Информатика, вычислительная техника и управление

МАТРИЧНАЯ РЕПЛИКАЦИЯ В NP-ПОЛНЫХ ЗАДАЧАХ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

С.Л. Подвальный, Е.М. Васильев

Аннотация: ставится задача повышения вероятности нахождения глобального экстремума в NP-полных задачах комбинаторной оптимизации большой размерности. Показано, что комбинаторный характер формирования вариантов решений приводит к изолированному расположению глобального экстремума в области определения функции цели. Указанное обстоятельство существенно снижает эффективность эволюционных алгоритмов поиска, основанных на воспроизведении свойств наследственности и изменчивости в биологической эволюции. В связи с этим предложено ввести в упомянутые алгоритмы механизм матричной репликации. В соответствии с гипотезой М. Эйгена, этот механизм характерен для добиологического этапа возникновения жизни и заключается в формировании макромолекул путём их наращивания элементарными блоками по принципу сигнатуры – самоинструкции. Проанализированы свойства матричной репликации, раскрыто содержание алгоритмических процедур, необходимых для её реализации: построение матриц репликации, осуществление независимой эволюции для каждого варианта матрицы; отбор лучших вариантов. Получены количественные оценки многообразия вариантов возможных матриц и вариантов решений с ними. Даны рекомендации по выбору длины матрицы и их количеству при решении практических задач. Отмечено, что введение матрицы репликации в алгоритм генетического поиска снижает размерность исходной задачи на длину этой матрицы и, как следствие, сводит решение исходной задачи к решению конечного ряда подзадач меньшей размерности. Представлен пример использования механизма матричной репликации для решения NP-полной задачи нахождения оптимального маршрута, и подтверждена эффективность применения этого механизма при поиске глобального экстремума

Ключевые слова: NP-полная задача оптимизации, генетические алгоритмы, матричная репликация

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕРКИ ДИНАМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ И БАЗ ДАННЫХ

Д.С. Синюков, А.Д. Данилов, Д.А. Денисов, М.Е. Ушков

Аннотация: безопасность эксплуатации потенциально опасных производств является первостепенной целью в промышленности. При управлении такими объектами одной из причин возникновения нарушений являются ошибочные действия оперативного персонала. Одним из инструментов решения данной проблемы является программная проверка результатов человеческой деятельности. Для реализации такой задачи на Нововоронежской АЭС был разработан *программный комплекс* (ПК), предназначенный для проверки динамических связей между графическими объектами интерактивных схем технологического процесса и соответствующих переменных баз данных. В качестве методики была использована система кодирования Kraftwerk Kennzeichen System (KKS), позволяющая получать идентификаторы для типовых объектов энергоблока. Результатом работы ПК является информация о кодах KKS, которые не соответствуют базам данных. Организация предлагаемой базы данных реального времени сходна с организацией реляционной базы данных и позволяет обеспечить более 10 000 000 одиночных доступов в секунду. При этом имеется возможность получить файловое представление таблиц в виде дампов. При создании и редактировании видеокadres используются переменные базы данных: каждый динамический объект видеокadra связан со значением переменной. Программное обеспечение для проверки динамических связей технологических схем и базы данных было реализовано на языке Python. В результате выполнения программы формируется список кодов видеокadra, который далее сравнивается со списком кодов базы данных. При обнаружении несоответствия кода динамической связи видеокadra коду базы данных выводится сообщение об ошибке. Благодаря внедрению разработанного программного продукта на Нововоронежской АЭС была повышена достоверность представления данных оператору от различных систем энергоблока. Получены новые возможности информационной поддержки оператора, облегчающие оценку состояния оборудования и принятия решения по управлению блоком. Предлагаемая методика использования кодов KKS для проверки динамических связей между графическими объектами интерактивных схем технологического процесса и соответствующих переменных баз данных уменьшает нагрузку на оператора ядерного блока и снижает вероятность его ошибочных действий

Ключевые слова: программный комплекс, система кодирования, база данных, интерактивная схема, динамические связи

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ РЕЛЕ

Д.Н. Трубицын

Аннотация: рассматриваются функциональные возможности различных существующих систем электронного документооборота и систем автоматизированного проектирования. Перечислены основные функции САПР и СЭД при решении задач в различных подразделениях производства. Для примера рассмотрены СЭД

