

Департамент судостроительной промышленности  
и морской техники  
Акционерное общество  
«Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»

# СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

## CONTROL AND INFORMATION PROCESSING SYSTEMS

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Выпуск 2(41) июнь

Санкт-Петербург  
2018

## СОДЕРЖАНИЕ

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЛЕЙ И ОБЪЕКТОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**А.В. Балакин, Ю.А. Шейкин.** Анализ государственных стандартов в части электропитания однофазного переменного тока

**В.Н. Волобуев, А.Б. Дымент, В.В. Панкратьев, А.В. Самойлов.** Основные направления создания и развития интегрированных систем боевого управления (ИСБУ) для перспективных проектов неатомных подводных лодок (НАПЛ)

**С.К. Воловцов, А.В. Смольников.** Частотный метод синтеза систем управления морских подвижных объектов

**Л.В. Тотьменинов.** Организация работы резервированных систем управления ядерной энергетической установкой кораблей

### АППАРАТНО – ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

**А.А. Берденников, Д.С. Богданов, М.В. Ларионов.** Регулирование охлаждения оболочки камеры сгорания газогенерирующей установки

**С.И. Линьков, В.П. Савин.** Особенности определения положения рабочих органов по данным от датчика угла положения вторичным преобразователем на микроконтроллерах

**Б.Е. Павлов.** Алгоритм хранения и обработки данных, передаваемых через универсальный шлюз обмена данными прикладного уровня

**Ю.М. Пахоменков.** Диагностика мостовых параметрических преобразователей с применением контрольных функций

**К.В. Рогожин.** Построение бортовых сетей *Ethernet* с использованием отечественной элементной базы

### CALS – ТЕХНОЛОГИИ

**Р.В. Брезгин, В.В. Кобзев, Е.А. Кудрявцев.** Сетевые модели сервисного обслуживания

## CONTENTS

### AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR SHIPS AND CIVILIAN OBJECTS

**A.V. Balakin, Yu.A. Sheikin.** Analysis of state standards with regard to a single-phase alternating current electric power supply

**V.N. Volobuev, A.B. Dymant, V.V. Pankratiev, A.V. Samoylov.** Main trends in creation and development of integrated combat control systems (ICCS) for future projects of non-nuclear submarines

**S.K. Volovodov, A.V. Smolnikov.** Frequency method of synthesis of control systems for mobile marine objects

**L.V. Totmeninov.** Organization of operation of redundant control systems of a shipboard nuclear power plant

### HARDWARE AND SOFTWARE SOLUTIONS

**A.A. Berdennikov, D.S. Bogdanov, M.V. Larionov.** Control of cooling of a combustion chamber casing of a gas-producing plant

**S.I. Linkov, V.P. Savin.** Special aspects of determination of working members' position by a microcontroller based secondary converter as per the data from an angular position sensor

**B.E. Pavlov.** Algorithm of storage and processing of data, transmitted through a universal gateway for applied data exchange

**Yu.M. Pakhomenkov.** Diagnostics of bridge parametric converters with use of monitoring functions

**K.V. Rogozhin.** Building of onboard *Ethernet* networks with use of domestically produced hardware components

### CALS – TECHNOLOGIES

**R.V. Brezgin, V.V. Kobzev, Ye.A. Kudryavtsev.** Network models of service maintenance

УДК 621.31.083.74

**Ключевые слова:** электропитание, ГОСТ 32144, электропитание однофазного переменного тока

**Анализ государственных стандартов в части электропитания однофазного переменного тока.** Балакин А.В., Шейкин Ю.А. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 5–8.

В статье приводится анализ действующих и отмененных государственных стандартов в части электропитания сетей 220/230В 50 Гц. Рассматривается несоответствие действующих нормативных документов в части указания на номиналы напряжений, в том числе отнесенные к источникам и потребителям электроэнергии. Даются рекомендации по оформлению требований по электропитанию для Технических заданий, Технических требований и эксплуатационной документации.

