

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(50) сентябрь

Санкт-Петербург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЛЕЙ И ОБЪЕКТОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Балакин, С.В. Душенковский, А.Н. Дядик, М.В. Ларионов, С.Н. Сурин. Математические моделирующие комплексы для проектирования ядерных энергетических установок

Д.С. Богданов, А.Н. Дядик, М.В. Ларионов, С.Н. Сурин. Предварительная математическая модель судовой ядерной энергетической установки

Е.А. Бубнов. Концептуальные аспекты информационной поддержки корабельных операторов технических средств

А.В. Вынгра, Д.Р. Комиссаров, С.Г. Черный. Физическое моделирование автоматизированной системы управления креном судна

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

С.Н. Зыль, В.А.Третьяков. Основные составляющие безопасности в перспективных информационно-управляющих системах

С.И. Линьков, В.П. Савин. Применение сигнала реактивности для повышения качества переходных процессов при управлении мощностью судовых реакторных установок

Е.Н. Попов, И.Р. Францев. Совершенствование алгоритмов системы управления ГТД

П.А. Трубицын. Запись нештатных переключений автоматов в алармах *SCADA Citect*

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

М.В. Лушина. Технология газодинамического напыления покрытий ДИМЕТ и перспективы применения её в производстве АО «Концерн «НПО «Аврора»

CALS-ТЕХНОЛОГИИ

Г.В. Шаталов. Перспективы развития современных управленческих и информационных технологий в АО «Концерн «НПО «Аврора»

CONTENTS

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR SHIPS AND CIVILIAN OBJECTS

A.M. Balakin, S.V. Dushenkovskiy, A.N. Dyadik, M.V. Larionov, S.N. Surin. Mathematical simulation complexes for designing of nuclear power plants

D.S. Bogdanov, A.N. Dyadik, M.V. Larionov, S.N. Surin. Preliminary mathematical model of a shipboard nuclear power plant

E.A. Bubnov. Conceptual aspects of information support of ship operators of technical facilities

A.V. Vyngra, D.R. Komissarov, S.G. Chernyi. Physical simulation of automated system of vessel's list control

HARDWARE AND SOFTWARE SOLUTIONS

S.N. Zyl, V.A. Tretiakov. Main constituents of safety in advanced information and control systems

S. I. Linkov, V. P. Savinov. Use of reactivity signal for improvement of transient performance during power control of shipboard reactor plants

E.N. Popov, I.R. Frantsev. Improvement of algorithms of GTE control system

P.A. Trubitsyn. Recording of abnormal switching of circuit breakers in SCADA Citect alarms

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND MATERIALS

M.V. Lushina. Technology of gas dynamic cold spraying of coating DYMET and

CALS-TECHNOLOGIES

G.V. Shatalov. Prospects for development of advanced management and information technologies in the Concern Avrora SPA JSC

УДК 621.18

Ключевые слова: программный комплекс (ПК); ядерная энергетическая установка (ЯЭУ); водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР); активная зона (АЗ); топливная сборка (ТВС); ядерный энергетический реактор (ЯЭР); тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ); программа; программный комплекс (ПК)

Математические моделирующие комплексы для проектирования ядерных энергетических установок. Балакин А.В., Душенковский С.В., Дядик А.Н., Ларионов М.В., Сурин С.Н. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 5–12.

В статье представлены программно-аппаратные комплексы, используемые в ведущих проектных и научно-исследовательских организациях для реализации модели ядерной энергетической установки и, в частности, проведении расчетов активных зон ядерных энергетических реакторов. Отдельно рассматриваются программы нейтронно-физических расчетов, теплогидравлических расчетов и программы связанного нейтронно-тепло-гидравлического расчета. Материал представляется интересным создателям систем управления и защиты ядерных энергетических реакторов, поскольку дает определенные знания об объекте управления.

УДК 621.039.4

Ключевые слова: математическая модель (ММ); ядерный реактор (ЯР); парогенератор (ПГ); металловодная защита (МВЗ); ядерная энергетическая установка (ЯЭУ); ядерная паропроизводящая установка (ЯППУ); главный паропровод; паротурбинная установка (ПТУ); система управления (СУ); система очистки (СО)

Предварительная математическая модель судовой ядерной энергетической установки. Богданов Д.С., Дядик А.Н., Ларионов М.В., Сурин С.Н. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 13–28.

В статье рассмотрена предварительная математическая модель двухконтурной судовой ядерной энергетической установки, которая включает в себя описание процессов нейтронной кинетики, отравления и зашлаковывания в активной зоне; процессы теплопередачи в ядерном реакторе и парогенераторе, тепловые потери в конструкционных материалах, а также описана работа системы управления ядерным реактором.

