

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ БЕЗЭКИПАЖНОГО СУДНА

Д. А. Оськин, А. А. Горшков, С. А. Клименко, Н. А. Погодин

*Морской государственный университет им. адмирала Г. И. Невельского,
Владивосток, Российская Федерация*

Рассматриваются принципы построения и функционирования системы сбора и передачи данных для формирования информационно-управляющей системы безэкипажного судна. Предлагается двухэтапная постановка задачи построения информационно-управляющей системы: выбор методов и средств передачи данных с датчиков в систему сбора данных, выбор метода передачи данных в систему сбора данных, реализация каналов передачи данных; организация сбора данных и их хранения для использования в авторулевом устройстве, реализация системы приема и синхронизации данных и их размещение в системе хранения. Проиллюстрирована структурная схема информационно-управляющей системы сбора и передачи информации для безэкипажного судна, состоящая из двух подсистем: сбора данных и передачи данных. Осуществляется выбор основных компонентов и предложений по программной реализации аппаратно-программного комплекса. Приведены подробные характеристики микроконтроллера, цифрового компаса, микроэлектромеханических сенсоров и картплоттера. В процессе реализации системы сбора данных к отладочной плате были подключены цифровой магнитный компас Maretron, микроэлектромеханические сенсоры CRM100 и CRM200, реализующие датчик скорости рыскания, и инклинометр, аналоговый рулевой датчик. Программа для информационно-управляющей системы написана на языке программирования с использованием инструментов разработки приложений STM32CubeIDE. Отмечено, что передача данных между различными уровнями программы осуществляется с помощью стандартных средств программного кода.

Ключевые слова: безэкипажное судно, информационно-управляющая система, подсистема сбора данных, подсистема передачи данных, аппаратная часть системы.

Для цитирования: *Оськин Д. А., Горшков А. А., Клименко С. А., Погодин Н. А.* Информационно-управляющая система сбора и передачи информации для безэкипажного судна // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 2. С. 24–31. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-24-31.

Введение

Особенности и преимущества использования безэкипажных морских подвижных объектов (судов, подводных аппаратов и др.) в настоящее время подробно рассматриваются в научных исследованиях и находят широкое применение в области транспортных услуг, экологического мониторинга и военной направленности [1].

Система управления безэкипажного морского судна должна поддерживать несколько режимов управления: и взаимодействовать с оператором, и обеспечивать автономность. Первый режим подразумевает непосредственное телеуправление от оператора, который находится на судне-носителе, второй режим должен обеспечивать автоматическую отработку заданной программы (следование по заданному курсу, маршруту, либо выполнение поставленной задачи в автономном режиме). Но в любой момент должна быть предусмотрена смена автоматического режима на ручное управление.

Процесс управления любым современным техническим объектом сегодня немислим без использования информационно-управляющих систем (ИУС), которые содержат системы управления энергообеспечением, навигацией, связью, управления движением. Для правильного выбора свойств и степени управляющих воздействий необходимо обладать достаточно полной, достоверной и своевременной информацией об управляемой системе (в нашем случае – морском судне). Поэтому неотъемлемой частью любой управляющей системы является подсистема сбора информации, которая обеспечивает процесс получения информации о состоянии управляемого объекта и приведение ее к некоторому стандартному виду. Современные системы сбора информации представляют собой сложные программно-аппаратные комплексы.

Материалы исследования

Создание системы управления движением морского судна представляет собой комплексную задачу. Она включает в себя процесс сбора и интеграции данных с датчиков морского судна (рулевой датчик (РД), магнитный компас (МК), картплоттер (КП), инклинометр для измерения крена и дифферента, датчик угловой скорости рыскания (ДУСР)). Следует отметить, что данные, снимаемые с разных устройств, имеют различные характеристики (РД – аналоговый; МК, КП, инклинометр, ДУСР – NMEA 0183) и скорость передачи; следовательно, для эффективного сбора данных требуется синхронизация каналов передачи. Накопленные данные можно использовать для непосредственной выработки управляющих воздействий и передачи по каналу обратной связи в клапанный распределитель для управления рулевой машиной (РМ). Рулевым датчиком является аксиометр, выполненный на базе потенциометрического аналогового датчика. Рулевая машина представляет собой совокупность РД, передающего информацию в систему сбора, преобразованную аналогово-цифровым преобразователем (АЦП), и клапанного распределителя с управляемыми правым (П) и левым (Л) ключами.

