

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНДУКЦИОННОГО ГЕНЕРАТОРА ТЕПЛОЙ МЕТКИ В НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ТРУБОПРОВОДЕ

А.А. Хвостов, И.Г. Дроздов, Е.А. Соболева, Д.А. Коновалов, А.А. Журавлев

Аннотация: рассмотрен синтез математической модели генератора тепловой метки, формализующей процессы тепломассопереноса в движущейся в цилиндрическом стальном трубопроводе неньютоновской жидкости с динамической вязкостью, задаваемой реологической моделью Карро. Для обеспечения инвариантности к загрязнениям поверхности трубопровода и наличию неметаллической теплоизоляции предложено осуществлять подвод тепловой энергии для формирования тепловой метки локально-индукционным способом. Математическая модель включает в себя описание витков катушки с проводником, по которому протекает электрический ток, стальной стенки трубопровода и потока неньютоновской жидкости. Модель формализована на основе закона Ампера, уравнений сохранения импульса, массы и энергии. Решение уравнений для электромагнитного поля в частотной области использовано при задании источникового члена в уравнении теплопроводности для стальной стенки. Приведены результаты моделирования эволюции электромагнитных, скоростных и тепловых полей при различных режимах течения жидкости и электромагнитного импульса индукционного генератора. В качестве модельных сред использованы: воздух для окружающей среды, конструкционная сталь для трубопровода, медь для проводника генератора тепловой метки, сырая нефть для транспортируемой по трубопроводу среды. Показано качественно верное описание основных закономерностей тепломассопереноса, происходящих в модельной среде при внесении теплового возмущения индукционным способом

Ключевые слова: индукционный нагрев, неньютоновская жидкость, модель Карро

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ И ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

П.Ю. Гусев, А.В. Таволжанский

Аннотация: решается задача алгоритмизации обработки данных для их дальнейшего использования в моделях предиктивного анализа. Показаны достоинства применения моделей предиктивной аналитики, такие как увеличение производительности, снижение риска и оптимизация затрат, а также возникающие сложности, в частности, трудоёмкость обработки исходной информации. Для решения обозначенной проблемы приводится алгоритм, представленный в виде блок-схемы, которая условно поделена на три уровня. На первом уровне происходит первичное получение информации и её перевод в доступный язык программных средств. Операции второго уровня предназначены для снижения влияния факторов, негативно сказывающихся на качестве итоговой модели. На третьем уровне данные трансформируются и видоизменяются для более удобного их использования. Для каждого уровня приведены наиболее распространённые действия с данными, показаны варианты их применения. Рассмотрена реализация предложенного алгоритма для системы обучения модели предиктивной аналитики на примере электрогенератора. На практике показана возможность не строгого следования предписаниям, а выбора операций под конкретную задачу, что позволяет достичь большей гибкости и эффективности в работе. После необходимой подготовки было проведено исследование выбросов для изучения нештатных режимов работы системы, которые представляют интерес, в соответствии с постановкой задачи

Ключевые слова: предиктивная аналитика, обработка данных, анализ данных, прогнозирование

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА DETR ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ

А.И. Паршин, В.Ф. Барабанов, Н.И. Гребенникова, М.Н. Аралов, С.А. Коваленко

Аннотация: несмотря на заметный прогресс, произошедший в последние годы, задача обнаружения объектов в видеопотоке остается одной из самых сложных и требующих больших вычислительных ресурсов. Алгоритмы, основанные на классических детекторах, не обеспечивают высокое качество детектирования, в связи с чем на основе свёрточных нейронных сетей были разработаны такие алгоритмы, как YOLO (аббревиатура от слов «You Only Look Once») и DETR (аббревиатура от слов «DEtection TRansformer»). Эти алгоритмы отличаются высокой точностью и хорошо зарекомендовали себя в задаче распознавания объектов в видеопотоке. В то же время, они обладают рядом существенных недостатков, главным из которых является высокая математическая сложность, что приводит к существенному увеличению времени обучения. В связи с этим в настоящее время важной задачей становится модернизация существующих современных алгоритмов. Описаны некоторые возможные пути и методы модернизации алгоритма DETR, даны оценки влияния на конечный результат. Предлагаемый вариант модификации содержит как оптимизацию слоев декодера при помощи нейронной сети, так и модификацию механизма влияния для уменьшения математической сложности вычислений и увеличения итоговой точности

Ключевые слова: распознавание объектов, DETR, искусственная нейронная сеть, анализ изображений, свёрточная нейронная сеть

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЕЗ ПОТЕРЬ

М.С. Войтенко, А.С. Войтенко, Ю.Н. Феденко, А.И. Антонов

Аннотация: рассматривается вопрос эффективного сжатия растровых изображений без потерь цифровых данных. Актуальность проведенного исследования обусловлена потребностью в эффективном снижении объёма данных, что способствует экономии ресурсов хранения и экономии пропускной способности. Предложен новый алгоритм сжатия, который основывается на идее разбиения изображения на отдельные цветовые каналы и подсчёта количества последовательных повторений одного и того же значения цвета в каждом канале. Описанный подход позволяет существенно уменьшить объём данных изображения, тем самым сэкономив пространство для хранения данных. Приводятся результаты экспериментов по сравнению предложенного алгоритма со стандартным алгоритмом сжатия PNG-изображений и результаты сжатия на основе последовательной записи цветовых каналов. Сравнение проводилось на примере растровых изображений без градиентных элементов. Содержится описание предложенного алгоритма, визуальное представление его работы, сравнительные таблицы подходов к организации данных изображений и графики, графики с данными экспериментов по сжатию растровых изображений: сравнение объёма данных последовательной записи цветовых каналов на основе пиксельной сетки и раздельной записи по цветовым каналам

Ключевые слова: алгоритм сжатия, сжатие данных без потерь, разделение цветовых каналов, растровые изображения

