



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04W 40/00 (2018.08); H04L 12/00 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017136491, 16.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
16.10.2017

Дата регистрации:  
12.03.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.10.2017

(45) Опубликовано: 12.03.2019 Бюл. № 8

Адрес для переписки:

603950, г. Нижний Новгород, пл.  
Комсомольская, 1, АО "НПП "Полет"

(72) Автор(ы):

Кейстович Александр Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество  
"Научно-производственное предприятие  
"Полет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2612276 C1, 06.03.2017. RU  
2286030 C1, 20.10.2016. RU 2233045 C2,  
290.07.2004. RU 68212 U1, 10.11.2007. US  
5019813 A 1, 28.05.1991. US 5535429 A1,  
09.07.1996. US 2006/0337799 A1, 17.11.2016.

(54) ВЧ СИСТЕМА ОБМЕНА ПАКЕТНЫМИ ДАННЫМИ

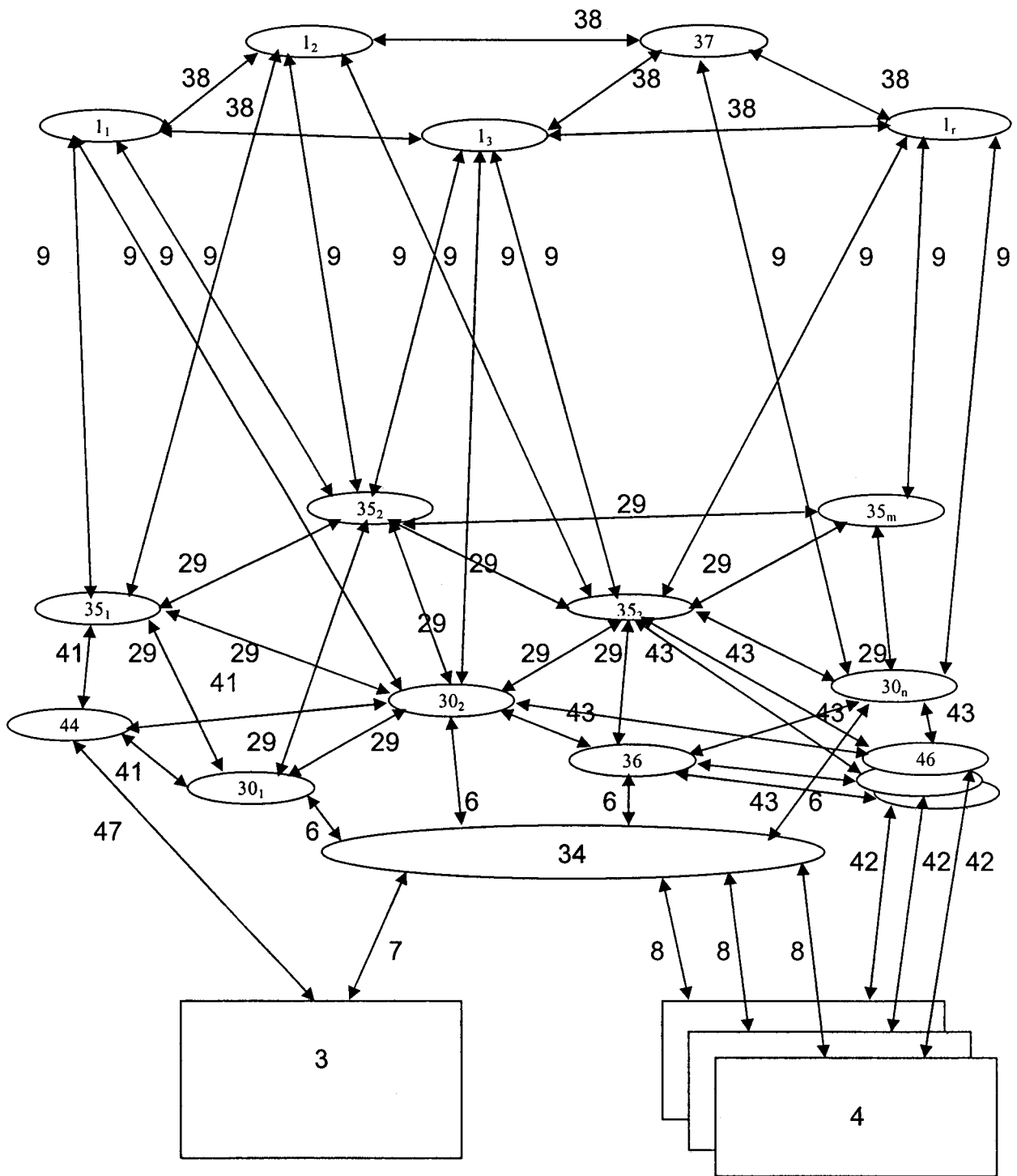
(57) Реферат:

Изобретение относится к автоматической адаптивной пакетной ВЧ радиосвязи. Технический результат - расширение функциональных возможностей системы, а именно выбор оптимального радиоканала и рабочей частоты для односкачковой трассы, оптимального маршрута, установления связи с требуемым абонентом за счет обхода вышедшей из строя подсистемы наземной связи с помощью ВЧ наземных станций, доступных ВЧ бортовых станций и трансляции сообщений между объектами системы по соответствующим ВЧ радиоканалам и оперативной коррекции трафика доставки сообщений соответствующему абоненту при неисправности назначенных центром

управления ВЧ радиоканалов. Для этого введены (n+m+1)-я ВЧ наземная станция, подключенная двухсторонними связями к соответствующим входам/выходам центра управления и по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля» к тем ВЧ наземным станциям, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы, а также ВЧ наземные станции по числу диспетчерских пунктов управления воздушным движением и авиалиниями, подключенные к ним двухсторонними связями и по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля» к тем ВЧ наземным станциям, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы. 5 ил., 1 табл.

RU 2 681 692 C1

RU 2 681 692 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H04W 40/00* (2009.01)  
*H04L 12/701* (2013.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*H04W 40/00* (2018.08); *H04L 12/00* (2018.08)(21)(22) Application: **2017136491, 16.10.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**16.10.2017**

Registration date:  
**12.03.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **16.10.2017**(45) Date of publication: **12.03.2019** Bull. № 8

Mail address:

**603950, g. Nizhnij Novgorod, pl. Komsomolskaya,  
1, AO "NPP "Polet"**

(72) Inventor(s):

**Kejstovich Aleksandr Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aktsionernoe obshchestvo**

**"Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie "Polet"  
(RU)**

(54) **HIGH-FREQUENCY DATA EXCHANGE SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering and communications.

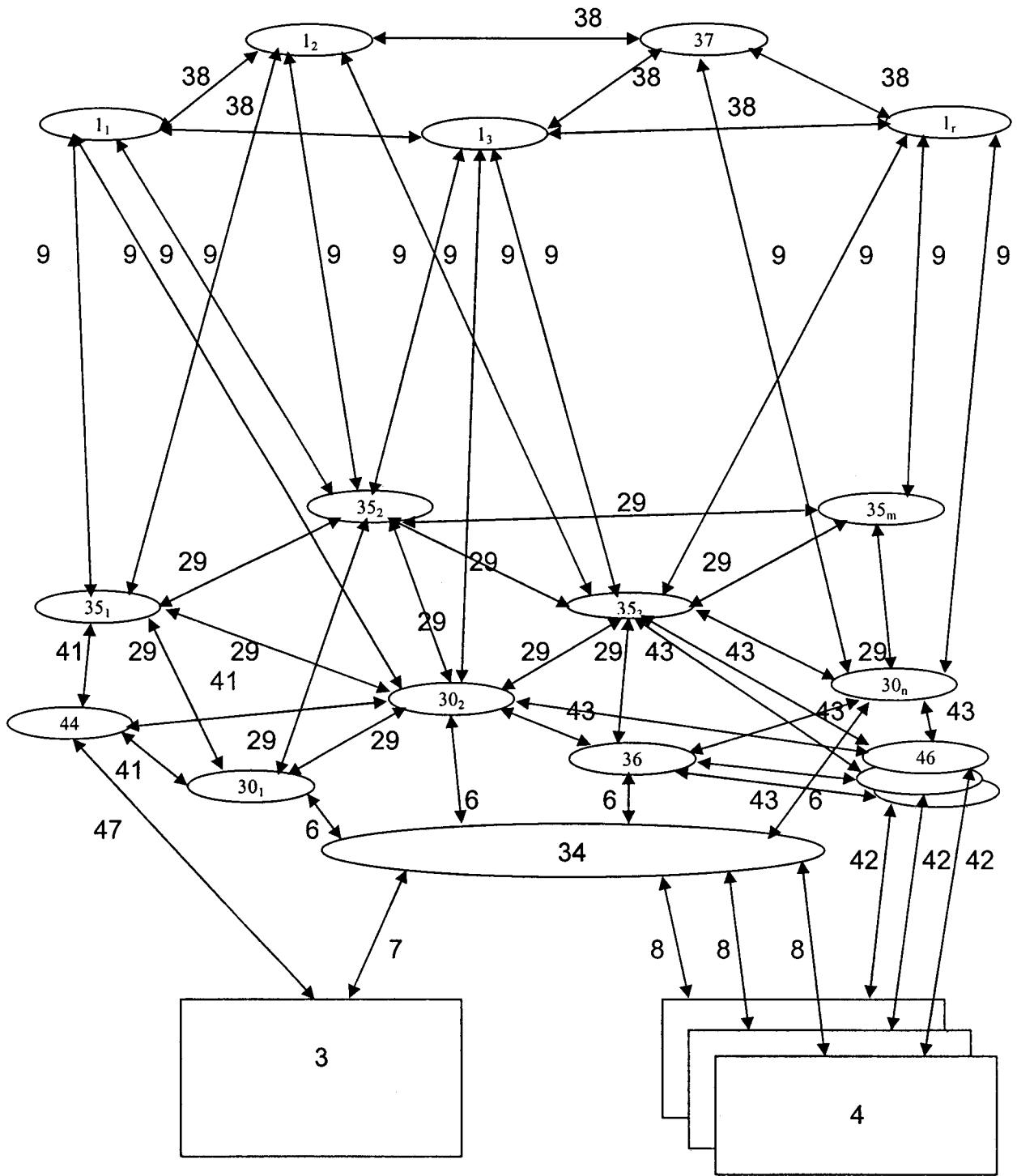
SUBSTANCE: invention relates to automatic adaptive high-frequency packet radio communication. To achieve a technical result, (n+m+1) high-frequency ground station is introduced, connected by two-way connections to corresponding inputs/outputs of control center and HF radio channels "Earth-Earth" to those HF ground stations, which are in the zone of stable communication single-jump track, as well as high-frequency ground stations according to the number of air traffic control centers and air lines, connected to them by two-way communications and over high-frequency radio channels "Earth-Earth" to those high-frequency ground stations, which are in the zone of stable connection of single-hop route.