Таким образом, задача построения системы сбора данных и их хранения разбивается на две составляющие:

- выбор методов и средств передачи данных с датчиков в систему сбора данных (выбор датчиков, исследование их характеристик и форматов, представляемых данных (аналоговый, цифровой, текстовое сообщение NMEA 0183), выбор метода передачи данных в систему сбора данных (беспроводной), реализация каналов передачи данных);

- организация сбора данных и их хранения для использования в авторулевом устройстве (организация системы хранения данных (текстовый файл, база данных), реализация системы приема и синхронизации данных (по временным меткам) и их размещение в системе хранения).

Структурная схема сбора и передачи данных состоит из двух подсистем: сбора данных и передачи (рис. 1).

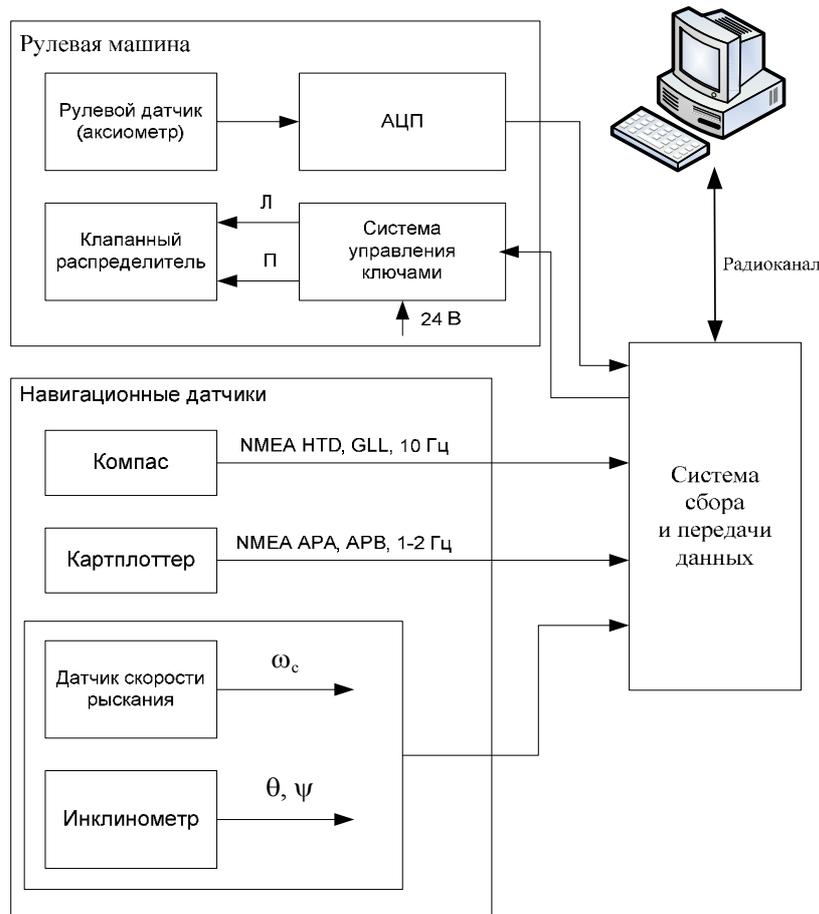


Рис. 1. Структурная схема ИУС сбора и передачи информации для безэкипажного судна

Подсистема сбора данных реализована на аппаратной платформе с подключением датчиков РМ и датчиков навигационных данных. Навигационные датчики, как правило, подключаются по цифровым интерфейсам. В зависимости от типа устройства это могут быть последовательный интерфейс, I²C, SPI.

Подсистема сбора данных должна последовательно опрашивать датчики, выделять информативную часть сообщения и на основании выделенной информации формировать пакет для передачи в управляющую ЭВМ.

В качестве информативной части сообщения будем подразумевать: для аксиометра – угол поворота; для компаса – курс; для GPS – координаты (широта, долгота); для инклинометра – угол крена и дифферента.