АРХИТЕКТУРА СУБД, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ МЕТАГРАФОВУЮ МОДЕЛЬ ДАННЫХ

Д.Р. Никольский, В.Ф. Барабанов, В.В. Сафронов, А.М. Нужный, В.Н. Черников

Аннотация: в современном информационном обществе обработка данных стала важным инструментом для принятия обоснованных решений и достижения успеха во многих областях деятельности. Для хранения данных используют разные виды систем управления базами данных (СУБД), каждая из которых обладает своими уникальными функциями, преимуществами и вариантами использования. Рассматривается проблема эффективного моделирования данных в условиях их постоянного роста, представлены ограничения существующих графовых моделей, предложена архитектура СУБД с метаграфовой моделью данных. Описывается архитектура метаграфовой СУБД, включающая подсистемы пользовательского ввода-вывода, доступа к данным, взаимодействия с хранилищем данных и хранения объектов. Предложенная метаграфовая модель данных и разрабатываемая на ее основе СУБД позволит закрыть потребность в семантически полном и оптимальном моделировании сложных процессов и обработке большого объема сложных сетевых данных. Рассмотрены специфические аспекты реализации, такие как управление атрибутами, оптимизация запросов и транзакционное управление. Освещены текущие достижения в разработке метаграфовой СУБД и планы на будущее, включая разработку прототипа хранилища и программного интерфейса, что позволит проводить дальнейшие исследования и разработку наиболее оптимальных моделей СУБД

Ключевые слова: графовые СУБД, метаграф, метаграфовая СУБД, архитектура СУБД

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ В СИНХРОННОЙ МАШИНЕ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ В ОБЛАСТИ АВТОКОЛЕБАНИЙ

К.Е. Кононенко, А.В. Кононенко, Кетима Саного

Аннотация: известно, что при увеличении интенсивности магнитного поля в воздушном зазоре синхронная машина с электромагнитным возбуждением может войти в режим автоколебаний разной степени интенсивности. Исследованию автоколебаний было посвящено большое количество работ, однако магнитное поле в этой области исследовано не было. За исходное направление исследования принято разделение областей работы синхронной машины на области устойчивой работы, области автоколебаний и сползания, когда синхронная машина переходит в асинхронный режим. Кроме конструкции машины, области устойчивости зависят от параметров как самой машины, так и режима. Наиболее влиятельными параметрами являются: активное сопротивление обмотки статора и ток в обмотке возбуждения. Ток в обмотке возбуждения определяет индукцию и напряженность магнитного поля, что, в свою очередь, влияет на электромагнитный момент вращения и способность машины работать устойчиво. Однако у синхронной машины с электромагнитным возбуждением есть особенность в работе: при увеличении тока в обмотке возбуждения сверх некоторого предела в ней начинают развиваться самопроизвольные автоколебания. Их амплитуда может увеличиваться до тех пор, пока синхронная машина либо будет продолжать работать с колебаниями определенной амплитуды и частоты, либо выпадет из синхронизма. Для исследования электромагнитного поля в режиме автоколебания наиболее подходит численный метод конечных элементов. С его помощью легко рассчитать амплитуду и частоту автоколебаний, а также электромагнитный момент в рассматриваемом режиме. Кроме того, становится известным уровень насыщения магнитной цепи машины в любой расчетной области. Метод конечных элементов позволяет сделать это наглядно, быстро и достаточно точно

Ключевые слова: синхронная машина, электромагнитное возбуждение, границы устойчивой работы, параметры схемы замещения, конечно-элементный анализ, электромагнитное поле, колебания низкой частоты, стробоскопический метод

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕРВИСА ДЛЯ ПРОСМОТРА СТУДЕНЧЕСКОГО РАСПИСАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УНИВЕРСИТЕТОВ

Д.Л. Сащенко, С.А. Олейникова

Аннотация: статья посвящена разработке онлайн-сервиса, предназначенного для просмотра студенческого расписания занятий. Актуальность разработки обусловлена возможностью просмотра расписания в любой момент времени как с мобильного, так и со стационарного устройства, а также оперативного реагирования на какие-либо изменения. Помимо этого, такие сервисы обычно обновляются в режиме реального времени, что позволяет студентам быть в курсе изменений или отмены занятий и помогает избежать пропуска занятий. Разработанное приложение включает в себя базу данных, клиентскую и серверную часть. В качестве клиентской части веб-сервиса будет использоваться веб-фреймворк Vue и его надстройка Quasar для более богатого пользовательского интерфейса, а также для реализации серверной части будет использоваться фреймворк Spring Boot и база данных PostgreSQL. В серверной части проекта реализуется получение файлов расписания, извлечение из них данных с последующей обработкой и сохранением в собственную базу данных, а также дальнейшая работа с данными, а именно, их получение и агрегация. Архитектура приложения будет изображена на UML и AIA диаграммах, которые будут показывать, каким образом пользователь взаимодействует с сервисом, а также архитектуру интеграции приложений. Новизна заключается в предоставлении пользователям возможности просмотра контента с любых устройств. Практическая значимость подтверждается внедрением приложения в деятельность Воронежского государственного технического университета

Ключевые слова: расписание занятий, онлайн-сервис, UML-диаграмма, AIA-диаграмма, PostgreSQL

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ СО СВЕТОФОРНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

М.А. Стрижко, В.В. Червинский

Аннотация: предложена система интеллектуального управления транспортными потоками на перекрестках со светофорным регулированием в качестве одного из возможных решений проблемы транспортных задержек в условиях мегаполиса. Данное решение позволяет сократить периоды простоя автомобилей на красный свет, при отсутствии трафика в направлении с разрешенным движением за счет динамического изменения длительностей фаз регулирования на основании информации о параметрах транспортных потоков. Целью исследования является повышение эффективности проезда транспортных средств через перекрестки со светофорным регулированием. Предложенная система управления основана на нечеткой логике. Принцип её работы максимально приближен к действиям регулировщика. За счет использования технических средств обнаружения трафика существенно расширен объем информации о параметрах транспортного потока, что позволяет повысить качество управления. В статье описана структура предложенной системы управления, конфигурация аппарата нечеткой логики, обоснован выбор основных параметров и ограничений системы. Оценка качества управления разработанной системы произведена при помощи компьютерного моделирования работы светофорных объектов на участке улично-дорожной сети города. Результаты моделирования и сравнения разработанной системы с существующими системами управления транспортными потоками на перекрестках показали, что применение предложенной системы позволило повысить эффективность дорожного регулирования на 13 % и 39 % по сравнению с существующими системами «гибкого» и «жесткого» управления, соответственно. Предложенная система управления транспортными потоками демонстрирует наибольшую эффективность в условиях высокой динамики изменения интенсивности транспортных потоков на перекрестках, что достаточно распространено в современных мегаполисах