Directum, Microsoft sharepoint и Дело. Из номенклатуры существующих систем автоматизированного проектирования рассмотрены Компас-3D, Altium designer и AutoCAD. Выполнен анализ их функционала, представлены достоинства и недостатки систем при использовании их в проектировании и производстве твердотельных реле. Проанализированы их совместимость между собой и сложности, возникающие при обмене информацией и переводе документов из одной системы в другую. Приводится сравнительная таблица функциональных возможностей современных САПР и СЭД. Рассматриваются варианты решений проблемы передачи данных между различными САПР и СЭД и делается вывод о целесообразности расширения функционала одной из существующих СЭД или САПР для обеспечения взаимосвязи между различными документами проекта, и возможно, в дальнейшем автоматического выпуска отдельных документов при наличии в предыдущих документах всей необходимой информации для формирования нового документа

Ключевые слова: система электронного документооборота, система автоматизированного проектирования

АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫЙ НА ОБМЕНЕ ОПЫТОМ И ОБУЧЕНИИ АГЕНТОВ СЛУЧАЙНОМУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ

Ю.В. Дубенко, Н.А. Рудешко

Аннотация: представлен разработанный новый алгоритм обучения с подкреплением для децентрализованных многоагентных систем, основанный на обмене опытом и обучении агентов случайному взаимодействию. Определены основные проблемы многоагентного обучения с подкреплением. Описан класс децентрализованных многоагентных систем, основанных на случайном взаимодействии агентов, которое приводит к возникновению интеллектуального глобального поведения, не контролируемого отдельными агентами. Определена актуальная задача для децентрализованных систем, реализованных на основе парадигмы обучения с подкреплением. Указано, что конечная цель обучения взаимодействию между собой – максимизация среднего подкрепления. Предложены алгоритмы, применение которых ведёт к достижению этой цели, такие как алгоритм обучения агентов случайному взаимодействию, а также алгоритм формирования подгрупп агентов-подчиненных на основе «области видимости» агента-лидера. Для проверки эффективности предложенного алгоритма обучения с подкреплением для децентрализованных многоагентных систем, основанного на обмене опытом и обучении агентов случайному взаимодействию, была выбрана задача поиска агентами выхода из лабиринта. Приведены результаты выполнения алгоритма на модели, разработанной в среде Microsoft Unity. От имеющихся аналогов алгоритм отличается применением способа формирования подгрупп агентов-подчиненных на основании «области видимости» агента-лидера с целью снижения размерности «информационных сообщений» и с учетом аппаратной составляющей агента при реализации обмена опытом

Ключевые слова: обучение с подкреплением, многоагентные системы, случайное взаимодействие, агенты-лидеры, агенты-подчинённые, лабиринты

РАСЧЕТ ФУНКЦИИ НЕВЯЗКИ В БАЗИСНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДЛЯ ПОИСКА ОБЛАСТЕЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ КОНСТАНТ СКОРОСТЕЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Э.Р. Гиззатова, А.Р. Шагиахметов, Г.К. Хисаметдинова, С.Л. Подвальный

Аннотация: предлагается к рассмотрению математическая модель процесса полимеризации на катализаторах Циглера-Натта, в предположении существования только трех элементарных стадий: роста полимерной цепи, передачи цепи на мономер и передачи цепи на алюминийорганическое соединение при условии отсутствия стадии инициирования активных центров. Приведены постановки прямой и обратной кинетической задач, последняя из которых заключается в поиске областей неопределенных для констант скоростей стадий роста и передач цепи. Показано, что для рассматриваемого процесса значения констант могут быть определены в базисном пространстве, построенном на векторах констант. В отличие от исходного трехмерного пространства базисное пространство позволяет рассчитывать и визуализировать сеточные поверхности по функции невязки для среднечисленной молекулярной массы. При условии расчета невязки как максимума отклонений или суммы квадратов отклонений получают разные поверхности. Показано, как наложение поверхностей друг на друга локализует области минимума, которые впоследствии можно характеризовать как решение обратных кинетических задач. При этом такой подход позволяет оценить форму и вид «овражных» минимумов и, в целом, определять оптимальные наборы констант, идентифицирующие точки минимума