Подсистема передачи данных предназначена для передачи сформированного пакета данных в управляющую ЭВМ. Рассматриваемая возможность может быть обеспечена посредством использования беспроводной связи. Это может быть как радиоканал на основе приема-передающих радиомодулей, канал Wi-Fi, так и другой канал беспроводной передачи данных. В нашем случае ограничимся использованием радиомодулей, которые отличаются небольшой мощностью передачи данных. Устройство-передатчик реализуется в подсистеме сбора данных, устройство-приемник реализовано на такой же аппаратной платформе и подключается непосредственно к управляющему персональному компьютеру по последовательному соединению. При приеме пакета происходит его передача в персональный компьютер для дальнейшего использования. Система должна обеспечивать сохранения переданных сообщений для формирования управляющих воздействий. Также возможно диагностирование оборудования безэкипажного судна.

Необходимо отметить, что данная схема (рис. 1) не является полной, она не содержит обратную связь для управления судном (РМ).

Аппаратная часть информационно-управляющей системы

При проектировании ИУС сбора и передачи информации важным является обоснование и выбор элементов аппаратной части и разработки программного обеспечения. Центральной частью системы является управляющее устройство – микроконтроллер. При проектировании микропроцессорных устройств, как правило, широко используются микроконтроллеры серийного исполнения AVR, ARM, PIC [2].

Контроллер периферийного интерфейса (PIC – Peripheral Interface Controller) – это микроконтроллер, который также состоит из центрального процессора, оперативного запоминающего устройства, постоянного запоминающего устройства, таймеров, счетчиков, АЦП, цифро-аналоговых преобразователей. Микроконтроллер PIC также поддерживает протоколы, такие как CAN, SPI, UART, для взаимодействия с дополнительными периферийными устройствами. В основном PIC использует модифицированную гарвардскую архитектуру, а также поддерживает сокращенный набор команд (RISC – Reduced Instruction Set Computer).

Микроконтроллеры AVR доступны в трех основных подсемействах:

– TinyAVR: небольшой объем памяти, небольшие размеры, используется для простых приложений;

– MegaAVR: популярные микроконтроллеры, в основном имеющие относительно большое количество памяти (до 256 Кбайт), большее количество встроенных периферийных устройств, подходят для довольно сложных приложений;

– XmegaAVR: используются в коммерческих приложениях для решения сложных задач, которым требуется большая память программ и высокая производительность.

Микроконтроллеры ARM, поддерживающие модифицированную гарвардскую архитектуру, основаны на 32-битных и 64-битных многоядерных процессорах RISC, обеспечивающих большую производительность по сравнению с большинством рассмотренных выше микроконтроллеров. Микроконтроллеры ARM также поддерживают большое число интерфейсов (UART, USART, LIN, I²C, SPI, CAN, USB, Ethernet, I²S, DSP, SAI, IrDA), что может быть использовано для подключения датчиков с различными интерфейсами передачи данных.

Модуль сбора и обработки реализован на плате разработчика, на микроконтроллере stm32f103c8t6 32-битной архитектуры ARM® Cortex-M3™ с тактовой частотой 72 МГц. Отладочная плата содержит возможность подключения внешних устройств по интерфейсам CAN (1 порт), I²C (2 порта), SPI (2 порта), UART (3 порта), USB (1 порт), содержит 2 × 12 бит АЦП (10 каналов). Тип и размер программируемой памяти – Flash 64 Кбайт, 20 Кбайт SRAM.

Для реализации системы сбора данных к отладочной плате подключены цифровой МК Maretron; микроэлектромеханические сенсоры (МЭМС) CRM100 и CRM200, реализующие датчик скорости рыскания и инклинометр.

Технические характеристики цифрового компаса, МЭМС и КП приведены ниже.

Цифровой магнитный компас

Для определения курса целесообразно использовать цифровой МК. В настоящее время на рынке представлено достаточно много устройств подобного типа, но исходя из соотношения «цена – качество» предпочтение отдано цифровому компасу Maretron.

