

УДК: 621.396.2

DOI: 10.53816/23061456_2022_9–10_3

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ КОРАБЕЛЬНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СВЯЗИ

PRINCIPLES OF BUILDING A SHIP BROADBAND COMMUNICATION SYSTEM

Д-р техн. наук А.А. Катанович¹, д-р воен. наук Г.В. Сызранцев², канд. воен. наук В.А. Цыванюк¹

D.Sc. A.A. Katanovich, D.Sc. G.V. Syzrantsev, Ph.D. V.A. Tsyvanyuk

¹ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова»,

²Московский технический университет связи и информатики

В статье на основе анализа широкополосных систем связи разработаны принципы построения системы корабельной широкополосной связи для автоматической организации высокоскоростных сетей передачи данных и обеспечения надежного высокоскоростного обмена информацией между основными устройствами широкополосной связи — создание единого информационного пространства на заданной акватории. При этом каждое устройство несет основную информационную нагрузку, осуществляя мультиплексирование независимых информационных каналов пользователей в единый поток данных, а также администрирование и управление системой в целом.

Ключевые слова: широкополосная связь, система широкополосного беспроводного доступа, корабль, передача данных, управление системой.

In the article, based on the analysis of broadband communication systems, the principles of building a shipboard broadband communication system for the automatic organization of high-speed data transmission networks and ensuring reliable high-speed information exchange between the main broadband communication devices have been developed – is the construction of a single information space in a given water area. At the same time, each device carries the main information load, multiplexing independent information channels of users into a single data stream, as well as administration and management of the system as a whole.

Keywords: broadband communication, broadband wireless access system, ship, data transmission, system management.

Корабельные и авиационные УКВ радиостанции обеспечивают ближнюю связь в пределах прямой видимости абонентов [1–5]. УКВ диапазон обладает достаточно большим частотным ресурсом и в то же время ограниченной дальностью связи. Помехи в данном диапазоне создают в основном абоненты, находящиеся на кораблях, удаленных от берега (от других абонентов), на небольшое расстояние, причем уровень

этих помех невысокий [6]. Важным недостатком радиостанций УКВ диапазона считают небольшую дальность связи (прямая видимость), при этом он практически не оказывает негативного влияния на управление силами ВМФ в тактическом звене управления — тактических группах, корабли которых решают главным образом задачи по предназначению на небольшой удаленности друг от друга. Необходимость наличия на

кораблях средств связи, способных обеспечить управление, используя УКВ диапазон, не вызывает сомнений.

Широкополосные системы связи имеют множество преимуществ по сравнению с другими системами передачи данных. Благодаря существенному выигрышу в отношении сигнал/шум (ОСШ) — порядка 30 дБ стала возможной реализация широкополосных спутниковых систем связи.

Наиболее известным примером широкополосной модуляции является обычная частотная модуляция с индексом, большим единицы. Полоса, занимаемая частотно-модулированным сигналом, является функцией не только ширины информационного сигнала, но и видов модуляции. Во всех широкополосных системах выигрыш в величине отношения мощности сигнала к мощности шума достигается в процессе модуляции/демодуляции. При частотно-модулированных сигналах ОСШ на выходе демодулятора составляет $3\mu(S/N)$, где μ — максимальное значение индекса частотной модуляции; (S/N) — ОСШ в полосе модулирующих частот или в полосе информационного сигнала; S — мощность сигнала, дБ; N — мощность шума, дБ.

Широкополосную частотную модуляцию можно рассматривать как широкополосный метод передачи, поскольку получаемый высокочастотный спектр (радиочастоты) имеет ширину, значительно превосходящую ширину спектра частот, занимаемого информационным сигналом.

Из всех возможных широкополосных видов модуляции можно выделить следующие три основных вида.

1. Модуляцию несущей цифровой кодовой последовательности с частотой следования символа, во много раз превосходящей ширину полосы информационного сигнала. Такие системы называются системами с одночастотным псевдослучайным сигналом.

2. Модуляцию несущей цифровой кодовой последовательности путем изменения (сдвига) частоты в дискретные моменты времени на некоторую величину, значение которой задается кодовой последовательностью. Такое изменение частоты называется частотным скачком. В этом случае в передатчике происходят мгновенные

переходы с одной частоты на другую, каждая из которых выбирается из некоторого заранее определенного множества, причем порядок использования частот определяется кодовой последовательностью.