В математическую модель включено описание работы газового компенсатора объема, предусмотрена возможность задания течей между первым и вторым контурами и рассмотрена система очистки теплоносителя и система аварийного расхолаживания.

Рассмотрена модель паротурбинной установки, включая конденсатно-питательную систему, питательные насосы, паровые трубопроводы, турбогенераторы и главный конденсатор.

Кроме того, в модель введены основные уравнения системы управления ядерным реактором и паротурбинной установкой. Математическая модель предназначена для описания ЯЭУ в экранном понятийном тренажере.

УДК 681.518.3.001.24

Ключевые слова: корабельные технические средства, информационная поддержка системы, корабельные операторы технических средств, стратегия информационной поддержки

Концептуальные аспекты информационной поддержки корабельных операторов технических средств. Бубнов Е.А. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 29–39.

В статье рассматриваются и анализируются основные понятия и термины информационной поддержки операторов корабельных технических средств. Кратко анализируются предпосылки возникновения СИП. Приведены типовые управленческие задачи КОТС, дана их классификация. Систематизированы типовые задачи информа-

ционной поддержки КОТС, введены основные понятия теории ИП КОТС. Дано определение СИП как подкласса информационных систем. Классифицированы стратегии информационной поддержки КОТС. В заключении сделан вывод о СИП КОТС как о самостоятельном подклассе в классе корабельных информационных систем.

УДК 629.523

Ключевые слова: крен судна, дифферент судна, физическое моделирование, микроконтроллер

Физическое моделирование автоматизированной системы управления креном судна. Вынгра А.В., Комиссаров Д.Р., Черный С.Г. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 40–49.

Для реализации и демонстрации всех процессов, связанных с реальной системой кренования на судах, была разработана модель судна. Разработанная модель состоит из электрической и аппаратной части. Заключено, что модель применима для исследования вопросов автоматического управления креном судна, моделируя различные варианты погрузки. Произведены масштабируемые исследования погрузки различных типов и размеров груза. Результаты исследования показали правильность работы модели по заданному алгоритму. Для работы с микроконтроллером и написания программы использована среда математического моделирования *Matlab/Simulink*. Результаты исследования показали, что созданная система управления способна обезопасить судно при различных видах погрузочных работ, ускорить процесс погрузки, что уменьшит время стоянки в порту и сэкономит портовые затраты.

УДК 004.052

Ключевые слова: информационно-управляющая система, информационная безопасность, функциональная безопасность, кибербезопасность, векторы атак, технология защиты

Основные составляющие безопасности в перспективных информационно-управляющих системах. Зыль С.Н., Третьяков В.А. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 50–57.

В статье рассмотрены информационная, функциональная безопасности и кибербезопасность как основные составляющие безопасности в информационно-управляющих системах. Приведены понятия адаптивной и динамической технологий защиты как перспективных направлений в области обеспечения безопасности в информационно-управляющих системах.

УДК 621.039

Ключевые слова: водо-водяные реактор с прямоточными парогенераторами, саморегулирование реакторной установки, обусловленное отрицательным температурным эффектом реактивности для воды, корректирующее воздействие на расход питательной воды в парогенераторы, изменение скорости расхода питательной воды в зависимости от сигнала реактивности в активной зоне

Применение сигнала реактивности для повышения качества переходных процессов при управлении мощностью судовых реакторных установок. Линьков С.И., Савин В.П. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 58–65.

В современных реакторных установках задача регулирования мощности реактора первого контура в переходных режимах решается с помощью рабочих органов (РО) системы управления и защиты (СУЗ) и изменения расхода питательной воды, подаваемой в парогенераторы.

Эффективность воздействия на мощность реактора РО СУЗ, управляемых регулятором мощности реактора и температуры теплоносителя, существенно ограничена действующими нормами по допустимой скорости введения реактивности, которые регламентированы правилами ядерной безопасности. Поэтому в некоторых слу-

чаях для достижения требуемого качества управления установкой в целом одновременно с регулированием мощности реактора и температуры теплоносителя с помощью рабочих органов СУЗ целесообразно оказывать дополнительное корректирующее воздействие на расход питательной воды в парогенераторы. В данной работе для формирования такого корректирующего воздействия предлагается использовать сигнал реактивности.

УДК 629.5.038

Ключевые слова: температура газов, газотурбинный двигатель, измерение температуры, термопара, переходный режим, динамическая компенсация, алгоритм

Совершенствование алгоритмов системы управления ГТД. Попов Е.Н., Францев И.Р. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 66–71.