Maretron SSC200/300 – это твердотельный электронный компас, обеспечивающий достаточную точность определения курса при $\pm 45^\circ$ килевой и бортовой качки. Каждый компас проходит процедуру калибровки в заводских условиях. SSC200/300 предоставляет точную информацию о скорости рыскания (с диапазоном измерения $0-90^\circ/\text{с}$, точностью измерения $\pm 1^\circ/\text{с}$, частотой 10 Гц), а также данные о килевой, бортовой качке (с диапазоном измерения $\pm 80^\circ$, точностью до 1° , частотой обновления 1 Гц). Компас сертифицирован для применения в сетях стандарта NMEA 2000, совместим с цифровым интерфейсом NMEA 0183, также содержит возможность компенсации девиации курса.

SSC200/300 подключается напрямую к любым сетям стандарта NMEA 2000 или к приемникам NMEA 0183 для обмена информацией с навигационным программным обеспечением, КП, автопилотами и соответствующими устройствами отображения информации [3, 4]. Общий вид МК приведен на рис. 2.



Рис. 2. Цифровой МК Maretron SSC200/300

Микроэлектромеханические сенсоры

В основе навигационной системы предлагается использовать МЭМС CRM100 и CRM200. Выбор МЭМС определяется их параметрами [5, 6]:

- CRM100 измеряет угловую скорость вокруг оси, перпендикулярной плоскости узла печатной платы в сборе (PCBA – Printed Circuit Board Assembly, печатная плата в сборе) [7];
- CRM200 измеряет угловую скорость вокруг оси, параллельной плоскости основной PCBA [8].

Для исследований параметров МЭМС была разработана экспериментально-измерительная установка, которая включает в себя плату с установленными МЭМС-гироскопами CRM100 и CRM200. Внешний вид МЭМС-гироскопов представлен на рис. 3.

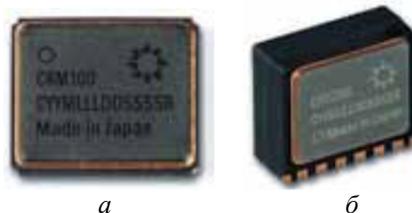


Рис. 3. Гироскоп: а – CRM100; б – CRM200

Благодаря комбинации CRM100 и CRM200 пользователь может измерять угловую скорость нескольких осей. Сенсоры связаны с микроконтроллером STM8 через цифровой интерфейс SPI, содержащий три независимых линии. Основные характеристики Silicon Sensing CRM100 были оценены методом дисперсии Аллана. Также исследованы статические характеристики сенсоров [5, 6].

Картплоттер Garmin

Для отображения местоположения судна и отслеживания его перемещения со стороны оператора или наблюдателя предлагается использовать КП Garmin 50dv [9]. Картплоттер представляет собой навигационно-картографическую систему, отображающую картографическую информацию и используемую для обеспечения безопасности движения судна. Картплоттер Garmin содержит дисплей VGA размером 3.0 × 4.0 дм с разрешением 480 × 640 пикселей. Картплоттер совместим с эхолотом Garmin, обладает возможностью записи данных сонара, связью с системой ГЛОНАСС, поддерживает AIS (слежение за местоположением судов). Интерфейс подключения – только NMEA 0183. Внешний вид КП Garmin представлен на рис. 4.



Рис. 4. Garmin Echomap 50dv

Программное обеспечение

Модуль сбора и обработки реализован на плате разработчика, на микроконтроллере stm32f103c8t6 32-битной архитектуры ARM® Cortex-M3™ [10]. Программное обеспечение для системы сбора и передачи данных разработано с использованием инструментов высокопроизводительной среды разработки приложений STM32CubeIDE. Передача данных между различными уровнями программы обеспечивается стандартными средствами программного кода.

Результаты испытаний

В процессе разработки ИУС сбора и передачи информации для безэкипажного судна проводились лабораторные испытания. Каждая подсистема отлаживалась для исключения ошибок. Монтаж подсистем проходил поэтапно для отслеживания взаимовлияния систем друг на друга. Оценивалось быстродействие системы при мгновенном изменении положения датчиков и т. д.

Следующим шагом при разработке ИУС является разработка системы управления безэкипажным судном на основе снятых и накопленных данных.