Ключевые слова: перекресток, транспортный поток, интеллектуальная система управления, нечеткая логика, светофорное регулирование

БАЙЕСОВСКАЯ СЕТЬ ДОВЕРИЯ В СИСТЕМЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ БПЛА

В.А. Малиновкин, О.С. Мордвинкина, К.Н. Резников, А.В. Барабанов

Аннотация: в современном мире спектр использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) расширяется. Разделяется контролируемое управление (через пульт управления) и бесконтрольное управление БПЛА. Задача автоматизации включает в себя исключение влияния человека из основного процесса. Таким образом, бесконтрольное управление БПЛА является актуальной задачей. Ранее были рассмотрены основные системы поддержки и принятия решений на основе машинного обучения, глубокого обучения, Байесовских сетей, теории игр. В результате сравнения был сделан выбор в пользу Байесовских сетей, так как в этом случае не требуется проведения предварительного обучения, достигается высокая скорость выполнения расчётов и реализуется возможность работы с разной входной информацией, влияющей на событие в точке. В текущей работе были проанализированы алгоритмы отыскания кратчайшего расстояния: алгоритм Флойда-Уоршелла, алгоритм Форда-Беллмана, алгоритм Дейкстры. Сравнительный анализ показал, что алгоритм Форда-Беллмана является оптимальным для решения задачи поиска кратчайшего пути в городской среде (количество ребер меньше, чем количество вершин, так как существование ребер ограничено знанием местности). Также было продемонстрировано использование Байесовских сетей доверия в системе поддержки принятия решений с применением d-разделения. Были сформулированы критерии оптимальности при выборе оптимального пути: наличие минимального расстояния между исходными точками, наличие наибольшего среднего коэффициента доверия

Ключевые слова: Байесовские сети, d-разделение, алгоритм Флойда-Уоршелла, алгоритм Дейкстры, алгоритм Форда-Беллмана

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОСКОГО ДВИЖЕНИЯ ДВУХМОТОРНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЛЕГЧЕ ВОЗДУХА

В.Б. Фурсов, Ю.В. Писаревский, Ж.А. Ген

Аннотация: рассматривается моделирование плоского движения беспилотного летательного аппарата дискообразной формы с положительной плавучестью. Перспективные летательные аппараты такого типа имеют на поверхности оболочки солнечные батареи и допускают применение бестопливной энергетической установки, что обеспечивает работоспособность аппарата на высотах 20000-22000 метров. Летательные аппараты, имеющие возможность работы в режиме зависания в определённой точке пространства при длительном полётном времени, допускают применение только электрических силовых установок. Теоретически длительность полётного времени определяется временем безотказной работы аккумуляторных батарей. Одними из существенных недостатков, органически присущих дирижаблям, являются высокая парусность и низкая манёвренность. Дискообразная форма летательного аппарата удачно сочетает высокие энергетические возможности, обеспечиваемые солнечной батареей, сниженную парусность и допускает повышение манёвренности аппарата. Однако известно, что летательные аппараты такой формы крайне неустойчивы в полёте и при воздействии ветровой нагрузки. Электрическая силовая установка отличается особо ценным качеством – хорошей управляемостью. Бесщёточные двигатели постоянного тока идеально подходят для работы на больших высотах при температурах окружающей среды -50 °С. Для управления двигателями используются современные системы управления и навигации, которые стабилизируют принципиально неустойчивый полет. Для оценки манёвренности дирижабля необходимо выполнить моделирование плоского движения летательного аппарата по заданной траектории. Управление движением по заданной траектории в ручном режиме достаточно сложная задача. Но и в автоматическом режиме полет по заданной траектории имеет определённые ограничения по скорости: чем больше скорость, тем менее управляем аппарат, в отличие от самолета. В данном случае принципы построения системы регулирования, используемые и в квадрокоптерах, при некоторой систематической ошибке дают вполне приемлемые траектории полета. Приведены результаты моделирования плоского движения летательного аппарата по заданной траектории

Ключевые слова: моделирование, плоское движение, управление движением по заданной траектории, беспилотный летательный аппарат

ЭНЕРГИЧНЫЕ МЕТОДЫ И ПРОТОКОЛЫ РЕПЛИКАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ И СРЕДАХ

А.Д. Данилов, М.О. Саввин, А.Е. Карачевцев

Анотация: значительное увеличение объемов данных, генерируемых различными устройствами, датчиками, приложениями и пользователями веб-сервисов и социальных сетей, привело к возникновению задачи перехода к новой архитектуре хранения и обработки данных. Существующие централизованные локальные решения стали неэффективными, а дальнейшее увеличение вычислительных мощностей требовало значительных финансовых вложений. К тому же возникшая необходимость хранения исходных «сырых» данных еще сильнее увеличила потребность в дисковом пространстве. Решение такой проблемы основывается на применении распределённых архитектур, контролируемых специальными системами распределенного хранения и обработки данных. Узлы в таких системах могут состоять из простых компонентов, не всегда обладающих высокой надежностью и отказоустойчивостью. В данной статье авторы показали, что в таких условиях на первый план выходят согласованность данных и устойчивость системы к отказам. Проведенный в статье анализ современных методов и протоколов репликации в распределенных средах показал, что репликация данных является ключевой стратегией для обеспечения надежности и доступности информации в системах, где данные хранятся и обрабатываются на нескольких узлах. Рассмотрена классификация протоколов репликации по двум категориям: стратегии обновления и способу распространения обновлений. В заключение сделан вывод о том, что централизованные подходы к репликации с энергичным распространением обновлений являются на сегодня незаменимым механизмом повышения эффективности функционирования высоконагруженных и распределенных систем

Ключевые слова: репликация данных, распределенные вычисления, программно-технические средства, управление транзакциями

СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНЕЙНО-ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Л.А. Сенаторов

