

Ю.И. Соловьев¹, В.Ю. Сальников²

¹ АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс»», Санкт-Петербург, Россия, ² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИЛЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ КОРАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Представлен обзор методов диагностики состояния встраиваемых систем управления, позволяющих осуществлять удаленный контроль состояния прилегающего оборудования для повышения надежности работоспособности системы в целом. Представленные методы прошли апробацию на общекорабельных системах, входящих в состав комплексных систем управления техническими средствами, что подтвердило на практике их работоспособность. Работы по данному направлению имеют большое значение и являются особенно актуальными в области разработки систем управления и контроля корабельного оборудования, т.к. повышенная надежность системы понижает вероятность ложного срабатывания и возникновения аварийной ситуации на контролируемом объекте. Данные методы позволяют контролировать работоспособность источников информации, исполнительных органов и линий связи, расположенных между ними, что представляет собой большую часть оборудования, входящего в состав системы.

Ключевые слова: информационная система, метрологический контроль, корабельные системы управления, контроль сопротивления изоляции, реперный контроль датчиков, тестовый контроль сигнализаторов параметров, надежность.

Для цитирования: Соловьев Ю.И., Сальников В.Ю. Методы контроля встраиваемых систем управления и прилегающего оборудования на примере корабельной системы управления // Радиопромышленность. 2018. № 2. С. 94–98.

Yu. I. Solovyov¹, V. Yu. Salnikov²

¹ Research and Production Enterprise Radar mms JSC, Saint-Petersburg, Russia, ² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia

DIAGNOSTIC METHODS OF THE STATE OF EMBEDDED CONTROL SYSTEMS AND ADJACENT EQUIPMENT ON EXAMPLE OF A SHIP-BOARD EQUIPMENT

The article gives the overview of the methods for diagnostics of the condition of embedded control systems enabling remote monitoring of the condition of adjoining equipment to improve reliability of the system operation as a whole. The presented methods were tested on total ship systems incorporated into integrated control systems of technical facilities, thereby their performance was proven in real conditions. Work in this direction is highly important and is especially relevant in the field of development of control and monitoring systems for ship equipment, since increased reliability of the system reduces the likelihood of false triggering and occurrence of emergency at a monitored facility. These methods make it possible to monitor the operability of information sources, executive bodies and communication lines located between them, which is the major part of the equipment incorporated into the system.

Keywords: information system, metrological control, ship control systems, insulation resistance control, reference monitoring of sensors, test monitoring of annunciators, reliability.

For citation: Solovyov Yu. I., Salnikov V. Yu. Diagnostic methods of the state of embedded control systems and adjacent equipment on example of a ship-board equipment. Radiopromyshlennost, 2018, no. 2, pp. 94–98 (In Russian).

Введение

В настоящее время в условиях интенсивного развития промышленного комплекса России, а в частности, флота нашей страны, ежегодно выпускается и закладывается большое количество надводных и подводных кораблей. Каждая единица надводных кораблей (корветы, фрегаты, крейсера) или подводных объектов оснащена большим количеством сложно-технических, автоматизированных и информационно-управляющих систем управления.

С помощью таких систем обеспечиваются погружение, всплытие корабля, изменяются его плавучесть, крен и дифферент, ведется борьба за живучесть при пожарах и при поступлении забортной воды. Использование систем вентиляции, кондиционирования, регенерации, очистки воздуха и контроля его газового состава обеспечивает жизнедеятельность экипажа. Большое количество тепла, выделяемого при работе аппаратуры, определяет наличие систем водяного охлаждения. Также на корабле используются системы для подсушки трюмов и для очистки сточных вод. Каждый корабль оборудован некоторым количеством подвижных устройств, обеспечивающих подъем оборудования радиосвязи и радиолокации, а также прием атмосферного воздуха для обеспечения работы в подводном положении дизелей и компрессоров для заполнения баллонов высокого давления.

