, смеситель 11, усилитель 12 второй промежуточной частоты, перемножитель 13, полосовой фильтр 14 и фазовый детектор 15. Технический результат - повышение надежности обмена радиотелеметрической и командной информацией между измерительно-навигационным комплексом. Система мониторинга состояния льда и окружающей среды содержит измерительно-навигационный комплекс (ИНК), устанавливаемый на дрейфующий лед, стационарный пост мониторинга (СПМ), GPS-спутники и ИСЗ-



Фиг. 3

RU 2715845 C1

RU 2715845 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01C 21/00* (2019.08); *G01W 1/02* (2019.08)

(21)(22) Application: **2019118920, 17.06.2019**

(24) Effective date for property rights:  
**17.06.2019**

Registration date:  
**03.03.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **17.06.2019**

(45) Date of publication: **03.03.2020** Bull. № 7

Mail address:

**195271, Sankt-Peterburg, Kondratevskij pr-kt, 72,  
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Avangard",  
otdel patentovaniya i sertifikatsii produktsii**

(72) Inventor(s):

**Dikarev Viktor Ivanovich (RU),  
Guryanov Andrej Vladimirovich (RU),  
Kurkova Olga Petrovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Dikarev Viktor Ivanovich (RU),  
Guryanov Andrej Vladimirovich (RU),  
Kurkova Olga Petrovna (RU)**

(54) **ICE AND ENVIRONMENT MONITORING SYSTEM**

(57) Abstract:

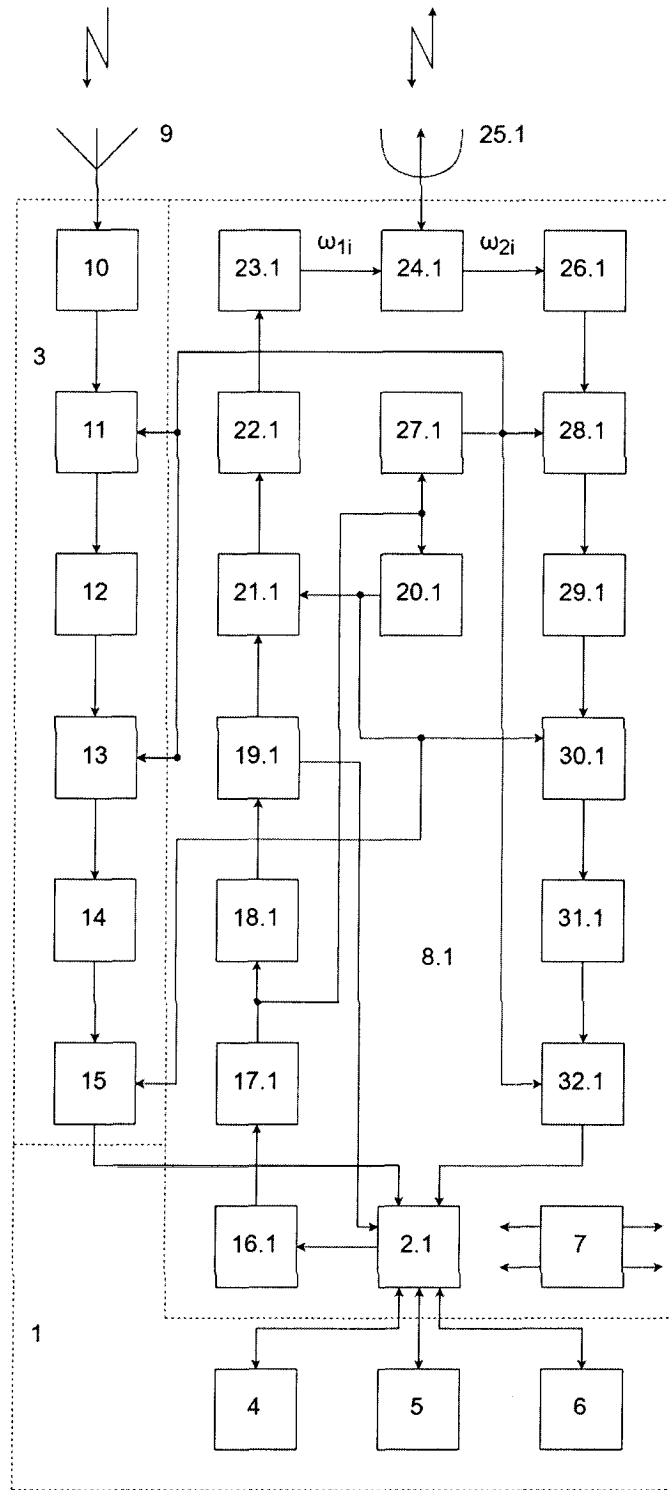
FIELD: navigation; automated monitoring.

SUBSTANCE: invention relates to automated monitoring of state of ice and environment with simultaneous determination of coordinates of own location of complex and transmission of obtained information via radio channel. Measuring and navigation system comprises housing 1, GPS signal receiver 3, control unit 2.1, atmosphere condition determination unit 4, ice cover thickness determining unit 5, accumulator battery state determining unit 6, power supply unit 7 and transceiver unit made in form of first radio stations 8.1. Stationary monitoring station (SMS) is made in form of second radio station 8.2. Each radio station 8.1 (8.2) comprises control unit 2.1 (2.2), synchronizer 16.1 (16.2), PCP generator 17.1 (17.2), carrier frequency synthesizer 18.1 (18.2), phase manipulator 19.1 (19.2), synthesizer 20.1 (20.2) of frequencies of the first heterodyne, first mixer 21.1 (21.2), first intermediate frequency amplifier 22.1

(22.2), first power amplifier 23.1 (23.2), duplexer 24.1 (24.2), transceiving antenna 25.1 (25.2), second power amplifier 26.1 (26.2), second heterodyne frequency synthesizer 27.1 (27.2), second mixer 28.1 (28.2), amplifier 29.1 (29.2), second intermediate frequency, multiplier 30.1 (30.2), band-pass filter 31.1 (31.2), phase detector 32.1 (32.2). GPS signal receiver 3 comprises receiving antenna 9, power amplifier 10, mixer 11, a second intermediate frequency amplifier 12, multiplier 13, band-pass filter 14 and phase detector 15. Ice and environment monitoring system comprises measurement and navigation system (SNC) installed on drifting ice, stationary monitoring station (SMS), GPS-satellites and AES transponder S.

EFFECT: technical result is improved reliability of radio telemetry and command information exchange between measurement and navigation system.

1 cl, 5 dwg



Фиг. 3

Предлагаемая система относится к области автоматизированного мониторинга состояния льда и окружающей среды с одновременным определением координат собственного местонахождения комплекса и передачей полученной информации по радиоканалу и может быть использована в качестве средства мониторинга окружающей среды в зоне движения льда для безопасной проводки судов по северному морскому пути и обеспечения безопасности объектов нефтегазопромыслов и гидротехнической инфраструктуры на шельфе и в прибрежной зоне в ледовых морях и в условиях ледяного покрова, в том числе дрейфующего.

