

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 4(39) декабрь

Санкт-Петербург
2017

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЛЕЙ И ОБЪЕКТОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Л.Г. Бакуменко , А.Н. Дядик, И. К. Ландграф. Математическое моделирование нестационарных процессов в топливных элементах с твердополимерным электролитом

Л.Г. Бакуменко, А.Н. Дядик, М.В. Ларионов, А.Л. Левицкий, С.Н. Сурин, С.С. Худяков. Определение возможности вымораживания двуокиси углерода в воздухонезависимой энергоустановке с ЭХГ-генератором

А.В. Балакин, С.В. Душенковский, А.Н. Дядик, С.Н. Сурин. Особенности математической модели подводной термоэлектрической установки

Д.А. Павлов. Алгоритм управления АНПА в горизонтальной плоскости методом наведения в «субточку»

Д.А. Павлов. Алгоритм управления глубиной погружения АНПА методом задания дифферента функцией вида сигмоида

А.В. Смольников. Пример синтеза системы динамического позиционирования автономного подводного аппарата

АППАРАТНО – ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

А.А. Берденников, Д.С. Богданов. Регулирование давления воды в устройствах сорбционной очистки газа с использованием насоса переменной производительности

М.В. Коробейник, В.А. Кошко, А.С. Наумов. Применение низкочастотных соединителей в высокоскоростных интерфейсах изделий морского приборостроения

С.И. Линьков, В.П. Савин. Способ повышения качества управления в аварийных режимах атомной энергоустановкой

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Г.В. Шаталов. Импортозамещение. Проблемы и пути решения на примере деятельности АО «Концерн «НПО «Аврора»

ИСПЫТАНИЯ

И.В. Парыгин, И.В. Протягов, А.Н. Стариков. Автоматизация испытаний качества обратной связи токовой цепи электромеханического привода запорно-регулирующей арматуры

CONTENTS

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR SHIPS AND CIVILIAN OBJECTS

L.G. Bakumenko, A.N. Dyadik, I.K. Landgraf. Mathematical simulation of nonsteady processes in fuel cells with solid polymeric electrolyte

L.G. Bakumenko, A.N. Dyadik, M.V. Larionov, A.L. Levitskiy, S.N. Surin, S.S. Khudyakov. Ascertaining of possibility for freezing out of carbon dioxide in an air-independent propulsion plant with an electrochemical generator

A.V. Balakin, S.V. Dushenkovskiy, A.N. Dyadik, S.N. Surin. Special aspects of mathematical model of underwater thermoelectric plant

D.A. Pavlov. Algorithm of autonomous unmanned underwater vehicle control in a horizontal plane by means of «subpoint» guidance

D.A. Pavlov. Algorithm of diving depth control of an autonomous unmanned underwater vehicle by means of trim setting as a sigmoid shape function

A.V. Smolnikov. Example of synthesis of a dynamic positioning system of an autonomous underwater vehicle

HARDWARE – SOFTWARE IMPLEMENTATION

A.A. Berdennikov, D.S. Bogdanov. Water pressure control in sorption gas purification plants with the use of a variable capacity pump

M.V. Korobeynik, V.A. Koshko, A.S. Naumov. Use of low-frequency connectors in high-speed interfaces of marine instrumentation articles

S.I. Linkov, V.P. Savin. Method of improvement in quality of control in emergency modes of nuclear power plant operation

INNOVATION TECHNOLOGIES AND MATERIALS

G.V. Shatalov. Import substitution. Problems and ways of their solution as exemplified by the activities of the Concern AVRORA SPA JSC

TESTS

A.N. Starikov, I.V. Protyagov, I.V. Parygin. Automation of testing the feedback quality of a current circuit of an electromechanical actuator in shutoff and control valves

УДК 623.827

Ключевые слова: топливный элемент с твердополимерным электролитом, математическая модель, анод, катод, нестационарный процесс, электрохимический генератор, водород, кислород, массовый расход

Математическое моделирование нестационарных процессов в топливных элементах с твердополимерным электролитом. Бакуменко Л.Г., Дядик А.Н., Ландграф И.К. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 5–11.