Ключевые слова: полимеризация, кинетическое моделирование, математическая модель, кинетические константы, метод моментов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

А.В. Каляшина, Т.С. Евдокимова, В.Ю. Ерхов

Аннотация: исследование посвящено проектированию траектории движения робота в ограниченном пространстве с использованием современных средств робототехники и сенсорных устройств. Цель исследования – обеспечение автономного движения мобильного робота по пути следования с препятствиями, с использованием алгоритмов движения, основанных на графах. Предварительно был проведен анализ существующих алгоритмов движения мобильных роботов, отражены их достоинства и недостатки. Для достижения цели была разработана структурная схема мобильного робота, которая демонстрирует связь контроллера с внешними устройствами сбора информации и управления движением. Получение сигналов и их предварительная обработка проведены бортовыми сенсорными устройствами. Предварительно обработанный сигнал передается с уровня аппаратной логики на верхний уровень контроллера. Для этого реализована информационная система, включающая прием сигналов от датчиков и их передачу на уровень контроллера. Разработан алгоритм построения траектории движения. Благодаря реализации алгоритма поиска кратчайшего пути на основе известной карты местности обеспечено точное следование мобильного робота к заданной конечной точке в условиях складского помещения. Вопрос навигации решен с помощью карты черных линий, которая формирует сеть возможных маршрутов. Результаты прошли тестирование в условиях инженерного полигона

Ключевые слова: роботизация, автоматизированные устройства, мобильный робот, складская логистика, бортовые датчики, микроконтроллер, кинематика, алгоритм поиска

РАЗРАБОТКА РАСШИРЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Н.М. Жевандров, А.Д. Данилов

Аннотация: приведены результаты разработки программного расширения конфигурации для ПО, реализующего модули взаимодействия с различными типами приборов линейки ARINST. Многие аспекты функционала ПО должны быть настроены под задачи и нужды пользователя: как графические представления, так и режимы обработки данных. Для удобства работы пользователя необходимо предоставить возможность сохранения и восстановления заданной пользователем конфигурации ПО между рабочими сессиями и подключениями приборов ARINST в автоматическом режиме, а также в любой момент рабочей сессии по заданному пользователем пути. При этом для разрабатываемого ПО были установлены следующие требования: обеспечить автоматические сохранения и восстановление данных конфигурации ПО между рабочими сессиями и подключениями приборов ARINST, а также в любой момент рабочей сессии по заданному пользователем пути; разделить данные конфигурации по модулям взаимодействия; хранить данные конфигурации на машине пользователя в виде файлов; вне зависимости от операционной системы файлы конфигураций располагать в каталогах файловой системы, для доступа к которым на чтение и запись не требуются повышенные привилегии. Описаны формат данных конфигурации, система конфигурации и устройство менеджера конфигурации как в предыдущей, так и в текущей реализации. Определены направления развития разработанного модуля конфигурации

Ключевые слова: ARINST, специальное ПО, модули взаимодействия, программное расширение, конфигурация ПО

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА БАЗЕ РАСШИРЯЕМЫХ ПЛАТФОРМ С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ

О.В. Минакова, Н.В. Акамсина, О.В. Курипта

Аннотация: представлен анализ известных архитектурных подходов и моделей анализа архитектуры с целью быстрой разработки приложений на готовой технологической платформе. Выбранные методы были использованы для проектирования системы управления фондом оценочных средств как примера программного инструмента для профессиональной деятельности. Последовательность этапов разработки программной системы на основе архитектурного подхода детально проанализирована. Обоснован выбор распространённой технологической платформ Visual Studio Code с открытым исходным кодом и набором стандартных расширений. Для основной функциональности – редактирования текста и интероперабельности с LMS и необходимых перспектив – распространённость, удобство использования и модифицируемость, проведено архитектурное проектирование. Представлено описание реализации необходимых расширений, в частности, навигации по банку тестовых заданий. Проведенные исследования позволили предложить методологию быстрой разработки программных инструментов на базе расширяемых платформ на основе архитектурного подхода. Описание технологии представлено в работе для обсуждения. Поскольку в современных условиях необходимы быстрая разработка новых программных средств, исследования возможностей использования расширяемых платформ, стандартизация подходов к использованию открытого исходного кода, проектирование шаблонов жизненно важно. Возможные решения этих ключевых задач предложены в работе на примере специального программного обеспечения