Аннотация: исследуются различные подходы к передаче данных с использованием линейно-частотно-модулированных (ЛЧМ) сигналов. Целью работы является исследование способов модуляции и демодуляции ЛЧМ сигналов для выбора наиболее подходящего для случая передачи данных по радиоканалу. Исследованы два основных подхода – передача отдельных битов и передача групп бит для дополнительного расширения спектра. При рассмотрении этих подходов в работе исследуются четыре способа передачи данных с использованием ЛЧМ сигналов: обработка при помощи согласованных фильтров, обработка посредством корреляционного метода, обработка с помощью анализа параметров аналитического сигнала, а также метод поиска разрыва фазы передаваемого сигнала. Для каждого из рассмотренных методов составлена и изучена имитационная модель в MatlabR2018b. Исследование моделей позволило выявить основные преимущества и недостатки применения каждого из способов. Отдельно рассматривается способ формирования ЛЧМ сигнала по спектру с помощью обратного преобразования Фурье с помощью фаз Ньюмана. Наиболее перспективным для использования в системах радиосвязи был признан метод модуляции ЛЧМ сигнала при помощи разрыва фазы. В зависимости от выбранного алгоритма поиска разрыва фазы данный способ может проигрывать в скорости обработки, однако за счет своей алгоритмической простоты и хорошей помехоустойчивости он может успешно применяться в реальных системах связи

Ключевые слова: ЛЧМ, Matlab, обработка сигналов, модуляция, демодуляция

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АНТЕННА ВЫТЕКАЮЩЕЙ ВОЛНЫ С ПОПЕРЕЧНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

А.В. Останков, Д.Ю. Крюков

Аннотация: антенны вытекающей волны получили широкое распространение, благодаря относительно простой конструкции, малым поперечным размерам, высокому коэффициенту полезного действия. Диэлектрические периодические антенны вытекающей волны, преобразующие замедленную поверхностную волну диэлектрического волновода в пространственную излучаемую волну с помощью периодической решётки, при одностороннем возбуждении используются в режиме наклонного излучения. Вместе с тем в ряде случаев предпочтителен режим поперечного излучения. Однако реализация такого режима сопряжена с катастрофическим ухудшением излучательной способности из-за брэгговской дифракции. В работе рассмотрены способы устранения эффекта нормали. Применительно к антенне с излучающим раскрывом в виде планарного диэлектрического волновода, нагруженного периодической гребёнчатой решёткой, реализован способ введения на периоде дополнительной канавки на удалении четверти длины волны от основной канавки. Установлено, что при появлении на периоде дополнительной канавки, эквивалентной по размерам основной канавке, приращение излучательной способности антенны не столь существенно. Предложены два варианта увеличения коэффициента полезного действия антенны с модифицированным раскрывом за счёт оптимизации положения дополнительной канавки относительно основной или подбора глубины дополнительной канавки. Установлено, что приращение излучательной способности и эффективности излучения антенны вытекающей волны при оптимизации глубины дополнительных канавок выше, чем в случае подбора расстояния между дополнительными и основными канавками. Результаты получены на основе электродинамического моделирования, реализованного на основе авторской проекционной модели, получившей широкое признание

Ключевые слова: диэлектрическая антенна, гребёнчатая решётка, канавка, режим поперечного излучения, излучательная способность, коэффициент полезного действия

КОМПЛЕКСНОЕ СРАВНЕНИЕ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕКОДОВОЙ И РЕЧЕВОЙ СВЯЗИ

Я.С. Мотылёва, Ю.Г. Хренова, В.З. Циколия, А.Ю. Чернышев

Аннотация: рассмотрены особенности управления в системах телекодовой и речевой связи. Выявлены определённые требования к скорости и объёму передачи данных в современной аппаратуре. Рассмотрены методы, применяющиеся для проверки целостности и подлинности данных. Для практической реализации был выбран алгоритм MD5, так как он является одним из самых распространенных. Поставлена задача выбора программируемых устройств для решения конкретных задач. Для оценки быстродействия занимаемых ресурсов взято функциональное устройство и протестировано на различных программируемых устройствах, для каждого из которых был написан код на соответствующих языках программирования. Исходя из результатов тестирования, можно сделать вывод, что использование программируемых пользователем вентильных матриц позволяет при меньшей тактовой частоте успешно выполнять несколько параллельных задач наряду с популярными микроконтроллерами, что говорит о возможном уменьшении стоимости систем телекодовой и речевой связи. Использование процессоров цифровой обработки сигналов оправдано только для решения узкоспециализированных задач, связанных с цифровой обработкой аналоговых сигналов и систем управления в реальном времени

Ключевые слова: программируемые устройства управления, микропроцессоры, программируемые пользователем вентильные матрицы (ППВМ)

СОВМЕСТНАЯ АРХИТЕКТУРА ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ МАССИВНЫХ СИСТЕМ MIMO И OFDM-РАДАРА

О.Н. Чирков, А.В. Башкиров, Ю.М. Пшеницина

Аннотация: предлагается совместная архитектура восходящей линии связи массивных систем MIMO (Multiple Input Multiple Output – множественный вход и множественный выход) и OFDM-радара (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing — ортогональное мультиплексирование с частотным разделением каналов) с использованием одних и тех же аппаратных средств и частотно-временных ресурсов. Рассматриваются восходящая линия связи и радиолокационное зондирование ближнего радиуса действия, когда на базовую станцию (БС) поступают данные от пользовательского оборудования и одновременно радиолокационные сигналы от целей. Сигнал, принимаемый каждой антенной БС, состоит из радиолокационных сигналов и данных канала связи, которые необходимо отдельно обрабатывать для обнаружения и передачи данных. Обнаружение сигнала достигается за счет использования разнесения каналов между пользовательским оборудованием и целями, как в массовых системах связи MIMO. Сигнал от пользователя обнаруживается и демодулируется, затем вычитается из принятых сигналов для получения радиолокационных данных. Для радара используется радиолокационная обработка на основе символов, поскольку она обеспечивает существенный выигрыш в обработке, а эффективность его обнаружения не зависит от формы передаваемого радиолокационного сигнала. Таким образом, получается двухфункциональная массивная система радиолокационной связи OFDM по восходящей линии связи MIMO. Кроме того, рассматривается анализ собственных помех, которые возникают между одновременно работающими передающей и радарной антеннами (т.е. в полнодуплексном режиме). Исследование показывает, что возможно разработать архитектуру передатчика, которая может удовлетворительно взаимодействовать с несколькими абонентами одновременно с использованием частотно-временных ресурсов при радарном зондировании окружающей среды передачи данных без существенного увеличения стоимости или сложности системы