Известны системы мониторинга состояния льда и окружающей среды (авт. свид. СССР №№ 1.151.107, 1.341.594, 1.376.769, 1.788.487, 1.840.717; патенты РФ №№ 2.080.620, 2.137.153, 2.251.128, 2.319.205, 2.384.861, 2.404.442, 2.425.400, 2.486.471, 2.487.365, 2.500.031; патенты США №№ 4.231.039, 4.527.160, 4.608.568, 6.204.813; патенты Великобритании №№ 1.494.582, 1.499.388, 2.122.834; патенты Франции №№ 2.384.268, 2.592.959; патенты Германии №№ 2.800.074, 2.802.918; Экспедиционная деятельность в рамках международного полярного года/Сборник статей. - Т. 1: Экспедиции 2007 года/под ред. А. И. Данилова. - СПб: ААНИИ. - 2008, с. 1 - 234 и другие).

Из известных систем мониторинга состояния льда и окружающей среды наиболее близким к предлагаемой является «Измерительно-навигационный комплекс, устанавливаемый на лед» (патент РФ № 2.486.471, G01C 21/00, 2011), который и выбран в качестве прототипа.

Известный комплекс включает установленные в едином термостатируемом корпусе блок управления, блок определения координат по системе спутниковой навигации, блок определения состояния атмосферы, подключенные к приемо-передающему устройству. Помимо этого, комплекс включает блок электропитания, подключенный к энергопотребляющим блокам. Причем блок управления выполнен с возможностью включения блоков определения координат по системе спутниковой навигации, определения толщины ледяного покрова и определения состояния атмосферы, а также приемопередающего устройства по получению управляющего сигнала и передаче телеметрии состояния бортовых систем комплекса.

Известный комплекс обеспечивает обмен радиотелеметрической и командной информацией между измерительно-навигационным комплексом, устанавливаемым на лед, и стационарным постом мониторинга.

Однако, в условиях северных ледовых морей, многолучевого распространения радиоволн, организованных и непреднамеренных помех, а также на значительных расстояниях надежный обмен радиотелеметрической и командной информацией между измерительно-навигационным комплексом, устанавливаемым на дрейфующий лед, и стационарным постом мониторинга вызывает технические трудности.

В определенной мере проблема надежного обмена радиотелеметрической и командной информацией между измерительно-навигационным комплексом и стационарным постом мониторинга в условиях северных ледовых морей, многолучевого распространения радиоволн, организованных и непреднамеренных помех, может быть решена путем использования сложных сигналов с фазовой манипуляцией и псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ).

Технической задачей изобретения является повышение надежности обмена радиотелеметрической и командной информацией между измерительно-навигационным комплексом, устанавливаемым на дрейфующий лед, и стационарным постом мониторинга в условиях северных ледовых морей, многолучевого распространения радиоволн, организованных и непреднамеренных помех путем использования

геостационарного ИСЗ-ретранслятора сложных и сигналов с фазовой манипуляцией и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты.

Поставленная задача решается тем, что система мониторинга состояния льда и окружающей среды, содержащая, в соответствии с ближайшим аналогом, измерительный навигационный комплекс, устанавливаемый на лед и характеризуемый наличием установленных в едином термостатируемом корпусе блока управления, блока определения координат по системе спутниковой навигации, блока определения состояния атмосферы, подключенных к приемопередающему устройству, а также блока электропитания, подключенного к энергопотребляющим блокам, и стационарный пост мониторинга, причем блок управления выполнен с возможностью включения блоков определения координат по системе спутниковой навигации, определения толщины ледового покрова и определения состояния атмосферы, а также приемопередающего устройства по получению управляющего сигнала и передаче телеметрии состояния бортовых систем комплекса, отличается от ближайшего аналога тем, что она снабжена геостационарным ИСЗ-ретранслятором, причем приемопередающее устройство выполнено в виде первой радиостанции, а стационарный пост мониторинга выполнен в виде второй радиостанции, каждая радиостанция содержит последовательно подключенные к первому выходу блока управления синхронизатор, генератор псевдослучайной последовательности, синтезатор несущих частот, фазовый манипулятор, второй вход которого соединен со вторым выходом блока управления, первый смеситель, второй вход которого через синтезатор частот первого гетеродина соединен с выходом генератора псевдослучайной последовательности, усилитель первой промежуточной частоты, первый усилитель мощности, дуплексер, вход-выход которого связан с приемопередающей антенной, второй усилитель мощности, второй смеситель, второй вход которого через синтезатор частот второго гетеродина соединен с выходом генератора псевдослучайной последовательности, усилитель второй промежуточной частоты, перемножитель, второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот первого гетеродина, полосовой фильтр и фазовый детектор, второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот второго гетеродина, а выход подключен к первому входу блока управления, частоты  $\omega_{Г1i}$  и  $\omega_{Г2i}$  синтезаторов частот первого и второго гетеродинов разнесены на значение второй промежуточной частоты

$$\omega_{Г2i} - \omega_{Г1i} = \omega_{пр2i},$$

где  $i=1, 2, \dots, M$ ,  $M$  - число используемых несущих частот,

первая радиостанция излучает сложные сигналы с фазовой манипуляцией и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты на частотах  $\omega_{1i} = \omega_{пр1i} = \omega_{Г2i}$ , а принимает - на частотах  $\omega_{2i} = \omega_{пр3i} = \omega_{Г1i}$ , а вторая радиостанция, наоборот, излучает сложные сигналы с фазовой манипуляцией и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты на частотах  $\omega_{2i}$ , а принимает - на частотах  $\omega_{1i}$ , где  $\omega_{пр1i}$  и  $\omega_{пр3i}$  - первая и третья промежуточные частоты, блок определения координат по системе спутниковой навигации выполнен в виде приемника GPS-сигналов, состоящим из последовательно включенных приемной антенны, усилителя мощности, смесителя, второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот второго гетеродина, усилителя второй промежуточной частоты, перемножителя, второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот второго гетеродина, полосового фильтра и фазового детектора, второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот первого гетеродина, а выход подключен ко второму входу блока управления.

Геометрическая схема расположения измерительно-навигационного комплекса

(ИНК), устанавливаемого на дрейфующий лед, спутников навигационной системы GPS и ИСЗ-ретранслятора S изображена на фиг. 1, где введены следующие обозначения: O - центр масс Земли,  $r$  - радиус-вектор ИСЗ-ретранслятора S, размещенного на геостационарной орбите. Частотная диаграмма, поясняющая преобразование сигналов, показана на фиг. 2. Структурная схема ИНК представлена на фиг. 3. Структурная схема стационарного поста мониторинга (СПМ) представлена на фиг. 4. Фрагмент частотно-временной матрицы используемых сложных сигналов с фазовой манипуляцией (ФМн) и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ) приведен на фиг. 5.

