

УДК 378.315:621

А.А. Астраханцев, канд. техн. наук, Ю.Н. Сотников, С.Н. Таран

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail root@sevgtu.sebastopol.ua

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ СУДОВОЙ АППАРАТУРЫ ГМССБ

Рассмотрена микроконтроллерная система экспресс-диагностики судовой аппаратуры ГМССБ, которая позволяет оперативно определять корректность работы передающих и приемных трактов, измерять временные характеристики информационного сигнала и переходных процессов с погрешностью ± 1 мкс и документировать ошибки при передаче данных.

Система цифрового избирательного вызова (ЦИВ) является составной частью Глобальной морской системы связи при бедствии (ГМССБ) и основным средством оповещения о бедствии и передачи сообщений, связанных с безопасностью мореплавания [1].

Необходимость периодической диагностики судового оборудования ГМССБ в условиях эксплуатации вызвана еще и тем, что система цифрового избирательного вызова требует строгого соблюдения параметров как передающей, так и приемной части аппаратуры, а также тракта цифровой обработки сигнала.

В этой связи весьма актуальным является разработка и оснащение поверяющих служб и судов простыми в эксплуатации, портативными приборами диагностики, позволяющими тестировать судовую аппаратуру ГМССБ.

Согласно рекомендации 493 международного консультативного комитета по радио (МККР) [2] для обеспечения ЦИВ судов и береговых станций в метровом (МВ), дециметровом (ДМ) и гектометровом (ГМ) диапазонах выделены следующие частоты бедствия: ГМ – 2187,5 кГц, ДМ – 8414,5 кГц, МВ – 156,525 МГц. Протокол ЦИВ использует обмен данными в десятибитном формате с обнаружением ошибок. Информация в сообщении представлена последовательностью семибитных двоичных комбинаций. Технический формат вызывного сообщения включает последовательность точек (чередование «0» и «1»), фазирующую посылку и обозначение формата. Далее, в зависимости от типа сообщения, передают: адрес, категорию бедствия, идентификатор судна, вид бедствия, координаты, время и т.п. Заканчивается сообщение признаком конца посылки и знаком правильности приема.

При приеме сообщений (диагностика передатчика) использован неадаптивный способ фиксации всего сигнала, включая последователь-

ность точек, с запоминанием не только значений принятых битов, но и длительностей формирующих их полуволн. Получить такой объем детализированных данных позволяет высокая частота стробирования сигнала и достаточный объем памяти. Неадаптивность дает возможность восстановить реальное состояние сигнала передатчика, и следовательно, составить объективное заключение о качестве его работы. При расшифровке данных использовано выделение информативных областей во второй половине временного интервала, соответствующего каждому биту. Это позволяет идентифицировать сигналы, сформированные различными способами при диагностике аппаратуры разных фирм. Большой объем диагностической информации требует реализации удобной системы ее отображения и документирования, для чего предусмотрен многострочный дисплей и портативное печатающее устройство.

Прибор состоит из блока эквивалентной нагрузки, блока радиотракта, контроллерного блока, индикатора, клавиатуры и мини-принтера (рисунок 1).

Блок эквивалентной нагрузки позволяет подключать к прибору передатчики мощностью до 400 Вт в диапазонах ГМ и ДМ и 40 Вт в диапазоне МВ. Блок радиотракта включает следующие основные узлы: управляемый аттенюатор, МВ приемник 70-го канала, ГМ ДМ приемник, ГМ ДМ модулятор, гетеродин, ЧМ- генератор МВ диапазона с петлей ФАПЧ, генератор ГМ ДМ диапазона с петлей ФАПЧ.

Основным функциональным блоком прибора диагностики является

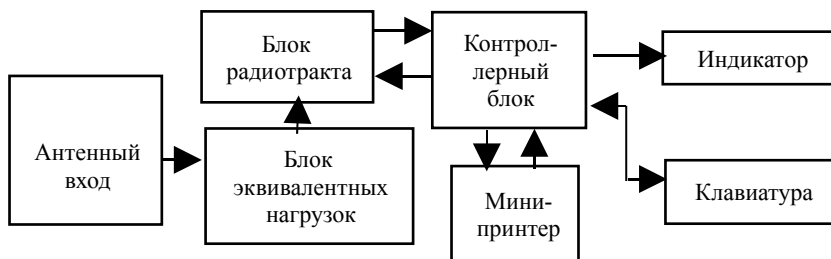


Рисунок 1- Функциональная схема прибора

контроллерный блок, который формирует тестовые сообщения ЦИВ ("Safety" и "Distress"), производит прием и декодирование принимаемых сообщений, измерение мощности сигнала, осуществляет отсчет реального времени, управляет синтезатором частот радиотракта, формирует сообщения для мини-принтера, а также обслуживает индикатор и клавиатуру.