3. Линейную частотную модуляцию импульсов, в результате которой частота несущей изменяется в широкой полосе частот за время, равное длительности импульса.

Метод широкополосной передачи был открыт К.Е. Шенноном, который ввел в рассмотрение понятие пропускной способности канала, бит/с:

$$C = W \log_2 (1 + P_s / P_n), \quad (1)$$

где C — пропускная способность, бит/с; W — ширина полосы, Гц; P_s — мощность сигнала, дБ; P_n — мощность шума, дБ.

Уравнение (1) устанавливает связь между возможностью осуществления безошибочной передачи информации по каналу с заданным ОСШ и полосой частот, отведенной для передачи информации. Для любого заданного ОСШ малая вероятность ошибок при передаче получается при увеличении полосы частот, отводимой для передачи информации.

Следует отметить, что сама информация может быть введена в широкополосный сигнал несколькими способами. Наиболее известный способ заключается в наложении информации на широкополосную модулирующую последовательность сигналов. Этот способ пригоден для любой широкополосной системы, в которой применяется кодовая последовательность для расширения спектра высокочастотного сигнала (системы с одночастотными и многочастотными псевдослучайными сигналами). Очевидно, что передаваемая информация в этом случае должна быть представлена в некотором цифровом виде, поскольку наложение информации на двоичную кодовую последовательность обычно выполняется в виде операции сложения по модулю 2. Информация не может быть использована для непосредственной модуляции несущей до расширения спектра. При этом обычно применяется один из видов угловой модуляции, поскольку в большинстве случаев желательно, чтобы огибающая выходного высокочастотного сигнала в широкополосных системах была постоянной.

Следует отметить некоторые свойства широкополосных систем: способность селективной адресации; возможность уплотнения на основе кодового разделения для систем с многократным доступом; обеспечение скрытной передачи за счет использования сигналов с малой спектральной плотностью мощности; сложность расфировки сообщений при прослушивании; высокую разрешающую способность при измерениях дальности; помехозащищенность.

Однако невозможно представить, чтобы система одновременно обладала всеми перечисленными свойствами. Например, сигнал, обладающий хорошей скрытностью, не всегда может быть принят на фоне интенсивных помех. Система могла бы удовлетворить и тем и другим требованиям, если использовать режим передачи с пониженной мощностью, когда требуется обеспечить скрытность, и режим передачи с повышенной мощностью для подавления интерференционных помех [7].

Известна система широкополосного беспроводного доступа [8], работающая на частотах 4850–6425 МГц и состоящая из беспроводного репитера, адаптера, маршрутизатора беспроводной связи, коммутатора, антенны и роутера, с поддержкой асимметричной цифровой абонентской линии ADSL и технологии быстрого мобильного интернета 4G. Недостатком данной системы является низкая скорость передачи данных с широкой диаграммой направленности при ведении связи с подвижными объектами.

Система широкополосной связи [9], используемая для организации связи между кораблем и вертолетом и работающая на частотах 10000–10500 МГц, состоит из цифрового блока бортового приемопередающего, антенно-электронного блока бортового приемного, антенно-электронного блока бортового передающего и автоматизированного рабочего места оператора. Недостатком данного устройства является низкая скорость передачи данных как между вертолетами, так и между кораблями.

Принимая во внимание то обстоятельство, что каждая радиостанция работает в своем диапазоне частот, на различных скоростях передачи данных и с разными помехозащищенными кодами, отмечаем, что встречную работу между собой они не поддерживают.

Известна радиостанция Р-620 [10], работающая на частотах 1500–1750, 2412–2462 МГц и состоящая из блока коммутации и управления с вычислительным модулем, блока широкополосных сетей, блока усилителей мощности, блока аппаратного расширения стыков, блока антенно-фидерного тракта и пульта управления. Недостатком данного устройства является то, что радиостанция работает в узком диапазоне частот, на низкой скорости передачи данных и не поддерживает встречную работу с указанными средствами широкополосного доступа.

Для уменьшения габаритов при расширении рабочего диапазона частот и функциональных возможностей за счет введения новых режимов работы, позволяющих увеличить пропускную способность радиотракта и обеспечить встречную работу с помощью других средств широкополосного доступа, предлагается использовать корабельную систему широкополосной связи (КСШС). На рисунке представлена функциональная схема соединений КСШС.