Ключевые слова: разработка программ, gift-файл, микроядерная архитектура, реализация расширений, открытый исходный код

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИОННОГО ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА

ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСТАДИЙНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

С.А. Олейникова, И.А. Селищев, Д.А. Тюников

Аннотация: объектом исследования является многостадийная система, отличительная особенность которой заключается в случайной длительности последовательно-параллельных работ, которая зависит не только от случайных факторов, но и от выбора исполнителя. Таким образом, необходимо одновременно решить две задачи: задачу о назначениях, заключающуюся в определении зависимости между работами и специалистами, и задачу планирования, позволяющую назначить оптимальное время начала каждой работе. Для каждого класса этих задач существуют свои методы, однако они неприменимы для случая, когда данные задачи необходимо решать одновременно. В связи с этим требуется разработка собственных методов, отличительной особенностью которых является возможность получения комплексного решения двух задач. Анализ возможных подходов к решению исследуемой задачи позволил остановиться на эволюционных алгоритмах для ее решения. В частности, экспериментальные исследования показали, что генетические алгоритмы являются достаточно эффективными для случаев, когда классические методы не применимы. Однако для получения близких к оптимальным решений необходимо разработать такие этапы, как скрещивание и мутация с учетом всех особенностей решаемой задачи. Именно этим вопросам будет посвящена данная работа. Научная новизна заключается в разработке подхода к скрещиванию, основанного на одноточечном кроссинговере и обеспечивающего возможность доопределения времени начала и окончания в хромосоме потомка с учетом графика занятости специалистов, а также мутации, позволяющей случайным образом менять гены исполнителя, начиная со случайно выбранной работы и доопределять гены начала и окончания работ. Практическая значимость заключается в возможности использования разработанных алгоритмов для любых многостадийных систем, требующих определения графика выполнения работ и закрепления за ними специалистов.

Ключевые слова: генетический алгоритм, скрещивание, мутация, сетевое планирование, задача о назначениях

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ЖОМА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В СУШИЛКЕ БАРАБАННОГО ТИПА

И.А. Болдырев, А.В. Любимов

Аннотация: история развития промышленных регуляторов неразрывно связана с развитием техники и технологий. Изначально регуляторы создавались как исключительно механические системы. Реализация механических регуляторов была ограничена возможностями механики того времени. В качестве примера можно привести регулятор Уатта, который стал символом второй промышленной революции. Уравнения Вышнеградского, описывающие работу регулятора Уатта, по праву считаются фундаментом такой науки, как теория автоматического управления. Изобретение электронных ламп позволило создавать первые регуляторы на электронной платформе. Затем последовали транзисторные регуляторы, а за ними регуляторы на операционных усилителях. Все приведенные выше платформы аппаратной реализации регуляторов подразумевают, что логика принятых ими решений заложена в них на стадии их проектирования и в последующем возможна лишь подстроечная регулировка. Современные регуляторы реализованы на цифровой платформе, которая даёт безграничную возможность реализации алгоритмов управления без изменения схемотехнических решений аппаратной платформы, т.к. реализация алгоритмов закладывается на уровне кода программы. На сегодняшний день реализация программных алгоритмов управления очень часто попадает в руки специалистов, которых можно отнести, скорее, к программистам, чем к специалистам в теории управления. В связи с этим реализация программных алгоритмов ограничена комбинациями из П.И.Д. звеньев с учетом весовых коэффициентов, играющих роль подстроечных параметров. Таким образом, безграничные возможности реализации алгоритмов управления на современной программно-аппаратной платформе ограничены лишь квалификацией специалистов. Приведен синтез регулятора для управления влажностью в технологическом процессе сушки жома сахарной свеклы на основе метода Q-параметризации. Код для реализации данного регулятора в контроллере представлен на языке ST в среде разработки CoDeSys 2.3. Данную работу можно считать примером использования последних достижений ТАУ при реализации алгоритмов управления для промышленных объектов управления на базе современных программно-аппаратных комплексов