EFFECT: broader functional capabilities of the system, specifically selecting an optimum radio channel and operating frequency for a single-hop route, an optimum route, establishment of communication with the required subscriber due to bypassing of the failed ground communication subsystem by means of high-frequency ground stations, available high-frequency on-board stations and transmission of messages between the system objects via the corresponding high-frequency radio channels and prompt correction of message delivery traffic to the corresponding subscriber in case of failure of high-frequency radio channels assigned by the control center.

1 cl, 5 dwg, 1 tbl

**RU**  
**2 681 692**  
**C1**

**RU**  
**2 681 692**  
**C1**



Фиг. 1

Изобретение относится к автоматической адаптивной пакетной радиосвязи высокочастотного (ВЧ) диапазона (3-30) МГц.

Известный способ ВЧ радиосвязи с использованием технологии HFDL (High Frequency Data Link), построенной на основе спецификации ARINC 635 [1], характеристики ARINC 753 [2], руководства ARINC 634 [3], стандартов RTCA DO-265, DO-277 [4, 5] (ARINC 635), оптимизирует в смысле надежности связи, спектральной и экономической эффективности систему пакетной связи «Воздух-Земля», в которой большое количество самолетов (до 2500) обслуживается малым количеством частотных каналов (до 48-60) и наземных станций (до 16) в режиме множественного доступа с временным и частотным разделением. Способ обмена данными в системе HFDL подробно описан в [1, 6]. HFDL определяет как процедуры составления канала с автовыбором рабочей частоты, так и все остальные процедуры автоматического ведения связи на всех уровнях (физическом, канальном и подсети) с многопараметрической адаптацией радиолинии по частоте, скорости передачи, видам модуляции и кодирования, а также по пространственному разнесению наземных станций, гарантирующие достоверность (остаточную вероятность ошибки) не хуже  $10^{-6}$ . В системе HFDL используется один и тот же набор частот для составления канала и ведения связи. Высокая спектральная эффективность системы достигается благодаря использованию комбинированного протокола множественного доступа к каналу с частотным (FDMA) и временным (TDMA) разделением. Протокол частотного разделения обеспечивается тем, что разные частотные каналы (от двух до шести) назначаются разным ВЧ наземным станциям (ВЧ НС). TDMA протокол обеспечивается тем, что время использования каждого частотного канала разбивается на 32-х секундные кадры, а каждый кадр разбивается на 13 временных слотов доступа длительностью 2,461538 с, равной времени передачи одного пакета данных 2,343888 с плюс 117,65 мс на неопределенность времени задержки распространения и рассинхронизм в радиолинии. На всех частотах ВЧ наземные станции периодически (в первом слоте каждого кадра) излучают сигналы маркеров, качество которых оценивают самолеты при выборе частоты связи. Самолет выбирает для связи любой канал, качество сигнала маркера которого является приемлемым или наилучшим, регистрируется на этом канале на наземной станции и ведет на нем связь до тех пор, пока качество канала отвечает требуемому уровню. Один канал связи могут выбрать несколько самолетов и зарегистрироваться на нем. Каждый ВЧ канал HFDL системы используется всеми зарегистрированными на нем самолетами в режиме множественного доступа с временным разделением. Управление протоколом TDMA обеспечивает ВЧ наземная станция, передавая в сигналах маркеров назначения слотов, резервируемых по запросам от бортов, слотов случайного доступа и слотов для передач с «земли». ВЧ наземная станция прогнозирует системные характеристики (задержку передачи пакета) на каждом своем частотном канале и выставляет флаг занятости канала в маркере, когда критическое число самолетов зарегистрировалось на канале, чтобы прекратить доступ к нему новых корреспондентов и гарантировать заданные системные характеристики (задержку передачи пакета не более допустимой). Простота прогнозирования системных характеристик в системе HFDL во многом определяется тем, что все сообщения в системе (вызывные и связные) имеют одинаковую стандартную длительность, равную слоту и передаются по единому протоколу TDMA на общем наборе частот. В зависимости от качества канала и объема передаваемых данных в сообщении выбирается оптимальный вид многопозиционной фазовой манипуляции и кодирования. При этом меняется скорость передачи данных пользователя, но длительность сообщения и символьная скорость 1800 Бод, обеспечиваемая однотоновым модемом, не меняются.

Оборудование ВЧ системы обмена пакетными данными «Воздух-Земля» HFDDL, обеспечивающая связь самолетов на дальних авиатрассах с диспетчерскими пунктами управления воздушным движением (УВД) и управления авиалиниями (УАЛ) в интересах безопасности воздушного движения, подробно описана в [1-6].

- 5 Структурная схема ВЧ системы обмена пакетными данными HFDDL состоит из:
- ВЧ бортовой станции (ВЧ БС);
  - ВЧ наземной станции (ВЧ НС);
  - центра управления (ЦУ) ВЧ системой обмена данными;
  - диспетчерского пункта управления воздушным движением и авиалинией (УВД и
  - 10 УАЛ);
  - подсистемы наземной связи, используемая ВЧ системой HFDDL;
  - интерфейса ВЧ НС с подсистемой наземной связи;
  - интерфейса центра управления с подсистемой наземной связи;
  - интерфейса пунктов УВД и УАЛ с подсистемой наземной связи;
  - 15 - ВЧ радиоканала «Воздух-Земля» между ВЧ НС и ВЧ БС.

Пользователями системы HFDDL являются диспетчерские пункты УВД и УАЛ на земле и бортовое радиоэлектронное оборудование на самолете, связанное с ВЧ бортовой станцией через бортовой маршрутизатор.

В состав ВЧ бортовой станции входят:

- 20 - бортовой ВЧ передатчик HFDDL;
- бортовое антенно-согласующее устройство (АСУ);
- бортовая ВЧ антенна;
- пульт управления передатчиком (ПУ);
- бортовой маршрутизатор (БМ);
- 25 - устройство управления ВЧ обменом данными;
- ВЧ передатчик по ARINC 719.

ВЧ бортовая станция связана с бортовым маршрутизатором (БМ) (блоком менеджмента связи, соответствующим характеристикам ARINC 724 или 758), который доводит (получает) пакетные сообщения до бортовых источников/получателей

30 информации (бортового радиоэлектронного оборудования) типа многофункционального пульта управления, дисплея, принтера, компьютера, системы технического обслуживания, системы самолетовождения, системы электронной индикации и сигнализации, навигационной системы и т.п. Бортовой маршрутизатор связан не только с ВЧ бортовой станцией, но и с бортовыми станциями других диапазонов частот.

- 35 В состав ВЧ наземной станции ВЧ системы обмена пакетными данными HFDDL (см. [7], стр. 60; и [8], стр. 12) входят:
- ВЧ радиопередатчик;
  - ВЧ передающая антенна;
  - ВЧ радиоприемник «Воздух-Земля»;
  - 40 - ВЧ приемная антенна;
  - ВЧ модулятор однотонового сигнала многопозиционной фазовой манипуляции;
  - ВЧ демодулятор «Воздух-Земля» однотонового сигнала многопозиционной фазовой манипуляции;
  - контроллер ВЧ наземной станции;
  - 45 - приемник сигналов единого времени;
  - устройство интерфейса с наземной сетью связи;
  - приемная антенна сигналов единого времени.

ВЧ наземная станция ВЧ системы обмена пакетными данными HFDDL содержит в

своем составе:

- N ВЧ передатчиков, связанных с N передающими ВЧ антеннами, контроллером ВЧ наземной станции и N ВЧ модуляторами;

- N ВЧ приемников «Воздух-Земля», связанных с общей ВЧ приемной антенной, контроллером ВЧ наземной станции и N ВЧ демодуляторами «Воздух-Земля»;

- N ВЧ модуляторов, связанных с N ВЧ передатчиками и контроллером ВЧ наземной станции;

- N ВЧ демодуляторов «Воздух-Земля», связанных с N ВЧ приемниками «Воздух-Земля» и контроллером ВЧ наземной станции;

- контроллер ВЧ наземной станции, связанный с N ВЧ приемниками «Воздух-Земля», N ВЧ передатчиками, N ВЧ модуляторами, N ВЧ демодуляторами «Воздух-Земля», приемником сигналов единого времени, устройством интерфейса с наземной сетью связи;

- устройство интерфейса с наземной сетью связи, подключенное к контроллеру ВЧ НС с одной стороны, а с другой стороны к наземной сети связи через интерфейс;

- приемник сигналов единого времени, связанный с контроллером ВЧ НС и с приемной антенной сигналов единого времени;

- приемную ВЧ антенну общего пользования, подключенную к ВЧ приемникам «Воздух-Земля»;

- приемную антенну приемника сигналов единого времени, подключенную к приемнику сигналов единого времени;

- N передающих ВЧ антенн, подключенных к N ВЧ передатчикам.

В состав структурной схемы подсистемы наземной связи, используемой ВЧ системой обмена пакетными данными HFDDL, рекомендованной комитетом аэронавтической подвижной связи (АМСП) [5], входят:

- ВЧ наземная станция (ВЧ НС);

- центр управления (ЦУ) ВЧ системой обмена пакетными данными HFDDL;

- диспетчерские пункты УВД и УАЛ (наземные пользователи ВЧ системы обмена пакетными данными HFDDL);

- интерфейс ВЧ НС с подсистемой наземной связи;

- интерфейс центра управления HFDDL с подсистемой наземной связи;

- интерфейс пунктов управления воздушным движением и авиалинией с подсистемой наземной связи;

- региональные маршрутизаторы сети наземной связи;

- интерфейс между региональными маршрутизаторами.

Подсистема наземной связи, используемая ВЧ системой обмена пакетными данными HFDDL, содержит региональные маршрутизаторы, связанные между собой интерфейсами, с ВЧ НС интерфейсами, с ЦУ интерфейсами, с диспетчерскими пунктами интерфейсами.

ВЧ система обмена пакетными данными HFDDL обеспечивает обмен пакетами данных между бортовыми пользователями упомянутой системы (бортовым радиоэлектронным оборудованием), связанными с ВЧ бортовой станцией через бортовой маршрутизатор и наземными пользователями ВЧ системы обмена пакетными данными HFDDL (диспетчерскими пунктами УВД и УАЛ), а также центром управления ВЧ системой обмена пакетными данными следующим образом. Для обеспечения заданного уровня

надежности связи в зоне ответственности каждой ВЧ наземной станции из общего списка ВЧ частот (48-60 ОБП каналов), выделяемых для системы HFDDL, в центре управления ВЧ системой обмена данными назначают для каждой ВЧ наземной станции на каждый временной интервал суток длительностью 1-2 часа набор из 2-6 активных

частот, оптимальный по условиям распространения радиоволн и электромагнитной совместимости, доводят назначенный набор частот вместе с интервалом времени его активизации до каждой ВЧ наземной станции через подсистему наземной связи, реализуя, таким образом, протокол множественного доступа с частотным разделением, разбивают время использования каждого частотного канала на временные кадры длительностью 32 с, а каждый кадр разбивают на 13 временных слотов длительностью 2,461538 с для реализации протокола множественного доступа к каналу с временным разделением (TDMA).