Широкополосный модуль приемопередачи 1 является основной частью КСШС и состоит из МП, БКОГ, МТ, МЦОС, БАЭМ и ТМ. Все модули объединены при помощи кроссплаты. Кроссплата выполняет функцию коммутации сигналов управления и опорного генератора частотой 100 МГц.

Блок антенно-электронный многодиапазонный 2 представляет собой активный антенный многодиапазонный приемопередающий модуль и служит для выбора частотных диапазонов, обусловленного в первую очередь необходимостью обеспечения взаимодействия большого количества различных объектов и включения в их состав разнообразных средств приема и передачи информации, работающих в разных частотных диапазонах. Он состоит из приемных и передающих плат-конвертеров, обеспечивающих преобразование промежуточной частоты в соответствующую рабочую частоту выбранного диапазона L (800–1000, 1000–1200 МГц), диапазона S (2300–2600 МГц), диапазона C (5000–5500 МГц) или диапазона X (10000–10500 МГц), из приемных и передающих плат усилителей, выполняющих усиление сигналов на рабочей частоте и управление лучом диаграммы направленности в азимутальной ($\pm 30^\circ$) и угломестной ($\pm 25^\circ$) плоскостях; антенного полотна с излучателями



Рис. Функциональная схема соединений корабельной системы широкополосной связи:

1 — широкополосный модуль приемопередачи (ШМПП); 2 — блок антенно-электронный многодиапазонный (БАЭМ); 3 — модуль цифровой обработки сигналов (МЦОС); 4 — кроссплата (КП); 5 — модуль трансиверов (МТ); 6 — телематический модуль (ТМ); 7 — блок коммутации и опорного генератора (БКОГ); 8 — модуль электропитания (МП); 9 — блок маршрутизации и управления (БМУ); 10 — автоматизированное рабочее место автоматизированного комплекса связи (АРМ АКС); 11 — блок электропитания (БЭ)

и платы сопряжения. Устройство широкополосной связи предлагается использовать как связующее звено, обеспечивающее взаимодействие между подвижными объектами с помощью средств передачи данных на требуемой скорости.

Модуль цифровой обработки сигналов 3 обеспечивает формирование стробов ПРМ/ПРД, управление по интерфейсу RS-485 блоком АЭМ 1, устройством включения соответствующего диапазона частот и лучом диаграммы направленности в зависимости от поставленной задачи.

Кроссплата 4 выполняет функции коммутации сигналов управления и опорного генератора частотой 100 МГц.

Модуль трансиверов 5 обеспечивает формирование выходных сигналов передатчика с необходимыми сигнально-кодowymi конструкциями на промежуточной частоте 1550 МГц, обработку входных сигналов на промежуточную частоту и отправку их в модуль ЦОС 3.

Телематический модуль 6 состоит из модулей ГЛОНАСС/GPS, акселерометра, обеспечивающих определение координат, времени, курса и угла отклонения по вертикали, а также выдачу данных позиционирования по протоколу информационно-логического сопряжения.

Блок коммутации и опорного генератора 7 состоит из высокочастотного прецизионного малошумящего кварцевого генератора ГК219-ТС частотой 100 МГц, который служит для обеспе-

чения высокоточного опорного колебания для модуля ЦОС и ячейки БАЭМ, коммутатора потоков Ethernet 1000 Base-T и интерфейса Ethernet 1000 Base-X (оптика), телематического модуля. Генератор высокой частоты предназначен для получения высокочастотных колебаний, частота которых удовлетворяет высоким требованиям к точности и стабильности частоты КСШС. Синтезатор преобразует частоту колебаний опорного генератора, которая обычно постоянна, в любую другую частоту, которая в данное время необходима для радиосвязи. Уровень стабильности частоты при этом преобразовании не должен существенно снижаться.

Модуль электропитания 8 обеспечивает напряжением 5 В через кроссплату всех микросхем ШМПП.

Блок маршрутизации и управления 9 обеспечивает коммутацию и управление ШМПП в варианте исполнения модуля, имеющего до шести блоков. Блок маршрутизации и управления представляет собой маршрутизатор, обеспечивающий разнесение ШМПП по разным подсетям, а также автоматический интеллектуальный выбор оптимального ШМПП, для встречной работы в радиоканале.

Автоматизированное рабочее место 10 обеспечивает удобный интерфейс пользователя для эксплуатации и управления устройством широкополосной связи.