Заключение

Рассмотрен общий вид и состав ИУС для безэкипажного судна. На базе анализа используемых устройств разработана структурная схема ИУС и описан принцип ее действия. Отмечено, что решение поставленной задачи разбивается на два этапа реализации. В работе проведен

выбор аппаратной части системы. Для реализации предложено использовать плату разработчика на микроконтроллере stm32f103c8t6 32-битной архитектуры ARM® Cortex-M3™ с подключенной периферией: цифровым МК Maretron, гироскопическими устройствами CRM100 и CRM200, радиомодулем. Дальнейшие шаги разработки предполагают разработку системы управления безэкипажным судном на основе снятых и накопленных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ченский Д. А., Григорьев К. А., Ченский А. Г.* Информационно-управляющая система безэкипажного автоматизированного катамарана // Подвод. исслед. и робототехника. 2017. № 1 (23). С. 50–56.
2. *Микроконтроллеры 8051, PIC, AVR и ARM: отличия и особенности.* URL: http://digitrode.ru/computing-devices/mcu_cpu/1253-mikrokontrollery-8051-pic-avr-i-arm-otlichiya-i-osobennosti.html // (дата обращения: 18.09.2020).
3. *Maretron SSC200 User Manual.* URL: https://www.maretron.com/support/manuals/SSC200UM_1.8.html (дата обращения: 18.09.2020).
4. *Maretron SSC300 User Manual.* URL: https://www.maretron.com/support/manuals/SSC300UM_1.0.pdf (дата обращения: 18.09.2020).
5. *Артемов А. В., Громашева О. С., Оськин Д. А.* Оценка дрейфа гироскопических систем, построенных на базе микроэлектромеханических сенсоров // Техн. проблемы освоения Мирового океана. 2017. Т. 7. С. 310–314.
6. *Artemiev A. V., Gorhkov A. A., Oskin D. A., Gromasheva O. S.* Assessment of Drift of Gyroscopic Systems Built on the Basis of Microelectromechanical Sensors // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018 (Vladivostok, 03–04 October 2018). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 8602489.
7. *CRM100 Datasheet (PDF).* URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/575037/ETC2/CRM100.html> (дата обращения: 18.09.2020).
8. *CRM200 Datasheet (PDF).* URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/575037/ETC2/CRM200.html> (дата обращения: 18.09.2020).
9. *Инструкция по эксплуатации онлайн Garmin echoMAP 50dv.* URL: <https://mcgrp.ru/files/viewer/89213/1> (дата обращения: 18.09.2020).
10. *Плата STM32 ARM на базе STM32F103C8T6.* URL: <https://robot-kit.ru/STM32F103C8T6/> (дата обращения: 18.09.2020).

Статья поступила в редакцию 15.01.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Александрович Оськин – канд. техн. наук, доцент; зав. кафедрой электронной и микропроцессорной техники; Морской государственный университет им. адмирала Г. И. Невельского; Россия, 690003, Владивосток; daoskin@mail.ru.

Андрей Алексеевич Горшков – старший преподаватель кафедры электрооборудования судов; Морской государственный университет им. адмирала Г. И. Невельского; Россия, 690003, Владивосток; daoskin@mail.ru.

Сергей Александрович Клименко – аспирант кафедры электронной и микропроцессорной техники; Морской государственный университет им. адмирала Г. И. Невельского; Россия, 690003, Владивосток; daoskin@mail.ru.

Николай Андреевич Погодин – аспирант кафедры автоматических и информационных систем; Морской государственный университет им. адмирала Г. И. Невельского; Россия, 690003, Владивосток; daoskin@mail.ru.



INFORMATION AND CONTROL SYSTEM OF COLLECTING AND TRANSMITTING DATA FOR UNMANNED VESSEL

D. A. Oskin, A. A. Gorshkov, S. A. Klimenko, N. A. Pogodin

*Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoy,
Vladivostok, Russian Federation*