Сегодня корабельные системы управления строятся на основе использования цифровой техники, средств отображения информации и новых средств ввода команд и данных, что дает возможность личному составу пользоваться справочной информацией, автоматическим контролем исправности аппаратуры с системой оповещения места неисправности и ее предполагаемом характере.

Построение системы управления на основе цифровой техники и микропроцессоров всегда сопряжено со сложностями, связанными с полнотой контроля работоспособности оборудования и прилегающих первичных преобразователей, а также исполнительных органов, часто не входящих в состав системы. Актуальной проблемой является удаленное выявление неисправностей измерительных устройств, исполнительных органов и электрических линий связи между ними, обрыв которых может привести к возникновению пожара в замкнутом помещении и, как следствие, повлечь за собой аварийную ситуацию.

Виды режимов контроля

Одной из основных функциональных особенностей измерительной информационной системы является удаленный контроль прилегающего оборудования. При использовании предыдущих поколений корабельных систем управления необходимо осуществлять измерения и проверку устройств

вручную, затрачивая при этом много сил и времени. Основной проблемой при выполнении таких операций является то, что в связи со сложным расположением измерительных устройств и исполнительных органов не всегда имеется возможность доступа к измеряемому оборудованию, что повышает вероятность ложного срабатывания или частичного отказа оборудования.

Таким образом, создается определенное понимание, что для любой встраиваемой системы управления сложнотехническими средствами необходимо выделять реперно-контрольные узлы управления. Как правило, такими узлами являются исполнительные органы, источники информации, а также вычислительные устройства, входящие в состав системы управления.

В [1] обосновывается необходимость использования таких режимов контроля, как реперный контроль датчиков (РКП), тестовый контроль сигнализаторов параметров (ТКСП), контроль сопротивления изоляции (КСИ). Каждый из описанных режимов имеет свои теоретические основы, позволяющие реализовать информационную систему метрологического контроля в корабельно-управляющей системе [2].

Введем понятие режима ТКСП. Он предназначен для проверки вторичных приборов сигнализаторов параметров, имеющих тестовый вход. В этом режиме система обеспечивает подачу на тестовые входы сигнализаторов сигналы, способные перевести сигнализатор в состояние «единица» или «ноль», независимо от того, в каком состоянии он должен находиться по команде от своего первичного прибора.

При проведении режима ТКСП информация от проверяемых сигнализаторов соответствует виду тестового сигнала, подаваемого на вторичные приборы, при этом информация от непроверяемых сигнализаторов и датчиков на всех видеокдрах отображается в штатном режиме. Управление исполнительными органами по назначению в режиме ТКСП заблокировано. Система сохраняет данные о результатах проверки до следующего включения режима ТКСП.

Тестовый контроль сигнализаторов параметров проводится без отключения управляющих цепей, при этом на время его проведения все автоматически управляемые системы переводятся в режим дистанционного управления. Во время использования в системе тестового контроля каждый сигнализатор является для самой системы не только источником информации, но и своеобразным исполнительным органом, принимающим со стороны системы тестовые сигналы управления. Тестовые сигналы формируются в системе отдельно для каждого сигнализатора, выходной сигнал которого

участвует в формировании какого-либо из алгоритмов управления, для остальных сигнализаторов параметров сигналы тестового контроля могут быть групповыми (принудительный переход в состояние логического нуля или логической единицы происходит для всей группы одновременно). Структурная схема проведения тестового контроля сигнализаторов параметра представлена на рис. 1.

Введение режима РКД позволяет осуществлять проверку вторичных приборов, а также датчиков, имеющих реперный вход. В этом режиме система подает на реперные входы датчиков сигналы, способные перевести датчик в состояние, аналогичное такому уровню контролируемого параметра, при

котором в режиме работы по назначению датчик устанавливает значение, равное половине измеряемого им диапазона изменения параметра.

При проведении режима РКД информация от проверяемых датчиков имеет значение, равное половине диапазона измерения параметра, информация от сигнализаторов и непроверяемых датчиков на всех видеокдрах отображается в штатном режиме. Управление исполнительными органами по назначению в режиме РКД заблокировано. Система сохраняет данные о результатах проверки до следующего включения режима РКД.