Блок электропитания 11 обеспечивает формирование входного напряжения 27 В постоянного тока для ШМПП и блока маршрутизации и управления от трех типов бортовой сети: напряжением 220 В (однофазной с переменным током частотой 50/400 Гц), напряжением 380 В (трехфазной с переменным током и частотой 50 Гц) и напряжением 27 В (с постоянным током).

Функционирование системы корабельной широкополосной связи осуществляется следующим образом.

Основными потребителями и источниками информации, передаваемой по каналам КСШС, являются различные комплексы связи корабля, а также комплекс средств телекоммуникаций, в состав которого входят терминалы видеотелефонной связи и электронной почты. КСШС предоставляет услуги по передаче и приему:

- речи в цифровой форме (IP-телефония);
- электронной корреспонденции;
- файлов (текстовых, графических и иных);
- видео со звуковым сопровождением.

Блок электропитания устройства широкополосной связи подключается к сети 220/380 В, 50/400 Гц либо 27 В. При его включении одновременно происходит запитывание напряжением 27 В модулей ЦОС, трансиверов, телематического модуля, блока маршрутизации и управления, блока коммутации и опорного генератора, и БАЭМ, состоящего из плат усилителей, конвертеров, сопряжения и антенного полотна, выполненного по принципу активной фазированной антенной решетки диапазонов L , S , C , X .

При включении в работу устройства широкополосной связи в БАЭМ производится частотное сканирование во всех диапазонах с целью сбора информации о помеховой обстановке в радиоэфире с определением оптимального для передачи данных канала, причем важно выдерживать межэлементное расстояние, как правило, от $0,5\lambda$ до $0,7\lambda$ (λ — длина волны), чтобы избежать взаимного влияния излучателей и появления дифракционных максимумов при сканировании. Поскольку формирование апертуры происходит в нескольких диапазонах на одном антенном полотне, то следует выбрать частоты таким образом, чтобы сетки расположения излучателей каждого диапазона не пересекались (т.е. накладывались без коллизий). Таким образом, при кратности частот межэлементное расстоя-

ние также кратко. Поэтому размещать излучатели можно между излучателями других диапазонов на эквидистантном расстоянии, обеспечивая симметричность структуры и уменьшая взаимное влияние, в том числе отклонение диаграммы направленности отдельных излучателей. С учетом этого в разрабатываемом антенном полотне: выбирается межэлементное расстояние диапазона C 35 мм ($\sim 0,6\lambda$); излучатели диапазона S располагаются между излучателями диапазона C с шагом 70 мм ($\sim 0,6\lambda$) со сдвигом 17,5 мм (половина шага C диапазона); излучатель (при масштабировании — излучатели) диапазона L располагается между излучателями диапазона S , равно как и между излучателями диапазона C , по центру полотна. Так как из-за линейных размеров излучателей диапазона C вызывает затруднение их размещение между излучателями диапазона X , а также повышается плотность активных элементов активной фазированной антенной решетки, апертуры диапазона X вынесены в отдельные модули. Ввиду сложности обеспечения электромагнитной совместимости активной фазированной антенной решетки и кратности частот вводится ограничение на одновременное использование нескольких диапазонов в пределах одного широкополосного модуля приемопередачи, поэтому предполагается использование в определенное время только одного диапазона. При выборе сигнально-кодовых конструкций и полосы сигнала следует учитывать факт снижения пропускной способности канала из-за увеличения дальности и, следовательно, большей траты времени на ожидание ответа. Для того чтобы КСШС могла регулировать усиление тракта по мощности, был произведен расчет требуемого отношения сигнал/шум SNR на выходе приемного устройства при условии наличия прямой оптической видимости в отсутствие дифракционных потерь.

Вычисляем частотную полосу пропускания сигнала приемного устройства по формуле

$$\Delta F = S(1 + \beta)(1 + V_{\text{ст}})/va,$$

где S — скорость передачи информации; β — коэффициент сглаживания фильтра Найквиста (0,5); $V_{\text{ст}}$ — объем служебного трафика (30%); v — скорость кода (1/2); a — спектральная эффективность модуляции. В данном случае для

расчета отношения SNR используется модуляция с эффективностью $a = 1$.

