

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 3(46) сентябрь

Санкт-Петербург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЛЕЙ И ОБЪЕКТОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Балакин, С.В. Душенковский, А.Н. Дядик, С.Н. Сурин, П.В. Никитин. Краткий анализ подходов к синтезу систем управления автономными необитаемыми подводными аппаратами

А.В. Балакин, С.В. Душенковский, А.Н. Дядик, С.Н. Сурин, П.В. Никитин. Особенности математического моделирования нестационарных процессов в топливных элементах с твердополимерным электролитом

А.В. Алексеев, А.В. Смольников, Г.Н. Сус, Н.П. Ушакова. Когнитивные технологии системы поддержки принятия решений и управления борьбой за живучесть корабля, судна

Д.Р. Ионин, С.Н. Сурин. О некоторых вопросах регулирования атомных станций малой мощности при их работе в составе изолированной энерго-системы

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

А.А. Берденников, Д.С. Богданов, М.В. Ларионов. Управление охлаждением параллельно работающих теплообменных аппаратов

Б.Е. Павлов. Предложения по структуре “универсального шлюза обмена данными прикладного уровня” при проектировании систем оперативного интеллектуального мониторинга, функционирующих в реальном масштабе времени

Ю.М. Пахоменков. О некоторых особенностях термометрических каналов на основе терморезисторов с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления

ИСПЫТАНИЯ

Л.Г. Бакуменко, А.Н. Дядик, Ю.Е. Рожков, С.Н. Сурин. Экспериментальное обоснование использования литий-ионных аккумуляторных батарей в автономных необитаемых подводных аппаратах

Л.В. Тотьменинов. Специальные проверки функционирования систем управления ядерными энергетическими установками кораблей

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

А.В. Балакин, М.Ю. Рогозин, А.П. Чурсин, Ю.А. Шейкин, П.В. Никитин. Сравнительный анализ импортной и отечественной кабельной продукции. Необходимость и перспективы импортозамещения в кабельной промышленности

CONTENTS

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR SHIPS AND CIVILIAN OBJECTS

A.V. Balakin, S.V. Dushenkovskiy, S.V. Dyadik, S.N. Surin, P.V. Nikitin. Brief analysis of approaches to synthesis of control systems of autonomous unmanned undersea vehicles

A.V. Balakin, S.V. Dushenkovskiy, A.N. Dyadik, S.N. Surin, P.V. Nikitin. Special aspects of mathematical modelling of nonstationary processes of fuel cells with solid polymer electrolyte

S.V. Alekseev, A.V. Smolnikov, G.N. Sus, N.P. Ushakova. Cognitive technologies for decision support and damage control system of a vessel, ship

D.R. Ionin, S.N. Surin. On certain issues related to regulation of low-power nuclear plants during their operation as part of isolated power system

HARDWARE AND SOFTWARE SOLUTIONS

A.A. Berdennikov, D.S. Bogdanov, M.V. Larionov. Control of cooling of heat exchangers operating in parallel

B.Ye. Pavlov. Proposals on the structure of "universal application-level data exchange gateway" for designing of intelligent online and real-time monitoring systems

Yu.M. Pakhomenkov. On some distinctive features of thermometric channels based on thermistors with negative temperature resistance coefficient

TESTS

L.G. Bakumenko, A.N. Dyadik, Yu.G. Rozhkov, S.N. Surin. Experimental justification of using lithium-ion storage batteries in autonomous unmanned undersea vehicles

L.V. Totmeninov. Special functional checks of control systems of shipboard nuclear power plants

IMPORT SUBSTITUTION

A.V. Balakin, M.Yu. Rogozin, A.P. Chursin, Yu.A. Sheikin, P.V. Nikitin. Comparative analysis of imported and domestic cable products. Need and prospects for import substitution in cable industry

УДК 623.827

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА), объект управления (ОУ), система управления (СУ), математическая модель, линейный регулятор, адаптивная система, робастные СУ, нейронные сети, движение, процессор, вычислительная сеть, бортовой компьютер

Краткий анализ подходов к синтезу систем управления автономными необитаемыми подводными аппаратами. Балакин А.В., Душенковский С.В., Дядик А.Н., Никитин П.В., Сурин С.Н. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 5-10.