Структурная схема проведения реперного контроля датчиков представлена на рис. 2.

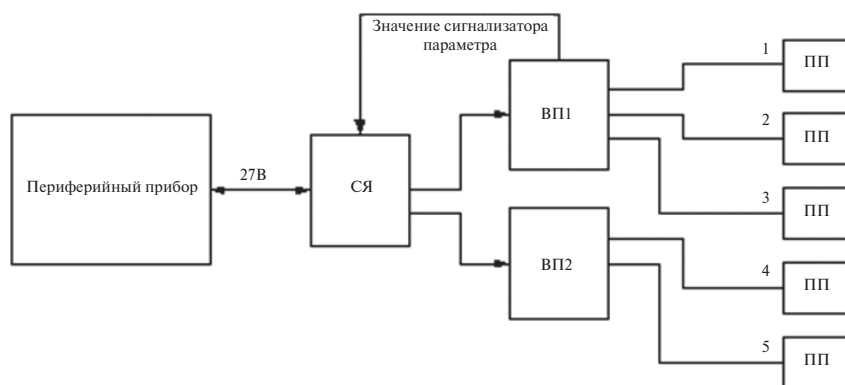


Рисунок 1. Структурная схема проведения тестового контроля сигнализаторов параметра: СЯ – соединительный ящик; ВП – вторичный преобразователь; ПП – первичный преобразователь

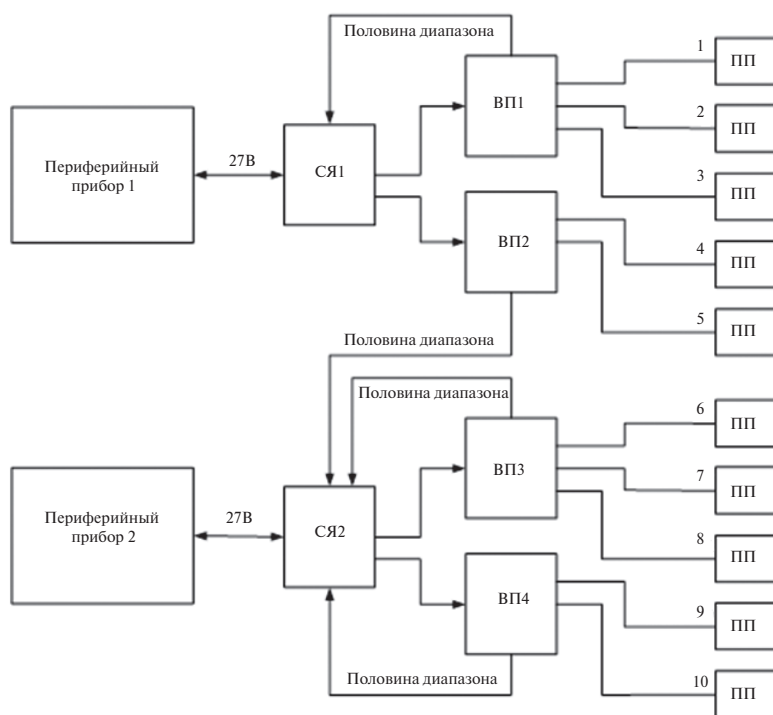


Рисунок 2. Структурная схема проведения реперного контроля датчиков: СЯ – соединительный ящик; ВП – вторичный преобразователь; ПП – первичный преобразователь