Ключевые слова: сигнал, система, восходящая линия связи, базовая станция, пропускная способность, радиолокация, разнесение каналов, MIMO, OFDM

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СФ-БЛОКОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

И.Р. Чекалдин, А.В. Русанов, В.А. Смерек, А.И. Сукачев

Аннотация: рассмотрены основные этапы разработки цифровых сложно-функциональных (СФ/ІР) блоков в составе сверхбольших интегральных схем (СБИС) и систем на кристалле (СНК). Обозначены основные преимущества концепции проектирования интегральных микросхем (ИМС) с применением стандартных ячеек (standard cells) и СФ-блоков, а также сформулированы основные цели применения данной концепции. Определено место СФ-блоков в маршруте проектирования СНК на примере спиралевидного маршрута, на основе которого выделена иерархия приоритетности некоторых этапов проектирования заказных СФ-блоков. Рассмотрены аспекты стандартизации в проектировании на уровне моделей во избежание конфликтных ситуаций при размещении и подключении ячеек. Проанализирован состав итоговых топологических, схемотехнических файлов описания, необходимый и достаточный для поставки разработанного блока заказчику и последующего его применения в маршруте проектирования коммерческого изделия. Приведены способы защиты коммерческой информации при передаче файлов топологии на предприятия по производству кристаллов ИМС. Программные возможности (проведение верификации, синтез цифровых автоматов, проектирование топологии с использованием средств автоматизации) при проектировании СФ-блоков были описаны в рамках функциональных возможностей программных средств, предоставляемых компаниями Cadence, Mentor Graphics, Synopsys. Кратко затронуты компетентные действия заказчика СФ-блока после получения им необходимых файлов моделирования, топологии, описания и документации

Ключевые слова: цифровые СФ-блоки, интегральные микросхемы, Verilog, маршрут проектирования, лицензия GPL/LGPL, СФ-блоки

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ КОМПЛЕКСА ОПТИЧЕСКОЙ ДЕФЕКТОВКИ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

М.А. Ромащенко, Д.В. Васильченко

Аннотация: рассматривается один из этапов проекта по разработке, изготовлению и тестированию опытного образца программно-аппаратного комплекса оптической дефектовки топологии электронных компонентов. Сформулирована проблема, обосновывающая необходимость создания подобного комплекса оптической инспекции, а также сложности, возникающие при интеграции в существующий технологический процесс. Поставлена задача данного этапа, заключающаяся в выборе комплектующих для создания аппаратной части системы, определении подхода к их интеграции в существующую конструкцию инспекционного оптического прибора, а также разработке принципов автоматизированного управления перемещением предметного столика. Проведен выбор используемого аппаратного обеспечения, обосновано применение промышленного инспекционного микроскопа Nexcore NX1000 и цифровой камеры Dahemg imaging MER2-2000-19U3C в контексте дальнейшего использования как системы машинного зрения. Представлена разработанная структурная схема программно-аппаратного комплекса оптической дефектовки топологии электронных компонентов, с учетом применения нейросетевых алгоритмов для автоматизации процесса выходного оптического неразрушающего контроля. Описана предлагаемая система автоматизированного перемещения предметного столика микроскопа, приведена ее функциональная схема и предложен вариант технической реализации. Указаны основные требования к компонентам системы автоматизированного перемещения, а также способ ее интеграции в инспекционный микроскоп Nexcore NX1000

Ключевые слова: электронный компонент, машинное зрение, дефектоскопия, оптическая инспекция, неразрушающий контроль

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» в рамках конкурса Старт-23-1 (очередь II) (договор №5049ГC1/89569 от 24.10.2023)

ВОЗМОЖНОСТИ ОСЛАБЛЕНИЯ ОСНОВНОГО ЛЕПЕСТКА ОТРАЖЕННОЙ ВОЛНЫ ПОСРЕДСТВОМ СПИРАЛЕВИДНОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ МЕТАСТРУКТУРЫ

Н.А. Болдырев, И.Ш. Фитаев, М.М. Падалинский, Д.А. Полетаев, А.С. Мазин

Аннотация: представлены метаструктуры в виде незамкнутых спиралевидных треугольников, а также их дифракционные характеристики, а именно, диаграммы рассеяния, распределение электрического поля и тока по поверхности образцов. Данный вид структуры позволяет получить ряд практически важных характеристик, труднодостижимых при использовании обычных ослабляющих покрытий. Такие свойства достигаются, благодаря изменению направления распространения электромагнитной волны при ее отражении от поверхности объекта, а также за счет деструктивной интерференции отраженной волны от специально спроектированных резонаторов, расположенных на поверхности образца. Таким образом, вышеописанные структуры могут формировать отрицательные диэлектрические и магнитные проницаемости в определенной полосе частот, в нашем случае составляющей диапазон 16-25 ГГц. Проводится компьютерное моделирование воздействия электромагнитного поля указанного диапазона на представленные образцы в пакете программ CST Studio. Затем производилось сравнение полученных данных с результатами экспериментальных исследований. На основании полученных данных можно сделать выводы, что представленная структура обладает высокими показателями ослабления основного лепестка отраженной электромагнитной волны. Таким образом, данное свойство делает возможной дальнейшую разработку частотно-селективных поверхностей, в основе которых будет лежать вышеописанное метапокрытие

Ключевые слова: ослабление отражения, диаграмма рассеивания, сантиметровый диапазон, частотные зависимости

ПОКАЗАТЕЛЬ СТРУКТУРНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ В ГЕТЕРОГЕННОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

В.А. Шевцов, А.М. Казанцев, А.В. Тимошенко, Р.А. Кочкаров, С.В. Прокопчина

Аннотация: в настоящее время усложнение условий функционирования и увеличение объемов передаваемых данных в пространственно-распределенные системы мониторинга (ПРСМ) с динамической топологией сети передачи данных затрудняют достижение заданных требований по оперативности, устойчивости и безопасности информационного обмена, в т.ч. в условиях отказов ее подсистем различного уровня. Рассмотрены теоретико-графовая модель ПРСМ и постановка оптимизационных задач с различными критериями: весовыми и топологическими. Отмечено, что для снижения последствий возможных деструктивных воздействий, а также прогнозирования поведения ПРСМ необходима метрика эффективности информационного взаимодействия информационных средств (ИС) в составе системы. Предложено использовать агрегированный топологический индекс, представляющий собой линейную свертку структурно-топологических метрик и реализующий в себе основные требования оперативного управления и контроля структурной устойчивости ПРСМ. Исходя из решаемых задач ПРСМ предложены основные структурно-топологические метрики. Отмечено, что, изучая каждую метрику и применяя к анализу предложенный критерий, можно оценить механизм информационного взаимодействия между ИС ПРСМ как с точки зрения структуры и ее качества, так и с точки зрения характера информационного обмена во времени