Рассматриваются особенности процесса измерения температуры газа в ГТД. Указаны недостатки применения принципа динамической компенсации измерений в алгоритмах расчета температуры газа. Предложено изменение алгоритмов обработки измерений с учетом особенностей их использования.

УДК 629.12, 681.518

Ключевые слова: внесистемные действия, СУ ЭЭС, алгоритм, управление, команда, сигнал, аларм

Запись нештатных переключений автоматов в алармах SCADA Citect. Трубицын П.А. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 72–76.

Рассматриваются вопросы записи в электронные журналы информации о нештатных переключениях автоматов помимо системы управления (с местных пультов, нештатных) электроэнергетических систем (ЭЭС). Для новых версий SCADA Citect (7.40 и выше) предложен вариант контроля нештатных переключений автоматов внутри структуры аларма. Приведен пример оформления алармов, учитывающий контроль нештатных переключений автоматов. Даны рекомендации по хранению команд переключения автоматов.

УДК 67.02

Ключевые слова: технология ДИМЕТ, газодинамическое напыление покрытий, технология формирования мест заземления в модулях

Технология газодинамического напыления покрытий ДИМЕТ и перспективы применения её в производстве АО «Концерн «НПО «Аврора». Лушина М.В. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 77–80.

Рассматриваются возможности технологии ДИМЕТ – технологии газодинамического напыления покрытий. На её основе предложено новое техническое решение в части формирования мест заземления в модулях. Показана возможность реализации этого решения в производстве и отмечается существенный эффект от внедрения.

УДК 65.011.12

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, исследования и разработки, подготовка персонала

Перспективы развития современных управленческих и информационных технологий в АО «Концерн «НПО «Аврора». Шаталов Г.В. //Системы управления и обработки информации: научн.- техн. сб. /АО «Концерн «НПО «Аврора» СПб. 2020. Вып. 3(50). С. 81–84.

В статье рассмотрены возможные подходы к внедрению современных управленческих и информационных технологий в АО «Концерн «НПО «Аврора» в среднесрочной перспективе.

UDC 004.4

Key words: software complex, nuclear power plant (NPP), pressurized water reactor (PWR), reactor core, fuel assembly, nuclear power reactor, fuel rod, program

Mathematical simulation complexes for designing of nuclear power plants.

A.M. Balakin, S.V. Dushenkovskiy, A.N. Dyadik, M.V. Larionov, S.N. Surin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 5–12.

The article presents software and hardware complexes, being used in the leading scientific and research institutions for implementation of the model of a nuclear power plant, and, in particular, for calculation of nuclear power reactor cores. The programs of neutronic, thermohydraulic, and the programs of associated neutronic and thermohydraulic calculations, are considered separately. This material may be of interest to those, who create control and protection systems of nuclear power reactors, because it provides certain knowledge about an object of control.

UDC 621.039.4

Key words: mathematical model, nuclear reactor, steam generator, metal-water protection, nuclear power plant (NPP), nuclear steam generating plant, main steam pipeline, steam-turbine plant, control system (CS), purification system

Preliminary mathematical model of a shipboard nuclear power plant.

D.S. Bogdanov, A.N. Dyadik, M.V. Larionov, S.N. Surin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 13–28.

The article examines the preliminary mathematical model of a two-circuit shipboard nuclear power plant. It also includes description of processes of neutron kinetics, reactor core poisoning and slagging; processes of heat transfer in nuclear reactor and steam generator, thermal losses in construction materials. Operation of control system of nuclear reactor is described as well.

Mathematical model includes description of operation of gas volume compensator; possibility of setting the leaks between primary and secondary reactor circuits is envisaged; coolant purification system and emergency cooldown system are described.

Model of steam-turbine plant is examined, including condensate-feeding system, feeding pumps, steam piping, steam generators and main condenser.

In addition to this, the main equations of control system of nuclear reactor and steam-turbine plant are introduced into the model. Mathematical model is intended for description of NPP in a screen conceptual training simulator.

UDC 681.518.3.001.24

Key words: shipboard technical facilities; system information support; ship operators of technical facilities; strategy of information support

Conceptual aspects of information support of ship operators of technical facilities.

E.A. Bubnov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 29–39.

The article examines and analyses the main notions and terms of information support of operators of shipboard technical facilities. Background for creation of ISS is briefly analyzed. Routine control tasks of ship TF operators are provided, their classification is given. Routine tasks of information support of ship TF operators are systematized, main notions of the theory of information support of ship TF operators are introduced. System of information support is defined as a subclass of information systems. Strategies for information support of ship TF operators are classified. In the end, it is concluded that the systems of information support of ship TF operators constitute an independent subclass in the class of shipboard information systems.