В статье в краткой форме рассмотрены существующие методы проектирования СУ АНПА. Показано, что эти методы можно разделить на три группы. К первой группе относятся СУ, синтезированные на основе упрощенных математических моделей АНПА, когда параметры АНПА принимаются постоянными. Подобные СУ АНПА основаны на использовании ПИД-регуляторов. Вторую группу СУ АНПА составляют адаптивные системы, позволяющие подстроить параметры этих СУ к изменению параметров АНПА при их работе. Основным недостатком адаптивных систем является их высокая сложность при увеличении числа настраиваемых параметров, а также необходимость идентификации параметров АНПА в процессе их функционирования для осуществления настройки параметров этих СУ. К третьей группе СУ АНПА относятся робастные СУ, обеспечивающие независимость процесса управления от параметров и свойств самого объекта управления. В последние десятилетия получили достаточно широкое распространение СУ на основе нейронных сетей (НС), которые используются для управления сложными динамическими объектами с неопределенными параметрами. Для реализации СУ применяются, как правило, мощные процессоры семейства *MC68000* или *RISC* процессоры, выполненные в промышленных стандартах *VME* или *GESPAC*, и объединенные в локальную вычислительную сеть на борту АНПА. В качестве операционных используются системы реального времени *OS-9* или *UNIX*.

УДК 623.827

Ключевые слова: топливный элемент (ТЭ), ионообменная мембрана (ИОМ), нестационарный процесс, математическая модель, водород, водяной пар, кислород, переходный режим, методика расчета, электролит, топливный элемент с твердополимерным электролитом (ТПЭ)

Особенности математического моделирования нестационарных процессов в топливных элементах с твердополимерным электролитом. Балакин А.В., Душенковский С.В., Дядик А.Н., Никитин П.В., Сурин С.Н. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 11–17.

В статье разработаны алгоритмы и программы для математического моделирования нестационарных процессов в топливных элементах и батареях топливных элементов с твердополимерным электролитом. Разработанная методика расчета переходных процессов позволяет достаточно правильно оценить возмущения, вносимые при управлении батареей внешними воздействиями, а также интенсивность и запаздывание внутренних обратных связей, что позволяет уточнить требования к системе управления установкой в нестационарных режимах и системе поддержания параметров при работе на стационарном режиме.

УДК 629.5.06-52

Ключевые слова: автоматизация управления, информационная поддержка, интеллектуализация систем управления, человеческий фактор, когнитивные технологии, агрегированный показатель качества

Когнитивные технологии системы поддержки принятия решений и управления борьбой за живучесть корабля, судна. Алексеев А.В., Смольников А.В., Сус Г.Н., Ушакова Н.П. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 18–27.

В условиях интенсивного развития объектов морской техники и морской инфраструктуры устойчивой тенденцией является интеллектуализация систем управления на основе форсированного развития систем информационной поддержки принятия решений судоводителями на основе когнитивных технологий, минимизирующих негативное влияние субъективных факторов. В статье представлен один из реализованных и перспективных вариантов технологии информационной поддержки принятия управленческих решений, отличающийся инвариантностью к специфике решаемых задач.

УДК 681.536

Ключевые слова: маневренность, регулируемые режимы, нагрузка сети, частота тока, мощность генерации, статизм турбогенератора, первичное, вторичное и третичное регулирование

О некоторых вопросах регулирования атомных станций малой мощности при их работе в составе изолированной энергосистемы. Ионин Д.Р., Сурин С.Н. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 28–38.

В статье рассмотрены проблемы регулирования атомных станций со стационарными и транспортными ядерными парогенераторными установками малой мощности с постоянной и переменной паропроизводительностью РУ. Показаны основные отличия работы этих установок в отдельных режимах. Изложены предложения по укрупненной структуре регулирования частоты и мощности при использовании транспортных установок малой мощности в режимах слежения РУ за нагрузкой энергосети.