УДК 629.5.051:523/827

**Ключевые слова:** интегрированная система боевого управления, боевая устойчивость и боевая эффективность НАПЛ, организация функционирования НАПЛ в процессе боевой деятельности, принципы построения ИСБУ, унифицированные пульта управления, проблемы, возникающих при создании ИСБУ ПЛ

**Основные направления создания и развития интегрированных систем боевого управления (ИСБУ) для перспективных проектов неатомных подводных лодок (НАПЛ).** Волобуев В.Н., Дымент А.Б., Панкратьев В.В., Самойлов А.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 9–17.

Для повышения боевой эффективности ПЛ объективно созрела необходимость объединения средств и систем различного функционального назначения в единую систему с целью оптимизации процессов управления НАПЛ в процессе её боевой деятельности, т.е. создания интегрированной системы боевого управления (ИСБУ). В результате проведенных исследований в АО «Концерн «НПО «Аврора» разработаны основные принципы создания ИСБУ и структурно-функциональная схема ИСБУ. Рассмотрены основные проблемы, возникающие при создании ИСБУ ПЛ.

УДК 681.5

**Ключевые слова:** система стабилизации, логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики, минимально фазовые системы, последовательное корректирующее устройство, уравнения движения МПО

**Частотный метод синтеза систем управления морских подвижных объектов.** Воловцов С.К., Смольников А.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 19–24.

В статье рассматривается применение частотных методов для решения задач синтеза систем стабилизации кинематических параметров движения МПО.

Приведены основные рекомендации по синтезу последовательных корректирующих устройств по заданным параметрам точности и качества процессов управления. В тех случаях, если передаточная функция объекта управления неустойчива, т.е. имеет полюса в правой комплексной полуплоскости, предлагается обеспечить ее устойчивость, охватив отрицательной обратной связью с использованием П-регулятора, а затем синтезировать последовательное корректирующее устройство методом ЛАХ. Работа иллюстрируется примерами синтеза системы стабилизации курса для устойчивого на курсе судна и синтеза системы управления для неустойчивого по дифференцу подводного аппарата.

УДК 681.518.629.5

**Ключевые слова:** энергетическая установка, резервированные каналы управления, синхронизация каналов, магистраль передачи данных

**Организация работы резервированных систем управления ядерной энергетической установкой кораблей.** Тотьменинов Л.В. //Системы управления и об-

работки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 25–30.

В статье рассмотрены вопросы организации функционирования резервированных каналов управления в системах управления ядерной энергетической установкой (СУ ЯЭУ) кораблей. В качестве возможного алгоритма управления резервированными каналами СУ ЯЭУ рассмотрен алгоритм функционирования отказоустойчивой магистральной передачи данных по интерфейсу ГОСТ 52070-2003, реализованный для эксплуатируемых СУ ЯЭУ.

УДК 621.438:629.5

**Ключевые слова:** охлаждение камеры сгорания, теплообменник, насос переменной производительности, регулирующий клапан, расход, давление, температура воды, система управления, регулятор

**Регулирование охлаждения оболочки камеры сгорания газогенерирующей установки.** Берденников А.А., Богданов Д.С., Ларионов М.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 31–42.

Рассматривается система управления охлаждением оболочки камеры сгорания газогенерирующей установки, обеспечивающая поддержание требуемых значений параметров охлаждающей воды в широком диапазоне режимов работы установки.

УДК 621.039

**Ключевые слова:** система управления и защиты, индикация положения рабочих органов, вторичные преобразователи датчиков положения магнесинного типа, датчики угла поворота (ДУП), векторные диаграммы, тангенс угла поворота ротора, сопряжение показаний датчиков грубого и точного отсчетов, определение высоты подъема и скорости перемещения рабочих органов

**Особенности определения положения рабочих органов по данным от датчика угла положения вторичным преобразователем на микроконтроллерах.** Линьков С.И., Савин В.П. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 43–48.