Измерительно-навигационный комплекс (ИНК), устанавливаемый на дрейфующий лед, содержит установленные в едином термостатируемом корпусе 1 блок 2.1 управления, блок 3 определения координат по системе спутниковой навигации, блок 4 определения состояния атмосферы, блок 5 определения толщины ледового покрова, блок 6 определения состояния аккумуляторной батареи, блок 7 электропитания и приемопередающее устройство, которое выполнено в виде первой радиостанции 8.1. Стационарный пост мониторинга (СПМ) выполнен в виде второй радиостанции 8.2.

Каждая радиостанция содержит последовательно подключенные к первому выходу блока 2.1 (2.2) управления, синхронизатор 16.1 (16.2), генератор 17.1 (17.2) псевдослучайной последовательности (ПСП), синтезатор 18.1 (18.2) несущих частот, фазовый манипулятор 19.1 (19.2), второй вход которого соединен со вторым выходом блока 2.1 (2.2) управления, первый смеситель 21.1 (21.2), второй вход которого через синтезатор 20.1 (20.2) частот первого гетеродина соединен с выходом генератора 17.1 (17.2) ПСП, усилитель 22.1 (22.2) первой промежуточной частоты, первый усилитель 23.1 (23.2) мощности, дуплексер 24.1 (24.2), вход-выход которого связан с приемопередающей антенной 25.1 (25.2), второй усилитель 26.1 (26.2) мощности, второй смеситель 28.1 (28.2), второй вход которого через синтезатор 27.1 (27.2) частот второго гетеродина соединен с выходом генератора 17.1 (17.2) ПСП, усилитель 29.1 (29.2) второй промежуточной частоты, перемножитель 30.1 (30.2), второй вход которого соединен с выходом синтезатора 20.1 (20.2) частот первого гетеродина, полосовой фильтр 31.1 (31.2) и фазовый детектор 32.1 (32.2), второй вход которого соединен с выходом синтезатора 27.1 (27.2) частот второго гетеродина, а выход подключен ко второму входу блока 2.1 (2.2) управления. Блок 2.1 управления связан с блоками 4 определения состояния атмосферы, блоком 5 определения толщины ледяного покрова, блоком 6 определения состояния аккумуляторной батареи.

Блок 3 определения координат по системе спутниковой навигации выполнен в виде приемника GPS-сигналов, который состоит из последовательно включенных приемной антенны 9, усилителя 10 мощности, смесителя 11, второй вход которого соединен с выходом синтезатора 27.1 частот второго гетеродина, усилителя 12 второй промежуточной частоты, перемножитель 13, второй вход которого соединен с выходом синтезатора 27.1 частот второго гетеродина, полосовой фильтр 14 и фазовый детектор 15, второй вход которого соединен с выходом синтезатора 20.1 частот первого гетеродина, а выход подключен ко второму входу блока 2.1 управления. Блок 2.1 управления может быть выполнен на базе микропроцессора. В качестве блока 4 определения состояния атмосферы может быть использован измерительный блок метеозонда, который выполнен с возможностью определения скорости ветра, температуры и влажности воздуха. В качестве блока 7 электропитания может быть использована аккумуляторная батарея, предпочтительно выполненная с возможностью подзарядки. Блок 6 определения состояния аккумуляторной батареи 7 обеспечивает передачу информации об ее состоянии на стационарный пост мониторинга с помощью

радиостанции 8.1.

Корпус 1 комплекса преимущественно выполнен с возможностью установки с борта летательного аппарата или плавсредства. Он выполнен со смещенным центром тяжести, что обеспечивает вертикальное фиксирование комплекса на льдине. Корпус может  
5 содержать вплавляемую в лед, за счет действия аккумуляторной батареи, якорную систему. Якорная система может быть выполнена в виде штанги, вплавляемой в лед. В этом случае штанга может быть использована в качестве средства измерения толщины льда. Кроме того, на штанге может быть закреплен один из элементов термопары  
10 (второй элемент расположен над поверхностью льда), при этом генерированный термопарой электрический заряд поступает в аккумуляторную батарею. Также для подзарядки аккумуляторной батареи может быть использован ветрогенератор, закрепленный на выдвигаемой мачте в верхней части корпуса. Мачта может быть также использована в качестве антенны приемопередающих устройств.

Каждый используемый комплекс имеет свой индивидуальный код  
15 (идентификационный номер - ID), который приведен во всех радиограммах, отправляемых комплексом.

Используемый комплекс обеспечивает выполнение следующих функций:

- прием сигналов от навигационных спутниковых группировок;
- передача в эфир (по каналам спутниковой связи) собираемых данных в режиме  
20 онлайн (в заданное время);
- о собственной координате в настоящее время;
- о толщине льда, на котором он находится в текущее время;
- о скорости ветра, давлении и влажности воздуха, температуре (по необходимости).

Установка и использование комплексов на заданном расстоянии обеспечивает  
25 возможность создания сети информационных комплексов в системе контроля движения льда и его состояния для безопасной проводки судов по северному морскому пути и обеспечения безопасности объектов нефтегазопромыслов и гидротехнической инфраструктуры на шельфе и в прибрежной зоне в ледовитых морях и в условиях  
ледяного покрова, в том числе дрейфующего.

30 Предлагаемая система мониторинга состояния льда и окружающей среды работает следующим образом.

Сформированный комплекс с заряженной аккумуляторной батареей с борта вертолета сбрасывают на лед. За счет использования конструкции корпуса («ванька-встанька») корпус 1 ориентирован тяжелой нижней частью в сторону ледового покрова акватории.  
35 После контакта со льдом по управляющему сигналу блока 2.1 управления из корпуса 1 выделяется якорная система и вплавляется за счет разогрева от аккумуляторной батареи в поверхность льда. После закрепления корпуса в ледовой поверхности из корпуса поднимается мачта с ветрогенератором и датчиками температуры и влажности воздуха, а также скорости ветра. Одновременно с использованием системы спутниковой  
40 навигации происходит определение географических координат нахождения комплекса.

Каждый GPS-спутник излучает на частоте  $\omega_2=1575$  МГц специальный навигационный сигнал в виде бинарного фазоманипулированного (ФМн) сигнала, манипулированного по фазе псевдослучайной последовательностью длиной 1023 символа

$$45 \quad u_c(t) = U_c \cdot \cos[\omega_2 t + \varphi_k(t) + \varphi_2], \quad 0 \leq t \leq T_c,$$

где  $\varphi_k(t) = \{0, \pi\}$  - манипулируемая составляющая фазы, отображающая закон фазовой манипуляции в соответствии с ПСП длительностью  $N=1023$ .

Данный сигнал принимается антенной 9 и через усилитель 10 мощности поступает



на первый вход смесителя 11, на второй вход которого подается напряжение синтезатора 27.1 частот второго гетеродина

$$u_{r2i}(t) = U_{r2i} \cdot \cos(\omega_{r2i}t + \varphi_{r2i}),$$

где  $i=1, 2, \dots, M$ ,

$M$  - число частотных каналов.