В конце каждого кадра на каждой ВЧ наземной станции для каждого слота следующего кадра производят назначение использования этого слота для передачи с земли или для передачи с конкретного борта по его предварительному запросу слота доступа, или для передач с любого борта в режиме случайного доступа.

С каждой ВЧ наземной станции на всех активных частотах в первом слоте каждого кадра излучают сигналы маркеров, которые содержат назначения использования каждого слота текущего кадра, а также квитанции на сообщения, принятые с ВЧ БС в предыдущих двух кадрах.

На каждой ВЧ бортовой станции по результатам оценки качества приема сигналов маркеров выбирают лучшую частоту связи (ВЧ радиоканал «Воздух-Земля»).

Каждую ВЧ бортовую станцию регистрируют на выбранном ею ВЧ канале на соответствующей этому каналу ВЧ наземной станции, производят обмен пакетными данными в режиме TDMA через ВЧ радиоканал «Воздух-Земля» между ВЧ наземной станцией и ВЧ бортовой станцией, которая на ней зарегистрирована, до тех пор, пока качество ВЧ радиоканала «Воздух-Земля» превышает допустимый уровень. При ухудшении качества ВЧ радиоканала ниже допустимого уровня выбирают новый ВЧ радиоканал для бортовой станции и регистрируют ее на новом выбранном ВЧ радиоканале. Производят обмен пакетными данными через наземную сеть связи между ВЧ наземными станциями и центром управления ВЧ системой связи, а также пользователями системы связи - диспетчерскими пунктами УВД и УАЛ.

В процессе обмена пакетными данными пакетное сообщение для диспетчера УВД или УАЛ, содержащее адрес получателя - диспетчерского пункта УВД или УАЛ, а также адрес отправителя (ИКАО адрес борта), формируют в бортовом блоке управления связью (бортовом маршрутизаторе), передают в ВЧ бортовую станцию, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу, затем передают по ВЧ радиоканалу на ВЧ наземную станцию, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по подсистеме наземной связи, и передают через интерфейс в подсистему наземной связи, откуда через интерфейс передают к диспетчерскому пункту УВД или УАЛ.

Пакетное сообщение для ЦУ, содержащее адрес получателя - ЦУ, а также адрес отправителя (ИКАО адрес борта), формируют в ВЧ бортовой станции, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу, передают по ВЧ радиоканалу на ВЧ наземную станцию, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция, где упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по подсистеме наземной связи, передают через интерфейс в подсистему наземной связи, откуда передают через интерфейс к ЦУ.

В обратном направлении пакетное сообщение от диспетчерского пункта УВД и УАЛ, содержащее адрес получателя (ИКАО адрес борта), а также адрес отправителя - диспетчерского пункта УВД и УАЛ, формируют на диспетчерском пункте УВД или УАЛ, передают его через интерфейс в подсистему наземной связи, откуда пакет



транслируют через интерфейс на ВЧ наземную станцию, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция - адресат, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу, и затем передают по ВЧ радиоканалу к ВЧ бортовой станции - адресату.

- 5 Пакетное сообщение от ЦУ для борта, содержащее адрес получателя (ИКАО адрес борта), а также адрес отправителя - ЦУ, формируют в ЦУ, передают его через интерфейс в подсистему наземной связи, откуда его транслируют через интерфейс на ВЧ наземную станцию, на которой зарегистрирована бортовая станция - адресат, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу, и передают по ВЧ  
10 радиоканалу к борту - адресату.

- В случае возникновения неисправности интерфейса между ВЧ наземной станцией и подсистемой наземной связи, от этой недоступной для наземной сети связи ВЧ наземной станции передают ширококвещательно в сигналах маркеров для всех зарегистрированных на ней ВЧ бортовых станций, на всех активных ВЧ радиоканалах «Воздух-Земля»  
15 команды на смену частот связи с кодом причины «неисправность ВЧ наземной станции», и затем прекращают обмен пакетными данными через ВЧ радиоканалы «Воздух-Земля» между ВЧ наземной станцией с неисправным интерфейсом и зарегистрированными на ней ВЧ бортовыми станциями.

Недостатки аналога состоят в следующем:

- 20 - при возникновении технической неисправности интерфейсов ВЧ наземной станции с подсистемой наземной связи и ЦУ с подсистемой наземной связи, т.е. при возникновении недоступности ВЧ НС и ЦУ для подсистемы наземной связи отсутствует дублирование неисправных трактов;  
- ВЧ бортовые станции не обеспечивают ретрансляцию принимаемых радиосигналов.  
25 Известен аналог по техническому решению, основанному на технологии и технических решениях HFDL [9].

- ВЧ система обмена пакетными данными, обеспечивающая осуществление процессов, содержит ВЧ бортовые станции, связанные через ВЧ радиоканалы «Воздух-Земля» с ВЧ наземными станциями, которые в свою очередь соединены с центром управления  
30 упомянутой системой и с диспетчерскими пунктами управления воздушным движением и авиалиниями через подсистему наземной связи. Каждая ВЧ наземная станция содержит контроллер ВЧ наземной станции, который связан по управлению с N ВЧ передатчиками, подключенными к N ВЧ передающим антеннам, а также с N ВЧ приемниками «Воздух-Земля», подключенными к общей ВЧ приемной антенне, с  
35 информационными входами N модуляторов однотонового многопозиционного фазоманипулированного сигнала, подключенных к N ВЧ передатчикам с информационными выходами N демодуляторов «Воздух-Земля» однотонового многопозиционного фазоманипулированного сигнала. N демодуляторов «Воздух-Земля» подключены к N ВЧ приемникам. Контроллер ВЧ наземной станции связан  
40 также с приемником сигналов единого времени, подключенного к приемной антенне сигналов единого времени, и с устройством интерфейса с подсистемой наземной связи. Каждая ВЧ наземная станция содержит по крайней мере один дополнительный ВЧ приемник связи «Земля-Земля» и по крайней мере один дополнительный демодулятор «Земля-Земля» однотонового многопозиционного фазоманипулированного сигнала,  
45 выход которого подключен к дополнительному информационному входу контроллера ВЧ наземной станции, а вход - к выходу дополнительного ВЧ приемника «Земля-Земля». Информационный вход дополнительного ВЧ приемника «Земля-Земля» подключен к общей ВЧ приемной антенне, а его управляющий вход подключен к дополнительному

управляющему выходу контроллера ВЧ наземной станции.

К недостаткам аналога следует отнести:

- при выходе из строя центра управления ВЧ системы обмена пакетными данными или сегмента наземной сети связи нарушается процесс управления элементами системы, что приведет к снижению эффективности ее работы и невозможности передачи информации с пунктов управления через ВЧ наземную станцию «последней связи на выбранный «важный» самолет, экипажу которого требуется срочная информация;
- не обеспечивается использование технологии ионосферного мониторинга для выбора наилучших частот связи;
- ВЧ бортовые станции не обеспечивают ретрансляцию принимаемых радиосигналов;
- в ВЧ бортовых станциях не обеспечивается формирование сигналов точного времени с выхода приемника глобальных навигационных спутниковых систем.

Известна ВЧ система обмена пакетными данными, которая и взята за прототип [10], содержащая ВЧ бортовые станции, связанные через ВЧ радиоканалы «Воздух-Земля» с ВЧ наземными станциями. Они в свою очередь соединены с центром управления упомянутой системы и с диспетчерскими пунктами управления воздушным движением и авиалиниями через подсистему наземной связи. Каждая ВЧ наземная станция содержит контроллер ВЧ наземной станции, который связан по управлению с N ВЧ передатчиками, подключенными к N ВЧ передающим антеннам, с N ВЧ приемниками «Воздух-Земля», подключенными к общей ВЧ приемной антенне и также связан с информационными входами N модуляторов радиосигнала, подключенных к N ВЧ передатчикам, информационными выходами N демодуляторов «Воздух-Земля» радиосигнала. Демодуляторы подключены к N ВЧ приемникам. Контроллер ВЧ наземной станции связан с приемником сигналов единого времени, подключенным к приемной антенне сигналов единого времени, и с устройством интерфейса с подсистемой наземной связи. На каждой ВЧ наземной станции, по крайней мере один ВЧ приемник связи «Земля-Земля» и по крайней мере один демодулятор «Земля-Земля» радиосигнала. Выход демодулятор «Земля-Земля» радиосигнала подключен к информационному входу контроллера ВЧ наземной станции, а вход - к выходу соответствующего ВЧ приемника «Земля-Земля». Информационный вход ВЧ приемника «Земля-Земля» подключен к общей ВЧ приемной антенне, а управляющий вход - к соответствующему управляющему выходу контроллера ВЧ наземной станции. В ВЧ бортовой станции бортовой ВЧ приемопередатчик подключен с одной стороны к антенному согласующему устройству, а с другой стороны к устройству управления ВЧ обменом данными, которое подключено с одной стороны к бортовому ВЧ приемопередатчику, а с другой стороны к пульту управления (ПУ) радиостанцией и бортовому маршрутизатору (БМ). Антенное согласующее устройство подключено с одной стороны к бортовому ВЧ приемопередатчику, с другой стороны - к бортовой ВЧ антенне. ВЧ бортовые станции с возможностью ретранслировать сообщения, принятые по ВЧ радиоканалам «Воздух-Земля» с ВЧ наземных станций и по ВЧ радиоканалам «Воздух-Воздух» и с соответствующих ВЧ бортовых станций, работают в режиме ретрансляции. Ведущая ВЧ наземная станция для соответствующей зоны подключена к подсистеме наземной связи по каналам «Земля-Земля» к соответствующим ВЧ наземным станциям, в том числе и недоступным со стороны подсистемы наземной связи, а по ВЧ радиоканалам «Земля-Воздух» - к соответствующим ВЧ бортовым станциям, требующим срочной информации.