Ключевые слова: САУ-система автоматического управления жомосушилкой, Q-параметризация, упредитель Смита

Радиотехника и связь

ОДНОМОДОВОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ В ЗАДАЧЕ СИНТЕЗА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ ВЫТЕКАЮЩЕЙ ВОЛНЫ

А.В. Останков, С.А. Останков, Г.В. Литвинов, С.Ю. Дашян, Н.Н. Щетинин

Аннотация: электродинамическое моделирование диэлектрической антенны вытекающей волны с дифракционной решёткой, содержащей большое число периодов с неоднородностями, занимает значительное

время даже в современных коммерческих пакетах электромагнитного анализа. Оценку и оптимизацию показателей направленности таких антенн принято выполнять на основе численных проекционных моделей. Рассматривается авторская проекционная модель, полученная методом частичных областей и использующая описание поля в канавках гребенчатой решётки в виде ансамбля волноводных мод, число которых определяет точность моделирования и размерность итоговой системы линейных алгебраических уравнений. Приведены соотношения, позволяющие выполнить анализ основных показателей диэлектрической антенны, содержащей планарный диэлектрический волновод и проводящую гребенчатую решётку, в режиме излучения вертикально поляризованной радиоволны, включая случай одномодового приближения, при котором в канавках учитывается одна волноводная мода. На конкретных примерах для разных режимов излучения показана целесообразность одномодового приближения для экспресс-анализа и параметрического синтеза диэлектрической антенны. Установлено, что потеря точности при оценке основных энергетических показателей и показателей направленности антенны в режиме наклонного излучения является допустимой. Выяснено, что при переходе к одномодовому приближению оптимизируемый показатель диэлектрической антенны, как правило, наиболее устойчив по величине. Показано, что учёт в канавках решётки одной моды при числе элементов решётки от 30 и более гарантирует выигрыш по времени на порядок и более. Указывается, что одномодового приближения для анализа и синтеза антенны в режиме, близком к брэгговской дифракции, следует избегать в связи с потерей точности

Ключевые слова: диэлектрическая антенна, гребенчатая решётка, канавка, одномодовое приближение, диаграмма направленности, показатели направленности

ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СОСТАВНОЙ МЕТАПОВЕРХНОСТИ НА ИХ ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДИАГРАММЫ РАССЕЙВАНИЯ В СВЧ-ДИАПАЗОНЕ

А.С. Мазин, И.Ш. Фитаев, Н.А. Болдырев

Аннотация: рассмотрены дифракционные характеристики шахматно-подобных метаповерхностей, состоящих из ячеек с различной ориентацией проводящих резонаторов, сформированных из прямоугольных полосковых линий, симметрично расположенных на диэлектрической подложке размером 18x18 мм. Линейные размеры проводящих метачастиц составляли 4,2 мм, расстояние между ними – 1,7 мм, а расстояние между соседними вертикальными рядами – 5,15 мм. Для диагональной симметрии размеры медных резонаторов остались неизменными, в то время как расстояние между параллельными рядами в них составляло 4,29 мм. Выбор подобной геометрии обусловлен средней частотой исследуемого диапазона – 20,5 ГГц. Для получения экспериментальных данных был использован метод бистатического измерения зависимости уровня отраженного излучения от угла приёмной антенны. Получены частотные характеристики для элементарных симметрий, а также показана динамика изменения диаграмм рассеивания для различных ориентаций разнонаправленных элементов. На выбранных характерных точках, в которых показатель прохождения имел максимальное, среднее и минимальное значения, были обнаружены характерные зависимости величины ослабления основного лепестка отраженной волны от частоты падающего излучения и ориентации проводящих структур метаповерхности. Сравнением частотных характеристик установлено влияние структуры метаповерхности на её выходную диаграмму и определена симметрия, обеспечивающая максимальное рассеивание падающей электромагнитной волны, относительный коэффициент ослабления по мощности которой составил $K = 0,23$. Результаты работы могут найти применение при разработке стелс-покрытий и пассивных фазированных антенных решеток

Ключевые слова: метаповерхность, СВЧ, радиопрозрачность, частотные зависимости, коэффициент пропускания

ФОРМИРОВАНИЕ ПАТЧ-АНТЕННЫ ИЗ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