Определяем потери энергии сигнала, дБ, на трассе распространения сигнала между антеннами объектов по формуле

$$L = -32,33 - 20 \lg(f) - 20 \lg(R) + G_r + G_t, \quad (2)$$

где f — частота несущей передаваемого сигнала, МГц; R — расстояние между передатчиками, км; G_t и G_r — усиление, дБ, приемной и передающей антенн соответственно. При этом $G_t = 0$, так как используется понятие эквивалентной изотропно-излучаемой мощности (ЭИИМ) $G_r = -4$ дБ для диапазона L , $G_r = 9$ дБ для диапазона S , $G_r = 15$ дБ для диапазона C , $G_r = 12$ дБ для диапазона X .

Мощность сигнала, Вт, в точке приема определим из выражения

$$P_{\text{прм}} = 10^{[(P_{\text{прд}} + L)/10] - 3}, \quad (3)$$

где L — величина из формулы (2), выраженная в децибелах; $P_{\text{прд}}$ — эквивалентная изотропно-излучаемая мощность передатчика, выраженная в децибелах относительно милливатта (дБм).

Минимальную мощность P в точке приема, Вт, при которой мощность сигнала на выходе линейного тракта приемника превышает мощность шума в заданное число раз (реальная чувствительность приемника), определяем по формуле

$$P_{\text{прмmin}} = k T \Delta F K_n SNR, \quad (4)$$

где k — постоянная Больцмана $= 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; T — абсолютная температура приемника, К; ΔF — полоса пропускания приемника, Гц; K_n — коэффициент шума приемника; SNR — отношение сигнал/шум на выходе линейного тракта приемника.

В качестве величины $P_{\text{прмmin}}$ принимается вычисленная по формуле (3) мощность сигнала в точке приема $P_{\text{прм}}$; оценивается необходимое значение отношения сигнал/шум SNR . Предполагается, что величина коэффициента шума приемника $K_n = 3$ дБ или $K_n = 1,99$ раза.

Отношение сигнал/шум на входе линейного тракта приемника определяется по формуле

$$SNR = P_{\text{прмmin}} / k T \Delta F K_n. \quad (5)$$

Абсолютная температура T приемника задается равной эталонной 290 К, поскольку именно эта величина является стандартной при определении коэффициента шума приемника (принята ассоциацией IEEE) и приближенной оценкой температуры приемника в большинстве каналов связи.

Требуемые параметры сигнально-кодовой конструкции передатчика открытой радиосвязи Open Wi-Fi, необходимого для создания КСШС, а также результаты вычислений по формуле (5) рассчитанные значения отношения сигнал/шум SNR на выходе линейного тракта приемника приведены в табл. 1.

На основе данных, представленных в табл. 1, определяем вероятность битовой ошибки приема BER. Для этого рассчитываем отношение энергии сигнала, приходящейся на бит принимаемого сообщения E_b , к энергетической спектральной плотности шума N_0 .

$$E_b/N_0 = SNR - 10 \lg(m) + 10 \lg(1/\nu) + K_{\text{кор}}, \quad (6)$$

где $m = \log_2 M$ — коэффициент маппинга (число битов на символ информации); M — объем алфавита; $K_{\text{кор}}$ — корректирующий коэффициент, учитывающий энергетические затраты при использовании LDPC-кода (0,44).

На основе значений отношения E_b/N_0 проводим расчет вероятности битовой ошибки BER, полученные данные представлены в табл. 2.

Из данных, приведенных в табл. 2, следует, что применение технологии открытой радиосвязи Open Wi-Fi в КСШС потенциально может обеспечить требуемые параметры дальности и скорости передачи информации. При работе с модуляциями 16-QAM, 64-QAM переведем усилитель в более линейный режим, что позволит уменьшить эквивалентную изотропно-излучаемую мощность и, соответственно, уровень SNR на выходе линейного тракта приемника.

Сигнал с платы сопряжения БАЭМ через кроссплату приходит в модуль трансиверов, в котором осуществляется обработка аналоговой части сигнала, выделение полезного высокочастотного сигнала и передача его в модуль цифровой обработки сигналов. Модуль ЦОС контролирует формирование необходимых напряжений ячейками питания,