УДК 621.438:629.5

Ключевые слова: контур охлаждения, теплообменный аппарат, рабочая среда, насос, регулирующий клапан, регулятор, давление, температура, расход воды, минимизация количества оборудования

Управление охлаждением параллельно работающих теплообменных аппаратов. Берденников А.А., Богданов Д.С., Ларионов М.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 39–47.

В статье проводится сравнительный анализ трех вариантов контуров охлаждения рабочих сред дизелей и газовых турбин. Даются рекомендации по схемам управления и составу контуров, обеспечивающему минимизацию используемых в них технических средств, а также по условиям применения в них нерегулируемых и регулируемых насосов.

УДК 681.518.3

Ключевые слова: структура универсального шлюза обмена данными, принцип обмена данными прикладного уровня, критерии выбора программного обеспечения

Предложения по структуре “универсального шлюза обмена данными прикладного уровня” при проектировании систем оперативного интеллектуального мониторинга, функционирующих в реальном масштабе времени. Павлов Б.Е. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 48–5.

В данной статье проведен обзор рынка программного обеспечения обмена данными. Определены цели проектирования и разработки “универсального шлюза обмена данными прикладного уровня”. Рассмотрен вариант структуры “универсального шлюза обмена данными”. Приведен общий принцип обмена данными через “универсальный шлюз обмена данными прикладного уровня”, а также критерии выбора программного обеспечения.

УДК 621.317.799

Ключевые слова: автоматика, термисторы, расчет, моделирование, погрешность

О некоторых особенностях термометрических каналов на основе терморезисторов с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления. Пахоменков Ю.М. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 54–65.

Рассмотрены вопросы применения терморезисторов с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления. Описана методика расчета пассивной термочувствительной цепи, содержащей термистор. Исследован бюджет погрешности и представлены результаты компьютерного и натурного моделирования типового термометрического канала, построенного на основе термистора.

УДК 629.78.064.5

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор, аккумуляторная батарея, заряд/разряд, хранение, емкость АБ, автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА), параллельно-последовательная сборка, зарядная и разрядная кривая, стенд, электрический ток

Экспериментальное обоснование использования литий-ионных аккумуляторных батарей в автономных необитаемых подводных аппаратах. Бакуменко Л.Г., Дядик А.Н., Рожков Ю.Г., Сурин С.Н. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 66–71.

В статье представлена концепция применения различных литий-ионных аккумуляторных батарей на АНПА. Приведены экспериментальные результаты исследования макетного образца ЛИАБ на соответствие требованиям и режимам использования АНПА по времени разряда и электрической емкости батареи, которая при различных режимах работы должна быть не меньше $70 \text{ А} \cdot \text{ч}$ при напряжении $20 - 29 \text{ В}$. В зависимости от поставленных задач могут быть реализованы такие варианты сборки, при которых появляются более широкие возможности использования ЛИАБ.

УДК 681.518.629.5

Ключевые слова: система управления энергетическая установка, проверки правильности функционирования, предыстория событий, резервированные каналы управления

Специальные проверки функционирования систем управления ядерной энергетической установкой кораблей. Тотьменинов Л.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 72–76.

В статье рассмотрены вопросы специальных проверок функционирования систем управления ядерной энергетической установкой (СУ ЯЭУ) кораблей. Рассмотрены проверки функционирования в условиях наличия разного вида неисправностей в системе управления и ошибочных действий оператора. Предлагается систематизировать специальные проверки, разделив их по функциональным признакам.

УДК 621.315.2

Ключевые слова: кабель, волновое сопротивление, импортозамещение, изоляция, витая пара, RS 485, отечественная продукция, *Ethernet*

Сравнительный анализ импортной и отечественной кабельной продукции. Необходимость и перспективы импортозамещения в кабельной промышленности. Балакин А.В., Рогозин М.Ю., Чурсин А.П., Шейкин Ю.А., Никитин П.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2019. Вып. 3(46). С. 77–86.