На выходе смесителя 11 образуются напряжения комбинационных частот. Усилителем 12 выделяется напряжение второй промежуточной частоты

$$u_{np2i}(t) = U_{np2i} \cdot \cos[\omega_{np2i}t - \varphi_k(t) + \varphi_{np2i}], \quad 0 \leq t \leq T_c,$$

$$\text{где } U_{np2i} = \frac{1}{2} U_c \cdot U_{r2i},$$

$\omega_{np2i} = \omega_{r2i} - \omega_2$  - вторая промежуточная частота;

$$\varphi_{np2i} = \varphi_2 - \varphi_{r2i},$$

которое поступает на первый вход перемножителя 13. На второй вход последнего подается напряжение  $u_{r2i}(t)$  синтезатора 27.1 частот второго гетеродина. На выходе перемножителя 13 образуется напряжение

$$u_{1i}(t) = U_{1i} \cdot \cos[\omega_{r1i}t + \varphi_k(t) + \varphi_{r1i}],$$

$$\text{где } U_{1i} = \frac{1}{2} U_{np2i} \cdot U_{r2i};$$

$$\omega_{r1i} = \omega_{r2i} - \omega_{np2i},$$

которое представляет собой сложный ФМн сигнал на частоте  $\omega_{r1i}$  синтезатора 20.1 частот первого гетеродина, выделяется полосовым фильтром 14 и поступает на первый (информационный) вход фазового детектора 15. На второй (опорный) вход фазового детектора 15 в качестве опорного напряжения подается напряжение синтезатора 20.1 частот первого гетеродина

$$u_{r1i}(t) = U_{r1i} \cdot \cos(\omega_{r1i}t + \varphi_{r1i}).$$

В результате синхронного детектирования на выходе фазового детектора 15 образуется низкочастотное напряжение

$$u_{ni}(t) = U_{ni} \cdot \cos\varphi_k(t),$$

$$\text{где } U_{ni} = \frac{1}{2} U_{1i} \cdot U_{r1i},$$

которое поступает на первый вход блока 2.1 управления, где определяется местоположение ИНК, установленного на дрейфующий лед (широта, долгота). Для этого достаточно присутствие в зоне радиовидимости трех спутников.

Полученная в блоке 2.1 управления информация о географических координатах ИНК, толщине льда, скорости ветра, давления и влажности воздуха, состоянии аккумуляторной батареи переводится в модулирующий числовой код  $M_1(t)$  и

посредством радиостанции 8.1 передается на стационарный пост мониторинга. Для этого с помощью блока 2.1 управления включается синхронизатор 16.1 и генератор 17.1 ПСП, который, в свою очередь, управляет работой синтезатора 18.1 несущих частот, синтезатора 20.1 частот первого гетеродина и синтезатора 27.1 частот второго гетеродина.

На выходе синтезатора 18.1 несущих частот последовательно во времени формируется сетка высокочастотных колебаний различных несущих частот:

$$u_1(t) = U_1 \cdot \cos(\omega_1 t + \varphi_1),$$

$$u_2(t) = U_2 \cdot \cos(\omega_2 t + \varphi_2),$$

...

$$u_i(t) = U_i \cdot \cos(\omega_i t + \varphi_i),$$

...

$$u_M(t) = U_M \cdot \cos(\omega_M t + \varphi_M), 0 \leq t \leq T_c, T_c = M \cdot t_c,$$

где  $U_i, \omega_i, \varphi_i, T_c$  - амплитуды, несущие частоты, начальные фазы и длительность сигналов;

$$i = 1, 2, \dots, M,$$

$M$  - число используемых несущих частот (число частотных каналов) (фиг. 5);

$$M = \Delta\omega_c / \Delta\omega_1,$$

$\Delta\omega_c$  - ширина полосы частот расширенного спектра используемого сигнала;

$\Delta\omega_1$  - ширина полосы одного частотного канала;

$t_c$  - временной интервал между переключениями частот, характеризует собой время работы на одной несущей частоте.

В зависимости от соотношения времени работы на одной частоте  $t_c$  и длительности информационных символов  $\tau_3$  псевдослучайная перестройка рабочей частоты (ППРЧ) может быть разделена: на межсимвольную, посимвольную и внутрисимвольную. При межсимвольной ППРЧ  $n$  информационных символов ( $n \geq 2$ ) передаются на одной частоте, при этом  $t_c = n \cdot \tau_3$ .

В качестве примера на фиг. 5 показан фрагмент частотно-временной матрицы сложного ФМн сигнала с ППРЧ. При этом  $n$  выбрано равным 4 ( $t_c = 4 \cdot \tau_3$ ), квадратами с различной наклонной штриховкой обозначены различные информационные символы с различными фазами (0,  $\pi$ ).

Сформированные высокочастотные колебания  $u_i(t)$  последовательно во времени поступают на первый вход фазового манипулятора 19.1, на второй вход которого подается со второго выхода блока 2.1 управляющий код  $M_1(t)$ .

На выходе фазового манипулятора 19.1 формируется сложный ФМн сигнал

$$u_{i1}(t) = U_{i1} \cdot \cos[\omega_i t + \varphi_{k1}(t) + \varphi_i], 0 \leq t \leq t_c,$$

где  $\varphi_{k1}(t) = \{0, \pi\}$  - манипулируемая составляющая фазы, отображающая закон фазовой манипуляции в соответствии с модулирующим кодом  $M_1(t)$ , причем  $\varphi_{k1}(t) = \text{const}$  при  $k\tau_3 < t < (k+1)\tau_3$  и может изменяться скачком при  $t = k \cdot \tau_3$ , т.е. на границах между элементарными посылками ( $k = 1, 2, \dots, N-1$ );  $\tau_3, N$  - длительность и количество элементарных посылок, из которых составлен сигнал длительностью  $T_c (T_c = N \cdot \tau_3)$ , который поступает на первый вход смесителя 21.1. На второй вход смесителя 21.1 с выхода синтезатора 20.1 частот первого гетеродина последовательно во времени подаются напряжения:

$$u_{r11}(t) = U_{r11} \cdot \cos(\omega_{r11}t + \varphi_{r11}),$$

$$u_{r12}(t) = U_{r12} \cdot \cos(\omega_{r12}t + \varphi_{r12}),$$

...

$$u_{r1i}(t) = U_{r1i} \cdot \cos(\omega_{r1i}t + \varphi_{r1i}),$$

...

$$u_{r1M}(t) = U_{r1M} \cdot \cos(\omega_{r1M}t + \varphi_{r1M}),$$

которые формируются последовательно во времени с помощью генератора 17.1 ПСП.