В настоящее время разработчиками аппаратуры систем управления и защиты наряду с задачами создания новых систем решаются задачи модернизации систем заказов с ядерными энергетическими установками. Одной из задач, возникших при модернизации аппаратуры СУЗ, является создание на новой элементной базе средств индикации положения рабочих органов (РО) СУЗ вторичных преобразователей датчиков положения магнесинного типа.

Переход на современную элементную базу позволяет снизить массогабаритные характеристики, энергопотребление, повысить технологичность и надежность. Появляется возможность осуществлять диагностические и контрольные функции, связанные со значительными вычислительными процедурами.

В статье рассмотрены особенности индикации положения РО, которая обеспечивается с помощью двух магнесинов, называемых датчиками угла поворота (ДУП) грубого и точного отсчета. Приведен алгоритм вычисления угла поворота ротора по амплитудам контролируемого фазного напряжения. Описан способ сопряжения показаний ДУП грубого и точного отсчета.

УДК 681.5

**Ключевые слова:** универсальный шлюз, алгоритм обмена и обработки данных, приложение для обмена данными, библиотека *API C++* для разработки приложений обмена данными

**Алгоритм хранения и обработки данных, передаваемых через универсальный шлюз обмена данными прикладного уровня.** Павлов Б.Е. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 49–53.

В данной статье рассмотрены способы обмена и обработки данных, используемые для взаимодействия комплексной системы управления техническими средствами (КСУ ТС) с внешними системами посредством «универсального шлюза обмена данными прикладного уровня». Описан алгоритм обмена данными, реализованный в «универсальном шлюзе обмена данными прикладного уровня», разработанном в рамках диссертационного исследования автора и примененном на заказах. Детализированы методы специального класса C++ для обработки и хранения данных, применяемые в указанном алгоритме. Затронуты вопросы «потокобезопасной» обработки данных многопоточным приложением за счет применения класса «*All\_data\_obj*». Указаны возможные направления дальнейших исследований в области обмена и обработки данных и сокращения времени разработки программных средств, реализующих взаимодействие КСУ ТС с внешними системами, а также снижения затрат на проведение испытаний совместного функционирования КСУ ТС и внешних систем.

УДК 621.317.799

**Ключевые слова:** мостовые параметрические преобразователи, контроль, моделирование

**Диагностика мостовых параметрических преобразователей с применением контрольных функций.** Пахоменков Ю.М. // Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 54–62.

Приведено математическое описание контрольных функций, характеризующих целостность мостовых параметрических преобразователей Уитстона. Рассмотрены основные свойства таких функций, и выполнено моделирование измерительных каналов, реализованных с их применением. Результаты исследований применены в методиках синтеза измерительных каналов, предназначенных для систем автоматики судовых энергетических установок.

УДК 004.714

**Ключевые слова:** микроконтроллер, микропроцессор, Ethernet, оконечное устройство, коммутатор, концентратор

**Построение бортовых сетей *Ethernet* с использованием отечественной элементной базы.** Рогожин К.В. // Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 63–70.

В статье представлена структура реализации оконечного сетевого устройств для работы в сетях *Ethernet*, построенного на основе микроконтроллеров и микропроцессоров. Приведен обзор отечественной элементной базы для построения в сетях *Ethernet*, а также описана реализация сетевых узлов с использованием отечественной элементной базы.

УДК 004.032.2:681.324

**Ключевые слова:** сервисное обслуживание, сеть, модель, граф, матрица, операция, трудоёмкость, критический путь, алгоритм

**Сетевые модели сервисного обслуживания.** Брезгин Р.В., Кобзев В.В., Кудрявцев Е.А. // Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2018. Вып. 2(41). С. 71–84.