UDC 629.523

Key words: list of a vessel, trim of a vessel, physical simulation; microcontroller

Physical simulation of automated system of vessel's list control. A.V. Vyngra, D.R. Komissarov, S.G. Chernyi //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 40–49.

For implementation and demonstration of all processes, associated with a real system of ship heeling, a ship model has been created. The developed model consists of electric and hardware parts. It is concluded, that the model can be used for studying the issues of automatic control of vessel's list, simulating different ways of loading. Scalable studies of loading cargoes of different types and sizes are conducted. Results of studies have shown the correctness of model operation as per the assigned algorithm. Mathematical modeling environment Matlab/Simulink is used for work with a microcontroller and for writing of programs. The results of studies have shown that created control system can provide safety of a vessel during different kinds of loading operations, accelerate the process of loading, reducing duration of stay in a port and corresponding port expenses.

UDC 004.052

Key words: information and control system, information safety, functional safety, cyber security, attack vectors, protection technology

Main constituents of safety in advanced information and control systems. S.N. Zyl, V.A. Tretiakov //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 50–57.

The article examines information, functional and cyber safety as the main constituents of safety in information and control systems. The notions of adaptive and dynamic technologies of protection are presented as the advanced directions in the field of safety ensuring in information and control systems.

UDC 621.039

Key words: pressurized water reactor with once-through steam generators, self-regulation of reactor plant, resulting from negative temperature effect of reactivity for water, corrective action on feedwater flow in steam generators, change in feedwater consumption depending on reactor core reactivity signal

Use of reactivity signal for improvement of transient performance during power control of shipboard reactor plants. S.I. Linkov, V.P. Savin //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 58–65.

The task of power control of a primary circuit reactor in transition modes in the advanced reactor plants is solved by means of control members of a control and protection system and change in the rate of feedwater supply to steam generators.

Effectiveness of actions of control and protection system members, operated by a reactor power and coolant temperature controller, is significantly limited by the current norms of allowable rate of reactivity insertion, which are stipulated by the nuclear safety regulations. For that reason, in some cases it is expedient to effect additional corrective action on feedwater supply to steam generators, simultaneously with regulation of reactor power and temperature of a coolant, in order to achieve the required quality of control of a plant as a whole. This article proposes to use a reactivity signal to form such a corrective action.

UDC 629.5.038

Key words: temperature of gases, gas-turbine engine, temperature measurement, thermocouple, transition mode, dynamic compensation, algorithm

Improvement of algorithms of GTE control system. E.N. Popov, I.R. Frantsev //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 66–71.

Special aspects of measurement of gas temperature in a GTE are examined. Disadvantages of use of the principle of dynamic compensation of measurements in the

algorithms of gas temperature calculation are indicated. It is proposed to change the algorithms of measurements processing, taking into consideration the special aspects of their use.

UDC 629.12, 681.518

Key words: exogenous actions, EPS CS, algorithm, control, command, signal, alarm

Recording of abnormal switching of circuit breakers in SCADA Citect alarms.

P.A. Trubitsyn // Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 72–76.

The issues are examined regarding recording the information about abnormal switching of circuit breakers, regardless of a control system (from local consoles) of electric power systems (EPS), in an electronic log. For new versions of SCADA Citect (7.40 and above), the variant of monitoring the abnormal switching of circuit breakers inside the alarm structure is proposed.

The example is provided of alarm arrangement, taking into consideration the monitoring of abnormal switching of circuit breakers. Recommendations are given on storage of commands for switching of circuit breakers.

UDC 67.02

Key words: DYMET technology, gas dynamic cold spraying of coating, technology of formation of places for grounding connection in modules

Technology of gas dynamic cold spraying of coating DYMET and prospects for its use in production of the Concern Avrora SPA JSC. M.V. Lushina //Control and Data Processing Systems: Scient. & Techn. Collect. /Concern Avrora Scientific and Production Association JSC. St. Petersburg. 2020. Issue 3(50). P. 77–80.

Capabilities of DYMET technology – technology of gas dynamic cold spraying of coating, are examined. New technical solution, based on the use of this technology, is proposed for formation of places for connection of grounding in modules. Possibility of implementation of this solution in production is demonstrated and significant effect of its use is indicated.

UDC 65.011.12

Key words: digitization, digital transformation, research and development, personnel training

Prospects for development of advanced management and information technologies in 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. 2020. Issue 3(50). P. 81–84.

The article considers possible approaches to implementation of advanced management and information technologies in the Concern Avrora SPA JSC (hereinafter – the Company, the Concern) in the medium-term perspective.