На выходе смесителя 21.1 образуются напряжения комбинационных частот. Усилителем 22.1 выделяются напряжения только первой промежуточной (суммарной)

$$15 \text{ частоты } u_{pp1i}(t) = U_{pp1i} \cdot \cos[\omega_{pp1i}t + \varphi_{k1}(t) + \varphi_{pp1i}],$$

$$\text{где } U_{pp1i} = \frac{1}{2} U_i \cdot U_{r1i};$$

$\omega_{pp1i} = \omega_i + \omega_{r1i}$  - первая промежуточная (суммарная) частота (фиг. 2);

$$20 \text{ } \varphi_{pp1i} = \varphi_i + \varphi_{r1i},$$

которые после усиления в усилителе 23.1 мощности через дуплексер 24.1 поступают в приемопередающую антенну 25.1, излучаются ею в эфир в направлении ИСЗ-ретранслятора, переизлучаются им на этой же частоте с сохранением фазовых соотношений, принимаются приемопередающей антенной 25.2 стационарного поста мониторинга и через дуплексер 24.2 и усилитель 26.2 мощности поступают на первый

25 вход смесителя 28.2, на второй вход которого подаются напряжения  $u_{r1i}(t)$  синтезатора 27.2 частот первого гетеродина ( $i=1, 2, \dots, M$ ). На выходе смесителя 28.2 образуются напряжения комбинационных частот. Усилителем 29.1 выделяются напряжения второй промежуточной (разностной) частоты

$$30 \text{ } u_{pp2i}(t) = U_{pp2i} \cdot \cos[\omega_{pp2i}t + \varphi_{k1}(t) + \varphi_{pp2i}], 0 \leq t \leq t_c,$$

$$\text{где } U_{pp2i} = \frac{1}{2} U_{pp1i} \cdot U_{r1i};$$

$\omega_{pp2i} = \omega_{pp1i} - \omega_{r1i}$  - вторая промежуточная (разностная) частота;

$$35 \text{ } \varphi_{pp2i} = \varphi_{pp1i} - \varphi_{r1i},$$

которые поступают на первый вход перемножителя 30.2. На второй вход перемножителя 30.2 подаются напряжения синтезатора 20.2 частот первого гетеродина:

$$40 \text{ } u_{r21}(t) = U_{r21} \cdot \cos(\omega_{r21}t + \varphi_{r21}),$$

$$u_{r22}(t) = U_{r22} \cdot \cos(\omega_{r22}t + \varphi_{r22}),$$

...

$$45 \text{ } u_{r2i}(t) = U_{r2i} \cdot \cos(\omega_{r2i}t + \varphi_{r2i}),$$

...

$$u_{r2M}(t) = U_{r2M} \cdot \cos(\omega_{r2M}t + \varphi_{r2M}).$$

На выходе перемножителя 30.2 образуются напряжения

$$u_{3i}(t) = U_{3i} \cdot \cos[\omega_{r1i}t - \varphi_{k1}(t) + \varphi_{r1i}], 0 \leq t \leq t_c,$$

$$\text{где } U_{3i} = \frac{1}{2} U_{np2i} \cdot U_{r2i},$$

$$\omega_{r1i} = \omega_{np}$$

5 которые выделяются полосовым фильтром 31.2 и поступают на первый (информационный) вход фазового детектора 32.2. На второй (опорный) вход фазового детектора 32.2 подаются напряжения  $u_{r1i}(t)$  синтезатора 27.2 частот второго гетеродина.

В результате синхронного детектирования на выходе фазового детектора 32.2  
10 образуются низкочастотные напряжения

$$u_{n1i}(t) = U_{n1i} \cdot \cos \varphi_{k1}(t),$$

$$\text{где } U_{n1i} = \frac{1}{2} U_{3i} \cdot U_{r1i},$$

15 которые поступают на вход блока 2.2 управления.

В последующем периодически по программе, заложенной в блок 2.1 управления, или по управляющему сигналу от стационарного поста мониторинга повторяют операцию измерения параметров. Для передачи соответствующих команд в блоке 2.2 управления формируется модулирующий код  $M_2(t)$ , который поступает на второй вход  
20 фазового манипулятора 19.2. На первый вход последнего подаются высокочастотные колебания с выхода синхронизатора 18.2 несущих частот, управляемого генератором 17.2 ПСП, к управляющему входу которого подключен синхронизатор 16.2

$$u_i(t) = U_c \cdot \cos(\omega_i t + \varphi_i), i = 1, 2, \dots, M.$$

25 На выходе фазового манипулятора 19.2 формируются сложные ФМн сигналы

$$u_{4i}(t) = U_i \cdot \cos[\omega_i t + \varphi_{k2}(t) + \varphi_i], 0 \leq t \leq t_c,$$

где  $\varphi_{k2}(t) = \{0, \pi\}$  - манипулируемая составляющая фазы, отображающая закон фазовой  
манипуляции в соответствии с модулирующим кодом  $M_2(t)$ , которые поступают на

30 первый вход смесителя 21.2. На второй вход смесителя 21.2 последовательно подаются напряжения  $u_{r2i}(t)$  синтезатора 20.2 частот первого гетеродина. На выходе смесителя 21.2 образуются напряжения комбинационных частот. Усилителем 22.2 выделяются напряжения третьей промежуточной частоты

$$35 \quad u_{5i}(t) = U_{5i} \cdot \cos[\omega_{np3i}t - \varphi_{k2}(t) + \varphi_{np3i}], 0 \leq t \leq t_c,$$

$$\text{где } U_{5i} = \frac{1}{2} U_{4i} \cdot U_{r2i};$$

$\omega_{np3i} = \omega_{r2i} - \omega_i = \omega_{2i}$  - третья промежуточная (разностная) частота;

$$\varphi_{np3i} = \varphi_{r2i} - \varphi_i,$$

40 которые после усиления в усилителе 23.2 мощности через дуплексер 24.2 поступают в приемопередающую антенну 25.2, излучаются ею в направлении ИСЗ-ретранслятора на частоте  $\omega_{2i}$ , переизлучаются бортовой аппаратурой ИСЗ-ретранслятора с сохранением фазовых соотношений, принимаются антенной 25.1 ИНК и через дуплексер 24.1 и усилитель 26.1 мощности поступают на первый вход смесителя 28.1, на второй  
45 вход которого подаются последовательно во времени напряжения  $u_{r2i}(t)$  синтезатора 27.1 частот второго гетеродина. На выходе смесителя 28.1 образуются напряжения комбинационных частот. Усилителем 29.1 выделяются напряжения второй промежуточной частоты

$$u_{6i}(t) = U_{6i} \cdot \cos[\omega_{\text{пр}2i}t - \varphi_{\text{к}2}(t) + \varphi_{6i}], 0 \leq t \leq t_c,$$

$$\text{где } U_{6i} = \frac{1}{2} U_{5i} \cdot U_{\text{г}2i};$$

5  $\omega_{\text{пр}2i} = \omega_{\text{г}2i} - \omega_{2i}$  - вторая промежуточная (разностная) частота;

$$\varphi_{6i} = \varphi_{\text{пр}3i} - \varphi_{\text{г}2i},$$

которые поступают на первый вход перемножителя 30.1. На второй вход последнего подаются напряжения  $u_{\text{г}2i}(t)$  синтезатора 27.1 частот второго гетеродина. На выходе перемножителя 30.1 образуются напряжения

$$10 \quad u_{7i}(t) = U_{7i} \cdot \cos[\omega_{\text{г}1i}t + \varphi_{\text{к}2}(t) + \varphi_{\text{г}1i}], 0 \leq t \leq t_c,$$

$$U_{7i} = \frac{1}{2} U_{6i} \cdot U_{\text{г}2i};$$

15 где  $\omega_{\text{г}1i} = \omega_{\text{г}2i} - \omega_{\text{пр}2i};$

$$\varphi_{\text{г}1i} = \varphi_{\text{г}2i} - \varphi_{6i},$$

которые выделяются полосовым фильтром 31.1 и поступают на первый (информационный) вход фазового детектора 32.1. На второй (опорный) вход фазового детектора 32.1 подаются напряжения  $u_{\text{г}1i}(t)$  синтезатора 20.1 частот первого гетеродина в качестве опорных напряжений. В результате синхронного детектирования на выходе фазового детектора 32.1 образуются низкочастотные напряжения

$$u_{\text{н}2i}(t) = U_{\text{н}2i} \cdot \cos \varphi_{\text{к}2}(t),$$

25 где  $U_{\text{н}2i} = \frac{1}{2} U_{7i} \cdot U_{\text{г}1i},$

пропорционально модулирующему коду  $M_2(t)$ , которые поступают на второй вход блока 2.1 управления, где реализуются команды и рекомендации стационарного поста мониторинга.