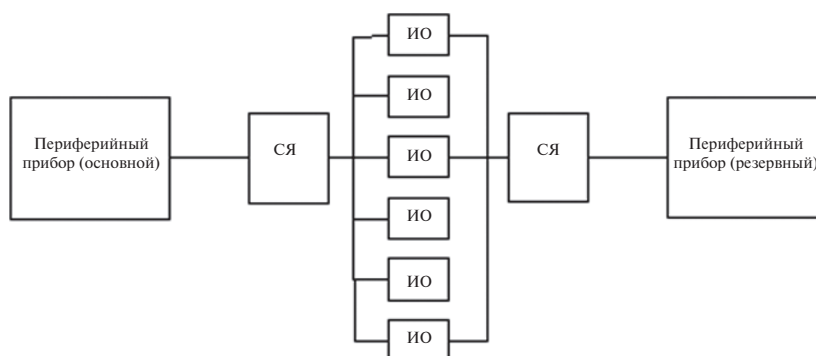


Рисунок 3. Структурная схема проведения контроля сопротивления изоляции исполнительных органов: СЯ – соединительный ящик; ИО – исполнительный орган

Режим КСИ предназначен для проверки сопротивления изоляции внешней цепи питания системы. В этом режиме система автоматически посылает в проверяемую цепь питания проверочные сигналы, уровень которых гарантированно не вызовет нарушения работоспособности аппаратуры, но позволит дать заключение о величине сопротивления изоляции этих цепей. Так, в [3] рассматривается необходимость использования алгоритма контроля сопротивления изоляции, выделяя данную тему как одну из важнейших в вопросе повышения надежности систем управления.

При проведении режима КСИ информация от датчиков и сигнализаторов на всех видеокдрах отображается в штатном режиме. Управление исполнительными органами по назначению в режиме КСИ заблокировано. Системе необходимо сохранять данные о результатах проверки до следующего включения режима КСИ. Структурная схема проведения контроля сопротивления изоляции исполнительных органов представлена на рис. 3.

Результаты исследования

При проведении режима РКД для встраиваемых систем управления можно получить данные о неисправностях в реперно-контрольных точках системы управления. Диагностика отображает полный тракт прохождения сигнала, позволяя в дальнейшем устранить причину выхода из строя оборудования (рис. 4).

Идентичную картину можно наблюдать при проведении режима ТКСП, получая диагностические данные неисправностей системы управления (рис. 5).

При проведении тестового режима КСИ диагностические данные позволяют не только определить прибор управления, посадочное место модуля с вероятностной ошибкой, но и получить наименование цепи (соединительной линии), идущей от прибора управления к исполнительному органу (рис. 6).

Данные тестового режима имеют особую важность в процедуре диагностики встраиваемой системы управления, т.к. по линиям связи, как правило, протекают высокие токи, способные при пониженном сопротивлении вызывать возгорание

Код	Наименование	Система	Прибор	Модуль	Код ошибки
H0A22	Уровень ЛЦО1 (ЦГБ № 2)	Водоотливная	01СК2–32	ABB01	Отказ АЦП
H0B22	Уровень ЛЦО2 (ЦГБ № 1)	Водоотливная	01СК2–32	ABB01	Отказ АЦП
H0B02	Уровень ЦО2 (ЛБ № 1)	Стабилизация	01СК1–12	ABB15	Неизвестно
S0C20	Температура ХЛД 15	Охлаждающая	01СК5–52	ABB01	Обрыв цепи

Рисунок 4. Результаты работы режима РКД

Код	Наименование	Система	Прибор	Модуль	Код ошибки
H02	Нижний уровень ЦГБ № 1	ПИВ	01СК1–42	ДВВ05	Неизвестно
E122	Сигнализатор ПВК	Пожаротушения	ЗСК2–02	ДВВ01	Неизвестно
K1823	Уровень бака № 242 отсека	Стабилизация	1СК21–18	ABB15	Отказ АЦП
S0C20	Температура ХЛД 15	Охлаждающая	01СК5–52	ABB01	Обрыв цепи