В статье рассмотрены сетевые модели сервисного обслуживания корабельных систем управления. Определен перечень возможных работ и их качественный состав. Приводится перечень операций и данные по трудоёмкости. Показано построение сетевой модели и расчёт критического пути и длительности. Произведены расчёты параметров сетевой модели и сформирован график работ по сервисному обслуживанию изделий. Дан перечень этапов автоматизированного формирования сетевой модели проведения сервисного обслуживания. Подробно представлен алгоритм топологической сортировки с использованием принципа Демукрона.

UDC 621.31.083.74

**Key words:** electric power supply, GOST 32144, single-phase alternating current electric power supply

**Analysis of state standards with regard to a single-phase alternating current electric power supply.** A.V. Balakin, Yu.A. Sheikin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 5–8.

The article presents the analysis of effective and abandoned state standards with regard to electric power supply of 220/230V 50Hz circuits. The discrepancies in the effective reference documents are addressed with regard to the indicated nominal voltages, including those referred to the sources and consumers of electric power. The recommendations are given for arrangement of electric power requirements of technical assignments, technical specifications and operational documentation.

UDC 629.5.051:523/827

**Key words:** integrated combat control system, combat stability and combat effectiveness of non-nuclear submarine, organization of non-nuclear submarine operation in the process of combat activity, design concepts of ICCS, unified control consoles, problems evolving during creation of a SUB ICCS

**Main trends in creation and development of integrated combat control systems (ICCS) for future projects of non-nuclear submarines.** V.N. Volobuev, A.B. Dymont, V.V. Pankratiev, A.V. Samoylov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 9–17.

In order to improve the combat effectiveness of a submarine, the reasonable necessity emerged full blown to integrate facilities and systems of various functional purposes into a unified system in order to optimize the processes of non-nuclear submarine control in the course of its combat activities, i.e. to create an integrated combat control system (ICCS). As a result of conducted studies, the basic principles for creation of ICCS and its structural-functional diagram were developed at the Concern AVRORA SPA JSC. The main problems, emerging in the process of creation of a submarine's ICCS, are studied.

UDC 681.5

**Key words:** stabilization system, logarithmic amplitude-phase frequency characteristics, minimum-phase systems, feedforward compensator, motion equations of mobile marine objects

**Frequency method of synthesis of control systems for mobile marine objects.** S.K. Volovodov, A.V. Smolnikov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 19–24.

The article addresses the use of frequency methods for solving the task of synthesis of systems for stabilization of kinematic motion parameters of mobile marine objects.

The main recommendations are provided for synthesis of feedforward compensators as per the assigned parameters of accuracy and quality of control processes. In cases when the transfer function of a controlled object is not stable, i.e. it has poles in the right complex semiplane, it is proposed to ensure its stability applying a negative feedback loop with the use of a proportional controller, and then synthesizing a feedforward compensator by the method of logarithmic amplitude-phase frequency characteristics. The work is illustrated by the examples of synthesis of a course stabilization system for a course-stable vessel, and synthesis of a control system for a trim-unstable undersea vehicle.

UDC 681.518.629.5

**Key words:** propulsion plant, redundant control channels, synchronization of channels, data highway

**Organization of operation of redundant control systems of a shipboard nuclear power plant.** L.V. Totmeninov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 25–30.

The article presents the issues of organization of redundant control channels operation in control systems of a shipboard nuclear power plant (NPP CS). As possible algorithm for control of redundant channels of NPP CS, the algorithm of a fault-tolerant data highway operation for data transmission via the GOST 52070-2003 interface is considered, implemented for the operational NPP CS.

UDC 621.438:629.5

**Key words:** combustion chamber cooling, heat exchanger, variable-output pump, control valve, consumption, pressure, water temperature, control system, controller

**Control of cooling of a combustion chamber casing of a gas-producing plant.**

A.A. Berdennikov, D.S. Bogdanov, M.V. Larionov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 31–42.

The system is studied for control of cooling of a combustion chamber casing of a gas-producing plant, which ensures holding of the required parameter values of cooling water within a wide range of operation modes of a plant.