30 В случае соответствия всех измеренных блоками 4, 5 и 6 параметров условиям нормальной эксплуатации измерительно-навигационного комплекса передача радиотелеметрической информации с борта ИНК на стационарный пост мониторинга происходит с заданной периодичностью (например, один раз в 60 минут).

35 При превышении хотя бы одного из измеренных параметров заданного уровня или отклонения места нахождения ИНК от планового места нахождения, период между передачами сокращается.

При возникновении аварийной ситуации дискретную информацию с борта ИНК передают непрерывно.

40 При возвращении контролируемых параметров к допустимым значениям, а также соответствие места нахождения ИНК плановому месту нахождения, период между передачами дискретной информации будет снова увеличен.

Режим передачи дискретной информации блоком 2.1 управления может быть также изменен решением стационарного поста мониторинга. Система подзарядки аккумуляторной батареи работает постоянно.

45 Таким образом, предлагаемая система мониторинга состояния льда и окружающей среды по сравнению с прототипом и другими техническими решениями аналогичного назначения обеспечивает повышение надежности обмена радиотелеметрической и командной информацией между измерительно-навигационным комплексом,

установленным на дрейфующий лед, и стационарным постом мониторинга в условиях северных ледовых морей, многолучевого распространения радиоволн, организованных и непреднамеренных помех. Это достигается за счет использования геостационарного ИСЗ-ретранслятора и сложных сигналов с фазовой манипуляцией (ФМн) и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ).

Основное достоинство дуплексного метода связи через геостационарный ИСЗ-ретранслятор состоит в том, что он обеспечивает надежной дуплексной радиосвязью измерительно-навигационный комплекс и стационарный пост мониторинга, разнесенные на большие расстояния. В нем исключается длина трассы прохождения сигнала. Поэтому его точность в основном зависит от параметров бортового ретранслятора и типа используемых сигналов.

Рабочая частота используемых ФМн сигналов и частоты гетеродинов перестраиваемые в широких пределах в соответствии с псевдослучайными кодами, известными на измерительно-навигационном комплексе и стационарном посте мониторинга и неизвестными постановщику помех.

Стратегия борьбы с непреднамеренными и организованными помехами заключается в «уходе» сигналов дуплексной системы радиосвязи от воздействия помех путем псевдослучайной перестройки рабочей частоты и в «противоборстве» с ними путем фазовой манипуляции несущей частоты псевдослучайной последовательностью.

Поэтому при защите от помех важной характеристикой является фактическое время работы на одной частоте  $t_c$ . Чем меньше это время, тем выше вероятность того, что сигналы системы дуплексной радиосвязи с ППРЧ не будут подвержены воздействию организованных помех.

Помехоустойчивость системы дуплексной радиосвязи через геостационарный ИСЗ-ретранслятор зависит не только от времени работы на одной частоте, но и от вида помех и их мощности, мощности полезного сигнала, структуры приемников.

Используемые сложные ФМн сигналы с ППРЧ обладают энергетической, структурной, информационной, временной и пространственной скрытностью.

Энергетическая скрытность данных сигналов обусловлена их высокой сжимаемостью во времени и по спектру при оптимальной обработке, что позволяет снизить мгновенную излучаемую мощность. Вследствие этого, сложный ФМн сигнал с ППРЧ в точке приема может оказаться замаскированным шумами и помехами. Причем энергия сложного ФМн сигнала отнюдь не мала. Она просто распределена по частотно-временной области так, что в каждой точке этой области мощность сигнала меньше мощности шумов и помех.

Структурная скрытность сложных ФМн сигналов с ППРЧ обусловлена большим разнообразием их форм и значительными диапазонами изменений параметров, что затрудняет оптимальную или хотя бы квазиоптимальную обработку сложных ФМн сигналов с ППРЧ и априорно неизвестной структурой с целью повышения чувствительности приемников.

Информационная скрытность определяется способностью противостоять мерам радиотехнической разведки, направленным на раскрытие смысла сообщений, которыми обмениваются измерительно-навигационный комплекс и стационарный пост мониторинга.

Временная скрытность системы дуплексной радиосвязи определяется ее временными режимами работы на излучение.

Пространственная скрытность системы дуплексной радиосвязи зависит от мощности сигнала, вида и параметров диаграмм направленности приемопередающих антенн.

Сложные ФМн сигналы с ППРЧ позволяют применять новый вид селекции - структурную селекцию. Это значит, что появляется возможность разделять сигналы, действующие в одной и той же полосе частот и в одни и те же промежутки времени.

К числу других проблем, от решения которых в значительной мере зависит дальнейший прогресс средств дуплексной радиосвязи, следует отнести проблему установления надежной связи между ИНК и стационарным постом мониторинга при наличии многолучевого характера распространения радиоволн. Наличие многолучевого характера распространения радиоволн приводит к искажению принимаемых сигналов.

Попытка преодолеть вредное влияние многолучевости предпринимаются уже давно. К ним можно отнести разнесенный прием, селекцию сигналов по времени и углу прихода, корректирующее кодирование и некоторые другие методы. Однако все они не дают принципиального решения проблемы.

Сложные ФМн сигналы с ППРЧ благодаря использованию нескольких несущих частот и своим хорошим корреляционным свойствам может быть «свернут» в узкий импульс, длительность которого обратно пропорциональна используемой ширине полосы частот. Выбирая такую полосу частот, чтобы длительность «свернутого» импульса была меньше времени запаздывания, можно осуществить раздельный прием импульсов, приходящих в точку приема различными путями, а суммируя их энергию, можно, кроме того, повысить помехоустойчивость приема сложных ФМн сигналов с ППРЧ. Тем самым указанная проблема получает принципиальное разрешение.

Основной особенностью предлагаемой системы, создаваемой при использовании устанавливаемых на дрейфующий лед измерительно-навигационных комплексов, является возможность обеспечивать точный технический контроль состояния льда, его толщины, что позволяет при использовании специальных программных продуктов делать прогноз времени и качества формирования торосов, смещения льда и образования, непроходимых для ледокольного флота ледовых условий.