Ключевые слова: информационное взаимодействие, гетерогенная сеть, граф, деструктивные воздействия, основные структурно-топологические метрики, агрегированный топологический индекс

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-69-10084

СПОСОБ ОБРАБОТКИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ С ОРТОГОНАЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОПЛОТНОСТНОГО КОДИРОВАНИЯ

М.В. Хорошайлова

Аннотация: предложен способ повышения устойчивости системы к искажениям в канале передачи данных посредством интеграции циклического префикса, который является избыточной информацией, и виртуальной несущей в составной сигнал. Кроме того, чтобы снизить частоту ошибок, вводим в эту систему проверку четности низкой плотности (LDPC). На стороне приемника производительность оценки канала улучшается за счет оценки смещения синхронизации символа, оценки смещения несущей частоты и методов оценки канала, которым помогает априорная информация, полученная с помощью радиолокационных данных. Во время радиолокационного обнаружения совместная оценка расстояния и скорости радиолокационной цели достигается за счет использования согласованной фильтрации, сжатия импульсов и оконной обработки для получения задержки и доплеровской частоты. Чтобы получить более надежные данные, используем оценку минимальной среднеквадратичной ошибки, основанную на дискретном преобразовании Фурье, для оценки канала. Имитационное моделирование показывает, что предлагаемая система не только реализует функции передачи и обнаружения, но и улучшает показатели производительности интегрированного сигнала, такие как частота битовых ошибок (BER) 6×10^{-5} , пиковое отношение боковых лепестков -12,73 дБ, и интегрированное отношение боковых лепестков составляет -8,56 дБ при отношении сигнал/шум (SNR) 10 дБ

Ключевые слова: циклический префикс, низкоплотностное кодирование, мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов, смещения синхронизации символа

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания «молодежная лаборатория» № FZGM-2024-0003

МИКРОПОЛОСКОВЫЙ КРОССОВЕР ДИАПАЗОНА УВЧ НА ОСНОВЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ШЛЕЙФНЫХ МОДИФИКАЦИЙ

А.В. Останков, Н.Н. Щетинин, С.А. Слинчук

Аннотация: микрополосковые многолучевые схемы диаграммообразования фазированных антенных решеток могут содержать кроссоверы, обеспечивающие передачу мощности полезного сигнала по взаимно-пересекающимся направлениям в одной плоскости. Классические микрополосковые кроссоверы представляют собой каскадное соединение двух сонаправленных ответвителей, каждый из которых при реализации на основе четвертьволновых шлейфов обладает существенными размерами в диапазоне ультравысоких частот. Цель работы заключается в минимизации размеров кроссовера на основе ответвителей за счёт замены четвертьволновых шлейфов, формирующих топологию кроссовера, на их эквивалентные малоразмерные модификации. В качестве альтернативы исходным отрезкам линии передачи взяты комбинации Т- и П-образных шлейфов, совмещенных со встречно-штыревыми структурами и меандровыми линиями, анализ и синтез которых выполнен авторами в более ранних публикациях. Предложенное конфигурирование позволяет добиться эффективного использования свободного пространства внутри кроссовера и, тем самым, значительно сократить габаритные размеры устройства. Частотные свойства классического микрополоскового кроссовера и оригинального кроссовера, реализованного на модифицированных шлейфах, исследованы на основе строгого электродинамического моделирования методом моментов. Представлены и сопоставлены амплитудно-частотные характеристики классического и модифицированного кроссоверов. Установлено, что площадь, занимаемая модифицированным устройством, более чем на 80 % меньше по сравнению с традиционной конструкцией. Однако пятикратное снижение габаритов кроссовера сопровождается сужением рабочей полосы частот в полтора раза

Ключевые слова: кроссовер, топология, модификация, Т-секция, П-секция, полоса пропускания

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕНТА ВЫХОДА ГОДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

А.В. Башкиров, А.Б. Антиликаторов, А.С. Костюков, П.И. Подмарков

Аннотация: прогнозирование процента выхода годных изделий является критическим аспектом при разработке интегральных схем. Успешное определение этого процента имеет важное значение как на различных этапах разработки, так и в стадии производства. Он определяется для каждой партии изделий отдельно с помощью простых расчетов, которые включают в себя подсчет количества годных интегральных схем, которые соответствуют техническим требованиям, а также количества забракованных после каждой технологической операции или группы операций, включая контрольные этапы. В процессе оценки процента выхода годных интегральных микросхем различают две основные категории: выход годных интегральных схем по пластине (подложке) при формировании кристаллов (плат) и выход годных после стадии полной сборки, что в совокупности позволяет оценить эффективность производственного процесса и технологическую надежность системы производства интегральных микросхем в целом. Приведены математические модели, которые предназначены для описания возникновения случайных отказов интегральных схем. Представленные модели основаны, в свою очередь, на анализе статистических данных, а именно, на распределении Пуассона и биномиальном распределении. Приведенные в статье модели адаптированы под различные условия возникновения ситуаций отказа интегральных микросхем

Ключевые слова: интегральная микросхема, технологический процесс, вероятность отказов, тип дефектов, число отказов, тестовый контроль, процент выхода годных интегральных схем

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ В БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ С OFDM-МОДУЛЯЦИЕЙ ПУТЁМ СНИЖЕНИЯ ПИК-ФАКТОРА СИГНАЛА