Таблица 1

Параметры сигнально-кодовых конструкций КСШС

Дальность связи, км	Диапазон частот, МГц	Требуемая скорость, Мбит/с	Максимальная частота, МГц	ЭИИМ, дБм	Вид модуляции	Скорость кода	Полоса сигнала, МГц	Теоретический предел скорости, Мбит/с	Требуемое SNR, дБ
12,5	L	50	1200	47	16-QAM	1/2	80	117	18,9
	S		2600	45					
	C	100	5500	50	64-QAM	5/6	80	292,5	27,7
	X		10500	52					
25	L	10	1200	47	QPSK	1/2	40	27	15,9
	S		2600	45					
	C	50	5500	50	16-QAM	1/2	80	117	21,7
	X		10500	52					
50	L	5	1200	47	QPSK	1/2	20	13	12,9
	S		2600	45					
	C	12,5	5500	50	QPSK	1/2	40	27	18,7
	X		10500	52					
100	L	1	1200	47	BPSK	1/2	10	3	9,9
	S		2600	45					
	C	3	5500	50	BPSK	1/2	20	6,5	18,7
	X		10500	52					
250	L	0,2	1200	47	BPSK	1/2	5	1,5	5,0
	S		2600	45					
	C	0,5	5500	50	BPSK	1/2	5	1,5	13,7
	X		10500	52					

Таблица 2

Вероятность битовой ошибки при использовании сигнально-кодовой конструкции OpenWi-Fi

Дальность связи, км	Диапазон частот, МГц	Вид модуляции	Скорость кода	Требуемое SNR, дБ	Отношение E_b/N_0 , дБ	Вероятность битовой ошибки BER
12,5	L	16-QAM	1/2	18,9	16,3	1,7ч
	S			23,2	20,6	2,5ч
	C	64-QAM	5/6	27,7	21,1	3,1ч
	X			21,1	14,5	1,210-3
25	L	QPSK	1/2	15,9	16,3	8,5ч
	S			20,2	20,64	1,210-52
	C	16-QAM	1/2	21,7	19,1	2,2ч
	X			15,1	12,5	5,710-5
50	L	QPSK	1/2	12,9	13,3	2,5ч
	S			17,2	17,6	2,210-27
	C	QPSK	1/2	18,7	19,1	7,3ч
	X			12,1	12,5	1,010-9
100	L	BPSK	1/2	9,9	13,3	2,4ч
	S			14,2	17,6	1,910-27
	C	BPSK	1/2	18,7	22,2	1,2ч
	X			9,1	12,5	9,910-10
250	L	BPSK	1/2	5,0	8,4	9,2ч
	S			5,2	8,6	6,410-5
	C	BPSK	1/2	13,7	17,2	1,3ч
	X			7,1	10,5	9,410-7

собирает и обрабатывает информацию от ГЛОНАСС-модуля и акселерометра, обеспечивает вычисления, обработку, формирование данных и управление ячейкой трансиверов (основной интерфейс JESD-406). В его составе процессор ЦОС, элементы аналого-цифрового интерфейса и синхронизации. Внешний или внутренний сигнал синхронизации, сформированный процессором ЦОС (программно или с помощью таймера), переводит входное и выходное устройства выборки-хранения из режима слежения в режим хранения сигнала, с некоторой задержкой запускает аналого-цифровой преобразователь и переписывает выходные данные из регистра временного хранения в регистр выходных данных цифро-аналогового преобразователя. Процессор ЦОС сигналом синхронизации считывает регистр данных ввода-вывода аналого-цифрового преобразователя, обрабатывает данные, записывает их в регистр временного хранения и ждет новый сигнал синхронизации или формирует его. Совмещенный с регистром выходных данных регистр состояния канала ввода обнуляется после ввода данных и устанавливается по завершении аналого-цифрового преобразования его выходным сигналом готовности. При синхронизации прерывания или опроса готовности регистра состояния ввод данных начинается с момента его установки, далее через блок коммутации и опорного генератора сигнал по Ethernet-стыку поступает на высокопроизводительный с низким электропотреблением одноплатный компьютер блока маршрутизации и управления. По окончании передачи данных в корабельном устройстве широкополосной связи включается режим «Служебный канал».

Известно, что в показания системы GPS могут преднамеренно вноситься ошибки. Поэтому приемник должен иметь возможность независимой работы в системе как ГЛОНАСС, так и GPS.

Длины кабеля 15 м достаточно для использования его в составе КСШС мобильного и стационарного исполнения.