Использование разработанной системы позволяет обеспечить повышение уровня безопасной проводки судов во льдах и безопасность объектов нефтегазопромысловый и гидротехнической инфраструктуры на шельфе и в прибрежной зоне в ледовых морях и в условиях дрейфующего ледяного покрова.

#### (57) Формула изобретения

Система мониторинга состояния льда и окружающей среды, содержащая измерительно-навигационный комплекс, устанавливаемый на лед и характеризующийся наличием установленных в едином термостатируемом корпусе блока управления, блока определения координат по системе спутниковой навигации, блока определения состояния атмосферы, подключенных к приемопередающему устройству, а также блока электропитания, подключенного к энергопотребляющим блокам, и стационарный пост мониторинга, причем блок управления выполнен с возможностью включения блоков определения координат по системе спутниковой навигации, определения толщины ледового покрова и определения состояния атмосферы, а также приемопередающего устройства по получению управляющего сигнала и передаче телеметрии состояния бортовых систем комплекса, отличающаяся тем, что она снабжена геостационарным ИСЗ-ретранслятором, причем приемопередающее устройство выполнено в виде первой радиостанции, а стационарный пост мониторинга в виде второй радиостанции, каждая радиостанция содержит последовательно подключенные к первому выходу блока управления синхронизатор, генератор псевдослучайной последовательности, синтезатор несущих частот, фазовый манипулятор, второй вход которого соединен со вторым

выходом блока управления, первый смеситель, второй вход которого через синтезатор частот первого гетеродина соединен с выходом генератора псевдослучайной последовательности, усилитель первой промежуточной частоты, первый усилитель мощности, дуплексер, вход-выход которого связан с приемопередающей антенной, 5 второй усилитель мощности, второй смеситель, второй вход которого через синтезатор частот второго гетеродина соединен с выходом генератора псевдослучайной последовательности, усилитель второй промежуточной частоты, перемножитель, второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот первого гетеродина, полосовой фильтр и фазовый детектор, второй вход которого соединен с выходом синтезатора 10 частот второго гетеродина, а выход подключен к первому входу блока управления, частоты  $\omega_{Г1i}$  и  $\omega_{Г2i}$  синтезаторов частот первого и второго гетеродинов разнесены на значение второй промежуточной частоты

$$\omega_{Г2i} - \omega_{Г1i} = \omega_{np2i},$$

где  $i=1, 2, \dots, M$ ,  $M$  - число используемых несущих частот, первая радиостанция 15 излучает сложные сигналы с фазовой манипуляцией и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты на частоте  $\omega_{1i} = \omega_{np1i} = \omega_{Г2i}$ , а принимает - на частоте  $\omega_{2i} = \omega_{np3i} = \omega_{Г1i}$ , а вторая радиостанция, наоборот, излучает сложные сигналы с фазовой манипуляцией и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты на частотах  $\omega_{2i}$ , а принимает - на 20 частотах  $\omega_{1i}$ , где  $\omega_{np1i}$  и  $\omega_{np3i}$  - первая и третья промежуточные частоты, блок определения координат по системе спутниковой навигации выполнен в виде приемника GPS-сигналов, состоящего из последовательно включенных приемной антенны, усилителя мощности, смесителя, второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот второго гетеродина, усилителя второй промежуточной частоты, перемножителя, 25 второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот второго гетеродина, полосового фильтра и фазового детектора, второй вход которого соединен с выходом синтезатора частот первого гетеродина, а выход подключен ко второму входу блока управления.