В статье представлена математическая модель для расчета динамических характеристик топливного элемента с твердополимерным электролитом (ТПТЭ) в составе ВНЭУ с ЭХГ и конвертором органического топлива для получения водорода. Показано, что разработанная методика расчета переходных процессов позволяет правильно оценить возмущения, вносимые при управлении батареей внешними воздействиями. Так, например, после внесения возмущения по нагрузке наиболее сильно изменятся плотность тока. Напряжение изменяется несколько слабее, и его изменение имеет обратное направление: при уменьшении отводимой мощности напряжение растёт. Расчеты нормальных переходных режимов в ТПТЭ в одномерном приближении позволили оценить диапазон внешнего воздействия для ЭХГ, не обладающего свойствами полного саморегулирования.

УДК 623.827

Ключевые слова: электрохимический генератор, водородное топливо, криогенный кислород, устройство сорбционной очистки, углекислый газ, массовый расход

Определение возможности вымораживания двуокиси углерода в воздухо-независимой энергоустановке с ЭХГ-генератором. Бакуменко Л.Г., Дядик А.Н., Ларионов М.В., Левицкий А.Л., Сурин С.Н., Худяков С.С. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 12–16.

В статье рассматривается вариант ВНЭУ с ЭХГ с вымораживанием части массового расхода двуокиси углерода, образующейся в процессе риформинга дизельного топлива для получения водорода. Показано, что имеющимся количеством жидкого кислорода невозможно выморозить всю двуокись углерода, образующуюся в реакции риформинга. По этой причине требуется в энергоустановке размещение устройства сорбционной очистки газа. Получено граничное значение массового расхода углекислого газа, которое может быть выморозено жидким кислородом и, тем самым, определены требования к УСО.

УДК 623.827

Ключевые слова: термоэлектрический генератор, математическая модель, ядерный реактор, энергоустановка, теплоноситель

Особенности математической модели подводной термоэлектрической установки. Балакин А.В., Душенковский С.В., Дядик А.Н., Сурин С.Н. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 17–22.

В статье рассмотрена математическая модель для расчета динамических режимов работы ядерной энергетической установки с термоэлектрическим генератором в составе энергоустановки автономного необитаемого подводного аппарата. Показано, что ТЭЛГ может быть представлен в виде противоточного теплообменника. Динамические процессы в ТЭЛГ носят монотонный характер, поэтому генератор может быть автоматизирован по заранее разработанным алгоритмам управления.

УДК 681.515

Ключевые слова: движение АНПА, алгоритмы управления, траектория движения, насос, моделирование

Алгоритм управления АНПА в горизонтальной плоскости методом наведения в «субточку». Павлов Д.А. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 23–33.

В работе рассматриваются базовые алгоритмы системы управления движением АНПА в горизонтальной плоскости, к которым относятся алгоритмы методов: погони, прямого наведения, накрытия цели, управления по боковому смещению.

Управление по боковому смещению показывает наилучшее качество, но в тоже время является самым ресурсоемким в отношении вычислительной мощности методом. В качестве альтернативы разработан метод наведения в «субточку», который имеет всего один пропорциональный регулятор.

УДК 681.515

Ключевые слова: АНПА, глубина погружения, моделирование, алгоритм управления, рельеф дна

Алгоритм управления глубиной погружения АНПА методом задания дифференциальной функцией вида сигмоида. Павлов Д.А. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 34–42.

В статье рассматривается управление глубиной погружения автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) с алгоритмом выхода и удержания заданной глубины и алгоритмом удержания отстояния от дна. Отличительной особенностью алгоритма управления является использование функции вида сигмоида в качестве функции, задающей требуемый дифференциал.

УДК 623.827

Ключевые слова: автономный подводный аппарат, динамическое позиционирование, законы управления, экспоненциальная устойчивость, распределение управляющих воздействий

Пример синтеза системы динамического позиционирования автономного подводного аппарата. Смольников А.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 43–51.