Контроллерный блок представляет собой мультипроцессорную систему, ядром которой является центральное процессорное устройство (ЦПУ), связанное через последовательный порт с контроллером индикатора, контроллером клавиатуры и принтером, а по шине I²C с четырех каналь-

ным аналого-цифровым преобразователем, таймером (часы-календарь) и синтезатором частот. В качестве ЦПУ использован восьмиразрядный микроконтроллер фирмы Atmel CISC – архитектуры с репрограммируемой памятью программ и тактовой частотой 24 МГц. Контроллеры индикатора и клавиатуры также фирмы Atmel. Использование периферийных I²C устройств вызвало необходимость применения специализированного контроллера PCF8584, обеспечивающего данный протокол. Четырехканальным АЦП является периферийный контроллер PCF8591, а таймером – контроллер PCF8583. Использование синтезатора частот TSA6060 дало возможность автоматически перестраивать радиочастоты при передаче и приеме. Применение шины I²C и распараллеливание задач между основным и периферийными контроллерами позволило существенно ускорить процесс обработки информации и упростить систему управления, а также минимизировать число связей внутри системы.

При передаче, ЦПУ формирует посылку через одноканальный порт на уровнях TTL, и затем формирователь симметрирует ее относительно среднего уровня и уменьшает по амплитуде.

При приеме посылки на вход аппаратного прерывания ЦПУ поступают импульсы от двухуровневого компаратора. Захват принимаемого сообщения осуществляется ЦПУ при наличии битовой синхропосылки заданной частоты. Сообщение декодируется и, если в нем присутствуют фазирующие последовательности, заносится в одну из пяти страниц внешнего ОЗУ объемом 16 килобайт. Таким образом, в ОЗУ может быть размещено пять принятых сообщений. При расшифровке данных в УКВ диапазоне в алгоритме программы предусмотрено проведение расчета длительности полупериода и идентификации его с «0» или «1» во второй половине информационного интервала бита, поскольку первая половина искажена за счет переходной области «0»-«1» или «1»-«0». Это дало возможность повысить точность декодирования и исключить ошибки интерпретации принятых бит. Каждое из этих сообщений проверяют и при нажатии соответствующей клавиши выводят на индикатор с информацией об ошибках, если они имеют место.

При формировании испытательного сигнала важным фактором является высокая точность временных интервалов измеряемого сигнала, поскольку накопление ошибок может вызвать сбой синхронизации при расшифровке последних битов посылки. Для поддержания требуемой точности в системе предусмотрен предварительный делитель частоты кварцевого генератора (24 МГц), сигнал от которого поступает на вход программируемого таймера, формирующего отметки синхронизации частоты информационного сигнала.

В системе предусмотрен режим самотестирования, при этом производится контроль питающих напряжений +24 В и + 5 В, проверка внешнего ОЗУ и подсчет контрольной суммы ПЗУ ЦПУ. Кроме того, может быть проверена работа замкнутых трактов “контроллер – передатчик - приемник – компаратор – контроллер” в режимах ДМ/ГМ и МВ. Результаты тестов выводятся на индикатор.

Мини-принтер производит распечатку протокола испытаний, а также при необходимости распечатку принятых сообщений в десятибитных кодах с размещением их по Dх и Rх позициям или полную распечатку с указанием длительности каждой полуволны частот «1» и «0» сообщения. В состав мини-принтера помимо печатающего устройства входят контроллер, ОЗУ и силовые ключи.

Проверка приемника аппаратуры судна осуществляется путем подачи сообщений ЦИВ типа Individual call “Safety” и “Distress” (однократная или пятикратная посылка) на одной из радиочастот или по НЧ тракту. Для проверки восстанавливающей способности приемника возможна подача указанных сообщений ЦИВ с однократной ошибкой в позициях Dх. Проверка передатчика аппаратуры судна производится путем подключения выхода передатчика к эквивалентной нагрузке и приема посылки ЦИВ без адаптации к ошибкам. Принятые сообщения (от одного до пяти) расшифровывают и выводят на индикатор с указанием основных параметров сообщения, величины мощности передатчика и количества принятых битов синхронизации. Также проводится проверка контрольной суммы посылки.

Результаты проверки приемника и передатчика оформляют в виде протокола, отражающего корректность приема (передачи) посылки ЦИВ с расшифровкой основных параметров и включающим: идентификационный номер, название судна, дату проверки, фамилии представителей судна и контролирующей организации. Протокол выводится на печатающее устройство (рисунок 2).