Abstract. The article considers the principles of constructing and functioning the data collection and transmission system for developing an information and control system of an unmanned vessel. A problem of the information and control system developing is suggested in two stages: choosing methods and means of transmitting data from sensors to the data collection system, choosing the method of data transfer to the data collection system, implementing the data transmission channels; organizing data collection and storage for use in the autopilot device, implementing systems for receiving and synchronizing data and their placement in the storage system. There has been illustrated a block diagram of the information and control system for collecting and transmitting data for an unmanned vessel, which consists of two subsystems: data collection and data transmission. Selecting the main components and proposals on the software and hardware application is carried out. The detailed characteristics of the microcontroller, digital compass, microelectromechanical sensors and chartplotter are given. In the course of implementing the data collection system, a Maretron digital magnetic compass, CRM100 and CRM200 microelectromechanical sensors, which implement a yaw rate sensor and inclinometer, and an analog steering sensor were connected to the debug board. The software for the information and control system is written in the programming language using the STM32CubeIDE application development tools. It has been stated that the data transfer between different levels of the program is carried out using standard means of the program code.

Key words: unmanned vessel, information and control system, data collection subsystem, data transmission subsystem, system hardware.

For citation: Oskin D. A., Gorshkov A. A., Klimenko S. A., Pogodin N. A. Information and control system of collecting and transmitting data for unmanned vessel. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2021;2:24-31. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-24-31.

REFERENCES

1. Chenskii D. A., Grigor'ev K. A., Chenskii A. G. Informatsionno-upravliaiushchaia sistema bezekipazhnogo avtomatizirovannogo katamarana [Information and control system of unmanned automated catamaran]. *Podvodnye issledovaniia i robototekhnika*, 2017, no. 1 (23), pp. 50-56.
2. *Mikrokontrollery 8051, PIC, AVR i ARM: otlichiia i osobennosti* [Microcontrollers 8051, PIC, AVR and ARM: differences and specific features]. Available at: http://digitrode.ru/computing-devices/mcu_cpu/1253-mikrokontrollery-8051-pic-avr-i-arm-otlichiya-i-osobennosti.html // (accessed: 18.09.2020).
3. *Maretron SSC200 User Manual*. Available at: https://www.maretron.com/support/manuals/SSC200UM_1.8.html (accessed: 18.09.2020).
4. *Maretron SSC300 User Manual*. Available at: https://www.maretron.com/support/manuals/SSC300UM_1.0.pdf (accessed: 18.09.2020).
5. Artem'ev A. V., Gromasheva O. S., Os'kin D. A. Otsenka dreifa giroskopicheskikh sistem, postroennykh na baze mikroelektromekhanicheskikh sensorov [Assessing drift of gyroscopic systems based on microelectromechanical sensors]. *Tekhnicheskie problemy osvoeniia mirovogo okeana*, 2017, vol. 7, pp. 310-314.
6. Artemiev A. V., Gorshkov A. A., Oskin D. A., Gromasheva O. S. Assessment of Drift of Gyroscopic Systems Built on the Basis of Microelectromechanical Sensors. *2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018 (Vladivostok, 03–04 October 2018)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. Pp. 8602489.
7. *CRM100 Datasheet (PDF)*. Available at: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/575037/ETC2/CRM100.html> (accessed: 18.09.2020).
8. *CRM200 Datasheet (PDF)*. Available at: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/575037/ETC2/CRM200.html> (accessed: 18.09.2020).

9. *Instruktsiia po ekspluatatsii onlain Garmin echoMAP 50dv* [Manual online Garmin echoMAP 50dv]. Available at: <https://mcgrp.ru/files/viewer/89213/1> (accessed: 18.09.2020).

10. *Plata STM32 ARM na baze STM32F103C8T6* [Circuit board STM32 ARM based on STM32F103C8T6]. Available at: <https://robot-kit.ru/STM32F103C8T6/> (accessed: 18.09.2020).

The article submitted to the editors 15.01.2021

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dmitry A. Oskin – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Electronic and Microprocessor Engineering; Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoy; Russia, 690003, Vladivostok; daoskin@mail.ru.

Andrey A. Gorshkov – Senior Lecturer of the Department of Ship Electrical Equipment; Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoy; Russia, 690003, Vladivostok; daoskin@mail.ru.

Sergey A. Klimenko – Postgraduate Student of the Department of Electronic and Microprocessor Engineering; Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoy; Russia, 690003, Vladivostok; daoskin@mail.ru.

Nikolay A. Pogodin – Postgraduate Student of the Department of Automatic and Information Systems; Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoy; Russia, 690003, Vladivostok; daoskin@mail.ru.