В статье рассматривается пример синтеза управления динамическим позиционированием автономного подводного аппарата. Синтез заключается в определении управляющих сил и моментов, обеспечивающих позиционирование объекта, и их распределение по исполнительным органам аппарата.

УДК 621.67

Ключевые слова: сорбционная очистка газа, абсорбер, заборная вода, насос переменной производительности, регулирующий клапан, расход, давление

Регулирование давления воды в устройствах сорбционной очистки газа с использованием насоса переменной производительности. Берденников А.А., Богданов Д.С. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 52–61.

Рассмотрено управление подачей и отбором воды из устройства сорбционной очистки газа с помощью насоса переменной производительности, поддерживающего требуемое давление на входе или выходе регулирующих клапанов на режимах с давлением заборной воды, близким к давлению газа в УСО.

УДК 681.327.8

Ключевые слова: низкочастотные соединители, интерфейс *Fast Ethernet* (100Base-T)

Применение низкочастотных соединителей в высокоскоростных интерфейсах изделий морского приборостроения. Коробейник М.В., Кошко В.А., Наумов А.С. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 62–68.

В статье рассмотрена возможность применения низкочастотных соединителей в высокоскоростных интерфейсах *Fast Ethernet* (100Base-T).

УДК 621.039

Ключевые слова: система управления и защиты, локализация аварии, построение алгоритмов управления с учетом состояния объекта перед началом развития аварии, экстренное снижение мощности, предотвращение повышения температуры теплоносителя, теплотехническая надежность активной зоны

Способ повышения качества управления в аварийных режимах атомной энергоустановкой. Линьков С.И., Савин В.П. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 69–74.

В процессе эксплуатации энергетических объектов могут возникать аварийные ситуации, связанные с отказом циркуляционных насосов первого контура. При локализации таких аварий для организации качественного управления необходимо иметь информацию о состоянии управляемого объекта (режиме работы, уровне мощности и пр.) до момента возникновения аварии.

Основным средством локализации аварии при аварийном снижении расхода теплоносителя через активную зону реактора является введение в активную зону регулирующих органов системы управления и защиты реактора: стержней-поглотителей нейтронов. Поглощающие стержни вводятся в активную зону, чтобы обеспечить экстренное снижение мощности, предотвращающее повышение температуры теплоносителя до значений, которые являются опасными для теплотехнической надежности активной зоны. Оптимальная величина погружения стержней в активную зону зависит от уровня мощности реактора до момента возникновения аварии. Вследствие присутствующего в водо-водяных реакторах отрицательного температурного эффекта реактивности мощность реактора начинает изменяться одновременно с изменением расхода теплоносителя через активную зону.

Пока сигнал о снижении расхода поступает в систему управления от сигнализаторов частоты вращения насосов, мощность успевает динамически снизиться. Указанный недостаток можно устранить, если зафиксировать значение мощности реактора за несколько секунд до момента поступления в систему управления сигнала об остановке циркуляционных насосов первого контура. Это позволяет вычислить в контроллере регулятора требуемую величину погружения регулирующих стержней в активную зону и выполнить операцию перемещением регулирующих стержней на нужную глубину.

УДК 681.518

Ключевые слова: импортозамещение, закупки, вооружение, военная и специальная техника, электронная компонентная база, производство продукции

Импортозамещение. Проблемы и пути решения на примере деятельности АО «Концерн «НПО «Аврора». Шаталов Г.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 75–80.

В статье рассмотрены проблемы, сопровождающие процесс импортозамещения в АО «Концерн «НПО «Аврора». Среди них особо выделены такие проблемы, как неоднозначность терминологии, связанной с процессами импортозамещения, многовариантность подходов к решению текущих задач.

УДК 62-34

Ключевые слова: система управления, линейность обратной связи, электромеханический привод, алгоритм управления, измерение

Автоматизация испытаний качества обратной связи токовой цепи электромеханического привода запорно-регулирующей арматуры. Парыгин И.В., Стариков А.Н., Протягов И.В. //Системы управления и обработки информации: науч.-техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. 2017. Вып. 4(39). С. 81–86.