О.Н. Чирков, Е.А. Кушев

Аннотация: приводится описание технологии OFDM-модуляции (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing — ортогональное мультиплексирование с частотным разделением каналов) сигналов в широкополосных системах связи, обозначаются особенности организации канала связи с OFDM, достоинства и недостатки данного вида обработки сигналов, а также область его применения. Рассматривается положительное и негативное влияние от введения в структуру сигнала защитного интервала и маркеров синхронизации на эффективность работы OFDM-системы. Проводится описание пик-фактора сигнала как основной характеристики широкополосного канала связи и главной проблемы при разработке системы связи с таким видом модуляции. Затрагивается вопрос о влиянии пик-фактора сигнала как на эффективность передачи данных в беспроводной системе связи, так и на сложность и себестоимость конструкции приёмно-передающих устройств. После обозначения проблемы пик-фактора сигнала рассматривается вопрос об эффективных методах снижения пик-фактора, применимых к каналу с OFDM-модуляцией. Проводится анализ искажающих и неискажающих методов снижения пик-фактора и, в конце, приводится сравнительная характеристика представленных методов по эффективности передачи данных, помехоустойчивости беспроводного канала связи и по целесообразности областей применения этих методов при проектировании беспроводной системы связи

Ключевые слова: OFDM-модуляция, пик-фактор, частотно-временная сетка, быстрое преобразование Фурье, обратное дискретное преобразование Фурье, клиппирование, компадирование, субоптимальный метод

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ БЛИЖНЕГО ПОЛЯ ПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ

В.В. Глогов, А.И. Зимин

Аннотация: в области сверхвысокочастотной техники довольно часто используются полосковые антенны, как правило, изготавливаемые по технологии печатных плат или интегральных схем. Анализ уровня их излучения и влияния материала корпуса весьма важны на этапе разработки данного устройства для оценки электромагнитной совместимости. В современном мире вопрос правильной оценки электромагнитной совместимости играет значимую роль в проектировании и разработке радиоэлектронной аппаратуры. Многие разработчики для экономии временных и материальных средств стремятся на ранних этапах провести анализ своих устройств, в том числе и на электромагнитную совместимость. Мощным программным пакетом для анализа на электрическую и магнитную составляющую от излучающего источника является - Ansys HFSS. В статье представлено описание алгоритма анализа магнитной и электрической составляющей ближнего поля применительно к полосковой антенне. Так же проводится сравнение уровня излучения в корпусе из различных материалов. Были проанализированы электрическая и магнитная составляющая ближнего поля полосковой антенны. Также было проведено сравнение электрической и магнитной составляющей полосковой антенны в закрытых конструкциях – в корпусе

Ключевые слова: магнитное поле, электрическое поле, излучение, корпус, программное обеспечение

К ВОПРОСУ О МАКЕТИРОВАНИИ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ПОЛОСОВЫХ ФИЛЬТРОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ (Часть 2)

А.Е. Рудь, Л.Э. Черноиванов, И.А. Арзамасцев, А.В. Гречишкин

Аннотация: при проектировании микрополосковых фильтров для уточнения результатов расчетов зачастую требуется проведение макетирования. Существуют несколько способов макетирования в лабораторных условиях. Важным вопросом при выборе способа макетирования является степень соответствия параметров изготовленного макета расчетным параметрам. Достижимая степень соответствия параметров определяет применимость того или иного способа макетирования. Дается качественная оценка применимости фрезерования топологии микрополоскового полосового фильтра на станке с числовым программным управлением (ЧПУ) для целей макетирования в лабораторных условиях. Рассматриваемый способ заключается в генерации программы управления станком с ЧПУ на основе рассчитанной топологии микрополоскового полосового фильтра с учетом особенностей применяемого инструмента. После этого выполняется фрезерование фольгированного диэлектрического материала. Для изготовленного таким способом макета были проведены измерения параметров: геометрических размеров топологии и амплитудно-частотной характеристики фильтра (АЧХ). Приведены рисунки, демонстрирующие геометрические размеры рассчитанного фильтра и фрезерованного макета. Дополнительно для оценки качества изготовления приведены увеличенные под микроскопом микрополосковые резонаторы полученного макета. На основе сравнения расчетных геометрических параметров и расчетной АЧХ с соответствующими параметрами изготовленного макета микрополоскового полосового фильтра сделана качественная оценка применимости фрезерования для макетирования в лабораторных условиях. Дополнительно приводится сравнение отклонений геометрических размеров и АЧХ макета микрополоскового полосового фильтра, изготовленного по технологии фотолитографии топологии с последующим химическим травлением

Ключевые слова: микрополосковый фильтр, полосовой фильтр, макетирование

ВЫЯВЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ НОВООБРАЗОВАНИЙ НА ОСНОВЕ РАДИОВОЛН

Е.А. Ищенко, С.М. Фёдоров, Е.Д. Егорова, Д.А. Новиков, Ю.С. Цимбалест, Е.А. Тощая

Аннотация: рассматривается возможность выявления онкологических новообразований с использованием систем сверхвысоких частот (СВЧ) из двух антенн миллиметрового диапазона, а также определения размеров новообразований на основе изменений характеристик канала. Определение характеристик проходящих электромагнитных волн основывается на амплитудах принятого сигнала, его Фурье-спектра, матрицы S_{21} -параметров, диэлектрических характеристик системы на основе матрицы рассеяния. Представлена модель электродинамики, имитирующая взаимодействие электромагнитных волн со стратифицированной структурой ткани, включающей кожу, жир и мышечные слои, с уникальными диэлектрическими константами, магнитной проницаемостью и электропроводностью. Суть технологии заключается в использовании двухслойных патч-радиаторов в диапазоне частот от 23,97 до 28,88 ГГц, выбранных за их чувствительность к мельчайшим неопластическим изменениям из-за коротких длин волн. В модели оцениваются опухоли радиусом от 1 мм до 10 мм, изучается влияние размера опухоли на распространение радиоволн, определяемое параметрами коэффициента передачи S_{21} . Результаты показывают прямую зависимость между увеличением размера опухоли и уменьшением амплитуды сигнала, принимаемого антенной, что говорит о способности метода обнаруживать опухоли на начальных стадиях, что необходимо для эффективного лечения

Ключевые слова: электродинамическое моделирование, выявление заболеваний, волновое сканирование, матрица рассеяния, спектральный анализ, диэлектрические характеристики

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РОЯ ЧАСТИЦ В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ НАГРУЗКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