30

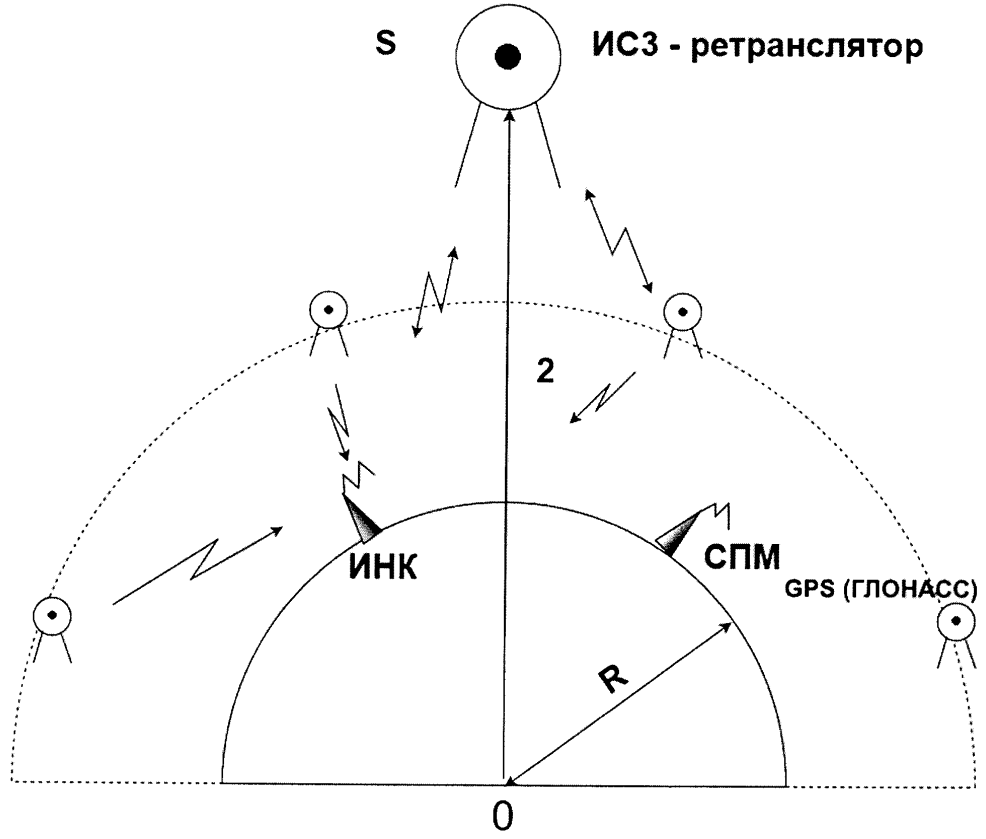
35

40

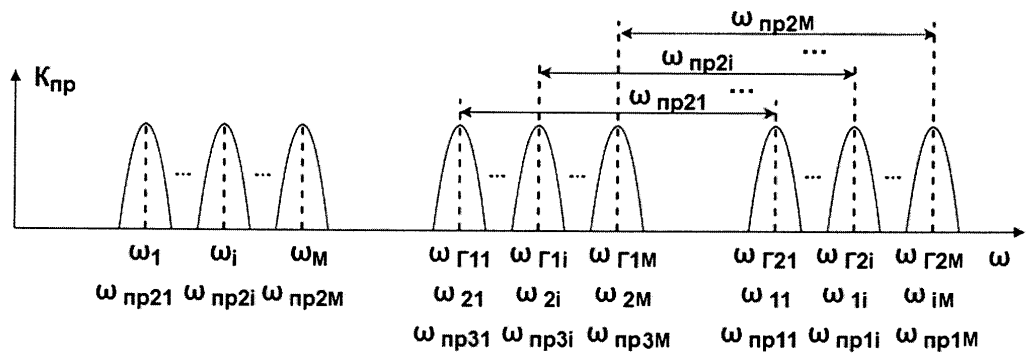
45



1

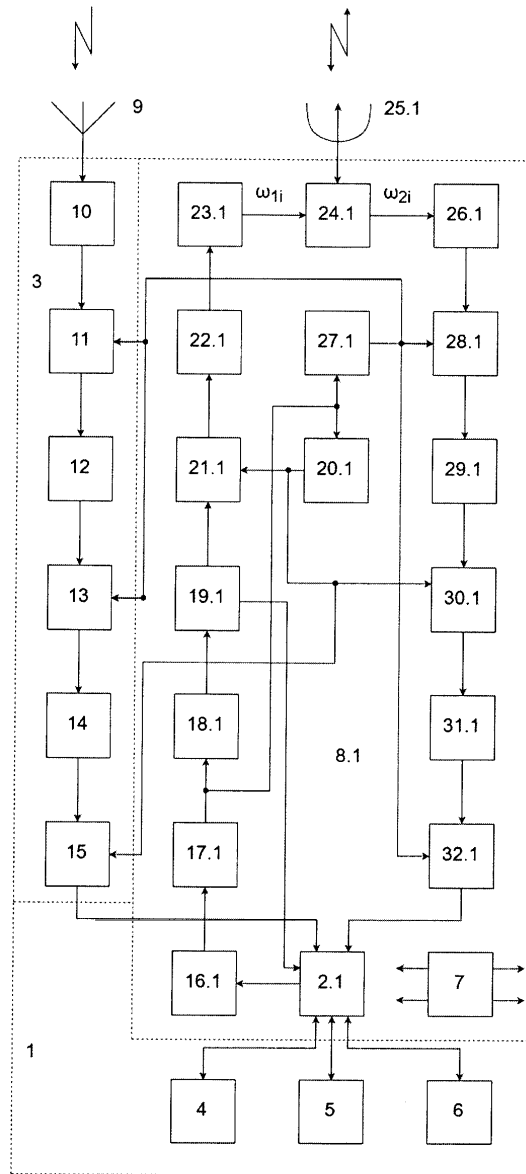


Фиг. 1

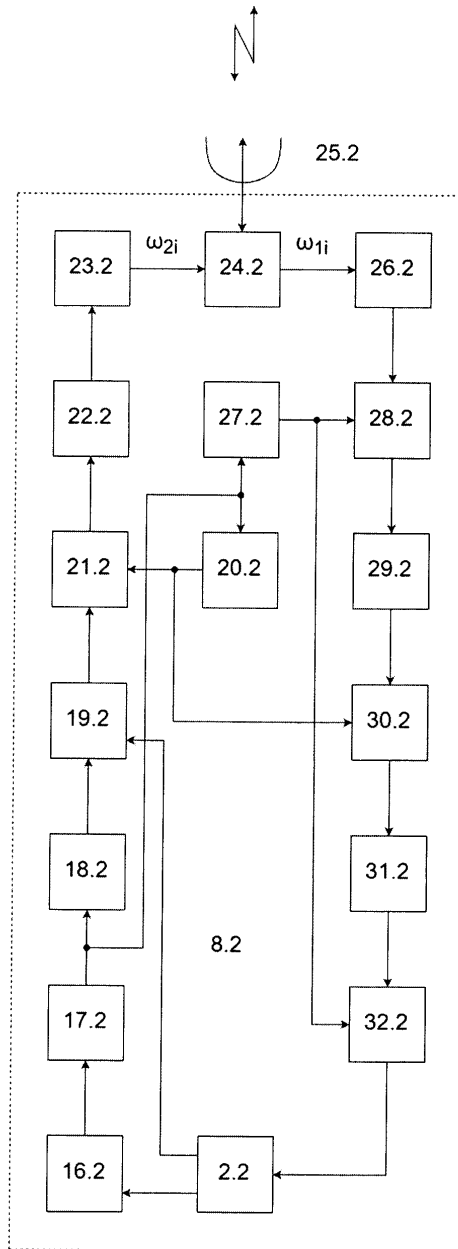


Фиг. 2

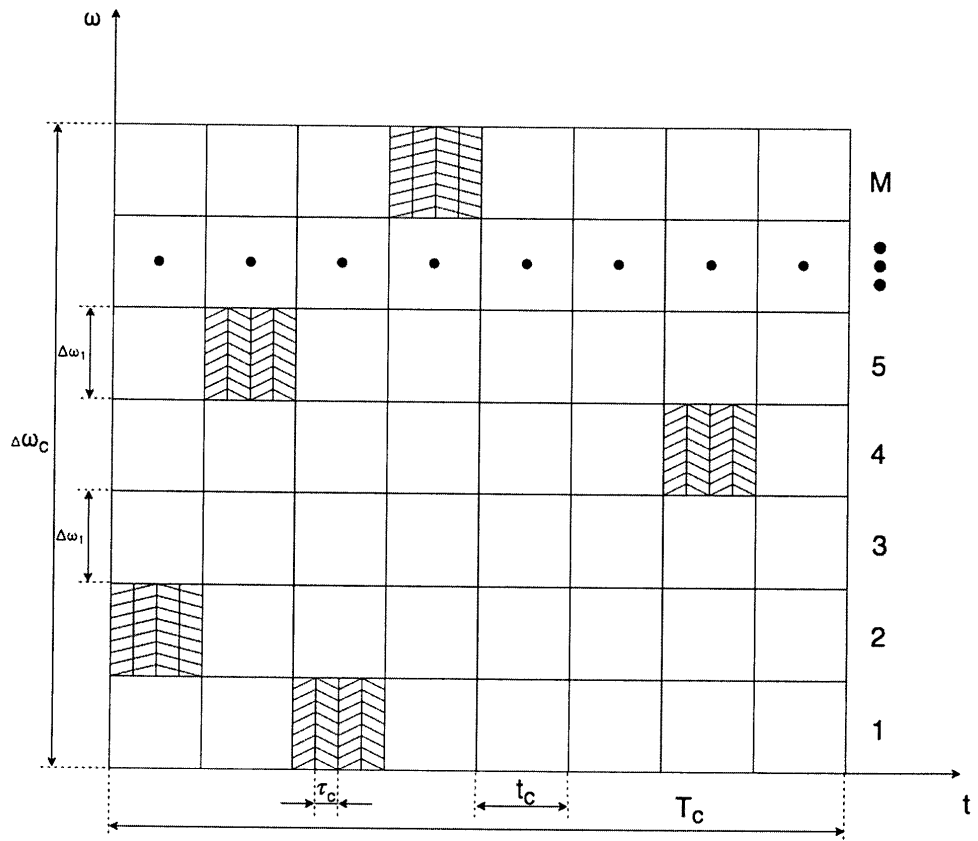
2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5