Автоматизированное рабочее место предоставляет оператору интерфейс управления изделием и предназначено для выполнения следующих функций:

– отображения, ввода и изменения режимов и параметров работы;

– отображения, ввода и изменения передаваемых сообщений;

– звукового оповещения о начале радиосвязи и аварийных событиях;

– обеспечения интерфейса для подключения следующих блоков: микротелефонной гарнитуры, носителя типа FLASH, печатающего устройства и пульта дистанционного управления.

Таким образом, корабельная система широкополосной связи, конструктивно выполненная в одном компактном блоке приемопередающего широкополосного модуля, позволяет организовать связь со всеми действующими в УКВ диапазоне средствами связи на скоростях до 100 Мбит/с. При этом могут быть уменьшены габариты устройств при расширении рабочего диапазона частот в диапазонах L , S , C , X и функциональные возможности за счет введения новых режимов работы, позволяющих увеличить пропускную способность радиотракта и обеспечить встречную работу с другими средствами широкополосного доступа.

Литература

1. Родионов А.В., Сергеев В.В. Развитие корабельных радиостанций Военно-Морского Флота УКВ диапазона. — СПб.: Военный институт дополнительного профессионального образования ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», 2018. С. 33–41.

2. Изделие Р-625. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ИЖ1.101.020 ТО. — М.: Воениздат. 1991. 147 с.

3. Радиостанция Р-612. Технические условия. ИТНЯ.464511.192 ТУ. — Ярославль: Ярославский радиозавод, 2005 (с изменениями на 09.04.2018 г.). 183 с.

4. Радиостанция Р-612. Руководство по эксплуатации. Ч. 2. Использование по назначению. ИТНЯ.464511.192 РЭ1. — Ярославль: Ярославский радиозавод, 2012 (с изменениями на 18.03.2019 г.). 168 с.

5. Радиостанция Р-999К. Руководство по эксплуатации. ИГЛМ.464424.020-04 РЭ. — Новосибирск: Новосибирский радиозавод, 2015. 154 с.

6. Макаренко С.И., Иванов М.С., Попов С.А. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты: монография. — СПб.: 2013. 166 с.

7. Катанович А.А. Принципы построения и автоматизация систем связи ВМФ. — СПб: Морская энциклопедия. 2021. 567 с.

8. Руководство по эксплуатации изделия «Дина». ТЛВА.464412.009.РЭ. — М.: АО «Воентелеком». 2012. 175 с.

9. Руководство по эксплуатации устройства ШРС-Б. ШИВА.464416.003.РЭ. — М.: ОАО «Радиотехнический институт им. А.Л. Минца». 2010. 126 с.

10. Руководство по эксплуатации радиостанции Р-620 с блоком широкополосных сетей. ЯРИТ.464514.007.РЭ. — Ярославль: АО «Ярославский радиозавод». 2011. 164 с.

References

1. Rodionov A.V., Sergeev V.V. Development of ship radio stations of the Navy VHF band. — S-Pb.: Military Institute of Additional Professional Education of the VUNC of the Navy «Naval Academy», 2018. Pp. 33–41.

2. Product R-625. Technical description and operating instructions. IZH1.101.020 TO. — М.: Voenizdat, 1991. 147 p.

3. Radio station R-612. Technical conditions. ITNYA.464511.192 TU. — Yaroslavl: Yaroslavl Radio Factory, 2005 (as amended on 09.04.2018). 183 p.

4. Radio station R-612. Operation Manual. Part 2. Intended use. ITNYA.464511.192 RE1. — Yaroslavl: Yaroslavsky Radio Factory, 2012 (as amended on 03/18/2019). 168 p.

5. Radio station R-999K. Operation manual. IGLM.464424.020-04 RE. — Novosibirsk: Novosibirsk Radio Plant, 2015. 154 p.

6. Makarenko S.I., Ivanov M.S., Popov S.A. Noise immunity of communication systems with pseudorandom adjustment of the operating frequency: monografia. — SPb.: 2013. 166. p

7. Katanovich A.A. Principles of construction and automation of communication systems of the Navy. «Marine Encyclopedia». 2021. 567 p.

8. «Дина» ТЛВА.464412.009 JSC. Moscow, «Voentelecom». 2012. 175 p.

9. «SRS-B» ШИВА.464416.003 JSC. Moscow «Radio Engineering Institute named after Academician A.L. Mints». 2010. 126 p.

10. Radio station R-620 with a block of broadband networks YARIT.464514.007 JSC. Yaroslavl «Yaroslavskiy radiozavod». 2011. 164 p.