В ВЧ наземной станции имеются N ВЧ демодуляторов радиосигналов ретранслируемых сообщений и сигналов ионосферного мониторинга, подключенных

с одной стороны к контроллеру ВЧ наземной станции, с другой стороны - через Н соответствующих ВЧ приемников для приема ретранслируемых сообщений и сигналов ионосферного мониторинга к общей ВЧ приемной антенне, а их 2Н управляющих входа подключены к соответствующим управляющим выходам контроллера ВЧ наземной

станции.  
В ВЧ бортовой станции имеются приемная ВЧ антенна, подключенная через К параллельных ВЧ приемников к соответствующим К входам/выходам устройства управления ВЧ обменом данными, устройство ретрансляции сообщений, подключенное к соответствующему входу/выходу устройства управления ВЧ обменом данными, приемник сигналов единого времени, подключенный к приемной антенне сигналов единого времени и к соответствующему входу/выходу устройства управления ВЧ обменом данными.

Прототипу присущи следующие недостатки:

- с учетом геофизических особенностей дорогостоящей подсистемы наземной связи и высокой стоимости ее организации невозможно охватить территорию страны, поэтому она охватывает только крупные населенные пункты и аэродромы. Поэтому большая часть территории не «покрыта» надежным ВЧ радиополем;

- отсутствует возможность дублирования вышедшей из строя подсистемы наземной связи ВЧ системой обмена пакетными данными, т.е. в случае выхода из строя на воздушные суда не будет поступать управляющая информация, а с них - соответствующие квитанции;

- нет возможности оперативно корректировать трафик доставки сообщений соответствующему абоненту при неисправности назначенных центром управления ВЧ радиоканалов из-за отсутствия ресурсов в ВЧ наземной станции и в ВЧ бортовой станции.

Технический результат изобретения - расширение функциональных возможностей системы, а именно, выбор оптимального радиоканала и рабочей частоты для однокачковой трассы (радиолинии, связывающей двух корреспондентов), оптимального маршрута, установления связи с требуемым абонентом за счет введения операций: обхода вышедшей из строя подсистемы наземной связи с помощью ВЧ наземных станций, доступных ВЧ бортовых станций и трансляции сообщений между объектами системы по соответствующим ВЧ радиоканалам «Земля-Земля», «Земля-Воздух», «Воздух-Земля», «Воздух-Воздух» от любого абонента системы, находящегося в зоне устойчивой связи однокачковой трассы от соответствующих ВЧ наземных станций, введения оперативной коррекции трафика доставки сообщений соответствующему абоненту при неисправности назначенных центром управления ВЧ радиоканалов.

Указанный технический результат достигается тем, что в известную систему обмена пакетными данными, содержащую ВЧ бортовые станции, связанные через ВЧ радиоканалы «Воздух-Земля» с ВЧ наземными станциями, которые в свою очередь соединены с центром управления упомянутой системы и с диспетчерскими пунктами управления воздушным движением и авиалиниями (ДП УВД и УАЛ) через подсистему наземной связи, в которой каждая ВЧ наземная станция содержит контроллер ВЧ наземной станции, который связан по управлению с N ВЧ радиопередатчиками, подключенными к N ВЧ передающим антеннам, с N ВЧ радиоприемниками «Воздух-Земля», подключенными к общей ВЧ приемной антенне, также связан с информационными входами N модуляторов радиосигнала, подключенных к N ВЧ радиопередатчикам, информационными выходами N демодуляторов «Воздух-Земля» радиосигнала, подключенных к N ВЧ радиоприемникам, кроме того контроллер ВЧ

наземной станции связан с приемником сигналов единого времени, подключенным к приемной антенне сигналов единого времени, и с устройством интерфейса с подсистемой наземной связи, на каждой ВЧ наземной станции содержится по крайней мере один ВЧ радиоприемник связи «Земля-Земля» и по крайней мере один демодулятор «Земля-Земля» радиосигнала, выход которого подключен к информационному входу контроллера ВЧ наземной станции, а вход - к выходу соответствующего ВЧ радиоприемника радиосигналов «Земля-Земля», информационный вход которого подключен к общей ВЧ приемной антенне, а управляющий вход - к соответствующему управляющему выходу контроллера ВЧ наземной станции, в ВЧ бортовой станции бортовой ВЧ приемопередатчик подключен с одной стороны к антенному согласующему устройству (АСУ), а с другой стороны к устройству управления ВЧ обменом данными, которое подключено с одной стороны к бортовому ВЧ приемопередатчику, а с другой стороны к пульту управления (ПУ) радиостанцией и бортовому маршрутизатору (БМ), АСУ подключено с одной стороны к бортовому ВЧ приемопередатчику, с другой стороны - к бортовой ВЧ антенне, при этом ВЧ бортовые станции могут ретранслировать сообщения, принятые по ВЧ радиоканалам «Воздух-Земля» с ВЧ наземных станций и по ВЧ радиоканалам «Воздух-Воздух» с соответствующих ВЧ бортовых станций, работающих в режиме ретрансляции, дополнительно введены  $(n+m+1)$ -я ВЧ наземная станция, подключенная двухсторонними связями к соответствующим входам/выходам центра управления и по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля» с теми ВЧ наземными станциями, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы, а также ВЧ наземные станции по числу ДП УВД и УАЛ, подключенные к ним двухсторонними связями, а по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля» подключенные к тем ВЧ наземными станциями, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы, при этом  $n$  доступные и  $m$  недоступные со стороны подсистемы наземной связи ВЧ наземные станции соединены ВЧ радиоканалами «Земля-Земля» только с теми ВЧ наземными станциями, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы,  $r$  ВЧ бортовые станции, в том числе и ВЧ бортовые станции, требующие срочной информации, соединены ВЧ радиоканалами «Воздух-Воздух» с теми ВЧ бортовыми станциями, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы,  $p < m < r$ , число подводимых к каждой ВЧ бортовой станции ВЧ радиоканалов не менее 3, в каждую ВЧ наземную станцию введена ЭВМ с монитором, пультом управления и клавиатурой, подключенная двухсторонними связями к контроллеру ВЧ наземной станции, а в каждую ВЧ бортовую станцию введен бортовой вычислитель с монитором, пультом управления, клавиатурой и бортовой приемник сигналов глобальных навигационных спутниковых систем с приемной антенной, подключенные двухсторонними связями к соответствующим входам/выходам устройства управления ВЧ обменом данными.

Структурная схема фрагмента заявляемой системы представлена на фигуре 1, где введены обозначения:

- 1 - ВЧ бортовая станция (ВЧ БС);
- 3 - центр управления (ЦУ) ВЧ системой обмена пакетными данными;
- 4 - диспетчерские пункты управления воздушным движением и управления авиалиниями (ДП УВД и УАЛ) (наземные пользователи ВЧ системы обмена пакетными данными);
- 6 - интерфейс ВЧ наземных станций 30 и 36 с подсистемой 34 наземной связи;
- 7 - интерфейс центра 3 управления с подсистемой 34 наземной связи;
- 8 - интерфейс ДП 4 УВД и УАЛ с подсистемой 34 наземной связи;

9 - ВЧ радиоканалы «Земля-Воздух», «Воздух-Земля» между ВЧ наземными станциями 30, 35 и ВЧ БС 1;

29 - ВЧ радиоканал «Земля-Земля» между ВЧ наземными станциями 30, 35;

30 - ВЧ наземная станция (ВЧ НС);

5 34 - подсистема наземной связи, используемая ВЧ системой обмена пакетными данными;

35 - недоступная (со стороны подсистемы наземной связи) ВЧ НС;

36 - неисправная (рассматриваемая в качестве примера) ВЧ НС;

37 - ВЧ бортовая станция (ВЧ БС), экипажу самолета которой требуется срочная информация;

38 - ВЧ радиоканалы «Воздух-Воздух» между ВЧ БС, используемые для обмена данными и ретрансляции сообщений;

41 - ВЧ радиоканалы «Земля-Земля» между (n+m+1)-й ВЧ наземной станцией и теми ВЧ наземными станциями, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы;

42 - интерфейсы ДП 4 УВД и УАЛ с ВЧ наземными станциями 46 (по числу объектов 4 управления);

43 - ВЧ радиоканалы «Земля-Земля» между ВЧ наземными станциями 46 (по числу пунктов 4 управления) и теми ВЧ наземными станциями, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы;

47 - интерфейс центра 3 управления с (n+m+1)-й ВЧ наземной станцией 44.

Причем, ВЧ бортовые станции 1 связаны через ВЧ радиоканалы 9 с ВЧ наземными станциями 30, 35, между собой - через ВЧ радиоканалы 38, если указанные объекты находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы. ВЧ наземные станции 30, 35, 36 соединены через интерфейсы 6 с подсистемой 34 наземной связи, которая в свою очередь соединена через интерфейсы 7 с центром 3 управления, через интерфейсы 8 - с ДП 4 УВД и УАЛ, которые в свою очередь через интерфейсы 42 - с ВЧ наземными станциями 46 (по числу объектов 4) и теми ВЧ наземными станциями 30, 35, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы. Кроме того, ВЧ бортовые станции 1 через ВЧ радиоканалы 9, ВЧ наземные станции 35, 30 подключены на 2 направления: через ВЧ наземные станции 46 к соответствующим ДП 4 УВД и УАЛ или через ВЧ наземные станции 44 к центру 3 управления.

Зона устойчивой связи односкачковой трассы передачи ВЧ радиосигналов характеризуется заданной вероятностью ошибочного приема при однократном отражении от ионосферы, при котором в приемную антенну поступает максимальная мощность ВЧ радиосигнала. Рабочая зона ВЧ НС или ВЧ БС односкачковой трассы имеет форму «баранки» с внутренним радиусом 500 км и внешним  $\approx 2500$  км.

ВЧ НС 36 показана условно не исправной, поэтому у нее отсутствуют связи с ВЧ БС 1 и 37. На ЦУ 3 это учитывается и трафик с ВЧ БС, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы, строится через другие ВЧ НС 30 и 35 и при необходимости через назначенные ВЧ БС 1. Трафик доставки управляющей информации на ВЧ БС воздушного судна может быть, например, следующий: ЦУ 3 - интерфейс 7 - подсистема 34 - интерфейс 6 - ВЧ НС 30<sub>2</sub> - ВЧ НС 35<sub>2</sub> - ВЧ БС 1<sub>3</sub>. Или при неисправности подсистемы 34 в ее обход: ЦУ 3 - интерфейс 47 - ВЧ НС 44 - ВЧ НС 35<sub>1</sub> - ВЧ НС 35<sub>2</sub> - ВЧ БС 1<sub>3</sub>. Квитанция (донесение) может быть доставлена на диспетчерские пункты 4 УВД и управления авиалиниями (наземным пользователям ВЧ системы обмена пакетными данными) по следующей схеме: ВЧ БС 1<sub>3</sub> - ВЧ НС 35<sub>3</sub> - ВЧ НС 30<sub>3</sub> -

интерфейс 6 - подсистема 34 - интерфейс 8 - соответствующий наземный пользователь. Или в обход подсистемы 34: ВЧ БС 1<sub>3</sub> - ВЧ НС 35<sub>3</sub> - ВЧ НС 30<sub>3</sub> - соответствующая из ВЧ НС 46 - интерфейс 42 - наземный пользователь. Все указанные объекты системы должны находиться в зоне устойчивой связи односкачковой трассы друг от друга.