Е.А. Ищенко, С.М. Фёдоров, И.А. Черноиваненко, А.В. Бунина, Л.В. Сопина, Е.Д. Меньшикова

Аннотация: рассматривается патч-антенна, в конструкцию которой интегрирована солнечная панель, которая используется в роли излучателя вместо полностью металлического излучателя. Для определения характеристик полученной антенны производилось моделирование для сравнения основных характеристик разработанной антенны с базовым полностью металлическим излучателем. Полученные результаты показывают, что использование предложенной конструкции позволяет сохранить высокие качественные показатели антенны, при этом обеспечить генерацию электроэнергии за счет установленного в конструкцию фотоэлемента. Помимо сравнения конструкции с металлическим патч-излучателем, производилось исследование возможности увеличения относительной доли фотоэлемента в площади антенны за счет удаления участков диэлектрика. Полученные результаты показывают, что в таком случае удается также сохранить качественные показатели излучателя, при этом солнечный элемент занимает уже не 20% от площади антенного элемента, а 42%. Благодаря такой конструкции удается обеспечить расширение возможностей использования антенных элементов не только как устройств передачи сигналов, а также как источника энергии, которая получается за счет преобразования возобновляемого источника энергии – солнечного света. Благодаря углубленной интеграции антенных элементов и солнечных панелей становится возможным обеспечить расширение функционала антенных систем

Ключевые слова: патч-антенна, солнечная панель, зеленая энергетика

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ

И.С. Киреев, И.В. Зубарев, В.Л. Бурковский, Е.В. Кошечев

Аннотация: рассмотрена проблематика обеспечения электромагнитной безопасности в условиях активного взаимодействия распределенных объектов сотовой связи на основе математических моделей предпроектного анализа соответствующих процессов, приведены аналитические выражения для оценки величины электромагнитного излучения, формируемого системами различных стандартов. Проведен краткий анализ литературы по рассматриваемой тематике. Для анализа структуры систем сотовой связи в условиях плотной городской застройки предлагается методика исследования электромагнитного взаимодействия на основе реализации моделей теории длинных линий и телеграфных уравнений. В качестве метода повышения эффективности использования систем сотовой связи в густонаселенных территориях предлагается использование антенных систем с особым видом диаграммы направленности, которые позволяют повысить качество связи в определенных угловых секторах функционирования антенны за счет обеспечения постоянного уровня мощности на приемной стороне, для чего предлагается реализация метода синтеза диаграммы направленности на основе разложения функции в ряд Котельникова. В качестве антенной решетки рассматривается линейная эквидистантная антенная система, состоящая из изотропных излучателей. Приводятся результаты синтеза диаграммы направленности для 12 и 24 излучателей

Ключевые слова: математическое моделирование, электромагнитное взаимодействие, электромагнитная безопасность, теория длинных линий, телеграфные уравнения, ряд Котельникова, диаграмма направленности

ПОГЛОЩАЮЩИЕ СВОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК НАНОКОМПОЗИТА $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$

О.С. Тарасова, А.В. Ситников, Ю.Г. Пастернак, Д.С. Погребной, О.И. Ремизова,
А.Р. Шакуров

Аннотация: исследованы поглощающие свойства образцов стеклотекстолита с нанесенным функциональным покрытием из нанокompозита $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}$ и многослойных структур $[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}]/[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}+\text{O}_2]_n$, а также квазифрактальные структуры с функциональным покрытием на основе композитов $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ на лавсановой поверхности в диапазоне радиочастот от 1 до 10 ГГц. Показано, что в указанном радиодиапазоне частот спектр резистивного поглощения стеклотекстолита с нанесенным функциональным покрытием из нанокompозита $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}$ и многослойных структур $\{[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}]/[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}+\text{O}_2]\}_n$ характеризуется широким Гауссовым пиком на частоте 5 ГГц. Квазифрактальные структуры с функциональным покрытием на основе композитов $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ на лавсановой поверхности характеризуются суперпозицией двух Гауссовых кривых с резонансной частотой 4 ГГц и 7 ГГц, что связано со структурными особенностями пространственного распределения и фрагментацией функционального покрытия, а величина поглощения - с удельным электрическим сопротивлением гетерогенных пленок. Выявлено, что адсорбция электромагнитного излучения образцами, измеренная в геометрии экрана Солсбери, в диапазоне радиочастот 1 – 10 ГГц для стеклотекстолита с нанесенным функциональным покрытием из нанокompозита $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}$ и многослойных пленок $\{[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}]/[(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_{58,5}(\text{SiO}_2)_{41,5}+\text{O}_2]\}_n$ хорошо описывается в рамках собственного резистивного поглощения