Рассматривается вопрос экспериментальной оценки линейности обратной связи управления электромеханическим приводом. Предлагается метод проведения эксперимента, рассматриваются аппаратные и программные средства. Приводятся результаты и анализ результатов испытаний.

UDC 623.827

Key words: fuel cell with solid polymeric electrolyte, mathematical model, anode, cathode, nonsteady process, electrochemical generator, hydrogen, oxygen, mass rate

Mathematical simulation of nonsteady processes in fuel cells with solid polymeric electrolyte. L.G. Bakumenko, A.N. Dyadik, I.K. Landgraf //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 5–11.

The article presents a mathematical model for calculation of dynamic characteristics of a fuel cell with a solid polymeric electrolyte in air-independent propulsion plants with an electrochemical generator and an organic fuel converter for hydrogen production. It is shown that the methods developed for calculation of transient processes provide a means of proper estimate of disturbances, which occur during battery control by external actions, for instance, after load disturbance is applied, the strongest changes occur in current density. Voltage changes slightly less and in the opposite direction: when outgoing power is reduced, the voltage is growing. Calculation of normal transient processes in a fuel cell with a solid polymeric electrolyte in one-dimensional approximation enabled the estimate of the range of external actions for an electrochemical generator, which does not have properties of complete self-regulation.

UDC 623.827

Key words: electrochemical generator, hydrogen fuel, cryogenic oxygen, sorption purification plant, carbon dioxide, mass rate

Ascertaining of possibility for freezing out of carbon dioxide in an air-independent propulsion plant with an electrochemical generator. L.G. Bakumenko, A.N. Dyadik, M.V. Larionov, S.N. Surin, S.S. Khudyakov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 12–16.

The article presents a variant of an air-independent propulsion plant with an electrochemical generator and partial freezing out of carbon dioxide mass rate produced in the process of diesel fuel reforming for hydrogen production. It is shown that the existing quantity of liquid oxygen is not enough to freeze out all carbon dioxide produced during reforming. For this reason, it is required to equip a propulsion plant with a sorption gas purification plant. Threshold quantity is obtained for carbon dioxide mass rate, which can be frozen out by means of liquid oxygen and, therefore, the requirements for a sorption gas purification plant are determined.

UDC 623.827

Key words: thermoelectric generator, mathematical model, nuclear reactor, power plant, coolant

Special aspects of mathematical model of underwater thermoelectric plant. A.V. Balakin, S.V. Dushenkovskiy, A.N. Dyadik, S.N. Surin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 17–22.

The article presents a mathematical model for calculation of dynamic modes of a nuclear power plant with a thermoelectric generator operation as part of a propulsion plant of an autonomous unmanned underwater vehicle. It is shown that a thermoelectric generator can be represented in the form of a counter-flow heat exchanger. Dynamic processes in a thermoelectric generator are monotonous, therefore a generator can be automated as per the pre-developed control algorithms.

UDC 681.515

Key words: UUV motion, control algorithms, motion trajectory, pump, simulation

Algorithm of unmanned underwater vehicle control in a horizontal plane by means of «subpoint» guidance. D.A. Pavlov // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 23–33.

The work presents basic algorithms of control system of a UUV motion in a horizontal plane, which include the algorithms of such methods as: chase, direct guidance, target coverage, lateral drift control.

Lateral drift control demonstrates the best quality, and, at the same time, it is the most resource-intensive method with regard to computational power. As an alternative, the method of «subpoint» is developed, which has only one proportional regulator.

UDC 681.515

Key words: UUV, diving depth, simulation, control algorithm, bottom configuration

Algorithm of diving depth control of an autonomous unmanned underwater vehicle by means of trim setting as a sigmoid shape function. A.D. Pavlov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 34–42.