При диагностике передатчика на печатающее устройство помимо протокола испытаний может быть выведена вся посылка в битах («0» и «1») с разбивкой десятибитного формата по Dх и Rх позициям (рисунок 3). Кроме того, прибор позволяет производить анализ принятой посылки с указанием длительности каждой полуволны частот «1» и «0», формирующих биты сообщения ЦИВ (рисунок 4). Вывод этой информации на печатающее устройство производится в виде компактного массива значений длительностей полуволн (в микросекундах) с графической интерпретацией бодов (соответствием длительности полупериода частотам «1» и «0»), с отметками бод и значениями принятых битов. Анализ этих данных позволяет оценить качество аппаратуры различных изготовителей и провести объективную диагностику работы НЧ и ВЧ трактов.

В соответствии с рекомендациями МСЭ – РМ.493-8, в МВ диапазоне частота передачи «1» должна соответствовать 1300 ± 10 Гц, частота передачи «0» - 2100 ± 10 Гц, при частоте информационного сигнала 1200 Гц. Таким образом, во временной интервал бода 833,33 мкс укладывается 2,1 полупериода «1» (длительностью полупериода «1»- $384,6 \pm 2,3$ мкс). Если учесть обязательное присутствие в бode одного полупериода переходной частоты (при смене «1» в «0» или «0» в «1»), информационное пространство, определяющее значение бода, сужается до 1,5 полупериода «1» или до 2,8 полупериодов «0». Такая жесткая регламентация требует обязательного соблюдения рекомендаций МСЭ – РМ по частотам «1» и «0».

Разработанная микроконтроллерная система обеспечивает измерение длительности полуволн, формирующих уровни «0», «1» с погрешностью ± 1 мкс, определение временных характеристик переходных процессов, обусловленных инерционностью радиотракта, и обнаружение ошибок при передаче данных аппаратурой ГМССБ. При диагностировании приемной части аппаратуры имеется возможность проверки ее корректирующей способности путем подачи сообщения с одиночной ошибкой.

Проведенные испытания показали эффективность использования прибора экспресс-диагностики, позволяющего получить объективные данные. Результаты испытаний свидетельствуют о высоких диагностических и метрологических характеристиках разработанной микроконтроллерной системы, обеспечивающей возможность оперативного тестирования и сопоставительного анализа качества судовой аппаратуры ГМССБ различных изготовителей.

PROTOCOL OF TESTING
GMDSS EQUIPMENT
OF SHIP:
ИВАН СЕРГИЕНКО
MMSI
2720800000
TESTING OF TRANSMITTER
MODE:
VHF
FORMAT SPECIFIER:
INDIVIDUAL CALL
CATEGORY:
ROUTINE
FROM IDN:

PROTOCOL OF TESTING			
GMDSS EQUIPMENT			
DX	CRC	RX	CRC
1101010	011	0101010	101
1011111	011	1111011	001
1011111	011	0111011	010
1011111	011	1011011	010
1011111	011	0011011	010
1011111	011	1101011	010
1011111	011	0101011	010
0001111	011	1001011	011
0001111	011	0001011	100
1101100	011	0001111	011
0010100	101	0001111	011
0000101	101	1101100	011

Рисунок 2 Рисунок 3 - Протокол испытания в Dx, Rx формате

```

2720400000
ERROR CHECK CHAR.- ECC
INFORM. - CORRECT
DOT PATTERN:
180
SEQUENCE N
1
POWER:
254
POWER SUPPLY:
24,2 V
DATE
10.12.1999г.
TIME
18.26.01
NUMBER OF UNIT:
STEND0
RADIOENGINEER
СЕРОВ Ф И

```

Рисунок 2 – Протокол испытаний

```

0000000 111 0010100 101
0000000 111 0000101 101
0010011 100 0000000 111
1101100 011 0000000 111
0010100 101 0010011 100
0001010 101 1101100 011
0000000 111 0010100 101
0000000 111 0001010 101
0010011 100 0000000 111
0111111 001 0000000 111
0101101 011 0010011 100
0000000 111 0111111 001
0110000 101 0101101 011
0101101 011 0000000 111
0000000 111 0110000 101
0110000 101 0101101 011
1010111 010 0000000 111
1101000 100 0110000 101
1010111 010 1010111 010

```

Рисунок 3 – Протокол испытаний
в DX, RX формате

Перспективы дальнейших исследований в данном определяется необходимостью периодической диагностики данной аппаратуры вследствие жестких требований МККР к параметрам сигнала, и отсутствием на Украине подобного оборудования. Предложенный авторами цифровой способ формирования информационных интервалов позволяет адаптировать длительности переходных областей бод к их значению. Применение неадаптивного метода фиксации информационного сигнала при диагностике передающих трактов, позволяет за счет высокой частоты стробирования получить большой объем данных, анализ которых дает объективную оценку качества передатчика.

Библиографический список

1. Смит Д. Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности /Д. Смит-Лондон: ИМО, 1987. — 90 с.
2. Jackson D. Digital selective-calling system for use in the maritime mobile service. Recommendation ITU-R / D. Jackson. —L.: IMO, 1997. — 28 p.

Поступила в редакцию 08.09.2003 г.