Ключевые слова: поглощение электромагнитного излучения, нанокompозит, функциональные радиопоглощающие покрытия, многослойные структуры, квазифрактальные структуры, $(\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$, частотно-избирательные поверхности, тонкие пленки

Машиностроение и машиноведение

О ВЛИЯНИИ РАЗРЕЖЕНИЯ В КОНТАКТНОМ ЗАЗОРЕ НА КИНЕТИКУ АВТОВАКУУМИРОВАНИЯ ПРИ ДИФФУЗИОННОЙ СВАРКЕ ТИТАНА

А.Б. Булков, В.В. Пешков, И.Б. Корчагин, Г.В. Селиванов

Аннотация: целью данной работы являлось исследование влияния разрежения воздуха в сварочной камере на развитие процесса автовакуумирования зазора между контактными поверхностями при диффузионной сварке. Исследования проводились на цилиндрических образцах диаметром 16 мм из титанового сплава ОТ4 и армко-железа, собранных с зазором 0,1 мм. На поверхности образцов из армко-железа путем отжига предварительно формировались оксидные пленки толщиной 70 мкм. Отжиг образцов осуществлялся в вакууме от 10^{-2} до 2,6 Па в интервале температур от 525 до 600 °С. По результатам изменения интерференционной окраски образцов из армко-железа и эллипсометрических измерений после вакуумного отжига определяли уменьшение толщины

оксидной пленки. Установлено, что процессу растворения оксидного слоя на поверхности армко-железа предшествует некоторый период времени, названный инкубационным, в течение которого давление в контактном зазоре падает до давления упругости диссоциации оксидов железа. Длительность инкубационного периода растет с увеличением давления в вакуумной камере и существенно снижается с повышением температуры. Обработка экспериментальных данных показывает, что процесс автовакуумирования контактного зазора контролировался диффузией кислорода в титане. По результатам проведенных исследований получены зависимости, позволяющие оценивать время автовакуумирования контактного зазора в зависимости от степени разрежения воздуха и температуры нагрева

Ключевые слова: титан, охрупченные слои, автовакуумирование, контактный зазор

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЗУБЬЕВ ФРЕЗЫ С КОНСТРУКТИВНОЙ РАДИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РК-ПРОФИЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ

В.В. Куц, М.В. Митрофанов, Ю.А. Мальнева, О.Н. Кириллов

Аннотация: рассмотрен новый способ обработки РК-профильных отверстий с помощью фрезы с конструктивной радиальной подачей, показана схема обработки. Ввиду того, что основным показателем обработки является погрешность формообразования, приведен расчет величины отклонения профиля от номинальных значений в радиальном направлении при обработке отверстия. На основании выполненных расчетов была установлена зависимость величины отклонения профиля обработанного РК-профильного отверстия от углового расположения режущих зубьев рассматриваемой фрезы. Результаты расчетов, выполненные при разных средних радиусах фрезы и числе режущих зубьев, были представлены в виде графиков величин отклонения профиля, что позволило установить неравномерность величины погрешности вдоль профиля обрабатываемого отверстия. Для выравнивания величины отклонения обработанного профиля отверстия было предложено устанавливать зубья фрезы с неравномерным угловым шагом, для чего был разработан алгоритм расчета угловых положений зубьев на инструменте исходя из заданной величины наибольшего отклонения профиля обрабатываемого отверстия и среднего радиуса фрезы. Показаны результаты расчета числа зубьев фрезы, выполненные с применением разработанного алгоритма, для различных качеств точности обрабатываемого отверстия. В заключении были определены дальнейшие пути исследования для оценки состояний работоспособности конструкции данной фрезы

Ключевые слова: РК-профиль, математическая модель, фреза, формообразование, эксцентриситет, отклонения профиля, угловой параметр