В данной статье приводится обзор применения кабельной продукции в современном судостроении, а также представлены крупнейшие производители кабельной продукции в России. Приведен сравнительный анализ импортной и отечественной кабельной продукции. Даны характеристики типов кабелей двух производителей. Представлены возможные изменения, к которым приведёт импортозамещение в кабельной промышленности. Приведена таблица со сравнительными характеристиками трёх типов кабелей.

UDC 623.827

Key words: autonomous unmanned undersea vehicle (UUV), controlled object (CO), control system (CS), mathematical model, linear controller, adaptive system, robust CS, neural networks, motion, processor, computer network, onboard computer

Brief analysis of approaches to synthesis of control systems of autonomous unmanned undersea vehicles. A.V. Balakin, S.V. Dushenkovskiy, S.V. Dyadik, P.V. Nikitin, S.N. Surin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P. 5–10.

The article briefly considers existing methods for designing control systems of a UUV. It is shown that these methods can be divided into three groups. The first group comprises CS, synthesized on the basis of simplified mathematical models of a UUV, when parameters of a UUV are considered unchanging. Such CS of a UUV are based on the use of PID controllers. The second group of UUV CS includes adaptive systems, which allow to adjust the parameters of these CS to changing parameters of a UUV during their operation. The main disadvantage of adaptive systems is their high complexity, when the quantity of adjustable parameters is growing, as well as necessity to identify UUV parameters in the process of their operation to adjust the parameters of these CS. The third group of UUV CS comprises robust CS, which ensure independence of control process from parameters and properties of a controlled object. During last decades, the CS based on neural networks (NN) got widespread use, they are used for control of complex dynamic objects with undetermined parameters. For implementation of CS, as a rule, powerful processors of MC68000 or RISC series are used, made as per the industrial VME or GESPAC standards, and combined in a local computer network onboard a UUV. OS-9 or UNIX real time systems are used as operation systems.

UDC 623.827

Key words: fuel cell (FC), ion-exchange membrane (IEM), nonstationary process, mathematical model, hydrogen, water vapour, oxygen, transient mode, calculation methods, electrolyte, solid polymer electrolyte fuel cell (SPE)

Special aspects of mathematical modelling of nonstationary processes in fuel cells with solid polymer electrolyte. A.V. Balakin, S.V. Dushenkovskiy, A.N. Dyadik, P.V. Nikitin, S.N. Surin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P. 11–17.

The algorithms and programs are elaborated in the article for mathematical modelling of nonstationary processes in fuel cells and batteries of fuel cells with solid polymer electrolyte. The developed methods for calculation of transient processes enable a proper evaluation of perturbations, caused when a battery is controlled by external influences, as well as intensity and delaying of internal feedbacks, which allow to specify more accurately the requirements to plant control systems in nonstationary modes and system for maintenance of parameters during stationary mode operation.

UDC 629.5.06-52

Key words: automation of control, information support, intellectualization of control systems, human factor, cognitive technologies, quality aggregate

Cognitive technologies for decision support and damage control system of a vessel, ship. S.V. Alekseev, A.V. Smolnikov, G.N. Sus, N.P. Ushakova //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P.18–27.

In conditions of intensive development of marine engineering and infrastructure objects, a steady trend is intellectualization of control systems due to enhanced development of navigator's decision information support systems based on cognitive technologies, which minimize the negative influence of subjective factors. The article presents one of implemented and promising options for information support of managerial

decisions, which is different due to invariance with respect to specifics of problems being solved.

UDC 681.536

Key words: maneuverability, controllable modes, load of electric power network, current frequency, generation capacity, turbogenerator droop, primary, secondary and tertiary regulation

On certain issues related to regulation of low-power nuclear plants during their operation as part of isolated power system. D.R. Ionin, S.N. Surin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P. 28–38.