Рисунок 5. Результаты работы режима ТКСП

Наименование цепи	Прибор	Модуль	Код ошибки
A15B23 выход 1 питание сигнализаторов	01СК1–42	ДВВ05	Неизвестно
A15B23 выход 2 питание сигнализаторов	01СК1–42	ДВВ05	Неизвестно
A15B23 выход 3 питание сигнализаторов	01СК1–42	ДВВ05	Неизвестно
A15B23 выход 4 питание сигнализаторов	01СК1–42	ДВВ05	Низкое сопротивление изоляции
A18B03 выход 1 питание группы вентиляторов	18СК12–01	ДВВ05	Обрыв цепи
A19B05 выход 10 питание насоса	20СК10–05	ДВВ15	Обрыв цепи
A19B06 выход 10 питание насоса	20СК10–05	ДВВ15	Обрыв цепи
A19B07 выход 10 питание насоса	20СК10–05	ДВВ15	Обрыв цепи

Рисунок 6. Результаты работы режима КСИ

в замкнутых помещениях, тем самым снижая безопасность и отказоустойчивость системы управления.

Заключение

В данной работе представлен обзор предлагаемых методов диагностики состояния встраиваемой информационной системы управления на примере корабельной системы управления, позволяющей осуществлять удаленный контроль состояния прилегающего оборудования. Рассмотренные методы

могут подлежать доработке, расширяя функциональность не только диагностики, но и автоматического устранения неисправностей системы управления в целом.

Расширение функционала накопления неисправностей системы и их диагностики также предоставляет возможность создания предикативной системы раннего прогнозирования отказа прилегающего оборудования системы управления, т.е. повышает надежность системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В., Шилов К.Ю. Технические средства и принципы организации корабельных информационно-управляющих систем // Системы управления и обработки информации: научно-технический сборник ФГУБ «НПО «АВРОРА». СПб., 2013. Вып. 2. С. 14–18.
2. Соловьев Ю.И. Информационная система метрологического контроля корабельных систем управления: магистерская дис. СПб., 2017. 234 с.
3. Нгуен К.У. Быстродействующие устройства контроля и измерения сопротивления изоляции для систем управления электроэнергетическими объектами: дис. канд. техн. наук: 05.13.05. Новочеркасск, 2015. 230 с.

REFERENCES

1. Kiselev V.V., Shilov K. Yu. *Tekhnicheskie sredstva i printsipy organizatsii korabelnykh informatsionno-upravlyayushchikh sistem. Sistemy upravleniya i obrabotki informatsii. Nauchno-tekhnicheskii sbornik FGUB «NPO «AVRORA»» [Information management and processing systems: a scientific and technical collection of the Federal State Unitary Enterprise «NPO «AVRORA»»]*, St. Petersburg, 2013, vol. 2, pp. 14–18. (In Russian).
2. Solovyev Yu.I. *Informatsionnaya sistema metrologicheskogo kontrolya korabelnykh sistem upravleniya* [Information system of metrological control of ship control systems]. Master's thesis. Saint-Petersburg, 2017, 234 p. (In Russian).
3. Nguen K.U. *Bystrodeistvuyushchie ustroystva kontrolya i izmereniya soprotivleniya izolyatsii dlya sistem upravleniya elektroenergeticheskimi obektami* [High-speed devices for monitoring and measuring insulation resistance for control systems of electric power facilities]. Thesis of the Candidate of Technical Sciences. Novocheerkassk, 2015, 230 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Соловьев Юрий Игоревич, инженер-программист, «Научно-производственное предприятие «Радар ммс»», 197375, Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д.37, лит. А, тел.: +7 (911) 094-24-18, e-mail: yura.solovjov@mail.ru.

Сальников Вячеслав Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры измерительных информационных технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29, тел.: +7 (911) 917-59-32, e-mail: zvs@mail.ru.

AUTHORS

Solovyov Yury, engineer-programmer, Research and Production Enterprise Radar mms JSC, 37A, Novoselkovskaya ulitsa, Saint-Petersburg, 197375, Russia, tel.: +7 (911) 094-24-18, e-mail: yura.solovjov@mail.ru.

Salnikov Vyacheslav, PhD, associate professor of the Department of Measurement Information Technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29, Polytekhnikeskaya ulitsa, Saint-Petersburg, 195251, Russia, tel.: +7 (911) 917-59-32, e-mail: zvs@mail.ru.