5 Связанные с подсистемой 34 наземной связи ВЧ НС 30 подключены к недоступным к подсистеме 34 ВЧ НС 35 по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля». ВЧ бортовая станция 37, экипажу самолета которой требуется срочная информация (или она у них имеется), может быть соединена с соответствующим диспетчерским пунктом 4 УВД и управления авиалиниями одновременно по нескольким составным цепочкам, например: ВЧ БС 1<sub>3</sub>  
10 - ВЧ НС 35<sub>3</sub> - ВЧ НС 30<sub>3</sub> - соответствующая из ВЧ НС 46 - интерфейс 42 - наземный пользователь или по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля» в обход подсистемы 34: ВЧ БС 1<sub>г</sub> - ВЧ НС 35<sub>м</sub> - ВЧ НС 30<sub>н</sub> - соответствующая из ВЧ НС 46 - интерфейс 42 - наземный пользователь.

15 Структурная схема ВЧ наземной станции 30 или 35, или 36 заявляемой ВЧ системы обмена пакетными данными представлена на фиг. 2, где обозначено:

- 5 - ЭВМ с монитором, пультом управления и клавиатурой;
- 17 - ВЧ радиопередатчик;
- 18 - ВЧ передающая антенна;
- 20 19 - ВЧ радиоприемник «Воздух-Земля»;
- 20 - ВЧ приемная антенна;
- 21 - ВЧ модулятор радиосигнала;
- 22 - ВЧ демодулятор ВЧ радиоканала «Воздух-Земля»;
- 24 - приемник сигналов единого времени;
- 25 25 - устройство интерфейса с подсистемой 34 наземной связи;
- 26 - приемная антенна сигналов единого времени;
- 31 - ВЧ радиоприемник ВЧ радиоканала «Земля-Земля»;
- 32 - ВЧ демодулятор ВЧ радиоканала «Земля-Земля»;
- 33 - контроллер ВЧ наземных станций 30, 35, 36;
- 30 39 - ВЧ радиоприемник для приема ретранслируемых сообщений и сигналов ионосферного мониторинга;
- 40 - ВЧ демодулятор радиосигналов ретранслируемых сообщений и сигналов ионосферного мониторинга.

ВЧ наземная станция 30 или 35 или 36 заявляемой ВЧ системы обмена пакетными  
35 данными содержит в своем составе:

- N ВЧ радиопередатчиков 17, связанных с N передающими ВЧ антеннами 18, контроллером 33 ВЧ наземной станции 30 или 35, или 36 и N ВЧ модуляторами 21 радиосигнала;
- N ВЧ радиоприемников 19 ВЧ радиоканала «Воздух-Земля», связанных с общей  
40 ВЧ приемной антенной 20, контроллером 33 ВЧ наземной станции 30 или 35, или 36 и N ВЧ демодуляторами 22 ВЧ радиоканала «Воздух-Земля»;
- N ВЧ модуляторов 21 радиосигнала, связанных с N ВЧ передатчиками 17 и контроллером 33 ВЧ наземной станции 30 или 35, или 36;
- N ВЧ демодуляторов 22 ВЧ радиоканала «Воздух-Земля», связанных с N ВЧ  
45 приемниками 19 ВЧ радиоканала «Воздух-Земля» и контроллером 33 ВЧ наземной станции 30 или 35 или 36;
- N ВЧ демодуляторов 40 радиосигнала, связанных с контроллером 33 ВЧ наземной станции 30 или 35 или 36 (N=4-64), и через N ВЧ приемников 39 для приема

ретранслируемых сообщений и сигналов ионосферного мониторинга с общей ВЧ приемной антенной 20;

- по крайней мере один ВЧ радиоприемник 31 ВЧ радиоканала «Земля-Земля», связанный с общей ВЧ приемной антенной 20, контроллером 33 ВЧ наземной станции 30 или 35, или 36 и ВЧ демодулятором 32 ВЧ радиоканала «Земля-Земля»;

- по крайней мере один ВЧ демодулятор 32 ВЧ радиоканала «Земля-Земля», связанный с ВЧ приемником 31 ВЧ радиоканала «Земля-Земля» и контроллером 33 ВЧ наземной станции 30 или 35, или 36;

- контроллер 33 ВЧ наземной станции 30 или 35, или 36, связанный с N ВЧ приемниками 19 ВЧ радиоканала «Воздух-Земля», ВЧ радиоприемником 31 ВЧ радиоканала «Земля-Земля», N ВЧ радиопередатчиками 17, N ВЧ модуляторами 21 ВЧ радиоканала «Воздух-Земля», N ВЧ демодуляторами 22 ВЧ радиоканала «Воздух-Земля», ВЧ демодулятором 32 ВЧ радиоканала «Земля-Земля», приемником 24 сигналов единого времени, устройством 25 интерфейса с подсистемой 34 наземной связи;

- устройство 25 интерфейса с подсистемой 34 наземной связи, подключенное к контроллеру 33 ВЧ НС с одной стороны, а с другой стороны к подсистеме 34 наземной связи через интерфейс 6;

- радиоприемник 24 сигналов единого времени, связанный с контроллером 33 ВЧ НС 30 и с приемной антенной 26 сигналов единого времени;

- приемную ВЧ антенну 20 общего пользования, подключенную к ВЧ радиоприемникам 19 ВЧ радиоканала «Воздух-Земля» и к ВЧ радиоприемникам 31 ВЧ радиоканала «Земля-Земля»;

- N передающих ВЧ антенн 18, подключенных к N ВЧ передатчикам 17.

Структурная схема ВЧ бортовой станции 1 представлена на фиг. 3, где обозначено:

10 - бортовой ВЧ приемопередатчик;

11 - бортовое антенное согласующее устройство (АСУ);

12 - бортовая ВЧ антенна;

13 - пульт управления ВЧ приемопередатчиком (ПУ);

14 - бортовой маршрутизатор (БМ);

15 - устройство управления ВЧ обменом данными;

16 - ВЧ приемопередатчик;

23 - устройство ретрансляции сообщений;

27 - бортовой приемник сигналов глобальных навигационных спутниковых систем с приемной антенной 28;

45 - K бортовых ВЧ радиоприемников;

48 - бортовой вычислитель с монитором, пультом управления и клавиатурой;

49 - бортовая ВЧ приемная антенна.

Причем бортовой ВЧ приемопередатчик 10 состоит из ВЧ приемопередатчика 16 и устройства 15 управления ВЧ обменом данными, модем и контроллер протоколов обмена данными и другие узлы. При этом ВЧ приемопередатчик 16 подключен с одной стороны к АСУ 11, а с другой стороны к устройству 15 управления ВЧ обменом данными. Устройство 15 управления ВЧ обменом данными подключено к ВЧ приемопередатчику 16, пульту 13 управления радиостанцией, бортовым ВЧ приемникам 45, бортовому приемнику 27 сигналов глобальных навигационных спутниковых систем с приемной антенной 28, устройству 23 ретрансляции сообщений и к бортовому маршрутизатору 14. АСУ 11 подключено с одной стороны к бортовому ВЧ приемопередатчику 16, с другой стороны к ВЧ бортовой антенне 12. Бортовой маршрутизатор 14 доводит (получает) пакетные сообщения до (от) бортовых

источников/получателей информации (бортового радиоэлектронного оборудования), например, многофункционального пульта управления и индикации, принтера, компьютера, системы технического обслуживания, системы самолетовождения, системы электронной индикации и сигнализации, навигационной системы и т.п. Бортовой маршрутизатор 14 связан с бортовыми станциями других диапазонов частот и оборудованием самолета, не указанных на фиг. 3.

На фиг. 4 представлен один из вариантов структуры кадра доступа к каналу с временным разделением в ВЧ системе обмена пакетными данными, которая отличается от структуры кадра доступа к каналу в ВЧ системе обмена данными HFDDL наличием слотов доступа к каналу «Земля-Земля», меньшей длиной кадра, что позволяет увеличить темп обмена сообщениями между абонентами системы.

Для обеспечения адаптации по частоте возможен следующий вариант. Каждая ВЧ НС 30 или 35 периодически с интервалом, меньшим интервала стационарности квазирегулярных параметров ионосферы (учитывая высокоширотные авиационные трассы), излучает сигналы-маркеры "проверка связи" на назначенном наборе частот. На фиг. 5 показан один из возможных вариантов временной диаграммы излучения

маркеров на 6-ти различных частотах для одной ВЧ НС, где  $f_1$  - частота,



- маркер,  - интервал доступа к каналу (слот).

Подсистема 34 наземной связи, используемая заявляемой ВЧ системой обмена пакетными данными, может состоять, например, из соединенных между собой маршрутизаторов, подключенных к абонентам системы: центру управления ВЧ системы обмена пакетными данными, ДП 4 УВД и УАЛ.

Для обеспечения заданного уровня надежности связи в зоне ответственности каждой ВЧ наземной станции 30, 35, 36 из общего списка  $M$  ВЧ частот, выделяемых для заявляемой ВЧ системы обмена пакетными данными, в центре 3 управления упомянутой системой, например, назначают для каждой ВЧ наземной станции 30, 35, 36 на каждый временной интервал суток длительностью (1-2) часа по  $N$  активных частот, оптимальных (с точки зрения набранной статистики) по условиям распространения радиоволн и электромагнитной совместимости, с ЦУ 3 через подсистему 34 наземной связи или по ВЧ радиоканалам доводят назначенный набор частот вместе с интервалом времени его активизации до каждой ВЧ наземной станции 30, 36 и 35 соответственно, реализуя, таким образом, протокол множественного доступа с частотным разделением (FDMA), разбивают время использования каждого частотного канала на временные кадры, для реализации протокола множественного доступа к каналу с временным разделением (TDMA).

В конце каждого кадра на каждой ВЧ наземной станции 30, 35, 36 производят назначения слотов доступа следующего кадра для передачи в направлении «Воздух-Земля» или для передачи данных с конкретных ВЧ БС 1 по их предварительным запросам слотов доступа, или для передачи сообщений с любой ВЧ БС 1 в режиме случайного доступа.

С каждой ВЧ наземной станции 30, 35, 36 на всех активных частотах в первом слоте



каждого кадра излучают сигналы маркеров, которые содержат назначения слотов текущего кадра, признак ретрансляции и другую информацию, а также квитанции на сообщения, принятые с ВЧ БС 1 в предыдущих двух кадрах.