The article considers the problems of regulation of nuclear power plants with stationary and propulsion low-power nuclear steam plants with constant and variable steam rate of a reactor unit. The main difference in operation of these plants in specific modes is illustrated. The proposals are set out for enlarged structure of frequency and power regulation during the use of low-power propulsion plants in the modes of RU monitoring the load of electric power network.

UDC 621.438:629.5

Key words: cooling loop, heat exchanger, working fluid, pump, control valve, controller, pressure, temperature, water flow, minimization of equipment

Control of cooling of heat exchangers operating in parallel. 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. 2019. Issue 3(46). P. 39–47.

The article provides comparative analysis of three variants of cooling loops for working fluids of diesel engines and gas turbines. Recommendations are made on control circuits and composition of loops, which minimize the use of technical facilities, as well as on conditions of using fixed and variable capacity pumps in them.

UDC 681.518.3

Key words: structure of universal data exchange gateway, principle of application level data exchange, software selection criteria

Proposals on the structure of “universal application-level data exchange gateway” for designing of intelligent online and real-time monitoring systems. B.Ye. Pavlov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P. 48–53.

The article presents a review of the data exchange software market. The objectives of designing and development of a “universal application-level data exchange gateway” are defined. The option for the structure of a “universal data exchange gateway” is considered. The general principle of data exchange through a “universal application-level data exchange gateway”, as well as criteria for software selection are presented.

UDC 621.317.799

Key words: automatics, thermistors, calculation, simulation, error

On some distinctive features of thermometric channels based on thermistors with negative temperature resistance coefficient. Yu. M. Pakhomenkov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P. 54–65.

The issues of the use of thermistors with negative temperature resistance coefficient are addressed. The methods are described for calculation of a passive thermally sensitive chain containing a thermistor. Error budget is studied and the results of computer and full-scale simulation of a typical thermometric channel, based on a thermistor, are presented.

UDC 629.78.064.5

Key words: lithium-ion battery, storage battery, charge/discharge, storage, SB capacity, autonomous unmanned undersea vehicle (UUV), parallel-sequential assembly, charging-discharging curve, testing bench, electric current

Experimental justification of using lithium-ion storage batteries in autonomous unmanned undersea vehicles. L.G. Bakumenko, A.N. Dyadik, Yu.G. Rozhkov, S.N. Surin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P. 66–71.

The article presents the concept of using various lithium-ion storage batteries on a UUV. The experimental results of examination of a LIB mock-up specimen are presented on its compliance with the requirements and the modes of UUV use relating to the storage battery discharging time and electrical capacity, which for various operation modes should be not less than 70Ah at a voltage of 20V – 29V. Depending on the assigned tasks, such assembly options can be implemented, which provide wider possibilities for LIB use.

UDC 681.518.629.5

Key words: control system, power plant, fault detection in the course of operation, backstory, redundant control channels

Special functional checks of control systems of shipboard nuclear power plants. L.V. Totmeninov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P. 72–76.

The article addresses the issues of special functional checks of control systems of shipboard nuclear power plants (NPP CS). The functional checks in conditions of various malfunctions in a control system and erroneous actions of an operator are considered. It is proposed to systematize special checks dividing them depending on their functional features.

UDC 621.315.2

Key words: cable, surge impedance, import substitution, insulation, twisted pair, RS 485, domestic products, Ethernet

Comparative analysis of imported and domestic cable products. Need and prospects for import substitution in cable industry. A.V. Balakin, M.Yu. Rogozin, A.P. Chursin, Yu.A. Sheikin, P.V. Nikitin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2019. Issue 3(46). P. 77–86.

This article presents a review of the use of cable products in today's shipbuilding, as well as the biggest manufacturers of cable products in Russia. Comparative analysis of imported and domestic cable products is provided. Specifications are indicated for various types of cables manufactured by two companies. Possible changes due to import substitution in the cable industry are listed. Comparative specifications of three types of cables are presented in a tabular form.