The article examines control of diving depth of an autonomous unmanned underwater vehicle (UUV) with the algorithm of diving to and keeping the assigned depth and the algorithm of keeping the distance from the bottom. Outstanding feature of control algorithm is the use of a sigmoid shape function as a function setting the required trim.

UDC 623.827

Key words: autonomous underwater vehicle, dynamic positioning, control laws, exponential stability, distribution of control inputs

Example of synthesis of a dynamic positioning system of an autonomous underwater vehicle. A.V. Smolnikov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 43–51.

The article presents an example of synthesis of dynamic positioning control of an autonomous underwater vehicle. The synthesis involves analysis of control forces and moments, which have an impact on position of an object, and their distribution over the actuators of a vehicle.

UDC 621.67

Key words: sorption gas purification, absorber, sea water, variable capacity pump, control valve, consumption, pressure

Water pressure control in sorption gas purification plants with the use of a variable capacity pump. A.A. Berdennikov, D.S. Bogdanov // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 52–61.

The article examines control of water feed and take-off from a sorption gas purification plant by means of a variable capacity pump, which maintains the required pressure at an input or output of control valves in the modes with pressure of a sea water, close to gas pressure in a sorption gas purification plant.

UDC 681.327.8

Key words: low-frequency connectors, interface Fast Ethernet (100Base-T)

Use of low-frequency connectors in high-speed interfaces of marine instrumentation articles. M.V. Korobeynik, V.A. Koshko, A.S. Naumov // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 62–68.

The article examines the possibility of the use of low-frequency connectors in high-speed interfaces Fast Ethernet (100Base-T).

UDC 621.039

Key words: control and protection system, accident localization, development of control algorithm with consideration for status of an object prior to accident progression, emergency power reduction, prevention of rise in coolant temperature, termotechnical reliability of a reactor core

Method of improvement in quality of control in emergency modes of nuclear power plant operation. S.I. Linkov, V.P. Savin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 69–74.

In the process of operation of power engineering facilities, the accident situations may occur due to failure of primary circulation pumps. To organize quality control during localization of such accidents, it is necessary to have the information about status of an object under control (operating conditions, power level etc.) prior to the accident.

The main means of accident localization in case of emergency loss of coolant flow through a reactor core is insertion of neutron absorbing rods into a reactor core by control elements of a reactor control and protection system. Absorbing rods are inserted into a reactor core in order to ensure emergency power reduction, preventing rise in temperature of coolant up to the values, which are dangerous for thermotechnical reliability of a reactor core. Optimum value for insertion of rods into a reactor core depends on the level of a reactor power prior to the moment when the accident occurred. Due to a negative temperature reactivity effect in water-cooled power reactors, reactor power starts to change simultaneously with change of coolant flow through a reactor core.

While the signal about decrease in coolant flow arrives to a control system from rotation speed signaling devices of pumps, power decreases dynamically. This problem can be avoided, if the value of reactor power is fixed several seconds prior to arrival of signal about stopping of primary circulation pumps to a control system. This allows to calculate in a regulator controller the required value for insertion of control rods into a reactor core and to perform the operation by moving control rods to the required depth.

UDC 681.518

Key words: import substitution, procurements, military and special-purpose equipment, electronic component base, manufacture of products

Import substitution. Problems and ways of their solution as exemplified by the activities of the Concern AVRORA SPA JSC. G.V. Shatalov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 75–80.

The article examines the problems accompanying the process of import substitution at the Concern AVRORA SPA JSC. Among them, the emphasis is put on such problems as: ambiguity of terminology attributed to the processes of import substitution, multivariance of ways for solution of current problems.

UDC 62-34

Key words: control system, feedback linearity, electromechanical actuator, control algorithm, measurement

Automation of testing the feedback quality of a current circuit of an electromechanical actuator in shutoff and control valves. A.N. Starikov, I.V. Protyagov, I.V. Parygin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect./Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2017. Issue 4(39). P. 81–86.

The article presents the experimental assessment of feedback linearity of electromechanical actuator control. The method of experiment performance is proposed, as well as hardware and software. The results of tests and their analysis are provided.