На каждой ВЧ бортовой станции 1 по результатам оценки качества приема сигналов маркеров, как минимум с трех ВЧ НС, анализируя в ЭВМ 5 принятые с ВЧ НС радиосигналы на разных частотах, выбирают лучшую частоту связи с одной из ВЧ НС 30 или 35 (ВЧ радиоканалы 9 «Воздух-Земля»). При приеме экстренных сообщений ВЧ радиоприемниками 45 с помощью устройства 23 ретрансляции сообщений в устройстве 15 управления ВЧ обменом данными формируется кодограмма и, пройдя узлы 16, 11, 12 на заданной частоте в форме радиосигнала ВЧ диапазона излучается в пространство. В режиме ретрансляции с соответствующей ВЧ НС 30 или 35 передается радиосигнал, который должен быть распознан на ВЧ БС 1. Такой радиосигнал должен иметь продолжительность, достаточную для гарантии того, что ВЧ приемник 45, находящийся в данный момент в ожидании вызова, успел просмотреть канал, в котором передается радиосигнал, до того, как его передача прекратится.

Операция автоматического составления канала по установлению связи между ВЧ наземной и ВЧ бортовой станциями является трехэтапной и выполняется следующим образом:

- вызывающая ВЧ наземная станция обращается к вызываемой ВЧ бортовой станции и передает вызывной кадр ретрансляции;
- если ВЧ бортовая станция «слышит» вызов, она передает ответный кадр, адресованный соответствующей вызывающей ВЧ наземной станции;
- если вызывающая ВЧ наземная станция получает ответ, то она теперь «знает», что с вызываемой станцией установлено двустороннее соединение. Однако вызываемая ВЧ бортовая станция еще этого не знает, поэтому вызывающая ВЧ наземная станция передает кадр подтверждения с информацией для ретрансляции, адресованный вызываемой ВЧ бортовой станции.

На ВЧ бортовой станции 37, экипажу самолета которой требуется срочная информация, принятый радиосигнал по ВЧ радиоканалу 38 «Воздух-Воздух», используемому для ретрансляции сообщений между двумя ВЧ БС с заданной заранее частотой, пройдя узлы 49, 45, 15 анализируется в бортовом вычислителе 48, а затем и через бортовой маршрутизатор 14 поступает бортовым пользователям, не показанным на фигурах. С помощью устройства 23 определяется признак ретрансляции сообщения и параметры радиосигнала, который предстоит передать по ВЧ радиоканалу 38 «Воздух-Воздух» до требуемой ВЧ БС 37. В одном из режимов К ВЧ радиоприемников 45 (К=3-5) используются для ионосферного мониторинга - определения оптимального, например, по отношению сигнал/шум, ВЧ радиоканала 9 «Воздух-Земля» по принимаемым в известные интервалы времени маркерам, излучаемым ВЧ НС 30, 35, для начала процедуры регистрации на одной из них.

Каждую ВЧ бортовую станцию 1 регистрируют на выбранном ею ВЧ канале 9 на соответствующей этому каналу ВЧ наземной станции 30 или 35, производят обмен пакетными данными в режиме TDMA через ВЧ радиоканал 9 «Воздух-Земля» между ВЧ наземной станцией 30 или 35 и ВЧ бортовой станцией 1 или 37, которая на ней зарегистрирована, до тех пор, пока качество ВЧ радиоканала 9 «Воздух-Земля» соответствует допустимому уровню. При выходе из строя сегмента подсистемы 34 наземной связи (интерфейсов (каналов) или маршрутизатора) восстановить работу системы можно с помощью трансляции по ВЧ радиоканалам 29 «Земля-Земля» от ближайшей к обрыву подсистемы наземной связи доступной ВЧ наземной станции 30

по ВЧ радиоканалам 29 «Земля-Земля» к другой (или другим) доступной (или доступным) ВЧ наземной станции 30, находящейся (находящимися) на другой стороне обрыва. При выходе из строя всей подсистемы 34 наземной связи она дублируется с помощью ВЧ радиоканалов, организованных ВЧ НС 44 и 46 с использованием

5 промежуточных узлов: ВЧ НС 30 и 35, ВЧ БС 1 и 37.

При ухудшении качества ВЧ радиоканала 9 ниже допустимого уровня с помощью бортового вычислителя 48 выбирают новый ВЧ радиоканал 9 для ВЧ бортовой станции 1 или 37 и регистрируют ее на новом выбранном ВЧ радиоканале 5 или 9, выбирают лучшую частоту приема сообщений от каждой другой ВЧ наземной станции 30 или 35

10 по результатам оценки качества приема сигналов маркеров с помощью ВЧ приемников 31 ВЧ радиоканала «Земля-Земля» и демодуляторов 32 ВЧ радиоканала «Земля-Земля», формируют таблицу слышимости по результатам выбора лучших частот приема, в которой указывают признак своей доступности (недоступности) для подсистемы 34 наземной связи, идентификаторы ВЧ наземных станций и соответствующие им номера

15 лучших частот приема с кодами рекомендуемых максимально допустимых скоростей передачи данных.

Общее планирование процедур обмена данными между абонентами системы осуществляется на ЦУ 3, а в ЭВМ 5 на ВЧ наземных станциях проводится коррекция планов связи при наличии неисправностей в оборудовании назначенного ЦУ 3 ВЧ

20 радиоканала и замена его на другой, составление тракта передачи при получении аварийного сигнала и другие операции.

На каждом частотном канале отводят один слот кадра доступа к каналу для передачи сообщений в направлении «Земля-Земля», передают таблицу слышимости одновременно с помощью N ВЧ передатчиков в слотах, которые отводят для передачи сообщений в

25 направлении «Земля-Земля», принимают таблицы слышимости от других ВЧ наземных станций 30 или 35 на предварительно выбранных лучших частотах приема с помощью приемников 31 и демодуляторов 32 ВЧ радиоканала «Земля-Земля», формируют таблицу связности сети «Земля-Земля» на основе принятых таблиц слышимости, в которой

30 указывают идентификаторы ВЧ наземных станций с признаками их доступности (недоступности) для подсистемы 34 наземной связи и соответствующие им номера лучших частот приема и передачи с кодами рекомендуемых максимально допустимых скоростей передачи данных. Таблицу связности сети «Земля-Земля» используют для выбора частот связи (приема и передачи) с другими ВЧ НС 30, 35 [10].

Пакет данных, принятый на недоступной ВЧ наземной станции 35 от

35 зарегистрированной на ней ВЧ бортовой станции 1 передают одновременно с таблицей слышимости по ВЧ радиоканалу 29 в слоте «Земля-Земля» на другую доступную ВЧ НС 30, с которой его транслируют к диспетчерскому пункту 4 УВД или УАЛ или к центру 3 управления через подсистему 34 наземной связи.

Пакет данных от диспетчерского пункта 4 управления УВД или УАЛ или от центра

40 3 управления, предназначенный для ВЧ бортовой станции, которая зарегистрирована на недоступной ВЧ наземной станции 35, передают через подсистему 34 наземной связи к доступной ВЧ НС 30, с которой затем его транслируют по ВЧ радиоканалу 29 «Земля-Земля» к недоступной ВЧ наземной станции 35, и с которой далее его передают по ВЧ радиоканалу 9 «Воздух-Земля» к ВЧ бортовой станции 1.

Пакет данных от центра 3 управления ВЧ системой обмена пакетными данными, адресованный для недоступной ВЧ наземной станции 35, передают через подсистему

45 34 наземной связи к доступной ВЧ наземной станции 30, откуда его транслируют по ВЧ радиоканалу 29 «Земля-Земля» к недоступной ВЧ наземной станции 35. Причем,

пакетное сообщение для ДП 4 УВД и УАЛ, содержит адрес получателя - объекта 4, а также адрес отправителя (ИКАО адрес борта). В бортовом вычислителе 48 ВЧ БС 1 формируют сообщение и через бортовой маршрутизатор 14, его передают в узел 15, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу 9 или 38, затем передают по ВЧ радиоканалу 9 на ВЧ наземную станцию 30 (или на ВЧ БС), находящихся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы. На приемной стороне его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по подсистеме 34 наземной связи (или на бортовые системы или для ретрансляции), и через интерфейс 6 передают в подсистему 34 наземной связи, откуда через интерфейс 8 передают к диспетчерскому пункту 4 УВД или УАЛ (или на другую ВЧ БС, находящуюся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы).

В ЭВМ 5 (в бортовом вычислителе 48 для конкретного ВС) решаются навигационные задачи: определение точного местоположения и параметров движения соответствующего самолета (координаты, курс, скорость, высота и другие) с привязкой к точному времени и вывод их на монитор диспетчеру (штурману), экстраполяция траектории движения самолета и определение района нахождения самолета в момент следующего сеанса связи для оптимизации выбора ВЧ наземных станций для связи с обслуживаемым самолетом. Данные о местоположении ВЧ БС (самолета) в каждом сеансе связи передаются на объекты 3 и 4 системы.

Если при этом ВЧ наземная станция 30 или 35, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция 1, недоступна для подсистемы 34 наземной связи, то принятое ею по ВЧ радиоканалу 9 пакетное сообщение упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу 29 «Земля-Земля», и передают по ВЧ радиоканалу 29 на другую ВЧ наземную станцию 30, доступную для подсистемы 34 наземной связи, где сообщение упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по подсистеме 34 наземной связи, передают через интерфейс 6 в подсистему 34 наземной связи, откуда передают через интерфейс 8 к соответствующему диспетчерскому пункту 4 УВД или УАЛ.

Пакетное сообщение для ЦУ 3, содержащее адрес получателя - ЦУ 3, а также адрес отправителя (ИКАО адрес борта), формируют в вычислителе 48 ВЧ бортовой станции 1, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу 9 или 38, передают по ВЧ радиоканалу 9 или 38 на ВЧ наземную станцию 30 или 35, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция 1, или на другую ВЧ БС, находящуюся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы. На приемной стороне сообщение упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по подсистеме 34 наземной связи (или по ВЧ радиоканалам 38, на другую ВЧ БС, находящуюся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы), передают через интерфейс 6 в подсистему 34 наземной связи, откуда передают через интерфейс 7 к ЦУ 3.

Если при этом ВЧ наземная станция 35, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция 1, недоступна для подсистемы 34 наземной связи, то принятое ею по ВЧ радиоканалу 9 пакетное сообщение упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу 29 «Земля-Земля», и передают по ВЧ каналу 29 на другую ВЧ наземную станцию 30, доступную для подсистемы 34 наземной связи и находящуюся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы, где сообщение упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по подсистеме 34 наземной связи, передают через интерфейс 6, подсистему 34 наземной связи, интерфейс 7 к ЦУ 3.