И.С. Бобылкин, А.В. Иванов, А.А. Кузёмкин, Е.В. Парина, Е.М. Ивашкина

Аннотация: в настоящее время схема управления электронной нагрузкой постоянного тока обычно основана на аналоговом управлении, то есть контур управления формируется операционным усилителем. Таким образом, в процессе повышения тока легко вызвать низкую скорость отклика и перенапряжение, а улучшение скорости отклика имеет большое значение для тестовой линии, применяющей электронные нагрузки. Динамический отклик важен при тестировании нагрузки источников питания и батарей. Поэтому в данной статье изучается цифровое управление электронной нагрузкой постоянного тока. Цифровая система управления нагрузкой постоянного тока имеет характеристики нелинейности, что затрудняет ее теоретическое моделирование. Поэтому для получения математической модели используется набор инструментов State Flow отечественной среды динамического моделирования SimInTech. Традиционный метод настройки ПИД требует больших временных затрат и имеет плохой эффект. В этой статье используется ПИД-регулятор с самонастройкой параметров, основанный на алгоритме оптимизации роя частиц. Посредством SimInTech были смоделированы и сравнены две схемы управления: традиционное ПИД-управление и ПИД-управление с оптимизацией роем частиц (ОРЧ-ПИД управление). Результаты показывают, что оптимизированный ПИД-контроллер демонстрирует более быстрый отклик по сравнению с традиционным алгоритмом ПИД-управления, а производительность системы значительно улучшается. Разработанная система управления электронной нагрузкой позволит обеспечивать устойчивость к помехам и минимизировать их воздействие на управление.

Ключевые слова: электронная нагрузка, ПИД-регулирование, оптимизация роем частиц, контрольно-измерительные приборы, динамическое моделирование, передаточная функция

РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ КОМБИНИРОВАННЫХ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.П. Смоленцев, О.Н. Кириллов, А.А. Извеков

Аннотация: рассмотрены вопросы расширения области использования комбинированных наукоемких технологий, применяемых на заключительных финишных этапах обработки. В результате исследований систематизировано свыше 40 способов обработки и рассмотрены схемы их реализации. Предложена методика решения проблемы на основе использования электронного банка конструкторско-технологических решений. Приведены результаты систематизации и унификации схем и способов комбинированных физико-химических, ультразвуковых и лучевых методов чистовой обработки, полученных в ходе создания банка технологических решений. Установлены перспективные способы комбинированной чистовой обработки внутренних поверхностей, в частности, каналов различного сечения с прямолинейными и криволинейными осями, за счет анодного растворения припуска. Приведено краткое описание диалоговой среды, посредством которой организован доступ к информации банка технологических решений. На примере метода комбинированной обработки показаны способы практического применения результатов исследований при проектировании технологий чистовой обработки деталей машин расширенной номенклатуры различных отраслей машиностроения и смежных отраслей техники. В частности, изучены открывающиеся возможности использования показанных логических связей с целью автоматизации исследований и применяемых технологий в области медицины, что расширяет возможности комбинированных способов обработки

Ключевые слова: комбинированные методы, банк конструкторско-технологических решений, технологии, проектирование, область использования

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДЯЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ФРЕЗ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЭКСЦЕНТРИКОВО-ЦИКЛОИДАЛЬНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

В.В. Куц, Ю.А. Мальнева

Аннотация: рассмотрен принципиально новый способ обработки криволинейных зубчатых колес эксцентриково-циклоидального зацепления с криволинейным профилем с применением специального инструмента. Выполнено моделирование поверхностей колес эксцентриково-циклоидального зацепления с криволинейным профилем для малого и большого колеса. Показана схема формообразования малого колеса эксцентриково-циклоидального зацепления с применением фасонной фрезы с конструктивной радиальной подачей. Получена производящая поверхность фрезы, позволяющая выполнить все условия формообразования при реализации предложенной схемы формообразования малого колеса эксцентриково-циклоидального зацепления с криволинейным профилем. Для большого колеса предложена схема формообразования по методу обката с применением червячного колеса. Выполнено моделирование производящей поверхности червячной фрезы для формообразования поверхности большого колеса эксцентриково-циклоидального зацепления по методу обката. Данная производящая поверхность фрезы также позволяет выполнить все условия формообразования при реализации предложенной схемы формообразования. Данный подход может быть использован при проектировании фрез, предназначенных для обработки криволинейных зубчатых колес эксцентриково-циклоидального зацепления различных размеров. Применение подобных специальных инструментов позволит выполнить переход к серийному и массовому производству зубчатых колес с данным эксцентриково-циклоидальным зацеплением

Ключевые слова: эксцентриково-циклоидального зацепление, фреза, моделирование, производящая поверхность

Благодарности: работа выполнена в рамках реализации программы развития ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» проекта «Приоритет-2030»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

О.А. Рябинина, А.И. Болдырев, А.А. Болдырев, Д.Ю. Левин

Аннотация: описывается возможность применения технологии трехмерного сканирования для создания цифрового двойника станочного оборудования и его дальнейшего использования в процессе технологической подготовки производства. Цифровой двойник – это инструмент оптимизации работы специалистов, позволяет воссоздать инфраструктуру и логику операций физического объекта. Полученные таким способом цифровые модели станочного оборудования можно будет использовать в дальнейшем в автоматизированных системах управления предприятием, а также при грамотном проектировании планировок участков и производственных потоков в трехмерном пространстве, где двойник выступит в качестве 3D темплета оборудования для более оптимальной организации производственного процесса. Программно-аппаратные комплексы, предназначенные для обучения, в том числе самостоятельного, навыкам работы на станках производства, оснащенных системами числового программного управления (ЧПУ), могут использовать цифровой двойник для создания и симуляции программ ЧПУ на компьютере. Являясь полным виртуальным прототипом реального станка, он позволяет не только обучать работе с системами ЧПУ, но и, не тратя станочного времени, отлаживать ранее разработанные программы обработки, исключая с его помощью возможные столкновения узлов станка, устраняя дефекты и неточности программ, оптимизируя режимы работы. Приведен алгоритм проведения трехмерного сканирования станочного оборудования и пояснения к нему. Применение указанных технологий направлено на сокращение сроков технологической подготовки производства за счёт создания цифровой библиотеки станочного оборудования

Ключевые слова: цифровые двойники; трехмерное сканирование; станочное оборудование; технологическая подготовка производства; цифровой технологический процесс