UDC 621.039

**Key words:** control and safety system, working members' position indication, secondary converters of magnesyne type position sensors, rotary position transducers (RPT), vector diagrams, tangent of rotor turning angle, matching of readings of coarse and fine reading sensors, determination of lifting height and travel rate of working members

**Special aspects of determination of working members' position by a microcontroller based secondary converter as per the data from an angular position sensor.** S.I. Linkov, V.P. Savin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 43–48.

The designers of the equipment for control and safety systems (CSS) are currently solving the tasks of upgrading the systems onboard the objects with nuclear power plants, along with the tasks of creating new systems. One of the tasks, which emerged during upgradation of control and safety system's equipment, is creation of position indication facilities for CSS working members of secondary converters of magnesyne type position sensors, based on new hardware components.

Converting to new state-of-the-art hardware components allows to lower the weight and size parameters, power consumption, to increase technological effectiveness and reliability. The possibility emerges to perform diagnostic and monitoring functions connected with serious computational procedures.

The article addresses specific features of indication of working members' position, which is provided by means of two magnesyne designated as rotary position transducers (RPT) of coarse and fine reading. The algorithm is presented for calculation of rotor turning angle by the amplitudes of controlled line-to-ground voltage. The method is described for matching the readings of coarse and fine reading sensors.

UDC 681.5

**Key words:** universal gateway, data exchange and processing algorithm, data exchange application, API C++ library for development of data exchange applications

**Algorithm of storage and processing of data, transmitted through a universal gateway for applied data exchange.** B.Ye. Pavlov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 49–53.

This article addresses the methods of exchange and processing of data, used for interaction between the complex control system of technical facilities (CCS TF) and external systems by means of "universal gateway for applied data exchange". The algorithm of data exchange is described, implemented in the "universal gateway of applied data exchange", developed as part of the author's thesis research and implemented onboard the objects. The methods of special class C++ are detailed for processing and storage of data, used in the mentioned algorithm. The issues are addressed of a



threadsafe data processing by a multithreaded application due to implementation of the «All\_data\_obj» class. Possible areas of further studies are indicated for data processing and exchange, for reduction of time required to develop the software, which ensure interaction between the CCS TF and external systems, as well as for lowering the cost of testing the joint operation of the CCS TF and external systems.

UDC 621.317.799

**Key words:** bridge parametric converters, error, monitoring, simulation

**Diagnostics of bridge parametric converters with use of monitoring functions.**

Yu.M. Pakhomenkov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 54–62.

The mathematical description of monitoring functions is presented, characterizing the integrity of Wheatstone bridge parametric converters. The main properties of such functions are studied and simulation is performed of measurement channels, implemented with their use. The results of the studies are used in the methods of synthesis of measurement channels, designed for automatic systems of shipboard power plants.

UDC 004.714

**Key words:** microcontroller, microprocessor, Ethernet, termination device, switching unit, hub

**Building of onboard Ethernet networks with use of domestically produced hardware components.**

K.V.Rogozhin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 63–70.

The article presents the structure for implementation of network termination devices for operation in *Ethernet* networks, built on the basis of microcontrollers and microprocessors. The review is provided of domestically produced hardware components for building of *Ethernet* networks, as well as the description is presented of network hubs implementation with use of domestically produced components.

UDC 004.032.2:681.324

**Key words:** service maintenance, network, model, graph, matrix, operation, labour intensity, critical path, algorithm

**Network models of service maintenance.**

R.V. Brezgin, V.V. Kobzev, Ye.A. Kudryavtsev //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2018. Issue 2(41). P. 71–84.

The article addresses the network models of service maintenance of shipboard control systems. The list of probable works and their qualitative composition are determined. The list of operations is provided and the data on labour intensity. Network model construction is presented, as well as calculation of critical path and duration. Network model parameters are calculated and work schedule is compiled for service maintenance of the articles. The list of stages for automated formation of network model of service maintenance conduction is provided. The algorithm of topological sorting with use of Demoucron principle is presented in detail.