Пакетное сообщение от диспетчерского пункта УВД или УАЛ, содержащее адрес получателя (ИКАО адрес борта), а также адрес отправителя - ДП 4 УВД и УАЛ,

формируют на ДП 4 УВД или УАЛ, передают его через интерфейс 8 в подсистему 34 наземной связи, откуда пакет транслируют через интерфейс 6 на ВЧ наземную станцию 30 или 36, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция 1 - адресат, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу 9, и передают по ВЧ радиоканалу 9 к ВЧ бортовой станции 1.

Если ВЧ наземная станция 35, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция 1, недоступна для подсистемы 34 наземной связи, то сообщение транслируют подсистемой 34 наземной связи на другую ВЧ наземную станцию 30, доступную для подсистемы 34 наземной связи, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу 29 «Земля-Земля», и передают по ВЧ радиоканалу 29 «Земля-Земля» к недоступной ВЧ НС 35, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция 1, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу 9, и передают по ВЧ радиоканалу 9 к соответствующей ВЧ бортовой станции 1.

Пакетное сообщение от ЦУ 3 для ВЧ БС 1, содержащее адрес получателя - (ИКАО адрес борта), а также адрес отправителя - ЦУ 3, формируют в ЦУ 3, передают его через интерфейс 7 в подсистему 34 наземной связи, откуда его транслируют через интерфейс 6 на ВЧ наземную станцию 30, на которой зарегистрирована ВЧ бортовая станция 1 - адресат, где его упаковывают в пакет, предназначенный для передачи по ВЧ радиоканалу 9, и передают по ВЧ радиоканалу 9 к ВЧ БС 1 - адресату.

Приемник 27 сигналов глобальных навигационных спутниковых систем с приемной антенной 28 используется не только для получения секундных меток всемирного точного времени для синхронизации при формировании слотов в ЭВМ 5 и бортовом вычислителе 48, но и для получения точного местоположения и параметров движения самолета (координаты, курс, скорость, высота и другие) с привязкой к точному времени, необходимых на ЦУ 3 для формирования планов связи и ретрансляции сообщений соответствующим абонентам.

В бортовом вычислителе 48 оценивается качество приема нескольких маркеров (более трех) и выбирается наилучшая частота для связи. Качество сигнала считается хорошим, если сигнал принят без ошибок. На выбранной частоте с помощью бортового вычислителя 48 ВЧ БС формируется, а затем передается ответный сигнал на землю, чтобы на ЭВМ 5 ВЧ НС определила, на какой частоте передавать сообщения данной ВЧ БС.

В таблице 1 представлен в качестве примера один из вариантов построения матрицы связности для шести ВЧ НС. Каждый столбец матрицы связности характеризует номера лучших частот передачи одной станции, указанной в заголовке столбца, для других станций, указанных в заголовках строк. Строка матрицы связности характеризуют номера лучших частот приема одной станцией, указанной в заголовке строки, сигналов других станций, указанных в заголовках столбцов. При этом нумерация частот соответствует системной таблице, которую разрабатывает центр управления и доводит до всех ВЧ НС.

В ЭВМ 5 ВЧ НС 30 и 35 принятые с ЦУ 3 по подсистеме 34 или ВЧ радиоканалам через узлы 44, 46, 30, 35 данные о параметрах объектов 1, 30, 35, 36, 37 и состоянии ВЧ радиоканалов 9, 29, 38, 41, 43 сохраняются и используются для управления при отказе оборудования ЦУ 3 или выходе из строя интерфейса 7. В таких случаях предлагаемое техническое решение позволяет обеспечить децентрализованное управление самолетами с ВЧ БС 1 при выходе из строя элементов 3 и 7. В скобках указаны рекомендуемые максимальные скорости передачи данных. Матрицу связности ВЧ бортовая станция

использует для определения частоты прослушивания сигнала, передаваемого в слоте «Земля-Земля», содержащего матрицу слышимости, а также при необходимости сообщение от другой ВЧ НС. Также матрица связности используется для определения частоты передачи сообщения для другой станции в слоте «Земля-Земля».

Таблица 1

| Номер ВЧ НС | Признак исправности интерфейса | Матрица связности сети «Земля-Земля»<br>Лучшие частоты передачи и приема<br>и рекомендуемые скорости в сети «Земля-Земля» |          |          |          |          |          |
|-------------|--------------------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
|             |                                | ВЧ НС №1  | ВЧ НС №2 | ВЧ НС №3 | ВЧ НС №4 | ВЧ НС №5 | ВЧ НС №6 |
| 1           | 1                              | -   | 5(3)     | 1(4)     | 2(3)     | 0(0)     | 0(0)     |
| 2           | 1                              | 1(4)  | -        | 2(4)     | 1(4)     | 5(2)     | 0(0)     |
| 3           | 1                              | 5(1)  | 3(1)     | -        | 0(0)     | 4(3)     | 0(0)     |
| 4           | 0                              | 4(1)  | 2(4)     | 5(3)     | -        | 3(4)     | 0(0)     |
| 5           | 1                              | 4(2)  | 5(2)     | 3(3)     | 4(2)     | -        | 0(0)     |
| 6           | 1                              | 0(0)  | 0(0)     | 0(0)     | 0(0)     | 0(0)     | -        |

Данная система отличается от известных аналогов в области техники связи и соответствует критерию «новизна». Предлагаемое техническое решение явным образом не следует из уровня техники, поэтому имеет изобретательский уровень. Сравнение заявляемого устройства с аналогами показывает, что вновь введенные узлы известны специалистам в области техники связи. Заявляемая система может быть реализована на существующих серийных изделиях, применяемых в технике связи, и является промышленно применимой.

Использование в цифровых средствах связи ВЧ диапазона, в основе аппаратной части и программного обеспечения архитектуры открытых систем позволяет широко применять коммерческие технологии и современные технические решения. Возможность перепрограммирования является важным требованием и преимуществом аппаратуры системы. Она позволяет с помощью ЭВМ 5 и бортового вычислителя 48, в памяти которых хранятся наборы взаимозаменяемых аппаратно-независимых программ по формированию радиосигналов с различными протоколами связи, процедур сетевого соединения, алгоритмов ретрансляции и других процедур, осуществлять настройку аппаратуры приемо-передающих трактов для работы в различных условиях. Перепрограммируемые средства связи позволяют использовать не только последние достижения в области информационных технологий, имеющиеся на период их создания, но также дают возможность внедрения новых разработок по мере их появления.

В системе применяется принцип организации ВЧ системы обмена пакетными данными аналогично технологии "лавинная связь" [11]. Характерной ее особенностью, по сравнению с традиционными принципами ("каждый с каждым" или через выделенный отдельный ретранслятор), является отсутствие необходимости учета условий распространения радиоволн между отдельными ВЧ наземными и бортовыми станциями. Повышение устойчивости связи достигается повторением передаваемых сообщений выбранными в ЦУ 3 ВЧ радиоканалами различных ВЧ наземных станций в количестве

не менее 3. Общее число ретрансляций определяется числом выделенных ВЧ радиоканалов и осуществляется по алгоритму, обеспечивающему заданную вероятность ошибочного приема для любой ВЧ станции. Сравнение вероятности безошибочного приема для любой пары абонентов системы при прямой связи между корреспондентами и при работе системы по принципу «лавинной связи», проведенные фирмой Harris Corp., показали, что в последнем случае заданная вероятность безошибочного приема (0,994) обеспечивалась при отношении сигнал/шум приблизительно на 20 дБ меньше, чем это требовалось при организации прямой связи [11].

Важной особенностью системы является возможность адаптивной связи не только в ВЧ радиоканалах "Воздух-Земля", но и в каналах "Земля-Земля" и «Воздух-Воздух», которые используют те же частотные каналы, а для выбора частоты те же сигналы (маркеры). Таким образом, между всеми абонентами системы создается многоканальный "ствол" магистральной ВЧ радиосвязи.

ВЧ система обмена пакетными данными может быть использована для организации отечественной сети связи ВЧ диапазона.

#### Литература

1. ARINC 635-3. Specification. HF Data Link Protocols. 12/2000.
2. ARINC Characteristics 753-3. HF Data Link System. 2001.
3. Приложение 10 к соглашениям ИКАО (Том 3, часть 1, глава 11). Женева. ИКАО. 2000.
4. GLOBALLink/HF. HF DATA LINK. Technical Experts Meeting. Moscow. 16-17 May. 1996.
5. Dr.D. Yaviz. Cost of Truly Mobile Beyond Line-Of-Sight Communications or «How Much Does it Cost to Get a Bit From A to B?». HARRIS, 1994.
6. ARINC 634. Specification. HF Data Link System Design Guidance Material. 8/96.
7. Руководство по ВЧ линии данных. Женева. ИКАО. 2001.
8. Report from the AD HOC Working Group on HF Data Link. Draft Version 1.0. 29 September 1995.
9. Патент РФ №2286030.
10. Патент РФ №2612276 (прототип).
11. [https://www.harris.com/sites/default/files/downloads/solutions/stt\\_data\\_sheet.pdf](https://www.harris.com/sites/default/files/downloads/solutions/stt_data_sheet.pdf).

#### (57) Формула изобретения

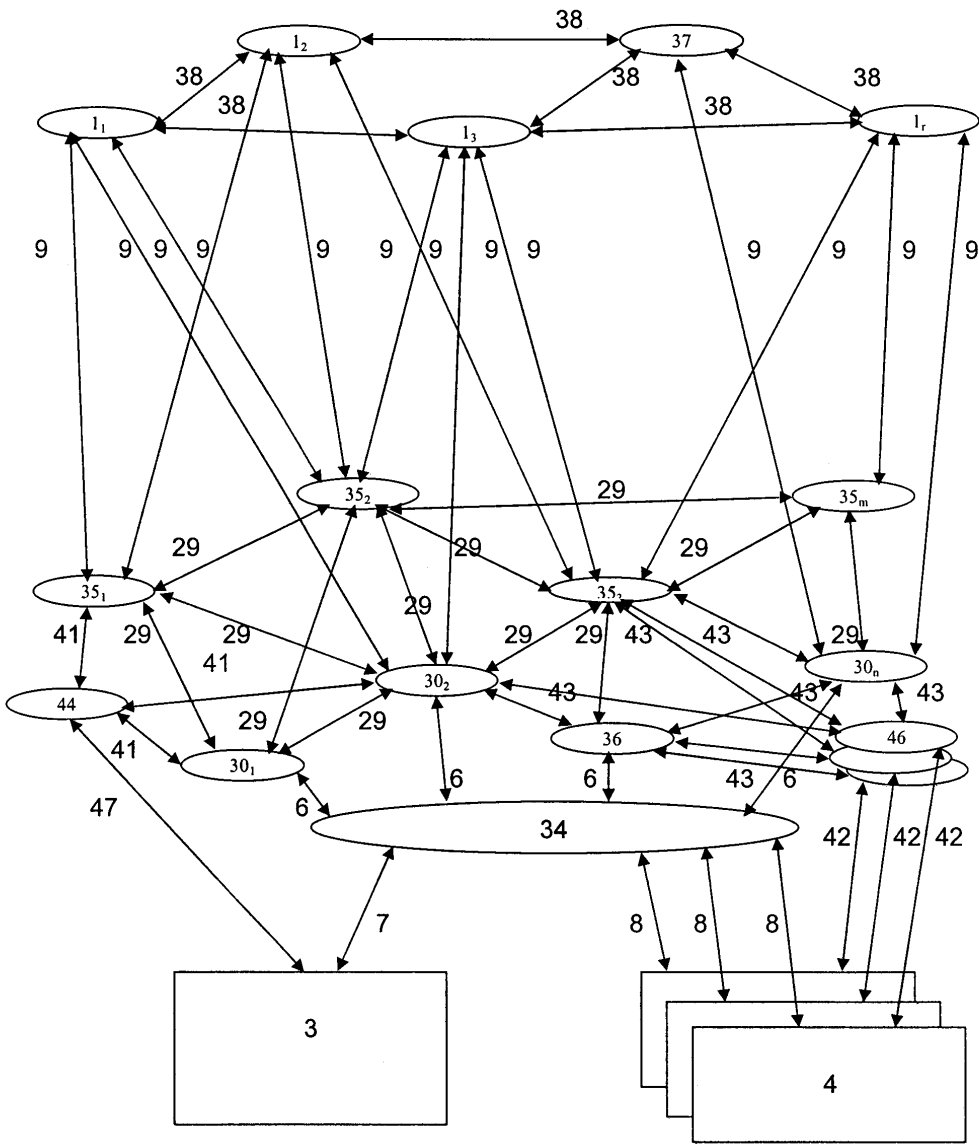
ВЧ система обмена пакетными данными, содержащая ВЧ бортовые станции, связанные через ВЧ радиоканалы «Воздух-Земля» с ВЧ наземными станциями, которые в свою очередь соединены с центром управления упомянутой системы и с диспетчерскими пунктами управления воздушным движением и авиалиниями (ДП УВД и УАЛ) через подсистему наземной связи, в которой каждая ВЧ наземная станция содержит контроллер ВЧ наземной станции, который связан по управлению с N ВЧ радиопередатчиками, подключенными к N ВЧ передающим антеннам, с N ВЧ радиоприемниками «Воздух-Земля», подключенными к общей ВЧ приемной антенне, также связан с информационными входами N модуляторов радиосигнала, подключенных к N ВЧ радиопередатчикам, информационными выходами N демодуляторов радиосигнала «Воздух-Земля», подключенных к N ВЧ радиоприемникам, кроме того контроллер ВЧ наземной станции связан с приемником сигналов единого времени, подключенным к приемной антенне сигналов единого времени, и с устройством интерфейса с подсистемой наземной связи, на каждой ВЧ наземной станции содержится по крайней мере один ВЧ радиоприемник связи «Земля-Земля» и по крайней мере один

демодулятор радиосигнала «Земля-Земля», выход которого подключен к информационному входу контроллера ВЧ наземной станции, а вход - к выходу соответствующего ВЧ радиоприемника радиосигналов «Земля-Земля», информационный вход которого подключен к общей ВЧ приемной антенне, а управляющий вход - к соответствующему управляющему выходу контроллера ВЧ наземной станции, в ВЧ бортовой станции бортовой ВЧ приемопередатчик подключен с одной стороны к антенному согласующему устройству (АСУ), а с другой стороны к устройству управления ВЧ обменом данными, которое подключено с одной стороны к бортовому ВЧ приемопередатчику, а с другой стороны к пульту управления радиостанцией и бортовому маршрутизатору, АСУ подключено с одной стороны к бортовому ВЧ приемопередатчику, с другой стороны - к бортовой ВЧ антенне, при этом ВЧ бортовые станции могут ретранслировать сообщения, принятые по ВЧ радиоканалам «Воздух-Земля» с ВЧ наземных станций и по ВЧ радиоканалам «Воздух-Воздух» с соответствующих ВЧ бортовых станций, работающих в режиме ретрансляции, отличающаяся тем, что в нее дополнительно введены  $(n+m+1)$ -я ВЧ наземная станция, подключенная двухсторонними связями к соответствующим входам/выходам центра управления и по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля» к тем ВЧ наземным станциям, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы, а также ВЧ наземные станции по числу ДП УВД и УАЛ, подключенные к ним двухсторонними связями, а по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля» подключенные к тем ВЧ наземным станциям, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы, при этом  $n$  доступные и  $m$  недоступные со стороны подсистемы наземной связи ВЧ наземные станции соединены по ВЧ радиоканалам «Земля-Земля» только с теми ВЧ наземными станциями, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы,  $r$  ВЧ бортовые станции, в том числе и ВЧ бортовые станции, требующие срочной информации, соединены ВЧ радиоканалами «Воздух-Воздух» с теми ВЧ бортовыми станциями, которые находятся в зоне устойчивой связи односкачковой трассы,  $n < m < r$ , число подводимых к каждой ВЧ бортовой станции ВЧ радиоканалов не менее 3, в каждую ВЧ наземную станцию введена ЭВМ с монитором, пультом управления и клавиатурой, подключенная двухсторонними связями к контроллеру ВЧ наземной станции, а в каждую ВЧ бортовую станцию введен бортовой вычислитель с монитором, пультом управления, клавиатурой и бортовой приемник сигналов глобальных навигационных спутниковых систем с приемной антенной, подключенные двухсторонними связями к соответствующим входам/выходам устройства управления ВЧ обменом данными.

1

1

ВЧ система обмена пакетными данными

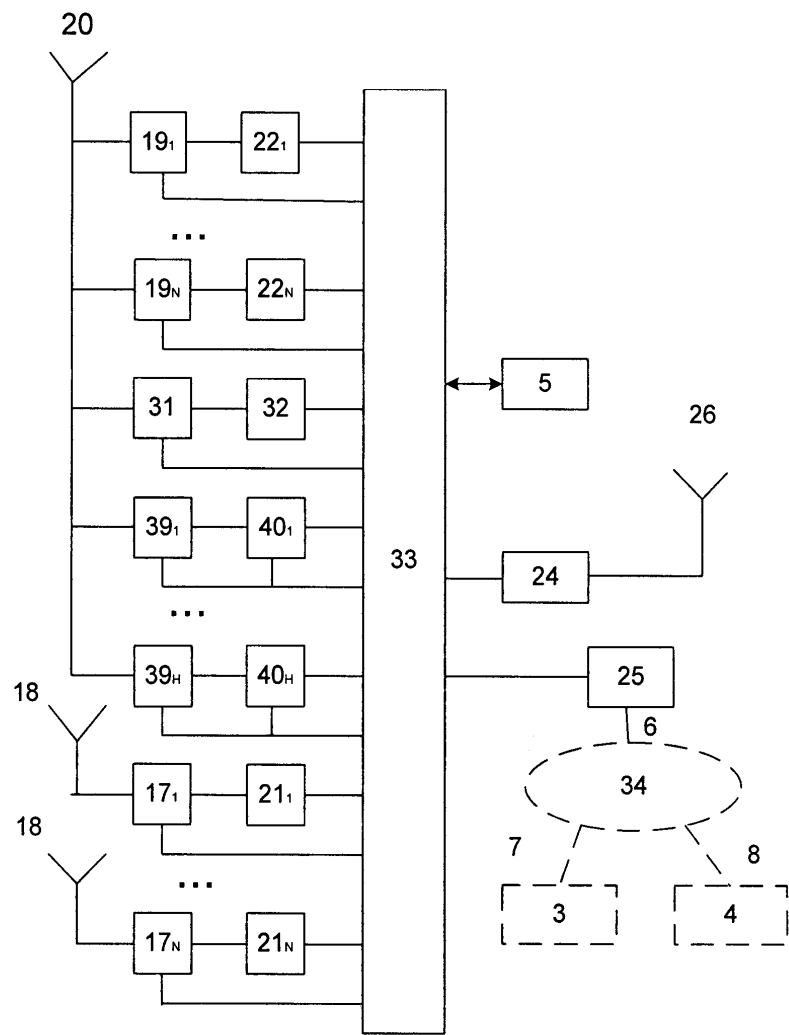


Фиг. 1

2

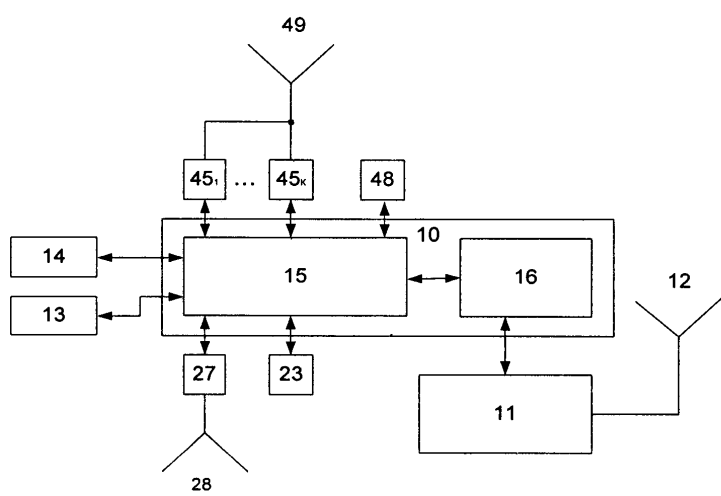


2



Фиг.2

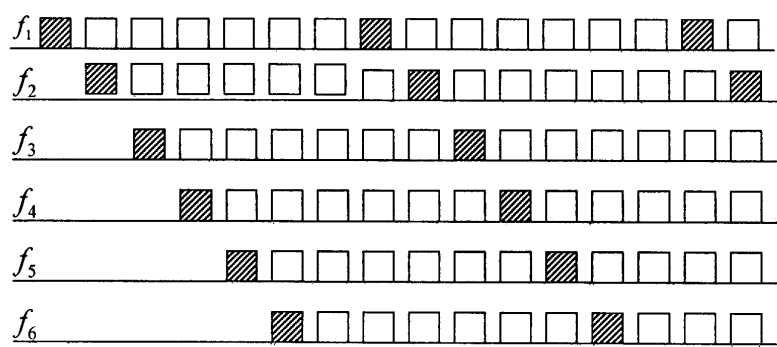
3



Фиг. 3

|        | ВЧ радиоканал |               |             |              |               |             |        |
|--------|---------------|---------------|-------------|--------------|---------------|-------------|--------|
| Маркер | Земля-Воздух  | Воздух-Воздух | Земля-Земля | Воздух-Земля | Воздух-Воздух | Земля-Земля | Маркер |

Фиг. 4



Фиг 5